

新学習指導要領に基づく高等学校教科書の

エネルギー・環境・原子力・放射線関連記述

に関する調査と提言

－地理歴史，公民，理科，保健体育，

家庭および工業の調査－

令和4年7月

一般社団法人 日本原子力学会

教育委員会

目 次

第1章 調査の概要.....	1
1. 調査の目的	1
2. 本報告書の概要.....	3
3. 調査した教科書.....	3
第2章 教科書記述への提言	5
1. 全般的な要望	5
2. 教科書記述への7項目の提言	5
3. 提言内容の解説.....	8
第3章 教科書の記述とコメント・修正文の例	27
第4章 調査の記録.....	195
1. 会議等開催記録.....	195
2. 教科書調査担当者および教育委員会委員	195
3. これまでに公表した報告書	196

第1章 調査の概要

2011(平成 23)年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故が発生して早くも 11 年が過ぎました。帰還環境の整備により避難指示の解除が進み、福島県土に占める避難指示等区域の面積は約 12%から約 2.4%へ縮小したものの、帰還困難区域に住んでおられた方々の避難前の生活を取り戻す見通しは立っておりません。(一社)日本原子力学会(以下、原子力学会)は事故により生業の中断や避難を強いられるなど被害を受けられた皆様に改めて心からお見舞いを申し上げます。現在でも未だ多くの方々故郷を離れて暮らしておられますが、被災地の復興が順調に進展することを祈りいたします。

1. 調査の目的

日本原子力学会教育委員会(以下、教育委員会)は、学会員の教育に関する調査・支援を行っており、その中に初等中等教育小委員会があります。同小委員会では、初等・中等教育の教科書におけるエネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述について、さらなる充実を図っていただくことを目的として、初等・中等教科書調査ワーキンググループを設置して、教科書の調査を行い、具体的な要望と提言を報告書としてまとめて公表してきました。

この活動は 1995(平成 7)年から現在まで約 26 年間にわたり、これまでに 16 冊の報告書を公表し、文部科学省をはじめ各教科書出版会社、(一社)教科書協会、教育界・学界などの関係各方面に提出しています。関係者がこれらの提言を評価され、教科書の編集に際して検討・反映いただくことなどにより、近年分かり易くかつ専門的な表現にも配慮された記述が増えてきたことが窺えます。原子力学会のこのような活動が、社会に貢献できたことを大きな喜びとするものです。

2018(平成 30)年 3 月に高等学校学習指導要領(以下、学習指導要領)が改訂されました。令和 4 年度から高等学校で使用されている教科書は、この新学習指導要領に基づいて編集され、2019(令和元)年から 2020(令和 2)年にかけて検定を受け、全国自治体の各教育委員会が採択を決めたものです。表 1-1 に小・中・高等学校教科書の検定・採択の周期を示します。

教科書では、放射線の性質と利用、エネルギー資源としての原子力エネルギーの利用などのほか、東京電力福島第一原子力発電所事故も取り上げています。そこで、これらの教科書における放射線の性質と利用、世界各国および我が国のエネルギー資源、エネルギー、原子力利用などに関する記述のほか、事故から 11 年が経過した現状を踏まえ、

同事故に関連した記述の調査を行い、教科書のさらなる充実を図っていただき、エネルギーや原子力に関する教育の改善に繋げることを目的として意見・提言をまとめました。

表 1-1 小・中・高等学校教科書の検定・採択の周期

年度（西暦）		H26	27	28	29	30	31/R元	2	3	4	5
学校種別等区分		(2014)	(2015)	(2016)	(2017)	(2018)	(2019)	(2020)	(2021)	(2022)	(2023)
小 学 校	検 定			◆	◎	◎				◎	
	採 択	△			▲	△	△				△
	使用開始		○			●	○	○			
中 学 校	検 定	◎			◆	◎	◎				◎
	採 択		△			▲	△	△			
	使用開始			○			●	○	○		
高 等 学 校	主として 低学年用	検 定		◎			◎	◎			
		採 択			△			△	△		
		使用開始				○			○	○	
	主として 中学年用	検 定			◎			◎	◎		
		採 択				△			△	△	
		使用開始	○				○			○	○
	主として 高学年用	検 定				◎			◎	◎	
		採 択	△				△			△	△
		使用開始		○				○			

(注) 1. ◎：検定年度

△：直近の検定で合格した教科書の初めての採択が行われる年度

○：使用開始年度（小・中学校は原則として4年ごと）

◆：「特別の教科 道徳」の教科書の検定年度

▲：直近の検定で合格した「特別の教科 道徳」の教科書の初めての採択が行われる年度

●：「特別の教科 道徳」の教科書の使用開始年度

2. 小学校には義務教育学校の前期課程を、中学校には義務教育学校の後期課程及び中等教育学校の前期課程を、高等学校には中等教育学校の後期課程を含む。

※太線以降は、学習指導要領（小学校学習指導要領（平成29年文部科学省告示第63号）、中学校学習指導要領（平成29年文部科学省告示第64号）及び高等学校学習指導要領（平成30年文部科学省告示第68号）改訂後の教育課程の実施に伴う教科書についてである。

※小学校における平成30年度、中学校における平成31年度においては、「特別の教科 道徳」を除く各教科の教科書についての採択が行われる。

（文部科学省 HP より）

https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/gaiyou/04060901/20200831-mxt_kouhou02-1235087_01.pdf

2. 本報告書の概要

本章第1節で調査の目的を述べています。

本章第3節で今回調査した教科書の件数を示します。

第2章では教科書の記述の充実を図っていただきたいという要望を意見・提言として述べて、その解説をしています。第1節は7項目の提言の概要、第2節は各提言の詳しい解説です。

第3章の第1節では、地理歴史、公民、理科、保健体育、家庭および工業の新学習指導要領の条項にあるエネルギー・環境・原子力・放射線に関連する各教科書の本文とコラム、脚注(側注)、図表の個別の記述内容とともに、これらについて調査担当者が協議して作成したコメント・修正文の案や例を示しています。

第4章は本調査の記録として、会議等開催記録、教科書調査担当者名および教育委員会委員名、ならびにこれまでに公表した教科書調査報告書のリスト1)～16)を示しました。

3. 調査した教科書

2022(令和4)年度から使用されている地理歴史(地理総合、歴史総合)、公民(公共)、理科(科学と人間生活、物理基礎、化学基礎、地学基礎)、保健体育(保健体育)、家庭(家庭基礎、家庭総合)および工業(工業化学)のすべての検定済み教科書の合計72件について調査しました。その内訳を次の表に示します。

調査した教科書の教科・分野の件数

調査した教科書	件数
地理歴史(地理総合)	6
地理歴史(歴史総合)	12
公民(公共)	11
理科(科学と人間生活)	5
理科(物理基礎)	10
理科(化学基礎)	11
理科(地学基礎)	5
保健体育(保健体育)	3
家庭(家庭基礎)	5

家庭(家庭総合)	3
工業(工業化学)	1

第2章 教科書記述への提言

調査結果を踏まえて、最初に全般的な要望を述べ、続いて第2節で7項目を提言します。第3節でそれぞれの項目についての詳しい解説とその背景を説明します。

1. 全般的な要望

どの教科書も出版社独自の工夫が凝らされ、高く評価します。教科書で示されるデータ・図表は論点を適正にするための非常に重要な資料となりますので、可能な限り最新のデータ・図表の使用を望みます。一部の教科書では、データが最新でないもの、本文と提示されているデータ・図表が整合していないものもありました。これらのことに気配りした編集を望みます。また、原子力・放射線についての用語・単位は正しく使用、記載、説明されることを望みます。

本文に書けない各論的な事項を、発展的に解説する手段として、コラム、由来、参考欄、脚注などで多角的に示し学習効果を高めるのはとてもよいことであると推奨します。また、新学習指導要領が提唱する「主体的・対話的で深い学び」を具体的に実践するため、探究学習・調べ学習など発展的学習について、ディベートを行わせている事例がいくつも見られましたが、生徒自らが、物事を総合的に検討するきっかけになると考えるので推奨します。パソコンを用いて検索させる学習とともに、生徒の議論の中から生徒自らの多角的な意見を引き出すような記述も望まれます。

2. 教科書記述への7項目の提言

提言1：東京電力福島第一原子力発電所事故に関する記述について

「化学基礎」および「科学と人間生活」を除くほぼ全ての教科書で東京電力福島第一原子力発電所事故に関連した事項が記載されています。内容は国、諸機関の報告書(刊行物)、あるいはメディア情報などに基づいて記述されていますが、引用・裏付資料の選択に当たっては、極力正確で公正な取り扱いをした資料を参照されることを要望します。

また、事故後10年以上を経て、復興の一環として、地元の若者たちの将来を見据えた新しい取り組みや明るい一面についても可能な範囲で紹介されることを要望します。

提言 2：我が国および世界各国の原子力エネルギー利用の状況に関する記述について

一部の「歴史総合」の教科書では我が国のエネルギー安全保障について記述されていましたが、我が国や各国のエネルギー状況については教科書によって取り上げ方が異なる場合があるほか、あまり記述されていないものもあるように見受けられました。

エネルギー資源の乏しい我が国では、エネルギー政策基本法のもとで策定されたエネルギー基本計画により、安全性の確保を前提とした上で、エネルギー安定供給、環境への適合、経済効率性の向上を目的に、エネルギーのベストミックスを追求する政策が遂行されています。また、近年、我が国はじめ各国で気候変動問題への関心が高まり、温室効果ガス削減目標の達成に向けた取り組みが進められています。

こうしたエネルギー関連状況や政策動向を踏まえ、我が国のエネルギー自給率（11.8%、2018年）や電源構成の経年変化などを含めた総合的な観点での記述がなされることを要望します。

提言 3：各エネルギー源のメリットとデメリットに関する記述について

上述のとおりエネルギーは国民生活に必須であり、持続的に確保することが重要です。このため、国はエネルギー政策基本法を平成14年(2002年)に制定し、エネルギー安定供給や環境への適合等の目標に沿うエネルギー基本計画を定めています。特に昨今のカーボンニュートラル（以下CN）を目標とした新しい国際環境の中で、我が国のこれからのエネルギー状況に対応していくことがより重要になります。

しかし、エネルギーの問題は複雑なため、特に「公共」等の社会系の教科書では、主な発電方法や新しく導入されつつある再生可能エネルギーを含む新エネルギーについて、メリットとデメリットを紹介し、理解しやすくなるような工夫をされること、さらに、供給の安定性、安全性、環境への影響（温室効果ガスの排出量等）についても言及されるよう要望します。

提言 4：放射性廃棄物に関連する記述について

放射性廃棄物には、発生元の違い、含まれる放射性物質の種類や量による違い、物理的な性状の違いなどがあり、それにより危険度が異なるため、危険度に応じて異なる処理・処分の方法が定められています。こうした区分を意識して丁寧に解説された教科書がありました。一方で、原子力発電所から直接的にガラス固化体が発生するとの誤解を

与える写真の引用や文章表現、使用済燃料がそのまま放射性廃棄物であると誤解するような表現になっている教科書も見受けられました。放射性廃棄物の処分については社会的な課題となっていることは事実ですが、現状を科学的に理解するために、放射性廃棄物の区分を意識した正確な記載を要望します。

提言5 放射線及び放射線利用に関する記述について

今回調査した教科書では、「化学基礎」と「物理基礎」を中心に放射線についての記述が大変充実しており、高く評価します。その内容は、放射性同位体、放射性崩壊（壊変）、半減期、放射線の種類と性質、放射線・放射能に関する単位、放射線被ばくによる人体への影響など、放射線に関する科学的な基礎知識が網羅されています。一方、放射線防護の考え方や単位についての説明が不十分な教科書がありました。放射線の被ばく線量やリスクは定量的に理解することが重要なため、正確さを失わない範囲で可能な限り分かりやすく記述されることを要望します。

また放射線の利用技術は、現在の便利で豊かな私たちの生活を舞台裏で支える技術として不可欠なものとなっています。今回調査した教科書には、身近なレントゲン写真などの医学利用だけでなく、工業、農業、科学研究など多様な分野での活用が記述されており、高く評価します。最新の技術も含めて、生徒の関心を引くような利用例を引き続き教科書に取り上げていただくことを要望します。

提言6：地球環境問題に関連した記述について

地球環境問題は、家庭基礎、公共、地学基礎、地学総合、歴史総合といった教科書でさまざまなテーマで扱っており、これらの学習を通して生徒が地球環境問題を社会との関りをもって考えることができることは素晴らしいことです。その中で、地球温暖化抑制への取り組みについては、「パリ協定」（2016年11月発効）に基づく昨今の各国事情、我が国の地球温暖化対策計画の改定（2021年10月22日閣議決定）などの最新の情報が提供されることを望みます。また、持続可能な社会の実現に必要な技術については、各発電方式における二酸化炭素排出量の比較といった定量的なデータが示されることを望みます。補助教材を用意するなどにより適切に最新の情報が教育現場に反映されるように努めていただくことを要望します。

提言7：原子力エネルギー利用についての多様な学習方法の拡充について

原子力エネルギー利用には、東日本大震災が起因となった東京電力福島第一原子力発電所の事故以前、以降を問わず世界各国でさまざまな考え方があります。それは、単に事故のリスクのみといった単一の視点だけで判断できる問題ではないからだと考えます。つまり、原子力エネルギー利用を学ぶためには、考えるべき視点がさまざまかつ一教科の学びで完結しない教科横断の学びが必要になってきます。だからこそ、新学習指導要領の趣旨を最大限に生かして「主体的・対話的で深い学び」を展開することができる学習内容であると考えます。我が国のエネルギー資源をめぐる歴史など多様な視点を示しながら、映像、調べ学習、ディベートのような討論、観察・実験などの学習方法を用いるなどして、教科の枠を越えて内容同士の関連が理解できるような編集を大いに期待しています。

3. 提言内容の解説

提言1：東京電力福島第一原子力発電所事故に関する記述について

今般の教科書の改訂では、東京電力福島第一原子力発電所の事故に関し、おおむね正確・公平な記述になっていることを確認しましたが、次の教科書編集の際に参考にしていただきたい事項について説明します。

同事故の原因や背景については、下記の調査の結果、地震と、それによって引き起こされた津波の想定が大幅に甘かったことが原因で、すべての電源が長時間供給されなくなることへの多重の備え、炉心が損傷するような重大事故への対策、訓練が不十分であったこと、これらに対する国の規制による管理が適切でなかったことなどの安全対策が不十分であったことであると、明らかにされています。また、事故原因にかかわる技術的要因、組織・人的要因、規制要因などの背景や今後の改善点なども数多く指摘されています。

同事故に関する記述については、調査結果から明らかになったこれらの事故の原因や背景に留意いただくよう要望します。また、引用・裏付資料の選択に当たっては、以下の調査資料等を参照されることを要望します。

- a. 国会事故調査委員会による事故調査報告書（2012年）
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naaic.go.jp/>
- b. 日本政府による事故調査委員会による事故調査報告書（2012年7月）
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/>

- c. 福島第一原子力発電所事故その全貌と明日に向けた提言：学会事故調 最終報告書（日本原子力学会，丸善出版，2014年3月発行）
- d. 国際原子力機関（IAEA）「福島第一発電所事故事務局長報告(邦訳)」(2015年8月)

【事故原因の説明について】

一部の教科書に「地震と津波により，福島第一原子力発電所で大規模な事故が発生した」，「強いゆれと津波で発電所は深刻な被害を受け」といった記載があります。上記調査報告書等にあるように，福島第一原子力発電所では，地震で原子炉は停止し，地震により引き起こされた津波が直接の原因と考えられており，電源および冷却施設が冠水し機能しなくなった結果，炉心溶融，大量の放射性物質の所外への放出が起きました。一方，東京電力福島第二原子力発電所，東北電力女川原子力発電所および日本原子力発電東海第二原子力発電所は東日本大震災による地震で原子炉は停止し，電源および冷却機能が確保されたため，炉心損傷はなく冷温停止に至りました。

これらの状況をより正確に生徒に理解させるために，たとえば「東日本大震災の際，直接的な原因と考えられる津波によって東京電力福島第一原子力発電所の事故が起きました」といった説明がなされることを提案します。

【事故の教訓と新規制基準について】

公共の一部の教科書で「この事故をきっかけに原子力発電の安全性が問題となり，一時的に全施設が稼働停止となった」，また，地理総合の一部の教科書で「日本でも，原子力発電所のほとんどが稼働を停止している状況である」などの記載がありました。これにはその理由があります。

即ち，東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ，原子力規制の新たな枠組みとして，従来の行政機関が担ってきた原子力の規制や関係行政を高度化して担う組織として「原子力規制委員会」が発足しました。また，世界各国の規制基準も参考にして世界でも最も厳しいとされる「規制基準の見直し」が行われました。その結果，地震・津波対策の強化，過酷事故対策やテロ対策を厳格化するなどの改革が行われました。我が国の原子力発電所は，この新しい規制基準に適合して高い安全性が確認された後に順次再稼働することとしています。したがって，各原子力発電所はこの適合審査に合格するまで運転を停止しています。令和4年(2022年)2月の時点で，10基が再稼働済み（内1基が停止中），7基が許可済み，10基が新基準への適合性審査中となっています。

【地元の若者たちの将来を見据えた新しい取り組みについて】

事故後の平成27年(2015年)に地元の双葉郡に設立された福島県立ふたば未来学園中

学校・高等学校の活動や期待される役割について紹介したり、平成28年(2016年)より日本原子力研究開発機構および廃止措置人材育成高専等連携協議会の主催により開催されている、全国の高等専門学校生徒たちが競う廃炉創造ロボコン大会について写真で伝えていたりする教科書がありました。事故後10年以上を経て、復興の一環として、こうした地元の若者たちの将来を見据えた新しい取り組みや明るい一面についても可能な範囲で紹介されることを要望します。

提言2：我が国および世界各国の原子力エネルギー利用の状況に関する記述について

歴史総合について、一部の教科書では我が国のエネルギー安全保障について記述されていました。また、多くの教科書では歴史の重要な出来事として東京電力福島第一原子力発電所事故について詳しく記述されているのを確認しました。

公共の教科書では、東京電力福島第一原子力発電所事故について、年表で簡潔に記しているものや本文で字数を割いて詳しく記述しているものもありました。

我が国や各国のエネルギー状況については教科書によって取り上げ方が異なる場合があるほか、あまり記述されていないものもあるように見受けられました。

生活の安定向上や経済の維持発展に不可欠なエネルギー問題について、教科書では、後述のような我が国をはじめ各国の状況や政策動向を踏まえた記述がなされることを要望します。

その際には例えば以下のような情報資料等を参照されることを要望します。

- a. 「エネルギー政策基本法」(2002年)
https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_housei.nsf/html/housei/15420020614071.htm
- b. 「エネルギー基本計画」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/
- c. 経済産業省資源エネルギー庁「2020—日本が抱えているエネルギー問題(前編)」
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/energyissue2020_1.html
- d. 経済産業省資源エネルギー庁「2020—日本が抱えているエネルギー問題(後編)」
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/energyissue2020_2.html
- e. 国際エネルギー機関(IEA)「World Energy Outlook 2021 エグゼクティブ サマリー」
https://iea.blob.core.windows.net/assets/aeb4863d-e4a7-4352-b371-7e4f5cdcb356/WEO2021_ES_Japanese.pdf

なお、原子力エネルギーでは資源の有効利用の観点から使用済燃料を再処理するとの基本方針は第6次エネルギー基本計画（2021年）にも示されています。青森県六ヶ所村で建設中の再処理工場は竣工が待たれています。今回調査した教科書には、使用済燃料の再処理についての記述はあまり確認できませんでしたが、原子力エネルギー利用に関わる重要な課題ですので今後記述されるようになることを期待しています。

1) 我が国の状況に関する記述について

エネルギー資源の乏しい我が国では、2002年に「エネルギー政策基本法」が制定されました。エネルギーは人々の生活の安定向上、経済の維持発展に不可欠であるとともに、その利用は地域や地球環境に大きな影響を及ぼすことから国の基本的な政策を定めたものです。

翌2003年には、我が国のエネルギー資源をめぐる諸課題に対応する長期的、総合的な施策として「エネルギー基本計画（第1次）」が策定されました。海外依存による脆弱性の改善、発展途上国の需要拡大等による資源価格の不安定性への対策、温室効果ガス排出量の抑制を図ることを目指していました。

以後、エネルギー基本計画は社会環境の変化などを踏まえて、約3年毎に改訂されています。第1回改訂（2007年、第2次計画）、第2回改訂（2010年、第3次計画）です。

第3次計画では、「エネルギー安定供給(Energy Security)」、「環境への適合(Environment)」、「経済効率性の向上(Economic Efficiency)」、「安全性(Safety)」(3E+S)という基本方針が立てられました。

2018年の第5次計画では、2030年における電力の供給量として「長期エネルギー需給見通し」（2015年7月経済産業省決定）に電源構成比率として示されている、火力56%(天然ガス27、石炭26、石油3)、再生可能エネルギー22~24%、原子力22~20%といったエネルギーミックスのバランスの実現を目指すとされました。

2021年のCOP26に向けて世界各国で気候変動問題に対する関心や温室効果ガス削減の機運が高まり、我が国のエネルギー政策も影響を受けました。我が国は2020年10月には「2050年カーボンニュートラル」を、2021年4月には「2030年度の温室効果ガス排出量の2013年度比46%削減、さらに50%削減を目指す新たな削減目標」を表明しました（詳細は提言6を参照）。

2021年10月にはこれらを反映した第6次計画が策定されました。計画では、「2030年度におけるエネルギー需給見通し」（2021年10月経済産業省決定）により示された電源構成比：火力41%（天然ガス20、石炭19、石油2）、再生可能エネルギー36~38%、原子力20~22%を目標としています。2015年の需給見通しに比べ、再生可能エネルギー

ーを増やして火力を減らす一方、原子力は同レベルを維持するとしています。

なお、東京電力福島第一原子力発電所事故について、第6次計画では、「事故を含む東日本大震災から今年で10年の月日が経過した。10年前の未曾有の大災害は、エネルギー政策を進める上での全ての原点」と記されています。我が国のエネルギー政策はこうした考え方のもとで遂行されています。

2) 世界各国の状況に関する記述について

一部の教科書では世界各国の原子力エネルギーの状況について記述されており、その内容は妥当なもの確認されました。参考までに、各国の現在の原子力エネルギーの利用状況を紹介したいと思います。

東京電力福島第一原子力発電所事故の後、原子力エネルギーを利用している各国では安全性の一層の向上を図っています。そのなかで、現在原子力エネルギーを利用して将来的にも利用するとしているのは米国、フランス、中国をはじめとして26カ国です。このうち、中国、ロシア、インド、パキスタン、英国、韓国の6カ国は将来的に原子力の割合を増加させるとしています。また、現在、原子力を新たに導入して発電所を建設中なのは、トルコ、バングラデシュです。さらに、将来的に原子力発電の利用を計画しないし提案中なのは、エジプト、ウズベキスタン、リトアニア、ポーランド、カザフスタン、タイ、ヨルダン、サウジアラビアの8カ国です。

他方、将来的に原子力発電を廃止するとの国策を決定しているのは、ドイツ(2002年)、ベルギー(2003年)、スイス(2017年)の3カ国と台湾(2016年)です()は決定年)。

ドイツは先進諸国の中で脱原子力発電を決めた代表格としてしばしば紹介されますが、以下のような特有の事情を抱えています。1990年の東西ドイツの統合後のロシア製の古い原子力発電所の廃止、州政府の発言力が強く連邦政府のエネルギー政策とは独自に伝統的に石炭産業のために石炭の積極的な利用が進められてきたこと、電力が不足すればヨーロッパの電力網により隣国フランスから輸入できることなどを背景に、2000年代に入る前から原子力利用に後ろ向きの傾向がありました。たとえば元東ドイツの原子炉はロシア型加圧水炉であり、旧西ドイツの安全基準を満たしていないため早くから廃炉の運命にありました。その他の原子力発電所も旧式の炉型であったり、出力が低く経済性に劣っていたりなど種々の理由から27基の原子炉が停止し、廃炉に向かっていました。ドイツの脱原子力発電への意向は東京電力福島第一原子力発電所事故以前からありました。

ベルギーは電力のおよそ50%を原子力発電に依存していますが、老朽化が進み隣国のドイツ、オランダからも継続運転の危険性が指摘されていました。このような中で脱原子力発電を決めました。

スイスでは、2011年3月に東京電力福島第一原子力発電所の事故が発生すると、連邦政府は同年5月25日に脱原発を決定しました。電力に占める水力発電の割合が6割もあること、国内でも原子力事故が起こっていることや、チェルノブイリ原子力発電所事故によって、南部を中心に放射性物質によって汚染された経験を持つこと、稼働している5基の原子力発電所の多くが老朽化していることなども脱原子力の理由として挙げられています。

台湾では、2016年の総統選挙で、「2025年の脱原発実現」を公約に掲げた民進党の蔡英文氏が初当選して以来、エネルギー転換を進めています。原子力発電所は6基（運転中、廃止措置中が各3基。他に建設完成前に密閉管理中2基。）ありますが、2025年の電源比率目標は、再生可能エネルギー20%、天然ガス発電50%、石炭火力発電30%、原子力ゼロとしています。

世界各国のエネルギー政策は各国の自然災害や地政学的違い、エネルギー資源の有無、政治体制、経済状況などにより異なります。たとえば欧州の多くの国々は陸続きで、電気系統やパイプラインでエネルギーの融通がしやすいのに対して、我が国はエネルギー資源に乏しい島国でほとんどのエネルギーを海外からタンカーで輸入しています。このような我が国のエネルギー環境の中で原子力エネルギーの利用を、現実のデータに即して生徒に考えさせるような教科書の記述を要望します。

提言3：各エネルギー源のメリットとデメリットに関する記述について

エネルギーは国民生活に必須であり、持続的に確保することは大変重要です。このため、国はエネルギー政策基本法を平成27年(2015年)に制定し、安定供給や環境への適合等の目標に沿うエネルギー基本計画を定めています。昨今のカーボンニュートラル（以下CN）を目標とした新しい国際環境の中で、我が国のこれからのエネルギー状況に対応していくことがより重要になります。特に世界的にもエネルギーの電化が進行しています。

しかし、エネルギー問題は複雑なため、「公共」等の社会系の教科では、主な発電方法や新しく導入されつつある新エネルギーについてメリットとデメリットを紹介し、理解しやすくなるような工夫をされること、さらに、供給の安定性、安全性、環境への影響（温室効果ガスの排出量等）、経済性を含めた総合的な観点、及び長期的な視点からも言及されるよう要望します。

近年は、世界的なCNに向けた動きを受けて、我が国でも温室効果ガスを排出しない太陽光発電等の再生可能エネルギーが広く活用されるようになり、ほとんどの教科書が再生可能エネルギーの説明にページを割いています。再生可能エネルギーには開発途上

のものも含めて多くの種類がありますが、温室効果ガスを排出しないメリットがあるものの、天候に依存する不安定なものや、まだ経済的に自立していないもの等もありますので、こうしたことを正確に記述することが大切です。また、温室効果ガスを排出しない原子力発電も EU 等多数の国々でその役割が再認識されています。我が国では 2011 年の東京電力福島第一原子力発電所事故の反省の下、原子力発電所の安全対策が強化されています。

下表 2-1*² は、我が国の代表的な発電方式と開発中の再生可能エネルギー・新エネルギーを含めて、それらのメリットとデメリットをまとめましたので、参考にさせていただきたいと思います。

* 2 表中の“発電割合 (2019 年度)”は日本原子力文化財団の「原子力・エネルギー図面集」から、“再生可能エネルギー、水素、アンモニア”については資源・エネルギー庁資料から、それぞれ引用しました。

この他、再生可能エネルギーについては、必要な量の蓄電設備が整備されるまで、再生可能エネルギーからの電力が供給できない時間帯は、需要に応じて供給できる火力発電に頼らざるをえないため、火力発電における化石燃料燃焼促進になるジレンマに陥っている問題や、再生可能エネルギー発電の比率が増えると、余剰電力が同じ時間帯に大量発生するため、再生可能エネルギー発電事業者の収益自体が悪化する問題などが顕在化しつつあることも討論の際に参考にさせていただきたいと考えます。

最近では、再生可能エネルギー利用の拡大と 2050 年 CN 達成を目指して多様な研究開発が積極的に行われていますが、解決すべき課題も数多くあります。我が国の太陽光発電設備量は既に中国と米国に次いで世界第 3 位 (2019 年度、単位面積当たりでは世界第 1 位) となりました。しかし、太陽光パネルの寿命は 20~25 年ですが、その機材には環境に影響する素材も含まれており、将来多量に発生する廃棄物の処理処分が課題になります。また、温室効果ガス削減のため、排出された CO₂ を回収したり地中に埋設したりする技術が開発され、これらは CCS 又は CCUS と呼ばれ、国内では既に実証実験が行われています。さらに水素やアンモニアを燃料として発電や自動車用動力等の分野で活用しようとする開発が行われていますが、これらの製造技術やコスト削減等の課題を解決する必要があります。

表 2-1 主要な発電方式と再生可能エネルギーのメリット・デメリット

発電方式	原理	発電割合 (2019年度)	メリット	デメリット	備考
火力発電	化石資源(石油・石炭・天然ガス)の燃焼による発電	76%	<ul style="list-style-type: none"> ・運転は天候に左右されない。 ・電力需要の変化に対応できる。 ・運転経験が豊富。 ・高効率の新技术(石炭ガス化複合発電 IGCC)が開発された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転時に CO₂ を排出する。 ・燃料はほとんど輸入, 資源は有限。 ・燃料輸入が国際環境の影響を受けやすい。 ・硫黄酸化物, ばいじんなどの有害物質を放出する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・第6次エネルギー基本計画では2050年脱炭素を目標。 ・COP26(2021年11月)で45ヶ国が脱炭に賛同。 ・CO₂排出をゼロ(当面は混焼による削減)とする水素やアンモニアを燃料とした火力発電の開発が進められている
原子力発電	ウラン資源(現在使われている原子力発電所ではU235)の核分裂による熱を利用する発電	6%	<ul style="list-style-type: none"> ・運転時に CO₂ を排出しない ・運転は天候に左右されない。 ・少量の燃料で大量のエネルギーを得ることができる。 ・核燃料サイクル(現在開発途上)によりウラン資源の有効活用が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・核物質を扱うため, 国際原子力機関(IAEA)による査察を受ける等の厳重な管理が必要。 ・原子力事故防止, 安全対策に多額のコストを要する。 ・高レベル放射性廃棄物の長期にわたる管理が必要(処分地未定)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・国際的なカーボンニュートラルの動きから, 原子力発電の役割を再認識する傾向が主要国に見られる。 ・フランスでは原子力発電が主流。 ・主要国では小型炉(SMR)の開発が行われている。 ・高レベル放射性廃棄物の処分地については文献調査中である。
再生可能エネルギー	水力発電	8%	<ul style="list-style-type: none"> ・運転時に CO₂ を排出しない。 ・運転経験が豊富。 ・電力需要の変化に対応できる。 ・国産エネルギーのため, 国際情勢変化の影響を受けにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・渇水期に発電できない。 ・国内には増設できる場所がほとんどない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力不足時には揚水発電にも利用できる。 ・ノルウェイでは水力発電が主流。
	太陽光発電		<ul style="list-style-type: none"> ・運転時に CO₂ を排出しない。 ・資源量(太陽光)は無限にある。 ・国産エネルギーのため, 国際情勢変化の影響を受けにくい。 ・社会受容性は高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電は天候に依存する。 ・電力需要の変化に対応しにくい。 ・経済的に自立していない(補助金が必要)。 ・広い敷地面積が必要。 ・設置による環境破壊を防ぐ必要あり。 	<ul style="list-style-type: none"> ・将来大量に発生する太陽光パネル等の廃棄物処理処分が課題。
	風力発電	10%	<ul style="list-style-type: none"> ・運転時に CO₂ を排出しない。 ・資源量(風力)は無限にある。 ・国産エネルギーのため, 国際情勢変化の影響を受けにくい。 ・社会受容性は高い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電は天候に依存する。 ・電力需要の変化に対応しにくい。 ・経済的に自立していない(補助金が必要)。 ・設置場所の選定と広い面積が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・風力発電に適した場所として, 国内には北海道や九州の一部に限られる。 ・デンマークでは大量利用。
	バイオマス発電		<ul style="list-style-type: none"> ・光合成により CO₂ を吸収して成長するバイオマス資源は CO₂ を排出しないものとされている(京都議定書)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオマス資源の収集・運搬・管理にコストがかかる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・循環型社会の構築, 農山漁村の活性化を図れる。
	地熱発電		<ul style="list-style-type: none"> ・運転時に CO₂ を排出しない。 ・長期にわたる発電が期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・立地に温泉・公園等があり, 地元との調整が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・八丁原地熱発電所(九州)等がある。 ・アイスランドは地熱・水力が主流。
	潮力発電		<ul style="list-style-type: none"> ・運転時に CO₂ を排出しない。 ・資源量(潮力)は豊富にある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置場所が限定される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・国内では試験段階だが, 海外では多くの国に発電所がある。
	波力発電		<ul style="list-style-type: none"> ・運転時に CO₂ を排出しない。 ・資源量(波力)は豊富にある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置場所が限定される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・久慈波力発電所等がある。

提言 4：放射性廃棄物に関する記述について

放射性廃棄物には、発生元の違い、含まれる放射性物質の種類や量による違い、物理的な性状の違いなどがあり、それにより危険度が異なるため、危険度に応じて異なる処理・処分の方法が定められています。こうした区分を意識して丁寧に解説された教科書がありました。一方で、原子力発電所から直接的にガラス固化体が発生すると誤解を与える写真の引用や文章表現、使用済燃料がそのまま放射性廃棄物であると誤解するような表現になっている教科書も見受けられました。放射性廃棄物の処分については社会的な課題となっていることは事実ですが、現状を科学的に理解するために、放射性廃棄物の区分を意識した正確な記載を要望します。

【放射性廃棄物の処分等に係る現状について】

我が国では、原子力発電所から発生した使用済燃料中に残されている核燃料物質を取り出し、再利用する再処理路線を基本としています。使用済燃料の再処理を行うことにより、有用な核燃料物質を取り出すことができますが、一方で高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)が発生することになります。

青森県六ヶ所村では日本原燃(株)の再処理施設が建設中ですが、我が国はこれまで海外に再処理を委託してきたことから、それに伴って発生したガラス固化体(約 1800 本)が海外から返還されており、同社の廃棄物貯蔵管理センターで貯蔵が行われています。

これらの高レベル放射性廃棄物の処分の方法としては地中深く埋める地層処分が計画されています。最終処分事業の実施主体である原子力発電環境整備機構が設立され、科学的特性マップの公表、全国各地での対話活動などの取組みが行われているところです。処分地選定にあたって、文献調査、概要調査、精密調査と段階を経て調査が行われることになっており、各調査の際、地域の意見を聴き、意見に反して先に進まないことを基本としています。現在、北海道の寿都町、神恵内村の2町村において、2020年11月から文献調査が行われています。

再処理施設等から発生する放射性廃棄物には、超ウラン元素(ウランより原子番号の大きい元素)を含む TRU 廃棄物と呼ばれる放射性廃棄物があります。その中には、半減期が長いものなど生活環境からの隔離を考慮すべきものもあり、ガラス固化体同様、深い地中への処分が検討されているものもあります。

一方、原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物には廃液をセメント等で固めたもの、金属等をドラム缶に入れたものにモルタルを充填し固めたものなどがあります。そうした廃棄物は同じく日本原燃(株)の低レベル放射性廃棄物埋設センターで順次埋設処分が進められており、2021年3月末時点で既にドラム缶換算で30万本以上の埋設が行われているところです。

このほか、ウラン濃縮・加工施設や各種研究施設から発生する放射性廃棄物もあります。

各施設から発生する廃棄物の種類と処分の方法等に係る情報を表 2-2 に整理したものを示すので、参考にしてください。

また、東京電力福島第一原子力発電所で発生した廃棄物等（原子炉格納容器底部に溶け落ち固まった燃料デブリを含む）、周辺に飛散した放射性物質を含む指定廃棄物などがあり、これらの事故に伴う廃棄物については、性状、含まれる放射性物質の種類、量などの特徴が上記の廃棄物と異なると考えられることから、それぞれに応じた取扱い方法が検討されています。

【参考：使用済燃料の保管等について】

我が国では、原子力発電所で発生する使用済燃料は、再処理されるまで各原子力発電所の貯蔵プール等で安全を確保しながら、貯蔵・管理される計画です。2021年3月末時点でウランが金属の状態であるときの重量に換算して合計 16,000 t 余りの使用済燃料が各原子力発電所で貯蔵・管理されています。

使用済燃料の貯蔵量は原子力発電所の稼働状況のほか、再処理施設の操業とも関係します。2015年に「使用済燃料対策アクションプラン」が閣議決定され、発電所敷地内の使用済燃料貯蔵施設の増強や使用済燃料の中間貯蔵施設の建設等の対策が進められています。

なお、スウェーデンのように、使用済燃料を再処理せず、直接処分することとしている国もあります。

表 2-2 放射性廃棄物の種類と処分方法等の概要

廃棄物の種類		廃棄物の例	発生源	処分方法, 現状等	
高レベル廃棄物		ガラス固化体	再処理施設	地層処分。対話活動, 文献調査, 概要調査, 精密調査を経て, 地域の意見を聞きながら処分地選定を進めることとしており, 北海道の寿都町, 神恵内村において文献調査が行われているところ。	
低レベル廃棄物	発電所廃棄物	放射性物質濃度の比較的高い廃棄物	制御棒, 炉内構造物	原子力発電所	中深度処分。具体的内容は今後検討。
		放射性物質濃度の比較的低い廃棄物	廃液, フィルタ, 廃器材, 消耗品等を固形化		ピット処分。日本原燃(株) (六ヶ所村) 低レベル放射性廃棄物埋設センターでドラム缶換算で約 32 万本の廃棄物を埋設 (2021 年 3 月末時点)。
		放射性物質濃度の極めて低い廃棄物	コンクリート, 金属等		トレンチ処分。動力試験炉 JPDR の廃棄物を対象に埋設実地試験実施中。東海発電所の解体廃棄物のトレンチ処分について審査中。
	超ウラン核種を含む放射性廃棄物 (TRU 廃棄物)	燃料棒の部品, 廃液, フィルタ	再処理施設 MOX 燃料加工施設	地層処分, 中深度処分, ピット処分, トレンチ処分。	
	ウラン廃棄物	消耗品, スラッジ, 廃器材	ウラン濃縮・燃料加工施設	未定。	
	研究施設等廃棄物	廃液, フィルタ, 廃器材	研究炉, RI 使用施設等	ピット処分, トレンチ処分。国の「埋設処分業務の実施に関する基本方針」に従い, 日本原子力研究開発機構で検討中。	
クリアランスレベル以下のもの	原子力発電所解体廃棄物の大部分	上に示した全ての発生源	再利用又は産業廃棄物として処分。クリアランス制度により再利用された例がある。		

(参考: 令和 2 年度版原子力白書)

(注: 「クリアランスレベル」とは, 放射能レベルがきわめて低く, 人の健康に対する影響を無視できるレベル (年間 0.01 ミリシーベルト) であるものを指す。(資源エネルギー庁ホームページ))

【参考情報】

(1) 令和 2 年度版原子力白書

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/hakusho2021/6-3.pdf>

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/hakusho/hakusho2021/2-2.pdf>

(2) 資源エネルギー庁ホームページ

https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/gaiyo/gaiyo01.html

- (3) 環境省「放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト」
http://shiteihaiki.env.go.jp/radiological_contaminated_waste/
- (4) 資源エネルギー庁ホームページ
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/bunkenchosa.html>
- (5) 北海道ホームページ
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/bunkencyosa.html>
- (6) 「なぜ、地層処分なのか」
https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/TR-20-04.pdf
- (7) NUMO ホームページ「イチから知りたい地層処分と文献調査」
<https://www.numo.or.jp/chisoushobun/ichikarashiritai/status.html>
- (8) 使用済燃料対策に関するアクションプラン（平成 27 年 10 月 6 日）最終処分関係閣僚会議
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/shiyozumi_nenryo/pdf/001_01_00.pdf

提言 5：放射線及び放射線利用に関する記述について

今回調査した教科書では、「化学基礎」と「物理基礎」を中心に、放射線に関する基礎的な知識について網羅的に記述されており、大変充実した内容となっています。しかし、一部の教科書に誤解を招きかねない記述もありましたので、より正確な記述としていただくため、以下に二点提言いたします。

一点目は、放射線防護の考え方に関するものです。一部の教科書には、放射線による健康影響を避けるため、単純に放射線による被ばくを最小にするべきと受け取られかねない記述がありました。放射線被ばくを伴う行為には放射線障害を引き起こすリスクがある反面、自然放射線によるある程度の被ばくは避けられないだけでなく、医学利用の例からも分かるように、放射線被ばくを伴ったとしても私たちに大きな便益をもたらす行為もあります。放射線被ばくを最小にするために便益をもたらす放射線利用を断念したり、他の健康リスクを増大させるような行為をしたりすると、かえって私たちの健康リスクを増大させる結果になりかねません。そこで、放射線被ばくによるリスクを減らしながら放射線利用による便益を享受するため、国際放射線防護委員会（ICRP）は、放射線の防護について次のような考え方を示しています。まず放射線被ばくを伴う行為

は、得られる便益がリスクを上回るときのみ認められます。その上で、社会的・経済的な要因を考慮に入れて、放射線による被ばく量を合理的に達成できる限り減らすことを求めています。この原則を「ALARA の原則」(ALARA: As Low As Reasonably Achievable) と呼びます。このように、放射線被ばくは必ずしも最小にしたらよいというものではなく、リスクと便益のバランスを考えながら防護を最適化するという考え方に立っており、放射線の防護に関してはこのような観点から正確な記述がなされることを要望します。(参考)放射線防護の考え方については、以下の文献の P10 に「正当化・最適化・線量制限」の三原則としてまとめられています。

放射線防護体系の倫理基盤 (ICRP Publication 138)

https://www.icrp.org/docs/ICRP_P138_Japanese.pdf

二点目は、放射線の被ばく線量の単位「シーベルト (Sv)」に関するものです。放射線の人体への影響を定量的に表す単位の体系は複雑で、限られた紙面の中、正確さを失わない範囲で分かりやすく説明するために大変なご苦労があったことと推察します。被ばく線量として表された量の理解は、放射線の人体への影響や日常的な被ばく線量を定量的に理解するために不可欠な知識となります。また、多くの教科書で取り上げられている簡易放射線検出器による環境放射線測定においては、測定値の単位はマイクロシーベルト毎時 ($\mu\text{Sv/h}$) となっていることが多く、生徒が測定して得た値の意味を理解する上でも必要です。ここでは、次の教科書編集の際に参考にしていただくため、放射線の被ばく線量に関する単位について解説します。

放射線の量には、まず基本的な物理量として「吸収線量」があります。吸収線量は、放射線によって物質が単位質量あたりに吸収するエネルギー (J/kg) として定義され、その単位はグレイ (Gy) です。したがって 1 (Gy) の吸収線量は、物質 1 (kg) あたり 1 (J) のエネルギー吸収を表します。

しかし、人体が放射線に被ばくしたとき、その影響は吸収線量の大きさだけでは決まりません。なぜなら、人体を構成する組織・臓器によって放射線に対する感受性が異なり、また放射線の種類やエネルギーによっても人体への影響が異なるからです。

表 2-3 放射線加重係数 (ICRP2007 年勧告)

放射線の種類	放射線加重係数
光子 (X 線, γ 線)	1
電子, μ 粒子	1
陽子, π 中間子	2
α 線, 重イオン	20
中性子	エネルギーの関数として定義

そこで、吸収線量に放射線の種類による影響の違いを加味した量として「等価線量」が定義されています。等価線量の単位はシーベルト (Sv) で、次のように表されます。

$$(\text{等価線量}) = (\text{放射線加重係数}) \times (\text{吸収線量})$$

式の中にある「放射線加重係数」が放射線の種類による影響の違いを重みづけしており、

表 2-3 に示すように、例えば X 線などの光子は 1、 α 線は 20 といった具合に、国際放射線防護委員会 (ICRP) によって定められています。

さらに、人体を構成する組織・臓器ごとの放射線への感受性を考慮して、全身にわたる影響を表す量として「実効線量」が定義されています。実効線量の単位もシーベルト (Sv) で、次のように表されます。

$$(\text{実効線量}) = \Sigma \{(\text{組織加重係数}) \times (\text{等価線量})\}$$

表 2-4 組織加重係数
(ICRP2007 年勧告)

組織・臓器	組織加重係数
骨髄 (赤色)	0.12
結腸	0.12
肺	0.12
胃	0.12
乳房	0.12
生殖腺	0.08
膀胱	0.04
食道	0.04
肝臓	0.04
甲状腺	0.04
骨表面	0.01
脳	0.01
唾液腺	0.01
皮ふ	0.01
残りの組織	0.12
合計	1.00

式の中にある「組織加重係数」が各組織・臓器の放射線感受性の違いを重みづけしており、各組織・臓器の等価線量にその組織・臓器の組織加重係数を乗じて、全身について足し合わせた値が実効線量となります。組織加重係数は ICRP によって表 2-4 のように定められていて、全身について足し合わせると 1 になるよう設計されています。

この実効線量が放射線防護のために用いられる中心的な線量で、例えば一般公衆の線量限度が年間 1 ミリシーベルト (mSv) に定められているとかの“線量限度”，世界の自然放射線による被ばく線量の平均が 2.4 ミリシーベルト (mSv) であるとかの“被ばく線量”は、実効線量を表しています。

また、等価線量も実効線量も、人体への影響として確率的影響 (発がんなど、被ばく線量の増加によって発生確率が高まるような影響) の大きさに着目して重みづけをしています。

しかし、等価線量や実効線量は、その定義からも明らかなように実際に直接測定することができません。そこで、実際に測定できる量がいくつか定義されており、一般に簡易放射線検出器でマイクロシーベルト毎時 (μ Sv/h) の単位で表示されている線量は、実効線量を安全側に評価する近似値となっています。

提言 6：地球環境問題に関連した記述について

地球環境問題は、家庭基礎 (持続可能……)、公共 (エネルギーと環境問題)、地学基礎 (地球環境……)、地学総合 (資源・エネルギー、地球環境)、歴史総合 (近現代史のなかのエネルギー、グローバル化)、といった教科書で様々なテーマで扱っており、これらの学習を通して生徒が地球環境問題を社会との関わりをもって考えることができ

ることは素晴らしいことです。

地球環境問題の近年最も注目されている温暖化ガスの排出制限に関しては、ほとんどの教科書で国際的な取り組みとして 2015 年 12 月にパリで開催された COP21 において採択された「パリ協定」(2016 年 11 月発効) が挙げられています。「パリ協定」では「すべての国が削減目標を 5 年ごとに提出・更新すること、更新の際には深堀りすること」と定められており、5 年後の 2021 年の COP26 (2021 年 11 月) では米国の取り組みが大きく積極的姿勢に転じ、同調するように中国も積極的姿勢に転じました。我が国も米国の発表に先んじて「2030 年に 2013 年排出の 46% (2015 年時点の目標は 26%) 削減、2050 年カーボンニュートラルを目標」を宣言し、それを明記した温暖化対策推進法の改正 (2021 年改正)、それを受け地球温暖化対策計画を改定 (2021 年 10 月 22 日閣議決定) しその実現に向け動き出しました。このように、世界の 2 大二酸化炭素排出国の中国、米国の両国が積極的に二酸化炭素排出抑制に転じ、我が国も極めて意欲的な目標を挙げるように変わるなど、「京都議定書」(1997 年) はおろか「パリ協定」採択時 (2015 年) とも大きく変化してきています。参考に COP26 における各国の二酸化炭素排出削減目標を表 2-5 に示します。

表 2-5 COP26 における各国の二酸化炭素排出削減目標
出典：全国地球温暖化防止活動推進センター (JCCCA) HP
(<https://www.jccca.org/download/13233>)

国名	削減目標	今世紀中頃に向けた目標
中国	2030 年までに 60-65%削減*1(2005 年比)	2060 年までに二酸化炭素排出実質ゼロ
EU	2030 年までに 55%以上削減*2 (1990 年比)	2050 年までに温室効果ガス排出実質ゼロ
インド	2030 年までに 45%削減*1	2070 年までに排出量をゼロ
日本	2030 年までに 46%削減 (2013 年比)	2050 年までに温室効果ガス排出実質ゼロ
ロシア	2050 年までに約 60%削減*3 (2019 年比)	2060 年までに実質ゼロ
米国	2030 年までに 50-52%削減*2(2005 年比)	2050 年までに温室効果ガス排出実質ゼロ

*1 GDP 当たりの二酸化炭素排出量

*2 温室効果ガスの排出量

*3 温室効果ガスの実質 (森林などの吸収量を差し引いた) 排出量

一方、地球環境問題には上記の政府間の枠組みとは別に企業等の活動をファイナンス面で応援する枠組みも近年盛んになっています。欧州委員会は 2022 年 2 月 2 日、気候変動対策に役立つ経済活動の法的基準を示す「欧州連合 (EU) タクソノミー規則」で、原子力と天然ガスをグリーンな経済活動に含めることを正式に提案しました。この提案

は欧州議会とEU理事会で承認され、来年1月に発効する見通しです。

温暖化ガスの排出抑制に関わる国際的な動向は、社会経済事情に密接に関連しダイナミックに変わる可能性があるため、各国事情などの最新の情報が提供されることを要望します。

教科書の記載を次回の改訂までに変更し、検定を受けることは困難と思われます。そこで、このようなダイナミックに変化する事項については、できれば補助教材を用意するなどにより適切に最新の情報が教育現場に反映されるように努めていただくことを要望します。

また、持続可能な社会を実現するために必要な技術については、各教科書において丁寧で客観的な記述が必要と考えます。例えば、一部の教科書にあるような各発電方式における二酸化炭素発生量の比較といった定量的なデータを示すことを望みます。参考に我が国の各種電源の二酸化炭素排出量を表2-6に示します。

表2-6 我が国の各種電源の二酸化炭素排出量（単位：g-CO₂/kWh）

出典：「地球環境のためにいま考える原子力」から抜粋，経済産業省・資源エネルギー庁

	石炭 火力	石油 火力	LNG 火力	LNGコ ンパ イン ト	太 陽 光	風力	原子力	地熱	水力
発電燃 料燃焼	864	695	476	376	0	0	0	0	0
その他*1	79	43	123	98	38	26	19~21	13	11
合計	943	738	599	474	38	26	19~21	13	11

*1 建設時や燃料の輸送など

さらに、低炭素な社会の実現にあたっては、今後、長期にわたって社会全体で経済的な負担を継続していく必要があること、およびエネルギー源に応じて社会的なコストが変動する可能性があることについても触れ、生徒たちが総合的かつバランスよく議論できるような記述を期待します。

提言7：原子力エネルギー利用についての多様な学習方法の拡充について

「主体的・対話的で深い学び」をキーワードにした新学習指導要領が高等学校では令和4年(2022年)4月から全面実施されました。今回の学習指導要領では、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善が各教科に求められています。少々長いですが、

どのような授業改善が求められているのかが示された部分をそのまま引用します。「特に、各教科・科目等において身に付けた知識及び技能を活用したり、思考力、判断力、表現力等や学びに向かう力、人間性等を発揮させたりして、学習の対象となる物事を捉え思考することにより、各教科・科目等の特質に応じた物事を捉える視点や考え方（以下「見方・考え方」という。）が鍛えられていくことに留意し、生徒が各教科・科目等の特質に応じた見方・考え方を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう過程を重視した学習の充実を図ること」と示されています。

ところで、生徒たちが主体的に学んでいる状態とはどのような状態でしょうか。仮に生徒たちが意欲的に学習に取り組んでいたとしても、単に教師の指示どおりに学習しているだけならば、主体的な学習にはなっていないと思います。いくつかの考えの中から、友達との対話を通して新たな視点に気付いて自らの考えを練り直して、よりよい考えに変容させている姿や自分の考えが確かであるとの確信を深めている姿が実際の授業中に見られることが、新学習指導要領が示す「主体的・対話的で深い学び」の具体であると考えます。

さて、原子力エネルギー利用には、東日本大震災に起因した東京電力福島第一原子力発電所の事故以前、以降を問わず世界各国でさまざまな考え方があります。それは、単に事故のリスクのみに着目して判断できる問題ではないからだと考えます。私たちが思いつくだけの視点を挙げても、その国のエネルギー利用の歴史、エネルギー自給率、科学技術力そのもの、科学者や技術者に対する国民の信頼感、健康や安全に対する考え方などがあると思います。このように考えるべき視点はさまざまで、一教科の学びで完結することはなく、教科横断の学びが必要です。だからこそ、原子力エネルギー利用を学ぶことは、指導者と教科書会社各社の創意工夫によって、新学習指導要領の趣旨を最大限に生かして「主体的・対話的で深い学び」を展開することができる学習内容であると考えます。実際に、新学習指導要領では、地理歴史、公民、理科、保健体育、工業、家庭などの教科にエネルギー・環境・原子力・放射線に関連する記述がありますが、今回調査を行った教科書はどれも教科書会社各社の創意工夫によって、「主体的・対話的で深い学び」の実現に大いに期待が持てる教科書に仕上がっていると評価できます。私たちは、こうした教科書を用いた適切な授業実践を通して、次世代を生きる全ての生徒たちがエネルギー問題についての理解を深め、賢明な判断力を身に付けることができるようになることを期待します。

以下は、今回調査を行った教科書に関して具体例を挙げて、少々の論評を行います。例えば今回調査を行った家庭基礎の教科書に、「家庭で使用する電化製品の種類や数の増加、大型化により電気使用量も大きく増加している。」という記述がありました。生

徒たちがエネルギー問題を自分事として捉える適切な記述だと考えます。他にも、食品に含まれる放射性セシウムの問題に関連して、「絶対に安全な食品はない。生きるために必要な食塩や水、鉄なども、摂取しすぎれば、からだに悪影響がある。同じ食品や栄養素ばかりでなく、いろいろな食品をバランスよく摂取することでリスクを分散させることができる。」との記述がありました。物事を冷静に判断することのできる消費者の育成につながる優れた記述だと考えます。また、科学技術と人間生活の教科書に、電力の需給バランスが崩れると大規模停電になることを、北海道胆振東部地震の例を挙げて詳細に説明している記述がありました。特に、「火力発電・水力発電・原子力発電に加え、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーなどをふくめたうえで、電力の需給バランスを維持する必要がある。」という記述は、電力の需給バランスを維持する難しさを正確に伝えることができる大変適切な記述であると考えます。

一方で、家庭基礎の教科書に「東日本大震災を経て、日本では再生可能エネルギー使用への転換が進んでいる。」との記述がありますが、その近傍に示されたグラフは、各国の電源構成が示されていました。東日本大震災を経て我が国では再生可能エネルギーへの転換が進んでいると説明するのであれば、我が国の電源構成の経年変化を掲載し、震災以前と以後で比較できるようにすべきではないかと考えます。さらに言えば、我が国の電源構成の経年変化のグラフを示せば、東日本大震災以前に原子力発電が担っていた発電量の多くを再生可能エネルギーが担ったのではなく、火力発電が担ったことが分かり、再生可能エネルギーへの転換が進んでいるとは説明しにくくなるのではないのでしょうか。

同様に、家庭基礎の教科書に「近くの自治体が運営する電力会社から電気を購入する「電気の地産地消」なども可能になった。価値観やライフスタイルに合わせて電力会社やサービスを選ぶことができる」との記述がありました。このような新しい考え方が早速、教科書に掲載されている点は素晴らしいと考えます。しかし、生徒たちに価値観やライフスタイルを深く考えさせたいのであれば、「電気の地産地消」の利点と欠点を簡単にでも示しておく必要があると考えます。紙幅の都合もあると思いますが、一層の編集の工夫を要望します。

また、科学技術と人間の教科書に「太陽光発電システムを生産および廃棄する際に、それに必要なエネルギーに対応した分の二酸化炭素が排出されることにも、留意する必要がある。このことは、発電時に二酸化炭素を排出しない原子力発電や風力発電でも同様である。」との記述がありました。太陽光発電、風力発電、原子力発電は、発電時に二酸化炭素の排出がないことが注目されがちですが、生産（建設）と廃棄の際に二酸化炭素が排出されることに着目させていることは適切な記述であると考えます。できることなら、設備稼働中に発電できる電力量全体と生産（建設）と廃棄時に排出される二酸化炭素量から、単位発電量当たりの排出二酸化炭素量を比較した資料（提言 6 解説表 2-

6等)を掲載すると更によいと考えます。

是非、特定の価値観のみを示すのではなく、我が国のエネルギー資源をめぐる歴史など多様な視点を示しながら、映像、調べ学習、ディベートのような討論、観察・実験などの学習方法を用いるなどして、教科の枠を越えて内容同士の関連が理解できるような編集を大いに期待しています。そして、指導者と教科書会社各社の創意工夫によって、次世代を生きる全ての生徒たちが原子力エネルギーを始めとしたエネルギー問題について、主体的・対話的で深い学びを通して、賢明な判断力を身に付けることができるようになることを期待します。

第3章 教科書の記述とコメント・修正文の例

【地理歴史（地理総合）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
東京書籍 701 地理総合	
<p>2 節 資源・エネルギー問題</p> <p>㊸ 資源・エネルギーの偏在 p. 130</p> <p>誰もが、欲しがらる。だから、取り合いに。</p> <p>Q資源をめぐる問題が、しばしば国家間の対立を生むのはなぜだろうか。</p> <p>資源・エネルギーの生産 鉄鉱石やレアメタル（希少金属）、原油や石炭などの鉱産物は、埋蔵量に限りがあるだけでなく、地球上に偏って分布している。このうち、実際に資源として商業利用されるのは、その時代の技術で経済的に見合うコストで採掘できるものに限られる。経済・社会の発展にともなって、人類はより多くの資源・エネルギーを必要とするようになる。そのため、商業利用が可能な資源・エネルギーにめぐまれているかどうかは、その国の経済力や国際的な政治力に強く影響する。</p>	
<p>資源・エネルギーの消費 資源・エネルギーは、消費についても大きな地域差がある。一次エネルギーの一人あたり消費量をみると、工業化が進み生活水準の高い先進国で多く、発展途上国では少ない傾向にある。しかし、西アジアなどの産油国では、一人あたりの消費量が多い。また、中国やインドなど、人口規模の大きな新興国では、一人あたりの消費量は少ないが、全体の消費量が多い。主要な生産国と消費国が地理的に離れているため、資源・エネルギーは重要な国際商品として取り引きされ、地球規模で大量に輸送されている。</p>	
<p>【写真1】アメリカ合衆国の企業が開発した油田（イラク，2019年）</p>	
<p>【写真2】輸出用のレアアースをふくむ土の採掘（中国，2019年）</p>	
<p>【図3】鉱産資源のおもな産地【Diercke Weltatlas 2015】 読み取ろう 石油の産地が集中しているのはどのあたりか読み取って地図帳で地名を確認しよう。</p>	
<p>① 自然界に存在する変換・加工されていないエネルギーで、石炭、石油、水力、風力、ウランなどがある。</p>	
<p>【写真4】鉄鉱石の露天掘り（オーストラリア）坑道を掘らずに地表から順に採掘する方法を露天掘りと呼ぶ。鉱床が地表の近くに分布する場合に効率よく採掘できる。</p>	
<p>【グラフ5】世界の一次エネルギー消費量の地域別移り変わり（石油換算）【BP 統計】</p>	
<p>つぶやき 日本は原油の約 88%を中東地域から輸入しているよ。オイルタンカーがよく通るホルムズ海峡やマラッカ海峡の位置を地図帳で確認しよう。</p>	<p>「日本は原油の約 88%を中東地域から輸入しているよ」とありますが、日本の原油の中東地域からの輸入の最新データは 89.6%（2019 年度）ですので、例えば、「日本は原油の約 90%を中東地域から輸入しているよ（2019 年度）。」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>資源をめぐる国家間の対立 p. 131 産業革命以降の工業化・近代化の過程で、先進国は化石燃料への依存度を高めていった。第二次世界大戦後、植民地であった資源保有国が独立すると、自国の資源の生産・開発に対する主権を確立しようとする資源ナショナリズムが次第に高まった。1970 年代には石油輸出国機構（OPEC）が産油量を制限したことなどによって 2 度の石油危機（オイルショック）がおこり、原油価格が高騰した。先進国は、省エネルギーの徹底、天然ガスや原子力などの</p>	

<p>代替エネルギーの利用，OPEC 加盟国以外での油田開発などでこれに対処した。日本では，石油の安定的な確保のため 1980 年代に国による石油の備蓄がはじまった。しかし，それまで発展途上国の安価な化石燃料を大量に消費することによって急速な経済成長をとげてきた先進国は，経済成長率の低下に直面することになった。</p> <p>2000 年代には，新興国の需要増大や資源価格の高騰を背景に，資源獲得競争が世界的に激化した。資源ナショナリズムの対象は石油以外にも広がり，天然ガスの輸出を周辺諸国とのかけ引きに用いるロシアや，先端技術産業に欠かせないレアアースの輸出を制限しようとする中国などの動向が注目される。新たな資源を確保するため，海底資源の開発が注目されているが，その権益をめぐる国家間の政治的対立も生まれている。</p>	
<p>【図 6】国・地域別の一人あたりエネルギー消費量（石油換算）【IEA 資料】 読み取ろう エネルギー消費量の多い国・地域にはどういった特徴があるか，緯度や鉱山資源の分布に着目して読み取ろう。</p>	
<p>【図 7】南シナ海の島々【アメリカ国防総省資料】 南沙諸島は防衛上重要な海域にあり，付近は豊かな漁場であることに加え，海底に石油や天然ガスが埋蔵していることがわかり，その領有をめぐる緊張が高まっている。</p>	
<p>【グラフ 7】原油価格の移り変わり【U. S Energy Information Administration ほか】</p>	
<p>トピック シェール革命 北アメリカ大陸には，原油や天然ガスをふくんだ頁岩（シェール）が広く分布している。採掘技術の進歩により，頁岩から原油（シェールオイル）や天然ガス（シェールガス）を取り出して利用することが可能となった。これをシェール革命とよぶ。シェール革命の結果，アメリカ合衆国のエネルギー自給率は大きく上昇し，原油や天然ガスの国際価格は下落した。</p>	
<p>【図 9】シェールガスの採掘</p>	
<p>チェック A 図 3 を参考に，次の 3 国から原油の生産が最もさかんな国を選びなさい。【イラン，インド，オーストラリア】</p>	
<p>チェック B 資源・エネルギーが地球規模で大量に輸送されている理由を本文から抜き出して「～ため」という文で答えなさい。</p>	
<p>⑩ 化石燃料から再生可能エネルギーへ p. 132 地球を，「電池切れ」にさせないために。 Q 世界のエネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合がなかなか拡大しないのはなぜだろうか。 エネルギー資源の種類 石炭，石油，天然ガスなどの化石燃料は，埋蔵量に限りがある枯渇性エネルギー資源であり，新たな埋蔵が発見されても将来枯渇することは避けられない。また，化石燃料の燃焼によって発生する二酸化炭素は温室効果ガスの主要な部分を占め，地球温暖化の大きな要因となっている。これに対して，<u>太陽光エネルギー，水力，風力などの再生可能エネルギー資源は，くり返し利用できるうえ，温室効果ガスを発生させないため，その利用の拡大が期待されている。</u></p>	<p>「太陽光エネルギー，水力，風力などの再生可能エネルギー資源は，くり返し利用できるうえ，温室効果ガスを発生させないため」とありますが，発電設備の製造段階では温室効果ガスを発生するので，例えば，「太陽光エネルギー，水力，風力などの再生可能エネルギー資源は，くり返し利用できるうえ，発電段階では温室効果ガスを発生させないため」とするのがより適切と考えます。また，原子力も発電段階で温室効果ガスを発生させません。</p>
<p>エネルギー利用の変遷と地域性 1960 年代には，おもに消費されるエネルギー資源が石炭から石油へと移行するエネルギー革命が進行した。1970 年代に石油危機がおけると，先進国では天然ガスや原子力などの代替エネルギーの利用が広がり，省エネルギーやリサイクルが推進された。1990 年代に入ると，気候変動枠組条約の採択などをきっかけに地球温暖化への関心が高まり，温室効果ガスを排出する化石燃料から再生可能エネルギーへの転換の必要性が認識された。2000 年代には，エネルギー消費量が世界的に増加し，資源価格が高騰した。これを受けて，多くの国では，エネルギー資源を安定的に確保することが課題となった。</p> <p>エネルギー源の構成は，利用可能なエネルギー資源や政策のちがいで国ごとに異なる。先進国の多くは，輸入化石燃料への依存度が依然として高い。フランスは原子力を主体とするエネルギー政策をとってきたが，現在は再生可能エネルギーを積極的に導入している。ブラジルでは，さとうきびを原料とするバイオエタノール（バイオマスエネルギーの一種）の利用が進んでいる。</p>	

<p>【写真1】伊方原子力発電所と風力発電用の風車群（愛媛県伊方町，2018年） 原子力発電所の立地する佐田岬半島はさえないものがないため風が強く、半島の稜線に沿って風力発電用の風車が立ち並ぶ。</p>	
<p>【グラフ2】EU主要国と日本の再生可能エネルギー比率【IEA資料】</p>	
<p>① 地表から宇宙へ放射される赤外線を吸収し、熱エネルギーを大気圏内にとどめる温室効果をもつガス。畜産が発生源の一つであるメタンや、オゾン層を破壊するフロンには、二酸化炭素よりも強力な温室効果がある。</p>	
<p>【グラフ3】おもな国の一次エネルギー供給の構成（石油換算）【世界国勢図会ほか】ブラジルの「その他」はさとうきびをもとにしたバイオエタノールなど、スウェーデンの「その他」は森林伐採後の樹木の枝や端材をもとにしたバイオマス燃料などが占める。</p>	
<p>つぶやき 日本のエネルギー自給率は10%に満たないけど、化石燃料がとれるノルウェーの自給率はなんと792.6%だって（2017年）。</p>	
<p>再生可能エネルギーへの期待と課題 p.133 現在、再生可能エネルギーの活用が進みつつあるが、その種類には地域差がある。北海沿岸のドイツやデンマークでは、年間を通じて偏西風を安定的に利用できるため、風力発電が普及している。変動帯に位置する日本やイタリア、アイスランドは火山が多く分布するため、地熱発電が実用化されている。</p> <p>しかし、再生可能エネルギーが経済的に利用できるのは、日照、風力、地熱、波力、潮汐などの条件がめぐまれている場所に限られる。それだけで十分な電力を安定的に得ることは難しいため、多くの国では化石燃料や原子力による発電でおもな需要をまかなう。また、風力発電装置が景観や環境にあたる影響や、地熱発電所の建設が温泉を枯渇させる可能性など、再生可能エネルギーの利用にともなう悪影響が懸念されることもある。技術開発によって再生可能エネルギーの生産コストは低下しているが、その利用を拡大させるためには、政策面でのさらなるあと押しが不可欠である。</p>	
<p>【写真4】メガソーラー（山梨県甲斐市，2019年） 山地の森林を伐採してソーラーパネルが設置されていることも多く、その場合には景観の悪化や、山肌がむき出しになることによる土ぼこりの被害や土砂災害の発生が懸念される場合もある。</p>	
<p>国際協力の最前線 地熱発電の開発で人々に安定した電力を 地熱エネルギーの開発に取り組む JICA の中川悠さん 水力発電が主流となっているエチオピアでの地熱開発など、東アフリカ地域のエネルギー分野のプロジェクトに取り組んでいます。水力発電は雨の少ない乾季に供給力が低下しやすい一方、地熱発電は気候の影響を受けにくく、常に安定した量の電気を供給できます。現地の人々がより快適な生活を送れるようにするため、日本の知識と技術を伝えるプロジェクトの形成・管理にかかわっています。</p>	
<p>【写真5】とうもろこし畑とバイオエタノールの工場（上：アメリカ） 【写真6】さとうきび畑とバイオエタノールの工場（下：ブラジル） 糖分やでんぷんの多いさとうきびやとうもろこしからエタノールを生産している。原料の農産物の需要が増加したことや投機（価格の低いときに購入して価格が上昇したら売却することで利益を得ようとする）の対象になったことを発端に、耕地拡大のために熱帯林が伐採されたり（p.126）、食料の生産が妨げられたりする問題（p.142）もおこっている。</p>	
<p>② 生物体を構成する物質に由来する資源のうち、石油や石炭などを除いた再生可能な資源から得られるエネルギー。 ③ 温泉地の周辺は地熱発電に適しているが、発電をするためには井戸を掘る必要がある。それによって温泉の枯渇や湯量の減少、温度の低下がおこることを懸念して、建設に対する反対がおこることがある。</p>	
<p>【写真7】洋上風力発電用の風車（デンマーク，2016年）</p>	
<p>【写真8】地熱発電所（大分県九重町，2014年） 地熱発電は、地下のマグマにある高温の蒸気や熱水を取り出してタービンを回す発電方法である。</p>	
<p>チェックA p.75図6も参照して、地熱発電に最も適した国を選びなさい。【イギリス，オランダ，ニュージーランド】</p>	
<p>チェックB 再生可能エネルギーだけで日本国内の電力をまかなえない理由を本文を参考にして2点以上答えなさい。</p>	

<p>発展 日本の資源・エネルギー問題 p.134 日本は資源・エネルギーを大量に輸入している。それでは、日本には資源・エネルギーが本当に「ない」のだろうか。 ◎日本は資源小国ではない？ 「資源の博物館」といわれるほど、日本国内には多様な鉱物が存在しており、かつては全国各地に鉱山が分布していた。しかし、その多くは埋蔵量が少なく、世界各地で大規模で効率のよい資源開発が行われるようになると、海外よりも採掘コストが高い国内の鉱山は競争力を失い、ほとんどが閉山に追いやられた。石炭は、北海道や九州を中心に比較的埋蔵量が豊富で、第二次世界大戦直後には復興を支える基幹産業とされた。しかし、1960年代のエネルギー革命の過程で石炭から石油への転換が進むと、産出される石炭の質がおとる炭坑や、採掘コストの高い炭坑から次々と閉鎖された。石油の埋蔵量はもともとわずかであり、新潟県などに小規模な油田があるものの、エネルギー革命後は消費量のほとんどを輸入に依存している。現在、原油の輸入量の約8割は、西アジア諸国から調達されている。 現在の日本の資源自給率は、セメントの原料である石灰石などを除くと、きわめて低い水準にある(図3)。資源獲得競争の激化や資源ナショナリズムの高まり、揺れ動く国際政治のなかで、いかに安定的に資源を確保するかが課題である。</p>	
<p>【グラフ3】日本の資源輸入国と自給率(2019年)【財務省貿易統計】</p>	
<p>【グラフ5】日本の一次エネルギー供給の移り変わり【エネルギー・経済統計要覧 2019年版】 エネルギー革命の様子が読み取れる。</p>	
<p>◎電力のこれまでと東日本大震災 1960年代の高度経済成長にともなって電力需要が急増するにつれて、日本の発電の主力は水力から火力に移行した。火力発電のエネルギー源は、石油危機(オイルショック)を契機に石油から液化天然ガスや石炭へと移行してきた。原子力発電が本格化したのは1970年代からであり、東日本大震災以前は発電量の約3割を占めていた。2011年の福島第一原子力発電所の事故は世界に衝撃をあたえ、例えばドイツは、国内の原子力発電所をすべて廃止する方針を固めた。日本でも、原子力発電所のほとんどが稼働を停止している状況である(2019年現在)。日本の発電量における再生可能エネルギーの割合は高まっているが、火力発電が大半を担う状況が続いている。</p>	<p>「福島第一原子力発電所の事故は世界に衝撃をあたえ、例えばドイツは、国内の原子力発電所をすべて廃止する方針を固めた。」とありますが、ドイツの脱原子力発電への意向は東京電力福島第一原子力発電所事故以前からありました。 また、「日本でも、原子力発電所のほとんどが稼働を停止している状況である」とありますが、その理由は次のとおりです：同事故後に国内の原子力発電所は一旦停止し、厳しい津波対策などを定めた新規規制基準に合致するように設備増強などを行っており、2019年には合格した9基が稼働していました。(2022年6月現在は10基が再稼働しています)</p>
<p>◎資源自給率の向上をめざして エネルギー自給率を向上させるとともに、温室効果ガスの削減を進めるためには、再生可能エネルギーの利用推進が不可欠である。2012年に再生可能エネルギーによる電力の買い取りが電力会社に義務付けられたことは、太陽光発電が急速に普及するきっかけとなった。変動帯に位置する日本では、地熱発電への期待が大きい。森林資源も豊富であるため、木質バイオマスの利用を拡大する余地もある(写真6)。再生可能エネルギーを普及させるためには、余剰電力の蓄電技術や送電ロスを少なくする送電網の整備(スマートグリッド)が重要である。 新たな資源開発の試みもある。パソコンや携帯電話には、レアメタルや金などの金属が使われている。「都市鉱山」という言葉を聞くことがあるが、これは使用済みの電気製品が資源をふくむことに注目した言葉である(写真1・2)。すでに廃棄された家電から資源を回収する事業に乗り出している企業もある。 海底資源の探査も積極的に行われている。日本近海には、レアメタルや新たなエネルギー資源とされるメタンハイドレートなどが豊富に埋蔵されている(図7)。しかし、経済的に見合うコストで利用する技術は確立されていない。また、南沙諸島の領有をめぐる対立のように、海底資源の利益をめぐる他国との政治対立に発展することも懸念される。</p>	
<p>① 情報通信技術(ICT)を用いて、電力の需要と供給にあわせて電力の流れを最適化する送電網。</p>	
<p>② 低温・高圧の条件下で存在するメタンであり、海底に大量に存在する。今のところ商業利用はされていないが、エネ</p>	

<p>ギー資源としての利用が期待されている。</p>	
<p>【写真 6】木質バイオマス燃料（岩手県葛巻町）間伐材，製材所で出た端材，住宅の解体材などの木材を，ウッドチップ（左）や木質ペレット（右）などに加工して発電や熱源として用いる。</p>	
<p>【図 7】日本周辺のメタンハイドレートの分布（推定）【エネルギー白書 2011 年版】</p>	
<p>【表 8】発電方法ごとのメリット・デメリット【著者原図】</p>	
<p>第 2 編 第 2 章 さまざまな地球的課題と国際協力 p. 170</p>	
<p>(1) 地球環境問題 ●地球環境問題 (1) ・地球温暖化の原因となる温室効果ガスの削減に向けて，2015 年にパリ協定が採択され，脱炭素社会がめざされている。 ・海洋のプラスチックごみの拡散に対応するため，プラスチック製品の使用量削減やリサイクルが求められる。 ・酸性雨大気汚染，土壌汚染，生態系の破壊と生物多様性の喪失，オゾン層の破壊などの地球規模の環境問題もある。</p>	
<p>●地球環境問題 (2) ・熱帯林の減少…商品作物を栽培するプランテーション拡大や過度な商業伐採などが原因となっている。 ・気候変動や人為的な要因で土地の植生が失われ，乾燥化する現象を砂漠化とよぶ。 ……サヘル（サハラ砂漠の南側に広がる地域）では，深刻な干ばつの結果，地表の植物が失われ，砂漠化が進んだ。 ……乾燥地の灌漑で土壌の塩類化が生じたり，人口増加にともなう過放牧・過伐採で乾燥地が拡大したりしている。</p>	
<p>(2) 資源・エネルギー問題 ●資源・エネルギーの偏在 ・鉄鉱石やレアメタル（希少金属），原油や石炭などの鉱産物は，埋蔵量に限りがあるうえに，地球上に偏って分布している。 ・一次エネルギーの一人あたり消費量は先進国で多く，発展途上国で少ない傾向にある。 →西アジアの産油国では一人あたりの消費量が多く，中国やインドでは一人あたりの消費量が少ないが国全体の消費量は多い。 ・1970 年には 2 度の石油危機（オイルショック）がおこり，省エネルギーの徹底や代替エネルギーの利用などで対応していた。 ・2010 年代，採掘技術の進歩で頁岩（シェール）からの原油採掘が可能になり（シェール革命），原油価格は下落した。</p>	
<p>●化石燃料から再生可能エネルギーへ ・化石燃料は埋蔵量に限りがある枯渇性エネルギー資源で，その燃焼で発生する二酸化炭素は温室効果ガスの一つ。 ・太陽光エネルギーや水力，風力などはくり返し使える再生可能エネルギー資源で，<u>温室効果ガスを発生させない。</u> ・ドイツやデンマークでは偏西風を利用した風力発電が，火山の分布するアイスランドなどでは地熱発電が活用される。</p>	<p>p. 132 の記述へのコメントと同様，「温室効果ガスを発生させない」はその前に「発電段階では」を追記するのがより適切と考えます。</p>
<p>(7) 持続可能な社会の実現をめざして p. 171 ●地球的課題と国際協力 ・1992 年の地球サミットで「持続可能な開発」が標語に掲げられ，気候変動枠組条約や生物多様性条約などが採択された。 ・政府開発援助（ODA）…政府が行う資金や技術協力。おもに発展途上国の貧困削減のために実施されてきた。 ・民間非営利団体（NPO）や非政府組織（NGO）の活動も世界各地に広がっている。 ・2015 年の国連サミットで，持続可能な開発目標（SDGs）が採択された。</p>	

<p>確認しよう 学習したことが身についたかどうかを確認しよう。</p> <p>(1) 地球環境問題 □地球温暖化や海洋プラスチックごみの問題に対して、私たち一人ひとりができることを一つ以上あげられる。</p>	
<p>(2) 資源・エネルギー問題 □統計資料を用いて再生可能エネルギーの普及に向けた課題を説明できる。</p>	
<p>(7) 持続可能な社会の実現をめざして □持続可能な社会の実現のために、身近な地域で取り組むべきだと考える課題を一つ以上発見した。</p>	
実教出版 702 地理総合	
<p>6 エネルギー資源の開発と限界 p.162 エネルギー資源はどのように開発されてきたのだろうか。 エネルギー資源の開発と化石燃料 人類の経済発展はエネルギー資源の開発により実現されたものであり、近代以降、人類はエネルギー資源を化石燃料に依存してきた。18世紀後半の産業革命では石炭が蒸気機関の燃料として使用され、20世紀に入ると大量に採掘されるようになった石油がエネルギー資源の主演となった。日本では、1960年代に石油の使用量が石炭を上回り、エネルギー革命と呼ばれる転換期となった。 石油は、常温で液体のため輸送に便利で、かつ石炭と比べて熱効率が高く、また重油やガソリンをはじめとしたさまざまな用途に使われている。石油資源の開発は西アジアのペルシャ湾沿岸を中心に、欧米の石油メジャーにより進められてきた。石油の供給量が増加して、価格が低下することによって、石油の消費が増大し、先進国では豊かな社会を享受できるようになった。 一方で、西アジアの産油国では自国内の石油資源の権益が、欧米の石油メジャーに独占されていることに対して不満が高まった。とくに、国内で産出する資源を自国で管理して、石油による利益の公正な配分を得ようとする資源ナショナリズムという考え方が台頭した。これらを背景として、1970年代に石油価格が上昇して二度の石油危機が発生するなど、産油国の動静は世界全体の経済に大きな影響を及ぼしている。</p>	
<p>① 天然資源は世界各地に偏在する一方で、先進国を中心に資源の輸入が増加していた。貿易に不利益が生じないように、資源産出国が自国の権益を守るための考え方として広まった。</p>	
<p>写真【1】油田施設 2017年。イラク南東部。</p>	
<p>図【1】1人あたり一次エネルギー消費量 2017年。IEA資料による。</p>	
<p>図【2】世界の石油生産量の国別割合 2018年。中東諸国を中心に結成されたOPEC加盟国が全体の生産量の41.5%を占めるが、近年その割合は減少傾向にある。BP資料による。</p>	
<p>Check 1人あたり一次エネルギー消費量の多い国はどのような地域に分布しているのだろうか、地図から読み取ってみよう</p>	
<p>つながる世界⑨ エネルギー供給と南北問題 p.163 先進国と途上国の位置を示すとともに、両者の格差を意味する言葉として南北問題という表現が使われる。世界地図を見ればわかるように、北に位置する先進国が南に位置する途上国に対して経済的に豊かであるということを意味している。ところが化石燃料をはじめとした一次エネルギーの分布では南北問題の位置づけが逆転する。もちろんアメリカ合衆国やロシアのように北に位置する国であっても広大な面積をもつ国では、天然資源に恵まれている場合もあるが、面積の狭いヨーロッパ諸国や日本では、化石燃料の種類や量に恵まれていない。そこで貿易によってエネルギー供給源を確保しようとしてきた。 かつての宗主国と植民地との関係で貿易が成り立つ場合もあったが、石油危機を契機として、資源ナショナリズムの考え方が浸透し、天然資源の産出国の発言力が高まっている。さらに資源の種類や埋蔵量によっては途上国間でも格差が生じることもあり、南南問題と称されることもある。地球的課題としてエネルギー資源の確保は重要であるが、国家間関係によ</p>	

<p>ってエネルギー供給量が左右されるという国際関係の問題も含んでいる。</p>	
<p>図▲1 次エネルギーの純輸出入 2016年。世界国勢図会 2019/20年版による。</p>	
<p>化石燃料の課題 化石燃料を利用し続けることには、多くの問題がある。まず、化石燃料はリサイクルが不可能であり、いつか枯渇する有限の資源である。また、化石燃料などのエネルギー資源は特定の国々に偏在しており、経済発展の違いによる南北問題や資源ナショナリズムを背景として産出国と消費国とで対立が生じることがある。</p> <p>石油危機以降、先進国では代替エネルギーの開発が進められてきたが、化石燃料の消費量は減少しなかった。また、近年の経済成長によって発展途上国でのエネルギー消費が増大しつつあり、世界全体での化石燃料の消費量は増加傾向のままとなっている。化石燃料の使用時に発生する二酸化炭素は地球温暖化の要因となることもあり、新たなエネルギー資源の開発が急務となっている。</p>	
<p>新たなエネルギー資源の開発 石油資源をもたない国々では石油代替エネルギーの開発が大きな課題となっている。先進国で導入されてきた原子力発電は発電時に二酸化炭素を排出せず、地球温暖化対策にもなることが期待されていた。しかし、核廃棄物の管理やアメリカ合衆国、旧ソ連、日本で発生した事故のため不安視されており、国により政策が異なっている。</p> <p>原油価格が高騰した2000年代以降には、世界各国でエネルギー資源の多様化や低炭素化がはかられている。たとえば、他の化石燃料よりも環境負荷が低い天然ガスの消費を増加させたり、新たなエネルギー資源としてシェールガスやメタンハイドレートなどの開発を進めたりしている。</p>	<p>下線部は「原油価格が高騰した2000年代以降」より過去の知見であるかのような誤解を与える恐れがあります。原子力発電が地球温暖化対策になることは、現在でも世界的に明らかになってきたことなので、例えば、段落末に、「福島第一原子力発電所事故後、最近では発電時に二酸化炭素を排出しない原子力発電の価値が改めて見直されるようになってきた」と付記する方がより適切と考えます。</p>
<p>① シェールガス 地下に堆積している天然ガスでこれまでは採掘方法の限界により利用できなかった。技術的な問題が克服されるようになり、新たな資源として期待されている。</p>	
<p>② メタンハイドレート 日本近海の海底にも埋蔵されているメタンと水から生成している天然資源である。日本の領海に位置することが確認され、技術的な開発が待たれる。</p>	
<p>Try 産業革命から現在までの化石燃料の使用量を調べて、人口増加との関連について考えてみよう。</p>	
<p>7 新たなエネルギー資源への取り組み p.164</p> <p>再生可能エネルギーの利用にはどのような課題があるのだろうか。</p> <p>再生可能エネルギーとは 再生可能エネルギーとは自然のエネルギーに由来し、繰り返し利用することが可能なエネルギーのことである。エネルギー源が自然界から常に補充されるため、枯渇することがなく、また発電時に二酸化炭素を排出しないものが多いことから、新たなエネルギー源として期待されている。再生可能エネルギーには、自然エネルギーを利用する太陽光、風力、地熱、潮汐、中小水力と、化石燃料を除いた生物由来の有機物を利用するバイオマスなどがある。</p>	
<p>再生可能エネルギーの利用と課題 近年、技術開発が進んだことで、多様な自然エネルギーの利用が可能となった。また、地球温暖化をはじめとした地球環境問題の深刻化という背景もあり、先進国と発展途上国を問わず、再生可能エネルギーの導入が促進されてきた。現在では、それぞれの再生可能エネルギーに適した発電方法や蓄電技術が普及し、世界各地でその発電量が增大している。</p> <p>しかし、地球環境の将来のために期待される再生可能エネルギーの利用には課題が残されている。まず、自然条件の影響を強く受け、利用できる自然エネルギーの種類は地域ごとに限られる。安定供給が難しいことも多く、たとえば太陽光や風力は天候によって発電量が不安定になる。また、再生可能エネルギーの利用は社会環境にも影響を受ける。たとえば、発電施設の建設には多額の資金が必要で、導入初期の発電コストが高い。そのため政策の違いにより、国ごとで導入量に差が生じている。風力発電の風車が景観を損なったり、バイオマス発電の燃料が食料と競合したりするなどの問題も生じている。</p> <p>こうした課題を克服して再生可能エネルギーの導入を進めるため、発電方法や蓄電技術のさらなる進歩に加え、国際的な枠組みによる支援や各国政府の取り組みが望まれている。積極的な政策がおこなわれているヨーロッパでは再生可能エネルギー</p>	

<p>ギーへの転換が進んでおり、また中国では太陽光発電をはじめとして再生可能エネルギーの利用が急増している。日本においても再生可能エネルギーの利用量を増加させるための施策を考えていく必要がある。</p>	
<p>写真【1】太陽光発電 中国。江西省。</p>	
<p>写真【2】風力発電 アメリカ合衆国。カリフォルニア州。</p>	
<p>写真【3】バイオエタノール（サトウキビエタノール）の生産 ブラジル・サンパウロ州。</p>	
<p>再生可能エネルギーの発電量が高い国は、国土面積の大きな国が多いね。</p>	
<p>図【1】再生可能エネルギー発電総量の推移と割合 BP 資料による。</p>	
<p>図【2】世界の再生可能エネルギーの総発電量に占める上位 10 か国の割合 2018 年。BP 資料による。</p>	
<p>時事ノート⑥ 再生可能エネルギーをめぐる動向 p.165 ドイツやスペインでは、再生可能エネルギーによる電力を一定期間、固定価格で買い取ることを電力会社に義務付ける固定価格買取制度を推進してきた。EU 全体で電力を互いに融通する送電線のしくみを作り、買取価格をめぐる議論などを重ねながら、再生可能エネルギーが生活に定着しつつある。日本でも、2011 年に再生可能エネルギー特別措置法（FIT 法）が成立し、2012 年から固定価格買取制度を開始した。これにより、家庭の自家消費分以外の余剰電力と、発電事業者の全発電量が、固定価格で買い取られることになった。一方、太陽光や風力由来の電力は、ときに電線網へ大量流入して停電を生じさせ、電力の安定供給に支障をもたらすおそれがある。そこで FIT 法は、そのような場合に限り、電力会社に電力の買取拒否を認めている。このため、原発再稼働を前提にする電力会社が、電力の安定供給の観点から、新規かつ大型の太陽光・風力発電による電力を買取拒否する事態も生じている。</p> <p>今後、再生可能エネルギーを一層普及させるためには、電力自由化をはじめ、発電分離やスマートグリッドなど、電力供給システムの全体的な見直しが必要となる。</p>	
<p>図▲発電分離 電力自由化には発電分離が欠かせない。日本は大手電力会社が一括（いっかつ）大量に発電をおこない、自社の送電網で各家庭に送配電する一貫体制をとってきた。今後、大小多くの電力供給者が、多様な電源から発電した電力を消費者に届けるためには、適切な料金で自由に送配電設備を使えるしくみが必要である。</p>	
<p>循環型社会の構築に向けて 再生可能エネルギーへの転換に向けた取り組みとともに、エネルギーを含めた資源をリサイクルする循環型社会の構築も進められている。たとえば、利用の前後で環境中の炭素量が変わらないカーボンニュートラルのエネルギーとして、植物資源を由来とするバイオマス燃料や廃食油の利用が拡大している。また、都市鉱山とも呼ばれる廃棄物から資源を取り出し再利用する取り組みや、省エネルギーや環境に配慮した住宅地であるスマートシティの建設などもおこなわれている。こうしたさまざまな取り組みの積み重ねが、持続可能な社会の実現へとつながり、地球環境問題をはじめとした地球的な課題の解決にとって重要となる。</p>	
<p>Try 循環型社会の構築に向けて解決すべき課題について話しあって考えてみよう。</p>	
<p>① バイオマス燃料 バイオエタノールをはじめとした植物起源の燃料はガソリンの補助資源としても期待されており、間伐材やおがくずも燃料や資源として利用される。化石燃料と同様、これらのバイオマス燃料からも二酸化炭素は排出されるが、それはもともと光合成によって植物に取り込まれていた二酸化炭素であるため、新たな排出源とはならないと考えられている。</p>	
<p>8 地球環境問題：地球温暖化 p.166</p> <p>地球温暖化は私たちの暮らしにどのような影響をおよぼすのだろうか。</p> <p>地球温暖化の発生とその要因 地球環境問題のなかでも地球温暖化は、国際社会が協力して解決をめざしている重要な課題である。</p> <p>地球温暖化とは、1970 年代以降に顕著になった地球規模での気温上昇とそれともなう環境変化をさしている。私たちの社会は、産業革命以降、大量の化石燃料をエネルギー源として利用して豊かな生活を築いてきた一方で、化石燃料を燃焼することにより、大気中へ大量の二酸化炭素を排出してきた。また、農地開発などのために大規模な森林伐採がおこなわれ、</p>	

<p>森林内の炭素が二酸化炭素として大気中に放出された。こうした人間活動による大気中への二酸化炭素やメタンなど温室効果ガスの蓄積が主な原因となって、地球全体の平均気温が上昇し、地球温暖化問題が発生した。</p>
<p>地球温暖化の影響 地球温暖化はさまざまな環境変化を引き起こし、私たちの生活に影響を及ぼしている。たとえば、地球温暖化は単なる気温の上昇にとどまらず、大雨や干ばつなどの異常気象や台風やハリケーンの強大化といった極端な気候をもたらしている。また、地球温暖化は氷河の融解や海水の膨張などによる海面上昇も引き起こし、島嶼国や海岸部の都市において高潮や洪水の危険を増大させている。</p> <p>地球温暖化は私たちの社会にも大きく影響することが予測されている。平均気温や降水量の変化は農作物の栽培条件をかえて、農業の分布を変化させる可能性がある。また、熱中症や感染症などに罹患するリスクが高まるなど私たちの健康への影響も考えられている。地球温暖化は世界全体で人々の生活や社会にさまざまな影響を及ぼしつつあり、早急に取り組むべき国際的な課題となっている。</p>
<p>写真【1】山火事 アメリカ合衆国。カリフォルニア州。</p>
<p>写真【2】干上がった水田 中国。湖南省。</p>
<p>写真【3】氷河の後退 ペルー。パストルリ氷河。</p>
<p>図【1】温室効果のしくみと世界の平均値上気温の予測 (原文ママ) 現在のペースで温室効果ガスの増加が続くと、21世紀末の地球の平均気温は0.3～4.8℃、海面は26～82cm上昇すると予測されている。環境省資料による。</p>
<p>写真【4】洋上国家モルディブ(インド洋) モルディブの平均海拔は2～3mしかないため、海面上昇が進むと、人々の生活や社会基盤が脅かされ、島民は移住を余儀なくされる可能性もある。</p> <p>地球温暖化は自然災害の一因となるんだね。</p>
<p>時事ノート⑦ 地球温暖化防止への取り組み p.167 1997年に採択され2005年に発効した京都議定書は、二酸化炭素の主要排出国である中国に削減義務がなく、アメリカも批准していなかったため、新たな体制づくりが課題となっていた。こうした状況を解消するため、2016年に発効した新たな枠組みがパリ協定である。</p> <p>パリ協定は、産業革命前からの気温上昇を2度未満(できる限り1.5度未満)に抑えることを目的とし、今世紀後半に実質的な温室効果ガスの排出量をゼロにすることをめざしている。各国はそれぞれ削減目標を設定して対策を進めることとなったが、目標達成の義務化は見送られたため、京都議定書に比べて法的拘束力が弱いものとなった。しかし、対策の進み具合を確認するために、各国は目標を5年ごとに見直し、より高い目標を提出することで合意した。</p> <p>温暖化対策については、先進国と途上国の対立が続いてきたが、パリ協定では、先進国が主導する責任を明確にし、途上国に対する資金支援を先進国がおこなうことを義務付けた。一方で、2017年にアメリカがパリ協定からの離脱を表明し、その行方が注目されている。</p>
<p>図▲京都議定書とパリ協定の枠組み</p>
<p>地球温暖化問題への取り組み 地球温暖化への対策として、大気中における温室効果ガスの濃度を安定化させるため、二酸化炭素の排出量を削減するなどの取り組みが実施されてきた。</p> <p>1992年の国連環境開発会議(地球サミット)では気候変動枠組条約が結ばれ、温室効果ガスの排出量削減をめざした国際的な話し合いが続けられている。1997年に採択された京都議定書では、先進国に数値目標を課して、温室効果ガス排出量の削減を義務化した。また、削減目標を達成するために、排出量取引などの取り組みも取り入れられた。</p> <p>2000年代に入ると中国やインドなどで二酸化炭素の排出量が増加し、途上国に対しても温室効果ガスの排出削減を促す必要が生じた。そのため、2015年にパリ協定が採択され、途上国を含めた多くの国が温室効果ガス排出量の削減に取り組むこととなった。現在では、二酸化炭素などの排出量を削減し、低炭素社会の実現に向けた努力を続ける一方で、地球温暖化への適応策についても検討されている。</p>
<p>① 排出量取引 国や企業ごとに温室効果ガスの排出枠(排出量の上限、キャップ)を割り当てたうえで、各国(企業)が、</p>

<p>実際の排出量とこの排出枠との差，すなわち余った排出枠を売り，不足した排出枠を買う取引（トレード）をするしくみ。排出削減を進めれば取引によって利益が見込めるため，排出削減の動機付けになるとされる。</p>	
<p>check 一人あたりの排出量が増えている国にはどのような共通点があるだろうか。考えてみよう。</p>	
<p>グラフ【2】主な国のCO2排出量 世界国勢図会 2019/20年版による。</p>	
<p>Try 地球温暖化問題への取り組みにおいて，先進国と発展途上国とが対立する理由について考えてみよう。</p>	
<p>帝国出版 703 高等学校 新地理総合</p>	
<p>3節 資源・エネルギー問題 p.158</p> <p>節の主題 私たちが生活を営むうえで，資源やエネルギーは欠かせない。世界の資源やエネルギーの利用にはどのような課題があるだろうか。また，持続可能なエネルギーの利用方法とは，どのようなものだろうか。</p>	
<p>1 世界のエネルギー・鉱産資源</p> <p>学習課題 エネルギー資源や鉱産資源は，どのように利用されているのだろうか。</p> <p>エネルギーの種類と資源利用の変化 エネルギー資源のうち，水力や風力，化石燃料や原子力燃料のウランなど，自然界にそのまま存在するものは1次エネルギーとよばれる。他方，電力や，天然ガスからつくられる都市ガス，原油からつくられるガソリンなどは，1次エネルギーを加工しているので，2次エネルギーとよばれる。</p> <p>産業革命以前，人間は，まきや炭，風力などの自然エネルギーを小規模に利用するに過ぎなかった。しかし，18世紀の産業革命以後は，石炭を中心とする化石燃料が大規模に使われるようになり，産業が飛躍的に発展した。20世紀に入ると，自動車の燃料や繊維・ゴムなどの合成原料用として石油の利用が増加し，さらに1960年代後半には，エネルギー消費の中心が石炭に代わって石油となる，エネルギー革命が起こった。現在も世界のエネルギー消費量は急増を続けている（図2）。消費されるエネルギーの多くは今なお石油や石炭であるが，燃焼時の汚染物質が少ない天然ガスの利用も伸びている。</p>	
<p>図【1】主な資源の産出地と各国のエネルギー供給（消費）量 読み解き 一人あたりの1次エネルギー供給量が多い国はどのような国だろうか。</p>	
<p>① エネルギー革命 エネルギー消費の中心が石炭から石油へと急激に転換したこと。第二次世界大戦以降の西アジアにおける豊富な石油資源の開発，タンカーの大型化による輸送費の低下，石油化学工業による石油利用技術の発展などによって1960年代後半に起こった。</p>	
<p>図【2】世界のエネルギー供給（消費）量の推移</p>	
<p>Keywords 化石燃料 1次エネルギー 2次エネルギー エネルギー革命 電力 火力発電 水力発電 原子力発電 金属資源 非金属資源 レアメタル(希少金属)</p>	
<p>国によって異なる電力構成 p.159 2次エネルギーのなかでも，電力は生活や産業に欠かせない存在である。各国の電力構成には，自然環境や資源・エネルギー政策などを反映して差異がある（図6）。化石燃料が用いられる火力発電は，石炭資源に恵まれたアメリカ合衆国や中国のほか，日本など多くの国で主流であり，世界の総発電量の6割を占める（写真3）。水力発電は大河川があり水資源に恵まれたブラジルやカナダで主流である（写真4）。原子力発電は石油資源に乏しいフランスや日本などで積極的に導入されてきたが（写真5），2011年に起こった福島第一原子力発電所の事故後は，これを見直す動きがみられる。</p>	
<p>写真【3】碧南火力発電所（愛知県，碧南市） 世界でも最大級の石炭火力発電所である。</p>	
<p>写真【4】イタイブダム（ブラジル・パラグアイ国境）パラナ川につくられた水力発電用ダムである。</p>	
<p>写真【5】フランスの原子力発電所（トロワ近郊）</p>	
<p>図【6】主な国の発電量の内訳の変化 読み解き 各国の発電量の内訳とその国の自然環境や産業との関わりについて考えよう。</p>	
<p>確認 エネルギーの利用は，どのように変化してきたのか説明しよう。</p>	

<p>深い学び 写真3～5の発電方法には、どのような利点と課題があるのだろうか。</p> <p>2 エネルギー利用の現状と課題 p.160</p> <p>学習課題 エネルギーの利用にはどのような課題があり、どのように解決したらよいのだろうか。</p> <p>生産と消費の不均衡 エネルギー資源は、特定の国に生産地が偏在する一方で、欧米や日本などの先進国や、インドや中国で大量に消費されている(図1・2)。このため、地球規模で活発に貿易が行われ、資源をめぐる産出国と消費国の交渉あるいは消費国どうしの獲得競争が行われている。日本はエネルギー資源に乏しいため、国内消費のほとんどを世界各国からの輸入に依存している(図3)。</p> <p>エネルギー資源をめぐるのは、国際石油資本(石油メジャー)とよばれる先進国の巨大企業が、採掘や精製、製品化などの権益を握ってきた。石油の場合、20世紀前半の西アジアの産油国には油田開発や精製の技術がなく、原油採掘による利益の大部分は石油メジャーを通じて先進国に持ち去られていた。これに不満をもった産油国では、自国の資源を経済的な自立や発展に結び付けようとする資源ナショナリズムの動きが高まり、1960年の石油輸出国機構(OPEC)の結成や1970年代の二度にわたる石油危機(オイルショック)を経て、現在は産油国が原油の価格や産油量の決定権を確保するようになっている。新興国の経済成長とともに原油価格が高騰した2000年代以降は、(図5)、アメリカ合衆国でのシェールガスの採掘など、新たな資源の開発も進められている。</p>	
<p>図【1】夜の地球 夜の衛星画像をつなぎ合わせて作成している。読み解き 明るく見えるのは、どの地域だろうか。</p>	
<p>図【2】主な国のエネルギーの生産量と供給(消費)量 読み解き 日本のエネルギー生産量と供給(消費)量の特徴を、ほかの国と比較して考えよう。</p>	
<p>図【3】日本のエネルギー資源の輸入相手国</p>	
<p>① 国際石油資本(石油メジャー) 石油の探査・採掘・生産から輸送・精製・販売に至るまで、石油産業の全段階に携わる巨大資本のこと。</p>	
<p>Keywords 国際石油資本(石油メジャー) 資源ナショナリズム 石油輸出国機構(OPEC) 石油危機(オイルショック) 省エネルギー 再生可能エネルギー</p>	
<p>世界の中の日本 エネルギーの地産地消 p.161 日本では、清掃工場や発電所などで燃焼・発電時に発生する、廃熱の活用が進んでいる。コージェネレーションシステムはその一つであり、発電時の余熱を給湯や冷暖房に利用することで、発電エネルギーの損失を減らしている。また、小規模な電力供給量を細かくコントロールするスマートグリッドというシステムも試みられており、天候による変動が大きい太陽光発電のシステムは地域を分散して構築されるため、災害に強い点でも注目されている。</p>	
<p>図【4】エネルギーのロス減らすコージェネレーションシステム</p>	
<p>図【5】原油価格の推移</p>	
<p>図【6】木くずを利用したバイオマス発電所(福島県、会津若松市、2018年) バイオマス発電では、動植物などから生まれた生物資源を直接燃焼したり、ガス化したりして発電する。</p>	
<p>エネルギー問題の解決に向けて 化石燃料の燃焼は、地球温暖化につながる硫黄酸化物・窒素酸化物を放出させる。核燃料を使用する原子力をめぐるのは、安全性の確保や放射性廃棄物の処理が大きな問題となっている。こうしたなかで省エネルギーへの関心が高まり、先進国が先頭に立って効率化や有効利用の取り組みを進めている。また、太陽光発電や風力発電、地熱発電、木くずや家畜の糞尿を利用したバイオマス発電など(写真6)、再生可能エネルギーへの転換が求められるようになり、安定供給に向けた努力が続いている。日本でも省エネルギーや再生可能エネルギーを活用する取り組みが行われ、地元の自然エネルギーを使って、地域の需要を上回る電力を生み出す自治体も増えている。</p>	
<p>② 石油輸出国機構(OPEC) 産油国の利益を守るために、石油の生産量や価格の調整をする国際機構のこと。1960年にイラン、イラク、サウジアラビア、クウェート、ベネズエラの5か国によって結成された。</p>	

③ 再生可能エネルギー 枯渇する心配がなく、永続的に利用できるエネルギーのこと。太陽光や風力、地熱、バイオマスなどがある。太陽光や風力などの自然の力を利用する再生可能エネルギーは、発電時に二酸化炭素を排出しない。	
確認 エネルギー資源をめぐる世界の動きと、それにより生じた課題を説明しよう。	
深い学び 持続可能なエネルギーシステムを目指して、どのような取り組みがなされているのだろうか。	
3 地域で異なるエネルギー問題への取り組み p.162 学習課題 各地のエネルギー問題への取り組みには、どのような特徴があるのだろうか。 バイオエタノールに力を入れるブラジル 世界各国は、再生可能エネルギーの利用を拡大することで、化石燃料への依存を軽減する努力を行っている。広大な農地に恵まれた南北アメリカ大陸では、植物を発酵・蒸留して得られるバイオエタノールが燃料として商業化され(写真1)、アメリカ合衆国ではとうもろこし、ブラジルではさとうきびが原料に広く利用されている(写真3)。植物に含まれる炭素はもともと大気から取り込まれたものであるため、バイオエタノールは燃焼させても化石燃料のように二酸化炭素を増やさないという利点がある。 世界最大のさとうきびの生産国であるブラジルでは、1930年代より国家主導によるバイオエタノールの生産が行われてきたが、原油価格が世界的に高騰した2000年代に入り、ガソリンの代替エネルギーとしてバイオエタノール生産量が急増した(図2・4)。ブラジルでは、ガソリンとバイオエタノールを混合した燃料で走行可能なフレックス燃料車が普及しており、運転手は双方の価格や燃費を考慮して給油する。ただし、バイオエタノール向けのさとうきびの増産は、農地拡大に伴う環境破壊をもたらしているという批判がある。また食料輸入国を中心に、農産物を食料ではなく燃料として利用することへの反発も強い。	
写真【1】ガソリンスタンドで売られるバイオエタノール(ブラジル、サンパウロ州、2019年) 読み解き バイオエタノールとガソリンの価格には、どのくらいの違いがあるのだろうか。	
図【2】ブラジルにおけるバイオエタノールの生産 読み解き エタノール工場の分布には、どのような傾向があるのだろうか。	
写真【3】さとうきびの収穫(ブラジル、2018年)	
図【4】ブラジルのさとうきびとエタノールの生産量の推移	
① バイオエタノール さとうきびやとうもろこしなど、主に植物を発酵・蒸留して生成したエタノールのこと。ガソリンの代替燃料として使用される。	
Keywords バイオエタノール 風力発電 再生可能エネルギー	
洋上風力発電に力を入れるデンマーク p.163 偏西風が利用できる西ヨーロッパでは風力発電が盛んであり、なかでもデンマークは、風力発電に関する技術開発で世界をリードしている。デンマークは、1980年代後半には原子力発電を導入しないことを正式に決定し、風力発電の普及にいち早く取り組んできた。2000年代以降は、安定して強い風が吹く洋上の風力発電の建設が進み、電力供給の多くを風力発電で賄うようになった(図7)。洋上の風力発電機は巨大な設備を必要とするため、デンマークには風力発電の関連産業が集積している。 ヨーロッパでは、デンマーク以外の国でも再生可能エネルギーの利用が早くから推進され(写真8)、エネルギー市場の統合も進められてきた。現在では、国境を越える送電網が整備され、再生可能エネルギーによって発電した電力を、互いの自然条件に応じて融通し合う取り組みが広がりつつある(図5)。例えば、デンマークで風が弱く発電量が少なくなるときにはノルウェーから電力を輸入し、風が強く発電量が多いときには余剰電力をノルウェーに輸出している。一方のノルウェーでは、安く購入したデンマークの余剰電力を水力発電用ダムの上流に揚水して貯蔵するなど、両国にとって有効な取り組みとなっている(写真6、図7)。	
図【5】ヨーロッパにおける電力の輸出入の関係と主な発電量の内訳 読み解き 電力の輸出入に着目しよう。	
写真【6】洋上の変電所(デンマーク沖、2017年) 海底の送電線を使ったデンマークとノルウェーの電力流通の拠点であ	

る。	
図【7】デンマークとノルウェーの電力融通のしくみ	
写真【8】ドイツの省エネルギー住宅 （フライブルク，2015年） 熱効率のよい住宅で，最低限の冷暖房で過ごすことができる。	
地図帳 デンマークやノルウェーの地形を確認しよう	
確認 ブラジルでバイオエタノールの利用が，デンマークで洋上風力発電の利用が多いのは，なぜだろうか。	
深い学び 持続可能なエネルギーシステムを導入している国の事例を調べ，日本への導入の可能性を考えよう。	
節のまとめ 日本や世界の人々は，資源・エネルギー問題に対して，どのような取り組みをしていくべきだろうか。	
<p>2 地震・津波の被災地の取り組み p. 196</p> <p>学習課題 地震・津波に対して，どのような防災・減災の取り組みが行われているのだろうか。</p> <p>東日本大震災と防災の取り組み 2011年3月11日，マグニチュード9.0，最大震度7の東北地方太平洋沖地震が東日本を襲った。地震の揺れは広い範囲に及び，家屋の倒壊や火災，液化化現象などが東日本の各地で発生した。また，巨大な津波が東日本の太平洋沿岸地域を襲い，海岸部の広い範囲が津波による大きな被害を受けた（写真1・図2）。さらに，<u>津波による浸水によって</u>，福島第一原子力発電所の原子炉から放射性物質が漏れ出す重大事故も発生した。この地震による一連の災害は東日本大震災とよばれる。死者・行方不明者は1万8000人（2019年8月現在）を超え，犠牲者の多くが津波によるものと考えられている。</p> <p>東日本大震災で防潮堤や避難場所の建物も津波の被害を受けた三陸海岸では，震災後，ハザードマップの見直しが進められた。宮古市では，海岸近くの低地を商工業用地に指定して住宅の建設を規制する一方で，海から離れた高台に新しく宅地を造成する新たなまちづくりが進められている（写真3）。仙台平野では，海水をかぶった農地の塩分を取り除く作業が行われ，さらに農地の個々の区画を整理することにより，震災前よりも農地の生産性を高めようとしている。また，海岸近くを小高い堤防のようにはしる高速道路を一時避難場所にした訓練も行われている。</p>	「津波による浸水によって」とありますが，より丁寧な事故原因の説明のため，例えば，「津波による浸水によって，電気系統が動かなくなって原子炉を冷やせなくなり，原子炉が破損して」とするのがより適切と考えます。
<p>偏る資源・限りある資源 資源は地球上に偏って分布している。例えば鉄鉱石は，大部分が約27～19億年前の地層にあるため，安定大陸（安定陸塊）の地域を中心に鉄鉱山が分布する（写真5）。アルミニウムの原料になるボーキサイト（写真6）は，熱帯雨林の地域や，過去に熱帯雨林だった地域に多く分布している。資源の消費量は経済・社会の発展とともに増大するが，資源には限りがあるため，いつかは枯渇する。とくにエネルギー資源の可採年数（図4）は限られている。そのため，自国の資源は自国で開発，管理しようとする資源ナショナリズムによって，価格が高騰したり，資源の入手が難しくなったりすることがある。</p>	
イントロ 私たちの暮らしに資源は不可欠だが，資源の量には限りがあるため，利用にも工夫がいる。資源の大量消費が地球環境に与える影響について，学んでいこう。	
表【3】資源の分類 （福岡義隆「資源全般の分類私案」（2010）を簡略化）	
図【4】おもなエネルギー資源の可採年数 技術革新や新たな採掘地の開発，消費量の変化などによって可採年数は変化する。	
① 蒸気機関車を製造し，動かすにはどのような資源が必要だろうか，表3から考えてみよう。	
<p>エネルギー資源について p. 178 世界では一次エネルギーの消費量は増加を続けているが，エネルギー資源の主役は時代とともに変化している（図4）。18世紀後半にイギリスで始まった産業革命以降，世界の工業は石炭（写真1）を主要なエネルギー源として発展してきた。第二次世界大戦後は，貯蔵や輸送面で扱いやすい原油が利用されるようになった。このように，依存するエネルギーが大きく変化することをエネルギー革命とよんでいる。</p>	
<p>原油をめぐる情勢の変化 1人当たり一次エネルギー消費量（図3）は，先進国で多い。一方，原油が利用され始めた当初は産油国のほとんどは発展途上にあり，油田を開発する技術も資本もなかったため，利権の大半を欧米の国際石油資本（メ</p>	

<p>ジャー)が独占していた。それに対し1960年代に入ると、資源ナショナリズムを背景に産油国は、まず、OPEC(石油輸出国機構)を結成し、原油価格の決定権を握るようになった。その結果、1973年にはオイルショック(石油危機)が起こり、世界経済は大きな打撃を受けた。現在は、ロシア(写真2)やブラジルなどOPEC以外の産油国も増え、原油価格が決まる仕組みは複雑になっている。</p>	
<p>写真【1】石炭の掘削(ドイツ・ザクセン州, 2018年撮影) ドイツでは、石炭による火力発電がさかんである。</p>	
<p>写真【2】カスピ海の油田(ロシア・アストラハニ州, 2017年7月撮影) 石油は、動力源・熱源としてだけでなく、化学製品の原料になる。</p>	
<p>図【3】おもなエネルギー資源の産地と国・地域別の1人当たり一次エネルギー消費量</p>	
<p>図【4】世界の一次エネルギー消費量の推移</p>	
<p>① 原油 油田から採掘したままの、精製されていない石油をいう。蒸留や分解の工程を経て、ガソリンや灯油、軽油、重油などの石油製品が生まれる。</p>	
<p>まとめと探求 A 資源の種類を分類して表にまとめてみよう。 B 日本で採掘されている資源にはどのようなものがあるか、調べてみよう。</p>	
<p>豆知識 日本でも原油は採掘している? 日本では、原油は国内消費量のほとんどを輸入でまかなっているが、新潟県や秋田県などに油田があり、わずかながら採掘が行われている。</p>	
<p>写真【5】火力発電(千葉県・富津火力発電所, 2019年11月撮影) 化石燃料を燃やして水を沸騰させ、水蒸気でタービンを回転させて発電する。資源の輸入に利便性の高い港湾施設の近くにつくられる。</p>	
<p>写真【6】水力発電(アメリカ・フーヴァーダム, 2018年5月撮影) 河川をせき止めてダム湖をつくり、落差を利用した水の流れを動力に、タービン(水車)を回転させて発電するため、おもに山間地につくられる。</p>	
<p>写真【7】原子力発電(フランス・フェッセンアイム発電所, 2016年2月撮影) ゆるやかな核分裂反応によって発生する熱を利用した発電で、発電用の原子炉を冷却するために大量の水を使用するため、海沿いや河川の流域につくられる。</p>	<p>「・・・熱を利用した発電で、」とありますが、火力発電の記述に合わせて、例えば、「・・・熱で水を沸騰させ、水蒸気でタービンを回転させて発電する。」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>写真【8】地熱発電(アイスランド・クラブラ発電所, 2018年7月撮影) 火山活動が活発な地域の地下に蓄えられた蒸気や熱水を利用して発電する。火力に比べれば温室効果ガスの発生や、燃料枯渇の心配もないため、安定供給できる。</p>	
<p>図【9】おもな国の電源別発電量の構成比 国の地理的な特徴によって代表的な発電方法も違っている。図9をみると、火力発電(石炭、石油、天然ガス)が多い国と、原子力発電が多い国、水力発電が多い国、地熱発電が多い国など、国によって電源別発電量の構成比が大きく違っていることがわかる。さらに、バイオマス、風力、太陽光、太陽熱といった再生可能エネルギーの導入が進んでいる国もある。こうした違いには、どのような地理的条件が関係しているのだろうか。</p>	
<p>Question 図9から、特徴が異なる二つの国を選び、なぜそのような発電量構成比になっているのか、教科書や地図帳統計資料を使って調べてみよう。</p>	
<p>再生可能エネルギーへの転換 p.181 気候変動や大気汚染への対策として、化石燃料の使用を抑え、自然環境への負荷が小さい再生可能エネルギーの利用が各国で進められている(図6)。例えば、バイオマスエネルギーは、植物などの生物資源を燃料としてつくられるエネルギーで、植物が成長時に吸収した二酸化炭素の量と、バイオマスの燃焼時に排出される量がほぼ等しく、環境への負荷の少ないエネルギーとされている。ブラジルでは、さとうきびを原料にしたバイオエタノールで自動車が走っている(図8)。</p>	
<p>多様な発電方法 今後のさらなる人口増加や発展途上諸国の経済発展によるエネルギー需要の増加が予測される現状では、</p>	<p>再生可能エネルギーは供給の安定性に課題があり、メ</p>

<p>再生可能エネルギーの開発は待ったなしである。太陽光をエネルギーに変換する太陽光発電では、家庭用だけでなく、メガソーラーとよばれる巨大発電所も登場している（写真5）。また、安定した風に恵まれた地域では風力発電が、火山が分布する地域では地熱発電が行われている。潮の満ち干の大きい沿岸部での潮力発電など、<u>地域の条件に応じて発電方法を効率的に組み合わせるベストミックスを考えていくことも、これからの課題となる。</u></p>	<p>ガソーラーや風力発電所建設に伴う環境破壊も問題になってきていますので、必ずしもメリットばかりでないことも明記すべきと考えます。そこで、「地域の条件に応じて・・・」の前に、例えば、「各発電方法のメリットやデメリットも考慮の上、」を付記するのがより適切と考えます。</p>
<p>写真【5】メガソーラー（岡山県瀬戸内市・瀬戸内 Kirei 太陽光発電所，2018年11月撮影）干拓によりつくられた塩田の跡地に設置された巨大な太陽光発電所。約90万枚のソーラーパネルが使用され，約8万世帯分の電力をまかなうことができる。</p>	
<p>図【6】地域別にみた再生可能エネルギー比率の変化</p>	
<p>図【7】スマートグリッドの概念図 スマートグリッド（次世代送電網，図7）とは，電力の流れを供給側と需要側から制御し最適化できる送電網のことである。太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーは，発電量が天候に左右されやすい。そのため，大型の蓄電池に一旦電力を貯めることで，電力を安定的に供給できるようにする。こうした仕組みは，先進国だけでなく，長距離にわたる電線の敷設が難しい乾燥地域などでも導入が進められている。</p>	
<p>図【8】バイオエタノールの製造の流れ EUでは甜菜や小麦，アメリカではとうもろこし，ブラジルではさとうきびが，バイオエタノールのおもな原料になっている。</p>	
<p>まとめと探求 A 再生可能エネルギーにはどのような長所，短所があるか，まとめてみよう。 B 携帯電話や家電製品から再生された金属がどのように使われているか，調べてみよう。</p>	
<p>情報源 エネルギーの動向を調べるには？ 資源エネルギー庁のウェブサイトからは，最新の「エネルギー白書」をダウンロードすることができる。</p>	
<p>二宮出版 705 わたしたちの地理総合 世界から日本へ</p>	
<p>3節 資源・エネルギー問題 p.148 ① 世界の資源・エネルギー エネルギー資源はどのように変わってきたか？ エネルギー利用の移り変わり 日本での交通手段の動力源の変化を写真1・2でみてみよう。明治時代には欧米の技術が導入されて石炭が主要な動力源になった。陸上交通では蒸気機関車が発達し，水上輸送では蒸気船が主役になり，海洋国家の基礎を築いた。戦後の高度経済成長期には石油が主要な動力源になった。蒸気機関車は姿を消し，気動車や電力を動力源とする電車が主役になった。道路交通では自動車は急速に普及した。しかし，排ガスによる大気汚染が問題になり，排ガス規制や省エネ対策として，ガソリン車から電気自動車への移行が始まっている。</p>	
<p>資源・エネルギーとは 資源とは，水や食料，木材，金属，石油など，私たちの生活や産業を支えるすべてのものをいう。このうち，金属や石油など地下から得られるものを鉱産資源といい，機械などを動かす動力源や熱源になるものをエネルギー資源という。エネルギー資源のうち，石炭や石油，天然ガスなどの化石燃料は枯渇性エネルギーとよばれて，使えば使っただけ減少してしまう（図3）。それに対し，水力や風力，地熱，太陽光などのエネルギー資源は，永続的に利用できることから再生可能エネルギーとよばれている。</p>	
<p>学習の流れ ① エネルギー資源の中心がどのように変化してきたかを確認する。 ② 資源とエネルギーの定義を理解し，エネルギー革命がおこった背景を整理する。 ③ 世界の資源やエネルギーについて，生産と消費の偏りを確認する。</p>	
<p>① 軽油を燃料とするディーゼルエンジンを動力として走行する鉄道車両。</p>	

<p>写真【1】列車の動力源の変化 ①東海道本線（1955年撮影）、②川越線（1960年撮影）、③特急スーパーくろしお（2019年撮影）</p>	
<p>写真【2】自動車の動力源の変化 ①ガソリンスタンド（1960年代撮影）、②充電スタンド（2018年撮影）</p>	
<p>図【3】おもなエネルギー資源の可採年数 可採年数は、資源の確認埋蔵量を年間産出量で割った数値。技術革新や新たな採掘地の開発、消費量の変化などによって変化する。</p>	
<p>豆知識 バイオは石油に替わるか！ 化石燃料の代替としてバイオディーゼルやバイオエタノールが期待されている。例えば、ブラジルでは販売される新車のほとんどが、ガソリンとエタノールを混合して走行できるフレックス燃料車になっている。</p>	
<p>エネルギー資源の変化と世界の変容 p.149 人類は古くから水力や風力、畜力を動力源とし、また、熱を得るために木材などを利用してきた。18世紀後半からの産業革命で蒸気機関の改良が進み、石炭が重要なエネルギー資源になった（図5）。石炭は鉄鋼生産の原料としても重要であり、石炭を産出するヨーロッパ諸国が急速に発展した。19世紀に入り内燃機関で動く自動車や航空機が開発され、石油の重要性が高まった。さらに、第二次世界大戦後に中東で油田の開発が進むと、主要なエネルギー資源は石炭から石油に代わった。こうしたエネルギー資源の転換をエネルギー革命とよぶ。油田の開発はアメリカの巨大企業を中心だったことから、アメリカの世界への影響力が強まった。</p>	
<p>エネルギー供給の地域差 中国は世界最大のエネルギー供給国で、インドも含めて、急速な経済成長によって増加している（図6左）。しかし、両国とも人口が多いため、総供給量は多いが、1人当たりで見るとそれほど多くない。図4で1人当たりの一次エネルギー供給量をみると、国や地域によって大きな差があることがわかる。1人当たり供給量が多いのは、カナダやアメリカをはじめとした先進国である（図6右）。しかし、先進国には日本のように十分なエネルギー資源をもたない国も多い。資源の安定した確保のために資源をもつ国との共同開発や技術協力など関係強化をはかっている。</p>	
<p>図【4】国・地域別の1人当たり一次エネルギー供給量 1人当たりのエネルギー供給量は、その国の経済発展の程度や資源の保有量によって変わってくる。一般に、先進国や、中東などの資源産出国で、1人当たりのエネルギー供給量は多い。</p>	
<p>② 薪から石炭への転換を第一次、石炭から石油・天然ガスへを第二次、原子力や再生可能エネルギーへの転換を第三次のエネルギー革命という。</p>	
<p>③ エネルギーのうち、石炭・石油のようにエネルギー資源をそのまま用いるものを一次エネルギー、電力や都市ガスのように一次エネルギーを加工・転換したものを二次エネルギーという。水力や原子力によって得られる電力は、一次エネルギーに分類される。</p>	<p>水力や原子力も一次エネルギーに分類されますので、全体を例えば、「エネルギーのうち、石炭・石油・水力・原子力のようにエネルギー資源をそのまま用いるものを一次エネルギー、電力や都市ガスのように一次エネルギーを加工・転換したものを二次エネルギーという。」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>図【5】世界のエネルギー消費量とその内訳の推移</p>	
<p>図【6】おもな国の一次エネルギー供給量</p>	
<p>まとめよう 近代以降のエネルギー資源の変化をまとめ、その生産や消費の偏りが世界の国々の関係にどのような影響を与えているかを考えてみよう。</p>	
<p>② エネルギー資源の生産・消費と課題 有限資源の石油の利用は今後どうなるか？ P.150 石油の利用と偏在 人類は古くから石油を利用してきた。しかし、大量に使われるようになったのは、安価で運搬・貯蔵しやすいと石炭からの移行が進んだ第二次世界大戦以降のことである。石油は火力発電用の燃料のほか、自動車や航空機の動力、プラスチックや化学繊維などの原料にもなる（図4）。石油は埋蔵も産出も中東諸国が多く、埋蔵量では世界の5割を、産出量では3分の1を占めている。世界中で使われているが、先進国での消費が圧倒的に多い（図3）。石油は偏在性が高く、生産地と消費地が大きく離れていることに特徴がある。</p>	

<p>石油資源の支配と変化 1950年代に中東や北アフリカで相次いで油田が発見された。しかし、それらの国には油田を開発する資本も技術もなかったため、欧米の政府系企業や巨大企業の国際石油資本（メジャー）に独占され開発が進められた。1960年代になると資源ナショナリズムがおこり、産油国は石油輸出国機構（OPEC）を結成して原油価格の決定権を握るようになった。1973年には第一次石油危機（オイルショック）が生じ原油価格が急騰し、世界経済に大きな打撃を与えた。現在、原油価格は自由市場に任され、産油国の増加や新たな油田の開発などによって、その動向は複雑になっている（図5）。</p>	
<p>学習の流れ</p> <p>① 石油の生産と消費には、どのような地域差があるかを読み取る。 ② 石油資源の開発や供給を担う経済組織の変化を確認する。 ③ 資源の有限性にどのように対応していけばよいかを考える。</p>	
<p>① 石油の探査・採掘・産出から輸送・精製・販売までを独占的に支配する欧米系の多国籍企業をいう。1970年代までは世界の石油のほとんどを支配していたが、近年は影響力が低下している。</p>	
<p>② 資源の保有国が、自分の国に埋蔵されている資源に対する権利を主張し、自国の利益のために利用する動きをいう。</p>	
<p>③ 1960年にイラン、イラク、サウジアラビア、クウェート、ベネズエラの5か国で設立された。国際石油資本に対抗し、産油国側の利益を守ることを目的にしている。加盟国は2020年現在14か国。</p>	
<p>写真【1】大規模な石油精製所（アメリカ、メキシコ湾岸、2018年撮影）</p>	
<p>図【2】石油の主な産地と貿易</p>	
<p>図【3】石油の地域別の埋蔵量・産出量・消費量</p>	
<p>図【4】日本における石油の用途</p>	
<p>豆知識 変容するメジャー かつてはセブン・シスターズとよばれて世界経済を支配した国際石油資本7社だが、1990年代からは統廃合を繰り返して4社になった。現在は太陽光や風力発電などのエネルギー総合商社に転換しようとしている。</p>	
<p>限りある石油資源 p.151 石油の可採年数は約50年とされている。しかし、可採年数は新たな採掘地の開発や消費の動向によって変動する。1980年には約30年とみられていたが、海底油田やシェールオイルの開発によって長くなった。世界全体の消費量は発展途上国の経済発展によって増加しているが、欧米諸国や日本の消費量はそれほど変化していない。今後の採掘技術と省エネ対策の進展を考えれば、当分の間は枯渇するおそれはないと予測されている。しかし、石油資源は偏在しているため、国家間の対立や紛争がおきれば需給バランスが崩れ、原油価格が高騰することは避けられない。</p>	
<p>持続的な利用に向けて 石油資源が有限であることに変わりはない。枯渇させないためには消費量を抑制する必要がある。現在、省エネルギー対策や代替エネルギーの開発が進められている。例えば、自動車ではエンジンの改良によって燃費が向上している。代替エネルギーには、水素エネルギーや石炭の液化のほか、海底に眠るメタンハイドレートの開発も期待されている。また、石油資源の利用には環境問題への対応も求められている。石油は燃焼時に二酸化硫黄などを排出し、大気汚染や酸性雨を引き起こしてきた。近年は温室効果ガスの二酸化炭素の排出が問題になっており、地球温暖化対策の面からも脱石油に向けた動きが進んでいる。</p>	<p>「温室効果ガスの二酸化炭素」とありますが、例えば、「温室効果ガスの約7割を占める二酸化炭素」とするのがより適切と考えます。 また、「脱石油」とありますが、石油だけではないので、例えば、「脱化石燃料」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>Topic シェール革命により石油は変わる？ 地下2000mをこえる頁岩層から採取されるシェールオイルとシェールガス。技術的にもコスト的にも掘削が難しかったが、2000年代に原油価格が高騰すると状況は一変した。アメリカによる掘削が本格化し、現在、世界の石油・天然ガスの需給に大きな影響を与えている。これをシェール革命とよぶ。シェールオイルはロシアや中国、オーストラリアなどにも広く分布しており、採掘技術の進歩により、今後、世界のエネルギー事情は新しい展開をむかえるとみられている。</p>	
<p>図【5】石油価格の変化とできごと 政治的、経済的なできごとや石油産業における変化、技術的進歩によって、価格は変動してきた。</p>	
<p>図【6】在来型の石油とシェールオイルの掘削のしくみ</p>	

④ 低温・高圧のもとで地中のメタンガスと水が混ざって個体となったもので、「燃える氷」ともよばれる。燃焼時の二酸化炭素排出量が少ないため、新たなエネルギー資源として有望で、日本の近海にも存在する。	
私たちにできる SDGs 教室でできる省エネ貢献 火力発電は日本の発電量の約 8 割を占めている。ということは、節電は温暖化対策につながるということである。学校の電力使用状況を見てみると、全体の約 7 割が照明に使われている。教室の照明の電力量は平均 1 日当たり約 5.4 kWh。二酸化炭素に換算すると約 3.0 kg になる。使っていない教室の照明や空調を消すことは、ささやかでも、資源の節約と温暖化防止につながることになる。	
図【7】 学校での省エネ・節電の例	
まとめよう 石油資源は偏在していて限りのある資源であることをふまえ、資源の持続的な利用のための取り組みについてまとめてみよう。	
③ 再生可能なエネルギーへの移行 これからのエネルギーのあり方は？ p. 152 暮らしを支える電力 電力は、私たちの暮らしを支えているエネルギーの主役と言ってもよい。電気は静電気や雷など自然界にも存在するが、それを利用することは難しい。しかし、水力や、石炭、石油、天然ガスなどの火力、さらに原子力などを電力に変換する発電ができるようになったことで、利用の可能性が広がった。	
これまでの発電方法 これまでの発電は、水力、火力、原子力発電が中心だった。国によって資源の有無や自然条件が違っているため発電方法の違いにより電源別発電量の構成比は国ごとに異なっている（図 4）。水力発電は河川の落差を利用するため、必然的に山沿いに立地が限られる（写真 1）。火力発電は、石炭や石油資源に恵まれた国や電力を大量に消費する先進国に多い。発電所を消費地の近くに建設できるうえ、発電量の調整も簡単だが、化石燃料の燃焼により二酸化炭素を排出するため、環境への負荷は大きい（写真 2）。原子力発電は、少ない燃料から大量のエネルギーを得られるが、高度な技術が必要であり、保有国は限られている（写真 3）。日本では、東日本大震災でおきた原子力発電所の事故を受け計画の見直しが行われているが、廃炉や使用済み核燃料の処理など、解決が難しい課題も残っている。	
写真【1】 水力発電（アメリカ・フーヴァーダム、2018 年撮影）	
写真【2】 火力発電（千葉県富津市、2013 年撮影）	
写真【3】 原子力発電（フランス・フェッセンハイム、2016 年撮影）	
図【4】 おもな国の電源別発電量の構成比	
学習の流れ ① 発電の種類とそれぞれの環境への負荷を確認する。 ② 再生可能エネルギーを調べ、地理的諸条件との関係を考える。 ③ エネルギーの安定供給への取り組みを調べる。	
Topic 古くて新しいエネルギー 近年、脚光を浴びている風力発電であるが、その利用は決して新しいものではない。オランダでは 5 世紀に干拓地であるポルダーの排水用に風車が使われ、その一部は世界遺産に登録されている。	
写真【5】 水路の排水用につくられた風車（オランダ・キンデルダイク、2012 年撮影）	
豆知識 火山国・日本だからこそ！ 日本は世界 3 位の地熱資源をもち、技術もトップレベル。地熱発電用タービンは、日本のメーカー 3 社で世界の 7 割近くのシェアを占める。その反面、適地のほとんどが国立・国定公園のため開発はなかなか進まない。	
新しい発電方法 p. 153 太陽光や風力、地熱など、自然界に存在し枯渇する心配のない再生可能エネルギーを使った発電への移行が世界で進んでいる。太陽光や風力による発電は季節や天候により発電量が不安定であり、地熱発電は発電所の場所が地下に熱源のある地域に限られるなど、自然状況に左右される。しかし、温室効果ガスを排出せず、環境への負荷が小さいことから各国で移行が進んでいる（図 4）。アイスランドでは地熱発電が総発電量の約 4 分の 1 を占め、残りを水力発電でまかなっている（写真 6）。デンマークでは、偏西風を利用した風力発電が盛んで、発電量の約半分を占めている（写真	

7)。イタリアやスペインでは、太陽光発電を中心に3分の1が再生可能エネルギーによる発電になっている(写真8)。	
エネルギーの安定供給 2018年の北海道胆振東部地震では、北海道の電力の約半分をまかなっている発電所が緊急停止し、需給のバランスが崩れて北海道全域が停電した。供給を特定の発電所に集中するとコストは下げられるが、安定供給という点では危険性が高い。特定のエネルギー資源に依存することも同様の危険性がある。地域のエネルギーは地域の資源でまかなう地産地消や、電力の流れを需要と供給の双方向から制御するスマートグリッドなど、安定供給のための多様な取り組みが行われている。	
写真【6】地熱発電 (アイスランド・グリンダヴィーク, 2014年撮影) 火山活動の活発な地域では、地熱発電による電力の安定供給が見込まれる。	
写真【7】風力発電 (デンマーク・コペンハーゲン, 2017年撮影) 北海から吹きつける偏西風によって比較的安定した電力が得られる。	
写真【8】太陽光発電 (イタリア・カンパニア州, 2014年撮影) 地中海地域の強い日差しを利用した大規模な発電施設がつけられている。	
① 従来の大型発電所からの送電だけでなく、再生可能エネルギーも活用し、住宅やオフィスなど小規模なネットワークのなかで効率よく電力を分配する送電網をいう。拠点を分散し、細かく需給を調整して、発電の無駄を減らす。	
日本とのつながり 小規模発電システムの活躍 電力供給には送電網の整備が必要で、投資も大規模になる。そのため、発展途上国では太陽光などによる小規模発電が注目されている。日本も協力しており、太陽光パネルによる発電で井戸から水を自動的に汲み上げる電動ポンプが導入されている。女性や子供に任されていた水汲みの仕事が軽減され、農家の生活の質の向上に貢献している。	
写真【9】太陽光を利用した電動ポンプ (セネガル) 1日当たり150人分の生活用水を汲み上げる。	
まとめよう 地域による再生可能エネルギーの利用の違いについて整理してみよう。それぞれのメリット、デメリット、省エネの有効性についてまとめてみよう。	
アクティビティ⑧ ディスカッション p.156 日本のエネルギーの将来について考える 安定したエネルギー供給には、どの発電方法がよいか? エネルギー自給率が低い日本では、東日本大震災での原子力発電所の事故や地球温暖化の進行のほか、再生可能エネルギーの開発などによってエネルギー政策の見直しが行われている。本節では学習したエネルギー資源の特徴や発電方法、そのメリット、デメリットをふまえて、将来のエネルギーのあり方を考えてみよう。	
チャレンジ 日本の将来のエネルギーのあり方について、三つの主張をもとにディスカッションしてみよう。 手順① 下の資料と三つの主張から、よいと思う意見を選んで、□にチェックを入れよう。また、その主張のメリット、デメリットについて、調べたことや自分の意見を右欄に書きこもう。 主張A 従来通り、化石燃料を中心におく 表1のように、先進国のなかでも、日本はエネルギー自給率が極端に低い。図2の発電割合の推移をみても、新エネルギーを急増するには限界があるね。原子力エネルギーの分を補うには、従来の化石燃料を持続していくのが一番だと思う。化石燃料は輸入にたよらなければならないから、安定供給のためには、備蓄したり、輸入相手国を分散したり、対策が必要だね。	基本を学んだ上でディスカッションのテーマが提示されており、理解を深め考察を促す効果的な内容と考えます。さらに、日本のエネルギー政策は、本報告書の提言2に示すような考えのもとで進められていますので、ディスカッションではこうした観点も加わると一層効果的と考えます。
主張B 原子力発電との共存をはかる 地球温暖化によるとされる気象災害が増えているね。温室効果ガスを出す化石燃料の利用は極力減らしていかなければならないと思う。それに、化石燃料は偏在していて、自給率の低い日本は世界情勢によるリスクを受けやすい。新エネルギーは立地条件が限られたり、天候に左右されたり、メインエネルギーになるには時間がかかるんじゃないかな。安全を確認しながら、原子力発電を取り入れていくことが必要だと思う。	
主張C 再生可能エネルギーに迅速に移行する 原子力発電は事故がおきると被害が大きいし、放射性廃棄物の問題も解決	

できていないよね。日本列島の地理的事情を考えると、電気代などの負担が増えても、できるかぎり迅速に再生可能エネルギーに移行すべきだと思う。自然エネルギーには地域差があるけれど、図5の風力や地熱発電など、地域の実情に合わせた発電を駆使すればうまくいくと思う。	
表【1】おもな国のエネルギー事情の比較	
図【2】日本の電力源別の発電量の推移 時代とともに発電に使う資源は、大きく変化している。近年は LNG（液化天然ガス）の割合が高まっている。	
図【3】電力需要に対応した1日の電源構成の例 電力はためておくことができないので需要に応じて発電量を調整する必要がある。節電、とりわけピーク時の消費電力を抑える努力も必要である。	
！ディスカッション グループを組み、あるテーマに対して議論をかわすことで理解を深め、最後にチームや自分としての考えをまとめたり提案したりする活動。	
図【4】エネルギーの安定供給に向けた四つの指標 エネルギーを考えるときは、右の四つの指標から、評価してみるといいよ。	
図【5】日本の発電所の分布 それぞれの発電所がどこに多いか、確認してみましょう。	
手順② 自分の選んだ主張以外を選んだ人とグループを組み、自分の考えを提案しよう。それぞれの主張のメリット、デメリットを下欄に書きこみながら、話し合ってみよう。	
手順③ ディスカッションのあと、自分の意見はどう変わったか。下の欄に、理由とともに書きこもう。	
第一学習社 706 高校学校 地理総合 世界を学び、地域をつくる	
3 エネルギー問題 p.134 Q どのようなエネルギー利用が求められているのだろうか？ エネルギーの変遷 産業革命以前は、薪や木炭、水力や風力など、再生可能な資源をエネルギー源として小規模に利用していた。しかし、18世紀後半の産業革命により動力に蒸気機関が用いられるようになると、石炭が大量に消費されるようになった。第二次世界大戦前、エネルギー源の主役は石炭と水力であったが、1960年代のエネルギー革命により石油の消費量が急増し、エネルギー源の主役は石油へと移行していった。 油田開発は、第二次世界大戦後に西アジアや北アフリカで本格化し、巨大な資本と高度な技術を持ち、採掘・輸送・精製・販売などを合わせて行う国際石油資本（石油メジャー）が支配した。しかし、1950年代に、自国の資源に対する主権の確立と自国の経済発展を図ろうとする資源ナショナリズムが高まり、1960年に OPEC（石油輸出国機構）が結成されると、産油国が原油供給における主導権を握るようになった。 1973年の第4次中東戦争をきっかけとして起こった第1次オイルショック（石油危機）と、1979年のイラン革命をきっかけとして起こった第2次オイルショックにより、世界の原油価格は高騰し、経済が混乱した。先進国は、重要な資源を特定の地域に依存するリスクを避けるため、既に進めていたメキシコ湾岸や北海などの油田開発に力を入れ、省エネルギー対策と石油備蓄にも努めた。また、2000年代後半に入り、地下に堆積する頁岩層に含まれる天然ガス（シェールガス）や原油（シェールオイル）を採取する技術が確立され、アメリカの生産量が急増した。	
図【1】主な国のエネルギー消費量（「エネルギー・経済統計要覧」2019年版） 世界人口の約5%を占めるアメリカでは、世界のエネルギーの約16%が消費されている。	
Try! 中国とインドの一人あたりのエネルギー消費量が少ないのはなぜだろうか。	
図【2】原油価格の推移（石油連盟資料） 西アジア地域は、過去に何度も紛争の場となり、そのつど原油価格が高騰して世界経済に大きな影響を及ぼしてきた。先進国の省エネルギー政策により原油価格は比較的安定してきたが、2000年以降の新興国の需要拡大や世界経済の長期低迷と金融緩和による投機マネーの流入などを背景に、大きく変動している。	
写真【3】ブラジル沖油田（2011年） 2007年にリオデジャネイロの南東300kmに大規模な海底油田が発見され、日本企業	

<p>も参画して開発が進められている。</p>	
<p>地理のスパイス メタンハイドレート 「燃える氷」と呼ばれるメタンハイドレートは、天然ガスの主成分であるメタンが海底など低温・高圧の条件下で氷状に固まった物質である。日本近海にはメタンハイドレートが大量に存在すると見られ、将来的に有望な資源と考えられている。</p>	
<p>原子力エネルギー p.135 化石燃料には限りがあり、またその燃焼によって大量の二酸化炭素が排出され、地球温暖化や大気汚染の原因となる。そこで、代替エネルギーとして二酸化炭素を直接排出しない原子力エネルギーが脚光を浴びた。原子力発電は、ウランの核分裂により発せられる熱エネルギーを利用する。1950年代から、ソ連・イギリス・アメリカなどで導入され、日本では1963年にはじめて原子力発電が行われた。</p> <p>原子力発電は電力の7割以上を依存するフランスをはじめ、主に先進国で利用されてきた。しかし、原子力発電には、<u>放射能もれ</u>や放射性廃棄物の管理・処理・処分、地震や津波といった天災への対応など、配慮すべき課題も多い。2011年の福島第一原子力発電所の事故を受け、<u>スイスやドイツ</u>のように脱原発政策をとる国も出ており、原子力発電はその安全性・経済性が大きく問われている。一方、温室効果ガスの削減や電力供給などの面からその利用を選択する国もある。日本は使用済み核燃料を再利用する核燃料サイクルを推進してきたが、いまだ実現できていない。</p>	<p>「放射能もれ」という表現がありますが、これは「放射性物質が漏れ出すこと」を指していると思われる。もともと「放射能」は放射性物質が放射線を放出する性質（単位時間あたりに壊変する放射性原子核の数）を表す物理量ですが、一般には「放射能」と「放射性物質」という用語が同義として誤用されることが多くなっています。ここでは、「放射性物質のもれ」としたほうがより正確な表現となります。</p> <p>また、福島第一原子力発電所の事故を受けた原子力政策についての対応は国によって異なります。スイスでは同事故を受けて脱原発を決定しましたが、ドイツの脱原子力発電への意向は同事故以前からありました。</p>
<p>GEO COLUMN 福島第一原子力発電所の事故 2011年3月に発生した東日本大震災では、津波被害を受け電源を喪失した福島第一原子力発電所が炉心溶融（メルトダウン）と水素爆発を起こした。複数の商業用原子炉の同時事故は人類史上はじめてである。大気中に大量の放射性物質が広がり、事故後半径20km圏内が警戒区域とされ、住民の強制退去の措置がとられた。2017年、帰還困難区域を除いて避難指示が解除されたが、現在も除染作業が進められ、原状復帰にはほど遠い。農林水産物には出荷できなくなったものも多く、放射線量の測定という手間とコストを強いられている。検査済みであっても、日本産の農水産物の輸入を禁止している国もある。また、被ばくをおそれて家族が離れて暮らす例や、放射線に関する考え方の違いから住民間の人間関係が損なわれた例もある。</p> <p>【写真】水素爆発によって破壊された原子炉建屋（福島県大熊町、2012年）</p>	
<p>図【4】シェールガスの地層 地下数千mのシェール（頁岩）層から採掘される天然ガスをシェールガスという。従来のガス田ではないところから生産されることから、非在来型資源と呼ばれる。</p>	
<p>図【5】主な国の総発電量の推移（BP資料） 中国や発展途上国での電力使用が増えたため、発電量が伸びている。</p>	
<p>Try! 日本と中国の一人当たりの電力消費量はどちらが多いだろうか。</p>	
<p>ふりかえろう 産業革命以降、主要なエネルギー源はどのように変遷してきたのか、説明しよう。</p>	
<p>再生可能エネルギー p.136 各国は持続可能な社会を実現するため、自然現象の中で繰り返し生成され、枯渇することのない再生可能エネルギーの開発に取り組んでいる。太陽光・風力・水力・地熱・波力・潮力などの自然の力を利用したものや、廃棄物を燃料としてリサイクルするもの、生物由来の資源を燃料として利用するバイオマスエネルギーなどがある。</p> <p>太陽光発電は設備が小規模ですむため、一般の家庭でも利用が進んでいる。先進国で先行して導入されたが、現在では中国が世界最大の発電量を誇る。日本では福島第一原子力発電所の事故以来、日射量の多い九州地方で急速に導入が進んだほか、瀬戸内地方の塩田跡地でも太陽光パネルの設置が進められている。</p> <p>風力発電は、年間を通じて安定した風を必要とする。風向きが安定した偏西風を利用できるドイツやデンマークなどで普及しているほか、アメリカや中国でも増加している。</p> <p>地熱発電は、地下の高温高圧の熱水や蒸気を利用して発電する。火山の多い日本やイタリア、ニュージーランド、アイスランドなどでは地熱エネルギーを利用できるが、日本では国立公園に指定されている火山地域が多く、開発規制が残る地熱</p>	<p>水素エネルギーについての記述では、幅広い用途の利用への期待が示されていますが、水素エネルギーを作るためにコストがかかることも課題ですので、「水しか排出しないため、」の前に例えば、「コストの課題はあるものの、」を付記するとより適切と考えます。</p>

<p>エネルギーの利用は進んでいない。</p> <p>バイオマス燃料は、植物油や家畜の糞尿、間伐材などを原料としており、アメリカやブラジルなどでは、トウモロコシやサトウキビを原料としたバイオエノールが自動車の燃料に利用されている。バイオマス燃料の燃焼によって排出される二酸化炭素は、植物などが成長する過程で大気中から吸収したものであり、全体として見れば大気中の二酸化炭素の増加にはつながらないとされ（カーボンニュートラル）、環境にやさしい燃料として利用が広がっている。</p> <p>水素エネルギーを利用する燃料電池は、水素と空気中の酸素を反応させて電力を得る。水しか排出しないため、電気自動車や家庭用自家発電機など、幅広い用途の利用が期待されている。</p>	
<p>図【6】日本の発電所の分布（「電気事業便覧」2018年版）</p>	
<p>Try! なぜ水力発電所は山間部に、火力発電所は臨海部に分布しているのだろうか。</p>	
<p>図【7】日本の一日の電力消費（電気事業連合会資料）</p>	
<p>Try! 一日のうちで最も電力を消費する時間帯はいつだろうか。また、2015年はこれまでとくらべてどう変化しているだろうか。</p>	
<p>図【8】揚水発電の仕組み 電力需要の小さい夜中に余剰電力で水をくみ上げ、電力需要の大きい昼間に水力発電を行って電力供給を補う。</p>	
<p>地理のスパイス 発電能力の一極集中の危険性 2018年9月に起こった北海道胆振東部地震では、北海道内の電力の53%を供給していた苫東厚真発電所が緊急停止したことにより、離島を除く北海道全域が停電するブラックアウトが発生した。</p>	
<p>効率よいエネルギー利用 p.137 再生可能エネルギーによる発電は、その時々々の自然条件により発電量が左右されることから、電力の安定供給が課題となっている。そのため、広域送電ネットワーク網の構築やエネルギー効率の向上、蓄電設備として揚水発電の積極的な利用が進められている。また、発電時に発生した余熱を利用し、エネルギー効率を高めるコージェネレーションシステムの導入が進んでいるほか、電力消費量を抑制するため、家電製品の省電力化も進められている。</p>	
<p>GEO COLUMN エネルギーの地産地消 地域に必要なエネルギーを地域のエネルギー資源によってまかなう「エネルギーの地産地消」を進め、地域活性化を図る取り組みも進められている。小水力発電は、河川や農業用水、上下水道などの水をダムにためずに、そのまま利用する発電方式で、未利用のエネルギーを有効利用するものである。1つ1つは小規模ながら災害にも強い分散型の発電方式であり、エネルギーの地産地消にも適している。</p>	
<p>【写真】小水力発電所（富山県・富山市、2011年）</p>	
<p>写真【9】サトウキビの処理工場（インド、2009年） インドのエネルギー消費のうち石炭・石油に次いで多いのは、農業廃棄物・薪炭・家畜の糞などの在来型バイオマスエネルギーで、全体の約22%を占めている。農村では電気・ガス・灯油を使用せず、バイオマスエネルギーの自給自足が多いが、室内で燃やすと空気が汚染され、呼吸器疾患を引き起こす。インドはバイオマス発電所やバイオディーゼル燃料をより普及させていく方針である。</p>	
<p>写真【10】環境先進都市を目指す豊田市（愛知県） 「車のまち」豊田市は、「環境先進のまちづくり」に取り組んでおり、市内に必要なエネルギー量における再生可能エネルギーの割合を、2030年までに30%に高めることを目指している。</p>	
<p>Try! 環境先進都市を目指している自治体をインターネットで検索しよう。</p>	
<p>ふりかえろう カーボンニュートラルについて説明しよう。</p>	
<p>① 発電の際に発生する排熱を利用して給湯や暖房、生産工程などの熱需要をまかなうシステム。通常、燃料を燃やして発電する発電所のエネルギー効率は40%程度だが、コージェネレーションシステムを用いると80%程度のエネルギー効率を得られる。</p>	
<p>FILE⑩ 複合災害を考える p.210</p> <p>C 2011年東日本大震災 地震動+津波+原発事故</p> <p>2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれによって引き起こされた東日本大震災は、さまざまな災害が複</p>	

<p>合した大規模広域複合災害でもあった。最大震度 7 に達する強震動と大津波によって、東北地方から関東地方にかけて大きな被害が生じた（写真 5）。</p> <p>東日本大震災をより深刻にしたのは、福島第一原子力発電所の事故である。これとともに、原発から半径 20 km の警戒区域と放射線量が高く計画的避難区域に指定された地域の住民は避難を余儀なくされた。そのため、この地域では復旧・復興のための作業はもちろん、地震や津波の行方不明者の捜索すらできない状況が続いた。現在でも帰還困難区域にはバリケードが設置され、住民であっても原則立ち入ることができない状態が続いている。東日本大震災はまだ終わっていないことを理解する必要がある。</p> <p>写真【5】 帰還困難区域に指定されている大熊町（福島県、2018 年）</p>	
--	--

【地理歴史（歴史総合）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
東京書籍 701 新選歴史総合	
<p>資源・エネルギーと地球環境 p.148 産業革命の結果、エネルギー源として石炭がきわめて重視されるようになった。だが、20 世紀以降人類社会のエネルギー源は多元化した。グラフ 18 は、1965 年以降のエネルギーの消費動向を示したものである。20 世紀には石炭のほかにもどのようなエネルギー源が使用されるようになってきているのだろうか。</p> <p>つぎにグラフ 19 を見てみよう。これは世界のエネルギー消費量と、それを消費している地域を示した図である。この 50 年で、飛躍的にエネルギー消費を増やしているのはどの地域だろうか。また、その原因は何だろうか、考えてみよう。</p> <p>二酸化炭素の排出につながる石炭や石油の大量消費は地球温暖化防止の観点から問題となっている。世界全体で地域温暖化対策に取り組むため、1995 年以降、毎年国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）が開かれているが、この問題について先進国と発展を続ける新興諸国との間では立場が異なっている。それぞれどのような主張になるだろうか、工業化した時期の違いなどに着目して考えてみよう。</p>	
<p>図【18】1965 年以降のエネルギーの消費動向</p>	
<p>図【19】世界のエネルギー消費量と消費地域 p.149</p>	
<p>図【20】パリ協定が採択された第 21 回会議（COP21）（2015 年）</p>	
<p>チェルノブイリ原発事故 p.179 1986 年、ウクライナのキエフ近郊にあるチェルノブイリ原子力発電所で事故が発生した。発電所の作業員や消防隊員、周辺住民に深刻な健康被害が出たほか、放出された放射性物質が国境をこえて、周辺諸国に降り注いだ。発電所の周囲 30 km 圏内は立ち入り禁止区域とされ、約 12 万人の住民が避難を強いられた。ヨーロッパをはじめ、原発の安全性への疑問が高まり、西ドイツでは緑の党が台頭するなど、環境運動が活発になった。その一方、この事故によって秘密主義的なソ連の独裁体制の問題点が明らかになり、ゴルバチョフがペレストロイカを進める背景にもなった。</p>	<p>「ウクライナ」とありますが、後ろにある「ソ連」との関係性を明確にするため、例えば「ウクライナ（旧ソ連）」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>写真【5】チェルノブイリ原発事故</p>	
<p>写真【12】福島第一原子力発電所の爆発事故（2011 年）</p>	
東京書籍 702 詳解歴史総合	
<p>核の平和利用と IAEA 1953 年、第 8 回国連総会で、アメリカ合衆国大統領アイゼンハワーは「原子力の平和利用（アトムス・フォー・ピース）」と題された演説を行い、国際原子力機関（IAEA）を設立し、各国による原子力の平和利用を促進すると同時に軍事転用を防止することを唱えた。その結果、1957 年、ウィーンに新たな国際機関 IAEA が設立された。IAEA はその憲章と核拡散防止条約（NPT）にしたがって「保障措置」とよばれる軍事転用防止のための国際的な監視活動を行っており、「核の番人」ともよばれる。冷戦後、一部の国々が核開発を試みるなかで、その役割は高まったが、制裁などの有効性もふくめ、問題点も指摘されている。</p>	

<p>なお、日本については1968年、佐藤栄作首相が「持たず、つくらず、持ちこませず」の非核三原則を発表し、1976年にはNPTを批准、翌年には日本とIAEAとの間の保障措置協定も発効した。こうしたなかでナショナリズムを反映した核武装論を抑制しつつ原子力発電に力を注いできたが、東日本大震災にともなう福島県の原子力発電所事故以降、原子力エネルギー依存からの脱却も求められている。</p>	
<p>チェルノブイリ原発事故 p.197 1986年、<u>ウクライナ</u>のキエフ近郊にあるチェルノブイリ原子力発電所で事故が発生した。発電所の作業員や消防隊員周辺住民に深刻な健康被害が出たほか、放出された放射性物質が国境をこえて周辺諸国に降り注いだ。世界的に原発の安全性への疑問が高まり、西ドイツで緑の党が台頭するなど、環境運動が活発になった。その一方で、この事故によって秘密主義的なソ連の独裁体制の問題点が明らかになり、ゴルバチョフがペレストロイカを進める背景にもなった。</p>	<p>「ウクライナ」とありますが、後ろにある「ソ連」との関係性を明確にするため、例えば「ウクライナ（旧ソ連）」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>写真【7】事故直後のチェルノブイリ原子力発電所</p>	
<p style="text-align: center;">実教出版 703 詳述歴史総合</p>	
<p>STEP UP 近現代史のなかのエネルギー 産業革命以後の生産活動をささえたエネルギーはどのように変遷してきたのだろうか。また、その変遷はどのような要因によって生じたのだろうか。私たちはエネルギーの未来をどう考えたらよいか、歴史から探ってみよう。</p>	
<p>○第2次産業革命をささえたエネルギー 産業革命以降、最重要の燃料は石炭であったが、19世紀末の第2次産業革命からは、電気・ガソリン・天然ガスも重要な役割を果たすようになった。蒸気機関に代わって内燃機関が実現し、1878年の世界初の水力発電所、1882年にエディソンが建設した火力発電所によって、電気の本格利用がすすんだ。 1886年には石油を精製したガソリンを使用した自動車が開発され、1892年には内燃機関による農業用トラクターが開発された。ガソリンは、1903年のライト兄弟による初飛行ののちには航空機にも使われるようになり、1908年からはアメリカにおけるT型フォードの大量生産をうながすことにもなった。天然ガスは、はじめは街灯などの照明用途で使われていたが、1900年代から暖房や給湯に利用され、日本でも1920年代には家庭用として普及した。</p>	
<p>○エネルギー革命 電気は、しだいにエネルギーの中核を占めるようになり、水力発電や石炭による火力発電によって供給されていた。世界恐慌下のアメリカでおこなわれたニューディール政策では、テネシー川流域開発公社(TVA)によって大規模な水力発電所が次々と建設された。 しかし、1950年代に中東やアフリカで大規模油田が発見されると、石炭から石油へとエネルギーの主役が交代するエネルギー革命（第2次エネルギー革命、流体革命）がおこった。石油の採掘・精製・販売をおこなう欧米の国際石油資本（石油メジャー）は、しだいに産油国の批判をまねき、資源ナショナリズムの観点から産油国による管理を求める声が高まった。産油国は石油輸出国機構（OPEC、1960年創立）、アラブ石油輸出国機構（OAPEC、1968年創立）を結成して国際石油資本に対抗した。</p>	
<p>写真【3】TVAによって建設されたノリスダム</p>	
<p>図【4】石油生産量の国別割合</p>	
<p>○石油危機と原子力 p.217 1973年に第4次中東戦争がおこると、アラブの産油国は石油戦略をうちだし、原油価格の高騰によって世界経済は未曾有の混乱におちいった。この石油危機（オイル＝ショック）は、1979年にもくりかえされ、とくに先進国では石油に依存するエネルギー全般のあり方を問い直す動きが強まった。ここで注目を集めるようになったのが、天然ガスや原子力などの石油代替エネルギーであった。 世界初の原子力発電所は1951年に建設され、1950年代を通じて実用化されていった。1957年には、原子力を国際的に管理するため国際原子力機関（IAEA）が設立された。日本でも、1966年に初の原子力発電所である東海発電所が操業を開始した。石油危機を背景に、1970年代には世界各地で原子力発電所の建設がすすんだが、同時に安全性に対する懸念も強かった。</p>	<p>「日本でも・・・原子力発電所の建設がすすんだが、同時に安全性に対する懸念も強かった。」とありますが、「安全性に対する懸念」は歴史上の事実と異なるので、例えば、「日本でも、原子力の平和利用を旨として1955年に定められた原子力基本法に基づいて原子力発電開発が始まり、1966年に初の原子力発電所である・・・1970年代には世界各地で原子力発電所の建設がすすんだ。」とするのがより適切と考えます。</p>

<p>○続く原子力発電所事故 石油代替エネルギーとして注目された原子力であったが、1979年のアメリカにおけるスリーマイル島原子力発電所事故、1986年におきたソ連（現在のウクライナ）のチェルノブイリ原子力発電所事故、そして2011年の東日本大震災のさいの福島第一原子力発電所事故は、原子力発電所の安全性に対する疑問を深めた。<u>また、原子力発電全体の経済効率についても問われるようになった。</u>さらに、原子力発電から生じる放射性廃棄物の処理をどこでおこなうのか、どのくらいの期間おこなうのか、安全性をどう確保するのか、について議論が続けられている。</p>	<p>「また、原子力発電全体の経済効率についても問われるようになった」とありますが、理由を付記して、例えば、「また、事故を踏まえた安全対策費用の増大により、原子力発電全体の経済効率についても問われるようになった」とするのがより適切と考えます。また、「放射性廃棄物の処理をどこでおこなうのか」とありますが、高レベル放射性廃棄物の処分をどこで行うかが決まっておらず調査が進められているので、例えば、「高レベル放射性廃棄物の処分をどこでおこなうのか」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>○化石燃料と地球温暖化 原子力発電に関する議論がすすめられる一方で、石油・石炭・天然ガスなどの化石燃料の利用は二酸化炭素の排出量を増やし、地球温暖化の原因となっているのではないかと、懸念も強まった。このため、大量生産・大量消費という人間の活動のあり方を改め、気候変動に対処するとともに省エネルギーを推進すべきとの声も強くなった。同時に、<u>原子力と化石燃料の双方と異なる</u>、自然の力を利用した再生可能エネルギーの実現をはかる動きも強くなっている。こうしたエネルギーとして、太陽光、風力、水力（マイクロ水力発電）、地熱、バイオマスなどが考えられており、途上国では、大規模な施設ではなく、地域の実情に合わせた代替技術の導入をはかるという考え方もとられるようになった。現在では国連の「持続可能な開発目標（SDGs）」の第7「エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」に合わせたエネルギーの未来が模索されている。</p>	<p>「原子力と化石燃料の双方と異なる」とありますが、どのような点が異なるのかを具体的に示し、例えば、「原子力と化石燃料の双方より発電量の少ない」などを付記するのがより適切と考えます。</p>
<p>写真【5】 オーストリアのツェンテンドルフ原子力発電所 完成したものの、1978年の国民投票で操業しないことが決まった。</p>	
<p>写真【6】 チェルノブイリ原子力発電所事故 1986年にソ連のウクライナ共和国でおこり、史上最悪の原発事故と呼ばれた。</p>	
<p>図【7】 再生可能エネルギー発電総量の推移</p>	
<p>Try 持続可能なエネルギーのあり方について、あなたはどう思うか。話し合ってみよう。</p>	
<p>日本の政治・経済・文化 p. 231 2011年3月11日の東日本大震災は、1万8000人をこえる死者・行方不明者を出した。これは、近代日本では関東大震災、明治三陸地震に次ぐ被害であった。<u>地震とこれにともなう津波により</u>、福島第一原子力発電所で炉心溶融をとまなう大規模事故が発生した。放射性物質による被害と避難を通じて、日本の政治や社会のしくみが問い直されることになった。震災以後、近代化、地域開発、エネルギー科学技術、消費生活のあり方をはじめ、人間の生き方にも反省がせまられており、これらの課題の解決は世界的な意義をもっている。日本は東アジアの一員であり、近隣諸国と安定した関係をきずくことが求められる。しかし、冷戦体制が終わっても、東アジアでは朝鮮半島の南北分断が克服されておらず、諸地域の領土・資源問題や安全保障をめぐる対立も解消されていない。また、日中や日韓の間の歴史認識問題も解決されておらず、東アジアはつねに不安定な要因をかかえており、新たな共存の知恵が求められている。</p>	<p>「地震とこれにともなう津波により」とありますが、津波が直接的な原因と考えられているので、例えば、「直接的な原因と考えられる津波により」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>実教出版 704 歴史総合</p>	
<p>【写真】 チェルノブイリ原子力発電所事故のあとに建設されたドーム (2016年) 原子炉爆発と火災により大量の放射性物質が放出され、汚染は北半球にひろがった。爆発した原子炉は、現在も写真のようにドームにおおわれたまま解体されておらず、30 km圏内の立ち入りは規制されている。 p. 168</p>	
<p>歴史と現在 Link チェルノブイリ原発事故 p. 175 1986年におきたソ連のチェルノブイリ原発事故では1週間以上も火災が続き、その間に多量の放射能が流れ出た。放射能は風にのり、ドイツやスウェーデンにも達した。ソ連政府は約3700平方キロメートルを立ち入り禁止区域とし、こわれた原子炉をコンクリートで囲んだ。2000年代までにウクライナの子ども</p>	<p>「放射能が流れ出た」とありますが、「放射性物質が流れ出た」としたほうがより正確な表現となります。同様に、「放射能は風にのり」は「放射性物質は風にのり」とするのがより適切と考えます。</p>

<p>たち数千人が甲状腺がんになったことは、<u>放射能の影響</u>とみられている。</p>	<p>り、「放射能の影響」は「放射性物質の影響」あるいは「放射性物質による被ばくの影響」としたほうがより正確です。</p>
<p>東日本大震災後の日本 p.187 2011年3月11日の東日本大震災は、1万8000人をこえる死者・行方不明者を出した。<u>地震と津波により</u>、福島第一原子力発電所で大規模事故が発生した。原発事故とその対応は世界の注目を大きく集めた。(省略)</p>	<p>「地震と津波により」とありますが、津波が直接的な原因と考えられているので、例えば、「直接的な原因と考えられる津波により」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>写真【7】福島第一原子力発電所事故 (2011年3月24日) 近隣地域が放射能で汚染され、多くの人々が住んでいた土地をはなれなければならなくなった。</p>	<p>「放射能で汚染され」とありますが、「放射性物質で汚染され」としたほうがより正確な表現となります。</p>
<p>清水出版 705 私たちの歴史総合</p>	
<p>もっと知りたい 核と原子力エネルギー p.93 原子力の平和利用 欧米では、日本への原爆投下直後にはすでに原子力のもつ膨大なエネルギーを原子力発電のかたちで平和的に利用するアイデアが浮上していました。アイゼンハワー大統領は、1953年の国連総会演説において、原子力の平和的利用の推進と軍事転用の防止を目的とした国際機関の設立を提案し、これを受けて1957年に国際原子力機関（IAEA）が設立されました。 原爆が投下された広島においても、戦後は核兵器廃絶を求める世論と原子力の平和利用を求める世論とが矛盾なく共存していました。そこでは、「最初に原子力の破壊をこうむった広島こそ原子力の平和的恩恵を受ける資格がある」といわれ、広島市に原子力発電炉の建設を求める声も聞かれました。1955年にはアメリカから日本へ濃縮ウランを貸与するための日米原子力研究協定が結ばれました。それとほぼ同時期に成立した原子力基本法では、原子力の研究や開発、利用は平和を目的としたものに限り、「民主」「自主」「公開」の三原則にもとづくことが定められ、日本は原子力の平和的利用を国策としてめざすこととなります。1956年4月には茨城県東海村に原子力研究所を設立することが決定し、翌年8月には臨界実験に成功し、日本初の「原子の火」がとりました。</p>	
<p>原子力エネルギーの普及と課題 こうした原子力の平和利用は世界に広がり、各地で原子力発電所が建設されました。とくに二度の石油危機は、石油にかわる代替エネルギーの一つとして原子力が注目される契機となりました。フランスは1970年代以降、「エネルギーの独立」を目標に原発の建設を推進し、現在も電力の約70%を原発に依存しており、近隣諸国に電力を輸出しています。 しかし、1979年のスリーマイル島（TMI）原発事故（アメリカ）と1986年のチェルノブイリ原発事故（ソ連）、そして2011年の福島第一原発事故は、ヨーロッパ各国の原発政策やエネルギー政策に大きな転換をせまりました。スウェーデン、イタリア、オーストリアでは、国民投票により脱原発が決定されました。ドイツでは、1990年代から脱原発に向けた動きが加速化し、2022年末までに原発を全廃することを決定し、この動きと並行して風力発電や太陽光発電など再生可能エネルギーの拡大と省エネルギーの徹底を進めています。一方、世界の原子力発電量は2011年以降も増加傾向にあります。とくに中国をはじめとするアジアや、ロシアで原子力発電所の新規建設や送電開始がおこなわれており、今後も世界各地で原子力エネルギーの平和的利用が進められていくと考えられます。</p>	<p>本項では、各国の動きが丁寧に記述されており、高く評価できる記載例と考えます。</p>
<p>【図】世界の原子力発電量の推移</p>	
<p>【図】世界の原子力発電所着工基数の推移</p>	
<p>【写真】チェルノブイリ原子力発電所（2011年） 放射性物質の飛散を防ぐため、「石棺」とよばれるコンクリートでおおわれていたが、老朽化が進み、現在は石棺の上に新しいシェルターがかぶせられている。</p>	
<p>もっと知りたい 災害と私たち p.132 二つの大災害と日本 (省略)・・・阪神・淡路大震災は1995（平成7）年1月17日に兵庫県南部を襲ったマグニチュード</p>	

<p>7.3の直下型地震が引き起こしました。インフラの損壊や家屋などの倒壊のほか、震源に近い神戸市などでは大規模な火災も発生し、死者6000人以上の甚大な被害をもたらしました。東日本大震災は、2011年3月11日に宮城県沖を震源とするマグニチュード9.0の大地震によって発生したもので、関東大震災以来、最大の被害をもたらした自然災害でした。地震にともなって発生した巨大津波は東北地方と関東地方の沿岸部に壊滅的な被害をもたらし、震災による死者、行方不明者は約1万8800人、避難者は最大で40万人に上りました。また、津波の被害を受けた福島原子力発電所は、放射性物質の大量放出をとまらぬ重大な原子力事故を起こしました。</p>	
<p>震災は私たちに何をもちたか 阪神・淡路大震災は、高度成長以来の日本の「安全神話」の崩壊を人々に印象づけ、行政の危機管理能力の欠如を浮き彫りにするものでした。東日本大震災もまた、科学技術の負の側面、日本のこれまでの原子力発電政策や防災、災害復興の問題点をあぶり出しました。このように、二つの震災は、災害対策や原子力政策における国民的な議論をまき起こしてきました。とくに東日本大震災からの復興については、放射性物質の除染や廃炉の問題など、将来の世代まで重い課題が残されています。・・・(省略)</p>	
<p>帝国出版 706 明解 歴史総合</p>	
<p>写真【5】福島第一原発事故の事故 (2011年) p.156 考察 エネルギーの活用と地球環境には、どのような関係があるのか、考えよう。</p>	
<p>未来へ活かす歴史 チェルノブイリ原発事故 1986年4月26日、<u>ウクライナ</u>のキエフ近郊のチェルノブイリで起こった原発事故は、<u>ロシア</u>からヨーロッパにまで及ぶ広範囲に放射能の灰を降らせた。当時、原子力災害の知識がなかった消防隊や周辺住民に大きな被害が出た。事故はソ連の秘密主義的な政治体制が深刻な危機的状況であることを明らかにし、ゴルバチョフがベレストロイカを進める大きな要因となった。ヨーロッパでは、これを機に環境問題への関心が一層高まった。</p>	<p>「ウクライナ」「ロシア」「ソ連」の関係が今の生徒には分かりにくいと考えますので、例えば、「ウクライナ(旧ソ連)」「ロシア(旧ソ連)」と記載するとより適切と考えます。 また「放射能の灰」という表現がありますが、「放射性物質」あるいは「放射性降下物」としたほうがより具体的に正確な表現となります。</p>
<p>写真【7】事故発生後の原子力発電所 (1986年)</p>	
<p>山川出版 707 歴史総合 近代から現代へ</p>	
<p>5 資源・エネルギーと地球環境 p.176 ② 地球環境への配慮は、資源・エネルギー源の拡大を求めるうえでも欠くことはできない。Cは日本の一次エネルギー国内供給構成と自給率の推移、Dは2015年の主要国の一次エネルギー供給構成である。供給構成の推移とその背景、供給構成と地球環境の関係などについて考察し、問いを表現してみよう。</p>	
<p>図【C】日本の一次エネルギー国内供給構成と自給率の推移</p>	
<p>図【D】主要国の一次エネルギー供給構成</p>	
<p>第9章 グローバル化する世界 p.214 1 冷戦の終結と国際情勢 ソ連の行き詰まり (省略)・・・この時、ソ連経済はきびしい状態にあった。経済成長が停滞していたにもかかわらず、アメリカとの軍備拡張競争のために、国内総生産(GDP)の4分の1程度を軍事支出に振り向けていた。重要な外貨獲得の手段であった原油も、この頃に価格の低下が始まった。そして1986年には、チェルノブイリ原子力発電所(現、ウクライナ)で爆発事故がおこった。これは管理体制の不備などによって発生した人災であり、ソ連の沈滞を象徴するできごとであった。</p>	
<p>写真【1】チェルノブイリ原子力発電所事故 この事故による被災者は数百万人にもものぼり、被害は周辺諸国にも広がった。</p>	
<p>転換点としての戦後50年 p.228 (省略)・・・村山富市首相は、8月15日の終戦記念日に談話を発表し、第二次世界大戦中における日本の植民地支配と侵略について謝罪した(村山談話)。9月には、沖縄でアメリカ軍兵士による少女暴行事件</p>	<p>高速増殖炉「もんじゅ」の所在地は、大洗研究所(茨城県東茨城郡大洗町)ではなく、福井県敦賀市です。</p>

<p>回が発生した。沖縄県民の怒りは爆発し、アメリカ軍基地の縮小・撤去や、日米安保体制の見直しが叫ばれた。12月には、日本の動力炉・核燃料開発事業団（現、日本原子力研究開発機構）大洗研究所の高速増殖炉「もんじゅ」がナトリウムもれ事故を起こした。</p>	
<p>Q 地球温暖化、オゾン層の破壊、生物多様性の減少、海洋汚染、砂漠化、熱帯雨林の破壊などは、私たちの生活をどのようにおびやかしているのだろうか。 p. 232</p>	
<p>自然環境問題 人間は自然を征服すべき対象と考え、世界を自分たちに都合のよいかたちにつくりかえてきた。その結果、地球温暖化、オゾン層の破壊、生物多様性の減少、海洋汚染、砂漠化、熱帯雨林の破壊などの諸問題が発生した。</p> <p>現在、世界各国の環境政策に大きな影響を与えている「持続可能な開発」という考え方がある。「持続可能な開発」は将来の世代の生活に負担をかけずに現在の世代の幸福を追求することであるが、本来の「持続可能」性とは、資源に影響を与えずに最大の漁獲量を得ることをめざす水産学概念である。つまり、環境資源の保全と活用を両立させる概念を、環境と開発の問題に適用したのである。</p> <p>環境問題に対する地球規模での対応を求める声の高まりを受け、1992年にブラジルのリオデジャネイロで国連環境開発会議（環境サミット）が開かれた。この会議は、「地球環境問題」に諸国が力をあわせて取り組む第一歩となった。しかし、経済開発を優先課題とする開発途上国が先進国の提唱する規制案に反対するなど、諸国の利害は対立している。</p>	
<p>原子力発電と自然災害 p. 233 <原子力発電>資源の乏しい日本では、原子力は地球温暖化への影響が少なく、しかも安価で大量のエネルギーを供給することができることとされ、1974（昭和49）年に田中角栄内閣のもとで成立した電源三法の公布以後、原子力発電所の建設が推進されてきた。しかし、1995（平成7）年の高速増殖炉「もんじゅ」の事故や1999（平成11）年の茨城県東海村の臨界事故、2011（平成23）年3月11日の東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所の事故などによって、原子力発電の安全性に対しては、強い懸念も示されている。現在では、再生エネルギーの開発が積極的に進められるなど、エネルギー供給のあり方そのものが問い直されている。</p>	
<p>写真【2】東京電力福島第一原子力発電所の事故（2011年3月）写真は建屋の崩壊した4号機。</p>	
<p>Q 原子力発電の利点・問題点として、どのようなことがあるだろうか。</p>	
<p>山川出版 708 現代の歴史総合 みる・読みとく・考える</p>	
<p>核拡散防止条約の成立 p. 183 キューバ危機を経験した1960年代には、国連において核兵器保有国が増えることを防ぐ方法や体制が検討されはじめた。その結果、当初62カ国によって1968年に調印されたのが、核拡散防止条約（NPT）である。核兵器保有国として認められた国（アメリカ・ソ連・イギリス・のちにフランスと中国）は、誠実に核兵器削減のための交渉をおこなう義務を負ったが、現在までそれは実現されていない。また、1979年におこったアメリカのスリーマイル島原子力発電所事故は、原子力管理の難しさをあらわにした。</p>	
<p>写真【17】スリーマイル島原子力発電所</p>	
<p>写真【7】チェルノブイリ原子力発電所 1986年に発生したチェルノブイリ原子力発電所の爆発事故では、多量の放射性物質が放出され、ヨーロッパにも拡散した。放射能汚染が著しかった地域では、現在も人が居住することができない。この事故は、管理体制の問題や情報提供の欠陥をあらわにした。</p>	
<p>写真【8】事故後の東京電力福島第一原子力発電所 p. 241 2011年3月11日に発生した東日本大震災や、その際に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故は、これまでの日本社会や科学技術、危機管理などのあり方への疑問を投げかけ、その影は海外へも影響を与えた。さらに復興や避難生活の解消、原発の解体といった課題解決にはいまだ時間がかかっている。</p>	
<p>【E】環境問題と国際協力の課題 化石燃料の使用などによる温室効果ガスの排出は、地球温暖化の課題を生んだ。2015年に成立したパリ協定では、196の国々が参加して、温室効果ガス削減を目標とする画期的な合意が結ばれたが、2017年にはアメリカが離脱した。</p>	

① 環境意識の高まりは、どのような背景のもとでおこったのだろうか。	
② 二酸化炭素削減の取組はどのような課題を抱えているのだろうか。	
写真【10】 アメリカのパリ協定離脱表明を報じる新聞	
山川出版 709 わたしたちの歴史 日本から世界へ	
グローバル化への問い⑤ p.122 資源・エネルギーと地球環境 大気汚染や酸性雨など公害の影響は、1つの国にとどまるものではない。国境をこえて広がる環境問題を解決するためには、どのようなことが必要だろうか、考えてみよう。	
ヨーロッパと酸性雨 酸性雨 化石燃料（石油や石炭など）の燃焼や火山活動などで放出された硫黄酸化物や窒素酸化物が大気中で化学反応をおこし、硫酸や硝酸となって雨や雪、霧などにとけて地上に降り注ぐ現象。河川や湖沼が酸性化して生き物が死滅したり、森林が枯れたり、生態系に大きな被害をもたらすほか、金属を錆びつかせたりして建造物や文化財にも大きな被害をもたらす。	
図【1】 ヨーロッパにおける酸性雨の被害（1960～1980年代）	
写真【2】 酸性雨の影響でとけた石像（ドイツ、左：1908年、右：1969年）	
表【3】 各国の硫黄酸化物の排出量	
表【4】 各国の1次エネルギーの消費量	
ヨーロッパの状況を見ると、酸性雨の原因物質をたくさん排出していた国と、酸性雨の被害が大きかった国は（A：完全に一致しています／完全には一致していません）。 1995年から2015年にかけて、エネルギーの消費量はあまりかわっていませんが、硫黄酸化物の排出量を大きく減らした国があるのは興味深いですね。 酸性雨の問題がおきているのは、ヨーロッパだけなのでしょう？ （A）に当てはまる選択肢は何だろう？	
2 冷戦の固定化と「雪どけ」 p.128 冷戦構造の固定化 （省略）・・・アメリカは南太平洋で核実験を繰り返し、1954年には日本漁船の第五福竜丸が、アメリカの設定した禁止区域の外で操業していたにもかかわらず被爆した。この事件は反核兵器運動が高揚するきっかけとなり、57年にはラッセルやアインシュタインらの科学者が会議を開いて核実験禁止や核兵器の廃絶を訴えた（パグウォッシュ会議）。また、軍事面以外でも核の利用は進み、1956年にイギリスで西側陣営初の原子力発電所であるコールダーホール原子力発電所が操業を開始した。	
写真【3】 コールダーホール原子力発電所	
地球環境の問題 p.156 （省略）・・・1992年にリオデジャネイロで結ばれた気候変動枠組み条約では、温室効果ガスの排出削減がめざされた。その5年後に温室効果ガスの排出削減目標を定めた京都議定書がつくられ、50カ国以上が批准した。この議定書の取りまとめにおいては、議長国をつとめた日本に加えて国際協力や環境問題への取組に実績のあったヨーロッパ連合（EU）の力が大きかった。しかし、アメリカが議定書の批准を拒否するなど、目標の実現は難航している。 原子力発電についても、人類はすでにスリーマイル島原子力発電所事故（1979年）、チェルノブイリ原子力発電所事故（1986年）、東京電力福島第一原子力発電所事故（2011年）など、大きな事故を複数回にわたり経験してきた。 原子力発電を、二酸化炭素を出さない自然環境にやさしい発電方法とみるか、放射性廃棄物の処理問題などから危険な発電方法とみるか、各国で議論が続いている。	
写真【4】 チェルノブイリ原子力発電所の事故 1986年にソ連でおこった原子力発電所事故。初期対応や情報公開の遅れから多くの人が被爆した。また、大量の放射性物質が拡散し、環境汚染は多くの国に及んだ。	「被爆した」とありますが、ここでは放射線への被曝を指していますので、「被曝した」と表記するほうが適

現在のチェルノブイリの様子を、インターネットなどで調べてみよう。	切と考えます。
自然災害や環境問題への対応 p.159 (省略) 地球温暖化など環境問題への適切な対処も重要である。東日本大震災にともなう東京電力福島第一原子力発電所事故により、日本は火力発電への依存を高めているが、温室効果ガスを排出しないクリーンなエネルギーの開発、私たちのライフスタイルの転換が求められている。	
写真【6】東京電力福島第一原子力発電所の事故 2011(平成23)年3月11日、宮城県の三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の大地震がおこった。 <u>強いゆれと津波</u> で発電所は深刻な被害を受け、現在も周辺の環境や人々に大きな損害を与えている。	「強いゆれと津波で」とありますが、津波が直接的な原因と考えられているので、例えば、「直接的な原因と考えられる津波により」とするのがより適切と考えます。
第一学習社 710 高等学校 歴史総合	
Close up チェルノブイリ原子力発電所事故 p.201 1986年4月、ソ連のチェルノブイリ原子力発電所で炉心が融解して火災と爆発がおこった。この事故により放出された放射性物質は、国境をこえて周辺諸国にも拡散したが、ソ連政府は当初事故の発生を認めなかった。ソ連の行きづまりを象徴する事故であったが、原子力発電の安全性に対する懸念を強め、ヨーロッパ各国の原発計画の見直しにもつながった。また、「原子力安全に国境はない」との考え方が広がり、国際原子力機関(IAEA)などによる、原子力施設や放射性物質の取りあつかいについての安全基準の国際的な導入がすすむきっかけとなった。	
写真【5】チェルノブイリ原子力発電所事故	
写真【6】「石棺」 事故で損傷した原子炉からの放射線の離散を食い止めるために建設されたコンクリート製の建物。	「放射線の離散を食い止めるため」とありますが、石棺の役割は放射線の遮蔽よりも放射性物質の飛散を防止することにありますので、「放射性物質の飛散を食い止めるため」としたほうが適切です。
エネルギーと環境問題 p.207 産業革命以来、人類は石炭や石油などの化石燃料をエネルギーとして大量に消費してきた。しかし、化石燃料の大量消費によって排出される温室効果ガスは、地球の温暖化の一因とされる。化石燃料に代わるエネルギーとして期待された原子力は、2011年の東日本大震災にともなう原子力発電所での事故をきっかけに、その問題点が改めて認識された。太陽光や風力、地熱など、地球の資源を枯渇させずに利用しつづけられる再生可能エネルギーの利用も進展している。 大量生産・大量消費を特徴とする現代社会は、膨大な資源・エネルギーの使用を前提とするだけでなく、大量の廃棄物や排出物を生みだしている。エネルギー問題は、地球温暖化や放射性廃棄物の問題、大気汚染、森林伐採による熱帯雨林の破壊といったグローバルな課題に直結している。	
図【6】地球全体の平均気温の変化	
図【7】世界の二酸化炭素排出割合(2016年)	
つながり 東日本大震災と原発事故 2011年3月11日、三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の巨大地震が発生した。国内観測史上最大となったこの地震は大津波を引きおこし、死者・行方不明者が約2万人となる未曾有の大災害となった(東日本大震災)。また、福島第一原子力発電所が大きな被害を受け、広範囲に放射性物質が飛散した。この原発事故は周辺住民に長期間の避難生活を強いるなどさまざまな影響をおよぼしている。	
写真【8】福島第一原子力発電所事故	
第一学習社 711 高等学校 新歴史総合 過去との対話、つなぐ未来	
2 世界秩序の変容と日本 p.180	
① 世界をゆるがした2つのショック	

<p>中東の紛争と石油危機 中東では、アラブ諸国とイスラエルとの紛争がつづいた。イスラエルの先制攻撃によりはじまった1967年の第3次中東戦争では、イスラエルが広大な占領地を獲得した。これに対しパレスチナ人は、イスラエル打倒を掲げて結成されたパレスチナ解放機構（PLO）を中心に、イスラエルとの激しい闘争を展開した。</p> <p>1973年の第4次中東戦争では、アラブ産油諸国が石油戦略を発動し、イスラエルを支援しているとみられた先進諸国に対して原油価格の引き上げや輸出制限をおこなった。さらに、石油輸出国機構（OPEC）が石油の価格や産出量の決定権を取り戻そうとして、一方的に石油価格を引き上げた。このため、ドル＝ショックですでに打撃をうけていた世界経済は大きく混乱した（石油危機、オイル＝ショック）。エネルギーの8割近くを輸入原油に頼っていた日本では、原油価格が高騰し、「狂乱物価」といわれる深刻なインフレーションがおこった。石油危機は、日本の高度経済成長に終わりをもたらした。</p> <p>石油危機の教訓から、先進工業国では原子力など代替エネルギーや省エネルギー技術の開発がすすみ、各国が協調して課題に取り組むための先進国首脳会議（サミット）が開かれるようになった。</p>	
<p>エピソード 首相の服は省エネ p.181 石油危機に対応して、日本でもさまざまな省エネルギー対策がおこなわれた。その一つが、夏場の冷房費の節約であり、政府や地方自治体は、率先して取り組んだ。室温を下げる限度を25度にしたり、室内でネクタイを着用せずにある程度くつろいだ服装を認めるなど、細かなこころみがみられた。その典型が「省エネ服」である。政府が考案し、大平正芳首相みずから着用して宣伝した。しかし、驚くほど人気がなく、まったく普及しなかった。</p>	
<p>写真【3】チェルノブイリ原子力発電所事故 p.187 1986年4月、ソ連のチェルノブイリ原子力発電所で炉心が融解して火災と爆発がおこり、周辺諸国に放射性物質が拡散した。ソ連政府は当初、事故の発生を認めなかった。ソ連の行きづまりを象徴する事故であり、また、原子力発電の安全性に対する懸念を強める大きな転機となった。</p>	
<p>写真【1】福島第一原子力発電所事故（2011） p.192 2011年3月11日、マグニチュード9.0の巨大地震が発生し、<u>地震と大津波により</u>死者・行方不明者が約2万人となる未曾有の大災害となった。また、福島第一原子力発電所の事故は、周辺住民に長期間の避難生活を強いるなどさまざまな影響をおよぼしている。</p>	<p>「地震と大津波により」とありますが、津波が直接的な原因と考えられているので、例えば、「直接的な原因と考えられる津波により」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>6 時代の転換点に立って 1990年代以降の国民生活 政局の動きと社会（省略）・・・細川内閣のもとで、政界再編と政治改革が期待されたが、1995年に阪神・淡路大震災がおこり、同年には地下鉄サリン事件が発生するなど安全神話が崩れ、不況が深刻化し、政界再編はすすまなかった。2001年に成立した小泉純一郎内閣は、構造改革路線を急速にすすめ、その結果、所得格差や地域格差が広がった。2009年には自由民主党から民主党に政権が交代したが、短命に終わった。2011年3月に発生した東日本大震災は、<u>地震と大津波により</u>甚大な被害をもたらした。福島第一原子力発電所が被災し、大量の放射性物質が放出され、原子力発電への国民の信頼は大きくゆらいだ。</p>	<p>「地震と大津波により」とありますが、津波が直接的な原因と考えられているので、例えば、「直接的な原因と考えられる津波により」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>明成社 712 私たちの歴史総合</p>	
<p>2度の石油危機 p.154 アラブ石油輸出国機構（OAPEC）を結成していたペルシャ湾岸諸国は、1973年の第4次中東戦争開始とともに、イスラエル支持国に対し石油輸出を停止・制限する戦略を発動した。ついで、石油輸出国機構（OPEC）は原油価格を4倍に引きあげた（第1次石油危機、オイル＝ショック）。この影響により、先進諸国の経済は大きな打撃をうけ、物価上昇（インフレーション）と失業者が同時に発生する不況（スタグフレーション）に見舞われた。</p> <p>アラブ産油国からの原油輸入に依存していた日本では、1973年（昭和48）年、不況と物価の高騰（狂乱物価）により、洗剤やトイレットペーパーが店頭からなくなるモノ不足が深刻化し、翌年には戦後のはじめて経済成長率がマイナス成長に落ちこんだ。1975（昭和50）年にフランスで開催された第1回先進国首脳会議（サミット）では、第1次石油危機後の国際経済のあり方が協議された。1979年には、産油国のイランで革命がおこり、原油価格はさらに2倍に引きあげられた（第2次石油危機）。</p>	

<p>コラム エネルギー安全保障 p.155 海上交通路（シーレーン）の安全は、資源確保のために欠かすことのできないものである。天然資源に乏しい日本は、アルミニウム・鉄鉱石などの工業原料や食料、石油や天然ガスなどの燃料といった重要資源を輸入に頼っている。周辺を海に囲まれているため、それらのほとんどは船によってもたらされているが、中東から輸入する原油の大半は、ホルムズ海峡とマラッカ海峡の2つの狭い海峡（チョークポイント）を通過しなければならない。日本から遠く離れたこれらの地域の動向が、私たちの日常生活に直結することを忘れてはならない。</p>	
<p>【写真】イラン沖のホルムズ海峡近くで砲撃を受けた日本の民間タンカー（2019年6月13日）</p>	
<p>【図】世界各国の石油埋蔵量</p>	
<p>日本の高度経済成長の終わり 石油危機ののち、日本の高度成長は終わり、年5%前後の低成長の時代を迎えた。省エネルギー化が進む一方、公害などの環境破壊や都市と地方のあいだの過疎・過密問題など、自然環境や社会環境が悪化しさまざまな問題に直面した。高度成長期の生産優先から、低成長期の生活優先へと国民の意識も変化していった。</p> <p>さらに、2度の石油危機の教訓から、原油輸入先の分散化や石油の備蓄の増加とともに代替エネルギー（原子力や自然エネルギーの太陽光など）の開発利用にもつとめた。また、石油などの原料価格の上昇や円高をうけて、省エネ・省資源につながる新しい産業技術を開発した。産業構造も省資源型産業への転換をはかり、鉄鋼・繊維から自動車・カメラなどの組み立て産業や、ハイテク（先端技術）産業などに力を注いだ。その結果、生産と輸出が増加し、比較的高い経済成長と貿易収支がつづいた。</p>	

【公民（公共）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
東京書籍 701 公共	
<p>アプローチ 住民投票を考える p.67 原子力発電所の建設や産業廃棄物の処理、米軍基地に関する問題などについて、各地で条例にもとづく住民投票が行われるようになった。憲法や法律で定められた住民投票とは異なり、法的拘束力はないが、その賛否は民意を反映したものとして注目されている。自分の地域や周辺で行われた住民投票について調べてみよう。</p>	
<p>図【1】条例によって実施されたおもな住民投票 ほとんどの住民投票で反対が賛成を上回っている。その結果を受けて、国や地方公共団体がどう対処するか問われる。</p>	
<p>（年表）世界 1979年③米、スリーマイル島原発事故 1986年④チェルノブイリ原発事故</p> <p>【写真】事故が起きたチェルノブイリ原子力発電所（1986年）</p> <p>（年表）日本 1996年⑧新潟県巻町で条例制定による住民投票実施 1999年⑨東海村臨界事故発生 2011年③東日本大震災・東京電力福島第一原子力発電所事故</p>	
教育図書 702 公共	
<p>3 地球温暖化問題 p.24 火力発電により排出されるCO₂の影響で、地球は深刻な温暖化問題に直面している。私たちはどう行動すべきだろうか。 CO₂と地球温暖化 大気中には、二酸化炭素（CO₂）を始めとして地球表面を温める役割を果たす温室効果ガスが存在する。温室効果ガスには、他にもメタン、オゾンなどがあるが、温暖化にもっとも影響を与えるのはCO₂である。CO₂増加の最大の原因は化石燃料（石炭・石油・天然ガスなど）を燃やすことである。人類は18世紀半ばの産業革命以降、化石燃料を燃やしてエネルギーとすることで発展してきた。世界中に存在する火力発電所は発電過程で大量のCO₂を排出す</p>	<p>「火力発電により排出されるCO₂の影響で、地球は深刻な温暖化問題に直面している」とありますが、CO₂は車など他からの排出もあります。また、温暖化には反対の意見もありますので、例えば、「火力発電等により排出されるCO₂の影響で、地球は深刻な温暖化問題に</p>

<p>る。人類がこれまで大量に排出してきた CO₂は、植物や海水が吸収できる量を大きく上回り、それに伴い世界平均気温も 1980 年ころから急激に上昇している。</p>	<p>直面している、との考え方を多くの専門家が持っている」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>図【2】CO₂と地球温暖化現象のイメージ図（全国地球温暖化防止活動推進センター資料より作成）</p>	
<p>図【3】燃料別にみる世界の二酸化炭素排非出量（全国地球温暖化防止活動推進センター資料より）</p>	
<p>パリ協定は達成できるか 世界規模の環境問題に取り組むため「気候変動に関する国際連合枠組条約」が 1994 年に発効し、日本を含む約 200 か国が参加している。COP とはこの条約の批准国が、環境問題を話し合う国際会議である。2015 年の COP21 で採択された「パリ協定」では、産業革命前からの平均気温の上昇を 2℃以内に低く保ち、1.5℃に抑えることを目標と定め、そのために各国に具体的な CO₂排出量削減を義務付けることを決めた。</p> <p>パリ協定が画期的であり、同時に紛糾する原因となっているのは、CO₂削減目標を、先進国だけでなく新興国にも課した点にある。これから経済発展を遂げようとしている新興国には、費用の安い化石燃料発電から自然再生エネルギーへ切り替える経済的余裕はない。そもそも産業革命以来、大量の化石燃料を燃やし、現在の温暖化を招いたのは主に先進国である。そのツケを新興国にまで払わせるのは不公平であると新興国側は主張している。しかし中国やインドのような排出量の多い新興国が参加せず、先進国だけが削減しても、パリ協定の目標はとうてい達成されない。パリ協定が目標とする 2030 年に向けて、どの程度の CO₂削減目標を各国に課すべきか、また新興国にどのような支援をするか、議論は繰り返されている。</p>	
<p>福島第一原発事故の影響 p. 25 CO₂を排出せず、コストも安いとされていた原子力発電は、自然再生エネルギーと並び地球温暖化と対策に有効であると考えられ、2000 年以降、原子力発電への依存度を上げる国は増えた。しかし 2011 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所の深刻な事故は、<u>原子力発電推進による CO₂削減の流れを世界的に停滞させ、削減目標達成の難易度が一挙に高まることとなった。</u>特に当事国である日本への影響は大きく、<u>それまで約 30%あった原子力発電は大幅に低下し、石炭火力発電の比率が近年、高まってきている。</u></p> <p>そんな中、2019 年スペインで開かれた COP25 で、日本は世界の厳しい批判にさらされた。多くの国が CO₂削減のために脱炭素エネルギーへと転換する中、日本は石炭火力発電所増設中止などの政策を明示しなかったからである。</p> <p>図【4】世界の地上気温の経年変化（IPCC 第 5 次評価報告書より）</p> <p>写真【5】パリ協定を締結した COP21 195 か国と EU がパリ協定に加盟した。2030 年までに日本は 2013 年比で 26%の CO₂を削減するよう努力することが義務付けられた。</p> <p>【6】太陽光や水力、風力、地熱発電といった自然界のサイクルの中で生み出される力を利用したエネルギー。</p> <p>図【7】世界の CO₂排出量（2016 年）（全国地球温暖化防止活動推進センター資料より）</p> <p>写真【8】福島第一原子力発電所の事故</p>	<p>「原子力発電推進による CO₂削減の流れ・・・一挙に高まることとなった」とありますが、原子力発電の推進に対する考え方は国により異なっていますので、例えば、「原子力発電推進の流れを再考する国もあった」とするのがより適切と考えます。なお、日本では福島第一原子力発電所事故後、新しい規制基準に沿って安全向上を図るために、それまで約 30%あった原子力発電を一斉に停止しましたが、その後審査に合格した原子力発電所が 2022 年 6 月現在 10 基再稼働しています。</p>
<p>日本はなぜ石炭発電をやめないのか 2017 年現在で、日本は発電量の 87%を石炭、石油、天然ガスといった化石燃料に依存し、自然再生エネルギーは 10%程度にとどまる。石炭は化石燃料の中でも CO₂排出量が多いが、価格の安さと安定性をもつ。日本は CO₂排出量の少ないクリーンコールと呼ばれる石炭発電技術を開発したが、それでも日本の CO₂総排出量は世界 5 位である。世界に目を向ければ火山国インドネシアは、地熱発電量で世界 2 位を誇る。広い国土をもつ中国は太陽光発電量で世界トップに躍り出た。これらの国々は、その国の自然や地理に合わせた電源に目を向け、自然再生エネルギーへのシフトを明確にしている。</p> <p>一方、日本は地熱発電のタービン、水上太陽光発電の技術分野では世界トップのシェアをもっている。さらに地熱、水上太陽光、共に発電資源は国内に豊富にある。しかし、依然としてこれら自然再生エネルギーのコストは高く、電気料金上昇への懸念から石炭発電所建設中止の国内合意はできていない。</p> <p>日本の立場は、化石燃料発電のエネルギー効率を極限まで高めつつ、同時に自然再生エネルギーへの転換を徐々に進め、電気料金の上昇回避と温暖化対策を両立させようとするものである。2019 年にパリ協定からの離脱を通告したアメリカの環境政策も日本に近い。また、再生エネルギーのコストをまかなえないが、電力を必要としている新興国からは、日本の</p>	

<p>クリーンコール技術を積極的に導入したいという要望も上がっている。</p>	
<p>図【9】日本のエネルギー構成比率（資源エネルギー庁資料より） 2017年度の一次エネルギー国内供給量がベース。</p>	
<p>COLUMN ペルー農民がドイツの発電所を訴えた 2014年、ペルーの農民で山岳ガイドでもあるリュヤ氏がドイツの電力会社RWEを訴えた。理由は、膨大なCO₂を排出する電力会社は、リュヤ氏の故郷であるペルーのフアラスの町を危険にさらしている、というものである。フアラスは氷河湖のふもとにあり、温暖化の影響で氷河が溶け出しており、湖が決壊する恐れがあった。その被害を防ぐためにかかる費用をRWEに支払うよう求めたのである。これに対し2017年にドイツの上級裁判所は、CO₂と氷河融解の因果関係について鑑定依頼を行った。この判断は、世界中で大きな反響を巻き起こした。</p> <p>【写真】標高5000mにあるペルーのパストルリ氷河。</p>	
<p>DISCUSSION Q. 日本は電気料金を値上げし、経済的犠牲を払ってでも、化石燃料発電を止めてCO₂削減に努めるべきか、話し合ってみよう。 Q. CO₂削減のために、自分たちが日常的にできることを具体的に考え、アイデアを出し合ってみよう。</p>	<p>このような重要な課題を生徒に考えさせる取り組みは大変望ましいと考えます。</p>
<p>実教出版 703 詳述公共</p>	
<p>住民投票 p.126 1990年代から、原子力発電所や米軍基地、産業廃棄物処理施設などの受け入れをめぐる住民投票が、各地の自治体に広がった。背景には、住民の意思と住民の代表である議会の意思との間にズレが生じたことによる、議会制民主主義の機能不全がある。その後、市町村合併についての住民投票や、自治基本条例に基づく常設的な住民投票も増え、日本でも地域の重要な問題について、住民が直接意思を表明する住民投票の制度が広がっている。住民投票は、「自分たちのことは自分たちで決める」という民主主義の可能性を示すしくみであり、国政には見られない自治体ならではのものである。制度の広がりには時代の流れともいえる。</p>	
<p>Opinion 原子力発電所の建設を住民投票で決定するのは公正かどうか、下の意見を参考に話しあってみよう。 ●事故が起きれば多大な被害が生じる以上、住民の意見が尊重されるべきだ。 ●エネルギー政策は国全体の課題。地域住民だけでは決められない。 図【5】条例制定による住民投票の結果の例</p>	<p>「事故が起きれば多大な被害が生じる以上、・・・」とありますが、事故には何段ものレベルがあり、必ずしも多大な被害が生じる訳ではないので、例えば、「事故が起きれば多大な被害を生じる可能性があるため、・・・」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>大量廃棄社会 p.200 1980年代以降、大量生産・大量消費によるごみ問題や生活排水による河川・湖沼の汚濁など、私たちの生活に深くかかわる生活型公害が社会問題となった。処分場の不足や産業廃棄物の不法投棄が各地で深刻化するとともに、ごみの焼却灰や産業廃棄物処分場などからダイオキシンが検出され、新たな規制が実施された。ハイテク産業による地下水汚染や、断熱材などとして大量に使用されてきたアスベストによる健康被害が発生した。一方、原子力発電所から発生する使用済み核燃料などの放射性廃棄物の処分のあり方も大きな問題となってきた。</p>	
<p>地球規模の環境問題 p.201-202 工業化や資源・エネルギーの大量消費、人口増加などにより引き起こされた環境破壊、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、森林破壊と生物多様性の減少、砂漠化の進行などは、一国内の問題にとどまらず、世界全体で取り組むべき課題となっている。</p> <p>国連は1992年に国連環境開発会議を開催して「持続可能な発展（開発）」を提唱し、各国に理念の具体化を求めた。</p> <p>日本でも、1993年に持続可能な社会を築くことを基本理念とした環境基本法が制定され、国、自治体、企業、国民がそれぞれ環境保全の義務や責務を負うことが定められた。また、2018年の第5次環境基本計画では、気候変動対策としてのパリ協定（2015年）や国連の「持続可能な開発目標（SDGs）」などの国際的潮流を踏まえるとともに、人口減少など日本が抱える社会的、経済的な問題も統合的にとらえた対策として「地域循環共生圏」の創造を提唱している。このためには再生可能エネルギーへの転換や地域資源を活用した分散型エネルギーシステムの構築が不可欠であり、行政・企業・市民の協力が求められる。公共交通機関の整備を軸とした富山市でのコンパクトシティの取り組みや、長野県飯田市での市民の共同出資</p>	

<p>による太陽光発電事業、各地での地域新電力などの動きは、その先行事例として注目されている。</p> <p>パリ協定の目標は、産業革命前からの気温上昇を2℃未満に抑えるため温室効果ガスの排出量を今世紀後半までに実質ゼロにすることである。CO₂の排出量を減らすため石炭や石油などの使用量に応じて課税する炭素税などの環境税は、多くの国で採用されるようになった。また、企業では、環境社会・企業統治を重視する経営が企業の収益にも貢献するというESG投資の考え方が広がり、自社の電力を100%再生可能エネルギーでまかなうRE100に加わるところも増えてきた。化石燃料のエネルギーを大量に消費し、大量の生産・消費・廃棄をおこなう従来型の経済発展は、国内的にも世界的にも持続できなくなっている。環境への負荷が少なく、これまで犠牲にしてきた環境や自然、景観の再生をはかる社会を築いていくことが重要である。</p>	
<p>図【5】おひさま進歩エネルギー 長野県、飯田市。市民の出資により保育園、公民館などの施設や個人住宅など、357ヶ所に出力合計7020.57kW（2017年3月）の太陽光パネルを設置している。</p>	
<p>Opinion 環境保全と経済発展は両立するのか、下の意見を参考に話し合ってみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●環境規制の強化は企業への負担となり、産業の競争力を阻害する要因となるため、経済成長を抑制するのではないか。 ●環境規制を克服するための技術開発や投資が進めば、産業の競争力はかえって強化され、経済成長の基盤ともなるのではないか。 	<p>現代社会が抱える問題を総合的に考えさせる良い取り組みであると考えます。</p>
<p>清水出版 705 高等学校 公共</p>	
<p>3 環境倫理 p.40 さまざまな環境問題 人間は自然の一部でありつつ、自然に働きかけ、人間にとって快適・便利になるように周囲の環境を改変する。現代では、そのように改変された自然環境が、人間に対してのみならず、動植物や地球全体にもさまざまな影響を及ぼしている。石炭や石油などの化石燃料を燃やす人間の経済活動は、オゾン層を破壊し、二酸化炭素などの温室効果ガスを発生させ、地球温暖化（気候変動）の原因となっている。気温の上昇にもなって極地地域の氷河が溶け出し、動植物の生息環境をきびしいものにするとともに、海洋面上昇させ、低地の海岸線を侵食している。化石燃料に代わると期待された原子力発電は世界の各地で重大な事故を引き起こし、有害な放射性物質を広範囲に放出して、甚大な被害をもたらした。</p> <p>また、発展途上国における人口増加がエネルギーや食糧の需要を増大させたため、人間はさらに森林を破壊し、生態系の多様性を消失させ、感染症の危険性を増大させている。こうした状況の中で、人間が自然環境とどのようにかわるべきかを考える環境倫理学が必要になってきた。</p>	<p>「・・・原子力発電は世界の各地で重大な事故を引き起こし、・・・甚大な被害をもたらした。」とありますが、これに相当するのは1986年のチェルノブイリ事故と2011年の福島第一原子力発電所事故だけです。例えば、「・・・原子力発電は二酸化炭素を発生させない利点があるが、重大な事故を発生させないための安全対策が必要である。」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>▶2 原子力発電所の事故 1979年にはアメリカでスリーマイル島原子力発電所事故、1986年にはソビエト連邦（当時）でチェルノブイリ原子力発電所事故、2011年には日本で福島第一原子力発電所事故が起きている。</p>	
<p>表【1】公害・環境関係年表</p>	
<p>写真【2】震災発生から3日後の福島第一原子力発電所（2011年3月14日）</p>	
<p>写真【3】温暖化にもなって海面が上昇し、水没の危機にさらされるツバル（フナフティ島）</p>	
<p>住民の参加と地方自治 p.116（省略）・・・これまでも、環境問題など地域がかかえる課題に対して住民運動が行われていた。近年では、原発の再稼働や米軍基地問題、あるいは、公共事業地の策定などをめぐって住民投票が行われている。このように、住民は選挙以外の方法で自治に参画してきているといえる。また地方レベルでは、国に先立って1980年代から、情報公開条例を制定する動きが出ていた。さらに住民は、地方行政についての説明責任（アカウンタビリティ）を求めるようになった。これらの動きは、地方自治体の腐敗を摘発するとともに、納税者の満足できる行政の遂行を要請することを可能にしている。行政への住民の苦情や意見に対応するオンブズマン制度を設けている自治体もある。・・・（省略）</p>	
<p>図【1】住民投票を求める動きとその結果（★は原子力発電所に関するもの）</p>	
<p>限りある資源とエネルギー 持続可能な社会のために 化石燃料の消費拡大とエネルギー問題 p.185 18世紀後半の産業革命によるエネルギー源の転換は、先進諸国の「大量生産・大量消費」を推進し、私たちに物質的な豊かさをもたらした。</p>	

<p>この物質的な豊かさは、エネルギー供給の中心である化石燃料（石炭など）を大量に消費することによって支えられてきたものである。1960年代には、石炭から石油へのエネルギー源の転換（エネルギー革命）が実現し、先進諸国による石油の消費量は年々増大している。</p> <p>しかし、石炭や石油などの化石燃料は、埋蔵量に限りがあり、採掘を続けるといずれ枯渇する再生不能エネルギーである。さらに、化石燃料の消費増大は、地球温暖化の原因である二酸化炭素の排出拡大につながる。</p>	
<p>図【4】天然資源の確認埋蔵量と可採年数（日本原子力文化財団資料より）</p>	
<p>原子力発電の開発と課題 1950年代より多くの国ぐにが石油に代わる代替エネルギーとして、原子力発電の開発に取り組んできた。原子力による発電は、少量のウランから大量のエネルギーが得られる効率のよさ、発電時に二酸化炭素の排出がなく、地球温暖化防止に役立つなどの利点がある。とりわけ天然資源の乏しい日本では、1960年代以降、原子力発電が積極的に推進されてきた。</p> <p>しかし、<u>原子力発電所で大事故がおこると、広大な範囲が放射性物質に汚染され、長期間にわたって甚大な悪影響をおよぼす。</u>旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所事故（1986年）は、原発事故の危険性と、その被害の深刻さを示した。日本でも、高速増殖炉もんじゅのナトリウム漏れ事故（1995年）や、核燃料加工工場での臨界事故（1999年）などが生じている。そして、2011年の東日本大震災による福島第一原子力発電所事故では、大量の放射性物質が周囲を汚染した。今もなお、避難を余儀なくされ、これまでの生活が奪われた人びとや、放射能による影響を心配しながらくらす人びとが数多く存在する。また原発を稼働することで生じる高レベル放射性廃棄物（核のゴミ）をどこにどのように処分するかは、原子力の利用国に共通する課題である。</p> <p>限りのある化石燃料、安全性や放射性物質の処理をめぐって課題のある原子力は、<u>必ずしも持続可能なエネルギーとはいえず、将来世代に大きな負担を強いることにつながりかねない。</u></p>	<p>「原子力発電所で大事故がおこると、広大な範囲が放射性物質に汚染され、長期間にわたって甚大な悪影響をおよぼす。」の後、日本の例として、「もんじゅ」や「核燃料加工工場」が記載されていますが、「広大な範囲が放射性物質に汚染され、長期間にわたって甚大な悪影響をおよぼす」事例には該当しないので、誤解を生じる恐れがあります。この2例は削除したほうが文意が適切に伝わると考えます。</p> <p>また、「原子力は、必ずしも持続可能なエネルギーとはいえず、将来世代に大きな負担を強いることにつながりかねない」とありますが、現在、原子力は再生エネルギーの補完として、世界的にもカーボンニュートラルを可能にする有力なオプションと考えられていますので、例えば、「原子力は、これらの課題を解決することにより、将来世代に大きな負担を残さないようにしなければ、持続可能なエネルギーにはなりえない。」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>図【5】福島第一原発事故を報じる新聞（『読売新聞』2011年3月12日）</p>	
<p>図【6】フィンランドのオルキルオト原子力発電所内にある高レベル核廃棄物の最終処分場「オンカロ」 地下420mに使用済み核燃料が半永久的に埋められる（2019年9月）</p>	
<p>再生可能エネルギーの利用と循環型社会の形成 p.186 持続可能な社会を実現するためには、これまでのエネルギー利用を見直していくことが急がれる。省エネルギーを推進し、資源のリサイクルも積極的に行っていく必要がある。</p> <p>第32回の東京オリンピック・パラリンピックでは、不用になった携帯電話・パソコン・デジタルカメラなどの鉱産資源が含まれる小型家電を都市鉱山ととらえ、部品として使われたレアメタルなどを取り出し、大会で使用するメダルに活用する。</p> <p>さらに、太陽光や風力、水力、地熱、バイオマスなどの自然エネルギーの活用も重要である。これらは低コストな再生可能エネルギーであり、発電時に二酸化炭素や有害物質を生成しないクリーンエネルギーでもある。また、世界では、採掘が難しいといわれるシェールガス、シェールオイルや「燃える氷」とも呼ばれるメタンハイドレートなども、新たなエネルギー源としての実用化に期待されている。</p>	
<p>図【2】メタンハイドレート (methane hydrate) メタンなどの天然ガスが水と結合してできた固体結晶で天然ガスの一種とされる。近年、日本近海の海底地層中にこのメタンハイドレートの層が見つかっている。</p>	
<p>図【3】再生エネルギーの発電コスト（「日本経済新聞」2019.7.9より）全世界の発電コストを、電力源ごとに比較すると、再生エネルギーの発電コストは、石炭を下回っている。</p>	
<p>世界の人びととエネルギー利用 さまざまな資源開発が先進国で進められるなか、発展途上国では省エネルギーや再生可能エネルギーの発展・普及が遅れている。自国の経済的発展を優先する政策を展開しており、その結果、人口規模の多い発展途上国では、化石燃料の消費が今後ますます増え続けると予測される。限られた資源を守り、エネルギー問題を世界規模で</p>	

<p>解決するためには、発展途上国と先進国の双方が歩み寄り、持続可能な開発を達成しなければならない。</p>	
<p>3 原発事故の地元から世界へ p.205 福島県のふたば未来学園高等学校も、地域の課題への密着と海外との交流を並行して進めている学校である。この高校のある福島県双葉郡は、2011年、東日本大震災により事故をおこした福島第一原子力発電所に近く、多くの住民が地域から避難し、郡内の県立高校5校は、他地域への避難ののちにすべて募集を停止した。そうしたなかで双葉郡にあらたに開校したのが、ふたば未来学園高等学校である。</p> <p>いうまでもなくこの高校の地域は、震災と原発事故からの復興という課題をかかえる。しかし実は、人口減少による地域の衰退という問題は島根県にも、さらには少子化の進む日本の多くの地域にも共通する。ふたば未来学園高校のウェブサイトは、「日本のあらゆる地域」で「地域・コミュニティが直面する課題」が、双葉郡では「震災と原発事故により、先鋭化している」と指摘している。とするなら、この地域がそうした問題にどう取り組んでいくのかということは、日本の多くの地域のモデルとなり得るといえる。</p> <p>こうしてふたば未来学園高校は、地域の課題への取り組みを、日本全体の問題に結びつけて位置づける。スーパーグローバル・ハイスクールの指定を受けて海外交流も盛んで、2019年にはチェルノブイリ原発事故で広範囲の被害を受けたペラルーシへの研修旅行を実施した。原発事故からの復興という地域の課題は原子力エネルギーとどのように向き合うかという地球規模の課題ともつながっていくのである。</p>	<p>福島第一原子力発電所事故後、地元の新設された高校の地域課題への密着と海外との交流といった新しい取り組みについて触れられた優れた内容です。他の教科書でもこうした若者たちの前向きな活動の取り上げを期待します。</p>
<p>写真【2】 廃炉創造ロボコン大会の開催 福島県主催で全国の高等専門学校の生徒たちが競う。(2019)</p>	<p>福島第一原子力発電所事故後、同発電所の廃炉に向けて全国の高等専門学校の生徒たちが競うロボコン大会について触れられた優れた内容です。他の教科書でもこうした若者たちの前向きな活動の取り上げを期待します。</p>
<p>清水出版 706 私たちの公共</p>	
<p>写真【5】 東日本大震災で損壊した福島第一発電所 (2011年3月20日。エアフットサービス提供) p.105</p>	
<p>3 case study 望ましいエネルギーとは p.154 討議(コミュニケーション)の実施で取り組む エネルギーの望ましいあり方◆課題設定に取り組む 電力をはじめ大量のエネルギーを消費する現代社会は、環境への影響や災害への対策などさまざまな課題を抱えています。これからの社会における、安心・安全なエネルギー供給と消費を、持続可能な社会の視点から考えていきます。</p>	
<p>課題設定のための討議◆課題設定へのアプローチ 望ましいエネルギーといっても、①を見るとエネルギー消費は産業部門の割合が大きく、高校生が取り組めるような問題ではないと思います。 ①の家庭部門や輸送などは私たちの生活や消費によって変わるものでもあるので、取り組む価値はあると思います。 災害の時のエネルギー供給、環境問題や資源の多くを輸入に頼るなど、私たちの生活に直結しているので、この問題を取り上げてみよう。</p>	
<p>討議に向けた準備◆情報収集と読み取り 日本のエネルギー供給や消費、エネルギー資源の割合などの資料を、論文や書籍、インターネットなどから集め、分析を行い、討議の準備をしました。</p>	
<p>資料収集における注意点◆ エネルギーを使うさまざまな部門やエネルギー資源の種類、気候変動への日本の影響力、生活にかかわる課題などが分かるように、資料を集める必要があります。</p>	
<p>図【1】 最終エネルギー消費と実質GDPの推移 (『エネルギー白書』2020)</p>	
<p>図【2】 一次エネルギー国内供給の推移 (『エネルギー白書』2020)</p>	
<p>図【3】 一次エネルギーに占める電力の比率(電力比率) (日本原子力財団, 原子力・エネルギー図面集より)</p>	
<p>課題の探求 私たちができることは節約だけなのでしょうか。再生可能エネルギーを選んで使ったり、地域で電力の地産地</p>	<p>出典が「日本原子力財団」となっていますが、正確には「日本原子力文化財団」です。</p> <p>課題の探求は、生徒に自ら考えさせる望ましい取り組み</p>

<p>消をめざしたりしているところもあります。 安定した電力供給には大規模発電の会社と大規模な送電網が必要だと思います。だから大電力会社に、化石燃料に頼らない発電への転換と、電力の適切な使用を消費者によびかけることの方が現実的です。 電力の売り買いが自由化されたので、再生可能エネルギーで発電している会社から電力を買ったらよいと思います。 休耕田を活用して太陽光発電を行うことができます。太陽光パネルを高い位置につけることで、土地で作物を栽培することもできると思います。 地形や気候によっては、風力発電や小規模の水力発電を行うこともできる。これらの組み合わせで大電力会社の大規模発電に頼らないまちづくりもできると思います。 電力を中心にエネルギーが供給できるまちづくりができれば、移住を促進し、はたらく場と IT などの企業も誘致できるのではないのでしょうか。</p>	<p>みと考えますが、再生可能エネルギーのみを推奨しているトーンとなっています。再エネ利用にもコストが高いこと、天候に依存すること等のデメリットもありますので、バランス良くそちらも合わせて記載することを希望します。</p>
<p>討論のまとめ◆討論から考えたことの説明 私たちは、エネルギーの地産地消を進めることで、地域分散型のエネルギー供給ができる国にすることを考えました。日本全体でのエネルギーの需給は、①からエネルギー消費の半分くらいは産業部門ですが、家庭や運輸部門も 1/3 くらいを占めています。一方、②からエネルギー供給の大部分は化石エネルギーで、二酸化炭素排出量も非常に大きいです (⑤)。 家庭のエネルギー消費の用途は給湯、暖房、動力や照明が大きい割合であることが、⑥から裏付けられました。また、③からエネルギー源は電力の割合が大変大きいです。 地域分散型の地産地消のエネルギー源は、現在のところ太陽光、風力、小水力発電が行われています。この分野はこれからももっと増加させることができると思います。電力をエネルギー源にしている割合が高いので、エネルギー供給と環境との調和が可能だと考えます。 また、このような地域の努力によって、④にあるような地域の経済循環をつくることができ、地域の活性化にもつながると思います。</p>	
<p>図【4】地域循環共生圏の概念図 (『環境・循環型社会・生物多様性白書』2018 より作成)</p>	
<p>図【5】2017 年世界の二酸化炭素排出量 (国別排出割合) (『EDMC /エネルギー・経済統計要覧』2020 年版)</p>	
<p>図【6】家庭用消費エネルギーの実態と認識 (『環境・循環型社会白書』2008 年、2002～3 年度のアンケートにもとづく)</p>	
<p>帝国出版 707 高等学校 公共</p>	
<p>課題探求学習の手引き 身につけたい力③ 主張をまとめる力 p. 208 スキル⑤ 「ロールプレイ」～ほかの人と協働して主張をまとめよう～ 「ロールプレイの役割を決めよう」 <シナリオ> 福島第一原子力発電所の事故や国際的な地球温暖化対策から、エネルギー政策の見直しが迫られている。エネルギー自給率の低い日本において、将来世代が安定してエネルギーを使っていけるようにするためには、どのようなエネルギー政策を採っていくべきだろうか。テーマを「これからの日本の発電エネルギーはどうあるべきか」として議論しよう。 <資料> ●日本の発電エネルギー (日本国勢図会 2019/20) ●二酸化炭素排出量と発電費用の試算 (電力中央研究所資料, ほか) ●主な国のエネルギー自給率 (IEA 資料) ●主な国の発電エネルギー (IEA 資料) ●固定価格買取制度の実績 (資源エネルギー庁資料) ●電気料金の変化 (資源エネルギー庁資料) <登場人物></p>	<p>重要な問題を多角的に考える姿勢を育成する意味で、大変好ましい取り組みです。<資料>として、日本のエネルギー政策やその方向性を示す「エネルギー政策基本法」や「エネルギー基本計画」が示されると、俯瞰的な視点を生徒に提供できるので、より適切であると考えます。</p>

<p>市民① 市民② 専門家 自治体職員 経営者① 経営者②</p> <p>手順</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 探求する課題に近い人たちで、4～8人のグループを作る。 2. 探求する課題に関連したテーマを設定し、登場人物（市民、経営者、専門家、国・自治体職員など）を決める。 3. どのような内容で議論するかを定める。 4. 演じる役割を決めて、主張を決める。 5. 役割の主張に応じて、各人が事前に課題について書籍やインターネット、インタビューなどで調べ（→p.216）、図表や説得力のある写真などを用意する。 6. 妥当性や効果、実現可能性を指標に自分の考えをまとめるとよい。 	
<p>写真【1】外部講師を招いてのロールプレイ（神奈川県桐蔭学園高等学校）</p> <p>「ロールプレイをしよう」</p> <p>テーマ「これからの日本の発電エネルギーはどうあるべきか」</p> <p>専門家 日本のエネルギー自給率は非常に低く、火力発電は原料のほとんどを輸入に頼っており、国際情勢によっては供給が不安定になる。自給率を高めるために、原子力発電と再生可能エネルギーの割合を増やしていくべきだ。</p> <p>●主な国のエネルギー自給率 <IEA 資料></p> <p>市民① 東日本大震災後、原発の多くが稼働を停止しているが、電力は供給されている。原発は事故リスクがゼロになることはない。国民一人一人の安心した生活の実現のために、原発は全廃することを最優先に考えるべきだ。</p> <p>●日本の発電エネルギー <日本国勢図会 2019/20></p> <p>市民② 多くの原発を停止して以降、石炭火力発電の割合が一気に増えた。日本は温暖化対策の面で世界から遅れをとっている。火力発電の割合を減らす代わりに原発を再稼働させるのはやむをえない。</p> <p>●二酸化炭素排出量と発電費用の試算 <電力中央研究所資料、ほか></p> <p>経営者① 原発よりも太陽光などの再生可能エネルギーの需要が今後は増えていく。将来性を考え、再生可能エネルギー関連事業の国際競争力を高めていくために、国家レベルの政策を採っていくことが望ましい。</p> <p>●固定価格買取制度の実績 <資源エネルギー庁資料></p> <p>経営者② 電力を大量消費する大企業にとって、電気料金が上がることは死活問題だ。発電効率の高い火力発電を中心に、原発も再稼働して電力を安定供給してほしい。企業の活力低下は日本経済と国民生活に大きなマイナスだ。</p> <p>●電気料金の変化 <資源エネルギー庁資料></p> <p>自治体職員 日本は世界と比べても再生可能エネルギーの割合が低い。電力供給の制度を見直して、風力発電や地熱発電など、地域にあった発電を進めていけば、普及が進むだろう。そのために自治体レベルでできる政策があるはずだ。</p> <p>●主な国の発電エネルギー <IEA 資料></p>	
<p>課題探求学習の手引き 身につけたい力④ レポートを書く力 p.210</p> <p>スキル⑥ 「構成ノートによる文章化」～「構成ノート」からレポートをまとめよう～</p> <p>序論 「はじめに」:</p> <p>例) 私たちの生活にとって欠かせない電力。国際的な温暖化対策や原子力発電所の再稼働など幅広い観点から議論がなされている。持続可能な社会を形成していくために、日本はこれからどのようなエネルギー政策を採っていくべきだろうか。</p> <p>本論 「それについては」:</p> <p>例) 再生可能エネルギーを発電エネルギーの中心とし、二酸化炭素の排出量の多い石炭などの化石燃料発電の割合を抑えていくとともに、長期的には原子力発電をゼロにすることが望ましい。</p> <p>「確かに」:</p>	<p>本論の「しかし」に「・・・、脱化石燃料と再生可能エネルギー事業の拡大は、日本の国益に合致する。」とありますが、再生エネルギー事業の拡大は電気料金の高騰等の課題があつて、国益に合致するとは限らないので、例えば、「・・・、脱化石燃料と再生可能エネルギー事業の拡大は、世界的なカーボンニュートラルの動きには合致するものの、電気料金の高騰等の課題がある。」とするのがより適切と考えます。</p> <p>「これから主権者となる私たち高校生が、この問題に</p>

<p>例) 再生可能エネルギーは、現段階では安定供給や経済性の面で、原子力発電や火力発電と比較すると課題が多く、電気料金の値上がりも避けられない。</p> <p>「しかし」:</p> <p>例) 近年、技術の進歩によって、太陽光発電などは、発電コストが大幅に下がっている。また、日本の環境問題に関する国際的な発言力や日本企業の国際競争力の強化という観点からも、<u>脱化石燃料と再生可能エネルギー事業の拡大は、日本の国益に合致する。</u></p> <p>結論 「したがって」「以上より」:</p> <p>例) 再生可能エネルギーを発電エネルギーの中心とするために、以下の提言をする</p> <p>①日本の多様な自然環境を生かした再生可能エネルギーの普及を自治体レベルで進める。</p> <p>②再生可能エネルギー分野の国際競争力を高める政策を国家レベルで進める。</p> <p>③政府、電力会社は、電力の将来の見通しを国民に明確に示して説明し、国民の納得を得るための努力をする。</p> <p>そして何より、<u>これからの主権者となる私たち高校生が、この問題に対して関心を高めることが重要である。</u></p>	<p>対して関心を高めることが重要である」とするまとめは、教育の目指すところであり、優れた記述と考えます。</p>
<p><レポート例 (1000 字程度) > 「これからの日本の発電エネルギーはどうあるべきか」 1年A組 ○山△太</p> <p>私たちの生活に電力は欠かせない。その電力をどのような供給していくか、地球温暖化対策や原子力発電所の再稼働の是非など、幅広い観点から議論がなされている。日本はこれからどのようなエネルギー政策を採っていくべきだろうか。特続可能な社会の形成を考えると再生可能エネルギーを電力構成の中心とすることが不可欠である。主力電力である石炭などの化石燃料発電は、地球温暖化の観点からその割合を大きく減らす必要がある。また、危険性を排除できず、再稼働の合意も難しい原子力発電は、中長期的にはゼロにすることが望ましい。</p> <p>確かに、自然エネルギーなどの再生可能エネルギーは、原子力発電や火力発電と比較すると、経済性や安定供給の面で課題が多い。しかし、例えば太陽光発電は、固定買取制度によって普及が進み、発電費用が大幅に下がっている。また、自然豊かな日本には、地熱や森林、水流などの再生可能エネルギーとなる資源が豊富にある。さらに、地球温暖化対策への積極的な姿勢は、国際社会における日本の存在感を強め、再生可能エネルギー普及のために技術力を結集することは、日本企業の国際競争力の強化につながる。</p> <p>以上より、再生可能エネルギーを発電エネルギーの中核にするために、次の三つを提言したい。一つ目は、エネルギーの「地産地消」の推進である。つまり、地熱、水力、潮力、風力、森林など、その地域にあった再生可能エネルギーの普及に力を入れ、自前の電力を増やす。そして、その電力から収益を得たり、エネルギー事業によって雇用を増やしたりすることで、地方の活性化も期待できるということだ。二つ目は、経済的なメリットを生むしくみ作りである。太陽光発電は固定価格買取制度によって普及が拡大した。地熱や小型水力、洋上風力といった、今後普及が期待される再生可能エネルギーに対しても同様の支援策を国が積極的に推進すべきである。なお、普及して発電費用が下がった電力は、買取制度から徐々に外し、市場での競争を促すようにする。</p> <p>三つ目は、国民の理解を得るための努力の徹底である。再生可能エネルギーの割合を高めることで、国民の負担は増えるかもしれない。これに対し、政府や電力会社は、将来の電力構成を明確に示し、粘り強く説明することが必要だ。これは、政治の役割である。そして何より、<u>これからの社会を担う私たち高校生が、この問題に関心をもち、将来を見据えて、自分事として考え続けることが、最も重要である。</u></p>	<p>最後の「この問題に関心をもち、将来を見据えて、自分事として考え続けることが、最も重要である」とするまとめは、教育的観点から優れていると考えます。</p>
<p>【図】 → 二酸化炭素排出量と発電費用の試算 <電力中央研究所資料, ほか></p>	
<p>【図】 → 固定価格買取制度の実績 <資源エネルギー庁資料></p>	
<p><参考文献></p> <ul style="list-style-type: none"> ・『エネルギー白書 2019』(経済産業省) ・『令和元年版環境白書』(環境省) 	

<ul style="list-style-type: none"> ・『再生可能エネルギー技術白書』(NEDO) ・『再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック 2019 年度版』(資源エネルギー庁) ・『再生可能エネルギーと地域振興』●■△太郎 (×△書房) ・公共資料集 (○×社) ・△▲新聞 (□年□月□日) 	
<p>現代社会の諸課題 地球温暖化対策と国際協調について考える</p> <p>パリ協定目標達成のために国際社会に必要なことは? p.214 温室効果ガスの排出状況(現状把握)(資料読解)</p> <p>【1】気候変動に対する国際的な枠組み 2020 年より本格的な運用が始まるパリ協定は、先進国のみならず温室効果ガスの削減目標を課すこれまでの京都議定書とは異なり、先進国と発展途上国が共通ルールの下で温室効果ガスを削減する。国際的な枠組みである。2016 年に発効したが、19 年にアメリカのトランプ大統領が離脱を正式に通告した。</p>	
<p>【2】気候変動による地球温暖化対策を訴える若者 (2019 年東京) 世界各地で地球温暖化対策を訴えるデモが行われている。その中心の多くは、これからの社会を担う若者たちである。</p>	
<p>【3】世界の二酸化炭素排出量の推移と予測 (地球環境産業技術研究機構資料)</p>	
<p>【4】主な国と地域の 1 人あたりの二酸化炭素排出量 (IEA 資料)</p>	
<p>① 図【3】から、1990 年度と 2020 年度(予測)それぞれの先進国と発展途上国の二酸化炭素排出量の比率を比べよう。</p> <p>② 図【4】から、先進国平均の 1 人あたりの二酸化炭素排出量は、発展途上国平均の約何倍になるか、読み取ろう。</p>	
<p>ステップ 1 論点を整理しよう</p> <p>●パリ協定の目標達成に向けて パリ協定の目標である「世界の気温上昇を産業革命前に比べ 2 度未満、できれば 1.5 度以下に抑える」を達成するためには、2050 年ごろまでに世界の温室効果ガスの排出を実質ゼロにする脱炭素社会の実現が不可欠とされる。この難題に対して、国際協調という観点から考えてみよう。</p>	
<p>ステップ 2 考える視点①</p> <p>●先進国、発展途上国それぞれの立場から考えると? パリ協定は、すべての参加国が自主的な削減目標を設定する。しかし発展途上国には、これまで大量の二酸化炭素を排出してきた先進国が負うべき責任は大きいという考えが強く、一層の削減努力や資金支援を求める声が多い。他方先進国は、排出量の多い新興国も、相応の削減をするべきだと主張する。</p>	
<p>ナビ p.215 これまでの学習で、地球的課題についても国家間で考え方が異なることを学んだ。ここでは地球温暖化対策の国際的な取り決めであるパリ協定の長期目標達成に向けて、各国がどのように協調していくべきか、「共有地の悲劇」(→p.41)や「凶人のジレンマ」(→p.67)、多様性や協働、公正に着目して考えてみよう。</p>	
<p>温室効果ガス削減に対する各国の主張(思考ツール)</p> <p>ブラジル代表 大規模な森林開発など、自分たちの国を豊かにするための開発が優先であり、そのような考えが国民にも多くある。パリ協定は優先事項ではない。</p> <p>インド代表 高い技術力を生かして、電気自動車の導入拡大やバイオ燃料の活用を進めている。しかし、1 人あたりの排出量や GDP は先進国よりはるかに少ない。先進国の努力が不可欠だ。</p> <p>中国代表 温暖化対策は国の重要課題として位置づけ、石炭火力発電を減らして再生可能エネルギーを大量に導入している。当然、先進国は資金や技術面で、発展途上国を支援すべきだ。</p> <p>ツバル代表 気候変動で、私たちの生きる権利が脅かされている。温暖化は地球全体の問題である。先進国・発展途上国を問わず、経済規模の大きな国は十分な対策を採ってほしい。</p> <p>ドイツ代表 これまで環境対策で世界をリードしてきた。2038 年までに石炭火力発電をやめて再生可能エネルギーの割合を増やし、EU 域内では 50 年に温室効果ガスの排出を実質ゼロにする。</p> <p>アメリカ代表 パリ協定は中国やインドなど発展途上国に利益をもたらす、アメリカの労働者には負担を強いる不公平な取</p>	

<p>り決めである。また、目標達成の実効性は極めて低い。われわれは離脱する。 日本代表 多くの原子力発電所を停止しており、石炭火力発電に頼る状況が続いているので、排出ゼロの具体的な目標年は立てにくい。排出削減技術の開発や発展途上国への支援を進めていきたい。</p>	
<p>③ p. 41 で学習した「共有地の悲劇」の考え方をを用いて、地球温暖化を説明しよう。 ④ p. 67 で学習した「囚人のジレンマ」の考え方をを用いて、地球温暖化対策の難しさを説明しよう。 ⑤ 地球温暖化について、国家、あなたの自治体、あなた自身の生活のそれぞれの視点から、具体的な対策を考えてみよう。 (ヒント：排出権取引、技術支援、環境税、再生可能エネルギー、三つのR、グリーンコンシューマーなど)</p>	
<p>図【5】世界の二酸化炭素排出量 (IEA 資料) ※OECD 加盟国を先進国、それ以外の国を発展途上国とした *国際海上輸送などの際に排出されるもの</p>	
<p>ステップ3 考える視点② ●先進国間、発展途上国間で考えると？ 発展途上国の中でも、二酸化炭素排出量が少なく気候変動の影響が大きい島国などは、排出量の多い新興国に対して、大国としての責任を求めている。他方、先進国間でも、ドイツやフランスなどの目標達成に積極的な国と、2019 年に協定からの離脱を正式に通告したアメリカなどの条約に後ろ向きな国との間で温度差が大きい。</p>	
<p>ステップ4 あなたはどう考える？ ●脱炭素社会への移行のために 地球全体で考えると、各国が協調して目標達成に向けた具体的な道筋を立てていくことが不可欠だ。他方、国内で考えると、脱炭素社会への過程で、特定の産業が衰退したり、燃料や食品の価格が上昇したりして、国民生活にマイナスの影響が出る可能性もある。脱炭素社会への移行には、公正の視点も重要になる。</p>	
<p>数研出版 708 公共</p>	
<p>2 資源・エネルギーをめぐる問題 p. 48 1 エネルギー資源の特徴 生活や生産を行うために必要な物資を資源という。資源には、水資源・食料資源・鉱物(地下)資源などがあるが、とくに動力源や熱源になる資源をエネルギー資源という。こうした資源のほとんどは限りあるものであり、また地域的にかたよって存在しているという特徴をもっている。</p>	
<p>【図】原油の地域別埋蔵量 (2019 年現在。「世界国勢図会」2019/20 による) 2 エネルギー革命と石油危機 産業革命以降の主要なエネルギー資源は石炭であった。その後、20 世紀後半になると、石油が主要なエネルギーとなるエネルギー革命が起こった。人々の生活は大きく変化し、石油消費量が増大した。 しかし、中東戦争をきっかけに 1970 年代に二度起きた石油危機によって、世界中の人々は石油などの天然資源が有限であることを認識し、省エネルギーの取り組みが進められるようになった。</p>	
<p>【図】石油の生成によりできる石油製品 (石油連盟資料などによる) 3 再生可能エネルギーとその普及 石炭や石油のような、いつか枯渇してしまう資源に対して、太陽光や風力、水力などの自然環境から絶えず得られるエネルギーを再生可能エネルギーという。このうち、太陽光発電・風力発電・バイオマスエネルギーなど、普及のために支援を必要とするものを新エネルギーという。 日本では、再生可能エネルギー普及のための固定価格買取制度や、温室効果ガスの排出を減らすための環境税(炭素税)が導入されている。</p>	
<p>【図】新エネルギーの定義 (資源エネルギー庁資料による) 4 原子力発電の現状と課題 石油危機をきっかけに、世界の国々では石油への依存度を引き下げたための取り組みが行われた。石油の代替エネルギーとして天然ガスや原子力が導入され、省エネルギーの取り組みも進められた。 しかし、原子力発電においては、旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所や日本の福島第一原子力発電所などで、重大事故がいくつも発生している。そのため日本では、今後の原子力発電のあり方が問われている。</p>	<p>「重大事故がいくつも発生している。」とありますが、重大事故は米国スリーマイル島事故を含めて3例だけなので、「米国スリーマイル島原子力発電所、旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所や日本の福島第一原</p>

	子力発電所で、重大事故が発生している。」とされることを提案します。
【表】原子力発電の重大事故	
【図】日本の原子力発電所の分布 (2020年。「エネルギー白書」などによる)	
【図】人類の発展とエネルギー消費のかかわり (石油の可採年数の起点は2017年。総合研究開発機構「エネルギーを考える」などによる)	
数研出版 709 高等学校 公共 これからの社会について考える	
「エネルギー資源が底をつくといわれているけど、私たちが生きているうちは大丈夫ですよ？」 「いやいや、現代を生きる私たちには、のちの世代が同じような生活をできるようにする責任がある、という主張もあります。「持続可能 (sustainable)」ということを考えないのは無責任ではありませんか？」	
1 エネルギー資源の特徴 生活や生産を行うために必要な物質を資源という。資源には、水資源・食料資源・森林資源・鉱物(地下)資源などがあるが、とくに動力源や熱源になる資源をエネルギー資源という。こうした資源のほとんどは限りがあるものであり、また地域的にかたよって存在しているという特徴をもっている。	
【図】原油の地域別埋蔵量 (2019年現在。「世界国勢図会 2019/20」による)	
2 エネルギー革命と石油危機 産業革命以降の主要なエネルギー資源は石炭であった。その後、20世紀後半になると、石油が主要なエネルギーとなるエネルギー革命が起こった。人々の生活は大きく変化し、石油消費量が増大した。 しかし、中東戦争をきっかけに1970年代に二度起きた石油危機によって、世界中の人々は石油などの天然資源が有限であることを認識し、省エネルギーの取り組みが進められるようになった。	
【図】原油の精製によりできる石油製品 (石油連盟資料などによる)	
3 再生可能エネルギーとその普及 石油や石炭のような、いつか枯渇してしまう資源に対して、太陽光や風力、水力などの自然環境から絶えず得られるエネルギーを再生可能エネルギーという。このうち、太陽光発電・風力発電・地発電・バイオマスエネルギーなど、普及のために支援を必要とするものを新エネルギーという。 日本では、再生可能エネルギー普及のための固定価格買取制度や、温室効果ガス(→p.42)の排出を減らすための環境税(炭素税)が導入されている。	
【図】新エネルギーの定義 (資源エネルギー庁資料による)	
5 原子力発電の現状と課題 石油危機をきっかけに、世界の国々では石油への依存度を引き下げたための取り組みが行われた。石油の代替エネルギーとして天然ガスや原子力が導入され、省エネルギーの取り組みも進められた。 しかし、原子力発電においては、旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所や日本の福島第一原子力発電所などで、 重大事故 がいくつも発生している。そのため日本では、今後の原子力発電のあり方が問われている。	「重大事故がいくつも発生している」とありますが、重大事故はこの2例だけなので、例えば、「重大事故がいくつかが発生している」とするのがより適切です。
(表) 原子力発電と重大事故	福島第一原子力発電所の概要で「地震と津波による被害により」とありますが、地震は事故の直接の原因ではなかったため、例えば、「地震に伴う津波による被害により」とするのがより適切です。
【図】日本の原子力発電所の分布 (2020年。「エネルギー白書」などによる)	
【図】人類の発展とエネルギー消費のかかわり (石油の可採年数の起点は2017年。総合研究開発機構「エネルギーを考える」などによる)	
第一学習社 710 高等学校 公共	

<p>技術革新の進展と経済発展 p.170 科学上の新しい発明や発見がおこなわれると、企業は競争してそれを利用し、新製品の開発などに応用して、利益をあげようと努力する。その結果、新しい工場が建設され、工場には新しい技術や機械がとり入れられて生産力が増大し、私たちの生活も豊かになる。このように、技術革新（イノベーション）は、経済を発展させる上で、大きな役割を果たしている。</p> <p>技術革新は、経済を発展させ、私たちの生活を便利なものにした。しかし、自動車事故は絶えず、原子力発電や遺伝子組換え技術も使い方を誤ると危険なものになりかねない。私たちは、科学技術を、生活に役立つように安全性に配慮しながら利用しなければならない。</p>	
<p>Dd エネルギー政策 資源エネルギー庁は、省エネルギーや新エネルギー、資源や燃料について、さまざまな資料をウェブサイトで公表している。 p.252</p>	<p>「資源エネルギー庁は、省エネルギーや・・・」とありますが、「資源エネルギー庁は、エネルギー政策や、省エネルギー・・・」とするのがより適切です。</p>
<p>7 資源・エネルギー問題 p.253</p> <p>進むシェールガス革命 シェール（Shale）とは、頁岩という薄片状にはがれやすい性質をもつ岩石のことである。これらは地下2,000 mより深い位置のシェール層にあるため、このなかの石油や天然ガス（シェールオイルやシェールガス）は、長い間、経済的に利用することが困難であった。アメリカで、2000年代後半に新しい採掘技術が確立すると、これらの資源の開発が急速に進み、シェールオイルやシェールガスの生産が大幅に増加した。</p> <p>このように、従来、利用できなかったシェールガスのような資源が、新しい技術によって採掘可能になると、どのような影響が生じるのだろうか。石油や天然ガスの輸入大国アメリカでの新たな資源開発は、世界経済にどのような影響をおよぼすのだろうか。</p>	
<p>図【1】シェールオイルとシェールガスの採掘（石油連盟資料） シェールオイルやシェールガスは、地中深くの頁岩のなかに閉じ込められているため、その採掘は困難だった。現在は、高圧の水で岩盤を砕いて回収する採掘方法が確立したため、本格的な生産が可能になった。</p>	
<p>限りある資源とエネルギー資源の利用 私たちの生活を支えている多くの資源には限りがあり、消費し続ければ、いつかはなくなってしまう枯渇性資源である。資源のなかには、鉄鉱石や銅鉱石などの主要鉱産物のほかに、リチウムやコバルトのように埋蔵量が少ないレアメタル（希少金属）もある。一方、石炭や石油、天然ガスなどの化石燃料は、動力や熱源として利用できる重要なエネルギー資源であり、その大量消費によって人類に豊かさがもたらされてきた。</p> <p>エネルギー資源は、経済発展を支える重要な資源であるため、その可採年数が問題とされている。しかし、実際には、採掘技術の進歩や新しい炭田や油田、ガス田などの開発によって、経済的に利用可能な資源量を示す確認埋蔵量が増加するため、現時点での可採年数がたてば、すぐに資源がなくなるわけではない。</p> <p>現在は、エネルギー資源のうち、石油が社会を支えるエネルギーの中心となっている。これは、20世紀にエネルギー資源の中心が石炭から石油に移行し、社会全体に大きな変化をもたらしたエネルギー革命が進行した結果である。石油は、液体であるため、輸送や貯蔵に便利で、自動車や航空機などの燃料として消費されると同時に、プラスチックや化学繊維などの原料としても利用できる重要な資源である。</p> <p>現在、アメリカを中心にシェールガスやシェールオイルの開発が急速に進み、その生産量が大幅に増加している。従来は、技術的に採掘が困難だった、これらのエネルギー資源の生産増加によって、世界のエネルギー事情が大きく変動しつつある。</p>	
<p>課題</p> <p>① エネルギー資源には、どのようなものがあり、どのように利用されてきたのだろうか。</p> <p>② 原子力発電の特徴とその問題には、どのようなことがあるのだろうか。</p> <p>③ 新エネルギーとは、どのようなものだろうか。</p>	

<p>②可採年数 技術的・経済的に掘り出すことができる埋蔵量（確認埋蔵量）を、その年の生産量で割った数字である。</p> <p>原子力発電とその課題 p. 254 石油や石炭などの化石燃料に比べ、莫大なエネルギーを生み出すのが原子力である。通常は、ウランという放射性物質が核分裂の際に放出するエネルギーを発電に利用する。原子力は、発電の際、二酸化炭素を発生させないため、地球温暖化対策でも効果があり、フランスのように総発電電力量の7割以上を原子力発電が占める国もある。</p> <p>原子力発電は、発電に際して放射線を大量に発生させるため、安全性という面で課題をかかえている。2011年の東日本大震災の際には、福島第一原子力発電所で炉心溶融と水素ガス爆発によって、<u>広範囲に放射線による汚染がもたらされ</u>、きわめて深刻な事態となった。</p> <p>原子力発電所では、発電の過程で放射性廃棄物が発生するが、この廃棄物のなかでも、<u>高レベル放射性廃棄物は、放射能レベルが減衰するまで、きわめて長期間かかり、その処理が困難である。</u></p>	<p>「発電に際して放射線を大量に発生させるため、安全性という面で課題をかかえている」とありますが、文脈からこれは「放射線」ではなく「放射性物質」を指していると考えられます。放射線は、放射性物質から放出されるエネルギーの大きな電磁波や粒子のことですので、放射線の発生ではなく、発電に伴って発生する放射能の強い放射性物質を大量に内蔵していることが原子力発電のリスクと言えます。そのため原子力発電所では、発生する放射性物質を厳重に閉じ込め、放射線を適切に管理することにより安全を確保しています。したがって、「発電に際して放射性物質を大量に発生させるため、厳重に管理して安全を確保している。」とすることを提案します。</p> <p>また、「放射線による汚染がもたらされ」とありますが、周辺環境を汚染するのは放射性物質ですので、「放射性物質による汚染がもたらされ」としたほうが正確な表現となります。</p> <p>また、「高レベル放射性廃棄物は、・・・、その処理が困難である。」とありますが、処分方法（地下埋設）は既に開発されており、処分場の選定が進まないだけであり、フィンランドやスウェーデンなどでは既に地下埋設施設の建設が始まっているので、誤解が生じる可能性があります。そこで、例えば、「高レベル放射性廃棄物は、・・・、その処分地選定等の課題がある。」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>写真【2】福島第一原子力発電所の事故 2011年に起きた福島第一原子力発電所の事故では、津波によって発電所内の電源が喪失し、原子炉内の核燃料を冷却できなくなったために、これが異常高温となり、炉心溶融と水素爆発が起きた。爆発によって、放射性物質が広い範囲に拡散し、各地に放射能被害をおよぼした。</p>	
<p>①炉心溶融 炉心が異常高温になり、核燃料が溶けて、原子炉の底に流れ落ちること。</p> <p>②放射性廃棄物 原子力施設からは、放射性物質を含んだ、<u>さまざまなごみが出る</u>。発電所などから出る使用済みペーパータオル・手袋・作業着、床を洗った水などの低レベル放射性廃棄物のほか、<u>再処理工場</u>から出る放射能のきわめて強い高レベル放射性廃棄物がある。</p>	<p>「さまざまなごみが出る。」とありますが、それらは放射能レベルによって分類され処理されているので、例えば、「さまざまなごみが出るが、これらは放射能レベルによって分類され処理されている。」とするのがより適切と考えます。</p> <p>また、「再処理工場」は分かり難いので、例えば、「使用済み燃料を処理するための再処理工場」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>期待される新エネルギー 太陽光・太陽熱・風力・潮汐・地熱などは新エネルギーであり、枯渇することのない再生可能エネルギーである。また、廃棄物発電やバイオマス・エネルギーなども、新エネルギーに含まれる。発電に際し、温室効果ガ</p>	

<p>スの発生がきわめて少なく、新エネルギーの開発に対する期待は大きい。最近では、技術革新などによって、新エネルギーの発電コストも下がり、世界的にも、その導入が急速に進んでいる。</p> <p>日本では、新エネルギー法の下、新エネルギー開発への援助や利用推進がおこなわれている。これにより、新エネルギーからつくった電気を一定期間電力会社が買い取ることを義務づける固定価格買取制度が導入されている。また、エネルギー消費の効率化のために発電の際に発生する排熱を冷暖房や給湯などに利用するコージェネレーション（熱電併給）が導入されている。このほか、電気自動車、さらには水素と空気中から取りこんだ酸素を化学反応させて電気を起こす燃料電池車の開発・生産なども進められている。現在では、スマートグリッドの構築や ICT・環境技術などの先端技術を駆使したスマートシティの建設も試みられている。</p>	
<p>③バイオマス・エネルギー 生物をエネルギー源とするもので、従来は、薪や炭、動物の排出物を燃やすなど、単純な形で利用されてきた。今日では、サトウキビやトウモロコシなどを発酵させてつくるバイオエタノールが有名である。</p> <p>④固定価格買取制度 電力会社が、政府の定めた固定価格で一定期間電気を買い取る制度。買い取る際の費用の一部は、「賦課金」という形で国民が負担しており、その負担増大が問題となっている。このため、2021年3月末までに大規模事業用太陽光発電や風力発電を対象から外す方針となっている。</p> <p>⑤スマートグリッド 「賢い送電網」という意味で、情報通信技術を活用することによって、電力の需要と供給をつねに最適化するシステムのことである。</p>	
<p>ふり返り 環境への負荷を減らす社会をつくるためには、どのようなエネルギーを、どのように消費すればよいのだろうか。</p>	
<p>case study 2 資源・エネルギー ～ベストミックスを考える p.266</p> <p>1 課題の設定 日本は、エネルギーを大量に消費しているが、その大部分を輸入に頼っている。地球温暖化問題が深刻化するなかで、日本のエネルギー問題に興味をもった Cさんと Dさんのグループは、「どのエネルギーに、どの程度、依存していくべきか」というエネルギーのベストミックスについて、考えることにした。</p> <p>(課題) 日本のエネルギー問題に、どのように取り組むべきだろうか。</p>	<p>「課題の設定」では、日本のエネルギー政策の要である「ベストミックス」について触れており、生徒が自ら考える優れた取り組みであると考えます。</p>
<p>2 情報収集と読み取り・分析 Cさんは、現在の日本が依存しているエネルギーの詳細について、図書館で統計資料などを使い調べた。日本は、エネルギー自給率が極めて低く、その大部分が石油や石炭、天然ガスといった輸入される化石燃料に依存した産業構造になっていることがわかった。化石燃料は、消費すると二酸化炭素 (CO₂) が排出されるので、地球温暖化につながる。また、石油は政治的に不安定な中東地域から多くを輸入しているので、今後も安定的に輸入できる保証がないこともわかった。これからの日本は、CO₂を大量に発生させる化石燃料に大きく依存するのではなく、CO₂を発生させずにしかも安定的に得られるエネルギーに移行していく必要があると考えるようになった。</p> <p>Dさんは、現在、世界で発電量が伸びている新エネルギーがエネルギー源の有力な候補と考え、どのような特徴があるか調べることにした。太陽光や風力発電のような新エネルギーは、発電時に発生する CO₂が少ないため、地球温暖化対策に極めて有効である。発電費用が高いという問題点も、技術革新などによって徐々にコストダウンがなされていることがわかった。また、一度、発電施設をつくれれば、発電に必要な燃料を輸入する必要がないため、燃料費がかからない点も魅力的であると感じた。しかし、新エネルギーは、他の発電方法と同じ電力量を得るための発電施設をつくるためには、広大な面積が必要となることが多い。また、自然に頼る発電であるため、気象条件などによって発電量が大きく変動し、安定した電力供給ができないという欠点があることもわかった。</p>	<p>エネルギー問題を総合的に検討する好ましい取り組みであり、新エネルギーのデメリットについても触れていることから、非常にバランスの取れた記述になっていると考えます。</p>
<p>図【1】日本のエネルギー事情 (『日本国勢図会』2019～20年版)</p>	
<p>図【2】原子力発電と同じ発電量を得るために必要な面積 (資源エネルギー庁資料) 太陽光発電は広い面積に太陽光パネルを敷き詰める必要があり、また、風力発電はある程度の間隔を開けて設置する必要があるため、広い敷地が必要となる。一方、発電コストは年々下がっており、導入量は増えている。</p>	<p>「発電コストは年々下がっており」とありますが、再エネ賦課金が年々増えているのが実態ですので、例えば、「発電コストは下がっているが、再エネ賦課金が</p>

	年々増えている」とするのがより適切と考えます。
<p>Dd 電気事業連合会 日本の電気事業を円滑に運営していくことを目的として、全国の電力会社によって 1952 年に設立された。再生可能エネルギーや地球温暖化への取り組み、原子力政策について情報発信をおこなっている。</p> <p>3 課題の探求 見方・考え方（選択・判断） CさんとDさんは、お互いに調べたことを報告しあい、今後のあるべきエネルギーのベストミックスについて、選択・判断の手がかりとなる二つの考え方をを使って考察・構想した。</p> <p>Cさんの調査・考察</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本は、化石燃料の消費に依存することで、社会を発展させてきた。 ・新エネルギーに依存することになれば、エネルギーの安定供給が困難になる。 <p>結果 行為の結果である個人や社会全体の幸福を重視する考え方</p> <p>化石燃料の消費に依存することで、社会が豊かになるという幸福の増加分と、地球温暖化がもたらす異常気象や海面上昇などによって生じる幸福の減少分を合算し、個人や社会全体の幸福が最大限になるような選択・判断をおこなうことになる。</p> <p>Dさんの調査・考察</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新エネルギーの導入は、輸入エネルギーに依存しない社会の構築につながる。 ・化石燃料の消費によって、社会の利便性が高まるが、次世代に重大な環境破壊をもたらす。 <p>義務 行為の動機となる公正などの義務を重視する考え方</p> <p>経済発展によって多くの人々の生活が豊かになり、社会全体の幸福が最大限になったとしても、化石燃料に頼り続ければ、地球温暖化によって不幸になる人が出るのだから公正ではない。地球温暖化の防止に仕組み、環境を守るのは、私たちの義務であると考え、選択・判断をおこなうことになる。</p>	
<p>4 自分の考えの説明、論述</p> <p>Cさんの主張</p> <p>「結果」の観点から、今後も化石燃料を中心としたエネルギー構成は、多くの人々の生活を豊かにする上で必要不可欠と考える。ただし、各地で地球温暖化の影響で被害を受けている人々がいることも事実であり、新エネルギーなど、二酸化炭素をあまり出さないエネルギーも組みあわせながら日本のエネルギー構成を模索する必要がある。</p> <p>Dさんの主張</p> <p>「義務」の観点から将来世代に持続可能な社会を引き継ぐために、新エネルギーの導入を積極的に進める義務があると考えられる。新エネルギーは温室効果ガスの排出が少ない上、再生可能エネルギーであるため、輸入される資源に頼ることもない。次世代に持続可能な社会を引き継ぐためには、新エネルギーを中心にすすめるべきである。</p>	
<p>ふり返り CさんとDさんは、それぞれの発表やクラスでの意見を聞き、エネルギー構成のベストミックスを考えるなかで、重視しなければならない要素を話しあった。その結果、①安全性、②安定供給（需要に応じた供給を実現）、③経済性（発電コスト低減）、④環境（二酸化炭素排出量の抑制）の4点が、特に重要であるということで意見が一致した。それぞれの要素から各エネルギーを見れば、すべての条件を満たしているエネルギーはなく、CさんとDさんは、特定のエネルギーのみに依存することの難しさに気がついた。新たな技術革新などによっても、状況は大きく変わることから、今後も、新エネルギーを含めたベストミックスについて、さらに調べることにした。</p>	
<p>学習を深めよう</p> <ol style="list-style-type: none"> ①各国のエネルギー構成が、どのようなバランスになっているか、それぞれの背景を調べよう。 ②新エネルギーをエネルギー構成の中心にすすめる場合、どのような課題があるか、考えよう。 ③世界のエネルギーのベストミックスについて、SDGsでは、どのような目標があるか、調べよう 	「学習を深めよう」は、総合的な観点から生徒に考えさせようとするもので、好ましい取り組みであると考えます。
第一学習社 711 新公共	

<p>さまざまな新エネルギー p.174 日本でもさまざまな新エネルギーが開発されている。これらの再生可能エネルギーのなかで最も発電量が多いのは太陽光発電だが、全発電量のうち1.6%（2017年）を占めるにすぎない。なぜこんなに少ないのだろうか。今後これらのエネルギーを拡大していくことは可能だろうか。</p>	
<p>図【1】 さまざまな新エネルギー ①太陽光発電（岐阜県）太陽電池を利用して、太陽光エネルギーを直接電気に変えるしくみ。 ②風力発電（アメリカ）風の力を利用して風車の回転力で発電するしくみ。 ③地熱発電（アイスランド）地下から取り出した蒸気や熱水で発電するしくみ。 ④バイオマス発電（兵庫県）生物資源を直接燃焼やガス化するなどして発電するしくみ。</p>	
<p>8 資源・エネルギー問題 課題 どのようなエネルギーを開発し、どのように利用すれば、持続可能な社会に近づけることができるのだろうか？</p>	
<p>限りある資源とエネルギー利用の変化 石炭・石油、天然ガスなどの動力や熱源として利用できる資源をエネルギー資源という。エネルギー資源は、新しい炭田や油田の開発、採掘技術の進歩などによって確認埋蔵量は増加し可採年数も変化するが、採掘し続ければいつかはなくなる枯渇性資源であることに変わりはない。 現在はエネルギー資源のうち、石油が社会を支えるエネルギーの中心となっているが、これは20世紀にエネルギーの中心が石炭から石油に移行し、社会全般に大きな変化をもたらしたエネルギー革命が進行した結果である。 2000年代後半になると、アメリカでシェールガス・シェールオイルの開発が急速に進み、その生産量が大幅に増加した。これによって世界のエネルギー事情が大きく変動しつつある。</p>	
<p>？石油を使い続けているのに、なぜ可採年数は伸びているのだろうか。</p>	
<p>図【2】 石油の可採年数（『世界国勢図会』2019/20年版ほか） 可採年数とは、技術的・経済的に利用できる確認埋蔵量を、その年の生産量で割った数字である。</p>	
<p>① 地中の頁岩（シェール）層に含まれる天然ガス。アメリカでは、採掘技術の発達により、安価なシェールガスの生産が急増している。</p>	
<p>図【3】 発電コストの比較（資源エネルギー庁資料） 燃料費が大きくかかる石油が最も高い。風力や太陽光は燃料費がかからないが、施設を設置する際にかかる費用である資本費が高い。</p>	
<p>いまが見えるサイト 省エネポータルサイト（資源エネルギー庁） 電化製品の使い方など、家庭で無理なくできる省エネ・節電の方法やその効果を知ることができる。自分の行動からエネルギーの使い方を見なおしてみよう。</p>	
<p>原子力発電とその課題 石油や石炭などの化石燃料にくらべ、莫大なエネルギーを生み出すのが原子力である。通常は、ウランという放射性物質が核分裂の際に放出するエネルギーを発電に利用する。発電の際に二酸化炭素を発生させないため、地球温暖化対策でも効果があり、フランスのように総発電電力量の7割以上を占める国もある。ただ、<u>事故が起こった時に大量の放射線を発生させる恐れがあるため、安全性の面で大きな課題がある</u>。東日本大震災の際には、福島第一原子力発電所が重大事故を起こし、放射能汚染が広い範囲に拡散する深刻な事態をまねいた。また、原子力発電所や再処理工場など原子力関連の施設からは、放射能をもったごみである放射性廃棄物が発生するが、<u>その処理方法はいまだに確立していない</u>。 期待される新エネルギー 太陽光・太陽熱・風力・地熱・燃料電池・バイオマスエネルギーなどの新エネルギーは、再生可能エネルギーであり、二酸化炭素などをほとんど排出しない環境にやさしいエネルギーである。技術革新などによって新エネルギーの発電コストも下がり、世界的に導入が進んでいる。 また、ハイブリッドカーや電気自動車、さらには水素と酸素を化学反応させて電気を起こす燃料電池車の開発・生産なども進められている。一方で、ICT（情報通信技術）を活用することによって電力の需要と供給をつねに最適化するスマートグリッドの構築や、先端技術を駆使したスマートシティの建設も試みられている。</p>	<p>「事故が起こった時に大量の放射線を発生させる恐れがあるため、安全性という面で課題がある」とありますが、事故が起こらなくても、原子炉内には放射性物質が内蔵され、放射性物質からは放射線が放出されています。そのため原子力発電所では、発生する放射性物質を厳重に閉じ込め、放射線を適切に管理することにより安全を確保しています。事故が起こった時には原子炉内の放射性物質が環境中に放出される恐れがありますが、福島第一原子力発電所事故の教訓に基づいて安全性の強化を図っています。したがって、「発電に際して放射性物質を大量に発生させるため、厳重に管理して安全を確保している。」または「事故が起こった時に大量の放射性物質を放出する恐れがあるた</p>
<p>写真【4】 福島第一原子力発電所の事故（2011年） 東日本大震災の際に発生した津波の影響で爆発事故を起こした。この</p>	

<p>事故により、福島第一原子力発電所は廃炉となったが、現在でも周辺住民に長期間の避難生活を強いるなど、深刻な影響を与えている。</p> <p>図【5】スマートシティ（経済産業省資料ほか）スマートシティは、再生可能エネルギーを最大限使用し、IT ネットワークによって効率的なエネルギー使用をおこなうことで、持続可能な社会の実現をめざしている。</p>	<p>め、厳しい規制基準のもとで安全性の確保を図っている。」とすることを提案します。</p> <p>また、「その処理方法はいまだに確立していない」とありますが、その処理方法（地層埋設）は技術的に確立されていますが、処分地選定等が今後の課題になっているのが実態です。例えば、「その処理方法は地層処分とすることが決められており、どこに処分場を造るかについて現在調査が進められている」とするのがより適切です。</p>
<p>② 原子力施設からは、放射性物質を含んださまざまなごみが出るが、発電所内で使われた使用済みペーパータオルや手袋などの低レベル放射性廃棄物と、使用済み核燃料の再処理施設から出る放射能のきわめて強い高レベル放射性廃棄物がある。</p>	<p>「さまざまなごみが出るが、」とありますが、放射能レベルによって分類されているので、例えば、「さまざまなごみが出るが、これらは放射能レベルによって分類され、」とするのがより適切です。</p>
<p>図【6】各国の電源別発電電力量の構成比（『世界国勢図会』2019/20年版）</p> <p>まとめてみよう（①）のみに依存することなく、太陽光や風力などの（②）なエネルギーの開発を推進し、バランスのとれたエネルギー構成にすることが大切である。その一方で、3Rを基本とする（③）型社会を構築し、持続可能な社会にしていく必要がある。</p>	
<p>Case study 2 ベストミックスを考える～資源・エネルギー問題 p.186</p> <p>1 課題の設定 日本はエネルギーを大量に消費する国であるが、その大部分を輸入に頼っている。地球温暖化が深刻化するなかで、日本のエネルギー問題に興味をもったみさきとヒロトは、この問題について詳しく調べ、どのエネルギーにどの程度依存していくべきかという「エネルギー構成のベストミックス」について話しあうことにした。</p> <p>（課題）日本のこれからのエネルギーは、どうあるべきだろうか。</p>	<p>「課題の設定」では、日本のエネルギー政策の要である「ベストミックス」について触れており、生徒が自ら考える優れた取り組みであると考えます。</p>
<p>2 情報の収集と読み取り・分析 みさきは、現在の日本が依存しているエネルギーの詳細について、図書館で統計資料などを使い調べた。日本はエネルギー自給率がきわめて低く、その大部分が化石燃料である石油や石炭、天然ガスの輸入に依存していることがわかった。化石燃料は、消費すると二酸化炭素が排出されるので、地球温暖化につながる。また、石油は政治的に不安定な中東地域からその多くを輸入しており、今後も安定した輸入ができる保証がないこともわかった。</p> <p>化石燃料の消費によって私たちの生活は豊かで便利になっているが、これからの日本は、二酸化炭素を発生させずに、しかも安定的に得られるエネルギーを組みあわせて利用する社会へと移行していく必要あると考えるようになった。</p> <p>ヒロトは、現在世界で発電量が伸びている新エネルギーが、今後のエネルギーとして有力な候補であると考え、どのような特徴があるか調べることにした。</p> <p>太陽光や風力発電のような新エネルギーは、発電の際に発生する二酸化炭素が少ないため、地球温暖化対策にきわめて有効である。技術革新などによって、発電までにかかる費用も徐々に安くなっている。また、一度発電施設をつくってしまえば、火力発電などと違い、発電のための燃料を輸入する必要がない点も魅力的であると感じた。</p> <p>しかし、新エネルギーの発電施設は、広大な面積が必要となることが多く、自然に頼る発電であるため、気象条件などによって発電量が大きく変動してしまうこともわかった。</p>	<p>エネルギー問題を総合的に検討する好ましい取り組みであり、新エネルギーのデメリットについても触れていることから、非常にバランスの取れた記述になっていると考えます。</p>
<p>図【1】日本のエネルギー事情（『日本国勢図会』2019/20年版ほか） 日本のエネルギー自給率は1960年には58%であったが、石油の使用により減少し、2015年には7%となっている。</p>	
<p>図【2】原子力発電1基分と同じ発電量を得るために必要な面積（資源エネルギー庁資料） 太陽光発電は広い面積に太陽光パネルをしき詰める必要があり、風力発電はある程度の間隔をあけて設置する必要があるため、広い敷地が必要となる。</p>	

<p>いまが見えるサイト 資源エネルギー庁 資源エネルギー問題や環境問題についての各種統計を調べることができる。エネルギーに関する広報や学校のエネルギー教育活動の支援などもおこなっている。</p>	
<p>3 課題の探求 p.187 みさきとヒロトは、これからのエネルギーのあり方について、おたがいに調べたことを報告しあい、選択・判断の手がかりとなる二つの考え方をを使って考察・構想した。</p> <p>見方・考え方 (幸福, 正義, 公正) 二人の調べた内容から、選択・判断の手がかりを明確にしよう。</p> <p>【みさきの調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化石燃料は、社会に豊かさをもたらしているが、その消費量を増やすと地球温暖化を進行させる。 ・化石燃料の柱である石油は、その多くを政治的に不安定な地域から輸入している。 <p>結果 行為の結果である個人や社会全体の幸福を重視する考え方</p> <p>化石燃料の消費に依存することで生活が豊かになるという幸福の増加分と、地球温暖化がもたらす異常気象や海面上昇などによって生じる幸福の減少分を合算し、個人や社会全体の幸福が最大限になるような選択・判断をおこなう。</p> <p>【ヒロトの調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新エネルギーの導入は、輸入エネルギーに依存しない社会の構築につながる。 ・新エネルギーは二酸化炭素排出量が少ないが、自然に頼るためその供給が不安定である。 <p>義務 行為の動機となる公正などの義務を重視する考え方</p> <p>経済発展により人々の生活が豊かになり、社会全体の幸福が最大限になったとしても、化石燃料に依存すれば地球温暖化により不幸になる人が出るのでは公正ではない。地球温暖化防止に取り組み環境を守るのは私たちの義務であると考え、選択・判断をおこなう。</p>	
<p>4 自分の考えの説明, 論述 みさきとヒロトは、考察・構想した内容をもとに自分の考えを発表した。</p> <p>「私は、今後も化石燃料は、多くの人々の生活を豊かにするうえで必要不可欠と考えます。ただ、各地で地球温暖化の被害が出ているうえ。石油が今後も安定して輸入できる保証はないため、新エネルギーなどの二酸化炭素排出量が少ないエネルギーも組みあわせながら、エネルギー構成を考えていく必要があるでしょう。」</p> <p>「僕は、次の世代によりよい環境を引き継ぐために、新エネルギーの導入を進める義務があると考えます。新エネルギーをエネルギーの中心にすれば、その安定供給に不安はあるものの、地球温暖化対策にもなるし、再生可能エネルギーなので、輸入燃料に頼ることもありません。持続可能な社会をつくっていくためには、新エネルギーを中心にするべきと考えます。」</p>	
<p>ふり返り 生徒たちはそれぞれの発表を聞き、エネルギー構成のベストミックスを考えるなかで、特に重要なのは次の四点であると考えた。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 安全性……大事故を起こさない ② 安定した供給……突然供給がとだえたりしない ③ 経済性……発電コストなどが安い ④ 環境……二酸化炭素などを発生させない <p>一つのエネルギーでこれらの要素のすべてを満たすエネルギーはなく、特定のエネルギーのみに依存することの難しさに気がついた。新たな技術革新などによっても状況は大きく変わることから、今後も新エネルギーを含めたベストミックスについて考えていくことにした。</p>	
<p>学習を深めよう</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各国のエネルギー構成はどのようなバランスになっているのだろう。 ・新エネルギーをエネルギーの中心とした場合、どのような問題があるのだろうか。 ・未来の社会のエネルギー構成は、どうあるべきだろうか。 	
<p>東京法令 712</p>	

<p>思考実験 エネルギーと環境問題 p.36 考えてみよう！エネルギーをどうする？</p> <p>1 病院が停電したら… 人工呼吸器が止まって死んじゃうよ…。</p> <p>2 原子力発電所で事故が起きたら… 住み慣れた故郷を離れなくてはならない…。</p> <p>3 台風の強風で… どこからか、ソーラーパネルが飛んできた！</p> <p>4 地球温暖化で海水面が上昇したら… 洋上の小さな島国 家が水没しちゃった！</p> <p>1～4は、誰と誰のどんな利益が対立しているのだろう。保護しないでいい利益はあるかな？</p>	<p>「思考実験」は、生徒に自主的に考えさせる好ましい取り組みであると考えます。</p>
<p>「万が一の事故で巨大な被害が起きる原子力発電はやっぱりこわいし、止めてしまったほうがいいんじゃないかな。」</p> <p>「原発事故は滅多に起きないけど、停電や自然災害は年に何度かは起きる。そのときに起きる問題のほうが重要なんじゃないかな。」</p> <p>「私たちが快適な生活を送ったり、私たちの国土を守れるようにしたりするには、どのような方法をとるかが重要なんじゃないかな。」</p> <p>「私たちの利益のために、立場の弱い人や外国の人たちに負担やリスクを負わせることは許されるのかな。」</p>	
<p>1 現代文明とエネルギー 私たちの社会は、普通に生活するためにも電力を典型とする大量のエネルギーを必要とすようになっている。冷暖房なしに安全な生活を送ることは難しいし、学校で学ぶためには交通機関で移動する必要がある人がほとんどだろう。</p> <p>さらに高齢者や病人といった社会的弱者の安全を守るためには、より多くの安定的なエネルギーを準備する必要がある。たとえば病院では重病の患者に酸素を送ったり状態をさまざまな医療機器でモニターしたりするために、絶えず大量の電気を使っている。多くの病院に自家発電装置が備えられているのはその対策である。</p> <p>エネルギー政策は、現代の文明を支える基礎になっているとっていいだろう。</p>	<p>大切なエネルギーの役割を正確に述べており、大変好ましい記述と考えます。</p>
<p>2 資源小国日本 ところが日本には、商業的に開発できる油田も炭鉱もない。資源の輸入量が少なくすみ、二酸化炭素も排出しない原子力発電の活用を進めてきたが、2011年3月、東日本大震災の影響で東京電力福島第一原子力発電所の事故が発生し、多くの国民が強い警戒感をいだくことになった。結果として、2013年から2015年までの約2年間は、すべての原子力発電所が稼働を停止し、それ以降も一部が再開されるにとどまっている。古くなった多くの原子力発電所はこのまま廃止される計画になったため、すべてが稼働しても、その発電量は震災前の約半分になると予測されている。</p> <p>そのかわりに、太陽光や風力といった再生可能エネルギーを活用すべきだという意見も強いが、日本は自然環境的にも台風や地震などの災害が多い。近年でも台風の際に風力発電用の風車が倒壊したり、大規模な太陽光発電施設（メガソーラー）が破損・発火したりするなどの事故が起きている。水力発電のためにダムをつくれれば自然環境が破壊されたり、住み慣れた街を離れなければならない住民が生まれたりするだろう。</p> <p>私たちが日常生活で使うエネルギーを減らすなど効率を高める省エネルギーに努めることも考えられるが、日本はすでに効率をかなり高めている社会であり、近年中にはこれ以上の進展は難しい。</p> <p>結果的に、たりなくなった電力は石炭・天然ガスなどの化石燃料を燃やすことによってつくられている。日本のエネルギー自給率は9.6%（2017年）にとどまっており、OECD加盟国のなかでもほぼ最低水準となっている。</p>	
<p>3 環境問題と外部性 エネルギーを輸入しない限り日本の生活を守ることはできない。火力発電のために石炭を採掘すれば炭鉱のある外国で事故が生じて人命が失われることは避けがたい。</p> <p>また、排出される二酸化炭素によって地球温暖化が加速し、太平洋の島国が水没の危機に瀕するかもしれない。日本が石炭火力発電を活用し、さらに拡大する計画ももっていることは、地球温暖化防止の観点から強い批判を集めている。</p> <p>このように、私たちの決定がほかの人々に及ぼす影響のことを外部性という。環境問題は、この外部性が大きい社会的課題の典型であり、私たちだけの利害を考えて意思決定することが適切かどうかも含めて議論になっている。世界全体で問題を解決する取り組みが進められているが、国家間の利害対立などによって難航している。</p>	

<p>写真【1】 台風の影響で水かさが増したハッ場ダム ハッ場ダム建設のため、旧川原湯温泉街はダムの底に水没した。ハッ場ダムの完成にあわせて、川原湯温泉街は高台に移転している。(群馬県 2019.10.16)</p>	
<p>図【2】 1次エネルギー国内供給の推移 *「再生可能エネルギー等」…太陽光、風力、バイオマス、地熱など(水力除く)。(経済産業省資料による)</p>	
<p>「世界全体で、炭鉱事故で毎年1万人以上が死亡しているとされるんだ。」</p>	
<p>写真【3】 ツバル 南太平洋の島国であるツバルは、国土の最高地点でも海拔5mしかなく、地球温暖化による海面上昇によって全土が水没する危険が指摘されている。</p>	
<p>7 エネルギーと循環型社会 p.134 持続可能な社会とはどのような社会だろう？</p>	
<p>【1】 計画停電 街一帯の明かりが消えた東京都三鷹市。(2011.3.16)</p>	
<p>View 東京電力福島第一原子力発電所の事故のあと、東日本では電力の供給量が不足し、計画停電が実施されました。もし今、電力の供給が停止したら、私たちの暮らしはどうなるのでしょうか。</p>	
<p>search どのようなエネルギーが日本で利用されてきたのだろうか。</p>	
<p>【1】 石炭や石油などの化石燃料、水力など自然界に存在するエネルギーを1次エネルギー、それらを利用して得られる電力やガス、ガソリンなどを2次エネルギーという。省エネルギーは、1次から2次へのエネルギー変換効率を高めることや、2次エネルギーの消費を減らす技術のことである。</p>	
<p>【2】 1997年に、新エネルギーの開発推進のため、新エネルギー法が制定された。この新エネルギー法では、風力や太陽光、地熱のほかに太陽熱、バイオマス、雪氷熱、温度差熱などの新エネルギーの開発と導入も目的としている。</p>	
<p>図【2】 1次エネルギーと2次エネルギー</p>	
<p>A エネルギー利用の変化 私たちは、石炭や石油などのエネルギー資源を、動力や熱源として利用することで、高度な産業社会を発展させてきた。こうした天然資源の多くは地中や海中に存在し、再生不可能な資源である。その埋蔵量は、採掘技術の進歩や新たな油田の開発によって増加することがあるため、現時点での可採年数が資源の限界を示しているわけではない。しかし、地球の資源には限りがあるため、いずれ枯渇することは間違いない。</p> <p>20世紀に入り、エネルギー資源の中心は、石炭から石油や天然ガスに移行した。日本ではこのエネルギー源の転換(エネルギー革命)が高度経済成長の時期に起こり、産業や交通のあり方を大きく変化させた。しかし、二度の石油危機をきっかけに、国は省エネルギーの推進、新エネルギーの研究開発へと向かった。また、エネルギーの安定確保のために原子力への依存を高めていった。近年では、温室効果ガスの排出を抑える低炭素社会の実現に向けて、風力や太陽光、地熱といった再生可能エネルギーを利用する。技術の開発や実用化が進められている。しかし、利用できる地域が限定される、自然の影響を受けるため稼働が安定しない、発電にかかる費用が割高になるといった課題もある。</p>	
<p>図【3】 原子力発電の核燃料サイクル</p>	
<p>B 原子力発電とその課題 2011年の東日本大震災にともなう東京電力福島第一原子力発電所の事故は、広い範囲に放射性物質を拡散させ、汚染された地域に深刻な被害をもたらした。この事故をきっかけに原子力発電の安全性が問題となり、<u>一時的に全施設が稼働停止となった</u>。新たな規制基準のもとで再稼働に向けた審査が進められているが国民の不安は根強く、信頼性が回復しているとはいいがたい。ほかにも、老朽化した施設の廃炉処理の問題、放射性廃棄物の処理問題など、原子力発電には多くの課題が存在する。</p>	<p>「一時的に全施設が稼働停止となった」とありますが、事故の教訓に基づく厳しい規制基準に合致していることを確認してから再稼働することになったので、例えば、「一旦施設の運転を止めて、厳格化された規制基準に合致していることが確認された施設を再稼働させることとなった」とするのがより適切です。</p>
<p>C 循環型社会に向けて 日本は資源の乏しい国として、多くの資源、エネルギーを輸入に頼っている。また大量生産、大量消費にともなう廃棄物も増大し、環境に負荷をかけてきた。そこで、持続可能な社会を構築するため、資源エネルギーを有効利用できる循環型社会の形成が重要な課題となった。循環型社会形成推進基本法では、3R(リデュース=廃棄物の発生抑制、リユース=再使用、リサイクル=再資源化)が提唱され、その推進に向けてさまざまな法律が整備された。企業も、廃</p>	

<p>棄物をゼロにするゼロ・エミッションに取り組んだり、環境に負荷をかけないエコ商品やエネルギーの消費を抑えた省エネルギー商品の開発に力を入れたりしている。だが、それらの商品やエネルギーは割高であったり、利便性に欠けたりする場合がある。3Rも、私たちが日常生活のなかで日々取り組まなければ十分な効果をあげることはできない。循環型社会を構築するためには、私たち消費者の意識やライフスタイルをかえる必要がある。</p>	
<p>「資源を採取し、資源からエネルギーや商品をつくり、それらを家庭や企業で使う。使用済みの廃棄物を新たな資源として利用する。また各工程で省力化に努めるというのが、循環型社会のしくみなんだよ。」</p>	
<p>【3】 原子力発電では再利用不可能な高レベル放射性廃棄物が発生する。その最終処分は地下深くの安定した岩盤に封じこめる「地層処分」が最適であると考えられている。日本では処分地が決定しておらず、選定には国民的な議論が必要である。</p>	
<p>search 限りある資源のもとで、安定した生活を維持するためには、どのような工夫が必要なのだろうか。</p>	
<p>図【4】 日本の環境政策 (→p. 133)</p>	
<p>Think 自分たちが住んでいる自治体(市区町村)が高レベル放射性廃棄物の処分地の候補地となったらどうするか、さまざまな立場から考えてみよう。</p>	

【理科(科学と人間生活)】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
東京書籍 701 科学と人間生活	
<p>3節 目に見えない光とその利用 A 電磁波の利用① p. 130 電磁波の種類と性質 (省略)・・・電磁波を波長の長さの順に並べて分類すると、図2のように、大きく5つに分類される。赤外線よりも波長の長い電磁波として電波があり、無線通信などで利用されている。一方、紫外線より波長の短い電磁波として、X線やガンマ線などがある。・・・(省略)</p>	
<p>① ガンマ線の分布や時間変化を画像化する装置。 p. 131</p>	
<p>【図2】電磁波の波長と種類 紫外線、X線、ガンマ線は、波長だけでは明確に区別できない。</p>	
<p>B 電磁波の利用② p. 134 赤外線よりも波長の長い電磁波である電波や、紫外線よりも波長の短いX線、ガンマ線は、その性質が可視光線と大きく異なる。これらの電磁波は、社会や生活のなかで、それぞれの性質を生かした独特の利用がなされている。</p>	
<p>? 電磁波の一種である電波やX線、ガンマ線は、どのように利用されているだろうか。</p>	
<p>X線とガンマ線 p. 135 紫外線よりも波長の短い電磁波であるX線やガンマ線には、原子から電子をはじき飛ばす性質があり、放射線とも呼ばれる。これらは生物に有害であるため、取り扱いには注意を要するが、物質を通り抜ける性質(透過性)が高いため、検査や医療などのさまざまな分野で利用されている。</p>	
<p>●透過性を生かした利用 レントゲン検査では、身体にX線を照射して、その影を写真に撮る。X線の透過しやすい空気は黒く、透過しにくい骨などは白く写るため、胸部レントゲン写真では、空気を多く含む肺は黒っぽく、骨や中央の心臓・大動脈などは白っぽく写る。同様の原理で、人体以外でも、空港での手荷物検査や、エンジンなどを分解することなく内部構造を調べる非破壊検査などに広く利用されている。</p>	
<p>【図3】胸部レントゲン写真</p>	
<p>!まとめ 電波やX線、ガンマ線は、それらの特性を生かして、情報伝達やGPS、検査、医療など、私たちの生活のさまざまな場面で利用されている。</p>	<p>まとめに「情報伝達やGPS、検査、医療など」とありますが、非破壊検査や厚さ計測など工業での利用もありますので、例えば、「情報伝達やGPS、検査、医療、工業利用など」とするのがより適切です。</p>

<p>学習内容の整理 3編1章 光の性質とその利用 p.136</p> <p>3節 目に見えない光とその利用</p> <p>□X線・ガンマ線 p.130 紫外線より波長が短い電磁波。原子から電子をはじき飛ばす性質があり、放射線とも呼ばれる。</p>	
<p>2節 エネルギーの利用と私たちの暮らし D エネルギーの有効利用 p.154 電気エネルギーの利用は、私たちの生活を大きく変えてきた。私たちが利用する電気は、大規模な発電所で火力、原子力、水力を使ってつくられることが多い。近年では、化石燃料を使わず、環境に配慮した発電方法として、風力発電や太陽光発電の利用が広がってきている。</p>	
<p>? エネルギーの有効利用には、どのような事例があるだろうか。</p>	
<p>エネルギーの有効利用 現在、私たちが火力発電などで利用している化石燃料などの資源には限りがある。そのため、持続可能な方法で発電するとともに、電気エネルギーをより効率的に利用していくことが大切である。</p>	
<p>●ヒートポンプ エアコンや冷蔵庫は、水を低所から高所へくみ上げる揚水ポンプのように、熱を低温部から高温部へ移動させるしくみを利用している。このような装置をヒートポンプという。例えばエアコンの冷房の場合、熱は屋内で吸収されて屋外へ放出される。逆に、暖房の場合、熱は屋内で吸収されて屋外へ放出される。いずれの場合も電気エネルギーが消費されるが、暖房は屋外で吸収された熱を利用することができるため、ジュール熱を利用した電気ヒーターの暖房と比べて、電気エネルギーの消費量を抑えることができる。</p>	
<p>●高圧送電による電力輸送 家庭用のコンセント電圧は100Vか200Vだが、電気を使用地へ送る送電線の電圧は2万～50万Vもの高圧である。その理由は、電力を送るときの電圧が高いほど、エネルギーの損失が少ないからである。送電線はとても長いので、電線がもつ抵抗も無視できないくらい大きい。電線のもつ抵抗によって消費される電力は、ジュール熱(p.151参照)として放出され、エネルギーの損失となる。同じ抵抗の電線に一定の電力を送るとき、電線でジュール熱として失われるエネルギーは、電圧の2乗に反比例して小さくなる。例えば、もとの100倍の電圧にして送れば、電線でジュール熱として失われるエネルギーは、わずか1万分の1で済むのである。</p>	
<p>【図2】エアコンのしくみ(冷房時) ヒートポンプの中には、冷媒と呼ばれる蒸発しやすい液体が入っている。その冷媒がヒートポンプ内を循環する間に、圧縮・膨張や蒸発・凝縮を繰り返すことによって、熱を低温部から高温部へ運ぶしくみとなっている。</p>	
<p>【図3】高圧送電線</p>	
<p>●回生ブレーキ ガソリン自動車のブレーキは、運動エネルギーを熱エネルギーに変え、空気中に熱を放出している。したがって、ブレーキをかけるたびに、運動エネルギーを空気中に捨てていることになる。そこで、電気自動車やハイブリッド自動車などでは、減速するときにはモーターを発電機としてはたらかせ、運動エネルギーを電気エネルギーに変えて、バッテリーに蓄えている。このようなブレーキは、回生ブレーキと呼ばれている。 p.155</p>	
<p>太陽エネルギーの利用 化石燃料に代わる新たなエネルギー資源の一つに、太陽エネルギーがある。地表に届く太陽エネルギーは、日本では1㎡あたり最大1kWである。これを石油、ガス、電気などの代替エネルギーとして利用することは、二酸化炭素の排出を抑制するために有効である。</p>	
<p>考えよう 太陽光発電のよい点と悪い点を考えてみよう。また、風力発電など、ほかの自然の力を利用した発電方法の場合についても、考えてみよう。</p>	
<p>【図4】ハイブリッド自動車</p>	
<p>●太陽熱温水器 太陽熱温水器は、太陽光を直接利用して水を温める装置である。エネルギー変換効率が高く、受光した太陽エネルギーの60%以上を熱として利用できるものもある。こうして得られた温水は、台所や風呂の給湯だけでなく、暖房や冷房に利用することもできる。</p>	
<p>●太陽光発電 太陽電池を使うと、太陽光のもつエネルギーを直接電気エネルギーに変換することができる。太陽光のエネルギーを利用する太陽光発電システムは、化石燃料を節約するのに役立つだけでなく、発電時に二酸化炭素が排出されない</p>	<p>太陽光発電、風力発電、原子力発電は二酸化炭素を排出しないが、廃棄時には二酸化炭素が出ると記述され</p>

<p>発電方法として注目されている。</p> <p>太陽電池による発電は、火力発電のように化石燃料を燃やさないため、発電時に二酸化炭素を排出しないが、火力発電による電力を用いて、太陽光発電システムを生産および廃棄する際に、それに必要なエネルギーに対応した分の二酸化炭素が排出されることにも、留意する必要がある。このことは、発電時に二酸化炭素を排出しない原子力発電や風力発電でも同様である。</p> <p>【図5】太陽光熱温水器 【図6】太陽光発電</p>	<p>ています。これは定性的な事実ではありますが、原子力発電と風力・太陽光では発電量が比較にならないほど違うので、単位電力量当たりの発電施設廃棄時二酸化炭素排出量で比較すると原子力では無視出来る程の極めて大きな違いとなります。そこで、最後の「このことは、発電時に二酸化炭素を排出しない原子力発電や風力発電でも同様である」を例えば、「このことは、発電時に二酸化炭素を排出しない風力発電でも同様であるが、発電量が極めて大きな原子力では無視できる」とするのが適切と考えます。</p>
<p>レッツチャレンジ！ 地球環境を保全するためのエネルギーの有効利用の例について、調べてみよう。</p>	
<p>！まとめ エネルギーを有効利用したものの例として、ヒートポンプや高圧送電回生ブレーキがある。また、太陽エネルギーの利用の例に、太陽熱温水器や太陽光発電がある。</p>	
<p>実教出版 702 科学と人間生活</p>	
<p>1節 熱の性質とその利用 3 エネルギーの変換と利用 p.120 熱の利用とエネルギー変換 課題の設定 机の上で本を滑らせると、しばらく動くが止まってしまう。本がもっていたエネルギーはなくなってしまったのだろうか。</p>	
<p>エネルギー変換 机の上で滑らせた本は、間もなく止まる。これは、本のもっていた運動エネルギーが、摩擦熱となって本や机の表面、まわりの空気の温度を上げることに使われたことによる。つまり、本がもっていた運動エネルギーが、本や机、空気の熱エネルギーに変わっただけである。</p> <p>このように、エネルギーの形態が変わることをエネルギー変換という。エネルギーにはさまざまな形態があり、相互に変換することで、人類はエネルギーを利用してきた。</p>	
<p>エネルギーの有効利用 p.122 人類はこれまでさまざまなエネルギーを利用してきた。そのなかでエネルギーを有効利用する技術が生み出されてきた。</p>	
<p>課題の設定？ 冷蔵庫はどのようにして、電気エネルギーを使いながらも庫内の温度を下げているのだろうか。</p>	
<p>ヒートポンプ 熱機関は、高温熱源から得た熱エネルギーによって外部に仕事をした。逆に、電気エネルギーを使い外部から仕事をされると、熱エネルギーが高温熱源に放出される、つまり、低温熱源から高温熱源へ熱をくみ上げることができる。このような装置を一般に、ヒートポンプといい、少ないエネルギーで大きな熱をくみ上げることができる。冷蔵庫やエアコン（冷暖房）などは、ヒートポンプを使っている代表的な家電製品である。</p>	
<p>コージェネレーションシステム 熱源より電力と熱を生産し供給するシステムをコージェネレーションシステムといい、熱機関から必ず発生する廃熱を給湯や暖房などに利用している。従来のシステムの場合は廃熱があるためエネルギー利用の効率は40%程度であるが、コージェネレーションシステムとヒートポンプを組み合わせることによって、効率の高いエネルギー利用を実現している。</p>	
<p>① 太古の昔から、人類は、火を起し、たきぎを燃やして、熱や光を利用していた。また、牛、馬などの家畜を動力として利用していた。</p> <p>時代が進むと、水力や風力を動力にして粉引きなどを行うようになり、やがて、蒸気機関が発明され、たきぎ、石炭、石油などの化学エネルギーが利用されるようになった。これにより産業革命が起こり、人類が使用するエネルギーの量は飛躍的に増大した。</p>	
<p>図6 熱機関とヒートポンプ</p>	

<p>図7 従来のシステムとコージェネレーションシステム</p> <p>新しいエネルギーの利用と地球環境 私たちの生活では、多くのエネルギーを利用しており、地球環境にも影響を及ぼしている。そのため、ヒートポンプやコージェネレーションシステムなど、エネルギーを効率的に利用する取り組みがなされている。</p> <p>図8は現在の日本の電源構成である。電力の約7割以上は火力発電によってもたらされている。しかしおもな発電方法には利点とともに問題点もある。火力発電だけを見ても、資源枯渇、二酸化炭素の放出など、問題点も多い。</p> <p>そこで、資源の枯渇する恐れがなく、利用される以上の速度で自然界からたえず補充される再生可能エネルギーの利用がすすめられている。まだ、再生可能エネルギーだけでは、十分に発電することができないため、現状では火力発電などを併用しなければならない。そこで地球環境への影響をより少なくするエネルギー利用の実現に向けて、さらなる取り組みが検討されている。 p. 123</p>	<p>「利用される以上の速度で自然界からたえず補充される再生可能エネルギー」とありますが、利用される以上の速度でたえず補充されるとは限りません。そこで、例えば、「一度利用しても比較的短期間に再生が可能である再生可能エネルギー」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>図8 日本の2018年の電源構成 (出典:環境エネルギー政策研究所)</p> <p>火力発電のおもな利点</p> <ul style="list-style-type: none"> ●天候に左右されず発電ができる ●燃料の確保や輸送が比較的容易 ●熱効率が低い <p>火力発電のおもな問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> ●燃料の化石燃料に限りがある ●発電の際に大量の熱と二酸化炭素を環境に放出する 	<p>火力発電の主な問題点として「発電の際に大量の熱と二酸化炭素を環境に放出する」とありますが、「大量」は大量に発電する場合だけであり、火力発電所の特徴ではありません。また、「熱」は発電に必須のもので、環境への廃熱は制御されるので問題点とは言いがたいと考えます。一方、二酸化炭素の放出は地球温暖化に関してそれへの影響は制御できないので、例えば、「大量の熱と」を削除するのがより適切と考えます。</p>
<p>風力発電 利点：風が吹けば24時間発電が可能で海上にも設置でき、CO₂を排出しない。 問題点：風速によって発電量が変動する。</p> <p>太陽熱発電 利点：半永久的に発電が可能で、蓄熱により夜間でも電気を利用でき、CO₂を排出しない。 問題点：天候に左右され、広い土地が必要となる。</p> <p>水力発電 利点：運転、停止が簡単にでき、電力需要の大きい時間帯に発電を集中できる。さまざまな規模で発電できる。CO₂を排出しない。 問題点：ダム建設によって環境破壊が生じるとともに、降雨量によって発電量が変動する。</p> <p>地熱発電 利点：季節や天候による影響を受けにくく、CO₂の排出が少ない。 問題点：地質調査や発電所建設に大きな費用が必要となるもの、発電量が少ない。</p>	<p>風力発電で「海上にも設置でき」とありますが、海上設置は風力発電だけの特徴ではなく、原子力発電でもロシアでは海上浮体原子炉があります。そこで、この部分は削除するのがより適切と考えます。</p>
<p>2節 光の性質とその利用 2 電磁波の利用 p. 140</p> <p>さまざまな光 電磁波 赤、橙、黄、緑、青、藍、紫の色の光のように、ヒトの眼で見ることのできる光は可視光線とよばれている。可視光線のうち、赤色光の波長が最も長く、紫色の光の波長が最も短い。しかし、赤よりも長い波長領域や、紫よりも短い波長領域にも光は存在する。赤よりも長い波長領域のものを赤外線、さらに長い領域のものを電波という。また、紫よりも短い波長領域のものを紫外線、さらに短い領域のものを順にX線、γ線という。電波、赤外線、可視光線、紫外線などを総称して、電磁波といい、さまざまな分野で利用されている。</p>	<p>「さらに短い領域のものを順にX線、γ線という」とあります。一般に、γ線の波長はX線の波長よりも短いことが多いですが、両者の違いは波長の長短（エネルギーの大小）ではなく、発生源の違いにあります。X線は励起状態の軌道電子が遷移するとき（特性X線）や荷電粒子が制動を受けるとき（制動X線）に発生し、いずれも原子核の外で発生します。一方γ線は、α崩</p>

	<p>壊やβ崩壊を起こした後の原子核など、励起状態の原子核から放出されます。また、陽電子と電子が対消滅を起こす際に放出される光子も消滅γ線と呼ばれることがあります。したがって「順に」を削除して、例えば「さらに短い領域のものをX線、γ線という」とすることを提案します。</p>
<p>図1 電磁波とその分類</p>	
<p>X線やγ線の利用 波長の短いX線やγ線も身のまわりで使われている。 X線の利用例の一つに医療などに用いられるX線写真がある。X線写真は、X線を人体などに照射し、透過してくるX線をフィルムなどに投影・撮影したものである。X線の透過率が低い骨などは、X線写真では白く写る。 また、空港の手荷物検査や文化財の研究にもX線は使われている。これらの検査は、検査物体を破壊せずに調べることができるので非破壊検査とよばれている。 γ線は、使い捨ての注射器や手術用の糸などの滅菌処理に使われている。ジャガイモの発芽を防止したり、作物の品種改良にも使われたりしている。 p. 143</p>	
<p>図5 空港の手荷物検査</p>	
<p>コラム 安全な電磁波の利用に向けて 電磁波は、あらゆる場面で利用され、私たちの生活を豊かにしている。しかし、電磁波の利用に際しては、注意が必要である。 電磁波は波長が短いほど人体に影響を与えるため、波長が短い電磁波であるX線や、γ線などの使用は必要最小限にとどめるとり組みが行われている。 また、携帯電話などが発する電波が医療機器に影響を及ぼし、誤作動を起こす可能性もある。</p>	
<p>図6 さまざまな電磁波とその利用</p>	

課題研究3 太陽光の有効な利用 p.198

課題 私たち人類は長い間、エネルギー源として化石燃料を使ってきている。とりわけ産業革命以降、主要な動力を得るために利用してきた。現在でも、発電所や自動車のエンジンははじめとして、化石燃料に頼っているところが大きい。しかし、この化石燃料には限りがあり、環境への負荷も大きい。

化石燃料にかわるエネルギー源には、どのようなものがあるだろうか。風力、地熱などの利用とともに太陽からの光、熱を利用するくふうがなされてきている。古くは古代ギリシャのころより、鏡を利用して太陽熱を集め、火を得てきた。近年では太陽の光や熱を使って発電を行っている。そこで、太陽からのエネルギーを有効に活用する方法をいろいろ考え、実効性があるかどうか実験で確かめてみよう。

準備 300 mLのペットボトル、黒の塗料（ラッカーなど）、温度計、キリ、ペットボトルが入る程度の透明な箱（アクリルシートでつくってもよい）、鏡（鏡の代わりに光沢のあるアルミニウムのシートでもよい）

方法

① ペットボトルのふたの真ん中に温度計を差し込める程度の穴をキリで開ける。開けづらい場合は、キリを加熱する。プラスチックのふたは熱に弱いので、容易に開けることができる。

② ペットボトルに、水温を気温と一致させた水（250 mL）を入れ、温度計つきのふたをする。

③ ②のペットボトルを10分間太陽にかざす。この間、1分ごとに温度を測り、その値を記録する。水の質量は250gなので、上昇温度から水が得た熱量を求めることができる。

④ さらに温度を上げるためにはどのようなくふうが考えられるだろうか。考えたくふうを方法の①～③と同様の実験で確かめる。以下はくふうの例である。

(1) ペットボトルを太陽にかざす角度をくふうしてみる。

(2) 光の吸収をよくするために、ペットボトルの表面を黒く塗りつぶしてみる。

(3) ペットボトルの周囲にきている光を効率よく集めるために、太陽光を鏡で反射させ、ペットボトルに当たる光を多くしてみる。

(4) ペットボトルからの放熱を防ぐために、まわりを透明な箱でおおい、太陽にかざしてみる。

結果 p.199

① 温度変化を時間とともに記録し、これをグラフ化してみる。考えたくふうについても、それぞれ1分ごとに水の温度を測定して表にし、これをグラフ化する。

② それぞれのペットボトルで計測後、10分間に水が得た熱量を計算で求める。

考察

1 それぞれの水が得た熱量を比較する。また、方法③のボトルの水が得た熱量を基準にすると、方法④で考えたくふうはどれほど効率がよいただろうか。くふうした装置との関係からどのようなことがいえるか、考察してみよう。

2 それぞれのくふうを組み合わせた場合は、どうなるだろうか。

3 太陽光を利用した装置・施設にどのようなものがあるか、またそれらの装置・施設は効率を上げるためにどのようなくふうをしているだろうか。インターネットなどを使って調べてみよう。

まとめと発表 研究結果はまとめることで、自身が何を明らかにしたかったのか、それに対応した結果がはたして得られたのか、さらなる問題点が出てきたのかなどを明確にすることができる。

次のような手順でまとめを行う。設定した研究テーマと研究目的を明確にし、研究方法を確認し、方法に従って得た結果を、表・グラフ等で表現する。結果をもとに、目的に応じた考察を行う。このまとめを他人に発表（プレゼンテーション）することで、研究課題、結果を多くの人たちと共有するとともに、新たな課題を見つけることができる。プレゼンテーションにあたっては、次のことに注意する。

<p>1 研究テーマ, 研究目的, 結果, 考察の間に関連性が明確であるか。とくに, 目的に対して結果・考察が対応しているか。</p> <p>2 発表に対して, 聞き手から質問や意見を聴取する。このことによって, 発表者が気づかなかったこと, 研究の不十分さ, 課題の発展の可能性などを知ることができ, より充実した研究にすることができる。</p> <p>解説 以前から太陽熱は家庭の水を温める装置などに利用されていた。しかし近年, 新たな熱源として, 発電に太陽光が用いられてきている。発電方法は, 反射板により太陽光を集光し, この熱で発生させた水蒸気によってタービンを回すシステムや, 太陽光パネルを使って発電するシステムなどがある。前者は水蒸気を得るエネルギー源を太陽光にかえたものであり, 規模が大きい。後者は太陽光パネルによって光を直接電気に変換するので, 発電量の多少を問題にしなければ装置は小さくてもすむ。そこで, 家庭の屋根にパネルを取り付けて発電したり, 自動車の屋根に取り付けたパネルで発電し, モーターを回したりすることができる。しかしパネル製造に関する課題もある。それらを含め, コスト面も考慮しながら, 太陽光の利用を考えなければならない。</p>	
啓林館 703 高等学校 科学と人間生活	
第1章 光の性質とその利用 C 電磁波とその利用 p.116 ? 「電波」とは何か。また, 電波は人間の生活にどのように利用されているだろうか。	
表2 電磁波の種類と利用例 p.117	
<p>●X線・γ線の利用 p.118 1895年, ドイツのレントゲンは, 物質を透過してフィルムを感光させるX線を発見した。X線は紫外線より波長の短い電磁波で, 透過作用や電離作用をもっていることがわかった。X線の波長は原子の大きさに近いので, 物質の構造を調べるのに利用されたり, 微細加工に利用されたり, 現在の科学や工業になくてはならないものとなっている。</p> <p>また, X線は, 早い時期からX線写真として医学で利用されてきた。今日, CT(コンピュータ断層撮影)では, いろいろな方向からX線を照射し, その透過率の違いをもとに, コンピュータに人体の断面画像や3次元画像を作成させている(図52)。</p> <p>原子核から放出され, おおむねX線より波長の短い電磁波をγ線という。γ線はX線より透過する性質が強く, がんの治療や非破壊検査などに利用されている。</p>	啓林館の教科書だけが, X線と γ 線の違いを「原子核から放出され, おおむねX線よりも波長が短い電磁波」と明確に説明しています。大変分かりやすく, かつ正確な記述と考えます。
図51 初期のX線写真	
図52 CTスキャン装置(ア)とその画像(イ)	
【1】構造物を破壊せずに, 内部の安全性を調べる技術	
第2章 熱の性質とその利用 B エネルギーの利用 ②エネルギーの変換 p.130 日常生活のさまざまな場面で, いろいろなエネルギーが変換される例を見てみよう。	
● 光エネルギーと電気エネルギー 太陽電池(光電池ともいう)に光を当てると電気エネルギーを得ることができる(図	

14)。また逆に、電気エネルギーは、蛍光灯や発光ダイオードなどの照明器具で光エネルギーに変わる。どちらの変化においても、エネルギーの一部は熱になる。	
<p>●化学エネルギーと熱 石油や天然ガスは、燃焼して熱を出す。これは石油などを構成している炭素や水素が酸素と反応して、二酸化炭素や水ができ、このときに熱を出すからである。このように熱を出す化学反応を発熱反応という。燃焼に限らず、化学反応には熱が発生するものがある。これは化合物がもつエネルギーが、化学反応によって熱として放出されたものである。このような化合物がもつエネルギーを化学エネルギーという。発熱反応を起こすと、化合物がもつ化学エネルギーが減少して、その分、熱として放出されるのである。化学反応にはこれとは逆に、まわりから熱を奪って、化合物がもつ化学エネルギーが増加する反応もある。このような化学反応を吸熱反応という。</p> <p>次の「やってみよう」で、吸熱反応による温度変化を調べてみよう。</p>	
<p>やってみよう！実験 吸熱反応による温度変化の測定 ビーカーに水を入れ、続いて尿素を少しずつかき混ぜながらとかしていく。とかす前後でどのくらい温度が変化するか、調べてみよう。</p>	
<p>図 14 太陽光発電 太陽電池は光エネルギーを電気エネルギーに変換する。太陽光が当たらないと電気エネルギーを得ることができないが、発電時に二酸化炭素 CO₂などを排出しない。</p>	
<p>図 15 いろいろな種類のエネルギーの変換 ここでは、熱運動のエネルギーのことを熱エネルギーという。 p. 131</p>	
<p>●熱と電気エネルギー 2種類の金属線の両端をつないで、両端を温度の異なるところに置くと、その温度差に応じた電圧が発生する。これをゼーベック効果という (図 16 (ア))。これを用いて、モーターを動かすこともできる (図 17)。また、電圧を測定して温度を知るといふしくみの温度計に 응용されている。</p> <p>これとは逆に、図 16 (ア) の電圧計のところに電池をつなぎ、回路に電流を流すと、金属線の接合部の一方で吸熱が、他方で放熱が起こる。これをペルティエ効果という (図 16 (イ))。冷却や放熱の作用があるため、小規模な冷蔵や加熱の設備に利用されている。</p> <p>このような、ゼーベック効果やペルティエ効果を示すはたらきをするものを熱電素子という。</p>	
<p>●エネルギーの変換 ここまで見てきた以外にも、図 15 に示すようないろいろなエネルギーの変換がある。そして、エネルギーは変換されても、その種類を変えるだけで、エネルギーの総量は増減しないことが知られている。これをエネルギー保存の法則という (p. 129)。</p>	
<p>図 16 ゼーベック効果 (ア) とペルティエ効果 (イ)</p>	
<p>図 17 熱電素子の実験 プロペラをとりつけたモーターを接続した熱電素子を氷の上に置き、その上から熱電素子にふれると、手と水の温度差で電圧が発生し、プロペラが回りだす。</p>	
<p>図 18 コージェネレーションシステムの例 p. 132</p>	
<p>③エネルギーの有効利用</p> <p>●コージェネレーション 石油や天然ガスなどを使って蒸気を発生させ、蒸気タービンで発電したとき、発電の効率は 40%程度である。しかし、ビルや工場などでは、ガスエンジンやディーゼルエンジンで自家発電を行うと同時に、そのときに排出される熱を給湯や冷暖房に利用して、75~80%の総合熱効率が得られる中小容量の分散型エネルギーシステムが用いられるようになってきた。このようなシステムをコージェネレーションという (図 18)。</p>	
<p>●光に変わるエネルギーの割合の大きい電灯 白熱電球では、消費された電気エネルギーのうちの約 10%しか光エネルギーにならず、残りは熱エネルギーになってしまう。白熱電球は電熱器に近いとさえいえる。蛍光灯では、消費された電気エネルギーのうちの約 25%が光エネルギーになる。発光ダイオード (LED) 電球では、その割合はさらに向上する。54 W の白熱電球と同じ明るさを得るためには蛍光灯であれば 12 W 程度、LED 電球では 9.4 W 程度でよいといわれ、かなり「省エネ」できる (図 19)。なお、光エネルギーも部屋の中で家具や床に吸収されて、いずれは熱エネルギーになる。</p>	
<p>●回生ブレーキ 自転車や自動車、電車のブレーキは、以前は摩擦力を用いて回転を止める方式が主流であった。近年実用</p>	

<p>化した電気自動車やハイブリッドカーなど、モーターで動く自動車では、加速時には動力として使うモーターを逆に発電機として用いて、運動エネルギーを電気エネルギーに変えることで、ブレーキの役目の一部を担っている。これを回生ブレーキという。発電によって得られた電気エネルギーを蓄電池にもどすことで、エネルギーの有効利用を行っている。電車のブレーキも同様で、発電した電気を架線にもどして電気エネルギーの使用量を減らしている。</p>	
<p>図 19 照明器具で光に変わるエネルギーの割合 照明器具が消費する電気エネルギーのうち、光エネルギーと熱エネルギーに変換される割合を表している。</p>	
<p>●ハイブリッドカー p.133 自動車の排出ガスを少なくする対策としては、電池で動くモーターを動力装置とする電気自動車が理想的であるが、現段階では電池の性能・充電などに課題がある。そこで、従来のガソリンで動くエンジンに、電池で動くモーターを組み合わせた自動車を利用されるようになった。このような自動車をハイブリッドカーという（図 20）。</p> <p>ハイブリッドカーは電池の充電の問題を解決し、自動車の燃費向上や排出ガスの減少をはかり、エネルギーの利用効率と環境保全を総合的によりよくする。</p> <p>ガソリンエンジンは、発進時のような回転数の低い場面では大きいパワーを出すのが苦手であり、エネルギーの利用効率が悪く排出ガスを浄化する能力も落ちる。一方、モーターは、発進の加速時には最大のパワーが得られる。そこでハイブリッドカーのシステムでは、発進時や急加速時などガソリンエンジンが苦手とするような場面を、モーターに受けもたせる。ある程度の速さで動き、エネルギーの利用効率がよく、有害排出物が少ない場面ではエンジンで動き、かつ蓄電池（バッテリー）を充電する。また、ブレーキをかけるときには回生ブレーキが使われ、総合的にエネルギーの利用効率を上げている。これらのくふうによって、あるガソリン自動車では JC08 モード燃費 16 km/L 程度であるのに対して、同程度の大きさのハイブリッドカーでは 40 km/L 程度になる。</p> <p>ハイブリッドカーには、ガソリンエンジンで発電だけを行って蓄電池に電気エネルギーをたくわえ、加速・走行の動力はすべてモーターでまかなうというタイプのものもある。</p>	
<p>図 20 ハイブリッドカー</p>	
<p>図 21 ハイブリッドカーの概念の一例</p>	
<p>【1】 自動車の実際の走行を想定して、燃料 1 L でどれだけの距離を走ることができるかを表したもので、自動車の燃費の 1 つの目安となる。</p>	
<p>やってみよう！調査 ハイブリッドカーのしくみの調査 インターネットや自動車メーカーのカタログで、ハイブリッドカーのしくみを調べてみよう。ガソリン自動車と比較して、エネルギーの利用効率や環境に対する影響について、どのような点がすぐれているだろうか。</p>	
<p>●高圧送電による電力輸送 p.134 発電所で発電した電気は、送電線を用いて電気の使用地に送られる（図 22）。送電線を電流が流れるとき、送電線の電気抵抗でジュール熱が発生する。流れる電流を I [A]、発電所を出るときの電圧を V [V] とすると、発電所を出るときの電力 P [W] は、$P=VI$ である。送電線の電気抵抗を r [Ω] とすると、送電線で 1 秒間に発生するジュール熱 p [W] は、$p = rI^2$ であり、これが送電線でのエネルギー損失となる。したがって、一定の電気抵抗 r の送電線で、一定の電力 P を送るときは、電圧 V が大きいほうが電流 I が小さくなり、エネルギー損失の割合が小さい。</p> <p>交流は、変圧器を用いることにより、簡単に電圧を変えることができる。このことが、世界中の電力会社で交流の電気がよく用いられ、送電には電圧を高くしている大きな理由である。</p> <p>現在では、長距離の送電は 50 万 V で行われることが多い。このとき送電の損失率は 5% 程度である。もし、25 万 V で送電すると送電率は 20% 程度になってしまう。</p>	
<p>図 22 送電線 送電線と鉄塔は、がいしによって絶縁されている。高電圧にすると、絶縁するために多くのがいしが必要となる。</p>	
<p>Topic 電力の需要と供給のバランス 発電所から使用地に送られる電気は、発電した量と同じ量が消費される。これは、</p>	<p>電力の需給バランスを詳細に記述してあるのは、発行</p>

<p>大量の電気エネルギーはためることが難しいので、発電して供給する電力量（発電出力）と、需要があり消費される電力量（電力消費）をつねに一致させる必要があることによる（図 a）。供給が需要を上回ると、発電機のタービンの回転数が大きくなり、周波数が大きくなる。逆に需要が供給を上回ると、タービンの回転数が小さくなり、周波数が小さくなる（図 b）。日本における交流の周波数は、西日本では 60Hz、東日本では 50Hz を基準としている。この周波数の変動を 0.1～0.2Hz 以内におさえる必要があり、電力会社は秒単位で発電量を調整している。もし周波数が大きく変動すると、電力システムの機器に支障が生じ、ブラックアウトとよばれる大規模停電が発生する可能性がある。2018 年に北海道胆振東部で最大震度 7 の地震が起きた後、北海道全域に大規模停電が発生した。これは地震で一部の発電所が停止し、供給量が不足して周波数が小さくなったことがきっかけとなり、電力の需要と供給のバランスが崩れて周波数が大きく変動したためである。周波数が小さくなった発電機を、電力系統から切り離して電力系統全体を守る対策がなされているが、これで需給のバランスをうまく保てない場合は大規模停電につながる可能性がある。</p> <p>実際には火力発電・水力発電・原子力発電に加えて、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーなどもふくめたいので、電力の需給のバランスを維持する必要がある。</p>	<p>5 社中、啓林館の教科書のみなので大変評価できません。需給バランスが崩れると大規模停電になることが、北海道胆振東部地震の例を挙げて説明している点も評価できます。願わくは、現在、太陽光や風力などの再エネ発電容量と需要電力量だけを比較している例がありますが、需給バランスを一致させるために、再エネ発電の設備稼働率を計算に入れたいといけなことを記述して下さることを希望します。</p>
<p>【1】電気をためる方法として、水を電気でダムに持ち上げ位置エネルギーに変える揚水発電や、電気エネルギーを化学エネルギーにかえる蓄電池などがある。</p>	
<p>図 23 太陽エネルギーの利用 p. 135</p> <p>●太陽エネルギーの効率的利用 太陽からやってくるエネルギー（p. 148）について、大気による吸収や反射がないと考えた場合、太陽光に垂直な 1 m²の面が 1 秒間に受けるエネルギーの量は約 1.4 kJ（1400 J）であり、この約 50%が地表に届く。1 時間に地球全体にやってくる太陽のエネルギーは、世界全体で人類が使う 1 年間のエネルギーに匹敵する。</p> <p>太陽電池は、この太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変換する。太陽電池で地球全体をおおうわけにはいかないが、なるべく大きい面積の太陽電池のパネルを太陽のほうに向け、太陽光に対して垂直に置くと、より多くの発電量を得ることができる。そのため、屋上と壁の南向きの部分のほぼ全面を太陽電池パネルにした建物もある。また、太陽電池のパネルに当たった光のエネルギーが電気エネルギーになる割合を改良する研究も行われている。現在、家庭などで使われている太陽電池が光エネルギーを電気エネルギーに変換する割合は 22%程度に達していて、研究では 40%をこえているものも開発されている。</p> <p>そのほか、太陽のエネルギーを利用したものとしては、太陽熱温水器や温室などがある（図 23）。</p>	<p>「1 時間に地球全体にやってくる太陽のエネルギーは、世界全体で人類が使う 1 年間のエネルギーに匹敵する」との記述は正確ですが、このことを太陽光発電の説明と同じ箇所に記述するのは誤解を与える恐れがあります。地球に届くエネルギーを太陽光発電として利用できるのはごくごく一部であり、少なくとも現状では太陽光発電が大容量かつ安定的な電源になっていないので、例えば、「・・・に匹敵する程膨大であるが、太陽光発電として利用できるのはこのうちのごく一部であることに注意を要する」とするのが適切と考えます。</p>
<p>図 24 大学の校舎にとりつけられたソーラーウォール（鳥取県鳥取市） アルミパネル折板で集めた太陽熱などを暖房に利用する、大規模なソーラーウォール。</p>	
<p>見てみよう！自然のエネルギーを利用した発電 p. 136</p> <p>風力発電 風の力で発電機を回す、つまり風の運動エネルギーを利用して、電気エネルギーに変換するのが風力発電である。ある程度の風の強さが必要だが、発電するときに二酸化炭素などを排出しない。風力発電の設備は、風がある程度強いところに建てられている。</p>	
<p>水力発電 水力は、水車を回す動力などとして昔から利用されてきた自然のエネルギーの 1 つである。水が落下するときのエネルギーを利用して発電機を回す、つまり位置エネルギーを電気エネルギーに変換するのが水力発電である。</p>	
<p>風力発電は、太陽のエネルギーであたためられた空気が上昇し、気圧の差が生じて風がふくことを利用したもので、水力発電は、太陽のエネルギーによって蒸発した水蒸気が雨となり、ダムにたくわえられた水を利用したものである。このように、太陽光発電だけでなく、風力発電や水力発電も、エネルギーの源は太陽だといえる。</p>	
<p>地熱発電 地熱によって得られた蒸気で発電機を回す、つまり熱エネルギーを電気エネルギーに変換するのが地熱発電である。地下の火山活動がさかんで地熱が高い地域でしか発電できないが、発電するときに二酸化炭素などを排出しない。また、</p>	

太陽光や風力による発電に比べて、天候に左右されにくい。	
<p>●ヒートポンプ p. 137 熱はひとりでに高温のところから低温のところへ移動するが、その逆は起こらない。しかし、エアコンで室内を冷房したり、冷蔵庫の中を冷やしたりするには、低温のところから高温のところへ熱を移動させなければならない。このとき使う装置をヒートポンプという。これによって、室内の空気がもつ熱運動のエネルギーの一部を、室外よりは高温になっている室内に移すことで、室内の温度を上げる。このとき、電気などのエネルギーを投入する必要がある。物体の温度などの条件によっては、投入したエネルギーの6倍もの熱を移動させることができる。エアコンによる暖房では、電熱器での暖房と同じだけの熱量を得るのに、およそ1/4～1/7の電気エネルギーですむ。したがって、エアコンによる暖房は、省エネルギーを可能とする「エコ」な暖房方法といえる。</p>	
図 25 ヒートポンプの原理（冷房時）	
図 26 エアコンによる冷房	
<p>Topic 冷暖房を効果的に使うには 石油ストーブ、電気ストーブ、エアコンという身近な3つの暖房装置を比較してみよう。石油ストーブでは、灯油を燃焼させて発生する熱が暖房に使われる。この発熱量で火力発電をするとエネルギー効率は50%程度なので、石油ストーブを1とすると、電気ストーブでは0.5しか暖房できない。しかし、発電した電気でエアコンを動かすと、0.5の4～7倍、すなわち、2～3.5の暖房ができる。エアコンでのこれだけの熱がどこからくるかという点、2～3.5のうちの0.5はエアコンを動かすのに使った電気エネルギーで、残りは温度の低い外気から奪った空気中の分子の熱運動のエネルギーである。したがって、エアコンは寒い外気をさらに冷やしていることになる。</p> <p>この暖房能力をより効率よく使うには、どうすればよいか。ただエアコンを運転しているだけでは、あたためられた空気は上昇して天井付近にたまり、足元は寒い。これを防ぐためには、天井扇風機などを利用し、天井付近にたまった暖気が下方に流れるようにするとよい。また、鉄筋コンクリートの建物では、建物そのものをあたためることに熱を奪われるので、断熱材や木製の壁で室内からコンクリートへの熱伝導を少なくするとよい。また、昼の太陽日射の熱でコンクリートがあたためられているのがよい。</p> <p>夏の冷房時は、どうすればよいか。すだれや植物で建物への日ざしをさえぎって建物の温度が上がらないようにしたり、コンクリートから室内への熱伝導を少なくする断熱壁を設置したりすると、冷房のききがよくなる。冷房をしているときは、消費した電気エネルギーと、室内の空気から奪った空気中の分子の熱運動のエネルギーの和が、室外に出ていくので、暑い外気をさらにあたためていることになる。</p>	
<p>新エネルギーとエネルギーの有効利用 p. 190 乗り物や照明、冷暖房など、現代の人間生活はエネルギーがなければ成り立たない。しかし、現在大量に使用されている化石燃料は、そのうち枯渇する。また、化石燃料の使用によって排出される二酸化炭素や有害物質は、地球温暖化や大気汚染の大きな原因の1つになっている。そして、ウランなどを使用する原子力発電では、発電中に二酸化炭素を排出しないが、生成した放射性物質をきわめて長い年月、安全に管理する必要がある。</p> <p>これらに対して、太陽光発電や風力発電、波力発電などの「新エネルギー」は、太陽が輝いているかぎり枯渇することはない。また、発電中は二酸化炭素や有害物質が排出されないという利点もある。しかし、人間生活に必要なとき必要なだけ手に入るわけではない。したがって、いったん何かのエネルギーに変換してたくわえておかないと利用しにくい。さらに、今のところ、化石燃料を使った発電よりもコストが高くなるという大きな欠点もある。</p> <p>各種エネルギーはたがいに別のエネルギーに変換可能で、そのさい、エネルギーの総量は増減しない。しかし、現在のところ、電気エネルギーを得るための火力発電では、化石燃料がもっている化学エネルギーの半分以上が熱エネルギーとなってしまう。このようなエネルギーの変換のさいの効率を上げる技術や、むだにしていた熱エネルギーを給湯などに利用するというエネルギーの有効利用技術を向上させることも重要である。</p>	
テーマ例7 新エネルギーとエネルギーの有効利用	
課題 新エネルギーの開発やエネルギーの有効利用に関する技術開発について調べる。	

<p>調査・研究 新エネルギーやエネルギーの有効活用に関する技術は、どのようなものが開発されてきているか、調べてみよう。また、それらにはどのような長所・短所があるか、調べてみよう。</p> <p>考察 新エネルギーやエネルギーの有効利用に関する技術開発には、どのような特徴と問題点があるか。また、それらの技術は人間生活にどのような恩恵と弊害があるか。</p>	
<p>太陽のエネルギーの利用 p.191 世界のエネルギー消費量は、急激な人口増加と産業の発展にともなって増加してきた(図a)。わたしたちの生活が便利になればなるほど、個人の消費エネルギーも増加している。現在、必要なエネルギーの多くは石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料によってまかなわれている。しかし、これらの資源は有限で、使い続けられれば枯渇してしまい、短期間で再生することは不可能である。また、化石燃料の使用によって温室効果ガスである二酸化炭素が大量に排出され、地球温暖化への影響が心配されている。そのため、持続可能な社会をめざして、化石燃料にかわるエネルギー源の開発に力が注がれている。太陽のエネルギーもその1つで、家庭でも利用されるようになってきた。ここでは太陽のエネルギーの利用について考えてみよう。</p>	
<p>テーマ例8 太陽熱を利用する装置の製作</p> <p>課題 太陽のエネルギーはどのように利用できるか。また、その長所・短所にはどのようなものがあるか研究しよう。</p> <p>調査・研究 太陽熱を利用して調理に使う装置をつくり、湯を沸かしてみよう。そのような装置はソーラークッカー(太陽熱調理器)とよばれ、「ボックスタイプ」、「パネルタイプ」、「凹面タイプ」がある。この中では「凹面タイプ」がもっとも高温にすることができる。これをつくるには、なめらかな凹面の形をした鍋のふた、あるいは段ボールとアルミニウム箔を使ってもよい(図b)。</p> <p>太陽光が集まる位置に、水を入れた飲料用の缶(外側は黒くぬっておく)を固定できるようにくふうする。何℃まで温度が上昇するか測定してみよう。</p> <p>考察 太陽のエネルギーを利用するうえで、どのような長所・短所があるか。以下の項目に注目して調べてみよう。</p> <p>①得られるエネルギー量 ②設備をつくる費用やその維持費 ③環境に与える影響 ④エネルギー供給の安定性 ⑤資源の持続性</p>	
<p>図a 世界の人口とエネルギー消費量 「世界の統計(2018)」および「エネルギー・経済統計要覧2018」より。</p>	
<p>図b 凹面タイプのソーラークッカー</p>	
<p>【1】凹面鏡のように、光を反射させて、光を集める。凹面鏡については、第3部第1章 p.98を参照。</p>	
<p>数研出版 704 科学と人間生活</p>	
<p>序編 科学技術の発展 人間生活の歴史 エネルギーの歴史 p.13 私たちが、便利で豊かな生活を送ることができるのは、さまざまな科学技術の発展のおかげである。しかし、科学技術の発展が私たちにもたらしたのは、必ずしもプラスの側面だけではない。資源の枯渇や環境・生態系への影響といった問題を引き起こしているのも事実である。</p>	
<p>●化石燃料の時代 蒸気機関の発明と電気の発見により、19世紀終わり頃から、石炭や石油などの化石燃料を燃やし、蒸気力力でタービン(→p.148)を回転させて発電する火力発電が実用化されてきた。一方で、水力発電や風力発電も同時期につくられるようになった。火力発電は、水力発電や風力発電に比べて建設場所の選択幅が広く、燃料も比較的安定に供給できるため、20世紀の発電の主力となってきた。20世紀中頃には、火力発電の問題点として、化石燃料の枯渇や二酸化炭素の排出といった点が指摘されるようになった。これにより、化石燃料に依存しない原子力発電の利用が始まり、日本でも、多数の原子力発電所が建設されたが、<u>放射性物質の危険性とその廃棄方法についての問題点があり</u>、利用していくうえで解決すべき問題となっている。</p>	<p>「放射性物質の危険性と其の廃棄方法についての問題点があり」とありますが、実態と比べてやや誤解を受ける表現と考えます。例えば、「事故のリスクと放射性廃棄物の処分方法について問題点があり」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>●持続可能な社会をつくるために 21世紀になると、化石燃料に依存せず、永続的に利用できる再生可能エネルギーによる発電の発展が望まれるようになってきた。人類が古くから利用してきた風力や水力に加え、太陽光や地熱、潮汐力といった自然界にあるエネルギーを上手に利用していくことが、持続可能な社会をつくっていくうえで大切である。</p>	

<p>やってみよう！ さまざまな発電方法について調べてみよう。私たちの次の世代にこの豊かで快適な生活を繋ぐためには、化石燃料に頼ることなく、再生可能エネルギーを利用していくことが必要である。再生可能エネルギーを利用した発電方法について調べ、それぞれの利点や欠点について話し合ってみよう。</p>	
<p>第1章 光の性質とその利用 ⑥電磁波 B 電磁波の分類 p.124 電磁波は波長（または振動数）によって性質や作用が異なるため、さまざまなよび名がつけられている。これまで学習してきた紫外線、可視光線、赤外線のほか、紫外線より波長の短いX線、γ線や、赤外線より波長の長い電波がある。電磁波を波長で分類すると、表2のようになる。</p>	
<p>C 電磁波の性質 p.125 （省略）同じ電磁波のなかまでも、波長によって性質が異なる。波長が長い電波は、多少の障害物があっても回折しながら進むことができる。このため、長距離通信に利用される。光（可視光線や赤外線、紫外線）は、電波よりも波長が短いため障害物があるとさえぎられる。また、吸収されると発熱したり、化学反応を引き起こしたりすることもある。さらに波長が短いX線やγ線は、物質を透過する性質があるが、生体に有害な作用もある。このようにさまざまな性質をもつ電磁波があり、それぞれの特徴をいかして、日常生活に利用されている。</p>	
<p>チェック □ 電磁波の種類には、波長が長い順に、電波、赤外線、可視光線、紫外線、X線、γ線がある。</p>	
<p>コラム 謎の光？X線 1895年、レントゲン（ドイツ）は、放電管から正体不明の放射線が出ていることを発見した。この放射線は、物質を透過してその背後にある蛍光板を光らせる性質があった。数学では未知数を表すときに「エックス」を用いることから、彼は発見した放射線を「X線」と命名した。</p>	
<p>⑦ 電磁波の利用 p.127 D X線とγ線 紫外線よりも波長が短い電磁波としてX線やγ線がある。X線やγ線は放射線でもあり透過力が強いいため、レントゲン写真やX線CTによる医療診断（図33㉔）、手荷物検査（同図㉕）、金属内部の傷やひびを調べる非破壊検査、がん治療（同図㉖）などに利用されている。その一方で、人体には有害であり、細胞を傷つけたり、がんの原因となったりすることもある。</p>	
<p>図33 ㉔X線CT ㉕手荷物検査 ㉖ガンマナイフ ㉔は、さまざまな方向からのX線撮影で人体の内部構造を画像化できる。㉖は、脳内の病巣にγ線をピンポイントで照射できる。</p>	
<p>チェック □ 例えば、電波は情報通信、赤外線は暖房器具や赤外線センサー、紫外線は殺菌や蛍光物質の発光、X線やγ線は医療分野などに利用されている。</p>	
<p>第2章 熱の性質とその利用 ⑤ エネルギーの移り変わり p.146 A いろいろなエネルギー 運動している物体（図14）高い所にある物体（図15）は他の物体に対して仕事をするができる。このように物体が仕事をする能力をもつとき、物体はエネルギーをもつという。エネルギーの単位には、ジュール（記号J）が用いられる。中学校で学んだ力学的エネルギー以外にもいろいろなエネルギーがある。 熱エネルギーは物体をつくる粒子それぞれの熱運動のエネルギーを足しあわせたものである。 電気エネルギーは静電気や電流など、電気をもつエネルギーである。電池につながれたモーターが回転するように、電気製品は電流を流すことでさまざまな仕事をしている。 光エネルギーは可視光線、赤外線や紫外線など電磁波（p.124）がもつエネルギーである。太陽電池では光から電力を得ることができる。 化学エネルギーは物質がもつエネルギーで、化学反応により熱や電気として取り出せる。乾電池は化学反応により電力を生み出している。 核エネルギーは物質を構成する原子の原子核がもつエネルギーである。化学反応では原子核は変化しないが、核反応とよばれる反応では原子核が変化し、反応の前後でエネルギーが入り出す。原子力発電では、ウランなどの核反応で放出されるエネルギーを利用している。</p>	

<p>B エネルギーの変換 床の上で物体をすべらせると物体はいずれ止まってしまうが、物体は摩擦熱によって運動前より少し温かくなる (図 16)。このとき、物体の運動エネルギーが熱エネルギーに変わっている。また、太陽電池では太陽光の光エネルギーを電気エネルギーに変換している。このように、使われたエネルギーは別の種類のエネルギーに変換されており、私たちの身まわりでは、いろいろなエネルギーの変換が行われてい (図 17)。 エネルギーが移り変わるようすをいくつかの実験で確認してみよう (観察・実験④)。</p>	
<p>図 15 ダムに蓄えられた水 (富山県黒部ダム)</p>	
<p>活用 エネルギー変換の例 いろいろなエネルギー変換を示す図 17 (次のページ) の㉔～㉚に当てはまる例をあげよ。</p>	
<p>図 17 いろいろなエネルギーの変換 p. 147</p>	
<p>観察・実験④ エネルギーを変換してみよう 目的 さまざまなエネルギーが相互に変換されることを理解する。 方法 (①～④は、それぞれ別の実験である) ① 太陽電池で蓄電し、モーターを回す。 ② 熱電素子で発電し、モーターを回す。片側を手のひらで温め、反対側を保冷剤で冷やすと発電する (熱電素子は、温度差を与えることによって発電する)。 ③ 果物電池で発電し、発光ダイオードを点灯させる。 ④ 生石灰に水を加える。 注意! ④では、保護メガネを着用すること。また、ビーカーの底の部分が熱くなるのでやけどに注意する。 考察 ①～④では、それぞれどのエネルギーからどのエネルギーに変わっているだろうか。</p>	
<p>チェック <input type="checkbox"/> エネルギーには、力学的エネルギー・熱エネルギー・電気エネルギー・光エネルギー・化学エネルギー・核エネルギーなどがある。 <input type="checkbox"/> 使われたエネルギーは別の種類のエネルギーに変わっている。</p>	
<p>⑦ エネルギー資源の利用 p. 150 A いろいろな発電 手回し発電機では、ハンドルを手で回すことで電力を生み出すことができる (やってみよう⑤)。これを火力発電で例えれば、ハンドルはタービン、手はタービンを回す高温の水蒸気ということになる。このように、発電はタービンを回して電力を生み出すものが多く、いかにしてタービンを回すかによっていくつかの発電方法がある。 火力発電は、化石燃料を燃焼させて水を水蒸気に変え、水蒸気の勢いでタービンを回し発電する。 水力発電は、水が流れる勢いでタービンを回し発電する。高低差が必要なので山間部に多く設置される (図 22)。 原子力発電は、ウランなどの核反応の際に放出される熱エネルギーを利用して水を水蒸気に変え、火力発電と同様に水蒸気の勢いでタービンを回して発電する。 地熱発電は、地下のマグマの熱を利用して生成した蒸気でタービンを回して発電する (図 23)。 風力発電は、発電機に接続された風カタービンを風で回して発電する (図 24)。 タービンは用いられないが太陽光発電も発電方法の 1 つである。太陽光発電では、光エネルギーを電気エネルギーに変換することができる太陽電池を用いて発電している (図 25)。</p>	
<p>やってみよう⑤ 手回し発電機で電球を点灯させよう 手回し発電機を回して、電球を点灯させる。</p>	
<p>図 22 水力発電のしくみ</p>	
<p>図 23 地熱発電 八丁原発電所 (大分県玖珠郡九重町)</p>	
<p>図 24 風力発電 宗谷岬ウインドファーム (北海道稚内市)</p>	
<p>図 25 太陽光発電 扇島太陽光発電所 (神奈川県川崎市)</p>	

<p>B エネルギーの効率的な利用 p. 151 古くから多くの人が永久機関をつくろうと試みてきた。永久機関とは、一度動かすとその後は外部からエネルギーを与えなくても永久に仕事を続ける装置 (図 26) のことである。しかし、これらの試みはすべて失敗に終わり、現在の科学では永久機関は存在しないと考えられている。また、p. 148 で学んだように、熱をすべて仕事に変換することはできない。そのため、エネルギーを効率的に利用することが大きな課題になっている。</p> <p>火力発電では化石燃料の使用量と二酸化炭素の排出量を減らすため、熱効率を高めることが課題とされていた。従来の火力発電の熱効率は 40%程度であったが、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた複合サイクル (コンバインドサイクル) 方式①を導入することで、50%をこえる熱効率で発電できるようになった。</p> <p>発電によって電力だけでなく、その際に放出される熱 (排熱) も供給し、給湯や暖房などに利用するしくみをコージェネレーションシステムという (図 27)。オフィスビルや工場病院、ホテルなどの施設のほか、最近では家庭に導入されることも増えてきている。</p>	
<p>図 26 永久機関の失敗例 一度スクリュウに回転を与えると永久に回転が続くと考えられたが、実現不可能である。</p>	
<p>① 燃料を燃やすときに生じる燃焼ガスでガスタービンを回し、さらにその排気ガスの熱で水蒸気を発生させてタービンを回している。</p>	
<p>図 27 コージェネレーションシステム</p>	
<p>チェック</p> <p><input type="checkbox"/> 発電には、火力発電・水力発電・原子力発電・地熱発電・風力発電・太陽光発電などがある。</p> <p><input type="checkbox"/> エネルギーを効率的に利用する技術には、複合サイクル方式やコージェネレーションシステムなどがある。</p>	
<p>Newspaper p. 158</p> <p>●ワット ワット (記号 W) は、電力の単位である (→p. 145)。記事の「キロ・ワット時」は、電力量の単位で記号は kWh とかく。1 kWh は 1 キロワット (1 kW = 1000W) の電力で 1 時間 (1 h) 発電したときの電力量である。</p>	
<p>●再生可能エネルギー 再生可能エネルギーとは、太陽光や太陽熱、水力、風力、地熱、バイオマスなどのように、自然環境の中でたえず資源が補給され、利用される以上に再生し、枯渇するおそれが少ないエネルギーのことをいう (バイオマスとは、木材、生ごみ、動物の死骸・ふん尿など動植物に由来する資源である)。</p>	
<p>●圧力を加えると電圧が生じる特殊なセラミック 陶磁器やガラスなどは、セラミックスとよばれ土や砂などの無機物を高温で焼き固めたもので、硬くて耐熱性もあり、さびることもない。</p> <p>セラミックスの中には、圧電体とよばれる電圧をかけると伸び縮みし、逆に力を加えると電圧を発生するものがある。「発電床」にはこのような圧電体セラミックスが使われる。</p>	
<p>未来をひらくサイエンス p. 159</p> <p>エネルギーと私たちの暮らし</p> <p>●エネルギー資源と発電がもたらした便利な生活 明治時代に日本初の発電所がつくられて電灯がともされ、エレベーターや路面電車が登場した。大正から昭和にかけて、一般家庭にも電灯が普及し、ラジオ放送が始まった。第二次世界大戦後は、テレビ放送が始まり、家庭には三種の神器 (冷蔵庫、洗濯機、テレビ) をはじめ次々と電化製品が普及していった。このように、発電による電気エネルギーの供給は、近代の大きな経済成長を実現し、人々の暮らしを豊かにする原動力となってきた。</p> <p>初期は水力発電が日本の発電方式の主流であったが、1960 年代からは火力発電が主流となり、現在は発電量の約 8 割が火力発電で供給されている。1970 年代から原子力発電が登場し、1990～2000 年代は発電量の約 3 割を供給していたが、現在の発電量は少ない。</p>	<p>原子力発電について触れていることを評価したいと考えますが、「・・・現在の発電量は少ない」には理由があるので、例えば、「・・・2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故の影響のため現在の発電量は少ない」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>●これからのエネルギー供給の課題 現在主流の火力発電では、天然ガス、石炭、石油などの化石燃料を消費している。化石燃料はいつか尽きてしまう限りある資源であり、現在の状況が続くと、採掘可能な年数は、石炭が 100 年超、石油と天然</p>	<p>「しかし、原子力発電には・・・を乗り越えていく必要がある。」との記述は適切な取り上げ方と評価</p>

<p>ガスは50年ほどと考えられている。また、化石燃料の消費は、地球温暖化のおもな原因である二酸化炭素（CO₂）の排出を伴う。資源枯渇の問題とCO₂排出量の削減は地球規模で解決すべき大きな課題となっている。</p> <p>原子力発電は、燃料単価が安く、省資源でCO₂を排出することなく大量の電力を安定して供給する発電方式として期待されてきた。しかし、原子力発電には原発事故のリスクがあり、また厳重な放射線管理や放射性廃棄物の適切な処理・貯蔵・処分の問題を乗り越えていく必要がある。</p>	<p>したいと考えます。</p>
<p>●新エネルギーによる発電 太陽光、風力、地熱バイオマスなど地球環境から常に得られる資源を利用した、再生可能な新エネルギー（→p. 215）による発電方法が注目され、実用化されている。新エネルギーによる発電量の割合は現在1割程度であるが、年々増加しており、水力発電を加えた再生可能エネルギーによる発電量の割合は2割弱になっている。再生可能エネルギーの利用は、資源枯渇の心配がない、CO₂の排出が少ない、などの利点があり、エネルギー自給率の向上と地球温暖化問題への対応に優れている。</p>	
<p>図B 日本の発電の供給割合（「エネルギー白書2019」をもとに作成。）</p>	<p>電源構成の経年変化が掲載されているのは発行5社中、数研出版のみであり、評価できると考えます。</p>
<p>図C 新エネルギーによる発電</p>	
<p>問い 新エネルギーによる発電にはどのようなものがあり、どのような課題があるだろう（→p. 215）。</p>	
<p>課題研究6 新エネルギーによる発電 p. 215</p> <p>新エネルギーは、エネルギーの安定供給や環境問題への対応から、発電分野と熱利用分野で実用化の研究や普及への取り組みが進められている。ここでは、新エネルギーを利用した発電について研究してみよう。</p> <p>仮説 化石燃料の枯渇や地球の温暖化、原子力発電の安全性などの問題から、新エネルギーによる発電の研究と開発が進められている。しかし現時点ではそれらの発電はまだ十分に普及しておらず、実用化に何らかの課題があると思われる。</p> <p>準備 書籍、インターネットに接続できるコンピュータ</p> <p>手順</p> <p>①新エネルギーを利用した発電の資料を収集する。</p> <p>(1) 書籍やインターネットを利用して資料を収集する。</p> <p>(2) 近くに科学館や新エネルギーによる発電施設があれば見学に行き、新エネルギーに関する展示物を見たり、それらに関する資料を収集する。</p> <p>②収集した資料をもとに、それぞれの発電方式について、次のことを調べる。</p> <p>(1) 発電の原理や発電施設のしくみはどのようなものか。</p> <p>(2) 性能（出力や発電効率など）はどれくらいか。</p> <p>(3) それぞれの発電方法はどのような所に導入されているか。また、それぞれにはどのような利点と難点があるか。</p> <p>(4) 実用化や普及促進のためにどのような取り組みが行われているか。</p> <p>③発電の原理や発電施設のしくみについては、図やイラストにしてまとめてみる。</p> <p>考察 新エネルギーを利用した発電方式の性能、利点・難点などについては、比較できるように表にまとめてみる。</p> <p>(1) それぞれの発電設備の設置は、地理的にみてどのような場所が可能（または理想的）と考えられるか。</p> <p>(2) それぞれの発電方式の実用化や普及で課題となっている点は何か。</p> <p>【1】法律では「技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入をはかるために特に必要なもの」と定義されている。新エネルギーには、太陽光発電や風力発電バイオマス熱利用などがある。</p> <p>【2】新エネルギー関連のホームページの例</p> <p>・経済産業省資源エネルギー庁</p>	

<p>・国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構</p> <p>【3】 事前に、公開している（見学可能）かどうかを確認し、必要があれば申しこむこと。</p>	
<p>課題研究 7 発電効率のよい太陽光パネルの設置方法</p> <p>太陽からの光エネルギーを電気エネルギーに変える太陽光パネルは、どのように設置するのがよいのだろうか。パネルの角度や向きを変えたときに、流れる電流を測定し、単位時間当たりの発電が最大になるのはどのような条件のときかを調べてみよう。</p> <p>仮説 太陽の南中時における発電量を最大にするには、太陽光パネルを南向きに設置し、太陽光が垂直に当たる角度に傾けるのがよいと思われる。</p> <p>準備 太陽光パネル、電流計、分度器、カメラ用の三脚、回転台</p> <p>手順</p> <p>(1) 太陽光パネルと電流計を導線で接続し、発電によって電流が測定できることを確認する。</p> <p>(2) 太陽光パネルの傾斜角 (θ) による発電量の違いを調べる。太陽高度 (h) がある程度高い時間帯に太陽光パネルを太陽の方角に向け、θ を $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で変化させ、電流 (I) の値の変化を記録する。h の値も記録しておく。</p> <p>(3) 太陽光パネルの向き (ϕ) による発電量の違いを調べる。回転台にのせたパネルの角度を (2) での最適角に固定し、太陽南中時に、$\phi = 0^\circ \sim 360^\circ$ (北を $\phi = 0^\circ$, 時計回りに 360° まで) の範囲でパネルを回転させ、電流 (I) の値を記録する。</p> <p>考察</p> <p>①太陽光パネルの傾斜角 (θ) と電流 (I) の関係を調べる。</p> <p>(1) θ と I のグラフをかき、I が最大となるときの θ_{\max} を求める。</p> <p>(2) θ_{\max} と h にはどのような関係があるか。</p> <p>②太陽光パネルの向き (ϕ) と電流 (I) の関係を調べる。</p> <p>(1) ϕ と電流 I の関係をグラフにかき、I が最大となるときの ϕ_{\max} を求めよ。</p> <p>(2) ϕ_{\max} は、どのような向きになるだろうか。</p> <p>(3) ①, ②より、発電量が最大となるように太陽光パネルを設置するには、どのようにしたらよいだろうか。</p> <p>③さらに、次の (1) ~ (3) について調べ、1年間を通した発電量について考える。</p> <p>(1) 天気と発電量にはどのような関係があるだろうか。</p> <p>(2) 1日の中で、時刻とともに太陽高度が変化したとき発電量はどのように変化するだろうか。</p> <p>(3) 季節が変化したとき、1日当たりの発電量は、どのように変化するだろうか。</p> <p>【1】 単位時間当たりの発電量は電力である。電流を I、抵抗を R とすると、回路で消費される電力 P は $P = IR^2$ となる。これより、電流 I が最大のときに発電量 P も最大となる。</p> <p>【2】 太陽の南中高度は、季節によって変化する (→p.172)。そのため、1年間を通した発電量を考えることで、発電効率のよい設置方法を考える。</p> <p>図 A 実験装置</p> <p>！注意 実験を行うときは、太陽を直接見ないように気をつける。</p>	
<p>第一学習社 705 高等学校 科学と人間生活</p>	
<p>序章 科学技術の発展 2 エネルギー資源の活用と交通手段の発展 p.4</p> <p>大量消費から持続的な活用へ</p>	

<p>1 人類が利用してきたエネルギー かつて人類は、木と木をこすりあわせて火をおこし、暖をとった。また、捕獲した動物を焼いて食べた。このような、火による熱のエネルギーは、人類が利用した最初期のエネルギーの1つと考えられている。</p> <p>やがて、木材が薪として使用され始めた(図14)。木材から木炭もつくられ、暖房や炊事に用いられるようになった。その後、農耕が行われるようになると、風車や水車などを使って、風力や水力①が利用された。このように、18世紀の産業革命がおこるまで、人類が使用するエネルギーは、自然現象によって得られるエネルギーが中心であった。</p>	
<p>2 蒸気機関の開発 17世紀になって、高温にした水蒸気の高い圧力を利用した熱機関②の製作が試みられた。ニューコメン(1663-1729, イギリス)は、1712年、鉱山の湧き水をくみ出すために、蒸気機関③を動力源とするポンプを製作した。しかし、この蒸気機関は、効率が悪く、十分な成果を上げることができなかった。</p> <p>ワットは、1769年、従来の蒸気機関を改良し、効率のよい蒸気機関を新たに開発した(図15)。</p>	
<p>図【14】かまど 我が国では昭和30年代(1960年頃)まで、かまどで薪(木材)を燃やし、食材を煮炊きしていた。</p>	
<p>① 風や流水のエネルギーは、太陽エネルギーがその源である。</p> <p>② くり返し熱を仕事に変換する装置である(p.123)。</p> <p>③ 水蒸気を利用した熱機関の一種である。</p>	
<p>図【15】ワットと蒸気機関</p>	
<p>図【16】スチーブンソンと蒸気機関車</p>	
<p>3 石炭の大量消費 p.5 蒸気機関は、炭鉱や紡績工場、交通機関などで広く利用されるようになった。交通機関への利用例には、スチーブンソンの蒸気機関車などがあり(図17)、人や物の大量輸送が可能になっていった。このような大型動力の導入は、生産力を増大させ、18世紀後半に始まる産業革命の原動力となった。また、蒸気機関の普及によって、燃料である石炭の大量消費が始まった。</p>	
<p>4 ガソリンエンジンの発明 産業革命以降も、蒸気機関の改良や、エネルギーの利用効率を向上させるための研究が盛んに行われた。そのようななか、オットー(1832-1891, ドイツ)は、1876年、内燃機関④のエンジンを開発した(図17)。</p> <p>その後、ダイムラーは、これを改良してガソリンエンジンをつくり、二輪車や馬車に取りつけて走行試験を行った(図18)。</p> <p>ベンツは、1885年、ダイムラーとは別にガソリンエンジンを改良し、三輪自動車を作製した⑤(図19)。</p>	
<p>5 石油の大量消費 フォード(1863-1947, アメリカ)は、1907年、流れ作業を取り入れた工場ですべて自動車を大量生産し、一気に普及させた。さらに、ガソリンなどを燃料とするエンジンを積んだ飛行機が開発されると、自動車の普及と相まって、石油が大量に消費され始めた。</p>	
<p>石炭・石油の利用 石炭は、家庭用の暖房や、鉄の製錬(p.30)などにも利用されていった。また、石油は、エネルギー源としてだけでなく、プラスチックや化学繊維など、さまざまな化学製品の原料としても用いられるようになった(p.21)。</p>	
<p>図【17】オットーのエンジン シリンダー内で可燃性の期待を爆発的に燃焼させ、膨張の圧力でピストンを押し、回転運動に変える。</p>	
<p>④ 燃料の燃焼で生じた高温・高圧のガスを利用する熱機関の一種である。</p> <p>⑤ 現在では、ダイムラーとベンツが自動車の発明者とされる場合が多い。</p>	
<p>TRY! 石炭や石油などの化石燃料を大量消費することが、環境にどのような影響をおよぼしていったのかを調べ、まとめてみよう。</p>	
<p>図【18】ダイムラーと自動車</p>	
<p>図【19】ベンツと自動車</p>	
<p>6 エネルギー資源の有効活用 p.6 19世紀になると、発電技術が発展し、社会生活における電気の利用が進んでいった。それに伴って、発電に要する化石燃料の消費量は、ますます増大した。</p>	

化石燃料の大量消費が続くと、その枯渇や、環境の悪化が問題視されるようになった。そのため、化石燃料の代替として、核エネルギーのほか、太陽光・地熱・風力などの再生可能エネルギーが利用されるようになってきた（図 20）。また、エネルギーを効率よく活用するための技術開発も進められるようになった。	
図【20】太陽光発電	
フォトギャラリー 移り変わるエネルギー p. 124 エネルギーには、さまざまな形態のものがある。これらは相互に移り変わるが、その総量は変化しないことが知られている。 ① 光合成 ② 太陽 ③ ホタルの光 ④ LED ⑤ 蒸気機関車 ⑥ 電池	
エネルギーの変換と利用 p. 125 わたしたちは、さまざまな形態を別の形態のエネルギーに変換して利用している。 ⑦ 太陽電池 ⑧ 使い捨てカイロ ⑨ 電車 ⑩ IH コンロ	
TRY! ①～⑩の写真は、上図のA～Jのどれに最もよくあてはまるのかを考えてみよう。	
第1節 光の性質とその利用 7 エネルギー資源の有効活用 p. 126 ① 化石燃料の消費と地球環境 わたしたちは、石油などの化石燃料をおもなエネルギー源として、日常生活を営んでいる。化石燃料は、埋蔵量に限りがあり、大量消費が続けば、やがて枯渇する。また、化石燃料の大量消費は、大量の二酸化炭素の放出につながる。大気中の二酸化炭素の増加は、地球の温暖化を招くと考えられており、エネルギー資源の効率的な活用は、わたしたちの生活と地球環境を守るうえで重要である。	
② 省エネルギーの試み 無駄を省いて、エネルギーをより効率的に使用する取り組みは、省エネルギーとよばれる。	
ハイブリッドカー ガソリンエンジンと電気モーターを組み合わせて動く自動車をハイブリッドカーといい、走行状況に応じて、効率のよい方の動力源が使われる（図 21）。たとえば、発進時にはモーターが使われ、一定の速度に達するとエンジンに切り替わる。また、減速時には、モーターが発電機として使われ、得られた電気エネルギーは、バッテリーにたくわえられる。そのため、エンジンだけの自動車よりも、ガソリンの消費量を抑えられる。 現在、全世界で消費される石油の半分以上は、自動車によるものとされている。自動車の石油依存を減らすことによって、二酸化炭素などの排出量を抑えることもできる。	
コージェネレーションシステム 火力発電所では、化石燃料を燃焼させて得られた熱エネルギーを電気エネルギーに変換している。このとき、電気エネルギーに変換されなかった残りの熱エネルギーを、給湯や暖房などに利用することによって、全体のエネルギーの利用割合を高めることができる。このように、電気と熱を同時に利用するしくみをコージェネレーションシステムという（図 22）。 コージェネレーションシステムにおけるエネルギーの利用割合は、75～80%に達している。	
?考えよう エネルギー消費を有効に活用するためには、どのようにすればよいのだろうか。	
図【21】ハイブリッドカー モーターと発電機は、同じ構造の装置である。電気エネルギーを回転の運動エネルギーに変換するときは、モーターとして、回転の運動エネルギーを電気エネルギーに変換するときは、発電機として用いられる。	
Plus 近年では、ハイブリッドカーだけでなく、電気モーターだけで走る電気自動車も増えている。	
図【22】コージェネレーションシステム	
Tips コージェネレーションシステムは、工場、病院、商業施設など、特に熱エネルギーを多く消費する場所で導入されている。	
③ エネルギー資源の開発 p. 127 化石燃料に代わる新しいエネルギー資源の開発が進められている。	
太陽光発電 太陽光のエネルギーを、太陽電池で電気エネルギーに変換する発電を太陽光発電という（図 23）。 太陽光のエネルギーは枯渇の心配がなく、また、発電時に二酸化炭素を発生しない。そのため、地球環境に影響をおよぼさないエネルギー源として注目され、開発が進められている。しかし、発電量が天候に左右されるなどの課題もある。	太陽光発電の課題として「発電量が天候に左右されるなどの課題もある」が明確に記述されており、評価できると考えます。

<p>風力発電 風のエネルギーを利用した発電を風力発電という (図 24)。風力発電には、発電時に二酸化炭素を発生しないことや、他の発電方法に比べて経費を抑えられるなどの利点がある。その一方で、発電量が風の状況に左右されるほか、発電施設で騒音が生じるなどの課題がある。</p>											
<p>地熱発電 火山地域の熱水や水蒸気から取り出される熱を地熱という。日本列島は、火山が多く存在し (p. 150)、地熱に恵まれている。地熱を利用する発電を地熱発電という。地熱発電では、地下から取り出した高温の熱水と水蒸気を発電用タービンに供給し、電気エネルギーを得ている (図 25)。</p>											
<p>振りかえろう 空欄に適する語を記入せよ。 ①ガソリンエンジンと電気モーターを組み合わせて動く自動車を (ア) という。 ②太陽光のエネルギーを利用した発電を (イ), 風のエネルギーを利用した発電を (ウ) という。</p>											
<p>図【23】太陽光発電所 (岡山県)</p>											
<p>図【24】風力発電所 (和歌山県)</p>											
<p>図【25】地熱発電のしくみ</p>											
<p>TRY! わが国において、太陽光発電、風力発電、地熱発電がそれぞれのくくらい利用されているのか調べてみよう。</p>											
<p>Topic バイオマス発電 動植物などの生物からつくり出される再生可能なエネルギー資源をバイオマスという。おもに木材や可燃ごみ、紙、家畜の排出物、廃油などがこれにあたる。 バイオマス発電では、これらを燃焼させて得られる熱を利用し、発電機のタービンを回す。バイオマスの燃焼で生じる二酸化炭素は、次世代の植物の光合成によって再び吸収されると考えられる。そのため、バイオマスは、大気中の二酸化炭素を増加させないエネルギー資源とされている (図 a)。</p>											
<p>図 a バイオマスの利用</p>											
<p>【7】エネルギー資源の有効活用 p. 129</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>システムの名称</th> <th>システム</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ハイブリッドカー</td> <td>ガソリンエンジンと (29) を組み合わせて自動車を動かす。</td> </tr> <tr> <td>コージェネレーションシステム</td> <td>熱機関で変換されなかった残りの熱エネルギーを給湯や暖房などに利用する。</td> </tr> <tr> <td>太陽光発電</td> <td>太陽光のエネルギーを、太陽電池で (30) に変換する。</td> </tr> <tr> <td>地熱発電</td> <td>恵まれた地熱を利用して発電する。</td> </tr> </tbody> </table>	システムの名称	システム	ハイブリッドカー	ガソリンエンジンと (29) を組み合わせて自動車を動かす。	コージェネレーションシステム	熱機関で変換されなかった残りの熱エネルギーを給湯や暖房などに利用する。	太陽光発電	太陽光のエネルギーを、太陽電池で (30) に変換する。	地熱発電	恵まれた地熱を利用して発電する。	
システムの名称	システム										
ハイブリッドカー	ガソリンエンジンと (29) を組み合わせて自動車を動かす。										
コージェネレーションシステム	熱機関で変換されなかった残りの熱エネルギーを給湯や暖房などに利用する。										
太陽光発電	太陽光のエネルギーを、太陽電池で (30) に変換する。										
地熱発電	恵まれた地熱を利用して発電する。										
<p>第2節 光の性質とその利用 7 電磁波の性質とその利用 ② X線とγ線 p. 143 X線 X線の透過写真は、医療における代表的な電磁波の利用例である。X線を最初に医療に応用したのは、X線の発見者、レントゲンである。X線の透過写真は、現在でもレントゲン写真として、広く利用されている (図 29)。 現在では、からだの断層面の画像を得ることができるX線CT (Computed Tomography) も使用されている (図 29)。これは、患者のまわりをX線源と検出器が1周し、体内の組織によるX線の吸収量の違いをもとに、コンピュータに計算を行わせて画像を得る装置である。X線は、物体に照射し、その物体を破壊することなく内部のようすを調べる非破壊検査などにも利用されている。</p>											
<p>γ線 医療分野においては、γ線も利用されており、ガンマナイフなどの装置が開発されている。この装置は、約 200 個の線源から放射される γ線を1点に集め、脳腫瘍などの病巣を壊死させるものであり (図 31)、外科的な手術を行うことなく、短時間で治療を行うことができる。1個の線源から放射される γ線は弱く、進路上の正常な組織には、ほとんど影響を与えない。</p>											

振りかえろう 空欄に適する語を記入せよ。 ① 人工衛星を用いて現在位置を知るシステムは、アルファベット3文字で（ア）とよばれる。 ② レントゲン写真は、（イ）線を利用して、人体の内部を撮影している。 ③ 外科的な手術を行うことなく、病巣を壊死させるガンマナイフは、（ウ）線を利用している。	
人物 レントゲン X線の発見 (1845-1923, ドイツ) レントゲンは、1895年、電極を封入したガラス管の内部を真空にして、高い電圧をかけると、ガラス管内から未知の電磁波が放射されることを発見し、未知数を表すXを用いてX線と名づけた。X線が医療分野に応用されると、肺の透過写真などを撮影できるようになり、医療が飛躍的に進歩した。このような功績などが評価され、レントゲンは、1901年、ノーベル物理学賞を受賞した。	
Tips 植物にγ線を照射し、突然変異を起こさせて、新しい品種をつくる試みもなされている。	
図【29】X線の透過写真	
図【30】腹部の断層撮影	
図【31】ガンマナイフ 線源をヘルメットのように配置させることによって、腹部の病巣にγ線を集中させる。	

【理科（物理基礎）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
東京書籍 701 物理基礎	
4章 エネルギーとその利用 p.228 1節 エネルギーの変換と保存 Let's Start! エネルギーはさまざまに形を変えるが、その量はエネルギーの形によらず単位J（ジュール）で表される。1kJのエネルギーで、どこまで遠くへ行けるだろうか。コーヒーを何杯入れられるだろうか。スマートフォンを何時間使えるだろうか。	
A エネルギーとは何か 私たちはエネルギーを利用して、ものを動かしたり、温めたり、光らせたり、音を出したりしている。「エネルギー」は私たちの生活に欠かせないが、「エネルギーとは何か」という問いに答えるのは、実は簡単ではない。目に見えず、直接測定することもできない「エネルギー」は、人類が長い年月をかけてたどりついた、自然科学の最も重要な概念の1つである。	
? 「エネルギー」とは何だろうか。	
コラム科学史 エネルギー (energy) 概念の成立 右図は、12世紀にインドで考案された永久に回転し続ける装置のアイデアであるが、実際には回転はすぐに止まってしまう。外部からエネルギーの供給なしに永久に仕事をし続ける装置（第1種永久機関）はほかにもさまざま試みられたが、いずれも失敗に終わった。17～18世紀には、物理学者たちは「無」から仕事を生み出すことはできず、仕事を生み出す「何か」が必要であることに気付いていた。蒸気機関の改良で知られるワットは、自身の製作した蒸気機関のした仕事の代価を工場に請求するため「仕事＝力×距離」と定義した。光の研究で知られ、語学にも造詣が深かったヤングは、ギリシャ語の en（前置詞）+ ergon（仕事）に由来する「エネルギーイア (energeia, 仕事をする能力)」を語源とする「エネルギー」を用いることを提唱し（1807年）、 $\frac{1}{2}mv^2$ は運動エネルギー、mghは位置エネルギーと呼ばれるようになった。 1840年、ドイツのマイヤーは、運動と熱、化学的作用、電気、光などに共通する「何か」が存在し互いに転化し合い、その総量は不変であるという、現在の「エネルギー保存の法則」の原型となる着想にたどり着いた。	
B さまざまなエネルギー p.229 これまでに学んださまざまなエネルギーについて、以下にまとめてみよう。	
力学的エネルギー（1編3章） 運動する物体がもつ運動エネルギーと、高い位置にある物体や伸びた（縮んだ）ばねがも	

つ位置エネルギーとを合わせて力学的エネルギーという。	
熱エネルギー （2編1章） 物質の内部エネルギーのうち、物質を構成する原子や分子の熱運動のエネルギーを熱エネルギーという。	
電気エネルギー （2編3章） 蓄えられた電荷が放電するときや、電流が導線を通るときに熱が発生するのは、電荷や電流が電気エネルギーをもつためである。	
光エネルギー （中学校理科） 太陽光が当たると地面の温度が上がったり、電子レンジ内部でマイクロ波を照射された食品の温度が上がるのは、電磁波が光エネルギーをもつためである。	
化学エネルギー （中学校理科） 物質を燃やすと熱が発生するのは、物質内部にエネルギーが蓄えられているためである。化学エネルギーは、化学反応によって熱エネルギーや電気エネルギーなどに変換される。	
核（原子力）エネルギー （中学理科） 放射線を放出するラジウムなどの元素は、同時に多くの熱を発生する。このエネルギーの源は、原子核の内部に蓄えられた核（原子力）エネルギーである。太陽などの恒星や、原子力発電のエネルギー源も核エネルギーである。	
C エネルギーの変換と保存 p.230 ● エネルギー保存の法則 図1のように、エネルギーはさまざまに形を変える（エネルギー変換）が、その総量は変わらない（エネルギー保存の法則）。エネルギー保存の法則は、今日の物理学における最も基本的な法則の1つである。 エネルギー保存の法則 エネルギーはさまざまに形を変えるが、その総量は一定である。	
図1 さまざまなエネルギーの変換	
コラム日常生活 エネルギーの「量」と「質」 熱々のコーヒーをうっかり飲み忘れると、しだいに周囲に熱を散逸して冷めてしまう。逆に周囲から熱を吸収して再び熱々のコーヒーになることはない。 公園のブランコを揺らすと、空気抵抗や支点での摩擦により、振動の力学的エネルギーはしだいに熱エネルギーに変わりブランコは静止する。逆に周囲から熱エネルギーを得てブランコが再び揺れることはない。 このように、エネルギーの移動と変換には方向性がある。これは、ほかの形に変換しやすいエネルギーと変換しにくいエネルギーがあるためである。ほかの形への変換のしやすさを、エネルギーの「質」と表現することがある。熱エネルギーは最も質の低いエネルギーであり、「エネルギーの墓場」とも呼ばれる。	
この節のポイント ・「エネルギー」は「仕事をする能力」として定義する。 ・エネルギーにはさまざまな種類があり、相互に形を変えるが、その総量は変わらない。	
2節 原子核エネルギー① p.231 Let's Start! 高校1年生の健康診断では、胸部X線検査が義務付けられ、1回の検査でおよそ0.05 mSv（ミリシーベルト）のX線を受ける。一方、X線は人体に悪影響を及ぼすことも学んでいる。胸部X線検査は、人体にどれくらいの影響があるのだろうか。	
A 原子の構造 ● 原子の構造 図2のように、原子は原子核と電子からなり、原子核は正の電荷を帯びた陽子と、電荷をもたない中性子で構成されることを学んだ。陽子と中性子とを合わせて核子といい、陽子の数を原子番号、陽子と中性子の数の和を質量数という。原子は原子番号によって約110種類の元素に分類され、それぞれの元素記号が定められている。 ● 同位体（アイソトープ） ヘリウム原子核が陽子2個と中性子2個からなる ⁴ Heのほか、原子核が陽子2個と中性子1個とからなる ³ Heがある。このように、同じ元素でも質量数が異なる2つの原子どうしを同位体（アイソトープ）という。	元素の種類は現在118種類が知られていますので、118種類または約120種類とすることを提案します。
図2 ヘリウム原子の構造と表し方 質量数と元素記号あるいは元素名を用いて、「 ⁴ He」あるいは「ヘリウム4」と表記することもある。	

問1 自然界に存在するウランの99.3%は ²³⁸ Uであるが、同位体である ²³⁵ Uもわずかに存在する。それぞれについて、陽子の数と中性子の数を求めよ。	
? 原子核に「核エネルギー」が蓄えられていることは、どのような現象からわかるのだろうか。	
B 放射線と核（原子力）エネルギーの発見 p. 232 19世紀末から20世紀初頭にかけて、一部の元素（放射性元素）が放出する未知の放射線が次々と発見された。また、特に強い放射線を発するラジウム226（ ²²⁶ Ra）は同質量の0℃の水を1時間で沸騰させるほどの熱を発生し続ける。 エネルギー保存の法則に反するかのように見えるこの現象は議論を巻き起こした。やがて、不安定な原子核がほかの原子核に変わる（放射性崩壊）際に放射線を放出することがわかった。放射性崩壊では、原子核に蓄えられている核（原子力）エネルギーが放射線や熱のエネルギーに変換する。核エネルギーまで含めれば、やはりエネルギー保存の法則が成り立つ。	
図3 放射性崩壊の例 ²²⁶ Raは、 ⁴ He（α粒子）を放出して ²²² Rn（ラドン）に変わる。	
Note 放射線を放出する物質を放射性物質、放射線を放出する性質を放射能という。	
C 放射能の強さと半減期 放射能の強さは単位時間に崩壊する原子核の数で表され単位ベクレル（記号Bq）を用いる。また、原子核が崩壊し、その数が半分になるまでの時間を半減期という（図4）。一定量の放射性元素では、半減期が短いほど放射能の強さは大きい。	
コラム 社会 放射性炭素年代測定 大気中には、宇宙からの放射線（宇宙線）と窒素との反応によって炭素の放射性同位体である ¹⁴ Cが一定の割合で存在する。動植物は代謝を行っているので、大気と等しい比率の ¹⁴ Cをもっている。しかし、死後は ¹⁴ Cの比率が減少していくので、 ¹⁴ Cの存在比の測定により動植物が生存していた年代が推定できる。	
D 放射線の種類と利用 p. 233 未知の放射線は磁場中での曲がり方などの性質の違いから、当初α線、β線、γ線の3種類に分類されたが、まもなくその実体が解明された。 現在では、放射性崩壊による放射線を含め、高エネルギーの粒子や電磁波を総称して放射線と呼ぶ。放射線の種類によって透過性（物質を通り抜ける性質）及び電離作用（原子に衝突して電子はじき飛ばしてイオン化するはたらき）が異なる（表1）。 放射線は、その透過性や電離作用などの性質に応じて、医療工業・農業など、さまざまな分野で利用されている（表2、図6）。	
表1 いろいろな放射線 陽電子は、電子と同質量で正電荷をもつ粒子である。	
表2 放射線の性質と利用	
図6 放射線の利用 ガンマフィールド（左）は、農作物にγ線を照射し、品種改良を行う。リニアック（中）は、がん細胞に電子線やX線を照射して、がんを治療する。煙感知器（右）は、電極の間の空気をα線で電離させ、わずかな電流を流す。電極間に煙が入ると電流が小さくなり、煙の発生を感知できる。	
E 放射線の人体への影響 p. 234 物質に吸収される放射線の量を線量といい、人体に対する影響を加味した実効線量（単位シーベルト[Sv]）で表されることが多い。私たちは空気や大地、食物などから年間に2.1 mSv程度（日本平均の値）の放射線を受けている（図7）。 人体が放射線にさらされる被曝には、体外から放射線を受ける外部被曝と、食物などとともに体内に取り込まれた放射性物質による内部被曝とがある。人体が多量に被曝するとDNAや細胞の損傷により深刻な放射線障害を引き起こすため、不必要な被曝は極力避けなければならない。	
①体重60 kgの人の体内には約7000 Bqの放射性物質が存在する。食品から受ける追加の放射線量を年間1 mSv以下に抑えるために、食品の放射能の限度値は1 kgあたり100 Bqと定められている。	食品中には、もともと ⁴⁰ Kや ¹⁴ Cなど天然の放射性物質が含まれています。「1 kgあたり100 Bq」という基準値は、福島第一原子力発電所事故によって放出された放射性物質を含む一般食品を摂取することによる追

	加線量を年間 1 mSv 以下に抑えるため、放射性セシウムに対して定められたものです。したがって、「食品に含まれる放射性セシウムの放射能の基準値は 1 kg あたり 100 Bq と定められている」としたほうが正確です。
図 7 放射線の人体への影響 [出典：(独)放射線医学総合研究所]	
コラム日常生活 放射線から身を守るために 外部被曝を低減するためには次の 3 原則が重要である ①遮蔽：線源と人体の間に遮蔽物を置く。(放射線は遮蔽物によって減衰する) ②距離：線源と人体の間に距離をとる。(放射線の強さは距離の 2 乗に反比例する) ③時間：被曝する時間を短くする(被曝線量は被曝する時間に比例する)	
この節のポイント ・原子核の放射性崩壊により放射線が放出され同時に熱も発生することから、原子核は核エネルギーを蓄えていることがわかる。 ・放射線にはさまざまな種類があり、その性質に応じてさまざまな分野で利用されている。 ・放射線は人体に障害を及ぼす可能性があり、 unnecessary 被曝は避けなければならない。	
3 節 原子核のエネルギー② 核分裂と核融合 p. 235 Let's Start 原子力発電所では、核エネルギーを電気エネルギーに変換している。太陽などの恒星のエネルギー源も、核エネルギーである。原子炉内部では何が起きているのだろうか。恒星の内部では何が起きているのだろうか。 【写真】浜岡原子力発電所原子炉模型(静岡県御崎市)	
A 核分裂 ●核分裂 重い原子核の中には中性子を吸収すると不安定になり 2 つの原子核に分裂するものがある。このような現象を核分裂といい、核分裂を起こす性質を核分裂性という。 核分裂で生成した 2 つの原子核はともに正の電荷を帯びているため、電気的な反発力により高速で逆向きに運動し、周囲の原子に衝突を繰り返しつつ減速する。この過程で、もとの原子核に蓄えられていた核エネルギーが熱エネルギーへと形を変える。	
図 8 核分裂の例(ウラン 235) ? 原子力発電では、どのようにして核エネルギーを電気エネルギーに変換しているのだろうか。	
●核分裂連鎖反応 核分裂では同時に 2~3 個の中性子が発生する。この中性子が別の原子核に吸収され核分裂が連続して起こる現象を連鎖反応という。	
図 9 連鎖反応 Note 天然に存在するウランの 99% は、核分裂性をもたない ^{238}U であるが、天然に 0.7% 存在する ^{235}U は核分裂性をもつ。また、原子炉内で ^{238}U が中性子を吸収してできるプルトニウム ^{239}Pu も核分裂性をもつ。	
○×問題 「ベクレル」は、放射線を受ける側に関する単位であり、「シーベルト」は、放射線を放出する側に関する単位である。	
●原子力発電 p. 236 1 個の原子核の核分裂で生成した 2~3 個の中性子のうち、平均して 1 個だけがほかの原子核の核分裂を引き起こし、常に一定の割合で連鎖反応が続く状態を臨界という。 原子力発電所では、臨界状態が続くように中性子の数を制御することで、持続的に核エネルギーを熱エネルギーに変換しさらに電気エネルギーに変えて送電している(図 11)。	
問 2 1g の ^{235}U 原子核が核分裂すると、平均して 7.0×10^{10} J の核エネルギーが熱エネルギーへと変換される。1 g の石油	

を燃焼させたときに得られる熱エネルギーが 4.2×10^4 J のとき、核分裂で得られる熱エネルギーは石油何 g に相当するか。	
コラム 社会 原子力発電所の長所と短所 【長所】 ①火力発電に比べ、少ない燃料で多くの電力を生み出すことができる。 ②地球温暖化の一因といわれる二酸化炭素を発生しない。 【短所】 ①強い放射能をもつ放射性廃棄物が発生する。 ②廃炉（老朽化などで運転を終了した原子炉の解体撤去）に数十年を要する。 ③事故の際に放射性物質の拡散による被害が大きい（左図，出典：日本原子力研究開発機構）。 【図】 地表面へのセシウム 134 及びセシウム 137 の合計の沈着量 (Bq/m²)	
図 10 原子爆弾 連鎖反応が制御されずに加速度的に進行すると、膨大な核エネルギーが一瞬にして放出され、大爆発を起こす。第2次世界大戦末期に広島と長崎に投下された原子爆弾は、このようなしくみを用いた核兵器であった。	
図 11 原子力発電（沸騰水型）のしくみ	
図 12 ウラン燃料ペレット 核分裂性をもつウラン 235 を 3～5% にまで濃縮して磁器のように焼き固めたもの。ペレット 1 つで標準的な家庭の 8～9 か月分（石油約 0.5 トン分）の電気使用量（約 2,600 kWh）をまかなえる。	「核分裂性をもつウラン 235 を 3～5% にまで濃縮して磁器のように焼き固めたもの」という記述をより正確にすると、「核分裂性をもつウラン 235 を 3～5% にまで濃縮し、酸化物にして成型した後、1700℃以上で焼結したもの」となります。参考にしてください。
B 核融合 p. 237	
●核融合 水素やヘリウムなどの軽い原子核どうしが衝突して融合し、別の原子核になる現象を核融合という。核融合では、核エネルギーが γ 線などの放射線のエネルギーとなって放出される。 ●太陽のエネルギー源 正電荷をもつ2つの原子核どうしが、電気的な反発力に打ち勝って近づくためには、原子核どうしが高速で衝突する必要がある。 太陽の中心部の温度は約 1.5×10^7 K で、約 600 km/s の速さで運動する陽子（水素原子核）どうしが衝突して核融合が起こり、発生する熱エネルギーによって輝き続けている。	
●核融合発電 水素の核融合（図 13）を利用して、持続的に核エネルギーを熱エネルギーに変換し、さらに電気エネルギーに変える核融合発電の実現に向けて、各国で研究が進められている。	
コラム 社会 核融合発電の利点 「地球上の太陽」とも呼ばれる核融合発電は、従来の原子力発電とは異なる次のような利点から、夢の発電技術として今世紀中の実現が期待されている。 ①資源が豊富：燃料となる重水素と三重水素を生成する原料となるリチウムが海水中に豊富に存在する。 ②安全性が高い：核分裂と異なり、核融合は即座に停止させることができる。 ③環境負荷が低い：二酸化炭素や強い放射能をもつ放射性廃棄物が発生しない。 【写真】 大型ヘリカル装置（岐阜県土岐市） らせん型のコイルを用いるヘリカル型核融合炉において、プラズマ（高温になった気体原子が、陽イオンと電子に分かれた状態真空放電や雷で見られる状態）を炉内に閉じ込める装置。	
この節のポイント ・原子力発電では、重い原子核の核分裂により、核エネルギーを熱エネルギーに変え、さらに電気エネルギーに変換している。 ・軽い原子核の核融合でも、核エネルギーは熱エネルギーに変わる。太陽などの恒星は、核融合によって輝き続けている。	

<p>図 13 核融合発電で利用される核融合反応 重水素原子核，三重水素原子核は，水素原子核の同位体である。</p>	
<p>調べてみよう 核融合の方法には，どのようなものがあるか調べてみよう。</p>	
<p>○×問題 原子力発電では，核反応による核エネルギーを利用してタービンを回し，タービンにつながれた交流発電機を回すことで発電している。</p>	
<p>4 節 エネルギーの利用と課題 p. 238 Let's Start! スマートフォンを使って画像や動画を閲覧するにはエネルギーが必要である。これらのエネルギーの源は，充電によって得られる電気エネルギーである。私たちはスマートフォンの使用にどれほどの電気エネルギーを使っているだろうか。電気エネルギーをどのようなエネルギーに変換し，利用しているだろうか。</p>	
<p>A 生命の営みとエネルギー 私たち人間を含めすべての生物の体内では，古い細胞が分解され，新たな細胞が形成される過程が繰り返されている。新たな細胞や組織の材料となる物質の合成や輸送にはエネルギーが必要である。生命の営みはエネルギーの絶え間ない変換の過程であり，そのエネルギーの源は，太陽によってもたらされる光エネルギーである (図 14)。</p>	
<p>図 14 植物の細胞内のエネルギー変換</p>	
<p>Note 何もせずにじっとしていても，生命活動を維持するためにはエネルギーが必要である。このエネルギーを「基礎代謝」といい，成人男性で約 360 kJ/日，成人女性で約 290 kJ/日である。通常の生活に必要なエネルギーは，基礎代謝のおよそ 1.5～2 倍である。</p>	
<p>B 人間生活とエネルギー ●さまざまなエネルギー資源 私たちは，生命活動に必要なエネルギーを食物の化学エネルギーから得ているだけでなく，普段の生活でエネルギーをさまざまな形に変換して利用している。 自然界に存在するエネルギー源 (エネルギー資源，または一次エネルギー) には，石油，天然ガス，石炭，ウラン (原子力)，水力，太陽光，地熱などがあり，その多くは，電気やガソリン，都市ガスなどの使いやすい形 (二次エネルギー) に変換される。</p>	
<p>図 15 日本の家庭のエネルギー源の内訳 [出典：エネルギー白書]</p>	
<p>? 今後，私たちはエネルギー資源をどのように活用していくべきだろうか。 p. 239</p>	
<p>図 16 日本国内のエネルギーの流れ (2017 年) 1 PJ (ペタジュール) = 10¹⁵ J [出典：総合エネルギー統計]</p>	
<p>●エネルギー資源はいつまで使えるか エネルギー資源には，自然界で定常的に補充され，今後数億年にわたって利用できると考えられる再生可能エネルギーと，地球上に存在する量が限られ，数百年以内に利用できなくなると考えられる枯渇性エネルギーがある (図 17)。 ・再生可能エネルギー：太陽光，太陽熱，水力風力，地熱，バイオマスなど ・枯渇性エネルギー：化石燃料 (石炭・石油・天然ガスなど)，核燃料 (ウラン・プルトニウムなど)</p>	
<p>図 17 化石燃料及びウラン (核燃料) の可採年数 確認可採埋蔵量をその年の生産量で割ったもので，石油，天然ガス，石炭は 2018 年末，ウランは 2017 年 1 月での年数を示す。[出典：原子力・エネルギー図面集]</p>	
<p>Note 木材やサトウキビなどから生成されたエタノールや，食品廃棄物から生成されたメタンなど，生物由来のエネルギー資源をバイオマス燃料，または単にバイオマスという。</p>	
<p>図 18 人類のエネルギー総使用量と 1 人あたりのエネルギー消費量の変化 [出典：原子力・エネルギー図面集] p. 240</p>	
<p>●エネルギー変換と効率 LED 電球などの照明器具は，電気エネルギーの一部を光エネルギーに，残りを熱エネルギーなどに変換するが，光エネルギー以外のエネルギーは通常利用されずに周囲に散逸する。エネルギーを変換して利用するとき有効に利用されるエネルギーの割合をエネルギー変換効率 (エネルギー効率) という。限られたエネルギー資源を有効に利用するために，エネルギー変換効率を高める工夫が必要である。</p>	
<p>表 3 照明器具のエネルギー変換効率</p>	

<p>問3 右表は、あるメーカーの同じ明るさの60 W白熱電球とLED電球についてのデータである。白熱電球60 Wの明るさで使用する場合、白熱電球をLED電球に替えると、長期的に見てエネルギー消費量を何%に抑えられるだろうか。</p>	
<p>C 使いやすいエネルギーの形 ～電気エネルギー～ 電気エネルギーは、ほかのエネルギーへの変換が簡単、使用量の調節がしやすい、送電線を用いてほぼ瞬時に遠くまで輸送できるなどの利点があり、照明・調理・冷暖房・通信・動力など、幅広い用途に用いられる。</p> <p>エネルギー資源を電気エネルギーに変換する発電にはさまざまな方式があり、それぞれに長所と短所がある日本では火力・水力・原子力を主として利用してきたが、近年は太陽光・風力・地熱など、再生可能エネルギーの利用が進められている。</p>	
<p>図19 日本国内の2017年発電電力量(1,007,423 GWh)と、各発電方式が占める割合 [出典：電気事業要覧2018年版]</p>	
<p>表4 さまざまな発電方式のしくみと特徴 p.241</p>	<p>原子力発電の設備利用率が20%とされています。確かに近年の設備利用率は0～20%の間となっておりますが、これは福島第一原子力発電所事故後に発足した原子力規制委員会の下で、新たな規制基準への適合性審査を受けるために運転を停止している影響によるものです(2011年までは60～80%)。太陽光発電の設備利用率が12%というような、物理的な限界によるものとは本質的に異なりますので、誤解のないよう注釈等で説明を記載することを提案します。</p>
<p>調べてみよう 表4を見ながら、(1)、(2)について調べてみよう。</p> <p>(1) 表に示された以外での比較</p> <p>(2) 表に示された以外のさまざまな発電方式</p>	
<p>①100%の出力で発電し続ける場合の電力量に対して、実際に発電される電力量の割合を、設備利用率という。天候や日照の影響を受ける太陽光発電や風力発電は、設備利用率が低い。</p>	
<p>やってみよう 以下の手順を参考に、手回し発電機の発電効率を求めてみよう。</p> <p>①手回し発電機のハンドルを外して滑車を取り付け、抵抗器につないで固定する。</p> <p>②滑車に糸を巻き付け、糸の他端におもりをつるして滑車を回転させると、抵抗器に電流が流れる。</p> <p>※以上から、発電効率を求めるには、何を測定すればよいだろうか。</p>	
<p>コラム 日常生活 ライフサイクルアセスメント(LCA) 私たちの生活は限りある資源や質の高いエネルギーを消費し、有害な廃棄物を生成するなど、環境への負の影響(環境負荷)を伴いつつ成立している。</p> <p>私たちがふだん使う製品の「資源採取・運搬→製造→流通→使用→廃棄・リサイクル」の全過程における環境負荷を比較し、より環境負荷が小さい手法を選択しようとする評価を、ライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment, LCA)という。問3では白熱電球とLED電球のエネルギー消費についてのLCAを行っている。</p>	
<p>○×問題 同じ明るさのLED電球と白熱電球を比べた場合、発生する熱量は白熱電球のほうが大きい。</p>	
<p>D 持続可能な社会の実現に向けて p.242 環境の保全と開発とのバランスがとれ、将来の世代に対して継続的に環境を利用する余地を残すことが可能な社会を持続可能な社会という。このような社会を実現するため、エネルギーの利用においてもさまざまな課題への取り組みが世界的に進められている。</p>	
<p>エネルギー資源を将来にわたって利用し続けるために</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆再生可能エネルギーの利用拡大 ◆エネルギー変換効率の向上 	

<p>◆新たなエネルギー資源の開発</p> <p>新たな2次エネルギーとして、水素エネルギーが注目されている。水素はさまざまな資源から生成することができ、燃やしてもCO₂を発生せず、燃料電池により電気エネルギーに変換することもできる。</p> <p>【写真】▲水素ステーション 【写真】▲燃料電池自動車</p>	
<p>化石燃料の燃焼により発生するCO₂は、地球表面からの輻射熱（おもに赤外線）を吸収する効果（温室効果）をもつ。産業革命以降、大気中のCO₂濃度は急激な上昇を続けており、地球温暖化の一因と考えられている。</p> <p>【図】▲大気中の二酸化炭素濃度（岩手県大船渡市）月平均の値で、大気中の二酸化炭素を体積比で表す。1 ppmは、1/1000000の意味。[出典：気象庁]</p> <p>【図】▲日本の年平均気温の年差の変化 毎年の平均気温が30年間（1981～2010年）の平均とどのくらい差があるかを表す。中央の0.0の線を超えると、この30年間よりも平均気温が高いことを示す。[出典：気象庁]</p>	
<p>原子力発電所では強い放射能をもつ放射性廃棄物が発生する。放射性廃棄物の放射能が十分低くなるまでには数万年を要するため、その処分は大きな課題であり議論が進められている。</p> <p>【写真】▲高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター（青森県六ヶ所村） 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の揺れと津波の影響により、福島第一原子力発電所では電源が失われた結果、大量の放射性物質が放出される深刻な原子力事故へとつながった（p.236 コラム参照）。</p>	<p>「原子力発電所では強い放射能をもつ放射性廃棄物が発生する」とありますが、原子力発電所から直接発生する廃棄物を扱っているわけではない高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターの写真が表示されています。原子力発電によって発生した使用済核燃料を再処理する過程で生じる放射能レベルの高い廃液を、ガラスと溶かし合わせて固化したものが高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）です。したがって、「原子力発電に伴い、強い放射能をもつ放射性廃棄物が発生する」という表現の方がより正確になります。</p>
<p>気候変動や生態系破壊など自然環境の悪化を防ぐために</p> <p>◆CO₂の排出削減 ◆原子力発電所の安全確保・放射性廃棄物処分・廃炉の問題の解決</p>	
<p>調べてみよう 次に挙げるいくつかの用語は、持続可能な社会の実現へ向けたエネルギー利用の取り組みに関連している。用語の意味をインターネットなどで調べ、議論、発表しよう。</p> <p>【SDGs（エスディージーズ）・カーボンニュートラル・脱炭素社会・水素社会・P2G（Power to Gas）】</p>	
<p>この節のポイント 私たちの生活に欠かせないエネルギーを利用し続けるために、エネルギー資源の枯渇の可能性や、CO₂排出による地球温暖化の問題など、今後さまざまな課題に取り組む必要がある。</p>	
<p>4章の最後に p.243 この章で学習したことと下の考え方を合わせて、p.227の問いかけをもう一度考えてみよう。</p> <p>1 自分たちがどれくらいのエネルギーを消費しているかを知るために、実際の消費エネルギーを具体的な数値に表してみよう。消費とはいっても、エネルギーが消えてなくなっているわけではなく、熱などとして散逸し、回収が困難な形になっている。</p> <p>1 kWh = 3.6×10⁶ Jであるから、12か月では、約1.5×10¹⁰ J（約150億J）となる。必要な情報を調べると、世界の総人口：7.7×10⁹人（2019年） 石油の可採埋蔵量（2016年）：1.7×10¹²バレル＝2.7×10¹⁴ L 石油を燃焼させたときの熱量：4.0×10⁷ J/L 石油から電気エネルギーに変換する効率：0.4 上で求めた1.5×10¹⁰ Jを4人家族の家庭で消費する電気エネルギーと仮定すると、1年間で世界中では2.9×10¹⁷ Jと考え</p>	

<p>られる。これらの情報より、現在の石油可採埋蔵量を家庭だけで消費するのは約 450 年となる。しかし、実際は工場や交通機関などでの使用量も考える必要がある。また、この燃料の消費により、空气中に排出される二酸化炭素量はどれくらいだろうか。あなたが年間に排出している二酸化炭素量はどれくらいになるだろうか。この二酸化炭素の排出と地球温暖化には関連があるのだろうか。必要な情報を自分で調べて、そこから未来に向かう判断となるデータを概算し、あってほしい未来についての考えを、データに基づいて発表・意見交換してみよう。</p>	
<p>2 ある情報によると（発表のときには、情報源を示すこと）、東京-ニューヨーク間の距離約 1 万 km を旅客機はおよそ 13 時間かけて飛ぶ。この片道区間で多く見積もって約 0.08 mSv の放射線を受けるという。地球一周の距離は約 4 万 km だから、一周では約 0.3 mSv と見積もることができる。</p> <p>自分たちが住んでいる地域から、実際に可能な世界一周旅行を計画して、このとき受ける放射線量を調べてみよう。</p> <p>【世界一周旅行の計画】インターネットなどを活用して、実際に可能な旅行を企画する。このとき、短時間で一周する場合や世界遺産を渡り歩く場合通過する国の数を指定した場合など、テーマを設けて企画する。</p> <p>【放射線量の見積もり】飛行時間などから、放射線量を見積もる。このとき、根拠となるデータも示すこと。</p> <p>【放射線量の評価】求めた放射線量を自然から受ける放射線量や医療で受ける放射線量と比べて評価する。</p>	
<p>見えない体内を見る 1895 年にドイツのレントゲンは、放電管を用いて陰極線の研究をしているときに、放射線の 1 つである X 線を発見した。X 線は、筋肉や臓器を透過しやすく、骨を透過しづらい性質があるため、「骨の写真」を撮ることができる。X 線による写真は、画像診断の始まりであった。近年では、人体の内部を鮮明に画像化することで、病気の診断や治療に必要な情報を可視化する画像診断の技術が発展してきた。</p> <p>【写真】X 線の胸部撮影では、肺や心臓などの呼吸器と循環器に異常がないかを調べることができる。腹部撮影では、腸管内や外のガス像などを写して、腹部の病気を診断することができる。また、怪我をしたときの骨のようすや歯の病気を調べるためにも活用されている。</p> <p>【写真】MRI (Magnetic Resonance Imaging) と呼ばれる装置は、X 線を使わずに磁場と電波を使う。強い磁場のなかで体内の水素原子の原子核に起こる現象を利用して、全身の微小な構造や血管も明瞭に表示された体の断面像をつくる。X 線と違い、放射線による被曝がなく、画像は骨の影響を受けない特長があるため、脳や脊髄などの病変の検査にも用いられる。</p> <p>【写真】超音波は、人には聞こえない高い振動数の音波である。超音波が体内に入ると、均一な部分では透過していくが、異なる媒質の境界で反射などが起こる。この性質を利用して体表面から超音波ビームを発射し、おもにその反射波を受信して画像として表示させる。X 線と違い、放射線による被曝がないため、妊婦の健診で赤ちゃんのようすを見るのにも使われている。</p>	
<p>東京書籍 702 新編物理基礎</p>	
<p>4 章 エネルギーとその利用 p.156</p> <p>2 3 エネルギーの変換と保存</p> <p>Let's Start! エネルギーはさまざまに形を変えるが、その量はエネルギーの形によらず単位ジュール（記号 J）で表される。1 kJ のエネルギーで、どこまで遠くへ行けるのだろうか。コーヒーを何杯入れられるだろうか。スマートフォンを何時間使えるだろうか。</p>	
<p>中学校とのつながり ○エネルギーの保存</p>	
<p>エネルギーの語源 「エネルギー (energy)」という言葉は、光の研究などで知られ、語学にも造詣が深かったイギリスのトマス・ヤングによって 1807 年に提唱された造語である。その起源は、ギリシャ語の en (前置詞) + ergon (仕事) に由来している「エネルゲイア (energeia, 仕事をする能力)」という言葉である。</p>	
<p>①「エネルギー」の大きさは「どれだけの仕事ができるか」で表すことができる。</p>	
<p>学習とのつながり エネルギーの単位は、仕事の単位と同じジュール（記号 J）である（→ p.75）。</p>	

②「熱」も「エネルギー」の形のひとつである。	
A さまざまなエネルギーの形 エネルギーの分類 私たちはエネルギーを利用して、ものを動かしたり、温めたり、光らせたり、音を出したりしている。「エネルギー」は私たちの生活に欠かせないが、「エネルギー」とは何か、というシンプルな問いに答えるのは、実は簡単ではない。目に見えず、直接測定することはできない「エネルギー」は、人類が長い年月をかけてたどり着いた、自然科学の最も重要な概念のひとつである。	
? エネルギーとは何だろうか a 「エネルギー」は「ものを動かす」(仕事をする) b 「エネルギー」は「ものを温める」(熱を発生する)	
c ほかにもある「エネルギー」の形 p. 157 【写真】光エネルギー 【写真】化学エネルギー 【写真】電気エネルギー 【写真】核(原子力)エネルギー	
B エネルギーの変換と保存 エネルギー保存の法則 エネルギーはさまざまに形を変える(エネルギー変換)が、その総量は変わらない(エネルギー保存の法則)。エネルギー保存の法則は、今日の物理学における最も基本的な法則のひとつである。	
(エネルギー保存の法則) エネルギーはさまざまに形を変えるが、その総量は一定である。	
図1 さまざまなエネルギーの変換	
この節のポイント エネルギーは、「仕事をする能力」を表す言葉である。 エネルギーの大きさは「どれだけの仕事ができるか」で表され、単位ジュール(記号J)を用いる。 エネルギーはさまざまに形を変えるが、その総量は変わらない。	
活用 エネルギーの総量が変わらないのに、なぜ「省エネ」を心がける必要があるのだろうか。	
○×問題 エネルギーはさまざまな形で私たちの身のまわりに存在している。	
24 原子核のエネルギー p. 158 Let's Start! 私たちの生命の営みには、太陽エネルギーが欠かせない。では、太陽のエネルギーはどのようにして生み出されるのだろうか。エネルギーの起源を探ってみよう。	
図1 ヘリウム原子の構造と表し方 質量数と元素記号あるいは元素名を用いて「 ${}^4\text{He}$ 」あるいは「ヘリウム4」などと表記することもある。	
A 原子核の表し方 原子と原子核 ○原子の構造 原子は原子核と電子からなり、原子核は正の電荷を帯びた陽子と、電荷をもたない中性子で構成されることを学んだ。陽子と中性子とを合わせて核子といい、陽子の数を原子番号、陽子と中性子の数の和を質量数という。原子は原子番号によって約120種類の元素に分類され、それぞれの元素記号が定められている。	
○同位体(アイソトープ) ヘリウム原子核には、原子核が陽子2個と中性子1個からなる ${}^3\text{He}$ がある。このように、同じ元素でも質量が異なる原子同士を同位体(アイソトープ)という。	
○核(原子力)エネルギー 20世紀に入り、原子核に蓄えられている新たなエネルギーが発見された。このエネルギーを核エネルギーまたは原子力エネルギーという。	
問1 自然界に存在するウランの99.3%は ${}^{238}\text{U}$ であるが、同位体である ${}^{235}\text{U}$ もわずかに存在する。それぞれについて、陽子の数と中性子の数を求めよ。	
? 核エネルギーはどのようにして発見されたのだろうか	
中学校とのつながり ○放射線 ○放射能 ○放射性物質 ○放射性崩壊 ○ α 線 ○ β 線 ○ γ 線	
図2 α, β, γ線の磁場による屈曲	

<p>答え 正しい。私たちは用途に合わせてエネルギーを変換しながら利用している。</p>	
<p>B 放射線と核（原子力）エネルギーの発見 放射線 19世紀末から20世紀初頭にかけて、一部の元素が放出する未知の放射線が発見され、性質の違い（磁場中での曲がり方の違いなど）からα線、β線、γ線の3種類に分類された。放射線を放出する物質は、同時に熱を発生する。放射線の正体は高速の粒子や高エネルギーの電磁波であることが解明された後も、放射線や発熱のエネルギーの源について論争が続いた。</p> <p>やがて、放射線を放出した原子核がほかの原子核に変わること（これを、放射性崩壊という）、このとき原子核に蓄えられている核エネルギーの一部が放射線のエネルギーに変わることが解明された。核エネルギーまで含めれば、やはりエネルギー保存の法則が成り立つ。</p>	
<p>○放射性崩壊と半減期 p. 159 放射線を放出する性質を放射能といい、放射能をもつ物質を放射性物質という。</p> <p>放射性崩壊をする原子核が崩壊し、その数が半分になるまでの時間を半減期といい、原子核の種類によって異なる。</p>	
<p>問2 放射性崩壊をするヨウ素131 (^{131}I, 半減期8日)は、原子力発電所の事故などで、大気中へ拡散しやすい。拡散したヨウ素131の濃度が1/128になるまでに何日かかるか。</p>	
<p>C 原子力発電所のエネルギー源 核分裂 1935年、ウラン235 (^{235}U)の原子核に中性子を当てると、これを吸収して不安定になり、2つの原子核に分裂すると同時に、2~3個の中性子と電磁波を放出する現象（核分裂）が確認された。</p> <p>原子力発電所では、核分裂で放出された中性子により別の原子核の核分裂が起こる連鎖反応が一定の割合で続く状態（臨界）を保ち、核エネルギーを熱エネルギーに変換している。</p>	
<p>D 恒星のエネルギー源 核融合 水素Hなどの軽い原子核どうしが高速でぶつかり合うと、結合してより重い原子核となる（核融合）。太陽などの恒星が輝き続けるエネルギー源は、核融合によって熱や光に変換される核エネルギーである。</p> <p>水素の核融合を科用して、持続的に核エネルギーを熱エネルギーに変換し、さらに電気エネルギーに変換する核融合発電の実現に向けて、各国で研究が進められている。</p>	
<p>図3 放射性崩壊の例 ^{226}Raは^4He（α粒子）を放出して^{222}Rnに変わる。</p>	
<p>図4 半減期</p>	
<p>図5 核分裂と連鎖反応</p>	
<p>図6 核融合発電で利用される核融合反応 重水素原子核、三重水素原子核は、水素原子核の同位体である。</p>	
<p>この節のポイント 核エネルギーは、放射線の研究から発見された。</p> <p>核エネルギーは放射性崩壊や核分裂、核融合によってほかのエネルギーに形を変える。</p>	
<p>活用 石炭1kgを燃焼させたときの発熱量は3.28×10^4Jである。天然ウラン1kg中のウラン235が核分裂したときの発熱量は5.83×10^8Jである。天然ウラン1kgは石炭の何トンに相当するだろうか。</p>	核エネルギーの大きさを定量的に理解することができる良好事例です。
<p>○×問題 原子力発電では、核反応による核エネルギーを利用してタービンを回し、タービンにつながれた交流発電機を回すことで発電している。</p>	
<p>25 放射線の利用と安全性 p. 160</p> <p>Let's Start! 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の揺れと津波により福島第一原子力発電所で発生した事故では、大量の放射性物質が大気中に放出された。左は、原子力発電所周辺の放射線量に関する当時の新聞記事である。記事中の「4日」は2011年4月4日を指す。</p> <p>なぜ放射線量の情報が必要なのだろうか。放射線量から何がわかるだろうか。</p>	<p>新聞記事を紹介し、当時（2011年4月4日）の放射線量が地図とともに示されていますが、現在は除染や半減期によって放射線量が下がっていることも合わせて記載することを提案します。風評被害の防止につながる（現在もこの記事の状態が続いていると誤解されることを防ぐ）とともに、ここで学習する半減期の知識も活かされると思います。</p> <p>また、「東北地方太平洋沖地震の揺れと津波により」とありますが、事故の直接的な原因は津波と考えられて</p>

	いるので、「東北地方太平洋沖地震の際、直接的な原因と考えられる津波により」とした方がより適切です。
中学校とのつながり ○中性子線 ○電離作用	
① 物質を通り向ける性質	
② 原子に衝突して電子をはじき飛ばし、イオン化するはたらき。	
図1 放射線の利用	
【写真】ガンマーフィールド 農作物に γ 線を照射し、品種改良を行う。	
【写真】リニアック がん細胞に電子線などを照射して破壊し、がんを治療する。	
【写真】煙感知器 電極間の空気を α 線で電離させ、わずかな電流を流す。電極間に煙が入ると電流が小さくなり、煙の発生を感知できる。	
A 放射線の性質と利用 放射性崩壊をする原子核の崩壊で放出される α 線、 β 線、 γ 線のほかにも、X線、中性子線など、さまざまな放射線があり、種類によって透過性及び電離作用が異なる(表1)。	
表1 いろいろな放射線 陽電子は、電子と質量が同じで正電荷をもつ粒子である。	
? 放射線は、私たちの生活と、どのようにかかわっているのだろうか 放射線は、その透過性や電離作用などの性質に応じて医療・工業・農業など、さまざまな分野で利用されている(表2)。	
表2 放射線の利用 利用されている放射線を(X) =X線 (α) = α 線のように示した。	
答え 正しい。核反応によって生じた核エネルギーを熱エネルギーに変換して、それによって生じさせた燃焼ガスや水蒸気でタービンを回し、タービンにつながれた交流発電機を回すことによって発電している。	
B 放射線の単位と影響 被曝 p.161 放射性物質の放射能の量は、単位時間に崩壊する原子核の数で表し、単位にはベクレル(記号Bq)が用いられる。 物質に吸収される放射線の量を線量といい、人体に対する影響を加味した実効線量(単位シーベルト(記号Sv))で表されることが多い。 人体が放射線にさらされる被曝には、体外から放射線を受ける外部被曝と、食物などとともに体内に取り込まれた放射性物質による内部被曝とがある。人体が多量に被曝すると、DNAや細胞の損傷により深刻な放射線障害を引き起こすため、不必要な被曝は極力避けなければならない。	
図2 放射線の人体への影響 出典(独)放射線医学総合研究所 放射線が人体に及ぼす影響は、実効線量で表される。私たちは空気や大地、食物などから年間に約2.1 mSv(日本平均)の自然にある放射線を受けており、一般人がこれ以外に年間に受ける放射線の実効線量の上限は、法令により1 mSvと定められている。また、体重60 kgの人の体内には約7000 Bqの放射性物質が存在するが、食品から受ける追加の放射線量を年間1 mSv以下に抑えるために、食品の放射能の限度値は1 kgあたり100 Bqと定められている。	食品中には、もともと ^{40}K や ^{14}C など天然の放射性物質が含まれています。「1 kgあたり100 Bq」という基準値は、福島第一原子力発電所事故によって放出された放射性物質を含む一般食品を摂取することによる追加線量を年間1 mSv以下に抑えるため、放射性セシウムに対して定められたものです。したがって、「食品の放射能の基準値は放射性セシウムに対して1 kgあたり100 Bqと定められている」としたほうが正確です。
表3 放射能と放射線の単位	
やってみよう 放射線測定器で身のまわりの放射線を測定してみよう。 ①測定器で得られた環境中の放射線は、何mSv/y(ミリシーベルト毎年)に相当するだろうか。 ②放射線源を用意し、放射線源と測定器の距離を変えて測定し、放射線量と距離の関係を調べる。 ③放射線源と測定器の間に紙、プラスチック板、鉄板などを置き遮蔽による放射線量の変化について調べる。	日常生活においてどの程度の放射線を被ばくしているかを把握できる、大変よい実習です。
この節のポイント 放射線には複数の種類があり、その性質に応じて身のまわりの多くの分野で利用されている。	

放射線は人体に害を及ぼす可能性があり、不必要な被曝はさげなければならない。	
放射線防護3原則 外部被ばくを低減するためには、次の3点が重要である。 ①遮蔽・・・線源と人体の間に遮蔽物を置く（放射線は遮蔽物によって減衰する） ②距離・・・線源と人体の間に距離を取る（放射線の強さは距離の2乗に反比例する） ③時間・・・被曝する時間を短くする（被曝量は被曝する時間に比例する）	
活用 「Let's Start!」の新聞記事の放射線量が続くとすると、年間に受ける線量は何 mSv になるだろうか。結果を図2と比較してみよう。	計算問題としては問題ありませんが、現在もこの記事の状態が続いていると誤解され、風評被害につながることを危惧します。現在は除染や半減期によって放射線量が下がっていることも合わせて記載するか、半減期の知識を活用して現在の放射線量に基づく年間の線量を計算させたほうが、より正確な現状認識となると思います。ご検討ください。
○×問題 「ベクレル」は放射線を浴びた側に関する単位であり、「シーベルト」は放射線を出す側に関する単位である。	
26 エネルギーの利用と課題 p.162 Let's Start! スマートフォンを使った通信や、画像や動画の表示には、エネルギーが必要である。これらのエネルギーの源は、充電によって得られる電気エネルギーである。私たちはスマートフォンの使用にどれほどの電気エネルギーを使っているだろうか。電気エネルギーをどのようなエネルギーに変換し、利用しているだろうか。	
A 生命の営みとエネルギー 生命とエネルギー 私たち人間を含めてすべての生物の体内では、古い細胞が分解され、新たな細胞が形成される過程が繰り返されている。新たな細胞や組織の材料となる物質の合成や輸送にはエネルギーが必要である。生命の営みはエネルギーの絶え間ない変換の過程であり、そのエネルギーの源は、太陽によってもたらされる光エネルギーである。	
B 人間生活とエネルギー エネルギー資源 ○さまざまなエネルギー資源 私たちは、生命活動に必要なエネルギーを食物の化学エネルギーから得ているだけでなく、ふだんの生活でエネルギーをさまざまな形に変換して利用している。 自然界に存在するエネルギー源（エネルギー資源または一次エネルギー）には、石油、天然ガス、石炭、ウラン（原子力）、水力、太陽光、地熱などがあり、その多くは、電気やガソリン、都市ガスなどの使いやすい形（二次エネルギー）に変換される。	
図1 植物の細胞内のエネルギー変換	
図2 日本の家庭のエネルギー源の内訳（2017年度）（出典）エネルギー白書2019	
表1 エネルギー資源	
①木材やサトウキビなどから生成されたエタノールや、食品廃棄物から生成されたメタンなど、生物由来のエネルギー資源をバイオマス燃料、または単にバイオマスという。	
? 今後、私たちはエネルギー資源をどのように活用していくべきだろうか ○エネルギー資源はいつまで使えるか エネルギー資源には、自然界で定常的に補充され、今後数億年にわたって利用できると考えられる再生可能エネルギー（非枯渇性エネルギー）と、地球上に存在する量が限られ、数百年以内に利用できなくなると考えられる枯渇性エネルギー（非再生エネルギー）がある（表1、図5）。	
答え 誤っている。ベクレルは1秒間に崩壊する原子核の数を表す単位であり放射線を出す側に関する単位である。シーベルトは人体が被曝したときの年齢や部位などの影響を加味したエネルギーの単位であり、放射線を浴びた側に関する単位である。	「シーベルトは人体が被曝したときの年齢や部位などの影響を加味したエネルギーの単位であり」とありますが、実効線量には被曝時の年齢は加味されていま

	せん。また、「エネルギーの単位」というのもやや不正確です。より正確には「シーベルトは、放射線の種類やエネルギー、被曝する部位の放射線への感受性を加味した、人体への影響の大きさを表す単位」となりますが、簡単にするなら「シーベルトは人体が被曝したときの影響の大きさを表す単位」とするとよいと思います。
図3 日本のエネルギーフロー（2017年）（出典）資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」 p.163 日本国内のエネルギー変換の大まかな流れを示した。PJのP（ペタ）は 10^{15} を表す。	
図4 人類のエネルギー資源消費量の変化（出典）原子力・エネルギー図面集	
図5 枯渇性エネルギー資源の可採年数（2018年、ウランは2017年）（出典）原子力・エネルギー図面集	
表2 照明器具のエネルギー変換効率	
○エネルギー変換と効率 LED電球などの照明器具は、電気エネルギーの一部を光エネルギーに、残りを熱エネルギーなどに変換するが、光エネルギー以外のエネルギーは通常利用されずに周囲に散逸する。エネルギーを変換して利用するとき、有効に利用されるエネルギーの割合をエネルギー変換効率（エネルギー効率）という。限られたエネルギー資源を有効に利用するために、エネルギー変換効率を高める工夫が必要である。	
○×問題 同じ明るさのLED電球と白熱電球を比べた場合、発生する熱量は白熱電球の方が大きい。	
C 使いやすいエネルギーの形 電気エネルギー p.164 電気エネルギーは、ほかのエネルギーへの変換が簡単で、使用量の調節がしやすく、送電線を用いてほぼ瞬時に遠くまで輸送できるなどの利点があり、照明・調理・冷暖房・通信・動力など、幅広い用途に用いられる。 エネルギー資源を電気エネルギーに変換する「発電」にはさまざまな方式があり、それぞれに長所と短所がある。日本では火力・水力・原子力を主として利用してきたが、近年は太陽光・風力・地熱など、再生可能エネルギーの利用が進められている（図6）。	
図6 日本の総発電量に占める各発電方式の比率（2017年）（出典）原子力・エネルギー図面集	
表3 さまざまな発電方式 力学的エネルギーを（力）、電気エネルギーを（電）のように表している。	原子力発電の設備利用率が20%とされています。確かに近年の設備利用率は0~20%の間となっておりますが、これは福島第一原子力発電所事故後に発足した原子力規制委員会の下で、新たな規制基準への適合性審査を受けるために運転を停止している影響によるものです（2011年までは60~80%）。太陽光発電の設備利用率が12%というような、物理的な限界によるものとは本質的に異なりますので、誤解のないよう注釈等で説明を記載することを提案します。
調べてみよう 表3のそれぞれの発電方式のしくみについて調べ、表3にある以外にどのようなポイントで各発電方式を比較できるか、表の空欄へ書き込んでみよう。また、表3以外にもさまざまな発電方式の研究が進められ、実用化されているものもある。調べて書き込んでみよう。	
D 持続可能な社会の実現に向けて 持続可能な社会 環境の保全と開発とのバランスがとれ、将来の世代に対して、継続的に環境を利用する余地を残すことが可能な社会を持続可能な社会という。このような社会を実現するため、エネルギーの利用においても、さまざまな課題への取り組みが世界的に進められている。	

①100%の出力で発電し続ける場合の電力量に対して、実際に発電される電力量の割合を、設備利用率という。天候や日照の影響を受ける太陽光発電や風力発電は、設備利用率が低い。	
調べてみよう 次に挙げるいくつかの用語は、持続可能な社会へ向けたエネルギー利用の取り組みに関連している。用語の意味をインターネットなどで調べ、持続可能な社会を実現するためにどのようなことが必要か議論し、発表してみよう。 SDGs (エスディーゼーズ)、カーボンニュートラル、脱炭素社会、水素社会、P2G (Power to Gas)	
答え 正しい。白熱電球の方が、供給された電気エネルギーのうち光エネルギーに変換できる割合が小さく、LED電球と同じ明るさにするためにはその分大きな熱エネルギーが発生する。	
エネルギー資源を将来にわたって利用し続けるために p. 165 再生可能エネルギーの利用拡大 エネルギー変換効率の向上 新たなエネルギー資源の開発	
気候変動や自然環境の悪化を防ぐために CO ₂ の排出削減 原子力発電所の安全確保・放射性廃棄物処分・廃炉	
新たな二次エネルギーとして、水素エネルギーが注目されている。水素はさまざまな資源から生成することができ、燃やしてもCO ₂ を発生せず、燃料電池により電気エネルギーに変換することもできる。 図7 燃料電池自動車と水素ステーション	
化石燃料の燃焼により発生する二酸化炭素(CO ₂)は、太陽光によって温められた地球表面から放出される電磁波(おもに赤外線)を吸収する効果(温室効果)をもつ。産業革命以降、大気中の二酸化炭素濃度は急激な上昇を続けており、地球温暖化の一因と考えられている。 図8 世界の大気中の二酸化炭素濃度の変化 (出典) 気象庁、IPCC グラフAの?帯の部分は、比較的温暖な期間を示す。グラフBは複数の研究グループの結果を色別に示した。ppmは100万分の1の意味であり、380 ppmは二酸化炭素が大気中の0.038%(体積比)を占めることを意味している。	
2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の揺れと津波の影響により、福島第一原子力発電所では電源が失われた結果、大量の放射性物質が放出される深刻な原子力事故へとつながった。 図9 地表面へのセシウム134, 137の沈着量の合計(2013年11月19日時点) (出典) 日本原子力研究開発機構 現在では、各地域で復興や避難指示の解除が進んでいる。 <u>現在の状況がどのようになっているか調べてみよう。</u>	「現在の状況がどのようになっているか調べてみよう」という課題は、生徒が被災地の現状を知ることにつながる良好事例です。
原子力発電所では、強い放射能を持つ放射性廃棄物が発生する。放射性廃棄物の放射能が十分低くなるまでには数万年を要するため、その処分は大きな課題であり、議論が進められている。 図10 六ヶ所村(青森県)の貯蔵施設	「原子力発電所では強い放射能をもつ放射性廃棄物が発生する」とありますが、原子力発電所から直接発生する廃棄物を扱っているわけではない高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターの写真が表示されています。原子力発電によって発生した使用済核燃料を再処理する過程で生じる放射能レベルの高い廃液を、ガラスと溶かし合わせて固化したものが高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)です。したがって、「原子力発電に伴い、強い放射能をもつ放射性廃棄物が発生する」という表現の方がより正確になります。
この節のポイント 私たちの生活に欠かせないエネルギーを利用し続けるために、エネルギー資源の枯渇の可能性や、CO ₂ 排出による地球温暖化の問題など、今後さまざまな課題に取り組みながら活用していく必要がある。	
活用 太陽光発電や原子力発電は、発電システムを生産・廃棄する際に、それに必要なエネルギーに対応した分の二酸化炭素が排出される。このことにも留意して、発電方式の長所・短所を比較してみよう。	
学習の問いとポイント(50)	

<p>23 「エネルギー」とは何だろうか p.175 <input type="checkbox"/>エネルギーは、「仕事をする能力」を表す言葉である。 <input type="checkbox"/>エネルギーの大きさは「どれだけの仕事ができるか」で表され、単位ジュール（記号 J）を用いる。 ☆エネルギーはさまざまに形を変えるが、その総量は変わらない。</p>	
<p>24 核エネルギーはどのようにして発見されたのだろうか <input type="checkbox"/>核エネルギーは、放射線の研究から発見された。 ☆核エネルギーは、放射性崩壊や核分裂、核融合によってほかのエネルギーに形を変える。</p>	
<p>25 放射線は、私たちの生活とどのようにかかわっているのだろうか <input type="checkbox"/>放射線には複数の種類があり、その性質に応じて身のまわりの多くの分野で利用されている。 ☆放射線は人体に害を及ぼす可能性があり、不必要な被曝は避けなければならない。</p>	
<p>26 今後、私たちはエネルギー資源をどのように活用していくべきだろうか <input type="checkbox"/>私たちの生活に欠かせないエネルギーを利用し続けるために、エネルギー資源の枯渇の可能性や、CO₂ 排出による地球温暖化の問題など、今後さまざまな課題に取り組みながら活用していく必要がある。</p>	
<p>見えない体内を「見る」 p.200 1895年にドイツのレントゲンは、放電管を用いて陰極線の研究をしているときに、放射線の1つであるX線を発見した。X線は、筋肉や臓器を透過しやすく、骨を透過しづらい性質があるため、「骨の写真」を撮ることができる。X線による写真は、画像診断の始まりであった。近年では、人体の内部を鮮明に画像化することで、病気の診断や治療に必要な情報を可視化する画像診断の技術が発展してきた。 【写真】X線の胸部撮影では、肺や心臓などの呼吸器と循環器に異常がないかを調べることができる。腹部撮影では、腸管内や外のガス像などを写して、腹部の病気を診断することができる。また、怪我をしたときの骨のようすや歯の病気を調べるためにも活用されている。 【写真】MRI (Magnetic Resonance Imaging) と呼ばれる装置は、X線を使わずに磁場と電波を使う。強い磁場のなかで体内の水素原子の原子核に起こる現象を利用して、全身の微小な構造や血管も明瞭に表示された体の断面像をつくる。X線と違い、放射線による被曝がなく、画像は骨の影響を受けない特長があるため、脳や脊髄などの病変の検査にも用いられる。 【写真】超音波は、人には聞こえない高い振動数の音波である。超音波が体内に入ると、均一な部分では透過していくが、異なる媒質の境界で反射などが起こる。この性質を利用して、体表面から超音波ビームを発射し、おもにその反射波を受信して画像として表示させる。X線と違い、放射線による被曝がないため、妊婦の健診で赤ちゃんのようすを見るのにも使われている。</p>	
実教出版 703 物理基礎	
<p>1節 エネルギーとその利用 p.200 エネルギーは、この世界を読み解く鍵である これまで学習したように、運動エネルギーや電気エネルギーは熱に変換できたり、運動エネルギーから電気エネルギーが取り出せたりなど、エネルギーは科学技術の各分野を横断する重要な概念である。社会に目を移すと、現代の便利な生活スタイルはエネルギーの大量消費によって支えられているが、それによる環境問題は拡大し続けている。また日本では東日本大震災以降、原子力発電所の再稼働めぐり議論が続いている。そうしたなかで、どのようなエネルギーシステムを選択していくかは、経済や社会制度にまで大きく影響する。エネルギーという視点をもつことは、物理現象だけでなく、経済や外交などの社会的課題を理解するうえでも重要である。 <u>この節では、エネルギーの特性や利用方法、そして核反応や放射線を物理学的な観点から理解していく。誤った理解は誤った情報を生み、しばしば不適切な感情と結びつく。それらに惑わされないよう、科学的な理解に基づく判断力を身につけることが重要である。</u></p>	<p>「この節では、エネルギーの特性や利用方法、そして核反応や放射線を物理学的な観点から理解していく。誤った理解は誤った情報を生み、しばしば不適切な感情と結びつく。それらに惑わされないよう、科学的な理解に基づく判断力を身につけることが重要である。」の部分は、生徒がこの節の内容を学習する意義が適切に記載されており、大変良い記述です。</p>
<p>1 エネルギーの変換と保存</p>	

<p>学習目標 さまざまなエネルギーの種類（形態）を知る。 エネルギーの変換について、エネルギーの総量に着目しながら理解する。</p>	
<p>044 予想してみよう ダム式の水力発電のエネルギー変換効率はおよそ 80%である。これは、水がもつ位置エネルギーの 80%が電気エネルギーに変換されたということであるが、残りの 20%はどうなったのか？</p> <p>① 消滅した ② 他のエネルギーになった ③ 位置エネルギーになった</p>	
<p>A エネルギーの種類 エネルギーにはどのような種類があるのだろうか？ ダム式の水力発電は、高い位置にたまった水がもつ重力による位置エネルギーを、電気エネルギーに変換している。このように、エネルギーはある形態から他の形態へと変換できる。エネルギーの形態をここでまとめておこう。</p>	
<p>力学的エネルギー p. 201 運動エネルギーと位置エネルギーの和である。音エネルギーも力学的エネルギーの一種と考えることができる。</p>	
<p>熱エネルギー 内部エネルギーのうち、原子や分子の熱運動のエネルギーを熱エネルギーという。物体の温度が高いときには多くの熱エネルギーをもっている。</p>	
<p>光エネルギー 太陽電池は、太陽光によって電池内の電子を動かすことで電気エネルギーを得ており、光はエネルギーをもっている。</p>	
<p>電気エネルギー 豆電球や電熱線に電流を流すと光や熱を発生させることができるので、電流が流れていたり、電荷が蓄えられていると電気エネルギーがあるといえる。</p>	
<p>化学エネルギー 乾電池から電気エネルギーを取り出すときその内部では化学反応が起きている。つまり電池は化学結合の形でエネルギーを蓄えていると考えられる。このようなエネルギーを化学エネルギーという。</p>	
<p>核エネルギー 原子核が別の原子核に変化する際に放出されるエネルギーを核エネルギーという。原子力発電所では、核エネルギーを電気エネルギーに変換している。</p>	
<p>B エネルギーの変換 普段の生活の中では、どのような変換があるのだろうか？ 図 1 のように、それぞれのエネルギーは互いに移り変わることができる。私たちは普段の生活の中で、さまざまな形態のエネルギーを利用しやすい形態に変換し、利用している。</p>	
<p>図 1 エネルギーの変換</p>	
<p>問 1 次の道具は、おもに何エネルギーから何エネルギーへの変換を行っているか。 (1) 使い捨てカイロ (2) ヘッドホン (3) マイクロフォン (マイク)</p>	
<p>Connect 登山をすると、食物から取り入れた化学エネルギーは何エネルギーに変化するだろうか？ 2つ答えよ。</p>	
<p>C エネルギーの保存 変換に伴い、エネルギーの総量は増減しているのだろうか？ P. 202 図 2 のように、水力発電の変換効率が 80%ということは、水のもつ位置エネルギーの 80%分を電気エネルギーとして得ることができるということである。残りの 20%は、おもに水や発電設備の熱エネルギーに変換されており、なくなってしまったわけではない。 これは、物体が摩擦のある斜面をすべり下りるときでも同様である。物体の位置エネルギーはすべて運動エネルギーに変換されるわけではないので、力学的エネルギーは保存されない。しかし、物体自体や斜面の物質の熱エネルギーなど、かかわっているエネルギーをすべて考えると、合計のエネルギーは変化していない。 一般に、あるエネルギーから別のエネルギーへの変換効率は 100%ではない。しかし、関係するものすべてのエネルギーの総量は、変換の前後で変化していない。これをエネルギー保存の法則という。</p>	

<p>図2 エネルギーの変換</p> <p>エネルギー保存の法則 エネルギーは形態を変えるが、変化の前後でエネルギーの総量は変化しない。</p> <p>エネルギーは、その種類や使う状況によって使いやすさが異なる。例えば電気エネルギーは、熱エネルギーや光エネルギーなど、他のエネルギーへと簡単に変換でき、さらに送電線によって容易に輸送できるという利点があるそのため、私たちは発電によって何らかのエネルギーを電気エネルギーに変換して利用している。一方、熱エネルギーは周囲との温度差が大きければ利用しやすいが、温度差が小さいと他のエネルギーに変換しにくく、周囲に逃げてしまいやすい側面もある。現実的な熱の移動は不可逆変化であり、一度周囲に逃げてしまった熱を資源として回収するのは難しいためエネルギー資源は有効に使う必要がある。</p>	
<p><振り返り></p> <p>(1) エネルギーの種類を、できるだけ多く挙げてみよう。</p> <p>(2) 日常で使っている機器は、何エネルギーから何エネルギーへの変換を行っているのか、例を挙げて考えてみよう。</p> <p>(3) エネルギー保存の法則とは何か、説明してみよう。</p> <p>わかったこと、わからなかったことを、まわりの人と議論してみよう！</p>	
<p>図3 温度差発電 ペルチェ素子とよばれるものを用いると、高温の熱源から取り出した素子の一部を電気エネルギーに変換し、モーターを回すことができる。</p>	
<p>2 エネルギー資源とその利用 p.203</p> <p>学習目標 さまざまな発電方法の利点と問題点を理解する。 エネルギーと社会とのつながりを理解する。</p>	
<p>045 予想してみよう 右図は日本における資源別の年間発電量の推移を表している。A～Cは、それぞれ石油など（火力）、水力、原子力のどれに対応するか。</p> <p>① A：水力 B：石油など（火力） C：原子力 ② A：水力 B：原子力 C：石油など（火力） ③ A：石油など（火力） B：原子力 C：水力</p> <p>また、「その他のエネルギー」には、どのようなものが含まれているか？ 電力量の割合が変化した年代には、どんな社会的背景があったかな？</p> <p>【図】日本における資源別年間発電量の推移 出典：「エネルギー白書2019」</p>	
<p>A エネルギー資源 エネルギー資源の種類は？</p> <p>私たちは、さまざまな資源を利用して発電を行い、電気エネルギーを得ている。石油・石炭・天然ガスなどの化石燃料やウランなどの核燃料は、使い続けられればいつか枯渇してしまうので、枯渇性エネルギーという。一方、水力・風力・太陽光・地熱・バイオマスなど、永続的に利用できるものを再生可能エネルギーという。現在、再生可能エネルギーの利用比率は低く、その比率を高めるための努力が続けられている。</p>	
<p>①動植物の死骸が堆積し、数百万年から数億年の年月をかけてできたもので、化学エネルギーをもっている。 ②薪や木炭、デンプンからつくられるエタノールなど、生物起源のエネルギー資源のうち、化石燃料を除いたものである。</p>	
<p>図4 エネルギー資源の確認埋蔵量（可採年数） 出典：日本原子力文化財団</p>	
<p>図5 1人あたりの1日の消費電力量（2016年） 出典：IEA「Key world energy statistics (2018)」</p>	
<p>Connect コージェネレーションシステムとは何か？</p>	
<p>B さまざまな発電方法 それぞれのしくみと特徴を把握しよう p.204</p> <p>発電で電気エネルギーを得るために、どのエネルギーからどのような過程を経ているのか、それぞれ見ていこう。</p>	
<p>●火力発電</p>	

<p>もとのエネルギー：化石燃料の化学エネルギー しくみ：化石燃料を燃焼させることで化学エネルギーを熱に変え、その熱で高温・高圧の水蒸気をつくり、タービンを回して電気エネルギーを得ている。 利点：建設コストが低く、電力需要の変動に対応しやすい。 問題点：化石燃料が燃焼すると、二酸化炭素 CO₂ や SO_x (硫黄酸化物)、NO_x (窒素酸化物) などが発生し、これらが地球温暖化や大気汚染の原因となる。いずれは資源が枯渇する。</p>	
<p>●原子力発電 もとのエネルギー：ウランやプルトニウムの核エネルギー しくみ：ウランやプルトニウムが核分裂する際に放出される核エネルギーを熱に変え、その熱で高温・高圧の水蒸気をつくり、タービンを回して電気エネルギーを得ている。 利点：ウラン 1 g の核分裂で石油 2000 L 分に相当する膨大なエネルギーを得ることができる。発電時には地球温暖化の原因となる二酸化炭素を発生させない。 問題点：ひとたび事故を起こすと、甚大な放射能汚染の被害をもたらしてしまう。<u>使用済み核燃料をどのように管理するか</u>などの課題も残っている。いずれは資源が枯渇する。</p>	<p>問題点として「使用済み核燃料をどのように管理するか」が取り上げられており、適切な記述と考えますが、同じく大切な問題として放射性廃棄物の問題もあります。したがって、つぎのように記載することを提案します。「ひとたび事故を起こすと、甚大な放射能汚染の被害をもたらしてしまう。使用済み核燃料の管理や放射性廃棄物の処分などの課題も残っている。いずれは資源が枯渇する。」</p>
<p>●水力発電 もとのエネルギー：ダムの水の重力による位置エネルギー しくみ：高い位置にあるダムにためた水がもつ重力による位置エネルギーを利用し、タービンを回して電気エネルギーを得ている。 利点：電力が余っているときはダムに水をためて、発電量を調整できる。有害な廃棄物もほとんどなく、燃料費がかからない。 問題点：建設コストが高く、維持費もかかる。付近の環境に与える影響も大きい。</p>	
<p>前ページの答え 発電機により電力を生み出すと同時に、通常ならば周囲に逃げてしまう廃熱を給湯や冷暖房に利用するシステムで、省エネルギーになる。</p>	
<p>●風力発電 p. 205 もとのエネルギー：大気の運動エネルギー しくみ：大気の運動エネルギーを利用し、風車を回して電気エネルギーを得ている。 利点：資源枯渇の心配がない。 問題点：建設地域が限定される。天候や季節に影響される。また、低周波騒音が発生する。</p>	
<p>●太陽光発電 もとのエネルギー：太陽からの光エネルギー しくみ：太陽電池は、半導体に光を当てることで直流の電圧を得る装置であり、太陽からの光エネルギーによって電気エネルギーを得ている。 利点：資源枯渇の心配がない。 問題点：日照時間に大きく左右される。太陽電池の製造に大きなエネルギーが必要である。現在のところ、変換効率はあまり高くない。</p>	
<p>●地熱発電 もとのエネルギー：地球の熱エネルギー しくみ：地球の内部は、地熱のために高温になっている。地下に井戸を掘り、わき出てくる水蒸気などを利用してタービンを回して電気エネルギーを得ている。</p>	

<p>利点：資源枯渇の心配がない。 問題点：建設に適した場所の多くが国立公園内や観光地にあたるため、開発が難しい。</p>	
<p>●バイオマス発電 もとのエネルギー：生物資源の化学エネルギー しくみ：木材やサトウキビ、食品系廃棄物などの生物資源や、それにより発生するガスを燃料にしてタービンを回して電気エネルギーを得ている。 利点：排出される二酸化炭素は、資源となる生物が光合成によって大気から取り入れたものなので、二酸化炭素の収支は0に近いと考えてよい。 問題点：資源の収集をするのにエネルギーがかかり、管理にもコストがかかる。</p>	
<p><振り返り> (1) 化石燃料、水力、風力、バイオマスなどのエネルギー資源は、さかのぼっていくと、どれも同じあるものから供給されるエネルギーが変換されたものである。あるものとは何か考えてみよう。 (2) エネルギーは保存するにもかかわらず、エネルギー危機といわれるのはなぜか説明してみよう。</p>	
<p>Connect 火力発電所や原子力発電所が、海の近くに建てられているのはなぜか？</p>	
<p>3 核反応と原子力発電 p. 206 学習目標 原子核の構造を知り、同位体というものを理解する。 原子力発電では原子核がどのような反応を起こしているのか理解する。</p>	
<p>046 予想してみよう 原子力発電では「燃料」としてウランを使用しているが、どのような反応によりエネルギーを得ているのか？ ①ウランが酸素と結びつき燃焼するときに放出されるエネルギー ②ウランが分裂するときに放出されるエネルギー ③ウランどうしが結びつくことで放出されるエネルギー</p>	
<p>A 原子核とその反応 原子核はどのような反応をするのか？ ◇原子核の構成 すべての物質は原子でできている。原子は原子核と電子で構成されている。さらに、原子核は正の電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子で構成されており、これらの陽子と中性子を合わせて核子とよぶ。陽子の数をその原子の原子番号、陽子と中性子の数の和をその原子の質量数といい、図6のように表す。同じ元素であれば同じ原子番号であるが、同じ元素でも中性子の数が異なり、質量数の異なる原子核が存在する。そのそれぞれを同位体（アイソトープ）という。例えば図7のように、水素であれば原子番号は1であるが、質量数が1, 2, 3のものが存在する。これらは、同じ数の電子をもっているため、どれも同じように酸素原子と化学結合して水分子をつくる。つまり、同位体の化学的性質はほとんど変わらない。</p>	
<p>問2 ^{235}U と ^{238}U の陽子の数と中性子の数をそれぞれ求めよ。</p>	
<p>◇原子核の反応の仕方 原子核の反応の仕方は、大きく分けて2種類ある。 ・中性子などを原子核にぶつけることで起こる核反応 ・原子核が自然に別の原子核に変わる放射性崩壊</p>	
<p>◇核反応 原子核にほかの粒子が衝突して別の原子核にかわる反応を核反応といい、その際に入出力するエネルギーを核エネルギーという。核反応には、重い原子核が分裂する核分裂や、軽い原子核どうしが1つの原子核に融合する核融合などがある。</p>	
<p>図6 原子の構造と種類の表し方</p>	
<p>図7 水素の同位体 同じ元素の同位体では、化学的な性質はほぼ変わりませんよ！</p>	

表1 同位体の種類 ※ uは原子質量単位といい、 ¹² Cの1/12を1とする質量の単位である。	細かいことですが、「 ¹² Cの1/12」を「 ¹² C原子の質量の1/12」としたほうがより正確です。
①同じ原子番号をもつ原子の種類を元素という。現在では、人工のものを含め118種類の元素が確認されており、それぞれに元素記号が与えられている。	
前ページの答え 燃料を受け入れる港が必要であり、また蒸気の冷却に大量の水が必要であるため。	
B 核分裂と原子力発電 原子炉ではどのような反応が起こっているのか？ P.207 ウラン ²³⁵ U の原子核に中性子をぶつけると、 <u>ウランの半分ほどの質量をもつセシウム ¹³⁷Cs などの原子核に分裂する</u> 。このとき非常に大きな核エネルギーとともに、平均2~3個の中性子が放出される。この放出された中性子が別の ²³⁵ U にぶつかり、新たな核分裂を引き起こす。このように核分裂が連続で起こることを連鎖反応という。 原子力発電では、核分裂の核エネルギーによって高温高圧の水蒸気をつくり、タービンを回して電気エネルギーを得る。なお、ウランには、 ²³⁴ U、 ²³⁵ U、 ²³⁸ U の3種類の同位体が天然に存在するが、このうち中性子をぶつけて核分裂が起こるのは ²³⁵ U だけである。このような物質を核分裂性物質という。 天然ウランの約99.3%を占める ²³⁸ U は核分裂性をもっておらず、 ²³⁵ U の割合を4%程度に濃縮して燃料ペレットをつくり、核燃料として使用している。また、原子炉ではウランに衝突する中性子の数を制御棒で調整し、連鎖反応を一定の割合で継続させている。この状態を臨界という。	「ウランの半分ほどの質量をもつセシウム ¹³⁷ Cs などの原子核に分裂する」とありますが、図8にも示されているように、核分裂反応では半分ずつに分かれる確率は小さく、質量数90あたりと140あたりにピークを持つような分布となります。より正確な説明にするため、「ウランの半分ほどの質量をもつ」の部分を削除し、「セシウムなど二つの原子核に分裂する」とすることを提案します。 また、「燃料ペレット」は「ウラン酸化物ペレット」としたほうがより正確です。
問3 ペレット1個で約2500 kWhの電力量を発電できる。それは日本人1人あたり何日分の消費電力量になるか。p.203 図5を参照して答えよ。	
◇核融合 核分裂とは逆に、いくつかの軽い原子核が1つに融合する反応を核融合という。太陽などの恒星内部では、4個の水素原子核から1個のヘリウム原子核が作られる核融合が起こっており、莫大なエネルギーを放出している。現在、これと同じ核融合を利用した発電の研究も進められており、将来のエネルギー源として期待されている。	
図8 核分裂と連鎖反応	
図9 ウラン燃料	
図10 核融合反応の例	
参考 原子爆弾(核爆弾) 原子爆弾は、核分裂反応を利用している。 <u>ウランを用いたものは ²³⁵U が70%以上に濃縮されており、連鎖反応を制御しないため、一瞬にして反応して莫大なエネルギーを放出する。</u>	「ウランを用いたものは ²³⁵ U が70%以上に濃縮されており」とありますが、原子爆弾に用いられる高濃縮ウランは100%近くまで濃縮されています。
<振り返り> (1) 核分裂と核融合の違いを説明してみよう。 (2) ウランを原子力発電所で使用する際には ²³⁵ U を濃縮する必要がある。なぜだろうか。	
Connect 化学反応において、原子番号や質量数は変化するか？	
4 放射性崩壊と放射線 p.208 学習目標 放射線や放射性物質の性質を理解する。 放射線の危険性を理解し、防護や利用法を知る	
047 予想してみよう 放射性物質は、どのようにすると放射線を出さなくなるか？ ① 焼却する ② 化学薬品をかける ③ ①・②のどちらでもできない	
A 放射性崩壊と放射線 放射能と放射線は何が違う？	

<p>原子核には安定なもの不安定なものがあり、不安定な原子核は、自然に放射線を出して別の安定な原子核になる。これを放射性崩壊という。放射性崩壊をする不安定な同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ）といい、自然に存在するものもあれば原子炉などで人工的につくられるものもある。放射性同位体を含む物質を放射性物質といい、放射性物質は放射線を出す能力（放射能）をもっている。</p> <p>放射性同位体の原子核からは α 線、β 線、γ 線などの放射線が出ている。また、核反応によって発生する中性子線や宇宙から飛んでくる原子核などの宇宙線、放電現象で発生する X 線なども放射線である。これらは物質を通り抜ける性質（透過性）があり、物質を通過するときに原子内の電子を弾き飛ばしてイオン化させる作用（電離作用）をもっている。</p>	
<p>◇半減期と放射能 放射性崩壊は確率的に起こる現象なので、ある 1 つの放射性同位体の原子核がいつ崩壊するかは定かではない。しかし、放射性同位体が無数に集まれば、それらの数が半分になる時間はほぼ一定の値となる。その時間は半減期とよばれ、放射性同位体の種類によって決まっている（表 2）。</p> <p>例えば半減期 5700 年の ^{14}C が 1 g あった場合、5700 年後に 0.5 g となり、11400 年後には 0.25 g となる。放射能の強さは、1 秒あたりに崩壊を起こす原子核の数で表され、単位にはベクレル（記号：Bq）を用いる。同じ数の放射性同位体で比べると、半減期の短いものは、放射能は強いが短期間でその数が減少する。一方、半減期の長いものは放射能は弱いが長期間存在して影響を及ぼす。</p>	
<p>コインを 1 枚のコインですると何回で表が出るかわからないけど、多数のコインでやると 1 回でほぼ半分が表になるね！</p>	
<p>表 2 おもな放射性同位体の崩壊</p>	
<p>参考 霧箱 エタノールの蒸気を容器内に充満させ、ドライアイスなどで冷やす。その中を放射線が通ると、電離作用によってイオン化された空気を核として、エタノールの蒸気が集まり液体となる。そのため、放射線の軌跡が飛行機雲のように見える。</p>	
<p>図 11 放射線の種類と遮蔽 各放射線はその性質の違いにより、遮蔽できる物質が異なる。</p>	
<p>前ページの答え 原子番号や質量数は変化しない。化学反応では、原子どうしは電子のやりとりをするだけで、陽子や中性子のやりとりはしないためである。</p>	
<p>図 12 半減期 T の放射性同位体の数量変化 p. 209</p>	
<p>例題 1 半減期 ^{131}I の半減期は 8.0 日である。24 g の ^{131}I が 3 g になるのは何日後か。</p> <p>解説 半減期が 8.0 日であることより、24 g の ^{131}I は下図のように減少していく。したがって、合計 24 日かかる。</p> <p>答 24 日</p>	
<p>放射性物質を燃やしたり薬品をかけたりして起こる変化は、化学変化ですね。化学反応では、原子核自体は変化しないので、原子核の性質を変えたりすることはできませんよ。</p> <p>Bq は放射線を出す側の単位で、Sv は放射線を受ける側の単位ですね。</p>	
<p>◇人体への影響 人体が放射線を受けることを被曝という。放射線の被曝による人体への影響の大きさを表したものを実効線量といい、単位にはシーベルト（記号：Sv）を用いる。放射線はその電離作用によって細胞内の DNA を傷つけ、がんなどの放射線障害を引き起こすことがあるため、被曝は最小限にとどめる必要がある。私たちは、宇宙や地面、建物など体外から放射線を受け（外部被曝）、体内に取り入れた空気や食品からも放射線を受けている（内部被曝）。自然に存在する放射線や医療目的による被曝を除き、一般の人の被曝限度は法律で年間 1.0 mSv と定められている。</p>	
<p>図 13 放射線被曝と人体への影響</p>	
<p>問 4 日本における平均外部被曝は年間 0.63 mSv である。これを 1 時間あたりに変換すると、何 μSv か。ただし、1 mSv = 1000 μSv である。</p>	
<p>やってみよう！ 簡易放射線測定器で身近な場所の放射線の量を測定してみよう！</p>	

<p>例) 教室, 土の上, 水の上, コンクリート壁の部屋など</p>	
<p>Connect 東京-ニューヨーク間を飛行機で旅行すると被曝するのはなぜか?</p>	
<p>B 放射線からの防護 外部被曝と内部被曝で違う対策 p. 210 被曝を防ぐには, 放射線の性質を理解する必要がある。放射線の強さは放射性物質からの距離の2乗に反比例して小さくなり遮蔽物が厚くなるほど弱くなる。また, 時間に比例して被曝量は多くなる。よって, 外部被曝を防ぐには, 右図の3点に気をつける。内部被曝を防ぐには, <u>体内に放射性物質を入れないことが大切である。</u>そのため, 長袖の服やマスクを着用したり, 基準値を超える放射性物質を含む食品を口にしないよう注意する必要がある。</p>	<p>「体内に放射性物質を入れないことが大切である」とありますが, 人体にはもともと ^{40}K などの天然の放射性物質が含まれており, 日本人1人あたりの平均的な放射能は約7000 Bqとされています。また, 食品中にも天然の放射性物質が含まれています。体内に放射性物質が存在することが悪いことであるかのような誤解をさせないように, これらについての説明があるとよいと思います。</p>
<p>図14 外部被曝の低減三原則</p>	
<p>① 日本では, 一般食品に対しては食品1 kgあたり100 Bq (100 Bq/kg) 以下などの基準値が定められており, 市場に流通しないようになっている。</p>	<p>食品中には, もともと ^{40}K や ^{14}C など天然の放射性物質が含まれています。「1 kgあたり100 Bq」という基準値は, 福島第一原子力発電所事故によって放出された放射性物質を含む一般食品を摂取することによる追加線量を年間1 mSv以下に抑えるため, 放射性セシウムに対して定められたものです。したがって, 「一般食品に対しては食品1 kgあたり放射セシウムの放射能が100 Bq (100 Bq/kg) 以下などの基準値」としたほうが正確です。</p>
<p>参考 東京電力の福島第一原子力発電所事故とその後 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震および津波により, 福島第一原子力発電所において原子炉を冷却する機能が失われた。その結果, 燃料棒が溶け落ちる炉心溶融(メルトダウン)が起こった。さらに, 冷却水が分解されて大量に発生した水素が爆発し, 放射性物質が大量に放出され, 福島県をはじめとする広範な地域に放射能汚染がもたらされた。空気中の放射線量は次第に減少してきているが, 廃炉には30~40年の月日がかかる見込みである。また, <u>使用済み核燃料の最終処分場も決まっていないなど, 課題が残っている。</u> この事故による被災地域においては, 放射性物質による食品の生産休止や出荷制限などに加え, 思い込みから生じた風評による農林水産業・観光業などへの被害が発生し, 地域産業は大きな打撃を受けた。さらに, 放射線や放射能が風邪のように人から人へうつるといった科学的に間違った考えから, 差別やいじめも起こった。非科学的な風評に惑わされることなく, 信頼できる情報かどうかを判断し科学的な根拠や事実に基づいて行動していくことが必要である。 【写真】 福島第一原子力発電所1~4号機 【グラフ】 福島市の空気中の放射線量の変化 出典: 福島県「県内7方部環境放射能測定結果」</p>	<p>「使用済み核燃料の最終処分場も決まっていないなど, 課題が残っている」との記述があります。ここでは, 福島第一原子力発電所の廃炉に伴って生じる問題を取り上げていますので, 燃料デブリなどを含む放射性廃棄物の最終処分場が決まっていないことを指していると思います。したがって「放射性廃棄物の最終処分場も決まっていないなど, 課題が残っている」とすることを提案します。なおわが国では, 原子力発電所で発生する使用済み核燃料は直接処分せず, 再処理を行うことが基本方針となっています。また, 「東北地方太平洋沖地震および津波により」とありますが, 事故の直接的な原因は津波と考えられているので, 「東北地方太平洋沖地震の際, 直接的な原因と考えられる津波により」の方が適切です。</p>
<p>前ページの答え 地表付近より上空の方が放射線量が大きい。宇宙からの放射線は, 地球の大気に吸収され, 少しずつ弱められて地表に届くためである。</p>	
<p>C 放射線の利用 くらしや産業で放射線はどのように利用されているか? p. 211 放射線は, その性質に応じて, 医療, 工業, 農業などさまざまな分野で広く利用されている。</p>	
<p>透過性の利用 病院では, 身体に外傷を与えることなく胸や胃などの体内の状態を診断するため, X線撮影やCT(コンピュー</p>	

<p>一タ断層撮影) が利用されている。また、工業では、物品を分解することなく材料内部の欠陥や微小な傷を調べることができる非破壊検査の技術に、放射線が利用されている。</p>	
<p>電離作用の利用 プラスチックなどの高分子材料に放射線を照射すると、放射線の電離作用により耐熱性に優れた物質に変えることができたり、強度を高めたりすることができる。この技術が自動車のタイヤ、水泳用のビート板などに利用されている。</p>	
<p>生物への影響の利用 がん細胞に放射線を外から照射したり、患部に放射性物質を埋め込んだりして、がん治療に利用している。農業では、植物などに放射線を当て意図的に突然変異を起こさせ、品種改良をするのに利用している。またほかにも、農作物の害虫に放射線を照射し、不妊化してから野外に放つことで、害虫の駆除に成功した事例がある。</p>	
<p>半減期の利用 宇宙線によって生成される ^{14}C の量と、放射性崩壊してなくなる ^{14}C の量がほぼ同じなので、大気中に含まれる ^{14}C の割合はほぼ一定に保たれている。生きている植物に含まれる ^{14}C の割合は大気と同じだが、呼吸しなくなると植物内の ^{14}C は半減期 5700 年のペースで減少していく。この性質を利用して、遺跡から出土した土器などの年代を、土器についた食品のこげやすすに含まれる ^{14}C の割合から推定することができる。</p>	
<p><振り返り> (1) 放射線にはどのような種類があり、その特徴は何か答えてみよう。 (2) 半減期とは何か、説明してみよう。 (3) 原子力発電所に入る際にポリエチレン製の防護服を着るが、何を防ぐために着ているか考えてみよう。</p>	
<p>Connect レントゲン検査、CT 検査、MRI 検査のうち、放射線を利用していない検査はどれか？</p>	
<p>前ページの答え MRI 検査。これは磁気共鳴画像法ともよばれ、磁気と電磁波を利用して体内の水素原子核の密度や状態を画像化する技術であり、放射線は利用していない。</p>	
<p>FOCUS7 電気自動車は本当に“エコ”なのか？ p. 212-213 “エコ”とは、環境負荷が低いという意味で日常的に定着している言葉である。ここでは、電気自動車の普及が環境に与える影響について、大まかに推論して考えてみよう。 ガソリン車は、エンジンでガソリンを燃焼させるとき、ガソリンの化学エネルギーの 15%程度しか走行に使えない。一方、電気自動車はエンジンのかわりにモーターを使っており、供給された電気エネルギーの 75%程度を走行に使える。したがって、電気自動車はエコである！ 右の文章が WEB サイトに載っていたのだけど、本当に電気自動車ってエコなのかな？ 電気だって発電所で石油などを使ってつくったのだから、結局同じになる気がする……。それに、本当にエコなら、もうほとんどの車がおきかわっているはずじゃない？ いいところに気づいたね！この文章では、ガソリンタンクに給油もしくは充電に充電された状態から、どれだけ走行に使えるかしか考えていない。このような考えを「ガソリンタンクから車輪まで」という意味で、tank to wheel というよ。 原油の採掘後、輸送・発電・送電・充放電などの過程でエネルギーは失われるので、本来は油田から走行までを考える必要がある。このような考えを「油田から車輪まで」という意味で well to wheel というんだ。次の図を見て、well to wheel の考え方で、ガソリン車と電気自動車それぞれのエネルギー変換効率を計算してごらん。図では、1 つ前の過程で得た全エネルギーを 100%として、次の過程に渡せるエネルギーの割合 (%) が示されているよ。 それぞれ掛け算すればいいから……。ガソリン車が 14%で、電気自動車が 28%。やっぱり電気自動車のほうがエコだね！それならガソリン車から電気自動車に早くかわるといいのに。だけど、ガソリン車がすべて電気自動車にかわったら、日本は電力不足になってしまうのでは？ それではガソリン車をすべて電気自動車におきかえたと仮定すると、1 年間でどれだけの電気を使うか考えてみましょう！まず、日本には何台くらいの自動車があると思いますか？</p>	

私の家には1台あるよ。車に乗って、家族4人で良く買い物に出かけるわ。そうか！家族単位で考えるといいかも！だいたいい家族で1台だから・・・，4人に1台と考えればいいかな？

ちょっと待って、タクシーとかトラックとか仕事用の車もあるし、もっと多いんじゃないかな？2人に1台とすると、日本の人口が1億3000万人くらいだから、6500万台くらいかなあ。

いい見積りだね。資料によると全国の保有台数が7500万台なので、おおよそ合っています。今みんながやったように、自分の知識や経験でおよその値を短時間で見積もることを「フェルミ推定」といいます。原子核物理の研究者として有名なフェルミが授業でも取り扱っていたので、その名がつけました。さて、調べてみたら、電気自動車が1 kWhあたりに走行できる距離は7 kmくらいだそうです。そうすると、1年間に電気自動車を使用する電力量の合計は、次のように計算できますね。

(電気自動車を使用する電力量の合計) = (年間総走行距離) ÷ (1 kWhあたりに走行できる距離)

なるほど！こうやって細かく分解していけば、およその値が計算できますね。でも、1年間で1台あたりどのくらい走行するのだろうか？うちは週末くらいしか使わないから、毎週10 kmくらいかな。

私の父は通勤で毎日車に乗っているから、1日に20 kmは走っているよ。でも、トラックの運転手さんは長い距離を運転するから、平均するとどうなるかは難しいね・・・。

平均値を求めるにはいろいろな方法があります。小さい値と大きい値の間の桁を取るのも1つの簡単な方法ですよ。ここでは、週末しか使わない人は1日あたり2 km、トラックの運転手は200 kmとして、その間の桁をとって20 kmだと考えてみましょう。

年間総走行距離は、1日あたりを1年間になおして、さっきの車の台数を掛ければいいから・・・

(年間総走行距離) = (車の台数) × (1台が1日あたり走行する距離) × 365 = 7500万台 × 20 km × 365日 = 5,500億 km

そうすると、電気自動車を使用する電力量の合計は、

5,500億 km / 7 km/kWh = 790億 kWh

になりますね。日本の年間の総電力量は約10,000億 kWhと教科書にあったから (→p. 203)、約8%程度増やせば大丈夫ということね！

ただ、今の計算はあくまでも概算だから、注意が必要だね。とりあえず8%だけ増やせば、すべて電気自動車におきかえても大丈夫なのかな？その分を化石燃料ではなくて、再生可能エネルギーを使ってまかなえたら、より環境には良さそうです。

そうですね。ただ、電気自動車はエネルギー変換効率が高く環境負荷が低いというメリットはありますが、1回の充電で走行できる距離が短く、充電に時間がかかるというデメリットもまだあります。電気自動車を増やすには、設備などを整えていくことも大事です。なお、電気自動車に不可欠な蓄電池を製造するには希少な金属(レアメタル)が大量に必要となることにも注意しましょう。このことが新たな問題を起こす可能性もあります。いまは、水素燃料電池車や圧縮空気車などさまざまなタイプの車の開発も進んでいるので、それぞれの特徴をよく把握し、場所や環境によって適切なものを利用していく必要がありますね！

情報を鵜呑みにせず、調べてみたり、計算してみたりすることの大切さが改めてわかりました。統計資料って難しいと思っていたけど、こうやって活用すれば、いろいろな試算ができますね！

5章 1節 節末まとめ ～自分の言葉で表現してみよう～ p. 214

- ①友達や家族に教えるつもりになって、自分の言葉でノートにかく。(図や具体例を出せるとなお良い)
- ②参照ページや辞書などで確認して、より良い説明に修正する。
- ③実際に友達どうして説明してみても、互いに納得できないところを指摘し合い、修正する。(互いが納得できる説明にする)

Point 議論で大切にしたいこと

<p>複数の教科や学問分野を関連づけて、さまざまな側面から考えてみよう。 倫理的、文化的、環境的な影響などもふまえて、多面的に議論しよう。</p>	
<p>エネルギーにはさまざまな形があるのね。 エネルギーは、他の形態に変換できるからこそ、利用しやすいということかな？ その話でいえば、エネルギーの変換とその利用例がどこかの図に載っていたわね！</p>	
<p>1. エネルギーの変換と保存 1) おもなエネルギーの6つの形態は、それぞれ何か？ (→p. 201) 2) エネルギーの変換前後で、総量は変わるか？ (→p. 202) 3) 私たちは、なぜ多くのエネルギーを電気エネルギーで得ているのか？ (→p. 202) 4) エネルギーの総量は変わらないのに、エネルギー問題の何が問題なのか？ (→p. 202)</p>	
<p>2. エネルギー資源とその利用 5) 各発電方法では、どのような資源を使ってエネルギーをつくり出しているのか？ (→p. 203) 6) 各発電方法のメリットとデメリットはそれぞれ何か？ (→p. 204～205) 7) 太陽光発電以外の発電方法に共通していることは何か？ (→p. 204～205)</p>	
<p>3. 核反応と原子力発電 8) 原子力発電は、何のエネルギーを利用して発電するのか？ (→p. 206) 9) 原子力発電は、安定した発電をどのようにして実現しているのか？ (→p. 206) 10) 核融合とはどのような反応か？ (→p. 207) 11) 放射線の透過性とは、どのようなものか？ (→p. 208) 12) 放射線の電離作用とは、どのようなものか？ (→p. 208) 13) 放射性物質、放射能、放射線の違いは何か？ (→p. 208～209) 14) 放射線に関する単位には、どのようなものがあるか？ (→p. 209) 15) 健康診断の胸部X線検診では、およそ何Svの放射線を浴びているか？ (→p. 209) 16) 「外部被曝の低減三原則」とは何か？ (→p. 210) 17) 放射線を利用しているものには、どのようなものがあるか？ (→p. 211)</p>	
<p>この節では、エネルギーや原子力について学びました。これから生きる私たちは、エネルギー問題のように正解のない問題に取り組みねばなりません。その際、物事を定量的に表現したり抽象化することで規則性を見いだす物理の見方・考え方は、きっと役立つでしょう。</p>	
<p>予想してみようの答え 44：②，45：②，風力・地熱・太陽光など，46：②，47：③</p>	
<p>X線撮影 X線は、可視光が通らない物質を透過することができる。X線が物体を透過するときには一部が吸収されるが、その吸収率は物体を構成する物質やその厚さによって異なる。写真フィルムはX線で感光するので、これを利用すると、X線の吸収率の違いが像として表れる。 X線を利用した撮影により、骨折の診断、胃がんや肺結核の早期発見をはじめ、さまざまな病気やけがの検査をすることができる。</p>	
<p>X線で撮影できる仕組み フィルムにはX線を吸収しやすい物質ほど白く、吸収しにくい物質ほど黒く映る。骨はX線を吸収しやすいため、白色に写って見える。</p>	
実教出版 704 高校物理 基礎	
1節 エネルギーとその利用 p. 158	

<p>1 エネルギーの変換と私たちの暮らし 物理基礎で学習してきたエネルギーは、私たちの生活とどうかかわっているのだろうか？</p> <p>エネルギーの変換 エネルギーはほかの物体に仕事をする能力であり、これまでに力学的エネルギー、熱エネルギー、電気エネルギーを扱ってきた。これらのエネルギーは互いに交換できる (図 1)。</p> <p>一般に、他のエネルギーに変換できるものもエネルギーの一種だと考える。たとえばソーラーパネルで電気エネルギーに変換できるので、光はエネルギーをもつと考える。他にも音や化学結合、原子核などがエネルギーをもつ (図 2)。</p> <p>私たちはより快適に生活していくために、さまざまな場面でエネルギーの変換をおこなっている (図 3)。</p> <p>自動車のエンジンは、運動エネルギーのほかに熱エネルギーや音のエネルギーを放出する (図 4)。また、テレビは光や音のエネルギーのほかに、ジュール熱を放出する (図 5)。このように、もとのエネルギーをすべて目的のエネルギーに変換できるとはかぎらない。</p>	
<p>図 1 これまでに学んだエネルギーの変換</p>	
<p>① 本項では内部エネルギーのうち、熱運動によるエネルギーを「熱エネルギー」という。</p> <p>② 化学結合のエネルギーを「化学エネルギー」、原子核エネルギーを「核エネルギー」ということがある。</p>	
<p>Keyword エネルギーの変換 エネルギー保存の法則</p>	
<p>図 2 エネルギーの例</p> <p>ソーラーパネルで電気エネルギーに変換される。→ 光はエネルギーをもつ。</p> <p>ガスを燃やすと光のエネルギーと熱エネルギーに変換される。→ 化学結合はエネルギーをもつ。</p> <p>原子力発電所で電気エネルギーに変換される。→ 原子核はエネルギーをもつ。</p>	
<p>図 3 エネルギー変換の例</p> <p>エネルギー保存の法則 p.159 エネルギーを変換しても、その総量は変わらない。これをエネルギー保存の法則という。私たちは、何も無いところからエネルギーをつくり出すことはできず、すでにあるエネルギーを他のエネルギーに変えずに消滅させることもできない。</p> <p>エネルギー保存の法則 (重要法則) エネルギー変換の前後でエネルギーの総量は変わらない。</p> <p>上で述べたように、自動車は熱エネルギーを放出し、テレビなどの電気器具はジュール熱を生じる。ほかにも、運動エネルギーは摩擦によって熱に変わり、光を吸収した物体の温度は上がる。このように、エネルギーは利用するうちに熱エネルギーに変わり、しだいに周辺環境に広がっていく。ただし、エネルギー保存の法則にしたがい、エネルギーの総量は変化しない。</p>	
<p>図 4 自動車のエネルギー変換</p>	
<p>図 5 テレビのエネルギー変換</p>	
<p>考えてみよう 右の図の中で、エネルギーの変換が行われていると考えられるところをあげ、そこでは何のエネルギーから何のエネルギーへと変換されているのか説明しよう。</p> <p>例：風呂の給湯器でガスの化学エネルギーが、熱エネルギーに変換されている。</p>	
<p>ワンポイント あるモーターで 50 J の電気エネルギーが使われる間に得られた運動エネルギーが 40 J だったとき、その間に生じた熱などのエネルギーは 10 J だとわかるね。</p>	
<p>② 電気エネルギーへの変換 p.160 電気エネルギーはどのようにつくられているのだろうか？</p> <p>電気エネルギーへの変換 電気エネルギーは、熱や光、運動エネルギーなどのさまざまなエネルギーに変換しやすい。送電線で輸送でき、他のエネルギーより安全性が高いなどの利点もあり、私たちの暮らしに欠かせないものとなっている。</p> <p>エネルギー保存の法則から、電気エネルギーを得るには、ほかのエネルギーから変換する必要がある。多くの発電方式では、化学エネルギーや位置エネルギーを用いてタービン (羽根車) などを回し、電磁誘導によって電気エネルギーを得てい</p>	

る。	
火力発電 火力発電では、図1のように石炭や石油、天然ガスなどを燃やし、つくられた高温・高圧のガスや蒸気でタービンを回して電気エネルギーを得る。しかし、燃料を燃やすときに生じる二酸化炭素が地球温暖化のおもな要因の一つとされ、問題視されている。二酸化炭素の排出量を減らすには、発電効率を向上させることも効果的である。	
水力発電 水力発電では、図2のように水が高いところから流れ落ちて水車を回転させ、電気エネルギーを得る。水力は日本で自給でき、発電時に二酸化炭素を排出しないエネルギーでもある。	
図1 火力発電の例	
図2 水力発電の例	
コラム コンバインドサイクル発電 コンバインドサイクル発電は火力発電の一種で、圧縮した空気の中で燃料を燃やし、生じた高温の燃焼ガスでタービンを回している。その燃焼ガスの熱で水蒸気をつくり、さらにタービンを回すことで、発電効率を高めている。従来の火力発電の発電効率は40%程度であったが、コンバインドサイクル発電によって60%以上の発電効率も見込めるようになった。	
コラム 揚水式水力発電 人工的にくみ上げた水を用いる水力発電を揚水式水力発電という。夜間に余った電力で水を高いところにくみ上げておき、多くの電力が必要な昼間にその水を流して発電する。電気エネルギーを水の位置エネルギーに変えてたくわえておくと考えることもできる。	
Keyword 火力発電 水力発電 原子力発電 再生可能エネルギー	
① 電磁誘導によらない発電方式の一つに、太陽光発電がある。 ② 火力発電の場合、燃料から生じた熱エネルギーの量と、つくられた電気エネルギーの量の割合。	
原子力発電 原子力発電では、ウランなどの原子が分裂するときに生じるエネルギーを用い、電気エネルギーを得る。くわしくは次項で扱う。 p.161	
再生可能エネルギーによる発電 再生可能エネルギーとは、自然界からたえず供給され、枯渇する心配のないエネルギーのことである。再生可能エネルギーによる発電の例として、太陽光発電、風力発電(図3)、地熱発電(図4)などがあげられる。これらはいずれも発電時に二酸化炭素を排出しないことや、国内で自給できることなどのよさがあるが、費用の高さや発電の安定性などに課題がある(表1)。	
コラム 日本国内の発電比率の推移 それぞれの発電方式にはメリットとデメリットがあり、1種類の発電方式に頼ってしまうと、非常事態に対応できない危険性が高まる。私たちは、技術の進歩や社会情勢、環境問題への対策や必要とされる電気エネルギーの量などに応じて、さまざまな発電方式を組み合わせている。 (右図出典：日本原子力文化財団 エネ百科)	
やってみよう 発電方式を一つ選び、そのしくみや歴史、最新の技術や外国での使用状況などを調べよう。また、発電量や発電箇所をグラフや図表に表すなど、工夫してレポートにまとめよう。	
図3 青山高原風力発電所(三重県)	
図4 八丁原地熱発電所(大分県)	
表1 発電方式の比較 (出典：日本原子力文化財団 エネ百科)	
③ すでに取り上げた水力発電も再生可能エネルギーによる発電である。 ④ くわしくはp.167で述べる。	
③ 原子核エネルギー p.162 原子力発電のしくみはどのようなものだろうか? 原子と原子核 原子の中心にある原子核は陽子と中性子からできている(図1)。原子の種類は原子核がもつ陽子の数で決まり、その数を原子番号という。また、陽子と中性子の数の合計を質量数という。原子の種類を元素とよび、それぞれ元素記号が定められている。同じ元素(原子核内の陽子の数が同じ)でも、中性子の数が異なる原子が存在し、これらを互いに	

同位体 (アイソトープ) という。 元素記号の左上に質量数, 左下に原子番号をかくことがある (図 2)。	
ワンポイント 元素記号 Fe で表される鉄は陽子を 26 個もつ元素だよ。だから, 原子番号は 26 だね。鉄の原子には, 中性子の数が 30 個のものや 31 個のものなどがあって, これらを同位体とよぶんだ。中性子が 30 個の鉄の原子核の質量数は $26+30=56$ だね。	
問 1 ^{14}C と表される炭素の原子核がもつ陽子の数と中性子の数はそれぞれいくつか。	
問 2 原子番号が 8 である酸素の元素記号は O である。では, 中性子を 10 個もつ酸素原子の正しい表し方は, 次のア〜ウのどれか。 ア: $^{10}_8\text{O}$ イ: $^{18}_8\text{O}$ ウ: $^{18}_{10}\text{O}$	
核分裂 ^{235}U と表されるウラン原子核が中性子を吸収すると, 二つの原子核に分裂する (図 3)。このように, 質量数の大きな原子核が分裂することを核分裂という。原子核はエネルギーをたくわえており, 核分裂のときには大量のエネルギーを放出する。このように核分裂や核融合のときに放出されるエネルギーを原子核エネルギー (核エネルギー) という。	
Keyword 原子核 陽子 中性子 原子番号 質量数 同位体 (アイソトープ) 核分裂 原子核エネルギー 連鎖反応 臨界	
図 1 原子の構造	
図 2 原子番号と質量数の表記	
図 3 核分裂	
原子力発電のしくみ p. 163 ^{235}U が核分裂するとき, 同時にいくつかの中性子が放出される。この中性子がほかの ^{235}U に吸収されると, さらに核分裂が起こる。放出された中性子によって次々と核分裂が起こることを連鎖反応という (図 4)。 ^{235}U が核分裂する場合, 生じた中性子がすべて連鎖反応を引き起こすと, 核分裂する原子核が急増してしまう状態となる。一方, 連鎖反応が起こらなければ核分裂は停止する。核分裂を持続させるには, 生じた中性子のうち平均 1 個が連鎖反応を起こせばよい。このような, 核分裂が一定の割合で持続的に起こる状態を臨界という。臨界が維持されると, 大量の熱エネルギーを放出し続ける。原子力発電は, この熱エネルギーを用いてタービンを回し, 電気エネルギーを得る (図 5)。	
原子力発電の特徴 原子力発電には, 発電の際に二酸化炭素や窒素酸化物, 硫黄酸化物などの, 地球温暖化や酸性雨, 大気汚染の原因となる気体などを排出しないことや, 少量の燃料から大量のエネルギーを得られること (図 6), 安定的に高い出力を得られることなどの利点がある。しかし, 原子力発電の課題についても知っておく必要がある。	
コラム 核融合 20 世紀までは太陽のエネルギー源は謎にまつまれているが, その後の研究で太陽も原子核エネルギーを熱や光のエネルギーに変えていることがわかった。しかし, その方法は核分裂ではない。太陽の内部では, 質量数の小さな原子核どうしが結合して一つの原子核になる核融合という現象が起こっており, 大量のエネルギーをつくりだしている。	
① 連鎖反応をさせすぎないようにするために, 中性子を吸収しやすい物質を原子炉内の適切な位置に入れている。そのため部品が, 図 5 の制御棒である。	
図 4 連鎖反応	
図 5 原子炉の模式図 (沸騰水型)	原子炉の構造を理解するための情報として, 格納容器, 圧力容器も図中に示していただくことを希望します。
図 6 発電所を 1 年間運転するために必要な燃料の比較 (出展: 日本原子力文化財団 エネ百科) 最大出力が 100 万 kW の場合の比較。1 t=1000 kg である。	
④ 放射線 p. 164 放射線の性質とその利用法にはどのようなものがあるのだろうか? 放射線の種類と性質 原子核が不安定な同位体は, エネルギーの高い粒子や電磁波を放出し, より安定な原子核に変化する	

<p>ことがある。これを放射性崩壊といい、放射性崩壊を起こす同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ）、放出されるエネルギーの高い粒子や電磁波を放射線という。放射性同位体が放出するおもな放射線は、α線、β線、γ線である。このほか、核反応によって生じる中性子線や放電現象などで生じるX線なども放射線とよぶ。放射線の種類により、透過力や電離作用は異なる（図1）。</p> <p>原子核が放射線を放出する能力を放射能といい、放射能をもつ物質を放射性物質という。</p>	
<p>図1 放射線の種類による透過力と電離作用</p>	
<p>放射線・放射能の単位 放射能の単位はベクレル（記号 Bq）で、1s間に1回放射性崩壊をするような物体の放射能の強さを1 Bqという。放射線の量などを表す単位として、吸収線量（単位はグレイ。記号 Gy）、実効線量（単位はシーベルト。記号 Sv）、空間線量率（単位はシーベルト毎時。記号 Sv/h）などがある（表1）。</p>	
<p>表1 放射線に関する単位</p>	放射線に関する単位が分かりやすくまとめられており、良好事例です。
<p>Keyword 放射性崩壊 放射性同位体（ラジオアイソトープ） 放射線 α線 β線 γ線 中性子線 放射能 半減期</p>	
<p>① 物体を通り抜ける性質のことを透過力といい、通り道の原子にエネルギーを与えて電子をはじきだすことを電離作用という。電離作用は生物の細胞などにも影響を与える。</p>	
<p>科学者 レントゲン（1845-1923） 現在では放射線の一種とされるX線を発見した。これ以後、X線や放射線に関する研究がさかんに行われるようになった。ノーベル物理学賞の最初の受賞者である。</p>	
<p>ワンポイント 空間線量率が $0.10 \mu\text{Sv/h}$ の地点で1日すごすと、$0.10 \mu\text{Sv/h} \times 24 \text{ h} = 2.4 \mu\text{Sv}$ の実効線量となるよ。</p>	
<p>半減期 p. 165 放射性崩壊は一定の確率で起こるので、もとの放射性同位体の原子核は時間とともに減少する。このとき、もとの原子核の数が半分になるまでの時間を半減期といい、放射性同位体の種類によって決まっている（図2）。半減期が短い放射性物質は短い期間に多くの放射線を放出し、半減期が長い放射性物質は長期にわたって放射線を放出し続ける。</p>	
<p>放射線の利用 放射線の性質として、透過力がある、殺菌作用がある、薬品のように残存しない、物体の原子構造を変化させる、などがあげられる。こうした性質をもつ放射線は、工業や農業、医療、私たちの身のまわりなどで幅広く利用されている（図3）。</p>	
<p>図2 放射性同位体の減り方</p>	
<p>図3 放射線利用の方法</p>	
<p>やってみよう 空間線量計を用いて放射線を測定しよう。</p> <p>(1) 机の上空間線量計を置き、自然放射線を測定しよう。 (その空間線量の中で1年間すごした場合の実効線量も求めよう。)</p> <p>(2) 空間線量計の前に岩石などを置き、放射線量を調べよう。</p> <p>※ (2) で測定する線量は、(1) で測定した自然放射線を含むことに注意しよう。</p>	
<p>Note α線は透過力が弱く、空気中でも数 cm しか進めない。しかし、その間に集中的に周囲へエネルギーを与えるため、透過力の強さだけでは、人体への危険性の大きさは判断できない。同様に、半減期の長さだけでは、放射性物質の危険性の大きさを判断できない。</p>	放射線について誤解しがちなことをきちんと説明しており、良好事例です。
<p>⑤ 科学的に判断すること p. 166 これからのまちづくりや私たちのくらしを考えていこう。</p> <p>放射線による人体への影響 人体は放射線を浴びる（被ばくする）と、健康上の悪影響が出ることもある。その影響の大きさは、放射線の量と被ばくする時間の長さなどによる。また、体外から放射線を浴びることを外部被ばくといい、呼吸や食事によって体内に入った放射性物質の放射線を浴びることを内部被ばくという（図1）。</p> <p>私たちは日常生活において、自然環境からの放射線（自然放射線）や医療機関でのX線撮影などによる放射線を浴びている。その量は地域や行動、食習慣などによるが日本では1年間に平均 2.1 mSv 程度である（図2）。</p>	

<p>放射線の管理・防護 現在のところ、100 mSv 程度以下の被ばくによって将来にどの程度の健康被害が生じるかなどについての科学的な結論は出ていない。だが、少しの被ばくでも何らかの影響があるかもしれないため、可能なかぎり被ばくを避けるべきだとされている。外部被ばくを減らすためには、放射性物質から離れる、間に鉛の板や大量の水、コンクリートなどを置く、近くにいる時間を短くするという方法がある（図3）。</p>	
<p>Keyword 被ばく 外部被ばく 内部被ばく 放射性廃棄物 廃炉</p>	
<p>図1 外部被ばくと内部被ばく</p>	
<p>図2 日常生活における放射線の量</p>	
<p>図3 外部被ばくを防ぐための三つの方法</p>	
<p>① 吐き気、めまい、免疫力の低下、がんの発生リスクの増加など。短時間にきわめて強い放射線を浴びると数週間以内に死にいたることもある。</p>	
<p>原子力発電所の事故とこれから p.167</p>	
<p>原子力発電所の事故と放射性物質の拡散 2011年の東日本大震災では、福島第一原子力発電所の原子炉が制御できなくなり、発生した水素が爆発して放射性物質が広範囲かつ大量に拡散するという大きな事故が起こった（図4）。事故当時から、放射線や放射能についての科学的な根拠のない噂や思い込みによる風評被害や差別も問題とされている。</p>	
<p>放射性廃棄物と原子炉の廃炉 使用済みの核燃料や、原子炉周辺で放射能をもつようになった物質などを放射性廃棄物という。放射性廃棄物は種類や濃度で区別され、必要に応じて厳重な管理のもとで処理・処分される。必要なくなった原子炉や使えなくなった原子炉を解体したり密閉して管理したりすることを廃炉という。福島第一原子力発電所の廃炉にはさまざまな困難があり、高度な技術や多くの労力が投入されている。</p>	<p>「使用済みの核燃料や、原子炉周辺で放射能をもつようになった物質などを放射性廃棄物という」とありますが、使用済核燃料が放射性廃棄物であるという誤解を与える可能性があります。わが国では、再処理によって使用済核燃料から有用な核燃料物質を取り出して利用する方針を取っておりますので、次のような記述を提案します。「原子力発電で使用した核燃料を使用済み（核）燃料といい、原子力発電に伴って発生した放射性物質を含む廃棄物を放射性廃棄物という。放射性廃棄物は種類や濃度で区別され、必要に応じて厳重な管理のもとで処理・処分される。」</p>
<p>事故を知り未来を考える 福島第一原子力発電所の廃炉作業（図5）は、2050年頃まで続く見込みである。現在は風評被害への対策に加え、この事故を含めた東日本大震災についての意識が薄れることへの対策も考えられている。私たちは情報を適切に収集し、正確な知識をもとに科学的に判断し、これからのエネルギーの利用法やまちづくりを考えていく必要がある。</p>	
<p>ワンポイント 直感やあやふやな経験に頼らず、実験や理論的な検証がくり返されて、再現性があるとされた法則や、過去の事例を統計的に分析した結果などをもとに、科学的に考えていくことが大切だよ。</p>	
<p>やってみよう エネルギーに関するテーマを決めて、レポートにまとめよう。 【テーマ例】 ・再生可能エネルギーによる発電のしくみ。 ・福島第一原子力発電所の廃炉に向けたこれまでの経過とこれからの計画。 ・被ばくについての風評被害と科学的な考え方。 ・私たちにできるエネルギー問題への取り組み方。</p>	
<p>図4 当時の新聞紙面（2011年3月13日 福島民報）</p>	
<p>図5 福島第一原子力発電所廃炉作業（写真提供：東京電力ホールディングス株式会社、写真撮影：西澤丞）</p>	

<p>② 原子炉周辺で非常に強い中性子線を浴びた壁などが放射能を帯びる（放射化）。 ③ 爆発した建屋のがれきが重なっていること、燃料が溶け落ちていること、作業で新たに放射性物質を拡散させないようにすることなど。</p>	
<p>まとめ 5章1節 エネルギーとその利用 p.168 ① エネルギーの変換と私たちの暮らし 物理基礎で学習してきたエネルギーは、私たちの生活とどうかかわっているのだろうか？ → 私たちの暮らしに欠かせない電気エネルギーは、力学的エネルギーや熱エネルギーなどの他のエネルギーを変換して手に入れている。 ○エネルギーの変換 自然界には、力学的エネルギーや内部エネルギー（熱エネルギー）、電気エネルギーのほかにも、光や音のエネルギー、化学エネルギー、原子核エネルギーなどが存在する。これらのエネルギーは互いに変換することができる。これをエネルギーの変換という。 ○エネルギー保存の法則 エネルギーの変換に際してエネルギーの総量は一定である。 ここもチェック <input type="checkbox"/>もとのエネルギーをすべて目的のエネルギーに変換できるとはかぎらない。 <input type="checkbox"/>エネルギーは変換するうちにしだいに熱エネルギーへと変わり、周辺環境に広がっていく。</p>	
<p>② 電気エネルギーへの変換 電気エネルギーはどのようにつくられているのだろうか？ → 電気エネルギーのつくり方の多くは、タービン（羽根車）などを回し、電磁誘導を用いるものである。太陽光発電などは電磁誘導を用いない。 ○火力発電 燃料を燃やしたガスや、その熱でわかした湯の蒸気でタービン（羽根車）を回して発電する。 ○水力発電 高いところから流れる水で水車を回して発電する。 ○再生可能エネルギー 水力のほか、地熱や風力、太陽光のように自然界からたえず供給され、枯渇する心配のないエネルギーのこと。 ここもチェック <input type="checkbox"/>発電効率の向上などに向け、改良も進められている。 <input type="checkbox"/>私たちはさまざまな発電方法を組み合わせて電気エネルギーを得ている。</p>	
<p>③ 原子核エネルギー 原子力発電のしくみはどのようなものだろうか？ → 原子力発電は連鎖反応を制御し、核分裂により放出される核エネルギーを利用した発電方式である。<u>放射線漏れなどの事故の防止や、放射性廃棄物の処理・管理に十分な対策が必要となる。</u> p.169 ○原子番号 原子核に含まれる陽子の数。これによって元素が区別される。 ○質量数 原子核に含まれる陽子の数と中性子の数の和。原子番号は等しいが、質量数が異なる原子どうしを互いに同位体（アイソトープ）という。 ○核分裂 質量数の大きな原子核が分裂する反応。原子核エネルギーの放出をともなう。 ○連鎖反応 核分裂のときに放出された中性子を、他の原子核が吸収して次々と核分裂が起こること。連鎖反応が一定の割合で持続的に起こる状態を臨界という。 ここもチェック <input type="checkbox"/>図のように、元素記号の左上に質量数、左下に原子番号をかくことがある。</p>	<p>原子力発電所の事故としては、通常は放射線漏れよりも放射性物質の大量放出を想定しています。「放射線漏れなどの事故の防止」を「放射性物質が大量に放出されるような事故の防止」とすることを提案します。</p>
<p>④ 放射線 放射線の性質とその用法にはどのようなものがあるだろうか？ → 放射線には透過力と電離作用があり、医療、農業、工業などさまざまなところで利用されている。 ○放射性崩壊 不安定な原子核がエネルギーの高い粒子や電磁波を放出し、より安定な原子核に変化すること。放射性崩壊</p>	

<p>を起こす同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ）といい、放射性崩壊によって原子核の数がもとの半分になるまでの時間を半減期という。</p> <p>○放射線 放射性崩壊などによって生じるエネルギーの高い粒子や電磁波のこと。放射性崩壊によってはおもに α 線、β 線、γ 線を生じ、核反応の際には中性子線なども生じる。</p> <p>○放射能 放射性崩壊を起こして放射線をだす能力。</p> <p>ここもチェック</p> <p>□放射能をもつ物質を放射性物質という。</p>	
<p>⑤ 科学的に判断すること これからのまちづくりや私たちの暮らしを考えていこう。</p> <p>→ 安心・安全なまちづくりに向けて、科学的に考えていこう。</p> <p>○被ばく 人体が放射線を浴びること。体外から放射線を浴びることを外部被ばく、体内に入った放射性物質の放射線を浴びることを内部被ばくという。</p> <p>○放射性廃棄物 使用済みの核燃料や、原子炉周辺で放射能をもつようになった物質のこと。</p> <p>○廃炉 必要なくなった原子炉や使えなくなった原子炉を解体したり密閉して管理したりすること。</p> <p>ここもチェック</p> <p>□日本では、1年間に平均で2.1 mSv 程度被ばくする。</p>	
<p>節末問題 5章1節 エネルギーとその利用 p.170</p> <p>① 次の(1)～(8)の道具や現象は何のエネルギーを何のエネルギーに変換するためのものか。図のア～タから選んで記号で答えよ。</p> <p>(1) モーター (2) LED 照明 (3) 地熱発電 (4) 水力発電 (5) 光合成 (6) 原子炉 (7) ガスバーナー (8) 乾電池</p>	
<p>見えないものを見る p.178 人間の目は、物体が反射した光を感知し、その刺激を信号に変えて脳に伝えている。私たちの目に見えるのは赤～紫におよぶ可視光線のみであるが、電磁波や音を利用すると、目には見えないものを可視化することができる。</p>	
<p>X線撮影 X線は写真フィルムを感光させる性質があり、可視光線を通さない物質を透過することもできる。また、物質を透過するときの一部が吸収されるが、その吸収率は物質の種類や厚さによって異なる。X線を用いて撮影すると、X線を吸収されやすい物質ほど白く、吸収しにくい物質ほど黒く映る。これを利用して、骨折の診断、胃がんや肺結核の早期発見をはじめ、さまざまな病気やけがの検査に使われている。</p> <p>【写真】X線は肺の中の空気には吸収されにくく、骨には吸収されやすい。</p>	
<p>啓林館 705 高等学校 物理基礎</p>	
<p>第1章 エネルギーとその利用 p.218 人類は昔からエネルギーを利用して生活してきたが、産業革命以降、その使用料は急激に増加している。いまやエネルギー問題は、環境問題とともに、世界的に取り組まなければならない大きな課題である。</p> <p>この章では、人類が利用している様々なエネルギーの特性や利用方法について学習しよう。</p> <p>第1節 様々なエネルギーとその利用</p> <p>A エネルギーの変換と保存 第2部で学んだように、あるエネルギーがどのような種類のエネルギーに変わっても、エネルギーの総量は増減せず、保存される。</p> <p>エネルギーが他のエネルギーに変換されるとき、エネルギーの一部は熱として外部に放出されるが、放出された熱はほと</p>	

<p>んど他のエネルギーに変えることができないため、エネルギーの形態が変わっていくにつれて、利用可能なエネルギー量は減少していく。したがって、エネルギー資源を消費して、エネルギーを取り出す必要がある。</p>	
<p>B 利用するエネルギーの移り変わり 生活に利用するエネルギー資源は、原始時代の薪から現代のウランに至るまで、時代とともに移り変わってきた。それに伴い、エネルギー消費量も大幅に増加してきた。現在の私たちの豊かで便利な生活は、大量のエネルギー消費によって支えられているものである。また、人口の急激な増加も、エネルギー消費を増加させる大きな要因の1つとなっている。</p>	
<p>図1 一人あたりのエネルギー消費量と世界の人口の変化 97億人は2050年における予想値（「エネルギー・経済統計要覧2018」,「エネルギー白書」,「原子力・エネルギー図面集」より）。</p>	
<p>p.219 現在使用されている主なエネルギー資源のうち、石油、石炭、天然ガス、ウランなどは地球上に存在する量が限られているので、使用した分だけ減少していく。このようなエネルギー資源を枯渇性エネルギーという。一方、水力、風力、太陽光、太陽熱、地熱などは自然現象を利用しているので、永続的に使うことができる。このようなエネルギー資源を再生可能エネルギーという。 また、自然界に存在しているままのエネルギー資源を一次エネルギーという。これに対して、一次エネルギーに手を加え、電気、ガソリン、灯油、都市ガスなどのように、使いやすい形態にしたものを二次エネルギーという。二次エネルギーの中でも、特に電気は便利で使いやすいため、日本では一次エネルギーの約4割が電気エネルギーに変換されている。一次エネルギーを電気エネルギーに変換するには、発電機を回す方法（水力発電、風力発電、火力発電、原子力発電、地熱発電など）、化学変化を利用する方法（電池）、光エネルギーを直接変換する方法（太陽光発電）などがある。ただし、電気エネルギーは、大量に貯蔵することが難しく、また、長距離を送電すると、送電線の抵抗によって失われるエネルギーが無視できなくなるという問題もある。 次に、一次エネルギーから電気エネルギーへの主な変換方法について学習しよう。</p>	
<p>図2 エネルギー資源の採掘可能年数 ウランは2017年、その他は2018年の予測値（「原子力・エネルギー図面集」より）。</p>	
<p>図3 世界の一次エネルギー消費の推移「原子力・エネルギー図面集」</p>	
<p>① 私たちがエネルギーとして利用している地熱は、主に火山の地下にあるマグマによる熱である。地熱発電は地熱によってつくられた水蒸気で発電機を回し、発電する。</p>	
<p>C 太陽光の利用 p.220 太陽から地球にやってくるエネルギー量は、大気による吸収や反射がないとすると、太陽光線に垂直な面1㎡あたり毎秒約1370 J (1.37 kW/㎡)であり、この値を太陽定数という。 地表に届いた太陽光は、水の蒸発や大気の移動、降雨などの気象現象を起こす。水力発電や風力発電は、それらの気象現象を利用しているので、そのエネルギー源は太陽といえる。</p>	
<p>1 水力発電 水力発電では、湖や河川などの高いところにある水を落下させて水車を回し、それに接続された発電機を回転させて発電する。水力発電には、発電量を調節しやすい、汚染物質などの排出が少ないという利点があるが、発電所を建設できる場所に限られるため、今後の大規模開発は困難となっている。</p>	
<p>2 風力発電 風力発電では、風のエネルギー、すなわち空気の運動エネルギーを利用して風車を回し、それに接続された発電機を回転させて発電する。風力発電には、天候の影響を受けやすい、騒音が発生するという欠点があるが、安定して強い風が吹く地域では採算性に優れているという利点がある。また、風速に合わせて羽の傾きを調節したり、風向きに合わせて風車の向きを変えたりすることで、効率よく発電できるしくみも備わっている。</p>	
<p>図4 太陽からの光 一時間に地球が受け取るエネルギー量は、私たちが一年間に利用するエネルギー量と同程度である。</p>	
<p>図5 水力発電の仕組み</p>	
<p>図6 風力発電の仕組み</p>	

<p>3 太陽光発電 p.221 太陽電池（光電池）は、光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する装置である。太陽光発電では、太陽電池が太陽光を受けて発電する。限られた面積では太陽のエネルギーの量は多くないので、それを集めて大規模に利用することが難しい、昼間しか発電できない、天候や季節の影響を受けるという欠点がある。そのため、他の発電方式より発電コストがかかる。しかし、環境に与える影響が小さいという利点がある。</p>	
<p>問1 地表に1 m²あたり毎秒1.4×10³ Jの太陽エネルギーがやってくるとして、変換効率10%で表面積20 m²の太陽電池を太陽光線に垂直に設置すると、何Wの電力を発電できるか。</p>	
<p>D 化石燃料の利用 1 火力発電 石油や天然ガス、石炭などは、太古の動植物の遺骸がもとになったものである。これらのエネルギー資源を化石燃料という。 火力発電では、化石燃料を燃焼させて高温・高圧の水蒸気をつくり、その水蒸気で蒸気タービンを回し、それに接続された発電機を回転させて発電する。火力発電の熱効率は約40%である。火力発電には、発電量を容易に調整することができるという利点があるが、地球温暖化の一因とされる二酸化炭素CO₂などの排出が問題となっている。</p>	
<p>図7 火力発電のしくみ 高温・高圧の水蒸気で羽根車（蒸気タービン）を回し、発電する。最近では、燃焼時に発生した高温ガスでガスタービンを回し、その排熱を利用して水蒸気を発生させて蒸気タービンを回す、より熱効率の高い火力発電（コンバインドサイクル発電）もある。</p>	
<p>E 放射線 p.222 放射線は目には見えないが、私たちの身のまわりにある岩石や食物、温泉などといったものからも出ている。放射線とは何だろうか。また、どのように利用されているのだろうか。 原子は、その中心にある1個の原子核と、その周りを運動する電子でできている。原子核は、正の電荷をもつ陽子と、電荷をもたない中性子からできている。電子は負の電荷をもっている。元素（原子の種類）は、原子核中の陽子の数で決まり、その数を原子番号という。また、原子核中の陽子の数と中性子の数の和でおよその原子の質量が決まるので、その和を質量数という。原子には、原子番号が同じでも、中性子の数の違いによって質量数の異なる原子がある。これらの原子は互いに同位体（アイソトープ）であるという。</p>	
<p>図8 原子の構造とその表し方（ヘリウムの例）</p>	
<p>表1 同位体の例 質量は¹²Cの質量を12としたときの相対質量を表す。</p>	<p>「¹²Cの質量」を「¹²Cの原子質量」としたほうがより正確です。</p>
<p>問2 ²³⁵Uの陽子の数と中性子の数を求めよ。</p>	
<p>1 放射線 ウランUやラジウムRaなどの原子核は、自然に放射線とよばれる高エネルギーの粒子や電磁波を出して、別の原子核になる。これを原子核の崩壊（または壊変）という。原子核が自然に放射線を出す性質を放射能という。放射能をもった物質を放射性物質といい、放射能をもつ同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ）という。</p>	
<p>① 物質を構成する原子の種類のことを元素といい、元素の種類を表す記号を元素記号という。元素については周期表（→p.269）も参照。</p>	
<p>② 質量数の違いは原子核中の中性子の違いによる。同位体どうしの化学的性質は同じだが、原子核の性質は異なる。</p>	
<p>p.223 放射線には、主なものとしてα線、β線、γ線などがあり、物質を通り抜ける能力（透過力）や、物質に当たると物質中の原子から電子を引き剥がしてイオンをつくる作用（電離作用）がある。これらのはたらきの強さは、放射線の種類によってことなる。 また、核分裂などの際に生じる中性子線も放射線の一種である。中性子線は電荷をもたないので、原子との相互作用が少なく、透過力がきわめて大きい。さらに、中性子線には原子を放射性同位体に変える（放射化する）はたらきがある。</p>	
<p>2 半減期 放射能をもつ原子核は、一定の割合で崩壊し、数が時間とともに減少する。原子核の崩壊によって、原子核数</p>	

<p>が初めの数の半分になるまでの時間を半減期という。 例えば炭素 14 (^{14}C) の半減期は約 5700 年である。考古学では、遺物などの ^{14}C の含有率を調べることによって、年代測定を行っている。</p>	
<p>表 2 原子核の崩壊による放射線</p>	
<p>表 3 半減期の例</p>	
<p>図 9 放射線の透過力 「水素を含む物質」とは、水のほかにコンクリートなどもさす。</p>	
<p>図 10 原子核数の時間的变化</p>	
<p>③ e は電気素量 (電子の電気量の絶対値) を表す。</p>	
<p>④ 放射線の透過力は、放射線のエネルギーによってことなる。この図はだいたいの目安である。</p>	
<p>発展 物理 ⑤ 初めの原子核数を N_0、半減期を T とすると、時間 T だけ経過したときに崩壊せずに残っている原子核数 N は、$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ で表される。</p>	
<p>3 放射線に関する単位 p. 224 放射線に関する単位には、ベクレル (記号 Bq)、グレイ (記号 Gy)、シーベルト (記号 Sv) などがある。放射線測定器では、放射線の強さが $\mu\text{Sv/h}$ (1 時間あたり 10^{-6} Sv) の単位で表示されることが多い。この場合、放射線を受けた量 (被曝量) は「表示量×放射線を受けた時間」で求める。</p>	
<p>表 4 放射線に関する単位</p>	<p>等価線量の単位としてシーベルト (Sv) が紹介されています。この表の等価線量に関する説明は誤りではありませんが、図 11、図 12 に表されている被ばく線量は実効線量です (同じ Sv の単位で表されていますが)。また、本文中で紹介されている放射線測定器に $\mu\text{Sv/h}$ という単位で表示される値も、一般に実効線量の近似値となっています。これらの値が等価線量であると誤解されるおそれがありますので、表 4 では実効線量を紹介することを提案します。</p>
<p>4 放射線の人体への影響 放射線には電離作用があるため、放射線が生物に大量に当たると細胞に損傷を与える。放射線が人体に及ぼす影響は、放射線を浴びた部位や量、期間によって異なる。また、すぐにその影響が現れる場合 (急性障害) もあれば、ある潜伏期間を経てがんや白内障などが現れる場合 (晩発障害) もある。</p>	
<p>図 11 放射線に関する単位 放射線に関する単位は、電球と光の関係に例えることができる。</p>	
<p>図 12 放射線の被曝量と急性障害 (1 mSv は 10^{-3} Sv, 「原子力・エネルギー図面集」より)</p>	
<p>p. 225 放射線を出す線源が人体の外部にあり、その線源から放射線を浴びることを外部被曝、放射性物質を体内に取り込み、そこから放射線を浴びることを内部被曝という。 現在のところ、これ以下なら影響が全くないという安全量は確認されていない。また、人は自然界から年間約 2.1 mSv (日本の平均値) の放射線を浴びている。国際放射線防護委員会は、一般人が 1 年間に受ける放射線の量は、自然放射線以外に、年間 1 mSv 以下であるようにと勧告している。 通常に比べて多くの放射線が発生している状況においては、まず内部被曝を避けるために、体内に放射性物質を過剰に取り込まないことが大切である。また、外部被曝を避けるためには、放射性物質から離れる、遮蔽物を置く、放射線を受ける時間を短くすることが重要である。</p>	<p>「現在のところ、これ以下なら影響が全くないという安全量は確認されていない」とありますが、放射線被ばくに限らずこの世に 100% の安全 (ゼロリスク) はありませんので、「影響が全くない安全量」という表現は適切ではないと考えます。 またこの記述は、被ばくによる人体への影響のうち、確率的影響にしきい線量が確認されていないことを指しているのだと思います。実際に、100 mSv 以下の被ばくによるがん死亡確率の増加は確認されていま</p>

	<p>せんが(統計的に有意な増加が検出できない)、放射線防護上の考え方としては「100 mSv 以下でも被ばく線量に比例して確率が増加する」という仮定を採用しています。</p> <p>したがって、ここでは分かっている事実のみ記述し、以下のように修正することを提案します。</p> <p>「現在のところ、100 mSv 以下の被ばくによる影響は確認されていない。」</p>
<p>図 13 外部被曝の低減三原則</p>	
<p>5 放射線の利用 放射線は、いろいろな分野で利用されている。医療では、X線を使った画像診断や、がん組織に放射線を照射してがん細胞を破壊する治療などに利用されている。農業では、品種改良のために突然変異を起こさせたり、食品保存のために発芽を抑えたりするのに利用されている。工業では、ジェットエンジンなどの非破壊検査(対象を壊さないで内部を調べること)、医療器具の滅菌、高温の鉄板の厚さの測定などに使われている。また、植物などに微量の放射性同位体を注入してそこから放射される放射線を測定し、生体内での物質のはたらきや化学反応のしくみを調べることができる(トレーサー法)。</p>	
<p>図 14 トレーサー法の利用 イネの中に存在する ^{32}P の分布を示す(穂に多い)。</p>	
<p>① 大気中のラドン Rn, 地表の岩石, 食物, 宇宙などからである。なお, 世界平均は 2.4 mSv である。</p>	
<p>② X線も放射線の一種である。</p>	
<p>F 原子力の利用 p. 226</p> <p>1 原子力 天然の元素の中で最も原子番号のおおきいウラン U には, ^{238}U, ^{235}U, ^{234}U などの同位体がある。このうち, ^{235}U に中性子を衝突させると, ウランの原子核は 2 つに分裂して大きなエネルギーを放出するとともに, 2~3 個の中性子と放射線を出す。このように原子核が分裂することを核分裂という。^{235}U の核分裂で飛び出した中性子はまた別の ^{235}U を核分裂させるため, 核分裂が連続的に起こる。これを連鎖反応という。</p> <p>一方, 水素 H の原子核のように軽い原子核どうしを高速でぶつけると, それらが結びついて別の原子核ができ, 大きなエネルギーを放出する。これを核融合という。現在のところ, 核融合の起こる量を制御して有効にエネルギーを取り出すことは難しく, 国際協力のもと, この技術を開発する研究が進められている。</p> <p>核分裂や核融合によって得られるエネルギーを原子力エネルギー, または核エネルギーという。</p>	
<p>2 原子力発電 原子炉では中性子を吸収する制御棒を操作し, 図 15 のような核分裂の連鎖反応の速さを制御しながら持続させ, エネルギーを取り出している。核分裂の連鎖反応が一定の速さに保たれている状態を臨界という。原子力発電では, 核分裂の際に発生する熱によって高温・高圧の水蒸気をつくり, その水蒸気で蒸気タービンを回し, それに接続された発電機を回転させて発電する。原子力発電には, 原子炉圧力容器内で水を沸騰させて水蒸気をつくる沸騰水型と, 圧力をかけられた水が熱せられて液体のまま水蒸気発生器に送られ, 別系統の水を水蒸気にする加圧水型の 2 種類の方式がある。</p>	<p>「核分裂の連鎖反応の速さ」が何を表しているかが分からず, 表現に違和感があります(単位時間あたりに起きる核分裂反応の数というイメージでしょうか?)。「図 15 のような核分裂の連鎖反応の速さを制御しながら」は「図 15 のような核分裂の連鎖反応を制御しながら」, 「核分裂の連鎖反応が一定の速さに保たれている状態」は「核分裂反応の数が一定に保たれている状態」としたほうが良いと思います。</p>
<p>図 15 ^{235}U の核分裂反応と連鎖反応</p>	
<p>① また, ^{238}U が中性子を吸収した後 β 線を出してできるプルトニウムの同位体 ^{239}Pu も核分裂をする。</p>	
<p>3 原子力発電の安全性 p. 237 化石燃料を使う火力発電と異なり, 原子力発電には, 地球温暖化の一因とされる二酸化炭素などの排出ガスが生じないという利点がある。</p>	<p>「使用済み核燃料内には, 核分裂によって生じた様々な種類の放射性物質が蓄積され, なかには放射能が非</p>

<p>一方、炉心の制御不能による暴走や、冷却機能喪失による炉心溶融（メルトダウン）などの事故が起こると、放射性物質が外部に放出され、広範囲かつ長期間にわたる大きな被害が生じる可能性がある。2011年の東北地方太平洋沖地震では、福島第一原子力発電所で炉心溶融が発生し、原子炉建屋が崩壊して原子炉内の放射性物質が大量に外部に放出された。</p> <p><u>使用済み核燃料内には、核分裂によって生じた様々な種類の放射性物質が蓄積され、なかには放射能が非常に強い物質もある。使用済み核燃料は数万年を超えるような年月にわたり、厳重かつ安全に管理する必要がある。</u></p>	<p>常に強い物質もある。使用済み核燃料は数万年を超えるような年月にわたり、厳重かつ安全に管理する必要がある」との記述がありますが、使用済み核燃料をそのまま数万年にわたって管理するのではなく、再処理によって生じる放射能レベルが高い廃棄物を高レベル放射性廃棄物として処分することになっています。したがって、「使用済み核燃料内には、核分裂によって生じた様々な種類の放射性物質が蓄積され、これにより放射能が非常に強くなる。そのまま処理をせずに保管する場合、数万年を超えるような年月にわたり、使用済み核燃料を厳重かつ安全に管理する必要がある。」とすることを提案します。</p>
<p>図 16 原子力発電のしくみ (a) 沸騰水型軽水炉 (b) 加圧水型原子炉</p>	
<p>実習 1 再生可能エネルギーに関する討論</p> <p>(目的) 地球の温暖化により、異常気象や生態系への影響、海水面の上昇などの問題が地球規模で生じている。持続可能な社会の創出のために何をすべきか、エネルギーの観点から考える。</p> <p>(方法)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① これまで学習した内容や、話題になっているエネルギーについて調べ、再生可能エネルギーのなかで興味をもったものを1つ挙げる。 ② ①で挙げた再生可能エネルギーの概要と、そのエネルギーの利点と欠点について調べる。 ③ ①で挙げた再生可能エネルギーの欠点を克服したうえで、普及させるにはどうすればよいか、グループで話し合う。 ④ グループ内で議論した内容について意見をまとめ、代表者が発表を行う。 	
<p>実習 2 放射線の性質 p. 228</p> <p>(課題) 放射線測定器を用いて、放射線の性質を調べる。</p> <p>(準備) 放射線測定器、実験用 γ 線源、同じ厚さ (2mm 程度) のアクリル板・アルミニウム板・鉄板・鉛板 (各 1 枚)、ものさし</p> <p>(方法)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 周りに放射線源がないことを確認し、放射線測定器で自然放射線の量 (バックグラウンドの値とする) を測定する。測定は 10 回程度行い、その平均をとる。②～③の実験では、測定値からこのバックグラウンドの値を引く。 ② γ 線の放射線源を引き、そのすぐ近くに放射線測定器を置く。γ 線源と測定器の間にアクリル板やアルミニウム版、鉄板、鉛板、を置いて、物質による、放射線の吸収の違いを調べる。測定は素材ごとに 3 回行い、その平均値を求める。 ③ γ 線源と測定器との距離を変化させていき、γ 線源からの距離と放射線の強さとの関係を調べる。測定は 3 回行い、平均値を求める。 <p>(考察)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 物質の種類と放射線の吸収量との間には、どのような関係があるか。 ② 放射線源からの距離と放射線の強さとの間には、どのような関係があるか。 <p>! 放射線源に長時間触れるなどの、不必要な被曝を避けるように十分注意する。</p>	
<p>実習 3 原子力発電による事故と課題</p> <p>(目的) 原子力発電の事故について調べ、事故によって起きた問題とその解決方法について議論し、人類が原子力発電と共</p>	

<p>存していくための方法を考える。 (方法) ① 原子力発電の事故とその被害について調べ、現在の課題を1つ挙げる。 ② ①で挙げた課題が発生する理由と解決方法をこれまでに学習した内容を踏まえて考察する。 ③ 考察したことをグループ内で話し合う。 ④ グループ内で議論した内容について意見をまとめ、代表者が発表を行う。</p>	
<p>第2章 物理学が拓く世界 p.230 物理学は、様々な自然法則を明らかにしてきたが、その成果は私たちの身近な分野にも取り入れられ、私たちの生活を支えている。 この章では、これまで学習してきた現象や法則がどのような科学技術と結びついているか、いくつかの具体例を取り上げながら考えてみよう。</p>	
<p>【医療】見えないものを見る B X線撮影 p231 X線には、可視光線を通さない物質をも透過し、写真フィルムを感光させる性質があるため、発見直後より医学界から注目を浴びた。 X線は、物質を透過するときに一部が物質に吸収される。物質の種類や厚さによってX線の吸収量が異なるため、X線を均一な強さで照射すると、X線の経路にあった物質によって、透過するX線の強さが異なる。この性質を生かして、骨折の診断、胃がんや肺結核の早期発見など、様々な医療の検査で使われている。 1972年には、X線を一方向からだけではなく人体の周囲から照射し、その透過率のデータをコンピュータで処理することで、人体を輪切りにしたような画像が得られるCT(コンピュータ断層撮影)スキャン装置が登場した。さらに、近年では画像処理技術の向上により、3次元の画像も得られるようになった。 超音波検査とX線撮影は、いずれも超音波やX線の性質を応用した医療技術であり、音波や電磁波についてのこれまでの研究成果が生かされている。</p>	
<p>ヴィルヘルム・レントゲン(1845-1923)ノドイツ レントゲンは陰極線の研究をしていた際に、偶然X線を発見した。「X線」とは、数学で未知数を表「X」に由来する。X線の発見より、第1回ノーベル物理学賞を受賞した。</p>	
<p>図2 X線撮影のしくみ</p>	
<p>図3 CTスキャン装置(a)とその画像(b)</p>	
<p>啓林館 706 高等学校 考える物理基礎</p>	
<p>第1章 エネルギーとその利用 p.174 5.2 エネルギーの利用 私たちが利用しやすいエネルギーの形態の1つが電気である。電気エネルギーをつくる方法にはどのような種類があり、それらはどのような特徴をもっているのだろうか。 A エネルギーの変換 第2部で学んだように、エネルギーは他の種類のエネルギーに変わっても、その総量が保存される。 エネルギーが他のエネルギーに変換されるとき、その一部は熱として外部に放出されるが、その熱はほとんど他のエネルギーに変えることができないため、エネルギーの形態が変わっていくにつれて、利用可能なエネルギー量は減少していく。したがって、私たちは常にエネルギー資源を消費して、エネルギーを取り出す必要がある。</p>	
<p>B エネルギー資源 私たちのエネルギー使用量は、産業革命の頃から大幅に増加してきた。現在の私たちの豊かで便利な生活は大量のエネルギー消費によって支えられている。 現在使用されている主なエネルギー資源のうち、石油、石炭、天然ガス、ウランなどは地球上に存在する量が限られているので、使用した分だけ減少していく。このようなエネルギー資源を枯渇性エネルギーという。一方、水力、風力、太陽光などは自然現象を利用しているので、永続的に使うことができる。このようなエネルギー資源を再生可能エネルギーとい</p>	

<p>う。</p> <p>また、自然界に存在しているままのエネルギー資源を一次エネルギーという。これに対して、一次エネルギーに手を加え、電気、ガソリン、灯油、都市ガスなどのように、使いやすい形態にしたものを二次エネルギーという。二次エネルギーの中でも、特に電気は便利で使いやすいため、日本では一次エネルギーの約4割が電気エネルギーに変換されている。一次エネルギーを電気エネルギーに変換するには、発電機を回す方法（水力発電、風力発電、火力発電、原子力発電など）、化学変化を利用する方法（電池）、光エネルギーを変換する方法（太陽光発電）などがある。</p>	
<p>図1 世界の人口の推移と1人あたりのエネルギー消費量 97億人は、2050年における人口の予測値（『エネルギー・経済統計要覧2018』、『エネルギー白書2012』、『原子力・エネルギー図面集』より）。人口の急激な増加もエネルギー消費を増加させる大きな要因となっている。</p>	
<p>図2 エネルギー資源の採掘可能年数 ウランは2017年、その他は2018年予測値（『原子力・エネルギー図面集』より）。年数は、確認されている採掘可能な埋蔵量をその年の生産量で割って予測している。</p>	
<p>図3 1人が一日に消費する電力量（2015年）（「Key World Energy Statistics（2017年）」より）</p>	
<p>水力発電 p.175 しくみ ダムにためた水を落下させて、発電機を回転させる。 長所 ・発電量を調節しやすい。 ・二酸化炭素や汚染物質などの排出が少ない。 短所 ・ダムの建設が必要となり、設置場所も限られる。</p>	
<p>風力発電 しくみ 風を受けて発電機につけた風車を回し、発電する。 長所 ・安定して強い風が吹く地域では採算性が優れている。 短所 ・天候の影響を受けやすい。 ・騒音が発生する。</p>	
<p>火力発電 しくみ 石油や石炭、天然ガスといった化石燃料を燃焼させ、水を高温・高圧の水蒸気に変えて、発電機を回転させる。 長所 ・エネルギー効率が低い。 ・発電量を容易に調節できる。 短所 ・大量の化石燃料を必要とする。 ・燃焼により二酸化炭素や汚染物質を排出する。</p>	
<p>太陽光発電 しくみ 太陽電池（光電池）で太陽光を受けて、光エネルギーを直接電気エネルギーに変える。 長所 ・環境に与える影響が小さい。 短所 ・広大な設置場所が必要となる。 ・天候により発電量が左右される。 ・他の発電方法と比べて価格が高い。</p>	
<p>原子力発電 しくみ 核分裂の際に発生する熱によって高温・高圧の水蒸気をつくり、発電機を回転させる。 長所 ・少量の核燃料から大量の電気エネルギーが得られる。 ・安定した電力供給ができる 短所 ・事故が起きたときの影響が広範囲かつ長期間にわたる。</p>	

<p>・使用済み核燃料は厳重かつ安全に管理する必要がある。</p>	
<p>5 3 放射線の性質 p.176 放射線は目に見えないが、私たちの身の回りにある岩石や食べ物、温泉などといったものからも出ている。放射線とは何だろうか。</p> <p>A 原子と原子核 原子は、その中心にある1個の原子核と、その周りを運動する電子からできている。原子核は、正の電荷をもつ陽子と、電荷をもたない中性子からできている。物質を構成する原子の種類のことを元素といい、元素の種類を表す記号を元素記号という。</p> <p>元素は、原子核中の陽子の数で決まり、その数を原子番号という。また、原子核中の陽子の数と中性子の数の和でおよその原子の質量が決まるので、その和を質量数という。原子には、原子番号が同じでも、中性子の数の違いによって質量数の異なる原子が存在するものがある。これらの原子は互いに同位体（アイソトープ）であるという。</p>	
<p>問1 ^{222}Rn の陽子の数と中性子の数を求めよ。</p>	
<p>B 放射線 ウランUやラジウムRaなどの原子核は、自然に放射線とよばれる高エネルギーの粒子や電磁波を出して、別の原子核になる。これを原子核の崩壊（または壊変）という。原子核が自然に放射線を出す性質を放射能という。放射能をもった物質を放射性物質といい、放射能をもつ同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ）という。</p> <p>放射線には、主なものとしてはα線、β線、γ線などがあり、物質を通り抜ける能力（透過力）や、物質に当たると物質中の原子から電子を引きはがしてイオンをつくる作用（電離作用）がある。</p>	
<p>図4 原子の構造とその表し方（ヘリウムの例）</p>	
<p>表1 同位体の例 質量は^{12}Cの質量を12としたときの相対質量を表す。</p>	<p>「^{12}Cの質量」を「^{12}Cの原子質量」としたほうがより正確です。</p>
<p>表2 原子核の崩壊による放射線</p>	
<p>図5 放射線の性質</p>	
<p>① 元素については周期表（→p.203）も参照。</p>	
<p>放射線に関する単位 p.177 放射線に関する単位には、ベクレル（記号Bq）、グレイ（記号Gy）、シーベルト（記号Sv）などがある。</p> <p>放射線測定器では、放射線の強さが$\mu\text{Sv/h}$（1時間あたり10^{-6} Sv）の単位で表示されることが多い。</p> <p>この場合、放射線を受けた量（被曝量）は「表示量×放射線を受けた時間」で求める。</p>	<p>表3では等価線量の単位としてシーベルト（Sv）が紹介されています。この表の等価線量に関する説明は誤りではありませんが、図7に表されている被ばく線量は実効線量です（同じSvの単位で表されていますが）。また、本文中で紹介されている放射線測定器に$\mu\text{Sv/h}$という単位で表示される値も、一般に実効線量の近似値となっています。これらの値が等価線量であると誤解されるおそれがありますので、表3では実効線量を紹介することを提案します。</p>
<p>放射線の人体への影響 放射線には電離作用があるため、生物に大量に当たると細胞に損傷を与える。放射線を出す線源が人体の外部にあり、その線源から放射線を浴びることを外部被曝、放射性物質を体内に取り込み、そこから放射線を浴びることを内部被曝という。現在のところ、これ以下なら影響が全くないという安全量は確認されていない。</p> <p>また、人は自然界から年間約2.1 mSv（日本の平均値）の放射線を浴びている。国際放射線防護委員会は、一般人が1年間に受ける放射線の量は、自然放射線以外に、年間1 mSv以下であるようにと勧告している。</p> <p>外部被曝を避けるためには、放射性物質から離れる、遮蔽物を置く、放射線を受ける時間を短くすることが重要である。</p>	<p>「現在のところ、これ以下なら影響が全くないという安全量は確認されていない」とありますが、放射線被ばくに限らずこの世に100%の安全（ゼロリスク）はありませんので、「影響が全くない安全量」という表現は適切ではないと考えます。</p> <p>またこの記述は、被ばくによる人体への影響のうち、確率的影響にしきい線量が確認されていないことを指しているのだと思います。実際に、100 mSv以下の被ばくによるがん死亡確率の増加は確認されていま</p>

	<p>せんが（統計的に有意な増加が検出できない）、放射線防護上の考え方としては「100 mSv 以下でも被ばく線量に比例して確率が増加する」という仮定を採用しています。</p> <p>したがって、ここでは分かっている事実のみ記述し、以下のように修正することを提案します。</p> <p>「現在のところ、100 mSv 以下の被ばくによる影響は確認されていない。」</p>
図 6 放射線に関する単位	放射性物質と放射線の関係は、電球と光の関係に例えて考えることができる。
図 7 放射線の被曝量と影響	
図 8 外部被曝の低減三原則	
時間	放射線を受ける時間を短くする。
距離	放射性物質からなるべく離れる。
遮蔽	放射性物質との間に放射線を通さないもの（遮蔽物）を置く。
表 3 放射線に関する単位	
①	大気中のラドン Rn, 地表の岩石, 食物, 宇宙などからである。なお, 世界平均は 2.4 mSv である。
5 4 原子力利用 p. 178	原子力エネルギーは 20 世紀半ばに登場した新しいエネルギー源である。原子力発電所では, どのようにして発電をしているのだろうか。
A 放射線の利用	放射線はいろいろな分野で利用されている。医療では, X 線を使った画像診断や, がん組織に放射線を照射してがん細胞を破壊する治療などに利用されている。農業では, 品種の改良のために突然変異を起こさせたり, 食品保存のために発芽を抑えたりするのに利用されている。工業では, ジェットエンジンなどの非破壊検査（対象を壊さないで内部を調べること）, プラスチックの強度や耐熱性の向上, 医療器具の滅菌, 高温の鉄板の厚さの測定などに使われている。また, 植物などに微量の放射性同位体を注入してそこから放射される放射線を測定し, 生体内での物質のはたらきや化学反応のしくみを調べることができる。このような和用法をトレーサー法という。
B 半減期	原子核の崩壊によって, 原子核数が初めの数の半分になるまでの時間を半減期という。 例えば, 炭素 14 (^{14}C) の半減期は約 5700 年であり, 初めの ^{14}C の数の 1/4 倍になるのは約 11400 年後とわかる。考古学では, 遺物などの ^{14}C の含有率を調べることによって, 年代測定を行っている。
図 9 放射線の利用例	
(a) γ フィールド	中央の照射塔から農作物に γ 線を照射して品種改良を行う。
(b) トレーサー法	イネの中に存在する ^{32}P の分布を示す（穂に多い）。
図 10 原子核数の時間的变化	
表 4 半減期の例	
①	X 線も放射線の一種である。
発展 物理 p. 179	
半減期の式	初めの原子核を N_0 , 半減期を T とすると, 時間 t だけ経過したときに崩壊せず残っている原子核数 N は, $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ で表される。
C 原子力 核分裂	天然の元素の中で最も原子番号の大きいウラン U には, ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U などの同位体がある。このうち, ^{235}U に中性子を衝突させると, ウランの原子核は 2 つに分裂し, 大きなエネルギーを放出するとともに, 2~3 個の中性

<p>子と放射線を出す。このように原子核が分裂することを核分裂という。^{235}Uの核分裂で飛び出した中性子はまた別の^{235}Uを核分裂させ、核分裂が連続的に起こる。この反応を連鎖反応という。</p>	
<p>核融合 水素Hの原子核のように軽い原子核どうしを高速でぶつけると、それらが結びついて別の原子核ができる。このときにも大きなエネルギーを放出する。これを核融合という。太陽は、内部で足る水素などの核融合によって何十億年も輝き続けている。現在のところ、核融合の起こる量を制御して有効にエネルギーを取り出すことは難しく、国際協力のもと、この技術を開発する研究が進められている。</p> <p>核分裂や核融合によって得られるエネルギーを原子力エネルギー、または核エネルギーという。</p>	
<p>^{235}Uのウラン原子核には（ア）個の陽子と（イ）個の中性子が含まれている。^{235}Uに中性子を衝突させると、ウランの原子核は2つに分裂し、大きなエネルギーを放出する。このときに得られるエネルギーを（ウ）エネルギーといい、このエネルギーを利用した発電方式を（エ）発電という。</p>	
<p>図 11 ^{235}Uの核分裂と連鎖反応 原子力発電では核分裂を利用してエネルギーを取り出している。また、連鎖反応が加速度的に進むと、一瞬にして膨大な核エネルギーが放出されて大爆発が起きる。</p>	
<p>図 12 水素の核融合 ^2Hと^3Hの原子核どうしが衝突し、核融合が起こる。</p>	
<p>① ^{238}Uが中性子を吸収した後、β線を出してできるプルトニウムの同位体^{239}Puも核分裂をする。</p> <p>② ^2Hと^3Hは、ともに水素の同位体である。^2Hは重水素（デュテリウム）とよばれ記号Dで、^3Hは三重水素（トリチウム）とよばれ記号Tで表されることがある。</p>	
<p>D 原子力発電 p. 180 原子炉では中性子を吸収する制御棒を操作し、核分裂の連鎖反応の速さを制御している。核分裂の連鎖反応が一定の速さに保たれている状態を臨界という。核分裂の際に発生する熱によって高温・高圧の水蒸気をつくり、火力発電と同じように蒸気タービンを回し、それに接続された発電機を回転させて発電するのが原子力発電である。</p>	<p>「核分裂の連鎖反応の速さ」が何を表しているかが分からず、表現に違和感があります（単位時間あたりに起きる核分裂反応の数というイメージでしょうか?）。「核分裂の連鎖反応の速さを制御している」は「核分裂の連鎖反応を制御している」、「核分裂の連鎖反応が一定の速さに保たれている状態」は「核分裂反応の数が一定に保たれている状態」としたほうが良いと思います。</p>
<p>原子力発電の安全性 原子力発電の安全性原子力発電には、地球温暖化の一因とされる二酸化炭素などの排出ガスが生じない。少量の核燃料から大量の電気エネルギーが得られる、という利点がある。</p> <p>一方、炉心の制御不能による暴走や、冷却機能喪失による炉心溶融（メルトダウン）などの事故が起こると、放射性物質が外部に放出され、広範囲かつ長期間にわたる大きな被害が生じる可能性がある。2011年には東北地方太平洋沖地震による津波被害で、福島第一原子力発電所で炉心溶融が発生し、原子炉建屋が崩壊して原子炉内の放射性物質が大量に外部に放出された。</p> <p>使用済み核燃料内には、核分裂によって生じたさまざまな種類の放射性物質が蓄積され、なかには放射能が非常に強い物質もある。使用済み核燃料は数万年を超えるような年月にわたって、<u>厳重かつ安全に管理する必要がある。</u></p>	<p>「使用済み核燃料内には、核分裂によって生じた様々な種類の放射性物質が蓄積され、なかには放射能が非常に強い物質もある。使用済み核燃料は数万年を超えるような年月にわたり、厳重かつ安全に管理する必要がある」との記述がありますが、使用済み核燃料をそのまま数万年にわたって管理するのではなく、再処理によって生じる放射能レベルが高い廃棄物を高レベル放射性廃棄物として処分することになっています。したがって、「使用済み核燃料内には、核分裂によって生じた様々な種類の放射性物質が蓄積され、これにより放射能が非常に強くなる。そのまま処理をせずに保管する場合、数万年を超えるような年月にわたり、使用済み核燃料を厳重かつ安全に管理する必要がある。」とすることを提案します。</p>
<p>図 13 原子力発電のしくみ（沸騰水型の場合）</p>	

<p>図 14 爆発した福島第一原子力発電所 地震により原子炉の運転は自動的に停止したが、電力供給が止まり燃料の冷却ができなくなったため、水素ガスが発生して爆発した。</p>	
<p>実習 1 再生可能エネルギーに関する討論 目的 地球の温暖化により、異常気象や生態系への影響、海水面の上昇などの問題が地球規模で生じている。持続可能な社会の創出のために何をすべきか、エネルギーの観点から考える。 方法 ① これまで学習した内容や、話題になっているエネルギーについて調べ、再生可能エネルギーのなかで興味をもったものを1つ挙げる。 ② ①で挙げた再生可能エネルギーの概要と、そのエネルギーの利点と欠点について調べる。 ③ ①で挙げた再生可能エネルギーの欠点を克服したうえで、普及させるにはどうすればよいか、グループで話し合う。 ④ グループ内で議論した内容について意見をまとめ、代表者が発表を行う。</p>	
<p>実習 2 放射線の測定 p.181 課題 放射線測定器を用いて、放射線の性質を調べる。 準備 放射線測定器、実験用 γ 線源、同じ厚さ(2mm程度)のアクリル板・アルミニウム板・鉄板・鉛板(各1枚)、ものさし 方法 ① 周りに放射線源がないことを確認し、放射線測定器で自然放射線の量(バックグラウンドの値とする)を測定する。測定は10回程度行い、その平均をとる。②~③の実験では、測定値からこのバックグラウンドの値を引く。 ② γ 線の放射線源を置き、そのすぐ近くに放射線測定器を置く。γ 線源と測定器の間にアクリル板やアルミニウム板、鉄板、鉛板を置いて、物質による放射線の吸収の違いを調べる。測定は素材ごとに3回行い、その平均値を求める。 ③ γ 線源と測定器との距離を変化させていき、γ 線源からの距離と放射線の強さとの関係を調べる。測定は3回行い、平均値を求める。 考察 ① 物質の種類と放射線の吸収量との間には、どのような関係があるか。 ② 放射線源からの距離と放射線の強さとの間には、どのような関係があるか。</p>	
<p>実習 3 原子力発電による事故と課題 目的 原子力発電の事故について調べ、事故によって起きた問題とその解決方法について議論し、人類が原子力発電と共存していくための方法を考える。 方法 ① 原子力発電の事故とその被害について調べ、現在の課題を1つ挙げる。 ② ①で挙げた課題が発生する理由と解決方法を、これまでに学習した内容を踏まえて考察する。 ③ 考察したことをグループ内で話し合う。 ④ グループ内で議論した内容について意見をまとめ、代表者が発表を行う。</p>	
<p>第2章 物理学が拓く世界 p.182 物理学の最先端は、物質の究極的な要素である素粒子から宇宙のスケールまで及んでいるが、私たちの身近な多くの分野にも物理学の成果は取り入れられ、私たちの生活を支えている。例えば、私たちが使っているテレビやエアコン、照明器具、スマートフォン、コンピュータなどの便利な道具にも、また、社会を構成する基盤である情報通信やエネルギー、土木、建築、交通、医療などの分野にも、物理は深く関わっている。この章では、これまで学習した現象や法則がどのような科学技術と結びついているか、いくつかの具体例を取り上げながら考えてみよう。</p>	
<p>B X線撮影 p.183 X線には、可視光線を適さない物質をも透過し、写真フィルムを感光させる性質があるため、発見直後より医学界から注目を浴びた。その後の研究により、X線は波長が $10^{-12} \sim 10^{-8}$ m の電磁波であることがわかった。</p>	

<p>X線は、物質を透過するときの一部が物質に吸収される。物質の種類や厚さによってX線の吸収量が異なるため、X線を均一な強さで照射すると、X線の経路にあった物質によって、透過するX線の強さが異なる。この性質を生かして、骨折の診断、胃がんや肺結核の早期発見など、様々な医療の検査で使われている。</p> <p>1972年には、X線を一方向からだけではなく人体の周囲から照射し、その透過率のデータをコンピュータで処理することで、人体を輪切りにしたような画像が得られるCT（コンピュータ断層撮影）スキャン装置が登場した。近年では画像処理技術の向上により、3次元の画像も得られるようになった。</p> <p>超音波検査とX線撮影は、いずれも超音波やX線の性質を応用した医療技術であり、音波や電磁波についてのこれまでの研究成果が生かされている。</p>	
<p>ヴィルヘルム・レントゲン（1845～1923） レントゲンは陰極線の研究をしていた際に、偶然X線を発見した。「X線」は、数学で未知数を表す「X」に由来する。レントゲン自身はX線の正体を突き止めることはできなかったが、X線の発見により、第1回ノーベル物理学賞を受賞した。</p>	
<p>図2 X線撮影のしくみ 均一な強さでX線を当て、透過したX線の量から画像が得られる。</p>	
<p>図3 CTスキャン装置（a）とその画像（b）</p>	
<p>X線の性質</p> <p>① 蛍光物質を光らせ、写真乾板やフィルムを感光させる。</p> <p>② 直進性があり、電界や磁界では曲げられない。</p> <p>③ 物質中の原子を電離してイオンにするはたらき（電離作用）がある。</p> <p>④ 可視光線を通さない物質も透過する。同じX線を当てたときには、原子番号や密度の小さい物質ほど透過しやすい。</p>	
<p>数研出版 707 物理基礎</p>	
<p>第4編 第2章 磁場と交流 2. 交流と電磁波 C 電磁波</p> <p>② 電磁波の種類 p.227 電磁波は、振動数の小さい（波長の長い）ほうから順に、電波、赤外線、可視光線、紫外線、X線、γ線と大きく分類される。これらは、それぞれに特徴をもっており、私たちの生活の中ではその特徴を生かした利用がなされている（図35）。・・・（省略）</p>	
<p>図35 電磁波の利用 p.228 可視光線は目に見えるが、その他の電磁波は目に見えない。紫外線、X線、γ線は、波長（振動数）のみでは明確には区別されない。</p>	<p>このような図でX線、γ線を示すと非常に分かりやすく、良好事例です。</p>
<p>第5編 物理学と社会 第1章 エネルギーの利用 p.230 私たちは、快適な日常生活を送るために、自然界に存在するさまざまなエネルギーを利用している。ここでは、エネルギーの種類や、その利用方法について学ぼう。</p> <p>1 エネルギーの移り変わり 私たちは、エネルギーをいろいろな形に変換しながら利用している。この節では、エネルギーの変換について理解しよう。</p> <p>A いろいろなエネルギー エネルギーには、すでに学んだ力学的エネルギー、熱エネルギー、電気エネルギーのほかにも、いろいろな種類のエネルギーがある（図1）。</p>	
<p>B エネルギーの変換と保存 摩擦によって力学的エネルギーは熱エネルギーに変わる。乾電池は化学エネルギーを電気エネルギーに変えるものであり、逆に、電気分解は電気エネルギーを物質の化学エネルギーに変える。ホタルは体内の発光物質の化学エネルギーを光エネルギーに変えて発光する。このように、いろいろな形のエネルギーは互いに移り変わることができ、エネルギーの変換においては、それに関係したすべてのエネルギーの和が一定に保たれる。</p> <p>これをエネルギー保存則という。</p> <p>手回し発電機を用いてエネルギーの変換を行ってみよう。</p>	
<p>図1 エネルギー変換の例 p.231</p>	
<p>問1 図1の①～⑧の空欄に適した現象の例をあげてみよう。</p>	

<p>問2 湯をわかすための方法をいくつか考え、それぞれがどの種類のエネルギーを熱エネルギーに変換しているか、考えてみよう。</p>	
<p>実験 25 手回し発電機 手回し発電機は、ハンドルを回す仕事によって電気エネルギーを発生させる機器である。手回し発電機に豆電球や発光ダイオード(LED)を接続し、ハンドルを回し、光るようすを確認してみよう。</p> <p>【考察】手回し発電機の端子の間に何も接続しないでハンドルを回している最中に、別の人が端子どうしを直接つないで短絡(ショート)させると、ハンドルの手ごたえはどうか。</p> <p>ア. 弱く(軽く)なる イ. 強く(重く)なる ウ. 変わらない</p>	<p>回路を短絡(ショート)させることが危険な行為であることを注記すべきです。</p>
<p>学んだことを説明してみよう 1 エネルギーの移り変わり 太陽電池で動作する腕時計や電卓があるが、これらは電気エネルギーをどのように得ているのだろうか。エネルギーの変換に着目して説明してみよう。</p>	
<p>① この法則は、エネルギーの変換が力学的エネルギーに限られるなら、力学的エネルギー保存側(p.111)になる。 ② 化学反応により、熱エネルギーや電気エネルギーなどの形で取り出せる。</p>	
<p>C 原子力と原子力発電 p.234 ① 原子核の構成 原子の中心にある原子核は、正の電気e(eは電気素量)をもつ陽子(図5+)と、電気を持たない中性子(同図○)とからなる。元素(原子の種類)は、原子核に含まれる陽子の数で決まり、その数を原子番号という。 陽子と中性子を総称して核子といい、核子の総数を質量数という。原子や原子核は、元素番号と、その左上に質量数、左下に原子番号をつけて表される。原子番号Zの元素の原子核はZeの正の静電気量をもつ。</p>	
<p>問3 次の原子の、陽子の数、中性子の数をそれぞれ求めよ。 (1) ${}^3\text{H}$ (2) ${}^3\text{H}$ (3) ${}^{35}\text{Cl}$ (4) ${}^{37}\text{Cl}$</p>	
<p>図5 原子番号と質量数の例</p>	
<p>Point 中性子の数は、「質量数-原子番号」で求められる。</p>	
<p>② 同位体 同じ元素でも(つまり陽子の数が同じでも)、中性子の数が異なる原子がある。これらの原子を互いに同位体(アイソトープ)という。同位体の例を表1に示す。</p>	
<p>表1 自然界に存在する同位体の例</p>	
<p>③ 放射線 天然に存在する原子核の中には、ウランUやラジウムRa、炭素${}^{14}\text{C}$など、不安定なものがある。これらは、放射線と呼ばれる、粒子の流れや波長の短い電磁波を出しながら、自然に別の原子核に変わっていく。</p>	
<p>図6 放射性物質・放射能・放射線 光で例えると、光源が放射性物質、光源が光を出す能力が放射能、光が放射線に相当する。</p>	
<p>① 電氣的に中性の原子では、原子番号と同数の電子が原子核のまわりに存在している。</p>	
<p>表2 放射線の性質 p.235 中性子線は透過力が強いが、水などに含まれる水素原子核(陽子)により効果的に遮蔽される。</p>	
<p>この現象を放射性崩壊、自然に放射線を出す性質を放射能という。 放射能をもつ同位体を放射性同位体(またはラジオアイソトープ)、放射能をもつ物質を放射性物質という(図6)。 放射性物質から出るおもな放射線には、α線、β線、γ線の3種類がある(表2)。中性子の流れである中性子線やX線も放射線の一種である。</p>	
<p>④ 放射線に関する単位 放射線に関して用いられる単位には、放射能の強さを表すベクレル(記号Bq)、人体などが受ける放射線の量(強さ)を表すグレイ(記号Gy)やシーベルト(記号Sv)などがある(表3)。 放射線測定などでは、単位時間当たりを受ける放射線の量(線量率)を、マイクロシーベルト毎時($\mu\text{Sv/h}$)という単位で表すことが多い。</p>	

<p>表3 放射線に関する単位</p>	<p>吸収線量、等価線量、実効線量の定義を説明し、脚注の[3]と合わせて、放射線測定器に表示される線量が実効線量を保守的に評価する実用量であることもきちんと説明されています。正確な記述で良好事例です。</p>
<p>② 1μSv/hは、1時間で1μSv = 10⁻⁶ Svの放射線を受けることに相当する。 ③ 実効線量は直接測定することはできない。このため、放射線測定などでは、実効線量に近い値である線量当量(単位:Sv)を基準にした線量率が表示される。</p>	
<p>⑥ 核反応 p.236 ウラン²³⁵Uの原子核に中性子を衝突させると、原子核が2つに分かれるとともに2~3個の中性子が飛び出す。図8の反応では、ウランが別の原子核(クリプトン⁹²Krとバリウム¹⁴¹Ba)に変化している。このように、原子核が別の原子核に変わる反応を核反応、または原子核反応という。 核反応のうち、ウランのように質量数の大きな原子核が、2個(または少数個)の質量数の比較的大きな原子核に分かれる反応を核分裂という。</p>	
<p>⑦ 原子力発電 原子力発電では、原子炉でのウランやプルトニウムの核分裂により生じるエネルギーによって水蒸気を発生させ、火力発電と同様にタービンを回して発電している。 核分裂は反応を起こす核燃料の量が少なければ持続しないが、一定の量に達すると連続して反応するようになる。これを核反応の連鎖反応といい、連鎖反応が一定の割合に保たれた状態を臨界という。 原子炉では、ウランの核分裂で生じた高速の中性子を、減速材(水や黒鉛など)によって減速させて反応しやすくすることにより、連鎖反応を起こしている。また、中性子を吸収する制御棒を用いて、核分裂の連鎖反応が爆発的に起こらないように制御している。 世界で稼働している多くの原子炉は、減速材として通常の水(軽水)を用いる軽水炉とよばれるもので、その構造により沸騰水型炉(BWR)と加圧水型炉(PWR)とに分けられる(表4)。</p>	
<p>図8 核反応(ウランの核分裂の一例)</p>	
<p>① ウランは放置しておいても核分裂をするが、中性子を照射すると核分裂が促進される。 ② 核分裂とは逆に、水素などの質量数の小さい原子核どうしが衝突して質量数のより大きな原子核がつけられる反応を核融合という。太陽の中心部では、核融合により水素原子核からヘリウム原子核が生成され、それに伴いエネルギーが放出される。 ③ 発展 物理 核反応により放出されるエネルギー 核反応では、反応の前後で質量数(核子の数)の和と電気量の和は変わらない。一方、質量の和は、核反応の前後でわずかに変化する。質量が減少する場合は、この減少した質量がエネルギーとして放出される。エネルギーを急激に放出させるのが核爆弾であり、ゆっくりと制御しながら取り出すのが原子力発電である。</p>	
<p>表4 原子炉(軽水炉)のしくみ p.239</p>	
<p>⑧ 原子力発電の課題 原子力発電は、火力発電のような二酸化炭素などの排出の問題はあまりないが、安全対策や放射性廃棄物の処理などの課題がある。 2011年の東日本大震災では、福島第一原子力発電所(沸騰水型炉)で電源喪失により炉心(原子炉の中心部分)の冷却機能が失われ、炉心溶融(メルトダウン)という重大事故に至った。さらに、莫大な量の放射性物質が外部に放出された。原子力発電の稼働にあたっては、このような事故に対する厳重かつ多重の安全対策が不可欠である。 <u>使用済み核燃料には多量の放射性物質が含まれており、これらは放射性廃棄物として長い年月にわたって厳重かつ安全に管理する必要があるが、その最終処分場の場所をどこにするか、など、多くの未解決の課題がある。</u></p>	<p>「使用済み核燃料には多量の放射性物質が含まれており、これらは放射性廃棄物として長い年月にわたって厳重かつ安全に管理する必要があるが、その最終処分場の場所をどこにするか、など、多くの未解決の課題がある。」とありますが、使用済み核燃料はそのまま長い年月にわたって管理するのではなく、再処理によって生じる放射能レベルが高い廃棄物を高レベル放</p>

	<p>放射性廃棄物として処分することになっています。したがって、以下のような表現にすることを提案します。</p> <p>「使用済み核燃料には多量の放射性物質が含まれており、そのまま保管する場合、長い年月の間、厳重かつ安全に管理する必要がある。また、リサイクルする技術（再処理）もあるが、多量の放射性物質を含む放射性廃棄物の処分など、多くの未解決の課題がある。」</p>
<p>④ 通常の水（軽水）に対し、質量数2の水素（²H）を含む割合が多い水を重水とよぶ。減速材として重水を用いる原子炉を重水炉という。また、減速材として黒鉛を用いる黒鉛炉もある。</p>	
<p>D 太陽光</p> <p>太陽は、内部で水素原子核が核融合反応を起こし、それにより生じた莫大なエネルギーを放射している。このエネルギーの一部が地球に入射する。その大きさは太陽光線に垂直な面1 m²当たり約1.36 kWで、この値を太陽定数という（図9）。</p> <p>地球に届いた太陽光は、水を蒸発させ、大気を暖めてかき混ぜる。それによって雨が降って川が流れ、風が吹くことを考えると、水力発電や風力発電は、太陽のエネルギーを間接的に利用しているといえる。</p> <p>① 水力発電 水力発電では、高い位置から流れる水の勢いで、発電機に連結されたタービンを回して、電気を得ている。これは、水のもつ重力による位置エネルギーを電気エネルギーに変換するしくみである（図10）。</p>	
<p>図10 水力発電のしくみ（貯水池式）</p>	
<p>コラム 揚水発電 発電所の上部と下部に貯水池をつくり、水をくみ上げるしくみをもった水力発電を揚水発電という。夜間など電力需要の少ない時間帯に、他の発電所の余剰電力で水をくみ上げておき、昼など電力需要の大きい時間帯に水を流して発電をする。揚水発電は、電気エネルギーを力学的エネルギー（位置エネルギー）に変換して蓄えることができる、大規模な「蓄電施設」ととらえることもでき、災害時など供給電力が不足するときの緊急発電所としても重要な役割がある。</p>	
<p>② 風力発電 p.241 風力発電では、風によって発電機に連結された風車（風力タービン）を回し、電気を得ている。これは、風のもつ運動エネルギーを電気エネルギーに変換するしくみである（図11）。安定した出力を得るためには、風車の向きを制御するなどの技術も重要である。</p>	
<p>③ 太陽光の利用 現在広く用いられている太陽電池は、シリコン（ケイ素）などの半導体が光を吸収したときに生じる電子を、電流として取り出している（図12）。住宅用の太陽光発電として広く使われている太陽電池は、入射した太陽光のエネルギーの十数%程度を電気エネルギーに変換している。このような変換効率をはじめとする性能の向上や発電システムのコストの低減を目指した研究開発が進められている。</p> <p>出力が1000 kWをこえるような大規模な太陽光発電システムをメガソーラーとよぶ。近年、枯渇性エネルギーにかわって再生可能エネルギーを利用する取り組みが進められており、日本においても太陽光発電などの積極的な導入が進められている。</p>	
<p>E その他のエネルギー資源の例</p>	
<p>① 地熱 地下深くのマグマで加熱された熱水から水蒸気を取り出してタービンを回すことにより、発電を行うことができる。このような発電方法を地熱発電という。</p>	
<p>② 潮汐 潮の満ち引きによって貯水池側と海洋側の間で海水を出入りさせてタービンを回し発電する方式が、潮汐発電である。</p>	
<p>③ バイオマス p.242 栽培した植物などに由来する燃料をバイオマス燃料という。近年、サトウキビから生成されるエタノールの利用などが実用化されている。</p>	
<p>コラム 持続可能性とSDGs 持続可能性（サステナビリティ）という用語はさまざまな分野で使われるが、環境問題やエ</p>	

<p>エネルギー問題に関しては、現在の環境や人間活動が将来にわたって持続できるかどうか、という概念で用いられることが多い。</p> <p>現在の人間活動におけるエネルギー消費は、化石燃料をはじめとした枯渇性エネルギーに依存しているが、これらの採掘量には限度がある。このため、風力発電や太陽光発電など、再生可能エネルギーの利用を促進する取り組みが世界的に進められている。</p> <p>2015年の国際連合総会で「持続可能な開発目標（SDGs = Sustainable Development Goals）」が採択された。SDGsでは、持続可能な世界を目指すために2030年までに達成を目指す17の目標・169のターゲットがかかげられているが（図A）、エネルギー利用における再生可能エネルギーの割合を大幅に拡大させることも記載されている。</p>	
<p>図A 持続可能な開発目標（SDGs）の17の目標</p>	
<p>学んだことを説明してみよう 2 エネルギー資源と発電</p> <p>(1) 枯渇性エネルギーと再生可能エネルギーの違いはなんだろうか。</p> <p>(2) 火力・原子力・水力・風力の各発電の、共通点を説明してみよう。</p>	
<p>数研出版 708 新編 物理基礎</p>	
<p>第5編 物理学と社会 第1章 エネルギーの利用 p.166 私たちは、快適な日常生活を送るために、自然界に存在するさまざまなエネルギーを利用している。ここでは、エネルギーの種類や、その利用方法について学ぼう。</p> <p>1 エネルギーの移り変わり</p> <p>私たちは、エネルギーをいろいろな形に変換しながら利用している。この節では、エネルギーの変換について理解しよう。</p>	
<p>A いろいろなエネルギー エネルギーには、すでに学んだ力学的エネルギー、熱エネルギー、電気エネルギーのほかにも、いろいろな種類のエネルギーがある（図1）。</p>	
<p>B エネルギーの変換と保存 摩擦によって、力学的エネルギーは熱エネルギーに変わる。乾電池は化学エネルギーを電気エネルギーに変えるものであり、逆に、電気分解は電気エネルギーを物質の化学エネルギーに変える。ホタルは体内の発光物質の化学エネルギーを光エネルギーに変えて発光する。このように、いろいろな形のエネルギーは互いに移り変わることができ、エネルギーの変換においては、それに関係したすべてのエネルギーの和が一定に保たれる。</p> <p>これをエネルギー保存則という。</p>	
<p>① この法則は、エネルギーの変換が力学的エネルギーに限られるなら、力学的エネルギー保存則（p.80）になる。</p>	
<p>実験 24 手回し発電機</p> <p>手回し発電機は、ハンドルを回す仕事によって電気エネルギーを発生させる機器である。手回し発電機に豆電球や発光ダイオード（LED）を接続し、ハンドルを回し、光るようすを確認してみよう。</p> <p>考えてみよう！</p> <p>Q1 手回し発電機の端子の間に何も接続しないでハンドルを回している最中に、別の人が端子どうしを直接つないで短絡（ショート）させると、ハンドルの手ごたえはどうなるだろうか。</p> <p>ア. 弱く（軽く）なる イ. 強く（重く）なる ウ. 変わらない</p>	<p>回路を短絡（ショート）させることが危険な行為であることを注記すべきです。</p>
<p>問1 図1の①～⑧の空欄に適した現象の例をあげてみよう。</p>	
<p>問2 湯をわかすための方法をいくつか考え、それぞれがどの種類のエネルギーを熱エネルギーに変換しているか、考えてみよう。</p>	
<p>PLAYBACK 中学校での学習内容 ・エネルギーの移り変わり ・エネルギーの保存</p>	
<p>② 化学反応により、熱エネルギーや電気エネルギーなどの形で取り出せる。</p>	
<p>図1 エネルギー変換の例 p.167</p>	
<p>コラム エネルギーが保存されるなら「省エネルギー」は不要？ エネルギーの和は保存されるのに、「省エネルギー」が</p>	

<p>話題になるのはなぜだろうか？</p> <p>エネルギーはいろいろな形に移り変わるが、最終的には熱エネルギーとなる。つまり、エネルギーは全体として保存されながらも、しだいに扱いにくい（他のエネルギーに変換しにくい）形に変わっていく傾向がある。今ある限られたエネルギーをなるべく熱エネルギーに変換せずに、扱いやすい（他のエネルギーに変換しやすい）エネルギーとして有効に活用することが、「省エネルギー」につながるといえる。</p>	
<p>学んだことを説明してみよう 1 エネルギーの移り変わり 太陽電池で動作する腕時計や電卓があるが、これらは電気エネルギーをどのように得ているのだろうか。エネルギーの変換に着目して説明してみよう。</p>	
<p>2 エネルギー資源と発電 p.168 私たちが生活で利用する電気エネルギーは、さまざまな方法で得られている。ここでは、エネルギー資源と、いろいろな発電方法について理解しよう。</p> <p>A エネルギー資源</p> <p>【1】一次エネルギー 自然界に存在するままの形のエネルギー資源から直接利用することのできるエネルギーを一次エネルギーという。一次エネルギーのうち、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料や、天然ウランなどの原子力は、地球上に存在する量に限りがあるため、いずれ枯渇する可能性がある。このようなエネルギー資源から得られるエネルギーを枯渇性エネルギーという（図2）。一方、太陽光、地熱、バイオマスなどのエネルギー資源は、今後も枯渇する恐れが少ない。このようなエネルギー資源から得られるエネルギーを再生可能エネルギーという。</p>	
<p>PLAYBACK 中学校での学習内容 ・エネルギーとエネルギー資源 ・放射線</p>	
<p>図2 エネルギー資源の採掘可能年数 現在の技術・現実的なコストで採掘可能な埋蔵量を、年間生産量でわったもの（ウランは2017年、その他は2018年のデータ）。</p>	
<p>コラム 持続可能とSDGs 持続可能性（サステナビリティ）という用語はさまざまな分野で使われるが、環境問題やエネルギー問題に関しては、現在の環境や人間活動が将来にわたって持続できるかどうか、という概念で用いられることが多い。</p> <p>現在の人間活動におけるエネルギー消費は、化石燃料をはじめとした枯渇性エネルギーに依存しているが、これらの採掘量には限度がある。このため、風力発電や太陽光発電など、再生可能エネルギー利用を促進する取り組みが世界的に進められている。</p> <p>2015年の国際連合総会で「持続可能な開発目標（SDGs = Sustainable Development Goals）」が採択された。SDGsでは、持続可能な世界を目指すために2030年までに達成を目指す17の目標・169のターゲットがかかげられているが（図A）、エネルギー利用における再生可能エネルギーの割合を大幅に拡大させることも記載されている。</p>	
<p>図A 持続可能な開発目標（SDGs）の17の目標</p>	
<p>【2】二次エネルギー p.169 私たちは一次エネルギーを、電気やガソリン、都市ガスなどのように使いやすく加工して利用している。このようなエネルギーを二次エネルギーという。</p> <p>二次エネルギーのうち、特に電気エネルギーは、他のエネルギーに変換しやすいため、私たちの生活で多くの用途に利用されている。電気エネルギーは、発電所などにおいてさまざまな一次エネルギーから変換され、私たちのもとまで届けられている（図3）。</p>	
<p>図3 日本における年間発電電力量の推移とエネルギー資源の内訳</p>	
<p>① 1980～2010年は5年ごと、2011年以降は1年ごとのデータを用いてグラフを作成している。</p>	
<p>B 化石燃料と火力発電</p> <p>【1】化石燃料の種類 石油、石炭、および天然ガスなどの化石燃料は、太古に地中に埋もれた動植物が、長い年月をかけて圧力や熱などにより変成され、生成されたと考えられている。</p>	
<p>【2】火力発電 火力発電の多くでは、化石燃料をボイラーで燃やして、それにより発生させた水蒸気や燃焼ガスでタービ</p>	

<p>ン(羽根車)を回している(図4)。化石燃料の燃焼で得られるエネルギーのうち電気エネルギーに変換される割合(熱効率)は、おおむね40%程度である。</p> <p>火力発電は、発電量を調節しやすい利点がある一方、地球温暖化の原因といわれる二酸化炭素などを多く排出するという問題点がある。</p>	
<p>② 最近では、水蒸気でタービンを回すだけでなく、燃料を燃やすときに生じる燃焼ガスでもタービンを回す複合サイクル(コンバインドサイクルともいう)によって、50%をこえる熱効率を達成できるようになった。</p>	<p>最新の複合サイクル発電では、60%を超える熱効率を達成していますので、最新の情報に更新をお願いします。</p>
<p>図4 火力発電のしくみ 火力発電だけでなく、原子力発電や水力発電、風力発電など多くの発電は、何らかの方法によってタービンを回転させ、タービンに連結した発電機で電気を起こす、というしくみになっている。</p>	
<p>C 原子力と原子力発電 p.170</p> <p>【1】原子核の構成 原子の中心にある原子核は、正の電気量e(eの電気素量)をもつ陽子(図5+)と、電気をもたない中性子(同図○)とからなる。元素(原子の種類)は、原子核に含まれる陽子の数で決まり、その数を原子番号という。</p> <p>陽子と中性子を総称して核子といい、核子の総数を質量数という。原子や原子核は、元素記号と、その左上に質量数、左下に原子番号をつけて表される。原子番号Zの元素の原子核はZeの正の電気量をもつ。</p>	
<p>図5 原子番号と質量数の例</p>	
<p>① 電氣的に中性の原子では、原子番号と同数の電子が原子核のまわりに存在している。</p>	
<p>問3 次の原子の、陽子の数、中性子の数をそれぞれ求めよ。</p> <p>(1) ${}^3\text{H}$ (2) ${}^3\text{He}$ (3) ${}^{35}\text{Cl}$ (4) ${}^{37}\text{Cl}$</p>	
<p>【2】同位体 同じ元素でも(つまり陽子の数が同じでも)、中性子の数が異なる原子がある。これらの原子を互いに同位体(またはアイソトープ)という。同位体の例を表1に示す。</p>	
<p>表1 自然界に存在する同位体の例</p>	
<p>【3】放射線 天然に存在する原子核の中には、ウランUやラジウムRa、炭素${}^{14}\text{C}$など、不安定なものがある。これらは、放射線とよばれる、粒子の流れや波長の短い電磁波を出しながら、自然に別の原子核に変わっていく。この現象を放射性崩壊といい、自然に放射線を出す性質を放射能という。</p> <p>放射能をもつ同位体を放射性同位体(またはラジオアイソトープ)、放射能をもつ物質を放射性物質という(図6)。</p> <p>放射性物質から出るおもな放射線には、α線、β線、γ線の3種類がある(表2)。中性子線(中性子の流れ)やX線も放射線の一種である。</p>	
<p>図6 放射性物質・放射能・放射線 光で例えると、光源が放射性物質、光源が光を出す能力が放射能、光が放射線に相当する。</p>	
<p>表2 放射線の性質 中性子線は透過力が強いが、水などに含まれる水素原子核(陽子)により効果的に遮蔽される。</p>	
<p>【4】放射線に関する単位 p.171 放射線に関して用いられる単位には、放射能の強さを表すベクレル(記号Bq)、人体などが受ける放射線の量(強さ)を表すグレイ(記号Gy)やシーベルト(記号Sv)などがある(表3)。</p> <p>放射線測定などでは、単位時間当たりを受ける放射線の量(線量率)を、マイクロシーベルト毎時($\mu\text{Sv/h}$)という単位で表すことが多い。</p> <p>放射線測定器を用いて、放射線の量を測定してみよう。</p>	
<p>表3 放射能に関する単位</p>	<p>吸収線量、等価線量、実効線量の定義を説明し、③の補足説明と合わせて、放射線測定器に表示される線量が実効線量を保守的に評価する実用量であることもきちんと説明されています。正確な記述で良好事例で</p>

	す。
<p>実験 25 放射線の測定 放射線測定器を用いて、放射性物質から出る放射能の量を測定してみよう。 !注意 放射性物質の扱いは、先生の指示に従うこと。</p>	
<p>② $1\mu\text{Sv/h}$ は、1時間で $1\mu\text{Sv}=10^{-6}\text{Sv}$ の放射線を受けることに相当する。 ③ 実効線量は直接測定することはできない。このため、放射線測定器などでは、実効線量に近い値である線量当量(単位:Sv)を基準にした線量率が表示される。</p>	
<p>【5】放射線の影響と利用 人体が放射線を受けることを被曝という。放射線はその電離作用(物質を透過するとき原子中の電子をはじき飛ばし、イオンにするはたらき)によって生物の細胞に影響を及ぼし、将来のがんの発症の原因となったり、被曝量が多い場合には急性の障害を引き起こすこともある。この影響を最小限にするには、放射線源から離れる、浴びる時間を短くする、鉛でさえぎるなどの対策をとる必要がある。一方、放射線は、非破壊検査、がんの治療、診断、農作物の品種改良など、産業・医学の分野で幅広く活用されている。</p>	
<p>図7 暮らしの中で浴びる放射線の量(実効線量)の例</p>	
<p>コラム 放射線から身を守るには p.172 放射線の被曝には、人体の外部の放射性物質から受ける外部被曝と、体内に入り込んだ放射性物質から受ける内部被曝とがある。 放射線物質が体内に入ると、内部被曝により継続的な影響を受けるので、放射性物質を体内に取り込まないように気を付けることが重要である。 また、外部被曝を避けるためには、次の3つの原則にそって行動することが重要である。 ①遮蔽による防護 コンクリートや鉛など、放射線を効果的に遮蔽できるものを設置する。 ②距離による防護 放射性物質と十分な距離を保つ。 ③時間による防護 放射線を受ける時間を短くする。</p>	
<p>【6】核反応 ウラン ^{235}U の原子核に中性子を衝突させると、原子核が2つに分かれるとともに、2~3個の中性子が飛び出す(図8)。このように、原子核が別の原子核に変わる反応を核反応、または原子核反応という。 核反応のうち、ウランのとうに質量数の大きな原子核が、2個(または少数個)の質量数の比較的大きな原子核に分かれる反応を核分裂という。</p>	
<p>図8 核反応(ウランの核分裂の一例) この反応では、ウラン ^{235}U が中性子を吸収して不安定になり、その後、クリプトン ^{92}Kr とバリウム ^{141}Ba に分かれている。</p>	
<p>① 核分裂とは逆に、水素などの質量数の小さい原子核どうしが衝突して質量数のより大きな原子核がつけられる反応を核融合という。太陽の中心部では、核融合により水素原子核からヘリウム原子核が生成され、それに伴いエネルギーが放出される。→p.174</p>	
<p>【7】原子力発電 原子力発電では、原子炉でのウランやプルトニウムの核分裂により生じるエネルギーによって水蒸気を発生させ、火力発電と同様にタービンを回して発電している。 核分裂は反応を起こす核燃料の量が少なければ持続しないが、一定の量に達すると連続して反応するようになる。これを核分裂の連鎖反応といい、連鎖反応が一定の割合に保たれている状態を臨界という。</p>	
<p>p.173 原子炉では、ウランの核分裂で生じた高速の中性子を、減速材(水や黒鉛など)によって減速させて反応しやすくすることにより、連鎖反応を起こしている。また、中性子を吸収する制御棒を用いて、核分裂の連鎖反応が爆発的に起こらないように制御している。 世界で稼働している多くの原子炉は、減速材としての通常の水(軽水)を用いる軽水炉とよばれるもので、その構造により沸騰水型炉(BWR)と加圧水型炉(PWR)とに分けられる。(図9)</p>	
<p>② 通常の水(軽水)に対し、質量数2の水素(^2H)を含む割合が多い水を重水とよぶ。減速材として重水を用いる原子炉</p>	

<p>を重水炉という。また、減速材として黒鉛を用いる黒鉛炉もある。</p>	
<p>図9 原子炉（軽水炉）のしくみ</p>	
<p>【8】原子力発電の課題 原子力発電は、火力発電のような二酸化炭素などの排出の問題はあまりないが、安全対策や放射性廃棄物の処理などの課題がある。</p> <p>2011年の東日本大震災では、福島第一原子力発電所（沸騰水型炉）で電源喪失により炉心（原子炉の中心部分）の冷却機能が失われ、炉心溶融（メルトダウン）という重大事故に至った。さらに、莫大な量の放射性物質が外部に放出された。原子力発電の稼働にあたっては、このような重大事故に対する厳重かつ多重の安全対策が不可欠である。</p> <p><u>使用済み核燃料には多量の放射性物質が含まれており、これらは放射性廃棄物として長い年月にわたって厳重かつ安全に管理する必要があるが、その最終処分場の場所をどこにするか、など、多くの未解決の課題がある。</u></p>	<p>「使用済み核燃料には多量の放射性物質が含まれており、これらは放射性廃棄物として長い年月にわたって厳重かつ安全に管理する必要があるが、その最終処分場の場所をどこにするか、など、多くの未解決の課題がある。」とありますが、使用済み核燃料はそのまま長い年月にわたって管理するのではなく、再処理によって生じる放射能レベルが高い廃棄物を高レベル放射性廃棄物として処分することになっています。したがって、以下のような表現にすることを提案します。</p> <p>「使用済み核燃料には多量の放射性物質が含まれており、そのまま保管する場合、長い年月の間、厳重かつ安全に管理する必要がある。また、リサイクルする技術（再処理）もあるが、多量の放射性物質を含む放射性廃棄物の処分など、多くの未解決の課題がある。」</p>
<p>D 太陽光 p.174 太陽は、内部で水素原子核が核融合反応を起こし、それにより生じた莫大なエネルギーを放射している。このエネルギーの一部が地球に入射する。その大きさは太陽光線に垂直な面1 m²当たり約1.36 kWで、この値を太陽定数という（図10）。</p> <p>地球に届いた太陽光は、水を蒸発させ、大気を暖めてかき混ぜる。それによって雨が降って川が流れ、風が吹くことを考えると、水力発電や風力発電は、太陽のエネルギーを間接的に利用しているといえる。</p> <p>【1】水力発電 水力発電では、高い位置から流れる水の勢いで、発電機に連結されたタービンを回して、電気を得ている。これは、水のもつ重力による位置エネルギーを電気エネルギーに変換するしくみである（図11）。</p>	
<p>① ダムや貯水池を必要とする大規模な水力発電に対し、小規模な（出力の小さな）水力発電を小水力発電という。用水路、小さい河川、上下水道などを利用して発電を行う。自然環境への影響が少なく低コストで実現できる点がメリットである。</p>	
<p>コラム 揚水発電 発電所の上部と下部に貯水池をつくり、水をくみ上げるしくみをもった水力発電を揚水発電という。夜間など電力需要の少ない時間帯に、他の発電所の余剰電力で水をくみ上げておき、昼など電力需要の大きい時間帯に水を流して発電をする。揚水発電は、電気エネルギーを力学的エネルギー（位置エネルギー）に変換して蓄えることができる、大規模な「蓄電施設」ととらえることもでき、災害時など供給電力が不足するときの緊急発電所としても重要な役割がある。</p>	
<p>図A 揚水発電のしくみ</p>	
<p>図B 揚水発電所の上部貯水池 水が抜かれた際の写真。右に2つの取水口設備が見られる。</p>	
<p>【2】風力発電 風力発電では、風によって発電機に連結された風車（風力タービン）を回し、電気を得ている。これは、風のもつ運動エネルギーを電気エネルギーに変換するしくみである（図12）。安定した出力を得るためには、風車の向きを制御するなどの技術も必要である。</p>	
<p>【3】太陽光の利用 p.175 現在広く用いられている太陽電池は、シリコン（ケイ素）などの半導体が光を吸収したときに生じる電子を、電流として取り出している（図13）。住宅用の太陽光発電として広く使われている太陽電池は、入射した太陽光のエネルギーの十数%程度を電気エネルギーに変換している。このような変換効率をはじめとする性能の向上や発電システムのコストの低減を目指した研究開発が進められている。</p> <p>出力が1000 kWをこえるような大規模な太陽光発電システムをメガソーラーとよぶ。近年、枯渇性エネルギーにかわって</p>	

再生可能エネルギーを利用する取り組みが進められており、日本においても太陽光発電などの積極的な導入が進められている（図 14）。	
図 12 風力発電	
図 13 太陽電池（ソーラーパネル）	
図 14 日本における太陽光発電と風力発電の導入量の推移	
E その他のエネルギー資源	
【1】地熱 地下深くのマグマで加熱された熱水から水蒸気を取り出してタービンを回すことにより、発電を行うことができる。このような発電方法を地熱発電という。地熱発電は火山の多い地域で行われており、日本でも多くの地熱発電所が稼働している（図 15）。	
【2】潮汐 潮の満ち引きによって貯水池側と海洋側の間で海水を出入りさせてタービンを回し、発電する方式が、潮汐発電である。	
【3】バイオマス 栽培した植物などに由来する燃料をバイオマス燃料という。近年、サトウキビなどから生成されるエタノールの利用などが実用化されている。	
図 15 地熱発電	
学んだことを説明してみよう 2 エネルギー資源と発電	
(1) 枯渇性エネルギーと再生可能エネルギーの違いはなんだろうか。 (2) 火力・原子力・水力・風力の発電の、共通点を説明してみよう。	
D 原子力発電 p.180 原子炉では中性子を吸収する制御棒を操作し、核分裂の連鎖反応の速さを制御している。核分裂の連鎖反応が一定の速さに保たれている状態を臨界という。核分裂の際に発生する熱によって高温・高圧の水蒸気をつくり、火力発電と同じように蒸気タービンを回し、それに接続された発電機を回転させて発電するのが原子力発電である。	「核分裂の連鎖反応の速さ」が何を表しているかが分からず、表現に違和感があります（単位時間あたりに起きる核分裂反応の数というイメージでしょうか?）。「核分裂の連鎖反応の速さを制御している」は「核分裂の連鎖反応を制御しながら」、「核分裂の連鎖反応が一定の速さに保たれている状態」は「核分裂反応の数が一定に保たれている状態」としたほうが良いと思います。
原子力発電の安全性 原子力発電には、地球温暖化の一因とされる二酸化炭素などの排出ガスが生じない、少量の核燃料から大量の電気エネルギーが得られる、という利点がある。 一方、炉心の制御不能による暴走や、冷却機能喪失による炉心溶融（メルトダウン）などの事故が起こると、放射性物質が外部に放出され、広範囲かつ長期間にわたる大きな被害が生じる可能性がある。2011 年には東北地方太平洋沖地震による津波被害で、福島第一原子力発電所で炉心溶融が発生し、原子炉建屋が崩壊して原子炉内の放射性物質が大量に外部に放出された。 使用済み核燃料には、核分裂によって生じたさまざまな種類の放射性物質が蓄積され、なかには放射能が非常に強い物質もある。使用済み核燃料は数万年を超えるような年月にわたって、厳重かつ安全に管理する必要がある。	「使用済み核燃料には、核分裂によって生じたさまざまな種類の放射性物質が蓄積され、なかには放射能が非常に強い物質もある。使用済み核燃料は数万年を超えるような年月にわたって、厳重かつ安全に管理する必要がある」との記述がありますが、使用済み核燃料をそのまま数万年にわたって管理するのではなく、再処理によって生じる放射能レベルが高い廃棄物を高レベル放射性廃棄物として処分することになっています。したがって、「使用済み核燃料には、核分裂によって生じた様々な放射性物質が蓄積され、放射能が非常に強くなる。そのまま処理をせずに保管する場合、数万年を超えるような年月にわたり、使用済み核燃料を厳重かつ安全に管理する必要がある。」とすることを提案します。

<p>図 13 原子力発電のしくみ（沸騰水型の場合）</p>	
<p>図 14 爆発した福島第一原子力発電所 地震により原子炉の運転は自動的に停止したが、電力供給が止まり燃料の冷却ができなくなったため、水素ガスが発生して爆発した。</p>	
<p>実習 1 再生可能エネルギーに関する討論 目的 地球の温暖化により、異常気象や生態系への影響、海水面の上昇などの問題が地球規模で生じている。持続可能な社会の創生のために何をすべきか、エネルギーの観点から考える。 方法 ① これまで学習した内容や、話題になっているエネルギーについて調べ、再生可能エネルギーのなかで興味をもったものを1つ挙げる。 ② ①で挙げた再生可能エネルギーの概要と、そのエネルギーの利点と欠点について調べる。 ③ ①で挙げた再生可能エネルギーの欠点を克服したうえで、普及させるためにはどうしたらよいか、グループで話し合う。 ④ グループ内で議論した内容について意見をまとめ、代表者が発表を行う。</p>	
<p>実習 2 放射線の測定 p.181 課題 放射線測定器を用いて、放射線の性質を調べる。 準備 放射線測定器、実験用 γ 線源、同じ厚さ（2 mm 程度）のアクリル板・アルミニウム板・鉄板・鉛板（各1枚）、ものさし 方法 ① 周りに放射線源がないことを確認し、放射線測定器で自然放射線の量（バックグラウンドの値とする）を測定する。測定は10回程度行い、その平均をとる。②～③の実験では、測定値からこのバックグラウンドの値を引く。 ② γ 線の放射線源を置き、そのすぐ近くに放射線測定器を置く。γ 線源と測定器の間にアクリル板やアルミニウム板、鉛板を置いて、物質による放射線の吸収の違いを調べる。測定は素材ごとに3回行い、その平均値を求める。 ③ γ 線源と測定器との距離を変化させていき、γ 線源からの距離と放射線の強さとの関係を調べる。測定は3回行い、平均値を求める。 考察 ① 物質の種類と放射線の吸収量との間には、どのような関係があるか。 ② 放射線源からの距離と放射線の強さとの間には、どのような関係があるか。 !放射線源に長時間触れるなどの、不必要な被曝を避けるように注意する。</p>	
<p>実習 3 原子力発電による事故と課題 目的 原子力発電の事故について調べ、事故によって起きた問題とその解決方法について議論し、人類が原子力発電と共存していくための方法を考える。 方法 ① 原子力発電の事故とその被害について調べ、現在の課題を1つ挙げる。 ② ①で挙げた課題が発生する理由と解決方法を、これまでに学習した内容を踏まえて考察する。 ③ 考察したことをグループ内で話し合う。 ④ グループ内で議論した内容について意見をまとめ、代表者が発表を行う。</p>	
<p>第2章 物理学が拓く世界 医療 見えないものを見る B X線検査 p.183 X線には、可視光線を通さない物質をも透過し、写真フィルムを感光させる性質があるため、発見直後より医学界から注目を浴びた。その後の研究により、X線は波長が $10^{-12} \sim 10^{-28}$ m の電磁波であることがわかった。 X線は、物質を透過するときの一部が物質に吸収される。物質の種類や厚さによってX線の吸収量が異なるため、X線を</p>	

<p>均一な強さで照射すると、X線の経路にあった物質によって、透過するX線の強さが異なる。この性質を生かして、骨折の診断、胃がんや肺結核の早期発見など、様々な医療の検査で使われている。</p> <p>1972年には、X線を一方向からだけではなく人体の周囲から照射し、その透過率のデータをコンピュータで処理することで、人体を輪切りにしたような画像が得られるCT（コンピュータ断層撮影）スキャン装置が登場した。近年では画像処理技術の向上により、3次元の画像も得られるようになった。</p> <p>超音波検査とX線撮影は、いずれも超音波やX線の性質を応用した医療技術であり、音波や電磁波についてのこれまでの研究成果が生かされている。</p>	
<p>ヴィルヘルム・レントゲン（1845～1923） レントゲンは陰極線の研究をしていた際に、偶然X線を発見した。「X線」は、数学で未知数を表す「X」に由来する。レントゲン自身はX線の正体を突き止めることはできなかったが、X線の発見により、第1回ノーベル物理学賞を受賞した。</p>	
<p>X線の性質</p> <p>① 蛍光物質を光らせ、写真乾板やフィルムを感光させる。</p> <p>② 直進性があり、電界や磁界では曲げられない。</p> <p>③ 物質中の原子を電離してイオンにするはたらき（電離作用）がある。</p> <p>④ 可視光線を通さない物質も透過する。同じX線を当てたときには、原子番号や密度の小さい物質ほど透過しやすい。</p>	
<p>図2 X線撮影のしくみ</p>	
<p>図3 CTスキャン装置(a)とその画像(b)</p>	
<p>① 光が当たって物質が反応し、化学反応を起こすことを感光といい、感光する物質を混ぜた薬剤（乳剤）をガラス板に塗ったものを写真乾板という。</p>	
<p>第一学習社 709 高等学校 物理基礎</p>	
<p>第IV章 電気 第3節 エネルギーとその利用 p.232</p> <p>学習目標</p> <p>① 太陽光、水力、風力、化石燃料、原子力などを源とするエネルギーの特性や利用などについて、電気エネルギーの変換を中心に、物理学的な観点から理解する。</p> <p>② 放射線の種類と性質、放射性物質の基本的な性質、および原子力の利用とその課題について理解する。</p>	
<p>① 太陽エネルギーと化石燃料 わたしたちは、石油や石炭、太陽から届く光のような、さまざまなエネルギー資源を利用している。それぞれのエネルギー資源には、どのような特徴があるだろうか。</p> <p>A 太陽のエネルギー 太陽がもつエネルギーは、光などの電磁波として放射される。地球が太陽から受けるエネルギーは、1年間で5.5×10^{24} Jに達し、これは、人類が1年間に消費するエネルギーの約1万倍に相当する。</p> <p>地球が大気表面で1秒間に受ける太陽からのエネルギーは、太陽光に垂直な面積1 m^2あたり、約1.4 kJである。すなわち、1.4 kW/m^2であり、これを太陽定数という（図42）。</p> <p>◎エネルギーの移り変わり 地球が受ける太陽のエネルギーは、おもに熱エネルギーに変換され、大気や海水を運動させ、雨や風などの気象現象を引き起こす（図43）。雨や風の運動エネルギーや重力による位置エネルギーは、太陽のエネルギーが変換されたものである。植物が光合成によってつくり出す物質の化学エネルギーも、太陽のエネルギーがその源である。このように、太陽のエネルギーは、種々のエネルギーに変換される。</p>	
<p>図42 太陽定数</p>	
<p>図43 エネルギーの移り変わり</p>	
<p>B 太陽エネルギーの利用 p.233 太陽からのエネルギーを効率よく利用できれば、無尽蔵なエネルギー資源となる。?太陽のエネルギーは、どのように利用されているだろうか。</p>	

<p>◎太陽光発電 太陽光発電では、太陽電池を用いて、太陽光のエネルギーを電気エネルギーに変換している。太陽光発電は、家庭で広く普及しており、時計、電卓、人工衛星などにも用いられている（図 44）。 このような、太陽のエネルギーを直接的に利用する方法には、エネルギー資源に枯渇のおそれがなく、発電時に廃棄物を出さないなどの利点がある。しかし、天候に左右されやすく、大量のエネルギーを得るには、広大な面積を必要とするなどの欠点もある。</p>	
<p>◎水力発電 水力発電では、雨などによって高い位置にたくわえられたダムの水を落下させ、発電機に接続されたタービンをまわして発電する（図 45）。 発電時に二酸化炭素を排出せず、一定の電力を局所的に得られるなどの利点がある。しかし、大規模な発電所を設置できる場所は限られており、ダムの建設に多額の経費がかかるなどの欠点がある。</p>	
<p>◎風力発電 風力発電では、大きい風車を設置し、その回転を利用して発電する（図 46）。 風力発電には、発電時に二酸化炭素を発生しないことや、安定して風力が得られれば発電コストが少なくてすむなどの利点がある。その一方で、発電量が風の状況に左右されるほか、発電施設で騒音が生じるなどの欠点がある。 水力発電、風力発電は、いずれも、太陽のエネルギーによって引きおこされた、雨や風などの気象現象を利用したものであり、太陽のエネルギーの間接的な利用といえる。</p>	
<p>図 44 太陽電池 太陽のエネルギー → 電気エネルギー</p>	
<p>図 45 水力発電 力学的エネルギー → 電気エネルギー</p>	
<p>図 46 風力発電 運動エネルギー → 電気エネルギー</p>	
<p>① 太陽電池は、シリコンなどの半導体を用いてつくられており、光があたったときにだけ直流電流を発生させる。 ② 得られた形態のまま利用するエネルギーを一次エネルギー、一次エネルギーを別の形態に変換したものを二次エネルギーという。太陽のエネルギーは一次エネルギー、太陽光発電で得られた電気エネルギーは二次エネルギーである。電気エネルギーは、利便性の高い二次エネルギーであり、化石燃料（p.234）などの種々の一次エネルギーからつくり出される。</p>	
<p>C 化石燃料の利用と環境保全 p.234 石油や石炭、天然ガスは、植物の光合成を通じて太陽のエネルギーを取りこんだ、太古の生物の遺骸がその起源と考えられており、化石燃料とよばれる。化石燃料は、大量のエネルギーを取り出すことで、輸送や貯蔵が容易であるなど、利便性にすぐれている。そのため、現在、人類の最も重要なエネルギー資源となっている。しかし、化石燃料は、埋蔵量に限りがあり、いずれは枯渇すると懸念されている。</p>	
<p>◎火力発電 火力発電では、化石燃料を燃焼させて高温・高圧の水蒸気をつくり、タービンを回して発電する（図 47）。化石燃料の燃焼では、大量の二酸化炭素が空气中に放出される。大気中の二酸化炭素が空气中に放出される。大気中の二酸化炭素は、地表から放出される赤外線を吸収し、その一部を地表に放出している（温室効果）（図 48）。このため、化石燃料の消費が増加すると、地球の温暖化が進行するといわれている。</p>	
<p>TRY エネルギー資源について調べよう エネルギー資源にはさまざまなものがある。どのようなものがあるか、文献やインターネットなどを利用して調べよ。</p>	
<p>図 47 火力発電</p>	
<p>Topic 持続可能な開発目標（SDGs） 世界には、資源の過剰利用や汚染、飢餓と貧困などのさまざまな問題が存在する。そこで、持続可能な世界を実現するための目標が 2015 年に国連で採択された。これを SDGs（持続可能な開発目標）といい、2030 年までの達成を目指す国際目標である。貧困対策や格差の撤廃、地球環境の保全など、17 の目標が設けられている。これまでの学習と関連が深い目標には、右に示したものがあり、わが国でも、達成に向けた取り組みが行われている。</p>	
<p>Check 太陽光、水力、風力、火力を利用した発電方法の特徴を、それぞれ簡潔に説明せよ。</p>	
<p>② 原子力エネルギー p.235 放射線は医療、工業農業などに利用されており、原子力エネルギーはおもに発電に用いられている。放射線や原子力エネルギーとは、それぞれどのようなものだろうか。</p>	

<p>A 原子と原子核 原子の種類（元素）は、陽子の数によって決まり、その数を原子番号という。また、原子の質量は、その大部分が原子核で占められ、陽子と中性子の数によってほぼ決まる。原子核を構成する陽子と中性子を、総称して核子といい、核子の数を質量数という。</p> <p>原子や原子核は、元素記号の左上に質量数、左下に原子番号を添えて、その構成が示される（図 49）。</p>											
<p>◎同位体 ヘリウム原子には、原子核が陽子 2 個、中性子 2 個からなるヘリウム ${}^4\text{He}$ のほかに、原子核が陽子 2 個、中性子 1 個からなるヘリウム ${}^3\text{He}$ がある。このように、同一元素の原子であっても、質量数が異なる原子核をもつ原子を、互いに同位体（アイソトープ）であるという。同位体は、質量は異なるが、その化学的な性質はほとんど同じである。天然に存在する多くの元素には、いくつかの同位体が含まれており、各同位体の存在比は、元素によってほぼ一定である（表 3）。</p>											
<p>図 49 原子・原子核の表し方 質量数 4 のヘリウム原子（ヘリウム 4）を示す。左下の原子番号は省略してもよい。</p> <p>質量数＝陽子の数＋中性子の数 原子番号＝陽子の数</p>											
<p>表 3 同位体の例 水素、炭素には、それぞれ ${}^3\text{H}$、${}^{14}\text{C}$ がごく微量存在する。</p>											
<p>問 16 ウラン ${}^{235}\text{U}$ の原子核を構成する陽子と中性子は、それぞれいくつか。</p>											
<p>B 原子核の崩壊と放射線 原子核には、ウラン ${}^{238}\text{U}$ やラジウム ${}^{226}\text{Ra}$ などの不安定な状態のものがああり、放射線とよばれるエネルギーの高い粒子や電磁波を放射して、より安定な状態の別の原子核へと変化する。この変化を放射性崩壊、または単に崩壊（壊変）という。自然に放射線を出す性質を放射能といい、放射能をもつ同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ）、放射能をもつ物質を放射性物質という。</p>											
<p>① 陽子の数は同じであるが、中性子の数が異なる原子核。 ② 放射性同位体に対し、放射性崩壊をおこしにくい同位体を安定同位体とよぶ。</p>											
<p>?放射線には、どのような性質があるのだろうか。 p. 236</p> <p>◎放射線の種類とその性質 原子核の放射性崩壊には、α 崩壊、β 崩壊、γ 崩壊がある。それぞれの崩壊に伴って、α 線（ヘリウム ${}^4\text{He}$ の原子核）、β 線（電子）、γ 線（電磁波）とよばれる放射線が放出される（図 50）。放射線には、放射性崩壊で放出されるもののほかに、中性子や X 線などもある。</p> <p>放射線は、物質を構成する原子から電子をはじき飛ばし、イオンをつくる作用を示す（電離作用）。また、物質を透過し、その透過力は、放射線の種類によって異なる。</p>											
<p>◎放射能・放射線の単位 放射能の強さを表す単位にはベクレル、放射線の量を表す単位にはグレイ、シーベルトなどがある（表 4）。</p>											
<p>図 50 放射線の実体と性質 放射線の種類によって遮蔽方法が異なる。中性子線は透過力が大きい、水素を含む物質（水やコンクリートなど）で弱めることができる。</p>											
<p>表 4 放射能・放射線の単位</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>単位</th> <th>記号</th> <th>定義</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ベクレル (放射能の強さ)</td> <td>Bq</td> <td>放射性物質が放射線を出す強さ（能力）を表す性質である。1 Bq は、1 秒間に 1 個の割合で原子核が崩壊するときの放射能の強さである。</td> </tr> <tr> <td>グレイ (放射線の量)</td> <td>Gy</td> <td>放射線が物質を透過するとき、放射線のもつエネルギーの一部が物質に与えられる。このときの、物質 1 kg あたりに吸収される放射線のエネルギーを吸収線量といい、グレイは吸収線量の単位である。1 Gy は、物質 1 kg あたりに吸収されるエネルギーが 1 J であることを表す。</td> </tr> </tbody> </table>		単位	記号	定義	ベクレル (放射能の強さ)	Bq	放射性物質が放射線を出す強さ（能力）を表す性質である。1 Bq は、1 秒間に 1 個の割合で原子核が崩壊するときの放射能の強さである。	グレイ (放射線の量)	Gy	放射線が物質を透過するとき、放射線のもつエネルギーの一部が物質に与えられる。このときの、物質 1 kg あたりに吸収される放射線のエネルギーを吸収線量といい、グレイは吸収線量の単位である。1 Gy は、物質 1 kg あたりに吸収されるエネルギーが 1 J であることを表す。	<p>吸収線量、等価線量、実効線量についてきちんと説明されている良好事例です。</p>
単位	記号	定義									
ベクレル (放射能の強さ)	Bq	放射性物質が放射線を出す強さ（能力）を表す性質である。1 Bq は、1 秒間に 1 個の割合で原子核が崩壊するときの放射能の強さである。									
グレイ (放射線の量)	Gy	放射線が物質を透過するとき、放射線のもつエネルギーの一部が物質に与えられる。このときの、物質 1 kg あたりに吸収される放射線のエネルギーを吸収線量といい、グレイは吸収線量の単位である。1 Gy は、物質 1 kg あたりに吸収されるエネルギーが 1 J であることを表す。									

シーベルト (放射線の量)	Sv	放射線の人体に対する影響は、吸収線量が同じでも、放射線の種類やエネルギーなどによって異なる。この影響を考慮し、吸収線量に係数を乗じて補正した量を等価線量という。また、放射線を受けた人体の組織などによって影響が異なるので、それを加味した量を実効線量という。等価線量、実効線量の単位には、いずれもシーベルト(記号 Sv) が用いられる。		
① α 線の 1 Gy は 20 Sv の等価線量、 β 線、 γ 線の 1 Gy はそれぞれ 1 Sv の等価線量に相当する。 ベクレル (1852~1908, フランス) 物理学者。放射能の強さの単位ベクレルは、彼の名に由来する。 グレイ (1905~1965, イギリス) 物理学者。放射線の量の単位グレイは、彼の名に由来する。				
◎放射線の人体への影響 p. 237 わたしたちは、日常生活の中で、さまざまな放射線を浴びている(図 51)。放射線を身体に受けることを被曝という。被曝の形態はさまざまであり、体外の放射性物質からの被曝を外部被曝、体内にとりこんだ放射性物質からの被曝を内部被曝という。 多量の放射線を浴びることは、組織機能の喪失や、がん発生のリスクの増加など、健康に悪い影響を与える。内部被曝を低減するためには、呼吸や飲食などで放射性物質を体内にとりこまないことが必要である。また、外部被曝を低減するためには、放射性物質からはなれる、間に遮蔽物を置く、放射線を受ける時間を短くすることが大切である(図 52)。 さまざまな場所の放射線の量を、ぼけっとラボ⑤で測定しよう(探求 9 → p. 241)。				
◎放射線の利用 放射線は、医療、農業、工業など、幅広い分野で利用されている。 たとえば、 α 線や β 線は、物体を透過すると、途中で吸収されて弱くなるので、工業製品の厚さの測定などに利用されている。 γ 線や X 線、中性子線は、物体を透過する性質が強く、物体を壊さずにその内部を調べる非破壊検査などに用いられる。				
TRY 放射線の利用について調べよう 放射線は、さまざまなものに利用されている。どのようなものに利用されているか。文献やインターネットを用いて調べよ。				
ぼけっとラボ 25 放射線測定器を用いて、校舎内や校庭など、さまざまな場所で放射線の量を測定しよう。				
図 51 日常生活と放射線 ミリシーベルト (mSv) は、Sv の 1/1000 である。				
図 52 外部被曝の低減方法				
② 国際放射線防護委員会によると、一般の年間線量限度は、自然放射線を除き、1 mSv 以下と定められている。また、放射線業務従事者については年間 50 mSv 以下、5 年間で 100 mSv 以下と定められている。 ③ 放射線測定器で表示される値には、マイクロシーベルト毎時(記号 μ Sv/h)の単位が用いられることが多い。これは 1 時間あたりに受ける線量を表す。1 μ Sv = 10^{-6} Sv/h である。 シーベルト (1896~1966, スウェーデン) 物理学者。放射線の量の単位シーベルトは、彼の名に由来する。				
+Plus 半減期 p. 238 放射性同位体の原子核は、時間の経過にしたがって崩壊し、その数が減少する。このとき、崩壊する確率は、放射性同位体の種類によって決まっている。すなわち、ある放射性同位体の原子核が多数存在するとき、一定時間で崩壊する原子核の数は、はじめに存在した未崩壊の原子核の数に比例する。原子核の数がもとの数の半分になるまでの時間を、半減期という(図 a)。半減期は、放射性同位体の数によって決まり、非常に短時間のものから長時間にわたるものまで、さまざまである(表 a)。				
問 a 半減期が 30 年の放射性同位体は、90 年後にははじめの数の何分の一になるか。				
表 a 放射性同位体の半減期 半減期は、周囲の温度や圧力などの影響を受けない。				
C 原子力とその利用 ある原子核に、大きなエネルギーをもつ別の原子核や中性子などが衝突すると、核子の組み換えが				

<p>おこり、異なる原子核に変化することがある。このような現象を核反応という。核反応では、エネルギーが放出されたり、吸収されたりする。このエネルギーを、核エネルギー（または原子力エネルギー）という。</p>	
<p>◎核分裂 ウラン ^{235}U の原子核は、中性子を吸収すると、大量のエネルギーとともに、γ 線や中性子などを放出して分裂する。このような変化を核分裂という（図 53）。一定量のウラン ^{235}U が存在し、核分裂で放出された中性子が、別のウラン ^{235}U に吸収される条件が満たされると、核分裂が次々におこる。これを、核分裂の連鎖反応という（図 54）。核分裂の連鎖反応が一定の割合で継続する状態を、臨界という。</p>	
<p>発展 ① はじめにあった原子核の数を N_0、半減期を T として、時間 t が経過したとき、崩壊せずに残る原子核の数 N は、$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ と表される。</p>	
<p>図 53 核分裂 p. 239 1 g のウラン ^{235}U から生じるエネルギーは、およそ 8.3×10^{10} J であり、2000 L の石油の燃焼で生じるエネルギーにほぼ等しい。</p>	
<p>図 54 連鎖反応 核分裂では、何種類もの元素の原子核が生じるが、ここでは、それらを○で表している。</p>	
<p>◎原子力発電 原子力発電では、核分裂で生じる熱エネルギーで水を蒸発させ、水蒸気でタービンをまわして発電する（図 55）。このとき、中性子を吸収する制御棒を用いて、連鎖反応を制御している。 原子力発電では、少量の核燃料から、大量のエネルギーを得ることができる。また、発電の過程で二酸化炭素が発生しないため、地球の温暖化に与える影響が小さいとされている。 原子炉の放射性同位体からは、強い放射線が出ており、原子炉の運転は、被曝を避けるために、常に厳しい管理のもとで行われている。また、使用済みの核燃料の大部分は（95%～97%）が再処理によってリサイクルが可能であるとされている。</p>	<p>再処理について取り上げられており、記述が充実しています。</p>
<p>図 55 原子力発電</p>	
<p>発展 物理学 質量とエネルギー アインシュタインは、相対性理論を提唱し、質量とエネルギーは同等であることを示した。この理論によると、エネルギーを E [J]、質量を m [kg]、真空中の光の速さを c [m/s] とすると、$E = mc^2$ の関係が成り立つ。原子核が別の原子核に変化するとき、質量の増減を生じ、この式は、質量が変化した分だけ、エネルギーが入り出すことを示している。このエネルギーが核エネルギーであり、質量が減少する場合はエネルギーが放出され、質量が増加する場合はエネルギーが吸収される。</p>	<p>核エネルギーの起源についてきちんと説明されており、生徒の関心も広がる良い記述と思います。</p>
<p>② 使用済みの核燃料を再処理して取り出したプルトニウムをウランと混ぜて、MOX 燃料（ウラン-プルトニウム混合酸化物燃料）をつくり、これを再利用することをプルサーマルという。 アインシュタイン（1879～1955、ドイツ、スイス、アメリカ） 相対性理論を 1905 年に発表した。このほか、分子運動学の発表など、数々の業績を残している。</p>	<p>プルサーマルや MOX 燃料について取り上げられており、記述が充実しています。</p>
<p>Topic 原子力発電の課題 p. 240 2011 年におこった東日本大震災では、福島第一原子力発電所において、津波の被害などによって全電源が喪失し、原子炉の冷却が制御不能となり、炉心溶融（メルトダウン）や水素爆発が発生して、大量の放射性物質が環境中に放出される重大な事故が発生している（図 a）。この事故以後、自然災害や重大事故などに関して、一層厳しい対策基準が設定され、運用にあたっては慎重な姿勢が求められている。 耐用年数を経過した原子炉については廃止措置（廃炉）が行われる。これには、使用済み核燃料の搬出・再処理・貯蔵、汚染の除去、原子炉・建屋の解体などの工程に、20～30 年かかるといわれている。福島第一原子力発電所においては、周辺の汚染水の除去や溶解した核燃料の残骸の取り出しなどの事故処理を含め、廃炉の工程が 30～40 年かけて行われる予定である。 使用済みの核燃料は、再処理によって、再利用されるものと放射性廃棄物とに分けられる。放射性廃棄物は、地層処分するために密封して保管される。 わが国では、エネルギーの安定的な確保、二酸化炭素の排出量低減の観点から、原子力発電は重要な発電方法と位置付け</p>	<p>通常の原子力発電所の廃止措置と事故を起こした東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置を区別して説明していること、使用済み核燃料の取り扱いと再処理によって生じる放射性廃棄物の処分を区別して説明していることなど、他の教科書に比べて正確で丁寧な説明がなされています。</p>

<p>られ、2010年までは全発電電力量の30%程度を担っていた。しかし、東日本大震災後は、安全面での社会的不安が以前よりも大きくなっている。一方で、水力発電も含めた再生可能エネルギーによる発電割合は10%程度であり、化石燃料による火力発電に大きく依存しているのが現状である。</p>	
<p>◎核融合 太陽の中心部は、高温・高圧の状態であり、水素の原子核どうしが衝突して融合する過程を経て、ヘリウムの原子核に変化している。このような変化を、核融合という。核融合によって発生する大量のエネルギーが、太陽のエネルギーの源である。</p> <p>現在、水素の同位体の重水素²Hと三重水素³Hなどの核融合によって、エネルギーを得る試みがなされている。水素の同位体は、地球上に存在する水から得ることができ、この方法は、将来の重要なエネルギー源になる可能性があると考えられている。</p>	
<p>TRY 発電電力量の推移を調べよう わが国の全発電電力量のうち、原子力発電の占める割合について、2010年のものと現在のものとを調べ、両者を比較せよ。そのほか、太陽光、水力、風力、石油、石炭、LNG（液化天然ガス）などの他のエネルギーについても調べよ。</p>	
<p>Check</p> <p>① 放射線の種類と性質、利用例について簡潔に説明せよ。</p> <p>② 原子力エネルギーの利用と問題点について簡潔に説明せよ。</p>	
<p>探求9 放射線の性質 p.241</p> <p>▶目的 放射線の測定器を使って、放射線の性質を調べよう。</p> <p>▶実験の計画 自然に放射線が発生しているか、身近な場所の放射線量を測定して確認する。また、どのような条件で放射線の測定値が変わるのか、放射線源との間に遮蔽物を置いたり、距離を変えたりして放射線量を測定し、確認する。</p> <p>▶準備 放射線測定器、実験用放射線源、材質や厚さの異なる板（木・アクリル・鉄・アルミニウム・鉛など）、ものさし</p> <p>▶方法</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 近くに放射線源がないことを確認し、その場所の放射線量を測定する。測定は30秒間を基準にして、数回行う。 ② 放射線源を置き、10 cmはなしたところに放射線測定器を置いて、放射線量を測定する。 注意 放射線源に不用意にさわったり、長い間、放置したりしない。放射線をできるだけ浴びないように注意する。 ③ 放射線源と放射線測定器との間に、材質や厚さの異なる板を置いて測定する（図a）。 ④ 板を取り除き、放射線源と放射線測定器の間の距離を10 cm, 20 cm, 30 cm・・・と変えて測定する（図b）。 ⑤ 教室の中やグラウンドなど、学校内のさまざまな地点で放射線量を測定する。測定地点のまわりにある材質（土・コンクリート・木など）についても記録する。 <p>▶データ処理</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 方法①の平均値をその場所の自然放射線量とする。 ② 方法②～④の測定値から方法①の測定値（平均値）を引いた計算をする。それぞれ計算した値は表でまとめる。 <p>▶考察 まずは1人で考え、その後、ほかの人と話し合ってみよう。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 方法③、④の測定結果から、放射線の量はどのような条件で小さくなるか。 ② 方法⑤の測定結果から、自然に発生する放射線の量はどのような場所で多くなるか。 <p>▶報告書の作成と研究の発表 得られた結果をもとに報告書を作成し、その内容を発表しよう。</p>	
<p>図a 遮蔽物を置いた測定</p>	
<p>図b 遮蔽物を変えた測定</p>	
<p>第一学習社 710 高等学校 新物理基礎</p>	

<p>第3節 エネルギーとその利用 p.174</p> <p>① 太陽エネルギーの利用 ?わたしたちは、石油や石炭、太陽から届く光のような、さまざまなエネルギー資源を利用している。それぞれのエネルギー資源には、どのような特徴があるだろうか。</p>	
<p>A 太陽エネルギーとその移り変わり 太陽のエネルギーは、光などの電磁波として放射されている。地球が1時間に受ける太陽からのエネルギーは、全人類が1年間に消費するエネルギーよりも大きい。太陽からのエネルギーは、大気や海水を運動させ、さまざまな気象現象を引き起こす。また、植物は、太陽のエネルギーを利用してデンプンなどの物質をつくり出し(光合成)、動物は、これを摂取して生きている。このように、太陽のエネルギーは、地球上のさまざまなエネルギーの源である。</p>	
<p>B 太陽エネルギーの利用</p> <p>○太陽光発電 太陽光発電では、太陽電池を用いて、太陽のエネルギーを電気エネルギーに変換している(図31)。太陽光発電は、家庭でも広く普及しており、時計、電卓、人工衛星などに用いられている。このように、太陽のエネルギーを直接的に利用する方法には、エネルギー資源に枯渇のおそれがなく、発電時に廃棄物を出さないなどの利点がある。しかし、天候に左右されやすく、大量のエネルギーを得るには、広大な面積を必要とするなどの欠点もある。</p>	
<p>○水力発電 水力発電では、雨などによって高い位置にたくわえられたダムの水を落下させ、発電機に接続されたタービンをまわして発電する(図32)。発電時に二酸化炭素を排出せず、一定の電力を安定的に得られるなどの利点がある。しかし、大規模な発電所を設置できる場所は限られており、ダムの建設に多額の経費がかかるなどの欠点がある。</p>	
<p>図31 太陽電池 太陽電池は、シリコンなどの半導体を用いてつくられており、光があたったときにだけ、直流電流を発生させる。</p>	
<p>図32 水力発電 ダムにたくわえられている水のもつ重力による位置エネルギーを、発電機を用いて、電気エネルギーに変換する。</p>	
<p>Tips 地球が受ける太陽からのエネルギーは、1年間で5.5×10^{24} Jに達する。</p>	
<p>○風力発電 p.175 風力発電では、風による風車の回転を利用して発電する(図33)。発電時に二酸化炭素を排出しないことや、安定して風力が得られれば、他の発電方法と比べ、発電コストが安いことなどの利点がある。しかし、発電量が風の状況に左右されるほか、発電施設で騒音が生じるなどの欠点がある。水力発電、風力発電は、いずれも太陽のエネルギーによって引き起こされた、雨や風などの気象現象を利用したのである。</p>	
<p>C 化石燃料 石炭や石油、天然ガスは、植物の光合成で太陽のエネルギーが取りこまれた、太古の生物の遺骸がその起源であると考えられており、化石燃料とよばれる。化石燃料は、大量のエネルギーを取り出すことができ、輸送や貯蔵が容易であるなど、利便性にすぐれている。そのため、現在、人類の重要なエネルギー資源となっている。しかし、これらの資源は、埋蔵量に限りがあり、いずれは枯渇すると懸念されている。</p>	
<p>○火力発電 火力発電では、図34のように、化石燃料を燃焼させて高温・高圧の水蒸気をつくり、タービンをまわして発電する。化石燃料の燃焼では、大量の二酸化炭素が大気中に放出される。大気中の二酸化炭素は、地表から放出される熱を吸収し、その一部を地表に放出する(温室効果)(図35)。このため、化石燃料の消費量が増加すると、温室効果が強まり、地球の温暖化が進行するといわれている。</p>	
<p>① 世界には、資源の過剰利用や汚染、飢餓と貧困などのさまざまな問題が存在する。そこで、持続可能な世界を実現するための目標が2015年に国連で採択された。これをSDGs(Sustainable Development Goals:持続可能な開発目標)といい、2030年までの達成を目指す国際目標である。貧困対策や格差の撤廃、地球環境の保全など、17の目標が設けられている。これまでの学習と関連が深い目標には、下に示したのものがあ、わが国でも、達成に向けた取り組みが行われている。手ごろで信頼でき、持続可能かつ近代的なエネルギーへのアクセスを確保する</p>	
<p>図33 風力発電 風の運動エネルギーによって、発電機につながれた風車をまわし、電気エネルギーに変換している。</p>	

図 34 火力発電		
図 35 温室効果		
Try エネルギー資源を調べよう エネルギー資源には、さまざまなものがある。どのようなものがあるか、インターネットを用いて調べよう。		
② 原子核と放射線 p.176 ?わたしたちは、放射線の一種である X 線が、レントゲン写真に用いられていることを知っている。放射線には、そのほかどのようなものがあり、どのような性質があるのだろうか。		
A 原子と原子核 原子の種類（元素）は、原子核を構成する陽子の数によって決まり、その数を原子番号という。また、原子の質量は、その大部分が原子核の質量で占められており、陽子と中性子の数によってほぼ決まる。陽子と中性子の数の和を、質量数という。原子や原子核は、元素記号の左上に質量数、左下に原子番号をそえて、その構成が示される（図 36）。		
○同位体 ヘリウム原子には、原子核が陽子 2 個、中性子 2 個からなるヘリウム ${}^4\text{He}$ のほか、陽子 2 個、中性子 1 個からなるヘリウム ${}^3\text{He}$ がある。このように、同一元素の原子であっても、質量数の異なる原子核をもつ原子を、互いに同位体（アイソトープ）であるという。同位体は、互いに陽子の数は同じで、中性子の数だけが異なっている。		
B 放射線の種類とその性質 ウラン ${}^{238}\text{U}$ やラジウム ${}^{226}\text{Ra}$ などの不安定な状態の原子核は、放射線とよばれるエネルギーの高い粒子や電磁波を放射し、より安定な状態の別の原子核へと変化する。このような変化を放射性崩壊、または崩壊（壊変）といい、放射性崩壊をおこす同位体を放射性同位体という。物質が自然に放射線を放出する性質を放射能といい、放射能をもつ物質を放射性物質という。放射線には、 α 線、 β 線、 γ 線、X 線、中性子線などがあり、一般に物質を透過する性質がある（図 37）。また、放射線は、電離作用を示す。		
図 36 原子・原子核を示す記号 質量数 4 のヘリウム原子（ヘリウム 4）を示す。左下の原子番号は省略してもよい。質量数＝陽子の数＋中性子の数 原子番号＝陽子の数		
図 37 放射線の実体と性質 放射線の種類によって遮蔽方法が異なる。中性子線は透過力が大きいので、水素を含む物質（水やコンクリートなど）で弱めることができる。		
① 放射線は、物質を構成する原子から電子をはじき出し、イオンをつくる作用を示す。これを電離作用という。		
○放射能・放射線の単位 p.177 放射能の強さや放射線の量を表す単位には、ベクレル、グレイ、シーベルトなどがある（表 3）。	吸収線量、等価線量、実効線量についてきちんと説明されている良好事例です。	
○放射線の利用 放射線は、工業医療、農業などの分野で広く利用されている。たとえば、 α 線や β 線は、物体を透過すると、途中で吸収されて弱くなるため、薄膜の厚さの測定などに利用される。また、 γ 線や X 線、中性子線は、物体を透過する性質が強く、物体を壊さずにその内部を調べる非破壊検査などに用いられる。 わたしたちは日常生活の中で、さまざまな放射線を浴びている（図 38）。放射線を身体に浴びることを被曝という。多量の放射線を浴びると、健康に悪い影響を与える。必要以上の放射線を浴びないように注意することが必要である。放射線の量を、ぼけっとラボ②で測定しよう。	放射線の性質を利用した具体例だけでなく、放射線防護の考え方（必要以上の放射線を浴びないように）が示されており、良好な記述例です。	
ぼけっとラボ② 放射線を測定しよう 放射線測定器を用いて、校舎内や校庭など、さまざまな場所の放射線の量を測定しよう。		
Plus 半減期 放射性同位体の原子核は、時間の経過にしたがって崩壊し、その数が減少する。このとき、崩壊する確率は、放射性同位体の種類によって決まっている。 未崩壊の原子核の数がもとの数の半分になるまでの時間を半減期という（図 a）。		
図 38 日常生活と放射線 ミリシーベルト（記号 mSv）は、Sv の 1/1000 である。		
表 3 放射能・放射線の単位		吸収線量、等価線量、実効線量についてきちんと説明されている良好事例です。
	単位	定義
放射能の強さ	ベクレル	1 秒間に崩壊する原子核の数で表す。

	(記号 Bq)			
吸収線量	グレイ (記号 Gy)	放射線を受けた物質が 1 kg あたりに吸収するエネルギーで表す。		
等価線量	シーベルト (記号 Sv)	放射線の人体に対する影響は、吸収線量が同じでも放射線の種類やエネルギーなどによって異なる。吸収線量にこの違いを加味した量を等価線量という。		
実効線量	シーベルト (記号 Sv)	放射線の人体への影響は、人体の組織などによっても異なる。等価線量にこの違いを加味した量を実効線量という。		
② 放射線測定器の単位には、一般に、マイクロシーベルト毎時(記号 $\mu\text{Sv/h}$) が用いられる。1 $\mu\text{Sv/h}=10^{-6}\text{ Sv/h}$				
表 a 放射性同位体によって、長いもの、短いものとさまざまである。				
図 a 半減期				
③ 原子力とその利用 p.178 わが国では、原子力発電が行われている。原子力発電では、どのようなしくみで電気エネルギーをつくり出しているのだろうか。また、原子力発電の課題は何だろうか。				
A 核分裂 ある原子核に、大きなエネルギーをもった別の原子核や中性子などが衝突すると、異なる原子核に変化することがある。このような現象を核反応という。 ウラン ^{235}U の原子核が中性子を吸収すると、大量のエネルギーとともに、 γ 線や中性子を放出して分裂する。このような変化を核分裂という(図 39)。一定量以上のウラン ^{235}U が存在し、核分裂で生じた中性子が、別のウラン ^{235}U に吸収される条件が満たされると、核分裂が次々におこる。これを核分裂の連鎖反応という。連鎖反応が一定の割合で継続する状態を臨界という。				
B 原子力発電 原子力発電では、核分裂の連鎖反応を制御しながら、核分裂で生じる熱エネルギーで水蒸気をつくり、タービンをまわして発電する(図 40、探究⑦ p.179)。原子力発電では少量の核燃料から大きいエネルギーを得ることができる。また、発電の過程で二酸化炭素が発生しないため、地球の温暖化に与える影響が小さいとされている。				
○放射性廃棄物と安全管理 原子炉内の放射性同位体からは、強い放射線が出ており、原子炉の運転は、被曝を避けるため、厳しい管理のもとで行われる。また、使用済みの核燃料は、再処理によって、再利用されるものと放射性廃棄物とに分けられる。放射性廃棄物は、密封され、地下などに保管される。			再処理について取り上げており、使用済み核燃料と再処理によって生じる放射性廃棄物の処分をきちんと区別して説明していることなど、他の教科書に比べて正確で丁寧な説明がなされています。	
① 核反応では、エネルギーが放出されたり、吸収されたりする。このエネルギーを、核エネルギー(原子力エネルギー)という。				
② 天然ウランの大部分はウラン ^{238}U であり、核燃料となるウラン ^{235}U は 0.7%しか含まれていない。実際の核燃料には、ウラン ^{235}U の割合を高めたものが用いられる。				
図 39 核分裂 1 g のウラン ^{235}U から生じるエネルギーは、およそ $8.3 \times 10^{10}\text{ J}$ である。これは、約 2000 L の石油の燃焼で生じるエネルギーに相当する。				
図 40 原子力発電 水蒸気を発生させ、タービンをまわして発電する点は、火力発電と共通している。				
Tips アフリカ大陸に位置するガボン共和国には、天然原子炉と呼ばれるウラン鉱山がある。				
探求 7 発電電力量の推移 p.179 わが国における発電方法や発電電力量の推移について調べよう。 【調査】わが国の全発電電力量のうち、原子力発電の占める割合について、2010年のものと現在のものとを調べる。太陽光発電、水力発電、風力発電、火力発電など、他の発電電力量についても調べる。それぞれの発電方法について、得られた情			わが国のエネルギー情勢について生徒に考えさせる良い取り組みです。インターネットを使った調査時の注意が書かれているなど、信頼性の高い情報の入手方法についても触れられている、大変よい内容です。	

<p>報をもとに、2010年と現在のものとでどのような変化がみられるか、両者を比較する。調べた内容について考察するときは、まずは1人で考え、その後、ほかの人と話し合ってみよう。考察を進める際に新たな疑問が生じた場合には、さらに調べてみよう。</p> <p>【インターネットを利用した情報の収集】サイト閲覧用ソフトで検索サイトにアクセスし、関連するキーワードで検索する。検索されたサイトの一覧の中から、適当なものを選んで閲覧する。サイトが多すぎて迷う場合は、キーワードを追加して絞り込む。このとき、アドレス末尾の「ac.jp」は日本の大学のサイト、「go.jp」は政府機関のサイトを示しており信頼性の高い情報を入手しやすい。</p> <p>【報告書の作成と研究の発表】報告書の書き方(→p.198)を参考に、報告書、またはプレゼンテーション用のスライドを作成する。発表では、得られた情報から考察の過程を順序立てて説明する。内容について質問を受けたときは、得られた情報から解釈できる点に絞って回答する。</p>	
<p>トピック 原子力発電の課題 2011年におこった東日本大震災では、福島第一原子力発電所において、大量の放射性物質が環境中に放出される重大な事故が発生している(図a)。この事故以後、自然災害や重大事故などに関して、一層厳しい対策基準が設定され、運用にあたっては慎重な姿勢が求められている。</p> <p>耐用年数を経過した原子炉については廃止措置(廃炉)が行われる。これには、使用済み核燃料の搬出・再処理・貯蔵、汚染の除去、原子炉・建屋の解体などの工程があり、20~30年かかるといわれている。</p> <p>わが国では、エネルギーの安定的な確保、二酸化炭素の排出量低減の観点から、原子力発電は重要な発電方法と位置付けられ、2010年までは全発電電力量の30%程度を担っていた。しかし、東日本大震災後は、安全面での社会的不安が以前よりも大きくなっている。一方で、水力発電も含めた再生可能エネルギーによる発電割合は、10%程度であり、化石燃料による火力発電に大きく依存しているのが現状である。</p>	<p>東日本大震災後の原子力発電の動向や電力供給の現状についてバランスのとれた記載となっています。また、使用済み核燃料の取扱いに関して再処理にも触れて原子力発電所の廃止措置を説明しており、大変充実した記述となっています。</p>
<p>check 原子力発電のしくみを簡潔に説明しよう。</p>	
<p>第3節 エネルギーとその利用 p.208</p> <p>○さまざまな発電方法(→p.174) 発電方法には、水力発電、火力発電、原子力発電、地熱発電、太陽光発電、風力発電などがある。</p> <p>○原子の構造、放射線(→p.176) 原子の構造・・・+の電気をもつ原子核と、-の電気をもつ電子からなる。原子核は、+の電気をもつ陽子と電気をもたない中性子からなる。</p> <p>放射線・・・X線、α線、β線、γ線、中性子線などがあり、医療や農業など、さまざまな方面で利用されている。</p>	

【理科(化学基礎)】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
東京書籍 701 化学基礎	
<p>? 同じ元素には、1種類の原子しか存在しないのだろうか。 p.34</p>	
<p>B 同位体 原子番号が同じ原子(すなわち同じ元素)でも中性子の数が異なるため質量数の異なる原子が存在する。これらの原子を、互いに同位体(アイソトープ)であるという。</p> <p>図5に示した原子は、すべて水素原子の同位体であり、原子核に陽子1個を含む。水素の同位体には質量数が1, 2, 3のものが存在し、それぞれ¹H(水素)、²H(重水素)、³H(三重水素)と呼ばれる。¹Hは原子核に中性子を含まないが、²Hは1個の、³Hは2個の中性子を含む。同位体は質量が異なるが、その化学的性質はほぼ同じである。</p> <p>同位体は多くの元素に存在し、各元素の同位体の存在比(表1)は地球上で場所、時間を問わずほぼ一定であるが、わずかに変動することも知られている。</p>	
<p>●放射性同位体 同位体のなかには、原子核が不安定で、放射線と呼ばれる粒子や電磁波を出して壊れ、より安定な原子に</p>	

<p>変わるものがある。それらを放射性同位体（ラジオアイソトープ）といい、放射線を出す性質を放射能という。代表的な原子核の壊変として表2のようなものがある。</p>	
<p>図5 水素の同位体 重水素はジュウテリウム (D) 三重水素はトリチウム (T) とも呼ばれる。</p>	
<p>表1 同位体の存在比 ^3H や ^{14}C は放射性同位体であり、<u>天然にはほとんど存在しない。</u></p>	<p>^3H や ^{14}C は天然に存在する代表的な放射性同位体ですので、「天然にはほとんど存在しない」とするよりも「天然にわずかに存在する」としたほうが、存在することがはっきりと分かってよいのではないかと思います。</p>
<p>問2 次の原子のなかで、互いに同位体であるものを選び、それぞれの原子に含まれる陽子の数と中性子の数を答えよ。 (1) ^{12}C (2) ^{35}Cl (3) ^{13}C (4) ^{40}Ar (5) ^{40}Ca</p>	
<p>① フッ素、ナトリウム、アルミニウムなど約20種類元素は、天然に1つの同位体しか存在しない。 ② 同位体の存在比とは、それぞれの同位体の存在割合である。 ③ 電波・赤外線・可視光線・紫外線はいずれも電磁波という波である。電磁波にはほかにX線・γ線などがある。 ④ この現象を壊変、または崩壊という。</p>	
<p>表2 壊変の種類と放射線 p.35 表の反応式は原子核の反応を示しており、式中の元素記号は原子ではなく原子核を表している。 α壊変：α線（陽子2個、中性子2個からなる^4Heの原子核）を放出する。質量数は4減少し、原子番号は2減少して、ほかの原子に変わる。 β壊変：原子核の中で、中性子が陽子に変わるときにβ線（電子）を放出する。質量数は変化せず、原子番号は1増加して、ほかの原子に変わる。 γ壊変：α壊変、β壊変などに引き続き、より安定な原子核の状態になるときにγ線（電磁波）を放出する。質量数、原子番号は変化しない。</p>	<p>γ壊変に関して正確に記述されています。α壊変、β壊変に続いてγ線が放出されること、γ線の放出によって原子核がより安定な状態になること、γ線の発生や質量数、原子番号が変化しないことが簡潔にまとめられており、良好事例です。</p>
<p>●放射性同位体の利用 放射性同位体が壊変する速さは、同位体ごとに決まっている。壊変によって、放射性同位体が元の量の半分になる時間を半減期と呼ぶ。例えば、放射性同位体の存在比を調べることにより、その物質がつくられたおおよその年代を推定できる（図7）。 また、壊変するときに放出される放射線を目印にできるので、放射性同位体を用いて、生体内や化学反応での元素の動きを調べることができる（トレーサー法）。さらに、放射線のなかには、細胞を破壊したり遺伝子を変化させたりするはたらきをもつものもあり、癌の治療、品種改良、殺菌などに利用される。しかし、放射線は生体などに重大な損傷を与える場合もあり、放射性同位体の取り扱いには厳重な管理が必要である。</p>	
<p>コラム 物質四方山話 ^{14}C による遺跡の遺物年代測定 動物や植物からつくられた物質の中に含まれる放射性同位体 ^{14}C の存在比を調べることで、数千年～数万年くらい前の、その物質ができたおおよその年代を推定することができる。 炭素の同位体である ^{14}C は、大気中の ^{14}N が宇宙空間から絶え間なく地球に降り注ぐ放射線（宇宙線）と反応して生成する。したがって、環境中に存在する ^{14}C の割合はごく微量であるが、年代によらずほぼ一定と見なすことができる。 大気中の ^{14}C は光合成によって植物の中に取り込まれ呼吸によって排出される。しかし、植物が生きているときは絶えず大気中と同じ存在比を保っているが、枯れたり伐採されたりして植物の生命活動が停止すると、^{14}C の取り込みも停止する。動物は生きている限り、食物連鎖を通じて ^{14}C を取り込む。物質の中に取り込まれた ^{14}C は、5730年の半減期で β壊変して ^{14}N に変化するので、残った ^{14}C の割合から、どれくらい前に動物や植物の生命活動が停止したかを推定することができる。 ^{14}C による年代測定は、遺跡の遺物年代測定などに用いられる。</p>	
<p>東京書籍 702 新編化学基礎</p>	

<p>B 同位体 p. 38 天然に存在する水素原子Hには、質量数が1の^1H (水素)、質量数が2の^2H (重水素)、質量数が3の^3H (三重水素)がある。^1Hの原子核は1個の陽子のみで中性子を含まない。^2Hの原子核は1個の陽子と1個の中性子からなる。このように、原子番号が同じ原子であっても、中性子の数が異なるために質量数の異なる原子を、互いに同位体 (アイソトープ) という。</p> <p>同位体は、質量が異なるが、その化学的性質はほとんど同じである。また、多くの元素には同位体が存在し、各同位体の存在する割合 (存在比) は、地球上ではほぼ一定である。</p>	
<p>図5 水素原子の同位体</p>	
<p>○放射性同位体 同位体のなかには原子核が不安定で、放射線 (粒子やエネルギーの流れ) を放出して別の原子に変わるものがある。これらの同位体を放射性同位体 (ラジオアイソトープ) という。放射性同位体は、遺跡の年代測定、癌の治療、品種改良、トレーサーなどに利用されている。一方で、放射線は生体などに重大な損傷を与える場合もあり、放射性同位体の取扱いには注意が必要である</p>	
<p>問2 次の原子のなかで、互いに同位体であるものを番号で選べ。 (1) ^{12}C (2) ^{14}N (3) ^{13}C (4) ^{40}Ar (5) ^{40}Ca (6) ^{14}C</p>	
<p>○半減期 放射性同位体が別の原子となり、もとの半分の量になる時間を半減期という。半減期の長さは、もとの放射性同位体の量に関係なく一定である。したがって、試料中に含まれる放射性同位体の割合を調べることで、どのくらいの時間が経っているかがわかる。</p> <p>さまざまな元素の原子に放射性同位体があるが、半減期が長いものほど比較的安定な原子核といえる。</p>	
<p>① 元素のゆくえを追跡するために用いる放射性同位体。からだのなかで元素の動きや化学反応のしくみを調べることができる。</p>	
<p>○× 原子番号が等しく、中性子の数が異なるために質量数の異なる原子を、互いに同素体という。</p>	
<p>日常とのつながり ^{14}C による年代測定 p. 39 炭素の同位体である^{14}Cは、地球の上層部で、大気中の^{14}Nが宇宙空間から地球へ常に降り注ぐ放射線 (宇宙線) と衝突し、絶えず生成する。一方で、^{14}Cは別の原子に変わり減少するので、結果として大気中での^{14}Cの存在比はほぼ一定となっている。したがって、大気中の二酸化炭素CO_2は、この^{14}Cを一定の割合で含むことになる。</p> <p>植物は、光合成によってCO_2を体内に取り込み、動物は植物を食物の形で摂取するため、すべての生物の体内には大気中と同じ割合の^{14}Cを含むことになる。しかし、生物が死ぬと、大気中からの^{14}Cの供給はなくなるが、放射性同位体である^{14}Cは放射線を放出しながら^{14}Nに変わるので、その割合は減少していく。</p> <p>^{14}Cの半減期は5730年であるので、化石などの生物の遺体中の^{14}Cと、大気中の^{14}Cの割合を比較することにより、その生物の死後経過時間、すなわちその生物が生存していた年代が推定できる。</p> <p>放射性同位体である^{14}Cの現在の存在量を1とすると、試料中の^{14}Cの割合は表aのようになり、この表からグラフを描くと図aのようになる。</p> <p>もし化石中の^{14}Cの割合を調べた結果、その存在量が「0.1」であったならば、存在量が0.1のときのグラフを読むと、約20000年前のものと推測できる。</p>	
<p>歴史とのつながり 放射線の性質 1898年、キュリー夫妻によって発見されたラジウムRaは強い放射線を出し、放射線研究に強い刺激を与えた。放射線には、性質の違いからα線、β線、γ線などがある。この放射線を出す性質を放射能という。</p> <p>α線とはヘリウム (He) の原子核の流れで、放射性同位体の原子核がこれを放射すると、原子番号は2、質量数は4減少する。正の電荷をもち透過力は小さい。</p> <p>β線とは電子の流れで、放射性同位体の原子がこれを放射すると、原子核中の1個の中性子が1個の陽子に変わるので、</p>	<p>放射線についての丁寧な補足説明になっており、生徒の理解を助けるのに役立つ内容で、良好事例です。</p>

原子番号は1増加する。質量数是不変である。また、負の電荷をもち透過力はやや強い。 γ線とは原子核が高いエネルギー状態から低いエネルギー状態へ移るときに放出される透過力の非常強い電磁波の一つで、放出しても原子番号、質量数ともに変化はない。なお、電磁波は波の性質をもっており、電波や光なども含まれる。 自然界には、もともと放射能が存在している。人体が、短時間に大量の放射線を浴びてしまうと、細胞や遺伝子に損傷を与え白血病などの原因となる場合がある。したがって放射線の管理に細心の注意を払わなければならない。	
この節のポイント 原子の構造は、中心に原子核（正の電荷を持つ陽子と、電荷を持たない中性子）が存在し、周囲に負の電荷を持つ電子が取り巻いている。	
実教出版 703 化学基礎 academia	
C 同位体 p. 30 同位体 天然に存在する水素原子Hには、質量数が1の ¹ Hと、質量数が2の ² Hがある。このように原子番号が等しく、質量数が異なる原子を互いに同位体（アイソトープ）という。同位体は、中性子の数が異なるだけで、陽子の数は同じであるため、その化学的性質（電子の数で決まる）はほとんど同じである。	
Note 同位体と同素体 同位体という用語は、同位体どうしの化学的性質がほとんど同じであるため、元素の周期表（> p. 42）で同じ位置に入るという意味で名づけられた。同じ元素の単体で性質の異なる同素体（> p. 19）と混同しないこと。	同位体と同素体の違いが分かりやすくまとめられている良好事例です。
問2 中性子の数が9の酸素の質量数はいくつか。	
同位体の存在比 多くの元素には、数種類の同位体があり、それらは地球上にほぼ一定の割合で存在する。この割合（原子の数の割合）を同位体の存在比という。たとえば、 ¹ H、 ² Hの存在比は、それぞれ99.9885%、0.0115%であり、Al、Na、Fなどは、安定な同位体が1種類である。	
表1 同位体と存在比	
問3 炭素の同位体には ¹² Cと ¹³ Cがある。表1を参照して、天然に存在する炭素原子10000個のうち、 ¹³ Cの原子の数を求めよ。	
① ² Hは重水素（ジュウテリウム）、 ³ Hは三重水素（トリチウム）とよばれ、それぞれ記号DやTで表されることがある。	
放射性同位体 p. 31 放射線とよばれる粒子やエネルギーを放出して、他の原子に変わる同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ）という。天然には、 ³ H、 ¹⁴ C、 ⁴⁰ K、 ¹³¹ I、 ²²⁶ Ra、 ²³⁵ Uなどの放射同位体が微量に存在する。放射性同位体が出す放射線は、構成粒子や性質の違いからα線、β線、γ線、中性子線などに分類される。この放射線を出す性質を放射能という。 放射線の種類によって透過力が異なる。放射線を遮蔽するには、放射線の種類に応じて材質を選択する必要がある。	中性子線の遮へいまで取り上げられており、充実した図になっています。遮へい材としてホウ酸水が示されているのは、ホウ素10が中性子を吸収するので間違いではありませんが、水やパラフィン、コンクリートなど、水素を多く含む材料も中性子遮へい材として一般的に用いられています。
◎放射性同位体の性質 放射性同位体の原子核は不安定なため、放射線を放出して他の元素に変化する。これを壊変（崩壊）という。たとえば、ウラン ²³⁵ Uは、α線を出しながら壊れ、トリウム ²³¹ Thに変化する。これをα壊変（α崩壊）という。放射性同位体が壊変してその数が半分になるまでの時間は、半減期とよばれ、放射性同位体の種類によって決まっている。たとえば、 ¹⁴ Cはβ線を出して ¹⁴ Nになり、半減期は5730年である。	
① γ線のほかに、X線、紫外線、赤外線、可視光線などを総称して電磁波という。 ② ホウ酸H ₃ BO ₃ の水溶液で、ホウ酸水に含まれるホウ素の同位体のうち、 ¹⁰ Bが中性子線を吸収する。 ③ β線、γ線を出す壊変をβ壊変（β崩壊）、γ壊変（γ崩壊）という。 ④ 原子核が変化する反応を示すとき、元素記号は原子ではなく原子核のみを表す。	
実教出版 704 化学基礎	
[B] 同位体 p. 32	

<p>同位体 同じ元素の原子でも、原子核中の中性子の数が異なるため、質量数の異なるものがある。たとえば、天然に存在する水素原子には、質量数が1の^1H、質量数が2の^2H、質量数が3の^3Hがある(図4)。このように、原子番号が同じで質量数が異なる原子を、たがいに同位体(アイソトープ)という。同じ元素の同位体は、質量は異なるが、化学的な性質はほぼ同じである。</p> <p>一般に、天然に存在する同位体の存在比は、その元素を含む物質の種類や場所に関係なく、ほぼ一定である(図5)。</p>	
図4 水素の同位体	
図5 天然に存在する同位体とその存在比	
<p>放射性同位体 同位体のなかには、原子核が不安定で、時間経過とともに放射線とよばれる粒子や電磁波を放出して別の原子に変わるものがある。これを放射性同位体(ラジオアイソトープ)という。天然には、^3Hや^{14}Cなどが微量に存在する。放射線を出す性質を放射能という。</p> <p>放射性同位体が出す放射線は、構成粒子や性質の違いから、α線、β線、γ線などに分けられる(表1)。放射線のなかには生物の細胞やDNAを損傷するものがあるため、取り扱いには十分注意する必要がある。</p>	
<p>① ^2Hは重水素(デューテリウム)といい、Dと表記することもある。また^3Hは三重水素(トリチウム)といい、Tと表記することもある。</p> <p>② フッ素、ナトリウムなど、天然に同位体が存在しない元素もある。</p> <p>③ 可視光線、赤外線、紫外線や電波などを総称して電磁波という。</p> <p>④ この変化を壊変(放射性崩壊)という。</p>	
表1 放射線の種類と性質 ※中性子が陽子と電子に変化するため、原子番号が増加する。	
図6 放射線の透過力	
<p>【半減期】 p.33 放射性同位体が別の元素の原子に変化して、その量がもとの半分になるまでの期間を半減期という。半減期は各同位体で固有の値となり、たとえば、^{14}Cの半減期は5730年、^{137}Csの半減期は30年である(図7、表2)。</p>	
<p>問2 1000個の^{137}Csのうち、90年後に^{137}Csとして残っているのは何個か。表2を見て答えよ。</p>	
<p>【放射性同位体・放射線の利用】放射性同位体や放射線は、その性質を利用して医療分野などで利用されている。たとえば、ある原子を放射性同位体で置きかえた薬剤を体内に注入し、そこから放出される放射線を特殊なカメラでとらえて画像化する診断方法がある。ほかにも、癌に集中的に放射線を当てる放射線治療や、医療器具の滅菌などに利用されている。</p> <p>また、化石や岩石などの年代測定にも利用されている。</p>	
図7 半減期	
生活の扉 【放射能標識】 放射線発生装置や放射性物質を扱う場所で掲示が義務付けられている。	
<p>COLUMN 年代測定 大気中の二酸化炭素には、ごく微量の^{14}Cが年代によらずほぼ一定の割合で存在している。生きている木は、この炭素を二酸化炭素として取り入れるので、木の中にも大気中と同じ割合で^{14}Cが存在する。しかし、木が枯れると二酸化炭素を取り入れなくなるので、放射性同位体である^{14}Cは放射線を出しながら、5730年の半減期で崩壊し、一定の割合で減少していく。この性質を利用して、遺跡から出土する木片などの年代を推定することができる。</p>	
実教出版 705 高校化学基礎	
<p>2節 物質の構成粒子 p.26</p> <p>1 原子</p> <p>復習</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子は+の電気をもった原子核と、-の電気をもった電子からできている。 ・原子核は+の電気をもった陽子と、電気をもたない中性子からできている。 	
原子 すべての物質は、原子という小さな粒子からできている(図1)。現在では、原子の構造について、次のことがわかっ	

<p>ている (図 2)。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 中心には正の電気をもつ原子核がある。 ・ 原子核は、正の電気をもつ陽子と電気をもたない中性子からできている。 ・ 原子核のまわりを負の電気をもつ電子がまわっている。 	
<p>原子番号 粒子がもつ電気の量を電荷という。陽子 1 個と電子 1 個がもつ電荷の絶対値は等しい (図 2)。原子は全体では電荷をもっていないので、原子中の陽子の数と電子の数は等しくなる。陽子の数は、それぞれの元素によって決まっています、この数を原子番号という。</p> <p>原子番号 = 陽子の数 = 電子の数</p>	
<p>質量数 陽子の質量と中性子の質量はほぼ等しいが、電子の質量は、陽子や中性子に比べて非常に小さい。そのため、原子の質量は、陽子の数と中性子の数の和によってほぼ決まる。陽子の数と中性子の数の和を質量数という (図 3)。</p> <p>質量数 = 陽子の数 + 中性子の数</p>	
<p>図 1 原子の大きさ 原子とテニスボールの直径の比は、テニスボールと地球の直径の比にほぼ等しい。</p>	
<p>図 2 ヘリウム原子の構造</p>	
<p>図 3 原子番号と質量数 陽子の数を原子番号、陽子の数と中性子の数の和を質量数という。</p>	
<p>【A】 ナトリウム原子の原子番号は 11 で、陽子を 11 個、電子を 11 個もっている。</p>	
<p>問 1 次の原子の陽子、中性子、電子の数を書け。 p. 27</p> <p>(1) ${}^4\text{He}$ (2) ${}^{13}\text{C}$ (3) ${}^{23}\text{Na}$ (4) ${}^{35}\text{Cl}$</p> <p>ヒント! 中性子の数 = 質量数 - 陽子の数</p>	
<p>同位体 同じ元素の原子でも、中性子の数が異なるために、質量数が異なる原子がある。これらの原子を互いに同位体 (アイソトープ) という (図 4)。同位体は互いに質量は異なるが同じ種類の原子で、化学的な性質はほぼ同じである。</p>	
<p>放射性同位体 同位体の中には、原子核が不安定で、放射線を出して別の原子に変わるものがある。このような同位体を放射性同位体 (ラジオアイソトープ) といい、その数がもとの半分になるまでの時間を半減期という。</p> <p>放射性同位体は遺跡などの年代測定にも利用されている。宇宙空間からの放射線の影響により、大気に含まれる放射性同位体 ${}^{14}\text{C}$ の割合はほぼ一定である。植物は光合成によって大気から体内に C を取り込むが、これには一定の割合で ${}^{14}\text{C}$ が含まれている。しかし、植物が死ぬと新たな C が取り込まれなくなり、${}^{14}\text{C}$ の割合がゆっくりと減少する。${}^{14}\text{C}$ の半減期は、5730 年だから、ここから植物が死んだ年代を特定できる (図 5)。</p>	
<p>コラム 放射性同位体を用いたがん診断 がん細胞は正常な細胞に比べてエネルギーの消費が激しく、エネルギーのもととなるグルコースを多く取り込む性質がある。放射性同位体の存在は、放射線を検出することで確認することができるため、グルコースと放射性同位体を結びつけた検査薬を注射し、それが体の中でどのように分布するかを調べることで、がん細胞を発見する手がかりとすることができる。</p>	
<p>図 4 水素の同位体 陽子の数と電子の数はいずれも 1 個で同じであるが、中性子の数が異なるため、質量数が異なっている。</p>	
<p>図 5 年代測定 長崎県松浦市鷹島沖の海底から引きあげられた木製碇の ${}^{14}\text{C}$ の割合を測定することで、鎌倉時代に元が来襲した際に使用された船の部品であることが裏づけられた。</p>	
<p>啓林館 706 高等学校 化学基礎</p>	
<p>5 放射線と放射性同位体 p. 38</p> <p>自然界に存在するウラン ${}^{238}\text{U}$ やラジウム ${}^{226}\text{Ra}$ などの原子核は、自発的に放射線を放って別の原子核になる。これを原子核の壊変 (崩壊) という。原子核が放射線を放つ性質を放射能といい、放射能をもつ物質を放射性物質という。同位体の中には放射能をもつものがあり、これを放射性同位体 (ラジオアイソトープ) という。</p>	<p>「これらの働きの強さは、放射線の種類により異なる」とありますが、放射線の透過力や電離作用の程度は放射線の種類だけでなく、エネルギーにも大きく依存しますので、放射線源となる放射性原子核の種類に</p>

<p>放射線には様々な種類があるが、原子核の壊変などで生じる放射線には、α線 (${}^4\text{He}$ の原子核の流れ)、β線 (電子の流れ)、γ線 (電磁波)がある。放射線には、物質を通り抜ける透過力や、物質に当たると原子から電子を取り去ってイオンをつくる電離作用がある。これらの働きの強さは、放射線の種類により異なる。</p>	<p>も依存します。したがって「これらの働きの強さは、放射線の種類やエネルギーにより異なる」とすることを提案します。</p>												
<p>表3 放射線の種類とその作用</p> <table border="1" data-bbox="163 316 1131 512"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>正体</th> <th>作用</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α線</td> <td>${}^4\text{He}$ 原子核</td> <td>原子番号が2小さく、質量数が4小さい原子になる (α壊変)</td> </tr> <tr> <td>β線</td> <td>電子</td> <td>中性子が陽子に変化し、原子番号が1大きい原子になる (β壊変)</td> </tr> <tr> <td>γ線</td> <td>電磁波</td> <td>原子がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる</td> </tr> </tbody> </table>	種類	正体	作用	α 線	${}^4\text{He}$ 原子核	原子番号が2小さく、質量数が4小さい原子になる (α 壊変)	β 線	電子	中性子が陽子に変化し、原子番号が1大きい原子になる (β 壊変)	γ 線	電磁波	原子がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる	<p>γ線の作用として「原子がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる」とありますが、原子の励起状態から発生する光子 (電磁波) をX線、原子核の励起状態から発生する光子をγ線として区別しますので、「原子核がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる」としたほうが正確です。</p> <p>また「作用」の欄には、崩壊による変化がまとめられていますが、本文中では作用として電離作用が記載されており、物質との相互作用を指しているようです。混乱を避けるため、表では「崩壊による変化」あるいは単に「変化」とすることを提案します。</p>
種類	正体	作用											
α 線	${}^4\text{He}$ 原子核	原子番号が2小さく、質量数が4小さい原子になる (α 壊変)											
β 線	電子	中性子が陽子に変化し、原子番号が1大きい原子になる (β 壊変)											
γ 線	電磁波	原子がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる											
<p>6 放射線の利用 放射線は、細胞を破壊したり遺伝子を傷つけたりするので、その扱いには十分な注意が必要である。一方、放射線は厳重な管理のもとで、癌の検査や治療、生物の品種改良などに利用されている。</p>													
<p>図2 医療への応用</p>	<p>具体的な利用例が分かるように、装置の名前を示したほうがよいと思います。</p>												
<p>① 2011年に発生した東北地方太平洋沖地震に起因する津波により、原子力発電所で炉心溶融事故が起こり、ヨウ素の放射性同位体 ${}^{131}\text{I}$ やセシウムの放射性同位体 ${}^{137}\text{Cs}$ などを含む放射性物質が外部に放出された。</p> <p>② 電磁波には γ線のほかに、テレビ放送や携帯電話、無線LANなどで使われる電波や、赤外線・可視光線・紫外線X線などがある。</p> <p>③ 陽電子放射断層撮影 (PET) では、人工的につくった放射性同位体の ${}^{18}\text{F}$ を含む物質を血液中に入れて臓器を撮影することで、癌の早期発見に役立っている。</p>	<p>「東北地方太平洋沖地震に起因する津波により」との記述は事故の直接的な原因を正確に表現していて、良好事例です。</p>												
<p>7 放射性同位体による年代測定 p.39 大気上層部の成層圏では、宇宙線 (宇宙からの放射線) によってできる中性子と窒素原子 ${}^{14}\text{N}$ が反応し、ほぼ一定の割合で放射性同位体 ${}^{14}\text{C}$ が生じている。生じた ${}^{14}\text{C}$ は二酸化炭素 CO_2 として大気中に広がるとともに、一定の割合で壊変して再び ${}^{14}\text{N}$ に戻る。したがって、大気中の ${}^{14}\text{C}$ の割合は過去から現在までほぼ一定 (炭素全体の約 $1/10^{12}$) に保たれている。</p> <p>植物は ${}^{14}\text{C}$ を含む CO_2 を光合成で取り込み、動物は植物を食べるので、生物は体内に大気と同じ割合の ${}^{14}\text{C}$ をもつ。しかし、生物が死ぬと、外界からの ${}^{14}\text{C}$ の吸収は途絶え、体内の ${}^{14}\text{C}$ は一定の割合で壊変し、減り続ける。したがって、化石などに残る ${}^{14}\text{C}$ の割合を調べれば、その生物が生きていた年代を推定できる。放射性同位体が壊変してもとの量の $1/2$ になるのに要する時間を半減期といい、${}^{14}\text{C}$ の半減期は5730年である。</p>	<p>放射性炭素年代測定法についてとても丁寧に解説されていて、良好な記述例と考えます。</p>												
<p>図3 ${}^{14}\text{C}$ による年代測定 木炭中の ${}^{14}\text{C}$ は少しずつ壊変し、5730年後には全体の $1/2$ が ${}^{14}\text{N}$ に変わる。</p>													
<p>問3 遺跡から発見された木材中の ${}^{14}\text{C}$ の割合は、大気中に含まれる量の $1/4$ に減少していた。この木材が伐採されたのは今から何年前と考えられるか。</p>													
<p>① 化学反応式中の元素記号は、原子を表しており、矢印の左右の元素 (原子) と原子数は変化しない。一方で、上式中の元素記号は、原子核を表しており、原子自身の壊変を表しているため、矢印の左右で元素 (原子) の種類は変化するが、質量数の総和は変化しない。</p> <p>② より正確な年代測定を行うため、半減期の異なる複数の放射性同位体を用いて調べることが多い。</p>													

<p>7 同位体 同じ元素の原子であればすべて質量が同じなのだろうか？</p> <p>A 元素と同位体 同じ元素の原子では、陽子の数が等しいので、原子番号は同じである。ところが、同じ元素でも質量数が異なる原子が存在する。それぞれの原子は何が違うのだろうか。</p> <p>例えば、原子番号が1の水素には、表1のように質量数が異なる3つの原子が存在する。これらの原子はそれぞれ（軽）水素 ${}^1\text{H}$、重水素 ${}^2\text{H}$、三重水素 ${}^3\text{H}$ とよばれる。それぞれの質量数は1, 2, 3であり、中性子の数が0, 1, 2と異なる。この3つの原子どうしは、質量が異なるが、陽子の数や電子の数は等しいので、化学的性質はほぼ同じである。このように、原子番号（＝陽子の数）は同じでも、中性子の数が異なるため質量数も異なる原子を互いに同位体（アイソトープ）という。多くの元素に同位体が存在し、各元素の同位体の存在比は地球上ではほぼ一定である。表2にその一部を示す。</p>													
<p>元素と同位体</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子番号（陽子の数）が同じ原子・・・同じ元素の原子 ・同位体・・・同じ元素の原子で、中性子の数が異なるため質量数も異なるもの <p>例 水素 ${}^1\text{H}$ と ${}^2\text{H}$ は互いに同位体</p>													
<p>問2 次の原子のうち、互いに同位体であるものを選び、それぞれ陽子の数、中性子の数を答えよ。 (ア) ${}^{14}\text{C}$ (イ) ${}^{14}\text{N}$ (ウ) ${}^{12}\text{C}$ (エ) ${}^3\text{H}$ (オ) ${}^3\text{He}$</p>													
<p>！考えてみようの答え 陽子と中性子の質量はほぼ等しく、電子の質量はごく小さいので、質量数（＝陽子の数＋中性子の数）によって原子の相対的な質量を比較できるから。</p>													
<p>表1 水素Hの同位体</p>													
<p>表2 主な同位体の存在比</p>													
<p>なるほど 中学校では、原子の種類を元素とよんでいた。高等学校では、同じ陽子の数、つまり同じ原子番号をもつ原子を同じ元素とよぶ。</p>													
<p>なるほど 同位体と同素体</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 炭素Cの同位体 ${}^{12}\text{C}$ と ${}^{13}\text{C}$ ○ 炭素Cの同素体 黒鉛とダイヤモンド 													
<p>PLUS+</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 三重水素はトリチウムともいう。 ② 同位体は同じ位置という意味であり、周期表（→p. 49）上で同じ位置の元素である。 													
<p>B 放射性同位体 p. 39 ラジウム ${}^{226}\text{Ra}$、ウラン ${}^{238}\text{U}$ などの原子核は、自然に放射線を放って別の原子核になる。これを原子核の壊変（または崩壊）という。原子核が放射線を放つ性質を放射能といい、放射能をもつ物質を放射性物質という。放射能をもつ同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ）という。</p>													
<p>表3 原子核の壊変で生じる放射線の種類</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>正体</th> <th>作用</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α線</td> <td>${}^4\text{He}$ 原子核</td> <td>原子番号が2小さく、質量数が4小さい原子になる（α壊変）</td> </tr> <tr> <td>β線</td> <td>電子</td> <td>中性子が陽子に変化し、原子番号が1大きい原子になる（β壊変）</td> </tr> <tr> <td>γ線</td> <td>電磁波</td> <td>原子がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる</td> </tr> </tbody> </table>		種類	正体	作用	α 線	${}^4\text{He}$ 原子核	原子番号が2小さく、質量数が4小さい原子になる（ α 壊変）	β 線	電子	中性子が陽子に変化し、原子番号が1大きい原子になる（ β 壊変）	γ 線	電磁波	原子がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる
種類	正体	作用											
α 線	${}^4\text{He}$ 原子核	原子番号が2小さく、質量数が4小さい原子になる（ α 壊変）											
β 線	電子	中性子が陽子に変化し、原子番号が1大きい原子になる（ β 壊変）											
γ 線	電磁波	原子がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる											
<p>γ線の作用として「原子がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる」とありますが、原子の励起状態から発生する光子（電磁波）をX線、原子核の励起状態から発生する光子をγ線として区別しますので、「原子核がエネルギーの大きい状態から小さい状態になる」としたほうが正確です。また「作用」の欄には、電離作用のような物質との相互作用ではなく、崩壊による変化がまとめられていますので、「崩壊による変化」あるいは単に「変化」とす</p>													

	ることを提案します。
<p>【1】放射線の性質と利用 放射線は非常に大きなエネルギーをもち、細胞を破壊したり遺伝子に傷をつけて変化させたりするので、その扱いには十分な注意が必要である。一方、厳重な管理のもとで殺菌、癌の治療、生物の品種改良などに利用される。</p>	
<p>参考 考古学 放射性同位体の考古学への利用 放射性同位体は常に一定の割合で壊変する。壊変が進行し、もとの原子数の1/2まで減る時間を半減期という。半減期は同位体により異なる。例えば、炭素の同位体^{14}Cの半減期は5730年である。^{14}Cは、大気中の窒素原子^{14}Nに宇宙からの放射線が衝突して生じる。生じた^{14}Cは一定の割合で壊変して^{14}Nに戻り、生成と壊変がつり合うため、大気中に存在する^{14}Cの割合は、時代によらずほぼ一定となる。</p> <p>植物はCO_2を光合成で取り込み、動物は植物を食べるので、動物も植物も体内には大気中のCO_2と同じ割合の^{14}Cをもつ。しかし生物が死ぬと、外界からの^{14}Cの吸収は途絶え、体内の^{14}Cは壊変し減り続ける。したがって、木炭や化石に残る^{14}Cの割合の変化量を調べれば、その生物が生きていた年代を推定できる。</p>	
<p>図 a ^{14}Cによる年代測定 遺跡の出土品や化石などの年代測定に利用される。</p>	
<p>① ^{14}Cが壊変する変化 化学反応式中の元素記号は、原子を表しており、矢印の左右の元素(原子)と原子数は変化しない。一方で、上式中の元素記号は、原子核を表しており、原子自身の壊変を表しているため、矢印の左右で元素(原子)の種類は変化するが、質量数の総和は変化しない。</p>	
<p>PLUS+ ③ 放射線はエネルギーが大きく、物質を通り抜ける能力(透過力)や、当たった物質の原子から電子をはぎ取りイオンをつくる作用(電離作用)がある。</p> <p>④ 電磁波には、γ線の他に、携帯電話に使われている電波や赤外線・紫外線などがある。</p>	
<p>Topic 医療 放射性同位体の医療への応用。コンピュータ断層撮影(CT)</p>	<p>「放射性同位体の医療への応用」としてはいますが、写真は「コンピュータ断層撮影(CT)」になっています。CTはX線管でX線を発生させますので、放射性同位体を使いません。タイトルを「放射線の医療への応用」とするか、タイトルをそのままにしてPET診断を紹介するとよいと思います。</p>
<p>問 3 遺跡から発見された木炭中の^{14}Cの割合を調べてみると、大気中に含まれる量の1/4に減少していた。この木材が切り倒されたのは今から何年前と考えられるか。</p>	
数研出版 708 化学基礎	
<p>B 同位体 p. 44</p> <p>同位体 原子には、原子番号(陽子の数)は同じでも、中性子の数が異なるため、質量数の異なるものがある。</p> <p>例えば、原子番号1の水素には、中性子が0個の^1H、中性子が1個の重水素^2H、中性子が2個の三重水素^3Hが存在する。^1Hと^2H、^3Hはいずれも同じ元素であるが、異なる原子である。</p> <p>このように、同じ元素の原子で、中性子の数が異なる原子どうしを、互いに同位体(アイソトープ)であるという。同位体どうしは、質量は異なるが、化学的性質はほぼ同じである。地球上の元素の多くは、何種類かの同位体がほぼ一定の割合で存在している。</p>	
<p>表 1 水素の同位体の比較</p>	
<p>表 2 同位体の例 (存在比とは、自然界におけるそれぞれの同位体の存在割合)</p>	
<p>放射性同位体 同位体には、原子核が不安定で、放射線とよばれる粒子や電磁波を放出して別の原子核に変わる(放射性崩壊または放射壊変という)ものがある。このような同位体を放射性同位体といい、例えば水素には^3H、炭素には^{14}Cなどがある。また、放射性同位体が放射性崩壊してもとの半分の量になるのに要する時間を半減期という。</p>	

<p>① 原子番号は元素によって決まっているので、^1Hや^4Heのように原子番号を省略して書く場合もある。</p> <p>② F, Na, Al などのように、地球上に安定な同位体が存在しない元素もある。</p> <p>③ 電気や磁気によって生じる波。携帯電話に利用されている電波も電磁波の一種である。</p> <p>④ 放射線を放出する性質のことを放射能、放射能をもつ物質を放射性物質という。</p>													
<p>p. 45 放射線の種類と利用 放射線には α 線, β 線, γ 線など、さまざまな種類がある。放射線は細胞や遺伝子を変化させることがあるので、扱いには十分な注意が必要である。しかし、放射線の性質を利用すると、非破壊検査や、がんの治療（放射線治療）、殺菌、品種改良などができる。また、放射性同位体を目印として、化学反応のしくみや生体内の物質の動きを調べることができる（トレーサー法）。</p>													
<p>表 3 放射線の例</p> <table border="1" data-bbox="165 475 1133 699"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>本体</th> <th>変化</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α 線</td> <td>^4He の原子核の流れ</td> <td>原子番号が 2, 質量数が 4 小さい原子になる (α 崩壊)</td> </tr> <tr> <td>β 線</td> <td>電子の流れ</td> <td>中性子が陽子に変化し, 原子番号が 1 大きい原子になる (β 崩壊)</td> </tr> <tr> <td>γ 線</td> <td>電磁波</td> <td>原子核がエネルギーの高い状態 (励起状態) から低い状態になる</td> </tr> </tbody> </table>	種類	本体	変化	α 線	^4He の原子核の流れ	原子番号が 2, 質量数が 4 小さい原子になる (α 崩壊)	β 線	電子の流れ	中性子が陽子に変化し, 原子番号が 1 大きい原子になる (β 崩壊)	γ 線	電磁波	原子核がエネルギーの高い状態 (励起状態) から低い状態になる	<p>γ 線の発生についての記述が正確で、良好事例です。</p>
種類	本体	変化											
α 線	^4He の原子核の流れ	原子番号が 2, 質量数が 4 小さい原子になる (α 崩壊)											
β 線	電子の流れ	中性子が陽子に変化し, 原子番号が 1 大きい原子になる (β 崩壊)											
γ 線	電磁波	原子核がエネルギーの高い状態 (励起状態) から低い状態になる											
<p>コラム 放射性同位体を用いた年代測定 ^{14}C は、大気中の窒素 ^{14}N の原子核に、宇宙からの放射線（宇宙線）によって生じた中性子が衝突することによって、たえず生成している。一方、^{14}C は放射線を放出しながら自然に ^{14}N になる。そのため、大気中に含まれる ^{14}C は、年代によらずほぼ一定の割合になる。 ^{14}C は CO_2 として光合成により植物に取りこまれるので、植物中の ^{14}C の割合も大気と同じである。しかし、植物が枯れると新たに取りこまれる ^{14}C はなくなり、枯れた植物中の ^{14}C は放射線を放出して減少していく。このように、^{14}C の半減期と、生物の遺体に残っている ^{14}C の存在比とから、その生物が生きていた年代を推定できる。</p>													
<p>問 A ある遺跡の木片に含まれる ^{14}C の割合が、大気中の割合の 25% になっていた。この木片は、何年前のものかと推定されるか。ただし、^{14}C の半減期を 5730 年とする。</p>													
<p>数研出版 709 高等学校 化学基礎</p>													
<p>B 同位体 p. 34 同位体 原子には、原子番号（陽子の数）は同じでも、中性子の数が異なるため、質量数の異なるものがある。例えば、原子番号 1 の水素には、中性子が 0 個の ^1H, 中性子が 1 個の重水素 ^2H, 中性子が 2 個の三重水素 ^3H が存在する（表 1）。 ^1H と ^2H, ^3H はいずれも同じ元素であるが、異なる原子である。このように、同じ元素の原子で、中性子の数が異なる原子どうしを、互いに同位体（アイソトープ）であるという。 同位体どうしは、質量は異なるが、化学的性質はほぼ同じである。地球上の元素の多くは、何種類かの同位体がほぼ一定の割合で存在している（表 2）。</p>													
<p>表 1 水素の同位体の比較</p>													
<p>表 2 同位体の例（存在比とは、自然界におけるそれぞれの同位体の存在割合）</p>													
<p>放射性同位体 同位体には、原子核が不安定で、放射線とよばれる粒子や電磁波を放出して別の原子核に変わる（放射性崩壊または放射壊変という）ものがある。このような同位体を放射性同位体といい、例えば水素には ^3H, 炭素には ^{14}C などがある。 また、放射性同位体が放射性崩壊してもとの半分の量になるのに要する時間を半減期という（表 3）。</p>													
<p>表 3 放射性同位体の半減期の例</p>													

<p>① 原子番号は元素によって決まっているので、^1Hや^4Heのように原子番号を省略して書く場合もある。</p> <p>② F, Na, Al などのように、地球上に安定な同位体が存在しない元素もある。</p> <p>③ 電気や磁気により生じる波。携帯電話に利用されている電波も電磁波の一種である。</p> <p>④ 放射線を放出する性質のことを放射能、放射能をもつ物質を放射性物質という。</p>													
<p>p. 35 放射線の種類と利用 放射線には α 線, β 線, γ 線など, さまざまな種類がある(表 4)。放射線は細胞や遺伝子を変化させることがあるので, 扱いには十分な注意が必要である。</p> <p>しかし, 放射線の性質を利用すると, 非破壊検査や, がんの治療(放射線治療), 殺菌, 品種改良などができる。また, 放射性同位体を目印として, 化学反応のしくみや生体内の物質の動きを調べることもできる(トレーサー法)。</p>													
<p>表 4 放射線の例</p> <table border="1" data-bbox="165 475 1131 699"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>本体</th> <th>変化</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α 線</td> <td>^4He の原子核の流れ</td> <td>原子番号が 2, 質量数が 4 小さい原子になる (α 崩壊)</td> </tr> <tr> <td>β 線</td> <td>電子の流れ</td> <td>中性子が陽子に変化し, 原子番号が 1 大きい原子になる (β 崩壊)</td> </tr> <tr> <td>γ 線</td> <td>電磁波</td> <td>原子核がエネルギーの高い状態(励起状態)から低い状態になる</td> </tr> </tbody> </table>	種類	本体	変化	α 線	^4He の原子核の流れ	原子番号が 2, 質量数が 4 小さい原子になる (α 崩壊)	β 線	電子の流れ	中性子が陽子に変化し, 原子番号が 1 大きい原子になる (β 崩壊)	γ 線	電磁波	原子核がエネルギーの高い状態(励起状態)から低い状態になる	<p>γ 線の発生についての記述が正確で, 良好な事例です。</p>
種類	本体	変化											
α 線	^4He の原子核の流れ	原子番号が 2, 質量数が 4 小さい原子になる (α 崩壊)											
β 線	電子の流れ	中性子が陽子に変化し, 原子番号が 1 大きい原子になる (β 崩壊)											
γ 線	電磁波	原子核がエネルギーの高い状態(励起状態)から低い状態になる											
<p>コラム 放射性同位体を用いた年代測定 ^{14}C は, 大気中の窒素 ^{14}N の原子核に, 宇宙からの放射線(宇宙線)によって生じた中性子が衝突することによって, たえず生成している。一方, ^{14}C は放射線を放出しながら自然に ^{14}N になる。そのため, 大気中に含まれる ^{14}C は, 年代によらずほぼ一定の割合になる。</p> <p>^{14}C は CO_2 として光合成により植物に取りこまれるので, 植物中の ^{14}C の割合も大気と同じである。しかし, 植物が枯れると新たに取りこまれる ^{14}C はなくなり, 枯れた植物中の ^{14}C は放射線を放出して減少していく。</p> <p>このように, ^{14}C の半減期と, 生物の遺体に残っている ^{14}C の存在比とから, その生物が生きていた年代を推定できる。</p>													
<p>図 A ^{14}C の半減期</p> <p>問 A ある遺跡の木片に含まれる ^{14}C の割合が, 大気中の割合の 25% になっていた。この木片は, 何年前のものと推定されるか。ただし, ^{14}C の半減期を 5730 年とする。</p>													
<p>① X 線の透過性を利用して, 分解や切断をすることなく物体の厚みや内部の亀裂などを確かめる検査のこと。</p>													
<p>数研出版 710 新編 化学基礎</p>													
<p>p. 38 3 粒子の電氣的な性質 電子は負(-)の電気を帯びた粒子で, 陽子は正(+)の電気を帯びた粒子である。一方, 中性子は電気を帯びていない。</p> <p>陽子 1 個と電子 1 個の電気の量(電荷)は, 正・負は逆であるがその大きさは等しく, 陽子 1 個の電荷を +1 と表すと, 電子 1 個の電荷は -1 となる。原子がもつ陽子の数と電子の数は同じなので, 陽子と電子は互いの電荷を打ち消しあって, 原子全体としては電氣的に中性である。</p>													
<p>4 原子番号と質量数 原子核に含まれる陽子の数は, 水素 H では 1 個, ヘリウム He では 2 個, 酸素 O では 8 個というように, 元素によって決まっている。この陽子の数を原子番号という。</p> <p>また, 原子核の中の陽子の数と中性子の数の和を質量数という。質量数は, 原子の質量を大まかに比較するとき利用できる。</p> <p>原子の種類を原子番号や質量数を含めて表すときは, 元素記号の左下に原子番号, 左上に質量数を書く。例えば, 原子番号 2 で質量数 4 のヘリウムの原子は ^4_2He と表す。</p>													
<p>書き方 原子番号と質量数 元素記号の「左上に質量数, 「左下に原子番号」を書く。</p>													

^4He や ^3He のように、原子番号と質量数の一方だけを書く場合もある。	
問 1 次の原子を構成する陽子の数・中性子の数・電子の数を記せ。 (1) ^{24}Mg (2) ^{28}Si (3) ^{40}Ar (4) ^{39}K	
① 物質や粒子がもつ電気の量を電荷という。 ② したがって、原子は電気を帯びていないようにみえる。 ③ したがって、元素がわかれば陽子の数(原子番号)がわかり、陽子の数がわかれば元素がわかる。	
C 同位体 p. 39 1 同位体 同じ元素の原子には、陽子の数(原子番号)は同じでも、中性子の数が違うため、質量(質量数)が異なるものがある。 例えば、原子番号1の水素には ^1H (質量数1)と ^2H (質量数2)の原子がある。 ^1H の中性子の数は0個であるが、 ^2H の中性子の数は1個である。 このように、同じ元素の原子で、中性子の数(したがって、質量数)が異なる原子どうしを、互いに同位体(アイソトープ)であるという。同位体どうしは質量は異なるが、化学的性質はほとんど同じである。	
2 放射性同位体 同位体の中には、原子核から放射線(粒子や電磁波)を出しながら、自然に別の原子核に変わるものがある。このような同位体を放射性同位体(ラジオアイソトープ)という。 放射性同位体には、炭素の同位体 ^{14}C やコバルトの同位体 ^{60}Co などがあり、遺跡の年代測定やがん治療などに利用されている。	
表 1 水素 H の同位体	
表 2 同位体の例	
① ^2H は重水素とよばれる。ごく微量ではあるが、放射性同位体である ^3H (三重水素, トリチウム)も存在する。 ② 地球上の元素の多くは、何種類かの同位体がほぼ一定の割合で混ざって存在している。 ③ 放射線を出す性質のことを放射能という。	
コラム 遺跡の年代がわかるのはなぜ? ^{14}C は、宇宙からの放射線によって、大気中でたえず生成している。一方、 ^{14}C は放射線を出しながら自然に別の原子(^{14}N)に変わる。そのため、大気中の ^{14}C は年代によらずほぼ一定の割合になる。 ^{14}C は、二酸化炭素として光合成によって植物に取りこまれる。しかし、植物が枯れると新たに取りこまれる ^{14}C はなくなり、植物中の ^{14}C は放射線を出して減少していく。 ^{14}C がもとの量の半分になる時間(半減期)は、約 5730 年と決まっている。そのため、生きている木の中の ^{14}C の割合を 1 とした場合、例えば、遺跡の木片中の ^{14}C の割合がその 1/4 であれば、この遺跡が約 11400 年前のものと推定される。	
図 A ^{14}C の半減期	
C 同位体 p. 36 天然に存在する水素原子には、原子核が陽子 1 個だけからなる ^1H , 陽子 1 個と中性子 1 個からなる ^2H , 陽子 1 個と中性子 2 個からなる ^3H がある(図 5)。このように、原子番号(陽子の数)が同じで、質量数の異なる原子を互いに同位体(アイソトープ)という。同位体どうしは、互いに中性子の数だけが異なる。同位体は、陽子の数、電子の数は同じであり、化学的な性質は、ほぼ同じである。 多くの元素には同位体が存在し、天然に存在する各同位体の原子数の比(天然存在比)は、ほぼ一定である(表 1)。	
図 5 ^2H は重水素(ジュウテリウム, deuterium), 三重水素(トリチウム, tritium)とよばれる。重水素は記号 D, 三重水素は記号 T で表されることもある。	
問 2 次のうち、互いに同位体の関係にあるものを選び、陽子の数と中性子の数をそれぞれ答えよ。ただし、元素記号はすべて M で表している。 (1) ^{13}M (2) ^{14}M (3) ^{14}M (4) ^{15}M	

<p>D 放射性同位体 同位体のうち、放射線を放出するものを放射性同位体（ラジオアイソトープ）という。放射性同位体には、天然に ^1H, ^{14}C, ^{40}K, ^{226}Ra, ^{238}U などがあるほか、人工的にも多種の放射性同位体がつくられている。一般に、放射性同位体は、原子核が不安定であり、放射線を放出して他の元素の原子に変化する。これを壊変、または崩壊という。壊変のしかたによって放出される放射線の種類も異なる（表 2）。壊変によって、放射性同位体の量がもとの半分になるまでの時間を半減期という。半減期は、各同位体に固有の値である。</p>								
<p>表 1 元素の同位体 天然に同位体が存在しない元素には、フッ素 F やナトリウム Na, アルミニウム Al など、約 20 種類がある。</p>								
<p>注意 同位体と同素体 同位体は、周期表（p. 46）の同じ位置にある原子という意味であり、同素体は、同じ元素からなる単体という意味である。</p>		同素体の例として、黒鉛（グラファイト）とダイヤモンドを挙げると分かりやすいと思います。						
<p>① 放射線を放出する能力を放射能という。 ② おもな放射性同位体の半減期は次のようになる。 ^3H : 12 年 ^{14}C : 5730 年 ^{90}Sr : 28.8 年 ^{131}I : 8 日 ^{238}U : 45 億年</p>								
<p>表 2 壊変の種類と放射線 p. 37</p> <table border="1"> <tr> <td>α 壊変</td> <td>ヘリウム ^4He の原子核が放出される壊変を α 壊変といい、^4He の原子核の流れを α 線という。α 壊変すると、原子番号が 2、質量数が 4 減少した原子になる。</td> </tr> <tr> <td>β 壊変</td> <td>電子 e^- が放出される壊変を β 壊変といい、e^- の流れを β 線という。β 壊変では、原子核内の中性子が陽子に変化するため、原子番号が 1 増加し、質量数が同一の原子に変化する。</td> </tr> <tr> <td>γ 壊変</td> <td>高いエネルギーをもつ電磁波が放出される壊変を γ 壊変といい、この電磁波を γ 線という。γ 壊変では、原子番号、質量数は変化しない。</td> </tr> </table>		α 壊変	ヘリウム ^4He の原子核が放出される壊変を α 壊変といい、 ^4He の原子核の流れを α 線という。 α 壊変すると、原子番号が 2、質量数が 4 減少した原子になる。	β 壊変	電子 e^- が放出される壊変を β 壊変といい、 e^- の流れを β 線という。 β 壊変では、原子核内の中性子が陽子に変化するため、原子番号が 1 増加し、質量数が同一の原子に変化する。	γ 壊変	高いエネルギーをもつ電磁波が放出される壊変を γ 壊変といい、この電磁波を γ 線という。 γ 壊変では、原子番号、質量数は変化しない。	γ 壊変で原子番号と質量数が変化しないことがきちんと説明されており、良好事例です。
α 壊変	ヘリウム ^4He の原子核が放出される壊変を α 壊変といい、 ^4He の原子核の流れを α 線という。 α 壊変すると、原子番号が 2、質量数が 4 減少した原子になる。							
β 壊変	電子 e^- が放出される壊変を β 壊変といい、 e^- の流れを β 線という。 β 壊変では、原子核内の中性子が陽子に変化するため、原子番号が 1 増加し、質量数が同一の原子に変化する。							
γ 壊変	高いエネルギーをもつ電磁波が放出される壊変を γ 壊変といい、この電磁波を γ 線という。 γ 壊変では、原子番号、質量数は変化しない。							
<p>① 式中の ^{226}Ra や ^{222}Rn などは、それぞれ原子ではなく原子核を表している。 ② 電気と磁気の性質をもつ波であり、光や電波などがある。</p>								
<p>問 3 原子番号 113、質量数 278 のニホニウム Nh が α 壊変を 1 回すると、原子番号と質量数はいくつになるか。</p>								
<p>放射性同位体の利用 放射性同位体や放射線は、医療分野では画像診断やがんの治療などに、農業分野では品種改良に、考古学分野では年代測定などに利用される。過剰の放射線は、がんを引き起こすなど、人体に深刻な影響をおよぼすため、放射性物質の取り扱いには、細心の注意が求められる。</p>								
<p>PLUS α 放射性同位体による年代測定 地球上では、宇宙から飛来する放射線の作用によって、大気中の ^{14}N から絶えず ^{14}C が生成している。一方、生成した ^{14}C は放射性同位体であり、β 線を放出して再び ^{14}N にもどる。そのため、大気中の ^{12}C と ^{14}C の存在比は、太古から一定の割合に保たれていると考えられる。 大気中の ^{14}C は、二酸化炭素 CO_2 として植物に取りこまれ、動物も食物連鎖を通じて ^{14}C を吸収する。そのため、生物の体内に存在する ^{14}C は、大気中と同じ割合に保たれる。しかし、植物が伐採されたり、動物が死んだりすると、^{14}C が吸収されなくなり、その後は壊変によって体内の ^{14}C が減少していく。 ^{14}C の半減期は 5730 年であり、遺跡から出土した木片や、生物の遺骸に残っている ^{14}C の割合から、それらが生存していた年代を知ることができる（図 a）。</p>								
<p>図 a ^{14}C による年代測定</p>								
<p>問 a ある遺跡から発掘された木片を調べると、^{14}C の割合が大気中の 1/16 であった。この木片のもととなった木は何年前に伐採されたと考えられるか。</p>								

<p>7 同位体とその利用 p. 34 ? 同じ元素であっても、質量の異なる原子が存在することがある。それらに共通する点と異なる点は何だろうか。</p> <p>1 同位体 天然に存在する水素原子Hのほとんどは、原子核が陽子1個だけからなる¹Hである。しかし、原子核が陽子1個と中性子1個からなる²Hも、わずかに存在する。また、陽子1個と中性子2個からなる³Hも、ごく微量存在している。¹H, ²H, ³Hのように、原子番号が同じで、質量数の異なる原子を、互いに同位体(アイソトープ)という(図24)。同位体は、中性子の数が異なるため、互いの質量は異なるが(図25)、同じ元素の原子であり、化学的な性質はほぼ同じである。</p> <p>多くの元素には、天然にいくつかの同位体が存在している。同位体の個数の比は、地球上のどこでもほぼ一定であり、この比を天然存在比という(表2)。</p> <p>一方、フッ素F, ナトリウムNa, アルミニウムAlなど、天然に同位体が存在しない元素も、約20種類存在する。</p>	
<p>図24 水素の同位体 ²Hは重水素(ジウテリウム), ³Hは三重水素(トリチウム)ともよばれ、それぞれ記号DおよびTで表されることがある。</p>	
<p>放射性同位体 同位体の中には、原子核が不安定で、放射線を放出して別の原子核に変化(壊変)するものがある。このような同位体を放射性同位体(ラジオアイソトープ)という。放射性同位体は、天然には³H, ¹⁴C, ²³⁸Uなどが存在する。このほか、人工的につくられたものも存在する。</p>	
<p>図25 ²HとOからできた水(重水) 重水は通常の水よりも密度が大きく、重水の氷は通常の水に沈む。</p>	
<p>表2 元素の同位体</p>	
<p>①放射線の種類 α線・・・ヘリウムの原子核の流れ β線・・・電子の流れ γ線・・・電磁波(光や電波など)の一種</p>	
<p>2 放射性同位体の利用 p. 35 放射性同位体は、工業、医療、農業などの分野で広く利用されている。例えば、医療の分野では、放射性同位体を体内に注入し、放出される放射線から体内のようすを調べる画像診断が行われる。また、放射線を照射して、がん細胞を破壊する放射線治療も行われている。</p>	
<p>半減期と年代測定 放射性同位体は、壊変によって、その個数が減少していく。放射性同位体の個数が、半分に減少するまでの時間を半減期という(図26)。各放射性同位体には、それぞれ固有の半減期がある(表3)。</p> <p>放射性同位体の半減期は、遺跡などの年代測定に利用される。例えば、図27のように、遺跡から出土した木製品中の¹⁴Cの割合を調べると、木がどの時代に切られたものかを推定できる。</p>	
<p>図26 炭素原子¹⁴Cの壊変</p>	
<p>表3 同位体の半減期</p>	<p>「同位体の半減期」とありますが、ここでは「放射性同位体」のみを取り上げており、安定同位体に半減期はありませんので、「放射性同位体の半減期」とすることを提案します。</p>
<p>問6 放射性同位体¹⁴Cが、壊変してもとの数の1/8になるには、何年かかるか。表3の半減期をもとに計算せよ。</p>	
<p>図27 ¹⁴Cによる年代測定</p>	
<p>Topic 身のまわりの放射線 私たちは、自然界から放出される放射線を日常的に浴びている。例えば、岩石や土には、ウラン²³⁸Uやカリウム⁴⁰Kなどの放射性同位体がわずかに存在している。また、植物は、栄養素として地中からカリウムを吸収しており、これらを食することで、放射性同位体を取りこんでいる。</p> <p>このように、放射線は身のまわりにありふれた存在である。しかし、過剰な量の放射線は、人体に深刻な影響を与えるこ</p>	

とが知られており、放射性同位体の取り扱いには、細心の注意が必要である（図 a）。	
図 a 日常生活と放射線 シーベルト（記号 Sv）は、人体におよぼす影響の危険度が加味された放射線の量の単位である。	

【理科（地学基礎）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
東京書籍 701 地学基礎	
終3章 これからの地球環境 p.162	
1節 世界の取り組み	
Let's Start! 世界的猛暑、干ばつ、大洪水などの異常気象を伴う気候変動や、それらを含む地球環境問題が起きている。写真は、2011年にタイで起こった大洪水のようすである。これらに対応するために、世界的な取り組みが行われている。	
? 気候変動に対し、世界的に対策をしていくためにはどのような考え方をしなければならないのであろうか。また、どのような対策が考えられているのだろうか。	
やってみよう 世界では、異常気象に伴ってどのような災害が起きているか調べてみよう。	
① 代表的な濃度経路（RCP: Representative Concentration Pathways）と呼ばれる。	
図1 世界の年平均気温の変動（観測値と予測値）（出典）気象庁 1986～2005年平均に対する世界平均地上気温の変化	
A 気候変動に関する政府間パネル	
●IPCC 地球規模で気候変動を考えるには、全世界的に観測データの交換や技術交流を行うことが重要である。そのために、国際連合の専門機関である世界気象機関が各国の観測データや予測資料などを収集し国際的に交換している。1970年代から世界的に大洪水や干ばつ、暖冬などの異常気象による社会、経済への深刻な打撃が増え始めたため、1988年に世界気象機関と国際連合環境計画によって「気候変動に関する政府間パネル IPCC」が設立された。	
IPCCは、各国の政府関係者と気候変動の専門家からなる政府間機構で、気候変動に関する論文を世界中から集め、多くの科学者が最終的に合意したことを評価報告書として発行している。この報告書は、その時点における科学者の考えをまとめたものであるため、研究が進むにつれて内容が変わる。	
●世界の気温の変動の予測 数値予報モデルによる気候変動の予測は、前提となる二酸化炭素濃度の予測によって大きく異なる。このため IPCC では、大気中の二酸化炭素の濃度について、将来の代表的な濃度変化をいくつか決めており、それをもとに各国で21世紀末の地球の平均気温についての予想が行われている。その結果、高い二酸化炭素排出の場合は、3.5～6℃、低い二酸化炭素排出でも0.8～2.3℃上昇すると予測している（図1）。	
このような一定の仮定を用いた予測でも予測幅があり、仮定の要素が変われば、予測も異なってくる。また、予測された世界平均気温の値が正しくても、分野ごとに気候変動のリスクは異なる。	
B 気候変動に関する国際連合枠組条約 p.163 地球温暖化は、生態系等に悪影響を及ぼすおそれがあることから1992年のリオデジャネイロ地球サミットで「気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）」が採択された。枠組条約とは、目的と一般的な原則を定めた条約で、その細目は議定書や付属書によって定められており海洋や環境保護分野の国際条約で使われることが多い。これにより、国ごとには差異があるものの、各国が共通して気候系を保護する責任を負うことがうたわれた。UNFCCCを受け、締約国会議（COP）が毎年開催され、国際協力に向かって努力が続けられている（図2）。しかし、各国の状況は異なるため、協働するには課題も多い。一方で、新しい環境技術の開発や、二酸化炭素を増加させないエネルギーの利用が進み、二酸化炭素排出量抑制の難易度やコストを引き下げられるという希望も出てきた。	
C 緩和策と適応策	
●気候変動問題への対策 地球温暖化などの気候変動問題への対策は、緩和策と適応策の2つに大別できる。緩和策とは、	

<p>気温の上昇率を抑制して現在の生活をできるだけ維持するというもので、省資源化や代替資源の開発などを通して温室効果ガスの排出を削減し、気候変動の緩和を図ることである。一方、適応策は、気温が高くなった環境に対応した生活に変えていこうと、堤防建設や栽培植物の変更、品種改良などを行うことである。</p>	
<p>●効果的な対策のために 気候変動問題への対策は、エネルギー、水、食料、生態系、経済、開発などの事象と密接にかかわり合っている。さまざまなところに影響が及び、その影響はね返ってくるため、緩和策、適応策とともに地球システムという見方をしなければ効果的な対策とはならない。</p>	
<p>表1 1986年～2005年平均気温からの気温上昇とその影響の予測</p>	<p>図1は1986～2005年平均に対する世界平均地上気温の変動ですが、2005年は15年以上前のデータですので、可能でしたら教科書作成時点の最新データを使用することを望みます。</p>
<p>② UFFCCCは、United Nations Framework Convention on Climate Changeの略である。</p>	
<p>③ COPは、Conference of Partiesの略で、1997年に京都で開催された第3回締約国会議をCOP3と呼ぶように、通算番号を付けて呼ばれる。</p>	
<p>図2 COP25全体会合のようす(2019年、スペインのマドリードで開催)</p>	
<p>考えてみよう 自然現象に対する緩和策と対応策の違いを身近な例で考えてみよう。</p>	
<p>2節 代替エネルギー p.164 Let's Start! 私たちの生活を支えている石油や石炭などの化石燃料は、地球温暖化や環境汚染などの地球環境問題の原因となるばかりでなく、将来的に枯渇するという問題を抱えている。これらに対応するために、どのような取り組みが行われているのだろうか。</p>	
<p>? 化石燃料に代わるエネルギーにはどのようなものがあるだろうか。</p>	
<p>A 再生可能エネルギー 私たちの生活は、多くのエネルギーを消費することで成り立っており、そのエネルギー多くは石油や石炭、天然ガスといった化石燃料から得ている。しかし、化石燃料は、枯渇性エネルギーと呼ばれるように、その埋蔵量に限りがある。そのため自然の力で定期的に補充されるエネルギー(再生可能エネルギー)の開発が進められてきた。具体的には、太陽光、風力、波力・潮力、流水・潮汐、地熱、バイオマスなどの活用や開発が進められている。</p>	
<p>B 代替エネルギー 地球温暖化問題や地球環境問題などへの対応策として、現在主力として使われる化石燃料などのエネルギー資源に代わり、再生可能エネルギーを中心とした二酸化炭素をほとんど排出しない代替エネルギーに切り替える動きがさかんになってきている。現段階では、代替エネルギーは一定量のエネルギーを安定して確保できなかったり、コストが高かったりするなどの問題を抱えているものが多い。</p> <p>次世代の自動車の燃料として注目されている代替エネルギーとして、水素エネルギーがある。自動車の中で水素エネルギーを用いて発電する際には、二酸化炭素は排出されず水蒸気が排出される。しかし、水蒸気にも温室効果がある。そのうえ、自然界には単独で存在しない水素を、石油や石炭などの化石燃料を使ってつくるのであれば、温室効果ガス排出の削減にはつながらない。工場などでの副産物としての水素を利用したり、自然エネルギーで水を電気分解して水素をつくらせたりすることにより、初めて温室効果ガスの削減につながる。代替エネルギーの開発や利用などについては、化石燃料の削減につながるか、広い地域で安定供給できるのか、採算が取れるのかなど、多くのことを考えて総合的に判断する必要がある</p>	<p>「しかし、水蒸気にも温室効果がある」とあるのは、間違いではありませんが、例えば、燃料電池自動車で水蒸気が発生しても概ね凝縮してしまい、水蒸気として大気中の湿度を変えるほどになることは考え難いことから、削除が望ましいと考えます。</p> <p><参考>気象庁*によると下記QAの通り。 Q: 温室効果ガスにはどんな種類がありますか? A: 人間活動によって増加した主な温室効果ガスには、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、フロンガスがあります。水蒸気には大きな温室効果がありますが、水蒸気の大気中の濃度は人間活動に直接左右されませんので、人為起源の温室効果ガスとしては扱いません。</p> <p>* https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/faq/faq6</p>

	html#12
身近なところにある代替エネルギーにはどんなものがあるかな	
水素エネルギー 水素は、酸素と直接結合（燃焼）するため、直接エネルギーとして使える。燃料電池の原料として、酸素との化学反応で電気をつくることができる。このときには、水蒸気しか発生しないので、水素エネルギーは、二酸化炭素を排出しないエネルギーとすることができる。	
【写真】水素エネルギーを利用する燃料電池自動車	
日常とのつながり 再生可能エネルギーを用いた発電風力発電 p. 165 風力発電 風力発電は、ほかの代替エネルギーに比べて発電コストが比較的低いことなどから世界中で発電量が急速に増えている。大型になるほど効率的にエネルギーを取り出せるので、ヨーロッパ諸国を中心に大型の洋上風力発電所の建設が進んでいる。また、Let's Start! の写真は平成 29 年に稼働した三重県の青山高原にある風力発電所で、40 基の風車を用い、最大 80 メガワットの発電能力がある。	
太陽光発電 太陽光発電は、設置費用がやや高いものの、電力需要の多い昼間の発電であることや、設置や保守が容易であるというメリットがある。また、太陽光を電力に変換する効率をよくする技術革新もあって急速に発電量が増えている。さらに、昼間に発電した電力を一時的に蓄電池に蓄える技術や、エネルギーを無駄なく送る技術の開発も進んでいる。平成 30 年 10 月に稼働した岡山県瀬戸内市にある太陽光発電所では、最大 235 メガワットの発電能力がある。	「急速に発電量が増えている。」という記述は誤りではありませんが、このまま行くと日本の電力需要のほとんどをまかなうことができるような誤解を与える恐れがあります。そこで、例えば、「急速に発電量が増えているが、日本全体に必要な電力をまかなうまでには遠く及んでいないのが現状である。さらに、昼間に発電した電力を一時的に蓄電池に蓄える技術や、エネルギーを無駄なく送る技術の開発も進んでいるが、まだまだ克服しなければならない技術的な課題が多いのが現状である」とするのがより適切と考えます。
潮汐発電（潮力発電） 潮汐発電は、潮流流がもつ運動エネルギーを利用して発電機を回し電力に変える発電である。ほかの自然エネルギー資源と同様に、発電の際に二酸化炭素の排出がないなどの点では、環境に対する負荷は小さいといえる。日本においては、潮流の激しい鳴門海峡、関門海峡、津軽海峡などで研究が進められているが、大規模な潮汐発電所の設置に適した場所が少ないことから、実用的で大規模な発電所の建設は難しいとされている。フランスでは、サンマロ郊外のランス川河口を幅 700m にわたって堰止め、1966 年に世界最初の潮力発電所が建設された。	
さまざまなエネルギーを組み合わせた発電 東京都八丈島には地熱・風力発電所がある。こまめに発電量を調節できない地熱発電量を年間の最少の消費量とし、出力が不安定であるが二酸化炭素を排出しない風力発電と、重油を燃やして二酸化炭素を排出するが出力を容易に変えることができる内燃力発電（ディーゼル発電）を組み合わせている（図 C）。	
図 A 太陽光発電所（岡山県瀬戸内市）	
図 B 潮汐発電所（フランス）	
図 C 八丈島の電力消費と地熱発電 地熱でまかなえない分を風力と内燃力発電（ディーゼル発電）でまかなっている。	
！節のポイントをまとめよう 枯渇性エネルギー 再生可能エネルギー 代替エネルギー	
実教出版 702 地学基礎	
発展 放射性同位体と半減期 p. 147 岩石や化石の数値年代は、どのようにして調べられるのだろうか。陽子の数が同じで、中性子の数が異なる原子どうしを同位体という。同位体のうち、一定の割合で放射線を出して壊変し、別の安定な原子に変わっていく性質をもつものを放射性同位体という。放射性同位体の数ももとの半分になるまでの時間は半減期とよばれ、放射性同位体の種類によって異なる。もとの放射性同位体と壊変後の原子の数を比較して数値年代（放射年代）を決定することができる。	

<p>【図表】放射性同位体の半減期の例</p> <p>p. 182 世界の人口が爆発的に増加したのは、20世紀に入ってからである。20世紀初頭には約16億人であったが、2018年には75億人をこえ、2050年には90億人近くになると予想されている。</p> <p>航空写真などで探索すると、居住地拡大、道路建設、農地拡大などのため、森林伐採された場所や、鉱山を開発したために山が変形している場所などを見つけることができる。</p> <p>急激な人口増加と石油などの化石燃料をはじめとする資源の大量消費は地球の自然環境に大きな負荷を与えるようになった。温室効果ガスの排出により地球温暖化が進み、海面上昇や異常気象が世界各地で深刻化している。</p>	
<p>B 化石燃料と代替エネルギー 産業革命以降、私たちの生活は化石燃料をはじめとするエネルギー資源の消費によってなりたってきた。おもな化石燃料である石油、石炭、天然ガスは、いずれも大昔に生息していた生物が起源であると考えられている。日本では明治時代から石炭が採掘されてきたが、1950年代に中東やアフリカで相次いで大油田が発見され、大量に安く石油が輸入されるようになったため、石炭から石油への燃料転換が急速に進んだ。</p> <p>わが国は2016年度において原油の99.7%を海外からの輸入に依存している。しかし、化石燃料の大量消費は地球温暖化の原因となる二酸化炭素を大量に排出するとともに、化石燃料は将来枯渇することから、代替エネルギーの開発が進められてきた。</p> <p>2011年の東日本大震災の発生および東京電力福島第一原子力発電所の事故後、わが国のすべての原子力発電所が停止したことにより、再生可能エネルギーが注目されるようになった(図3)。このうち、太陽光発電は太陽の光エネルギーを太陽電池で電気にかえて発電するものである(図4)。設置は比較的容易であるが、発電量が天候により左右される短所がある。地熱発電は地面から深度100～5000mの井戸を掘り、高温の水蒸気や熱水でタービンを回転させて発電を行うものである(図5)。わが国は火山帯に属するため地熱資源が豊富であり、天候に左右されずに発電できる長所があるが、立地に適した場所が国立公園や温泉地であることが多く、開発が制約される。風力発電は風の力で発電機を回転させて発電するもので、風が強く安定している地域や洋上などで大規模な風力発電が行われるようになっている(図6)。</p>	
<p>図3 我が国の一次エネルギー国内供給の推移 (出典：エネルギー白書2019)</p>	<p>このグラフが掲載されていることはとても良いことと考えます。東日本大震災以降、原子力発電の停止によって失った分を再生可能エネルギーで代替しているような誤解が子どもたちの中にありますが、原子力が減った分を代替したのは、天然ガスであることがよく分かります。</p>
<p>図4 太陽光発電所(福島県南相馬市) p. 183</p>	
<p>図5 地熱発電所(岩手県八幡平市)</p>	
<p>図6 洋上風力発電(千葉県銚子沖)</p>	
<p>コラム 原子力と放射性廃棄物 原子力の平和利用は、エネルギー問題や環境問題等を解決するための糸口になると考えられてきたが、福島第一原子力発電所事故を契機として、原子力施設の耐震安全性、放射性物質の環境動態や放射性廃棄物の処理処分等の諸問題が顕在化している。2017年には高レベル放射性廃棄物の地層処分にかかわる「科学的特性マップ」が公表され、地層処分への理解促進に向けた動きが進められている。原子力を利用すると必ず放射性廃棄物が発生するため、その安全な処分は重要な課題である。わが国は地震や火山の多い世界でも有数の変動帯に位置しており、地形や地質構造が複雑で活断層も多い。そのため、放射性廃棄物の地層処分を行うためにはその安全性に大きな影響を与える地質環境特性や放射性廃棄物を格納・隔離する物質と地層や岩石、鉱物水との相互作用、地下水の流動による放射性物質の移動などを慎重に検討する必要がある。</p>	<p>「コラム 原子力と放射性廃棄物」は適切に取り上げている良好事例として評価できます。細かい点ですが、福島第一原子力発電所事故を契機として「原子力施設の耐震安全性」とあるのは、「原子力施設の津波対策」の方がより適切と考えます。耐震安全性は特に問題とはなっていません。</p>
<p>① 再生可能エネルギーとは、枯渇の心配のない、くり返し利用できるエネルギーのことである。温室効果ガスを排出せず、</p>	

国内で生産できる重要なエネルギーである。	
② このほか、潮汐発電、小水力発電、バイオマス発電、地中熱利用なども再生可能エネルギーとされている。	
啓林館 703 高等学校 地学基礎	
発展地学 放射性年代 p.164 地層の新旧(相対年代)は示準化石(→p.181)などからわかるが、具体的に何年前のものかはわからない。岩石や地層の年齢はその中に含まれる放射性同位体の壊変を利用して測定される。放射性同位体は、一定の割合で壊変し、最終的に安定同位体になる。放射性同位体の原子の総数が初めの1/2になるのにかかる時間を、半減期という。半減期はそれぞれの放射性同位体について一定であり、温度や圧力の条件によって変化することはない。ある岩石の中に含まれる放射性同位体の量から、その岩石ができてからの時間を知ることができる。このようにして調べられた年代を放射性年代(絶対年代)という。	
図 i 半減期と原子数の変化の関係	
図 ii 炭素の同位体と、¹⁴Cの放射壊変	
表 i 年代の測定に使われる放射性同位体	
図 iii 炭素14(¹⁴C)の改変(模式図) ① 大気中の ¹⁴ Cと ¹² Cの割合は一定で、生きている植物体は同じ割合で ¹⁴ Cを含む。 ② 植物が枯れて土中に埋まると、 ¹⁴ Cは化石中に固定される。 ③ ¹⁴ Cは最初の1/2に減り、 ¹⁴ Nになる。 ④ ¹⁴ Cは最初の1/4に減る。 ¹⁴ Cは、上層大気中で宇宙線と窒素原子が衝突して生じる。大気中にはいつも一定量(炭素原子全体の約1兆分の1)の ¹⁴ Cが含まれ、光合成などによって生物の体内に取り込まれる。植物が枯れて土中に埋まり、大気との炭素の循環が止まると、化石中に固定された ¹⁴ Cが壊変して ¹⁴ Nになり、 ¹⁴ Cの割合が小さくなっていく。	
① 同位体の中で、放射線を出すものを放射性同位体という。放射線を出して異なる原子に変化する(壊変する)ものもある。	
様々なエネルギー資源 p.192 私たちの生活を支えるもう1つの重要な資源は、石油、天然ガス、石炭などの化石燃料に代表される、エネルギー資源である。近年では、化石燃料の大量消費による賢源の枯渇や大気汚染など、様々な問題点が指摘されている。また、これらの資源の地球上での分布には地域的な偏りがあり、国や地域間の問題にもつながっている。 石油は、過去に生物が生産した有機物が地層中に大量に埋没したものがもととなり、長い時間をかけてできたと考えられている(→p.156)。石油などの化石燃料は有限で、短期間で再生することは不可能であるため、使い続ければ枯渇してしまう。そのため化石燃料にかわるエネルギー資源の利用に向けた研究が続けられている。 核(原子力)エネルギーを利用した原子力発電は、放射線の管理や放射性廃棄物の処理に関する課題が解決できていない。燃料であるウランも有限な地下資源である。 また、持続的に利用できる再生可能なエネルギーを利用した、水力発電や風力発電、太陽光発電、地熱発電などの開発も進められている。しかし、供給の安定性やコストなどに課題がある。	「エネルギーを利用した原子力発電は、放射線の管理や放射性廃棄物の処理に関する課題が解決できていない。」とありますが、放射線は適切に管理出来ています。放射性廃棄物の処理に関する課題は、高レベル放射性廃棄物を地層処分する場所が決まっていないことであり、技術的な課題ではなく、社会的な課題と考えられます。そこで、例えば、「核(原子力)エネルギーを利用した原子力発電は、発電に伴って発生する高レベル放射性廃棄物を地層処分する場所が決まっていないという社会的な課題がある。」とするのがより適切と考えます。
図6 石油の採掘場(サウジアラビア)	
図7 再生可能なエネルギーを利用した発電の例 p.193	
数研出版 704 高等学校 地学基礎	
発展 放射性同位体と数値年代 p.107 元素ごとに陽子の数は決まっているが、同じ元素でも中性子の数が異なる原子があり、それらを同位体という。同位体には、不安定で放射線を出して崩壊する放射性同位体と、安定で崩壊しない安定同位体とがある。	

放射性同位体が崩壊してもとの数の半分になる時間（半減期）は同位体ごとに一定である。また、放射性崩壊は、物質の状態、温度、圧力などの外部の条件に左右されない。これらのことを利用して、もとの同位体と崩壊で生じた同位体の量比などから、火成岩や凝灰岩などの岩石が形成された年代を推定することができ、地層や化石で決められた相対数値目盛りを入れることができる。	
図 A 放射性崩壊と半減期	
表 A 数値年代の測定によく使われる放射性同位体の半減期	
第一学習社 705 高等学校 地学基礎	
発展 放射年代の測定と利用 p. 151 陽子の数が同じで、中性子の数が異なる原子を互いに同位体という。同位体のうち、放射線を放出して別の原子に変わる不安定なものを放射性同位体という。 放射性同位体は、時間の経過とともに、一定の割合で変化し安定した原子となる。放射性同位体の量が、半分になるまでの時間を半減期という。岩石や鉱物に含まれている放射性同位体の変化した量がわかれば、岩石や鉱物が形成されてからの時間を数値で求めることができる。このようにして求められた数値年代は放射年代とよばれる。	
図 a 半減期	
表 a 放射年代の測定方法 半減期は、放射性同位体ごとに異なっている。	

【保健体育（保健体育）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
大修館 701 現代高等保健体育	
05 がんの治療と回復 p. 16 1 がんの治療と緩和ケア 1 がんの治療法 がん①のおもな治療法には、手術療法、化学療法（抗がん剤など）、放射線療法があります（資料①）。これらの治療法をがんの種類や症状などにあわせて、単独であるいは複数を組みあわせておこなう標準治療②が推奨されています。・・・（省略）	
資料①がんの治療の3つの柱 （省略）・・・放射線治療 放射線をがん細胞に照射させることによって、がん細胞の増殖を防いで減らしていく方法。臓器を取り除かないため、臓器の機能を残すことができるが、副作用が生じることがある。また、がんの痛みをやわらげるためにおこなわれることもある。	
3 大気汚染、水質汚濁、土壌汚染のかかわり p. 103 環境汚染は、大気、水、土壌に独立して生じるものではありません。それぞれが密接に関連しあって、汚染は広範囲に及びます。たとえば、原子力発電所の事故などによって放射性物質（資料3）が放出された場合、大気は直接的に汚染され、雨などに混じって、近隣の川や湖沼、海などの水質、さらには田畑や森林を含む土壌を汚染します（資料4）。このように環境汚染は、大気・水・土壌にまたがって複合的に起こり、直接的に、あるいは食物などを通して、私たちの健康に影響を及ぼすことがあります。	
⑥ 2011年の東日本大震災では、福島第一原子力発電所が事故を起こし、大気、水、土壌にまたがる大規模な放射性物質による汚染が起こった。周辺地域では、放射性物質を取り除くための除染作業がおこなわれたり、健康影響を調べるための健康調査がおこなわれたりしている。	
資料3 身のまわりの放射線被曝と健康影響 放射線を外から体表面に浴びることを外部被曝という。被曝すると、DNAが損傷したり、白血病や甲状腺などのがんが多発したりするが、放射線量が少ない場合（100mSv以下）は健康に影響はないと考えられている。一度に大量の放射線を受けると、死亡（3Svでは50%、7Sv以上では100%）する。	「放射線を外から体表面に浴びることを外部被曝という。被曝すると、DNAが損傷したり、白血病や甲状腺などのがんが多発したりするが、」とありますが、甲

	<p>状腺がんは内部被曝に分類されますので、例えば、「放射線を外から体表面に浴びることを外部被曝といい、体のなかに取り込んで浴びることを内部被曝という。」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>資料 4 放射線物質の流れ 環境中に放出された放射性物質は、大気・水・土壌を汚染し続ける。放射性物質を含む大気を吸ったり飲食物を摂取したりすれば、体内からも被曝することになるが、これを内部被曝という。</p>	
<p>大修館 702 新高等保健体育</p>	
<p>3. がんの治療 p. 43 がんと診断されたら、現在の医療において科学的根拠が示され最良とされる標準治療を踏まえ、最適な治療方法を医師と相談し、選択することが重要である。がんをメスなどで切除する手術療法、抗がん剤により全身のがんの増殖を抑える化学療法、がん細胞に放射線を当て、遺伝子に作用してがん細胞を消滅させる放射線療法、その他の治療法を、がんの種類や進展度、その人の体質に合わせて組み合わせるのが、現在の標準治療となっている。日本は、がん患者の生存率に関して、先進国の中でも最もよい国の1つである。</p>	
<p>④ 標準治療は医療技術の進歩とともに変わっていく。近年、新しい治療法として、体への手術の負担を最小限にする内視鏡治療や、がん細胞を狙って攻撃する分子標的薬、病巣にピンポイントで放射線を当てる粒子線治療などが登場した（口絵⑩参照）。また、がんに伴う体と心の痛みやつらさを和らげるため、治療開始期からの緩和ケアも一般的になってきた。緩和ケアは、患者本人や家族が「自分らしく」過ごせることを目指している。</p>	
<p>2. 土壌汚染の事例 p. 113 (省略)・・・近年では、工場跡地での六価クロムやトリクロロエチレンなどによる土壌汚染の発生が見られるようになった。また、2011年に起きた東日本大震災に伴う原子力発電所の事故によって、福島県沿岸部の広範囲に放射性物質による土壌汚染が発生し、除染などの措置が実施された。</p>	
<p>⑩ 放射線による健康影響は、遺伝子の障害により細胞増殖に異変が起こることによって発生する。体に受けた放射線の種類と量、細胞の感受性によって影響は様々である。</p>	
<p>⑪ 生活空間において受ける放射線の量を減らすために、放射性物質を取り除いたり、土で覆ったりすること。</p>	
<p>第一学習社 703 高等学校 保健体育 Textbook</p>	
<p>がん医療の現状 p. 22 一般的ながん治療法は、がん細胞を手術で取り除く、手術療法ですが、患者の身体的負担が大きい治療法でもあります。抗がん剤などの薬物を使った化学療法は、がんの種類によって治療効果が格段に向上していますが、正常な細胞を傷つけることがあり、副作用が問題となっています。放射線を利用して臓器の機能を保ちながら、がん細胞を損傷させ、再発防止をねらうのが放射線療法です。実際の治療では、複数の治療法が組み合わさっておこなわれています。新しい治療法には、体の免疫力を活かし、薬でがん細胞を攻撃したり、免疫の活性化を持続させる免疫療法があり、研究が進められています。治療と並行して緩和ケアも取り組まれており、トータルペイン（全人的苦痛、図2）をやわらげ、患者や家族の療養生活を質のよいものにしていきます。</p>	
<p>高精度放射線治療装置「トモセラピー」 p. 25 放射線療法は手術療法で取り除けない部分にも効果を発揮するが、放射線をがん細胞にあてることでDNAを傷つけて死滅させ、正常な細胞まで傷つけることがある。「トモセラピー」は、らせん状の照射と同時にこなうCT撮影によって、正常な臓器を避けて患部をピンポイントで連続して照射することができる。右の写真は前立腺がん患者の線量分布図だが、直腸を避けて前立腺の形状に沿って集中的に照射している様子がわかる。</p> <p>【写真】「トモセラピー」の照射線量分布</p>	

【家庭（家庭基礎）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
---------------------------	------------

東京書籍 701 家庭基礎 自立・共生・創造	
<p>○環境とエネルギーに配慮した住居 p.178 東日本大震災を経て、日本では再生可能エネルギー使用への転換が進んでいる。日本や世界の伝統的な住居では、気候風土に合わせて合理的に自然のエネルギーが利用されてきた。エネルギーや資源の有限性、再生可能性に配慮し、周囲の自然と調和する環境共生住宅の増加が望まれる。</p> <p>太陽光発電、風力発電、地熱発電など地域の特性に応じた取り組みに加え、エネルギー自給型住宅（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の推進も始まっている。</p>	<p>「日本では再生可能エネルギー使用への転換が進んでいる。」とありますが、左隣の図は各国の電源構成です。日本の転換については不明です。そこで、例えば、我が国の電源構成の経年変化の図を代わりに掲載することが望まれます。</p>
<p>○ヒートアイランド現象と緑化 都市部の気温は、地球規模の気候変動、道路の舗装や建物の密集化、冷暖房の使用による人工排熱の増加などにより上昇している。これをヒートアイランド現象という。都市部の緑化や水面の維持、海や山など気温の低いところから都市部に風が通るようにすることなどが重要な対策となる。</p> <p>屋上緑化や壁面緑化には、都市部の緑被率向上、ヒートアイランド現象の緩和、建物の省エネルギー効果、雨水流出の緩和、空気の浄化、防火・防熱効果、二酸化炭素削減効果、景観整備など、多面的な効果が期待される。水と緑の屋上整備を地域で行えば、屋上ビオトープネットワークができ、都市部でも鳥や昆虫の生息域を広げることが可能となる。</p>	
<p>① 自然界に常に存在するエネルギーのこと。風力、水力、太陽光、太陽熱、地熱、バイオマスなど。</p>	
<p>図【1】発電電力量に占める再生可能エネルギーの比較（発電電力量に占める割合）（資源エネルギー庁「日本のエネルギー2018」）</p>	
<p>図【2】ネット・ゼロ・エネルギー・ハウスのイメージ *家庭内のエネルギーを、可視化や自動制御などにより管理する仕組み。（資源エネルギー庁HP）</p>	
教育図書 702 未来へつなぐ 家庭基礎 365	
<p>(4) 食品の安全管理 p.89 (省略)・・・私たちの食の安全を守るため、食品に農薬や放射性セシウムが残っていないかなど、さまざまな基準が設けられている(資料6)。私たちは、基本的には基準をクリアした食品だけを口にしているといえる。しかし、絶対に安全な食品はない。生きるために必要な食塩や水、鉄なども、摂取しすぎれば、からだに悪影響がある。同じ食品や栄養素ばかりでなく、いろいろな食品をバランスよく摂取することでリスクを分散させることができる。</p>	<p>「しかし、絶対に安全な食品はない。生きるために必要な食塩や水、鉄なども、摂取しすぎれば、からだに悪影響がある。同じ食品や栄養素ばかりでなく、いろいろな食品をバランスよく摂取することでリスクを分散させることができる。」との記述は、食品の安全として、大切であると高く評価できると考えます。</p>
<p>資料6 私たちの食に関する安全基準の例</p> <p>【基準2】放射性セシウム基準とは？ 東京電力福島第一原子力発電所の事故(2011年)の後、厚生労働省は食品中にどのくらい放射性物質があるかの基準値を設定した。現在も国や地方自治体による検査が行われ、長期的にみて健康への影響がない基準値が示されている(右表)。</p>	<p>「東京電力福島第一原子力発電所の事故(2011年)の後、厚生労働省は食品中にどのくらい放射性物質があるかの基準値を設定した」とありますが、どのくらい放射性物質があるかではなく、基準値は食品に含まれる許容範囲を示したもので、例えば、「東京電力福島第一原子力発電所の事故(2011年)の後、厚生労働省は流通できる食品に含まれる放射性物質の基準値を設定した」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>【表】食品中の放射性セシウムの基準値(厚生労働省) *放射性ストロンチウム、プルトニウムなどを含めて設定。</p>	
<p>(4) 食品の安全管理 p.100 (省略)・・・私たちの食の安全を守るため、食品中の残留農薬や、放射性セシウムの量などには、さまざまな基準が設けられている。一部の食品に関する事故や事件の場合を除き、私たちは、定められた基準をクリアした食品を口にしているといえる。しかし、絶対に安全な食品というものはない。食塩や水、鉄分など、生命の維持に必須な物質も、摂取量によってはからだに悪影響をおよぼす。リスクを分散させるためにも、同じ食品や栄養素に偏ることなく、多様な食品をバランスよく摂取することが大切である。</p>	
<p>【11】食に関する安全基準の例</p>	

<p><基準 2>放射性セシウム基準 東京電力福島第一原子力発電所の事故（2011 年）後，厚生労働省は食品中の放射性物質（セシウム）の暫定基準値を設定し，対応してきた。現在は長期的な観点から健康への影響はないとされる基準値が示されており，国や地方自治体による検査が行われている。</p>	
<p>【表】食品の放射性セシウムの基準値 放射性ストロンチウム，プルトニウムなどを含めて設定（厚生労働省）</p>	
<p>実教出版 703 家庭基礎 つながる暮らし 共に創る未来</p>	
<p>③ 環境に配慮した製品やサービスの選択 p.219 日々の買い物において，環境に配慮した製品・サービスを選ぶことも重要である。たとえば，冷蔵庫やエアコン，テレビなどの家電製品や照明機器の購入において，省エネ製品を選ぶことは大きな効果がある。計画的な買い物により食品ロス（p.141 参照）を減らすことや，フード・マイレージ（p.140 参照）を考慮した地産地消は，食品にかかわるごみやエネルギー消費を抑えることに有効とされる。近年は，電力会社を自由に選ぶこともできる。電気をつくる方法として，太陽光やバイオマスなどの再生可能エネルギーを重視した電力会社を選ぶことで，化石燃料への依存を減らすことに貢献できる。さらに，自動車ではなくバスや電車，自転車などを利用することも大切とされる。</p>	
<p>②電力の自由化 2016 年 4 月から消費者が家庭でも電力会社を自由に選べるようになり，再生可能エネルギーを中心に発電を行う会社から電気を購入することや，近くの自治体が運営する電力会社から電気を購入する「電気の地産地消」なども可能になった。価値観やライフスタイルに合わせて電力会社やサービスを選ぶことができる。</p>	
<p>開隆堂 708 家庭基礎 明日の生活を築く</p>	
<p>【2】CO₂の削減に取り組む ◇大気中の CO₂ 増加と地球環境への影響 イギリスで始まった 18 世紀後半の産業革命以後，CO₂ 排出量は増加し続けている（【3】）。CO₂ の増加は地球温暖化をもたらしており，最悪の場合は，2100 年の平均気温は産業革命前から 4.8℃上昇するといわれている。気温上昇を 2℃未満に抑えるため，今世紀後半に世界全体で CO₂ の排出を実質ゼロにすることをめざすパリ協定 2015 年に締結された。</p>	
<p>◇企業や行政，家庭や個人の取り組み 日本の CO₂ 排出量はエネルギー転換部門，産業部門，運輸部門など企業が大半を占め（【1】），CO₂ 排出量の削減には企業の取り組みがカギを握る。循環型社会形成推進基本法で，廃棄物処理の責任はそれを排出する者（生産者）が負うことになり，製品の廃棄処理は生産者が責任をもつことになった。現在は ISO14000（環境規格）や ISO26000（社会的責任）を取得する企業も増えている。 近年の快適な生活には，多数の電化製品の使用が不可欠になっている。家庭における排出量は全体の 5%であるが，家庭で使用する電化製品の種類や数の増加，大型化により電気使用量も大きく増加している。家庭の「節電」「省エネ」は CO₂ の排出抑制に大きく影響する（【2】）。 エネルギーなしには今日の経済や生活は維持できず，CO₂ を削減しながらエネルギーを確保することは人類の重要な課題である。世界では化石燃料エネルギーから太陽光や風力，地熱など CO₂ を排出しない再生可能エネルギーへと徐々に転換し始めている（【4】）。</p>	<p>「家庭で使用する電化製品の種類や数の増加，大型化により電気使用量も大きく増加している。」という記述は，エネルギーの問題を自分事として捉えることができるので高く評価できると考えます。</p>
<p>② 2020 年からの温暖化対策の国際ルール。2015 年 12 月の国連気候変動会議（COP21）で採択された。京都議定書に代わる，2020 年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みで国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）（2015 年，パリ）において採択され，2016 年に発効した。産業革命前からの気温上昇を 2 度未満に抑えるため，今世紀後半に世界全体で排出を実質ゼロにすることをめざす。</p>	
<p>【図】1 日本の CO₂ 排出量（2018 年度）（温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ」2020 年）</p>	
<p>【図】2 世帯当たりのエネルギー消費割合（経済産業省「エネルギー白書」2019 年）</p>	
<p>【図】3 世界の CO₂ 排出量の推移（IPCC「第 5 次評価報告書」より）</p>	
<p>【図】4 世界の一次エネルギー消費量の推移（日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」より）</p>	

大修館 709 クリエイティブ・リビング Creative Living『家庭基礎』で生活をつくらう	
<p>【5】農薬・放射線照射食品 p.168 輸入食品の中には、日本では使用が禁止されている毒性の高い農薬や収穫後にポストハーベストが使われることがある。また、殺虫、殺菌などの目的で、放射線を食品に照射（放射線照射食品）することがあり、日本では、じゃがいもの発芽防止を目的とした放射線照射のみが認められている。</p> <p>農薬については、すべての農薬について残留基準が設定され、基準値を超えて残留する食品の販売・輸入は禁止されている。また、放射線照射食品の輸入は許可されていない。さらに、福島第一原子力発電所の事故後、食品に含まれる放射性物質の基準値も設定されており、安全な食品が流通するように検査が続けられている。</p>	
<p>⑨ 食品中の放射性セシウムの基準値 放射線に関する単位にはBq（ベクレル）やSv（シーベルト）がある。Bqは放射性物質が放射線を出す能力、Svは放射線による人体影響をあらわす単位である。（消費者庁「食品と放射能 Q&A」）</p>	

【家庭（家庭総合）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
東京書籍 701 家庭総合 自立・共生・創造	
<p>【6】放射性セシウムの基準値 p.165 2011年3月11日の東日本大震災による福島第一原子力の事故後、2012年4月から、食品衛生法に基づく規格として、食品群ごとに放射性セシウムの上限が定められた。</p> <p>（注）食べ続けたときに、その食品に含まれる放射性物質から生涯に受ける影響が、十分小さく安全なレベル（年間1ミリシーベルト以下）になるように定められている。</p> <p>私たちは、厚生労働省のホームページ「食品中の放射性物質への対応」などで、放射線リスクに関する科学的根拠に基づく情報を入手して冷静な判断をしなければならない。</p>	<p>本節の記述は、放射性セシウムの基準値を掲載した上で、科学的根拠に基づいた冷静な判断を求めている点で高く評価できると考えます。</p>
教育図書 702 未来へつなぐ 家庭総合 365	
<p>（4）食品の安全管理 p.111 （省略）私たちの食の安全を守るため、食品に農薬や放射性セシウムが残っていないかなど、さまざまな基準が設けられている（資料6）。私たちは、基本的には基準をクリアした食品だけを口にしているといえる。しかし、<u>絶対に安全な食品はない。生きるために必要な食塩や水、鉄なども、摂取しすぎれば、からだに悪影響がある。同じ食品や栄養素ばかりでなく、いろいろな食品をバランスよく摂取することでリスクを分散させることができる。</u></p>	<p>「絶対に安全な食品はない。生きるために必要な食塩や水、鉄なども、摂取しすぎれば、かただに悪影響がある。同じ食品や栄養素ばかりでなく、いろいろな食品をバランスよく摂取することでリスクを分散させることができる。」との記述は高く評価できます。このことをきちんと理解することが、冷静に判断することのできる消費者の育成につながると考えます。</p>
<p>資料6 私たちの食に関する安全基準の例</p> <p>【基準2】放射性セシウム基準とは？ 東京電力福島第一原子力発電所の事故（2011年）の後、厚生労働省は食品中にどのくらい放射性物質があるかの基準値を設定した。現在も国や地方自治体による検査が行われ、長期的にみて健康への影響がない基準値が示されている（右表）。</p>	
<p>【表】食品中の放射性セシウムの基準値（厚生労働省）</p>	
大修館 705 クリエイティブ・リビング Creative Living『家庭総合』で生活をつくらう	
<p>【5】放射線照射食品 p.182 輸入食品の中には、日本では使用が禁止されている毒性の高い農薬や収穫後にポストハーベストが使われることがある。また、殺虫、殺菌などの目的で、放射線を食品に照射（放射線照射食品）することがあり、日本では、じゃがいもの発芽防止を目的とした放射線照射のみが認められている。</p> <p>農薬については、すべての農薬について残留基準が設定され、基準値を超えて残留する食品の販売・輸入は禁止されている。また、放射線照射食品の輸入は許可されていない。さらに、福島第一原子力発電所の事故後、食品に含まれる放射性物質の基準値も設定されており、安全な食品が流通するように検査が続けられている。</p>	

⑨ 食品中の放射性セシウムの基準値 放射線に関する単位にはBq（ベクレル）やSv（シーベルト）がある。Bqは放射性物質が放射線を出す能力、Svは放射線による人体影響をあらわす単位である。（消費者庁「食品と放射能Q&A」）	
--	--

【工業（工業化学）】

エネルギー・環境・原子力・放射線に関連した記述内容	コメント・修正文の例
実教出版 716 工業化学1	
<p>第10章 放射性物質と原子核エネルギー p. 229</p> <p>◇過去 ドイツの物理学者ヴィルヘルム・レントゲン（W. C. Röntgen, 1845～1923）は、1895（明治28）年にX線を発見し、1901年に第1回ノーベル物理学賞を受賞した。</p> <p>日本では、X線発見の翌年の1896（明治29）年に島津製作所（京都）の二代目・島津源蔵（1869～1951）が国内初のX線写真撮影に成功している。</p> <p>【写真】二代目 島津源蔵 【写真】初期のX線写真</p>	
<p>◇現在 大型ハドロン衝突型加速器(LHC)とは、原子核や素粒子の研究を目的として、欧州原子核共同研究機関(CERN)が建設した世界最大の衝突型円型加速器。全周は約27 kmにも及ぶ。</p> <p>兵庫県の播磨科学公園都市にある直径約500 m大型放射光施設 SPring-8の放射光は最高レベルのエネルギーをほこる（見返し4参照）。</p> <p>【写真】大型ハドロン衝突型加速器（LHC）</p> <p>【写真】LHCの全景 提供：CERN</p>	
<p>1節 原子核 p. 230</p> <p>この節で学ぶこと 原子核が陽子と中性子から構成されていることは、第1章で学んだ。ここでは、原子核の成り立ちと安定に存在している理由について学ぶ。</p>	
<p>INTRO 原子核の構造の違い 原子核の構造の違いによりさまざまな元素が存在しているが、どのような構造の原子核をもった元素が安定しているのでしょうか。考えてみよう。</p>	
<p>1 原子核とエネルギー</p> <p>A 原子核の質量欠損 原子核は陽子と中性子から構成されているから、原子核の質量は陽子と中性子の質量の和に等しいはずである。しかし、実際にはどの原子核でも、ばらばらに存在する陽子や中性子を集めたものよりもおよそ1/100だけ軽くなっている。この質量の差を質量欠損という（図10-1）。</p>	
<p>B 原子核の結合エネルギー アインシュタインの理論によれば、質量とエネルギーは互に変換することができるものであり、質量がm [kg]だけ減少すると、</p> $E = mc^2 \quad (c \text{は光速で、} 3.00 \times 10^8 \text{ m/s})$ <p>のエネルギーE [J]が放出される。この考えに基づいて質量欠損をエネルギーの単位で表したものを、原子核の結合エネルギーという。いいかえれば、原子核の結合エネルギーとは、陽子や中性子（これらを核子という）が何個かまとまって原子核をつくるときに放出されるエネルギーである。</p>	
<p>問1 陽子1個と中性子1個の質量はそれぞれ1.0073 u、1.0087 u（uは統一原子質量単位）で、ヘリウム⁴Heの原子核1個の質量は4.0015 uである。⁴Heの質量欠損は何uか。</p>	
<p>図10-1 質量欠損</p>	
<p>① p. 50 参照</p>	
<p>2 原子核の安定性 p. 231 原子核の結合エネルギーをその原子の質量数で割ったものを、1核子あたりの結合エネルギー</p>	

<p>一という。</p> <p>1 核子あたりの結合エネルギーの大きい原子核ほど、陽子と中性子から原子核ができるときに、多くのエネルギーを放出していると考えられるので、より安定した原子核であるといえる。</p> <p>図 10-2 は、1 核子あたりの結合エネルギーと質量数との関係を示している。</p>	
<p>図 10-2 1 核子あたりの結合エネルギーと質量数との関係 注 結合エネルギーの単位は MeV で表してある。1 MeV は 10^6 eV (100 万電子ボルト) である。1 eV (1 電子ボルト) とは、電子 1 個を 1 V の電圧で加速したとき電子の得るエネルギーの大きさをいう。 10^6 eV = 1 MeV = 1.60×10^{-13} J また、MeV と u との関係は、$1 u = 931$ MeV である。</p>	
<p>2 節 放射性物質 p. 232</p> <p>この節で学ぶこと 放射線・放射能・放射性物質などのことばをよく耳にする。ここでは、これらがどのようなものであるか学ぶ。</p>	
<p>INTRO 放射性物質・放射線・放射能 放射性物質とはどのような物質で、どこに存在するのか。放射線にはどのような種類があるのだろうか。また、放射能とはどういうもののことをいうのだろうか。</p>	
<p>1 放射線</p> <p>A 自然界の放射線 地球には、宇宙から宇宙線とよばれる放射線が降りそそいでいる。また、地球上の岩石などに含まれる元素の中にも、^{40}K のように、放射線を出すものがある。このように、われわれの生活する自然界には、目にみえない放射線が存在するこれらを自然放射線という。</p>	
<p>Experiment 10-1 自然放射線を観察する</p> <p>① 透明な箱の内側にスポンジ付きテープをはり、箱の底に黒い紙を敷く。</p> <p>② 黒い紙の上に線源（放射線源）を入れる。</p> <p>③ スポンジにエタノールを十分しみ込ませてから、箱に透明なふたをする。</p> <p>④ 箱をドライアイスの上に乗せ、横から光を当ててみる。⑤放射線が通過したあとにできる白い霧の線を上から観察する。</p> <p>注 線源としては、サマルスキー石やユークセン石、または花こう岩質の乾燥した砂を用いる。</p>	
<p>B 放射線の種類 1896 年、ベクレルは、ウランの化合物から目にみえない放射線が出ているのに気がついた。ベクレルの発見した放射線は、ラザフォードやキュリーらの研究により、物質に対する透過力に違いのある 3 種の放射線からなっていることがわかり、それぞれ α 線・β 線・γ 線と名付けられた。</p> <p>α 線・β 線・γ 線のうち透過力は α 線が最も小さく、γ 線が最も大きい (図 10-3)。</p> <p>また、これらを磁界中に通すと、その曲がる方向から、α 線は正電荷をもち、β 線は負電荷をもつことがわかる。γ 線は磁界や電界に影響されずに直進する (図 10-4)</p> <p>このような性質とその他の実験結果から、α 線は α 粒子 (ヘリウムの原子核) の流れ、β 線は電子の流れ、γ 線は X 線よりもさらに波長の短い電磁波であって、いずれも原子核から放出されることが明らかになった。なお、放射線にはこのほか、中性子や陽子、あるいは陽電子 (正電荷をもった粒子) の流れなどもある。</p> <p>原子核が放射線を放出する性質を放射能といい、放射能をもつ物質を放射性物質という。</p>	
<p>図 10-3 放射線の種類と透過力 p. 233</p>	
<p>図 10-4 放射線に及ぼす磁界の影響 γ 線は電荷をもたないので直進するが、α 線と β 線とは反対の方向に曲げられる。β 線の粒子は軽いので強く曲げられるが、α 線の粒子は重いのでわずかしか曲がらない。</p>	
<p>2 原子核の崩壊と核反応式 化学反応では、原子と原子の結合のしかたが変わり、それによって物質の性質も変わるが、原子核そのものは変化しない。</p> <p>ところが、原子核が放射線を放出すると、その原子核は別の種類の原子核になってしまう。このことを原子核の放射性</p>	

<p>崩壊（放射性壊変）またはたんに崩壊という。α 粒子の放出による原子核の崩壊を α 崩壊、電子の放出による崩壊を β⁻崩壊、陽電子の放出による崩壊を β⁺崩壊という。</p> <p>α 粒子はヘリウムの原子核${}^4_2\text{He}$であるから、α 崩壊を 1 回すると、もとの原子核は原子番号が 2、質量数が 4 減少する。たとえば、${}^{238}_{92}\text{U}$は、α 粒子を放出してトリウム${}^{234}_{90}\text{Th}$になる（図 10-5）。</p> ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He} \quad (10-1)$ <p>一般に、ある原子核が変化して他の種類の原子核に変わることを核反応（原子核反応）という。崩壊も一種の核反応である。核反応を表す式（10-1）のような式を核反応式という。</p> <p>式（10-1）の場合、質量数については $238 = 234 + 4$、原子番号については $92 = 90 + 2$ である。この例からもわかるように、一般に、核反応の前後で、質量数および原子番号（陽子の数）の和は、それぞれ変化しない。</p> <p>β 線は電子の流れである。電子${}^0_{-1}e^-$は中性子1_0nから放出され、同時に中性子は陽子${}^1_1p^+$に変わる。</p> ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p^+ + {}^0_{-1}e^-$ <p>したがって、β⁻崩壊を 1 回すると、原子核の質量数は変わらないが、原子番号が 1 増える。たとえば、タリウム${}^{206}_{81}\text{Tl}$の β⁻崩壊は、次式のようになる。</p> ${}^{206}_{81}\text{Tl} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^0_{-1}e^-$ <p>α 崩壊や β⁻崩壊をする際には、γ 線が放射されることが多いが、γ 線を放射しても原子核の原子番号や質量数は変化しない。</p> <p>原子核を原子番号および質量数をもとにして区別したとき、一つひとつを核種といい、崩壊の際に核種の変化（表 10-1）が起こる。放射能をもっている核種を放射性核種という。</p>	
<p>図 10-5 ${}^{238}_{92}\text{U}$の崩壊</p>	
<p>表 10-1 崩壊にともなう変化</p>	
<p>3 崩壊系列 p. 235 図 10-6 に示すように、${}^{238}_{92}\text{U}$は次々に α 崩壊または β⁻崩壊を繰り返して、やがて安定な${}^{206}_{82}\text{Pb}$になる。この系列に属するすべての原子核の質量数は、$4n + 2$（n は正の整数）である。この崩壊の系列をウラン系列という。</p>	
<p>参考 このほかに、質量数が $4n$ のトリウム系列、$4n + 3$ のアクチニウム系列がある。$4n + 1$ の系列は天然には存在しない。</p>	
<p>問 2 ${}^{226}_{88}\text{Ra}$が崩壊して${}^{206}_{82}\text{Pb}$となる場合、α 崩壊と β⁻崩壊をそれぞれ何回ずつ行うか。</p>	
<p>問 3 次の核種が、() の中に示す形式の崩壊をしたときの核反応式を書け。 ${}^{235}_{92}\text{U}$, ${}^{201}_{83}\text{Bi}$ (α 崩壊) ${}^3_1\text{H}$, ${}^{24}_{11}\text{Na}$, ${}^{83}_{35}\text{Br}$ (β⁻崩壊)</p>	
<p>図 10-6 ウラン系列の崩壊のようす</p>	
<p>4 放射性核種の半減期 p. 236 放射性核種の放射能は、時間の経過につれて減少する。ある放射性核種の原子核が十分に崩壊して減少し、最初の数の半分になるまでの時間を半減期といい、放射性核種によりそれぞれ一定の値をもつ。</p> <p>${}^{226}_{88}\text{Ra}$の半減期は 1600 年である。その減少のようすを、図 10-7 に示す。</p> <p>天然の元素は、一般に何種類かの同位体（核種）の混合物である。</p> <p>たとえば天然のカリウムは、${}^{39}_{19}\text{K}$が 93.2581 mol%、${}^{40}_{19}\text{K}$が 0.0117 mol%、${}^{41}_{19}\text{K}$が 6.7302 mol%の 3 種類の同位体の混合物である。${}^{40}_{19}\text{K}$は弱い放射能をもっていて 1.277×10^9 年という長い半減期で崩壊する。${}^{40}_{19}\text{K}$のような、放射能をもっている同位体を放射性同位体（ラジオアイソトープ、RI）または放射性核種という。</p>	
<p>図 10-7 ${}^{226}_{88}\text{Ra}$の崩壊と半減期</p>	
<p>問 4 ${}^{25}_{11}\text{Na}$は β⁻崩壊をし、半減期は 1.0 分である。生成する核種を式で示せ。また、5.0 分後の${}^{25}_{11}\text{Na}$の放射能の強さはもとの何分の 1 になるか。ただし、放射能の強さは、放射性核種の原子核の数に比例するものとする。</p>	
<p>5 人工放射性核種</p>	<p>「天然に存在する核種は、${}^{40}\text{K}$, ${}^{238}\text{U}$, ${}^{232}\text{Th}$ など少数の</p>

<p>天然に存在する核種は、^{40}K、^{238}U、^{232}Thなど少数のものを除いては放射能をもっていない。しかし現在では、粒子加速器や原子炉を利用して、いろいろな人工放射性核種（人工放射性同位体）が多量につくられていて、医療や化学の研究、食品保存など幅広い分野で利用されている。</p>	<p>ものを除いては放射能をもっていない」とありますが、放射能をもつ天然の放射性核種は数多く発見されているので、例えば、「天然に存在する核種は、^{40}Kなど10種類以上発見されており、^{238}U、^{232}Thは壊変してそれぞれ二次放射性核種を生成する。また、宇宙線によって^{14}Cなどの放射性核種が10種類以上常に生成されている」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>3節 放射線の測定と利用 p. 237 この節で学ぶこと α線・β線・γ線・X線などの放射線は、医療や工業などのさまざまな分野で利用されているが、取り扱いには注意が必要である。ここでは、放射線の取り扱いについて学ぶ。</p>	
<p>INTRO 放射線の扱い方 私たちの体で感じることでできない放射線の測定には、どのような種類の検出器が使われているだろう。また、私たちの生活の中で放射線の特徴がどのように利用されているか調べてみよう。</p>	
<p>1 放射線の測定 放射線が物質に及ぼす作用を利用して、放射線を検出し、またその種類などを知ることができる（表10-2）。放射線の検出器（測定器）には、電離箱・GM計数管（ガイガー-ミュラー計数管）・シンチレーション計数器・半導体検出器・フィルムバッジなどがある。</p> <p>放射線の強さは、単位時間に崩壊する原子核の数で表す。毎秒1個の原子核が崩壊するときの放射能を、1ベクレル（単位記号 Bq）という。人体が受けた放射線の影響を考えるとときには、照射線量・吸収線量・線量当量などの値が用いられる。照射線量の単位はクーロン毎キログラム（単位記号 C / kg）である。吸収線量の単位としてはグレイ（単位記号 Gy）が用いられる。同じ吸収線量でも放射線の種類によって影響が異なるため、放射線防護の目的には線量当量という値が用いられ、その単位はシーベルト（単位記号 Sv）である。</p>	<p>「フィルムバッジ」とありますが、現在は「ガラスバッジ」が多く使われています。</p>
<p>表 10-2 放射線の作用と検出器</p>	
<p>① 従来は放射線の強さの単位にはキュリー（単位記号 Ci）が用いられていた。1 Ci は、毎秒 3.7×10^{10} 個の原子核が崩壊するときの放射能である。すなわち、$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$ である。</p> <p>② 従来はラド（単位記号 rad）が用いられていた。1 rad = 0.01 Gy である。</p> <p>③ 線量当量 = 吸収線量 × 線質係数 × 修正係数 線質係数は、α線では20、β線とγ線では1とする。修正係数は、現在のところ1という値が用いられている。</p>	
<p>2 放射線の利用と防護 p. 238 A 線源利用 放射性同位体（RI）から放出されたβ線やγ線が物体によって吸収または反射される現象を、計測や検査に利用することができる。</p> <p>厚さ計 図10-8 (a), (b) に示すように、透過形厚さ計と反射形厚さ計とがあり、前者は測定精度ですぐれているが、線源と検出器とを互いに被測定物の反対側に置かなければならない欠点がある。</p> <p>厚さ計の具体的な応用例としては、鉄板を圧延しながら連続的に厚さを測定する装置や、積雪量の自動測定器などがある。</p> <p>硫黄計 石油製品中の硫黄の含有量を測定するために用いられる。γ線が硫黄によく吸収されることを利用している。</p> <p>液面計 タンク内の液面の高さを知る方法の一つである（図10-9）。</p> <p>非破壊検査 金属や合成樹脂などの構造物の内部欠陥の検査には、X線より透過力の強いγ線を用い、透過したγ線を、写真にとったり、検出器で検出したりする。</p>	
<p>B トレーサーの利用 放射性同位体（RI）を、ある物質の中に混入させるか、または化合物中の成分元素として化合させ、それが放出する放射線を測定し、動きを追跡する方法をトレーサー法という（図10-10）。</p> <p>トレーサー法は、動物や植物の体内における元素の移動を調べたり、化学反応の機構を調べるほか、医学・農業化学工業・</p>	

環境など広い範囲に利用されている。	
図 10-8 厚さ計	
図 10-9 液面計	
図 10-10 PET/CT 装置 (がんの検査に使われる)	
① このような検査方法をラジオグラフィ (radiography) という。	
<p>C 照射利用 p. 239 放射線は、一般に非常に高いエネルギーをもつので、原子や分子をイオン化したり、エネルギー状態を高めたりすることができる。そのような原子や分子は、物質の性質を変えたり、化学反応を促進したりする。</p> <p>品種改良 農作物に放射線を当てて遺伝子を変化させ、人為的に突然変異を起こさせる。この方法によって、冷害に強い米や栄養価の高い小麦、病気や害虫に強い大豆など品種の改良が作り出されている。</p> <p>ポリエチレンの強化 ポリエチレンに放射線を照射すると、水素と炭素の結合の一部が切れ、炭素どうしが結びつく (図 10-11)。この橋かけ反応により、ポリエチレンの線状の分子が立体的な網状構造をもつようになる。その結果、薬品や高い温度にも耐えるようになる。</p> <p>放射性同位体の利用法としては、これらのほかにも、害虫を放射線で不妊化して駆除する方法、じゃがいもなどの発芽防止、医療器具の滅菌、がんの治療など、いろいろな例がある。</p>	
<p>D 放射線からの防護 放射線の人体への影響を少なくするには、放射線からの防護が必要である。X 線発生装置や放射性同位体を取り扱う技術者は、とくに細心の注意を払う必要がある。放射線からの防護では、放射線を受ける時間を短くすること、線源から遠ざかること (図 10-12)、および線源を遮蔽することが大切である (図 10-3)。</p>	
図 10-11 ポリエチレンの橋かけ反応のモデル	
図 10-12 原子炉格納容器内部調査装置の遠隔操作訓練のようす	
問 5 放射線源を用いて積雪量を測定したい。線源と測定器をどのように用いればよいかを考えて図示せよ。	
問 6 放射線源を用いる液面計で、図 10-9 以外の形式のものを考えてみよ。	
① 放射線業務従事者の線量限度は 100 mSv / 5 年 (ただし 50 mSv / 年を超える年があってはならない)、一般の人は 1mSv / 年に制限されている (国際放射線防護委員会 2007 年勧告による)。	
<p>4 節 原子核エネルギーの利用 p. 240</p> <p>この節で学ぶこと 原子核エネルギーは、どこから、どのようにして放出され、どのような問題をともなっているのかについて学ぶ。</p>	
<p>INTRO 原子核エネルギーの利点・注意点 1942 年アメリカのシカゴ大学で、世界ではじめての原子炉が築かれた。現在の原子核エネルギーを利用した原子力発電には、使用する上でどのような注意点や、利点があるのだろうか。</p>	
<p>1 核分裂と核融合</p> <p>A 核分裂 ウラン ^{235}U の原子核は、中性子が衝突すると、これを吸収して不安定な原子核となり、2 個以上の原子核に分裂する。このような核反応を核分裂という。</p> <p>^{235}U は、核分裂の際に多量のエネルギーを放出すると同時に、2~3 個 (平均して 2.47 個) の中性子を放射する。この中性子は高速中性子とよばれ、^{235}U の核分裂を起こしにくい、減速材を通過させると速度の遅い中性子 (熱中性子) となり、容易に別の ^{235}U 原子核に吸収されて、それを分裂させることができるようになる。この核反応は、一つの核分裂が次の核分裂の原因となって、次々に核分裂が進んでいく連鎖反応である。</p> <p>^{235}U のように、連鎖反応で核分裂を起こすことのできる物質は、少量で大量のエネルギーを得ることができるので、核燃料として原子力発電などに用いられる。</p>	
<p>例題 1 ^{235}U が 1 個の中性子を吸収して核分裂し、^{140}Xe、^{94}Sr および 2 個の中性子を生じると仮定する。1kg の ^{235}U が完全に核分裂したときに放出するエネルギーを、図 10-2 の 1 核子あたりの結合エネルギーを用いて計算せよ。また、石油 1 kL の</p>	

<p>発熱量（燃焼熱）を約 3.9×10^7 kJ とした場合、それは石油約何 L の発熱量に相当するか。</p> <p>解答 p. 241</p> <p>図 10-2 から、各原子の原子核の結合エネルギーは、 ^{140}Xe $8.2 \times 140 = 1148$ [MeV] ^{94}Sr $8.6 \times 94 = 808$ [MeV] ^{235}U $7.5 \times 235 = 1763$ [MeV]</p> <p>ゆえに、^{235}U 原子核 1 個あたり放出するエネルギーは、 $(1148 + 808) - 1763 = 193$ [MeV]</p> <p>1 kg の ^{235}U 原子の数は、$6.02 \times 10^{23} \times 1000 / 235$ 個である。 したがって、放出するエネルギーは、 $193 \times 6.02 \times 10^{23} \times 1000 / 235 = 4.94 \times 10^{26}$ [MeV]</p> <p>また、1 MeV = 1.60×10^{-13} J だから、 $4.94 \times 10^{26} \times 1.60 \times 10^{-13} = 7.90 \times 10^{13}$ [J] = 7.90×10^{10} [kJ]</p> <p>これを石油の発熱量に換算すると、 $7.90 \times 10^{10} / 3.9 \times 10^7 = 2.0 \times 10^3$ [kL]</p> <p>すなわち、石油約 2000 kL（ドラム缶で約 1 万本）の発熱量に相当する。</p>	
<p>B 核融合 ^1H や ^2H などの軽い原子核を非常に高い温度および圧力にすると、いくつか集まって重い原子核に変化させることができる。その反応を核融合といい、その際に莫大なエネルギーを発生する。</p> <p>たとえば、核分裂の連鎖反応で核爆発を起こさせたときの 10^7 K 程度の超高温では、次のような核融合が起こる。</p> $^6\text{Li} + ^2\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + ^4\text{He}$ <p>一方、超高温・超高压の状態を人工的に作り、核爆発によらない制御された核融合で大きなエネルギーを取り出す研究が、現在各国で行われている。その反応の例は、次のようなものである。</p>	
<p>① 核分裂の連鎖反応が短時間に起こり、多量のエネルギーが一時に放出されること。 ② 太陽のエネルギーはこれにあたる。</p>	
<p>問 7 ^3H と ^2H とが核融合して、ヘリウム原子核 ^4He をつくる核反応がある。この核反応式を書け。 p. 242</p>	
<p>2 原子炉</p> <p>A 原子炉の原理 原子炉は、核分裂のときに発生する熱エネルギーを、冷却材（液体や気体）を使って取り出す装置である。</p> <p>原子炉が成り立つためには、核分裂反応が絶対に暴走しないことが必要で、いかにすれば適切な制御ができなければならない。</p> <p>図 10-13 は、原子炉の構造を原理的に示したもので、中心部には、核燃料と制御棒とが交互に入れてある。</p>	<p>図 10-13 は加圧水型原子炉の模式図と思われる。このページの見開きページ右側に 2 つの原子炉の種類が示してあること、次ページには沸騰水型の原子炉のしくみが示してあることを考えると、図 10-13 は加圧水型原子炉の模式図など、沸騰水型か加圧水型かをきちんと書いてもよいのではないか。</p>
<p>●1. 核燃料 原子力発電用の原子炉に使われている核燃料には、天然ウランと低濃縮ウランの二つがある。天然ウランは、^{234}U 0.0054 mol%，^{235}U 0.7204 mol%，^{238}U 99.2742 mol% の混合物であるが、低濃縮ウランは ^{235}U の割合を 2~4 mol% に高めてある。核燃料は、ウランの単体（金属）を用いることもあるが、おもに酸化物にして用いられる。</p>	
<p>●2. 減速材 減速材は、高速中性子を減速して熱中性子とするための物質で、中性子を吸収することなく、1 回の衝突によって、中性子の運動エネルギーをなるべく小さくするような原子を含む物質を用いる。これには、軽水（ふつうの水）や重水、または黒鉛などが用いられる。 p. 243</p>	
<p>●3. 制御棒 ^{235}U の原子核 1 個の核分裂により 2~3 個の中性子が放出されるが、仮に 1 回の核分裂で生じた中性子のうち、2 個が必ず次の核分裂で使われるとすると、核分裂する原子の数は 2 倍、4 倍、8 倍、…と増え、ついには制御できなくなる</p>	

<p>おそれがある。連鎖反応を制御して一定の速さで継続させるには、一回の核分裂で生じた中性子のうちの個だけが、次の核分裂を引き起こすようにすればよい。この目的で不要な中性子を吸収制御棒を用いる。制御棒としては、熱中性子をよく吸収するホウ素やカドミウム、あるいはこれらの合金や化合物が用いられる。</p>	
<p>●4. 冷却材 冷却材は、炉内で発生した熱を炉外へ取り出すための液体または気体であって、熱容量と熱伝導率が大きいこと、中性子を吸収しないこと、粘性が小さいこと、さらに、腐食性がないことなどが要求される。 軽水・重水・融解状態のナトリウムなどの液体や、ヘリウム・空気二酸化炭素などの気体が用いられる。</p>	
<p>●5. 遮蔽材 遮蔽材は、炉内の高温を遮蔽し、さらに中性子や γ 線が外部へ漏れるのを防ぐための材料であって、重金属や特殊なコンクリートを用いる。</p>	
<p>B 原子炉の種類 原子炉は、核燃料・冷却材減速材の種類、使用目的などにより分類される。 原子炉のうち、発電などの熱源として利用される原子炉や船舶推進用の原子炉などは、動力炉といわれることがある。原子炉は、動力用以外にも研究・実験用、線源利用のためのものなどが、使用目的に応じて開発されている。 また、減速材として軽水を用いる原子炉は、軽水炉といわれる。</p>	
<p>●1. 沸騰水型原子炉 軽水炉の一種で、炉内で沸騰して生じた高温高压の水蒸気をそのままタービンに送り、発電機を回転させる（図 10-14）。 原子炉の大きさは、あとで述べる加圧水型に比べて大きい、炉内の圧力は加圧水型の約半分（7 MPa 程度）である。したがって、圧力容器の構造は加圧水型より簡単であるが、タービンを回転させる水蒸気が炉内を循環しているため、これが放射能をもっていること、炉内で水が沸騰するので炉内の状態が複雑であることから、高度な制御の技術が必要とされる。</p>	
<p>② 重水と区別するために、ふつうの水を軽水とよぶ。 ② 現在、日本にある発電用原子炉の半数以上は沸騰水型である。</p>	
<p>●2. 加圧水型原子炉 これも軽水炉の一種であるが、軽水を第 1 次冷却水として炉内に充満させ、生じた高温・高压の水を炉外の熱交換器（蒸気発生器）に導いて第 2 次冷却水に熱を伝える。第 2 次冷却水は、高温・高压の水蒸気となってタービンに送られ、発電機を回転させる。この形式の原子炉は、運転が安定しており、タービンに送られる水蒸気は放射能をもたないという利点があるが、熱効率は沸騰水型より低い。 p. 244</p>	
<p>C 原子炉の安定性 東京電力福島第一原子力発電所は地震によって停止したが津波によって電源を失ったことなどにより原子炉を冷却できず、原子炉圧力容器が破損して大量の放射性物質が環境中に放出された。国の原子力規制委員会では、重大事故対策の強化や、最新の技術的知見を既存の原子力施設にも義務づけるなど、原子力発電の安全性を高める取り組みが行われている。</p>	
<p>D 放射性廃棄物の処理 原子炉に関する安全性のもう一つの側面は、放射性廃棄物の処理に関する問題である。原子炉の内部では、運転にともなって大量の放射性物質が生じるが、それが環境に放出されないように、安全な場所に密閉された状態で保管されなければならない。このことは世界的に大きな課題となっている。 放射性廃棄物は、低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物に大別できる。比較的放射能の弱い低レベル放射性廃棄物は、セメントやアスファルトで固化してドラム缶などに詰め、コンクリートピットに収納し、砂などを充てんして埋められる。放射能の強い核種や長寿命の放射性核種を含む高レベル放射性廃棄物については、ガラス原料とともに融解して固化し、丈夫な金属容器に入れて保管する。さらに将来は、深さ数百 m 以上の安定した地層へ埋設することが考えられている。</p>	<p>高レベル放射性廃棄物の処理・処分の問題について言及している点は高く評価できると考えます。ただし、見出しと本文中の「処理」は「処理・処分」とするのがより適切と考えます。</p>
<p>図 10-14 沸騰水型原子炉のしくみ</p>	
<p>STC 炭素 14 による年代測定 p. 246 1960 年にノーベル化学賞を受賞したシカゴ大学の物理化学者ウィラード・フランク・リビイ (W.F.Libby, 1908~1980) は 1940 年代に炭素 14 年代測定法の手法を確立した。 炭素 14 ^{14}C は、大気中の窒素原子核が宇宙線に含まれる中性子と核反応を起こして生成する。 $^{14}\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}\text{C} + ^1_1\text{H}$</p>	

<p>そして、β 線を出して消滅して再び窒素に戻る。</p> $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + {}^0_0\text{e}^- \text{ (}\beta^- \text{崩壊)}$ <p>この生成量と消滅量がつり合っているので地球上の炭素 14 の濃度はほぼ一定になっている。</p> <p>植物は大気から二酸化炭素になった炭素 14 を取り込み、動物はその植物から炭素 14 を取り込む。</p> <p>動植物は大気から放射性的炭素 14 を取り込み排出するが、生きている間は大気と同じ濃度の炭素 14 をもつ。生命の活動が停止すると、炭素 14 の取り込みがなくなり、それ以降、炭素 14 は β^- 崩壊して減少していくので、炭素 14 の濃度を測定すれば生命が終わってから経過した時間がわかる。</p> <p>炭素 14 の半減期は 5730 年であり、数万年の年代測定ができるので、炭素 14 年代測定法は使われている木材などから遺跡の年代を推測する際に欠くことのできない技術である。</p>	
<p>課題 上記の測定法について、図などにまとめて理解を深めよう。また、法隆寺などに使われている年代測定法についても調べて比較してみよう。 【写真】法隆寺（奈良県）</p>	

第4章 調査の記録

1. 会議等開催記録

本調査に関して、原子力学会教育委員会教科書調査ワーキンググループ(調査担当者)を置き、幹事会議をオンラインにて開催し、随時メールで担当者間の意見交換を行って調査を進めた。また、教育委員会に活動を報告しつつ調査を進めた。

令和3年11月25日(木)第1回教科書調査幹事会議

調査および解析の方針について意見交換を行い、調査の分担、作業スケジュールなどを決めた。

令和4年1月21日(金)第2回教科書調査幹事会議

調査結果の解析・意見交換を行い、報告書の取りまとめ案の作成を行った。

令和4年2月3日(木)第3回教科書調査幹事会議

調査結果の解析・意見交換を行い、報告書の取りまとめ案の改定、執筆分担を行った。

令和4年4月6日(水)第4回教科書調査幹事会議

調査結果の解析・意見交換を行い、報告書の取りまとめを行った。

2. 教科書調査担当者および教育委員会委員

教科書調査担当者 *教科書調査WG主査

: 技術士(原子力・放射線部門), (公社)日本技術士会員

委員氏名	所 属
杉本 純	元京都大学*
岡田 往子	東京都市大学
笠井 重夫 #	元(株)東芝, 技術士事務所ヤサキ
栢 真理	(国研)日本原子力研究開発機構
菊池 裕彦 #	三菱重工業(株)
木藤 啓子	(一社)日本原子力産業協会
櫻井 俊吾 #	元(株)東芝電力システム社
羽澄 大介	名古屋市立西前田小学校
松永 一郎	(一社)日本原子力学会シニアネットワーク連絡会

芳中 一行 #	(国研)日本原子力研究開発機構
若杉 和彦	(一社)日本原子力学会シニアネットワーク連絡会
若林 源一郎	近畿大学

調査協力	(株)科学新聞社(安藤仁)
------	---------------

教育委員会委員

委員氏名	所 属
池田 伸夫	九州大学 (委員長)
林 巧	(国研)量子科学技術研究開発機構 (副委員長)
岡田 融	東京電力ホールディングス (株)
日高 昭秀	(国研)日本原子力研究開発機構
宇埜 正美	福井大学
金川 説子	三菱重工業(株)
木藤 啓子	(一社)日本原子力産業協会
高田 英治*	富士電機(株)
高田 英治**	国立高等専門学校機構
藤原 充啓	東北大学
矢野 隆	(株)J ライフ・システム
湯口 康弘	東芝エネルギーシステムズ(株)
吉田 克己	東京工業大学
吉田 拓真	日立 GE ニュークリア・エナジー(株)
芳中 一行	(国研)日本原子力研究開発機構
吉橋 幸子	名古屋大学
若林 源一郎	近畿大学
神野 郁夫	京都大学 (特別委員)
新堀 雄一	東北大学 (特別委員)
山岡 聖典	岡山大学 (特別委員)

(*と**は別人)

3. これまでに公表した報告書

- 1) 「初等・中等教育における「エネルギー」の扱いと高等学校学習指導要領に関する要望書」平成8年5月 日本原子力学会
- 2) 「参考資料高等学校教科書の中の原子力に関する不適切な記述例」45 平成8年5

月 日本原子力学会

- 3) 「参考資料高等学校, 中学校教科書の中の原子力に関する不適切な記述例」平成 16 年 12 月 日本原子力学会
- 4) 「初等等・中等教科書および学習指導要領におけるエネルギー・原子力の扱いに関する要望書」平成 17 年 8 月 日本原子力学会
- 5) 「新学習指導要領に基づく小中学校教科書のエネルギー関連記述に関する提言」平成 21 年 1 月 日本原子力学会
- 6) 「新学習指導要領に基づく高等学校教科書のエネルギー関連記述に関する提言」平成 22 年 1 月 日本原子力学会
- 7) 「新学習指導要領に基づく小学校教科書のエネルギー関連記述に関する調査と提言」平成 23 年 1 月 日本原子力学会
- 8) 「新学習指導要領に基づく中学校教科書のエネルギー関連記述に関する調査と提言」平成 24 年 3 月 日本原子力学会
- 9) 「新学習指導要領に基づく高等学校教科書のエネルギー関連記述に関する調査と提言」平成 25 年 3 月 日本原子力学会
- 10) 「新学習指導要領に基づく高等学校教科書の原子力関連記述に関する調査と提言」平成 27 年 3 月 日本原子力学会
- 11) 「新学習指導要領に基づく中学校教科書の原子力関連記述に関する調査と提言」平成 28 年 6 月 日本原子力学会
- 12) 「新学習指導要領に基づく高等学校教科書のエネルギー・環境・原子力・放射線関連記述に関する調査と提言ー地理歴史科・公民科の調査ー」平成 29 年 6 月 日本原子力学会
- 13) 「高等学校理科教科書のエネルギー・環境・原子力・放射線関連記述に関する調査と提言ー科学と人間生活・物理基礎・物理の調査ー」平成 30 年 7 月 日本原子力学会
- 14) 「高等学校の地理歴史, 公民教科書のエネルギー・環境・原子力関連記述に関する調査と提言ー世界史, 日本史, 地理, 現代社会, 倫理, 政治・経済教科書の調査ー」2019(令和元)年 6 月 日本原子力学会
- 15) 「新学習指導要領に基づく小学校社会・理科教科書のエネルギー・原子力関連記述に関する調査と提言」2020 (令和 2) 年 6 月 日本原子力学会
- 16) 「新学習指導要領に基づく中学校教科書のエネルギー・環境・原子力・放射線関連記述に関する調査と提言ー社会, 理科, 保健体育, 技術・家庭の調査ー」2021 (令和 3) 年 7 月 日本原子力学会

【平成 21 年 1 月以降の報告書は日本原子力学会の下記 URL で閲覧できます】

https://www.aesj.net/committee/permanent/educational_committee

【本報告書に関する問合せ先】日本原子力学会教育委員会(日本原子力学会事務局)

<https://www.aesj.net/>

最後に

本調査を実施中の 2022 年 2 月 24 日、ロシア軍はウクライナを侵攻し、廃炉になったチェルノブイリ原子力発電所を占拠するとともに、3 月 4 日には、運転中の商業用原子力発電所であるザポリージャ原子力発電所を史上初めて軍事攻撃して制圧しました。日本原子力学会は 3 月 4 日に「この攻撃に対し非難するとともに、直ちに攻撃を停止し原子力発電所の安全が確保されるよう求めます。」との声明を発表しています。ロシアはエネルギー輸出大国であることから、原子力発電所の安全は言うまでもなく、我が国を含む諸外国のエネルギー安全保障にも影響を及ぼし得る大事件ですが、6 月末の時点では、不確実なことが多いため、教科書調査ワーキンググループでは今後も注視して行きたいと考えます。