



Green Journal

グリーンフォーラム 2023年度 活動報告書

2024

巻頭言

新興国の台頭を 目の当たりにして

座長 藤井 康正



GREEN FORUM



寄稿

第7次エネルギー基本計画が
示すべきこと

学界委員 竹内純子

カーボンニュートラル実現に向けた
トランジション

学界委員 秋元圭吾

巻頭言

- 02 新興国の台頭を目の当たりにして
座長 藤井 康正

寄稿

- 03 カーボンニュートラル実現に向けたトランジション
学界委員 秋元 圭吾
- 04 第7次エネルギー基本計画が示すべきこと
学界委員 竹内 純子
- 05 環境技術の革新に向けて
—2023年度資源・循環技術委員会の活動から—
資源・循環技術委員会 委員長 水戸部 啓一

活動報告

- 06 第1回事例研究会
水素・アンモニアの動向
資源エネルギー庁／川崎重工業／クリーン燃料アンモニア協会
- 14 第2回事例研究会
クライメート・ファイナンス
経済産業省／三菱UFJリサーチ&コンサルティング／日本政策投資銀行
- 22 第3回事例研究会
地上の太陽 フュージョン（核融合）エネルギー
内閣府／量子科学技術研究開発機構／東京大学大学院
- 30 資源・循環技術委員会
最新の環境技術
- 38 夏季フィールドワーク NEC我孫子事業場
ネイチャーポジティブ、地域とともに
- 43 秋季フィールドワーク 浮体式洋上風力発電「はえんかぜ」—長崎県五島市
「産・漁・官」で脱炭素 浮かぶ風車は経済も回す
- 50 特別座談会
持続的成長へこれからの環境経営
～気候変動で増大・複雑化する事業リスク
- 56 グリーンフォーラム特別シンポジウム
変わるサステナ情報開示「SSBJ基準」～企業への影響と対応
- 60 2023年度委員／グリーンフォーラム 関係諸機関

資料

- 61 2022年度 活動報告紙面

新興国の台頭を目の当たりにして

座長

藤井 康正

(東京大学 大学院工学系研究科 教授)

約2年半前に始まったウクライナにおけるロシアの特殊軍事作戦は、双方に甚大な損失をもたらしている。このウクライナ危機により、国際的な物流や金融も大きく揺さぶられている。その直接的な要因は、G7を中心とした西側先進国によるロシアへの経済制裁である。ロシア産の石炭、石油、天然ガス、鉄鋼製品などの輸入禁止、先端的工業製品などのロシアへの輸出禁止、国際的な決済ネットワークSWIFTからのロシアの排除、ロシア中央銀行の資産凍結などである。

ただし、この西側先進国によるロシア制裁はあまり成果が出ていないようで、逆に西側先進国の経済に悪影響を及ぼしているように思われる。特にロシア産の安価な天然ガスに依存していたドイツ経済への影響は大きいと聞く。30年ほど昔であれば、発展途上国の経済規模は小さかったため、西側先進国が輸入を禁止すれば、それなりの制裁効果が期待できたのであろうが、インドや中国などの新興国が台頭した現在ではそうはいかない。

例えば、中国の電力需要の大きさは、日本の約10倍、アメリカ合衆国の約2倍の規模となっており、彼我の立場は逆転している。また、太陽光や風力を利用した発電設備の世界全体の半分近くが中国に設置され、電気自動車にしても世界全体の半分以上が中国で販売されている。地政学的な安全保障問題にしても、気候変動問題などの地球規模の環境問題にしても、新興国の協力がなければ、実効的な対策はとれない。日本は、自らの影響力が急速に減退しつつあることを認識しなければならない辛い時期にあるのであろうが、人類の発展に寄与する国として、少しでも尊敬されるような国であればと思う。

2023年度の事例研究会では、初回は「水素・アンモニアの動向」というテーマで、6月に改訂された政府の水素基本戦略、液化水素海上輸送による水素サプライチェーン構築、そして非化石燃料としてのアンモニア利用についての話を伺った。水

素利用は、机上の空論ではなく、日本が世界をリードする現実のプロジェクトとして進みつつあることを認識した。第二回は「クライメートファイナンス」に関して、政府によるGX経済移行債に関する政策動向、国際的なアライアンスやイニシアティブの動向と課題、国内企業や地域金融機関での移行債の活用状況や課題などについて議論した。気候変動対策の社会実装に向けた資金供給を具体的に進める方策について知見を深められた。

そして第三回目は「地上の太陽 フュージョン（核融合）エネルギー」として、政府による関連技術イノベーションに関する戦略、核融合発電とその関連技術の産業展開、そして最前線の研究課題と実用化への道筋についての講演を伺った。投資対象としても昨今注目を集めており、不確実性は大きいものの夢に向けて前進している状況がうかがわれた。

2023年度も多くの方々のご協力を得てこれらの事例研究会を開催できたことを嬉しく思うとともに、この場を借りてご関係の皆様には心より感謝申し上げます。



カーボンニュートラル実現に向けた トランジション

学界委員

秋元 圭吾

(地球環境産業技術研究機構 主席研究員)

世界は産業革命以前比1.5℃未満とする目標の実現、2050年頃のカーボンニュートラルの実現といった意欲的な目標を掲げている。他方、世界排出量の増大、気温上昇は止まらず、2023年の世界気温は1.45℃程度の上昇であったとされている。世界のリーダーらは足下の現実を直視できずにいる。意欲的な目標は重要だが、意欲的過ぎる目標は、具体的な実現への道筋を描けなくなり、効果的な気候変動抑制に却って逆効果にもなりかねない。カーボンニュートラルの早期実現自体は重要であるが、実現の時間軸について柔軟性を持ちつつ、適正な移行が重要と思われる。

2023年12月に開催されたCOP28におけるグローバル・ストックテイクの決定文書では「パリ協定の内容を踏まえ、各国それぞれ異なる国情、経路、アプローチを考慮し、各国ごとに自ら決定した方法で、以下の世界的努力への貢献を要請する」とされた。ここでも、様々な事情を踏まえた移行という考え方が反映されている。

2023年度はクライメート・ファイナンスに関する話題も取り上げられた。とりわけ、欧州がEUタクソミーのように、グリーンか否かの2元論的な扱いを志向する中、日本政府はトランジション・ファイナンスの重要性を主張し、それを推し進めてきた。2024年2月に初回発行となった政府自身のGX経済移行債(総額では20兆円程度を予定)も、国債としては初となるトランジションラベル付きとして発行された。弊機構でも、トランジション期間での投資の参考にもしてもらうため、2024年1月に世界モデルを用いつつ、

2℃や1.5℃目標と整合性のとれた世界と日本の部門別の対策の道筋を導出した「カーボンニュートラルに向けたトランジションロードマップの策定」を公表した。国、部門によって一様な排出削減率が経済合理的なわけではなく、国、部門によって、削減の経路、アプローチが異なることを示している。

事例研究会でのクライメート・ファイナンスの最新動向の紹介、そして意見交換は大変有益であった。

世界は意欲的な目標を表面的には引き続き志向しているが、実態的には急速に現実解を模索し始めてきているように見られる。日本が主導してきたトランジションの重要性とその実現に向けた取り組み、トランジション・ファイナンスは、必ず、世界で評価されるようになるはずである。産官学一体となって、それぞれの役割を果たし、国、部門によって、差異ある取り組みを許容し、差異はあっても共通なる努力による排出削減が着実に進み、効果的な気候変動抑制に貢献していくことが重要である。

引き続き、多様な視点を持ちながら、気候変動対策、SDGsの同時達成を探っていききたいし、本フォーラムが少しでもそれに資することを期待している。



第7次エネルギー基本計画が示すべきこと

学界委員

竹内 純子

(国際環境経済研究所 理事・主席研究員 東北大学特任教授)

わが国のエネルギー政策の羅針盤とも言われる、エネルギー基本計画の検討が始まった。エネルギー政策に大きな影響を与えるのが、気候変動目標だ。パリ協定の締約国は5年ごとに目標を更新する義務があり、来年2月までに提出せねばならない。現在わが国は、「2030年までに13年比46%削減」を掲げているが、日本がホスト国を務めた2023年のG7気候・エネルギー・環境大臣会合コミュニケでは、「世界のGHG排出量を2019年比で2030年までに約43%、2035年までに60%削減することの緊急性が高まっていることを強調する」との文言が記載された。これが先進国の新たな目標の「相場観」となる。

これまでわが国は、政策の積み上げに基づいて削減目標を決定しようとしてきたが、これほどに野心的な削減目標に整合するように長期のエネルギー需給見通しを描くことは、ほぼ不可能、むしろリスクとなる。第6次エネルギー基本計画策定時に示された長期エネルギー需給見通しは、気候変動目標との整合性を優先し、2030年の化石燃料使用量は極めて抑制的な数字とされた。自由化による不確実性の高まりもあって、大手エネルギー事業者は燃料の長期契約を急速に減少させており、燃料価格高騰に対する脆弱性を高めてしまった。

新たな気候変動目標は、政策的裏付けよりも、他国と同程度の数字を提出することが重要視されることになるだろう。

【計画の位置づけの変化と提示すべき論点】

エネルギー基本計画の位置づけの変化にも注目が必要だ。産業構造や産業立地の転換などを要素とする「GX国家戦略」の策定作業が進められており、エネルギー基本計画はその一部と位置づけられた。

その上で、次期計画が示すべき論点を整理したい。

第一に、化石燃料は戦略物資であり、その確保に万全を期すというメッセージを出すことだ。脱炭素を目指す移行期間においても、化石燃料を安定的な価格で確保

し続けることは死活的に重要だ。政府は資源外交の努力を強化するとともに、自由化の進展と気候変動対策の強化によって不確実性が増したエネルギー事業に対して、サプライチェーンを維持することができるよう対策を講じる必要がある。

第二に、原子力発電活用に向けた事業環境整備における論点やプロセスを明確化することだ。気候変動対策として電化が進むことに加えて、生成AIの急伸により電力需要は今後急増すると見込まれている。デジタル化による電力需要の増加スピードについて行くことができるのは既存の原子力の再稼働であり、2030年代以降も需要増の傾向が続くのであれば新增設の議論も具体化させねばならない。安全規制及び事故時の損害賠償制度の適正化、技術・人材の維持など多様な論点にどう取り組むのかを示すべきだ。

第三に、気候変動対策はコスト負担や強制的手法を伴うことを国民に伝え、覚悟を促すことだ。脱炭素はプラスの側面もあるが、コスト負担や雇用の喪失などの痛みは間違いなく起きる。政府は将来のカーボンプライシングの導入を決めたが、消費者に強い負担をかけることは無いとしている。製品・サービスをグリーン化するために必要なコスト差を埋められるのか不確実な状況では、インフラや製造業の設備投資に踏み切れない。どこまでの規制的手法を導入するかを示すことは喫緊の課題だ。新たな基本計画が、今後のエネルギー政策が果たすべき「宿題」にどこまで踏み込んで表現できるのかに注目したい。



環境技術の革新に向けて —2023年度資源・循環技術委員会の活動から—

資源・循環技術委員会 委員長

水戸部 啓一

(国際環境経済研究所 理事)

気候変動やエネルギー分野に関して、2022年から2023年にかけて各国で新たな動きがあった。欧州ではネットゼロ達成に必要なクリーンテックや産業の技術革新の中心地にEUがなることを目指す欧州グリーンディール産業計画（Green Deal Industrial Plan）が発表され、規制環境の改善、資金調達の支援、人材開発、貿易の促進の4つの柱が掲げられた。米国ではインフレ抑制のために、エネルギー安全保障と気候変動対策につながる産業を対象に、税控除や補助金などを支援するインフレ抑制法（Inflation Reduction Act）が成立している。一方、日本でも化石燃料中心からクリーンエネルギー中心の経済・社会へ移行と変革を図るGX（Green Transformation）実行会議が設置され、関連法が成立した。各国ともに気候変動などの対応とともに、自地域の産業競争力を高めるための成長戦略として規制や優遇、投資などの支援策が柱となっている。

カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーの実現に向けては、省エネや3Rなどの様々な削減努力が重要だが、更に大きな変革には新しい技術の創出と普及が不可欠である。今年度の資源・循環技術委員会では、会員企業の創発を促すことを狙い、最新の環境技術の発表と討議を行った。発表されたテーマは、①製品に使用されているプラスチック材の循環をデジタル情報として管理・共有する「プラスチック情報流通プラットフォームのプロトタイプ開発に関するNECの取り組み」。②パナソニックホールディングスからは、石油プラスチックの代替として多彩な植物資源を活用する高濃度セルロースファイバー成型材「植物由来のプラスチック『kinari』」③水素エネルギーの活用として自動車の燃料電池をリユース

した定置電源の実証実験「Hondaにおけるリユース電池を活用したデータセンター定置用燃料電池電源の取り組み」の3件である。いずれもがこれからの重要なテーマであるが、事業化や事業拡大についてはビジネス上の超えるべき課題があると認識されている。

イノベーションには、アイデアの創出に始まり、研究・開発と製品化、市場への投入と社会への普及といったステージで乗り越えなければならない壁がある。革新的なアイデアが生まれても、既存のビジネスが好調なほど新しい技術や製品などへの組織内の関心は低く、認知に多くの努力が伴う。まして実用化を巡っては当面の利益に寄与しないものへの投資に難色を示す経営層も少なくない。さらには巨額な投資のリスクから市場拡大の波に乗れないケースも多々ある。一時は日本がトップシェアを占めていた液晶パネルやリチウムイオン電池などでさえ、今や国別シェアを大きく減らしている。

イノベーションの実現には、個人や企業が新たな技術やシステムの開発や普及に挑戦し、リスクに立ち向かうことが出来る環境をつくる必要がある。その為にマネジメントのリーダーシップが重要であり、加えて継続的な投資が出来る仕組みも不可欠な要素である。新たな環境技術の創造と普及に向けては、GXの推進が一つのきっかけになることを期待したい。



第1回 事例研究会

水素・アンモニアの動向

グリーンフォーラム（藤井康正座長＝東京大学大学院工学系研究科教授）は、7月6日に2023年度第1回事例研究会を開催した。テーマは「水素・アンモニアの動向」。活発な議論が展開された。

(1) GX 実現に向けた 水素・アンモニア政策の動向

「脱炭素×成長」へ 規制・支援一体的に措置

資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部
水素・燃料電池戦略室長

安達 知彦 氏

脱炭素社会への移行、経済成長とエネルギーの安定供給の三つを同時に実現することを目指す政府のグリーン・トランスフォーメーション（GX）政策と、注力分野の一つである「水素」「アンモニア」の戦略について紹介したい。

水素は使用時に二酸化炭素（CO₂）を排出しないだけでなく、多様な製造源が存在するという特徴がある。化石燃料であるガスから生成することもできるし、水を酸素と水素に分離する水電解で生成することもできる。そのため従来の資源国に限定されない地政学的な意味を持たせることもできる。

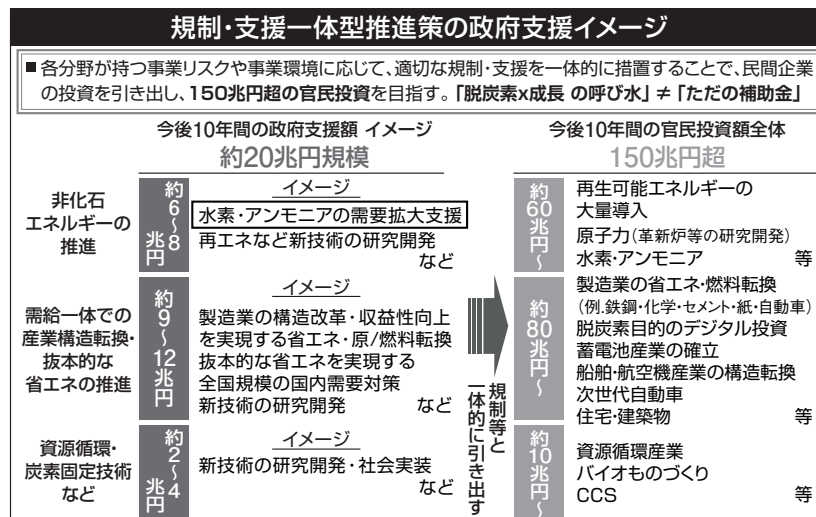
再生可能エネルギーが豊富な国では、余剰再生エネや安価な再生エネを利用してグリーン水素を生成し、それを輸出していくという産業政策に本腰を入れはじめている。特に、グローバル・サウスと呼ばれる、従来は資源



国でない国の力の入れようも目立つ。電気は送電線が繋がっていないと外国に送れないが、それを水素に変えることで輸出し、外貨獲得が可能となるシナリオだ。日本においては、化石燃料偏在による従来の資源国依存を減らし、資源の調達先の多様化が期待できる。

水素は古くて新しい産業であり、本格的な導入には産業転換が伴う。欧米をはじめとして水素を含めたクリーンエネルギーへの支援や投資は拡大の一步を辿っている。日本政府も①脱炭素 ②エネルギー安定供給 ③経済成長の「一石三鳥」を目指すことをGX政策として推進している。

一方、再生エネ由来電気を利用した水電解によるグリーン水素製造において、リスクシナリオとして製造元の偏りや、製造装置で使われる希少金属の供給がボトルネックになる可能性がある。レアメタルやレアアースは生産国



が限られている上、権益取得者に分量や取引先が左右される。エネルギー安全保障の観点からは、部素材の調達先や製造元が分散されていくことや、希少金属を使わない水電解装置の開発を進めていくことが望ましい。

水素の社会実装を加速していくには、サプライチェーン全てを育てていく必要がある。「つくる」、「はこぶ・ためる」、「つかう」といったさまざまな場面で新しい投資が必要だ。大規模で導入していくためには、コストやインフラ整備の問題もある。政府はさまざまな政策ツールを導入して規制・支援一体型で推進していく方針だ。

日本の新エネルギー戦略は1974年のサンシャイン計画にさかのぼる。オイルショックをきっかけとした、太陽光や水素などの開発と実用化を目指した国家プロジェクトだ。石油資源枯渇というエネルギー危機に端を発しながら、この時点で無公害・無尽蔵のクリーンエネルギーを活用していこうとする先人たちの知恵があった。

2017年12月、政府は世界初となる水素基本戦略を策定した。そして20年のカーボンニュートラル宣言。これが後押しとなり、同年12月のグリーン成長戦略で水素とアンモニアが優先的な注力分野となり、2兆円規模のグリーン・イノベーション基金の設立や23年5月にはGX推進法の成立とともに約5年ぶりとなる水素基本戦略の改定に至った。

今回の改定では、水素のエネルギーとしての利用の本格化と、関連産業で世界市場をターゲットとした絵姿を描いている。供給面では40年の導入目標として1,200万吨を位置づけた。需要創出面では日本の技術力の強みを生かし、世界展開を見据えた発電、燃料電池、産業分野を中心に据えている。また、今年のG7声明で確

認された通り、従来の「色」による区別から、製造における炭素集約度の概念の採用という方向性を示した。

水素化合物としての燃料アンモニアは、発電や船舶用燃料、工業炉といったアプリケーションで用途拡大が見込まれる。中でも窒素酸化物(NOx)を抑制した石炭との混焼によるアンモニア発電は日本独自技術。20%混焼、50%混焼、専焼などシナリオはあるが、仮に日本の電力会社が全石炭火力で導入すれば、数千万トン規模でCO₂排出を削減できる。見方を変えれば、電力逼迫リスクのある中で一気に石炭火力をゼロにすることは現実的ではない。今あるものを使いながら脱炭素化にも有効な燃料ということだ。しかもアンモニアは輸送や貯蔵において既存インフラを活用できるため、導入のタイムラインは水素より短くできる可能性がある。

政府も国際社会でアンモニア発電や燃料アンモニアの有用性を唱え、仲間づくりを進めている。今年3月には、ミャンマーを除く東南アジア諸国連合(ASEAN)と豪州による脱炭素の連携枠組み「アジア・ゼロエミッション共同体(AZEC)」も動き出した。

GX推進法が5月に成立し、GX推進機構の立ち上げも進んでいる。推進法では10年間20兆円規模というGX経済移行債の発行を予定し政策の財源的な裏付けを持たせる。事業リスクや環境に応じた規制・支援を一体的に措置する。脱炭素成長型経済構造への移行推進には、今後10年間で150兆円を超える官民投資が必要と試算する。そういう意味では、この20兆円はただの補助金ではなく、「脱炭素×成長」に向けた産業転換の呼び水として官民投資を導いていくものとなる。

(2) 国際水素サプライチェーン実現に向けた川崎重工業の取り組み

世界初の液化水素 海上輸送を完遂

川崎重工業 水素戦略本部 プロジェクト総括部

亀野 雄一 氏

川崎重工業は、水素を「つくる」「はこぶ・ためる」「つかう」サプライチェーン全体の技術を保有する唯一の企業として、世界の脱炭素に貢献すべく取り組んでいる。本日は、二酸化炭素（CO₂）削減への貢献に向けた天然ガスから水素への転換を進める国際水素サプライチェーン構築について紹介したい。

川崎重工では、安価で大量かつ安定的に調達可能な豪州の褐炭とCO₂貯留に着目している。褐炭から水素ガスを製造し、CO₂を分離・回収。得られた高純度の水素を液化し、専用運搬船で日本へ海上輸送するチェーンとなる。

水素の大量輸送手段としては、輸送効率の面から液化水素を選択。水素はマイナス253度Cで液体になり、体積は気体の約800分の1まで小さくなる。この極低温の液化水素の貯蔵には高性能な断熱システムを採用し、液化天然ガス（LNG）と同等な長期間貯蔵を実現する。

液化水素は水素そのものであるため需要地での精製が不要となる。需要地で気化させるだけで発電用の燃料や、高純度が要求される燃料電池車の燃料としてそのまま供給可能な水素ガスが得られる。また大気との熱交換で容易に気化が行えるため、新たな高温の熱エネルギーも不要である。

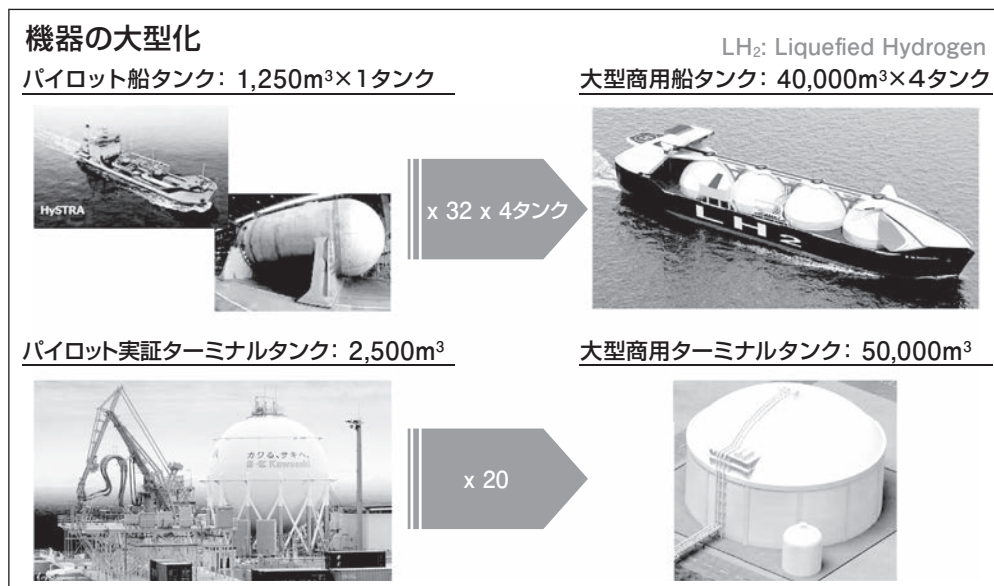
水素は毒性がなく、無臭で温室効果もない。非常に軽く拡散しやすいため、緊急時には大気放出が可能であり、周辺環境への影響が極めて小さいことも大きな特徴。川崎重工はこうした水素のメリットを生かしながら、自社の技術をもとに水素サプライチェーンの実現を目指している。

水素製造に使用する褐炭は、埋蔵年数が数百万〜数千万年程度の若い石炭である。豪州ラトロープバレーの露天掘り褐炭炭鉱は、地表を1メートル程度取り除けば、深さ250メートルまで褐炭層が続く。このラトロープバレー一帯だけでも、日本の総発電量の240年分のエネルギーに相当する膨大な量の褐炭が埋蔵されている。

褐炭は重量比で50-60%と多くの水分を含んでいる。一方で乾燥すると自然発火しやすいため輸送が困難であり、現在では現地の火力発電利用に限定されている。それ故、採掘権のみの未利用資源と位置づけられており、この褐炭を用いて水素ガスを大量かつ安定的に製造することが、水素の低コスト化において経済的かつ有力な方法の一つと考えている。

豪州の褐炭をもとにした日豪液化水素サプライチェーン実証は、商用レベルの100分の1程度のプロトタイプ規模の機器でサプライチェーンを構築して、必要な要素技術





を確立するものである。国内においては神戸空港島の液化水素荷役基地に貯蔵タンクを建設し、世界初の液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」を建造した。

「すいそ ふろんていあ」の基本構造は、内航船のLNG運搬船をベースに1,250立方メートルの蓄圧式真空二重構造の俵型液化水素タンクを搭載し、満載での輸送能力は約75トンとなる。LNGより沸点が90度C低く、また気化熱の小さい液化水素は気化しやすい。タンクにはLNGの10倍以上の断熱性能が求められるため、タンク内槽と外槽の間を高真空にする真空二重殻構造を採用し高い断熱性能を確保している。

神戸空港島に建設した液化水素荷役基地「Hy touch 神戸」は、マイナス253度Cの極低温の液化水素に対応した設備で構成されている。国内最大2,500立方メートルの真空二重構造の球形液化水素タンクは、約40年前にロケット打ち上げセンターに納入した実績のあるタンクをスケールアップしたもの。揺動する船と陸上基地の配管を接続するローディングアームは、真空二重構造のフレキシブルホース式に加えて、鋼管型で自在接手を備えるスイベル式ローディングアームも設置している。

Hy touch 神戸では2020年6月から基地タンク単独の

実証運用を開始。21年7月に「すいそ ふろんていあ」への世界初の船陸間荷役となる液化水素の充填試験を経て、22年2月には日豪間で世界初の液化水素海上輸送を完遂した。さらに日本が世界の脱炭素化をリードしていくアプリケーションとなるガスタービン発電については、同年に日豪サプライチェーンによる褐炭由来水素を含む豪州産の液化水素を燃料とした水素ガスタービンによる発電実証運転を行った。

今後は商用化実証としてタンクや機器類の大型化を進め、製造量が日量50トン規模の液化機や、5万立方メートルの陸上基地用円筒形タンク、さらには4タンク合計で16万立方メートルの大型液化水素運搬船の実現を目指していく。全長約116メートルの「すいそ ふろんていあ」は商用規模になると全長約300メートル、液化水素の搭載量は約1万トンとなる。そして30年に実証設備を拡張して商用サプライチェーンを構築。チェーンを増やしながらか50年にLNGと同等のコストを目指す。

これら「つくる」「はこぶ・ためる」「つかう」といった川崎重工の技術を通して、商用化実証と商用サプライチェーンを着実に進め、日本が掲げるクリーンエネルギー社会実現に貢献していく。

(3) クリーン燃料アンモニアの バリューチェーン構築に向けた取り組み

日米パートナーシップで 安定調達

クリーン燃料アンモニア協会会長 代表理事

村木 茂 氏

2050年カーボンニュートラル（温室効果ガス排出量実質ゼロ）実現において、アンモニアにはCO₂が発生しないゼロエミッション燃料として大きな役割が期待されている。直接燃焼できるアドバンテージがあり、日本が先行するアンモニア発電など世界の脱炭素への貢献が目されている。また水素エネルギーキャリアの有望な候補であり、体積当たりの水素含有量は液化水素の1.5倍、有機ハイドライド系の2.6倍。沸点はマイナス33度Cと高く、20度Cの8.5気圧で液体になるため、海上輸送や貯蔵にも適している。

一方、サプライチェーンにおいては、すでに尿素や肥料など化学品原料として製造、商取引されており、従来利用されている設備を活用できる。製造から輸送・貯蔵に至るコスト構造も明確だ。約500度Cの熱でクラッキング（脱水素）して水素供給もできるため、水素の長期備蓄としても有効活用できる。

コスト面では18年試算で、米国産ブルーアンモニアの調達は水素1立法メートル当たり20円台前半。経済環境の変動を踏まえれば、現状は20円台後半。水素基本戦略が目標とする30年に30円という水素価格を下回る可能性は高い。

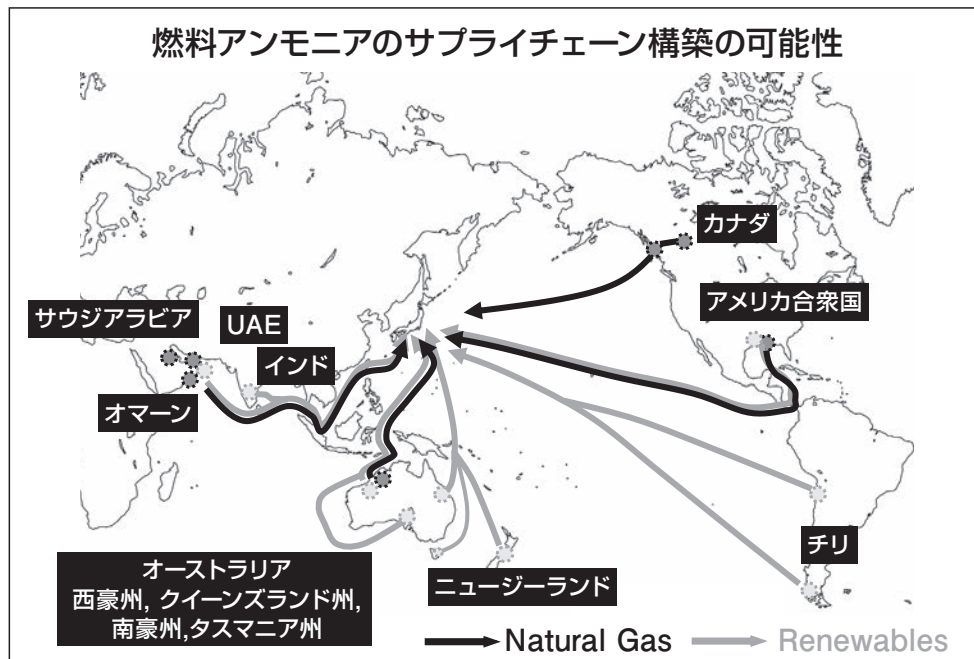
アンモニアの製造技術は、100年の歴史のあるハー



バー・ボッシュ法。現在は天然ガスを原料とし、改質段階で原料の約3割が加熱燃料として使用される。液化天然ガス（LNG）は液化時の燃料使用比は約10%であり、LNGに比べてコストの割高感は否めない。

燃料アンモニアは、政府の産業政策「グリーン成長戦略」における重点分野の一つ。官民一体で導入拡大を進める協議会の中間報告には、LNGなどと同じ轍を踏むことのないよう原料権益やサプライチェーン主導による安定確保、コスト低減など6項目が並ぶ。クリーン燃料アンモニア協会には、17カ国200超企業や政府系機関などが参画。協議会の中核的役割を担うとともに、国際連携プラットフォームの提供や標準化・技術基準の評価検討を通して燃料アンモニアの社会実装と、供給から利用に至るバリューチェーンの構築に取り組んでいる。

アンモニアの燃料としての実装は、かなり近づいている。一つ目は石炭火力発電での混焼。これは低炭素ランジション技術として極めて重要だ。アンモニアは燃焼速度が遅いため石炭との混焼は相性がいい。燃焼時に窒素酸化物（NO_x）が生成されるが、このフューエルNO_xは燃焼技術によって石炭専焼と同レベルまで抑制できる。温暖化係数の大きい一酸化二窒素（N₂O）が発生するといった誤解もあるようだが、アンモニアの高温燃



焼では N_2O は発生しない。発生するとすれば全て NO_x だ。

二つ目はガスタービン。ガスタービンは低 NO_x 燃焼機構の解明により、混焼率の上昇や専焼化技術の実証が各社で進んでいる。例えば2メガワット級の中型機では、アンモニアを気化せずに液体アンモニア100%専焼タービンが25年までの完成を目指して開発中だ。

非常に重要なのが船用エンジン。ディーゼルエンジンのアンモニア燃料化においては、小型4ストロークと大型2ストロークエンジンの二つの国産エンジンプロジェクトが24-26年の開発完了を目指して進行している。世界の主要船用エンジンメーカーもアンモニア利用へ名乗りを上げており、国際エネルギー機関（IEA）による船舶市場の燃料シェア見通しは50年までに46%。アンモニア需要として2億3,000万トンに拡大すると見込まれている。この見通しは、現在、世界で製造される肥料用アンモニアを超える量になる。

クリーン燃料アンモニア協会では、燃料アンモニアのインフラ形成としてハブ基地構想を進めている。大型運搬船（VLGC）でハブ基地へ輸送。内航船で二次輸送する。候補地は福島・小名浜や山口・徳山、名古屋・碧南などを想定する。また受け入れ基地ではアンモニア

備蓄、水素供給も視野に入れる。

普及のロードマップとしては30年に300万-500万トン。これは石炭火力での混焼が中心で、これにガスタービンや水素供給が加わるだろう。第6次エネルギー基本計画の電源構成で、30年に水素・アンモニア発電で1%という目標は、アンモニアだけでほぼ達成できる規模とみている。

サプライチェーン構築は、世界中でプロジェクトが動いている。ブルーアンモニアはメキシコ湾岸の米テキサス、ルイジアナが有力。サウジアラビアやアラブ首長国連邦（UAE）も立ち上げが進む。グリーンアンモニアでは豪州。西豪州やクイーンズランド、サウスオーストラリア、タスマニア。将来的に可能性が高いのはインドやチリ。太陽光の強度や風況を生かした再生可能エネルギーを促進し、グリーン水素国家戦略を推進している。

現在、政府において新国際資源戦略の検討が進んでいる。その中で経済性や政策上の戦略的意義を踏まえた包括的連携国として米国、カナダ、豪州、ノルウェーの4か国が選定されている。こうした政策も受けて本協会では、米国において日本企業と現地企業によるパートナーシップを形成し、両国の政府支援なども活用しながら競争力あるアンモニアの調達を実現することにも取り組んでいる。

意見交換

新たな低コスト化スキーム必要

藤井康正座長 本日のテーマは「水素とアンモニア」。どちらも従来の化石燃料とは違う難しさがある。しかしカーボンニュートラル(温室効果ガス排出量実質ゼロ)を目指すとなると、こうした新エネルギーを社会的に広く使っていくことが求められる。

竹内純子委員 水素基本戦略の改定はタイミング的によかった。また主要7カ国(G7) 気候・エネルギー・環境相合会で炭素集約度という議論に持ち込めたことも、日本にとって正しい戦いをする上で重要なステップだったと思う。ただ資源小国の日本において、原子力由来の水素について触れられなかったことはやや残念だったと感じる。

(資源エネルギー庁) **安達知彦氏** 水素は多様な製造源があり、日

本にとって多くの選択肢を持つことが重要。原子力由来については、これまで審議会や官民協議会でも明確に議論しておらず、政府の原発政策を見ながら考えていきたい。

竹内委員 コスト低下には国際マーケットでの需要拡大が重

要。水素とアンモニアのマーケットの立ち上がりについて、どのように捉えているか伺いたい。

(川崎重工業) **亀野雄一氏** ①液化水素運搬船の大型化
②液化水素荷役基地の大型化で、2030年に1Nm³(ノルマル

リューベ) 当たり30円をターゲットにしている。海上輸送コストについては、大型化によって1Nm³当たり89

円から約2.5円程度まで下がると試算している。世界中からプロジェクト案件が寄せられており、中東企業とも協業契約を締結した。世界の関心は高くマーケットは確実に立ち上がるだろう。

(クリーン燃料アンモニア協会) **村木茂氏** アンモニアはかなり具体的になってきている。韓国やシンガポール、欧州も

動いており、サプライチェーンは数年で立ち上がってくるだろう。直接燃焼技術は日本が先行する分野。この技術を生かしてサプライチェーンを構築し、ビジネスチャンスにつなげていく。日本の産業貢献、更にはエネルギーとして自立できるシナリオを

産業貢献へ大規模 サプライチェーン構築 必須



グリーンフォーラム 2023年度第1回事例研究会 全体討議(本社会議室)

つくり関係省庁と具体的な議論を始めている。

(東レ)野中利幸氏 アンモニアは化学業界も期待している。ナイロン原料カプロラクタムのグリーン化による付加価値化を社内でも検討している。当社の愛知工場はタンクも港直結で保有しており、ノウハウもある。国内拠点の一つとして名古屋地区はポテンシャルが高いと感じている。

秋元圭吾委員 20兆円のGX 経済移行債は非常に大きいように思えるが、10年間という期間では決して大きな金額ではない。水素・アンモニアの現状コストを考えると、値差を補填したとしても、高い単価のままではあっという間に枯渇してしまう。出口戦略はどのように考えているか。

安達氏 20兆円というヘッドラインは大きいですが、時間と用途でブレイクダウンしていくと個別分野へのインパクトは限定的という場合もあるかもしれない。出口戦略としては当初からただの補助金とせず、支援対象案件には①大規模サプライチェーン構築などによるコストダウン見通しを持つ自立化の総姿②上流権益によるコストコントロール機能③産業競争力への貢献の三つを軸に求めていく方針だ。

亀野氏 サプライチェーンの数を増やすことによって、水素は50年には1Nm³当たり20円までコストダウンが可能である。これは既存の液化天然ガス(LNG)と互角であり自立化へ繋がるものと考えている。

村木氏 日本の産業政策に役立つこと、10年支援を受けて自立できるかということが重要だ。米国产ブルーアンモニアのサプライチェーンを検討しているが、水素キャリアの中では最も競争力はあるが、既存の化石燃料とはまだ価格差がある。上流権益やパートナーシップ形成、サプライチェーン全体への日本企業のプレゼンスなど、従来できなかった新たな低コスト



グリーンフォーラム座長 東京大学大学院 教授 藤井康正氏

化スキームの構築が必要だ。

野中氏 水素は、やはり再生エネ適地でないとなかなか難しい。当社も欧州で水電解水素での部材事業や中東での水事業を通じて肌感覚で感じている。日本での実証はもちろんだが、世界のパートナーとの連携による国際実証での政府支援策に期待している。

藤井座長 水素・アンモニアのように二酸化炭素(CO₂)排出を伴わない新エネルギー輸送と等価なものとして、排出権の国際取引がある。権利の電子的な移動だけでよいが、現物を伴わないので心もとない気がする。水素・アンモニアが安価に利用できれば排出権に頼らなくてよい。本日はありがとうございました。



第2回 事例研究会

クライメート・ファイナンス

グリーンフォーラム（藤井康正座長＝東京大学大学院工学系研究科教授）は、1月26日に第2回事例研究会を東京都中央区の日刊工業新聞社本社で開催した。テーマは「クライメート・ファイナンス」で、活発な議論が展開された。

(1) クライメート・トランジション・ファイナンスの最近の動向

脱炭素投資
GX移行債呼び水に拡大

経済産業省 産業技術環境局
GX金融推進室兼GX推進機構設立準備室 総括補佐

石川 なな子 氏

世界の金融市場では、ESG（環境・社会・企業統治）投資額が急増し、気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）、国際サステナビリティ基準審議会（ISSB）をはじめとする気候変動関係の開示に関する制度整備が進んでいる。あらゆる産業が脱炭素社会に向けて大変革期に突入し、カーボンニュートラル（温室効果ガス排出量実質ゼロ）に向けた取り組みが国、産業、企業の競争力に直結するグリーン・トランスフォーメーション（GX）時代に突入した。

社会全体としてカーボンニュートラルを実現するためには電化・電源の非化石化に加えて、いわゆる「ハード・トゥー・アベイト」セクターに代表される製造業や運輸部門における熱・原料の脱炭素化への対策がなくてはならない。グリーンな分野をよりグリーンにするだけでなく、既存技術では排出削減を一足飛びで進められない産業の



グリーン化に向けて、新たな技術開発による大胆な排出削減や段階的なトランジション（移行）戦略を対象とするファイナンスを推進していくことが求められる。この脱炭素化への段階的な移行支援を目的とした金融手法がトランジション・ファイナンスだ。

政府は排出削減をさらに進めて産業競争力を強化すべく、2023年5月にGX推進法を制定し、7月にGX推進戦略を閣議決定した。エネルギー安定供給の確保を前提とした取り組みと、それを具現化して後押しする成長志向型カーボンプライジングによって脱炭素と経済成長を両立する。

カーボンプライジングの重要な一翼を担うのがGX移行債であり、個別銘柄として発行するトランジション国債の名称はクライメート・トランジション利付国債。2月の初回発行では、10年債と5年債で計1.6兆円。脱炭素社会

への移行を目的とした国債の発行は世界初の試みだ。

GX 移行債は今後10年間で約20兆円規模を計画する。これによる先行投資支援を行うことで、トランジションに向けたさまざまな新技術開発、再生可能エネルギーや省エネの導入、水素など脱炭素電源のインフラ整備などを行う。対象は民間企業のみでは投資判断が困難な事業とし、排出削減と競争力と成長、つまりG（グリーン）とX（トランスフォーメーション）

いずれも実現するものに優先順位を付けて実施していく。

政府は、このGX 移行債を呼び水として企業のGX 投資の素地をつくり、官民あわせて10年間で150兆円を超える脱炭素投資に結び付けていくとともに、50年カーボンニュートラルに向けた産業構造転換を後押しする。

GX 移行債の償還には、企業の二酸化炭素（CO₂）排出に課金して削減を促すカーボンプライシングの財源を使う。一つは26年から本格稼働する排出量取引制度で電力事業者に排出枠を割り当てて徴収する有償オークション。もう一つは28年度から化石燃料の輸入事業者に対してCO₂量に応じて賦課金を求める化石燃料賦課金だ。これらを償還財源に回し、また企業の早め早めの脱炭素投資をインセンティブ化する。

日本のトランジション・ファイナンスは20年以降、累計1兆円規模に達している。さらに、政府自身がトランジション・ボンドの発行体となることで、脱炭素に対する資金使途を明確化し、トランジション・ファイナンス市場の拡大、活性化を加速する。

トランジション・ファイナンスは、日本に限った取り組みではない。アジアは世界全体の排出量の半分以上を占めている。その一方で、欧米やアフリカに比べて再生エネの賦存量が小さい。しかも、今後の人口増や経済成長

「クライメート・トランジション・ボンド・フレームワーク」の概要
＜調達資金使途の分類について＞

大分類	適格クライテリア	代表的な資金使途(適格事業)
1 エネルギー効率	徹底した省エネルギーの推進	省エネ機器の普及
	住宅・建築物 脱炭素目的のデジタル投資 蓄電池産業	省エネ住宅・建築物の新築や省エネ改修に対する支援 省エネ性能の高い半導体光電融合技術等の開発・投資促進 蓄電池・部素材の製造工場への投資
2 再生可能エネルギー	再生可能エネルギーの主力電源化	浮体式洋上風力 次世代型太陽電池(ペロブスカイト)
	インフラ	脱炭素に資する都市・地域づくり
3 低炭素・脱炭素エネルギー	原子力の活用	新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉
	カーボンニュートラルの実現に向けた電力・ガス市場の整備	ゼロエミッション火力への推進 海底直流送電等の整備
4 クリーンな運輸	運輸部門のGX	次世代自動車の車両導入の支援 2030年代までの次世代航空機の実証機開発、ゼロエミッション船等の普及
	インフラ(再掲)	脱炭素に資する都市・地域づくり
5 環境適応商品、環境に配慮した生産技術及びプロセス	製造業の構造転換(燃料・原料転換)	水素還元製鉄等の革新的技術の開発・導入 炭素循環型生産体制への転換
	水素・アンモニアの導入促進	サプライチェーンの国内外での構築 余剰再生可能エネルギーからの水素製造・利用双方への研究開発・導入支援
6 生物自然資源及び土地利用に係る持続可能な管理、サーキュラーエコノミー	カーボンリサイクル/CCS	カーボンリサイクル燃料に関する研究開発支援
	食料・農林水産業	農林漁業における脱炭素化
	資源循環	プラスチック、金属、持続可能な航空燃料(SAF)等の資源循環加速のための投資

により電力需要が増加するという課題を抱えている。このような地域においては、低炭素・脱炭素に向けた社会全体の段階的な移行を後押しするトランジション・ファイナンスに大きなポテンシャルがある。

政府はアジアの官民と協力をして、トランジション・ファイナンスの推進に向けてロードマップの策定や新技術の共同実証といった取り組みを進めている。そしてアジア内での脱炭素化を進めていく。

トランジション・ファイナンスでは金融機関の果たす役割は大きい。金融機関の投融資先の排出量を計る「ファイナンスド・エミッション(FE)」のみに着目することは、産業界・企業の脱炭素化を支援する資金供給を遠のかせる危険性がある。経産省は他省庁や金融機関・産業界と連携しながら、FEなどの課題の改善始め、カーボンニュートラルに向けた投資に資金がまわるような環境整備を後押ししていく。

社会全体の脱炭素化は日本のみならず世界的な課題。日本が今般、世界初のトランジション国債の発行を行い、それを財源・呼び水として日本のGXを官民挙げて推進していくとともに、GXや成長志向型カーボンプライシングを一つのモデルとして、トランジション・ファイナンスをアジア始め世界にもさらに普及していきたい。

(2) クライメート・ファイナンスの 国際動向

イスラム金融 確実に環境投資に浸透

三菱UFJリサーチ&コンサルティング フェロー

吉高 まり 氏

金融機関におけるカーボンニュートラルの対応には、大きく二つの側面がある。一つは金融機関自身の持続経営に向けたリスク対応。そしてもう一つは企業や産業の脱炭素化に向けた金融支援だ。そこで国連気候変動枠組み条約第28回締約国会議（COP28）を振り返りながら、ファイナンスと民間金融機関の国際動向を紹介したい。

まずCOP28では資金関連の発表が相次いだ。気候ファイナンスのコミットメントは新たに総額850億ドル以上となり、今年アゼルバイジャンで開催されるCOP29は、“ファイナンスCOP”になるだろうと言われるほどだ。今後の会議はクライメート関連ファンドに対して各国が官民でどう拠出し、それをアピールしていくかということも重要な視点の一つとなる。

カーボンドレジット（炭素排出枠）については足踏みとなったが、会期初日に運用開始の合意がなされた気候変動の悪影響に伴う「損失と損害」（ロス&ダメージ）基金は、UAEやドイツ、米国、英国、日本など拠出総額は7億ドルを超えた。そして適応基金については1.9億ドルとなった。

昨今、クライメートテックと呼ばれる気候変動リスクに対応する技術において「適応」関連のテクノロジーが増え

てきており、金融業界でも注目の分野だ。適応には、農業関連のモニタリングや衛星ビジネスといったリスク軽減や回避に向けた設備投資、技術や取り組みなどが該当し、資金充当に対する民間金融への期待は大きい。国内メガバンクでも活用検討が進められているが、こうした日本の強みの部分は技術ロードマップなどデータ整備が望まれるところだ。

グローバルクライメートファイナンスは、途上国やグローバルサウス（南半球を中心とした新興・途上国）に資金が流れづらいこともあり、民間も含めて資金の出し合いの様相を呈している。COP28でも、議長国であるアラブ首長国連邦（UAE）は、300億ドル規模の民間投資による気候基金創設や、アフリカと南アジアでの2億ドル規模のファンドなど、イスラム金融という大きな資金力に基づくイニシアティブを主導した。

今回、多くの金融機関がCOPへ行ったわけだが、それはなぜか。クライメート・ファイナンスにこうした新しい資金が動いていて、ドバイはそうした交渉ができる場所だったということだ。一般参加者が入場できる議場外のパビリオンでは、イスラム金融が緑化や農業系技術への投資に関する展示などとともに、カーボンドレジットの疑似取引まで行われていた。産油国を中心としたイスラム金



国内外の民間金融機関の動き～ファイナンスの定量目標を設定	
金融機関名	サステナブルファイナンス目標の概要
バンク・オブ・アメリカ	■2030年までに1.5兆ドルを投じるサステナブルファイナンス目標を設定。うち1兆ドルは気候変動対策とサーキュラーエコノミー、5,000億ドルは包摂的社会開発に投資
バークレイズ	■2018～2025年の間に合計1,500億ポンドを社会・環境・サステナビリティ関連分野に投資 ■2018～2030年の間に合計1,000億ポンドをグリーン分野に投資 ■2023～2030年の間に合計1兆ドルをサステナビリティ・トランジション分野に投資
シティバンク	■2030年までに5,000億ドルを環境分野、5,000億ドルを環境分野以外のSDGsに資する活動に投資
ゴールドマン・サックス	■2030年までに7,500億ドルを投じるサステナブルファイナンス目標を設定
HSBC	■2017～2025年の間に合計1,000億米ドルのサステナブルファイナンス目標を設定 ■2020～2030年の間に7,500億～1兆米ドルの、ファイナンスを提供し、あらゆるセクターの低炭素排出への移行を支援
みずほフィナンシャルグループ	■2019～2030年度までのサステナブルファイナンス目標を累計100兆円(うち環境・気候変動対応ファイナンス50兆円)に設定
三井住友フィナンシャルグループ	■2020～2029年度までのサステナブルファイナンス目標を累計50兆円(うちグリーンファイナンス20兆円)に設定
三菱UFJフィナンシャルグループ	■2019～2030年度までのサステナブルファイナンス目標を累計100兆円(うち環境分野で50兆円)に設定

(出所) 各金融機関の公表情報より三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

融が確実に環境投資にも浸透してきている。

国内金融機関26社が加盟する国際連合GFANZ(ネットゼロのためのグラスゴー金融同盟)については、アブダビが提唱した新たな世界気候金融センターへの参画を発表。世界銀行グループなど9者が創設メンバーとして名を連ねた。国際的な気候変動対策金融と投資市場設計の加速を狙った独立したシンクタンク・研究ハブであり、グローバルな金融フレームワークを開発する。

足元で注目されるのは貿易の脱炭素化だ。GFANZはCOP28で発足した貿易金融機関による脱炭素化連合「NZECA」も支援。NZECAはスウェーデンやデンマークなど世界8つの公的輸出信用機関と国連環境計画、オックスフォード大学などが参加する。ネットゼロ経済の実現に向けて、民間金融が先行する持続可能な世界貿易と脱炭素化への移行を公的資金で補完する狙いがある。

農業分野へ焦点が大きく当たっていたことも注目点だ。COP26で設立した米国とUAE主導のイノベーションファンドは600以上の政府、非政府パートナーが賛同し、日本を含む各国政府による拠出は120億ドル以上。総投資

額は170億ドルに膨らんだ。

最近のCOPは、イニシアティブを組成し、いろいろな取り組みを表明する場になってきた印象がある。例えば国際サステナビリティ基準審議会(ISSB)による気候関連開示基準の採用または利用推進について、多くの組織から賛同表明を得た旨の声明がある。これまでこうした動きはなく異例である。しかし、今年注目される大きなイベントは、まさにこのISSBの動きだろう。

周知の通り、国際会計基準を開発しているIFRS財団が、サステナビリティ関連の財務情報とESG(環境・社会・企業統治)情報の国際基準策定に向けて設立した機関がISSB。そのISSBによって策定されたサステナビリティ開示基準「IFRS S1」と「S2」のベースは、気候関連財務情報開示タスクフォース(TCFD)となっている。このTCFDの機能がISSBに移管されるため、企業は引き続き新たなISSB基準に準拠した開示対応を求められることになる。2024年度中にはサステナビリティ基準委員会によって日本版が公表される見通しであり、より一層、投資判断に活用されることが見込まれる。

(3) トランジション・ファイナンスの 国内動向

脱炭素移行 地域への投資波及カギ

日本政策投資銀行 設備投資研究所長

竹ヶ原 啓介 氏

トランジション・ファイナンスの狙いは言うまでもなく「2050年カーボンニュートル（温室効果ガス排出量実質ゼロ）」だ。基本的にESG（環境・社会・企業統治）投資は10年、20年の長期投資であり、他方、「ネットゼロシナリオ」は安価なグリーン水素など、さまざまなイノベーションが実装されて初めてたどり着けるゴールだ。しかし、そこからさかのぼって現状の中期経営計画の延長とつながるかという、そう簡単にはいかない。

トランジション・ファイナンスは、まさにそこをつなぐための金融手法。中でも「ハード・トゥ・アベイト」と呼ばれる多排出業界にESG資金を流すためのコンセプトということになる。

カーボンニュートラルが脱炭素社会のゴールだとすると、現状から直線的にゴールにたどり着けるセクターや企業は当然存在する。しかし、そう簡単には進めないセクターもある。これがいわゆる「ハード・トゥ・アベイト」と呼ぶ多排出業界だ。鉄鋼や化学、電力・ガス、セメント、紙・パルプなど、製造過程で化石燃料を使用し、電化が難しく、既存の技術や原料だけでは二酸化炭素（CO₂）排出ゼロの達成が難しい産業が該当する。

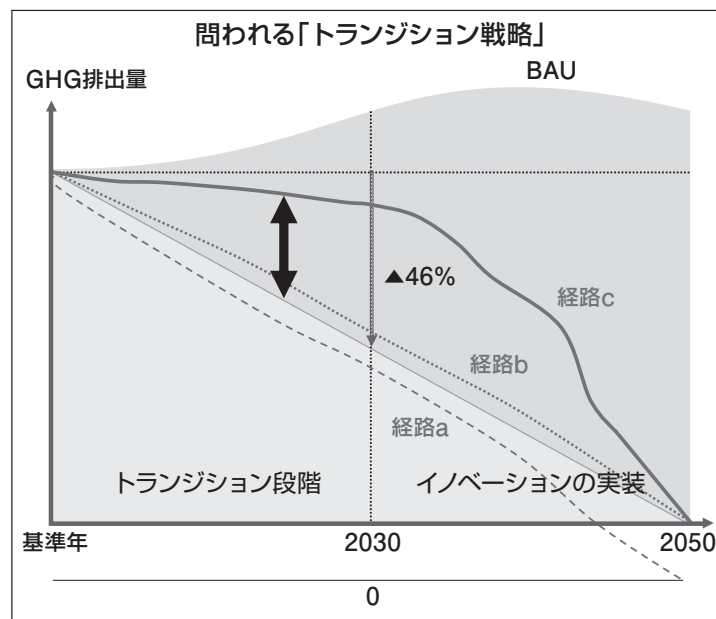
こうした脱炭素化が確立途上にある多排出業界は、カーボンニュートラルを段階を追ってステップで進めていく

必要がある。現状できる燃料転換や省エネなどをしっかり進める。やり切った後でイノベーションを実装しゴールに進んでいく。前段を「トランジションフェーズ」。そしてゴールにたどり着く「イノベーションフェーズ」。どちらが大事なのか。結局、前段のところを支えないと企業体力が残っていなかったら意味がない。ただ、前段の取り組みだけを取り出すというよりは、全体としてゴールにたどり着くための前段部分にフォーカスするという方が適切だ。

カーボルニュートラルというゴールにたどり着く道は多様だ。とはいえ、科学的根拠がないのに多様だと言っても説得力がない。「ハード・トゥ・アベイト」の多排出業界に向けて作られたものが、経済産業省による主要8業種のロードマップだ。今見えている技術がスケジュールどおり実装されていけば、緩やかなカーブになるが、いずれのセクターもカーボンニュートラルにたどり着けるというシナリオだ。

このロードマップやモデル事業によって「トランジション」ラベルを付けたファイナンスが増え、さまざまなイニシアティブが追随してこれをサポートするようになってきた。例えばGFANZ（ネットゼロのためのグラスゴー金融同盟）。参画する三菱UFJフィナンシャルグループはアジアで同ファイナンススキームを展開する目的でイニシアティブを組





成し、リーダーシップを発揮している。三井住友銀行も自行の移行戦略とともに、顧客のトランジション支援を表明した。メガバンクもネットゼロシナリオの実現に向けて、投資判断基準に段階的な脱炭素戦略を取り込む動きが活発になってきている。

トランジション・ファイナンスは、グリーンウォッシュ（見せかけの環境対策）批判を受けやすい。脱炭素技術が確立していない分野の企業支援は、その実効性の部分で金融機関の役割がとて大きい。企業のトランジションが正しく遂行されていくように伴走して支援しなければならない。そして、今できるベストを尽くして目標の経路に進んでいる姿をマーケットに対して代弁する必要がある。企業と金融業界の両方の役割が相まって初めて、グリーンウォッシュの批判を免れて有効に機能する。

昨今、トランジションというコンセプトを危うくする議論がある。「何がグリーンか」「何がサステナブルか」という議論の中に段階的な取り組みまで取り込まれるようになると「トランジションというラベルを貼らなくてもファイナンスできる。無理に呼ぶ必要はない」という議論だ。コンセプトやラベリング自体の意義を消し去ろうという意図ではないだろうが、多排出業界に対してESG投資を届ける日本

発のコンセプトとして、この旗を下ろすようなことがあってはならない。

トランジション・ファイナンスは、地域の金融機関にも確実に広がってきている。地元の多排出業界がこの先どうなるのか。その情報はなかなか地域の金融機関には入ってこない。ともすると本当に“茹でガエル”になりかねない中で、新たな挑戦に動き始めている。影響度を分析して楽観シナリオと悲観シナリオをつくらせて仮説を立て、経営者に対して「こういう問題が起こり得ますよ」と提起する。その上で事業承継も絡めて、どういう出口戦略があり得るのかという議論を始めている。

今後、少子高齢化でマーケットが収縮していく中で、産業構造の転換は避けられない。脱炭素化への移行において、それによって生ずるであろう雇用や失業問題といった利害関係者にも配慮したハイレベルのトランジション・ファイナンスの議論が地域に波及すれば「“ジャスト”・トランジション（公正な移行）」の話になってくる。

トランジション・ファイナンスは、自分たちの将来や基盤を守るために、徐々にではあるが確実に、地域にも実装されつつある。

意見交換

産業競争力拡大・ 排出削減の両立重要

秋元圭吾委員 日本の排出削減が順調に推移しているが、要因をもう少し見ていく必要がある。国内ではすでに暗示的カーボンプライシングは進んでいるが、国際的な価格競争力においてエネルギー多消費産業や二酸化炭素 (CO₂) 多消費産業は、規制の緩い海外に生産拠点を移転しているという懸念は強くある。先進国の排出量は減っているが世界全体の排出量は増え続けている。中身を正しく見ていくことが日本にとっても重要だ。

(経済産業省) 石川なな子氏

カーボンプライシングが日本の産業の空洞化につながってしまっていたら元も子もない。脱炭素技術の開発や導入を後押ししていく中で、日本が競争力を維持強化できる形で排出削減を進めていくという両立策が重要になる。

(東レ) 野中

利幸氏 GX政策は、温室効果ガス (GHG) 削減と合わせて日本産業全体のサプライチェーンを担保する経済安全保障と産業競争力を拡大することだと考える。この三つが揃わないと産業を育成するためにやっているのか、ただ削減するために結

果的に日本の産業の空洞化を促進させるためにやっているのか目的を見失う。その観点は失わないで欲しい。

秋元委員 気候変動対策の柱として「緩和」は重要だと思うが、これだけ気温が上がってくる中では、もう一つの「適応」

にも投資が届かないといけない。日本は適応ファイナンスをどう進めていけばよいだろうか。またクライメート・ファイナンスにしる ESG 投資にしる、リターンも大きいということで“気候バブル”と呼ばれることもある。金融機関としてそういうリスクはどうだろうか。

(三菱UFJリサーチ&コンサルティング) 吉高まり氏

欧州連合 (EU) には、適応に関してもタクソノミー (分類基準) があり、金融機関においても基準が明確だ。残

念ながら日本はまだ整備されておらず、まずそこが最初の一步ということは考えられる。また、日本では適応の技術ロードマップも存在せず、概念的に防災、災害と一緒になってしまう。適応という括りが定着していない。効果測定や評価基準

気候変動対策、 「適応」ファイナンス 今後の課題



グリーンフォーラム 2023年度第2回事例研究会 全体討議 (本社会議室)

の問題もあるが、政策的に企業側での意識改革や行動変容を生み出すきっかけも必要ではないか。

(NEC) 稲垣孝一氏 NECでは気候変動の国際会議に出席して適応ファイナンスの取り組みを発信している。気候変動による災害が増えると、災害対策処理でCO₂排出量が増える。そうであれば、災害時の被害をあらかじめシミュレーションや人工知能(AI)を使って予測して対策しておくことで、発生するCO₂を減らすことができる。そこをファイナンスできないかということだ。

NECは、本年度と昨年度でサステナビリティ・リンク・ボンドを1,500億円発行している。評価指標(KPI)とサステナビリティ・パフォーマンス目標(SPT)は環境での目標としているが、投資家からは野心的な目標かどうかを問われることが多い。

(日本政策投資銀行) 竹ヶ原啓介氏 発行体や企業側が投資家を選ぶという側面があってもいい。むしろエンゲージメントは、一方的に投資家が企業にお願いする話ではなくて、企業側から投資家サイドを教育するという視点も必要かもしれない。そうしてベストプラクティスとか、よくできた案件を政府がモデル化できればファイナンスのレベルの底上げにつながる可能性はある。

野中氏 経産省のGXリーグ公式サイトには、2024年1月から情報開示基盤としてGXダッシュボードが開設され、GHG排出量だけでなく、自社の削減目標の達成に向けた進捗やグリーン市場創造に向けた製品・サービスなどを開示する仕組みができ始めている。定性的な部分も含めて企業評価に結び付けてほしい。

竹ヶ原氏 あれだけの情報開示のプラットフォームが一気にできるということはすごい。ただ、金融業界にGXダッシュボードを知っているかと聞いたら、おそらく「知っている」と答える人は少ないのではないか。

吉高氏 GXダッシュボードはカーボン・ディスクロージャー・プロジェクト(CDP)による情報開示に使える形式など、見せ方の工夫を取り入れてもらえると思えば使い方はもっと広がると思われる。

(ホンダ) 青木健氏 トランジション・ファイナンスのコンセプトをもう一度確認したい。例えば、前提として会社全体としてはネットゼロ排出シナリオに沿った形で削減が進んでいる。しかし事業の中に、なかなか削減できない「A」という事業を抱えていた場合、事業「A」に対する施策はトランジション・ファイナンスの対象となるだろうか。それとも「すでにシナリオ線上



グリーンフォーラム学界委員 地球環境産業技術研究機構
秋元圭吾氏



グリーンフォーラム学界委員 国際環境経済研究所 理事
竹内純子氏

にあるからトランジション・ファイナンスを使える会社ではない」という認識になるのか。どのように捉えればよいだろうか。

竹ヶ原氏 両方の側面がある。他の事業が直線的であったとしても、主力のセクターがやや乖離のある経路であれば、これは企業全体として見てトランジションというラベルを貼ったファイナンスをすることは可能だ。ただ、実際にはそういう例はなかなかない。こうした事例は日本が作っていかねばならない。推移経路を見て「これはトランジションになるか、ならないか」みたいな議論をしている国はあまりない。事例を積み上げていくことが大事だろう。

藤井康正座長 本日はありがとうございました。

第3回 事例研究会

地上の太陽 フュージョン（核融合）エネルギー

グリーンフォーラム（藤井康正座長＝東京大学大学院工学系研究科教授）は、4月15日に第3回事例研究会を東京都中央区の日刊工業新聞社本社で開催した。テーマは「地上の太陽 フュージョン（核融合）エネルギー」で、活発な議論が展開された。

(1) フュージョンエネルギー・イノベーション 戦略～核融合に関する初の国家戦略～

実用化へ多国間・ 二国間連携を強化

内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局
参事官（文部科学省 研究開発戦略官）

馬場 大輔 氏

フュージョンエネルギーは、重水素と三重水素（トリチウム）などの軽い原子核同士が融合して、ヘリウムなどの別の原子核に変わる際に放出されるエネルギーだ。太陽や星を輝かせるエネルギーと同じ原理であり、核分裂による原子力発電とは別の反応となる。

フュージョンエネルギーは①カーボンニュートラル（発電の過程において二酸化炭素を発生しない）②豊富な燃料（燃料は海水中に豊富に存在し、ほぼ無尽蔵に生成可能な上に、少量の燃料から膨大なエネルギーを発生させることが可能）③固有の安全性（燃料の供給や電源を停止することにより反応が停止）④環境保全性（発生する放射性廃棄物は低レベルのみであり、従来技術による処分が可能）という特徴を有することから、エネルギー問題と地球環境問題を同時に解決する次世代のエネルギーとして期待されている。



2007年10月、協定の発効により、日本を含む世界7極による「国際熱核融合実験炉（ITER、イーター）」機構が発足した。日本は、日欧の国際約束に基づき、ITER計画を補完・支援する幅広いアプローチ（BA:Broader Approach）活動を青森県六ヶ所村と茨城県那珂市で実施している。ベースロード電源としての核融合発電の実現という目標に向けて、現在、ITER計画／BA活動からの原型炉開発という道を歩んでいる。

政府は23年4月、国家戦略として初の「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を策定した。フュージョンエネルギーをエネルギー・環境問題の解決策としてのみならず、新たな産業として捉え、産業化に向けた他国の動きに遅れをとることなく、この機を活かして、構築されつつある世界のサプライチェーンに我が国としても時機を逸せずに参加するなど、多面的なアプローチによりフュージョ



ンエネルギーの実用化を加速することとしている。

国家戦略では「フュージョンエネルギーの産業化」をビジョンに掲げ「産業育成戦略」「技術開発戦略」「戦略推進体制」の三つの観点から具体的なアクションが盛り込まれており、内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁が一丸となって推進する。国家戦略を踏まえた最近の取り組みを紹介する。

産業育成戦略では、24年3月に「フュージョンエネルギー産業協議会（通称：J-Fusion）」が設立された。発起人21社が集結し、最終的には百社規模になると想定している。米国の業界団体等と共催でイベントを開催するなど、活動を開始している。民間企業が組織として参画する形とし、意欲ある民間企業の新たな参画も促すとともに、アカデミアの参画による産学官連携も促進する。

技術開発戦略では小型化、高度化などの独創的な新興技術の支援策を強化することとしており、23年12月、総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）において、ムーンショット型研究開発制度における新しい目標を決定した。「50年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現」することを目標に掲げ、未来社会像からのバックキャストによる挑戦的な研究開発を推進することとしている。発電に限らず、小型動力源などの多様な社会実装に向けた用途を実証することにより、サプライチェーンの発展や投資の促進を支援するなど、エコシ

テム構築に向けた取り組みを推進する。

戦略推進体制は、原型炉開発を見据えた研究開発を推進することとしており、量子科学技術研究開発機構（量研）を中心としつつ、大学や企業も参加する実施体制を構築している。また、国家戦略では、幅広い分野の知的創造活動である学術研究を推進することも明記しており、23年12月に策定された「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想（ロードマップ2023）」には、大阪大学レーザー科学研究所や大学共同利用機関の核融合科学研究所の取り組みも明記されている。

24年4月には米国エネルギー省と戦略的パートナーシップを締結。日米首脳共同声明にも「フュージョンエネルギーの実証及び商業化を加速するための日米戦略的パートナーシップの発表を通じたフュージョンエネルギー開発を含む次世代クリーン・エネルギー技術の開発及び導入を更に主導する」ことが盛り込まれている。日米共同声明や日欧共同プレス声明も踏まえつつ、多国間・二国間の連携を強化する。

安全規制については3月、内閣府に安全確保検討タスクフォースを開催することを決定した。設備・装置の安全規制の検討に向けて、その前提となりうる、「安全確保の基本的な考え方」の策定を目指す。民間企業の参画や原型炉開発を促進するため、関連学会やG7などの同志国と連携し、本年度中に科学的に合理的で国際協調した基本的な考え方を策定する。

(2) フュージョンエネルギー開発と 技術の産業展開

ITER目標達成へ 先導支援

量子科学技術研究開発機構 副理事

石田 真一 氏

量子科学技術研究開発機構（量研）は、低炭素社会の実現に向けたクリーンで安全な究極のエネルギーとして、核融合の研究開発に取り組んでいる。中でもドーナツ型炉で1億度C以上の超高温プラズマを強磁場で閉じ込めて反応を起こす「トカマク型」技術で世界をけん引する。

世界7極が参加する「ITER（イーター）」プロジェクトでは、日本は製作難易度の高い機器を多数担当している。特筆すべきは超伝導トロイダル磁場コイル。ITER実現の可否を決定づけたブレイクスルー・テクノロジーだ。他にも中心ソレノイドコイルや高周波加熱装置、中性粒子入射加熱装置、排気・除熱装置ダイバータなど、人類初と称されるFOAK機器の日本の技術力は、他国よりも秀でていけると言えるだろう。

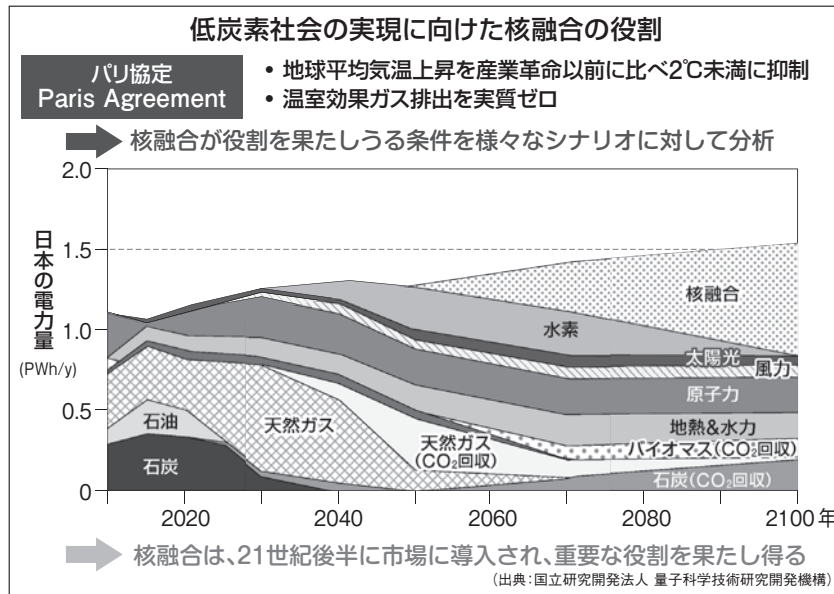
量研は、茨城・那珂フュージョン科学技術研究所（那珂研）と青森・六ヶ所フュージョンエネルギー研究所（六ヶ所研）、そしてフランスのITER拠点で日々研究開発を進めている。核融合を地上で制御実現できれば恒久的なエネルギーを手に入れることになる。その実現に向けて政府はロードマップを策定した。非常に緻密な技術のマッピングがあり、マイルストーンが定義され、それに対するチェックポイントが定義されている。那珂研ではITER計



画とサテライト・トカマク計画。六ヶ所研では核融合中性子源、原型炉、そしてブランケット開発を主導する。

サテライト・トカマク計画の根幹となるJT-60SAは、ITERに次ぐ世界第2位の大きさを誇る超伝導トカマクであり、ITERと同じ形で運転できる実験装置だ。主な役割は三つ。一つは、運転シナリオの事前実施などITER目標達成のための先導支援。二つ目が原型炉に向けた運転手法確立。そして人材育成だ。JT-60SAは小型で機動力があり、しかも実燃料を使わない。プラズマ性能を大幅に向上させる高度な技術を装備した挑戦的な装置であり、将来のコンパクト化や高度化への道筋をつけながらITER、そして原型炉へと続く人材サイクル構築の役割を担っている。

量研は、核融合研究によって多くの産業ポテンシャルを備えた技術成果があり、それを産業や製品開発のステージにつなげることも重要な役割の一つだ。核融合発の革新技術やスピンオフ技術の民生転用を加速し、原型炉の開発と並行しながらフュージョンインダストリーの創出を図っている。言い換えれば、将来の社会像を見据えながらこうした技術の産業展開の先にフュージョンエネルギーがある。現在、スタートアップ2社「LiSTie」と「MiRESSO」を設立し、社会実装に向けて活動して



いる。

例えば原型炉の建設には材料特性の耐久性検証が不可欠であり、そこで使用される核融合中性子源「A-FNS (アドバンスド・フュージョン・ニュートロン・ソース)」を活用したニュートロンフォレスト構想と呼ぶ中性子産業の創出だ。日本では医療用放射性同位元素 (ラジオアイソトープ) の一種であるモリブデン99は、ほぼ全量を海外からの輸入に依存している。六ヶ所研に計画する「A-FNS」は、1基で国内全需要を満たす生産能力を持ち、放射性医薬品の国産化を推進するものとなる。

リチウムの高純度回収技術も代表だ。核融合燃料の一つである三重水素 (トリチウム) は極めて希少な物質。地球上で資源として存在する量は限定的であり、原型炉や商用炉では運転しながら自己生産する技術が実装される。このトリチウムの生成に使用するリチウムの回収技術として、含有水の選択透過膜にイオン伝導体を使用した世界初の分離法 (LiSMIC) を開発した。この技術は電気自動車 (EV) 分野にも適用でき、使用済み

電池から99.99%の超高純度でリチウム回収を実現する。コストは輸入価格の半分以下だ。都市鉱山からのリサイクルという新たなリチウム産業の創出につながる。

そしてマイクロ波加熱によるレアメタル (希少金属) 低温精製技術。トリチウムの自己充足に使用するベリリウムの省エネルギー精製プロセスであり、従来比で1桁低い300度C以下という低温で鉱石の全溶解を実現した。核融合炉1基で約400トンもの量が必要となるベリリウムだが、現在は米企業1社の独占状態。日本国内での精製や家電の金属スクラップ向けリサイクルプラントなど、金属資源循環型社会への貢献が期待できる。

安全性面として燃料水素のハンドリングもある。水素リークによる発火、爆発の未然防止対策技術として疎水性金属触媒を民間企業と共同開発し、製品化している。本来、ITER向けにトリチウム閉じ込め技術として開発した室温酸化用触媒であり、その特性から水素の持続的な室温酸化が可能。水素社会におけるインフラの安全性向上に資する技術と見込んでいる。



(3) 「核融合」開発の最前線と課題～ 実用化への道のり

超高温・連続反応… 未到5課題に挑む

東京大学大学院 新領域創成科学研究科教授

山田 弘司 氏

フュージョンエネルギーが発電実証を具体的に見据えるようになってきた。そして近年、核融合スタートアップが多数勃興し、政策的加速も図られ始めた。まさに核融合技術が研究開発というカテゴリーから、産業カテゴリーにパラダイムシフトしつつある。

「核融合はいつ実現するのか?」という問いは、核融合の研究開発が始められた半世紀以上前から続く「永遠の30年先の技術」「蜃気楼プロジェクト」などと揶揄されてきた。現在、科学技術的な観点から見ると英国の「欧州トーラス共同研究施設 (JET)」では1万キロワットを超える核融合エネルギーを5～6秒間、発生維持させることに成功している。ただ残念ながら、これは先の問いに対する答えになっていない。核融合が実現するかという問いは、家庭のコンセントから安く安定した電気を取り出せるかということだ。そういう意味では研究と実用化には、まだ「彼我の距離」がある。

国際熱核融合実験炉「ITER」^{イーター}では、ファーストプラズマに向けて建設が進んでいる。ITERの熱出力性能は50万キロワット。中型の火力発電所に匹敵するが、発電はしない。次の段階の原型炉は発電プラントであり数十万キロワットの電気出力を行う。原型炉では実用化を見据え、実用に供し得る稼働率の見込みを示す必要

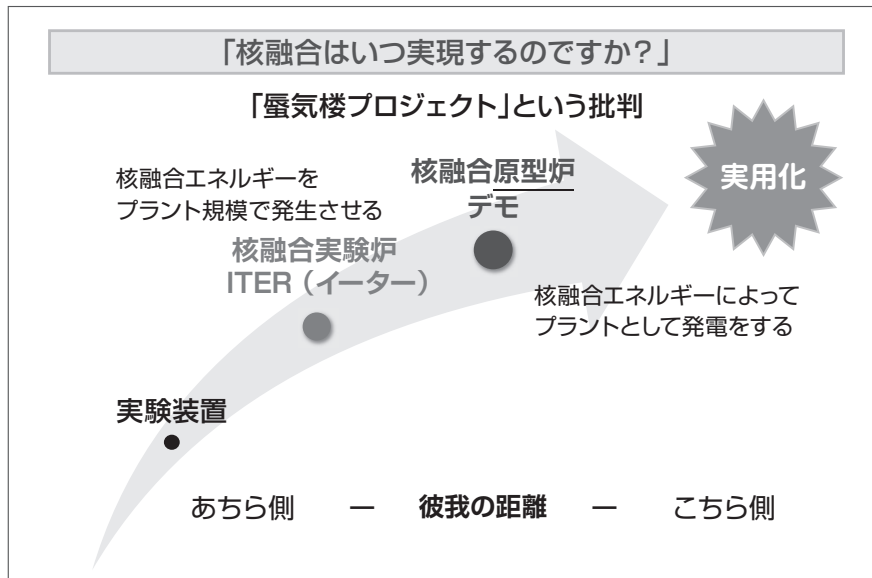
がある。そしてトリチウム生成を実証しなくてはならない。原型炉は、ITER以上の難題に取り組み、前人未達の課題に挑むこととなる。

フュージョンエネルギーの実現に向けた本質的な前提課題は五つ。①2億度C以上の電離した気体を閉じ込めること②その気体の圧力を高くして効率よく反応を起こすこと③強烈な熱負荷に耐える方法を定めること④強烈な中性子の照射に耐えること。そして⑤燃料トリチウムの確保だ。

核融合反応は、燃料の原子核同士を毎秒1千キロメートル以上で衝突させる。そのため燃料を加熱し1億度C以上の超高温、つまりプラズマ状態にする。核融合発電には、この連続反応が必要であり、状態を維持する「閉じ込め(断熱)」技術が重要だ。閉じ込め時間は「電場」を無視すると「大きさ」と「磁場」の積になる。十分な閉じ込め時間(長い断熱)を保つためには大きくて強い磁場を持った設備が要求される。

一方で際限のない装置の巨大化という帰納的アプローチは破綻するだろう。経済的な実効性を考えていくと炉の小型化を図っていかなければならない。小型化には、強い磁場を用いることは正攻法として有望な選択肢となる。米スタートアップではITERの2倍超となる強磁場





で小型化を図る計画もある。

核融合炉を成立させる核反応は、重水素と三重水素（トリチウム）の反応だけではない。燃料トリチウムの自己生成だ。核融合炉では高速で飛び出してくる中性子をブランケットと呼ぶ構造体で受け止める。発電はその運動エネルギーを熱エネルギーとして取り出す。一方で、ブランケットに仕込んだリチウムとベリリウムとの反応を組み合わせることによってトリチウムの生成サイクルを行う。工学システムとしては、まさにブランケットが炉心と言える。

ブランケットと直接プラズマが当たる排気装置ダイバータは、中性子による放射化や材質変化が少ない材料研究が進んでいる。重要なことは経済的に実効性があるかどうか。つまり寿命だ。寿命と保守頻度、あるいは保守方法が核融合炉の成立を決める。ダイバータの熱負荷は1平方メートル当たり10メガワットレベル。核融合炉の稼働条件は年単位であり、物性で固体材料を使うという意味ではタングステン一択になる。ITERや初期の原型炉もタングステンを使う予定だ。タングステンの除熱材料も、

物性条件から鉄か銅に限定される。加速器を使った実験を通して性能をアセスメントしていかなければならない。

燃料のトリチウムは資源としては極めて限定的で懸念材料だ。供給源はカナダ型重水炉（CANDU炉）が挙げられる。CANDU炉では減速材及び冷却材に重水を使用し、核分裂時の中性子との反応でトリチウムが生成される。一定程度の生産量があるものの世界的な資源は30キログラム程度と言われている。しかも世界的にCANDU炉の稼働停止が始まりつつある。

トリチウムを増殖しない実験炉「ITER」が稼働し、中国の工学試験炉も加われば、2050年頃のトリチウム市場は極めて悲観的だ。100万キロワットの核融合発電所では1日約400グラムのトリチウムを燃焼する。燃焼率を数%とすれば循環量は1日約10キログラム。初期稼働時にフル装荷することになれば、原型炉は世界で1基あるいは2基程度しかできない。今後、国際協力という意味でも「淘汰と協力」は必然になってくる。日本だけでできるといふことにはならないだろう。



意見交換

専門人材の 戦略的育成・国際連携が重要

秋元圭吾委員 中国の動向はどうだろうか。非常に速いテンポで開発してくる可能性は？

(内閣府) 馬場大輔氏 中国においては、核融合の要素技術を獲得するための大規模試験施設群「CRAFT」を2019年に建設を開始するなど、政府主導で実験装置や原型炉の建設に向けた計画を強力に進めており、今後、研究開発競争の脅威となりうる。

(量子科学技術研究開発機構) 石田真一氏 日本との決定的な違いは、中国はITERのための工学設計活動「エンジニアリング・デザイン・アクティビティ(EDA)」をやっていないことだ。日米欧露の4極は、ITER実現に向けて詳細設計やさまざまなデータ取得を目的として約十年間、数千億円を投資して同活動を進めてきた。その結果、超伝導トロイダル磁場コイルなど、多くの成果に結びついている。EDAは日本の産業界を育成する意味でも大きなインパクトがあった。

(東京大学大学院) 山田弘司氏 中国は発電実証まで行う核融合工学試験炉(CFETR)を構想している。現在は、それより小さい実験炉BEST計画を進めているが、原型炉レベルになるとキャッチアップではなくなる。しかし、非常に多目的な工学試験設備を用意して着々と進めている。しかも中国は失敗に対して寛容な側面がある。試行錯誤を相当程度やることのできるということは、国が主導していてもベンチャー的な要素がある。日本や欧州的な「極・国プロ」で行うやり方と違い、ターンアラウンドがすごく短い。

竹内純子委員 原子力分野では人材が集まりづらくなっている。核融合の分野においても懸念はあるだろうか。

馬場氏 少子化により人材が不足している日本において、専門人材がいろいろな場面で活躍できるようにしていくことが重要だ。原型炉開発などのフュージョンエネルギーに携わる人材を戦略的に育成するため、大学間連携・国際連携による体系的な育成システムを構築する必要がある。

(パナソニック) 下野隆二氏 核融合施設の実力値はどれぐらいだろうか。

石田氏 施設の実力をどう考えるか。例えば原型炉では数十万キロワット。もう少し楽観的に考えると1基当たり100万キロワットというレベル。これで原発1基分。首都圏をカバーするとなれば数十台が必要となる。

要となる。

馬場氏 フュージョンエネルギーの社会実装は、水素製造や工学熱利用などの用途や生成AIやデータセンターなどの需要に応じた使い分けから先行すると想定される。海外のスタートアップもベースロード電源を見越してはいるものの、前段階として多様な用途に使っていくことをビジネスモデルとして考えている。

竹内氏 核融合のリスクとして備えておかなければならない範囲はどうだろうか。事故想定など、どこまで制度設計しておくべきか。

馬場氏 原子力、いわゆる軽水炉の場合であれば「チェーンリアクション(連鎖反応)」が起きるのに対して、核融合は燃料供給や電源を停止することにより反応が停止する。リスクや特性に応じた制度設計を考えていかなければならない。

石田氏 リスクと安全規制に関連して、核融合炉に特有な点は、燃料の一つであるトリチウムを用いることにある。トリチ

技術的な克服

コスト・時間とのせめぎ合い

ウムを使わないJT-60SAでは放射性同位元素などの規制に関する法律(RI規制法)により規制されているが、トリチウムを使う原型炉ではどのような規制が適切か、議論が必要だ。

(NEC) 稲垣孝一氏 「30年後に実現できる」という目標が、いつまでも先送りされ“蟹気楼のような技術”という話があったが、何が原因だろうか。

山田氏 超高温のプラズマ中で生じる乱流の素性がよく分からなかった。数十年前はすごく楽観的で、一つの荷電粒子の振る舞いみたいな簡単な理論があった。しかしリアルな世界でない

ことが分かってくると大きな装置が必要になり、そのためにはコストと時間も必要になる。今でこそITERの大きさにすれば核融合反応が起きて50万キロワットの熱が出せるところまで確実視されている。その先は、まさに技術的な克服になってくる。経済とのせめぎ合いだ。「稼働率がどれくらいで電気料金がどれくらいになるか」ということに対して、技術的に答えることができるかどうか、30年でできるかどうかということになる。

石田氏 トカマクは大きさを変えることによって発見がある。より大きな装置で検証しなければコンピューター上の理論計算だけでは全くつじつまが合わないことがよくある。JT-60SAで

予測したものがITERで検証され、原型炉で確認できれば、ほぼ予測ができる。予測ができれば機器のスペックが決まり、あとはエンジニアリング。開発も落ち着いていく。

藤井康正座長 2050年に発電というのは、どれぐらいの確度だろうか。100%できるということなのか。

石田氏 2050年という目標は、テクノロジー的には見えてきた。「いつ実現するか」で大事なことは「旗」を立てること。「何年にこれをやります」という旗に従って工程を引き、設計やR&Dに着手する準備はできている。ITER

における調達技術の知見や技術者の熱量が高いうちに、次の装置に進むための計画やプログラムを見える形で立てていくことが急がれる。

山田氏 開発途中でいろいろな核融合反応のアプリケーションが生まれている。「核融合はいつできるか」という問いに対する答えの間には、すでに多くのプロダクトがあり、核融合以外にも派生している。そういった部分も見据えないといけない。数年先にはここまでできる、これができるということを提示しているので、それらに対するコミットメントを果たしていきたい。

藤井座長 本日はありがとうございました。



グリーンフォーラム21 2023年度第3回事例研究会 全体討議(本社会議室)



資源・循環技術委員会

最新の環境技術

グリーンフォーラムは、5月23日に資源・循環技術委員会（水戸部啓一委員長＝国際環境経済研究所理事）を東京都中央区の日刊工業新聞社本社で開催した。テーマは「最新の環境技術」で、活発な議論が展開された。

(1) プラスチック情報流通 プラットフォームのプロトタイプ開発

「循環」“見える化” 内外データスペースと連携

NEC デジタルプラットフォームBU プラットフォーム TS事業部門
テクノロジーサービスソフトウェア統括部 上席技術主幹

阿部 晋樹 氏



グローバル経済社会の変化でさまざまな問題が起きている。中でも廃プラスチック問題が大きくクローズアップされつつあり、2050年には海洋中のプラスチックごみの総量が魚の量より多くなるとの予測もある。従来の大量生産、大量消費、大量廃棄のリニアエコノミーから脱却し、資源を循環させるサーキュラーエコノミーへの転換が強く求められている。転換にはデジタル技術によるトレーサビリティ（履歴管理）や情報の可視化が必要であり、DXの推進が欠かせない。

日本は分別技術や再生素材生成など高いポテンシャルを有しており、デジタル化が進めば世界を引っ張っていく立場になれる。とはいえ、経済を小さくしてはならない。製品の価値を最大化しながら廃棄物の発生を抑制しつつ経済成長をさらに果たしていくことが求められる。

欧州連合（EU）では、より厳しい環境規制の導入が

続々と進められている。24年から段階的に施行が始まったバッテリー規則（バッテリー製品のライフサイクル全体でカーボンフットプリントの開示義務化）。そして現行のELV（廃自動車）指令をEU圏内で法的効力を持つ「規則」に格上げしたELV規則（設計段階からのリユース・リサイクル思想と31年以降に新車販売される自動車のプラスチック再生品率を25%に引き上げ）などだ。

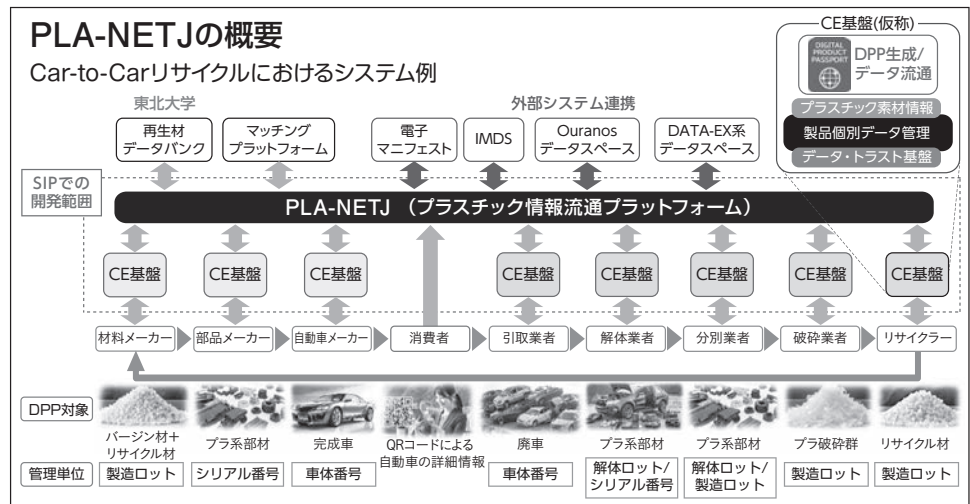
こうした規制を履行するツールとしてDPP（デジタル・プロダクト・パスポート）の導入が進む。DPPは製品のライフサイクルに沿ったトレーサビリティを確保するためのデジタル証明。トラスト（真正性）も保証しているため、製品の差異化や価値向上にもつながる。国内では経済産業省の主導で、企業間の情報流通を実現する産業データスペース「ウラノス・エコシステム」においてバッテリーパスポートが稼働に向けて準備を進めている。

欧州ではDPPに対応するため「Gaia-X」や「Catena-X」といったデータスペースの立ち上げが加速している。サプライチェーン上で異なる企業が保有しているデータを連携させるものだ。Gaia-Xは、企業間データ連携を規定する最上位概念であり、各業界

のデータスペース構築に必要なツールボックスや基盤を提供する。先行しているのが自動車業界のイニシアティブ「Catena-X」であり、他の業界とは「Manufacturing-X」でつながる。日本はウラノス・エコシステムを介して、Catena-XなどのGaia-X準拠のデータスペースと情報交換する方針。重要なことは利害関係を越えてデータ共有することであり、経産省による推進連携組織「サーキュラーパートナーズ」は、すでに400社を超える。

NECでは、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）において、環境再生保全機構（ERCA）による「サーキュラーエコノミーシステムの構築」プロジェクトに参加している。そして、この循環市場に資するプラスチック情報流通プラットフォームの開発を担当している。本プラットフォームは「PLA-NETJ」という名称で定義されており、狙いは三つ。まず製品のライフサイクルにおいてプラスチック材の循環をデジタル情報として管理、共有する“見える化”。第二にデータ流通基盤DATA-EXやウラノス・エコシステム、欧州Catena-Xなど国内外のデータスペースとの連携。そして、東北大学が取り組む再生材データバンクや、マッチングアプリケーションとの連携だ。PLA-NETJでは、まず欧州ELV規則への対応を先行。自動車で使用されるプラスチックの再生品率の見える化を中心に開発をスタートしている。

PLA-NETJは、メーカーへのトレーサビリティ情報と消費者へのリサイクル情報の開示という、BtoBとBtoCの両面から構成されている。製品情報にぶら下がる形で部品情報、素材情報が紐づけられたツリー構造となり、



製品情報には製品名や企業名などの基本情報、法規制情報やデューデリジェンスといった詳細情報、そして材料情報が含まれる。トレードシークレットによる制限はあるものの、例えば素材メーカーが自社製品を川上から川下へ追跡検索することで、顧客先までつながるといった新たなビジネスを生む使い方の可能性も感じている。

デジタルデータの流通においてはトラストの担保が極めて重要だ。PLA-NETJでは、デジタルトラスト協議会（JDTF）のTaaS（Trust as a Service）アーキテクチャーに関するガイドラインに沿った実装を予定する。各企業が発行するDPPはeシールとタイムスタンプで署名。ブロックチェーンに全DPPを登録し証跡を管理する。データの真正性を客観的に見せることはビジネスの拡大にもつながる。最初からこうしたデータのトラストを意識したインプリメンテーションを実装、整備していく。

PLA-NETJでは、データの実態は各企業側にあり、DPPの情報交換の際にフォーマットに合わせてデータがやり取りされる形式を考えている。サービスとしてはサブスクリプション。クラウドであったり、オンプレミスであったり柔軟に配置できるようにもしたい。バックアップはオープンなデータ部分のみをセンターに置く予定だ。

最小限の機能を備えたMVP（ミニマム・バイアブル・プロダクト）は完成済みであり、本年度に概念実証。市場投入可能な製品は26年度リリースを予定する。そしてプラスチックの取り組みをベースに、今後対応が必要と想定されるベースメタル（鉄・アルミ）や建設資材、家電製品（電子機器）などにも対応を広げていきたい。

(2) 高濃度セルロースファイバー成形材料「kinari」の開発

軽くて強い高機能素材 用途拡大目指す

パナソニックホールディングス
マニュファクチャリングイノベーション本部
成形技術開発センター 研究管理部長

山本 英郎 氏

パナソニックが目指すモノづくりの姿は、価値を生み出してスケールアップし、インテグレート（統合）していくところにある。その中で、さまざまな生産技術や計測技術、加工技術を背景に、モノづくりの多様性を価値に転換するためのイノベーション推進部隊として活動しているのがマニュファクチャリングイノベーション本部だ。14の生産技術プラットフォームがあり、インダストリアル・エンジニアリング（IE）とIT（情報技術）の融合と、物性まで踏み込んだ材料型生産技術の進化を主導している。石油由来樹脂からの脱却を目指して2015年から開発を進めてきたセルロースファイバー成形材料「kinari」も、ここから誕生している。

世界のプラスチック消費量は1950年代以降、右肩上がりが増え続け、海洋汚染問題や二酸化炭素（CO₂）排出増による温暖化をもたらす原因の一つとなっている。一方で、廃プラスチックのリサイクル率は14～18%。リサイクル材が進まない大きな理由の一つに機械的強度の低下がある。プラスチックに代表される高分子化合物は、熱が加わる度に物性が劣化。どうしてもバージン材に比べて性能面で劣ってしまう。しかも社会で使われ続けていく中で性能の異なるものが玉石混合で流通し、回収しても強度にばらつきが生じて使いにくい。本来リサイク

ルは、資源の循環利用によって化石燃料や天然資源の消費を抑制しながら同時に環境負荷を低減することが目的。廃プラスチックのリサイクルもコスト面だけでなく、資源投入と環境負荷の抑制手法を十分見極めて選択する必要がある。

すでにサーキュラーエコノミーへの転換によって、“大トロ”と呼ばれる一部の高純度材は取り合いの様相を呈している。最近では良質なプラスチックに戻す技術開発も進んではいるが、コスト増も相まって、使いたくても使えない負のスパイラルに陥りつつある。

パナソニックはCO₂排出に対する責務と削減に貢献していくため、2022年から長期環境ビジョン「Panasonic GREEN IMAPCT」を推進。50年に向け、全世界CO₂総排出量の約1%にあたる3億トン以上の削減インパクト創出を目指している。成形材料kinariは、こうしたパナソニックの取り組みの一つとして、脱石油によるCO₂排出量と環境負荷低減を担うリユース・リサイクルの循環起点に位置付けられるものだ。

パナソニックは家電のようなロングライフ向け素材領域として、石油由来樹脂に代わる独自のプラスチック代替素材の開発を進めてきた。その中で着目したのが植物に含まれるセルロース（植物繊維）であり、バイオプラスチッ



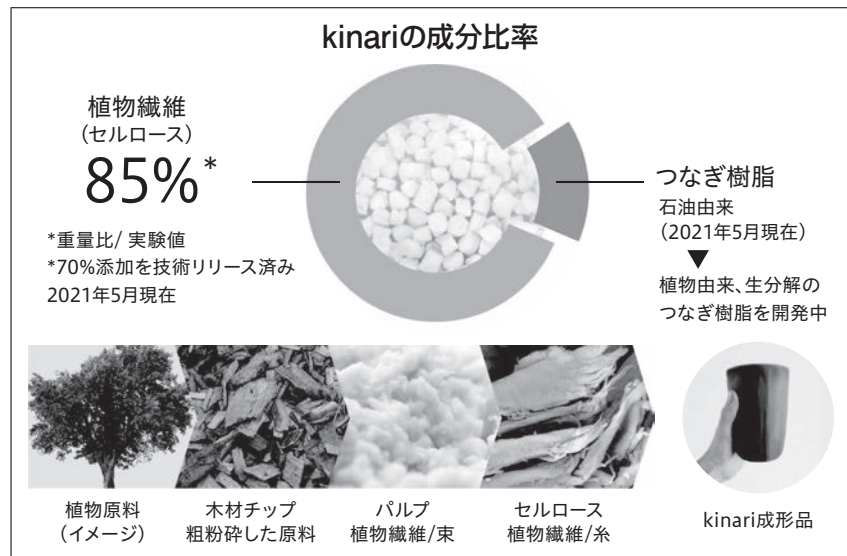
クをよりサステナブルにする植物繊維の塊のようなセルロースファイバー成形材料 kinari だ。

kinari の最大の特徴は最大85%のセルロースを含む植物ベースの高機能素材だということ。セルロースを高濃度で含有することで従来の石油由来樹脂よりも軽くて強い。柔軟な植物資源活用が可能であり、食物問題と競合せず、農作物への需要集中を回避することもできる。素材物性を既存樹脂に近づけることで、従来の樹脂と同じように使え、成型機も共用可能だ。

またバージン材だけではなく、これまで捨てられていた杉の間伐材など、さまざまな植物廃材をセルロース原材料として活用できることも特徴だ。つまり廃棄物が資源に変わるということだ。食品工場から出てくるコーヒーかすやビール酵母かすなども原料として使用可能であり、社会に存在するいろいろな有機繊維を混ぜて廃材を再資源化する。しかも大きなエネルギーを加えることなく、独自の風合いを持ったプロダクトに再生できる。新たな価値を付加するアップサイクルとクリエイティブ・リユース（創造的再利用）の可能性は無限大だ。

kinari には、外観的特性をコントロールできる特徴もある。従来の樹脂のように自由に着色もできる。セルロースファイバーは熱を加えると茶褐色になる特性があるが、パナソニックは加熱量を抑えた環境配慮の混練技術を有しており、そこから生まれた白いペレットを使うことによって自由に着色できる。逆に、成形時に高温成形することで木質の風合いを持つ製品にもできる。この木質感は、射出成形プロセス時の温度と流動性制御により「色み」「色ムラ」を自在にコントロールすることも可能だ。

現在、パナソニックでは素材と循環システムの両面から kinari の開発を進めている。ピュアな生分解素材としての性能は、外部機関でのテストにより最短9カ月で生分解できることを証明済み。現在はつなぎとして少量の石油由来樹脂が必要だが、植物由来や生分解樹脂化を



進めていくことで、完全なバイオプラスチックを目指している。

資源循環システムの検証も進んでいる。パナソニックには家電リサイクルで培ってきた技術があり、近赤外分光を使った高精度な樹脂自動判別技術によって、混載された樹脂を種類別に分別できるノウハウがある。kinari は褐色化していないため、波長2.1マイクロメートル付近にセルロース特有のピークが現われることを利用する。しかもセルロースファイバーの含有量（濃度）によって分別可能だ。この技術は既存のシステムに後付けでき、デジタル・プロダクト・パスポートや将来の材料認証におけるエビデンス（科学的根拠）の担保につながるものだ。

kinari は18年8月、自社のスティッククリーナー本体のケース部に初導入された。国内家電初の試みであり、以降は3世代製品にわたり採用されている。この他にも、タンブラーやアパレル向けボタン、洗面用品などでコラボ商品も誕生。京都・福知山市では、地元の間伐材を使って学校給食用の食器を開発。昨年9月から市内23校、計6700人分で使用されている。

パナソニックでは環境問題の長期的な解決への貢献を目指して、kinari の廃材活用グレードと完全植物由来・生分解グレードの拡大を図っていく。具体的には①セルロースファイバーの高濃度化②木くず、食品など廃材の活用拡大③つなぎ樹脂の植物由来および生分解樹脂への置き換えだ。そして機能性とコストという両面を持って次のステージへ進めていくことで、家電や自動車など市場導入の拡大を目指していく。

(3) ホンダにおけるリユース燃料電池を 活用したデータセンター向け定置用 燃料電池電源の取り組み

クリーン電源、技術・ 運用面や経済性など検証

ホンダ 経営企画統括部 環境企画部長

青木 健氏

ホンダは「カーボンニュートラル」「クリーンエネルギー」「リソースサーキュレーション」の3つを柱として、製品だけでなく企業活動を含めたライフサイクル全体で環境負荷ゼロの循環型社会の実現に向けて取り組んでいる。コンセプト“Triple Action to ZERO”を掲げ、2050年に①二酸化炭素（CO₂）排出量実質ゼロ②カーボンフリーエネルギー活用率100%③サステナブルマテリアル率100%を目指す。その中で水素を再生可能エネルギー由来電気とともに有望なエネルギーキャリアとして位置づけている。水素の活用拡大にも積極的に取り組み、水素事業の拡大を目指す。

ホンダは、35年に水素燃料電池車（FCEV）を含む国内新車販売の電動車比率を80%、そして40年には内燃機関を終了し、電動車100%を計画する。ホンダの4輪車における燃料電池（FC）の取り組みは1998年のプロトタイプ以降、2002年に世界初の「FCX」、08年には燃料電池スタックの氷点下起動を実現した「FCX CLARITY」。そして16年に燃料電池を小型化した5人乗りセダン「CLARITY FUEL CELL」だ。今夏には、SUV「CR-V」をベースとした「CR-V e:FCEV」を投入する。搭載されるFCシステムは、ゼネラルモーターズ（GM）との共同開発。革新的電極材料や耐食材料

の適用などによってコストを3分の1に低減し、耐久性を2倍に向上させた。

新型のFCシステムは自動車のみならず、今後さまざまなアプリケーションに搭載し、用途を拡大していく。そして多用途展開によりクリーンな移動と安心な電力提供を両立する。例えば、バッテリーでは難しい稼働率の高い大型のモビリティや重機、定置電源などだ。

また複数基を並列に組み合わせることで高出力化対応を図るなど、使い勝手やコスト面でもディーゼルエンジンと互角となるよう要素研究をすでに始めている。

これまでのFCEVを起点とした人の移動の脱炭素化に加えて、トラックを起点とした物流の脱炭素化や電源設備を起点とした電力の脱炭素化へのソリューションを進化・拡大していく。

ホンダは、電源設備を起点とした電力の脱炭素化のアプローチとして、FCEVのコア技術であるFCシステムを使った定置電源装置の取り組みを国内外でスタートしている。23年3月、米国現地法人にてFCシステムをリユースして、データセンターの非常用FC電源として利活用する実証をスタートした。設計・開発・施工・設置・運用・データ取得に至る一連のプロジェクトは、将来の定置FC電源の商用化に向けた取り組みであるとともに、循環型



社会の実現に向けた仕込みとして使用済み車両のFCシステムの可能性と課題を探り、カーボンニュートラルの加速につなげることを目的としている。

従来、非常用電源はディーゼルエンジンが主流。“こなれた技術”のディーゼルは、燃料コストや耐久性において優位性がある。一方で、ノイズや振動に加えて排ガス中に含まれる(CO)や窒素酸化物(NOx)、硫黄酸化物(SOx)などの大気汚染物質の排出懸念がある。これに対して燃料電池は化学反応のみで発電するため静音化できる。しかも反応によって排出されるのは水のみ。ディーゼルのペインポイント(悩みの種)を解決できるポテンシャルを備えている。

定置型電源を構成するFC電源ユニットは、車両のFCスタックや出力電圧コントロール装置など、コンポーネントはそのまま最大限活用している。再利用するFCV「CLARITY FUEL CELL」はリースアップ車両。テレマティクスデータを活用してFCスタックの状態を解析。メンテナンス性を考慮したシステム・パッケージとしてレイアウトし、燃料電池とバッテリーの協調制御系は再設計した。

電源ユニット四つを1つのエンクロージャーに搭載し、4基並列接続による定格出力250キロワットのクワットユニットを構成。各電源ユニットはレール引き出しによってメンテナンス性も確保し、クワットユニットはフォークリフトで簡単に設置できる可搬設計だ。このクワットシステム2つを直列接続して出力500キロワットのFC直流電源ユニットとした。合わせて第三者認証機関による安全性評価を受け、フィールド認証を取得した。

各電池ユニットにおける劣化状態の影響は、協調制御により定格出力をカバー。500キロワットのバックアップ電源として、停電時における復旧までのダウンタイムは約20秒。使用するバッテリーやプロセスを見直ししながら、10秒以内を目標に取り組んでいる。

北米での実証実験を発展させる形で、新エネルギー・



FCV「CLARITY FUEL CELL」(上)と
燃料電池システムを再利用した定置電源(ホンダ提供)

産業技術総合開発機構(NEDO)の承認を受け、国内でも同様の取り組みが進んでいる。実証地は山口県周南市。リユースの新型FCシステムを活用し、10秒ブラックスタートに対応できる定置型FC電源を目指して開発。トクヤマの食塩電解事業による副生水素を活用して、三菱商事の分散型データセンターに定置型FC電源から電気を供給する。データセンターの脱炭素化(GX)に向けて、バックアップ電源だけではなく、プライマリー電源やピークシェービング・ベースロード電源、オフグリッドなど、さまざまなユースケースを想定したクリーン電源として技術・運用面のほか、経済性や事業面で検証を実施する。

実証のポイントは、リユース燃料電池の利活用。性能が異なる四つのリユース燃料電池を組み合わせてデータセンターに電力を供給する。商用車向けの高耐久性FCのリユースは、性能的に発電動作は問題ないことが期待できる。リユース品を活用しながら設備投資を削減する。そこに大きな可能性がある。

加えて運用維持費を削減できるポテンシャルがあることも分かってきた。車両で使用する領域よりも出力が低いところを使うことで、劣化後のFCでも十分な出力が可能であり、同時に劣化進行も抑制できる。将来的には、他のコンポーネントも活用していくことでメンテナンスコストまで最適化する可能性を探索していく。

意見交換

プラ情報流通プラットフォーム 「つながる」システムへ協調重要

(エア・ウォーター) 武内幸祐氏 日本は少し高くても環境にいいものを買おうという文化がまだ未成熟だ。セルロースファイバーの経済性について、どのように考えているか。

(パナソニック) 山本英郎氏 なかなか価値に転換しにくいところがある。消費者の情緒的価値や素材が持つ機能的価値の部分で差異を埋め切れていない。セルロースファイバーの特性を活かしたデザインであったり、質感であったり、ユーザーに伝わりやすい設計をしていくことも必要だ。投資しながら、一部では無理しなくても使っていくような商品もあるかもしれない。価値を上げながら使っていくという両面で進めていきたい。

(NEC) 稲垣孝一氏 NECでも以前からバイオプラスチックに取り組んでいる。IT機器の筐体で水

平リサイクル時の着色対応で苦勞した。kinariはどうだろうか？

山本氏 着色を一度してしまうと、よくあるリサイクル材のペレットになってしまうというのは実態としてはある。kinariは石油由来の樹脂使用率を引き下げるといった目的が第一にある。現在は生分解グレードや耐久グレードの確立に取り組んでいる。ポリ乳酸や既存の生分解性材料と混ぜた時にどういった機能が発現するか。将来に備えてトライしている。

稲垣氏 自動車のリユース燃料電池は常設の定置電源とし

ての可能性はどうだろうか。発電時の排熱をエネファームみたいに利用しながら、電気はオフサイトで持ってくるような使い方もできるのではないかな。

(ホンダ) 青木健氏 コスト面では、再生エネルギーが普及してこないといけない。定置型の電源は自動車と違って基本的には移動しないので、使用環境は自動車ほど大きく変動しない。比較的安定した状態が想定できるため、適切な設置場

所であれば過度な冷却装置を積む必要もなくなるだろう。自動車と比べてコストは抑えた形で投入できるのではないかと考えている。

(パナソニック) 下野隆二氏 プラスチック情報流通プラットフォームについて、静脈側のみならず、それぞれのプレイヤーへの参加要請はどのよう



グリーンフォーラム 2023年度資源・循環技術委員会 全体討議(本社会議室)

に考えているか。

(NEC) 阿部晋樹氏 静脈産業は国内数千社レベル。しかも静脈産業は、かなり早くから強固なサプライチェーンが築かれていることが多い。全社に参加してもらうのは難しいかもしれないが、静脈産業の参加がキーであることは間違いない。参加の判断には経済合理性などもあるだろう。事業性の検証プロダクトであるMVP版も完成したので、積極的にアプローチしていきたい。

下野氏 静脈産業にまで至る精緻なデータが集まってくると発注機能や購買機能も欲しくなる。将来的な機能拡張の可能性は。

阿部氏 受発注機能としてはマッチングとマーケットプレイスは十分想定できる。東北大学の次世代放射光施設「ナノテラス」を使った品質評価診断（再生材データバンク）は、プラスチック再生材のグレーディングを行う。Aグレードは自動車やOA機器で使われる本当に価値の高い素材。一方でBグレードやCグレードは日本での需要は少ないとされ輸出向けも多いが、マッチングやマーケットプレイスがあれば国内でも回るようになるのではないだろうか。

下野氏 プラットフォームについては他のITベンダーなども参入している。どのシステムを使うかはユーザーが自主的に判断すればよいのだろうか。

阿部氏 例えば自動車業界向け材料データスペースなどは、すでにクローズなループで完成されているものがある。政府が一番懸念するのは、情報共有した時に全然つながらない状態になってしまうこと。「協調と競争」の「協調」の部分が重要だ。各企業が、今あるシステムに共通機能を組み込むことでトレーサビリティ（履歴管理）などが統合され、ウラノス・エコシステムにつながる、そして欧州連合（EU）にもつながるということが重要だ。サプライチェーンの中では製造業はどこに価値を見出すか。その判断はさまざまだ。業種ごとに丁寧に対応していきたい。

稲垣氏 kinariで間伐材を使うことはCO₂の固定として使える可能性はないだろうか。お客さんに販売して、お客さんの家で固定が認められるかどうかという課題はあるが、建材として使って積み上げられればユニークだ。

山本氏 カーボンニュートラルの議論の中では確かに強みになる可能性を秘めている。木材のサプライチェーン全体に影響してくるところだと思うが、一部の学会や海外では最近そういった議論もされているようだ。しっかりと訴求していきたい。



資源・循環技術委員会 委員長 国際環境経済研究所 理事
水戸部啓一氏

水戸部啓委員長 セルロースナノファイバーは、繊維長が長いほど強度の向上が見込まれる。強度の高いプラスチックができれば、いろんなところに広がる可能性は高くなるが、エネルギーや製造コストとトレードオフになる。そのあたりはどうだろうか。

山本氏 一般的なナノファイバーは表面積、つまり樹脂と接触面積を増やすことができるので、繊維長を長くすることで強度は担保できる。現在はトレンド的に10ミクロンから100ミクロンぐらいのクラスで、コストとのバランスが良いのではないかと。それ以上の長繊維になると対衝撃性など新たな特性も出てくる。今後のトレンド見ながら最適解を探っていきたい。

水戸部氏 本日はありがとうございました。



夏季フィールドワーク NEC我孫子事業場

ネイチャーポジティブ、地域とともに

グリーンフォーラム（藤井康正座長＝東京大学大学院工学系研究科教授）は、NEC我孫子事業場（千葉県我孫子市）でフィールドワークを実施した。我孫子事業場の湧水池である「四つ池」において絶滅危惧種オオモノサシトンボの保全や、地域絶滅生物ゼニタナゴの野生復帰に向けた活動が進行中。2022年には環境省「自然共生サイト」の試行事業で「認定相当」にも選ばれた。地域の環境保全団体とともにネイチャーポジティブへの取り組みが進む。

■絶滅危惧種を企業が直接保全 事業場内「四つ池」の活動視察

ジャパンラグビーリーグワンに所属する「NECグリーンロケッツ東葛」が拠点を置くNEC我孫子事業場。同事業場は、通信や半導体、携帯電話事業の拠点として1982年に開設された。31万5000平方メートル（東京ドーム約7個分）の広大な敷地内には、グリーンロケッツのホームグラウンドに隣接して4万3000平方メートルの緑地が広がる。

我孫子事業場は、もともと畑や原っぱだった土地。半世紀にわたりNECが企業活動として植林や手入れを続けていくことで、自然豊かな森として再生された。企業の敷地内であり、外部から有害生物などを持ち込まれることがなかったなど条件面にも恵まれていた。

活動のきっかけは2003年。日本トンボ学会と我孫子野鳥を守る会による生き物調査での希少トンボ「オオモノサシトンボ」の発見だ。オオモノサシトンボは、関東など本州の一部のみに生息し環境省レッドリストの絶滅危惧IB類に指定されている。07年には手賀沼水生生物研究会がオオモノサシトンボの保全環境調査で「四つ池」が貴重な生息地であることを再確認。これを機に09年、企業が絶滅種の保護に直接参加するという、他に例を見



緑地に囲まれたNEC我孫子事業場。半世紀にわたり企業活動として植林や手入れを続け自然豊かな森に再生された



我孫子事業場では企業が絶滅種の保護に直接参加するという、他に例を見ない形で生物多様性保全活動が進む

い形で本格的な生物多様性保全活動がスタートした。

四つ池は、湧き水でできた上流D池から下流A池が



湧水地の四つ池（手賀沼水生生物研究会提供）

連なった四つの池の総称。09年の調査で外来魚も多数生息していることが分かり、トンボの個体数減少と生息地が奪われるリスク管理の観点から手賀沼水生生物研究会とNECが共同して駆除活動に乗り出した。

■オオモノサシトンボ、貴重な生息地

オオモノサシトンボは、水草の豊富な池沼を好む。そのためトンボの保護活動は生育環境の保全と外来魚駆除の両面で進めている。天敵は幼虫（ヤゴ）を捕食する「ブルーギル」や「オオクチバス」といった外来魚。四つ池では、保全活動の成果が見えやすいことから研究者とさまざまな方法でアプローチを試みている。人手によるトラップや産卵防止ネット、小型定置網などを実証。一見非効率に見えるが駆除釣りも効果的だという。

一方、環境面では「住みやすい環境づくりに腐心した」（手賀沼水生生物研究会の鈴木盛智代表）という。人工トンボ池の設置などに加えて、「水草は日当たりがいいところで育つ。そういう場所をトンボは好む」（同）ことから、水草の日当たりにも神経を払う。必要ならば木を伐採して日当たりを確保することも要請する。現在、最下流にあるA池が生育環境として最も良好で、毎年、安定して多数の生息が確認できているという。

12年12月には最上流部のD池で池干しを実施。湧水



最下流にあるA池。
安定してオオモノサシトンボの生息が確認されている



オオモノサシトンボ（© k.tamegai）

池の池干しは日本初となる試みで、2週間にわたる水抜きを通して外来魚の完全駆除にチャレンジ。このとき、二つ目の転機となる二枚貝（イシガイ）約500体の生息を確認。のちにゼニタナゴ野生復帰事業に結びつくこととなる。

四つ池周辺は、周囲の土地がもともと利根川の氾濫原だったこともあり、台風や大雨によりしばしば冠水する。池が溢れてつながり、外来魚が移動できるほど増水する。13年10月の大雨ではA池が最大1メートル増水したことで四つ池内が氾濫。上流側にも及ぶ影響でD池のブルーギル捕獲数が再び増加し、駆除数が5000匹超となった。このため、19年1月に2回目となる池干しをC池とD池で実施。上流側での外来魚の抑制により、翌年6月にはA池でのオオモノサシトンボの確認数は22匹に倍増した。

外来魚の減少が進む一方で、これまで外来魚に捕食されていたアメリカザリガニが激増。今年6月に「条件



希少トンボのオオモノサシトンボ保護活動は生育環境の保全と外来魚駆除の両面で進めている（池干したD池（© s.suzuki））



駆除された外来魚（ブルーギル）



条件付特定外来生物に指定されたアメリカザリガニ。オオモノサシトンボが好む水草の採餌や切断によって生態系を乱す「付特定外来生物」に指定された外来種だ。アメリカザリガニはオオモノサシトンボが好む水草の採餌や切断によって生態系を乱す。生息環境の破壊を防ぐため、罠を使った駆除や、試みとして始めた利根川「天然ウナギ」の放流が成果を上げている。ウナギがアメリカザリガニ



人工トンボ池のヤゴの抜け殻



手賀沼水生生物研究会の鈴木盛智代表

の幼虫を捕食するという。

ただ、20年の新型コロナウイルス流行に伴う活動自粛で、ブルーギルの数が再びリバウンド。現在、四つ池では「冠水対策と外来魚の繁殖抑制が課題」（鈴木代表）だという。

■地域絶滅生物 野生復帰に挑む 淡水魚ゼニタナゴ繁殖

我孫子事業場では、もう一つの保全活動が進む。12年の池干しにより確認された二枚貝を産卵母貝とするゼニタナゴの繁殖だ。ゼニタナゴは、日本固有種で淡水魚の中で最も絶滅の可能性が高い魚の一つ。環境省の絶滅危惧IA類に指定され、千葉県では消息不明・絶滅生物に指定されている。



地域絶滅生物ゼニタナゴの稚魚



ゼニタナゴの繁殖が進む敷地内の人工池(上)と希少水草のガシャモク



産卵母貝となる、池干しで見つかったイシガイ (©s.suzuki)



我孫子事業場のゼニタナゴは、89年に茨城県霞ヶ浦美浦の湖岸で捕獲した利根川水系由来の系統種を琵琶湖博物館で継代飼育されていたもの。15年に敷地内の人工池で飼育を開始すると、翌年には稚魚の浮上、繁殖に成功した。ゼニタナゴの餌には希少水草のガシャモクやエビモモを利用。繁茂状態が継続したため、給餌を行うことなく良好な状態を維持できているという。

■「四つ池」定着へ ノウハウに手応え

しかし「地域絶滅した生き物を野生復帰させるにはいくつもハードルがあった」（鈴木代表）というように、産卵母貝となる二枚貝が、エサである植物プランクトンの珪藻類などの不足のため、人工池では春になる前に餓死してしまうことが判明。ふ化した後に、二枚貝をD池へ戻すなど工夫を行っているという。“我孫子育ち”のゼニ

タナゴは、21年から3年間、野生復帰に向けて約150匹がD池へ放流された。四つ池での定着は確認できていないというが、繁殖ノウハウには手応えを感じている。

ゼニタナゴの繁殖活動は、一企業の取り組みだけでなく広がりを持たせる検討も進む。千葉県生物多様性センターの生物多様性ちば企業ネットワークに参加する地元企業に対して「活動を一緒にできないか呼びかけることを考えている」（NEC環境経営統括部の稲垣孝一氏）という。また「環境は専門でも生物になるとわからないところも多い」（稲垣氏）と言うように我孫子事業場では、手賀沼水生物研究会をはじめ我孫子市、千葉県生物多様センター、日本トンボ学会など専門家とも連携しながら活動を進めている。

NECの環境活動はグローバル市場でも存在感を高めている。22年12月には国連生物多様性条約第15回締約国会議（COP15）に登壇。ネイチャーポジティブの取



環境経営統括部 シニアプロフェッショナルの稲垣孝一氏

り組みとして我孫子事業場の推進活動を世界に向けて発信した。しかし、その一方で企業の責務として、直面する人材不足による協調活動体制の将来リスクを危惧する。「活動が続いているのは手賀沼水生生物研究会の存在が大きい。協力がなければできなかった」(稲垣氏)。自社の若手社員にどう興味を持たせられるか。情報通信技術 (ICT) を活用した監視や省力化なども、今後の一つのポイントになりそうだ。

環境・生態系保全活動の今後について、環境経営統括部の金成かほるさんは「自然貢献活動からビジネスにつなげていく。それをどのように構築していくか。その一つのきっかけが自然関連財務情報開示タスクフォース (TNFD)」だという。今後多くの企業がTNFDの枠組みに沿って開示をしていく流れにある中で、そこに新たな価値を提供できるような製品・サービスを視野に入れているという。NECでは7月に国内IT業界で初となるTNFDレポートを発行し、自然資本および生物多様性に関わる事業リスクや機会を開示している。

NECは、4月にNTTの次世代光通信基盤の構想「IOWN (アイオン)」の新たな世界を体験・共創する場として「NEC CONNECT Lab with IOWN」を我孫子事業場に開設した。これまでも次世代を見据えた事業拠点として変貌し続けてきた我孫子事業場。まさに通信と環境の両面で未来の景色作りに挑む。



環境経営統括部長の山口桂子氏



環境経営統括部 プロフェッショナルの金成かほる氏



COP15で我孫子事業場のネイチャーポジティブへの推進活動を世界に向けて発信 (NEC提供)

秋季フィールドワーク 浮体式洋上風力発電「はえんかぜ」—長崎県五島市

「産・漁・官」で脱炭素 浮かぶ風車は経済も回す

グリーンフォーラム（藤井康正座長＝東京大学大学院工学系研究科教授）は10月27、28日の両日、洋上風力発電「はえんかぜ」を契機に再生可能エネルギーによって脱炭素社会への転換と地域経済の両立に挑む長崎県五島市を視察するフィールドワークを実施した。日本初の浮体式となる「はえんかぜ」は2016年に商用運転を開始。22年から戸田建設を中心とするコンソーシアムが8基の増設に着手し、26年には浮体式洋上ウインドファームが誕生する。長崎市から西へ約100キロメートル。人口減少と高齢化に直面する離島は、消費電力の8割が再生エネルギーになる「再生エネの島」へと変貌する。

■日本初の浮体式洋上風力 8基増設「ウインドファーム」26年誕生へ

福江港（五島市）から出港し、20分ほど進むと浮体式洋上風力発電「はえんかぜ」に到着した。波は穏やかに思えたが、船上では立ち上がるのが難しいくらいの揺れだった。座りながら見上げた風車は大きく、ブレード（羽根）は勢いよく回転していた。

タワー（塔）の高さは56メートル。海に沈む部分も76メートルある。ブレードを含めると全長172メートル、重さ3400トンの巨大な“柱”が、釣りの「浮き」のように浮かび、傾いても元の姿勢に戻る。内部は空洞になっており、注入した海水を「重し」にしてバランスを保っている。

洋上風力発電には海底に固定する「着床式」もある。浅い海では着床式を建設しやすいが、深い海に囲まれた日本では「浮体式」の普及に期待がかかる。

「はえんかぜ」は13年、環境省の実証事業として戸田建設が設置。実証終了後の16年、五島市と戸田建設子会社が商用運転を始めた。出力は2000キロワット。秒速7メートルの穏やかな風でも、1800世帯分の電気を賄える。視察した日は快晴で、陸上では風を感じるほど



崎山沖5キロメートル地点で稼働する
浮体式洋上風力発電「はえんかぜ」



26年完成に向け増設が進む日本初の浮体式洋上ウインドファーム



風車を設置沖合まで運ぶ半潜水型専用台船「FLOAT RAISER」

ではなかったが、発電に適した風が吹いていたようだ。

戸田建設はENEOSや大阪ガス、INPEX、関西電力、中部電力とコンソーシアムを結成し、22年から8基の増設に着手した。完成すると、日本初となる浮体式洋上風力発電による「ウインドファーム」となる。24年1月の稼働を目指していたが、一部で不具合が見つかり、運転開始は26年にずれ込む見通しとなっている。

■地元経済団体 再生エネ導入支える “オール五島”で運営

地元の経済団体も再生可能エネルギーの導入を支えている。福江商工会議所の清瀧誠司会頭は再生エネに商機を感じ、「商売人の目で見て取り組んできた」と歩みを振り返る。

会議所は18年、「五島市再生可能エネルギー産業育成研究会」を設置し、増設する浮体式風力発電8基の製造拠点を市内に誘致した。この研究会の活動から有志52社が出資する地域新電力「五島市民電力」が18年、設立された。地元の企業や社会福祉法人から太陽光発電の電気を仕入れ、市民や企業に販売する。もちろん「はえんかぜ」の電気も供給する。営業でも地元企業や農協が協力する“オール五島”体制で運営している。



福江商工会議所会頭の清瀧誠司氏



福江商工会議所専務理事の山田肇氏

今では多くの事業者や家庭が、五島市民電力から電気を購入している。清瀧会頭の説明によると、市内の事業所や家庭の電気代は年30億-40億円。以前は全額が九州電力に支払われていたが、40億円の2-3割（10億円）は市内に残るようになった。離島にとって10億円は大きな経済効果だ。



スーパー型浮体部を建造するヤード（福江港大津岸壁）

五島市民電力の出資企業は配当を受け取らず、利益を地域に還元している。その一つがスポーツや文化活動での遠征費の支援だ。福江島から長崎市まで船で3時間。往復の船代や宿泊にかかる費用の一部を五島市民電力が支えている。他に農業も利益の一部で支援する。

会議所は21年、「五島版RE100」も始めた。主に市内事業者を対象とし、事業で使う電気全量を再生エネにすると宣言してもらい、5年以内の達成を求める。現在は27事業者が参加する。「単なる費用アップでは続かない。ブランド力アップにつながる事業者に参加してもらっている」（山田肇専務理事）と戦略的だ。

■産業振興の起爆剤—ゼロカーボン シティ宣言—経済波及効果41億円

五島市は14年、「五島市再生可能エネルギー推進協議会」を設置し、再生エネ導入を起爆剤とした地域産業の育成と雇用創出に取り組んできた。市によると8基の増設が始まった22年は再生エネ関連企業は9社、従業員は95人に増えた。市では経済波及効果を41億円、雇用に360人と見込む。

20年には市として二酸化炭素（CO₂）排出実質ゼロを目指す「ゼロカーボンシティ」を宣言。23年には「五島市ゼロカーボンシティ実現協議会」を立ち上げた。こ

の協議会の会長には商工会議所の清瀧会頭、副会長には五島ふくえ漁業協同組合の片山和彦組合長と野口市太郎市長が就任し、「産・漁・官」が一体となって再生エネを最大限活用した脱炭素化を目指している。

洋上風力発電の設置に当たり、漁獲への悪影響を心配する漁業関係者の理解を得る必要があった。五島市総務企画部未来創造課ゼロカーボンシティ推進班の川口祐樹主査は「水産課の職員とともに漁業関係者へ説明に行った」と語り、漁業に精通する部署との連携が重要だったと振り返る。また、風力発電の利益の一部を抛出し、漁業関係者を支援する基金も置いた。

稼働中の風力発電を調べると、海に沈んだ部分が魚礁となって魚が集まっている。8基の増設後、さらに魚介類が増えると期待される。市は漁獲データを検証し、再生エネと漁業の両立を目指す。



五島市総務企画部の川口祐樹氏



「はえんかぜ」の陸上変電施設

さらに市では、日本初の大型潮流発電の実証も進行する。潮流発電のイメージは“海中版の風車”で、海流で発電機の羽根を回して電気を生み出す。21年には環境省の実証事業として、九電みらいエナジーと長崎海洋産業クラスター形成推進協議会が500キロワットの設備を3カ月運転させた。水深40メートルに設置したが、「予測と実績にほぼ誤差がなかった」（川口主査）。24年には1000キロワットで実証する。

洋上風力に加え、島内の陸上風力や太陽光発電所を合計すると、五島市の電力消費量の56%を再生エネルギーが占めている。洋上風力8基が稼働すると再生エネルギー比率は80%に達し、“再生エネルギー先進地”となる。海流発電や電気自動車も加わると、さらなる経済効果が期待できる。

■ブルーカーボン クレジット創出 炭素吸収「五島モデル」で藻場再生

五島列島の沿岸は、海藻が茂った藻場が消失する「磯焼け」が発生している。海水温の上昇で活動が活発になった魚やサザエ、ウニなどが海藻を食べ尽くす「食害」が原因と考えられる。魚介類の生息地となる藻場がなくなると、海の生態系が崩壊する。市内の崎山地区はヒジキが急減し、10年に絶滅した。

すでに対策が始まっている。五島市産業振興部水産



五島市産業振興部の桑村和弘氏



磯焼けにより海藻が消失した海底（五島市提供）



藻場再生活動によって回復した海藻のヒジキ（五島市提供）

課の桑村和弘係長によると「地元が一念発起」し、崎山地区の住民が海にヒジキを植え、網で囲って魚の侵入を防いでいる。海底は凹凸になっているため、すき間をなくすように設置方法を工夫。また、波で岩にひっかかると網が破れる恐れもあり、幅30メートルの網を組み合わせる構造にした。破損しても1枚だけの交換で済むためだ。活動のきっかけがあって18年からヒジキの収穫が回復した。

市は19年、「磯焼け対策アクションプラン」を策定。「五島モデル」と名付け、成功事例の市内への展開を始めた。さらに漁業協同組合や企業も参加して21年、「五島市ブルーカーボン促進協議会」を設立した。「ブルーカーボン」とは海の生態系が吸収した炭素を指し、吸収量が増えるほど温暖化対策につながる。

協議会は藻場再生の成果で増加した吸収量を測定

し、取引可能な「クレジット」にして発行する。クレジットは二酸化炭素（CO₂）削減価値を持ち、売却によって藻場再生活動の資金を獲得できる。購入した企業は藻場再生を応援できる仕組みだ。22年度はジャパンプルーエコノミー技術研究組合を通じ、CO₂量で12トン分のクレジットを発行した。桑村係長は「さらに藻場再生が進む」と期待する。

■風車メンテナンス 地域に根づく新産業

風力発電が五島市に生んだ産業の一つが、メンテナンス（保守）だ。イー・ウィンドは2006年に風力発電の保守を経験すると08年には運用・保守（O&M）専門に業種転換し、現社名に変更した。12年に始まった固定価格買い取り制度（FIT）の追い風があり、これまでに全国90カ所、風力発電540基の点検を担当し、100基の運転を監視する。

同社の田上秀人専務は、人材育成での苦勞を語る。風車メーカーなら自社が納入した設備の点検を請け負うことでグループ内に保守人材を育てられる。対してイー・ウィンドはメーカーのグループに属していない。田上専務は「自分たちで人を育てるしかなかった」と振り返る。



風力発電の保守作業（イー・ウィンド提供）



重機を使わず認定技術者がロープワークで点検から補修まで対応する（イー・ウィンド提供）



イー・ウィンド専務取締役の田上秀人氏



日本国内の陸上・洋上風車100基、国内外5メーカーの風車を24時間365日遠隔監視する（イー・ウィンド提供）



市内に訓練施設を整え、独自の技能認定制度を設けた。機械と電気の両方の知識習得に加え、発電機が収まった「ナセル」内の狭い空間での作業も体験できる。地元で浮体式洋上風力発電が稼働したおかげで、浮体式の保守作業という“貴重”な経験ができた。白紙からの人材育成だったが各地の風力発電所から受注し、鹿児島、和歌山、北海道にも事務所を開設した。また、ブラジルにも拠点を持つ。日本が夜になると、日中のブラジルの人員が遠隔で風力発電を見守ることで24時間の監視体制を実現した。

18年には風力発電の保守事業への参入を目指す地元企業と「長崎ウインドサービスグループ」を結成。参入から培ってきた知見を生かし、他社の従業員に1年間の技能訓練を提供している。同じ地域に競合企業を育てるようなものだが、「人材が増えると地元企業とネットワークを組める。風力発電産業の発展に貢献し、地元の安定した雇用につながる」（田上専務）と語る。同グループの技能訓練を受けた地元企業が7人を新規雇用した事例が生まれており、再生エネが地域経済に潤いをもたらしている。

■ 発電海域と漁場共存 海中調査で自然を守る再生エネ施工支援

五島市沖で浮体式風力発電が商業運転を始めた16年、市内に「海洋エネルギー漁業共生センター」が開

所した。洋上風力発電の建設候補地に向いて海中の生態系を調査し、自然や漁業と共生した風力発電事業を支援する組織だ。

センターの活動を支える渋谷潜水工業（神奈川県平



海洋エネルギー漁業共生センターの木口拓也氏



自然や漁業と共生した洋上風力発電事業を支援する

塚市)は海中工事の「職人集団」。培った知見を生かし、センターで海中作業ができる人材も育てる。

洋上風力発電建設地の事前調査だけでなく、海中に沈んだ部分の施工作业も必要となる。運転開始後は海中部分の点検・保守も重要だ。センターでは無人潜水機やドローンといった先端機材を操作する訓練も提供する。

全国各地で洋上風力発電所の建設計画が持ち上がっており、センターで養成した専門人材の活躍の場も増える。



■人口3万4000人の離島 再生エネ視察者1万人

五島市は五島列島最大の福江島と久賀島、奈留島とその周辺の島々で構成する。人口は約3万4000人(21年国勢調査)。市街地には武家屋敷や福江城(石田城)の石垣が残る。同城は1863年(文久3年)に完成したが、9年後に明治政府によって解体された「日本最後の海城」。古くから伝わる「バラモン^{たこ}凧」が商店などに飾られている。「バラモン」とは、五島の表現で「活発な、元気のいい」という意味。

NHK「連続テレビ小説」や民放ドラマの舞台となったこともあり、観光客が増えている。風力関連の視察も累計1万人達成が見込まれており、再生エネが経済効果を生み出している。



五島市に伝わる凧「バラモン」



特別座談会

持続的成長へこれからの環境経営 ～気候変動で増大・複雑化する事業リスク

気候変動が企業活動へもたらす影響は、事業リスクの増大とともに年々複雑化、多様化している。企業が今後、環境課題を解決しながら持続的成長を続けるための課題は何か。社会的責任を果たしながら時代の要請に合わせて環境経営を進化させるために必要なことは何か。グリーンフォーラム産業界委員の下野隆二氏、青木健氏、稲垣孝一氏、野中利幸氏に「これからの環境経営」をテーマに議論してもらった。

◎出席者

パナソニックホールディングス

環境渉外室長

下野 隆二 氏

ホンダ 環境企画部長

青木 健 氏

NEC 環境経営統括部

シニアプロフェッショナル

稲垣 孝一 氏

東レ 常任理事

野中 利幸 氏

◎モデレーター

日刊工業新聞社 編集委員

松木 喬

■脱炭素へ「スコープ3」対応カギ

一まずは環境経営に関連した各社の目標と進捗^{しんちよく}をお聞かせ下さい。

稲垣孝一氏 「NEC2030ビジョン」で、2030年の「ありたい社会像」を環境、社会、暮らしの三つの階層で描いた。以前なら「環境」は会社のビジョンや経営戦略になりにくかったが、今は事業の中に入った。

環境面での大きな目標は40年のカーボンニュートラル達成であり、気候変動の緩和だけでなく適応も含め、お客さまや社会の課題解決に貢献しながら事業を成長させていく。

進捗については（温室効果ガス排出量算定基準の）スコープ1、2の排出量は着実に減らしているが、スコープ3は目標と乖離^{かいり}してきている。現状の算定方法だと売上高が増えるほど、排出量も増加するためだ。削減努

力が反映されない課題もあるが、現段階で適切な対策があるわけではない。

当社のスコープ3基準の排出量は、半分以上をカテゴリー1（購入した製品・サービス）が占める。取引先に依頼し、一緒に排出削減に取り組もうと呼びかけている。将来、その成果を反映したいと思っている。

次に排出量が多いカテゴリー11（販売した製品の使用）では、再生可能エネルギーでクラウドサービスを提供している。お客さまにサービスを利用してもらうほど当社のスコープ3排出量が減る。

青木健氏 ホンダは1992年に「環境宣言」を制定した。2011年には「存在を期待される企業」であり続けるために「環境・安全ビジョン」を定めている。

そして21年、具体的な目標年や行動を定めた「Triple Action to ZERO」のコンセプトを策定した。“CO₂排出量実質ゼロ”“カーボンフリーエネルギー活用率100%”“サステナブルマテリアル使用率100%”を達成し、50年までに環境負荷ゼロの社会を目指す。

中間目標として30年までにCO₂排出量を19年比46%削減する。我々が世の中に与えた負のインパクトを認識し、責任を持つべきだということで総量目標にした。電動化比率も目標に入れた。現状、電動化比率は低いが、着々と電動化技術を開発し、生産準備を進めている。

下野隆二氏 創業者である松下幸之助は1932年、

削減努力と対話・社会認知が重要
データ連携基盤の構築に貢献



NEC 環境経営統括部 シニアプロフェッショナル
稲垣孝一氏

第1回創業記念式典で「人間の幸福は、精神的な安定と、物資の供給が相まって、初めて人生の幸福が安定する」と言った。すなわち「物心一如の繁栄」だ。物と心がともに豊かな理想の社会を実現しようという意味であり、松下電器産業の使命であると言った。

現代の社会において気候変動は物心一如の繁栄を阻むもっとも大きな社会課題。パナソニックホールディングスは、気候変動問題を解決する長期環境ビジョン「Panasonic GREEN IMPACT」を制定した。

当社グループのバリューチェーン全体のCO₂排出量1.1億トン削減する。これは責務である。そして製品・サービスを提供する事業活動によって社会全体のCO₂排出量を2億トン削減するインパクトを創出する。これは貢献だ。

責務と貢献の合計3億トンは、世界全体のエネルギー起源CO₂排出量の約1%に相当する。我々は50年までに、これだけのインパクトを生み出す。

スコープ1、2の排出量については、30年には全世界の工場を「ネットゼロ」にする計画だ。現状では31工場がCO₂ゼロを達成した。残り200拠点以上あるが、順調に進んでいる。

問題はスコープ3だ。カテゴリー 11が8000万トンと最も多く、しかも増加傾向だ。22年の持ち株会社制への以降が一つの要因といえる。持ち株会社になると事業会社ごとに経営が評価される。当然、Panasonic GREEN IMPACTの成果も八つの事業会社別に問われる。

今までスコープ3は家電の30品目だけで集計していた。家電を扱う事業会社以外にも社会と向き合うことが誠実な姿であり、算定の対象を広げたことでスコープ3が増えた。

「貢献」領域は順調であり、22年の実績は3700万トンの削減に貢献した。3800万トンとしていた24年の目標を前倒して達成できそうだ。

野中利幸氏 東レは世界の課題である環境問題にいち早く取り組んでおり、30年以上前の1992年に全社委員会として地球環境委員会を、25年前の2009年には「地球環境事業戦略推進室」を設置して活動してきており、現在に至っている。

23年に発表した「中期経営課題 プロジェクトAP-G2025」で「サステナビリティ目標」を設定した。医療・衛生に貢献する製品も加えた「サステナビリティイノベーション事業（SI事業）」は、23年度は1兆3115億円の見通しで、25年度に売上高1兆6000億円を目指す。CO₂削減貢献量は13年度比9.5倍であり、22年度目標の5.3倍を大きく超えた。水処理貢献量は同2.4倍と目標と同水準にある。生産活動による温室効果ガス（GHG）排出量原単位の売上高収益原単位は同26%と目標を上回っている。

また、25年度のバリューチェーンへのCO₂削減貢献量の目標を15倍に上方修正した。素材産業にとって貢献が重要だ。CFRP（炭素繊維強化プラスチック）は航空機を軽量化して燃費を改善し、排出削減に寄与できる。逆浸透膜（RO膜）を使った海水淡水化は蒸発法よりもエネルギー消費が少なく、排出量を大幅に減らせる。東レグループの国内工場の排出量は30年度に13年度比40%以上削減する。

—目標達成に向けた課題も指摘されました。スコープ3排出量の算定や削減が共通する課題のようです。

野中氏 東レは素材メーカーではあるが、繊維製品など川下寄りの商品を多く抱えており、原料に依存する素材産業である。また、事業が多岐にわたりそれぞれの原料の把握が難しくスコープ3のカテゴリー1の算定が難しい。

それに顧客の使用段階であるカテゴリー1もサプライチェーン全体が複雑だ。素材のGHG削減の貢献は、航空機・自動車などの末端の製品の使用時の排出量が減ることが大きな貢献度となる。一方、サプライチェーン全体での削減については、それぞれの企業がどのくらい削減に寄与しているかということが議論となる。いわゆる「寄与率」議論であるが、素材メーカーと製品メーカーの寄与率が食い違う場面が多くある。産業界は、最終的にはサプライチェーン全体の排出量削減を目指しているのだから、「寄与率」や「ダブルカウント」の議論になるが、今回、経済人会議（WBCSD）や政府のガイドラインでは、その部分は不問としているのが現状である。

稲垣氏 スコープ3排出量をどこまで正確に測る必要があるのかが問題だ。正確性を追求するほど他社と比較されるので、やりたがらない心理状態になる。

そもそも、他社比較ができるほど正確な測定は不可能だ。企業はしっかりと削減努力し、対話によって実際に減ったことを伝え、社会から認めてもらう方が重要だ。

青木氏 自社の過去と現在の製品、もしくは従来の施策と新たな施策を比べて、どれだけ努力して削減したのかを表現できたら良いのだと思う。どうしてもA社とB社を「横比較」したくなるが、各社で集計や計算の方法が異なる。自社の過去、現在、未来の「縦比較」にこそ意味がある。

下野氏 当社はサプライヤー約1万5000社と取引している。中小企業も多く、独自技術を持つ企業も少なくない。大切な取引先であるにもかかわらず、脱炭素ができないことを理由に取引をやめるわけにはいかない。このような課題を抱えており、カテゴリー1の排出量の把握と削減が、非常に大きな問題となっている。

過去、現在、未来の「縦比較」に意味 グリーン価値「見える化」必要



ホンダ 経営企画統括部 環境企画部 部長
青木健氏

—それでは24年度に注力するポイントをお聞きます。

野中氏 一番の注力は炭素繊維と水処理と考えており、経営資源を集中させる。長期戦略の考えから研究技術開発や設備投資も継続させる。また、資源循環も非常に重要だ。GHG削減だけでなく、自然資本の毀損を回避する「ネイチャーポジティブ」分野にも注力する。

下野氏 削減貢献量の国際標準化とサーキュラーエコノミー（循環経済）への対応だ。削減貢献量は23年の先進7カ国首脳会合（G7サミット）の成果文書にも記載されるなど、非常に関心が高まっている。

一方、注目が高まるほど算定方法や削減貢献量の数値への疑念が生じる。どのガイダンスに基づき、どの算定式を採用したのか明らかにしないと、投資を検討する項目に入れてもらえない。

不確かなものを確かなものにするには、国際標準化だろう。IEC（国際電気標準会議）で議論しており、24年中に規格化できる予定だ。ISO（国際標準化機構）においても、削減貢献量の標準化議論が出てきている。

2つ目のサーキュラーについて、欧州連合（EU）のエコデザイン規則を“本丸”として注目している。当社としての準備があるが、業界としても対応していく。

エコデザイン規則は、あくまでEU域内の規制だが、この波がグローバルで広がっていくだろうとみている。いわゆる「ブリュッセル効果」だ。

エコデザイン規則では、製品ごとに修理のしやすさ、循環性能、GHG排出量などの環境情報を「デジタル製品パスポート」として開示しないとイケない。日本政府が23年末に立ち上げた産官学の「サーキュラーパートナーズ」で、再生材使用比率などの指標設定の議論が始まる。

日本が不利にならず、競争優位性となる目標を話し合いたい。

規制ができてからでは遅い。業界に働きかけ、戦略的に動かないとイケない。

青木氏 CO₂削減、再生エネ利用、資源循環の3つの取り組みを深化させるため、網羅性と具体性をもっと上げようと考えている。

資源循環ではサプライチェーンの上流側と下流側の連携が必要だ。では、ホンダは何ができるのか。当社の製品は9割以上をリサイクルできるように製造しているが、実際には他産業に流れ、我々の自動車産業にはほとんど戻って来ていない。

自動車に戻そうとすると、車体を簡単に分解できる設計を採用する必要がある。我々はきれいに解体できる設計思想を「サーキュラーデザイン」と呼んでいる。次世代の車体に反映させ、再生材も搭載し、性能や品質を担保できるのか検討中だ。

CO₂削減については、サプライヤーと対話して共感を得て、仲間を増やすという活動にしっかりと取り組む。

再生エネ導入の検討もする。将来、必要となるエネルギー量の見通しを立て、長期にわたって安定調達できるように再生エネの確保に動き出す。

国連での自動車のLCA（ライフサイクルアセスメント）算定ルールの標準化議論にも参加しており、貢献する。

CO₂以外も含めた環境データを社内で活用するためのデータ基盤の整備も進めている。そのシステムは、外部

CO₂排出削減3億トン目指す 削減貢献量の国際標準化注視



パナソニックホールディングス 渉外室
環境渉外室長 下野隆二氏

システムとも連携させ、戦略的に使えるものにする。

稲垣氏 顧客からカーボンフットプリント（CFP）の情報提供を求められることが増えている。さらに今後はCFPの低減が求められるようになるだろう。

NECではCFP算定を実践するだけでなく、センシングなどICTを活用した算定を支援することで顧客の取り組みに貢献できる。

その先には「Green×Digitalコンソーシアム」（事務局＝電子情報技術産業協会〈JEITA事務局〉）で推進するサプライチェーン上でのCO₂データ連携があり、今後グローバルなデータ連携が進んでいく。NECはそのようなデータ連携基盤の構築にも貢献していきたい。

環境経営においては、環境負荷の実態や削減成果の“見える化”が重要。可視化したデータがないとPDCA（計画、実行、評価、改善）サイクルを回すマネジメントができない。NECはICT企業なので情報を見える化し、行動を支援するのが一番得意だ。

情報開示についてはTCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）提言にそって取り組んできたが、今後、



東レ 常任理事 野中利幸氏

素材産業による削減貢献拡大 削減貢献量の世界認知が有効

サステナビリティ開示基準（SSBJ基準）など、有価証券報告書に記載するとすると、NECは宇宙から海底ケーブルまで幅広い事業領域があるため、どの事業についてどこまでリスクを開示すべきなのか、株主視点からしっかりと議論する必要がある。25年から先行して少し情報を拡充していきたいと考えている。

■環境課題解決コスト 社会全体で負担を

一環境課題解決と事業成長を両立させるには。

青木氏 GXリーグのグリーン商材の付加価値付け検討ワーキンググループで、消費者のグリーン製品の購入動機を高めるためのグリーンインセンティブ創出の提言をまとめた。インセンティブが働くにはグリーン価値を“見える化”する必要がある。

その“見える化”には2つの評価軸がある。1つは「どれだけ排出したか」の負のインパクトであり、GHG排出量が当てはまる。もう1つは「どれだけ削減したか」の環境貢献量。この2つが公平であるべきだ。

社内では、経営層の環境に関連した議論が、すべての従業員まで浸透しづらいという悩みがある。単純に議事録をかみ砕いて配布するだけではだめだ。

海外拠点も含め、各部署の業務に落とし込み、PDCAサイクルを回し、結果を経営層に報告している。経営層からもフィードバックし、地道にキャッチボールしている。

例えば、全社が目標とするCO₂削減量を地域別に配分し、次に地域内でも部署ごとに振り分ける。各地域の活動を共有する場もある。自分たちの活動が紹介されると、現場のモチベーションにもなる。

下野氏 削減貢献量を「金銭価値化」や「財務価値化」することだ。

削減貢献量は、自社の製品・サービスによって他社のCO₂を削減することであり、事業そのものだ。「削減貢献量=企業の社会課題解決力」と言える。つまり削減貢献量は、気候変動という社会課題を解決する力を測る“物差し”だ。社会課題解決力を持った企業に資金が集まるほど、世の中は良くなる。そのために標準化や規格化が重要となる。

投資家にも削減貢献量の本質を理解してもらいたい。そして自社のCO₂を減らした会社だから投資するという単純な構図を改めてほしい。GHGを排出した責務だけでなく、社会の排出削減への貢献も評価してほしい。

投資行動に変容を求めるには1社では限界があり、業界全体で機運を醸成する必要がある。そのためにアドボカシー活動も重要であり、23年のG7サミットの成果文書に削減貢献量が明記されて金融業界にも注目してもらえるようになった。

実は、削減貢献量はすでに金銭価値化されている。気候変動対策を重視するバイデン米政権のインフレ抑制法（IRA法）は、米国社会の排出削減に貢献してくれる製品を製造する工場に補助金を出している。これは米国が削減貢献量に投資していると言える。

野中氏 日本企業は以前より欧米企業に比較して、環境負荷低減と企業価値向上を両立させようとしている。その価値を認めてもらうためにも削減貢献量の世界の認知が有効だ。

弊社社長の大矢は「化学産業がカーボンニュートラル実現のために、有用な原材料を提供するという重大な使命がある」と宣言している。一方で化学産業は、事業活動に伴うエネルギー多消費であり、環境負荷が大きく、サプライチェーン全体での排出量削減には、個社の努力だけでは対応できない部分がある。自社では、カーボンニュートラルに向けた革新的なイノベーションを技術創出し削減努力をしながら、社会構造・産業構造転換に伴うコストの一部は、社会の理解を得て、社会全体で負担いただきつつ、カーボンニュートラルに向けたイノベーションを創出し、全ての産業・社会の変容を支えることが化学産業・素材メーカーが持続的に成長する道すじだと考えている。

化学産業にはカーボンニュートラルに貢献する製品を供給する存在意義があり、コスト負担に応える革新的なイノベーションが求められる。最近発行した統合報告書、TCFDレポートなどでの社長発信を含めて、東レは、研究・技術開発に長期的に投資している企業だと投資家などに説明している。

稲垣氏 社会課題解決がNECの本業だが、社員一人ひとりまで納得しているのかと考えると正直、まだ不十分だろう。

カーボンニュートラルへの貢献が「もうかる」と分かれば、社員の行動も変わるはずだ。そこで長期視点の考



え方が有効だろうと思っている。

TCFD提言の「シナリオ分析」を実践すると、お客さまの10年後、20年後、30年後の事業環境を検討できる。するとお客さまのリスクが分かり、リスク回避への貢献がNECの機会であり、成長プロセスと理解できる。お客さまと目標を合意できる関係性を築けると、我々の事業も継続的に成長できる。

だが、やはり「資金を誰が負担するのか」という課題に突き当たる。個社では限度がある。外部不経済を内部化することを世界のルールにしないといけないう。課題解決に貢献しながら、価値に見合った対価を受け取れなければ「やったもの負け」になる。

—環境課題解決のコストを社会全体で負担する仕組みが必要という提言を皆さまからいただけたと思います。有意義な議論をしていただき、ありがとうございました。



グリーンフォーラム特別シンポジウム

変わるサステナ情報開示「SSBJ基準」
～企業への影響と対応

モノづくり日本会議は5月31日、グリーンフォーラムと共催で特別シンポジウム「変わるサステナ情報開示 SSBJ基準～企業への影響と対応」を開き、オンラインでも配信した。2024年度中での公開が予定されているサステナビリティ情報開示の基準について、関西学院大学の阪智香教授が公開草案に基づき企業に求められる対応を解説。続いてTCFDなどの開示で高評価を得ているクボタと積水ハウスが、自社の取り組みを通して戦略的情報開示に取り組む狙いとポイントについて講演した。

「SSBJ基準」
公開草案の内容と解説

関西学院大学 商学部教授
財務会計基準機構サステナビリティ基準委員会委員
阪 智香 氏

経営の財務軸とESG軸を近づける

経済システムには環境価値が考慮されておらず、外部性が発生すると環境問題が起こる。外部性の負のものを外部コストと呼び、これを内部化するための手法の一つが情報的手法である。情報開示は、ステークホルダーや企業の行動を変えることができる。

2015年のパリ協定では低排出型の産業構造への転換を促す金融市場の枠組みづくりが必要とされ、その一つがサステナビリティ開示だ。外部コストを会計に取り込むために、さまざまな開示のガイドラインが発表されてきた。ESG投資やサステナブル投資のための投資意思決定に焦点を当てた開示を扱ったものが、TCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）提言だ。21年のCOP26で、IFRS（国際会計基準）財団内にISSB（国際サステナビリティ基準審議会）が設立され、23年6月にはサステナビリティ基準のIFRS S1号とS2号が公表された。これらは、TCFD提言に基づき、グローバルに比



較可能な投資意思決定情報に焦点を当てており、全体的要求事項とテーマ別要求事項から成る。

ISSB基準で開示を要求しているのが、財務諸表の補足情報としてのサステナビリティ関連財務情報であり、具体的な開示内容はガバナンス、戦略、リスク管理、指標と目標だ。22年設立のSSBJ（サステナビリティ基準委員会）による日本基準案でも、ISSB基準と整合した開示を求めている。これによって、これまでの任意開示とは異なり、各国でサステナビリティ情報の法定開示化の

流れができつつある。

まさに今、ゲームチェンジが起こっており、経営のマインドセットを変える時期である。経営の財務軸とサステナビリティ（ESG）軸を近づけることが重要で、サステナビリティ開示基準はそのための手引書である。長期的視点から投資家と経営者の認識にギャップがないかどうか、企業が100年後も存在するには今のビジネスモデルでいいのかを考えてほしい。

これまでも日本企業は情報開示に熱心に取り組んでお

り、グローバルで求められる課題に対応することでさらに質を高められる。開示自体が企業活動の目的ではない。開示によって自社のサステナビリティリスクや機会に気づき、それに対応したビジネスモデルに変えることで、長期的なフリーキャッシュフローや超過利益の増加、価値創造に結びつけることが大切だ。そのためにはトップダウンで取り組み、トップ自らが発信することである。自社の強みを自信を持って開示し、長期的価値創造のストーリーを示し、ステークホルダーの期待につなげてほしい。

戦略的情報開示に取り組む 日本企業

クボタ

“攻めの開示”でビジネス転換

クボタは環境保全の基本5項目「気候変動の緩和と適応」「循環型社会の形成」「水資源の保全」「化学物質の管理」「生物多様性の保全」を掲げ、社会とクボタグループの継続的相乗発展を目指している。2021年からは統合報告書やESGレポートを通じた攻めの情報開示とともに、ESGを経営の根幹に据えた事業運営への転換を開始している。

クボタの情報開示は、グループの長期ビジョン「GMB2030」実現のための戦略や目標、進捗状況といった自社の強みをESGの観点から伝えることにある。GMB2030は30年にクボタグループが目指す姿であり、グローバルメジャーブランド“クボタ”のコンセプトをまとめたものだ。投資家だけでなく、取引先やサプライヤーにとってもクボタの方向性や想定リスク、新ビジネスといった長期的な戦略が見えるようになっており、“次の一手”につながる情報開示を目指している。

クボタグループは20年1月にTCFD提言への賛同を表明した。21年には環境管理部が事務局となり、ワーキンググループを発足。22年6月から内容を拡充しながら段階的開示を進めている。事業本部や研究開発、調達や



クボタ 環境管理部環境推進課長
外山 幸子 氏

生産技術など、さまざまな部署と連携しており、自社のリソースにない気候変動の影響にかかわる専門的なデータや情報収集は外部のシンクタンクも活用した。

クボタは農業機械や建設機械、水処理システムなどをグローバルに展開する。気候変動リスクが事業に与える影響は大きく、企業の将来像を予測して先手行動をとるためのシナリオ分析は重要だ。シナリオ分析の前提条件として、対象を全事業、時間軸は50年頃に想定される変化を踏まえた上での30年を切り口とした。気候シナリオ



は1.5度C、2度Cおよび4度C。事業領域が複数にまたがるため、機械事業と水環境事業それぞれの“2030年の世界”からリスクと機会を抽出。機械事業では、電動化や低・脱炭素燃料化をはじめとする建機・農業の脱炭素化に向けたニーズ対応を、水環境事業では水不足への対応や気象災害の予防に貢献する製品の提供などを「機会」として評価した。財務インパクトは営業利益1%以下を「小」、10%を超えるものを「大」として規模感を表わした。

事業共通のリスクとしては、脱炭素に向けた設備投資や炭素税の負担、エネルギーコストを想定。物理的なりスクとして豪雨被災の実例を元にして財務インパクトも算定した。TCFD開示による成果は三つ。まずレジリエンス強化。次に会社としての方向性がクリアになって従業員への脱炭素意識の浸透が進んだこと。そして投資家やステークホルダーを引き付け、企業価値の向上に向けた建設的な対話が進みやすくなったことだ。

クボタにとっての開示は、それが行動として水素エンジンや自動運転農機、新ソリューションなど、アプリケーションの創出やビジネスの転換につながっている。例えば農業生産者と「J-クレジット制度」を活用した温室効果ガス（GHG）削減プロジェクト。稲の成長を調節するために水田の土を乾かす「中干し」は、期間を一週間程度延長することでメタンガスを約3割削減できる。削減した排出量はカーボンクレジット化し、農家はクレジットの量に応じてその分の収益を受け取ることができる。

情報開示におけるISSBによる国際的な統一基準は歓迎したい。一方で開示基準が厳格化される傾向にあり、より広範囲かつ情報の深掘りが求められている。クボタは26年から欧州のクボタグループ連結で、企業サステナビリティ報告指令（CSRD）開示が義務化される。各国の法令やSSBJ基準などに関する早めの情報収集を行い、さまざまなリソースを活用しながら“攻めの開示”を続けていく。

戦略的情報開示に取り組む日本企業

積水ハウス

社内コミュニケーションと知見共有が重要

積水ハウスにおける情報開示は、それをいかに行動につなげるかということを強く意識している。TCFDによる開示は、2019年12月にTCFDレポートを発行。22年から統合報告書とサステナビリティレポートを融合したバリューレポートにて詳細情報も開示した。23年以降は有価証券報告書にてスコープ1、2の温室効果ガス（GHG）排出量を含めた開示も行っている。

TCFD開示プロセスにおけるシナリオ分析では、前提シナリオは1.5度C上昇と4度C上昇。どちらも起こりうる前提で国連や日本政府などのシナリオを選定し、“自分

事化しやすい表現”に翻訳するという独自の設定を取り入れている。時間軸は3年を短期、30年までを中期、50年は長期とし、影響度は大中小という形で評価している。

リスクと機会の洗い出しのポイントは二つ。①グループ横断のリスクと機会の抽出②シナリオ分析・財務影響算出の精度向上。前者は請負型、ストック型、開発型、そして国際ビジネスの4分類で、その事業ポートフォリオを反映した8チームを編成してワーキングを実施。そして後者は重要性が高いリスク・機会についての財務影響の検討だ。



積水ハウス ESG 経営推進本部
環境推進部長兼 環境マネジメント室長
井坂 由紀 氏

重要なことは社内コミュニケーションと知見の共有を、いかに上手に進められるかどうか。これがリスクを正しく、より高い精度で抽出できるかどうかを左右する。そのためインプットする情報を少し工夫する。前提とするシナリオとその解釈であったり、試算する条件であったり、担当する社員が理解できる言語に翻訳する。担当部署での事象共有や中・長期的な状況を踏まえたリスクや機会を検討しやすくしている。

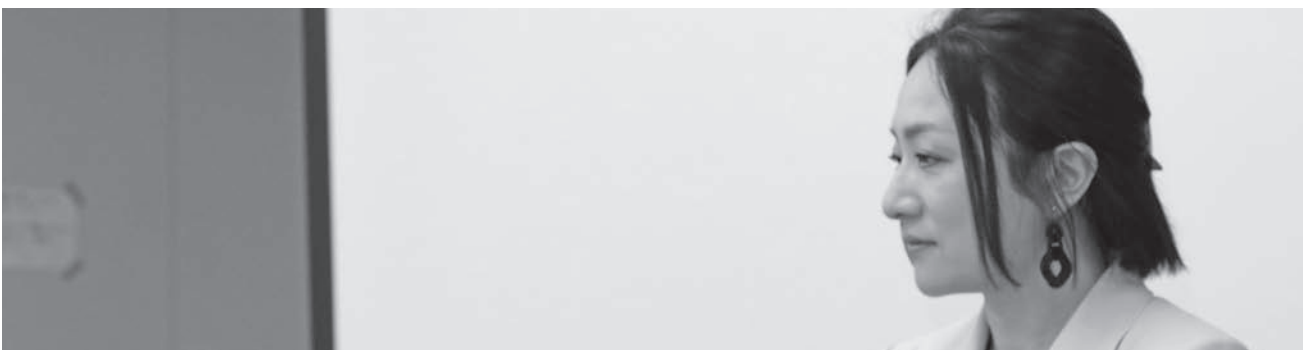
財務影響評価の考え方は、主なリスクと機会に対して1年間に生じ得ると考えられる売り上げ拡大や被害額、コストアップの要因に関して試算。公開情報としての財務影響は3段階で表現している。最も大きな影響は、グループ売り上げの1%におおむね合致する水準として決定している。

気候変動関連の開示は企業の潜在的リスクの見える化であると同時に、事業ビジョンが分かり、経営ビジョンが見えるものでもある。自社の強みを開示する姿勢が重要であり、開示内容と経営戦略、事業の一体化が求められる。「ネット・ゼロ・エネルギー・ビル (ZEB)」や「ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス (ZEH)」はその一つであり、脱炭素の進行によって緩和に資する商品需要が拡大し高付加価値化が期待できるものとして、重要業績評価指標 (KPI) に掲げて情報開示につなげている。

自社の脱炭素の重要な要素にもなっている「積水ハウスオーナーでんき」と呼ぶビジネスモデルもその一つ。太陽光発電の「19年問題」の中で、住宅オーナーの売電メリットと自社の再生可能エネルギー化率の向上を両立した新ビジネスに位置づけられるものだ。太陽光発電の固定価格買い取り制度 (FIT) による売電期間満了後も卒FIT電力を一般的な電力会社よりも高く買い取り、自社グループで使用する。

国際企業連合「RE100」の参加目標として30年までに50%再生エネ化、40年までの全量達成を目指しており、22年度にはスコープ1、2の13年比50%削減を達成した。同様な取り組みは他社へも広がり、他住宅の19年問題解決にも貢献。目標設定 (分析) と企業行動によってリスク要素を社会へのポジティブ・インパクトに転換できた例といえる。

積水ハウスでは22年よりISSBが示したESG開示に関する考え方を念頭に情報開示に取り組んでいる。今後はリスク・機会の識別、集計範囲の拡大など、対応を深化していく。開示基準を社会の要請と捉え、情報開示と先取りした対応を進めていく方針。





2023年度委員

座長

藤井 康正 東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻 教授

学界委員

秋元 圭吾 地球環境産業技術研究機構 主席研究員
竹内 純子 国際環境経済研究所 理事 東北大学 特任教授

名誉顧問

茅 陽一 地球環境産業技術研究機構 顧問 東京大学 名誉教授

産業界委員

武内 幸祐 エア・ウォーター(株) カーボンニュートラル推進室 運営部長
林 由起子 大阪ガス(株) 企画部 ESG推進室長
野中 利幸 東レ(株) 常任理事 経営企画室担当 サステナビリティイノベーション戦略グループ
山戸 昌子 トヨタ自動車(株) CN開発センター 環境エンジニアリング部長
稲垣 孝一 日本電気(株) 環境経営統括部 シニアプロフェッショナル
下野 隆二 パナソニックホールディングス(株) 渉外室 環境渉外室長
青木 健 本田技研工業(株) 経営企画統括部 環境企画部 部長

資源・循環技術委員会 委員長

水戸部 啓一 国際環境経済研究所 理事

本社委員

井上 渉 日刊工業新聞社 取締役本社編集局長

(敬称略、順不同)
(役職名は当時)

グリーンフォーラム関係諸機関

公益財団法人地球環境産業技術研究機構

東京事務所 〒105-0003 東京都港区西新橋1-11-4 日土地西新橋ビル8F
TEL: 03-5510-2591 FAX: 03-5510-2592

本 部 〒619-0292 京都府木津川市木津川台9-2
TEL: 0774-75-2300 (代表) FAX: 0774-75-2314 (代表)
・企画調査グループ 0774-75-2301、0774-75-2302
・システム研究グループ 0774-75-2304 ・バイオ研究グループ 0774-75-2308
・化学研究グループ 0774-75-2305 ・CO₂貯留研究グループ 0774-75-2309

東京大学 藤井研究室

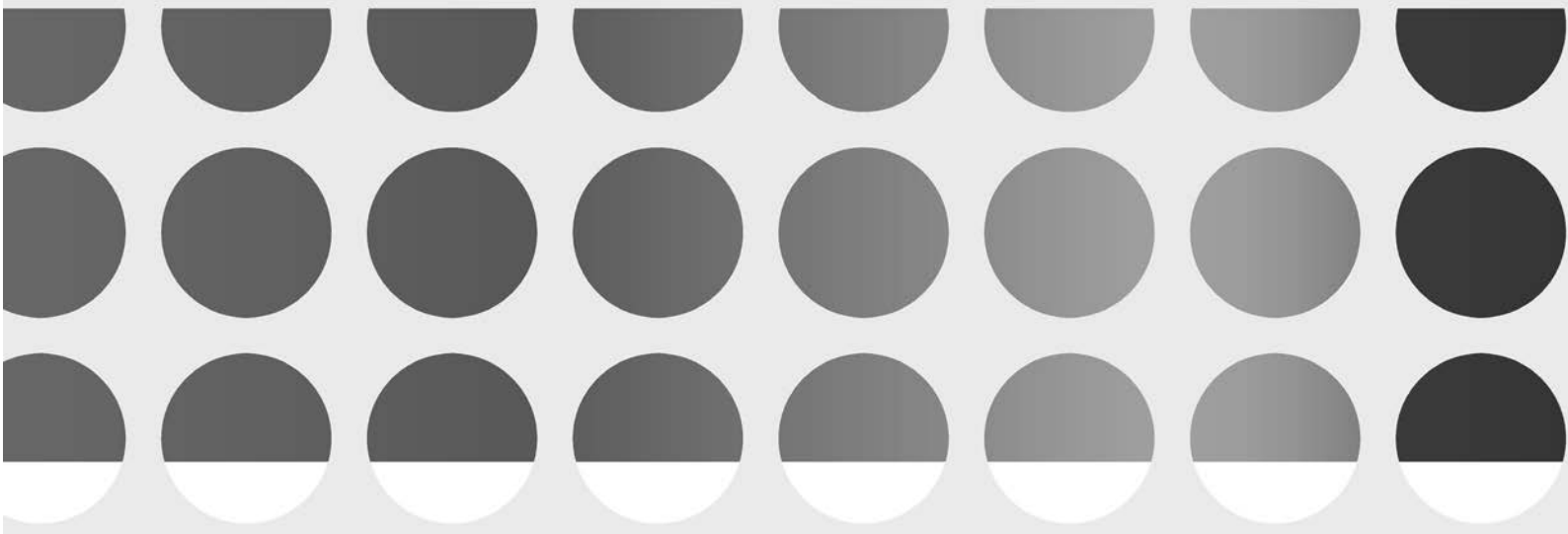
〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学 工学部8号館

日刊工業新聞社 産業研究所

〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1
TEL: 03-5644-7113 FAX: 03-5644-7294

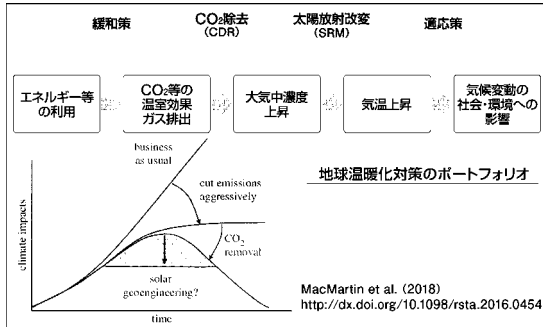


2022年度 活動報告紙面



今年度 第1回事例研究会

グリーンフォーラム21(藤井康正座長＝東京大学大学院工学系研究科教授)は、6月24日に2022年度第1回事例研究会を東京都中央区の日刊工業新聞社本社で開催した。テーマは「気候工学(太陽放射改変)」。



太陽放射改変の概要

気候工学を地球温暖化対策の手段として捉えることは、世界的に注目を集めている。日本でも2010年代後半から、気候変動対策の議論の中で、太陽放射改変(SRM)が議論されるようになった。SRMは、大気中の温室効果ガスの排出を削減するのではなく、太陽放射を直接減らすことで、地球の気温を下げようとする技術である。

SRMの代表的な手法として、硫酸エアロゾルを成層圏に散布する方法がある。これは、1960年代に北極圏で実施された「ゲセック」実験で効果が確認された。また、太陽放射を遮断する天然の火山灰の噴出を模倣する方法もある。

SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。



東京大学 准教授 杉山 昌広氏

技術導入へ国際的合意形成が必須

気候変動対策の国際的合意形成が必須である。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

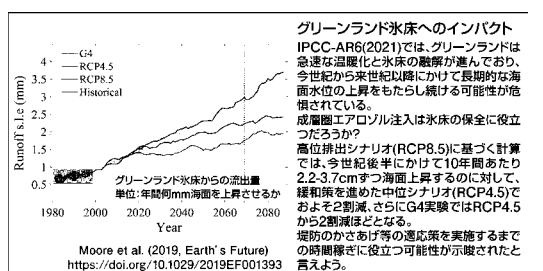
SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。



ジオエンジニアリング・シミュレーション

ジオエンジニアリング・シミュレーションは、気候変動のリスクを軽減するための重要な手段である。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

ジオエンジニアリング・シミュレーションは、気候変動のリスクを軽減するための重要な手段である。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

ジオエンジニアリング・シミュレーションは、気候変動のリスクを軽減するための重要な手段である。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

ジオエンジニアリング・シミュレーションは、気候変動のリスクを軽減するための重要な手段である。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMによる「終端問題」など地球規模の影響 検証

SRMによる「終端問題」など地球規模の影響を検証する。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMによる「終端問題」など地球規模の影響を検証する。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMによる「終端問題」など地球規模の影響を検証する。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMによる「終端問題」など地球規模の影響を検証する。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMによる「終端問題」など地球規模の影響を検証する。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。

SRMによる「終端問題」など地球規模の影響を検証する。SRMの導入には、国際的な合意形成が不可欠である。SRMは、気候変動の緩和策と並行して実施されるべきである。ただし、SRMは気候変動の根本的な原因を解決しないため、気候変動のリスクを軽減するだけでは不十分である。SRMはあくまで、気候変動のリスクを軽減するための一時的な手段として捉えるべきである。



環境が企業価値向上のカギ

日刊工業新聞社が主催する「グリーンフォーラム21」は、産業界として地球環境保全に取り組むことを目的として1991年に設立された研究会です。有識者や行政関係者らの協力を得て、環境情報の収集・調査・研究、新聞やインターネットによる情報発信、環境事業の広報のサポートなどを展開しています。環境が企業価値向上のカギを掲げて活動し、低炭素・循環型の経済社会システムの構築を目指しています。

エア・ウォーター/NEC/大阪ガス/Jパワー/東レ/トヨタ自動車/日本製紙/パナソニックホールディングス/ホンダ (2022年度会員)

エア・ウォーター/NEC/大阪ガス/Jパワー/東レ/トヨタ自動車/日本製紙/パナソニックホールディングス/ホンダ (2022年度会員)

日刊工業新聞社 日刊工業産業研究所
〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1 TEL: 03-5644-7113 FAX: 03-5644-7294





「ライフラインの強靱化」

TOKYO 強靱化プロジェクト

東京都 都市整備局企画担当部長 長尾 肇太氏



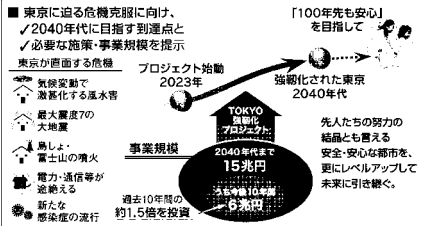
ライフラインを強化することで、東京の都市強靱化プロジェクトについて、東京都都市整備局企画担当部長の長尾肇太氏に話を聞いた。

2023年12月、東京は、大規模な地震に備えるため、ライフラインの強化を推進している。ライフラインの強化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。長尾氏は、ライフラインの強化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。

迫る危機克服へ今後10年間で6兆円投資

東京都は、大規模な地震に備えるため、ライフラインの強化を推進している。ライフラインの強化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。

プロジェクトの策定



東京に迫る危機克服に向け、2040年までに必要となるライフラインの強化に、6兆円を投資する。これは、過去10年間の約1.5倍に相当する。

ライフラインの強化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。長尾氏は、ライフラインの強化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。

グリーンフォーラム21 / 討議

「強靱化の価値」可視化が重要



グリーンフォーラム21 座長 東京大学 大学院 工学系研究科教授 藤井 康正氏

藤井康正氏は、「強靱化の価値」を可視化することが重要であると指摘している。強靱化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。長尾氏は、ライフラインの強化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。



グリーンフォーラム21の討議の様子。参加者たちは、ライフラインの強化に関する課題や対策について話し合っている。

「備え」に多様な選択肢 ■ 社会の合意形成 必須

長尾氏は、ライフラインの強化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。長尾氏は、ライフラインの強化は、防災・減災の観点から、人命の確保や経済活動の継続に不可欠な要素である。

第6回 100年企業顕彰 応募受付中

主催：100年経営の会、共催：日刊工業新聞社
後援：経済産業省中小企業庁(予定)、日本商工会議所、全国商工会連合会

開催主旨
日本に数多い創業100年を超える長寿企業の経営理念に注目し、地域の他企業の範となる優れた企業を顕彰し、地域の雇用・税収などに貢献する優良企業を表彰することを目的に第6回「100年企業顕彰」を開催します。

これまで第4回までは中部、九州・沖縄、近畿、関東の地区ごとに、第5回は全国を対象に実施してきました。今回も業種・企業規模にかかわらず優れた経営理念を掲げ、地域貢献の実績や未来に向けたビジョンを持つ全国の老舗企業を表彰します。過去にご応募、受賞された企業も応募の対象となります。

地域経済を支える役割を担っているか、新たな分野に挑戦し、市場を拡大しているかを審査し、最優秀賞には経済産業大臣賞(予定)のほか、各賞を授与します。

募集概要

募集期間：2023年8月31日(木) 締切

表 彰：経済産業大臣賞(予定)
(地域共栄部門、事業革新部門)
中小企業庁長官賞(予定)
他数件を表彰します。

応募の方法

応募申請書をホームページよりダウンロードしていただき、必要事項をご記入の上、下記のメールアドレス、またはご郵送にて事務局宛てにご提出ください。メールでの提出の場合には、添付資料等も合わせてお送りください。

<https://100nen-keiei-no-kai.jp/100nen/>
(申請書は上記URLよりダウンロードできます)

応募申請書提出先・お問い合わせ先

メールの場合 100nen@media.nikkan.co.jp
郵送の場合 〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1(日刊工業新聞社内)
(※当日消印有効) 100年経営の会 事務局 Tel.03-5644-7608

テーマに研究会

グリーンフォーラム21(座長=藤井康正東京大学大学院教授)は、4月11日に2022年度第3回事例研究会を東京都中央区の日刊工業新聞本社で開催した。テーマは「ライフラインの強靱(きょうじん)化」で活発な討議が行われた。



GREEN FORUM 21

シミュレーションによる都市重要インフラのレジリエンス評価

東京大学 レジリエンス工学
研究センター 教授
古田 一雄氏



次が、都市インフラの重要について触れたい。東工大で都市インフラの研究センターで都市インフラのレジリエンス工学を研究している。シミュレーションを使った評価方法を説明した。システムをいかに回復させるかという話だ。

ハードウェアを早く回復すればよいだけでなく、生活への影響を軽減する仕組みを立てていく必要がある。例えば、インフラモデル(衛星依存性)には、いろいろなオプションがある。それは、産業活動や生活にも相互依存性があり、発生後に生活が回復されなければ、従業員も出社できないので、都市機能は回復できないことになる。

ライフラインの強靱化へ
東電PG&スマートレジリエンスネットワークの取組

東京電力パワーグリッド
経営企画室経営戦略グループ課長
スマートレジリエンスネットワーク
運営事務局次長
平田 直人氏



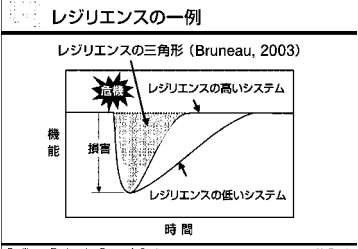
2020年台風19号の被害を踏まえスマートレジリエンスネットワークの取組を進めた。スマートレジリエンスネットワークは、平時、有事に活用できる。データ連携・運用に向けて、データ連携プラットフォームの構築やAI・MLと連携した取組を進めている。将来的には、AI・MLを活用した予測・検知・対応の自動化を進めている。また、AI・MLを活用した予測・検知・対応の自動化を進めている。また、AI・MLを活用した予測・検知・対応の自動化を進めている。

人間中心視点でのオールハザードBCP重要

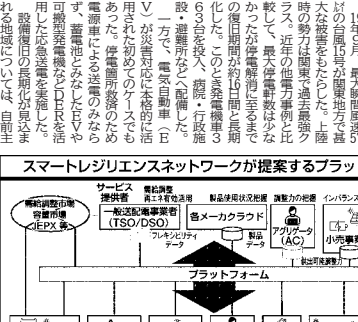
レジリエンスの重要性は、東工大で都市インフラの研究センターで都市インフラのレジリエンス工学を研究している。シミュレーションを使った評価方法を説明した。システムをいかに回復させるかという話だ。

分散型エネルギー活用 情報連携カギ

スマートレジリエンスネットワークが提案するプラットフォーム



Resilience Engineering Research Center © K. Furuta



スマートレジリエンスネットワーク

サービス提供
スマートレジリエンスネットワーク

環境が企業価値向上のカギ

日刊工業新聞社が主宰する「グリーンフォーラム21」は、産業界として地球環境保全に取り組むことを目的として1991年に設立された研究会です。有識者や行政関係者らの協力を得て、環境情報の収集・調査・研究、新聞やインターネットによる情報発信、環境事業の広報のサポートなどを展開しています。「環境が企業価値向上のカギ」を掲げて活動し、脱炭素・循環型の経済社会システムの構築を目指しています。



GREEN FORUM 21

日刊工業新聞社 日刊工業産業研究所
〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1 TEL: 03-5644-7113 FAX: 03-5644-7294

エア・ウォーター/NEC/大阪ガス/Jパワー/東レ/トヨタ自動車/日本製紙/パナソニックホールディングス/ホンダ(2022年度委員会)

ソーラーシェアで明るい復興



法面も生かしてパネルを設置した東後迫発電所

えこね南相馬研究機構が生じた。えこね南相馬研究機構は、10月に開かれた復興推進協議会において、復興推進協議会が推進している「復興型発電」の推進について、行政に働きかけ、復興型発電の推進を促している。復興型発電とは、再生可能エネルギーを効果的に活用する手法を構築し、復興の推進を図ることを目的とした取り組みである。

復興型発電の推進は、復興の推進に大きく貢献している。復興型発電は、再生可能エネルギーを活用することで、環境に優しいエネルギーを生み出すことができる。また、復興型発電は、復興の推進に大きく貢献している。復興型発電は、復興の推進に大きく貢献している。復興型発電は、復興の推進に大きく貢献している。

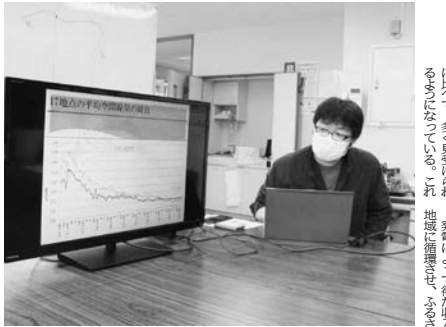
福島・南相馬ソーラーウィレッジ 営業型発電 広がる連携

「一般社団法人のえこね南相馬研究機構」は、2011年の東日本大震災をきっかけに復興推進協議会（福島県）の再生可能エネルギー推進部と連携し、復興型発電の推進を図っている。復興型発電とは、再生可能エネルギーを効果的に活用する手法を構築し、復興の推進を図ることを目的とした取り組みである。

復興型発電の推進は、復興の推進に大きく貢献している。復興型発電は、再生可能エネルギーを活用することで、環境に優しいエネルギーを生み出すことができる。また、復興型発電は、復興の推進に大きく貢献している。復興型発電は、復興の推進に大きく貢献している。



復興型発電の推進に貢献している南相馬研究機構の職員が、復興型発電の推進を図っている。

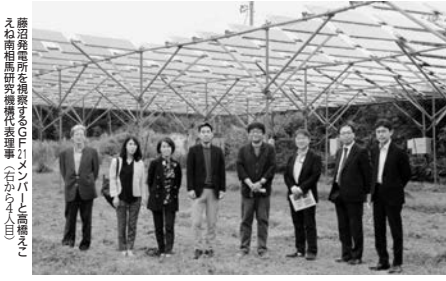


えこね南相馬研究機構での高橋代表理事によるレクチャー

太陽光パネル下で作物生育

えこね南相馬研究機構の高橋代表理事によるレクチャー。太陽光パネルの下で作物を育てる「ソーラーシェアリング」の取り組みが紹介された。この取り組みは、太陽光パネルの下で作物を育てることで、土地の有効活用を図ることを目的としている。また、太陽光パネルの下で作物を育てることで、環境に優しいエネルギーを生み出すことができる。この取り組みは、復興の推進に大きく貢献している。

発電収入を地域循環 ■ 菜の花栽培・6次化商品づくり



えこね南相馬研究機構の職員が、復興型発電の推進を図っている。

復興型発電の推進は、復興の推進に大きく貢献している。復興型発電は、再生可能エネルギーを活用することで、環境に優しいエネルギーを生み出すことができる。また、復興型発電は、復興の推進に大きく貢献している。復興型発電は、復興の推進に大きく貢献している。



「油菜ちゃん」を改良して生産する「菜の花オイル」

募集期間 2022年11月1日(火) - 2023年1月10日(火)

第50回 環境賞

主催：国立環境研究所／日刊工業新聞社 後援：環境省 <https://biz.nikkan.co.jp/sanken/kankyo/>

環境を守り、未来につなぐ

「環境賞」は公害問題の解決が叫ばれていた1974年に創設されました。この間、環境保全や環境の質の向上に貢献するべく、時代の要請に応える優れた取り組みを表彰してまいりました。そして今、温暖化、資源の枯渇、生物種の絶滅など地球環境問題は深刻さを増し、身近な環境でも洪水などの甚大な気象災害も多発しています。こうしたなか、環境を守り、未来につなげる調査、研究、技術・製品開発、活動を募集し、画期的な成果をあげた個人、法人、団体・グループ等に環境大臣賞等を授与することにより、広く環境意識の啓蒙を図ることを目的に実施いたします。



- 対象 環境に関する調査、研究、技術・製品開発、活動等で画期的な成果をあげ、または成果が期待されるもので、本賞の目的にふさわしいものとする。
 - ・脱炭素社会の構築に関するもの
 - ・生物多様性をはじめとする自然環境の保全に関するもの
 - ・循環型社会の形成に関するもの
 - ・大気環境、水環境、土壌環境等の保全に関するもの
 - ・化学物質の環境リスクの評価・管理に関するもの
 - ・環境への取り組みによる災害の防止および被災に関するもの
 - ・その他、環境保全や環境の質の向上に関するもの
- 応募資格 環境保全や環境の質の向上への貢献が認められる成果、または貢献が期待される成果をあげた個人、法人、団体・グループ等
- 応募方法 環境賞の公式ホームページから所定の申請書をダウンロードし、必要事項を記入してアップロードしてください。 <https://biz.nikkan.co.jp/sanken/kankyo/> ※USBもしくはCD-ROMでの郵送も受け付けます。
- 発表 2023年5月中旬頃に日刊工業新聞で発表し、環境月間に都内で贈賞式を開催。
 - ・環境大臣賞1点
 - ・第50回記念特別賞1点
 - ・優秀賞1~2点
 - ・優良賞1~2点
 - ※審査委員会特別賞を授与する場合もあります。





Green Journal 2024

日刊工業新聞社 日刊工業産業研究所
〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1
TEL:03-5644-7113 FAX:03-5644-7294