

巻頭言

- 1 GX / SDGs に関わる取り組み
—その方向性と課題 浅井佑記範

時論

- 2 本会会員は原子力のリスクの
「破局性」を語れ 寿楽浩太

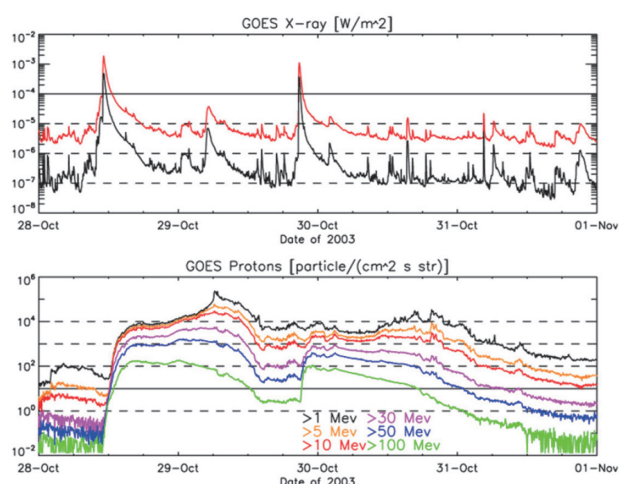
Perspective

- 4 病院爆撃の「大義」 越智小枝

Science

- 31 太陽系にも嵐が起こることを知っていますか？
～太陽嵐と太陽放射線による影響

太陽で発生する爆発現象，太陽嵐。大規模な太陽嵐には放射線を伴うケースが多く，その放射線は私たちの生活に影響を及ぼす可能性がある。 塩田大幸



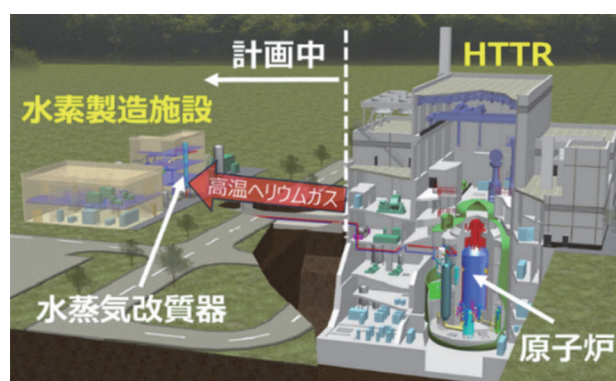
GOES 衛星で測定された 2003 年 10 月 28～31 日の太陽 X 線とプロトン強度 (flux) の推移

解説

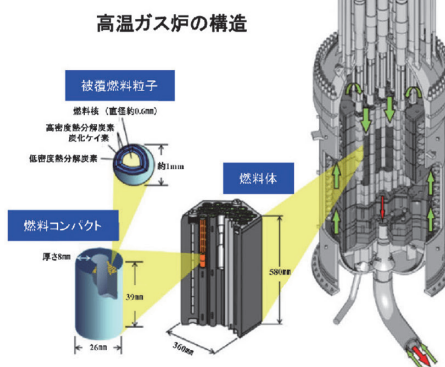
- 12 高温ガス炉の現状と今後
～カーボンニュートラルに貢献する
高温ガス炉の開発

900℃以上の高温の熱を供給できる高温ガス炉は，水素製造を含む多様な熱利用が可能で，安全性も高い。実証炉の運転開始の目標は 2030 年代後半だ。

坂場成昭，佐藤博之，大橋弘史



HTTR-熱利用試験施設



解説 ハイエントロピー合金の材料科学と原子力材料としての可能性

- 21 ハイエントロピー合金の電気化学特性の解析と高耐食合金開発への応用

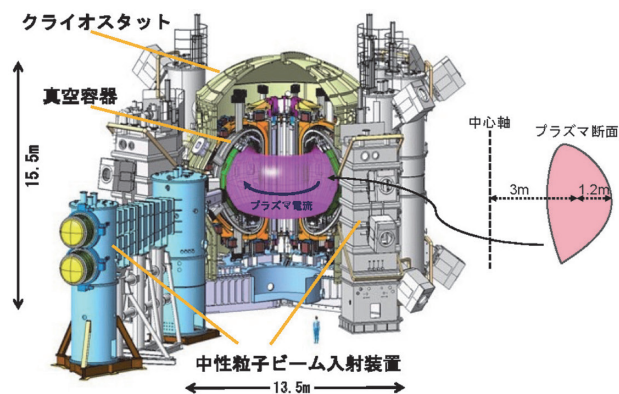
ハイエントロピー合金の概念の導入により，優れた特性をもつ新規合金が次々と見出されている。

西本昌史，武藤 泉

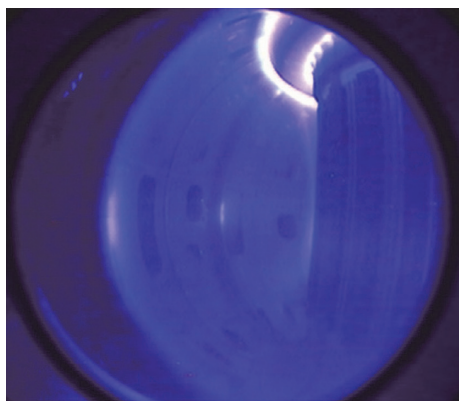
17 JT-60SA における初プラズマの達成 フュージョンエネルギー実現にむけて

量子科学技術研究開発機構は、世界最大のトカマク装置である「JT-60SA」が初プラズマを達成し、稼働を開始した。

井手俊介



JT-60SA の概要図とプラズマ断面



JT-60SA の 1.2MA プラズマの可視カメラ画像

報告

26 原子力安全部会 / 保健物理・環境 科学部会合同企画セッション フォローアップセミナー 「保健物理の最新動向と原子力安全」

緊急時対応と原子力防災に論点について両部会の最新動向を情報共有し、オフサイトとオンサイトの観点から議論を深めた結果について報告する

原子力安全部会、保健物理・環境科学部会

43 サイエンスあれこれ

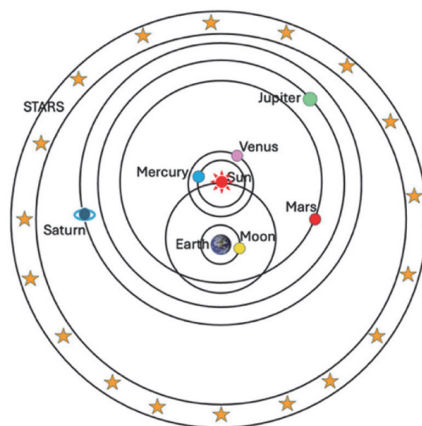
秋江拓志、笹原昭博

36 自然科学の発展をギリシャから辿る 旅(Ⅱ)

ーイスラム世界から 12 世紀ルネッサンス を経て西欧へ

西ローマ滅亡後、西アジアに集積した科学を含むギリシャの知はイスラム世界の拡大とともに西進し、西欧に流入した。これが西欧を文化的覚醒へと促しやがて西欧近代科学の開花をもたらした。

吉田 正



ティコ・ブラーエの太陽系モデル

41 Column

後輩から得た学び
日本の学校教育における変化
形容詞の不在
人生のロールモデル

今泉友里
佐々木帆南
菅原慎悦
小出重幸

6 News

20 新刊紹介「次世代原子炉が拓く新しい市場」

笹原昭博

35 From Editors

44 会報 原子力関係会議案内、主催行事、新入会一覧、2024 年度会費納入のお願い、英文論文誌 (Vol.61, No.7) 目次、主要会務、編集委員コラム、編集関係者一覧

46 Vol.66 (2024), No.7 J-STAGE 閲覧
購読者番号・パスワード
後付「第 14 回総会」資料

学会誌に関するご意見・ご要望は、学会誌ホームページの「目安箱」(https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos/meyasu) にお寄せください。

学会誌ホームページはこちら
https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos



GX/SDGs に関わる取り組み—その方向性と課題

巻頭言



福井南高等学校 教諭

浅井 佑記範 (あさい・ゆきのり)

民間企業勤務を経て2013年より福井南高等学校地歴・公民科教諭。総合的な探究の時間において、「高校生の原子力に関する意識調査」や地層処分の理解促進活動、クリアランス資源のリサイクルを手掛けるゼミを主宰している。専門は倫理。明治大学経営学部卒。

幼少期の短い期間ではあるがオーストラリアに滞在していたことがある。私のいた地区はゴミ収集が週に一度、その分別も「リサイクルできるもの」と「リサイクルできないもの」のふたつしかなかった。不思議に思い、ホストファミリーに「日本では更に細かく分別すること」を説明した。「分別表を大量印刷して各戸へ配布し、何度も収集車を走らせる方が環境負荷は大きい。リサイクルは手段であって目的ではないんだよ」子どもながらに衝撃を受けた返答が返ってきた。帰国後、自宅の冷蔵庫前に貼られた過密スケジュールの収集カレンダーをみて違和感を覚えた。

話は変わるが、私の勤務する高校では「探究」を大学同様にゼミ形式で展開している。私の受け持つゼミでは、地層処分に関する合意形成やそれをテーマとした学校間の交流会、「高校生の原子力に関する意識調査」といった活動を行っている。そのひとつに、原子力発電所の廃炉に伴って生じる、放射能レベルが極めて低く人体に影響がないと国が認めた廃棄物(以下、クリアランス資源)を用いたリサイクル活動が挙げられる。本校は田園地帯に位置しており、冬の下校時間ともなると多くの生徒たちがスマホのライトで足元を照らしながら歩く姿がみられた。必然的に保護者による送迎も増え、学校周辺は多くの車が行き交うこととなり、結果としてCO₂の排出量が増えてしまう。これを解決するために最寄り駅までの通学路にクリアランス資源を用いた街灯を設置すると同時に、同制度についても同年代に広く知ってもらい、リサイクルの必要性や廃炉の産業化について考えてもらおうというのがこのゼミの主旨だ。

ここから先は主語が「生徒たち」になるのだが、2022年度は校内に水仙をモチーフとした街灯4基を設置した。昨年度は地域へ拡大し、通学路上や公民館などに計10基設置した。これが報道されると、県内外から設置に関する問い合わせが来るようになった。今年度は電力消費地をはじめとする県外にこの街灯を“輸出”できないか検討に入っている。このように、身近な課題解決を最初のゴールとして提示し、その先の社会課題の解決につなげる。生徒たちの取り組みはSDGs、また資源循環の観点から非常に分かりやすい社会課題解決の進め方だと思う。

時を同じくして2022年度より高校においても教育課程が一新された。これまで環境やエネルギー問題を扱ってきた公民科の「現代社会」も「公共」と名を変え、教科書の構成も大幅に変わった。エネルギーと環境に関する項目が削られ、代わりに「SDGsの達成に向けて」と題した単元で17のゴールと169のターゲットが示されている。しかし、「循環型社会」「環境の保全」といったゴールは高校生にとっては遠大で、なにより「ゴールの先にある未来の姿」は教科書の記述からは見えてこない。従来の一方的な教授法では、ミクロな視点で先鋭化した議論が生まれやすくなる。SDGsもGXも手段であって目的ではないはずだ。だからこそ、その先にどのような未来があるのかを提示し考えさせるスキルが教員には問われていると感じる。教授法を試行錯誤する私たちを横目に、生徒たちはクリアランス制度周知の手段として県内各自治体に街灯設置を進めている。福井といえば県立恐竜博物館は県外からも多くの観光客が訪れることで有名だが、その敷地内にも先日、クリアランス製の街灯が設置されたそうなので、お越しになられた際にはぜひ探していただけると嬉しい。

(2024年5月24日 記)



本会会員は原子力のリスクの「破局性」を語れ



寿楽 浩太 (じゅらく・こうた)

東京電機大学工学部人間科学系列教授
東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻
特任助教、東京電機大学未来科学部人間科学
系列助教、同工学部准教授を経て現職。経済
産業省総合資源エネルギー調査会特定放射性
廃棄物小委員会委員。専門は科学技術社会
学。博士(学際情報学)。

2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故(以下、「1F事故」)を経て、原子力分野では「リスク」の考え方の重要性が改めて認識され、その具体的な活用の方法や制度も整えられてきた。今日、原子力関係者の口から「リスク」の語が発されない日はない。

しかし、科学技術の社会学の立場から原子力利用を眺めてきた筆者からすると、「リスク」に関する肝心な議論が正面から語られないままになっているように思えてならない。政府のいわゆるGX方針のもと、原子力利用に期待する機運が再び高まっているという観測も本会では一般的であろうが、本稿は敢えてその「肝心な問題」について述べたい。そして、原子力技術を通して社会に貢献しようとする本誌読者、本会会員各位からの応答を期待するものである。

では何を問題にしたいのか。それは「リスク」の質的な峻別と、「破局性」に対する特別な扱いの必要性についてである。

いうまでもなく、原子力分野は「リスク」の考え方に基づいて技術の安全を追求めてきた中心的な工学分野の一つだ。米MIT(マサチューセッツ工科大学)のN. ラスムッセンらの手になるWASH-1400報告書(1975年)を知らぬ者はこの分野にはいないであろう。そしてまた、ラスムッセンが「米国製の原子力発電所で重大事故が起こる確率は、10億年に1回」とし、それは、「ヤンキースタジアムに隕石が落ちるのを心配する」ぐらいに低い、すなわち、現実には心配する必要がないほど小さいものだ」と説明したわずか4年後の1979年にスリーマイル島(TMI)原子力発電所事故が発生し、「重大事故」が現実となったこともまた、誰もが知るところである。

一般に、「リスク」の考え方は、われわれにとって負の帰結をもたらすさまざまな可能性を定量化したり、比較可能にしたりというように、操作可能な普遍化をもたらす点で専門家には重宝されていると理解している。

ここで、イェール大学の組織社会学者C. ペローが1980年代前半に行った研究を紐解きたい。ペローは、同事故に関する社会科学的な調査プロジェクトに参加したことをきっかけに、巨大複雑技術における重大事故発生

の不可避性と、「破局性」による「リスク」の質的な峻別をその主著 *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*(1984年)で主張した。

ペローはTMI事故の発生シーケンスの分析を含む社会学的な検討を通して、現代で言うところの複雑システムの創発特性に着目するに至る。そして、巨大複雑技術においては個別の機器の不具合やヒューマン・エラーといったものよりも、「複雑(complex)な相互作用」と「固い結びつき(tight coupling)」によって重大事故が起こる場合があり、これはシステムの性質によって不可避に生じるので避けがたいとした。これが書名にもあるNormal Accident(定常事故)である。

定常事故は些細で偶発的な不具合からの連鎖によって破局に至るため、事後的な事故の理解はできても、予防が極めて難しい特徴を持つ。どんな発端事象からどのような複雑な相互作用を経てどのようにシステムが破綻するのかにはあまりにも多くの可能性がありすぎるからだ。工学の歴史でよく引き合いに出される、失敗からの学習の成功例(例：タコマ橋の崩落や世界初のジェット機コメットの連続墜落、等)との違いはそこにある。

ペローはその上で、「リスク」をその帰結の重大さの質的な差異を踏まえて捉えることの必要性を強調する。そして彼は帰結が社会的に受け入れられない種類の「破局」(catastrophe)を招きうる技術は利用を諦めるべきだと喝破した。例えば航空機事故が起これば時に数百人が一度に命を落とすが、しかし地域、社会、国家、世界といった共同体の存続にとって致命的になるとは考えがたい。他方、原子力事故や核兵器の事故(システム不具合による誤射や誤認による反撃など。当時は冷戦末期であり、米ソの戦略核戦力が最も大きくなっていた時代でもあったことを想起されたい)はそうした事態を容易に招く、すなわち「破局性」があるというのだ。

ペローによると、破局性が低く、かつ代替手段にも乏しければその技術は最善の努力のもとで利用を継続するしかないが、破局性が高く、かつ代替手段があるのなら利用をあきらめるほかない、という。彼は原子力発電と核兵器をいずれもこの「あきらめる」カテゴリに分類する

べきだと主張した。

もちろん、本会会員のなかには、原子力事故は仮に最悪の事態が生じてもそうした意味の破局には至らない、と反論する向きもあろう。しかしここでまず重要なのは、ペローがリスクをその帰結に着目して捉え、かつ、質的に区別した(真に破局的なものとそこまでではないものを区別しようとした)ことである。

翻って現下の国内の状況はどうか。各種世論調査の結果は、特にウクライナ戦争の発生(2022年2月)以降、人びとが原子力利用に対する態度をやや肯定的に変化させたことを示す。すなわち、必要性の認識が高まり、容認の意向が増している。冒頭述べた政府のGX方針もこうしたタイミングを捉えたものだと理解される。

しかし、各種世論調査は同時に、人びとが原子力発電所の「安全性」への不安を持ち続けていることも示している。もちろん、1F事故以降、相当の安全性向上の努力が重ねられてきたことを人びとが全く考慮していないわけではないだろう。しかしながら、それらの多くは事象の生起確率の低下をもたらすものであり、帰結の重大さを本質的に緩和するものではないはずだ。もちろん、種々の厳しい事故シナリオを設定して放射能の放出量の評価を行えばその規模は大きく縮小しているかもしれない。それでも、どの炉にも基本的には事故以前と同等規模のインベントリの放射性物質が存在する以上、あらゆる安全上の手立てが不首尾に終わるような、究極的な意味での「最悪シナリオ」の可能性もまた、完全には排除されない。人びとが「安全性」という言い方で問題にしている、あるいは懸念を示し続けているのは、この逃れがたい「破局性」に対してなのではないか。

原子力発電所の重大事故の可能性に関して現下、真先に議論されるのは、いわゆる避難計画の実効性である。けれども、いかに避難計画を実効的にしたとしても、広い範囲の人びとに長期の避難を強いる可能性がある以上、それは立地地域の地域社会にとっての原子力事故の「破局性」は排除されないことを意味する。

さらに言えば、1F事故の際にも問題になったように、多数の号機を擁する原子力発電所の場合には、「最悪シナリオ」の影響範囲が極めて広範囲になる可能性もある(例:「〇〇地方全体」「東(西)日本」等)。「破局」の危機は社会全体、国全体におよびかねない。

筆者がこの点を強調したのは、本会会員、原子力関係者に原子力利用の推進を断念せよと直ちに訴えたいからではない。各位には原子力利用を支持する強い理由があるであろうことはもちろん承知している。そうであればこそ、「破局性」の問題を正面から認めた上で社会の懸念や疑問に答え、その上でなお原子力利用の価値や正当性を訴える論陣を張れるのか、改めて問いたい。

こうした問いかけをすると、「原子力利用に限らず、何事にもリスクはある」「ゼロリスクはありえず、不合理」「日本はとりわけゼロリスク志向が強く不健全だ」といった批判、反論が原子力関係者から発されることも多いが、筆者から見ると、それはいわゆる「安全神話」の機能的等価物としての「リスク神話」にすぎず、有効で誠実な応答とは思われない。

すでに原子力発電所は十分に安全であるのだから、人びとが懸念を持ったり是非を問うたりするには及ばない、というのが「安全神話」の含意であったとするならば、どんな技術にもリスクはあるところ、特別の注意を払った安全対策の改善を続けている原子力発電所のリスクを人びとが殊更に心配したり是非を問うたりするには及ばない、というのが「リスク神話」の含意なのであって、どちらも人びとに思考停止と賛意を求めている点で選ぶところがないからだ。しかも、「リスク神話」は本稿で述べたリスクの質的な差異を不問に付し、異なるリスクを比較可能だと言い募る傾きを強く持つ。「破局」の可能性に対する正面からの回答たりえない。

「リスク神話」と訣別しない限り、それは結局のところ、人びとに原子力利用の価値や正当性を本気で認めてもらおうという意思はないということにならないか。

本会会員には、ぜひ、原子力利用が抱え込む「破局性」の問題をどう考えるのか、正面から考えを語ってほしい。例えば、「新型炉」あるいは「革新炉」といったかけ声は広く一般の人びとの耳にも達しているが、それは「破局性」に対する抜本的な手当てたりえるものなのか。あるいは、低線量被ばく健康影響についてより精緻な評価が進めば、万一の重大事故が社会経済活動に与える影響範囲も狭めていくことができ、「破局」には至らないという意見もあるかもしれない。

いずれにせよ、1F事故を経験した日本社会が本当の意味で原子力利用を改めて選択しうる可能性があるとしたら、それは少なくとも「破局性」に対する原子力関係者側の誠実な回答を社会が受け取った後になる。

もちろん、社会が直ちにその答えに納得するとは限らない。しかしそれでも、回答をする努力を続けることが求められる。「破局」の問題に対する社会的な折り合いが改めて明確につかない限り、仮に今後も原子力の必要性や利点に対する社会の支持が維持あるいは増加の傾向を示し、一見すると社会が原子力利用を再び受け入れたように見えても、それはかりそめである。原子力利用が社会から再びにわかに棄却される可能性がずっと、つきまとうからだ。ましてや、すでに1F事故を経ているのだから、「二度目」はないと考えた方がよい。原子力関係者の見識が今こそ問われている。

(2024年5月29日記)