

巻頭言

1 日本経済は中国にのまれるのか

加藤康子

特集 熱流動とリスク評価

13 リスク評価における熱流動解析の役割

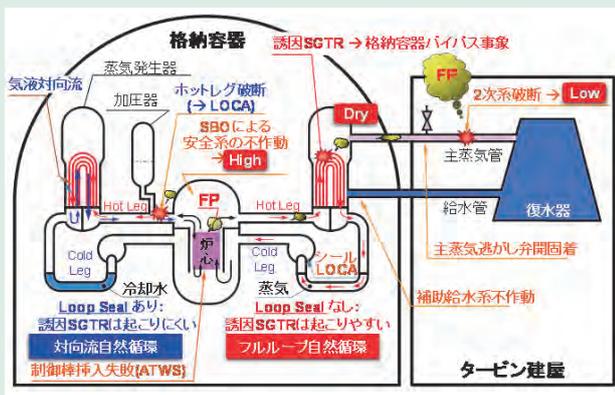
軽水炉のレベル 2PRA におけるソースターム評価及び再処理施設のシビアアクシデント時ソースターム評価を中心に、リスク評価における熱流動解析の役割について概説する。

丸山 結, 吉田一雄

19 原子炉熱流動解析からリスク評価への展開

原子炉施設の安全評価や PRA における熱流動解析の位置づけ、決定論的安全評価と PRA の融合に関する検討、1F 事故後の熱流動解析の役割、時間依存性の考慮等の高度化に向けた取組を紹介する。

宇井 淳



温度誘因 SGTR に関わる多重の起因事象

25 企画セッション討論の概要と今後の展開

リスク部会は原子力学会 2020 年秋の大会で、「熱流動とリスク評価」と題する企画セッションを開催し、リスク評価に活用する熱流動評価の最先端の技術開発について議論を深めた。

成宮祥介

時論

3 発電コスト評価と電源別限界費用

松尾雄司

5 今後の研究開発に関する視点

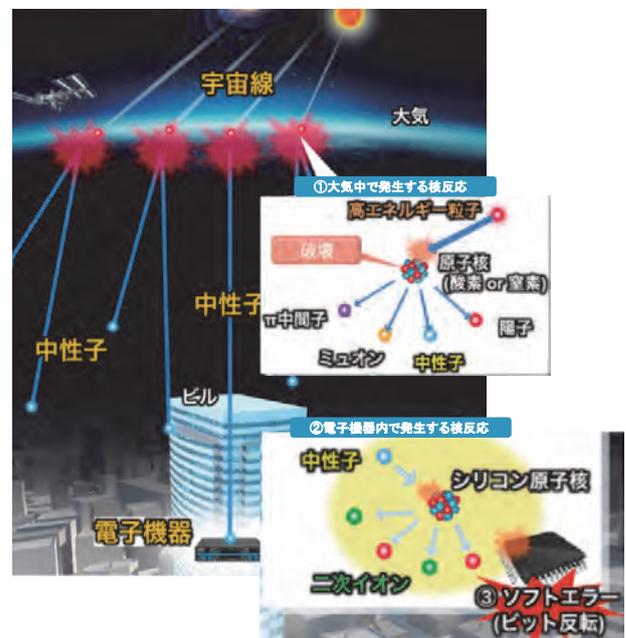
藤田玲子

解説

27 宇宙・他惑星などあらゆる環境での中性子起因半導体ソフトエラー故障数を算出可能に一飛行時間法による半導体ソフトエラー断面積測定

宇宙線起因中性子によって電子機器に生じるソフトエラーが年々増加している。これに対処するための手法の一つとして、中性子エネルギー依存ソフトエラー断面積を測定する新手法を考案した。

岩下秀徳, 佐藤博隆, 鬼柳善明

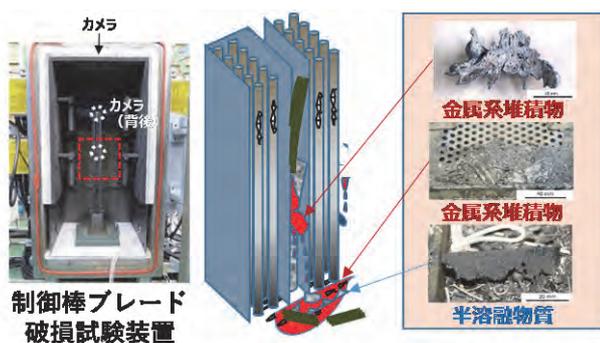


ソフトエラー発生メカニズム

32 廃炉技術の研究開発の進捗：成果と課題

1Fの廃炉は世界がまだ経験したことがない困難な取組みであり、廃炉作業とともに各種研究開発、技術開発が行われてきた。ここではこれまでの成果と今後の課題について紹介する。

野田耕一



試験による金属系デブリ形成の理解

報告

43 「シビアアクシデント時のFP挙動」 研究専門委員会の活動実績と次期研究 専門委員会への展開

本研究専門委員会は4年間にわたり、核分裂生成物(FP)の化学的挙動解明に取り組み、報告書をまとめた。その成果を総括し、今後の課題を提示する。

「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」
研究専門委員会

談話室

51 一步一步の日常(3) アフターコロナ研究想

口町和香

理事会だより

52 春の年会理事会セッション報告

川村慎一

48 Column

井の中の蛙に学ぶ	越智小枝
私たちの「普通」とは？	佐々木帆南
C.J. スタンダーの決断	菅原慎悦
双葉病院を訪問して(1)	妹尾優希
原因を突き詰めすぎない	鳥居千智
科学者と市民の対話1	野ヶ山康弘

連載講座 多様な原子燃料の概念と基礎設計 (4)

37 高速炉用金属燃料とADS用窒化物燃料

金属燃料の概念や構造と、原子炉内での照射挙動、設計評価、事故時の破損限界、開発の現状について述べる。また、加速器駆動システムによるマイナーアクチノイド核変換用窒化物燃料についても言及する。

尾形孝成, 高野公秀



金属燃料の照射挙動

- 7 NEWS
- 24 新刊紹介「鋼鉄と電子の塔」吉田 正
- 31 From Editors
- 53 編集委員会からのお知らせ
- 学会誌「未来の原子力・放射線利用」企画募集
- 54 会報 原子力関係会議案内、寄贈本一覧、誤記訂正、2021年度会費ご納入のお願い、英文論文誌(Vol.58, No.7) 目次、主要会務、編集後記、編集関係者一覧
- 56 Vol.63(2021), No.7 J-STAGE 閲覧ID・パスワード

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

日本経済は中国にのまれるのか

巻頭言



産業遺産情報センター長

加藤 康子 (かとう・こうこ)

慶應大学文学部卒。ハーバードケネディスクール大学院都市経済学修士課程を修了。「明治日本の産業革命遺産 製鉄・製鋼、造船、石炭産業」のユネスコ世界遺産登録に尽力。元内閣官房参与。著書は「産業遺産」など。

明治日本はお金がなかったが「工業を興す」という国家目標があり、その実現のために世界から人材を迎え入れる器をつくり、人を育て、産業を興し、国をつくった。令和日本も、1億2500万人の国民を豊かにし、国を強くする国家目標と戦略が必要である。

4月22日に開催された気候変動サミットで、菅義偉総理は2030年度温室効果ガス(大半が二酸化炭素)を2013年度から46%削減することを目指すと宣言し、これまでの目標を20%も引き上げた。CO₂削減は地球全体の問題で、排出量ダントツの中国に続き米国、インド、ぐっと水を開けてロシア、日本と続く。日本の排出量は世界の3%で30%を排出している中国の十分の一である。中国は排出量を2025年までに10%増やす計画で、それは日本の全排出量に相当する。国際的枠組みでは中国を縛れず、監視できず、どんなに環境に優しい日本の製造業が脱炭素に旗をふったところで、中国やロシア、途上国の経済開発で地球のCO₂は増える一方なのである。

習近平国家主席率いる中国がCO₂を削減できない背景に、国家目標と戦略がある。中国は建国100年にあたる2049年までに「中華民族の偉大なる復興」を成し遂げ、経済・軍事ともに世界の覇権を握る国家目標を掲げ「中国製造2025」を発表した。その中で「強い製造業なしには、国家と民族の繁栄も存在しえない」と、国家安全保障の礎に位置づけた。明治の殖産興業政策をモデルにハイテク分野に集約し産業を支援する政策を実施している。製品の70%を中国製にし、量産化していた製造業を質の面で向上させ、競争力のある製造業で強国を打ち立てる計画だ。そのために日本企業や有能な人材を次々と誘致し、十分な電力を確保するため火力発電所や原子力発電所を次々建設している。昨今では巨大市場の優位性も加わり、日本企業はサプライチェーンが構築された中国市場にとりこまれようとしている。

翻ってわが国に国家の目標と国民経済の成長を支援する戦略はあるのか？ 現政権の戦略はグリーンとデジタルで、脱炭素実現の目玉といわれるのが、電気自動車(EV)と再生可能エネルギー、そして火力発電所から撤退することである。小泉進次郎環境相は目標達成のために、ガソリン車の国内新車販売を2030年代半ばに事実上禁止する議論を展開している。何れも舵取りを誤ると、政府が自らの手で自国の基幹産業を破壊し、国力を弱める施策で製造業にプラスにはならない。

製造業は500兆円余の国民総生産の四分の一を賄う国民経済の主体であり、中でも自動車産業は70兆円を占め経済を支えている。部品、素材、組立、販売、整備、物流、交通、金融など550万人が就業し、経済波及効果は2.5倍に及ぶ日本の基幹産業である。

EV化することは、これまで自動車メーカー各社が研究・開発してきた内燃機関を放棄し、新たに電池に注力するということである。エンジンやトランスミッションが電池やモーターになるのである。EV車の40%のコストはリチウムイオン電池で、その大半が中国製である。EV化が進めば自動車コストの大半が中国に流れ、産業の覇権を中国が握ることになることも忘れてはならない。

自動車工業会の豊田章男会長は4月22日の記者会見で、「最初からガソリン車やディーゼル車を禁止するような政策は、技術の選択肢を自ら狭め、日本の強みを失うことになりかねない。今日本がやるべきことは技術の選択肢を増やすことであり、規制、法制化はその次だ。政策決定ではこの順番が逆にならないようお願いしたい」と明言した。主機を内製化しなくなると産業は負けていく。国内需要が縮小する中で、踏ん張って国内生産を維持してきたメーカーは昨今の脱炭素の流れで海外へ背中を押される。メーカーが生産現場を海外に移せば、地方経済は崩壊する。事態は看過できない局面に差し掛かっている。

米国の上院でも自動車部品業界の人たちが、脱炭素政策を進めたら三分之一が職を失うと主張し、日本でも豊田会長は3月11日の記者会見で、「このままでは、最大で百万人の雇用が失われることになりかねない」と警鐘を鳴らした。政治の役割は自国の経済を安定的に成長させ、雇用を増やし、人々の暮らしを豊かにすることではないのか。われわれは脱炭素により、隣国がのどから手が出るほどほしい世界の技術者たちを失うことになる。なお豊田氏は12月、全車EV化するとどうなるのかという議論で、「原子力発電所10基分に相当する電力が必要になる」と語った。日本政府はEV化を推進しても、充電施設や、送電網や必要な電力については腹案がない。小泉大臣は「再エネを増やす」ということだけを唱え、原発について一言も口外しない。むしろ「どのように残せるかではなくどのようにしたら失くせるかという立場だ」と原発が脱炭素の主電源になることを否定している。

政府は9年で46%という環境NGOのような突出した削減目標を達成するため、国民にどれだけの負担を強いるのかを明確にしなくてはならない。エネルギーコストがあがれば、誰がそのコストを負担するのか？外ならぬ国民である。小泉大臣は脱炭素化のために太陽光パネルの新規住宅への義務化まで提唱している。今世界では太陽光パネルの大半が中国の新疆ウイグル地区でつくられていることが問題になっているが、大メディアはこれを報じない。ここでもまた中国化が進んでいくのである。

脱炭素政策は日本をどこに導くのか。日本は温暖化防止のために、大型の「温暖化対策予算」をくみ、2030年までに100兆円超を使うといわれている。その半分以上が再生可能エネルギー発電促進賦課金として、太陽光発電や風力発電などの再生エネルギー普及促進のために、各家庭から電気代の一部として徴収されている。現在私たちが支払う電力料金の25%が再エネの賦課金コストである。今後国民の負担がどのように膨れ上がるのか見届ける必要がある。

電力料金があがれば、中小企業や基幹産業の経営を圧迫し、新興国との激しい競争に耐えられない多くの産業が潰れるであろう。家庭経済にもしわ寄せがくる。再エネを主電源にし、賦課金をあげれば全ての製造業が日本でものづくりが続けられない事態が予測される。日本の電力は世界一高い。政府は再エネ比率の高いドイツをモデルにしているのだろうが、ドイツは産業を守るため、家庭用電源を1kwhあたり日本円で40円と高く設定し、産業用電源は日本の三分之一の6円である。ただでさえも高い日本の電力料金がさらにあがれば、日本の産業はコストを下げるために国を離れなければならず、出て行く先は電力の安い中国である。

東日本大震災以降、多くの原発が休止し、再エネ賦課金が増え、産業用電力は3倍に膨れ上がった。諸外国が官民一体で新技術を支援する中で、日本は民間の力で、生産コストが高く規制の多い日本で、中国や韓国の企業と競争している。少子高齢化の日本が、明治以来培ってきた日本の経済基盤が中国にのまれていく潮流を看過できるのか。脱炭素を推進するのなら、製造業が国内で存続するための安価で安定的な電力は待ったなしである。日本は新規原発も含めた現実的な産業政策で未来に立ち向かうべきではないか。

(2021年5月31日記)



発電コスト評価と電源別限界費用



松尾 雄司 (まつお・ゆうじ)

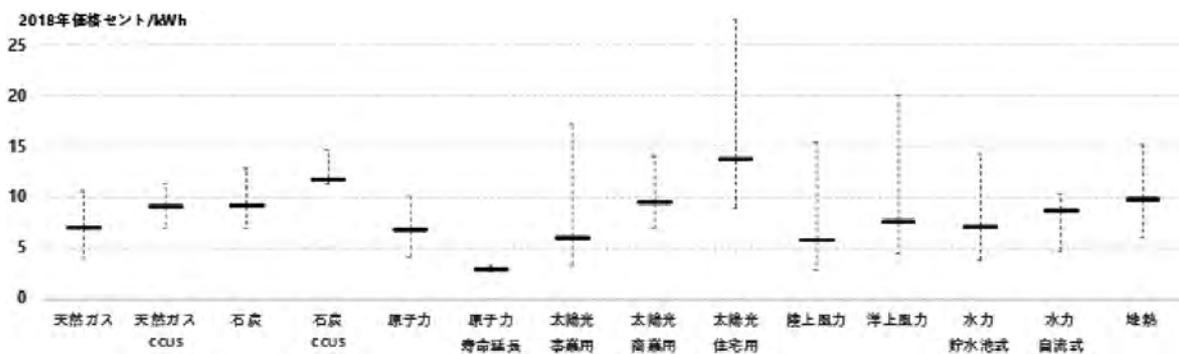
日本エネルギー経済研究所 研究主幹
平成9年東京大学大学院理学系研究科修了、
財団法人産業創造研究所勤務を経て現職。
OECD/NEA, IEA 発電コスト評価専門家会合
副議長, 総合資源エネルギー調査会・発電
コスト検証ワーキンググループ委員。

長期のエネルギー利用計画を策定するに当たり、経済性の評価が不可欠であることは言うまでもない。特に原子力発電については、その経済性の評価が常に議論の対象となることは周知の通りである。これは原子力発電の特長が広い意味での経済性、すなわち質量の小さな燃料から安価で大量の低炭素エネルギーを安定的に供給し得ることに求められてきたことを考えればむしろ当然であり、もしこれが失われれば社会において原子力発電を大規模に利用することの意義はほとんどなくなると言って良い。このため、各国政府や国際機関はこれまで電源別の発電コスト評価を継続的に行っており、多くの場合原子力発電のコストはその中心的な内容の一つとして扱われる。日本では政府によって数年に1度の頻度で発電コスト評価が行われており、福島第一原子力発電所事故の後には2011年および2015年に更新された。そして今年、第6次エネルギー基本計画の策定に資するため、経済産業大臣の諮問機関である総合資源エネルギー調査会・基本政策分科会のもとに発電コスト検証ワーキンググループが設置され、電源別発電コスト評価の改訂が進められている。本稿執筆時点ではすでに3月31日から4月26日まで週に1度のペースで5回の会合がオンラインで行われており、恐らく本稿を読者が目にされる頃にはすでにとりまとめ案が示されているのではないかと思う。

ここで主に評価されているものは平準化発電原価 (Levelized Cost of Electricity : LCOE) と呼ばれる発電単

価、つまり単位量の発電を行うために必要な費用であり、その計算は経済協力開発機構 (OECD) の原子力機関 (NEA) および国際エネルギー機関 (IEA) による方法に基づいている。これらの機関は1980年代以降、世界各国の電源別 LCOE を継続的にまとめ、報告書として公表しており、その最新となる第9版は2020年12月に公表された。ここでは OECD 加盟国およびいくつかの非 OECD 諸国を対象として、それぞれの国から収集したデータをもとに統一的方法・想定のもとで LCOE が評価され、前提条件とともに公表されており、日本については前回の政府試算 (2015年の発電コスト検証ワーキンググループによる評価) をもとに計算された値が示されている。電源別の LCOE を示すと図1の通りとなる。LCOE の評価値は国によって異なるために、ここでは中央値と最大・最小値を示している。今回新たな技術として二酸化炭素回収・利用・貯留 (CCUS) のある火力発電と原子力発電の長期運転 (LTO) が追加されており、特に後者は今回取り上げられた中では最も経済性の高いオプションであるとされる。また今回初めて採用されたロシアの原子力発電の LCOE が韓国と並んで非常に安価であることも特徴的であり、例えば割引率7%の条件下では韓国で5.3セント/kWh、ロシアで4.2セント/kWhとなっている。

他の多くの電源と同様、原子力発電のコストは国によって大きく異なる。建設単価で言えば上述の韓国やロ



註：全データの中央値および最大・最小値。「天然ガス」はコンバインドサイクル発電 (CCGT) の値を示す。陸上風力は1 MW 以上、水力は5 MW 以上の値。

図1 OECD/NEA, IEA による LCOE 評価例

シアでの2,000ドル/kW強に対し、日本や米国・フランスでは4,000ドル/kW程度、スロバキアでは7,000ドル/kW弱となる。これは例えば投資銀行Lazardが公表するLCOE評価(2020年版)における想定値7,675~12,500ドル/kWと大きく異なっており、両者ともに幅が非常に広いにもかかわらず、その幅が重なりさえしない。その理由として、第一にLazardの想定値は近年の欧米における建設費用上昇を反映していると思われるのに対し、OECD評価ではフランス・米国のデータ提出者の判断により、足元の異常状態がある程度緩和した状況を想定した値が提出されていると考えられること、第二にOECDの評価には欧米以外の国も含まれていることが挙げられる。なお日本の原子力発電所建設単価については1980年代の改良標準化の時期以降上昇・低下傾向は見られず、従って福島事故の直前に建設された数基のプラントの平均値に新規制基準適合のための追加的安全対策費用を積み増した値として建設単価が想定されている。

この最新版報告書のもう一つの特徴は、近年IEAが提唱する価値調整済みLCOE(Value-adjusted LCOE, VALCOE)について言及されていることである。これは従来のLCOEをエネルギー価値、容量価値および柔軟性価値によって補正するものであり、「価値が低い電源」を相対的に「コストが高い」電源であると見做し、LCOEから価値を差し引いた値にある定数を加えてVALCOEを算出している。例えば太陽光発電が大量に導入された場合、晴れた日中における電力価格が著しく低下し、その時間帯にしか発電できない太陽光発電設備自体の価値が低下する。この場合、夜間でも発電できる火力に比べて太陽光は相対的に高いVALCOEをもつことになる。

このように変動性再生可能エネルギー(VRE)が大量に導入された際の経済性の変化を明示的に考慮することにより、LCOEの概念を拡張してより適切な評価を行おうとする試みは近年、多くの研究者および機関によって行われている。例えば英国のビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)はVALCOEと類似したEnhanced levelized costという指標を提示しており、ここでは従来のLCOEに加えて卸電力市場、容量市場、アンシラリーサービス市場および電力系統への影響を加味することにより電源別の経済性評価が行われている。その結果によれば、英国において2035年までの将来、VREのLCOEは天然ガス火力(CCGT)よりもかなり低くなると想定される一方で、Enhanced levelized costはVREについてはLCOEよりも高く、CCGTについてはLCOEよりも低くなる。ただしその変化の程度はエネルギーミックスに依存するため一意的には定まらず、場合によってはCCGTのEnhanced levelized costが太陽光よりも低くなる場合もあり、また逆に太陽光がCCGTよりも低いままの場合もあるという結果になっている。

このような評価は、エネルギーミックスの中での各電

源の限界費用を評価するものとして整理することができる。すなわち、与えられたエネルギーミックスの中で電源Aの発電量を1単位増加させ、それに見合う分だけ電源Bの発電量を減少させた場合、電力システムの総費用が ΔC だけ増加するならば、Aの限界費用はBの限界費用よりも ΔC 大きいことになる。ただしこの方法では2つの電源の限界費用の差が計測できる一方で、その絶対水準は定めることができない。このため例えば上述のBEISの試算では原子力発電のEnhanced levelized costがLCOEと等しくなるように水準を定めた上で、各電源の評価がなされている。概念上の混乱や異同は相当程度あるものの、電源の限界費用は異なる研究者・機関によってVALCOE, Enhanced levelized cost, System LCOE, 相対限界System LCOEといった概念で定義され、評価が試みられている。

ここで重要となる点は以下の通りである。まず、各電源の限界費用はLCOEのような一つの値によっては表されず、それが存在するエネルギーミックスの状況に応じて変化する。当該電源の導入量が小さい場合にはその限界費用は比較的安く、導入量が大きくなるにつれて限界費用は上昇し、均衡点、すなわちコスト最小となるエネルギーミックスにおいては全ての電源の限界費用が一致する。電源の導入量が地理的、もしくは政治的な要因などによって均衡点よりも低くなる場合にはその電源の限界費用は他電源よりも安く、例えば原子力発電や水力発電はこれまでそのような状況にあり、電気事業者の収益性の源泉となっていたと思われる。逆に政策措置などによって均衡点を超える導入量が実現した場合にはその限界費用は他電源よりも高く、例えば現行のFIT制度によって導入されている再生可能エネルギーなどがこれに該当する。このようなことから、単一の電源に過度に依存するシナリオは多くの場合、その電源の限界費用を急速に上昇させ、ひいては総コストの上昇を招くと言いうことができる。

今回の日本の発電コスト検証ワーキンググループでは東京大学・萩本和彦特任教授と筆者の共同研究として、電源別限界費用の評価結果が示された。これは筆者の知る限り国内では初めて行われた試みであり、このような評価は今後の政策決定にとって大きな意義を持ち得るものと思われる。ただし繰り返す通り、電源の限界費用はそれがどのようなエネルギーミックスの中にあるかに応じて大きく変化するため、LCOEのような単純さには欠ける。またそもそも限界費用を算出するために必要なデータの多くはLCOEと共通しており、従ってまずはLCOEの評価を正確に行うことが、限界費用の算出のためにも有益である。このようなことから、LCOEによる発電コスト評価の有用性自体は今後も失われることがないものと考えられる。

(2021年4月29日記)



今後の研究開発に関する視点



藤田玲子 (ふじた・れいこ)

元(株)東芝
東京工業大学総合理工学研究科博士課程修了
(理学博士)。(株)東芝を経て内閣府 ImPACT
プログラムマネージャー(2014-2019)。第36
代日本原子力学会会長。

I. 放射性廃棄物に関する研究はなぜ、公募型研究の対象になっていないのか？

菅義偉首相のカーボンニュートラル(CN)宣言から原子力分野が活気づきつつある。しかしながら、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(福島事故)前と同様な進め方では福島事故で失った原子力技術に対する信頼を回復することはできない。福島事故の後、原子力を進めるには原子炉の安全性向上と放射性廃棄物が重要である。特に高レベル放射性廃棄物(HLW)に関しては2015年に日本学術会議が「高レベル放射性廃棄物の処分に関する政策提言—国民的合意形成に向けた暫定保管¹⁾」を発表し、暫定保管を推奨している。特に“原子力ムラ”ではない一般の人たちが原子力に賛成できない第一の理由は放射性廃棄物の問題である。

令和元年から開始された経済産業省資源エネルギー庁の原子力イノベーション(NEXIP)²⁾では研究基盤のエネルギー供給の原子力資源、原子力利用の技術は原子力安全、再処理、新たな原子炉および核融合で、放射性廃棄物や有害度低減は含まれていない。NEXIPでの予算配分をみると、ガラス固化体を処分する際の地層とガラス成分による減容技術の研究開発には予算が配分されているが、ガラス固化体に含まれる放射性成分を減容する処理の研究は含まれていない。本来、放射性廃棄物の研究は処理・処分を一体として進めないと効果は得られない。

一方、令和2年から開始された文部科学省の国家課題対応研究開発推進事業—原子力システム研究開発事業³⁾—の基盤チーム型の対象分野は「燃料・材料」、「プラント安全」、「システム」となっていて、放射性廃棄物や有害度低減は対象とされていない。特に文科省の公募型研究は経産省エネルギー庁主導のNEXIPとは異なり、広く将来の原子力の課題への解決策を提案できるように、ニーズから適切なシーズを選定して進める基礎研究である。その基盤チーム型に放射性廃棄物の処理が入っていないことは大きな問題である。

II. 高レベル放射性廃棄物の減容や低減の研究は住民の安心になる

平成26年度の国家課題対応型研究開発推進事業—原

子力システム研究開発事業では、「放射性廃棄物減容・有害度低減技術」に関し採択されたテーマを見ると、確かに本来の有害度低減に資するテーマが多くはなく、今までの放射性廃棄物の研究開発のあり方を一度見直す必要がある。

その反省に基づき、わが国の原子力政策に必要な“放射性廃棄物や有害度低減”に対する根本的な解決策となる研究開発を進める必要がある。

放射性廃棄物の処理・処分の研究開発には重要なポイントが2つある。

1つ目は“放射性廃棄物の貯蔵・保管期間を短くする研究は住民にとって安心になる”

わが国では、HLWは再処理工場で発生する高レベル放射性廃液をホウケイ酸ガラスに混ぜてガラス固化体にし、地下300メートルより深い地層に処分する(地層処分)ことになっている。地層処分の安全性の評価は10万年という期間、安定に保管できる技術として開発されている。しかしながら、処分場を誘致したい近隣の住民の方々や一般の人たちには10万年という期間は長過ぎ、安心できない。貯蔵保管する期間は10万年ではなく、もっと短くすることにより、安心感を持ってもらえる可能性がある。そこに、研究開発に欠かせないニーズが浮上する。“HLWの貯蔵保管期間は人間が有史で確認できる期間、長くても千年以下にできる技術”、これを実現できる研究開発を進めることが重要なポイントの1つである。

2つ目は“放射性廃棄物の処理・処分は切り離せない”放射性廃棄物を処分する量は少なければ少ないほど、処分場の広さも狭くできるし、コストも低減できる。

軽水炉の発電所で発生する気体、液体、固体廃棄物はいずれも操業当初(1980年代前半)に比べて、2000年代になると約1/100以下に減容されている⁴⁾。

これらの技術は欧米から導入された技術ではなく、国内メーカーが電力会社と協力し開発したものである。

わが国は国土も狭く、処分場をできる限り狭くすることは最も大きなニーズである。軽水炉の発電所での廃棄物の低減技術は、二次廃棄物の発生量と経済性の観点か

ら採用されている。

HLW の処理・処分においても発生量の減容・低減に関する研究開発は最も重要なテーマであり、経済性のある技術を採用することは可能である。

処分場の候補地の文献調査に手を挙げる自治体が出てきても実際に事業が開始されるまでには20年かかると言われる今ならば、軽水炉の発電所廃棄物の例を引くまでもなく、十分に減容・低減技術を開発できる時間的な余裕がある。現状のガラス固化体ありきではなく、処理技術と組み合わせて日本の実情に合った廃棄物処理・処分事業を進めることが重要である。

また、手を挙げた自治体の要望に合わせた柔軟な処理・処分が選択できる柔軟性が住民の安心のために必要である。

Ⅲ. 本来の放射性廃棄物を根本的に低減できる技術を研究開発すべき

HLW には半減期の長いマイナーアクチニド(MA)と長寿命核分裂生成物(LLFP)が含まれている。現在は再処理工場から発生する高レベル廃液をそのままガラス固化体としてHLW 処分することになっているが、HLW の処理・処分において、最も重要な技術は上記 MA と LLFP を低減することのできる技術である。MA を低減する研究開発は1980年代から旧原研や電中研を中心にオメガプロジェクト⁵⁾として世界に先駆けて進められてきた。HLW 処分を見据えたニーズに基づき、わが国で研究が進められてきたものである。

現在、前述した NEXIP の中で研究開発が進められている“新型炉”の分野は単に発電としての新型炉ではなく、核燃料サイクルの成立性にも上記 HLW の低減に寄与できる新型炉の開発が重要である。

NEXIP で候補として研究開発が進められている軽水炉の SMR では現在の大型の軽水炉と同様にプルトニウム(Pu)と MA を生成し、Pu と MA が蓄積していだけで MA の低減も Pu の利用もできない。2050年の CN に貢献する原子炉は、Pu を有効利用し、MA も低減できる核燃料サイクルが成立することが重要である。破綻している従来路線ではない核燃料サイクルを構築する必要がある。至近の原子力の動向だけを考えるのでは CN に貢献できない。

原子力委員会は2018年7月「わが国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」⁶⁾において六ヶ所再処理工場の操業を Pu の需要に合わせて操業するとした。“使用する分だけ、使用済み燃料を再処理する”という近視眼的な見方では再処理工場の運転に課題が増える。将来を見据えた余剰の Pu を削減できる新型炉開発が必要である。

軽水炉だけに視点をあてていると原子力は衰退する。原子力の技術開発には放射性核種を扱う必要があり、時間がかかる。それゆえに将来のこと、例えば2050年代以降のことは今から考えないと時間切れになりかねな

い。時間切れは原子力が自滅することを意味している。

従来路線ではない核燃料サイクルを成立できる技術を開発することにより、放射性廃棄物を低減することを目指すことは一般の方々にも原子力を好意的にとらえてもらえる可能性が高い。

Ⅳ. 真の意味で原子力を再生できる研究開発

「一若手に魅力あるとして認識してもらえる最先端を目指す研究」

真の意味でわが国の原子力を再生できる研究開発は、従来路線ではない核燃料サイクルを実現でき、HLW を低減できる原子炉と放射性廃棄物の処理・処分である。具体的には Pu を利用でき、MA を低減できる高速炉と核燃料サイクルを統合した IFR、金属燃料高速炉⁷⁾も候補の1つである。一方、LLFP は放射能を低減すれば有用元素として再利用できる元素も多くあり、夢のあるリサイクルが可能である。資源の少ないわが国において、LLFP から有用なものを取り出しリサイクルする分野は、世界に先駆けてわが国が進めている最先端の研究である。

現在の HLW 処分は MA も LLFP もそのままガラス固化体として処分することになっているが、MA と LLFP を取り出し核変換することにより HLW を低減する従来路線ではない核燃料サイクルは日本が世界に先駆けて進めている数少ない分野であり、若手に夢を持ってもらえる分野である。核燃料リサイクル・高速炉原子力システムは原子力の CN に貢献しつづける持続性があり、研究開発を是非、進めていくべきである。

今ならば、2050年の CN に寄与できる、若手にとって魅力ある新たな原子炉やレアメタルのリサイクルを含めた放射性廃棄物の処理・処分を提案できる。これはコロナショック施設設置地域の持続的産業基盤にもなる。今を逃しては原子力の再生はない。

－ 参考文献 －

- 1) 日本学術会議提言「高レベル放射性廃棄物の処分に関する政策提言—国民的合意形成に向けた暫定保管」, 2015. 4. 24 (2015).
- 2) https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/020_03_00.pdf
- 3) <https://www.nsystemkoubo.jp/application/documents/r2bosyuyoko.pdf>(2020)
- 4) 「原子力・エネルギー図面集」2014, (一財)日本原子力文化振興財団.
- 5) 原子力委員会「分離核変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方について」, 2009年4月28日(2009).
- 6) <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2018/siryo27/3-2set.pdf> (2018)
- 7) Y. I. Chang, “Integral fast reactor—a next-generation reactor concept,” in Panel on future of Great Lakes symposium on smart grid and the new energy economy, Sept. 24-26, 2012. (2021年4月21日記)