

国際原子力人材育成イニシアティブ  
機関横断的な人材育成事業

放射線教育に関するオンライン  
双方向学習システム

平成 28 年 3 月

一般社団法人  
日本原子力学会  
「放射線教育」特別専門委員会



# 「放射線教育に関するオンライン双方向学習システム」報告書

## 目次

1. 概要
2. 本学習システムが対象とする利用者
  - 2.1 対象とする利用者について
    - (1) 学習システム対象者案
    - (2) 内容に応じた区分案(入門コース・習熟コース・発展コース)
  - 2.2 高等教育課程での活用
    - (1) 大学教職課程学生への原子力・放射線教育の現状
    - (2) 大学教職課程学生への本学習システムの活用
    - (3) 大学の教育課程での本学習システムの活用
  - 2.3 海外展開
3. ICTを活用した教育に関する今後の見通し
  - 3.1 学校教育における双方向学習
  - 3.2 今後の展開と導入時期
    - (1) ICT化の目標:2020年度に1人1台の情報端末活用
    - (2) ICTを活用した教育の多様性への対応
    - (3) ICTを活用した教育実証事業
  - 3.3 想定すべき使用機材・使用環境
4. 想定するオンライン双方向学習システムのイメージ
  - 4.1 システムのイメージをつかむためのユースケース・シナリオ
    - (1) 入門コース(利用者として中学生を想定した場合)
    - (2) 習熟コース(利用者として教職文系大学生を想定した場合)
    - (3) 発展コース(利用者として理系大学生を想定した場合)
  - 4.2 平成32年(2020年)における実現性
5. 本学習システムに載せるコンテンツ
  - 5.1 放射線とは何か ― 放射線・放射能の特徴と基礎的な物性
    - (1) 太古の昔から存在する放射線
    - (2) 放射線とは
    - (3) 放射線の基礎知識
    - (4) 放射線測定器
  - 5.2 社会における放射線―現象、利用、エネルギー、環境、防災等
    - (1) 不思議な放射線の世界
    - (2) 放射線・放射能の歴史

- (3)放射線による影響
- (4)暮らしや産業での放射線利用
- (5)放射線の管理・防護・リスクコミュニケーション
- (6)事故関連(防災、風評被害、食品安全、モニタリング、除染等)

## 6. 現在の放射線教育の課題の分析

- 6.1 学校教育における課題
- 6.2 これまでの取り組みに対する課題

## 7. 課題解決の対応案

- 7.1 学校教育における対応案
- 7.2 本学習システム利用者に対するインセンティブ
- 7.3 コンテンツに求められる要素と具体例
- 7.4 他の組織等との連携

## 8. 原子力・放射線に関する双方向学習の実施例

- 8.1 北海道大学(北大)の講義配信システムと原子力・放射線教育
  - (1)工学系教育研究センターにおける大学院授業配信システム
  - (2)北海道地区教養教育連携事業向け講義配信システム
  - (3)一般人向けのオープン教材制作・公開
- 8.2 シニア原子力技術者と学生との双方向コミュニケーション活動
  - (1)シニア原子力技術者と学生との対話活動
  - (2)往復書簡
  - (3)原子力ヤングエリートとの対話

## 8.3 今後の課題

## 9. 今後の進め方

- (1)オンライン双方向学習システムのプロトタイプ試作
- (2)コンテンツ内容の充実化
- (3)プロトタイプ学習システムへのコンテンツの実装と教育環境での実証

- (1)参考資料
- (2)参考文献
- (3)付録「放射線教育」特別専門委員会 委員名簿

## 1. 概要

平成 23 年(2011 年)3 月 11 日の東日本大震災に続く福島第一原子力発電所の事故により、大量の放射性物質が環境に放出され数多くの住民が避難を余儀なくされることとなった。日本では 40 年程前に学習指導要領の中に放射線教育の記述がなくなったため、馴染みのない放射線に対する国民のリテラシーの欠如も一因となって、国民の間に放射能や放射線に対する不安が一気に広がった。さらに放射能や放射線に対する恐怖をいわずらに煽る言動も相まって、情報の混乱が生じてしまった。

このような状況の中で原子力技術や技術者への信頼が揺らいだ事などにより、原子力分野への若者の関心が低下することとなり、今後、原子力安全を担う技術者の育成・確保が一層重要になっている。原子力という分野は総合科学技術であり、今後の我が国の原子力科学技術向上のためには、エネルギー利用だけでなく、放射線の様々な分野での利用も含めて、「原子力・放射線」に対する科学的な知識と理解を高めることにより、将来この分野に携わる若者の裾野人口を拡げることが極めて重要である。

上記のような現状を考慮し、本事業では放射線等について『楽しく何時でも何処でも手軽に学べる』ような双方向性を持ったオンライン学習システムのフィージビリティを検討することを目的とする。大学や大学院で原子力・放射線分野を専攻する学生に対しては既にいくつかの大学でオンライン学習システムが活用されているため、本事業での学習システム利用対象者は、原子力・放射線リテラシーが十分でない原子力専攻以外の大学生や高等専門学校生、またこれから専攻を決める高校生とそれ以前の小・中学生並びにその教育者、保護者などとなる。

文部科学省では放射線教育カリキュラムの標準化に鑑み、小・中・高の各学習段階に応じて「放射線等に関する副読本」(以下、副読本)を作成しているため、本事業では副読本が取り上げている放射線、放射能並びに放射性物質に関する記述内容等を参考にして、入門コース、習熟コース、発展コースの 3 つの知識レベルで学習システムのコンテンツ作成を試みた。また、そのコンテンツを載せる学習システムについてその進むべき方向性を検討した。

具体的な作業としては、日本原子力学会(以下、本学会)に「放射線教育」特別専門委員会(委員数17名:付録参照)を新たに設置し、この学習システムのコンテンツとしてどのような素材が考えられるかを検討する「コンテンツ・ワーキンググループ」と、タブレット等のICT(情報通信技術)機器を使った学習システムの在り方について検討する「学習システム・ワーキンググループ」の 2 つのグループを設置し、それぞれの専門家の知識と経験を活用しながら、ICTを活用した教育の環境が飛躍的に整うであろう 2020 年頃においてどのような原子力・放射線リテラシー向上のためのオンライン双方向学習システムが考えられるかの検討を行った。

このような学習システムを開発することにより、

- ① 初等中等教育段階(小・中・高校生)の児童・生徒やその教員、保護者などの放射線に関する知識や理解が深まることによって、最終的には国民全体の原子力・放射線に関するリテラシーが向上すること
  - ② 大学や高等専門学校の理工系学科・専攻において、このオンライン学習システムを活用したカリキュラムや講義の充実化・高度化を図り、学生の原子力・放射線に関するリテラシーを向上させること
  - ③ 原子力・放射線に係る分野の業務をめざす高等専門学校生・大学生に必要な原子力・放射線に関する基礎知識を向上させ将来の原子力分野の人材育成を図ること
  - ④ 初等中等教育の理科や他の教科の教員を志望する学生がこの学習システムを活用することにより、原子力・放射線の知識を持った教員を育成すること
  - ⑤ 本事業の成果を国際貢献を目的のひとつとしている「原子力人材育成ネットワーク」に報告することにより、将来この学習システムを国際的な利用に供し原子力新規導入国の人材育成を支援すること
- などが期待される。

本報告書は全 9 章から構成されている。

第 2 章では人材育成の観点から利用対象者の知識レベルに応じて、入門コース、習熟コース、発展コースの 3 つのレベルに分け、それぞれのレベルにおける活用方法について検討した。また、海外での活用についても検討した。

第 3 章ではこの学習システムの活用が期待される ICT を活用した教育の今後の見通しについて調査を行うとともに、将来の ICT 教育の場で想定すべき使用機材・使用環境について検討した。

第 4 章では、第 2 章で検討した入門コース、習熟コース、発展コースの 3 つのレベルの利用対象者について、パソコンやタブレット等を用いたオンライン学習システムの設計をしている本学会の専門家の知識と経験を活用しながら、興味を持って積極的に学べるような双方向性を持ったオンライン学習システムとはどのようなものであるかを検討し、システムのあるべき姿の例を示した。

第 5 章ではそれぞれのレベルの利用対象者が興味を持って積極的に学べるような本学習システムに載せるコンテンツについて検討した。すなわち、副読本を参考にしつつ様々な機関から出されている放射線に関する情報をとり入れて、それらを分かり易くまとめることによって放射線に対する知識や理解を向上させ、その上で問題を解くことによって、さらに興味を深めるコンテンツを整備するための作業の方向を示した。

第 6 章では現在の放射線教育の課題の分析を行い、第 7 章でその課題解決の対応案を検討した。

第 8 章では本学習システムを作成した場合の試運用の場の例として、放射線に関する知識・情報について実際にオンラインで教育している大学や、学生や一般の方々と

実際に双方向コミュニケーションしている本学会の専門家の活動例について調査した。

第9章では本事業の今後の進め方を提案する。

## 2. 本学習システムが対象とする利用者

### 2.1 対象とする利用者について

#### (1) 学習システム対象者案

福島第一原子力発電所の事故以来、社会には放射線アレルギー、誤解、風評被害が広まり収まっていない。更に、我が国学生の原子力離れは深刻な状態となっている。具体的には、理・工・農学分野での学部学生は平成11年度をピークとして減少しており、原子力専攻以外の学生の原子力離れ、原子力専攻学科への志望者の減少が生じている。就職面においても原子力業界への関心度が大きく低下している。

これらを解決するには、まず、専攻学科を決める高校生とそれ以前の小・中学生並びにその教職員、保護者を含む一般社会人に放射線に対する科学的な知識を学んでもらうことが得策である。そのために作られた本学習システムは、エネルギー資源(原子力発電)との関連に限定せず、自然科学、宇宙誕生、原子、分子、自然放射線等幅広い学習内容で小・中学生から大学生を対象とし、双方向で学習させるものである。

#### (2) 内容に応じた区分案(入門コース・習熟コース・発展コース)

本学習システムの利用者は幅広いため、各々の理解力により学習内容のレベルに差を設ける必要があり、本学習システムを入門コース・習熟コース・発展コースの3コースに区分する。各々の区分に応じて想定した対象者は次の通り。

##### 1) 入門コース

初等中等教育段階の児童・生徒、初等中等教育段階の教職員、保護者を含む一般社会人を対象とする。初等中等教育段階の児童・生徒には、本学習システムを通じて基礎的な知識を学び理解することにより放射線に対する科学的リテラシーが養成されることを目的とする。

現状の中・高校における学習指導要領では、理科教育は「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の各分類に仕分けされており、このうち中学校理科第一分類「エネルギー」には学習指導要領の改定により約40年ぶりに「放射能」についての内容が組み込まれた(放射線の学習は昭和47年から実施された学習指導要領以来の復活)ものの、放射線授業は中学3年生の「エネルギー資源」で原子力発電との関連で取り扱われているのみで不十分である。

また、教職員に対しては、放射線に関する教育を受ける機会が少なかった教員に放射線を正しく理解し授業に役立てるための有意義な支援ツールを提供することを目的とする。

保護者を含む一般社会人に対しては、一般教養として放射線に関する基礎知識を学び原子力に対して正しい判断ができるようにすることを目的とする。

## 2) 習熟コース

前期高等専門学校生、大学生を対象とする。

習熟コースでは、本学習システムを通じて一般教育、教養教育としての公正、公平な理解力の養成、および技術面以外の社会的側面等も含む原子力・放射線概論の習得を目指す。

現状、電力会社や原子力関連企業に毎年相当数の高等専門学校生が就職しており、また、原子力産業界に関わる文系学科出身者が多数いることを考えると、彼らに対し原子力・放射線の持つ技術面、社会面、安全面、防災面、核セキュリティなど様々な側面についての学習機会を提供し、原子力・放射線を身近に考えられるようにすることを目的とする。

## 3) 発展コース

原子力及び放射線に関わる分野を目指す後期高等専門学校生、大学生を対象とする。

内容としては、習熟コースに盛り込んだ種々の側面を一層掘り下げることにより、学生が選択した学科・専攻分野において原子力・放射線との取り組み、有効活用を自ら考えられるようにすること、更には原子力工学を目指す学生のために原子力工学に必要な一般共通教育知識を与えることも目的とする。

上記を表で示すと次の通り。

コース名	対象者の知識レベル	コース内容レベル例
入門コース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初等中等教育段階(小・中・高校生)の児童・生徒</li> <li>・初等中等教育段階の教職員</li> <li>・保護者を含む一般社会人</li> </ul>	放射線に関する基礎知識
習熟コース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前期高等専門学校生</li> <li>・大学生</li> </ul>	原子力・放射線の技術面、社会面、安全面、防災面、核セキュリティ
発展コース	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力及び放射線に関わる分野を目指す後期高等専門学校生</li> <li>・大学生</li> <li>・原子力工学を目指す大学生</li> </ul>	放射線応用や倫理の基礎知識

## 2.2 高等教育課程での活用



### (1) 大学教職課程学生への原子力・放射線教育の現状

現在の初等中等教育現場の教員は、大学在学中の教職課程において理科系の教員が物理の講義で原子力・放射線に関する事項を学んでいた他は、社会科学系の講義において広島、長崎の住民が原子爆弾による被爆によって深刻な影響を受けたという程度の教育を受けていたにすぎない。

平成 20 年の学習指導要領の改定により中学校の理科教科書に放射線の性質と利用に関する記述が要求され、平成 24 年度から放射線を取り扱った教科書を用いた教育が始まった(参考資料1)。

一方、平成 23 年 3 月の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によって、大量の放射性物質の所外への放出による環境汚染が起り、多数の周辺住民の避難と合わせて農・水産物への影響もあり、国民は被ばくや健康への影響など多くの不安を持つにいたった。

初等中等教育の教員は、児童・生徒たちからこの事故や放射線に関する質問を受けることも多く、大学の教職課程でこれらに関する学習機会がなかった教員は適切な説明をする基礎知識が乏しく、また参考にできる資料の入手・選択などに困惑していたと聞くことも多い。

福島第一原子力発電所事故以後のこのような状況において、自ら放射線の資料を作成して授業したり、比較的簡単に放射線を可視化できる霧箱を作成する実験・実習や、放射線測定まで行っている熱心な教員もいる。このような活動を初等中等教育の教員全体に広げる支援のひとつとして、教職課程学生への原子力・放射線等の教育をより充実させることは喫緊の課題である。

### (2) 大学教職課程学生への本学習システムの活用

本学習システムの入門コースは、直接には初等中等教育段階の児童・生徒向けの放射線教育の充実を目標にしているが、もちろん現職の教員や教職を目指している大学生もこれを利用して放射線リテラシーを充実することが可能である。

すなわち、大学の教職課程にある学生が本学習システムを体験して、教職に就いたのちに教員として自信を持って原子力や放射線に関する正確で誤解がない説明をすることにより、生徒たちの興味、理解が深まることが期待される。また、我が国のエネルギーや原子力・放射線分野に興味を持ち、将来これに関する職業を選択する若年層が増え、優秀な原子力人材の育成と供給への寄与も期待できる。

### (3) 大学の教育課程での本学習システムの活用

本学習システムの習熟コースでは、文系・理系学生や高専学生の一般教育または共通教育としての公正、公平な理解力の養成、及び、技術面以外の社会的側面等も含む原子力・放射線概論の習得を目指す。

原子力を専攻する学生であっても、専門教育の前の共通教育の段階で本学習シス

テムを利用することで、放射線などについて基礎知識の整理・充実を図ることができる。

また、習熟コースは入門コースを終え、原子力・放射線への興味を深めて、さらに高度の学習をしたい初等中等教育段階の生徒が取り組むことも想定する。

本学会内に設置されたシニアネットワーク連絡会は各地の大学、高専で「学生との対話集会」を開催し、学生たちの原子力、放射線に関する理解促進活動を行っているが、この集会の開催前に本学習システムを紹介して学生に予習することを勧めて、集会時の話題とすれば学生の理解がより深まることが期待できる。

さらに、発展コースは、原子力及び放射線に関わる分野への就職を目指す原子力専攻ではない大学生、高専生などが、それぞれの学科・専攻分野で有効活用できるレベルとするが、原子力工学を専門とする課程に進む学生の共通教育等として放射線の利用と倫理を含むより幅広い総合的かつ基礎的な知識を与えることにも活用できる。

### 2.3 海外展開

アジア各国の我が国の中高校生向け教育プログラムに対する評価と期待は非常に大きい。将来的には本学習システム英訳版の作成と、各国の関係者によるその国の言語への翻訳版の作成により、原子力、放射線に関する理解が深まることが期待できる。これらの国々で優秀な原子力人材を育てることにより、我が国との技術交流を通じて双方の技術レベルアップにつながり、原子力の安全利用に資することができる。

文部科学省は放射線副読本を作成し、教員向けにその解説書も併せて作成して平成 23 年 10 月に全国に配布した。この副読本は、解説書も含めて日本原子力研究開発機構の人材育成センターによって英語版が作成され、国外にも紹介され非常に好評を得ている。その後、この内容を改定した新しい副読本も作成されているが、さらに事故についての教訓を反映させることや、放射線利用についての記述の要望もある。

国際原子力機関(IAEA)は「アジア／太平洋地域における持続性と国立原子力研究機関のネットワーク化の支援活動」のため、参加各国メンバーよりなる「中等科学教育パイロットプログラム策定会議」を設置し、これまで 3 回開催してきた。会議の目的は、原子力分野における長期人材育成を視野に入れ、魅力ある中・高校生向け教育プログラムを提示することである。

会議では、参加各国より収集された STEM(科学、技術、工学、数学)／NST(原子力科学技術)教育実施事例を参考にして、パイロットプログラム実施国(インドネシア、マレーシア、フィリピン、アラブ首長国連邦)がそれぞれ自国の事情に見合った教育パッケージを策定することとなった。

この会議において、日本人専門家が紹介した前述の放射線副読本の英訳版を含む日本の放射線教育支援教材は、教育支援ツールとして各国参加者に人気が高く、4ヶ国すべてが試験導入を決めた。そして、日本人専門家がこれらの教育支援ツール

を持って各国の教育現場に出前授業を実施するため、IAEA から公式に派遣されることとなった。

これらの授業においても将来本学習システム(英訳、現地語訳版)を使用することにより、さらに教育効果を上げることが期待できる。

### 3. ICTを活用した教育に関する今後の見通し

#### 3.1 学校教育における双方向学習

双方向性とは、メディア手法の例としてあげられることが多い。4 大マスメディアと言われるテレビ、新聞、雑誌・書籍、ラジオに加え、新たに注目されたのがインターネットなどの情報ネットワークの広がりがある。新聞、テレビ、雑誌など、紙媒体と言われている情報のやりとりは発信者から、読者・視聴者へと情報を流すだけの一方向的であった。しかしインターネットが普及すると、その流れが一方向性にとどまらず、受け手も参加し、自らの考えさらには意見や疑問などを交換しながら、双方向で情報のやり取りが容易となり、さまざまな情報が共有されるようになった。例えば Wikipedia では、書き込んだ情報について、他の誰かが加筆し、情報の確実性や精度が高まる特性がある。また、ソーシャル・ネットワーキング・サービス(SNS)によって、twitter や facebook などでは、個人による情報発信が可視化されやすくなったことで、友人・知人間、個人と組織間での情報発信によって、コミュニケーションを円滑にする手段や場が広がるようになった。そのような事から、インターネットの普及によって、「双方向性」の優位性や魅力が注目されたことで、広報メディアが大きく変化したと言える。

同様に、学校教育の場においても双方向型を意識した授業を取り入れるようになってきた。これまでの授業では、教員(指導者)による一方的な講義形式である知識伝授型、いわゆる一方向型授業が大半であった。しかし、平成 14 年度から実施した学習指導要領の改訂では、完全週 5 日制、「ゆとり教育」の中で「特色ある教育」を展開し、基礎的・基本的な内容を確実に身につけさせることはもとより、自ら学び自ら考える力などの「生きる力」をはぐくむことが、学習指導要領に盛り込まれた。

○学習指導要領のねらい(平成 14 年度)

- ①授業時数の縮減と教育内容の厳選
- ②個に応じた指導の充実
- ③体験的、問題解決的な学習活動の重視
- ④総合的な学習の時間の創設
- ⑤選択学習の幅の拡大

5 日制の導入によって授業数の縮減や「総合的な学習の時間」では、教科書などは使用せず教科の垣根を越えた課題に、国際理解や環境、福祉・健康など横断的・総合的な課題や地域や学校の特色に応じた課題について、学校の実態に応じた学習活動を行っている。これらの背景から授業などで取り込まれたのが、グループによる課題研究、ディベート、ディスカッションといった学生と教育職員や学生同士で課題に取

り組むコミュニケーションを主体とした双方向型授業が重視されるようになった。

この学習効果として、自ら学び自ら考える力の育成を基本とし、一人一人の個性を生かす教育を一層推進することが期待できる。また双方向型授業により、他人と協調しつつ自律的に社会生活を送っていくことのできる実践的な力、社会生活において実際に生かされる力、自分の課題を見つけ自ら考え課題を解決していくことの出来る資質、主体的な考えを築き上げるなどの効果も期待できる。

現在、中央教育審議会にて検討している学習指導要領の改訂において「アクティブ・ラーニング」を強く推進する方向性を打ち出されている。アクティブ・ラーニングは生徒の主体的・能動的な学習を引き出すことを目的にしており、生徒たちの知識・技能を定着させるだけでなく学習意欲を高める効果が期待されている。

以上によりディベートや課題研究など双方向コミュニケーションの重要性はさらに高くなるため、変化しつつある教育環境に合わせた双方型授業などを意識したデジタル教材などを提供する場が必要と考えられる。

### 3. 2 今後の展開と導入時期

#### (1) ICT化の目標:2020年度に1人1台の情報端末活用

教育におけるICT活用の基本方針について、文部科学省は、「ICTを活用した教育の推進に関する懇談会」報告書(中間まとめ)(平成26年8月)(参考資料2)のなかで次のように説明している。同省では、平成23年4月、『教育の情報化ビジョン』を公表し、①情報活用能力の育成、②教科指導における情報通信技術(ICT)の活用、③校務の情報化、の3つの側面を通して、教育の質の向上を目指すことを明確にしている。また、平成25年6月、国家戦略として閣議決定された『日本再興戦略』や『世界最先端IT国家創造宣言』においては、『2010年代中に1人1台の情報端末による教育の本格展開に向けた方策を整理し、推進する』こと等、ICTの活用による教育の推進が掲げられている。

他方、政府は、教育基本法に基づき、教育に関する国の総合計画を「教育振興基本計画」として策定しており、第1期教育振興基本計画(平成20～24年度)終了後に策定された第2期教育振興基本計画(平成25～29年度)では、基本的方向性の1つとして、「社会を生き抜く力の養成」を掲げ、その取組みの例として、「ICTの活用などによる協働型、双方型学習の推進」を取り上げている。

そして、第2期教育振興基本計画で目標とされているICT化の水準については、「教育のIT化に向けた環境整備4か年計画(平成26～平成29年度)」のなかで、次のとおり示されている。

・教育用コンピュータ1台当たりの児童生徒数	3.6人
・電子黒板・実物投影機の整備	1学級当たり1台
・超高速インターネット接続率及び無線LAN整備率	100%

・校務用コンピュータ	教員1人1台
------------	--------

これらの ICT 化の目標達成に向け、文部科学省では、全国の公立学校(小学校、中学校、高等学校、中等教育学校、および特別支援学校)を対象として、初等中等教育における教育の情報化の実態等を把握し、関連施策の推進を図るため、「学校における教育の情報化の実態等に関する調査」を毎年実施している。直近では、平成 26 年度調査結果が公表されている(平成 27 年 8 月)(参考資料 3)。

これによると、学校における ICT 環境の整備状況は次の通りであった。

・教育用コンピュータ 1 台あたりの児童生徒数	6.4 人
・教員の校務用コンピュータ整備率	113.8%
・普通教室の校内 LAN 整備率	86.4%
・超高速インターネット接続率(30Mbps 以上)	81.6%
・電子黒板の整備状況	9 万台
・実物投影機の整備状況	17 万台
・教育用コンピュータのうちタブレット型コンピュータ台数	15 万台(2 倍超増加)

本調査の経年変化をみると、いずれの項目についても年々数値が改善していることから、教育現場では、「第 2 期教育振興基本計画」の目標達成に向け、所要の財政措置等により ICT 化の整備が図られていることがわかる。

今回提案している放射線教育に関するオンライン双方向学習システムは、教育現場において ICT 環境が整備される 2020 年度頃を目標として、放射線学習コンテンツならびにシステムを検討するものであり、時宜に適った取組みといえる。

## (2) ICT を活用した教育の多様化への対応

文部科学省は、前述の ICT を活用した教育の推進に関する懇談会報告書(中間まとめ)のなかで、「我が国を取り巻く社会経済情勢を踏まえると、情報化・グローバル化・少子化の急速な進展への対応が喫緊の課題となっており、グローバル人材育成等の取組みが急務となっている。また、ICT の技術面でも、日々進歩しており、それに伴い、ICT を活用した学びの姿が変化しており、多様化が進みつつある。」と指摘している。

また、ICT を活用した教育については、平成 25 年度末に実証事業が一つの区切りを迎え、新たな局面に入ろうとしており、教育を取り巻く昨今の動向に適切に対応した施策を展開することが求められているとしている。

本報告書は ICT を活用した学びの姿の変化、多様化に対応して、教育現場で利用しやすい放射線学習コンテンツならびにシステムを提案するものである。

### (3) ICT を活用した教育実証事業

文部科学省では、学びの姿の変化、多様化という新たな局面に対応するため、「ICT を活用した教育の推進に資する実証事業」として、「ICT の活用が最適な指導方法の開発」(平成 26 年度委託事業)を実施した。その成果は、「ICT 活用ステップアップ映像集」利用ガイドとしてまとめられ、小学校、中学校教員の ICT 活用授業の参考として供されている(参考資料 4)。

同映像集には ICT 活用の効果が高いと考えられる 25 本の授業映像が収録されている。収録した映像は、研究機関等での研修、校内研修、個人研修等、さまざまなシーンで活用しやすくなるよう、5～10分程度にまとめられている。利用ガイドでは、映像資料として収録された授業の内容を確認できるように、学習の流れや ICT 活用の留意点が解説されている。

本学習システムの検討に当たっては、これらの実証事業の実例が参考になるものと考えられる。

### 3.3 想定すべき使用機材・使用環境

本システムの稼働目標を 2020 年度頃としているが、ICT 技術の進歩は大変速く、その頃の状況を予測することは大変困難ではあるが、ここでは、第1近似として、現在の延長上として確実に期待できる機器・環境について考察する。

平成 28 年 現在、タブレット端末が急速に普及しつつあるが、未だラップトップコンピュータの方が数量的には多い状況である。しかし、インターネットの高速化により、計算量の多い処理はインターネット越しのサーバーコンピュータで対応し、ユーザはその入出力のみを行うための最小限の機能を持つ端末(シンクライアント)で結果を受け取るクラウドサービスが普及しつつある。端末機器には高速処理は必要なく、高速通信機能と高速描画機能があれば良いことになる。スマートフォンなどのモバイル端末上でも、音声認識及びパーソナルアシスタント機能などの高度な処理がこの仕組みで実現されている。これらの機能も、現状では様々な検索に使用されているにすぎないが、人工知能の応用研究が進めば、より高度なアシスタント機能が実現されると期待される。

ハードウェアに関連して、肉眼では画素を認識できない高精細ディスプレイの登場により、動画の情報量は飛躍的に増大している。現在、モバイル端末では 300～400ppi(1インチあたりのピクセル数)のものが商品化されており、将来的には 600～800ppi のものが開発されると予想されている。これらの超高精細ディスプレイでは現在のディスプレイの画質と肉眼では区別はできないが、標準画像の2倍以上の解像度が必要となる 3D 表示では威力を発揮すると思われる。これらの高精細画像・動画のコンテンツをモバイル端末で利用するためには、高速インターネットが必要となる。

年々高速化しているインターネット接続速度についても予想は難しいが、平成 22 年と平成 27 年のデータを比較し、それを外挿することにより、ある程度ラフな予想を行う

ことができる。使用した資料はアカマイ社が提供している資料である(参考資料 5)。これによると、日本国内のデータ通信速度は下表のようになる。

表 平成 22 年と平成 27 年の通信速度比較

通信速度(Mbps)	2010 Q2	2015 Q2
Average	8.0	16.4
Peak	28	75.1

すなわち、Average で約2倍、Peak で約3倍の高速化となっている。このままのスピードで高速化が進むと仮定すれば、5年後の平成 32 年では、Average で約 30Mbps, Peak で約 200Mbps の速度が実現されていると予想される。これは Average においても現在広まりつつある高精細の 4k 動画を、余裕を持って受信できるレベルであり、現在ではかなり重いコンテンツであっても問題がないと言える。

また、Cisco の予想では平成 31 年には通信量全体の 72%が動画データとなる。全体通信量に対するモバイル端末による通信量の比率も平成 26 年の4%から14%へ増大する。また、上述のクラウドサービスによる通信量が90%を超える、との予測もされている。端末あたりの通信量では平成 31 年には公共無線 LAN(WiFi)接続及び第4世代移動通信(4G)接続のタブレット PC によるものが約60%に達すると予想されている。一方、ラップトップによるものは14%にまで下がると予想され、スマートフォンと同程度となっている[参考文献 1]。

なお、現在 4G 接続の次世代型として第5世代移動通信(5G)の実験が進んでいる。平成 29 年には規格が整備され、H32 年(2020 年)の実用化が目標とされている。これが実用化されれば、ピークで 20Gbps、実測でも 100Mbps の速度が得られると言われており、さらなる高速化が期待できる。

これらの予想をまとめると、H32 年(2020 年)においてオンライン教育システムでの使用に、確実に期待できる環境として、以下のようなものが考えられる。

- ・タブレット型のシンクライアント
- ・3D 表示が出来る高精細ディスプレイ(600~800ppi)
- ・音声認識及び人工知能による自然な応答
- ・モバイル対応の高速インターネット(30Mbps)

#### 4. 想定するオンライン双方向学習システムのイメージ

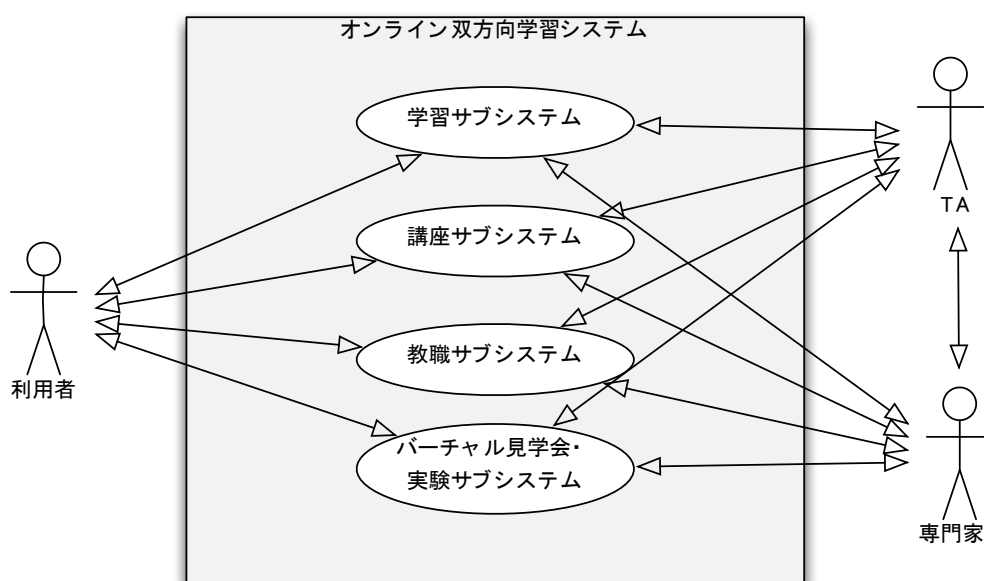
##### 4.1 システムのイメージをつかむためのユースケース・シナリオ

ここでは、2020 年頃の稼働を目標としているオンライン双方向学習システムの概要を示すことを目的とするが、システムの設計に先立ち、ユースケース・シナリオを用いて開発すべきシステムのイメージを示すこととする。ユースケースはソフトウェア開発において要求仕様を記述するものであり、ユースケース図、ユースケース記述からなる。ユ

ユースケース・シナリオはユースケース記述の一部であり、システムがどのように使用されるか、を例示するものである。

インターネット上での検索システムでは、調べたいものがあればいつでも検索することができ、また人数の制限もほとんどない。しかし、双方向学習では、リアルタイムで生徒と教員がやりとりをすることが前提である。したがって、ICT 技術を利用してオンラインでこれを実現しても、場所の制約は除かれるが、時間の制約は除くことはできない。教員が対応することが前提になれば、対応する時間を制限し、サービスを受けることができる生徒の人数を制限する必要がある。ここがインターネットでの検索システムとの違いである。

本学習システムはこの制約を解決することを目指している。



TA: Teaching Assistant(授業等における教員の補助者)

図 オンライン双方向学習システムのイメージ

システム全体は大規模のものになると想定されるが、第2章に示すように対象とする利用者も様々であるため、生徒のレベルを、検索システムに近い低レベルのものから、1対1の議論と遜色のない高レベルまでの幾つかに分類し、それぞれに対応するユーザーインターフェイス(UI)を用意しようとするものである。シナリオの(A)~(C)はそのレベル分けに相当している。

(1) 入門コース(利用者として中学生を想定した場合)

[シナリオ(A)]

私「宿題である放射線の情報収集のため、タブレット(タ)に向かって質問をした。  
タ「こんにちは。昨日の質問と関連があるようですね。資料をタブレットに表示します。」  
私「どうもありがとうございます。この図と昨日の説明との関係を教えてください。」



タ「～のことですか？」

私「そうではなくて、～の方です。」

タ「それは少し難しい問題ですね。博士に訊いてみますので、後でメッセージを送りますが、それで良いですか？」

私「よろしくお願いします。」

[解説]

このレベルでは、音声認識及びパーソナルアシスタント機能を用いて、リアルタイム応答を実現する。ここには、教師は介在せず、人工知能による自動応答が主となる。回答はFAQや登録したWebサイトなどの情報をデータベース化したものから、適切なものを選んで答える。うまく聞き取れなかったり、質問の意図が汲み取れなかった場合には、人工無脳[参考文献 2]の技術を使って会話を引き延ばし、その応答から質問を正確に読み取る工夫を行う。対応できない場合だけ、メッセージ、あるいはメール等で実在の教師(TAあるいは専門家)が対応する(「博士に訊いてみる」)ことになる。利用者の同定(個人識別)は重要な機能である。端末IDを利用するか、あるいは単純にログインさせるかで利用者を特定し、指導記録を保存しておくことが望ましい。

(2) 習熟コース(利用者として教職文系大学生を想定した場合)

[シナリオ(B)]

私は教員志望で、今、放射線教育の指導について学んでいるところである。授業の前半は基礎知識の確認のための講義からなり、教える前に、自分の知識の無さが情けなかった。先日の授業では、ヘッドマウントディスプレイを装着して3D映像が見られるバーチャル見学会およびバーチャル実験があった。単なる映像ではなく、サラウンド音声など、臨場感がすごいので、実際に見ているようで大変興味深かった。実際の見学と違うところは、普通なら行けないような放射線管理区域内や、階段などもない空間でも自由に移動できるので、施設の中を飛び回ってみることができるところである。見学会では、説明員だけでなく、他の会場からの参加者と会話をしたり、作業をしている人にも声をかけ、いろいろ質問できるところが面白かった。バーチャル実験でも、映像や音声は臨場感があり、その場で実験しているようであった。唯一の違いは制御に失敗して、致死量の放射線を浴びても、教員に叱られるだけで済むところである。

後半は指導実習であるが、まずは、システムが用意したバーチャル教室でシミュレーションを行う。バーチャルではあるが良く出来ていて、説明がよくないとつまらなさそうにしたり、寝てしまったりするので結構緊張する。また、思いがけない質問も出たりするので冷や汗もかく。授業の最後には本当の教室での実習があるが、どうなることやら。

[解説]

このケースでは、2つの側面が現れている。一つは、理系のバックグラウンドのない学生に対して、シナリオ(A)レベルよりも深い知識を理解させることである。対象となる人数が少なくなるため、教師の介入が多くなる。期間を限定した講座の形の運用が主体

となるだろう。このレベルの教育では、見学や実験が有効であるが、バーチャルで行うことで、施設や人員による制限や、危険性なども避けることができる。

もう一つの側面として、初等中等教育を行う教員の育成である。ここで示したシナリオは、学生が教師役をやるロールプレイングであるが、そのままゲームの形で実現されている。最終的には教室での実習が必要であるが、様々な条件に対する訓練を行う上で、シミュレーションの意義は大きいと考える。

### (3) 発展コース(利用者として理系大学生を想定した場合)

#### [シナリオ(C)]

私は、原子力が専門ではないが、原子力関連企業への就職を考えているため、インターネットから参加できる原子力エリート講習会に参加した。動画配信による講義が主体であったが、画面の脇に、受講生のチャットがリアルタイムで流れており、授業と一緒に受けている、という感覚が強い。実際の授業なら、私語はやめてください、と言われるところだ。講師は時折、このチャットを眺め、質問等に回答したり、感想を述べたりしている。講師からは、簡単な課題が出たりもする。幾つかのシミュレーションソフトウェアをオンラインで利用できるのも、それらを利用して、定量的な回答を求められることもある。来週は、受講者が集まり議論を行うスクーリングが行われる。(タブレットに受講用のアプリをインストールしなければならない。)その下調べとして、議論用に開設されている掲示板を覗いている。利用者の多くは、私と同じように原子力に関心はあるが、専門ではないため、基本的な質問なども多い。バックグラウンドもいろいろで、人により着眼点や考え方が異なることも興味深い。質問には TA(講習会補助教員)と思われる詳しい人が回答していることも多いが、受講生と思われる人も自分の知識を確認するためか、他の人の質問に答えている場面も見かけられる。総じて、活発な議論が行われているように思える。私も気になる発言に対しては、自分の意見を投稿したりしている。

#### [解説]

このケースでは、普通の授業のレベルに近づいている。ICT 技術を活用した授業、という位置付けと理解しても良い。技術的には最も現在のレベルに近いと言える。このレベルで重要視されるのは、議論を通じて自分の意見を獲得することである。現在はこの形式の授業技術が弱いと考えられるため、システムというより、カリキュラムの開発が重点となると考えられる。

オンラインでの議論は、現在でも利用されている掲示板やチャットの技術で実現できるだろう。投稿の中に、bot[参考文献 3]と呼ばれる自動投稿のものを混ぜることにより、参加者に議論が活発に行われていると錯覚させることができる。投稿は、単に決められた発言を定期的に行うのではなく、その時点でのニュースや検索ワードの傾向を考慮して発言するようになれば、見ている人にとっては有益な情報となりうる。講習会が行われている期間では人間の発言も多くなることが期待される。

## 4.2 平成 32 年 (2020 年)における実現性

前節のシナリオで示したシステムに必要な技術をまとめると、以下のようになる。

- 音声認識、自動応答、自然語発話

これらは、現在のデジタルパーソナルアシスタントで実現されているものであり、今後の人工知能の発展を考えるとより高度なレベルのものが利用できると考えられる。

- 仮想現実技術

3次元映像、サラウンド音声による仮想現実技術もすでに実現されている。今後のハードウェアの発展により、よりリアルな映像・音声が実現されると期待できる。シナリオで示したバーチャル見学会やバーチャル実験を実現するためには、高度で大規模なソフト開発が必要であろう。

- ロールプレイングゲーム

こちらもすでに実現されているが、シナリオで示されている例では、より高度な人工知能技術が必要となる。

このように、個別技術はすでに開発され、実用レベルにあるものが多いが、これらを有機的に組み合わせたシステムの開発は、容易というわけではなく、時間とコストを要するものと考えられる。

システムの技術的問題以外に、教材開発も重要である。放射線関係の情報はこれまでも様々なものが提供されているが、信頼できる質の高い情報となると限られてくる。これらを精選し、FAQ データベースとしての整備、これらを組み合わせたカリキュラムの設計、最新情報を取り入れた更新、というものが必要となる。単なる情報提供ではなく、教材としての整備には、クイズ・演習問題の作成も重要項目としてあげられる。教育効果の高い問題の作成は、専門性が高く、それぞれのレベルでの教育経験の豊富な専門家が担当することになる。しかしながら、特に単純なクイズや演習問題を中心として、FAQ データベースからの自動作成も取り組むべきテーマであると考えられる。

システム側には、データベース内の各項目のアクセス履歴、受講生の学習履歴等を管理する機能が必要である。教育は大変息の長い取り組みであるから、できれば10年、20年の履歴を追跡できるように設計するのが望ましい。様々な課題がクリアされれば、マイナンバーの利用等も考えられる。初等教育の状況とその後の進路の関係なども大変興味深いものである。

以上のように、システム実現に必要な個別技術等は、現在の技術の高度化とその組み合わせで平成 32 年(2020 年)頃までには満足のいくレベルに到達していると思われる。教材についても、十分な情報は得られるので、システムとの整合性の高いカリキュラムの設計を行うことが主たる作業となるだろう。

## 5. 本学習システムに載せるコンテンツ

本事業は広範な利用者を対象としており、それぞれの利用者の知識レベルは大きく

異なることが想定される。それぞれのレベルの利用者が興味を持って積極的に学べるようコンテンツを検討した。生活に密着する身近なものという印象を持ってもらい取り組みやすくし、また、学んだことが広く総合的な科学分野にも展開して行くことを示し、放射線に関するリテラシーの向上に資するようコンテンツを構築する。

放射能や放射線に関する情報は公開されたものが既に豊富にあることから、それらもコンテンツとして適宜活用するが、そのリンク先は公共で中立の組織・団体のものとする。特に発展コースについては大学レベルで使われている教材や既存の講義等の資料をも活用することが考えられる(参考資料6)。

利用者に学んでもらう内容をいくつかのテーマに分け、各テーマ毎に項目を定めてキーワードを下記の表に示したが、これらは今後検討を深めるにつれて追加・変更されることもあり得る。

更には、利用者の興味をそそり理解を深める為に例題を作成するが、その雛型をテーマ毎に示した。例えば、「太古の昔から存在する放射線」においては、放射線には自然界にある自然放射線・放射性物質と人工的に作られた人工放射線・放射性物質があること、この2つの放射線・放射性物質の影響には違いがないことを知ってもらうことに留意されている。

また、今、宇宙には国民の関心が非常に高いことから、宇宙と放射線の関連を絡め、

- ・入門コース — 地球には宇宙から放射線が絶えず降り注いでいること
- ・習熟コース — ビッグバン、地球の誕生、銀河系と太陽からの放射線
- ・発展コース — 宇宙空間や宇宙ステーション、地磁気と緯度分布、放射線の種類と高度変化、宇宙線が生成する放射性核種

のように、利用対象者の知識レベルに応じた例題を準備する。

## 5.1 放射線とは何か — 放射線・放射能の特徴と基礎的な物性

### (1) 太古の昔から存在する放射線

項目	キーワード
宇宙	ビッグバン 地球の誕生 銀河系 太陽(黒点活動、太陽フレア) 宇宙線 地磁気 大気 宇宙線生成核種 宇宙物理

	原子核物理 宇宙環境
大地	高放射線量地域 天然原子炉(オクロ) 海水トリチウム 建築材料 ラドン トロン
大気	ラドン、トロン 建物、建築材料 ラドン温泉 ラジウム温泉 地質 地理 環境
食べ物	K-40 Po-210 C-14 人体 食品科学 農業 水産業

#### 問題の作成例

1)放射線には、地球が出来て以来存在する自然放射線と人工的に作られた放射線があります。もしこの2つの放射線を同じ量だけ受けたとすると、どちらがより影響があると思いますか？

- ①人工放射線 ②どちらも同じ ③自然放射線

ではどうしてそう思いましたか？

(回答)・・・

2)今、皆さんがいる部屋には放射線があると思いますか？

- ①ある ②ない ③分からない

(あると答えた人)その放射線はどこから来ていると思いますか？

- ①壁から出ている ②空気の中から ③空から降っている

④原子力発電所から ⑤どこかに放射性物質がある

「ではその放射線は何故そこから来ているのでしょうか？」あるいは「どうしてそう思いましたか？」という設問に続ける。

(ないと答えた人)なぜそう思いましたか。

3) 今、日本人宇宙飛行士が宇宙ステーションに滞在して活動しています。皆さんの中にも宇宙に行きたいと思っている人がいるかも知れません。

地球上と比べて宇宙では放射線が多いと思いますか

①多い ②同じ ③少ない

何故そう思いましたか。

## (2)放射線とは

項目	キーワード
原子と原子核	原子と分子 陽子、中性子 電子雲 イオン べき乗 原子番号 質量数 元素、同位元素 核図表
放射線の種類	光 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線 電磁波 振動数 波長 周波数 ナノ、メガ ミューオン
自然放射線と人工放射線	カリウム 加速器 医療 宇宙放射線

	工業利用 食品
--	------------

### 問題の作成例

1) 原子は原子核と電子から構成されます。原子核は何からできていますか？

- ①陽子 ②中性子 ③ガンマ線

2) 原子番号とは何でしょうか、また、質量数とは何でしょうか。

- ①原子核の陽子の個数 ②原子核の中性子の個数 ③原子核の陽子と中性子を合わせた個数

3) 原子の質量数を決める時に基準となっているものはなんでしょうか。

- ①水の重さ ②水素原子の質量 ③炭素原子の質量

4) 質量数は、その原子が何個集まったときのグラム数でしょうか？

- ①1兆個(=10<sup>12</sup>個) ②1000兆個(=10<sup>19</sup>個) ③6.02×10<sup>23</sup>個

5) 図表を原子番号の小さいほうから眺めていくと、安定核が存在しない元素があります。核医学分野で重宝されているこの元素は何でしょうか？核図表から見つけましょう。

6) ミューオンは私たちの生活環境に存在します。どこから飛来するのでしょうか？

- ①宇宙から ②上空から ③地面から

### (3) 放射線の基礎知識

項目	キーワード
放射性物質と放射能	ウラン キュリー夫妻
透過作用	アルファ線 ベータ線 ガンマ線 エックス線 中性子線
電離作用	煙探知機
蛍光作用	蛍光物質 蛍光灯

放射線の単位	ベクレル シーベルト グレイ
半減期	生物学的半減期 物理学的半減期 実効半減期 壊変 年代測定 炭素14

#### 問題の作成例

1) 以下の文中の( )に「放射線」「放射能」「放射性物質」のいずれかを入れ、正しい文章にしてください。

$\alpha$ 線や $\beta$ 線などの(ア)を出す物質を(イ)といい、物質が(ウ)を出す能力を(エ)という。自然の(オ)には、ウランやカリウムなどがある。

2) 「 $\alpha$ 線」「 $\beta$ 線」「 $\gamma$ 線」を透過力が高い順に並び替えなさい。

3) 中性子線は透過力が非常に高いが、どのようなもので遮へいすることができるか。

4) 以下のア～ウの説明は、放射線に関する3つの単位について述べたものである。それぞれ何という単位について説明したものか記号とカタカナで答えなさい。

ア 放射能の強さを表す単位

イ 人体が受けた放射線による影響の度合いを表す単位

ウ 放射線のエネルギーが物質や人体の組織に吸収された量を表す単位

5) 半減期が2日である放射性物質があるとする。放射性物質が放射線を放出し、もとの量の16分の1になるのにかかる時間は何日か答えなさい。

#### (4) 放射線測定器

項目	キーワード
GM 計数管	電離作用 高電圧 計数



	表面汚染
シンチレーション式 サーベイメータ	人体への影響 蛍光作用(高) NaI(ヨウ化ナトリウム) CsI(ヨウ化セシウム) 結晶 空間放射線量
個人線量計	電氣的ノイズ OSL(光刺激ルミネッセンス) シリコン半導体 蛍光ガラス 個人被ばく線量 放射線業務従事者
霧箱	飛行機雲 エタノール ドライアイス ラドン 過飽和 水蒸気 飽和水蒸気圧 イオン
はかるくん	花崗岩 湯の花 カリ肥料 マントル
イメージングプレート	2次元 レーザー
電離箱式サーベイメ ーター	空間放射線量 電離 二次電子 イオン
半導体検出器	半導体
ホールボディカウンタ	鉛

問題の作成例

1) (映像)霧箱で見えている放射線の種類はなんだと思いますか？

- ①アルファ線 ②ベータ線 ③ガンマ線

そのように答えたのはなぜですか？

2) イメージングプレート(IP)はたとえば病院で使われています。どのように使われていると思いますか？

- ①患者さんの身体のなかに投与した薬品の位置と量を確認する  
②患者さんの身体のなかの様子(たとえば骨折)を確認する  
③お医者や技師さん、看護師さんの被ばくの位置と量を確認する

そのように答えた方法を想像し、説明してください。

## 5.2 社会における放射線—現象、利用、エネルギー、環境、防災等

### (1) 不思議な放射線の世界

項目	キーワード
植物からの放射線	身近なもの(植物や岩石など)から放射線が出ていること イメージングプレート 肥料や筋肉にカリウムが含まれている 放射性カリウム(K40)
水などの動きの研究に利用されている中性子線	中性子ラジオグラフィ 放射線利用
エックス(X)線で新たな発見	非破壊検査 レントゲン写真
CT 画像の進歩による3次元立体画像	医療分野での放射線利用 CTスキャン 画像解析
放射線と宇宙の謎	エックス(X)線 ニュートリノ 最先端研究
放射線を発生させる装置	エックス(X)線 中性子線

### 問題の作成例

- 1) (スイセンのイメージングプレートを見て)これは、何を写しているでしょう？

①スイセン ②筆 ③おもちゃ

(2)放射線・放射能の歴史

項目	キーワード
発見	レントゲン X線 キュリー夫妻、キュリー夫人 ラジウム 放射能 ベクレル 放射線の種類 ラザフォード
歴史	ノーベル賞受賞者

問題の作成例

1)(歴史):放射線の発見について、次の空欄に当てはまる数字や言葉を入れなさい。

- ・放射線は、( ① )年にドイツの( ② )博士によって偶然に発見された。
- ・目に見えない不思議な光なので( ③ )線と名づけた。

2)(歴史):これまでのノーベル賞受賞者の中で、放射線技術にかかわる受賞者をインターネットなどで調べてみましょう。

(3)放射線による影響

項目	キーワード
放射線量による 人体への影響	がん 病気と健康 生活習慣 単位 DNA 遺伝子 エネルギー 環境 電離作用 リスク
外部被ばくと内	物質、分子、原子

部被ばく	周期表 統計 電子、 $\gamma$ 線
放射線影響の 発見の歴史	単位 地球科学 疾病 発がん PM2.5 科学技術 生物・生命 素粒子物理 統計

#### 問題の作成例

1) 放射線被ばくによる人体への影響として、多くの人が、がんになること(発がん)への不安を抱いています。放射線以外で発がんに影響を及ぼすものは次のうちどれでしょうか？

- ①たばこ ②運動不足 ③飲酒

2) がんにかかった場合、放射線による影響なのか、それ以外の要因によるものなのか、区別することは可能でしょうか？

- ①全て区別できる ②区別できない ③条件によっては区別できる

その理由はなぜですか？

3) 放射線は電離作用を起こすことで物質、あるいは人体にエネルギーを与えます。電離作用とは何でしょうか。

- ①DNAに傷をつけること ②原子から電子が失われること ③がん細胞が発生すること

4) 人間の体の中にはカリウム 40 という放射性物質が存在します。カリウム 40 から放出される放射線による被ばくは、外部被ばくでしょうか、内部被ばくでしょうか。

- ①外部被ばく ②内部被ばく ③わからない

#### (4) 暮らしや産業での放射線利用

1) エネルギー利用、放射線と暮らし等

項目	キーワード
私達の暮らしと電気	昔と今の暮らしの違い

	釜たき→炊飯器 たらい 手洗い→洗濯機 火鉢→エアコン 電気製品の普及率 一世帯あたりの電気の使用量 一次エネルギー 二次エネルギー
日本と世界のエネルギー事情	世界のエネルギー事情 日本のエネルギー事情 エネルギー資源は有限
エネルギー利用を考える	日本のエネルギー自給率の改善 地球環境に優しい 安定したエネルギー資源確保
いろいろな発電方法のしくみと特徴	火力 風力 太陽光 地熱 原子力 等 長所と短所の比較
電源のベストミックス	発電量とその内訳
工業生産を支える貿易と運輸	石油 石炭 ガス 可能年数 エネルギー資源
夏の快適な生活	節電や環境に配慮した生活 グリーンカーテン 打ち水
放射線と暮らし	自然放射線 人工放射線 食品中の放射性物質濃度 放射線の単位 ベクレル グレイ シーベルト 日常生活の中で用いられる放射線

問題の作成例

問題(1) 昔と現在の暮らしの違いを考えてみましょう。



(出典) 文部科学省 経済産業省資源エネルギー庁  
「わくわく原子カランド」ワークシート(平成 22 年 11 月)

1) 上記の絵を見て答えましょう。

- ①今は炊飯器でご飯をたいています。昔は何を使っていたでしょうか。  
炊飯器→( )
- ②今は洗濯をする時に洗濯機を使います。昔は何を使っていたでしょうか。  
洗濯機→( )( )
- ③今は、寒い冬に「暖」を取る時はエアコンを使います。昔は何を使っていたでしょうか。  
エアコン →( )

2) 次の文に当てはまる言葉を書きましょう。

- 昔に比べて、家庭には( )が増えて、生活が( )になった。  
○昔に比べて、現在は( )の消費量が( )した。

問題(2) 身の回りの放射線について考えてみましょう。下の文の( )に当てはまる言葉を書きなさい。(中学生 対象)

「私達の身の回りには放射線がたくさんあり、いろいろなことに利用されています。宇宙や大地、食物や空気等からも出ており、私達は知らないうちに、少しずつ受けています。食べ物や空気からの放射線を( )といいます。

X線検診や断層撮影検査など( )にも使われています。

放射線の種類には( )( )( )等があり、特徴のひとつとして、物を通り抜ける能力を持っています。放射線には、いろいろな種類があり、いろいろな分野で活用されています。」

2) 工業利用、農業利用、医療利用

項目	キーワード
利用	エックス線写真 CT 画像 耐熱性などの向上 殺菌 調査・研究
	中性子線利用 医療分野(減菌、診断、治療) 農業分野(食品照射、品種改良、害虫駆除) 工業分野(新材料、環境保全、厚さ計、非破壊検査)

	自然・人文科学分野(年代測定、先端科学)
	人工放射線の利用 宇宙観測(X線観測) 先端技術(Spring-8、J-PARC、スーパーカミオカンデ) リスクとベネフィット

#### 問題の作成例

Q1(利用): 次の(1)から(4)のような日常の場面で放射線は利用されています。これらは、放射線の持つ(a)から(d)のどのような働きを利用しているのでしょうか。(1)から(4)について、それぞれ(a)から(d)の記号で答えなさい。

- ・日常の場面 (1) エックス線写真 (2) 丈夫なタイヤ (3) 殺菌、滅菌 (4) 星座の観測
- ・放射線の働き (a) 物を通り抜ける働き (b) 材料を強くする働き (c) ばい菌を退治する働き (d) ?

#### (5) 放射線の管理・防護・リスクコミュニケーション

項目	キーワード
放射線の管理・防護	放射線測定(器) 放射線による影響 リスクコミュニケーション

#### 問題の作成例

1) 以下の文中の( )内の言葉について、正しいものを選びなさい。

「ある定められた量(ア)の放射性物質を取り扱う場合は、(イ)に許可を受けたり届出をしたりすることが法律で決められている。またそのような場合には、取り扱う者以外が不要に近づかないよう、取り扱う場所とその周辺を(ウ)として設定するなどの措置を取る。」

- ア 以下                      以上
- イ 取り扱う前              取り扱いが終わるまで
- ウ 危険区域                      放射線管理区域

#### (6) 事故関連(防災、風評被害、食品安全、モニタリング、除染等)

項目	キーワード
防災	避難訓練 放射線測定(器)

	放射線による人体への影響 リスクコミュニケーション
風評被害	消費生活 道徳 放射線による人体への影響 リスクコミュニケーション
食品安全	消費生活 放射線測定 放射線による人体への影響
モニタリング	放射線測定(器) 放射線の管理・防護
除染	放射線の管理・防護

#### 問題の作成例

1) 次の文を読んで、事故のときに外部被ばく(身体の外側から放射線を受けること)をできるだけ減らすためにするとよいことには○、あまり効果がないことには△をつけなさい。

- ( ) 放射線を出す放射性物質がどこにあるか探しに行く
- ( ) コンクリートなどの建物の中に入る
- ( ) 放射線が高い場所には長くいないようにする

2) 次の文を読んで、自分の安全のためにやむを得ない行動や正しい行動には○を、偏見による正しくない行動には×をつけなさい。

( ) 福島のおじさんから避難地域で採れたきのこをもらったので、放射性物質の量を測定してくれるところに行って基準を下回っていることを確認してもらってから食べた。

( ) 友だちの〇〇さんのお父さんは原子力発電所で働いて少し被ばくをしたそうだが、お父さんが放射線を出すわけではないので、一緒に遊ばせてもらった。

( ) お母さんがデザートに桃を出してくれたが、袋に「福島県産」と書いてあったのを見たので食べなかった。

## 6. 現在の放射線教育の課題の分析

### 6.1 学校教育における課題

現行学習指導要領において、中学3年生の年間指導計画の中で「放射線教育」に費やすことができる時数は多くて2時間といったところである。この短い時間の中で、放射線についての基礎的・基本的な事柄からエネルギー資源としての事柄までを指導



することは難しい。以下に指導項目の一部を示す。

- |                    |               |               |
|--------------------|---------------|---------------|
| • 身近な放射線の存在        | • 放射線の種類      | • 放射線の透過力     |
| • 放射線・放射能・放射性物質の違い | • 放射線の単位      |               |
| • 放射能の半減期          | • 放射線の人体への影響  | • 自然放射線と人工放射線 |
| • 内部被曝と外部被曝        | • 放射線から身を守る方法 | • 放射線の利用      |

上記の内容を放射線測定器などによる観察・実験を取り入れながら授業を進めた場合、2時間で全てをまんべんなく教えることは大変難しいと言える。

教員が自らの学習経験の中で放射線について学んできてはいないので、

⇒難しい, わからない&忙しい⇒面倒

となりがちである。

放射線教育の目標は、生徒が放射線を正しく理解し、科学的な根拠に基づいた判断や行動する力を身に付けることだと考えられる。2時間足らずという短い授業の中では、この目標を達成するために必要な最小限の内容を上記の中から教員が抜粋して、的をしぼって教える必要がある。文部科学省の副読本についても、その内容を全て授業中に取り上げることは不可能である。

教員には、日常業務が忙しいため、授業に直接役立つか何かしら自分のスキルアップや評価につながるものでないと関心を向けることを期待出来ない。それ故に、学習指導要領に放射線教育の内容が明記されていることが重要である。

また今の学校は授業時間の確保と既定諸行事の実施など多くの活動があり、施設見学等の新たな行事を計画する余裕がない。

中学校で放射線を扱う時期にも問題がある。3年の最後の単元で行うため、高校入試直前であり、教員にとっても生徒にとっても学習に本腰が入りにくい。

中学高校においては「受験で出題される」かどうか教える側・教わる側双方の熱意に直結しがちであり、出題されそうにない単元には一生懸命になれないのが実態である。放射線が指導要領に入ったというのはノルマになったというだけで、必ずしも教育現場での積極的な取り組みに直結していないのが現状である。

放射線に関する基礎知識は、中学校で理科を担当する教員が理解している程度といえるであろう。全教科の教員対象の研修会が必要であり、教員が参加しやすいように、市町村単位でその体制を構築していくことが理想である。そのためには、教育委員会への働きかけが重要になってくる。

一方、放射線の授業をするうえで、広島・長崎の原爆投下や福島第一原子力発電所の事故について触れないわけにはいかない。事故直後、そして今現在の福島はどのような状態であり、どのような課題を抱えているのかを教員がどこまで語れるだろうか。この5年間で変化してきたこともあれば、ほとんど変わらないものもある。マスコミや社会の関心が薄れてきている中で、現在の福島を知る努力が教員に求められている。ま

た、事故の話はどうしても感情的な話になりやすく、原子力発電に関連するセンセーショナルなメディアの報道もあり、放射線のデメリットの部分が生徒の記憶に残りやすい。あくまでも中立の立場でベネフィットの部分も同等に扱うように配慮されてはいるが、生徒やその背後にいる保護者がどのように教員の言葉を受け取るかは常に知っておく必要がある。他方では、福島の人から原発事故のことを今さら取り上げないで欲しいという意見もある。

ただし、放射線教育の幅を大きくして、エネルギー・環境に広げることにより、社会や理科・総合的な学習の時間・家庭科等へと広げ学校における全教職員で放射線教育に取り組む体制を強化することができる。また、ここで学習したことが、基礎となり、生涯学習への展開が期待できると思われる。

意思決定やリスクコミュニケーションのような社会学との連携も必要であろう。

## 6.2 これまでの取り組みに対する課題

平成25年度末まで文部科学省が実施していた簡易放射線測定器「はかるくん」の貸出事業は、学校教育の現場で実際に放射線を測定する実践教育の手段として非常に評判がよく、日本科学技術振興財団が受託実施していた時の実績では、年間小学・中学・高校、その他を合わせて1000校を越える申し込みがあった(参考資料7)。

また、文部科学省が実施していた壁新聞事業は、高校を対象に課題(放射線に関する)を決めて自分たちが研究所訪問や専門家の話を聞いて壁新聞を作成して、それを各地域で発表した。それらの結果を総合的に専門家が評価して、優秀賞を決めて発表会をするもので、非常に熱心に活動されて来た(参考資料8)。

さらに原子力文化財団は、自主事業として高校の特に理系クラスを対象に放射線実習セミナーを開催し、かなりレベルの高い放射線測定実習を行って来た。

これらの活動は双方向学習活動の一例であり、このような事業の実施により、放射線に関する理解の向上が期待されると共に、本学習システムは生徒の理解に応じてフレキシブルに学ぶ場を提供できる。測定実習を伴う「はかるくん」事業や壁新聞事業などと組み合わせることで、更に効果的な放射線教育の実現が可能となり得る。

尚、上記の文部科学省が行っていた放射線測定器「はかるくん」の貸出事業が希望する自治体に移管されたため、貸し出し方法は自治体毎に確認が必要となった。そのため、自治体によっては借りにくかったり、借り方がわからなかったり、また、授業で使用するために必要な台数を確保することが難しい状況にある。また、見ることができない放射線を身近な存在として実感できる教材として、今の段階では「霧箱」に勝るものはない。しかし、大がかりで手間がかかる装置が必要であったり、線源が手に入りにくかったりする状況もある。

## 7. 課題解決の対応案

上述の課題を解決するための対応案を以下にまとめた。特に本学習システムを推進するためには、参加する生徒や教員に対するインセンティブが重要である。

## 7.1 学校教育における対応案

まずは、対象とする児童・生徒ならびに教員と保護者が取り付き易いようにすることが先決となる。この為には、難解な用語や概念は、学習段階が進んでから登場させるべきで、導入ステップにおいては平易な言葉で、かつ科学的に正確に受け取ることができるような言葉なり表現を使うべきである。

放射線教育を充実させるためには、年間指導計画の中で放射線教育にさける時間を増やすことと併せて、例えば中学1年生の「光」の学習や中学2年生の「原子・分子」の学習などにおいて分散して学習時間を確保することが有効であると考えている。中学3年生の単元では、少なくとも4時間程度必要であり、実験・観察を踏まえて生徒に「放射線とのつきあい方」を考える機会と時間を十分に与えたい。十分な学習時間があれば、様々な角度からの放射線教育が可能となり、偏った知識を教え込むだけの授業がなくなる。また、教員の研修の機会や内容の幅も増え、より意欲的な授業計画・授業準備へとつながると考える。放射線測定器や霧箱を手軽に利用できる環境作りも必要である。線源も含めて、全ての中学校の理科室に常備され、いつでも活用できる状態が望ましい。

低学年のうちには放射線に特化せず、科学好きを増やすことを主眼とし、放射線を通じて科学のおもしろさに触れられるようなコンテンツを提供する。

- ・科目の好き嫌いがはっきり出てくる学年に対してはニーズに合わせたコンテンツ提供(又は各コンテンツへのアクセスルートのパターン分けなど)。

例) 科学好き・・・好奇心を刺激する, 将来の夢を広げる 等

科学嫌い・・・生活とのかかわりからのアプローチ 等

- ・「放射線」に係る単元の例題集を提供する。

(教員が「試験に出すよ!」と言いやすくなる。クイズとは別にあくまで学校の試験問題として使えるもの。)

放射線教育の幅を大きくして(エネルギー環境), 社会や理科・総合的な学習の時間・家庭科等へと広げられるようにしたい。また, ここで学習したことが, 基礎となり, 生涯学習への展開が期待できると思われる。

学習指導要領・教科書を踏まえ, 最新の使いやすいデータを提供する。

日常生活や関心事を導入の段階で使うことによって, 児童・生徒にとって親しみやすく, 教員が使いやすい副読本の構成を考え作成する。また, ワークシート・データ, URL等を組み入れる。

## 7.2 本学習システムに対するインセンティブ

放射線がもともと地球上のどこにでもあること、宇宙には放射線が満ちていること、第

1 回のノーベル物理学賞のレントゲンによる X 線の発見から今年のノーベル物理学賞を受賞した梶田教授のニュートリノの質量発見まで、放射線や放射能の研究で数多くのノーベル賞が出ていて、重要な研究分野であること、放射線は様々な分野で広く利用されていることなどを伝えることが必要である。そのための対策例として、

- ・文部科学大臣表彰若しくは日本原子力学会長による表彰制度
- ・放送大学でのエネルギー教育あるいは宇宙環境教育の一環としての取り上げ
- ・SSH(スーパーサイエンス・ハイスクール)の中学校バージョンの仕組みを整備し、SSH校の推薦入学枠などでインセンティブを与える
- ・高校・大学入試・放射線取扱主任者試験・技術士試験などに盛り込む
- ・コンテスト形式など競争原理を利用

### 7.3 コンテンツに求められる要素と具体例

全国学校図書館協議会／毎日新聞の調査によると、難解な内容を漫画を用いて解説すると7割以上の生徒が「理解できた」と回答した、という結果が得られている。また「わからないことがあったらどうするか」という問いに対して、小学生の68%は家族・友人・先生に聞き、46%はスマホ・タブレットに頼るが、高校生になると89%がスマホ・タブレット頼るという結果も報告されている。この結果を参考にすると、挿絵や写真を多用した教科書、テキスト類に加え、児童・生徒が放射線の内容を身近に感じるためのひとつの方法として、漫画をツールとした新しい教材を開発し、提供することが一案となる。双方向的な学習教材としては、漫画画面を導入として、レベルに応じたより詳しい解説画面へと段階的に進めるような仕掛けが有効かもしれない。また、発信力の高い SNS の活用も重要といえ、ニュース等で話題にのぼった最新の情報の解説を、SNS で公表することも、児童生徒のみならず、教員向けの活かした情報として有効であろう。

コンテンツやその枠組みに求められているのは、魅力や驚きを感じる「WOW ファクター」である。アクティブラーニングのためのツールとしても、WOW ファクターに基づく双方向教材の開発に関して、教育の現場からの期待は大きい。サイトを通じての疑似実験や施設見学の疑似体験、ゲーミングの要素を積極的に取り入れたもの、などが具体的な例となる。STEM(Science, Technology, Engineering and Math)への広がりも視点に入れると、科目や分野を超えての教育が展開できそうである。STEM 教育はオバマ政権が強い米国づくりを目的とした人材育成の中核にしているもので、米国のみならず、欧州、アジア諸国にも広く浸透しつつあるキーワードである。我が国が長年培ってきた放射線教育の教材やプログラムは、STEM 教育の文脈でも、IAEA による人材育成プロジェクトの枠組みで高い評価を受け、近年アジア諸国で参考にされ、モデルになっている(参考資料 9)。放射線教育のリーディング国として、さらに進化したコンテンツを諸外国に紹介するとともに、ほかの放射線教育、STEM 教育先進国の事例も参考に、ブラッシュアップし続ける活動も重要である。

コンテンツになり得る情報はインターネット上に氾濫している。現状を調査し、内容の正確性はもちろんのこと、魅力あるもの、質の高いものを選別し、系統的に整理しなおし体系化したうえで、統合的にみせられるような有機的なサイトを開発することも、情報プラットフォームを構築する手段としては有効であろう。

サイトやコンテンツの持続性や維持にも配慮し、クラブ活動、部活動等で利用し続けていただける協力校の募集、指定も必要となろう。

#### 7.4 他組織等との連携

組織の専門家との交流や体験的な学習の実施が有効であろう。科学技術に対する児童生徒の興味を惹くことを目的とし、以下のような取り組みが考えられる。

- ・将来成りたい職業の上位にある科学者、医者、宇宙飛行士に関連させた取り組みやノーベル賞受賞科学者との交流等を図る

- ・企業との連携、学術会議等他団体との連携により、深い理解を助ける

- ・最先端の研究施設訪問による専門家との交流を通じ、興味を持たせるさらなる取り組みとしては、

- ・専門家の育成、優秀な人材を育てる構造を作る

- ・専門家養成講座(大学、高専とのコラボ)を実施する

ことにより、専門家の輩出に繋げることができる。

### 8. 原子力・放射線に関する双方向学習の実施例

#### 8.1 北海道大学(北大)の講義配信システムと原子力・放射線教育

北大では、インターネットによる講義配信システムが開発され、2つの組織が学内外に向けたオンライン教育が行われている。また、受講生を限定しない一般人も受講可能なオープン教材の制作・活用も進められ、海外も対象とした学外向け教育が実施されている。

##### (1) 工学系教育研究センターにおける大学院授業配信システム

北海道大学大学院工学研究院の工学系教育研究センターでは、北海道大学の学生と協定大学の学生を対象とした工学系の講義がeラーニングによって配信されている。その中には、単位履修用の演習や試験も含まれる。その目的は、遠隔地に居住し北海道大学に通学できない博士課程社会人学生、修学期間の違いのある海外の大学から受け入れる留学生、日本から海外へ長期間留学する学生への支援などである。平成23年度から原子力については、31回、さらに放射線は5回の講義が配信された(参考資料10)。

教室に設置された電子白板と、教室の学生に配布されたタブレット端末を用いて、教員とインタラクティブに情報交換し、積極的に学生に講義に参加させる工夫がされている。また、教室で受講できない博士課程社会人学生や海外研修中の学生に対して

は、動画の講義資料を配信し、e-mail や Facebook のチャットで質疑応答している。

### (2) 北海道地区教養教育連携事業向け講義配信システム

北海道大学高等教育推進機構オープンエデュケーションセンターでは、北海道地区教養教育連携事業向け講義配信システムが運用され、道内国立7大学で共有する教養科目コンテンツが配信されている。参加大学は、北海道大学、北海道教育大学、室蘭工業大学、帯広畜産大学、旭川医科大学、北見工業大学である。それらの大学をビデオ会議システムで接続することにより、単科大学や小規模大学など、教養教育担当教員の確保が難しい大学においても多様な教養科目の講義履修と単位取得が可能となる。このシステムでは、知識習得を事前に済ませ授業に臨む反転授業を特徴としており、事前学習での理解が求められている。

教材は、反転授業で用いる事前学習(予習)教材と理工系科目の補助教材が主で、いずれもビデオ教材であり、再利用・再配布可能なオープン教材としてポータルサイトで共有されている(参考資料 11)。また、クイズや課題を設け、これも学習コースとして提供されている。

双方向遠隔授業システムは、高度な電子ビデオ会議システムを軸としており、道内6大学で計36教室に設置されている。授業を提供する大学が配信校となり、リアルタイムで授業が配信される。講義には、パワーポイント教材のスクリーンへの同期映写や、送信校・受信校のいずれからも書き込みと同時編集可能な共有電子黒板や、クリックカーによる電子投票・集計システムなどが用いられる。また、グループ学習用にノートPCとマイク・スピーカーが用意され、遠隔学生同士でのグループ学習が可能である。

講義の様子は、「教室の横壁に設置された大きな液晶モニターが窓のようになって、窓の向こう側に北大と北見工大の教室の双方で見え、学生達の笑顔や声が聞こえる。指名して質問すると、その答えが窓の向こうの教室から返ってくるので各教室が電子的につながっている。このことで、深く円滑なコミュニケーションが得られる。」とのことである。

### (3) 一般人向けのオープン教材制作・公開

北海道大学高等教育推進機構オープンエデュケーションセンターでは、受講生を大学生等に限定しない、一般公開を前提とした教材(オープン教材)の制作・配信を進められている(参考資料 12)。

これらは一方向の配信であり、双方向コミュニケーションを取りにくい短所があるため、メール等での質問受付の他、原子力人材育成事業の講義以外のプログラム(実験、見学、国際セミナー)において、双方向コミュニケーションを積極的に行う工夫がなされている。

一方、国際的な大規模公開オンライン講座もコンソーシアム edX を通じて行われて

いる(参考資料 13)。開講期間は edX のシステムを介して担当教員への質問などが受け付けられる。また、edX がコース毎に提供する電子掲示板で受講者間の情報共有ならびに討論が行われた。閉講後はこうした双方向サービスはないが、オープン教材自体は継続して公開されており、受講が可能である。

## 8.2 シニア原子力技術者と学生との双方向コミュニケーション活動

本学会のシニアネットワーク連絡会(以下、SNW)は、平成 18 年以来、原子力や環境問題を中心として学生とインターネットと直接対話によって双方向コミュニケーションを行っている。最も古いのは大学生や高専生を対象の対話活動であり、その時間的な制約を取り除いた議論を行った E メールでの往復書簡、さらに原子力の高度人材教育を目指したヤングエリートとの対話活動がある。以下に夫々の概要を述べる。

### (1) シニア原子力技術者と学生との対話活動

この対話活動は、昭和 61 年(1986 年)のチェルノブイリ事故や平成 9 年(1997 年)もんじゅ Na 漏洩火災事故後の原子力低迷期に危機感を抱き、原子力人材育成を目的に先ずシニア原子力技術者(以下、シニア)が中心メンバーを占めていたエネルギー会が平成 17 年に始め[参考文献 5]、翌年発足した SNW が引き継いで行っている[参考文献 6]。

対話活動は、先ず世話役である教職員と学生の呼びかけで人集めし、オリエンテーションを通じて議論の基礎となる原子力の知識を得る。その後、原子力の比較的大きなテーマを基にグループを作り、そのテーマについて学生とシニアがインターネットを通じて質疑応答して、より具体的な問題を学生が自主的に決め、対話会で両者が会して議論する。対話会をより実りあるものするため、対話会に先立ち、学生の自由な質問や意見を任意の時間にメールでシニアに送り、シニアもメールで応える「往復書簡」が活用されている。

活動は、当初、原子力系の学生を対象に行っていたが、小中高生や一般人への影響が大きい教育系や文科系の学生にも活動の輪を拡げた。そのために対話テーマも原子炉技術や原子力メーカーで期待される人間像など原子力を中心としたものから、一般の関心が高い環境や倫理的な問題等に拡大した。特に、東京電力福島第一原子力発電所の事故後は、除染、福島復興、原子炉再稼働等に加えてマスコミのリテラシーなど人文科学的なものが増えた(参考資料 14)。

### (2) 往復書簡

(1)の対話は、普通半日程度で終わるため、どうしても議論不足となり、学生としては満足感を得るには至っていない。従って、学生がテーマを選び、Eメールによる往復書簡を交して、議論を深めた。そのような活動を平成 21 年度から平成 24 年度の 4 年間行い、往復書簡集として著した。例えば、平成 21 年度の書簡集には、以下の内容が含まれている。

原子力の社会的受容性、原子力の環境影響、高経年化、耐震性、JCO 臨界事故、高レベル放射性廃棄物、劣化ウラン弾、テロ対策・規制、国際関係・核不拡散

### (3) 原子力ヤングエリートとの対話

原子力ビジネスは国際化しているため、機関横断的な人材育成事業が、平成24-26年度の文部科学省復興対策特別人材育成事業「国際舞台で活躍できる原子力のヤング・エリートの育成研修」[参考文献7]として、また、平成27年度から同省の委託事業「機関横断的な人材育成事業—世界最高水準の安全性を実現するスーパーエンジニア育成—」として北大によって行われている。内容は、受け入れ原子力専門機関での4日間の座学と設備を用いた研修と対話から成る(参考資料15)。このうち「学生とシニアの対話会」についてSNWが協力して実施されている。原子力の黎明期に陣頭指揮してきたシニアとの往復書簡と直接対話を通じて、シニアの知識や経験に触れて見識を深め、国際舞台でも活躍できる真の原子力スーパーエンジニアに成長することが期待されている。この対話会は、(1)で述べた対話会が1大学や近隣大学に限られているのに対して、研修期間中、国内方々の大学から応募してきた学生が合宿して議論できるので、視点が異なった意見が聞かれる。

### 8.3 今後の課題

北大の教育システムは、講義を実施する事を目的としたものであり、多くはサテライト教室でのインターネット授業が想定されている。授業でのコミュニケーションは、即時性がある、満足度も高いと思われる。高度な双方向講義配信システムが開発されて間もないために、例えば電子投票による即時回答集計システムなどを活用して、瞬時に学生の理解度把握しながら講義を行うといった、次世代型講義コンテンツを教員が講義に取り入れる必要がある。

機材操作はテクニカルアドバイザーが、各教室に派遣されているため問題はない。逆に言えば、そうした人材が必要であり、普及する上での制約になりかねないので、操作性の良いシステムが望まれる。

教育系のシステムは、講義前に配信され、事前学習が義務づけられている。そこは、工学研究院の学生で、教室で受けられない学生も同様であろう。双方向コミュニケーションは、即時性より時間に縛られないというメリットがあり、理解するまで繰り返し受講できるが、今後情報量が増加した場合、それに対応した無線LAN設備や高速かつ大容量のPCやタブレットが必要である。

コミュニケーションにおいて描画は、相手の理解を得るために非常に有効である。不慣れな人がPCで滑らかな線を引くのは難しい。図版でなぞるような形式での滑らかな作図ができる機能が望まれる。

講義主体のシステムでは、教員の存在が必須である。相手の学生が非常に多い場合、全員への対応は困難である。もし、その対応をPCに任せると、対応力



が非常に増す。その場合、PCには、当初基本的な回答集に加えて学習能力を持たせて、回答集に無い質問に対して人が回答し、その結果を学習する事で逐次対応能力を向上できるようにする。このことで、高度にIT化したシステムが構築できる。

双方向コミュニケーションの重要性は、学生とシニアとの対話会での往復書簡による議論の深まりに示されている。この場合は、e-mailでの書簡の交換に留まっているが、即時性に欠けている。イメージスキャナーを使うと絵の情報も送れて重宝である。補助的にスカイプを使うと即時性が得られる。スカイプは、相手の顔が見られるということで、親近感が得られ、さらにコミュニケーションの質を高められる。eラーニングが、これらの操作性に優れていれば問題はないが、もし、欠けていれば改善の必要がある。

原子力エリートの人材育成で行われている研修機関での研修では、設備を使って実プラントの特性を測定したり解析するものがある。学生にとっては、実機に触れたという感覚があり、印象も深いと聞く。この中の一部は、コンピュータシミュレーションで代替可能と思われる。例えば、3次元画像での原子力プラントの紹介は既に行われているし、放射線の挙動や熱や流体の流れ、それらの組み合わせである安全性の解析は、シミュレーションコードで解析できる。従って、これらのコードを用いた数値実験をシステムに組み込むことで、より高度の教育が可能である。内容によっては、例えば、平板状の遮蔽体中の放射線の減衰は、入門段階でも可能である。3次元形状で時間変動のある複雑な問題については専門家教育で考える必要がある。

今日、それらのシミュレーションコードは数多くあり、大学では、卒論学生がシミュレーション解析に利用しており、今後開発する学習システムに取り込むことは容易と思われる。

システム利用上の課題であるが、数値実験は、与えられた条件だけでなく、自ら実験を企画・実施して、その結果を考察し、教員等と議論・評価することで知識の獲得と同時に創造する能力を育成できることと思われる。例えば、原子力専攻学生の研究テーマを想定した場合、福島第一原子力発電所の廃炉関連など、最新の関心あるものを選べば、その結果が役に立つ。また、単独よりも、複数人でやって議論することで、意欲が増すものと思われる。そのため、これまでの講義ベースのシステムで想定されている教員と学生との双方向コミュニケーションだけでなく、参加学生同士のコミュニケーションも進め易いようにシステムを作ることが必要である。

シミュレーションコードの双方向学習では、基礎方程式や解法、入力データの入手などグループ構成員と教員のみではプラントにおける実際的な問題に対応できないことも有り得る。そのため、技術アドバイザーの育成や適切なマニュアルが必要になる。原子力規制委員会から「実験を経験しないで大学を卒業してきた学生は、サーベイメータ、圧力計の原理やバルブの構造も知らない。これでは過酷事故に対応できる人材にならない。ぜひ、実験を取り入れた教育を強化していただきたい」との要望もある。シミュレーションと実験の両方を学んだ学生の育成が必要である。

上記の3次元画像を用いたプラント紹介や実験については、バーチャル化して臨場感を高めることで、教育効果をより高められる。プラント紹介では、見学会風に組んで、原子炉の内部を見るとか、実験も実験対象を組んだ様子を示し、数値シミュレーションの結果を示すといったものである。同様に講義についても、個別の学習システム利用者が参加するバーチャル教室を提供することが考えられる。講義時間を決めて参加者が集う場合は、北大の複数大学向けのシステムと類似のもので良い。同時性が得られない人向けには、事前に収録した複数参加者での講義の様子を重ねて示す事で、もっともらしくできよう。質疑は、受講者最優先で、適宜バーチャル参加者のものを拾うことが考えられる。

## 9. 今後の進め方

本事業では 3 つの知識レベルで放射線等について楽しく何時でも何処でも手軽に学べるような双方向性を持ったオンライン学習システムのフィージビリティを検討し、ユースケース・シナリオとして提案した。また、学習システムに載せるコンテンツとして文部科学省が作成した副読本の内容等を参考にしてその雛型の作成を試み、今後の進め方の見通しを得ることができた。

今後、このフィージビリティ・スタディの成果を「国際原子力人材育成イニシアティブ 機関横断的な人材育成事業」として継続発展させていくためには、

- (1) オンライン双方向学習システムのプロトタイプ試作
  - (2) コンテンツ内容の整備と拡充
  - (3) プロトタイプ学習システムへのコンテンツの実装と教育環境での実証
- が必要である。

### (1) オンライン双方向学習システムのプロトタイプ試作

本事業で検討した放射線に関するオンライン双方向学習システムを新たに最初から構築することは時間的にも費用的にも大きな事業になると考えられる。しかし、現在既に使われている一般的なオンライン双方向学習システムに本事業で意図している機能を載せることができれば、時間・費用とも効率的に学習システムの試作が可能であると考えられる。

一般的なオンライン双方向学習システムは数多くの大学で実際に活用されており、また、IT 機器・ソフトウェア企業等においても、学校教育の ICT 化をターゲットにしたシステムの開発を行っている。

本事業では、実用的な学習システムの実現は、要求される ICT 機器の性能向上が期待できる2020年頃を目標としているが、その実証を目的としたプロトタイプの試作を行う。プロトタイプはシステムの全ての機能を実現するものではなく、特に実験が必要な部分について、平成28年度をめどに設計製作を行い、その後、1年程度のコンテンツを組み込んでの試用(テスト)を行い、30年度に本システムの実装・実証(テスト)に

取り組むことを目標とする。

プロトタイプに含めるべき機能として、以下のものが挙げられる。

- ・人工知能による自然会話に近い応答をするユーザインタフェース
- ・ロールプレイングゲームと人工知能との融合
- ・関連情報の自動収集技術と、FAQ データベースの生成
- ・FAQ データベースからのクイズ・課題の生成

これらの機能の実装とテストと並行して、カリキュラムの設計を進めることは、本学習システムを早期に実現するため、最も重要であることは当然である。

## (2) コンテンツ内容の整備と拡充

本事業で開発される双方向学習システムは 2020 年頃を先取りするものである。従って、このシステムに親和性を持ったコンテンツの作成がもとめられると共に、システムのプロトタイプ設計・製作と歩調を合わせて作成する必要がある。

作成作業に当たっては、利用者が広い範囲にわたるので、それぞれのレベルで興味を持って積極的に学べる様にする為に、

- ① 総合科学への展開を考えた幅広い内容を包含する
- ② 教育の大きな流れに沿ったもの
- ③ 魅力や驚きを感じられる要素を含むこと
- ④ 日本のみならず、海外での FAQ 例など最新の素材の収集と整理
- ⑤ 利用者の目線を意識すること

を念頭に置くものとする。

作業の進捗と必要に応じてコンテンツ作成グループに人材を補強する。

## (3) プロトタイプ学習システムへのコンテンツの実装と教育環境での実証

完成した学習システムのプロトタイプは実教育環境での試用実証(テスト)により、コンテンツおよびシステムの改良が必要である。

実証の場としては、入門コースの初等中等教育段階の児童・生徒およびその教職員に対しては、原子力文化財団の教育活動、全国中学校理科教育研究会での実証授業などが考えられる。また、習熟、発展コースの高等専門学校生、原子力及び放射線に関わる分野を目指す大学生、原子力工学を目指す大学生等に対しては、例えば 8.1 項で述べた北海道大学のオンライン教育システム等既存のシステムのほか、8.2 項で述べた本学会シニアネットワーク連絡会による学生との双方向コミュニケーション活動の場などが考えられる。

平成 28 年度には実証場所の調査・確認、試運用の準備、29 年度には数 10 人規模での試運用を行って改良点を洗い出し、30 年度には数 100 人規模での実証を行うことが望ましい。

## (1) 参考資料

### 参考資料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 (社)日本原子力学会
- ・「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」平成 8 年 5 月 (社)日本原子力学会
- ・「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 (社)日本原子力学会
- ・「初等・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 (社)日本原子力学会
- ・「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 (社)日本原子力学会
- ・「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 (社)日本原子力学会
- ・「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 (社)日本原子力学会
- ・「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 (社)日本原子力学会
- ・「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 (社)日本原子力学会
- ・「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 27 年 3 月 (社)日本原子力学会

参考資料 2 「ICT を活用した教育の推進に関する懇談会」報告書(中間まとめ)  
(平成 26(2014)年 8 月 29 日)

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/26/08/\\_icsFiles/afieldfile/2014/09/01/1351684\\_01\\_1.pdf#search='ICT%E3%82%92%E6%B4%BB%E7%94%A8%E3%81%97%E3%81%9F%E6%95%99%E8%82%B2%E3%81%AE%E6%8E%A8%E9%80%B2%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%87%87%E8%AB%87%E4%BC%9A%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8'](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/08/_icsFiles/afieldfile/2014/09/01/1351684_01_1.pdf#search='ICT%E3%82%92%E6%B4%BB%E7%94%A8%E3%81%97%E3%81%9F%E6%95%99%E8%82%B2%E3%81%AE%E6%8E%A8%E9%80%B2%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%87%87%E8%AB%87%E4%BC%9A%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8')

参考資料 3 「平成 26(2014)年度 学校における教育の情報化の実態等に関する調査」(概要)

[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/\\_icsFiles/afieldfile/2015/10/30/1361388\\_01\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/_icsFiles/afieldfile/2015/10/30/1361388_01_1.pdf)

参考資料 4 平成 26(2014)年度文部科学省委託事業

「ICT活用ステップアップ映像集”利用ガイド」

[http://jouhouka.mext.go.jp/school/ict\\_substantiation/pdf/wg2guide.pdf](http://jouhouka.mext.go.jp/school/ict_substantiation/pdf/wg2guide.pdf)

参考資料 5:

(<http://www.akamai.co.jp/enja/stateoftheinternet/>)

- Vol.3, No.2, The State of the Internet, 2nd Quarter, 2010 report
- Vol.8, No.2, akamai's [state of the internet], Q2 2015 report

参考資料 6:コンテンツ参考 URL 表

項目	参考 URL
	5. 1 放射線とは何か – 放射線・放射能の特徴と基礎的な物性 (1) 太古の昔から存在する放射線
宇宙	<a href="http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/about/cosmicray.html">http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/about/cosmicray.html</a> (東京大学宇宙線研究所) <a href="http://www.kids.isas.jaxa.jp/faq/universe/un03/000188.html">http://www.kids.isas.jaxa.jp/faq/universe/un03/000188.html</a> (宇宙線宇宙科学研究所キッズサイト) <a href="https://edu.jaxa.jp/seeds/pdf/2_radiation.pdf">https://edu.jaxa.jp/seeds/pdf/2_radiation.pdf</a> (JAXA 宇宙教育センター) <a href="http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/ste-www1/naze/cosmicray/cosmicray2.pdf">http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/ste-www1/naze/cosmicray/cosmicray2.pdf</a> (太陽地球環境研究所) <a href="http://www2.kek.jp/kids/class/cosmos/class09-05.html">http://www2.kek.jp/kids/class/cosmos/class09-05.html</a> (高エネルギー加速器研究機構)
大地	<a href="http://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2013072900015/">http://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2013072900015/</a> (会津若松市) <a href="http://www.ies.or.jp/publicity_j/mini_hyakka/43/mini43.html">http://www.ies.or.jp/publicity_j/mini_hyakka/43/mini43.html</a> (環境科学研究所)
大気	<a href="http://www.kankyo-hoshano.go.jp/kl_db/servlet/cm_s_index">http://www.kankyo-hoshano.go.jp/kl_db/servlet/cm_s_index</a> (文部科学省) <a href="http://www.geosociety.jp/">http://www.geosociety.jp/</a> (日本地質学会)
食べ物	<a href="http://search.kankyo-hoshano.go.jp/food/">http://search.kankyo-hoshano.go.jp/food/</a> (環境放射線データベース) <a href="http://www.caa.go.jp/">http://www.caa.go.jp/</a> (消費者庁) <a href="http://www.mhlw.go.jp/">http://www.mhlw.go.jp/</a> (厚生労働省)
	(2) 放射線とは
原子と原子核	<a href="http://rcwww.kek.jp/kurasi/kurashi-all.pdf">http://rcwww.kek.jp/kurasi/kurashi-all.pdf</a> (高エネルギー加速器研究機構) <a href="http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/ene/2012/document/20120929/suzuki.pdf">http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/ene/2012/document/20120929/suzuki.pdf</a>

	<p>(資源エネルギー庁)  <a href="http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0030/part4/chap02/com2_6_1.html">http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0030/part4/chap02/com2_6_1.html</a></p> <p>(科学技術振興機構)  <a href="http://www.nirs.go.jp/hospital/radiant01/radiant01_02c.shtml">http://www.nirs.go.jp/hospital/radiant01/radiant01_02c.shtml</a></p> <p>(放射線医学総合研究所)  <a href="http://rcwww.kek.jp/kurasi/page-11.pdf">http://rcwww.kek.jp/kurasi/page-11.pdf</a></p> <p>(高エネルギー加速器研究機構)  <a href="http://stw.mext.go.jp/common/pdf/series/element/element_a8_2.pdf">http://stw.mext.go.jp/common/pdf/series/element/element_a8_2.pdf</a></p> <p>(文部科学省)  <a href="http://www.rarf.riken.go.jp/pub/enjoy/kakuzu/kakuzu_web.pdf">http://www.rarf.riken.go.jp/pub/enjoy/kakuzu/kakuzu_web.pdf</a></p> <p>(理化学研究所)  <a href="http://www.ref.or.jp/file/text7.pdf">http://www.ref.or.jp/file/text7.pdf</a></p> <p>(放射線教育フォーラム)</p>
放射線の種類	<p><a href="http://www.aec.go.jp/jicst/NC/sonota/study/aecall/book/pdf/yougo.pdf">http://www.aec.go.jp/jicst/NC/sonota/study/aecall/book/pdf/yougo.pdf</a></p> <p>(原子力委員会)  <a href="http://www.rerf.or.jp/radefx/basickno/whatis.html">http://www.rerf.or.jp/radefx/basickno/whatis.html</a></p> <p>(放射線影響研究所)  <a href="http://www.remnet.jp/lecture/b05_01/1_1.html">http://www.remnet.jp/lecture/b05_01/1_1.html</a></p> <p>(緊急被ばく医療研修)  <a href="http://rcwww.kek.jp/kurasi/page-32.pdf">http://rcwww.kek.jp/kurasi/page-32.pdf</a></p> <p>(高エネルギー加速器研究機構)  <a href="http://www.iryokagaku.co.jp/frame/03-honwosagasu/355/017-020.pdf">http://www.iryokagaku.co.jp/frame/03-honwosagasu/355/017-020.pdf</a></p> <p>(株式会社 医療科学社)  <a href="http://www.jaea.go.jp/04/ztokai/kankyo/kihou/kihou19_1/dic/unit.html">http://www.jaea.go.jp/04/ztokai/kankyo/kihou/kihou19_1/dic/unit.html</a></p> <p>(日本原子力研究開発機構)</p>
	(3)放射線の基礎知識
放射性物質と放射能	<p><a href="http://www.nirs.go.jp/report/nirs_news/9810/hik3p.html">http://www.nirs.go.jp/report/nirs_news/9810/hik3p.html</a>  (放射線医学総合研究所)</p> <p><a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-02-01-03">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-02-01-03</a>  (ATOMICA)</p>

	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-02-02">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-02-02</a> (ATOMICA)
透過作用	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-02-01-03">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-02-01-03</a> (ATOMICA)
電離作用	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-02-02">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-02-02</a> (ATOMICA)
蛍光作用	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-02-05">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-02-05</a> (ATOMICA)
放射線の単位	<a href="http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php">http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php</a> (放射線医学総合研究所) <a href="http://www.aomori-hb.jp/ahb3_5_6_06.html">http://www.aomori-hb.jp/ahb3_5_6_06.html</a> (環境科学技術研究所)
半減期	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=08-01-01-04">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=08-01-01-04</a> (ATOMICA) <a href="http://www.um.u-tokyo.ac.jp/publish_db/2000dm2k/japanese/02/02-12.html">http://www.um.u-tokyo.ac.jp/publish_db/2000dm2k/japanese/02/02-12.html</a> (東京大学総合研究博物館)
	(4)放射線測定器
GM 計数管	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/dic/dic_detail.php?Dic_Key=70">http://www.rist.or.jp/atomica/dic/dic_detail.php?Dic_Key=70</a> (ATOMICA) <a href="http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php">http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php</a> (放射線医学総合研究所)
シンチレーション式サーベイメータ	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/dic/dic_detail.php?Dic_Key=1397">http://www.rist.or.jp/atomica/dic/dic_detail.php?Dic_Key=1397</a> (ATOMICA) <a href="http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php">http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php</a> (ATOMICA) <a href="http://www.kankyo-hoshano.go.jp/qa/lib/k_qa_2.pdf#search=%E9%9B%BB%E9%9B%A2%E7%AE%B1%E3%82%B5%E3%83%BC%E3%83%99%E3%82%A4%E3%83%A1%E3%83%BC%E3%82%BF">http://www.kankyo-hoshano.go.jp/qa/lib/k_qa_2.pdf#search=%E9%9B%BB%E9%9B%A2%E7%AE%B1%E3%82%B5%E3%83%BC%E3%83%99%E3%82%A4%E3%83%A1%E3%83%BC%E3%82%BF</a> (原子力規制庁)

個人線量計	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=09-04-03-03">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=09-04-03-03</a> (ATOMICA) <a href="http://josen-plaza.env.go.jp/nasubinogimon/2movie7.html?id=movieAreaTop">http://josen-plaza.env.go.jp/nasubinogimon/2movie7.html?id=movieAreaTop</a> (環境省)
霧箱	<a href="http://edu.jaxa.jp/materialDB/downloadfile/78943.pdf#search=%E9%9C%A7%E7%AE%B1">http://edu.jaxa.jp/materialDB/downloadfile/78943.pdf#search=%E9%9C%A7%E7%AE%B1</a> (JAXA) <a href="https://www.radi-edu.jp/category/movie">https://www.radi-edu.jp/category/movie</a> (日本科学技術振興財団)
はかるくん	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/09/09010504/04.gif">http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/09/09010504/04.gif</a> (ATOMICA) <a href="http://www.nipec.nein.ed.jp/sc/rika/hakaru/index.html">http://www.nipec.nein.ed.jp/sc/rika/hakaru/index.html</a> (新潟県立教育センター) <a href="https://www.radi-edu.jp/category/movie">https://www.radi-edu.jp/category/movie</a> (日本科学技術振興財団)
イメージングプレート	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=08-04-02-03-08">http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=08-04-02-03-08</a> (ATOMICA) <a href="http://www.ies.or.jp/publicity_j/publicity305.html">http://www.ies.or.jp/publicity_j/publicity305.html</a> (環境科学技術研究所)
電離箱式サーベイメーター	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=09-01-05-03-03">http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=09-01-05-03-03</a> (ATOMICA) <a href="http://www.remnet.jp/lecture/forum/sh05_02.html">http://www.remnet.jp/lecture/forum/sh05_02.html</a> (原子力規制庁) <a href="http://www.pref.niigata.lg.jp/houshasen/1264021281619.html">http://www.pref.niigata.lg.jp/houshasen/1264021281619.html</a> (新潟県立教育センター)
半導体検出器	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=09-01-05-03-05">http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=09-01-05-03-05</a> (ATOMICA) <a href="http://tech.jemima.or.jp/5020305.html">http://tech.jemima.or.jp/5020305.html</a> (日本電気計測器工業会)
ホールボデ	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=0">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=0</a>



イカウンタ	9-04-03-11 (ATOMICA) <a href="http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php">http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php</a> (放射線医学総合研究所)
	5.2 社会における放射線—現象、利用、エネルギー、環境、 防災等 (1) 不思議な放射線の世界
植物からの 放射線を写 し出す	<a href="https://www.radi-edu.jp/category/material">https://www.radi-edu.jp/category/material</a> <a href="http://www.ies.or.jp/publicity_j/publicity305.html">http://www.ies.or.jp/publicity_j/publicity305.html</a> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-04-02-03">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-04-02-03</a>
水などの動 きの研究に 利用されて いる中性子 線	<a href="https://www.radi-edu.jp/category/material">https://www.radi-edu.jp/category/material</a> <a href="http://jrr3.jaea.go.jp/3/32.htm#">http://jrr3.jaea.go.jp/3/32.htm#</a> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=08-04-01-01">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=08-04-01-01</a> <a href="http://www.jrias.or.jp/report/pdf/tyusei_kiso_03.pdf">http://www.jrias.or.jp/report/pdf/tyusei_kiso_03.pdf</a>
エックス(X) 線で新たな 発見	<a href="https://www.radi-edu.jp/category/material">https://www.radi-edu.jp/category/material</a> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-02-01-01">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-02-01-01</a>
CT 画像の 進歩による3 次元立体画 像(3D)	<a href="http://www.ncc.go.jp/jp/ncce/division/lc_ctscan.html#top">http://www.ncc.go.jp/jp/ncce/division/lc_ctscan.html#top</a> <a href="http://www.nirs.go.jp/information/press/2005/index.php?07_07.shtml">http://www.nirs.go.jp/information/press/2005/index.php?07_07.shtml</a> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=08-02-01-02">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=08-02-01-02</a> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-02-01-03">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-02-01-03</a>
放射線と宇 宙の謎	<a href="http://www.jaxa.jp/projects/sas/plasma/index_j.html">http://www.jaxa.jp/projects/sas/plasma/index_j.html</a> <a href="http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/about/neutrino.html">http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/about/neutrino.html</a> <a href="http://www.jaxa.jp/article/special/astro_h/takahashi01_j.html">http://www.jaxa.jp/article/special/astro_h/takahashi01_j.html</a> <a href="http://www.jaxa.jp/article/special/experiment/matsuoka01_j.html">http://www.jaxa.jp/article/special/experiment/matsuoka01_j.html</a> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-02-01-02">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-02-01-02</a>
放射線を発 生させる装 置	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-03-01">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-03-01</a> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-03-16">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-03-16</a>

放射線を生かせる装置	<a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-03-01">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-03-01</a> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-03-16">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=08-01-03-16</a>
	(2)放射線・放射能の歴史
発見	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線にはどんな歴史があるの？(日本アイソトープ協会):  <a href="http://www.jrias.or.jp/iso_and_tope/menu1.html">http://www.jrias.or.jp/iso_and_tope/menu1.html</a></li> <li>放射線研究の幕開け～レントゲンによる X 線の発見～(首相官邸):  <a href="http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g51.html">http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g51.html</a></li> <li>放射線と地球のたび(日本原子力研究開発機構):  <a href="https://www.jaea.go.jp/the_radiation_odyssey/pc/index.html">https://www.jaea.go.jp/the_radiation_odyssey/pc/index.html</a></li> </ul>
歴史	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力・放射線にかかわるノーベル賞受賞者(ATOMICA):  <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-03-03-13">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-03-03-13</a></li> </ul>
	(3)放射線による影響
放射線量による人体への影響	<a href="http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php">http://www.nirs.go.jp/information/qa/qa.php</a> <a href="http://www.ncc.go.jp/jp/about/index.html">http://www.ncc.go.jp/jp/about/index.html</a> <a href="http://www.radi-edu.jp/radi/wp-content/uploads/2014/01/poster.pdf">http://www.radi-edu.jp/radi/wp-content/uploads/2014/01/poster.pdf</a> <a href="http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000014hcd-img/2r98520000014hdu.pdf">http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000014hcd-img/2r98520000014hdu.pdf</a> <a href="https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/attach/20140707mat1-01-4.pdf">https://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo/attach/20140707mat1-01-4.pdf</a> <a href="http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2011/06/24/1305089_0624_1.pdf">http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2011/06/24/1305089_0624_1.pdf</a> <a href="http://monitoring.tokyo-eiken.go.jp/etc/qanda/">http://monitoring.tokyo-eiken.go.jp/etc/qanda/</a> <a href="http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/pdf/guidebook_jissen.pdf">http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/pdf/guidebook_jissen.pdf</a>
外部被ばくと内部被ばく	<a href="http://stw.mext.go.jp/series.html">http://stw.mext.go.jp/series.html</a> <a href="http://www.pref.nara.jp/secure/78179/kouen1-2.pdf">http://www.pref.nara.jp/secure/78179/kouen1-2.pdf</a>
放射線影響の発見の歴史	<a href="http://www.env.go.jp/chemi/ceh/why/">http://www.env.go.jp/chemi/ceh/why/</a> <a href="https://www2.kek.jp/kids/comic/">https://www2.kek.jp/kids/comic/</a> <a href="http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html#ABOUT">http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html#ABOUT</a>
	(4)暮らしや産業での放射線利用 1)エネルギー利用、放射線と暮らし等



	<p>E3%81%AE%E5%88%A9%E7%94%A8%E6%96%B9%E6%B3%95%27</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>放射線医学総合研究所 HP: <a href="http://www.nirs.go.jp/about/outline.shtml">http://www.nirs.go.jp/about/outline.shtml</a></li> <li>原子力・放射線にかかわるノーベル賞受賞者(アトミカ): <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-03-03-13">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=16-03-03-13</a></li> <li>Spring-8 ってなあに？(文部科学省): <a href="http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/ryoushi/detail/1316036.htm">http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/ryoushi/detail/1316036.htm</a></li> <li>東北大学病院がんセンター <a href="http://www.hosp.tohoku.ac.jp/cc/gan_qa/gan_01.html">http://www.hosp.tohoku.ac.jp/cc/gan_qa/gan_01.html</a></li> <li>明るい未来を目指して放射線を活用しよう(日本アイソトープ協会): <a href="http://www.jrias.or.jp/iso_and_tope/menu8.html">http://www.jrias.or.jp/iso_and_tope/menu8.html</a></li> <li>先端的な原子力科学技術の推進(文部科学省): <a href="http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpba200501/002/006/0404.htm">http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpba200501/002/006/0404.htm</a></li> <li>j-PARC HP:<a href="http://j-parc.jp/ja/jparc.html">http://j-parc.jp/ja/jparc.html</a></li> <li>スーパーカミオカンデ HP: <a href="http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/">http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/sk/</a></li> <li>非破壊検査用の線源(ATOMICA): <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=08-01-03-11">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=08-01-03-11</a></li> </ul>
	(5) 放射線の管理・防護・リスクコミュニケーション
放射線の管理・防護	<ul style="list-style-type: none"> <li>JAEA(原科研) <a href="https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/houkan/index.html">https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/houkan/index.html</a> (原子力事業者としての説明調であり一般論としての説明にはなっていない)</li> <li>ATOMICA <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/database_bun.html">http://www.rist.or.jp/atomica/database_bun.html</a> (中項目のインデックスページ)</li> </ul>
リスクコミュニケーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>首相官邸災害対策ページ <a href="http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g57.html">http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g57.html</a></li> <li>文部科学省安全・安心科学技術及び社会連携委員会 <a href="http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/064/houkoku/_icsFiles/afieldfile/2014/04/25/1347292_1.pdf">http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/064/houkoku/_icsFiles/afieldfile/2014/04/25/1347292_1.pdf</a></li> </ul>
	(6) 事故関連(防災、風評被害、食品安全、モニタリング、除染等)

防災	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力文化財団</li> </ul> <a href="https://www.jaero.or.jp/data/02topic/fukushima/knowledge/30.ht">https://www.jaero.or.jp/data/02topic/fukushima/knowledge/30.ht</a>
風評被害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・法務省人権擁護局</li> </ul> <a href="http://www.moj.go.jp/JINKEN/jinken04_00008.html">http://www.moj.go.jp/JINKEN/jinken04_00008.html</a>
食品安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農林水産庁</li> </ul> <a href="http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/s_seisan.html">http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/s_seisan.html</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>・消費者庁</li> </ul> <a href="http://www.caa.go.jp/earthquake/understanding_food_and_radiation/">http://www.caa.go.jp/earthquake/understanding_food_and_radiation/</a>
モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ATOMICA</li> </ul> <a href="http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=09-04-05-02">http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=09-04-05-02</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>・規制委員会放射線モニタリング情報</li> </ul> <a href="http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/">http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/</a>
除染	<a href="http://josen-plaza.env.go.jp/">http://josen-plaza.env.go.jp/</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境省除染プラザ</li> </ul> <a href="http://josen.env.go.jp/about/method_necessity/decontamination.html">http://josen.env.go.jp/about/method_necessity/decontamination.html</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境省</li> </ul>

参考資料 7: 「はかるくん」 RADIATION EMERGENCY MEDICINE 2012 Vol1  
No.1-2 17-21

参考資料 8: 「高校生を対象として放射線教育に関する課題研究活動」  
RADIOISOTOPES 63, 93-102 2014

参考資料 9: 「アジアにおける放射線中等教育への我が国の経験の活用と今後展開」  
RADIOISOTOPES 64, 745-752 2015

参考資料 10:

工学系教育研究センターの大学院授業配信システムで配信された講義

エネルギー工学概論 全 16 回 (原子力 8 回/内放射線 2 回)

原子力・エネルギーシステム特論 全 15 回 (原子力 11 回/放射線 3 回)

原子炉工学 全 16 回 (原子力 12 回)

講義は、英語で実施されるものと日本語で実施されるものがある。日本語による講義については、収録後に日本語の字幕を付けて配信され、海外からの留学生の日本語

の理解に役立っている。日本語での理解を希望する留学生が多くいるためである。英語による講義については、海外からの留学生をサポートするコンテンツとして必須であり、その制作が進められている。

参考資料 11:

北海道地区教養教育連携事業向け講義配信システムで配信された講義  
平成 27 年度には、学部1年生向けに、「地球環境問題と原子力技術・倫理」の全 15 回(原子力 6 回/放射線 4 回/地球環境・再生エネルギー・技術者とマスコミの倫理 5 回)の遠隔授業が行われた。一方、平成 28 年度には、同じく学部1年生向けとして、「オープン教材を活用して学ぶ放射線・放射能の科学」が開講予定であり、事前学習教材を用いた反転授業が計画されている。

参考資料 12:

一般人向けのオープン教材[参考文献 8]  
原子力については、平成 25 年度から以下の 19 講義、放射線については 11 講義がインターネットを介して一般に無料で常時配信されている。  
原子力人材育成「多様な環境放射能問題に対応可能な国際的人材の機関連携による育成」事業 全 10 回(原子力 10 回/放射線 7 回)  
原子力人材育成「オープン教材の作成・活用による実践的原子力バックエンド教育」事業 全 9 回(原子力 9 回/放射線 4 回)

参考資料 13:

国際的グローバル MOOC 教材:  
Effects of Radiation: An Introduction to Radiation and Radioactivity[参考文献 9]  
12 回(放射線 12 回)を配信し、世界 133 ヶ国から 3,600 名以上の受講登録があった。(平成 27 年 7 月)

参考資料 14:

これまでの対話活動の詳細は、シニアネットワーク連絡会のホームページの「対話会の学生とシニアの対話報告のメニュー欄参照  
(URL: <http://www.aesj.or.jp/~snw/>)  
平成 18 年から平成 27 年 3 月までの活動は、下記の通りである。

## 原子力学会シニアネットワークと学生との対話会

2015年3月までの9年間、108回の対話会を開催  
 全国31大学、3高専、1地方自治体の学生、  
 参加総数 学生3765名、シニア1160名(延べ)、  
 教員408名、一般 17名

### 学生の内訳

原子力系:	17大学	1741名(46%)
理工学系:	8大学	1552名(41%)
教育系:	6大学	441名(12%)
文科系:	3大学	19名(0.3%)

開催方法 単独、2大学共催、多数大学共催  
 開催頻度 各大学 1回~9回

対話会後には参加学生からアンケートを取り、その後の活動に反映させている。その結果もホームページに載っている。その中で代表的なものは、

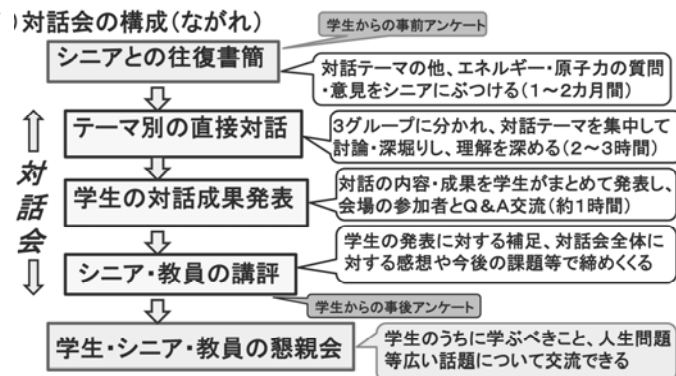
- ①対話の内容に満足したか?⇒ 約 90%が満足した
- ②対話会の開催は必要か?⇒ ほぼ 100%が必要と答えた
- ③対話会で得られたものは何か?⇒ 幅広い知識 ・エネルギーや原子力が生活に必要であること、マスコミの報道が偏っていること ・リスク回避だけでは本当の安全にはつながらない、若者が将来を担わねばならないとの自覚
- ④福島事故後はほぼ全員が教育は必要とし、その普及をしたいと回答

### 参考資料 15:

#### 原子力ヤングエリートの研修内容と対話会の実施例

先ず、参加学生を国内外から公募する。応募してくる学生は、一校に偏することなく、多彩である。原子力専門機関で4日間の座学と施設を用いた研修を行う。その際、実験で得られたデータを考察する。その過程で座学のみでは得られない知見を獲得できる。研修内容は、受講する施設毎に違うが、BWR/ESBWR, PWR, AP1000の実炉の特徴とともに炉心過度伝熱、過酷事故対応設備とその操作、確立論的安全解析手法、IC伝熱実験、PWRのECCS注水模擬実験、フィルターベントの可視化実験、PWRの過酷事故緩和対応のシミュレーション訓練、防災ロボット操縦訓練など、極めて多様である。

最終日に研修結果を発表し、シニアと対話する。そのやり方を右図に示す。対話テーマは、予め定まっておき、講義の1, 2ヶ月前からEメールによる往復書簡を密に交わして議論する。



平成24-26年度研修は、5機関で22大学と海外参加者も含めて226名の学生を対象に行われた。そして、平成27年度の第1回目の研修が15名の学生の参加の下、東芝にて12月20日に実施された。その時の対話は、成員5名からなる3班で「過酷事故を未然に防ぐには」という共通テーマで行われた。事前の往復書簡は、40日に渡って最大3.5回交わされた。それに伴って議論がかなり集約され、本番の対話会では、各班とも共通テーマに係わる課題とそれ以外のテーマも議論された。

受講した15名の学生から集めた対話会についてのアンケート結果によると対話に対する満足度や対話の必要性を認める率は極めて高い。将来のイメージを掴めたという意見も73%あった。放射線に対する国民の知識とその対策に対する解が得られ、放射線知識を広めて行きたいという意見も見られた

## (2) 参考文献

- [1] [http://www.cisco.com/web/JP/solution/isp/ipngn/literature/pdf/white\\_paper\\_c11-520862.pdf](http://www.cisco.com/web/JP/solution/isp/ipngn/literature/pdf/white_paper_c11-520862.pdf)
- [2] 例えば、「人工無脳は考える」<http://www.ycf.nanet.co.jp/~skato/muno/>
- [3] 例えば、Botbird <http://botbird.metabirds.net>
- [4] URL: <https://www.edx.org/course/effects-radiation-introduction-radiation-oecx-radio101x>
- [5] 金氏顕: シニアネットワークの立ち上げ、「エネルギーフォーラム」平成18年7月号
- [6] 竹内哲夫: シニアと学生との対話を介し原子力の意義を伝える、「エネルギーフォーラム」平成18年10月号
- [7] 原子力人材育成「オープン教材の作成・活用による実践的原子力バックエンド教育」・HP URL: <http://backend.qe.eng.hokudai.ac.jp/>
- [8] 北海道大学オープンコースウェア HP URL: <http://ocw.hokudai.ac.jp/>
- [9] グローバルMOOC(大規模公開オンライン講座)「環境放射能基礎」(英語版)

## (3) 付録

### 「放射線教育」特別専門委員会 委員名簿

	氏名	所属	備考
委員長	中村 尚司	東北大学名誉教授	WG-A主査
幹事	池本 一郎	電力中央研究所名誉特別顧問	WG-B主査
委員	飯本 武志	東京大学環境安全本部	WG-A副主査
	岡元 博志	原子力文化財団	WG-B
	掛布 智久	日本科学技術振興財団	WG-A



	川合 秀幸	元三井物産	WG-A
	川合 將義	高エネルギー加速器研究機構名誉教授 /SNW連絡会	WG-B
	関東 康祐	茨城大学工学部教授	WG-B
	木藤 啓子	日本原子力産業協会	WG-B
	工藤 和彦	九州大学名誉教授/教育委員会	WG-B
	佐々木 道也	電力中央研究所/放射線工学部会	WG-A
	高田 太樹	中野区立南中野中学校/全国中学校理科教育研究会	WG-A
	高田 千恵	日本原子力研究開発機構/保健物理・環境科学部会	WG-A
	高畠 勇二	エネルギー・環境理科教育推進研究所	WG-A
	三好 義洋	ナノメーカー・ジャパン	WG-B
	渡邊 美智子	土浦市立山ノ荘小学校/全国小学校社会科学研究協議会	WG-A
	荒井 伸	日本原子力学会嘱託	WG-A、B

(注)： WG-A:コンテンツワーキンググループ

WG-B:学習システムワーキンググループ