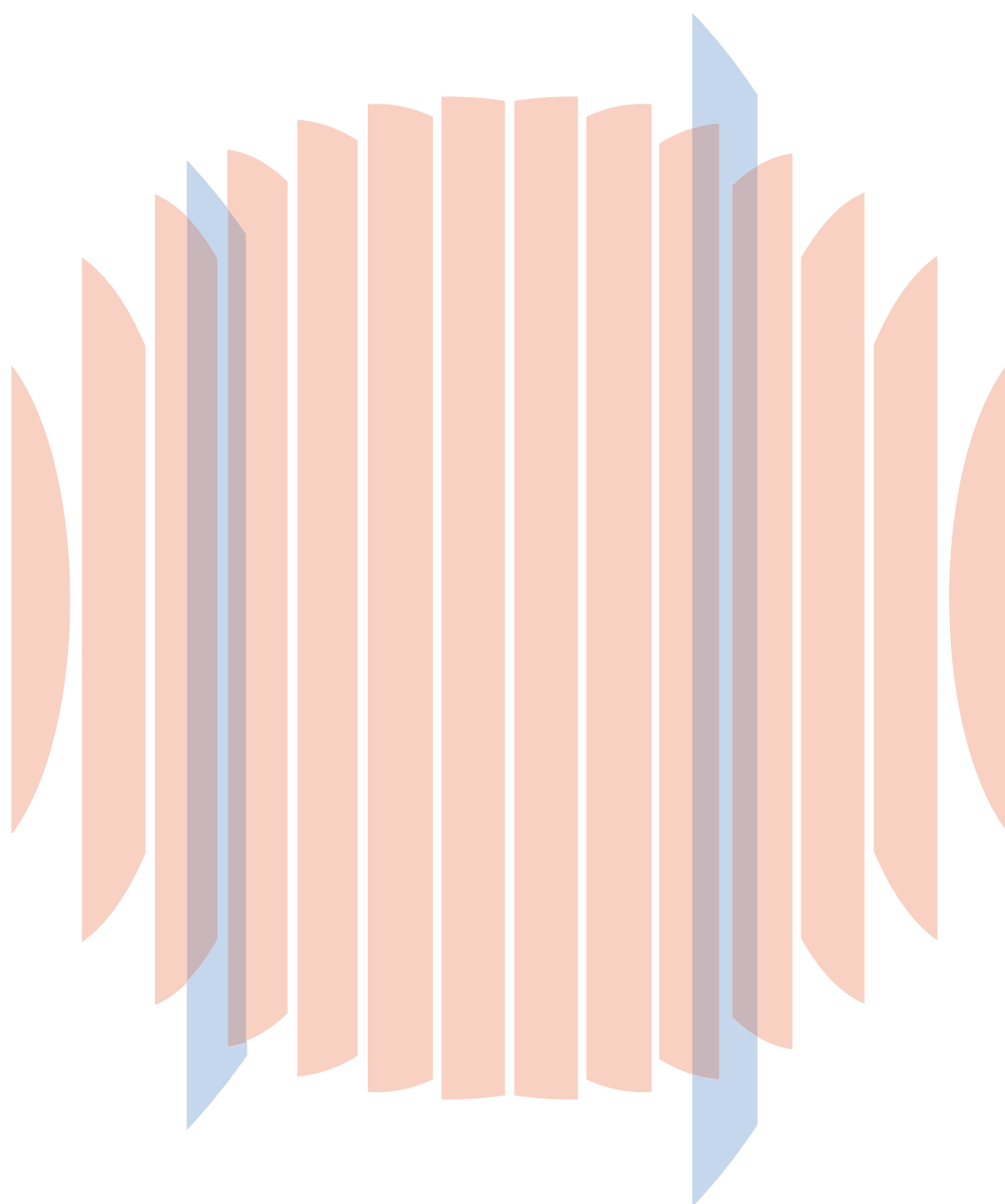


季報 エネルギー総合工学

Vol. 44 No. 1 2021. 4



一般財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

目 次

【寄稿】

カーボンニュートラルに向けた世界の動きと日本の対応

～サーキュラー・エコノミー構築で「資源大国・日本」へ～

(公財)東京財団政策研究所 研究員 平沼 光 …………… 1

【寄稿】

OECD/NEA の最新動向とポストコロナ時代を見据えた取り組み

経済協力開発機構／原子力機関

原子力安全技術・規制課原子力安全専門官 熊谷 裕司 …………… 14

【調査研究報告】

廃止措置で発生する低レベル放射性物質／放射性廃棄物管理の

最適化～ OECD/NEA の取り組み～

原子力技術センター 参事 田中 健一 …………… 28

【事業計画】

令和3年度 事業計画 (一財)エネルギー総合工学研究所 …………… 36

【研究所のうごき】 …………… 46

【第43巻通巻目次】 …………… 48

【編集後記】 …………… 52

【寄稿】

カーボンニュートラルに向けた世界の動きと日本の対応 ～サーキュラー・エコノミー構築で「資源大国・日本」へ～

平沼 光

(公財) 東京財団政策研究所
研究員



1. はじめに

2016年のパリ協定の発効を大きな転機として、世界は気候変動対策のため再生可能エネルギー（再エネ）の大幅導入と脱化石燃料を進めるエネルギー転換へと舵を切ってきた。そして今、世界は二酸化炭素（CO₂）の排出を実質ゼロとする「カーボンニュートラル」に向かって動き出している。こうした動きは、日本の資源エネルギー動向や持続可能な社会の構築にどのような影響を及ぼすであろうか。

本稿では、世界で進むカーボンニュートラルの動きと日本の対応について考察する。具体的には、各国のカーボンニュートラルの表明と政策、また、その実現のために必須となる再エネ導入増大の鍵となる洋上風力発電、発電部門におけるエネルギーシステムについて、さらには、再エネへのエネルギー転換が引き起こす鉱物資源リスクに対処するために欧州が推進するサーキュラー・エコノミー（CE）構築への動きと日本の今後の課題と期待について述べる。

2. カーボンニュートラルの動き

(1) 相次ぐカーボンニュートラル目標の表明

カーボンニュートラルとは、企業の事業活動や国民の日常生活などから排出されるCO₂をはじめとする温室効果ガス（GHG）の排出を可能な限り削減するとともに、排出されたGHGは森林吸収などにより全量を相殺することを意味する⁽¹⁾。

イギリスでは、2019年6月、「気候変動法」の改正の際、これまでGHG排出量削減目標（2050年までに1999年比80%以上の削減）を改め、2050年までにカーボンニュートラルを達成することが世界に先駆けて法制化されている。また同月、フランスにおいても、それまでのGHG排出量目標（2050年までに1999年比75%以上削減）を改め、2050年までにカーボンニュートラルを達成することに上方修正した法案が国民議会で可決されている。

欧州委員会（EC）は、2018年11月、2050年までにカーボンニュートラルを実現する方向を示した「万人のためのクリーンな地球」というコミュニケーションペーパーを発表した。そして、2020年3月、欧州連合（EU）が2050年までにカーボンニュートラルとなる「気候中立」の達成を目指す長期戦略を国連気候変動枠組条約（UNFCCC）に提出している。

こうしたカーボンニュートラルを目指す動きは各国に広がり、世界123カ国・1地域（2020年12月時点）が2050年までのカーボンニュートラル達成を表明している。これらの国・地域におけるCO₂排出量の割合は、世界全体の23.2%（2017年実績）となっている。トランプ政権下では気候変動問題に対して消極的であった米国であるが、先ごろ誕生したバイデン政権は2050年のカーボンニュートラルを目指すことを公約としていることから、カーボンニュートラル表明国に米国も加えると、世界全体のCO₂排出量に占める割合は37.7%となる。また、中国の習近平国家主席は2020年

9月22日、国連総会の一般討論演説において、2060年までにカーボンニュートラルにする目標を表明している。このように、二大排出国である米中がカーボンニュートラルを目指す方向にあり、世界はカーボンニュートラルに向けて大きく動き出している⁽²⁾。

(2) カーボンニュートラル実現ための具体策

カーボンニュートラルの実現に向けた具体的な施策として、EUでは「欧州グリーン・ディール」に取り組んでいる。

欧州グリーン・ディールとは、2019年12月11日にウルズラ・フォン・デア・ライエン欧州委員長が発表した政策である。これは、2050年にGHG排出が実質ゼロとなる「気候中立」を達成することを目標にしたEUの環境政策である。また、欧州グリーン・ディールは、①クリーンエネルギーの供給、②サーキュラー・エコノミー（CE）の構築、③資源エネルギー効率に優れた建設の促進、④生態系や生物多様性の保全、⑤環境に優しい食品システム、⑥持続可能でスマートな移動手段へのシフトなど、広い範囲の分野を対象とした欧州の包括的な経済成長戦略でもあり、エネルギーでは再エネを重要分野として活用することを基本方針としている⁽³⁾。EUでは今後10年間で1兆ユーロ（約120兆円）を欧州グリーン・ディール政策に投資していく計画である。

欧州グリーン・ディールでは、再エネの活用を進めるエネルギー転換が経済成長と気候変動問題への対処を両立させるものとされている。国際再生可能エネルギー機関（IRENA）が2020年4月に公表した報告書『国際再生可能エネルギー見通し』（以下、報告書）⁽⁴⁾によると、2050年までに気温上昇を2℃より十分低く抑えるために必要なエネルギー転換にかかるコストは19兆ドルとなるが、それにより得られる利益は50～142兆ドルとされ、経済成長と気候変動問題への対処を両立するものとされている。さらに同報告書は、再エ

ネ分野への投資の増加で世界の再エネ分野の雇用が拡大し、2050年までに雇用者数が現在の4倍に相当する4,200万人に増加するとし、コロナ禍後の経済復興と気候変動問題への対処を両立させるには、エネルギー転換を進める「グローバル・グリーン・ニューディール」を国際協力のもとに推進することが効果的であると指摘している。

こうしたグリーン・ディールを進める動きは世界各国に広がっている。ドイツでは、エネルギーシステム、次世代自動車、水素関連の技術開発を含め約500億ユーロ（約6兆円）を投資する計画がある。フランスでは、水素、バイオ、航空などにおけるグリーン技術開発や建築物のエネルギー効率化などを含めた環境対策に、2年間で約300億ユーロ（約3.6兆円）を投資する方向にある。

欧州以外でも昨年7月、韓国が、コロナ禍からの復興戦略「韓国版ニューディール」構想を発表した。韓国はこれを「グリーン・ニューディール政策」と称し、2050年までのカーボンニュートラルの実現を目指し、再エネの普及拡大などを推進するため今後5年間で約73.4兆ウォン（約7兆円）の投資を計画している⁽⁵⁾。米国も、バイデン大統領の公約では今後4年間で、再エネおよび電気自動車（EV）の普及拡大、クリーンエネルギー技術開発などの脱炭素分野に約2兆ドル（約200兆円）の投資を予定しており、世界はグリーン・ディール投資のラッシュを迎える様相にある。

もちろん、こうした各国の投資計画が100%実行されるとは限らないが、各国政府が公式にグリーン・ディールの政策方針を明確な数値と期日をもって示すことが、再エネをはじめとする脱炭素ビジネスを促進させることは間違いなさだろう。

(3) 動き出した日本

世界がエネルギー転換を柱としたグリーン・ディールを推進し、カーボンニュートラルを目指す中、2018年7月に公表された、日本の

エネルギー政策の基本方針となる「第5次エネルギー基本計画」で、再エネの主力電源化に取り組むことが明記された。そして、2020年10月26日、第203回臨時国会において、菅総理より「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言され、日本においてもカーボンニュートラルを目指す方針が打ち出された。

菅総理の宣言では、次世代型太陽電池、カーボンリサイクルをはじめとした革新的なイノベーションが鍵であるとされ、①実用化を見据えた研究開発を加速度的に促進すること、②規制改革などの政策を総動員し、グリーン投資の更なる普及を進めること、③脱炭素社会の実現に向けて、国と地方で検討を行う新たな場を創設すること、④環境関連分野のデジタル化により、効率的、効果的にグリーン化を進めていくこと、⑤世界のグリーン産業をけん引し、経済と環境の好循環を作り出していくことが述べられた。

宣言の中で、カーボンニュートラルに欠かさない再エネについては、最大限導入することが改めて方針として表明されたが、現状の再エネ導入目標は、経産省が2015年7月に公表した「長期エネルギー需給見通し」に記された2030年の電源構成における割合で22～24%のままとされている。

カーボンニュートラルを目指す欧州諸国の2030年の再エネ導入目標は、ドイツ65%、スペイン74%、フランス40%など高い目標が掲げられている⁽⁶⁾。これに対して、日本の導入目標は明らかに見劣りし、再エネ主力電源化という政策方針と実態となる政策目標が乖離している。

こうした状況を解消しカーボンニュートラルを推進するため、政府は、2020年12月25日、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（以下、グリーン成長戦略）を公表した。「2050年には発電量の約50～60%を太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーで賄うこと」が、「議論

を深めて行くに当たっての1つの参考値」として示された。グリーン成長戦略におけるその他の電源構成として、原子力と二酸化炭素回収・利用・貯留（CCUS）・カーボンリサイクル付きの火力を合わせて30～40%、水素・アンモニア発電で10%が示されており、再エネを最大導入した電源構成をどのように構築していくかが今後の課題となっている。

3. カーボンニュートラルに不可欠な再エネ導入の鍵～洋上風力発電～

（1）日本の可能性と課題

再エネ最大導入の鍵となるのが、日本の再エネの中でも高いポテンシャルを持つ洋上風力発電の活用である。日本の洋上風力発電のポテンシャル（潜在的な発電電力量）は、水深10～50mの海底に基礎を築いて風車を設置する着床式で約128GW、水深100～300mの海域に風車を浮かべる浮体式で約424GWとされている⁽⁷⁾。

こうした洋上風力発電の活用に向け、2020年12月、政府の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」は、洋上風力発電の導入を2030年までに10GW、2040年までに30～45GWまで拡大する「洋上風力産業ビジョン（第1次）」をまとめた。原子力発電の設備容量を1基1GWとすれば、2040年の導入目標は原発30～45基分に相当する。同ビジョンでは、着床式の発電コストを、2030～2035年までに、8～9円/kWhにすることも盛り込まれている⁽⁸⁾。

洋上風力発電の中でも特に注目すべきは、約424GWという高いポテンシャルを持つ浮体式である。現在まで世界の洋上風力発電は、水深の浅い海に既存技術で比較的容易に設置できる着床式を中心に普及が進んできた。一方、世界の洋上風力資源のポテンシャルは、その80%以上が着床式が建てられない水深60メートル以上の沖合にあるとされている⁽⁹⁾。従って、日本のみならず世界的な洋上風力発

電の普及拡大には浮体式が必須と考えられ、世界でその開発と実装が進められている。

また、洋上風力発電所の建設における最大の課題はコストであり、多方面でコストダウンを目指した技術開発・事業開発が継続されている。

(2) 世界で進む浮体式洋上風力発電の開発

①ハイウインド・スコットランド

浮体式洋上風力発電の開発と実用でいち早くプレゼンスを発揮したのが北欧最大手の石油・ガス企業エクイノール社(旧スタトイル社)である。同社は、2009年からノルウェー・カルモイ沖10kmの海域で「ハイウインド・プロジェクト」と呼ばれる世界初の2.3MW級スパー型浮体式洋上風力発電の実証研究を開始し、2011年には発電累計10GW、稼働率約50%という成果をあげた。

この実証研究の成果をもとに、2017年10月18日、再エネ事業やスマートシティ事業を手掛けるアラブ首長国連邦(UAE)・アブダビのマスダール社と事業提携し、スコットランドの沖合25kmの地点に浮体式5基を設置した発電所「ハイウインド・スコットランド」から世界初となる電力供給を開始し、浮体式洋上風力発電の社会実装に成功している。

「ハイウインド・スコットランド」の浮体式は、風車の浮力をうまく利用してあたかも釣りで使う浮きのように風車を海上に立たせる「スパー型」と呼ばれる方式である。「ハイウインド・スコットランド」の最大出力は30MW(6MW×5基)で、イギリスの約2万世帯への電力供給を可能とし、2017年11月から2018年1月までの3カ月間における「ハイウインド・スコットランド」の設備稼働率は約65%という好成績を記録している。

また、浮体式の課題と考えられてきたハリケーンなどへの耐久性についても、2017年10月のハリケーン「オフィーリア」(最大風速125km/時)、2017年12月のハリケーン「キャロライン」(最大風速160km/時)という2つ

の大型ハリケーンに耐えた実績を上げている。

さらに、エクイノール社とマスダール社は、浮体式の電力コストについて、2030年までに価格競争力のある0.04～0.06ユーロ/kWh(約5.2～7.8円/kWh)に引き下げることを目指しており、コスト面でも今後の展開が期待されている。

②ウインドフロート・アトランティック

浮体式洋上風力発電の社会実装の動きは「ハイウインド・スコットランド」だけではない。欧州の大手エネルギー企業EDP社、米国の洋上風力発電開発会社プリンシプル・パワー社などが協力してポルトガル沖で取り組んでいた浮体式洋上風力発電プロジェクト「ウインドフロート・アトランティック」(8.4MW×3基=25MW)が、2020年7月27日に実用運転を開始しているなど、世界では浮体式実装の動きが活発化している⁽¹⁰⁾。

③日本の取り組みと課題

日本においても長崎県五島市で2MWの浮体式の社会実装が2016年から始まっている。今後、日本国内でどのくらい浮体式が導入できるかが再エネ導入最大化のポイントとなるが、特に、風力発電メーカーなど風力発電事業における国内事業者の撤退が相次いでいることから、現状日本で計画されている洋上風力発電の多くは海外事業者に頼らざるを得ない状況である。このため、洋上風力発電の国内事業体制の再構築が喫緊の課題と言える。

4. 再エネ最大導入のためのエネルギーシステムの構築～

(1) 電力システムのスマート化～IoE～

気象条件によって出力が変動する再エネを大量導入するには、変動を平準化して電力系統に統合するエネルギーシステムの構築も重要となる。

洋上風力発電などの大規模な再エネ電力は、

発電地域のみならず広域で消費できるよう、発電地から需要地への送電を可能とするマスタープランの構築と全国規模での系統の一体運用を可能にする整備が必要である。また、再エネが系統に接続しやすくするよう、系統の空き容量を効率的に利用できるコネクタアンドマネージなどのルール整備も必要である。同時に、再エネをコントロールして系統に統合するため、新たなエネルギーシステムとしてAI（人工知能）、IoT（モノのインターネット）、ビッグデータを活用したインターネット・オブ・エネルギー（IoE）という「系統のスマート化」も進める必要がある。

IoEは、ビッグデータとして蓄積した気象予測データと電力需給データをAIで解析することで最適なエネルギー需給指令を導き出し、その指令をIoTで結ばれた各発電所や需要側の施設や機器に指示を出し、コントロールすることで電力需給の安定化を図るものである。

欧州は、いち早くIoEの構築に取り組んでおり、2011年には、フランス、ベルギー、ドイツ、イタリア、スペイン、スイスなど欧州11カ国から、大手電力会社、ICT関連会社、大学・研究機関など35の企業、団体が参加して、インターネット・オブ・エネルギー（IoE）を開発するフィンジニ（FINSENY：Future Internet for Smart EnergyY）というコンソーシアムが組織されている。

FINSENYは、IoEの開発とその国際標準化を含めた社会実装を目指し、スマートグリッド（次世代送電網）における発電予測制御・最適化のためのICT開発とその標準化を目的に実証実験を行う組織である。参加メンバーには、ドイツ電力大手E.ON社、フランス電力大手EDF社、スイスに本社を置く電力関連大手ABB社、世界的な通信機器メーカーであるスウェーデン・エリクソン社、情報通信・電力関連のグローバル企業シーメンス社など、国境を越えたそうそうたるメンバーが参加し、IoEの技術開発と社会実装に取り組んでいる。

FINSENYの特徴は、技術開発だけでなく技

術標準化も進められている点である。新たなエネルギー技術が生み出され、それが広がりグローバルな市場を形成していく過程においては、各国が個別な技術を採用しては、それが国を越えた普及・流通の障壁となりかねない。そのため、技術の国際標準化が必要となってくる。世界貿易機関（WTO）の「貿易の技術的障害に関する協定」（TBT協定）では、WTO加盟国は強制／任意規格を必要とする場合、関連する国際規格が存在する場合はその国際規格を自国の規格の基礎としなければならないとしており、原則として国際標準化機構（ISO）や国際電気標準会議（IEC）など国際的な標準化機関が作成する国際規格を自国の国家標準の基礎とすることが義務付けられている。そのため、パリ協定の発効を背景に、国際普及が本格的に始まろうとしている再エネをはじめとする様々なクリーンエネルギーの技術について、他国に先駆けいち早く自国に有利な形で国際標準化を構築し、自国の技術と製品を国際普及させようと各国が動いている。

IoEはエネルギー転換を推進する核となる技術である。FINSENYは、パリ協定採択前の2011年という早い時期から活動を始めている。欧州各国には、他に先駆けて、IoEの開発を連携して推し進めることで、気候変動時代におけるエネルギー分野での優位性を勝ち取ろうとする姿勢が伺える。日本もこのことについて早急な対応が必要である。

（2）電力部門と運輸部門のセクターカップリング～V2G～

再エネの普及にはIoEで電力の需給をコントロールする必要があるが、IoEを構築する重要なデバイスとなるのが蓄電池である。気象条件が良く、太陽光や風力が需要を上回る発電を行うと、電力系統へ流れる電力が供給過多となり、需給バランスが崩れることで大規模停電となる恐れが大きい。逆に、気象条件が悪く、太陽光や風力の発電が落ち込むと電力の供給不足で需給バランスが崩れる事態

になってしまう。

こうした事態を防ぐため、再エネ電力が余剰となった際には蓄電し、逆に、電力が足りなくなった際には放電して電力不足を補う蓄電池が必要になる。しかし、需給コントロールのためだけに、定置式の大型蓄電池を系統内に設置するのはコストがかかる。そこで実用化が進められているのが、高性能な蓄電池を搭載した電気自動車（EV）をEV充電器を介して電力系統に接続することで、再エネの余剰電力をEVの蓄電池に充電し、必要な時はEVから放電して活用するシステム、すなわち、V2G（Vehicle to Grid）である。2018年末現在、世界の自動車保有台数は約14億台⁽¹¹⁾であるが、その全てが常時走行しているわけではない。1台の車の走行状況を見ると、1日のうち約9割（20時間強）は停車状態にある。EVであれば、停車中は充電器に接続されている車両も多いことから、市中に停車中のEVの蓄電池を電力系統用にシェアして活用するV2Gを導入することは、再エネ電力が流れる系統の安定化にとって有効な選択肢となる。このように、電力部門のCO₂排出削減策として再エネを導入するにあたり、蓄電池を搭載したEVをはじめとする電動化車両が重要な役割を担うようになる。

他方、世界の部門別CO₂排出で電力に次ぐ約20%を占めるのが運輸部門であるため⁽¹²⁾、カーボンニュートラルを目指す国々では、運輸部門からのCO₂排出削減のためEVやプラグインハイブリッド車（PHV）、燃料電池車（FCV）などの電動化車両の普及が進められている。すなわち、運輸部門の自動車という移動手段と電力部門のエネルギーシステムである電力系統が部門を超えて融合するセクターカップリングを進めることがカーボンニュートラルを目指す上で重要となっている。

再エネの普及途上にあり、EVの普及も思うように進んでいない日本では、V2Gはまだ先の話と考えられがちだが、すでに2016年8月、日産自動車㈱とイタリアの電力大手エネル社、

そして米国で電力事業を展開するベンチャー企業・ヌービーコーポレーションの協力により、デンマークで世界初となるV2Gの商業運転が開始されている。さらに、2018年3月6日には、スイスのジュネーブで開催されたジュネーブモータショーにおいて日産自動車㈱は、自社の先進技術戦略である「ニッサン・インテリジェント・モビリティ」の取り組みの一環として、ドイツ電力大手E.ONとV2Gで戦略的パートナーシップを結ぶことを発表している。日産ヨーロッパのポール・ウィルコックス会長は、E.ON社との戦略的パートナーシップ提携にあたり、「EVを所有する顧客に無料で電気を提供するという究極の目標を掲げて、エネルギーサービスビジネスにおける自動車メーカーとしてのパートナーになることを目指す」という趣旨のコメントをしている⁽¹³⁾。再エネの余剰電力は、文字通り「余った電気」であり、その価格は実質タダである。そもそも、再エネは限界費用がゼロでもある。自動車メーカーの狙いは、V2GによりEVがエネルギーシステムの一部となることで、実質タダの余剰電力をEVのエネルギーとして活用しようとするところにある。

EVについては、製造時のCO₂排出量がガソリン車と比べて多いことから脱炭素への貢献を疑問視する声もあるが、EVを普及させV2Gを行うことで再エネの導入が進み、それにより脱炭素効果を得られるという利点があることをあわせて評価すべきであろう。すなわち、これからの車については、移動手段としての評価基準だけでなく、エネルギーシステムの一部としての評価基準も設けることが必要である。

（3）電力部門と燃料部門のセクターカップリング～P2G～

再エネ導入が進めば進むほど、その余剰電力を蓄電・放電するためのV2Gの役割が重要になってくる。その余剰電力を活用するもう1つの方法として、余剰電力で水を電気分

解して水素 (H_2) に転換する P2G (Power to Gas) がある。

蓄電池に溜めた電気は時間とともに消耗していくが、水素に転換することで貯蔵が可能になり、水素ガスや液体水素といった形で運ぶこともできるほか、トヨタ自動車㈱の“MIRAI”など水素を燃料として走行するFCVへ供給することもできる。

さらに、水素は、天然ガスと同様な資源として活用できるというメリットがある。天然ガスの主成分は炭素原子に水素原子が結合したメタン (CH_4) であり、天然ガスの成分である水素は、混入割合を調整すれば天然ガスパイプラインに通すことが可能である。

既にドイツのE.ON社は、ドイツ東部のファルケンハーゲンに、風力からの電力を活用して水素を製造し、天然ガスパイプラインに注入するパイロットプラント「ウインドガスファルケンハーゲン」を建設し、2013年8月に運転を始めている。また、同じくドイツ電力大手RWE社は、2015年8月、ドイツのノルトライン・ヴェストファーレン (NWR) 州イッペンビューレンに、再エネ発電の需給コントロールを目的に、再エネの余剰電力により生成した水素ガスを天然ガスパイプラインに混入して利用するP2Gプラントを建設し、商業化に向けた本格的な開発を始めることを公表している。

欧州の電力大手が他に先駆けてP2Gに取り組む中、欧州委員会 (EC) は2020年7月8日、「欧州の気候中立に向けた水素戦略」を発表し、気候中立 (カーボンニュートラル) に向けて再エネ由来の水素をはじめとするクリーン水素の活用を推進する方針を示している。

P2Gは、再エネによる電力から水素という燃料を生み出すもので、電力部門と燃料部門が部門を超えて融合したセクターカップリングとなる。再エネを最大導入しカーボンニュートラルを推進するには、V2GとともにP2Gというセクターカップリングを日本においても社会実装していく必要がある。

(4) 火力とP2Gとのセクターカップリング

カーボンニュートラルを目指すには火力の脱炭素化を進める必要があるが、ここでもセクターカップリングが重要になる。日本政府のグリーン成長戦略では、火力についてCCUS・カーボンリサイクルと組み合わせることが前提とされている。

ドイツでは既に、二酸化炭素回収・利用 (CCU) では、自動車メーカー・アウディ社が2013年からドイツ・ザクセン州南部のヴェルルテにある自社のP2Gプラントで、風力の電力で水を電気分解して水素を製造し、さらにその水素を、回収したCO₂と反応させ天然ガスの主成分であるメタンガス (CH_4) を製造している。こうした水素とCO₂によるメタンガスの製造は「メタネーション」と呼ばれており、アウディ社は自社プラントで作った人工メタンガスをアウディ・イー・ガス (Audi e-gas) と呼び、自社のガス自動車「g-トロン」への供給を行うなどの実用化を果たしている。

日本においてもアウディ社のように、再エネ電力で製造した水素と火力発電所から回収したCO₂でメタネーションを行い、燃料となるメタンガスを製造するなど、再エネ部門と火力部門のセクターカップリングによるCCUの社会実装を進める必要がある。CO₂を回収して地下に貯留するCCSについては、北海道苫小牧でCO₂を地下に圧入する実証実験が行われたが、日本におけるCCS適地がどのくらいあるのかさらなる検討が必要である。また、地下への貯留は無限にできるものではないことから、CCUと合わせた火力の脱炭素化がポイントとなるであろう。

(5) リプレースが見通せない日本の原子力

政府のグリーン成長戦略において火力とあわせて電源構成比率30～40%とされた原子力は、リプレース (建て替え) が今後どのくらい進むかが注目される。2021年2月18日現在、日本の原子力は、運転中 (発電中) 4基、停止中29基の計33基となっている。仮に全

基の運転期間を60年に延長しても2060年には5基にまで減少し、2069年には0基となることから、リプレース無しには、原子力を重要な選択肢とするのは難しい⁽¹⁴⁾。原子力の安全性という視点からもリプレースは重要となるが、現状リプレースの見通しは不透明である。また、放射性廃棄物処理の問題についても未だ解決には至っていない。原子力利用にあたってはこうした課題に答えを出すことが欠かせないであろう。

5. エネルギー転換が引き起こす鉱物資源リスク

(1) 鉱物資源リスク

カーボンニュートラルに向けて再エネの普及を進めるエネルギー転換は、CO₂排出というリスクに対応する一方で、鉱物資源の需要を増大させ、需給を不安定化させる「鉱物資源リスク」を引き起こすと危惧されている。

パリ協定発効当時に公表された国際エネルギー機関(IEA)の『世界エネルギー見通し2016』では、パリ協定の目標を達成する450シナリオの場合、2015年の風力導入量383.58GWに対し、2040年にはその約6倍の2,312GWに拡大する見通しとなっている。2015～2040年における年間の増加量は、単純計算で約80GW/年となる。

他方、風力発電タービンの製造にはレアアース元素であるジスプロシウムが必要になるが、その使用量を高位の25kg/MWとすると⁽¹⁵⁾、IEAの450シナリオでは年間約2,000tのジスプロシウムが必要になる。2017年のジスプロシウムの世界生産量が約1,500tであった⁽¹⁶⁾ことを考えると、風力発電設備の需要だけでジスプロシウムの年間生産量を上回ることになり、供給の不安定化が発生すると考えられる。

ジスプロシウムの例はあくまで単純計算によるものだが、エネルギー転換により、ジスプロシウムの他にもEV蓄電池の電極材に必要なコバルトなど様々な鉱物において鉱物資

源リスクが懸念されている。このため、カーボンニュートラルを目指すにあたっては、鉱物資源リスクという問題にも向き合っていかなければならない。

(2) 欧州の対処方針：サーキュラー・エコノミー(CE)構築

こうした鉱物資源リスクに対して欧州グリーン・ディールでは、サーキュラー・エコノミー(CE)の構築により対処する方針が示されている。CEは、欧州グリーン・ディールの中で重要課題として提唱されている持続可能な社会を構築するための資源循環政策である。現在の経済モデルは、地中に埋まっている天然資源を掘り出し、それをもとに製品を生産・消費し、不要になったら捨てる、①採鉱→②生産→③消費→④廃棄という、資源を直線的に消費し続けることで経済を成り立たせている線型経済とされている。

一方、CEは、廃棄物を捨てるのではなく、きちんと管理・再生して再び資源として利用する、①採鉱→②生産→③消費→④廃棄物管理→⑤廃棄物からの資源再生→再び生産へ、という循環サークルを形成し、資源の価値を循環サークルの中で可能な限り持続させるという資源循環型の経済である。

一見すると単なる環境政策に見えるが、EUでは、CEによる資源循環は、EUの技術革新と雇用創出に大きな利益をもたらすものとされている。すなわち、2030年までに18万人以上の直接雇用を創出し、EUの国内総生産(GDP)を7%増加させ、EUの国際競争力を向上させることを見込んだ経済戦略としても位置付けられている。

2015年12月にはCEを構築するための行動計画となる政策文書『サーキュラーエコノミーパッケージ』(CEP: Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy)が発表されている。図1のように、①採鉱→②生産→③消費→④廃棄物管理→⑤廃棄物からの資源再生→再び生産へ、という一連の循環サー

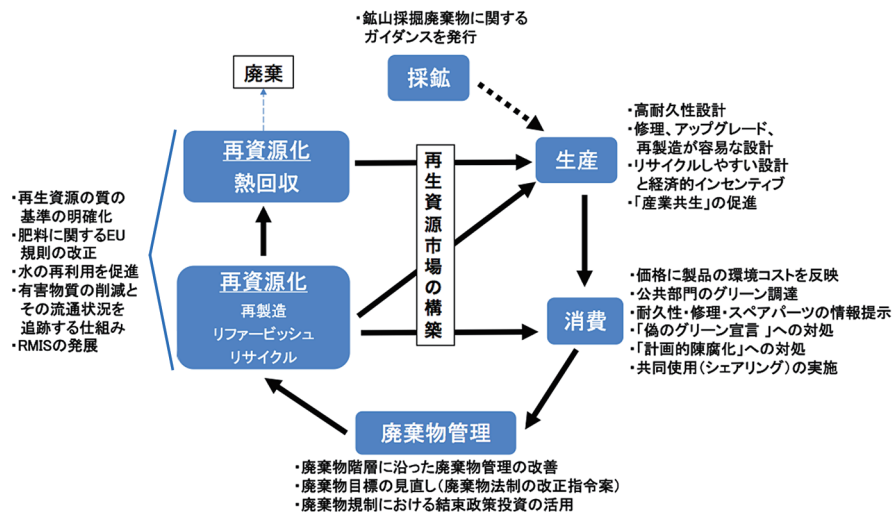


図1 欧州の資源循環体系（CEP）の概観

クル全般における取り組みのポイントが示されている。こうしたCEPに則り資源を再生し、その再生資源で作られた製品を流通させる新たな再生資源市場を構築することにより、世界の経済モデルをCEへと転換させ、欧州から世界中へクリーンな製品やサービスを輸出することを狙った欧州の経済戦略と考えられる。

CEでは、環境に負荷をかけて採掘される天然資源よりも廃棄物から再生した資源のほうが優先されることになる。それは、これまでの資源の常識を覆し、廃棄物が天然資源よりも価値を持つという「資源の大転換」を意味する。例えば、CEの文脈で鉱物資源のレアアースを考えてみよう。レアアースは風力発電機のモーターなどに使用され、省エネ・高効率機器には欠かせない資源である一方、その埋蔵、生産とも中国が圧倒的多数という偏在性が高く、需給不安定化のリスクを常に抱える鉱物資源である。これまで世界は中国依存というリスクの中、何とかレアアースを安定確保しようと苦心してきたわけだが、CEでは、中国が掘り出す天然資源よりも、どこかの国で廃棄物から資源再生されるレアアースのほうが価値を持つことになる可能性がある。

既にECは、2018年に報告書『サーキュラー・エコノミーにおける重要な原材料に関するレ

ポート2018年』を公表した。カーボンニュートラルを目指す上で普及が必要な、ソーラーパネル、風力タービン、EV、LED照明などの製造に欠かせない鉱物を含め、CEにおいて特に再生資源化すべき27種類の鉱物を指定しており、今後環境に負荷をかけて掘り出される天然資源は、石炭のように投資撤退される可能性もある。すなわち、廃棄物から資源を再生し、利用できる国が資源国になり、資源エネルギーの地勢図が大きく塗り変わることも考えられる。

（3）始まっているCEの国際競争

EUが取り組んでいるCEは、日本とはあまり関係ないと思われるかも知れないが、2018年にはフランス主導でISOの中にCEの国際標準化を進める技術委員会が設置されており、2021年1月現在、参加国70カ国、オブザーバー国11カ国に及んでいる。前述した通り、WTOのTBT協定では、WTO加盟国は原則としてISOなど国際的な標準化機関が作成する国際規格を自国の国家標準の基礎とすることが義務付けられている。すなわち、欧州主導のCEが国際標準化されると、日本も再生資源の製造方法や品質などについて欧州のルールに従わなければならない、国際競争力の面で影響を受ける可能性がある。

既に欧州では、フランスを本拠とするヴェオリア社やスエズ社など、大規模なリサイクルを手掛ける「メガリサイクラー」と呼べる大企業により、廃棄物回収から再資源化、そして再生資源販売を含めたビジネスモデルが確立されており、スケールメリットを活かした大規模なビジネス展開がなされている。

また、中国も資源循環系の企業買収を進め資源循環ビジネスに進出してきている。2016年9月には、上海を拠点とする廃棄物管理企業のCNTY社が、スペインの廃棄物管理大手Urbaser社を約20億ポンド（約3,000億円）の巨額で買収した。そして、2018年7月、北京で開催された「第20回中国・EU首脳会議」において、包括的な戦略的パートナーシップを推し進める中で、CEの分野での対話・協力を進めることが合意されている。まさに、欧州のCE構築の動きに対し、中国は欧州企業の買収という形で勢力を拡大するとともに、EUとの協力関係の合意も取り付けるというしたたかな戦略に打って出ている。

6. 日本の循環型社会構築と欧州のCE

（1）日本の循環型社会構築～循環基本法～

欧州がCEの構築とその国際標準化を目指す中、日本における循環型社会の構築は、環境基本法のもとで2000年に制定された「循環型社会形成推進基本法」（以下、循環基本法）とその実施法によって推進されている。

循環基本法では、循環型社会構築について、なにを優先的に取り組むべきかという優先順位と、誰がその責任を負うかという2つの基本的な考え方が示されている。施策の優先順位は、①廃棄物の発生抑制、②再利用（リユース：循環資源をそのまま繰り返し使うこと）、③再生利用（マテリアルリサイクル：循環資源を原材料として利用すること）、④熱回収（サーマルリサイクル）、⑤適正処分、としている。責任の負担については、これまで市町村が負ってきた廃棄物の処理に関わる責任の

全部、または一部を製品の生産者が負う「拡大生産者責任」があげられている。

こうした循環基本法の趣旨を具体化するための実施法として、「自動車リサイクル法」、「建築資材リサイクル法」、「食品リサイクル法」、「小型家電リサイクル法」、「家電リサイクル法」、「容器包装リサイクル法」という個別のリサイクル法が施行されている。また、国・地方公共団体や独立行政法人などが物品や役務の調達にあたり循環資源の再利用・再生利用により得られた製品や原材料を率先して選択することを目的とした「グリーン購入法」も施行されている。

（2）日本の課題と欧州CEとの違い

一見すると日本の循環基本法は、欧州のCEと似通った資源循環を促すものに見える。しかし、循環基本法の趣旨を具体化するために施行された個別のリサイクル法における再商品化、再資源化とは、循環利用できる「状態にすること」という準備行為にとどまっており、循環基本法の趣旨である、再利用（リユース：循環資源をそのまま繰り返し使うこと）、再生利用（マテリアルリサイクル：循環資源を原材料として利用すること）とは乖離しているという課題がある。また、個別リサイクル法による再商品化、再資源化は、品目別に実施されることから、品目から漏れた製品は対象とされないという課題もある。さらに、循環基本法で取り組むべき施策の最上位にある廃棄物の発生抑制では、現行法では関係主体に対する責務を課すにとどまっており、具体的な政策により発生抑制を行う事例は少ない状況にある⁽¹⁷⁾。

また、日本の施策は、欧州のCEのように経済モデルを根本的に変革する趣旨のものではなく、図2で示すように①資源の採取→②製造→③消費→④廃棄、という従来の線型経済をもとにしたもので、日本の資源循環体系はとて欧州のCEに対応できるものとはなっていない。

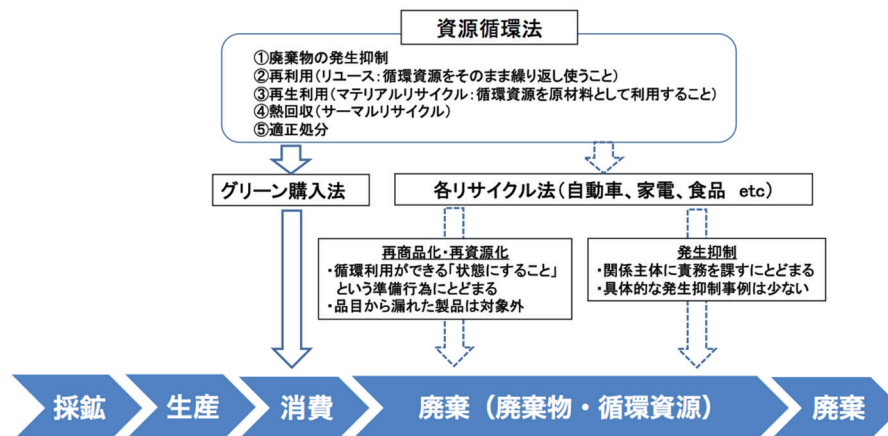


図2 日本の資源循環体系の概観

以上のように、循環型社会の構築における日本と欧州の施策は、趣旨、内容、実効性にわたりその体系は大きく異なっている。将来的に懸念される鉱物資源リスクに対しても、日本は、従来型の備蓄を主とする施策と個別リサイクル法の範疇で対処する。これに対し、欧州ではよりマクロな視点から、「再生資源市場の創出で資源制約と経済成長をデカップリングさせる CE」という新たな循環型経済の構築による対処を目指している。ここに大きな違いがある。

7. 日本にはチャンス～エネルギー転換と CE ～

（1）海外依存の呪縛から逃れるチャンス

2020 年 12 月 15 日、小泉進次郎環境大臣の記者会見で、日本の再エネには最大で現在の電力供給量の約 2 倍のポテンシャルがあることが報告された。今後、日本も再エネを主力化するエネルギー転換の方向に向かうことになるが、現状、日本の再エネの普及率は低い。

再エネ普及で先行する欧州の先進各国は、すでに 2018 年で電源構成における再エネ比率 30% 以上を達成している国も多い。さらに、欧州では 2030 年の再エネ導入目標が約 40～70% と高く掲げられている。一方、日本の普及率は 2018 年で約 17% ⁽¹⁸⁾ にとどまっているばかりか、2030 年の目標も 22～24% とか

なり低い。CE の構築についても、EU が国際的な再生資源市場の構築までを狙った資源循環政策を展開しているのに対し、日本のリサイクル法における再資源化とは、循環利用ができる「状態にすること」という形式的な準備行為にとどまり、とても欧州に対抗できるものではない。

現状、日本はエネルギー転換と CE の構築で後れを取っているが、むしろこの状況は日本にとって資源エネルギーの海外依存という呪縛から逃れる千載一遇のチャンスと考えるべきである。これまで地中に埋蔵された天然資源に乏しい日本は、資源の調達を海外からの輸入に依存せざるを得ず、常に資源の供給不安定化という問題を抱えてきた。一方、エネルギー転換と CE の構築が目指すものは、海外の化石燃料依存から国内の再エネ利用に転換し、海外の天然資源ではなく国内の再生資源を循環させる経済モデルへと移行するものである。すなわち、「資源調達を海外からの輸入に依存せざるを得ない」というこれまで日本にとって圧倒的に不利であったゲームのルールが根底から覆されるようとしているのである。

（2）資源量豊富な日本の「都市鉱山」

日本には再エネを主力化できる十分な資源ポテンシャルと技術がある。そして、日本は地下に埋蔵された化石燃料や鉱物資源に乏し

くとも、地下から掘り出された天然資源の純度を高めて作られた製品が、膨大な量の廃棄物として国内に蓄積されている。これは、都市の中に存在する鉱山という意味の「都市鉱山」と呼ばれており、日本の中にも十分な資源ポテンシャルがある。例えば、金は6,800tが都市鉱山として日本国内に蓄積されており、世界の埋蔵量42,000tの16%に匹敵するとされている。これは各国の地下埋蔵量との比較(2009年)では、1位アフリカ(6,000t)、二位オーストラリア(5,000t)、同ロシア、3位米国(3,000t)、同インドネシアを抑えてなんと世界一の資源量となる⁽¹⁹⁾。

こうした「都市鉱山」は、その資源量があっても資源再生できる技術がなければ活用することはできないが、日本はハイブリッド車の蓄電池からニッケル、コバルト、レアアースなどを回収し、再び蓄電池製造の原料として活用する技術をすでに確立しているなど、資源再生における高い技術力を持っている⁽²⁰⁾。エネルギー転換とCEの構築という流れは、国内にあるこうした資源を最大限活用することで、日本が資源を生み出す資源大国へと進化する大きなチャンスであるといえるであろう。

8. おわりに～より高い再エネ導入目標とCE構築の視点を～

日本のエネルギー政策の大方針となるエネルギー基本計画は少なくとも3年毎に策定されことから、次の「第6次エネルギー基本計画」は2021年度頃に作成される予定であり、これから議論が活発化していく段階にある。特に、2050年までのカーボンニュートラル達成のためには大胆な再エネの普及が必要であり、「第6次エネルギー基本計画」は、いかにして先進諸外国に勝る再エネの導入目標を掲げられるかがポイントとなるであろう。

また、「第6次エネルギー基本計画」にCEの視点を盛り込むことも必要である。これまで、CEのような資源循環という視点はエネ

ルギー基本計画に十分に反映されてこなかった。しかし、カーボンニュートラルを目指すための施策として各国で取り組まれているグリーン・ディールでは、エネルギー政策と資源循環政策は一体化した政策として自国の国際競争力を高める戦略となっていることから、日本も「第6次エネルギー基本計画」の中に日本の国際競争力を発揮できるCE構築の視点を盛り込むべきである。

次期エネルギー基本計画はこうした考えのもとで遅れを取り戻し、日本こそが世界のエネルギー転換とCEをリードする内容とするべきである⁽²¹⁾。

参考文献

- (1) 環境省、「カーボン・オフセット / カーボン・ニュートラルとは?」, (http://offset.env.go.jp/about_cof_cn.html)
- (2) 経済産業省、「2050年カーボンニュートラルを巡る国内外の動き」, 第2回中央環境審議会地球環境部会 中長期の気候変動対策検討小委員会 産業構造審議会産業技術環境分科会, 地球環境小委員会地球温暖化対策検討ワーキンググループ合同会合, 資料3, 2020年12月16日
- (3) 欧州連合日本政府代表部, 「EU情勢概要」, 2020年10月
- (4) 国際再生可能エネルギー機関 (IRENA), “Global Renewables Outlook” (国際再生可能エネルギー見通し), 2020年4月
- (5) 「韓国版ニューディール」構想を公表, 日本貿易振興機構 (JETRO) ビジネス短信 (<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/07/13ab4b4a83978545.html>), 2020年7月17日
- (6) 自然エネルギー財団「欧州各国・米国諸州の2030年自然エネルギー電力導入目標」, (<https://www.renewable-ei.org/activities/statisticstrends/20210115.php>), 2021年1月15日
- (7) 日本風力発電協会, 「洋上風力の主力電源化を目指して」, 経済産業省, 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会, 第1回会合 資料4-1, 2020年7月17日
- (8) 経済産業省, 「洋上風力産業ビジョン (第1次)」, 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会, 令和2年12月15日
- (9) Equinor, “World class performance by world's first floating wind farm” (<https://www.equinor.com/en/news/15feb2018-world-class-performance.html>)
- (10) Principle power, “The first floating wind farm in continental Europe is now fully operational” (<https://www.principlepowerinc.com/en/news-press/press-archive/2020/07/27/the-first-floating-wind-farm-in-continental-europe-is-now-fully-operational>), 27 July 2020
- (11) (一社) 日本自動車工業会, 「世界各国の四輪車保有台数 (2018年末現在)」, (http://www.jama.or.jp/world/world/world_2t1.html)

- (12) International Energy Agency (IEA), “CO2 emissions from fuel combustion 2016,”
- (13) 欧州日産, “The acceleration of electrification: Nissan powers ahead with innovative electric ecosystem in Europe (<https://europe.nissannews.com/en-GB/search?query=V2G&selectedTabId=releases>), 2018 年 3 月
- (14) 橘川武郎『エネルギー・シフト－再生可能エネルギー主力電源化への道』白桃書房, 2020 年 9 月 16 日
- (15) World Bank Group, “The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future” June 2017
- (16) Adamas Intelligence, “Spotlight on Dysprosium,” April 2018 (<https://www.adamasintel.com/report/download-spotlight-on-dysprosium-revving-up-for-rising-demand/>)
- (17) 黒川哲志, 奥田進一編, 『環境法のフロンティア』成文堂, 2015 年 4 月 1 日
- (18) 経済産業省, 「国内外の再生可能エネルギーの現状と今年度の調達価格等算定委員会の論点案」, 調達価格等算定委員会 第 61 回 資料 1, 2020 年 9 月
- (19) 米国地質調査所 (USGS), “Mineral Commodity Summaries 2009”
- (20) (一社)産業環境管理協会資源・リサイクル促進センター「リサイクル先進事業」, レアメタルリサイクルホームページ (<http://www.cjc.or.jp/raremetal/advanced-business-model>)
- (21) 平沼光, 「資源エネルギー覇権競争の大転換が始まった」, 『中央公論』2021 年 3 月号, 中央公論新社

[寄稿]

OECD/NEA の最新動向と ポストコロナ時代を見据えた取り組み

熊谷 裕司 (経済協力開発機構／原子力機関
原子力安全技術・規制課原子力安全専門官)



1. はじめに

新型コロナウイルスの拡大による経済活動の低迷により、エネルギー需給が減少し、中でも各国の移動の制限などから石油・ガスセクターへの影響が最も大きい。世界的大流行（パンデミック）の長期化と環境対策により、この流れは今後も継続することが予想され、景気回復と環境対策を踏まえた新たなエネルギー源構成への移行が検討されている。経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA、本部パリ）は、温室効果ガスの排出量が少なく電力の安定供給に優れている原子力の役割の重要性について強調しており、長期的な対策も視野に入れアフターコロナの原子力の役割についての政策提言を発行している。

本稿では、導入部として、原子力に関連する国際動向について、そしてNEAの活動の全体像について、NEAの歴史、特徴と加盟国、国際原子力機関（IAEA、本部ウィーン）との比較、意思決定システム、事務局体制などの面から紹介する。また、国際機関における日本人の役割が高まっていることから邦人職員の役割についてもここで触れる。

次に、現在の新型コロナウイルスが蔓延する環境下における国際機関の新しい働き方とNEAの最近の取り組みを紹介していく。NEAの最近の取り組みとしては、新型コロナウイルスが蔓延する前から行っていた継続的な活動や、2020年に刊行したレポートやNEA主催のウェビナー（オンライン上で実施されるセミナー）の紹介に加え、パンデミッ

ク時の原子力の組織と人材、アフターコロナの原子力の役割と国際社会への発信、日本が対応し得る対策の提言について紹介する。

2. OECD/NEA の概要

(1) 国際動向

世界的には、先進国を中心に、低炭素社会の構築を進めて行く上で、再生可能エネルギー（再エネ）に加え、二酸化炭素（CO₂）の排出量の少ない原子力の役割が大きい。OECD/NEAのウィリアム・マグウッド事務局長は、「持続可能で環境に対して真に責任のあるエネルギーの未来に向けて道を築くこと、科学技術における人的能力の開発、環境問題に取り組むこと、原子力の安全と公衆の安全を確保することに尽力することが、これら全ての問題の社会に対する重要性を証明することになる」と述べている⁽¹⁾。

また、新型コロナウイルス感染拡大防止による生活や社会活動の影響を踏まえ、「21世紀の経済の盛衰は、電力システムの信頼性と強靱性によって決する」とも言及している。過去数十年にわたり世界各国で取り組んできた原子力発電の活用は、このような低炭素化、環境負荷の低減、エネルギー源の多様化、およびレジリエンス面の評価に沿っており、現在益々その必要性が高まっていると言える。

福島第一原子力発電所事故（福島事故）により多くの国が自国のエネルギー政策の転換を決めたが、原子力を引き続き推進する国においても、人的・技術的基盤、施設維持、財政

面で厳しい状況にある国が少なくなく、国際協力を通じた効率的・効果的な取り組みの必要性が指摘されている。さらには、原子力発電プラントの新規建設に注力する国々でも、使用済み燃料の取り扱いやサプライチェーンを含む広範囲な国際的枠組みを活用する動きも出てきている。それらの仕組みに関わる人的交流は日本を含むサプライヤー、エンジニアリング企業やコンサルタントにも国境を超えてグローバルに拡がっている。さらに、新興国市場を含む多様なニーズに対応すべく、安全性が高い革新的な小型モジュール炉(SMR)や海上浮体型原子炉など立地場所に柔軟性がある原子力発電所の開発・導入に向けた取り組みが加速しており、設計・部品調達・製造・輸送・設置・品質保証までのサプライチェーンのグローバル化が進むことを前提として国際協力への期待が高まっている。

原子力発電施設の開発、運転、安全対策に関する各国の政策は、国際機関を介し経験豊富な国からのサポートを通じて立案と修正を繰り返して積み上げてきた。日本も同様に、これまでの原子力政策においては、常に国際機関のリファレンス機能が存在してきた。

多国間の協力プログラムも、国際協力によるベンチマーキングを通じて長期にわたり発展してきている。国際機関の活動に各国政府機関や事業者が参加することで、自らの政策や取り組みの不足部分を補足し、過剰を修正し、リファレンスとすべき知見を収集する。実施した政策や取り組みは新たなリファレンスとして国際機関に循環させ、結果として政策の最適化を加盟国間で最大化していることが理想である。簡潔に言えば、政策のやらなさすぎとやりすぎを自主的に回避するための自律的メカニズムである。また、自主性による制度に加えて、強制力をもって特定の目標の達成を目指すメカニズムである原子力安全条約などの国際取り決めもまた存在する。こうしたニーズに対する政府間の国際機関として、特に、OECD/NEA および IAEA が機能している。

(2) NEA の特徴と加盟国

① NEA の歴史

OECD/NEA は OECD の専門機関として、1958 年に欧州原子力機関 (European Nuclear Energy Agency) として発足し、1972 年に日本が欧州以外の国として初めて加盟したことを受け、現在の名称になった⁽²⁾。

② NEA のミッション

NEA 戦略プラン 2017-2022⁽³⁾において、NEA のミッション・ステートメントとして次の 2 点が掲げられている。

- 国際協力を通じ、原子力エネルギーの安全な利用に必要なとされる科学的・技術的な基盤を維持・発展させるための加盟国への支援
- 原子力政策に関する意思決定を各国政府が行う際のインプットとして重要な課題に関する権威ある評価と共通理解の提供

NEA の特徴は、年次レポートに次の代表的な数字で概観されている。

33 : 加盟国
9 : 常設技術委員会
75 : 専門家活動・グループ
24 : 国際共同プロジェクト
104 : 職員数
11 : 年間予算 (単位: 百万ユーロ)

③ 加盟国

NEA の加盟国は現在 33 を数えるが、これは OECD の加盟国とは構成が異なっている。チリ、エストニア、イスラエル、ラトビア、ニュージーランドは、OECD 加盟国であるが NEA には加盟していない。また、それとは逆に、ロシア、アルゼンチン、ルーマニアは、OECD 加盟国ではないが NEA に加盟している。NEA への加盟は、NEA 運営委員会の審議を通じて加盟国により決定できることとなっていることによるものである。ロシアは、2013 年より NEA に加盟し、2018 年には、新增設計画を進めているアルゼンチン、ルー

マニアが新規加盟した。いずれの国の新增設計画にも、中国が支援・関与していることも興味深い事実である。

また、NEA は、加盟国とは別の参加形態として、ストラテジック・パートナーとして中国、インドとの協力関係を強化している。中国とは、原子力関係機関との間で NEA が協力の基本合意書（MOU）を締結し、情報交換を行うとともに、いくつかの委員会への参加を認める他、会議共催に加え出向スタッフやインターン受入れも行っている。

また、最近、産業界との協力関係の強化に取り組んでおり、NEA は、世界原子力発電事業者協会（WANO）、米国電力研究所（EPRI）、世界原子力協会（WNA）など非政府機関との間で協力 MOU を締結している。さらに、2019 年 7 月に、日本の電力中央研究所と NEA が MOU 締結に至っており、協力活動を一層強化している。

④ IAEA との比較

国際連合の専門機関である IAEA には約 170 カ国が加盟し、開発途上国がこの多くを占めている。このため、核不拡散、放射線利用促進など NEA では取り扱わない分野を対象としている。原子力発電分野では、IAEA 安全原則、安全要件・ガイドといった基準・規範的文書の策定とそれに基づくレビューサービスの提供を通じて重要な役割を果たすとともに、原子力発電の新規導入国に対する技術協力、支援・サポートを主要なミッションとしている。

これに対し、NEA 加盟国 33 の多くが原子力発電の導入国である。このため、NEA は、知見・経験ある先進諸国が課題を共有し、協力して解決策を模索して高みを追求する「国際協力の場」と位置づけられる。すなわち、NEA は、関心国で活躍する専門職的な関係者が集まり、難解で中長期的な課題を含む専門領域における協力関係を議論する場であり、これにより加盟国の関心事項に細かく対応することが可能である。また、狭い領域の関心

事項のベンチマーク（指標）や、特定の課題に対応する国際協力プログラムを実施できることにも利点がある。

事務局の人員体制でみると、約 2,500 名の職員を擁する IAEA に対し、NEA は 120 名程度と圧倒的に規模が小さい。これは、NEA では加盟国の代表で構成される委員会が重要な意思決定の場として機能し、NEA 事務局は委員会活動のサポートを行う立場に徹していることにもよる。技術的な議論を行う作業部会、専門家グループ、共同プロジェクトにおいても、提案した各国の代表者や推薦を受けた各国の専門家がプロジェクトの立ち上げ・運用や報告書の執筆などを主導し、事務局がそれを支えていく場合が多い。そうすることにより、国際機関事務局という組織自身の利益のために何かを行うという間違い（“事務局ファースト”）に陥ることを避け、共通のマインドを有する加盟国専門家のグループが主導することで真に加盟国の利益に繋がる活動に結実させていくことを意識している。

事務局員数こそ比較的少ないが、NEA は、数多くの活動・プロジェクトを進めていく効率的な組織運営を実現し、加盟国の多様なニーズに対応した政策調整の場を提供している。

（3）NEA の意思決定システム

①運営委員会

前述のとおり、NEA の意思決定と運営は“加盟国ファースト”であり、加盟国の代表による運営委員会（Steering Committee）、8 つの常設技術委員会（Standing Technical Committee）、NEA データバンクのための管理委員会（MBDAV：Management Board for the Development, Application and Validation of Nuclear Data and Codes）などが意思決定機関としての役割を果たしている。

春・秋の毎年 2 回開催される運営委員会では、NEA の業務・予算計画、新規加盟、数年毎に策定される NEA 戦略プランが審議・決定され、OECD 理事会の承認を受けることと

されている。この他、運営委員会では、NEAの主要活動・プロジェクトが報告されるとともに、重要な政策課題に関する討議（Policy Debate）を行い、NEAの次期活動への示唆を得るための場となっている。

日本は、国内総生産（GDP）規模に応じて米国に次ぐ規模の拠出金を出しており、副議長およびビューロ・メンバーを輩出し長年NEAの活動に貢献してきている。現在、山形浩史氏（原子力規制庁長官官房緊急事態対策監）がビューロ・メンバーを務め、外務省、文部科学省、経済産業省がメンバーとして参加している。

②常設技術委員会

個々の課題についてNEA運営委員会を支援するため、加盟国代表の専門家により構成される以下の計9つの常設技術委員会が設置されている。因みに、筆者は原子力施設安全委員会（CSNI）の活動を支援している。

- 原子力規制活動委員会（CNRA）
- 原子力施設安全委員会（CSNI）
- 放射性廃棄物管理委員会（RWMC）
- 原子力廃止措置・レガシー管理委員会（CDLM）
- 放射線防護および公衆衛生委員会（CRPPH）
- 原子力法委員会（NLC）
- 原子力開発・核燃料サイクルに関する技術的経済的検討委員会（NDC）
- 原子力科学委員会（NSC）
- 核データおよびコードの開発・応用および妥当性検証のための管理委員会（MBDAV）

日本は、関係省庁および関係機関がそれぞれの所掌に応じて、全ての委員会にメンバーとして参加するとともに、それら多くの委員会においてビューロ・メンバーに選出され活動に貢献してきている。特に、原子力開発・核燃料サイクルに関する技術的経済的検討委員会（NDC）では、松井一秋氏（（一財）エネルギー総合工学研究所理事）が2019年までの数年間にわたり議長として尽力した。また、2020年より、放射性廃棄物管理委員会

（RWMC）の議長に、梅木博之氏（原子力発電環境整備機構（NUMO）理事）が就任している。

これら9つの常設技術委員会のもと、さらに細分化された専門分野・トピック毎に、作業部会（ワーキングパーティー、ワーキンググループ）、専門家グループ、ジョイントリサーチプロジェクトなどが設置され、そこで各種のスタディ、議論、共同研究などが実施されている。

（４）事務局体制

現在、120名程度の職員で事務局を構成し、2014年9月に就任した米国出身のウィリアム・マグウッド氏（前米国原子力規制委員会委員）が事務局長を務めている。また、日本は、これまで事務局長や事務局次長のポストを占めてきており、2018年9月から現在まで、室谷展寛氏（前内閣府原子力担当室参事官）が管理および計画担当次長に就いている。

事務局の組織体制は、図1のように、予算・財政、人事、ITサービスなど管理部門、事務局長官房・調整部門（Office of Policy Coordination）のほか、以下の7つの部門から構成され、筆者は原子力安全技術・規制部門に所属している。

- 原子力安全技術・規制部門
- 放射性廃棄物・廃止措置部門
- 放射線防護・原子力安全の人的側面部門
- 原子力科学部門
- NEA データバンク部門
- 原子力技術開発・経済性部門
- 法務部門

これらの部門は、前記の常設技術委員会が統括する課題・専門分野毎の取り組みを所掌し、その傘下の作業部会、専門家グループや数多くのプロジェクトの運営を支援している。

また、NEA事務局では、多くの日本人が活躍しており、須山賢也氏（前日本原子力研究開発機構（JAEA）原子力科学研究部門）がNEAデータバンク部門長に就いている。現在、約120名のNEA職員のうち、邦人職員の比

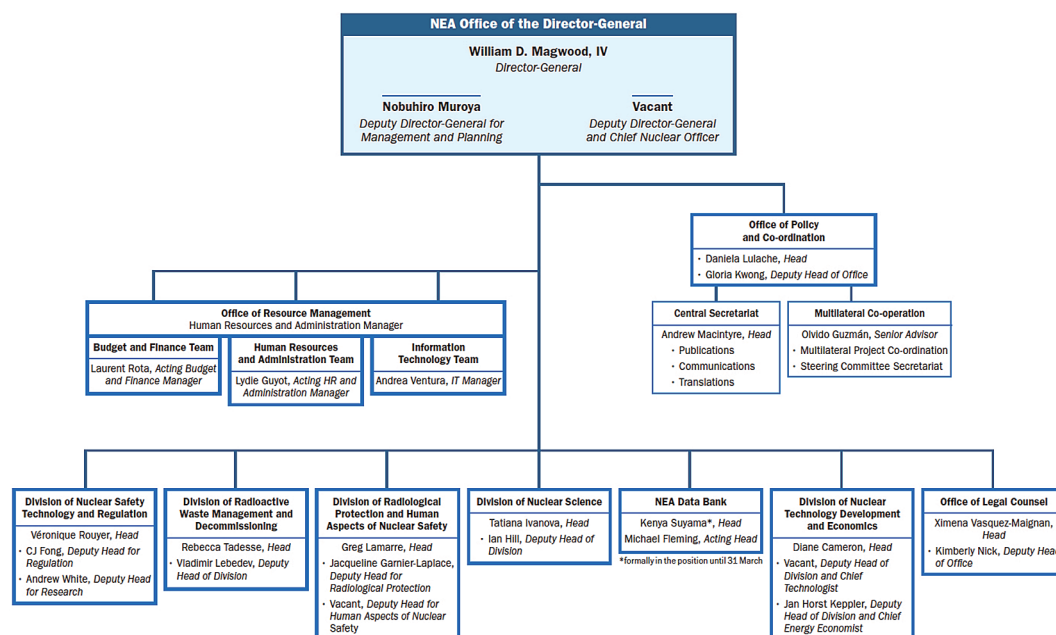


図1 NEAの組織体制（2021年3月1日現在）

率は約1割で、数ある国際機関の中でも比較的高い割合となっている。関係省庁、JAEAの出身者が多い中、2019年より筆者を含む日本の電力会社の勤務経験者が3名着任し、豊富な実務経験・専門性を活かしてNEAの諸活動に貢献している。

3. OECD/NEAの最近の取り組み

（1）ウィズコロナ時代のニューノーマルへの移行

2021年の春を迎える現在も新型コロナウイルスの感染拡大に歯止めがかからない中、アンヘル・グリア OECD 事務総長は「コロナが過ぎ去った後の世界の仕事の仕方は、コロナ以前とは全く異なる」と発言しており、OECDは加盟国に対して在宅勤務の拡充と環境整備を推奨している。

以前からフランスにおいては、政府の分析局から週2日のリモートワークが、通勤・出張費の削減、会議室不足の緩和、電子化、ワークライフバランスなどの観点から効率的で、普段から非常事態に備えて在宅勤務のハード・ソフト環境を整えておくことが重要という調査結果が出ており、OECDにおいても広く在

宅勤務が浸透していたため、コロナ後の移行がスムーズに行われた⁽⁴⁾。

OECD/NEAも全職員が、2020年3月12日以降在宅勤務を行い、最上流会議である運営委員会を含む全ての委員会やワーキンググループの会議を、図2に示すウェブチャットなどのリモートシステムにより実施し、新しい働き方（ニューノーマル）を取り入れながら、継続的に加盟国支援を行っている⁽⁵⁾。

国際化が進んだ現代において、世界はこれまでに経験したことのない危機に直面しており、世界中の全ての国が人命、健康、経済において幅広く影響を受け脅威にさらされている。短期的には、各国共に電力の安定供給をパンデミック下の重要な柱として掲げており、食料供給、輸送、公衆衛生サービスなど、生活に不可欠なインフラを支える電力の安定供給への重要性が益々高まっている。これまでのところ、現場のスタッフに加え在宅勤務をしている多くの電力事業関係者の努力もあり、世界中の原子力発電所は概ね通常通り稼働している。

現在、事業者の最大の懸念事項として、発電所の運営に携わる運転員や作業員への感染の影響が挙がっており、各国共に非常に厳格な感染予防対策を行っている。ただし、長期化する



図2 NEA ウェブチャット

パンデミック環境下で絶えず変化する前例のない状況において不測の事態が発生することもあるため、迅速かつフレキシブルな意思決定とその対応が必要となっている。

原子力分野では、核物質を扱うという特性上、厳格なデータ管理と慎重な分析のため意思決定に時間が要することもある。ただし、これまでに経験をしたことのないパンデミックの環境下においては、原子力リーダーを含む全ての関係者に、迅速な意思決定とその対応が求められている。実際、パンデミックが長期化した際には、規制当局が、検査計画の調整、事業者は、発電所の定期検査や大型の改良工事を延期する必要も出てくる。この状況を踏まえ、原子力安全を最優先に考慮しつつ、遠隔での検査などを可能にする斬新な改善や技術開発の需要が高まってくる。

NEA としても、現在進行中の業務の円滑な遂行と共に、長期的な対策も視野に入れて加盟国の状況を把握し、新しいアイデアやベストプラクティスを迅速に伝達する手段を確立していく。

(2) NEA の継続的な活動

現在のパンデミック環境下においても、NEA は以前から実施していた加盟国が優先する以下のような活動を継続的に支援している。

- 第4世代原子炉国際フォーラム (GIF)：経済性、安全性、持続可能性、核拡散抵抗性など他のエネルギーに対して十分な優位性を持つ第4世代原子炉を支援する国際協力の枠組み
- 原子力エネルギー協力国際枠組み (IFNEC)：先進国と新興国が関与する幅広いトピックについて国際的な議論を行う 65 カ国フォーラム
- 多国間設計認証プログラム (MDEP)：ABWR, AP1000, APRI1400, EPR, HPR1000, VVER-1200 の新規原子炉設計レビューにおいて、各国のリソースと知識を活用するための各国原子力安全当局によるイニシアチブ

①国際的な多国間の取り組み

NEA 事務局は、国際協力の枠組みについても継続的な支援を行っている。

さらに、NEA が事務局を務めて立ち上がった 24 のプロジェクトの活動も継続しており、以下の課題についての国際共同研究が進められている。

- 原子力安全研究および実験データ (例：熱水力、燃料挙動、重大事故)
- 原子力安全データベース (火災等による事象)
- 核科学 (例：先進燃料の熱力学)
- 放射性廃棄物管理 (例：熱化学データベース)
- 放射線防護 (例：作業員被ばく)。
- 原子力教育、スキル、技術フレームワーク (NEST)

日本はこの全ての国際共同研究に携わっている。特に、福島事故に関連した取り組みには力を入れており、筆者も上記プロジェクトのうち2つを担当している。福島事故以降、世界各国は事故教訓を踏まえて一層の安全向上を図るため、直接あるいは国際機関を通じ、当事国である日本の対応策や事故分析に関する情報を求めた。これに先立ち日本は、廃炉・汚染水対策に係る安全レビュー・ミッションなどの派遣をIAEAに要請する一方で、事故データ・分析に係る国際共同研究を含め安全向上に向けた技術的検討および廃炉戦略策定に向けた協力、さらには、福島復興に資する対話・スタディをNEAを介して国際社会と共に進めてきた⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

また、これまでCSNI委員会の下、燃料関係の共同研究としてハルデン炉プロジェクトがノルウェーの照射試験炉を用いて実施されてきたが、近年、ハルデン炉の閉鎖に伴う代替の国際照射試験の枠組みとしてFIDES（炉内燃料および材料試験に係るNEA多国間フレームワーク）が提案されている。2019年9月にFIDESのワークショップが開催された。15カ国30機関が参加し、現在、FIDESの発足に向けた最終調整を行っているところである。

② NEA 人材育成活動

NEAでは原子力人材育成活動の一環として、引き続きリモートで学生や若手技術者を中心にメンター活動を行っている。これまでの実績としては、図3に示すように、原子力法、コンピューター・プログラム・サービス、安全文化、国際的なメンター活動が挙げられる。今後ともリモート会議システムを活用して継続して支援していく予定である。

(a) 原子力法

モンペリエ大学と協力して国際原子力法インターナショナル (ISNL) を設立し、原子力法とその取り組みを包括的に理解できる教育プログラムを用意し、これまで世界で1,000人を超える大学院生や若い専門家に機会を提供してきた。

(b) コンピューター・プログラム・サービス

コンピューター・プログラム・サービス研修も実施しており、原子力のコンピュータコードやツールに関して、国際的な基準作りを支援すると共に、その教育に貢献している。近年では、モンテカルロコードを用いた原子力安全のモデリングとシミュレーションなど、汎用性のあるコンピュー



図3 NEA 人材育成活動

タープログラムに関するトレーニングコースとワークショップを開催している。

(c) 安全文化

各国の規制当局間における情報交換に加え、事業者の安全文化に与える影響、効果的な規制の在り方と関係性などについて検討を行っている。2017年の設立以来、日本から伴信彦・原子力規制委員会委員が議長を務めている。この活動の一環として主催している安全文化フォーラムは、体験型のシナリオ演習やロールプレイなどを通して安全文化に関する各国の特徴を顧みるというユニークな構成となっている。さらに、安全文化と密接に関係するリーダーシップの問題を扱っており、第1回のフォーラムには日本のさら田豊志・原子力規制委員会委員長に登場いただいた。福島事故後のフォローアップということもあり、原子力規制における安全文化を検討する際、日本の経験とプレゼンスは欠くことのできないものとなっている。

(d) ジェンダーバランスの改善と国際的メンター活動

最後に、安全文化と並び人材育成活動の中でも現在NEAが最も力を入れている活動は、原子力分野におけるジェンダーバランス改善である。その背景としてSTEM(科学・技術・工学・数学)分野における女性研究者・技術者の育成・確保は多くの国にとって共通の課題となっており、特に、この点において日本は最後進国の1つと言わざるを得ない。

NEAも原子力にまつわる人材確保、知識・技術の管理と継承という観点からやはり危機感を共有しており、こうした問題意識から立ち上げたのが「国際メンタリングワークショップ」である。同事業では国内外を問わず、ベテランはもちろん、中堅・若手の女性研究者や技術者を成功事例として女

子学生（多くは中高生）と引き合わせ、女性ならではの課題（出産など）を含め、教育進路やキャリアパスについてメンタリングをする機会を提供している。

2017年に第1回ワークショップを日本国内において量子科学技術研究開発機構との共催で開催したのを皮切りに、翌2018年には日本原子力研究開発機構と共催、また、2019年には原子力損害賠償・廃炉など支援機構との共催で初めて福島県で開催した。諸外国で実施した過去のワークショップ参加者がその後NEAでの雇用の機会を得るなど、その波及効果も少しずつ生まれつつある。

NEA本体としても7部門のうち6部門の部門長が女性で、筆者の所属部署の上司もフランス人女性でスタッフの半分が女性という職場環境である。欧米諸国では、ジェンダーバランスの改善により、新たな価値の創出に加え、組織維持や生産性の向上も図ることができると考えられている。特に近年では、政府や組織を代表として国際会議に参加する女性管理職も増えており、世界的な原子力関連組織の要職に女性が付くことも多く、原子力事業者においても女性の最高原子力責任者(CNO)や発電所長に30代の女性が就く事例も出てきている。

一方、日本の組織では、原子力分野の女性管理職の割合は非常に少ない。国際機関の会議にも組織を代表して参加してくる邦人女性管理職の姿は殆どない。また、日本が男女問わず「個の可能x性」を最大限発揮できる社会になるには、女性の活躍推進と同じくらい、職場における男性側の柔軟性が不可欠であり、制度導入だけでなく、トップによる積極的な制度活用によって、ジェンダーバランスに配慮した環境づくりが大切である⁽⁸⁾。こうした中、ジェンダーの壁を越え、国際的競争力を兼ね備えた日本の人材が能力を発揮し、国際舞台で活躍していくことを期待している。

(3) NEA の刊行物

継続的な活動の中から、最近刊行したレポートを紹介する。

① “高レベル放射性廃棄物の管理と処分：世界の最新動向と解決策”

2020 年 7 月に高レベル放射性廃棄物の地層処分管理に関するレポートを発行し、この中で各国の専門家が科学的根拠に基づいた政策判断について議論してきた内容についてまとめている⁽⁹⁾。また長寿命放射性廃棄物から人と環境を守る安全で効率的な地層処分についても調査し、地球環境問題に対処するための持続可能な技術としての原子力エネルギーの役割についての提言を記載している。

② データベース整備 (GNDS)

NEA では、原子力施設の設計、改良型燃料の開発、材料の技術革新に関するデータベースのための新国際標準フォーマットの改定に取り組んでおり、2020 年 7 月に本レポートを発行し、この分野の専門家を招聘しワークショップを同時に開催した⁽¹⁰⁾。既存のフォーマットは 1960 年代後半に作成されたもので高度なシミュレーションやモデリングには適しておらず、NEA では 6 年間の多国間活動の取り組みの結果、NEA 主導で将来の新しい国際標準を開発しており、この取り組みについての議論がなされた。

③ 高レベル放射性廃棄物と使用済み燃料の最終処分に関するラウンドテーブル

2019 年 6 月の「G20 エネルギー・環境大臣会合」において高レベル廃棄物と使用済み燃料の最終処分について議題にあがり、日本もこの開発を進めるための国際協力の枠組みに参加すべく、本ラウンドテーブルに参加している。日米が共同議長となり、2019 年 10 月に第 1 回会合を開催し、政府レベルの国際連携の意義、各国が重視する考え方などについて議論が行われた。2020 年 2 月に開催した第 2 回会合では、各国がこれまでの対話活動に

おけるベストプラクティスや教訓を共有するとともに、研究活動で国際協力を強化すべき分野などについて議論を行った。この 2 回の会合での議論を踏まえ、OECD/NEA が 2020 年 8 月に本報告書を取りまとめ出版した⁽¹¹⁾。

(4) パンデミックを想定した原子力の組織と人材

① パンデミック下における組織の対応

原子力発電所は、設計から建設、運転に至るまで、それに携わる有能な人材によって成し遂げられる。従って、現在コロナウィルスが拡大する中、安全で信頼できる原子力エネルギーを維持していくために、短期だけでなく長期的な人的および組織的な対応を考えていく必要がある。2020 年 4 月 9 日に、NEA は各国の原子力産業会や規制当局のリーダーを招集しワークショップを開催し、パンデミックによる人的および組織的課題について議論を行った⁽¹²⁾。これまでの原子力の緊急事対応は主に機器や技術的な問題にフォーカスされてきたが、パンデミックにおける影響は機器ではなく人および組織に直接影響を及ぼすことが確認された。

(a) リーダーシップ

- 組織全体に影響を与える要因に着目し判断する。
- 小さな変化でも発生した際には影響の大きい事象を見逃さず、必要に応じて事前に対応する。
- 通常業務を行っている人材に期待できない場合を想定し、通常時から、緊急時に対応できる人材マネジメント策を講じる。
- パンデミックが与える影響とストレスを考慮し、組織のメンタルヘルス策を講じる。

(b) レジリエンス (回復力) と意思決定

- これまでの組織や労働環境を大きく変更する場合には、変更した後の影響とレジリエンス(回復力)を考える。
- パンデミック下においては、コミュニケーションが希薄な在宅業務による不確実性が高まるが、この変化に対応していくための一時的なルールの変更や導入等も検討しておく。
- 感染者が出た場合を想定し、通常時から、緊急時にも対応できる新しい働き方を取り入れる。

- パンデミック時には、業務変更を伴う意思決定が短期間に数多く行われ、不確実性が高まるため、リーダーからメンバーに至るまでの意思決定のプロセスを決めておく。
- 従業員の健康を確保するため、パンデミックがどのように広がっているかを理解する等、不確実な状況での冷静な分析や状況理解が必要とされる。
- パンデミックに伴うフェーズ毎の対応を、優先順位をつけて決めておく。

②パンデミック下における原子力規制

パンデミックに直面した際に、発電事業者は新規対策を導入しながら発電所の運転を安全に継続していく必要があるが、規制当局は、これら事業者の活動が原子力安全を最優先に行われているかどうかを監視する義務がある。

- パンデミックの影響を考慮し事業者に過度な負担をかけないようにしながら、安全とセキュリティをしっかりと、慎重に見る。
- 原子力発電所の緊急事態に対応するため、安全とセキュリティ維持のための十分なリソースと能力があることを確認する。
- 規制当局の検査官の健康と安全を確保するため、必要に応じて遠隔による検査を行うなど、規制監督の実施方法を柔軟に変更する。
- 規制当局が発電所の状況を迅速に理解できるようにするため、事業者からのタイムリーな情報伝達の方法を確保する。
- 各国のベストプラクティスや教訓をタイムリーに収集し取り込み、その経験を再度各国と共有する。
- 遠隔による規制を効果的に機能させるため、事業者との信頼関係を築いておく。

今後パンデミックが長期化した際には、規制当局の従来の運用方法をさらに変えていく必要があり、そのためにはリスク情報活用規制の拡大と事業者との信頼関係は益々重要性を増し、このことが結果的にパンデミックから生まれた資産となり得る。

③パンデミック下における原子力産業界の対応

パンデミック後の経済回復には、信頼性の高いエネルギー源が必要になるが、原子力はその一端を担う。これまでのところ、世界中

の原子力施設は安全に稼働し続けたが、一方で世界中の多くの組織がこの前例のない危機に対処できる準備ができていたわけではない。この点において、原子力産業界としては、事前に課題を認識し備えておく必要がある。

- 在宅勤務の環境整備を行う。
- パンデミックにより影響を受ける定期検査や機器メンテナンス、改良工事の整理と延期の決断をする。
- パンデミックの状況下でサプライチェーンに影響を与える製品やサービスの分類と対策と確保をする。
- パンデミック下における深層防護の考えを整理する。

世界原子力発電事業者協会（WANO）は、世界の事業者のパンデミックの対応状況を集約し共有している。

- 運転員のシフト交代時の引継ぎの際の感染リスクを最小限に抑えるために、ビデオシステムによる引継ぎを行う。
- 退職者を再雇用することにより人的リソースを強化する。
- 食事や休憩場所の複数確保、交通機関のソーシャルディスタンスを確保し、常時、職員のモニタリングを行う。
- 必要な研修やメンテナンス活動、定期検査の見直しを行う。
- 在宅勤務がインターネット環境や他の IT 環境により一部の職員にとって課題となっているため、対策を講じる。

（５）アフターコロナの原子力の役割

前述の通り、コロナウイルスによるパンデミックは、世界経済とエネルギー業界に大きな影響を及ぼし、今後の経済回復における電力の在り方に注目が集まっている。各国政府は、景気回復と雇用創出のための幅広い選択肢を模索しており、その中で環境負荷低減とエネルギー安全保障を満たす電力システムの支援に取り組む方針を示している。

NEA では、加盟国メンバーと密接に協力してパンデミックにおける原子力規制および運転への影響、またそれに基づく各国の政策について調査を開始した。本取り組みの一環と

して、NEA は4つのポリシーブリーフを発行し、これらのトピックに関連する各国の政財界のリーダーを招聘しリモート会議を主催し、アフターコロナの経済回復において、真に持続可能で環境負荷の少ないエネルギーの未来を模索するため、原子力の果たすべき役割について議論した⁽¹³⁾。

①費用対効果を考慮した電源の選択

NEA では、図4に示すように、各国政府のアフターコロナの経済回復として、エネルギー分野では環境負荷が低く費用対効果の高いエネルギー源への転換を奨励している。

- パンデミック後の復興計画では、環境面と同時に、電力システムのコストを踏まえた経済面も考慮する。
- 原子力を除外したカーボンニュートラルな電力構成は、発電コストが大幅に増加し電力の安定供給が脅かされる。
- 費用対効果の高い脱炭素化を達成するには、電力市場の構造改革が必要である。

②アフターコロナの雇用の創出

原子力発電は、地方および国の経済において安定性の高い雇いを創出しながら、費用対効果が高く、温室効果ガスを排出しない低炭素電力として電力を供給できる。コロナウィルス収束後の景気回復は、エネルギー転換を進めながら、雇用と経済発展を生み出す絶好の機会であり、原子力プロジェクトは、他の産業分野に比べて高額な賃金が支払われ、長

期にわたる高度な技能を備えた多くの雇用を創出することが実証されており、エネルギー分野の長期安定供給に繋がる。さらに、原子力プロジェクトへの投資は、低炭素経済への移行を加速でき、地域経済へ大規模な投資を提供するという側面も備えている。

③アフターコロナの原子力インフラ投資

原子力プロジェクトは、一般的に大規模で設計・建設に長時間を要することから、短期的な投資回収を求めている民間投資家が参入する市場としてはハードルが高い。しかし、このような大規模で長期的なエネルギーインフラプロジェクトは、経済回復を必要とするアフターコロナの社会的結束と経済的効果の活性化という側面も持ち合わせている。従って、コロナウィルスによるパンデミックの余波が残る中、原子力などのレジリエンスの高い低炭素エネルギーインフラへの投資促進を各国政府に奨励する。この低炭素電源の確保と経済回復を支援する大規模な原子力プロジェクトへの民間の資金調達を確保するためには、政府主導の政策と市場の枠組みの構築が必須である。

④アフターコロナの低炭素電源インフラの構築

パンデミック状況下でも、社会の安定と人々の健康を維持するために原子力発電所は24時間体制で発電を続けている。電力の安定供給は、食料や医療と同様に国民生活にとって不可欠であることが今回のパンデミックの経験を

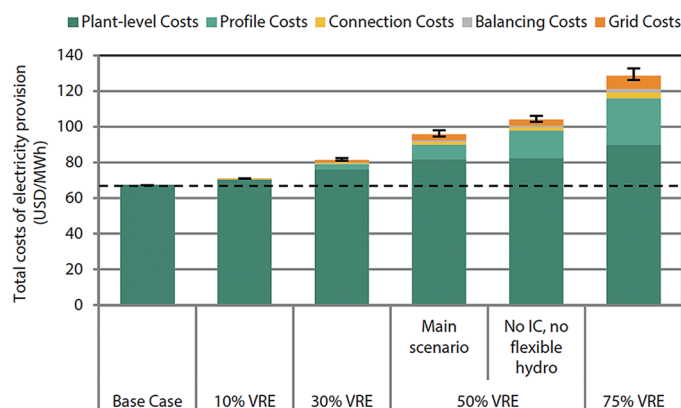


図4 再生可能エネルギーへの依存割合別のコスト

通して再認識された。一方、再エネの割合が高くなり、系統安定性への悪影響の懸念が顕在化したことで、現存の電力システムの中で低炭素且つ費用対効果の高いエネルギー源である原子力の重要性は高まっている。今後原子力は、新規建設プロジェクトと既設炉の長期運転により、費用対効果を高め短期的には経済成長を促進することによりアフターコロナの経済回復において重要な役割を果たせる。長期的には、他の費用対効果の高い低炭素電力インフラの開発を支援していく役割を担う。

（6）G20 エネルギー大臣会合における NEA の発信

①概要

2020 年 9 月 27 ～ 28 日にサウジアラビア主催のもと「G20 エネルギー大臣会合」がテレビ会議で開催され、循環型低炭素経済（CCE）、エネルギー・サクセス、エネルギー安全保障・市場安定化について議論が行われた。本会議には、NEA からマグウッド事務局長が参加し、循環型低炭素経済における原子力の役割についての発表を行った。本発表は、キングアブドラ石油研究センターによって主導された取り組みの一環として発行された NEA レポートに基づき紹介がなされた⁽¹⁴⁾。本会合の総括として発行された声明の中で、NEA に関連する内容として以下が明記されている⁽¹⁵⁾。

- キングアブドラ石油研究センターによって主導された取り組みにおける国際機関への貢献に感謝する。
- Reduce（削減）の要因として、省エネルギー、再エネ、原子力などの技術利用・イノベーションを通じ、エネルギー供給における低炭素排出を追求する。
- 原子力は、エネルギー安全保障のみならず、クリーンエネルギーを提供する役割を果たしている。廃炉や放射性廃棄物の最終処分の課題に取り組むことの重要性に留意する。

②循環型低炭素経済における原子力の役割

循環型低炭素経済（CCE）では、図 5 に示すように、「4R」フレームワーク（Reduce,

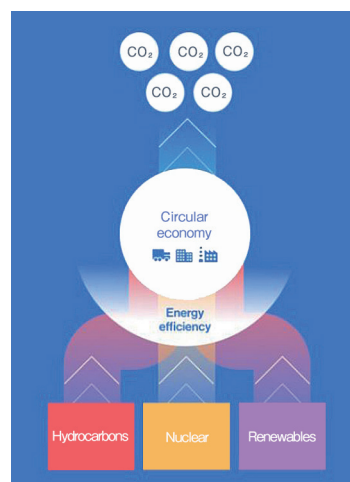


図 5 循環型低炭素経済の枠組み

Reuse, Recycle, Remove）を適用し、炭素排出量削減を目指すとしている。この中で、原子力は、エネルギー効率や低炭素エネルギー電源により、温室効果ガスの排出量を削減できることから、CCE フレームワークの「Reduce:削減」に組み込まれている。

過去 70 年間、原子力は多くの国で信頼性が高く持続可能な競争力のあるエネルギー供給源として重要な役割を果たしてきた。現在、世界中で 400 GW の設備容量を持ち、世界の電力の約 10% を供給している原子力エネルギーは、先進国で最初の低炭素電力源である。しかし、図 6 に示すように、現状の運転延長や新設計画では、国際エネルギー機関（IEA）の「持続可能な開発シナリオ」（SDS）で示されている今後の原子力に求められる新規電力増加を満たしていない。SDS を満たすには、原子力の運転期間延長と新設により年平均で 2 倍の電源容量追加が必要である。

原子力は、発電だけでなく、コージェネレーション（発電以外の熱源としての産業用途）や水素製造などのポテンシャルも持ち合わせており循環型低炭素経済に貢献が可能であるが、そのことが政策論議で無視されている。

また、ウィズコロナ時代の電力システムにおける原子力の重要な役割と共に、アフターコロナ時代に向けた G20 諸国の経済回復策として、気候変動対策の目標達成に向けたエネ

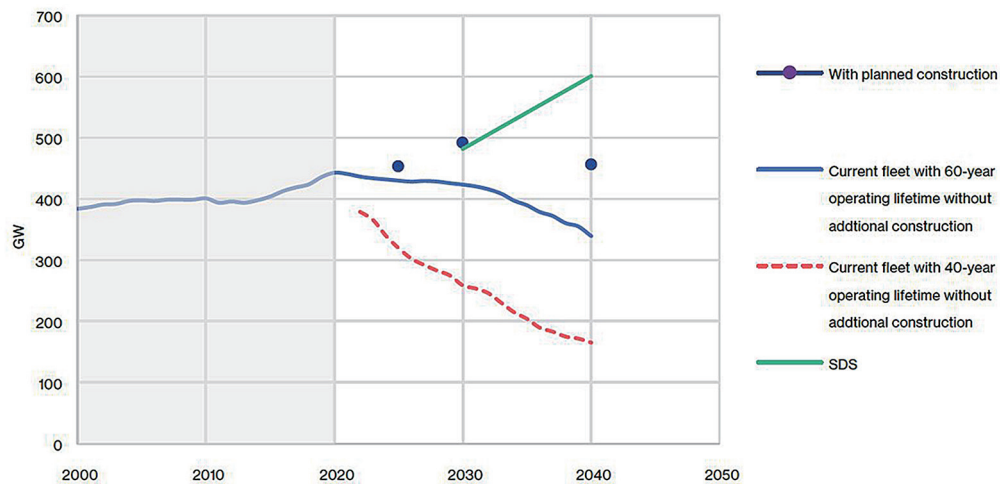


図6 世界の原子力発電容量シナリオ（2000～2040年）

ルギー転換を加速する必要がある、この中で原子力の役割が重要になる。

③各国政策への推奨事項

原子力が循環型低炭素経済で重要な役割を果たすには、政策支援が必要不可欠であり、NEAは、G20諸国が適応可能な政策提言を発行している。

(a) 新設および既設原子力発電に対するアクション

- アフターコロナの原子力を含めた経済回復計画の策定
- 第III世代の新設プロジェクトからの教訓の活用
- 電力市場の改革の促進
- 新規原子力技術の支援
- 原子力を含めた持続可能エネルギーへのファイナンス支援

(b) 原子力の非発電用途のためアクション

- 原子力コージェネレーションの実証計画支援
- 原子力による水素製造技術の促進
- 脱炭素計画への原子力の非発電用途の追加

4. まとめ

NEAの活動内容は、これまで原子力分野の関係機関として認知度が高かったとは言えないが、本稿が技術的・環境的に難解で長期的な課題に取り組んでいるNEAの活動を少し

でも理解頂ける一助となれればと考えている。

また、パンデミックに関連するNEAの取り組みも紹介した。国際社会がパンデミックを機に、さらなる変革・成長の方向に舵を切っていく中、日本も前例主義から脱却し、変革を恐れず前に進んでいくことに期待したい。

さらに、日本では、福島第一原子力発電所の廃炉や長期運転といった課題があり、今後長期にわたる取り組みが必要になってくる。しかし、それらの課題には、日本一国で成し遂げられるものではなく、国際的な枠組みの中でこそ解決できるものが多い。したがって、海外に目を向け、諸外国の専門家と意見を交わし、自らの技術的専門性を高め、国際的なマインドセットを身に付けることが重要である。

今後、NEAをはじめとした国際機関の活動に関心を持ち、国際会議や国際プロジェクトでの活躍、ひいては、国際社会における日本のプレゼンス向上に貢献する人材が現れることを期待する。

* 本稿の内容はすべて執筆者個人の見解であり、OECD/NEAないし執筆者の所属組織などの公式な見解などを表わすものではない。

参考文献

- (1) NEA, "Annual Report 2019"
- (2) NEA Website (<https://www.oecd-neo.org/>)
- (3) NEA, "The Strategic Plan of the Nuclear Energy Agency, 2017-2022"

- (4) <http://archives.strategie.gouv.fr/cas/systemfiles/588dcf00d01.pdf>
- (5) https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_40027/tackling-the-coronavirus-covid-19-the-neo-s-contribution-to-a-global-effort
- (6) NEA News Magazine, 2017 Volume 35.1, “NEA support to Fukushima Daiichi decommissioning strategy planning”
- (7) NEA News Magazine, 2018 Volume 36.1, “Fukushima reconstruction: Society, economy and community”
- (8) https://www.oecd-ilibrary.org/economics/how-s-life/volume/-issue_9870c393-en
- (9) https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_32567
- (10) https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_39689/specifications-for-the-generalised-nuclear-database-structure-gnds
- (11) <http://www.oecd-neo.org/rwm/pubs/2020/7529-roundtable-radioactive-waste.pdf>
- (12) <https://www.oecd-neo.org/news/2020/covid-19/nuclear-regulation-pandemic/summary-flyer.pdf>
- (13) <https://www.oecd-neo.org/news/2020/covid-19/post-covid-19-recovery/mail.html>
- (14) <https://www.cceguide.org/guide/>
- (15) https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_46374/nuclear-energy-at-the-g20

廃止措置で発生する低レベル放射性物質／放射性廃棄物管理の最適化～ OECD/NEA の取り組み～

田中 健一（原子力技術センター
参事）



1. はじめに

経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）に廃止措置作業部会（WPDD：Work Party of Decommissioning and Dismantling）がある。その傘下に設置された TGOM（Task Group of Optimizing Management）が約3年の活動を経て、2020年11月、廃止措置で発生する低レベル放射性物質管理の最適化に関するレポート“Optimising Management of Low-level Radiation Materials and Waste from Decommissioning”（廃止措置で発生する低レベル放射性物質／放射性廃棄物管理の最適化）を発表した⁽¹⁾。筆者はこの TGOM に、プロジェ

クトの開始を宣言するキックオフミーティングから参加し、欧米の技術者たちとの議論と作業を通して多くの知見を得た。

本稿では、このレポートの概要紹介に加え、筆者が得た知見について紹介する。

2. レポートの概要

（1）“Introduction” について

図1にレポートの表紙と目次を示す。第1章“Introduction”では、レポートの目的と適用範囲が示されている。レポートの目的は、放射性廃棄物管理の最適化を実現するために必要な政策、規制の枠組みおよびそれを実施

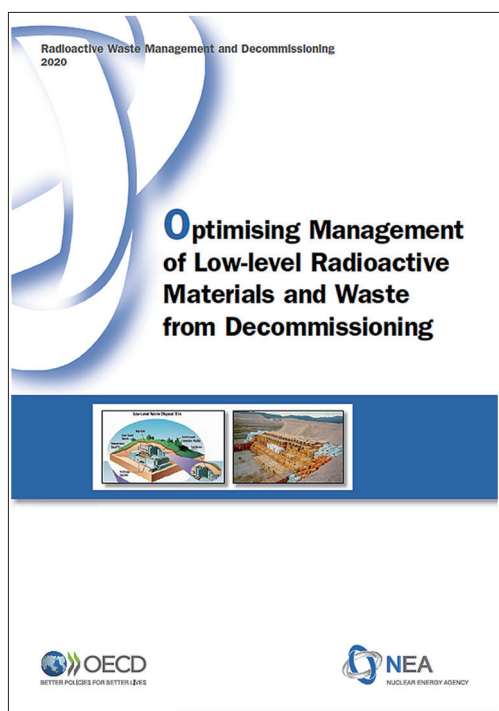


TABLE OF CONTENTS	
Table of contents	
List of abbreviations and acronyms	7
Chapter 1. Introduction	9
1.1. Objectives	10
1.2. Scope	10
1.3. Organisation of the report	11
Chapter 2. Background	13
2.1. (V)LLW generation during decommissioning	14
2.2. (V)LLW management	17
2.3. The optimisation context	19
2.4. Lessons learnt/success factors and barriers	21
Chapter 3. Drivers for optimisation	23
3.1. Safety and environment	23
3.2. Characterisation	31
3.3. Enabling infrastructure	40
3.4. Stakeholder involvement	47
3.5. Economic and financial aspects of (V)LLW management	51
Chapter 4. Conclusions	55
Chapter 5. Potential future work	59
References and recommended reading	61
List of appendices	
A: Country information	63
B: Case studies	100
List of figures	
1-1: Factors influencing radioactive waste management	12
2-1: Graphs of the different aspects of decommissioning waste created during the phases of a project	14
2-2: Simplified decommissioning radioactive waste management process flow diagram	15
OPTIMISING MANAGEMENT OF LOW-LEVEL RADIOACTIVE MATERIALS AND WASTE FROM DECOMMISSIONING, NEA No. 7451, © OECD 2020	
5	

図1 レポートの表紙と目次⁽¹⁾

していくための戦略の決定を行うための高次の判断に係るガイダンスを与えるものであり、単に放射性廃棄物管理の最適化を実現するために現場で用いられる技術を紹介するものではない。ここでいう「最適化」とは、放射性廃棄物の管理における環境条件／リソースを最大限に、かつ、最も効果的に利用することである。最適管理の対象は、図2に示す国際原子力機関（IAEA）の分類における低レベル放射性廃棄物（Low Level waste (LLW)）と Very Low Level Waste (VLLW) である。低レベル放射性廃棄物の分類および分類毎の取扱いは国ごとに違いがある。このレポートは、その違いを踏まえ、各国間で共通に参照できる低レベル放射性廃棄物の考え方を示すものである。

（２）“Background” について

第2章は“Background”である。ここでは「背景」として、廃止措置で発生する放射性廃棄物管理の最適化を行っていくための前提、

知っておくべき知識／知見についての説明がなされている。すなわち、最適化を進めていこうとする者が、その人の“Background”として有しているべき知識／知見について解説している。

① 廃止措置期間中の放射性廃棄物の発生について

第2章では、最初に、廃止措置を成功裡に終了するために必要となる放射性廃棄物の管理とそれを実現するための要件が示されている。次に、廃止措置期間に、LLW と VLLW が廃止措置の進捗に従いどのように発生してくるのかについて紹介されている。また、管理の最適化の前提として、廃止措置の進捗、進捗に伴って行う廃棄物の管理、そしてクリアランス物の管理について概説している。第2章では、IEAE が提唱する3つの廃止措置の戦略が廃棄物の発生時期と発生量に与える影響が示されている。（現在IAEAは、廃止措置として選択する戦略から“Entombment”

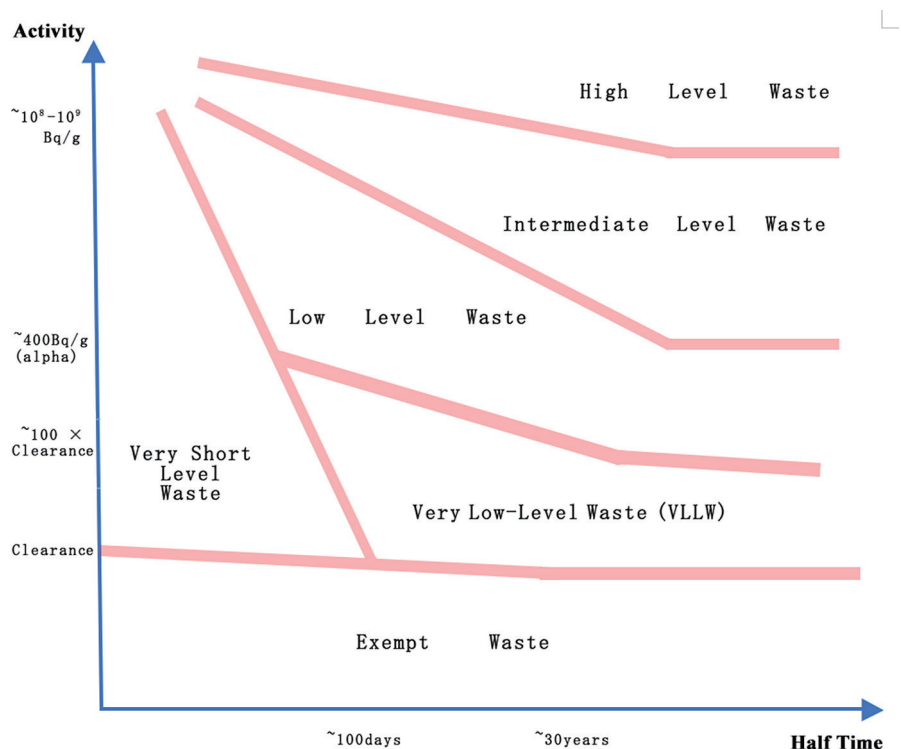


図2 IAEA が提唱する放射性廃棄物の分類 ⁽²⁾

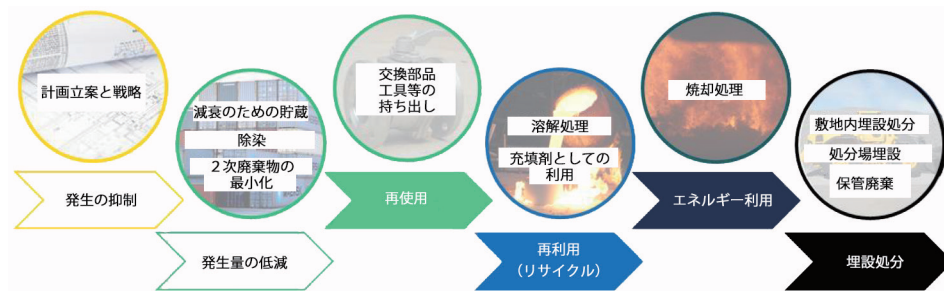


図3 最適化における最も好ましい選択（左端）から最も有利でない選択（右端）⁽¹⁾

を除外し、選択すべき戦略を“Immediate”と“Deferred”の2つとしているが、NEAの加盟国の中には“Entombment”を採用している国もあるので、ここでは「3つ」としている。）

② LLW および VLLW の管理について

放射性廃棄物管理の最適化を行う際に行うべきことが段階的に示されている。このレポートでは、図3に示すように、これを“Waste hierarchy from the most to least favourable option”（最適化における最も好ましい選択から最も有利でない選択）と呼んでいる。

放射性廃棄物管理の最適化において最初に行うべきことは、発生量の抑制を可能とする計画の立案および戦略の策定である。このレポートでは、放射性廃棄物管理の計画は、廃止措置対象施設の特性（施設内に残存する放射性物質の種類、性状および物量）を反映したものであり、その計画を支え実現していくための戦略を立てることが必須であるとしている。このような計画および戦略の下で段階的に行っていくべきことが、次のような順序で示されている。

- **発生量の低減**：廃止措置対象施設に残存する放射性物質が減衰することを利用して放射性廃棄物として扱う物量を低減すること、除染により物量を低減することおよび廃止措置工事の実施によって新たに発生する2次の廃棄物の発生防止を行うこと
- **再使用**：廃止措置対象施設の中にある交換部品や工具などで再使用が可能なものを施設外に持ち出して再使用していくこと。施設内で使用したことで放射性物

質による汚染の恐れがあるものであっても、除染など適切な処理を行うことで再使用を可能にし、発生する廃棄物の物量を低減していくこと。

- **再利用**：再使用ができないものまたは施設の解体によって発生したものを、例えば金属であれば溶解して再利用していくこと、若しくは、より高いレベルの放射性廃棄物の廃棄のために作成される廃棄体などの詰め物として利用することなど資源としての再利用を図ること
- **エネルギー利用**：再使用または再利用ができないもので可燃性のものは焼却し、その熱を利用するもの。また、焼却することで廃棄物の減容も実現できる。
- **埋設処分**：上記「発生量の低減」から「エネルギー利用」の処置をしてもなお放射性廃棄物として残るものについて埋設処分を行うこと。ここでいう埋設処分には、施設内埋設と処分場埋設に加え廃棄保管も選択肢に含まれる。

ここに示される「最も好ましい選択から最も有利でない選択」という段階の設定は、レポートの中で明示されている訳ではないが、放射性廃棄物であっても、再使用および再利用を促進し、循環型社会における「捨てるもの」を可能な限り低減していくという考え方を根底にしている。そして、このような段階的な取り組みは各国間で共有され実施されていくべきもので、国際的な標準化と協調が重要であるとしている。

③最適化を進めることに影響を及ぼすもの（外的要因）

廃止措置で発生する放射性廃棄物の管理の最適化に影響を及ぼす外的要因として、次の3つが挙げられている。

- **安全**：安全は原子力利用における基本である。安全に関わることもおよび放射線防護に関わることを確実にすることは、廃止措置および放射性廃棄物管理においても基本であることは変わらない。
- **原子力施設の利用世代への期待**：原子力施設の利用世代とは、原子力施設が存在したことによる恩恵を得た世代のことを指す。この世代は、廃止措置で必要となる財政的、技術的および科学的資源が利用を通して、長期にわたる廃止措置および放射性廃棄物管理の期間にわたり放射性廃棄物が安全に管理されることを保証する義務を果たしていくことが期待されている。これは、この世代に対して“将来世代に過度の負担を強いることがあってはならない”ということを確認していくことを期待されていることを指している。
- **持続可能性**：廃止措置および放射性廃棄物管理の期間が長期にわたることから、持続可能性の概念は最適化の柱である。

これら3つの外的な要因は、放射性廃棄物の発生から最終処分に至る管理の最適化において常に意識されるべきものとされている。

④ 良好事例 / 成功要因および成功の阻害要因

良好事例とはいふものの、個別具体的な事例が示されている訳ではない。ここでは放射性廃棄物管理の最適化を成功させる要因とそれを阻害する要因に関わる事項が順不同で示されている。このうちの主なものは次の通りである。

- 戦略的な放射性廃棄物管理の計画が、廃止措置のプロジェクトのライフサイクルの全てを通して適用されるべきである。ここでいう戦略的な放射性廃棄物管理の計画とは、廃止措置のプロジェクトの全ての段階において、廃止措置の進め方およびそれに伴い発生する放射性廃棄物の発生と管理について確固たる計画がなされているものをいう。このプロジェクトでは、適切なロジスティックとデータ管理が実現されていなければならない。
- 廃止措置の開始時点における施設の特性の把握 (characterization: 特性評価) が重要である。廃止措置で発生する放射性廃棄物の分類を可能とするために、効果的な特性評価を適切な時期に、適切な範囲に対して実施しなくてはならない。
- 理想的な終了の状態ならびにそれを実現するための計画立案および意思決定の過程では、ステークホル

ダーの関与がなされていなければならない。

- 放射性廃棄物管理の最適化を行う際に段階的に行うべきことの適用は、施設の特性調査の結果に基づくものでなければならない。また、再使用や再利用などの適用では、その実現に最も効果的な技術を用いることを可能とする分析や評価がなされていなければならない。
- 放射性廃棄物管理の最適化において安全を確実にするためには、柔軟で、いくつかの異なる管理のあり方の選択肢を想定しておかなければならない。
- 適正な政策、明確な規制の枠組みおよび事業者の戦略は、放射性廃棄物管理の最適化における重要要因である。
- ステークホルダーは、プロジェクトの初期から関与すべきである。ステークホルダーとの強固な良好関係は放射性廃棄物管理の最適化における重要要因である。

(3) 最適化の原動力

第3章は“Drivers for optimization” (最適化の原動力) である。本稿で“Drivers”を「原動力」と訳した理由は、この章で挙げられている5つの事項を実施していくことが放射性廃棄物管理の最適化を推進することだからである。

原動力として挙げられている事項は、図4の通りである。5つの事項は計画と戦略によって統治され、相互に調整されるものである。

① 安全と環境保護

(a) 安全について

廃止措置で発生する放射性廃棄物管理の最適化を進めていく状況下の安全では、放射線被ばくハザードおよび労働災害のハザードの両面に対する配慮が求められる。また、このような管理は、包括的な安全の枠組みの中で行われることが必要であり、以下の事項を考慮する。

- 廃棄物管理・処理処分に関連する法令の枠組み
- 持続可能性
- 廃棄物管理・処理処分を最適化するために不可欠な費用

上記3つの事項それぞれに対し、最適化に関連する実質的な課題を考慮せねばならない。

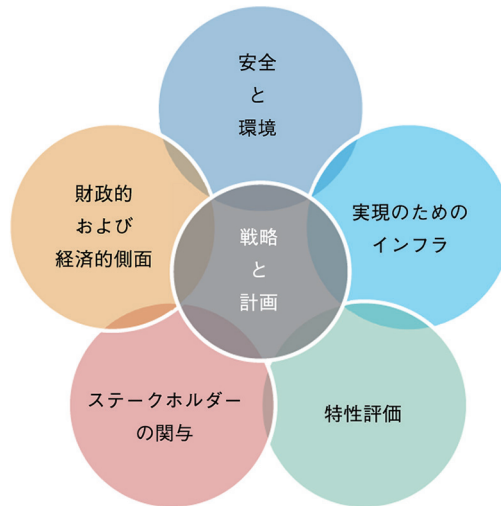


図4 最適化の原動力⁽¹⁾

また、廃棄物、再使用／再利用を想定する資材を搬出するための全ての活動は、廃棄物管理の枠組みの下で行われる。この枠組みは、施設内での活動および施設外（オフサイト）での活動を網羅するものである。なお、この活動には、廃棄物、資材の再使用／再利用または埋設処分のいずれもが含まれる。

(b) 環境保護について

廃止措置対象施設から環境に放射性廃棄物を持ち出した場合に想定される被ばくの経路としては次がある。

- 放射性物質の大気、若しくは、河川または海洋への放出
- 敷地内または敷地外での保管／貯蔵
- 浅地中埋設処分および地層埋設処分
- 廃棄物の輸送
- その他

このような被ばくの経路を踏まえ、環境保護はセーフティケース（ESC：Environment Safety Case）を用いて達成していく。このような ESC では、放射性廃棄物の取扱いの最適化が達成できるような枠組みが提供されるものでなければならない。この ESC には、次の事項が含まれなければならない。

- 保護すべき対象となる環境が特定されていること

- 放射性廃棄物の取扱いの最適化が達成できる枠組みとなっていること
- 放射性廃棄物を敷地内に埋設する場合、それが安全に実施できる（できている）ことを実証すること
- 埋設施設にいかなる残留する汚染が存在するとしても、安全であることを示すこと
- 施設内に埋設する場合における廃棄物の受け入れ条件（WAC：Waste Acceptance Criteria）を整備すること
- 汚染された土壌や敷地（埋設地）内の構造物を清浄化する目標が定められていること
- 放射性廃棄物の取扱いの最適化において、敷地（埋設地）の全体における環境保護に関連する事項が考慮されていること
- 将来のある時点において、その敷地（埋設地）が規制上の管理から解放される可能性があることを示すこと

② 特性評価

特性評価（characterization）の目的は、廃止措置対象施設および管理すべき放射性廃棄物に係る事実を把握することである。評価結果は、放射性廃棄物の処理／分類（区分）を検討する際に必須な情報となる。

廃止措置対象施設および放射性廃棄物の特性評価では、以下の事項を明確にする。

- 物理的な特性および性状
- 化学的な特性および性状
- 放射性物質としての特性および性状

これらの特性および性状が安定であるかどうかは、放射性廃棄物の取扱い（解体、構内移動、仮置きなど）、処理（貯蔵／保管または埋設のための容器への封入など）、貯蔵または保管および埋設を検討する際に必須な情報である。

また、原子力施設のライフサイクル全般にわたり、どのような目的で特性評価を実施するのか、および、そのためにどのようなタイミングで行うかということを検討しておく必要がある。特性評価を行うタイミングとしては、設計、建設、運転／供用および廃止措置への移行期間が該当する。

③ 実現のためのインフラ

廃止措置対象施設で利用可能なインフラは、廃止措置で発生する放射性廃棄物管理の最適化に大きな影響を及ぼすものである。すなわち、利用可能なインフラは、廃止措置の期間に実施される放射性廃棄物管理の進め方とそれを行うことによる成果を最適化していくため重要要因なのである。

放射性廃棄物管理のライフサイクルの中で利用可能となるインフラには次がある。

- **計画と準備**：廃棄物管理の戦略策定、廃棄物管理の計画立案および特性評価を効果的および効率的に実施可能とする情報管理システム（データベースなど）
- **廃棄物処理と容器封入**：解体によって発生した撤去物の分類および分離を行う施設、減容施設、除染設備、熱的、化学的および物理的処理施設、安定化装置および容器封入施設
- **貯蔵**：処理前の解体撤去物の貯蔵施設、分別された廃棄物の貯蔵施設、中間貯蔵施設および放射能減衰のための貯蔵施設
- **埋設**：埋め立て施設、敷地内埋設施設、浅地中および中深度埋設施設および地層埋設施設

④ ステークホルダーの関与

ステークホルダーの関与（良好な関係の構築）は、効果的かつ効率的な廃止措置の実施、および廃止措置によって発生する放射性物質で汚染した撤去物の管理の最適化を実現して

原動力の1つと言える。事業者、規制当局および政府は、法令の枠組みを含め、ステークホルダーの関与において要求される事柄について誠実に対応していくことが求められる。また、廃止措置、廃棄物管理の計画および個別の作業の責任者には、ステークホルダーとの関係維持は十分な配慮が求められる。

ステークホルダーの関与として目指すべきものは、廃止措置および放射性廃棄物管理における協働であり、これらの事業に関するパートナーシップの実現である。

ステークホルダーとの関係の維持の第一義の責任は事業者にあるが、政府は政策という面で、規制当局は効果的な規制の枠組みの構築と規制の実行という面で事業者の後押しをしていくものである。

⑤ 経済的および資金的側面

廃止措置や放射性廃棄物管理の事業は利得を得るものではない。これらの事業は、事業に要した費用を回収することはできない、すなわち、事業者が準備した資金は、事業の進捗に伴い減額していくだけということである。このような事業の特徴を踏まえると、事業者は廃止措置および廃棄物処理処分のライフサイクルを通じた資金の確保をしておかなければならない。事業における支出予測のプロファイル、支出の監察および見積りからの大幅な逸脱に対する是正措置の策定をしておかなければならない。また、経済状況の変動に伴い将来に必要となる費用の上昇を引き起こす可能性のある廃棄物の大量な貯蔵／保管を計画することは避けるべきである。

3. まとめ

筆者は、本稿の冒頭に述べたように、このレポートを作成するタスクチームに参加した。最後に、このチームでの議論や作業を通して得られた知見に基づき日本の実情について考察する。

国内においては、原子力施設から発生する放射性廃棄物は、いわゆる「核のゴミ」という言い方に象徴されるように、他の産業から発生してくる廃棄物とは全く異なる扱いとなっているという事実がある。高レベル放射性廃棄物（High Level Waste: HLW）や中深度処分相当の低レベル放射性廃棄物（Intermediate Level Waste: ILW, L1）が人と環境に与える影響は、他の産業から発生する廃棄物の物とは全く異なるレベルの有害さであることから、それに応じた科学的かつ工学的な取扱いが必須であることは言うまでもない。一方、ピット処分相当（Low Level Radioactive Waste: LLW, L2）またはトレンチ処分相当（Very Low Level Radioactive Waste: VLLW, L3）の低レベル放射性廃棄物についての取扱いは、その有害さに応じたものとすべきである。放射性廃棄物が人や環境に有害な影響を与えるのは事実であるが、他の産業で発生する有害な廃棄物と同様に、人と環境に与える影響の程度に応じて適切に扱われるべきである。

チームのメンバーとの議論を通して得られたことの1つとして、欧米の人たちは、低レベル放射性廃棄物の有害な影響は、他の産業で発生している産業廃棄物に含まれる有害物と同じような扱いをすべきであると考えているということがある。低レベル放射性廃棄物に分類される程度の放射性物質は、例えばアスベストや有機鉛など同じ有害物の1つとして見ている。そうであれば、敢えて特別扱いをするのではなく、有害な影響の程度に応じた処理処分が合理的であり、かえって安全性を向上することにもなると言える。

放射性物質の特徴の1つとして、放射性物質毎に固有の半減期があり、それに従って放射能が減衰していくことがある。すなわち、放射性物質の有害な影響も経年で低減していく。IAEAの提唱する放射性廃棄物の分類では、図2で示したように、放射能の大きさと半減期によって廃棄物のレベルが定まる。放

射性物質の特徴を考えれば、有害な影響を放射能の大きさだけでなく、影響を与える期間を含め判定するIAEAのような分類法は合理的であり、最適化には不可欠な考え方であると言える。

また、原子力施設の廃止措置で発生する廃棄物を特別扱いしていることで、再使用／再利用の促進を妨げているとも言える。このレポートは、「最も好ましい選択から最も有利でない選択」を通して「捨てるものを最小化する施策」が国際的にも共通的に取り組まれているとしているが、国内ではこのようなことが活発に行われていると言える状況にはない。例えば、クリアランス制度は導入されて10年程度が経過しているが、この制度が広く普及しているとは言えない。

このような状況となっている原因の1つに「特別扱い」があると言える。この「特別扱い」の背景には、原子力、放射線利用に係る世論の厳しさがあるのではないだろうか。このレポートでは、「ステークホルダーとの良好な関係が最適化の原動力である」と言っている。原子力施設の利用世代として、事業者がステークホルダーと協働しパートナーシップを結んでいくような努力を払っていかなければならない。クリアランス制度の広い普及には、信頼の醸成が不可欠である。また、廃止措置および放射性廃棄物管理の計画の信頼性の向上もステークホルダーの信頼の醸成と強く結びついている。そこでは、科学的、工学的な信頼性に基づく合理的で説明性の高い特性評価の実施が重要であろう。信頼性の高い事実の提示こそが信頼醸成の第一歩である。そして、事実に基づいて安全が確保され、合理的な廃止措置と放射性廃棄物管理、すなわち、最適化を行うことをきちんとステークホルダーに説明していくべきである。

国内では、原子力発電所だけでなくその他の多くの原子力施設の廃止措置に取り組んでいかなければならない。そのような状況下では大量の放射性廃棄物が発生してくる。筆者

は、このレポートが、放射性廃棄物の管理の最適化、それによる安全で効率的かつ効果的な廃止措置の推進の一助となることを期待している。

最後に、筆者が TGOM 活動に参加した当時 OECD/NEA に出向され現地で勤務されていた舟木健太郎氏（現資源エネルギー庁）および大塚伊知郎氏（現原子力規制庁）には、現地で大変お世話になりました。特に、欧米のメンバーの考え方に係る示唆は、彼らの言動を理解する上で大変有用なものでした。この場を借りてお二人に改めて感謝いたします。

参考文献

- (1) “Optimising Management of Low-level Radiation Materials and Waste from Decommissioning, OECD, NEA No.7425, 2020,” https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_47447/optimising-management-of-low-level-radioactive-materials-and-waste-from-decommissioning
- (2) Hartwig Freieslebe, "Final disposal of radioactive waste," The European Physical Journal Conference 53:01006-10.1051/epjconf/20135401006, 2013

令和3年度 事業計画

(一財) エネルギー総合工学研究所

1. 基本的な考え方

当研究所は、わが国のエネルギー工学分野の中心的な調査研究機関として、産・学・官のエネルギー技術に関する専門的な知見・経験を相互に結び付け、「総合工学」の視点に立脚して調査、研究、評価、成果の普及等に努めてきた。技術は、わが国が国際社会で優位性を維持・向上する上で不可欠な資産であり、将来のリスクに対応し得る強靱なエネルギー戦略の構築・実現に貢献するものである。

当研究所は、今後とも「エネルギーの未来を拓くのは技術である」との認識の下、俯瞰的、長期的な視座をもって、エネルギー技術に関する調査、研究、評価、成果の普及等に取り組んでいく。

令和元年度に発生した、受託事業に係る労務費の不適切計上事案について深く反省し再発防止を徹底する。本事案のようなコンプライアンス違反は、当研究所の社会的な信頼を大きく失墜させ、その経営を根本から揺るがす重大な非違行為であり、コンプライアンスは収支均衡や利益追求に優先することを、改めて全役職員が認識し共有する。再発防止策の実施を通じコンプライアンスファーストの意識を確立し、調査研究の品質確保と向上を継続し、事業運営を行っていく。

2. 最近の情勢についての認識

(1) 世界のエネルギー情勢は、米中対立も相まったアジア太平洋地域をめぐる緊張感の高まり、新型コロナウイルス感染症の拡大によるグローバルサプライチェーンの分断やエネルギー・資

源の需要減少、中東情勢の先行きの不透明感の増加等といった国際情勢の変化を背景とし大きく変化している。具体的には、米国のパリ協定復帰、世界規模での再生可能エネルギー（再エネ）の導入促進、新興国における経済成長に伴うエネルギー需要の拡大や電化の進展にグリーンファイナンスの動き等も相まって、また、原子力分野での中国、ロシアの存在感の増加や小型モジュール炉をはじめとする次世代原子炉開発の動き等も含め、急激に変化している。

(2) 気候変動問題への危機感を背景に、世界的にカーボンニュートラルを目指す動きが急速に高まるとともに、企業や地方自治体でもゼロエミッションを宣言する動きが加速している。また、多角的な視点からの国際目標である持続可能な開発目標（SDGs）などの動きもあり、エネルギー環境分野でのイノベーションの期待、脱炭素技術に対する投資拡大が見込まれている。加えて、デジタル技術の進化、データ活用の進展により、エネルギー分野では電力需給・ネットワーク技術をコアにしたサービスをはじめ、新たなサービスの可能性が高まっている。

(3) 国内におけるエネルギー情勢については、2020年10月、政府においては、2050年にカーボンニュートラルを目指すことを宣言し、エネルギー分野について、2050年への道筋、2030年目標の見直しと施策を示す、次期エネルギー基本計画の議論が進められている。社会全体としてイノベーションを通じカーボンニュートラルを実現すべくグリーン成長戦略が示され、電力部門では再エネ拡大等による脱炭素化、産業・民生・運輸部門での電化、水素等の活用、さら

にはネガティブエミッション技術等への関心と取り組みが加速している。

(4) エネルギー需給面での取り組みでは、スマートグリッド、エネルギーマネジメントシステム等エネルギー利用の効率化技術、電気自動車、燃料電池自動車等の次世代自動車、エネルギーの貯蔵・輸送・最終利用媒体として期待される水素等に関する研究開発、導入支援、インフラの整備が進められている。また、太陽光発電や風力発電などの再エネの導入が進む中、大量導入時の出力変動の吸収や火力発電の稼働率低下による調整力不足等が課題となっており、制度面での検討とともに蓄エネルギー技術やデジタル技術を用いた系統運用に係る技術開発等が進められている。さらに、大きな自然災害の頻発、エネルギーインフラの高経年化等を踏まえ、強靱なエネルギー供給の基盤を確保する重要性が指摘され、電力自由化と再エネ拡大による投資環境の変化の中で、長期的なエネルギー安定供給に必要な投資の確保に関心が高まっている。

(5) 東京電力福島第一原子力発電所の事故から10年となり、引き続き住民の方々の帰還に向けた取組や事故炉の廃炉・汚染水対策が進められている。原子力発電所の状況については、9基が再稼働した。新規制基準への適合性確認審査については、昨年2月に東北電力(株)女川原子力発電所2号機の原子炉設置変更許可がなされた。廃止措置が見込まれている発電所の基数は24基である。

(6) エネルギーに関する制度面では、電気事業制度改革の第3段階である2020年4月の送配電部門の法的分離に続き、需給バランスを調整するための調整力を広域的に取引する需給調整市場の2021年4月開設に向け準備が進められている。また、昨年6月には、強靱かつ持続可能な電気の供給体制を確保することを目的としたエネルギー供給強靱化法が成立し、災害時の迅速な復旧や送配電網への円滑な投資、再エネの導入拡大等

のための措置が講じられることとなった。

3. 令和3年度の事業

(1) エネルギー技術の俯瞰的評価

当研究所は、エネルギーを取り巻く種々の問題の解決に向けて技術の可能性と重要性を認識し、将来のエネルギー需給のあり方についてエネルギー技術の観点から調査・分析を行っている。今後も、中立的な立場から、広範なエネルギー技術分野を俯瞰し、3E+S（安定供給、経済効率性の向上、環境への適合、安全性）という考え方に基づき、グローバルかつ倫理的な視点も含め、エネルギー技術に係る知見の最新化、昨今の内外情勢を踏まえたエネルギー技術開発のあり方について調査、研究および評価を行い、今後のエネルギー・環境に関する問題の解決に向けたエネルギービジョンや提言を発信し、国民経済の発展に貢献していく。

当研究所では2019年1月、当研究所が有するエネルギー環境シミュレーションモデルを用いたエネルギー需給構成等の分析を行うとともに、エネルギー技術の現状と課題を整理し、国内外の有識者や産業界の意見を聴きつつ2050年に向けたエネルギー技術展望をとりまとめた。また、2020年9月に低炭素化に必須なカーボンリサイクルに関する技術全般を纏めた本を出版した。今後とも、国内外の関係者がエネルギー・地球環境問題について議論する際の素材として活用されることを期待し、エネルギーシステム、エネルギー技術等に関する知見、見解、提案等を発信していく。

(2) エネルギーシステムや幅広いエネルギー技術分野での取り組み

当研究所の地球環境統合評価モデル(GRAPE)等の機能強化を図るとともに、同モデルを用いたエネルギーシステムや地球環境問題に関する分析を行う。また、原子力、太陽・風力・バイオマス等の新エネルギー、クリーンコールテクノロジー(CCT)等による化石燃料の利用や次世代

電力系統に係る最新技術の国内外における調査研究に加え、CO₂削減に資する先導的エネルギー技術開発にも幅広く取り組んでいくこととする。特に、エネルギーの貯蔵・輸送・最終利用媒体としての水素や、CO₂有効利用技術（CCU）等を加味した新たなエネルギー供給システムの構築貢献に注力する。さらに、変動電源である太陽光・風力発電導入に伴う系統連系に係る要件の課題、再エネの蓄熱技術適用によるエネルギー貯蔵・利用に係る研究開発など、再エネ大量導入時における対策技術に関する研究を行うこととする。

（３）原子力に関する取り組み

原子力は、世界的には脱炭素化の選択肢として評価されており、当研究所としては、国内外の動向を踏まえ、エネルギーシステムにおける原子力の寄与や、革新的原子力システムの研究開発動向等の調査を行う。また、東日本大震災を契機に、安全は国民が広く希求する普遍的な価値として一層重視されてきており、当研究所としても、原子力の安全性向上に有効な要素技術開発を引き続き進める。

軽水炉の廃止措置について、有識者により構成される委員会において第三者的な立場から、円滑な廃止措置の実施に向けた、工程、技術、制度に関する調査および課題への対応策の検討を進め、その結果を技術レポートとして取り纏めている。本年２月、技術レポート「原子力発電所から発生する大型機器の処理について」を公表した。今後とも継続するとともに、廃止措置に係る標準整備に向けた調査研究、人材育成事業等を行う。

（４）エネルギー需要に関する取り組み

省エネルギーに対する社会的な要請も大きくなる中、需要機器の制御によって電力需給調整に貢献するデマンドレスポンス技術やエネルギーマネジメントシステムに関する調査研究の実施、当研究所がその策定を支援した省エネルギー技術戦略に基づき、CO₂削減効果の見込め

る蓄熱等技術をはじめとするエネルギー利用効率向上に関する技術調査に取り組んでいく。

エネルギーマネジメントシステムに係る国際規格である、「複数の組織で共通のエネルギーマネジメントシステムを実施するためのガイダンス」が本年３月２日にISO50009として発行された。ISO50001と合わせて普及を引き続き推進する。

（５）標準化に関する取り組み

標準化は、多くの技術について、その将来の開発や普及に大きな役割を果たしている。当研究所としても、（４）にも記したように、エネルギーマネジメントやCCS（CO₂回収・貯留）、太陽熱利用等に係る国際規格の開発に精力的に取り組むとともに、国際標準化機構（ISO）や国際電気標準会議（IEC）での国際標準化活動に貢献していくこととする。

（６）エネルギー技術分野におけるプラットフォーム機能の強化

次世代電力ネットワーク、原子炉廃止措置、太陽熱、CO₂有効利用技術等の重要な技術分野について、関係企業や大学等の専門家による研究会や委員会を設置し、当該技術に関する情報収集、調査分析、プロジェクト企画提案等を行う。また、エネルギー・環境分野をはじめ経済社会の多くの分野で、新たな価値の創造、事業のさらなる発展を図るため、産学官の協働を通じたイノベーションへの取り組みが活発化している。賛助会員の皆様の取り組みをご支援するため、ベンチャー支援機関と連携して、スタートアップス、大学等による技術シーズ紹介の場として「IAE オープンイノベーションフォーラム」を試行的に昨年９月に開催した。個別面談が成立したケースも相当数あったこと等から令和３年度においても開催する。

（７）情報発信・提供等賛助会員サービスの向上

賛助会員等のステークホルダーや関係機関等に向け、当研究所の調査研究成果や、エネルギー技術、気候変動等に係る重要なテーマに関し、産・

学・官の連携，国際的な広がりを図りつつ，月例研究会や個別分野研究会等を開催し，情報発信やエネルギー技術開発に係るプロジェクト提案を行う。また，最新の技術に関する「情報」と「評価」を，賛助会員企業をはじめとする関係各位に提供するため，エネルギー技術情報プラットフォームや季報，メールマガジン，ウェブサイトのさらなる充実化・活用を進めていくこととする。

4. 事業を進めるに当たって

(1) 受託事業に係る労務費の不適切計上事案に対する深い反省を踏まえ，事業活動および組織運営においてコンプライアンスファーストを実践する。調査研究事業においては品質向上に引き続き努め，数年後を目途に公的機関，民間企業等からの受託事業収益によるバランスのとれたポートフォリオを構築し，結果として健全な事業・組織の運営を達成することを目指す。

(2) 上記の方針の下，令和3年度においては，これまでの事業収益が公的機関からの受託に過度に依存している構造を是正していくため，引き続き民間企業からの調査研究事業の受託に注力するとともに，可能な公的機関からの調査研究事業の受託に努める。また，役職員一丸となり，賛助会員サービスの向上と相俟った会費収入の維持・増加に繋がる営業活動に取り組む。

① 民間企業からの調査研究事業の受託増への取り組み

- 所内各研究グループ，研究グループ間連携での個別提案活動
- コンサルティング事業，人材育成・研修事業等への取り組み

② 個別分野研究会での活動

- 次世代電力ネットワークシステム研究会 (APNet)
- 太陽熱・蓄熱技術研究会 (STE) (令和2年度に蓄熱を対象に追加)
- ACC (Anthropogenic Carbon Cycle, 人為的炭素循環) 技術研究会

③ 情報発信・提供等賛助会員サービスの向上への取り組み

- シンポジウム，賛助会員会議の開催
- 月例研究会の運営改善 (Web 開催含む)，賛助会員向け事前配布資料の充実
- メールマガジン (IAE Newsletter) の内容を充実し発信
- ベンチャー支援機関と連携し，賛助会員とスタートアップス (新興企業) との協業支援
- 技術相談，技術交流サービスの強化

(3) 受託事業における労務費の不適切計上事案を踏まえ，令和2年8月にIAE再発防止策実施委員会 (委員長：理事長) を設置し，毎月，同委員会でIAE再発防止策実施計画 (アクションプラン：AP) の進捗状況を確認しつつ再発防止の徹底を図っている。その状況について全役職員に説明し理事長からメッセージを発する等コンプライアンスファーストを経営層から実践するように取り組んでいる。昨年10月には第三者による実施状況のモニタリングを実施して頂き，「IAEが現に実施し，又は実施を検討している再発防止策の内容は，いずれも検証報告書における原因分析および再発防止策の提言の趣旨に照らし，実効性を有すると評価できる。他方で，・・・今後も継続して実施状況の確認と実効性の評価を実施した上，必要に応じて柔軟に修正することが求められる」との評価を頂いた。引き続き取り組みを進め，今年半ばを目途に防止計画の実施の完了を目指し，継続的な取り組みに移っていくこととしている。完了時には改めてモニタリングを受けることとしている。

(4) 再発防止策において，ガバナンス改革の一環として，経営層による適切なリスク管理が指摘されている。各研究グループ／チーム，一般管理部門からのリスク認識に関するヒアリングを踏まえ，①経営・コンプライアンス面，②人材育成・確保面，③情報基盤・セキュリティ面，④新たな働き方その他の面からリスクを取りま

とめた。これらのリスクを評価し優先順位をつけ、来年度での人員配置、予算手当も含め順次対応していくこととしている。

(5) 以上に加え、在宅勤務と出社のハイブリッド型の勤務、スマートワークの実現に向けた取り組みを進めることにより、生産性の向上、新たな付加価値の創造を図るとともに、働き方に対するニーズの多様化やワークライフバランスの満足度の向上に取り組んでいく。

5. 各エネルギー分野における調査研究等のテーマ

(1) エネルギー技術全般

(ア) エネルギー技術開発戦略に関する調査研究

環境・エネルギーを巡る状況を見ると、国際的には、スペイン・マドリッドで開催されたCOP25ではパリ協定の実施指針に関するルールが市場メカニズムの運用等を除いてほぼ固まり、また平成27年の国連サミットで採択された、エネルギーや気候変動を含むSDGs(持続可能な開発目標)を目指した取組が進められている。一方、EUでは、気候変動法に基づいて、2050年にむけて域内の温室効果ガス排出正味ゼロ政策が推し進められ、新型コロナウイルス向け経済対策でもある環境政策パッケージ(グリーンニューディール)が発表され、米国では、バイデン大統領の就任により、環境対策緩和の方向性が一転して気候変動対策強化の方向に転換され、中国も2060年に二酸化炭素(CO₂)排出を正味でゼロにすることを宣言するなど、世界各地で正味の温室効果ガスゼロエミッションを目指す動きがあるなど、環境・エネルギー情勢が大きく変動している。なお、新型コロナウイルスによる感染症拡大は、全世界で日常生活や産業活動に大きな影響を与えており、将来の社会像について長期的影響を与える可能性が高い。国内では、平成30年に新たなエネルギー基本計画が決定され、2021年度中に見直しを図られるべく議論が行われているところである。

さらに、2050年の視点からエネルギー政策を含めた成長戦略である2019年6月の「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」であるが、さらに温室効果ガス排出を2050年正味でゼロに抑制する方向を踏まえて2020年12月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」として、政策と重要技術分野実行計画のパッケージとして改めてまとめられた。

環境・エネルギー情勢の先行きが不透明な時代に、社会全体の安全性を確保し、エネルギーの安定供給・セキュリティ、環境保全、経済性など様々な要因を考慮しつつ、わが国の将来を中長期的な観点から見据えた、革新的なエネルギー技術戦略策定に関する調査研究、および国際的動向を踏まえた、新しいエネルギー・環境技術について広範な調査を行う。

(イ) 地球規模でのエネルギーシステムに関する調査研究

発展途上国・地域の経済発展を主な要因として、世界全体の温室効果ガス排出量は増加を続けている。これに対し、COP21において合意されたパリ協定により、産業革命前からの世界平均温度上昇を2℃とする目標に向けて、各国は自主的な削減の取組について報告し、相互にレビューを行うことを基本とした仕組みが整備された。さらに、長期的に温室効果ガスゼロエミッションを目指し、全世界の国・地域、企業、自治体は脱炭素への動きを加速させている。

令和3年度においては、当研究所が運用する地球環境システム分析評価ツールであり、原子力、新エネルギー、化石燃料、水素、気候工学の各分野における分析にも用いてきたGRAPEモデルを活用し、2℃目標や、さらに低い温室効果ガス排出経路実現可能性分析を行うとともに、当研究所が実施する各種の調査研究プロジェクトにおいて、地球環境の観点からの評価研究を実施する。また、日本の長期エネルギー需給を詳細分析するツールであるTIMES-Japanを用いて、2050年CO₂大幅削減の実現可能性を評価する。また、今後の社会変化にとっ

て大きな不確実性要因となる新型コロナウイルス感染症の拡大によるエネルギー需要への影響について、基盤的な調査分析を実施する。

- ①統合評価モデル GRAPE による世界長期分析
- ②エネルギーモデル TIMES-Japan を用いた日本のエネルギーシステム分析
- ③新型コロナウイルス感染症の拡大がエネルギー需要に与える影響の調査分析

(2) 新エネルギー・電力システム関連

太陽光、風力、地熱、バイオマス、小水力等の再エネの導入・普及を目的として2012年7月から開始された固定価格買取制度（FIT：Feed In Tariff）について、2019年11月以降、順次買取期間の満了を迎える中、電力卸売市場での再エネ電力の取引に向けたFIP（Feed In Premium）制度の検討が進められている。また、2016年4月からは電力システム改革の第2段階として小売全面自由化がスタートし、2020年4月には電力システム改革の最後となる第3段階として送配電部門の法的分離が行われた。再エネが電力系統に大量導入された場合、電圧や周波数への影響および余剰電力の発生が懸念され、それに対応するため、系統の増強・運用の工夫とともに電力貯蔵を含む様々な調整力装置やバックアップ電源の適切な配置と運用が必要となる。また、再エネ電源の出力制御や急速な普及が期待される電気自動車（EV）および蓄電池などの需要側機器の制御による電力需給調整への貢献も検討の対象となる。エネルギーマネジメントシステム（EMS）、スマートメータ、バーチャルパワープラント（VPP）などのデジタル技術の活用は、分散型電源の導入拡大等に対応して電力の安定的かつ効率的な供給を可能とする技術として期待されており、海外の先進事例の調査とともに、わが国のエネルギー・電力事情に適切に対応したシステムとなるよう技術開発を推進することが必要である。

令和3年度においては、電力システム改革および再エネの主力電源化に対応する次世代の電力ネットワークのあり方、2050年のカーボンニュ-

トラル達成に向けた調査研究を行う。また、再エネの普及拡大に伴う地域エネルギーの活用・自立化、電力のレジリエンス向上に向けた調査研究を行う。大量導入に向けた活動については、バイオマス利用技術や集光型太陽熱発電（CSP）等の調査研究に加え、再エネ等の電力を熱に変換して貯蔵し、需要に合わせて発電することにより電力需給バランスの確保を行う蓄熱発電が近年急速に注目されていることから、本技術についての調査研究を行う。

このような観点から当研究所では、「次世代電力ネットワーク研究会」を2009年9月に設立し、大学での研究と連携しつつ、電力会社、分散型電源メーカー・設置者、関係研究機関、一般需要家など関係者が情報交換を行い、考え方を共有するとともに、必要な技術開発についての提言や、次世代ネットワークへの移行シナリオの研究が重要であるとの考えのもとに活動を進めている。

(ア) 電力システム改革、再エネ大量導入に関する調査研究

- ① 次世代電力ネットワークに関する調査研究および研究会の開催
- ② 再エネ大量導入に関する電力系統への影響と対策技術に関する研究
- ③ 電力業界および需要家のカーボンニュートラル達成に関する調査研究
- ④ 電力供給のレジリエンス向上に関する調査研究

(イ) 再エネに関する調査研究

- ① 再エネの利活用に関する調査研究
- ② エネルギーの蓄熱等による貯蔵技術に関する調査研究
- ③ 低温熱や未利用熱の利活用に関する調査研究
- ④ CSP 技術開発に係るシミュレーションや評価に関する調査研究
- ⑤ 再エネ利用の地域自立モデルに関する研究開発

(3) 水素エネルギー関連

水素は、①多様な一次エネルギーから製造可能、②電力との相互変換が可能、③貯蔵・輸送が可能、④利用時にCO₂を排出しない、との特徴がある。これらの特徴から、水素は、将来のエネルギー社会の中で、以下の2つの役割を果たすことが期待されている。1つは、再エネやCCSの適地からCO₂フリーのエネルギーを国内に供給する「エネルギーキャリア」としての役割。もう1つは、国内の再エネ（変動性電源）を最大限活用するための「蓄エネルギー手段」としての役割である。

水素は火力発電の低炭素化やこれまで低炭素化が難しいとされていた産業分野の熱需要の低炭素化にも寄与できる可能性があり、また、カーボンリサイクルを推進するうえでも、水素は必要不可欠である。このため、水素は、「エネルギー基本計画」において、エネルギーの安全保障と温室効果ガスの排出削減を同時並行で解決する脱炭素化したエネルギーの新たな選択肢と位置付けられており、2020年12月に策定された「グリーン成長戦略」においても、発電・輸送・産業など幅広い分野で活用が期待されるカーボンニュートラルのキーテクノロジーであると位置付けられている。

このように、水素は将来のエネルギー社会の中で大きな役割を果たすことが期待されているが、その実現には、水素に関する個別の技術の高度化はもちろんのこと、製造から輸送・貯蔵・利用に至るまでの水素のサプライチェーン全体にわたる多くのステークホルダーや技術分野の協調と協力が必要である。このような観点から当研究所では、自主研究会として「CO₂フリー水素普及シナリオ研究会」を2011年から運営し、30を超える企業・団体・大学のメンバーからなる産官学の関係者に自由な意見交換の場を提供するとともに、その成果をホームページや学会等で広く公表してきた。

令和3年度は、この研究会活動をさらに発展させるとともに、「エネルギーキャリアとしての水素」、「蓄エネルギー手段としての水素」の両

面の調査研究に取り組む。加えて、それらを支える水素の製造技術や利用技術の高度化に関する調査研究にも取り組む。

(ア) エネルギーキャリアとしての水素に関する調査研究

- ① CO₂フリー水素普及シナリオに関する調査研究および研究会の開催
- ② 種々の条件における水素需要量（世界、国内）に関する調査研究
- ③ 種々の条件におけるエネルギーキャリア（液化水素、有機ハイドライド、アンモニア、メタン等）の経済性・環境性に関する調査研究
- ④ 水素エネルギーキャリアを活用した発電所や製鉄所の低炭素化に関する調査研究

(イ) 蓄エネルギー手段としての水素に関する調査研究

- ① 水素を用いた国内再エネの有効活用に関する調査研究

(ウ) 水素の製造・利用技術に関する調査研究

- ① 再エネからの水素製造技術に関する調査研究
- ② 液化水素の製造技術に関する調査研究
- ③ 水素の輸送技術に関する調査研究
- ④ 水素燃焼タービン発電に関する調査研究

(4) 炭素循環エネルギー関連

化石燃料は、一次エネルギーとして重要なエネルギー源であり、温室効果ガス排出量の削減を図りつつ、その安定的、効率的な利用が重要である。近年、再エネのコストが大幅に低下し、CO₂は排出するが出力調整可能な火力とCO₂は排出しないが変動電源である再エネの相互の利点を活かしたわが国独自のエネルギー供給インフラの構築が重要になりつつある。かかる観点から、短期的には、化石燃料を使用しつつCO₂排出量削減を図るエネルギー供給システムの検討を中心に、そこに求められる技術・システムの調査、評価を実施する。特に、再エネと化石燃料

を組合せたカーボンリサイクルエネルギーシステムを中心に検討を進める。これに CCT・CCUS・省エネなども含め、中長期的には、カーボンリサイクルエネルギーシステムに必要な CCU 技術の構築を図っていく。

令和3年度においては、CO₂ 有効利用技術開発の分野では、カーボンリサイクルを意識し国内外の火力発電等からの CO₂ の回収・有効利用法について検討を進めていく。また、再エネ利用分野では、太陽熱を利用したメタノール合成による炭素循環エネルギーシステムの可能性調査を実施するほか、気候変動対策に係る技術の市場性調査や CO₂ 削減効果の検討にも取り組んでいく。

(ア) CO₂ 回収・有効利用技術の検討

- ① 火力発電、製鉄所から排出される CO₂ の回収・有効利用技術およびシステムの検討
- ② 石油化学コンビナートなどを中心としたカーボンリサイクルの検討
- ③ 安価な再エネが入手可能な地域で製造した水素を用いた CO₂ の燃料転換法、エネルギーキャリアシステムの検討
- ④ CO₂ の固定化に関する革新的な研究の調査

(イ) CO₂ 削減に資する再エネ利用技術・システム、省エネ技術の検討

- ① 再エネ（太陽熱）利用 CO₂ 再燃料化・蓄エネシステムの検討
- ② 省エネルギー技術の調査・適合性評価

(5) 原子力関連

原子力は、世界的に、エネルギーの安定供給および地球環境問題への対応を図る上で重要な役割を担うと評価され、福島第一原発事故後においても、多くの国々が開発利用推進の方針を維持している。当研究所としては、パリ協定への対応や電力システム改革の進展など国内外の動向を踏まえ、原子力利用に伴う様々な課題について継続的な検討を行うこととし、令和3年度も、原子力技術に関するこれまでの研究や評価の経験を生かし、エネルギーシステムにおけ

る原子力の寄与や、国内外の安全規制、革新的原子力システムに関する研究開発に係る動向等に関する調査研究を進める。また、福島第一原発事故の教訓を踏まえ、原子力の安全性向上に資する要素技術開発を継続するとともに、福島第一原発事故に関連する国際共同研究プロジェクトに参画する。

一方、エネルギーを巡る環境の変化や電力自由化による競争の進展等により、廃止措置を選択する原子力発電所が増加しており、廃止措置の重要性は今後一層高まると予想される。このため、有識者により構成される検討委員会において第三者的な立場から、円滑な廃止措置の実施のための課題解決に向け、廃止措置に係る工程や技術、制度に関する調査に基づき課題を把握するとともに、対応策をとりまとめた技術レポート（提言書）を公表・公開する。また、廃止措置に係る標準整備に向けた調査研究を引き続き進めるとともに、廃止措置に向けた準備作業を効率的・効果的に実施するための調査研究や廃止措置に必要となる人材の育成事業を行う。

(ア) 福島第一原発事故関連の調査研究

- ① 原子力の安全性向上に資する技術開発の調査・検討
- ② 福島第一原発事故解析および廃炉作業促進に貢献する研究

(イ) 原子力分野全般に係る調査研究

- ① 国内外の原子力開発利用動向に関する調査研究
- ② 国内外の原子力安全規制動向に関する調査研究
- ③ エネルギーシステムにおける原子力の役割に関する調査研究
- ④ 原子力の社会受容性に関する調査研究

(ウ) 原子力プラント技術に係る調査研究

- ① 新型軽水炉に係る技術課題の調査研究
- ② 革新的原子力システム開発の国際動向に関する調査研究

(エ) 原子炉廃止措置等に関する調査研究

- ① 廃止措置に係る工程、技術、制度に関する調査および課題への対応策の検討
- ② 廃止措置を担う人材育成のための教材開発および研修システムの構築
- ③ 廃止措置に関する民間規格基準整備への支援
- ④ 廃止措置に係る放射能インベントリ評価用コードおよび基盤データ整備に関する調査研究

(オ) 放射性廃棄物の処理・処分に係る調査検討

- ① 循環経済における放射性物質／放射性廃棄物管理に関する海外動向調査

6. 最新技術情報の発信、賛助会員サービスの向上

賛助会員をはじめとするステークホルダーや関係機関に向け、当研究所の調査研究事業で得られた成果のうち、技術情報として有用度の高いものについて情報提供を行う。これらの調査研究に係る活動内容や成果は、寄稿・投稿、講演会、学会発表、ホームページへの掲載等により公表するとともに、技術レポートの公表も実施し、新たなプロジェクトの提案に供することとする。

当研究所では、下記の手法により情報発信を行ってきており、令和元年度に新たな検討体制を設け、より効果的な情報発信の方法等について検討を行いつつこれらの情報発信を進めている。例えば、月例研究会については、講師や聴衆間の意見交換およびネットワーキングの活発化、賛助会員サービスの向上等の観点から、レイアウト変更等の会場運営の変更、講演資料のデジタル化および賛助会員限定ウェブサイトへの事前掲載などの運営方法の変更を行ってきており、その結果、参加者数に増加傾向が見られた。昨年6月からは新型コロナウイルス感染症対策としてWeb開催とした。これを受けて

参加者はさらに大きく増加している。

- ① 定期刊行物（季報エネルギー総合工学）の刊行
 - 昨年4月号よりカラー化、内容の充実化を継続
- ② 月例研究会の開催
 - 昨年6月より、新型コロナウイルス感染症対策でWebでの開催としている。Web開催は遠隔地からの参加も可能なメリットもある。今後は新型コロナウイルス感染症の状況をみつつ、Webでの開催、会場での開催およびそれらのハイブリッドを候補として賛助会員等の意見を聞きつつ、柔軟に開催していく。
- ③ エネルギー技術情報プラットフォームの整備および運用
 - セキュリティの向上およびコンテンツの充実
- ④ メールマガジン（IAE Newsletter）の発行
 - 令和2年1月号より、研究員コラムの新設、月例研究会や個別研究会の概要掲載など、コンテンツを充実しており、今後も継続していく。

7. ISO センターの事業

当研究所のISOセンターは、平成23年6月、ISO50001（エネルギーマネジメントシステム）の発行と同時に発足して以来、その普及・促進のための活動を行ってきており、令和3年度も引き続き個別企業からの依頼に基づき、下記事業を行う。

- ① 入門～実践研修、内部監査員研修の開催
- ② ISO50001の構築・運用、認証取得、継続的改善に資するコンサルティングの実施（本年3月2日に発行されたISO50009の普及にも取り組む）

8. その他

(1) エネルギーに関するアンケート調査

エネルギーに係る一般公衆の意識調査は、東日本大震災以前より実施してきており、引

き続き同様のアンケート調査を実施し、その経年的な意識変化等の動向を分析する。

(2) エネルギー技術に関する国際標準化の調査研究

ISO や IEC における、下記分野での国際標準化に係る事業を行う。

- ① エネルギーマネジメントおよび省エネルギーの評価・検証関連、並びに日本提案の規格案の推進
- ② CCS の CO₂ 削減量定量化・検証、および横断的事項関連

研究所のうごき

(令和3年1月1日～3月31日)

◇ 第26回理事会 (Web 会議)

日 時：3月19日 (水)

議 題：

第一号議案 令和3年度事業計画案, 令和3年度予算案について

報告事項 受託事業に係る労務費の不適切計上
事案の再発防止策実施状況について
業務執行の状況について

◇ 月例研究会

第406回月例研究会 (Web 会議)

配信日時：1月15日 (金) 14:00～16:00

テーマ：

1. 循環経済における廃止措置 (放射性廃棄物管理) の在り方と取り組み
(福井大学 学術研究院工学系部門工学領域
原子力安全工学講座 講師 川崎 大介 氏)
2. 廃止措置で発生する放射性物質/放射性廃棄物管理の最適化－OECD/NEAの取り組み－
(一財) エネルギー総合工学研究所 原子力
技術センター 参事 田中 健一)

第407回月例研究会 (Web 会議)

配信日時：3月12日 (金) 14:00～16:00

テーマ：

1. カーボンニュートラルに向けた世界の動きと
日本の対応
(東京財団政策研究所 研究員 (プロジェクト
リーダー) 平沼 光 氏)

◇ 外部発表

[講演]

講演者：小野崎 正樹

テーマ：「カーボンリサイクルで2050年温暖化ガ
ス排出実質ゼロを目指すには」

講演先：エンジニアリング協会「第338回ビジネ
ス講演会」(Web 開催)

日 時：1月22日

講演者：小野崎 正樹

テーマ：カーボンリサイクルで2050年温暖化ガ
ス排出実質ゼロを目指すには

講演先：早稲田大学第10回先端化学知の社会実
装コロキウム」(Web 開催)

日 時：1月29日

講演者：橋崎 克雄, 酒井 奨

テーマ：カーボンリサイクル技術に関する世界の
動向 (橋崎)

CO₂削減を見据えた分離回収技術 (DAC
を含む) について、経済性を含めた最新
動向 (酒井)

講演先：石油学会 新エネルギー部会 講演会
(Web 開催)

日 時：1月29日

講演者：坂田 興

テーマ：水素エネルギーの大量導入の意義

講演先：(国研) 物質・材料研究機構 (NIMS)
NIMS エネルギー環境材料研究拠点 Green
シンポジウム

日 時：3月1日

講演者：井上 智弘

テーマ：COVID-19 がもたらした、人出の変化と
電力需要構造の変容

講演先：2020年度第2回講習会 ((一社) エネル
ギー・資源学会)

日 時：3月1日

講演者：酒井 奨

テーマ：産業分野におけるカーボンリサイクルシ
ステムの展開

講演先：スマートコンビナート研究会 第2回講
演会 (Microsoft Teams)

日 時：3月5日

[学会発表]

発表者：黒沢 厚志, 加藤 悦史 (エネルギー総合
工学研究所), 筒井 純一, 大庭 雅道 (電
力中央研究所)

テーマ：気候リスクとエネルギーインフラのレリ
ジリエンス (2) - 海外動向 -

発表先：(一社) エネルギー・資源学会 第 37 回
エネルギーシステム・経済・環境コンファ
レンス
日 時：1 月 26 日

発表者：井上 智弘，加藤 悦史，黒沢 厚志
テーマ：人流データと電力需要データを用いた CO
VID-19 対策に伴う社会活動の影響評価
発表先：(一社) エネルギー・資源学会 第 37 回
エネルギーシステム・経済・環境コンファ
レンス
日 時：1 月 26 日

発表者：手塚 健一，木野 千晶
テーマ：SAMPSON コードによる福島第一原子力
発電所の事故進展および FP 挙動評価
(1) SAMPSON による事故進展解析の概要
(2) SAMPSON による FP 挙動評価
発表先：日本原子力学会 2021 年春の大会
日 時：3 月 17 日

[寄稿]

寄稿者：黒沢 厚志
テーマ：CO₂ 分離回収・利用・貯留 (CCUS) の
現状と今後の展望
寄稿先：『化学工学』85 巻第 1 号 (化学工学会)
発行日：1 月

寄稿者：橋崎 克雄
テーマ：カーボンリサイクル社会構築に向けて
(前編，後編)
寄稿先：電力時事通信 (新年特集号)
発行日：1 月 6 日，8 日

寄稿者：坂田 興
テーマ：水素・燃料電池に対する国の施策と FCDIC
への期待
寄稿先：『燃料電池 2021 年冬号』((一財) 燃料電
池開発情報センター (FCDIC))
発行日：1 月 30 日

寄稿者：蓮池 宏，川村 太郎，渡邊 健次
テーマ：清掃工場における低温排熱の有効利用に
関する研究
寄稿先：『清掃技報』第 21 号 (東京二十三区一部
事務組合)
発行日：3 月 8 日

第 43 卷 通 卷 目 次

VOL. 43, No. 1 (2020.4)

【調査研究報告】

令和元年台風 15 号による千葉の停電事象および
地域エネルギー活用について

プロジェクト試験研究部 参事 炭谷 一朗1

【調査研究報告】

地方創生を目指した地域エネルギー利用について

プロジェクト試験研究部 副部長 森山 亮 13

【調査研究報告】

安全解析チームの数値シミュレーションに対する取組み
～原子炉隔離時冷却系 (RCIC) の研究を例に～

原子力技術センター 安全解析チーム 主管研究員 都築 宣嘉
原子力技術センター 安全解析チーム 主任研究員 鈴木 博之 23

【事業計画】

令和 2 年度 事業計画 (一財)エネルギー総合工学研究所38

【研究所のうごき】47

【第 43 卷通巻目次】 48

【編集後記】 52

VOL. 43, No. 2 (2020.7)

【調査研究報告】

世界の原子力に関する最新動向と今後に向けた考察

企画部 部長 茶木 雅夫 …………… 1

【調査研究報告】

気候変動対策における原子力の役割と技術的・社会的課題

～「気候変動と原子力の役割に関する国際会議」を踏まえて～

プロジェクト試験研究部 研究員 高野 大志 …………… 15

【調査研究報告】

廃止措置を推進する技術者育成カリキュラムの構築と研修の実施

原子力技術センター 参事 田中 健一 …………… 25

【調査研究報告】

将来を担う廃止措置技術者の養成 ～廃止措置海外研修の意義と成果～

プロジェクト試験研究部 特任参事 林道 寛 …………… 37

【事業報告】

令和元年度 事業報告の概要 (一財)エネルギー総合工学研究所 …………… 54

【研究所のうごき】 …………… 57

【編集後記】 …………… 58

VOL. 43, No. 3 (2020.10)

【寄稿】

新型コロナウイルスの感染拡大と共鳴する

米国のシェール・ガス革命, シェール・オイル革命

和光大学 経済経営学部 教授 岩間 剛一 1

【寄稿】

蓄熱を利用する蓄エネルギー技術「カルノーバッテリー」と

最新高温用蓄熱材料の紹介

北海道大学大学院 工学研究院附属エネルギー・

マテリアル融合領域研究センター 准教授 能村 貴宏 21

【寄稿】

自治体エネルギー公益的事業体

「日本版シュタットベルケ」の可能性

京都大学大学院 経済学研究科／地球環境学堂 教授 諸富 徹 33

【調査研究報告】

蓄熱発電の可能性と世界の開発計画

プロジェクト試験研究部 主管研究員 岡崎 徹 45

【研究所のうごき】 57

【編集後記】 59

【調査研究報告】

わが国における運輸部門のCO₂排出削減に対する
バイオエタノール導入の効果

プロジェクト試験研究部 部長 副主席研究員 森山 亮
日本環境エネルギー開発(株) 代表取締役社長 澤 一誠 …………… 1

【調査研究報告】

WNN ニュースから見た世界の原子力動向と
米国の原子力産業復活の国家戦略・支援策

原子力技術センター 参事 藤井 貞夫
原子力技術センター 部長 主席研究員 都筑 和泰 …………… 10

【調査研究報告】

新型コロナウイルス感染症の原子力への影響と今後の原子力の役割

原子力技術センター 研究員 高野 大志 …………… 21

【調査研究報告】

水素燃焼タービン発電技術と世界の開発動向

プロジェクト試験研究部 主管研究員 松本 俊一 …………… 27

【寄稿】

大規模水素サプライチェーンの国際実証

千代田化工建設(株) 理事
フロンティアビジネス本部 兼 地球環境プロジェクト事業本部長補佐 安井 誠 …………… 43

【寄稿】

国際水素サプライチェーンの構築に向けた取組み

川崎重工業(株) 技術開発本部
水素チェーン開発センター プロジェクト推進部 部長 新道 憲二郎 …………… 52

【研究所のうごき】 …………… 62

【編集後記】 …………… 65

編集後記

「米国は使い捨て主流」, 「日本はリサイクル主流」というのが一般的な認識だったと思う。他方, 日本では米国の影響が強いためか, 欧州については, 歴史, 芸術, 観光以外は余り強く意識されてこなかった感が強い。近年, 欧州は再生可能エネルギーの早期導入で世界に先行し, 更に, 気候変動対策とそのためのエネルギー源のシフト, 投資先の選別基準に環境負荷を取り入れるルール化の動きで世界をリードしつつある。

欧州は過去の植民地支配から欧州連合形成まで, 伝統的に, ルール作り, 標準化に長けているように思う。本号最初の記事で紹介された, 再生可能エネルギーが世界的に大量導入された際の鉱物資源リスクに対処するため欧州が推進するサーキュラー・エコノミー構築も, ルール作り, 標準化の一環と見なせる。使用済製品から鉱物を取り出しての循環使用であり, 技術的には日本が得意とするリサイクルに近い分野とも言える。日本がうまくこの動向を把握し, ルール化, 標準策定に関与し, 国内外でうまく制度設計できればエネルギー安定供給および経

済分野で一定の地位を築くチャンスかもしれない。

続く2つの記事は, 経済開発協力機構に関するものである。加盟国数の割合からすれば, これらの記事も欧州中心の動きに関するものと捉えられる。どちらも原子力関係であるが, ポストコロナを見据えた動き, 今後世界的に拡大する廃止措置の動向についてであり, 最初の記事のルール作り, 標準化と似た側面とグローバル化の観点で重要な示唆を含む。

昨今のエネルギー情勢を見ると, 米国にはIoT, AIを主体にGAFA等のプラットフォームがあり, エネルギー分野でも米国の存在感が増している。また, その米国は, 同じくエネルギー・経済分野で巨大化してきている中国との関係で, いわゆる「米中戦争」となっている。

上記に加えて, サプライチェーンのグローバル化等, 世の中が複雑化し, 何事も国内では完結しなくなっている。このような中で弊所の令和3年度事業計画を含め, 本号の記事が, 皆様の今後の事業活動に少しでもご参考となれば幸いである。

編集責任者 茶木雅夫

季報 エネルギー総合工学 第44巻第1号

令和3年4月20日発行

編集発行

一般財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(6F)

電話(03)3508-8891

FAX(03)3501-1735

<https://www.iae.or.jp/>

(印刷) 株式会社 吉田コンピュータサービス

※ 無断転載を禁じます。