



Green Journal

グリーンフォーラム21 2020年度活動報告書

CONTENTS

巻頭言	「フォーラムの座長を引き継いで」..... 2 座長 藤井 康正
寄稿	「グリーンフォーラム学界委員就任1年目を終えて」..... 3 学界委員 秋元 圭吾
	「脱炭素革命という挑戦を持続可能に」..... 4 学界委員 竹内 純子
	「カーボンニュートラルの実現に向けて」..... 5 資源循環技術委員会委員長 水戸部 啓一
活動報告	第1回 事例研究会..... 6 「英、2050年「温暖化ガス ネットゼロ」
	第2回 事例研究会 13 「CO ₂ 回収利用の動向と展望 テーマに研究会」
	第3回 事例研究会..... 21 「持続可能な消費と生産」
	2020年度委員..... 30
資料	2019年度 活動報告紙面..... 31

フォーラムの座長を 引き継いで

座長 藤井 康正
(東京大学 大学院工学系研究科 教授)



恩師の茅陽一先生から、グリーンフォーラム21の座長を引き継いだ。責任の重さを感じ、とても身が引き締まる思いでいる。このフォーラムは1991年に始まったが、それは私がまだ茅研究室の大学院生としてCO₂問題の研究を始めたばかりの昔である。

この30年の間に、京都議定書の採択・発効、シェールガスや再生可能エネルギーの利用拡大、原子力発電所の過酷事故、原油価格の乱高下、中国経済の躍進など、様々な出来事が起きた。1991年の当時は想像していなかったことは、CO₂を始めとする温室効果ガスの濃度上昇による気候変動問題が、日本だけでなく世界的にも、これほどまでに継続的にかつ広範に社会の関心を集め続けていることである。気候変動問題は今では小中学生にも当然のように知られる問題となった。そして、国際政治においても最優先課題となり、関心は益々高まる方向にある。1991年と2050年の間の期間を考えると、その真ん中が今年となるが、世界全体のCO₂排出量

は減るところから1991年の約二百億トンから2020年の約三百億トンにおよそ1.5倍に増えている。その一方で、温室効果ガスの削減目標は、より厳しい方へとどんどん前倒しされている。

あと30年で、カーボンニュートラルを実現することは、果たして可能なのであろうか。カーボンリサイクルなどの最先端技術の活用はもちろんのこと、ライフスタイルや社会制度にも大きな変化が必要とされるのかもしれない。先入観に縛られない創造的な政策や対策も望まれるであろう。また、最近の新型コロナ問題を含め、人類社会の持続可能性が直面している課題は気候変動問題だけではなく、我々はその視野をこれまで以上に広くしなくてはならない。

このフォーラムの研究会では、学界委員の秋元圭吾氏、竹内純子氏の協力を得つつ、産業界委員の皆様との議論を通して、特に現実的な将来指針が得られればと思う。

グリーンフォーラム学界 委員就任1年目を終えて

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)



「グリーンフォーラム21」は、環境による企業価値の向上という視点で大変先駆的な取り組みと理解している。2020年7月に新たに学界委員として参加させて頂くこととなった。産官学様々な視点で議論できる貴重な機会と感じている。学界委員として、本フォーラムに参加の産業界の皆様にも、補足的な情報などを的確にお伝えできるようにしていきたい。

2020年は新型コロナのため制約はあったものの、時機を得た内容で大変良い内容、議論となったように思う。2020年はコロナ対策で国内外が緊急対応を行う中であつたが、2020年10月に菅首相が「2050年カーボンニュートラル」宣言、2021年に入って米国でバイデン政権が発足したほか、第6次エネルギー基本計画の議論が始まるなど、気候変動・エネルギー対策のスピード感がかつてないほど高まった1年となった。意欲的な目標を掲げ、環境と経済の好循環を目指すとしているが、厳し過ぎる目標はエネルギー生産性を悪化させる可能性が高く、環境と経済の好循環の実現への道筋が明確になっ

ているわけではない。

2020年はCO₂回収利用(CCU)がテーマとなった。「2050年カーボンニュートラル」宣言により、CCUも一層重要性が増してきたところでタイムリーなトピックとなった。一方で、CCUは誤解も生じやすい。合成燃料などでは水素が必要となり、エネルギー利用ではエネルギー源は原則水素であり、水素の元は再エネなどである。回収したCO₂は、利用後再び放出されるので、CO₂が直接排出削減に寄与するわけではない。CO₂はエネルギー媒体の役割を通してCO₂削減に寄与する。正しい理解が必要である。

またSDGsに関して物質循環もテーマとなった。センサー技術などデジタル化の進展も相まって、サーキュラー経済による資源利用の効率化が進められてきている。デジタル技術の進展によるサーキュラー、シェアリング経済のような社会システムの変革は、温室効果ガスの排出削減を含む、SDGsの同時達成の可能性を秘めているものと考えられるとともに、新たなビジネス機会の創出を期待できると思われる。

脱炭素革命という挑戦を 持続可能に

学界委員 竹内 純子
(国際環境経済研究所 理事)



2015年のパリ協定成立以降、世界は脱炭素に向けて急速に舵を切っている。菅首相も所信表明演説で2050年の温室効果ガス排出実質ゼロを目指すと宣言し、環境対策が経済活動の足かせではなく、成長要因であるとの発想の転換が必要だという言葉も盛り込まれた。脱炭素社会への転換は、18世紀半ばに起きた産業革命に匹敵する社会革命であり、持続可能な未来を拓く扉として期待する声も大きい。

この分野に関わって長い筆者にとっては、急速に社会の関心が向いてきたことに嬉しさを感じる反面、戸惑いも隠せない。まずは冷静に、我々が昇ろうとしている山の高さを見てみたい。

先人の経験に学ぶにはまず、後世の人間が見る産業革命とその渦中にいた人間から見る産業革命の姿は大きく異なることは認識すべきであろう。手工業に従事していた労働者にとって機械化による効率化が進むことは収入の減少を意味し、「栄養状態の悪化で1850年に生まれた人の身長は1760年生まれの人より低い傾向にあった」という分析もある。社会変革の移行期には産みの苦しみも伴うだろう。

エネルギーの密度やコストという観点から評価すれば、産業革命は薪や木炭といった低密度なエネルギーから、石炭という、より便利で高密度なエネルギーへのシフトだったので、配分すべき富が生まれやすかった。しかし今回は、化石燃料から再エネという、より低密度で使いづらさ(変動性)のあるものに変えるので、富が生まれづらい。経済成長との両立という点で、産業革命よりもハードルが高くなることは覚悟せねばならない。

加えて言えば、気候変動対策は、得られる成果が「持続可能な地球」という公共的価値なのでフリーライドが起こりがちだし、残念ながら温室効果ガスの排出を実質ゼロにすればすぐに温暖化が止まるという訳ではない。これまでに排出されたガスによる効果も残存するので、現世代が効果を実感することは難しいだろう。

筆者は決して、「難しいから諦めよう」と主張したいわけではない。脱炭素革命という挑戦を持続可能にし、長い移行期間を乗り切るためには、我々の覚悟を固めることが必要で、そのためにできる限り正確にどんな山に挑戦しようとしているのかを共有したいと思っている。

カーボンニュートラルの 実現に向けて

資源循環技術委員会委員長 **水戸部 啓一**
(国際経済環境研究所 理事)



昨年来、新型コロナウイルス感染症のパンデミックによって社会活動は大きな影響を受けている。その中で経済対策とともに気候変動対策が大きな進展を見せた。英国などの化石燃料車販売禁止の前倒し、日本でも菅総理が2050年までに「カーボンニュートラル」脱炭素社会の実現を目指すと表明した。今年1月に就任した米国のバイデン大統領は直ちにパリ協定へ復帰、4月には気候サミットを主催し、その場で米国、英国、カナダなどと日本が2030年温室効果ガス(GHG)排出削減目標の引き上げを表明した。

日本が掲げた46%減への目標の引き上げの達成シナリオは今後の検討課題である。日本のGHG排出量の9割超を占める二酸化炭素の排出は、2019年度で39%が発電など、25%が産業、18%が運輸からであり、産業部門の電力転換や自動車の電動化などの対策が進めば、電力の低炭素化は全てに関わる必須の課題である。今年、エネルギー基本計画の見直しが行われる予定だが、そのカギを握る再生可能エネルギーや原子力発電などに課題は依然と

して大きい。再エネの拡大で電力コストは、標準家庭の再エネ賦課金で2020年度には当初の約10倍の年額1万円まで増加している。持続的な対策には経済性との両立が欠かせない。

2030年の目標達成に10年に満たない期間を考えれば、これまでの省エネなどの取り組みの一層の加速とともに、既存技術の高度化と普及促進が重要である。日本には優れた技術や製品が多くあるが、投資やコストなどで普及に繋がらないことも多い。ハイブリッド車は優遇政策などもあり、誕生から22年で新車販売の約1/3を占めるに至ったが、電動車100%への障壁は高い。企業の努力とともに、国による支援策や規制改革、国民の理解を得る取り組みなどが必要である。また同時に、2050年カーボンニュートラルの実現に向けては革新的なハードやソフトの研究を加速しなければならない。未知のものに挑戦し、壁や谷を越えてイノベーションを生み出せる社会への変革とともに、経営者には起業家としての役割が期待されている。

◆第1回 事例研究会◆◆◆

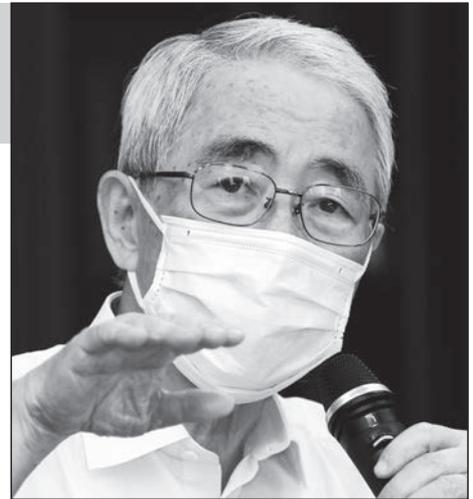
英、2050年「温暖化ガス ネットゼロ」

第1回事例研究会では、英国が「2050年における温暖化ガス（GHG）ネットゼロ」という高い目標を掲げたのを受け、地球環境産業技術研究機構・参与の山口光恒氏に報告してもらうとともに、2020年度からグリーンフォーラム21の座長に就く東京大学大学院工学系研究科教授の藤井康正氏が「最適化型 世界エネルギー需給モデル」について講演。二つを受けて、将来的なCO₂（二酸化炭素）削減の見通しなどについて討議した。

官・民の役割分担を明確化

達成計画・コストを開示

地球環境産業技術研究機構 参与
山口 光恒 氏



英国の2050年における、CO₂でなく「GHG（温暖化ガス）ネットゼロ net-zero」について話したい。テーマとしたのは日本政府は起算年は不明ながら2050年に、何年との対比かはわからないが、GHGの8割減を閣議決定しているが現在のところその達成計画やコストは示されていない。一方、英国はネットゼロを法律で決めて達成計画やコストも開示しているので日本の長期目標達成計画の参考になる。論理もしっかりしている点が評価できる。具体的には工業化以降の地球の気温上昇を1.5℃に抑えることを目標に世界全体のあるべき姿をとらえ、ここから衡平性の観点も考慮して自国目標を設定している点、もう一つは部門別に詳細に亙り技術とコストを検討しこれを公表している点だ。

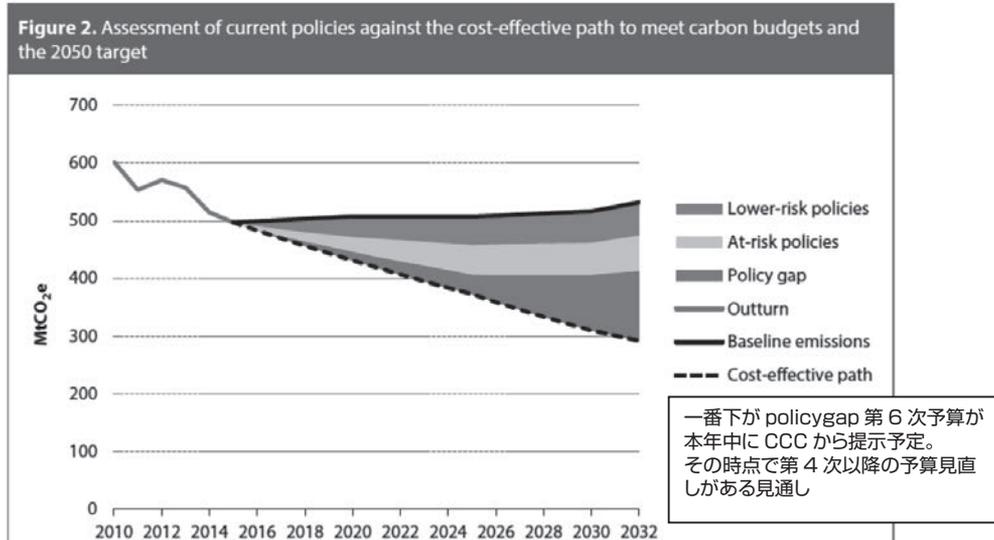
これにより第三者が内容の検証が可能だからだ。他方でGDP対比のコストが1～2%と低すぎる点、炭素回収貯留（CCS）とバイオエネルギーとCCSの

組み合わせ（BECCS）の合計が現在の排出量の4割にも達している点、太陽光と風力の比率が57%とあまりに高い点から実現可能性には疑問がある。

気候変動法（CCA）はこれに先立つ08年に2050年1990年比80%削減を目標（1990年比）として決めた。自国で決めたのは世界で初めてだ。2030年時点の目標は同60%減で、コストはGDPの0.5～2%だった。これを08年には80%減に変え、コストはGDPの1～2%と計算した。そして、5年ごとの炭素予算（目標）を組み、現在は第5次（2028-2032年）まで決定している。気候変動委員会（CCC）という政府とは独立した委員会が勧告し、原則として政府は受け入れなければならない。それを修正する場合は理由を公表することが法制化されている。80%削減の根拠が面白いのだが、英国としては地球の気温上昇として2℃目標を出発点とし、この条件を満たす世界の排出シナリオを描く。そのう

英国の炭素予算と政策ギャップ

	第1炭素予算 (2008-2012)	第2炭素予算 (2013-2017)	第3炭素予算 (2018-2022)	第4炭素予算 (2023-2027)	第5炭素予算 (2028-2032)
排出量 (5年間) MtCO _{2e}	3018	2782	2544	1950	1725
90年比	▼23%	▼29%	▼34%	▼50%	▼57%



ちから4℃に達する確率が1%以下のシナリオを基に2050年の世界の排出量を求める。それを一人あたり排出量均等原則で世界の予想人口で割り、その一人あたり排出量にイギリスの予想人口を乗じてイギリスの2050年排出量を求める。これが90年比80%減だったので80%減を目標としたのだ。

しかし、その後のパリ協定、IPCC等による科学的知見の進展から、昨年グローバル目標を1.5℃とし、ほぼ同様な手法で2050年ネットゼロとした。ゼロ化に向けてのシナリオはどうするか。コアシナリオは08年に決めた80%減（現行シナリオ）を基にしたもの。さらに意欲的シナリオで96%減までは技術的に到達可能で、残ると言うこと。ただ、これでは4%は残ってしまう。ゼロにするには当たるも八卦的で投機的シナリオで減らそうというのだ。

意欲的シナリオとは部門別・技術別内訳をどうみるか。現行シナリオとの差が大きいのは産業部門の二酸化炭素回収貯留CCSや低炭素熱、大型トラック（水素・電気）の電気自動車化、CCS付帯バイ

オ燃料バイオ二酸化炭素貯留BECCS、海運（アンモニア）等である航空部門（バイオ燃料は10%のみ）となる。ちなみに電源構成は大雑把にみると、太陽光とか風力・太陽光57%、CCS付きガス火力23%、原子力は新設も入れて11%ほどだ。

陸上輸送については、17年の排出量は1億2000万トンを全体の23%と最大だが、これを200万トンとほぼゼロにする。残りはディーゼルトラックと鉄道だ。乗用車と軽トラックは現在そして0.2%の電気自動車（EV）を100%に、大型トラックは現在ゼロの燃料電池車とEVを内、電動トラックを9%に高める。これに向けて乗用車は2035年以降、全てEVに、急速充電装置・水素充填所の整備を進め、バイオ燃料は2030年代に廃止してしまう。

航空と海運についてだが、船と飛行機で1割を占める。国際航空は3500万トンで非常に多い。この場合も10%はバイオ燃料はBECCSと組み合わせでマイナス排出に使うので航空燃料の10%に制限される。ケロシン代替燃料とするが、コストは高まるとい

うように航空機は非常に難しい。国際海運は、水素かアンモニアにしたいが、アンモニアには毒性があるのに注意が必要となる。

産業部門別では製油が最大、ブリティッシュペトロリアムやロイヤルダッチシェルが存在するからだ。鉄鋼業はそもそも小さく、排出量も日本の1割台だ。産業部門ではCCS・水素・電化・省エネで等で削減を図る。そのための平均削減費用はトンあたり120ポンドになる。こうした計算が鉄鋼、セメントなど主要部門につき公表されている。トン当たりの削減コストが最も高いのは化石燃料採掘でトン300ポンド近い。

建物はどうかだが、直接排出は暖房を中心に8500万トンと、全体の17%で家庭が圧倒的に多い。対策としては新築の場合居住用住宅へのガス管の接続禁止、ガス管に接続していない既設建物はヒートポンプ、ガス管接続住宅はガスに替えて水素、それにヒートポンプの組み合わせを目指す。

ここが日本と全く違うところだ。ガス管に水素を流し、代替する考えだが、都市ガスを全部、水素に転換するかどうかは20年代を通して検討することに

なっている。建物についても各対策後とのトンあたりコストが明示されている。

以上の対策を講じても航空部門や農業部門を中心に2050年に8600万トン（2018年排出量の2割弱）程度の排出量が残るが、これをBECCSを中心としたマイナス排出技術で3200万トンまで減らし、残りは肉食の減や航空機利用の減などライフスタイルの変化、更なる植林、大気中のCO₂を捕捉して地中に貯留するDACCSの活用などを駆使してネットゼロを実現するとの内容である。なお、CO₂と水素を結合して製造する合成燃料には積極的ではなく、CCSの方が安いとしている。GDP対比のコストが1～2%と低く出ているが、炭素価格はほぼ5万円弱といったところである。

面白いのが削減技術と政府・民間の役割だ。削減目標は政府が決定するが、達成技術は指定すべきではない。これが日本との違いだ。また、産業部門は国際競争を配慮しなければならないが、EUのグリーンニューディールと違い最終的には国境税調整は表面に出していない。

エネ需給モデル 最適化

再生エネの時間変動考慮

東京大学大学院工学系研究科教授 原子力国際専攻
藤井 康正 氏



エネルギーモデルとは、エネルギーシステムの構成要素間の相互の関係を数式で抽象的に記述、一連のプログラムとして実現したもの。構築の目的は複雑なシステムを大規模な連立方程式で記述し、定量的

に評価できるためだ。対象システムに対するモデル作成者の理解を深めると同時に、対象システムを理解するための共通の枠組みを提供でき、意識合わせ、議論のたたき台になる。

モデルは予測型と規範型に分けられる。予測型は将来こうなるだろうと計算するもの、規範型は将来こうすべきというもの。予測型の代表例に地球温暖化のシミュレーションがある。CO₂が増えたら温度がどう上がるかを予測するのが予測モデル。規範型は予測型の結果出力を受けて、今後、我々がどうすべきかを計算する。先ほど山口先生の話に出た費用便益分析などは規範型モデルで、最適化計算をしていると思う。気候変動問題の特徴で、不確実性が大きく、全てがわかっていない。

モデルにはトップダウン型とボトムアップ型がある。トップダウン型は対象をブラックボックスと見なして、外からの見た目の関係だけでモデルをつくるという方法。ボトムアップ型は原理原則を使う。それぞれ問題点があり、トップダウン型は見た目の関係でつくるから、結果が出ても、理由がわからない。一方、ボトムアップ型は原理原則に基づき計算するが、結果が現実的でないことが多い。原理原則で社会全てが動いておらず、まだ分かっていない原理原則もあるからだ過大評価傾向もある。結局、双方をうまく答えが出るように混ぜているのが現状だ。

静学的モデルは単一時点だけ、例えば2020年だけを計算するようなモデル。準動学的モデルというのは、2030年、2040年と近い時点から順番に解いていく。そして、動学的モデルは対象期間中の全ての時点を同時に評価するモデルだ。理論的には同時に解くのがいい。それでは計算が大変なので、代用するのが準動学的モデルだ。

最適化型世界エネルギー需給モデルを何個かつくってきた。最初は私がまだ茅先生の学生だった1992年に作成したモデルで、変数が1000個ぐらい。世界を10地域に分け、2050年まで10年間隔で準動学的に解くもの。そして、96年に作成したモデルは、2100年まで動学的な計算を行い、その変数は1万個に増えた。さらに、これで2100年まで動学的な計算をする。最初は2050年まで、10年間隔で準動学的に解くというモデル。2001年ごろに作成

したモデルになると、世界全体を80地域ぐらいに分け、100万変数まで増えた。

今回紹介するのは2019年に作成した最新モデルで、この間で大きく変わったのは、再生可能エネルギーの時間変動の考慮の必要性だ。太陽光、風力がたくさん入る状況を正確に考慮できるようにした。2050年までを考えた準動学的なもので、世界132地域、時間解像度は1年間を約3000時間帯に分割し、1時点当り1個当たり4億個ぐらいの変数がある。

「オールテック」と「RE100（再エネ電力100%）」の大きく2種類のケースシナリオを比較する。オールテックというのはCCS（CO₂回収貯留）や原子力を含む全ての対策技術が使えるという状況である。排出シナリオとしては両ケースとも2℃目標に対応して、急激に排出量を下げていくシナリオとした。

ここに示すコストは世界全体の累積費用で、両ケースの間で少ししか差が変わらない印象を与えるかもしれないが、これは年割引率として5%を見込み、2050年のコストは6分の1ぐらいに割引かれて積算されるからである。2050年時点だけで比較すると、RE100の場合のコストは、オールテックの倍ぐらいかもしれない。CO₂の限界削減費用はオールテックだと1トン当たり200ドルぐらいなのが、RE100だと600ドルを超えている。

今後の課題だが、いろいろ技術は入れても、やり切れていない部分もある。特に太陽光発電などの自然変動電源の余剰電力利用の部分だ。余剰電力を用いて製造した水素と大気から直接回収されたCO₂とを合わせた合成燃料は、カーボンニュートラルな燃料になり、航空機にも使える。1ℓ200円ぐらいの費用でできるのではないか。

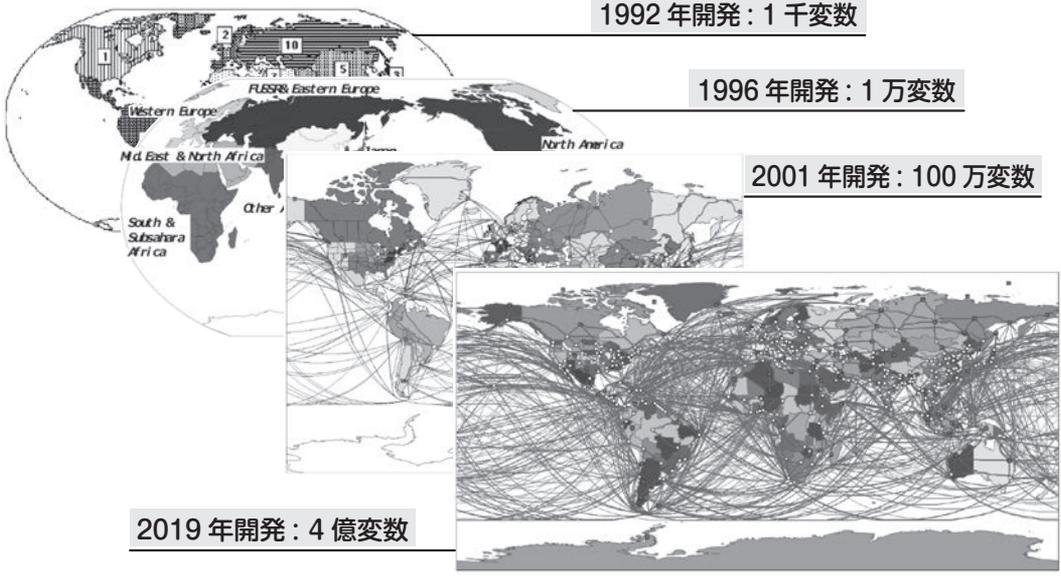
楽観的な想定でもあるが、それなら、無理して電気自動車や電気飛行機に切り替えなくてもいいということになり、技術的にはゼロエミッション社会への道が技術的には道が見える気がする。

また、小型モジュール炉を含めた原子力に関する

最適化型世界エネルギー需給モデル

【地理的・時間的解像度の向上】

- ・再生可能エネルギーの地理的偏在性と時間変動の考慮
- ・長距離送電、水素輸送、CO₂輸送の考慮



新技術やシステムの考慮も必要であろう。さらに太陽放射管理や二酸化炭素除去など、地球を人為的に改変する技術を含めたジオエンジニアリングの検討も必要だ。

ジオエンジニアリングの定義として利用規模によっては地球環境への副作用が無視できないものとする

と、一番気になるのは人工林開発を伴うバイオマス利用だ。大規模利用すれば、地球環境に必ず影響がある。英国を含め、多くの国でバイオマス利用が提案されているが、現実問題としてその副作用の影響の大きさがわからず、誰も怖くて誰も大規模利用はできないのではなかろうか。

意見交換

コスト対策 低炭素製品市場を政府がつくる

茅名誉顧問 私は今回で座長を退き、学界委員の加藤三郎委員（環境文明21顧問）、中上英俊委員（住環境計画研究所会長）も退任される。座長には東大の藤井教授、委員の後任には地球環境産業技術研究機構の秋元圭吾主席研究員と国際環境経済研究所の竹内純子理事が就くのでよろしくお願ひしたい。まず、山口さんへの質問は、2050

年の目標を達成するには非常にお金がかかるし、なかなか大変。例えばCCS（CO₂回収貯蓄）といっても、これを積極的に企業がやるとは思えないが、どういう形で実行すると考えられるのか。

山口氏 英国が2050年にゼロにするのは相当大変だし、政府は何をするかだが、特にエネルギー集約産業は非常にコストがかかる。一つはその補償、特定の産業に何らかの経済補償。それから、低炭素製品市場を政府がつくって、できるだけ低炭素の製品が出回るように、いわゆる市場に乗るよ

うにする。世界全体で CCS を大量導入するには炭素税も必要になるだろう。

茅氏 藤井さんはワールドモデルの話がされたが、日本はどうなるのか。世界モデルで日本の問題を細かく考えたい場合、世界モデル全体を動かさなければいけないのか。簡便化して、日本を細かく動かす細工ができるのか教えていただきたい。

藤井座長 世界モデルの中での日本の扱いだが、研究室としては日本に特化しモデルもつくっている。国内を400地域ぐらいに分けて、電力会社の系統も考慮に入れたモデルもつくったりしている。それとは別に水素や電力をを大量に国外から持ってくるというシナリオがあるので、日本の問題を考えるためにも世界モデルでの評価も必要と考える。

加藤委員 温暖化対策をやらなかったために、日本でも世界でも非常に被害が発生している。英国の費用便益分析の中では発生している被害、ないしはこれから発生するであろう被害に取り入れているか。

山口氏 重要な指摘である。英国で2008年に2050年の8割削減をきめた時には、その対策コストとそれによって回避できる損害（便益）の対比を行った。幅は大きく、割引率の問題もあるが、そういうものを一応全部計算して、80%削減をやる利益がコストより多いとの結果を得ている。日本でもこうした検討が必要だ。

加藤氏 BECCSについて藤井先生のコメントがあったが、非常に難しいのではないかと話されたが、具体的に困難な事例があったら、教えていただきたい。

藤井座長 BECCSの難しさというか、大規模な植林をしてバイオマスを育てるとい

うことが、商業ベースに実際にやられていないからこそ、問題点がまだよくわかっていない。すごく楽観的に思われているのではないか。植林をして、40年ほど育てて、また切ると、インドの国土に匹敵するぐらいのスペースを使い、植林を世界全体でやるとしたら生物とか生態系に何も影響を与えずにできるはずがないと、私は思っている。実際にはやられていないのは、生態系への影響を皆さんが心配しているからだと思う。

日本の政策決定 透明性を持って議論する風潮を

竹内純子委員 日本で根拠のある政策決定ができない理由、なされない理由をお伺いしたい。

山口氏 一つは技術的に政府がモデルを持っていないということはある。EUの場合、よいかどうかは別にして、プライムモデルがあるが、英国の場合には、イギリスモデルというより、いろいろなところのモデルを政府が集めて、それを全部比較して、そして専門家がそれを見て薦めている。日本は1回だけ、麻生内閣の末期にいろいろなモデルを比較したが、それ以降、しぼんでしまった。もう一つは、本当に全部表に出して、透明性を持って議論するという風潮がない。評価の重要な要素はコストだが、これが公開されていないので評価のやりようがない学者はこの点、意見をいうべきだ。

藤井座長 政策にどうやって反映させるか、もちろん役に立てばいいと思い、私は研究しているが、構造的には、経済産業省さんだったらRITEとか産総研とかシンクタンク機能がある。環境省さんだったら国立環

境研究所、あの辺りから定量的な計算結果を本省のほうに上げていただいとことなのかなと思う。

秋元委員 藤井先生は非常に細かく、電力の再エネの細かい時間スケールをとられて、有用な分析をされているが、このモデルの分析の場合、その確定的な需要と確定的な気象データの予測のもとで分析されていると思うが、不確実性がある場合に、停電しないようにバックアップが必要だとか、そういったものをどう織り込まれているのか。

藤井座長 再エネの不確実性は、ここは考慮できていない。我々のモデルはある意味、再エネにとっては一番簡単なのか、確定して、不確実性がない、晴れる、風が吹く、全部わかった状態で最適化して、一番楽観的な状況を計算している。ただ、それでも再エネの割合を高めることは難しい。一番簡単なケースを示して、これでもこんなに大変だというメッセージのつもりだ。

産業界委員 英国はネットゼロと言っているはずなのに、コストの話がないような気がする。大変なはずなのに、なぜこの委員会を薦めていて法制化してしまったのか。

山口氏 実は、英国はコストがGDPの1.5%から2%と試算されているが安すぎると思う。最後に残る排出は全部DAC（C

O₂直接回収技術）で対応する。その場合、トン当たりの削減コストは藤井先生は600ドル程度とおっしゃったけれども、英国の場合にはこれを300ポンドと低くみている。

事務局 最後に茅先生、加藤先生からご勇退に当たってご発言いただきたい。

茅氏 グリーンフォーラムが始まったのはほぼ30年前、1991年だが、それから30年、随分長い間やった気がする。いろいろな話を聞くことと同時に、それに対する企業の皆さんの反応を聞くのは我々にも役に立つ情報で、私にとっても刺激的な、よい時間を持たせていただいた。3世代ぐらい先の方々にこのグリーンフォーラムをお願いして、私の引退ということだが、私の歳なりに、今後もエネルギー、環境という問題に大いに関心を持って過ごしていきたい。どうもいろいろありがとうございました。

加藤氏 茅先生の明瞭なリーダーシップのもとに参加できたことを、大変うれしく思っている。今、環境問題が言うまでもなく非常に重要な問題になってきている。コロナの危機で世界は、日本も随分騒いでいるが、違った意味の危機は環境の危機で、これをどうしのいでいくか非常に重要な時期だと思っている。(拍手)



将来的なCO₂削減見通しについて討論(7月31日に開催された2020年度の第一回事例研究会)

◆第2回 事例研究会◆◆◆

CO₂ 回収利用の動向と展望 テーマに研究会

第2回は藤井康正新座長による最初の事例研究会として開かれた。テーマは「CCU（CO₂ 回収利用）の動向・展望」で、資源エネルギー庁石炭課の土屋博史課長、日本ガス協会天然ガスユニット技術開発部の中辻俊和部長、鹿島技術研究所・土木技術グループの取違剛主任研究員氏がそれぞれ講演。それを踏まえて、CCUの展望について参加メンバーが議論した。

カーボンリサイクル政策について

パリ協定達成と経済発展 両立

経済産業省 資源エネルギー庁 石炭課課長
土屋 博史 氏



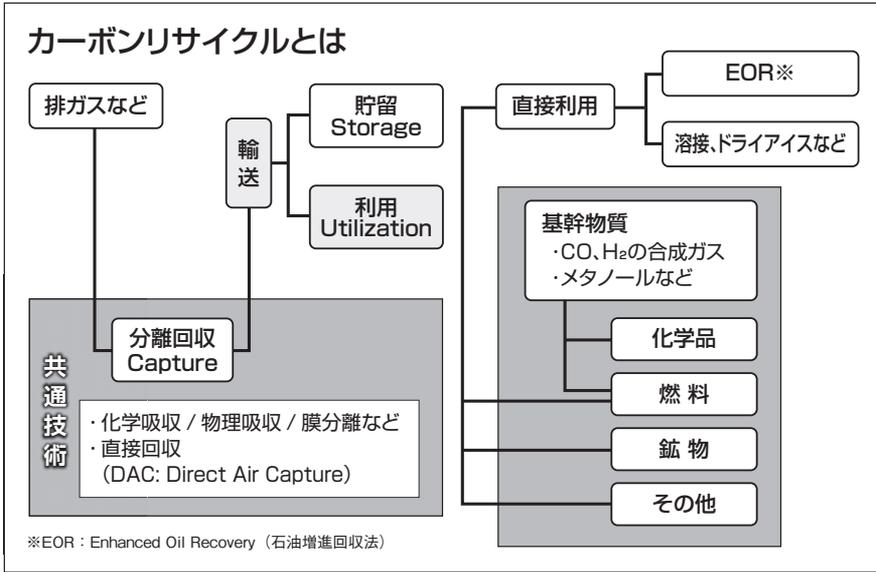
カーボンリサイクル政策を紹介させていただく。先の菅総理の所信表明演説の中で、2050年にネットでカーボンニュートラル(CN)を目指すことが盛り込まれた。この実現に向けた取り組みの一環として、カーボンリサイクル政策が加速している。

カーボンリサイクルの定義としては、CO₂（二酸化炭素）を資源として捉えて、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによって、化学品、燃料、鉱物に再利用し、CO₂排出を抑制すること。

この意義としては、まず、パリ協定の目標達成、CO₂温室効果ガスの排出削減の追求がある。他方で、国民生活の向上、経済発展やエネルギー安全保障に化石燃料を使わざるを得ない産業・地域が存在し、その両立を追求する手段の一つである。意義について、具体的には、第一に、カーボンリサイクル自体が温室効果ガス削減に直接的に貢献する点。第

二に、水素や再生エネルギーの活用と連動する点。第三に、カーボンリサイクルが、化学やセメント、燃料など多様な業種がそれぞれの事業分野で既存インフラを活用しながら取り組みが可能な点である。こうした中、欧米各国も、既存インフラを活用しつつ、温室効果ガスのネット・ゼロの実現を目指し、ネット・ゼロエミッション技術に着目し、その開発競争が加速している。

政府としては、カーボンリサイクル政策を戦略的に進める上で、昨年、カーボンリサイクル技術のロードマップを策定し、随時アップデートしている。重点分野として、特に化学品、燃料、鉱物・コンクリートを中心に、全体動向を捕捉している。普及拡大に向けたフェーズとしては3段階。フェーズ1の初動では、水素が不要な技術や高付加価値製品・技術に重点を置きながら、多様な開発を支援。フェーズ2では、2030年ごろから、化学品、燃料、鉱物が本格的



ングスの小林喜光会長が着任した。加盟メンバーとしては、エネルギー関連、素材・機械メーカーが主力であるとともに、商社や金融も参加しており、ビジネスとして注目されている。ちなみに、株式市場では、カーボンリサイクル銘柄などが取り上げられているようだ。

カーボンリサイクルに係る国際情勢としては、開発競争が一段と加速している。CO₂分離

に普及し始めると想定され、既にその萌芽が^{ほうが}出始めている。例えば、旭化成は、ポリカーボネートをCO₂を使いながら製造する技術の開発に成功した。2019年時点で既に製造能力は79ト^ンあり、注目すべき先行事例。また、バイオジェット燃料では、ユーグレナやIHI、米ランザテックなどが開発・事業化を進めており、ANAの試験飛行など、萌芽が見えている。鉱物・コンクリートについては、この後に話される鹿島建設のSUICOMが先行事例。その後、フェーズ3では、2050年頃に、非連続なイノベーションも加味しながら、水素価格の低減動向を視野に入れながら汎用品に展開していく。並行して、カーボンリサイクル関連の研究拠点の整備を進めている。

広島県の大崎上島において、カーボンリサイクルの実証研究を集中的に担う拠点の整備に着手するとともに、北海道・苫小牧でのCCSとメタノール製造実証や、福島県浪江町の福島水素エネルギー研究フィールドがある。このうち、大崎上島では、石炭ガス化複合発電(IGCC)の実証後、石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)を計画している。また、CO₂分離回収設備についても、昨年12月から実証を開始し、成果を上げつつある。この隣接地に、カーボンリサイクル拠点を整備する計画だ。

産業界の動きも活発。昨年8月、カーボンリサイクルファンドが設立、会長には三菱ケミカルホールディ

回収など、日本の競争力が先行している分野もある。三菱重工エンジニアリングがアミン液を使ったCO₂分離回収技術について、米国で実績を上げている。他方で、化学品・燃料・鉱物については、各国とも研究開発・実証が本格化し、一部で事業化が始まった段階。欧米そして日本が横並びで、マラソンで言えば数人の先頭集団で走っているような状況。ここ数年が勝負の分かれ目。プレーヤーとしては、製造・エネルギー分野の既存企業がある一方で、欧米を中心に、スタートアップが台頭し、さらにこうした企業を、化学・セメント・エネルギーなどの大手企業や政府が支えている構図になる。

カーボンリサイクルの研究開発・実証について、今年度予算としては437億円を計上しており、今後、業界・企業間連携も組み合わせながら、2050年CN実現に向けて、こうした開発・社会実装を一つひとつしっかり後押ししていきたいと考えている。

なお、10月13日には2回目のカーボンリサイクル産学官国際会議を開催した。欧州、アフリカ、アジア、米国と22カ国の参加を得、参加者数も、昨年の約4倍の1700人規模に達した。また、この場において、米国とのカーボンリサイクルにかかる協力覚書を締結できた。技術情報の共有や専門家の相互派遣、テストサンプル共有などを組み合わせながら、日米両国の強みを生かした取り組みを進めている。

メタネーションの利点と課題

ガス自体を脱炭素化、既存インフラ有効活用

日本ガス協会 天然ガス普及ユニット 技術開発部長
辻中 俊和 氏



全国の都市ガス需要家件数は3075万件あり、193の都市ガス事業者が26万^{キロリ}のガス導管により顧客にガスを届けている。地域に根差し、都市ガス事業者の約8割は従業員100人以下、約半数は需要家件数が1万件未満であり、都市ガス事業者の規模は小から大まで多種多様だ。

一方、電気の需要家件数は5600万件、2500万件程度がLPガスの需要家件数となる。都市ガスの用途は明治初年のガス灯に始まり、徐々に明かりから熱にシフト。1970年以後、天然ガス導入を機会に、ボイラ、空調、コージェネレーションや天然ガス自動車が普及し、工業用・商業用用途を大きく拡大した。現在、都市ガスの販売量は375億立方^リの水準にある。

日本におけるエネルギー消費量の6割が熱であり、高温帯は一般的には電熱では難しく、ガスの強みが生かせる。都市ガスは供給サイドの強靱化^{きょうじん}対策では、設備対策、緊急対策、復旧対策が進められており、ガス導管の耐震化率は2018年度末で89・5%となり、2025年時の目標としてきた90%とほぼ同じレベルに達しており、レジリエンス（強靱）性は高まっている。

メタネーションとはメタンを化学的に合成すること。約100年前にフランスの化学者サバティエが発明した。1立方^リの二酸化炭素と4立方^リの水素から1立方^リのメタンをつくれる。発電所などが

ら排出されるCO₂を回収して、再エネで作られた低コストのCO₂フリー水素を用いてメタネーションすることで、メタン利用時のCO₂排出量はメタネーション時のCO₂回収量と相殺できることから、反応後に生成されるメタンはカーボンニュートラルメタンと言える。また、既存の都市ガスインフラも利用できるのが大きな利点だ。

メタネーションにも技術的課題がある。メタネーションは発熱反応であり、通常250-550度C程度の範囲でメタンを合成させる。この時発生する熱をいかに有効利用するか、それによりプラントの効率を高められるか、また、高温になると触媒が傷みやすいので、反応制御や耐久性が高い触媒開発、反応器の最適形状化なども求められる。メタン合成のためには、水素が必要なので、低コストのCO₂フリー水素の調達が必須だ。水素1立方^リ作るのに、水電解では約5^{キロワット}時が要るので、再生可能エネルギー（再エネ）でつくられる電気コストもポイントになる。

再エネとの親和性だが、導入拡大中の再エネの出力は太陽光も風力も天候任せのため、余剰なエネルギーの長期的な貯蔵が必要。手段には蓄電池、揚水、パワーガスなどが考えられるが、長期・大量の電力貯蔵にはパワーガスが有効であり、その中でもメタン化することは水素での貯蔵よりも効果的だ。再エネ電気をメタンに

変換することで、大規模かつ長期間のエネルギー貯蔵も可能になる。また、エネルギー輸送の面でも、ガスのインフラ（パイプライン）は高い能力を有している。英国－オランダ間での輸送で比較すると、同コストでガスは電気の20倍のエネルギー

化の取り組みとして分散化エネルギーの普及拡大、高効率燃料電池などの開発・普及と天然ガスシフトのさらなる推進などにより、脱炭素化へ向けた取り組みを推進していきたい。

大規模メタネーションの技術開発・実証事業は

国内外で進められているので、事例を紹介する。NEDO事業として新潟県のINPEX長岡鉱場の越路原プラントでは、天然ガス生産時に付随して産出されるCO₂と水の電気分解による水素を合成することにより、メタンを製造する技術開発を行っている。1時間当たり8立方メートルのメタン製造能力で運転しているが、2030年以降の商用化を目指している。環境省事業で日立造船を含む2社が受けているのは神奈川県小田原市の清掃工場が出たCO₂を使うもので、1時間当たり125立方メートルのメタン製造能力で2022年完了に向けて実証試験を予定している。

国別のパワーガスプロジェクト

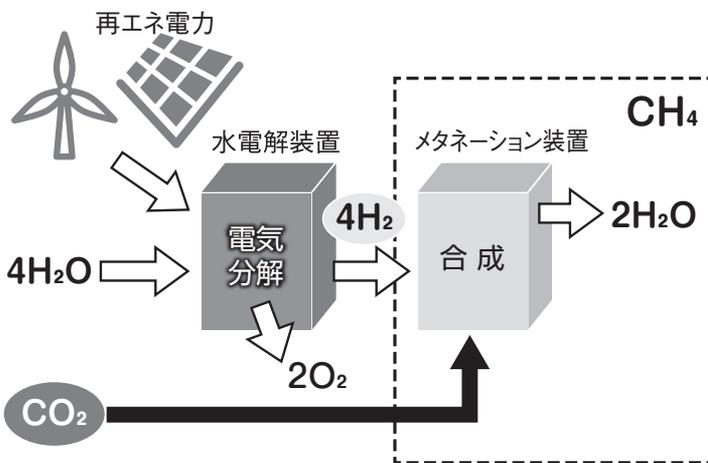
は、ドイツが圧倒的に多い。パワーガスと言うと電気を水素に変換することをイメージされる方も多いかも知れないが、半分近くはメタンに変換しているプロジェクトである。アウディのeガスプロジェクトはドイツ北部のヴェルルテで、再エネを使い水素を電気分解で作っている。バイオマスプラントのCO₂を使い、既存のガスパイプライン網を経由して、CNGスタンドに合成メタンを送り、ガソリンとメタンのハイブリッド車に供給する。規模は大きく1時間当たり315立方メートルだ。

都市ガス業界としては、既存のガスインフラを使いながら、いかに有効利用するかとの視点を持ち、脱炭素化の道を開いていきたい。メタネーション等のイノベーションにより、ガス自体の脱炭素化に取り組むことで社会コストの抑制と脱炭素化社会の実現に貢献できるものと考えている。

メタネーションの技術課題

再エネ電力を使って、H₂Oを電気分解し、H₂を作る。そのH₂とCO₂を触媒を介して反応させる基本的な技術は確立されているものの、実用化に向けた課題は残っている。

メタン合成フロー



輸送が可能だ。

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の環境性評価でもメタネーションはLNGに比べ、大体8割ぐらいCO₂を削減できると報告されている（2019年）。

2017年12月に国が策定した水素基本戦略では、エネルギーキャリア（水素を効率的に貯蔵・運搬する手段）の一つとして初めてメタンが取り上げられた。

今年9月に「2050年に向けたガス事業の在り方研究会」が始まった。この中で2050年以降も見据えた中長期的視点に立ってガス事業の在り方を議論し、低炭素化、脱炭素化、レジリエンス強化に加え、経営基盤強化を進めるための論点と方策が議論されている。脱炭素化に向け、メタネーション技術開発に加え、需要の高度化・最適

コンクリート産業のCO₂削減策

大量吸収させ内部に固定 強度を出す

鹿島建設 技術研究所 土木材料グループ主任研究員

取違 剛 氏



コンクリートは大きく二つに分けられる。一つは生コンクリートもしくは場所打ちコンクリートで、固まる前の状態で運ばれ、固まるのを待って枠を外すと構造物ができる形で使っている。水分が飛ぶと固まると思われているかも知れないが、セメントと水の反応で固まるので、水が飛ばないように、余り乾かさずに、固まってきたあとはしばらく水を供給してあげることがコンクリートをよく固める条件になっている。

形状の自由度が大きく、型枠さえあれば、その形に物がつくれる。相対するのがプレキャストコンクリートで、文字通り、形づくったもの。これを現場に運び、大きなプラモデルを作るように組み立てて、継ぎ目を充填して完成させる。決まった形でつくらないといけないので、施工の自由度は下がるが、建築物のように同じ形のものにはよく使われ、土木よりも、建築の方がプレキャストは利用が推進されている。

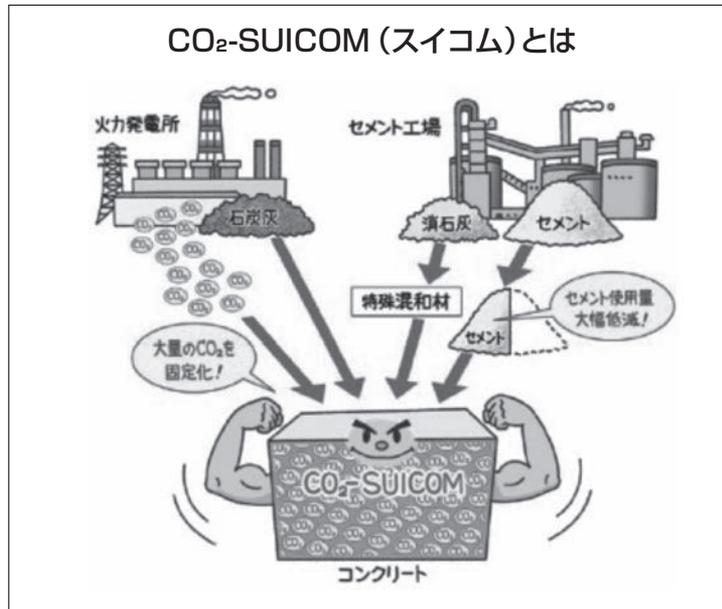
コンクリートの内、砂と砂利が35%ずつできているが、砂と砂利は粒径5mm以下か、5mm以上かの違いだ。これに水とセメントを混ぜ、のりとしての役割を与えて固めるのがコンクリートだ。この内、セメントは15%。

コンクリート分野でCO₂排出はセメントを1トンののに760kgぐらいになる。コンクリートのC

O₂排出量は、ほぼセメント製造時である。セメント生産量はバブル景気を境に右肩下がり。震災以後、非常に増えたようにちまたではみられているが、製造量は年間5800万トンぐらいだ。原料の石灰石を細かく砕いた後に調整工程で約1400度Cで焼く。ここで石灰石からCO₂が分離されることを脱炭酸とよび、脱炭酸によってカルシウムを取り出す。それと同時に高温での燃焼でCO₂が大量に発生する。セメント産業のCO₂排出量は日本の総排出量の約4%に当たる。

CO₂削減のための主な方策は、セメントを使わないようにすること。銑鉄を造る際に発生する高炉スラグや火力発電所から出るフライアッシュで代替している。高炉セメント、フライアッシュといい、2種類がJIS化されている。高炉セメントは一般的に使われ、全国シェアの20%程度が使われるが、フライアッシュは使用比率が低い。

コンクリートの炭酸化によるCCUについて話したい。コンクリートの炭酸化、炭酸塩化とカーボンリサイクルロードマップでは呼称しているが、建築・土木では炭酸化と呼ぶ。セメントと水が反応してできる水和物の核は水酸化カルシウム、カルシウムとシリカと水の結合で、C-S-Hという。水酸化カルシウムがCO₂と反応して炭酸カルシウムになるのが炭酸化、これをコンクリート反応の中で起こすの



がコンクリートの炭酸化だ。

逆転の発想で考えついたのが「CO₂-SUICOM (スイコム)」だ。中国電力、デンカ、鹿島とランダスの4社で開発してきた。2008年に始め、最初の物ができたのは2010年だ。CO₂をコンクリートに大量吸収させ、CaCO₃として内部に固定し続けられるコンクリートだ。

中国電力は当時、発電量に占める石炭火力発電の割合が他電力に比べて多かったため、排出削減を模索。鹿島にはコンクリートを強制的に炭酸化させる技術があった。デンカはCO₂と反応して固まる材料を持っている。3社でコンクリートにCO₂を吸わせて強度を出すとのコンセプトを考え、火力発電所から出るCO₂を吸わせるという開発目標を立てた。ランダスはプレキャストコンクリートを作っており、実用化段階で頼るため、加わってもらった。

セメントのCO₂削減策はセメントを極力、少なくする代わりに、CO₂排出量が少ない副産物やCO₂と反応して固まる材料、デンカの特許な混和材「γC2S」をセメントに代替する。そうすることで一般的なコンクリートのCO₂排出量が300キログラムなのに対して、200キログラム程を材料の変更で削減、さらにCO₂を吸わせることで、造ればつくるほど世の中からCO₂が少なくすることが試算上はできる。

カーボンネットゼロというイメージだ。

理屈はCO₂排出量は少ないながら、CO₂を吸収できるカルシウムを持った材料をセメントの代わりに使うということ。コンクリートを練り混ぜたものを型に流し込み、型枠から外してできる境界ブロックのイメージだ。それを養生槽と呼ぶ密閉空間に入れて、CO₂を吸わせている。研究段階では火力発電所から出る排気を効率的に吸収させるため、温度・湿度を調整した。2011年からは徐々に使っている。道路の分離帯などに利用し、国内で全部を置き換えれば、簡易な試算だが、年間30万トングらい削れる。ただ、中の鉄筋が錆びるので鉄筋を使わず、養生槽に入れられる小さなブロックが対象になっている。

コンクリート産業における主なCO₂排出削減策は、業界としてセメント使用量の低減である。新たな技術が開発され、適用に向けた整備も進んでいる。一方で過度なセメント使用量の削減は産業廃棄物処理の圧迫を誘発する可能性もあるので、コンクリートの炭酸化、CO₂を吸収を進めれば、セメント産業を存続させつつCO₂削減・有効利用の大きな武器になる可能性を秘めていると考え、研究開発と、その展開に努めたい。

「30年」想像外のことが 実現するタイムスパン

藤井康正座長 今回のテーマは「CCU（CO₂回収利用）の動向・展望」とした。選んだ理由は三つで、まずは、二酸化炭素を削減する方法には大きく3通りの方法があること。2番目はパリ協定も発効し、二酸化炭素の削減が要望され、削減率も高まっていること。3番目は水素を利用したメタネーション技術に関心が高まっているからだ。3人の先生方の講演を受け、まずは学界委員の中上先生にご意見、ご質問をお願いしたい。

中上英俊氏 脱炭素宣言が出たばかりで、時宜を得たテーマでよかった。関連した相談を受けるが、各位がピンときていないのは2050年という30年先のことだからだ。30年とは、ほとんど想像できなかったことが実現するタイムスパンだ。30年前には携帯電話も、スマホもなかったのから様変わり、世の中は状態が異なる。かつて石油危機からIEAが石油火力はやってはいけなと決めて、日本も発電所は脱石油となり、石炭とLNG、原子力に置き換えるといつて、石油火力の70%がほぼ転換したのは30年後。そういう長いスパンになる。この期間にもっと違う技術も出てくる可能性があるの、

大きな希望
を持って取

り組んでいくべきだと思う。この会合には初期からかかわってきたが、今日、お集まりの皆さんにも肝に銘じていただき、この会が活発化していくことを望んでいる。経産省の土屋課長さんには、世界に先駆けて

やってほしい。デファクトスタンダードになり得るような技術がいっぱいありそうなので、情報発信を常にやっていただきたい。

土屋課長 中上先生のご指摘は、重要なポイント。カーボンリサイクルについては、各国でいろいろな用語や定義が生まれている。重要なことは、カーボンリサイクルのコンセプトや方向性を大きな視点で国内外に広く発信しつつ、多様な技術について、多様なプレーヤーの参画・連携を通じ、社会実装に至る試行錯誤のサイクルを効率的に回していくこと。本日発表された鹿島のケースでも、異業種の企業と連携してオープンイノベーションで進められた点で、非常に貴重な事例。国としても、こうした取り組みをしっかりと支えていきたいと考えている。

竹内純子委員 旬のテーマで、手元のエネルギー資源学会誌の特集も「カーボンリサイクルの最新動向」だった。30年後を見通すのが難しいということは、中上先生ご指摘の通りかと思う。一方で、30年という未来がエネルギーインフラの入れ替えというようなところを考えると、意外と時間がないかと。そこに、カーボンリサイクルのような新技術が入る可能性には期待をしている。しかし普及していくには、コストの十分な低減、あるいは利便性も備える必要が

ある。その中
で、既存のガ
スインフラを

有効利用していくアイデアは、非常に重要な視点だと思う。ただ、これはガスの導管等に何かしらの悪影響があると懸念をなくしてよいか。

辻中氏 既存インフラの利用の重要性、有用

新技術 社会実装まで効率化

性についてのコメントと、管に違うものを入れた際のダメージについてご質問を頂戴した。メタネーションにより作られたメタンを既設のガス管に注入することは技術的に何ら問題はない。ガス管が古いタイプであろうと、新しいものだろう同じであって、既存ガスインフラを有効利用することができる。「ガス管に水素を入れた場合はどうか」との質問もいただくが、15年間にわたり、国のプロジェクトである、「水素導管供給システムの安全性評価事業」で技術調査研究をやってきた。その結果、現行定められているガス工作物に係る技術基準が、新設する水素導管による供給（中圧・低圧）に適合できる、つまり、新設のガス管であれば、水素供給することが可能であることが確認されている。

秋元圭吾委員 カーボンニュートラルを考えた時に基本的に1次エネルギーとしては原子力と再エネとCCSしかなくて三つの組み合わせになってしまう。ただ、これは原則論でDACCSとか大気中からの直接CO₂回収とを使えるとマイナスの排出技術にな

る。日本のカーボンニュートリテを達成しようと思うと、世界の資源をいかに活用していくかが重要になってくる、セメントに関しては量的に回収が年間30万トングらいと言われたが、全体では4000万トングらい排出しているとの話だった。1%に満たないぐらいで小さいが、今後、量を増やす取り組みの可能性をお聞きしたい。

取違氏 CO₂削減の大規模化というか、無筋コンクリート、小さいブロックからの脱却についてお答えする。鉄筋を使っている現場のコンクリートにもCO₂を吸収させられる方法がないか、NEDOさんのプロジェクトで開発を進めようと動き始めたところだ。そこまで行かなければ、本当の意味で排出削減と大々的に言えるところには達しないだろうということで、鉄筋が錆びるようであれば、錆びない補強材を使うとか、錆びない範囲までCO₂を吸わせるとか、やり方はあると思うので、模索する研究を始めている。

藤井座長 本日は有り難うございました。



◆第3回 事例研究会◆◆◆

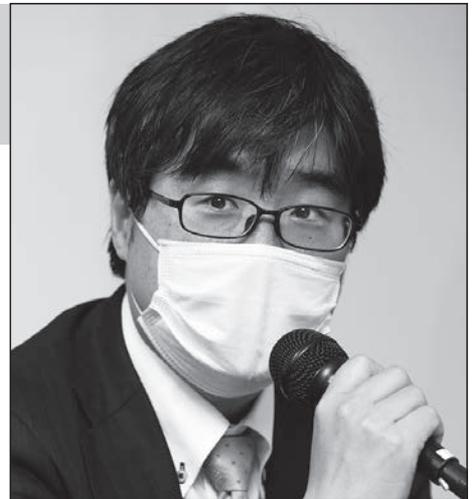
持続可能な消費と生産

第3回事例研究会は「持続可能な消費と生産をテーマ」に開催した。経済産業省産業技術局資源循環経済課長の横手広樹氏、東京大学大学院工学系研究科准教授の村上進亮氏、ハリタ金属社長の張田真氏の講演に続き、参加会員が資源に関わるSDGsの課題について討議した。

企業の情報開示・評価・対話促す

我が国の資源循環政策について

経済産業省 産業技術局 資源循環経済課長
横手 広樹 氏



1990年代から2000年ごろにかけ、最終処分場が逼迫、ゴミ問題対応を主眼にリサイクル制度を整備してきた。最終処分量は順調に低減し、リサイクル率は徐々に上昇した。そこで、今なぜサーキュラーエコノミー（CE・循環経済）が潮流なのかを考えたい。

調達、生産、消費、廃棄と一方通行で経済システムは動いてきた結果、大量生産・大量消費・大量廃棄という線形経済になった。循環経済は従来の3R（リデュース・リユース・リサイクル）を超えて、全段階でループを回し、資源効率性の高い経済活動を目指すものだ。

世界の人口増加・経済成長に伴い、資源制約のリスクは現実味を帯びてきた。資源採掘量は2000年の530億トから2060年には1900億トになる。地球3、4個分必要とされ、あらゆる資源が同じ状況に陥っている。エネルギーしかりで水、食料も資源の制約、将来的な枯渇リスクはある。廃棄物問題

もグローバルで顕在化。地球温暖化に加え、海洋プラスチックゴミ問題が深刻化した。消費者も、市場も環境配慮要請が高まっている。

環境問題に対する企業のコミットメントを求める民間主導の動き、CO₂の世界で言うCDP（カーボン・ディスクロージャー・プロジェクト）などがある。グローバル企業を中心に自主的な取り組みも加速し、ESG投資が拡大。循環を支える技術としてデジタル技術も発展している。

1999年循環経済ビジョンでは最終処分場の逼迫を背景に、3Rの総合的な推進の必要性を提唱した。廃棄物量の削減、リサイクル率向上を実現し、循環利用率でみれば日本は欧州よりも進んでいる。一方で、グローバルな経済・社会情勢は大きく変化している。循環経済ビジョン2020では、環境活動としての3Rでなく、経済活動としての循環経済、経営戦略や事業戦略のレベルで循環をビジネスに取り込む

■循環経済ビジョン 2020

背景

- 線形経済モデルの限界
- デジタル技術の発展、Society5.0 への転換
- 市場・社会からの環境配慮要請の高まり



ポイント

- 環境活動としての3R⇨経済活動としての循環経済への転換
- グローバルな市場に循環型の製品・サービスを展開していくことを目的に、経営戦略・事業戦略としての企業の自主的な取り組みを促進
- 中長期的にレジリエントな循環システムの再構築



必要性を打ち出している。

環境の持続可能性を損なう事業活動は、石炭火力のダイベストメント（出資・融資の引き上げ）に見られるように、事業継続上の重大リスクになった。循環の取り組みは短期的収益に結びつかず、コストとなる面もあるが、中長期的視点から事業の持続可能性を高め、競争力確保につなげると認識してほしい。

循環経済への転換は日本の勝ち筋にもなる。欧州も重視する環境配慮設計は、わが国製造業の強みであるサプライチェーンの連携による「すりあわせ」が生かせる分野。実現のための素材イノベーション力も、日本に残っている。日本の動脈産業の取り組みを期待したい。重要なのが投資家でESG投資をいかに呼び込むか、政策として後押ししたい。製品構造も産業構造も変わる中、国内の循環システムも見直す必要がある。古紙などは、輸出できなくなる分をどう処理するかの問題も出てくる。廃棄物の再資源化に寄与してきた鉄鋼やセメントも国内生産は縮小しつつある。中長期的な目線から国内の循環システムのあり方を、もう一度考え直したい。

日本の企業の取り組みをいかに後押しするかの観点で、プラスチックを例に紹介したい。環境配慮設計は日本企業が真剣に取り組んできた。ペットボトルは欧州では着色きがあり、ラベルもので張りつけて

ある。日本では業界で設計の標準化がされ、無色透明、キャップの材質も統一され、ラベルははがしやすいと環境配慮設計の先進的なモデルだ。モノマテリアルで多機能を実現する素材開発は、日本で始まっている。

代替素材では海洋生分解性プラスチックや日本の素材のイノベーション力が生かせる。プラスチック関連企業約400社が、海洋プラスチック問題解決に向けて

動いている。業界として野心的な目標を掲げ、実証事業や設計の標準化に取り組んでいる。

投資家機能の活用に向け、CE投資ガイドスというものを策定した（21年1月公表）。日本企業は3Rなどで、もっと評価されてよいが、外資系投資家に聞くと「日本の取り組みは知らない。発信してないじゃないか」と、伝わっていない面がある。しっかり発信すれば、ESG投資を呼び込める。

運用会社ブラックロックの投資例では、アディダスは海洋プラスチックを原材料とするブランドを立ち上げ、投資対象になっている。ガイドスは企業の情報開示、それを踏まえた投資家の適切な評価、対話、エンゲージメントを促すためだ。「政府が策定する世界初の開示・対話のための手引き」としたが、統合的にまとめたのは、民間も含めても世界初かと思う。

循環の視点で頑張っている企業を、ポジティブに評価をしたい。プラスチック循環法案を決定する中でも、こうした理念を取り込んだ。環境配慮設計の指針を策定、それにのっとり、設計するよう努めてほしい。そうした製品を認定して、グリーン調達などで応援するインセンティブモデルまで含めて措置をしている。

規制的に義務付けるより、企業の取り組みを後押ししたい。企業側にも循環をマインドとして持ってほしい。

資源価値最大化へ 3 アプローチ

持続可能な資源利用とCircular Economy : 素材資源を巡る動向

東京大学 大学院工学系研究科 准教授

村上 進亮 氏



資源消費量拡大という大きな問題がある。ただ、素材資源が絶対的に枯渇することはないという話は昔からあり、金属資源の問題は劣化にある。それは、目的鉱物の含有濃度が下がっているだけではない。忌避元素が濃くなっている。露天掘では深部化し、チリなどに行くと直径で数キロメートルの穴を掘っている。運び上げるCO₂排出だけでもばかにならないし、維持管理する労力も大きい。

チリの銅鉱山のトップの1か所だけで年120万トン銅が出る。日本では製錬の銅生産量は多くて150万トンぐらいなので、この山一つで日本の製錬所が何とかなるぐらい。こうした巨大鉱山を含め、銅では含有率1%を切る鉱山が非常に増えている。

また、選鉱後に発生する^{ざんさ}残渣をためる尾鉱ダムが事故を起こし、環境に悪影響を与えている。ブラジルの鉄鉱石鉱山で2015年と19年に大きな事故があった。こうしたさまざまな問題を考えれば、資源がなくならなくても、天然資源から逃げたいという話が出るのは自然だろう。

そこで、サーキュラーエコノミー（CE）に行くのだが、何となくブームっぽい感がある。2015年ぐらいから欧州が「CE」と騒ぎ始めたが、日本はずっと循環型社会と言い続けていた。

モノの流れに限定して言うと、エレン・マッカー

サー・ファンデーシヨンの有名なバタフライダイヤグラムに尽きる。我々が想像するようなモノの流れはテクノロジカルサイクルスで、日本人がイメージできるような機器や、プラスチックもあり、人為的な循環を指している。新しいコンセプトだと言われるが、古典的な資源循環の世界は「我々がため込んだストックをどう管理して使っていくか」ということだ。

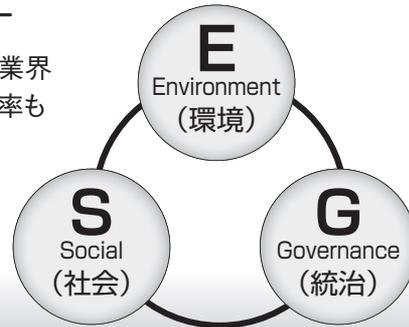
それに対して、リニューアブルは「自然が回している速度にあわせなければならないので、そこにうまく合わせてあげる」という趣旨がある。「スピード」みたいな話がちょっと入っているのは、比較的、学者としては納得しやすい説明かなと思っ

て見ている。CEの目的は「資源を効率よく使うこと」、一度掘り出した資源の価値は最大化しようということだ。アプローチは3種類ある。リジェネレートとはリニューアブルの話だろう。リテインとは、リサイクルやリユースの話で、使ったものから再び取り出して価値をとること。どこにもなかったものを付け加えてしまう、アディションが具体的に何の話をしているかはわからないことも時々ある。

循環資源と天然資源をプロセスとして比較してみると、一番大きいのは、天然資源には探査という探す行為があるが、循環資源にはなく、マテリ

■世界的な動向と日本の対応

- Circular EconomyのISO化
- 「循環経済ビジョン 2020」や「サーキュラーエコノミーに係わるサステナブル・ファイナンス促進のための開示・ガイダンス」を出すなど対応しつつある
- 重要なポイントの一つはトレーサビリティ
 - ・ 静脈系の一部は必ずしも親和性の高くない業界
 - ・ トレーサビリティを上げる代わりに、全体効率も上がり利益増となる
 - ・ win-win にならないと進まない
- ESG投資的などところの関係は



アルフロー分析などの机上計算程度しかできない。逆に言えばあまりコストはかからない。

天然資源の場合は採掘権を取るのが大変だが、循環資源では、特に消費者系のリサイクルで、いかに出してもらうかがこれにあたる。小型家電リサイクルは、レアメタルブームに乗ったような背景も含めて理想としては理解できる。それでも全然集まらない。これはすごく大事なところで、特に消費者系のリサイクルとカリキュースとかという話をすると、まずそのユーザーに乗かってもらうのが、重要な話なのだ。ただ、そこが割と視点からずくと落ちていた。

そのほか、資源循環の特徴は何だろうというと、欲しくなくても出てきてしまう点。天然資源は欲しいときに掘るのが原則。資源循環は「出てきたものを埋め立てるのか、リサイクルするのか」なので、意思決定の構図が違う。探査がないこととあわせて、この二つはすごく大きい。

天然資源供給に関して懸念点が増えているのは事実だ。需給がタイトな状況が続き、価格は長期的に下がる要素はない。品位が下がり、コストが増える。また、新規大規模鉱床の発見は久しくなく、それはある意味枯渇へのシグナルかもしれない。

い。低品位化は環境負荷を増やすが、それを超える技術的ブレークスルーは見えていない。電動化はリチウムイオン電池の需要を押し上げ、コバルトなども逼迫する。

CEに話を戻すと、モノの流れの理想像は、日本では20年以上、言い続けてきており、社会実装するための仕掛けも考えてきた。近年では循環経済ビジョンとか、投資関連のガイダンスとかをやっておられて、一生懸命対応していると思う。

CEの概念は、ふわっとしているにもかかわらずその概念のISO化(TC323)という話が出て、今、動き始めている。

あまり変なものをISO化された場合、要は欧州にとってやりやすい形のビジネスモデルにつながるような指標で評価をされて、資格認証され、投資につながるのかという話になると、大分よろしくない。ただしほぼ間違いのないのは、この手の話はトレーサビリティを上げろという話に帰着する。再生材を使ってもらえば、やはり「これは再生材」との証明が必要だ。証明を与える代わりに全体効率も上がり、利益が増えるようなウィンウィンの関係にならないと進まないだろう。

情報発信、日本のプレゼンス高める

Circular Economyで革新する ビジネスと社会

ハリタ金属社長
張田 真氏



私は薬剤師として製薬会社勤務の後、富山県高岡市での家業に入り、2010年に社長に就いた。公では経済産業省の循環経済ビジョン委員会のお手伝いをしたり、ISO TC323サーキュラーエコノミーの国内検討委員などを務めている。当社は経営理念に「サステナブル経営(SDGs)」を据え、持続可能なよい会社、強い会社を志向している。

「サーキュラーエコノミー(CE)」とは、循環の中で付加価値を生み出すことにより、経済成長と環境負荷低減を両立するための産業システムだ。アクセントの算出では2030年でのCEの経済価値は500兆円、2050年には2700兆円とも予測される。ビジネスモデルの転換で、既存ビジネスがCEの枠にスライドすれば、べらぼうな数字でもないと思う。

CEは複層レイヤーだ。資源制約は確実に、ビジネスシフトはマスト。その手段がCEではないか。本日のテーマ、「持続可能な消費と生産」にも通じており、CEはトレンドでなくシフトととらえ、そのような社会の準備が必要ではないか。

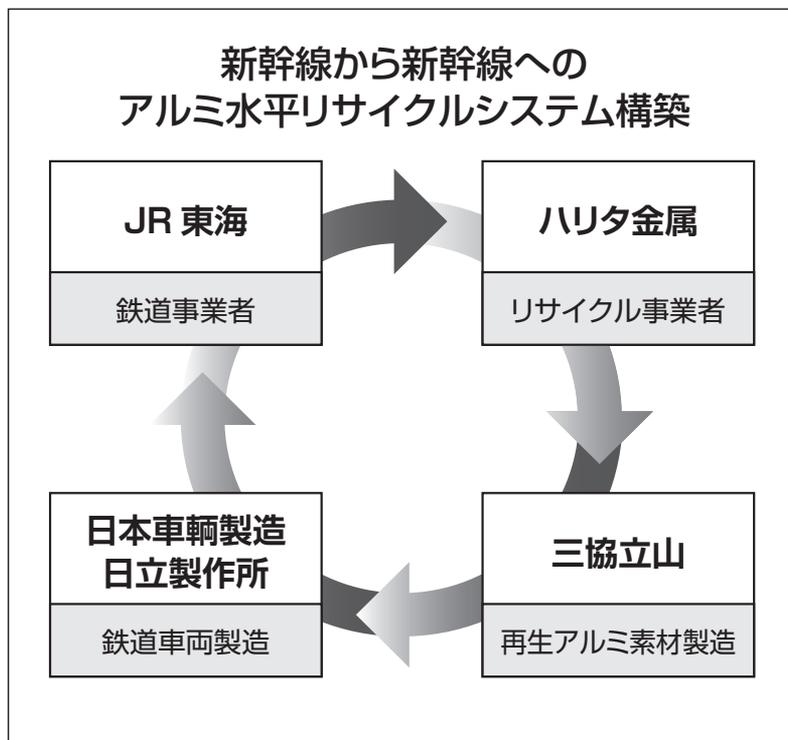
アルミニウムの高度循環リサイクル事例を紹介したい。未来はCO₂がカギ。電気自動車化でエンジンが無くなるのは、アルミリサイクルの脅威となり、鋳物材、展伸材の合金系別の選別リサイクルが必要になる。再生技術の仕組みを検証したので紹介したい。

NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)プロジェクトで日本アルミニウム協会、早稲田大学の和田秀二先生、産業技術総合研究所などと進めた。列車リサイクルにおいてアルミのクローズドループリサイクルを構築するためを鉄道事業者、軽圧メーカー、車両製造会社などと標準化のため話し合いをしてきた。二次資源規格も一緒につくった。JR東海さんの強い思いで、廃棄新幹線から昨年7月1日にデビューしたN700Sで高速鉄道で世界初のアルミ水平リサイクルが実現した。自動車など安全に関わる物の製品基準は非常に厳しく、難しい。

経産省の循環経済ビジョン報告書が作成されたが、関わった一人として、達成は使命と思っている。新幹線の事例はCEの一つにすぎないが、静脈産業から動脈産業に行く間が分断している。それぞれが相互理解を深めて、深掘りして社会実装事例をどんどん打ち出したい。製造工程での廃材料も、工夫すれば、ラインに入れられ天然資源投入を減らせる。

バリューチェーンや生産プロセスでCEに取り組み、産業界主導で認証システムを開発、そして資源の追跡、デジタル利用の革新が求められている。生産段階の循環性、デジタルと資源の履歴をしっかり描いた生産プロセスの新連携ループに着手しており、社会実装の例として実績を積み重ね、社会を刺激したい。

TC323のCEが議論されており、私も参加者だ。



日本の出遅れが取り返しのつかないことにならぬようにしたい。CEは動静脈の境界線を消す。ビジネスモデルの転換で、MaaS（乗り物のサービス化）、PaaSでは、所有から機能を使用する社会に変わる。

所有権が特定の者内で使用済みになれば密な状態で、自分のバウンダリーループの中で管理が可能になる。ビジネスの変化によって、密な状態からスタートしたりサイクル技術と掛け算していけば、価値を高める可能性が広がる。いずれ資源は足りなくなり獲得が困難になり価格が上昇する。穀物も上がり、鉄スクラップも銅資源も投機的な上昇に乗る。今まで金を出せば資源が入ったが今後はお金を出しても手に入らないリスクを考えて、ビジネスモデルの転換が必要になる。エコデザインも真剣にやらないと機能を提供するための製品さえ、作れなくなる。

一番期待したいのは日本の製造業の強みを生かしたCE展開となると、製品情報を一番持っているのはメーカー。CEとリサイクルと融合させ、強い循環を描くことが重要になってくる。企業もどんどん変わってきた。CEはなかなか進まないと言われるが、

経営層の課題認識が重要。経済価値の物差しが変わるので、LCA、カーボンフットプリント、そして履歴、持続可能な調達の関係の側面から、いろいろ議論するところだ。

従来、コストの経済価値だけが議論されたが、環境価値が姿を出した。企業から「リサイクルを社会的要求でやらざるを得なくなった」という話をいただく。「再生材は高いから要らない」と一蹴されていた社会に変化が出た。カーボンニュートラルがだめ押しとなり、空気感は一変した。ビジネスでCEはバリューになった。

サーキュラーエコノミー社会形成のために循環経済協会を設立した。循環経済に関わる調査研究、情報等の提供、講演会の実施などで、発信力を上げ、日本のプレゼンスを高めるのが役割だ。二宮尊徳は「道徳なき経済は罪悪であり、経済なき道徳は寝言である」と説いた。循環に置きかえ考えたら、「循環なき経済は罪悪であり、経済なき循環は寝言である」という言葉が浮かび、勝手に腑落ちしている。この倫理観で、日本らしい発信もしなければならぬと思っている。

資源・素材リサイクルへ仕組みづくり

藤井康正座長 私はエネルギーを専門にするが、「持続可能な消費と生産」には、エネルギーの問題、気候変動の問題も含まれると思う。エネルギーは開放系だが、隕石（いんせき）でも入ってこない限り、物質は基本的に閉じている。人類社会が物質をどう調達し、どう持続可能な形で使っていくかは大きな課題だ。今日は解決の一つの方法である、循環について講演を踏まえて考えていきたい。

産業界委員 循環型社会を促進するために法整備や仕組みとして、禁止することは一番早い方法で、レジ袋有料化もそうだと思う。それ以外に、資源循環がうまく回るような仕組みづくり、市場づくりは織り込まれているのか。

横手課長 欧州ではプラスチックのスプーンやストローなどを「使用禁止」と言っている。ただ、法体系の違いもある。日本では環境や健康に大きな影響のある化学物質、PCBなどを規制対象としているが、ストロー等がこれに見合うものなのか冷静に議論すべきだ。そもそも循環とは、安直に使用禁止していく世界観のものではないと思っている。後押し策は大事で、市場がついてこないと、リサイクルひとつとっても、コストがかかる。回収できるだけの商品の価値をまだ消費者市場も認めていない。投資家市場のほうはもう少し敏感に反応するので、そこに働きかけるガイダンスをつくっている。实体经济については、グリーン調達だけでは、どうしても政府調達だけなので対象に限られるが、「認定された製品ですよ」というブランディングなどが、消費者の意

識を喚起していくという部分もあるので、まずはそういう取り組みかと思う。もちろん、環境省を中心に、国民の意識啓発というところはもっとしっかりやっていかなければいけない。

秋元圭吾委員 私自身、新鮮に勉強させていただいた。サーキュラーエコノミーは非常に重要な動きと理解していて、特に欧州の人と話すと、温暖化の分野の中でもサーキュラーエコノミーの話をよく聞く状況になっている。村上先生の話からすると、資源が枯渇へと向かう中で、採掘にもますますコストがかかる。要は経済の文脈が強くあるだろう。もう一つは、技術の変化、デジタル化の進展でリサイクルができるような技術が重なってきた。環境だけでなく、経済的な要請からもサーキュラーエコノミーが起こっているかと理解した。伺いたいのはトレードオフがあって、循環するにはエネルギーを投入しないとイケない。すると、エネルギーの価値とこの循環での価値とのトレードオフが生じるが、その辺りをどう考えてたらいいのだろうか。

村上氏 冒頭のご理解は、おおむねそんなところかと私も思っている。新しい技術というところだが、ご多分に漏れず、AI・IoT的な話のショックはひどく受けている業界だと思う。みんながハリタさんのように先進的なところに入っていたら助かるが、そうではないので、なかなか難しい。トレーサビリティみたいな話は、まさしく「ザ・情報」のところであるが、やはり、これも途中でちょっと申し上げた通りだが、情報を出せるものと出せないものがあると、メーカーとしては当然おっしゃる。エネルギーと資源でトレードオフするケースがど

こまであるかは、なかなか難しく、今でもあり得るのはプラスチックの焼却熱回収、エネルギー回収と、マテリアルリサイクルみたいな話は、ケミカルや熱回収のほうがいいことがままあると思う。

秋元委員 アルミはリサイクルに向いていると理解していて、そういう中で多くの努力をされている形だが、アルミ以外の部分で難しい点などについて補足いただけると幸いだ。また、ビジネスとして取り組まれる中で、張田さんはサーキュラーエコノミーという強い要請について、かなり強調されたが、稼がないと企業の持続可能性にならないので、その辺りをもう少し、稼ぐという視点からバランスをどう考えられているかを含めて、コメントをいただきたい。

張田氏 アルミリサイクルで難しいのは、アルミはボーキサイトから入ってくるインプットの状態ですごくたくさんの素材が入っている。精錬されていく段階でそれを除いていくわけだが、一度混ざった軽元素

は分離しにくい。逆に鉄の場合はその鉱石から入ってくるインプットの段階で、アルミと比べれば、実はすごく少なく製鋼プロセスでスラグに分離されていくため鉄は循環に関してアルミより優位である。しかし技術開発でアルミを合金系別に分けるものが出てきたみたいなことになると、ちょっと様相が変わってくる。循環性を担保するものを、何回も使用するということがもし可能になれば、メーカーさんの選択する素材が循環社会の変革によって優先順位が変わることが、これから起こってくると思う。アルミだけではなく、鉄はこれからもどんどん薄く、また軽く、技術開発もしていこうし、アルミも伸びるだろう。それ以外にマグネシウムとか、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）とか、炭素繊維とか、この辺りのものも複合的に出てくるといったことになる。この様なマルチマテリアル化に対して高度選別を全素材で私たちはやっていかなければいけないと思う。



第3回事例研究会は、持続可能な消費と生産をテーマに開催

茅座長勇退記念



茅陽一座長に記念品を贈る四竈廣幸本社委員



茅座長と学界委員、産業界委員との記念撮影

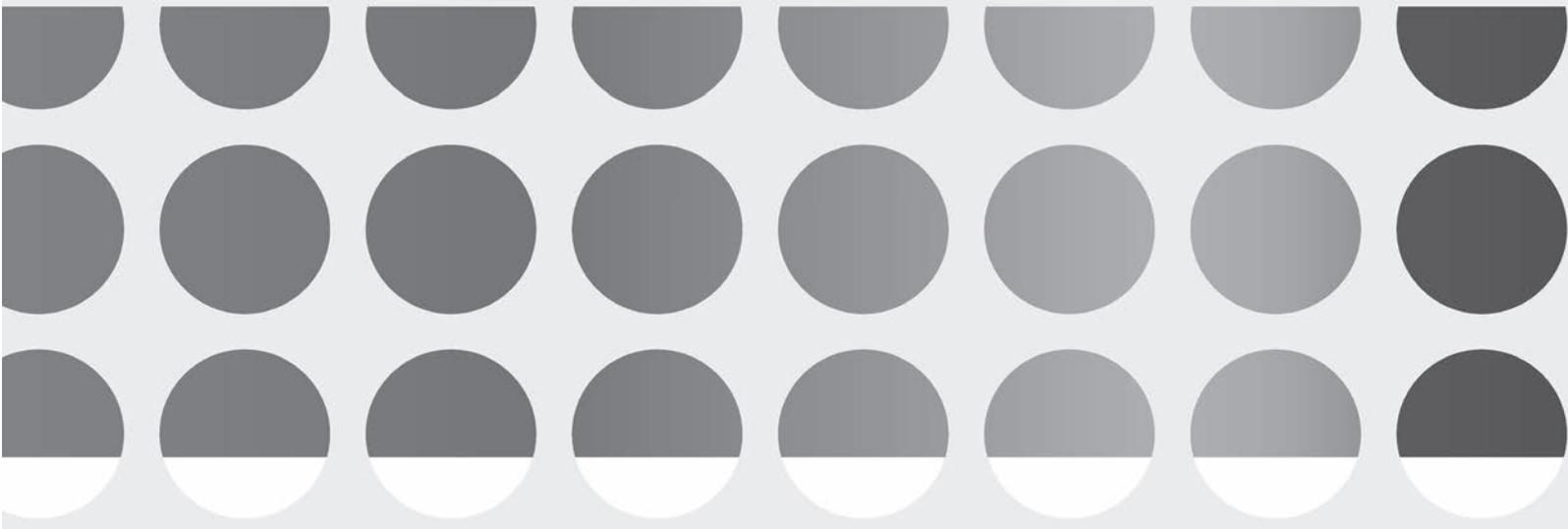
座長	藤井 康正	東京大学大学院工学系研究科教授 原子力国際専攻
学界委員	秋元 圭吾	地球環境産業技術研究機構 主席研究員
	竹内 純子	国際環境経済研究所理事 東北大学特任教授
名誉顧問	茅 陽一	地球環境産業技術研究機構 理事長 東京大学名誉教授
産業界委員	楠井 祐子	大阪ガス企画部 ESG 推進室長
	中山寿美枝	電源開発 審議役 (地球環境担当)
	野中 利幸	東レ 地球環境事業戦略推進室長
	山戸 昌子	トヨタ自動車 先進技術開発カンパニー環境部部長
	藤田 美穂	日本製紙 サステナビリティ経営推進部部長
	廣光 徹	日本電気 環境・品質推進本部長代理兼環境推進部長
	下野 隆二	パナソニック 品質・環境本部環境渉外室室長
	森永 啓詩	ブリヂストン G 経営戦略本部主任専任部員
	松園 義明	本田技研工業 経営企画統括部環境安全企画部部長
資源循環技術委員長	水戸部啓一	国際環境経済研究所 理事
本社委員	四竈 廣幸	日刊工業新聞社 取締役本社編集局長

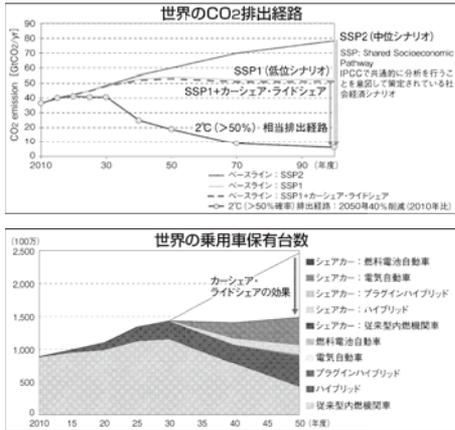
(敬称略、順不同)

(役職名は当時)



2019年度 活動報告紙面





地球環境産業技術研究機構 主席研究員 秋元 圭吾氏



イノベーションで低CO₂排出

2050年までにCO₂排出を削減し、世界のCO₂排出量を削減する必要がある。そのためには、イノベーションによるCO₂削減が不可欠である。秋元氏は、イノベーションによるCO₂削減の重要性を強調し、政府と民間企業が協力してイノベーションを促進する必要があると述べている。

秋元氏は、イノベーションによるCO₂削減の重要性を強調し、政府と民間企業が協力してイノベーションを促進する必要があると述べている。イノベーションによるCO₂削減は、気候変動対策の鍵となる。政府はイノベーションを促進するための政策を実施し、民間企業はイノベーションを推進するための投資を行う必要がある。

必要なときに 必要分だけ利用

必要なときに必要な分だけ利用する。これは、持続可能な社会を実現するための重要な原則である。秋元氏は、この原則をイノベーションの推進に適用する必要があると述べている。イノベーションによるCO₂削減は、必要なときに必要な分だけ利用することで実現可能である。

イノベーションによるCO₂削減の重要性を強調し、政府と民間企業が協力してイノベーションを促進する必要があると述べている。

意見交換

ソサエティ5.0とは何か

ソサエティ5.0とは、高度なデジタル技術を活用した社会経済システムを指す。秋元氏は、ソサエティ5.0の実現には、イノベーションによるCO₂削減が不可欠であると述べている。

あらゆるビッグデータつなぐ 10年後にもスマートシティ実現



全体討議 (霞山会館・東京都千代田区)

あらゆるビッグデータを繋ぐことで、10年後にもスマートシティを実現する。秋元氏は、スマートシティの実現には、あらゆるビッグデータを繋ぐことが不可欠であると述べている。スマートシティは、高度なデジタル技術を活用した社会経済システムであり、あらゆるビッグデータを繋ぐことで実現可能である。

ソサエティ5.0とは、高度なデジタル技術を活用した社会経済システムを指す。秋元氏は、ソサエティ5.0の実現には、イノベーションによるCO₂削減が不可欠であると述べている。

19年度委員 (敬称略)	
座長	地球環境産業技術研究機構 理事長 東大名教授 茅 陽一
学界委員	環境文明21 顧問 加藤 三部
産業界委員	住環境計画研究所 会長 中上 英俊
産業界委員	旭化成 サステナビリティ推進部長 徳水 連彦
産業界委員	大阪ガス CSR・環境部長 津田 恵
産業界委員	住友ゴム工業 安全防災環境管理部長 坂本 秀一
産業界委員	電源開発 経営企画部審議役 (地球環境担当) 中山南英枝
産業界委員	至レ 地球環境事業戦略推進室長 野中 利寿
産業界委員	トヨタ自動車 先進技術開発カンパニー 環境部長 山口 昌子
産業界委員	日本製紙 CSR部長 赤松 成彰
産業界委員	日本電気 環境・品質推進本部長代理 兼環境推進部長 廣光 徹
産業界委員	パナソニック 品質・環境本部環境経営推進部環境海外室長 下野 隆二
産業界委員	ブリヂストン コーポレートコミュニケーション本部主任専任部長 森永 啓詩
産業界委員	本田技研工業 経営企画部統括部環境安全企画部長 松園 義明
資源循環技術委員長	環境環境経済研究所 理事 水戸部一
本社委員	日刊工業新聞社 取締役本社編集局長 四蔵 廣博

統合イノベーション。秋元氏は、統合イノベーションの重要性を強調し、政府と民間企業が協力して統合イノベーションを促進する必要があると述べている。統合イノベーションは、高度なデジタル技術を活用した社会経済システムであり、あらゆるビッグデータを繋ぐことで実現可能である。

グリーンフォーラム21

技術社会の革新とエネルギー環境インパクト



グリーンフォーラム21(第1回)は、環境省、国土交通省、経済産業省、デジタル庁、各官庁の代表者、産業界、学術界、市民社会の代表者、約100名が参加し、環境省の森田大臣の挨拶で始まりました。森田大臣は、環境省がグリーン成長戦略を推進し、持続可能な社会の実現に貢献することを期待し、グリーンフォーラム21の開催を歓迎しました。

Society 5.0とは
 “Society 5.0”は第5期科学技術基本計画で初めて打ち出された概念！

ICTを最大限活用し、サイバー空間とフィジカル空間(現実世界)とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。

※狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続くような新たな社会を生み出す変革を科学技術イノベーションが先導していく、という意味を込めている。

第5期科学技術基本計画 P11

グリーンフォーラム21の開催は、環境省、国土交通省、経済産業省、デジタル庁、各官庁の代表者、産業界、学術界、市民社会の代表者、約100名が参加し、環境省の森田大臣の挨拶で始まりました。森田大臣は、環境省がグリーン成長戦略を推進し、持続可能な社会の実現に貢献することを期待し、グリーンフォーラム21の開催を歓迎しました。

内閣府政策統括官付参事官
 (統合戦略担当) **遠山 毅氏**



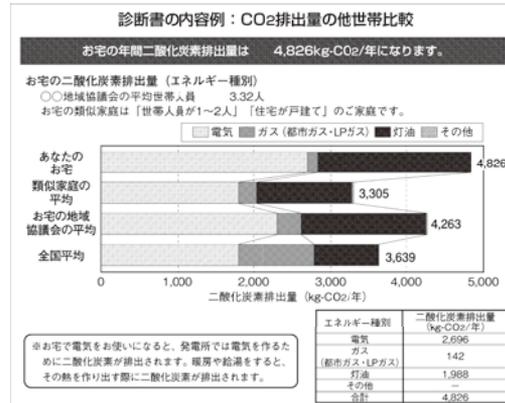
超スマート社会へ政府事業一体化

エネルギーマネジメント 戦略策定へ議論

環境省は、超スマート社会の実現に向け、エネルギーマネジメントの重要性を認識し、戦略策定を進めている。エネルギーマネジメントとは、エネルギーの供給と需要を最適化し、エネルギー効率を向上させることを指す。環境省は、エネルギーマネジメントの推進を通じて、エネルギー供給の安定性を確保し、エネルギーコストを削減し、環境負荷を低減することを目指している。

超スマート社会の実現に向け、エネルギーマネジメントの重要性を認識し、戦略策定を進めている。エネルギーマネジメントとは、エネルギーの供給と需要を最適化し、エネルギー効率を向上させることを指す。環境省は、エネルギーマネジメントの推進を通じて、エネルギー供給の安定性を確保し、エネルギーコストを削減し、環境負荷を低減することを目指している。

超スマート社会の実現に向け、エネルギーマネジメントの重要性を認識し、戦略策定を進めている。エネルギーマネジメントとは、エネルギーの供給と需要を最適化し、エネルギー効率を向上させることを指す。環境省は、エネルギーマネジメントの推進を通じて、エネルギー供給の安定性を確保し、エネルギーコストを削減し、環境負荷を低減することを目指している。



住環境計画研究所 取締役研究所長 **鶴崎 敬大氏**



規範意識を刺激、省エネ行動喚起

地球温暖化対策において行動変革の重要性がますます高まっています。省エネ行動の喚起には、規範意識の醸成が重要です。住環境計画研究所は、省エネ行動の喚起を通じて、地球温暖化対策に貢献することを目指しています。

低関心層への働きかけ 重要に

省エネ行動の喚起には、低関心層への働きかけが重要です。低関心層とは、省エネ行動に関心を持っていない層を指します。住環境計画研究所は、低関心層への働きかけを通じて、省エネ行動の喚起を図っています。

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構築を目指しています。



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

旭化成 / NEC / 大阪ガス / パワー / 住友ゴム工業 / 東レ / トヨタ自動車 / 日本製紙 / パナソニック / プリチストン / ホンダ (2019年度会員)

ゴールへの道



グリーンフォーラム21（茅渟一 座長）地球環境産業技術研究機構理事長は10月7日、都内で「SDGs（国連の持続可能な開発目標）それぞれのゴールへの道」をテーマに第2回事例研究会を開催した。具体的な企業の取り組みを含め、幅広く討論した。

グリーンファイナンス 原動力に

環境省大臣官房環境計画課長 川又 孝太郎氏



再生エネルギー、地方創生にも有効

再生エネルギー、「地方創生」にも有効

再生エネルギーは、地方創生にも有効である。再生エネルギーは、地方創生にも有効である。再生エネルギーは、地方創生にも有効である。

SDGsと地球循環共生圏

SDGsと地球循環共生圏の関係を説明する図表。SDGsの17の目標と地球循環共生圏の概念が示されている。



地球循環共生圏の概念について詳しく説明する文章。SDGsの達成と地球循環共生圏の構築が関連していることが述べられている。

住友化学 レスポンシブル ケア部 気候変動対応 主席部員 林 真弓氏

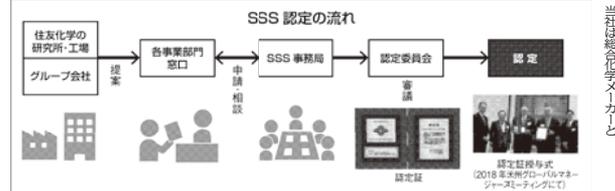
住友化学のSDGsへの取組

環境負荷低減に貢献、経営とリンク



住友化学のSDGsへの取組について詳しく説明する文章。環境負荷低減と経営の連携が強調されている。

住友化学のSDGsへの取組について詳しく説明する文章。環境負荷低減と経営の連携が強調されている。



認定製品・技術を独自ブランドに

認定製品・技術を独自ブランドにするための取組について説明する文章。品質向上とブランド価値の向上が目的とされている。

認定製品・技術を独自ブランドにするための取組について説明する文章。品質向上とブランド価値の向上が目的とされている。

環境が企業価値向上のカギ

環境が企業価値向上のカギである理由を説明する文章。持続可能な成長とリスク管理の観点から環境の重要性が述べられている。



旭化成/NEC/大阪ガス/Jパワー/住友ゴム工業/東レ/トヨタ自動車/日本製紙/パナソニック/ブリヂストン/ホンダ(2019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町14-1 TEL: 03-5644-7113 FAX: 03-5644-7294

産業界の取り組み

グリーンフォーラム21(座長=茅陽一)地球環境産業技術研究機構(RITE)理事長では第3回事例研究会を開き、「石炭をめぐる問題」を議論した。



地球環境産業技術研究機構(RITE)理事長
茅陽一氏



2019年の暮れにCO₂削減目標を定め、日本は石炭を削減して来た。石炭火力発電はCO₂排出量が大きい。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

世界は、石炭火力発電の削減を進めている。日本も、石炭火力発電の削減を進めている。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

化石燃料+CCSコストの比較

1. 化石燃料のCO₂排出原単位

石炭: 3.96 ton-CO₂/toe
石油: 3.07
天然ガス: 2.35

2. CCS対策時のCCSコスト

単CCSコスト=10,000円/ton CO₂の場合

燃料	CCSコスト	総発電コスト
石炭火力	8.1円/kWh	17.4円/kWh
石油	6.3	34.4
天然ガス	4.0	16.4

排出CO₂貯留にコストの壁

排出CO₂貯留にコストの壁。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

電源開発、電力系統と地産地消の補完重要



電源開発、電力系統と地産地消の補完重要。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

電源開発、電力系統と地産地消の補完重要。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

電源開発、電力系統と地産地消の補完重要。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

電源開発、電力系統と地産地消の補完重要。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

電源開発、電力系統と地産地消の補完重要。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

電源開発、電力系統と地産地消の補完重要。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

電源開発、電力系統と地産地消の補完重要。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。



関西電力 常務執行役員
森望氏

再生可能エネルギーの主力電源化に向けて、導入拡大・維持および活用。再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。石炭火力発電の削減は、再生可能エネルギーの増進と並んで、CO₂削減の重要な手段である。

第23回 オゾン層保護・地球温暖化防止大賞

「第23回オゾン層保護・地球温暖化防止大賞」の案件を募集します。オゾン層保護および地球温暖化防止に顕著な功績を取った企業、団体、個人を表彰します。



対象分野: オゾン層破壊物質または温室効果ガス(二酸化炭素を除く)の排出削減等を対象として... 審査方法: 申請書類等から構成する審査委員会が選考する... 発表と表彰: 2020年9月9日に日刊工業新聞紙上で発表し、9月10日(土)に東京都内で表彰式を開く...

新時代の環境課題 検証

日刊工業新聞社が主宰するグリーンフォーラム21（第1期一任長＝地球環境産業技術研究機構理事長）は、地球環境問題への意識が高まった1991年6月に発足した。年間3～4回の事例研究会、同2回のフィールドワークなどを通じて、産学官による課題解決に向けて活動している。歴史の転換点を迎えた今、学識経験者委員による寄稿を掲載する。



環境文明21 顧問 加藤 三郎氏



今年が四半世紀、日本の社会の本質を再考する必要がある。環境問題は、単に自然環境を保護するだけでなく、社会の持続可能性を確保するための重要な課題である。加藤氏は、環境問題の解決には、政府、企業、市民の協力が不可欠であり、持続可能な社会の実現を目指す必要があると述べている。

成るか？「脱炭素社会」

脱炭素社会の実現は、気候変動対策の鍵となる。しかし、エネルギー供給の安定性や経済成長との両立が課題となっている。中上英俊氏は、再生可能エネルギーの普及とエネルギー効率の向上が鍵であると指摘し、政府のリーダーシップと民間企業の協力が不可欠であると述べている。

生き方を変える「制約」必要



脱炭素社会の実現には、個人の生活習慣の転換が求められる。制約のある環境下で、持続可能な生活を送ることが重要である。茅陽氏は、環境意識の向上と行動変容の促進が鍵であると述べている。

石炭を考える

石炭は、エネルギー供給の重要な役割を果たしている。しかし、環境負荷の高さから、脱炭素社会の実現に向けて、石炭の役割を再考する必要がある。茅陽氏は、石炭の効率的な利用と環境対策の両立が課題であると述べている。

平成から令和へ

平成から令和への移行は、社会の大きな転換点である。環境政策も、持続可能な社会の実現に向けて、新たな方向性を示す必要がある。加藤氏は、環境政策の抜本的な見直しと、持続可能な社会の実現を目指す必要があると述べている。

住環境計画研究所 会長 中上 英俊氏



住環境の改善は、持続可能な社会の実現に不可欠である。中上氏は、省エネルギーと快適な住環境の実現が鍵であると指摘し、政府と民間企業の協力が不可欠であると述べている。

石炭火力、設備切り替え どう進めるか

石炭火力発電の設備切り替えは、エネルギー供給の安定性を確保しながら、環境負荷を低減させる必要がある。茅陽氏は、設備の効率的な利用と環境対策の両立が課題であると述べている。

「脱炭素」へパラダイムシフト

脱炭素社会の実現には、社会全体の意識の変革が必要である。パラダイムシフトを通じて、持続可能な社会の実現を目指す必要がある。加藤氏は、環境意識の向上と行動変容の促進が鍵であると述べている。

海洋プラスチックゴミ問題とイノベーションへの期待

海洋プラスチックゴミ問題は、環境汚染の大きな要因となっている。イノベーションを通じて、プラスチックゴミの削減と資源の有効活用を実現することが重要である。中上氏は、環境技術の革新が鍵であると述べている。

解決へ科学的知見の確立を

環境問題の解決には、科学的知見の確立が不可欠である。データに基づいた政策の立案と実施が重要である。茅陽氏は、科学的知見の活用が鍵であると述べている。

国際環境経済研究所 理事 水戸部 啓一氏



国際環境経済の発展は、持続可能な社会の実現に不可欠である。水戸部氏は、環境政策の国際的な連携と協力が重要であると述べている。

環境が企業価値向上のカギ

環境問題は、企業の持続可能性を脅かすだけでなく、企業価値向上の重要な要素となっている。環境対策の推進が企業価値向上のカギであると述べている。

旭化成 / NEC / 大阪ガス / JIパワー / 住友ゴム工業 / 東レ / トヨタ自動車 / 日本製紙 / パナソニック / プリチストン / ホンダ (2019年度会員)



グリーンフォーラム21 関係諸機関

地球環境産業技術研究機構

東京事務所

〒105-0001

東京都港区虎ノ門1-4-3 NT虎ノ門ビル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)

システム研究グループ：TEL 0774-75-2304 化学研究グループ：TEL 0774-75-2305

バイオ研究グループ：TEL 0774-75-2308 CO₂貯留研究グループ：TEL 0774-75-2309

環境文明21

〒145-0071

東京都田園調布2-24-23-301

TEL 03-5483-8455

FAX 03-5483-8755

住環境計画研究所

〒102-0094

東京都千代田区紀尾井町3-29 紀尾井町アークビル3階

TEL 03-3234-1177

FAX 03-3234-2226

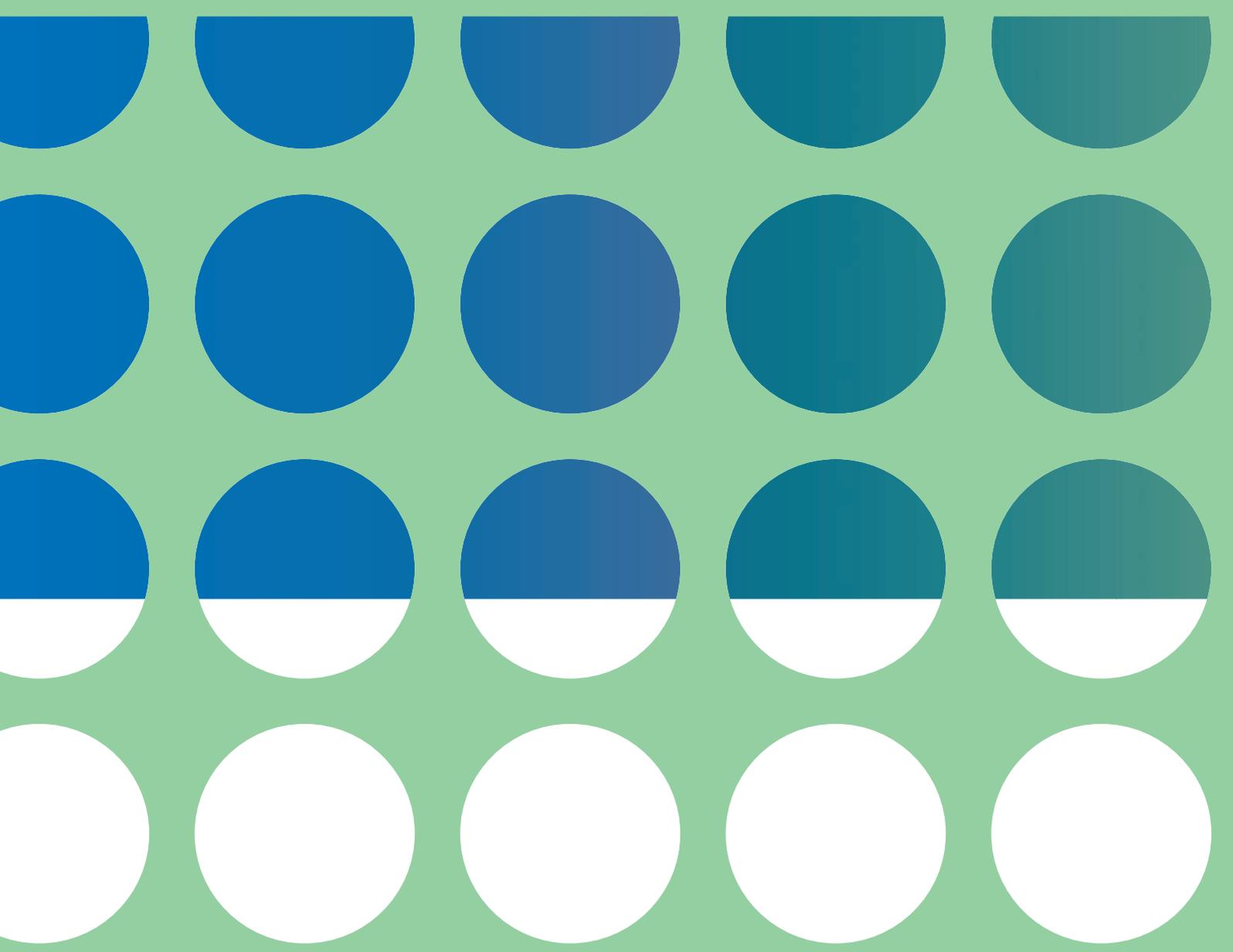
日刊工業産業研究所

〒103-8548

東京都中央区日本橋小網町14-1

TEL 03-5644-7113

FAX 03-5644-7294



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