

### 巻頭言

#### 1 原子力の利用が未来に続くために

松尾雄司

### 時論

#### 2 AIによる電力需要増や気候変動対策で注目される原子力

木村正人

### Perspective

#### 4 エネルギーの選択肢を守る —原子力政策と人材育成の両輪

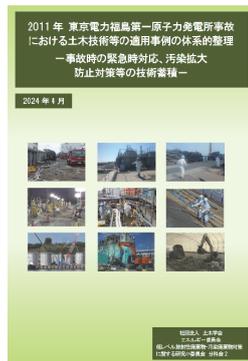
山本一郎

### 特別寄稿

#### 23 2011年 東京電力福島第一原子力発電所事故における土木技術等の適用事例の体系的整理—事故時の緊急時対応、汚染拡大防止対策等の技術蓄積—報告書の概要紹介

土木学会エネルギー委員会が1F事故対策の土木分野の活動について取りまとめた題記報告書の概要を紹介する。

白土博司, 大西有三,  
河西 基



### 7 NEWS

- 中国の原発容量, 2030年に欧米超え
- 島根2号機が発電再開
- 海外ニュース

### 座談会

#### 12 「破局」と向き合い、「安全」を語る 安全を再定義し、原子力が社会を 先導する

原子力のように巨大かつ複雑な技術は破局的な事故を起こす可能性がある。原子力界はその破局性がもたらしうる影響やそれへの対策を語るとともに、「公正性」や「未知のリスクに対する感覚」を十分に意識し体現することで、それが社会を先導するようなものになることへの期待が示された。

寿楽浩太, 佐治悦郎, 澤田哲生, 佐田 務, 渡辺 凜

### 解説

#### 47 安全専門家が探求すべきパラダイム シフト—複雑性と激動の時代の 新しい安全マネジメント

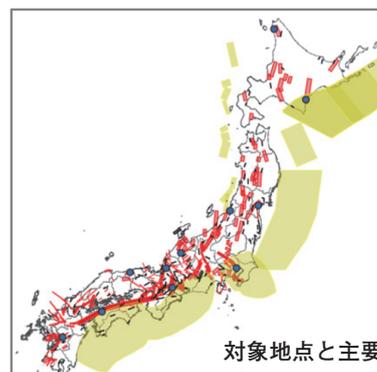
原子力発電所を含む社会技術システムの安全探求を、これまでより広範な視野から捉える。そのアプローチとしてカネヴィンフレームワークを活用し、Safety-II安全概念ならびにレジリエンスエンジニアリングと関連づけて説明する。

北村正晴

#### 53 原子力発電所の耐震多様性と ロバストネスの評価

確率論的地震リスク評価に基づいて、原子力施設における損傷リスクを定量化することにより、耐震構造と免震構造の組み合わせを活用した耐震多様性の有効性を定量的に評価する手法を開発した。また、国内の11地点を対象に同手法を適用して評価し、同手法の有効性を確認した。

片山吉史 ほか



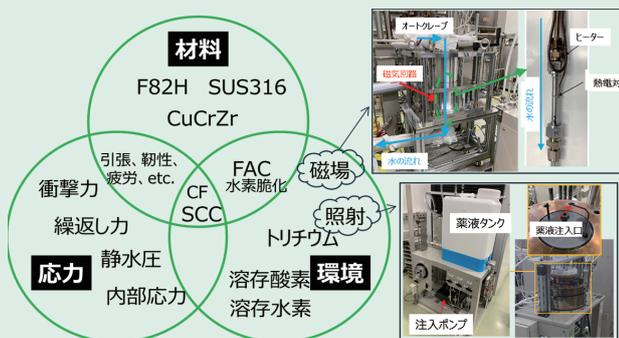
対象地点と主要な地震の位置図

※ J-SHISの震源位置図に対象地点を追記

### 35 材料開発研究 -QST

QST では文科省が定めるアクションプランをベースとしつつ、独自の視点で原型炉開発に向けた課題の整理や課題の解決に向けた研究開発を進めている。

中島基樹



腐食課題と装置開発状況

### 38 トリチウム開発研究 -QST

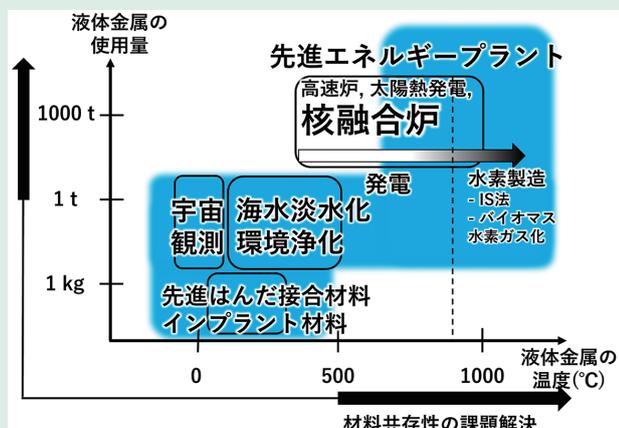
QST では核融合の原型炉開発に向けて、燃料循環システムやトリチウム技術などに関する課題に取り組んでいる。

枝尾祐希, 磯部兼嗣

### 42 ブランケット開発研究 -大学等

エネルギー資源の確保, エネルギー供給, カーボンニュートラルの観点から, これからの 10 年のブランケット開発研究の展望を纏めた。

近藤正聡



核融合炉液体ブランケット周りの学術研究のブルーオーシャン

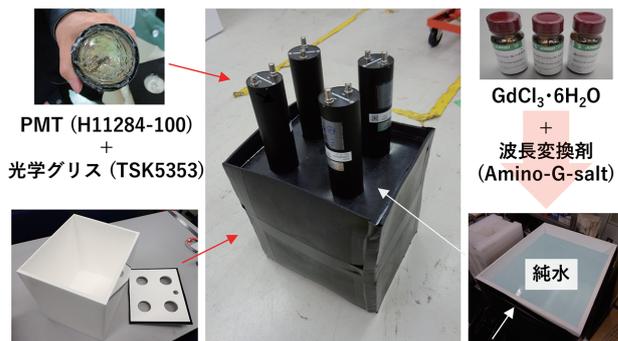
### 解説

### 58 隠匿された核物質の現場検知システムの開発

#### 一核セキュリティ強化に向けた取組

鉛等で隠匿された  $^{235}\text{U}$  の非破壊での検知は, 依然として困難な状況にある。我々は運搬性の高い新しい現場検知システムを開発し, それを実証した。

田辺鴻典 ほか



ホワイトアクリル容器

内面に反射材 (PMR10P1)

製作した WCND の外観

### 私の主張

### 63 なぜ日本では「国際人材」が育たないか

西澤真理子

### 65 Column

アイダホ州知事を迎えて  
物質科学から情報科学へ

小林容子  
坂東昌子

### 66 サイエンスあれこれ

秋江拓志, 笹原昭博

- 34 From Editors
- 52 サイエンスあれこれ番外編
- 67 会告「2025・2026 年度代議員選挙結果の報告」
- 68 会報 原子力関係会議案内, 新入会一覧, 2025 年度会費ご納入のお願い, 誤記訂正, 「原子力学生国際交流事業」派遣学生募集案内, 英文論文誌 (Vol.62, No.3) 目次, 和文論文誌 (Vol.24, No.1) 目次, 主要会務, 編集委員コラム, 編集関係者一覧
- 72 Vol.67(2025), No.3 J-STAGE 閲覧  
購読者番号・パスワード

学会誌ホームページはこちら  
[https://www.aesj.net/publish/aesj\\_atomos](https://www.aesj.net/publish/aesj_atomos)



# 原子力の利用が未来に続くために

## 巻頭言



立命館アジア太平洋大学教授、  
日本エネルギー経済研究所特別主幹研究員

**松尾 雄司** (まつお・ゆうじ)

東京大学大学院理学系研究科修了。博士(社会システム分析)。産業創造研究所、日本エネルギー経済研究所勤務を経て現職。総合資源エネルギー調査会・発電コスト検証 WG 委員。

今年の2月を期限とする国連気候変動枠組条約事務局への温室効果ガス削減目標提出に先立って、国内では昨年、第7次エネルギー基本計画の議論が進められた。本稿を執筆している年初時点までに示された資料では、今回、2040年の日本の電源に占める原子力の比率は2割程度とされている。これは年末に示されたエネルギーシステムの最適化モデルによる試算結果(6機関の結果が提示された)に概ね整合するものである。将来、電源別の発電単価(LCOE)について、少なくとも良好な立地の下では変動性再生可能エネルギー(VRE、すなわち太陽光および風力)が原子力を下回ることが想定される。それにもかかわらず最適解において原子力が導入される理由として、VREの比率が上昇すると、その出力の間歇性に伴う追加的費用、いわゆる統合費用がかかることが挙げられる。これについては同じく昨年末、総合資源エネルギー調査会の発電コスト検証ワーキンググループにおいて、VREの比率が高まるにつれてそのコストが急速に上昇する姿が示されている。

ここではこれらの評価の詳細については触れないが、注意すべき点をいくつか述べておきたい。まずこれらの試算は異なるモデルを用いて計算されており、必ずしも整合していない。従って「最適」なエネルギーミックスを探求する試みは未だ途上にあると言うべきである。その上で、原子力発電は確かにモデル計算上、上限まで導入される。しかしそれを超えて、例えばフランスのように70%近くまで原子力比率を上げることが最適になるわけではない。なぜならば、原子力もVREと同様に、大量に導入された場合には相対的な経済優位性が低下するからである。むしろVREのLCOEが原子力よりも低下した世界では、原子力の役割はVREを補完するものとなることを、われわれは十分に理解する必要がある。

現状のモデル分析から言えることは、VREの大量導入下において、原子力の役割は何よりも、日射・風況の悪いときに安定して発電を行えることにある。これは当り前のことのように思われるかも知れないが、そうではない。例えば原子力は設備利用率が低下すると経済性が顕著に悪化するため、高度な柔軟性といった価値が原子力に期待される余地は恐らく小さい。従って最低でも司法や地震等のトラブルによって容易に長期停止する状況が改善されない限り、原子力がその役割を果せないことは想像がつくであろう。その上で、長期の将来にわたって原子力が最良の選択肢であり続けるかについては、少なくとも疑念を挟む余地はある。ここで原子力発電という高度な技術による集中型電源のイメージと、VREを「補完するもの」というイメージとの間のギャップには、われわれは多少の戸惑いを覚えざるを得ない。なぜならば、そのような世界はいまだに実現したことがないからである。

今後原子力が人類に必要とされ続けるか、という問いへの答えは決して自明なものではない。それは気候変動や他電源との競合等、周囲の状況とともに、原子力技術自身のあり方にも依存する。低廉な電力を安定的に供給すること、それは原子力の開発の当初から期待されてきたほぼ唯一の、あるいは少なくとも最大のメリットではなかったか。この原点に立ち帰り、技術の改良と制度の改善をともに進めることが求められている。

(2025年1月1日記)



## AIによる電力需要増や気候変動対策で注目される原子力



木村 正人 (きむら・まさと)

在ロンドン国際ジャーナリスト  
産経新聞社会部、政治部、外信部、ロンドン支局長、米コロンビア大学東アジア研究所客員研究員を歴任。憲法問題や国際政治、安全保障、欧州経済に詳しい。著書は『欧州絶望の現場を歩く―広がるBrexitの衝撃』、『EU崩壊』『見えない世界戦争「サイバー戦」最新報告』

アゼルバイジャンの首都バクーで開かれた国連気候変動枠組み条約第29回締約国会議(COP29)は先進国と新興・途上国の対立が先鋭化する中、先進国が途上国への気候資金を従来の年1,000億ドルから2035年までに3倍の3,000億ドルに引き上げることを成果文書に盛り込んだ。

途上国への公的・民間資金を35年までに年1兆3,000億ドルに拡大することや温室効果ガス削減のため国際的なカーボンクレジット取引を活用するパリ協定6条でも合意したが、COP28で謳われた原子力発電容量の拡大を含む「化石燃料からの脱却」への道筋は持ち越された。

筆者はCOP15(コペンハーゲン)、25(マドリッド)、26(グラスゴー)、27(シャルム・エル・シェイク)、28(ドバイ)、29(バクー)を現地取材した。直近の4回は初日から最終日まで会場を歩き回り、世界中の8割の人が気候変動対策の強化を望む声の高まりを実感した。

「資金」が最優先課題になった今回、先進国と新興・途上国が対立するのはやむを得なかったとして、パリ協定からの再離脱が現実視される米国のドナルド・トランプ次期大統領の復活で産油国のOPEC(石油輸出国機構)プラスが抵抗勢力として影響力をふるい始めた。

環境団体によるとCOP29には1,773人の化石燃料産業ロビイストが登録。議長国アゼルバイジャンのイルハム・アリエフ大統領は「石油とガスは神の贈り物」と開幕演説し、潘基文前国連事務総長は「化石燃料の段階的廃止を支持しない国は議長国を務めるべきでない」と批判した。

COP28では日本を含む22カ国が「50年までに20年比で世界全体の原子力発電容量を3倍にする」との野心的な共同宣言を発表。その後、3カ国、COP29でエルサルバドル、カザフスタン、ケニア、コンゴ、ナイジェリア、トルコの6カ国が参加し、賛同国は31カ国に広がった。

COPの成果文書で原子力が気候変動の解決策として明記されるのは初めてのことだった。スリーマイル島、

チョルノービリ(チェルノブイリ)、福島と続いた原発事故で「原発」の二文字はCOPではタブーだった。世論の逆風、そして環境、市民団体の目も厳しかった。

しかし気候変動がもたらす台風、サイクロン、ハリケーン、集中豪雨、洪水、熱波、干ばつ被害が世界中で相次ぎ、反原発の空気は一変した。原発は「負債」ではなく「資産」になり、再生可能エネルギーと並ぶ温室効果ガス排出量削減の切り札とみなされるようになった。

中国経済の拡大、電気自動車(EV)、人工知能(AI)のデータセンター、暗号通貨のマイニング(採掘)で電力需要は毎年、日本が新たに加わるのと同じ割合で増えている。国際エネルギー機関(IEA)は世界の電力需要は50年までに倍増すると予測する。

「温室効果ガス排出を相殺するのに役立つ人工知能(AI)による素晴らしい解決策がある。と同時に世界のデジタル産業は温室効果ガス排出の責任を負っている」。国際電気通信連合(ITU)のドリーン・ボグダンマーティン事務総局長はCOP29でAIがもたらす功罪を強調した。

世界経済フォーラムの報告では、AIが必要とする計算能力は約100日ごとに倍増している。そのエネルギー消費量は毎年26~36%の割合で増えている。例えば、OpenAIのGPT-4のトレーニングに要した電力はGPT-3の約50倍と言われる。

ChatGPTのような生成AIはグーグルやマイクロソフト・ビングなどの検索機能に取って代わり、より多くの電力を消費し、二酸化炭素排出量を増加させる恐れがある。

国連の報告書「グリーン化デジタル企業2024」によると、大手クラウドプロバイダーのグーグル、マイクロソフト、アマゾンでは操業時の温室効果ガス排出量が20~23年にかけて62%も増加していた。電力使用量の増加はもっと著しく同じ期間に78%も増えている。

調査対象となった200社のうち148社が22年の電力消費量を518テラワット時と報告している。これは世界全体の約1.9%に相当する。消費量が最も多い10社は

このうち 51 % を消費しており、21 年より 9 % も増えていた。こうした電源をどこに求めるか。

太陽光発電や風力発電は安価で安全だが、天候により不安定になる恐れがある。そこで大手の AI 開発者は安定電源として原子力を取り入れている。1979 年に炉心溶融(メルトダウン)事故を起こしたペンシルベニア州のスリーマイル島原発も例外ではない。

米コンステレーション・エナジーはマイクロソフトの AI に使用するデータセンターに 20 年間にわたり電力を供給するため、スリーマイル島原発 1 号機を 16 億ドルかけて再稼働させると発表した。事故を起こしたのは 2 号機とは言え、今や原発に猛烈な追い風が吹く。

グーグルも米国次世代原子力発電のカイロス・パワーが開発する先進的な小型モジュール原子炉(SMR)から電力を購入する計画を発表。アマゾンもエナジー・ノースウエストやドミニオン・エナジー、X エナジーと SMR プロジェクトを推進するため契約を結んだ。

米シンクタンク、ピュー研究所の調査では、米国成人の 56 % が原発の増設に賛成する。太陽光発電(78 %)や風力発電(72 %)の拡大を支持する声は依然、強いものの、「政府は原子力発電を奨励すべきだ」という意見は 41 % のほり、「奨励すべきではない」(22 %)を上回った。

世界原子力協会(WNA)のサマ・ビルバオ・イ・レオン事務局長は「原子力はテクノロジー企業の関心と投資を惹きつけている。エネルギー安全保障、信頼できる供給と価格、気候変動への対応という要求に対する答えが原子力にあることを市民は認識している」と胸を張る。

米原子力エネルギー協会(NEI)のジョン・コテック上級副会長は「米国では風力発電や太陽光発電、エネルギー貯蔵の導入が進む。原子力エネルギーは信頼性が高く、二酸化炭素を排出しない大量の電力を必要とする大手ハイテク企業は特別な関心を持っている」と指摘する。「多くの原子力を電力システムに統合することはハイ

テク企業からの増大する需要を満たすために重要だ。1~2 年前には現在のような電力需要の大幅な伸びは予想されていなかったもので、SMR 以外に AP1000 のような大型加圧水型原子炉の話も増えている」(コテック氏)

米国は原子力発電容量を 3 倍にするため既存の約 100 ギガワットに加え、200 ギガワットの発電容量を追加することを目指す。SMR を加速させるには規制緩和が不可欠だ。電源確保のため既存原発の運転延長、スリーマイル島原発のように廃炉に向けて停止していた原子炉の再稼働にも取り組む。

しかし過去 10 年、米国で新たに加わった原子炉は 3 基。同じ期間に停止した原子炉は 3 倍以上の 10 基。原発のコストは再エネに比べて高い。放射性廃棄物処理の課題も残る。また、どこかで原発事故が起きれば、アツという間に反原発の時代に逆戻りする可能性は否定できない。

地政学上の問題も大きい。昨年 11 月、ロシアは濃縮ウランの対米輸出を一時制限した。ロシアの低濃縮ウランの輸入を禁止するジョー・バイデン米大統領の「ロシア・ウラン輸入禁止法」への対抗措置だ。一昨年、米国の民生用原子炉事業者は約 2.3 万トンのウランを国内外で調達した。

オーストラリアやカザフスタンが主な輸入元で、ロシアはこのうち 12 %。しかしウラン濃縮事業ではロシア依存度は 27 % に達する。米国内のウラン生産と濃縮能力を強化し、より安全で独立した核燃料サプライチェーンの確保が急務になっている。

原発復権の旗振り役だったバイデン氏も、エマニュエル・マクロン仏大統領も COP29 を欠席した。17 年以降、着工した 31 基の原子炉のうち 27 基はロシアや中国の設計だ。米国がパリ協定から再離脱すれば原発推進の主役はロシアと中国に移るの避けられないだろう。

(2024 年 12 月 4 日 記)