



GREEN FORUM 21

# Green Journal

グリーンフォーラム21 2016年度活動報告書

## CONTENTS

巻頭言	「再生可能エネルギーへの期待と問題点」.....	2
	座長 茅 陽一	
寄稿	「パリ協定が求める社会づくり-人も企業も行政も-」.....	3
	学界委員 加藤三郎	
	「コージェネレーションの初心に戻り、エネ利用の効率化を」...	4
	学界委員 中上英俊	
.....		
活動報告	第1回事例研究会.....	6
	「CO <sub>2</sub> 排出ゼロ-革新技术で挑む」	
	第2回事例研究会.....	12
	「燃料電池が創る新市場-エネ政策の一翼担う」	
	第3回事例研究会.....	18
	「代替フロン規制『キガリ改正』-前進する温暖化防止」	
	公開事例研究会.....	24
	「揺れる欧米中の環境政策」	
	第1回環境フィールドワーク.....	32
	「沖縄県」	
	第2回環境フィールドワーク.....	38
	「福岡県」	
	2016年度委員.....	42
.....		
資料	2015年度活動報告紙面.....	43
.....		
特集	グリーンフォーラム21 設立25周年.....	54

## 再生可能エネルギーへの期待と問題点

座長 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)



2016年11月に「パリ協定」が発効し、将来のエネルギー像を議論することが多い。5月初めにウィーンで開かれた国連のエネルギー会議に出席した際、ツバルの首相が「将来、わが国は100%再生可能エネルギーで賄う」と胸を張っていた。小さい島国だからわからないでもないが、これに限らず、世界で将来を再生エネに託そうという考えは非常に多い。実際、この会議では他の途上国からも再生エネの開発を強調する意見が目立った。

またドイツ政府が国際エネルギー機関（IEA）と国際再生可能エネルギー機関（IRENA）に委託した「世界の将来エネルギー像」が発表された。これにより、2100年までに平均気温の上昇を2℃以内に保つ確率が66%になるシナリオが示された。両機関のうちIRENAのシナリオでは、再生エネが2050年に一次エネルギーの65%に達するとした。IRENAは再生エネの普及と持続可能な利用の促進を目的に掲げているから無理もな

いのだが、本当にこんなに大量の再生エネを導入できるのだろうか。というのも、現在の再生エネの中心である太陽光発電と風力発電は、これまでの他の電源とは異なり、「出力が不規則で大幅に変動する」「慣性がない」という電力システム運用上の二つの大きな問題を抱えているからだ。

出力変動が大きくなると、火力発電や揚水発電の出力調整などでは間に合わず、何らかの貯電装置を導入しなくてはならない。日本でも2次電池を導入する電力会社が現れているが、再生エネが増えると、必要となる電池容量も桁違いとなり、コストが大きな負担になってくる。また慣性の問題はシステムの短期の周波数安定性に関わっており、島国のアイルランドなどは電力システムに連携する再生エネの容量を制限している。

世界の国々がこうした電力システム連携に係わる問題をしっかりと捉えた上で、再生エネの導入を議論することを切望している。

## パリ協定が求める社会づくり — 人も企業も行政も —

学界委員 **加藤 三郎**  
(環境文明21 共同代表)



1世紀以上に及ぶ科学者たちの観測や研究の成果を基に、国際社会がさまざまな障害を丁寧に取り除いて積み上げた地球温暖化対策が「パリ協定」として結実し、発効したのが2016年11月のことである。その直後、温暖化対策にネガティブな意見を強く表明していたトランプ氏が米国の大統領に選出され、1月の就任後もオバマ前政権の温暖化対策を全面的に見直すとし、ついにパリ協定からの離脱を6月に表明した。

この報を受け、97年に「京都議定書」が採択されたものの、01年に米国が離脱したことなどが響き、ロシアの批准によって05年に発効にこぎ着けたことを思い出した。またしても国際枠組みが米国発の乱気流にもまれている。だが、すでに世界が異常気象の現実直面しており、今後も一層、深刻化すると見込まれる中、ほとんどの国がパリ協定の必要性を理解し、支持している。米国の多くの科学者、市民、企業、自治体も離脱に非難の声を上げている。

パリ協定は温室効果ガス排出を低減し、今世紀後半に排出と吸収を均衡させる実質ゼロを目指している。現状、どの国も社会を動かすエネルギー源の大部分を化石燃料に依存しているため、ゼロに近づけるのは容易ではない。日本も過去25年間以上にわたって温暖化対策を実施しているが、結果として温室効果ガス排出量がほとんど減っていないことを考えても、その困難さは理解できる。

つまり、これまでのやり方では駄目なのだ。目標を達成するには、社会の全てのセクターが、パリ協定の必要性を理解した上で、積極的に対策を講じることが必要となる。技術開発だけでは、とてもゼロには近づけない。人も企業も行政も、常識を打ち捨てて大胆に挑戦するしかない。それぞれが挑戦を続けることで、新技術や新たなビジネス、これまでとは異なる価値観やライフスタイルが生まれ、持続可能な社会がつけられるはずだ。



## コージェネレーションの初心に戻り、エネ利用の効率化を

学界委員 **中上 英俊**  
(住環境計画研究所会長)



コージェネレーション（熱電併給）のことをガス事業者の専管事項のようにとらえている向きが多いと思われる。しかし、当初は大型火力発電や原子力発電を補完するものと位置付けられ、地域との一体感、電力事業者に対する信頼感といったことを重視した“コミュニティのためのプラント”というコンセプトであった。

わが国における熱電併給システムの導入を目的とした本格的な研究は、東京大学工学部の平田賢教授の私的な勉強会で1975年にスタートした。当時は高度成長期の真ただ中で、電力需要が増大しており、供給力不足が懸念されつつある状況だった。そこで需要地域に密着した小型で高効率な発電システムの開発が目指された。

具体的には液化天然ガス（LNG）燃焼の高温ガスタービンをトッピング、蒸気タービンをボトムングとした複合サイクルプラントで、出力2万kW - 20万kWを想定していた。さらに排熱を地域冷暖房に供しようという構想であった。

電力事業者には需給安定に資するといったメリットがあり、当時、この勉強会は「コミュニティ発電研究会」と呼ばれ、電力事業者主導で開始されたことを覚えている。一方、ガス事業者は発電所という新市場が生まれることを期待した。いわば、電力とガスの協調プロジェクトであった。

ところが、電力需給の安定につれて勉強会から電力色が徐々に薄れ、ガス事業者主導のような趣に変貌していった。その後、名称も変わり、コージェネレーションに落ち着いた。現在、コージェネレーションは電力とガスの競合・対立の象徴のようになってしまった。

電力とガスの小売全面自由化がスタートした今、これからコージェネレーションはどのような道筋を歩むことになるのだろうか。願わくば初心に戻り、エネルギー利用の高効率化の観点から、多様なソリューションが登場することを期待したい。



# 2016年度 活動報告

## 第1回 事例研究会

# CO<sub>2</sub> 排出ゼロー革新技術で挑む

第1回事例研究会は7月4日、「CO<sub>2</sub> ゼロエミッション実現のための革新技術」をテーマに開いた。茅陽一座長の基調講演後、核融合、宇宙太陽光発電、バイオジェット燃料について理解を深めた。

### 基調講演

## CO<sub>2</sub> ゼロエミッションの意義

### 新たな電源 模索を

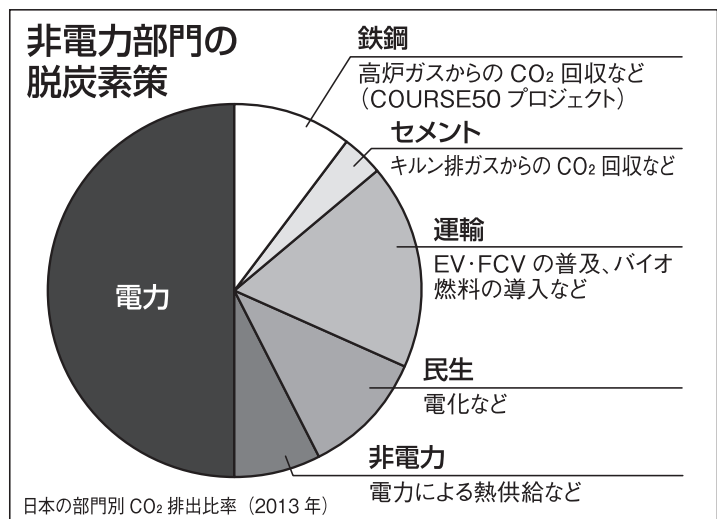
座長 茅陽一

「パリ協定」では気温上昇を工業化以前に比べて2℃よりも低く抑えること、今世紀後半に人為起源の温室効果ガスの排出と吸収をイコールにすることが掲げられた。中でも二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)は数千年以上も大気中に漂うため、実質的にはCO<sub>2</sub>排出をゼロにする「CO<sub>2</sub>のネットゼロエミッション」が主目標となる。だがCO<sub>2</sub>は化石燃料を燃やせばいや応なしに出るだけに、厳しい目標だ。すでに工業化以前からほぼ1℃上昇しており、あと1℃しかない。

ただ、目標を何℃に設定するのであれ、どこかの時点で気温上昇を食い止めるためには、人為的なCO<sub>2</sub>のネットゼロエミッションを目指さねばならない。この目標に議論の余地はない。CO<sub>2</sub>の吸収を大幅に増やすのは容易ではないため、実際にはCO<sub>2</sub>の排出をどうゼロに近づけるかが課題になる。日本のCO<sub>2</sub>排出部門構成は電力部門と非電力部門が約半々。非電力は鉄鋼、セメントなどの産業のほか、運輸、民生が大きな割合を占める。ではどうするか。例えば産業の大部分は熱需要のため、電力で熱を供給する。運輸は電気自

動車(EV)や燃料電池車(FCV)を普及する。民生は全電化したらいい。

いずれも一度は電気にしなければいけない。そして、それはCO<sub>2</sub>を排出しない発電でなければならない。となると、太陽光発電や風力発電だけでは不十分であることは容易に想像できる、非炭素の電力を抜本的に拡大するには、新たな電源を模索する必要がある。そこでCO<sub>2</sub>のネットゼロエミッションにつながる革新技術として期待される核融合と宇宙太陽光発電、また実用化に踏み出したバイオ燃料について議論する。



# 経済的な人工太陽は実現できるか

## 出つつある“原型炉の芽”

東京大学大学院新領域創成科学研究科教授

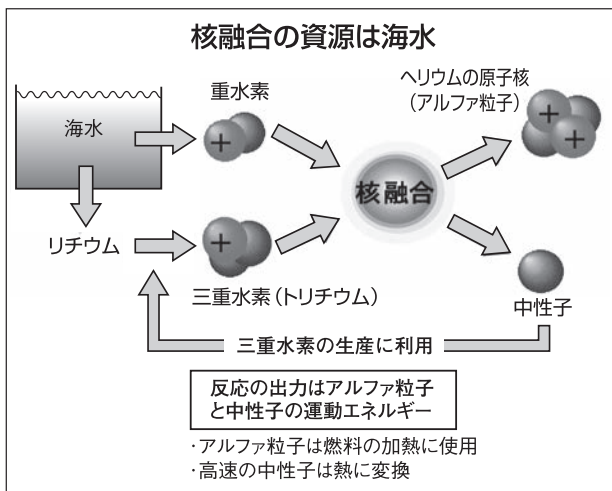
小野 靖氏



### ■トカマク方式

“人工太陽”と例えられる核融合は、コイルとプラズマ電流で発生させたドーナツ状の磁場に重水素と三重水素のプラズマを閉じ込め、1億℃以上に加熱して原子核を衝突・融合させ、ヘリウムの原子核と中性子にする。この時に膨大な熱エネルギーが生まれる。これはトカマク方式と呼ばれる。

重水素と三重水素を生成するリチウムは海から得る。つまり、燃料を完全国産化できる。高レベル放射性廃棄物を発生せず、炉内温度が下がると核融合が停止するため暴走しない。二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)も排出しない。



### ■コストダウン

トカマク方式では出力エネルギーが入力を上回る科学的実証が達成された。現在は工学的実証のため日欧米などが国際協力し、フランスで国際熱核融合実験炉「ITER」を建設中。外部加熱せずに核融合が持続する自己点火条件の達成、数百秒間の長時間燃焼、炉工学の実証が目標で、2025年に稼働の見込みだ。

ITERの実証が進むと原型炉による発電実証に移る。原型炉はコストダウンが課題。ITERは熱出力50万kWが目標で、電気出力換算だと約17万kW。5000億円以上を投じる。一方、軽水炉は出力135万kWで、約3500億円。もっと核融合の経済性を改善せねばならない。

### ■ベンチャーも

核融合炉のコストの半分程度はコイルが占める。弱い磁場で大量のプラズマを閉じ込められれば効率が上がるため、ドーナツ状の閉じ込め磁場をリングのように圧縮して小型化した球状トカマク(ST)をはじめとする磁場当たり閉じ込めプラズマ量の多い炉の開発が進んでいる。

コストダウンのヒントは太陽かもしれない。太陽の表面温度は約6000℃だが、外周を取り巻くコロナは100万℃を超える。これは謎だった



が、プラズマの合体や磁気再結合などで磁気エネルギーが熱エネルギーに変わり、高温になることがわかってきた。

そこで東京大学は2個のSTを合体させ、磁力線の再結合で急速加熱する方法を開発した。英国の大型ST「MAST」による実験では10ms（ミリ秒）で約1200万℃と、従来のオーム加熱方式の2倍以上の高温を達成した。

これらの成果を反映し、英ベンチャーのトカマク・エナジーは合体トカマク実験装置「ST-40」を建設中だ。東大も同様の装置を建設しつつ、協力している。米ベンチャーのトライアルファ・エナジーは最も簡素な磁場反転配位（FRC）を合体とビームで加熱している。大学、国、さらに欧米ではベンチャーも参入し、経済性の高い原型炉の芽が出つつある。

## 実現性ある宇宙太陽光発電を目指して

### 出力 100 万 kW 級を商用化

日本大学理工学部客員教授  
JAXA宇宙科学研究所名誉教授

高野 忠氏



#### ■巨大な衛星

地上の太陽光発電は一般的になったが、宇宙太陽光発電はあまり知られていない。1968年に米国のピーター・グレイザー博士が提案したのが始まりで、90年のヒューストン・サミットでは将来のエネルギー源として核融合などと並んで取り上げられた。

宇宙に浮かんだ巨大な発電所でつくった電力を、電波にして地上に伝送する。太陽エネルギーは無限で、地上のように昼夜、天候、季節に左右されることもない。技術的、コスト的な課題はあるものの、十分に実現性がある。

システムは太陽発電衛星（SPS）と地上の受電アンテナで構成する。SPSは太陽電池や電力変換装置、送電アンテナなどを備えており、高

度3万6000kmの静止軌道上を回る。

NASA（米航空宇宙局）が提案しているSPS基準モデルの太陽電池は縦5km×横10kmで、出力850万kW。送電アンテナは直径1kmにも及ぶ。SPS全体の重量は2万tと、国際宇宙ステーションの約50基分もある。

#### ■細く正確に

技術的な課題の一つに衛星全体の姿勢制御密がある。太陽電池は太陽に向け、送電アンテナは地球に向ける。こうした指向の異なる動きをどう制御するのだが、これはロータリージョイントと呼ばれる回転機構の開発によって解決できる。

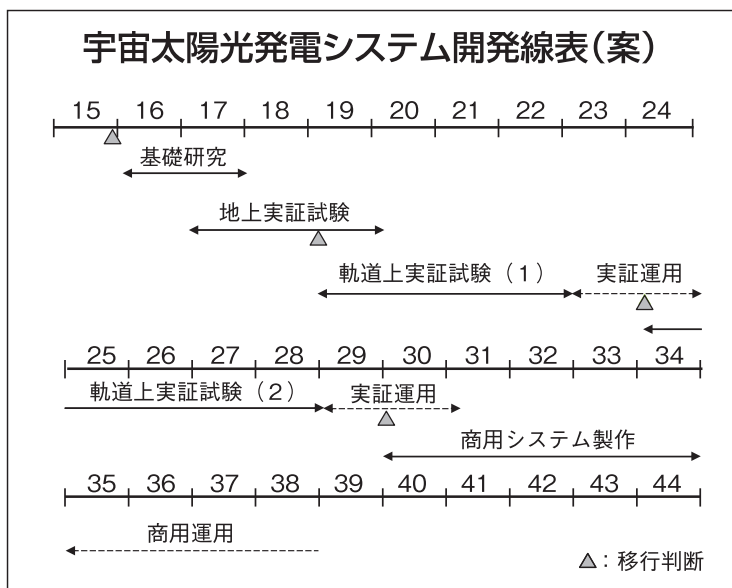
また高度3万6000kmのかなたからビームを

地上の受電アンテナに正確に照射するためには、ビームをいかに細くするかが重要で、かつ難しい。衛星の軌道上位置と姿勢変化を補正し、高精度に制御する必要もある。

#### ■ 4段階で

では宇宙太陽光発電をどう実現するのか。宇宙太陽光発電学会は商用化に向けて4段階の「開発線表」案を提案している。まず地上実証。電波による大電力の伝送試験により、アンテナ構成を提示する。

これを踏まえた2段階の軌道上実証では、衛星から細いビームを地上の受電アンテナに照射する技術を実証し、続いて電力伝送効果を実証する。最終的に出力100万kW級の商用システムを製作する。軌道上実証の段階で、電力会社にシステムが正常に動く姿を確認してもらった上で、主体的に商用システム製作に参画してもらおう。重要なのは、各段階で次に進むべ



きか否かを判断することだ。これにより巨額の商用化費用を最初から計上する必要がなくなる。

宇宙太陽光発電は今まで光がなかなか当たらなかったが、時代が求めている技術だ。検証すべき要素技術は多いが、宇宙関連技術の日々の進歩を横目で見ながら、産官学が連携して取り組めば、課題を解決できる。

## バイオリファイナリー技術開発の動向と実用化に向けた取り組み

### 100%バイオジェットに道

地球環境産業技術研究機構  
バイオ研究グループリーダー

乾 将行氏



#### ■ 100兆円市場

バイオリファイナリーとはバイオマス由来の混合糖を原料とした燃料や化学品に関する生産技術、産業を意味し、世界市場規模は2019年に80兆円に、20年には100兆円に達すると予想さ

れる。

日本では20年の東京五輪・パラリンピックに向けてバイオジェット燃料による商用飛行を目指し、官民の動きが活発化している。世界では国際航空運送協会(IATA)が、航空機からの

二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量を50年に05年時点の50%に削減するため、20年までに6%をバイオジェット燃料に切り替えることを目標に掲げた。CO<sub>2</sub>排出削減効果は20年に4000万tと試算している。

## ■独自プロセス

バイオジェット燃料の生産法には藻類などの油脂変換法、木質・草本バイオマスのガス化FT合成法、バイオブタノールを用いるATJ（アルコール・ツー・ジェット）法などがある。油脂変換法はユグレナ、デンソー、IHI、Jパワーなどが、ガス化FT法は三菱日立パワーシステムズなどが、ATJ法は地球環境産業技術研究機構（RITE）などが手がけている。

石油系バイオジェット燃料は直鎖、分岐鎖、環状の3種類の飽和炭化水素、芳香族化合物が主成分。既存のバイオジェット燃料は飽和炭化水素のみで、芳香族化合物を含んでいないため、石油系ジェット燃料との混合比率は最大50%とされている。

芳香族化合物は毒性が強いため、従来の発酵法では生産できなかった。だがRITEはAJT法に加え、独自の「増殖非依存型バイオプロセス」

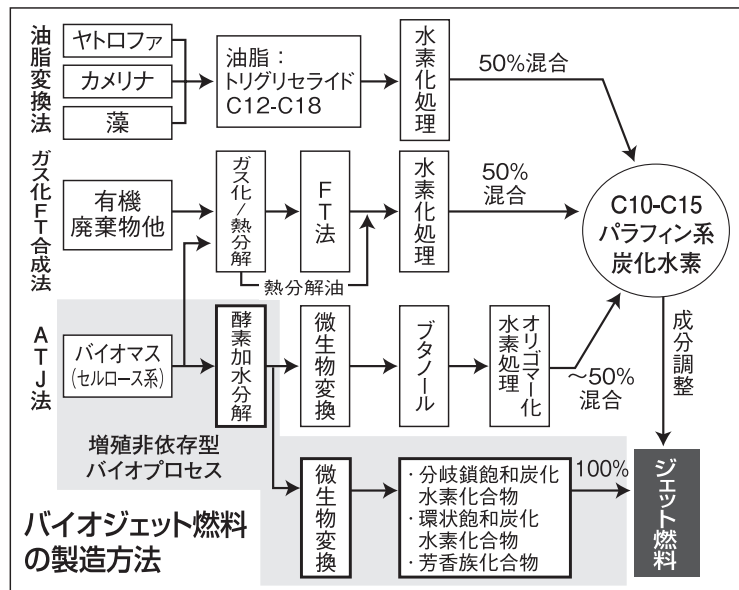
も確立して課題を克服し、100%バイオジェット燃料に道を開いた。

## ■30年めど

増殖非依存型バイオプロセスは微生物を反応槽に高密度に充填する方法で、微生物が増殖するためのエネルギーロスがなく、非可食バイオマスのセルロース由来のグルコース、キシロースなどの混合糖を同時利用できるため、生産性が高い。

酵素と有機合成触媒が細胞内で機能する「生物・有機合成ハイブリッド微生物」を採用し、30年をめどに石油系ジェット燃料と同じ成分を有する100%バイオジェット燃料を実用化する計画だ。現在、バイオジェット燃料の価格は油脂変換法で1L当たり500 - 600円、ガス化FT合成法で同250円程度、ATJ法で同200円以上だが、同100円を目指している。

また増殖非依存型バイオプロセスを応用し、樹脂、医薬や化粧品、香料といった高付加価値製品の原料である芳香族化合物の生産技術開発にも挑戦している。18年にバイオマス由来フェノールの生産を始める計画で、実証実験に取り組んでいる。



**加藤学界委員** 宇宙太陽光発電で仮にビームが受信アンテナを外れたらどうなるのだろうか。

**高野氏** よく「ビームはエネルギー密度が高く、触れてしまったら黒焦げになるのではないか」と聞かれる。実はエネルギー密度は低く、NASAのシステムの場合で1cm当たり24mW。とても人が焼けるような値ではない。

**加藤学界委員** 航空機向け需要を賄えるだけのバイオジェット燃料を生産するのは難しいのではないか。

**乾氏** 現状では難しい。例えば藻類の場合、国内需要を賄うだけでも琵琶湖の何倍もの面積が必要だと言われている。燃料価格を下げるには、さほど手をかけないで培養しなければならないが、気温や日照条件を満たさねばならないほか、雑菌汚染などで全滅する恐れもある。しかし、今後、バイオジェット燃料の需要が増すのは確実で、国内外で課題を解決するための研究開発が活発化している。

**加藤学界委員** ほかの燃料の動向は。

**乾氏** 例えば米国はバイオエタノールを国策として生産している。一方、日本は原料価格高が課題になっている。また、あまり認知されていないが、微生物で水素をつくる研究も進んでおり、メタン発酵をベースにした手法よりも高い生産性を達成した事例もある。

**中上学界委員** 核融合、宇宙太陽光発電はすばらしい技術だが、実用化にはどの程度の開発費が必要になるだろうか。

**小野氏** 2030年代前半にITERの実験結果が出ると、炉の開発が国際協力から国際競争に移り、40年から50年に実用化できる

と見ている。ITERの延長線上のローリスクの炉なら既存技術で実用化できるだろうが、ハイリスクの炉を開発してコストダウンすることも大切だ。ベンチャーはここを視野に入れているし、我々、一部の大学もできるに決まっている炉ではなく、できたら競争力が高い炉に研究開発の焦点を合わせている。まだ開発途上のため、これだけ投資したらうまくいくとは言い切れない。

**高野氏** 17年に地上実証を始めるとすると、2段階の軌道上実証を経て34年に商用システムを完成できると見込んでいる。技術課題は克服できると思っている。開発費については地上実証に2億円、1段階目の軌道上実証に30億円、2段階目に90億円、商用システム製作に2兆円と試算しており、段階ごとにGO/NO-GOをしっかりと判断する必要がある。民間企業の協力も不可欠だ。

**茅座長** ベンチャーは開発資金をどう調達しているのか。

**小野氏** 欧米にはエネルギー問題を抜本的に解決できるのであれば出資するという企業、個人がたくさんいて、米トライアルファは約250億円を集めたと言っている。英トカマクは40億-50億円と見られており、国も約30%出資している。開発するのは経済性の高いコンパクトな炉のため、ベンチャーでもやれると考えているようだ。ITERが研究の中心ではあるが、革新的なアイデアが生まれて実用化が早まることもあり得るだろう。

**茅座長** イノベーションを起こさねば、温暖化は抑え込めない。いずれの技術もエネルギー問題の解決に向けて可能性を秘めている。本日はありがとうございました。



## 第2回 事例研究会

## 燃料電池が創る新市場—エネ政策の一翼担う

第2回事例研究会は9月21日、「燃料電池が創る新市場」をテーマに、家庭用から業務・産業用までの展望について議論した。

水素社会の実現に向けた取り組みの加速  
—ロードマップ改訂について

## 水素発電も視野に

経済産業省資源エネルギー庁  
省エネルギー・新エネルギー部新エネルギーシステム課長  
水素・燃料電池戦略室長

## 山澄 克氏



## ■目標明確化

経済産業省は2016年3月に「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を改訂した。フェーズ1の「水素利用の飛躍的拡大」では定置用燃料電池、燃料電池自動車（FCV）、水素ステーション（水素ST）のそれぞれの目標を明示し、フェーズ2の「水素発電の本格導入等」には未利用エネルギー由来水素のサプライチェーン構築や水素発電実証を、フェーズ3の「CO<sub>2</sub>フリー水素供給システムの確立」には再生可能エネルギー由来水素の活用を盛り込んだ。

まずフェーズ1の定置用燃料電池には、家庭用の「エネファーム」と業務・産業用がある。エネファームは固体高分子形燃料電池（PEFC）と固体酸化物形燃料電池（SOFC）の2タイプで、16年7月末時点（交付申請ベース）で17万3000台だが、20年に140万台を普及させる。設置工事費を含めたエンドユーザー負担額を、PEFCは19年までに現在の約115万円から80

万円に、SOFCは21年までに約137万円から100万円に引き下げ、7-8年で投資回収できるようにする。現在は都市ガス使用地域の新築の一戸建て住宅が中心だが、小型化などによって集合住宅への設置を推し進める。これらにより20年ごろの自立化を目指している。業務・産業用は開発中で、17年度中に市場投入される。イニシャルコスト高が課題のため、何らかの助成が必要だと考えている。

## ■規制緩和も

FCVと水素STは二人三脚の関係にある。FCVの普及台数は足元で1000台程度だが、20年に4万台にする。水素STは16年度に約90カ所が整備されるが、20年度に160カ所にする。だが、これでは水素STの自立化は難しい。自立化のためには1カ所当たり約900台が利用することが求められる。20年代後半の自立化を目指し、30年にFCV80万台を掲げている。

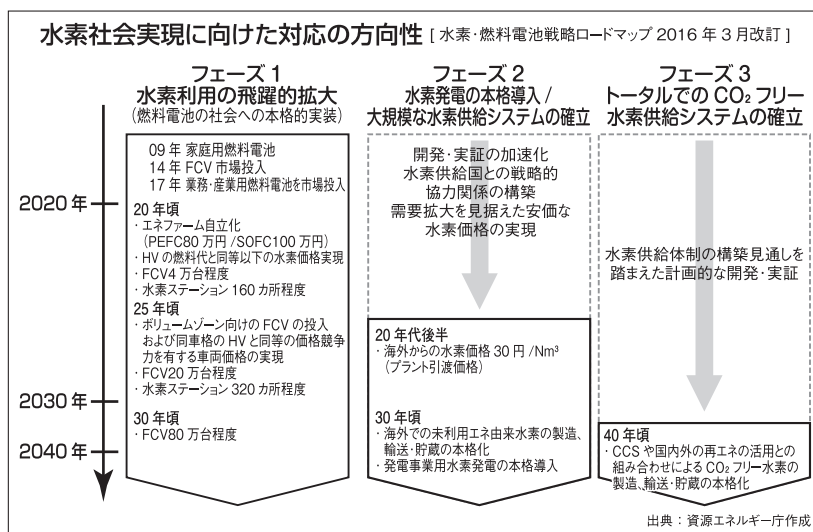
このためには水素 ST の整備費や運営費を抑える必要もある。現在、整備費は約 4 億円、運営費は年間約 4000 万円超と見られる。25 年ごろまでに整備費、運営費を欧米と遜色のないレベルに引き下げる。技術開発と合わせて、海外規格材料の使用や障壁基準見直し、セルフ充填を可能にするといった規制緩和を講じることも必要となる。

## ■再生エネで

FCV の普及は自動車政策にとって重要なテーマだが、仮に 100 万台になったとしても 1 次エネルギーに占める割合はわずか。水素発電の実用化により、この割合が増し、エネルギー政策の一翼を担うようになる。これがフェーズ 2 となる。現在、水素サプライチェーンの構築に向け、豪州の褐炭から製造した水素を液体水素にして輸送する方法と、海外の副生水素を有機ハイドライドで輸送する方法を検討している。一長一短あるが、どちらも有望だ。各国との関係構築も含めて支援してい

る。水素発電では水素コージェネレーション（熱電併給）を活用した天然ガス・水素混焼実証、既存の液化天然ガス（LNG）火力発電での水素混焼のための燃焼器の開発に取り組んでいる。20 年代後半をめどに水素発電を実用化したい。

そしてフェーズ 3 は再生エネ由来水素を貯蔵・利用する「Power to Gas」を確立することだ。再生エネの大量導入、出力変動問題の解決につながる。例えば福島新エネ社会構想では、福島県の再生エネ由来水素を輸送し、20 年の東京五輪・パラリンピックで活用するといったことが検討されている。



## エネファーム『type S』 2016 年度機の開発

発電効率 52% 達成

大阪ガス  
リビング事業部商品技術開発部  
SOFC チームリーダー

安原 健一郎 氏



## ■すそ野広げる

エネファーム「typeS」の新型機は、世界最

高となる発電効率 52%（700W 定格発電時）を達成した。排熱利用給湯暖房ユニットをなくし、

世界最小の機器本体サイズも実現した。

エネファームは省エネルギー推進や二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 削減策の一つに位置づけられている。世界に先駆け、2009年に業界各社が相次いで発売し、大阪ガスも固体高分子形燃料電池 (PEFC) を投入した。同年、京セラ、トヨタ自動車、アイシン精機との4社共同で、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の開発にも着手。発電部の構成部材からシステムまでの各レベルで耐久性の検証を重ね、12年に typeS の製品化にこぎ着けた。

以後もニーズに応じて進化させてきた。従来のエネファームは価格が高く、広い設置スペースを必要とするため、比較的に大きな一戸建て住宅を中心に普及していた。新型機でマンションなどの集合住宅や既設一戸建て住宅にすそ野を広げたい。

## ■コストダウン

SOFC は燃料改質器で都市ガスから水素を生成し、セラミックスのセルを積層したセルスタックで水素と空気中の酸素を反応させて発電する。運転温度は 700 - 800℃ と高温で、温度を保つために断熱材を配置し、燃料改質器とセルスタックを内蔵した容器をホットモジュールと呼ぶ。

新型機では発電効率を高めるため、セルの電圧の向上と燃料利用率の向上に取り組んだ。コストダウンのためセルの枚数を従来機の約 3分の2に減らしつつ、セルの電解質を薄くして内部抵抗を低減し、性能を向上した。1枚のセルにかかる負担が増し、セル間を接続する金属製の集電材が劣化するという耐久性の課題が生じたが、共同開発の電着コーティング技術で解決した。一方、燃料利用率はホットモジュールの断熱強化や空気流れの改善により、少ない燃料で発

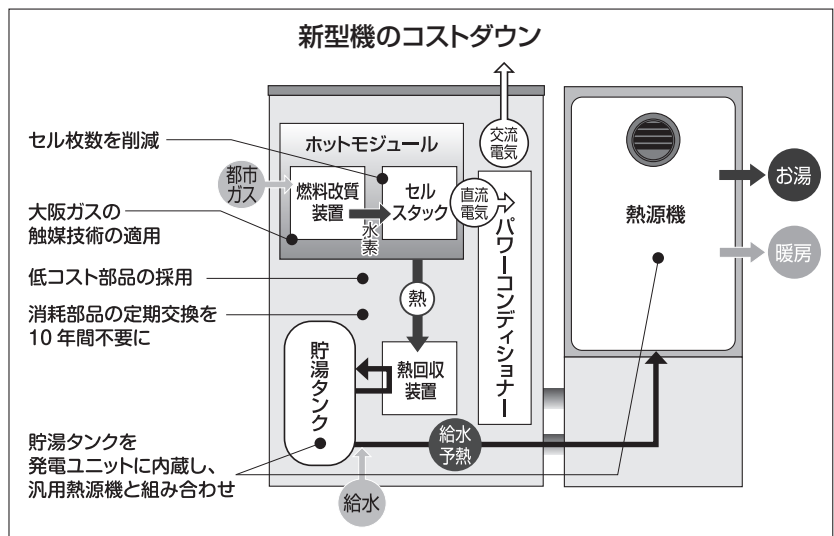
電性能を維持できるようにした。これらにより、発電効率を大幅に向上した。

また発電効率の向上により、貯湯タンクを小型化した。従来機は専用の排熱利用給湯暖房ユニットに内蔵していたが、新型機は発電ユニットに内蔵して汎用の給湯暖房機と組み合わせられるようにした。設置スペースが約3割減ったことに加え、発電ユニット単体を既設の給湯暖房機に後づけできるため、幅広いユーザー層の採用を期待している。価格は定価ベースで従来機よりも約25万円減となる低価格化を実現した。

## ■電力買い取り

新型機の投入を機に日本初の「エネファーム余剰電力買い取り」を始めた。これまでは家庭の使用電力に合わせて運転していたが、これからは使用電力にかかわらず、24時間定格一定発電によって性能を最大限に引き出せる。省エネ、CO<sub>2</sub>削減の効果が大きくなり、光熱費の削減にもつながる。

またIoT(モノのインターネット)化を進めた。無線LAN対応リモコンを通じて当社が発電状況を見守り、故障時に迅速に対応できるようにした。ユーザーはスマートフォンで使用状況をチェックしたり、風呂のお湯張りや床暖房を遠隔操作したりできる。



エネファームは15年12月に累計販売15万台を突破し、大阪ガスも16年5月に同5万台を達成した。ただ国が掲げる「20年に140万台」の

目標は高い。「7-8年間で投資回収できる価格」を早期に実現するため、コストダウン、高効率、小型化のための技術開発をさらに推し進める。

## 大型燃料電池の開発と展望

### 250kW級 17年度投入

三菱日立パワーシステムズ  
燃料電池事業室長

北川 雄一郎氏



#### ■小型で高効率

三菱日立パワーシステムズは固体酸化物形燃料電池（SOFC）とマイクロガスタービンを組み合わせた産業・業務用の加圧型複合発電システムを開発している。2017年度に出力250kW級、発電効率55%（低位発熱量ベース）の機種を分散電源市場に投入する予定だ。

250kW級は円筒横縞タイプのセルスタック数百本を一つのカートリッジとし、八つのカートリッジを圧力容器に収容した燃料電池、マイクロガスタービン、補機ユニットで構成している。セルスタックで都市ガスを改質して水素や一酸化炭素とし、空気中の酸素と反応させて発電する。また排ガスでマイクロガスタービンを回して発電する。

さらに燃料電池の発電時の熱を回収し、燃料改質の熱源として利用する。これは内部改質と呼ばれる方式。改質のための熱源が必要な外部改質よりも高効率で、改質器も不要なため小型化と低コスト化を図れる。

燃料は都市ガスのほか、メタンが主成分とな

るバイオガスなども使える。またセルスタックは06式、10式、15式と進化している。カートリッジの容積出力密度を高めるため、細径化、長尺化してきた。電極や電解質界面の改良などにより、電気抵抗も低減した。

#### ■先進デザイン

九州大学の伊都キャンパスで実証実験しており、すでに累積発電9500時間以上になった。屋外に設置しているため、雨水侵入防止のほか、給排気システムの適正化、補機ユニット内の換気による電気・計装品の環境維持、可燃性ガスの滞留防止や漏えい検知などの対策を講じている。また環境技術への関心を高めるため、既存の発電設備にはなかった先進的なデザインにこだわっており、15年度の「グッドデザイン賞」を受賞した。

16年度は東京ガスの千住ステーション、トヨタ自動車と日本特殊陶業の生産拠点、大成建設の施設に設置して運用効率や運転性、耐久性などを実証し、17年度に市場に投入する。これと並



行して発電効率 57%の 1000kW 級を開発しており、早ければ 18 年度にも市場に投入する計画だ。

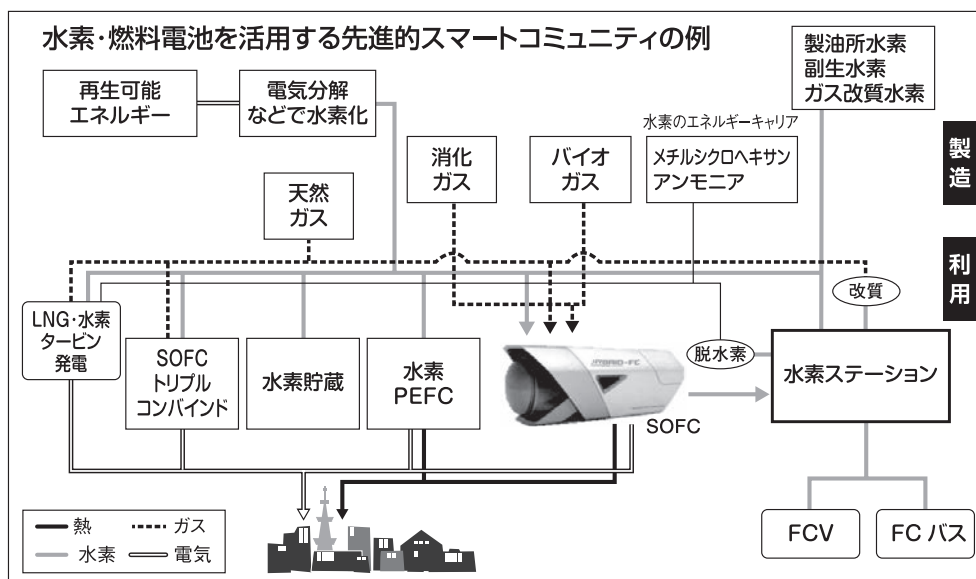
## ■トリプル発電

250kW 級の活用例の一つとして水素ステーションを想定している。昼間は電気と熱を供給し、夜間は水素を供給するといった運用が可能になる。

また下水処理場の消化ガスや食品工場由来のバイオガスでメタンを精製することにより、再生可能エネルギー由来の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) フリーの電気、熱、水素をつくれる。導入後に燃料を切り替えることも可能だ。

こうした分散電源の需要を掘り起こすとともに、将来的には火力発電と燃料電池を組み合わせたトリプルコンバインドサイクル方式も視野に入れて事業展開する。ガスタービン複合発電 (GTCC) と組み合わせたガスタービン燃料電池複合発電 (GTFC) と、石炭ガス化複合発電 (IGCC) と組み合わせた石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC) で、いずれも発電効率が上がり、CO<sub>2</sub> 削減量も増える。

要素技術や量産化技術などで解決すべき課題はまだ多いが、経済産業省の「次世代火力発電に係わる技術ロードマップ」に即して 25 年をめぐりに技術を確認したい。



## 意見交換

### CO<sub>2</sub> 削減・省エネ ビジネスチャンス

**茅座長** 民生部門のエネルギー消費や二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 削減を考えると、非炭素電力で全電化することが解の一つ。水素も非炭素電力で水分解してつくったらいい。民生の将来の方向は電気なのか、ガスなのか、政策としてどちらに力を入れるのか。

**山澄氏** 将来の電源構成がどうなるかという不確定な要素に左右される面もあり、ど

ちらかに軍配を上げるということはない。2020 年代におけるエネファームの導入量も見極めつつ、より低価格化して経済性を向上し、一人前の技術体系として生き残ることが求められる。

**中上学界委員** エネファームへの投資を 7 - 8 年間で回収するのは厳しそうだ。

**安原氏** 投資回収期間を短縮するには、技術

開発と量産効果による機器本体の低価格化がポイントだが、施工費用の低減も必要になる。例えば家庭の電気は200Vで、エネファームも200Vで接続する。コンセントに接続して使えるようにしたら施工の手間が減り、販路も家電量販店やインターネット販売へと広がる可能性がある。販売台数が伸びれば、量産によるコストダウンも見込める。

**加藤学界委員** 「パリ協定」の発効により、世界がこれまで以上にCO<sub>2</sub>削減へと動き出す。燃料電池業界にとってビジネスチャンスになりそうだ。

**安原氏** エネファームと太陽光発電を組み合わせることで、ゼロ・エネルギー・ハウス(ZEH)の可能性が広がる。また余剰電力の買い取りは社会全体の省エネやCO<sub>2</sub>削減につながる。現在の買い取り基準価格は1kW当たり13円。買い取った電力は変動しているため、大阪ガスが有する火力、風力、太陽光などの電源と合わせて同時同量にして販売する。

**北川氏** 出力250kW級をコージェネレーション(熱電併給)で使用した場合は総合効率77-88%となり、系統電気を使用している場合に比べてCO<sub>2</sub>排出量52%減と試算している。ガスエンジンコージェネと比較しても1次エネルギー削減量、CO<sub>2</sub>削減量とも優れている。特に電気を多く使う分野で優位性が高いため、ここをターゲットにして需要を開拓する。また消化ガスやバイオガスで発電したり、メタンを改質してCO<sub>2</sub>フリー水素を生産したりできるため、トリジェネレーション(マルチエネルギーステーション)の構築を提案し、ビジネスチャンスを広げたい。

**茅座長** 火力発電の低炭素化に向けてトリプルコンバインド方式に寄せられる期待も大

きそうだ。

**北川氏** 3段階で発電するのでトリプル発電と呼んでいる。ガスタービン燃料電池複合発電(GTFC)の場合、第1段の固体酸化形燃料電池(SOFC)は可燃ガスの半分を消費して発電、第2段は残りの半分のガスと空気を混ぜてガスタービンで発電、第3段はガスタービンの排気を熱源として排熱回収ボイラで蒸気をつくって蒸気タービンで発電する。ガスタービン複合発電(GTCC)と比較すると、発電効率が57%程度から63%程度に向上し、CO<sub>2</sub>排出量が340g/kWhから280g/kWhになると、それぞれ試算されている。GTFCは燃焼温度1700度Cの超高温GTCCの次にくる技術として挑戦している。

**産業界委員** 日本のエネルギーに占める水素の割合をどう見ているか。

**山澄氏** 水素はCO<sub>2</sub>フリーを実現するツールの一つ。例えば原油価格がとんでもなく上がったたり下がったりした時に、何らかのエネルギーで代替できるように柔軟なエネルギー供給構造を構築しなければならない。このためには、水素の需要、供給量ともあまりにも少ないということではだめで、今後拡大していく道筋をつけることが求められる。また再生可能エネルギーを水素にして蓄電することは、パリ協定の観点からも重要であり、大きな可能性を秘めている。

**産業界委員** 大阪ガスもバイオガスの活用などを検討しているのか。

**安原氏** アプリケーションの一形態としてはあると考えている。ただバイオガスを使うには不純物の除去やメタン比率の変動といった課題への対応が必要となる。

**茅座長** 水素の活用、燃料電池は重要なため、今後も取り上げたい。本日はありがとうございました。

## 第3回 事例研究会

## 代替フロン規制「キガリ改正」ー前進する温暖化防止

第3回事例研究会は12月19日、モントリオール議定書「キガリ改正」をテーマに、産官学の有識者が日本のフロン類対策などについて講演した。

## 我が国のフロン類対策とモントリオール議定書「キガリ改正」について

## オゾン層保護法改正急ぐ

経済産業省製造産業局  
化学物質管理課オゾン層保護等推進室長

米野 篤廣 氏



## ■より踏み込む

日本は「オゾン層保護法」で特定フロンを含むオゾン層破壊物質の生産と消費を規制し、「フロン排出抑制法」でフロン類の製造から廃棄までの包括的な対策を講じている。2016年10月にルワンダ・キガリで開かれたモントリオール議定書第28回締約国会合（MOP28）で、代替フロンであるハイドロフルオロカーボン（HFC）を規制対象とする「キガリ改正」が採択されたことを受け、より踏み込んだ対策を講じることになる。

キガリ改正で先進国は11～13年のHFC生産・消費量の平均などを基準値とし、地球温暖化係数（GWP）に基づいて36年までに段階的に85%分を削減することが求められる。一方、途上国は第1グループと第2グループに分けられた。第2はインド、パキスタン、イラン、イラク、湾岸諸国の計10カ国で、第1はこれ以外の国が属している。第1は20～22年を基準値として45年までに80%分を削減、第2は24～26年を基準値とし

て47年までに85%分を削減する。すべての締約国は5年ごとに技術評価し、これに応じて削減スケジュールを検証する。

## ■妥協してでも

HFCを規制対象とすることは、6年ほど前から議論されていたが、なかなか進まなかった。特に第2の各国は対策が遅れており、反対姿勢だった。それでも採択された背景には、20年以降の地球温暖化対策の新たな枠組みである「パリ協定」などで機運が高まったことや、米オバマ政権の意気込みがあった。

また中国が第1と第2のどちらに入るかが、肝でもあった。最終的に第1に入ったことにより、途上国を一本化しようとして決裂するよりは、妥協してでも採択にこぎ着けることが優先された。

## ■遅くとも18年秋

日本のHFC消費量の基準値は二酸化炭素

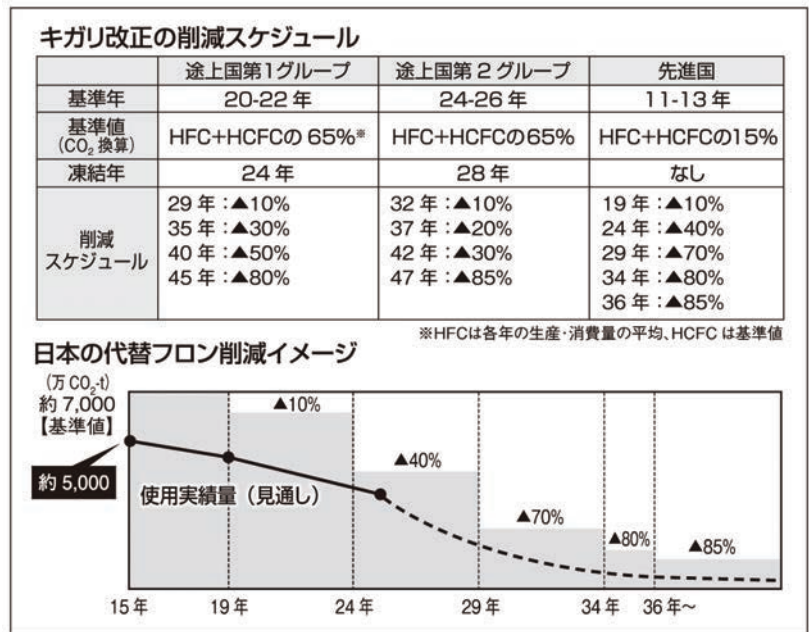


(CO<sub>2</sub>) 換算で7000万t程度となる見込み。15年度実績は前年度比9.6%減の4852万4000tだった。フロン排出抑制法に基づいた取り組みを着実に実行することにより、20年に4340万t、25年に3650万tになると見込んでいる。キガリ改正による24年の基準値比40%削減の目標達成は視野に入っている。

フロン排出抑制法はメーカーに対し、家庭用、店舗・オフィス用、自動車用のエアコンディショナー、冷凍冷蔵ユニットなどの七つの製品区分ごとに冷媒の低GWP・ノンフロン化のための「指定製品制度」を導入している。現在、指定外となっている製品についても要件が整い次第、指定を検討する。これらと合わせて新冷媒技術などの開発を推し進めることにより、25年以降の削減目標についても達成を目指す。技術開発は途上国の市場を開拓することにもつながる。

キガリ改正は19年1月に発効する見込み。このため17年は議定書の担保法であるオゾン層保護法などの改

正を検討する。具体的には、キガリ改正の削減スケジュールに基づいた日本の削減スケジュールの法制化、HFCの生産量の割当制度や輸出入管理制度の創設などが課題となる。議定書の国会承認のための手続き、担保法の国会審議をした上で、遅くとも18年秋には新たな仕組みを構築しなければならない。残された時間はあまりないが、しっかりと担保できるように法改正するとともに、それを事業者にも周知徹底したい。



## グローバルな地球温暖化抑制策と 冷凍空調業界の課題

次世代冷媒 安全性を確保

日本冷凍空調工業会専務理事

岡田 哲治氏



### ■前倒しで全廃

冷凍空調機器で使われている冷媒は、モン

リオール議定書の規制を受けて切り替わってきた。冷蔵庫などで使われていたクロロフルオ



カーボン（CFC）は、1996年に全廃された。20年のハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）の全廃も前倒しでほぼ達成している。

この間、ハイドロフルオロカーボン（HFC）に転換してきたが、地球温暖化係数（GWP）が大きいため、「キガリ改正」で新たに規制対象になった。冷凍空調業界はオゾン層を破壊せず、低GWPの冷媒を採用することが求められている。

## ■リスクを検証

有望な冷媒候補は低GWPのHFCや次世代冷媒と呼ばれるハイドロフルオロオレフィン（HFO）だ。米国の冷媒メーカーが手がけている。例えばエアコンにはHFCのR410A、R32が使われている。どちらもオゾン破壊係数（ODP）は0だが、GWPはR410Aが2088、R32が675だ。一方、HFO1234yfはODPが0で、GWPは1以下と優れている。プロパンガスやアンモニア、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）などの自然冷媒も選択肢になる。いずれもODPが0で、GWPは3以下だ。

ただ次世代冷媒は微燃性を有するものが多い。プロパンガスは強燃性、アンモニアは強毒性で、扱いが難しい。機器に応じ、冷媒の性能だけではなく、安全性を確保する必要がある。この一環として日本冷凍空調工業会（日冷工）は新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や日本冷凍空調学会などと連携し、微燃性冷媒を適正に利用するためのリスク評価をまとめた。16年11月に高圧ガス保安法の規制の一部が緩和されたこともあり、これから採用が広がるとみている。

## ■産学官連携で

冷凍空調機器の販売台数は家庭用エアコンが圧倒的に多く、15年度は約810万台だった。これに業務用エアコンの約

80万台、家庭用ヒートポンプ給湯器の約41万台、冷凍・冷蔵ショーケースの約31万台が続く。消費増税の駆け込み需要や08年秋のリーマン・ショックのような要因がなければ、ほぼ横ばいで推移している。良く言えば安定している、悪く言えば伸びに乏しいのが現状だ。

それだけにグローバル市場の開拓が課題となる。日本の強み、弱み、機会、脅威を分析して戦略を描かねばならない。強みはやはり高い技術力。一方、世界の舞台で主張する力が弱いように感じている。オゾン層保護法、フロン排出抑制法の知見があり、微燃性冷媒のリスクアセスメントもほぼ完了していることを生かし、途上国の代替冷媒化で主導権をとれることが機会となる。脅威には米国もリスクアセスメントをスタートしていることがある。このプロジェクトに参加し、日本の存在感を発揮することが重要だ。また中国はプロパンガスの採用を推進しているが、安全性をしっかりと検討し、市場開拓には慎重に対応したい。

キガリ改正は世界の冷凍空調業界にインパクトを与える。日本には冷媒や冷凍空調機器に関する革新的な技術開発への期待が寄せられる。ただこうした製品はコスト高になるため価格競

日本の冷凍空調業界が置かれている立場  
(SWOT分析)

強み (Strength)	弱み (Weak)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・技術力</li> <li>・高品質</li> <li>・商品力</li> <li>・グローバル生産体制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発信力</li> <li>・価格競争力</li> </ul>
機会 (Opportunity)	脅威 (Threaten)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・微燃性冷媒リスクアセス完了</li> <li>・代替冷媒化で主導権</li> <li>・安全性検討や規制緩和で先行</li> <li>・途上国ニーズの高まり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・米国が燃性冷媒リスクアセス検討チーム発足</li> <li>・中国が強燃性冷媒導入に活発な動き</li> </ul>

争力を向上する必要がある。産官学連携体制を構築し、中長期的な視点でこうした課題を解決

することが重要だ。また、これらの成果を途上国で展開することも求められる。

## 代替フロン等温室効果ガスの 大気環境への影響

### 回収・破壊議論が活発化

高知工科大学環境理工学群教授

### 中根 英昭氏



#### ■橋を架ける

フロン問題は「モントリオール議定書」「パリ協定」にそれぞれうたわれている。科学的知見上必要な対策が双方のはざまに落ちてしまうことがあってはならないと考えてきた。パリ協定の削減対象の一つであるハイドロフルオロカーボン（HFC）が、「キガリ改正」によって議定書でも規制対象に追加されたのは、双方に橋を架けた点で意義がある。

特定フロンのクロロフルオロカーボン（CFC）、代替フロンであるハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）はオゾン層破壊と温暖化の両方の原因になるが、代替フロンのHFCは温暖化のみの原因になる。議定書の下で、CFC、HCFCからHFCへの転換が急速に進んできた。HFCはオゾン層破壊効果がないため規制対象外となっていたが、増え続けるとパリ協定が目的とする温暖化防止への努力をも損なう事態となる。

#### ■寿命も考慮

同じ温室効果ガスでも二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）は、排出量と吸収量を同じにするゼロエミッション

を目指している。一方、HFCは地中に埋めたり、森林に吸収させたりできないので、独自の対策が必要となる。

地表面の太陽放射は1㎡当たり342W。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）のデータによると、温室効果は2011年時点で産業革命後2.3Wほど上昇している。このうちフロンによる影響は約13分の1の0.18Wを占めており、軽視できない。フロンにはオゾン層破壊の有無にかかわらず、強力な温室効果がある。

温室効果ガスの寿命と地球温暖化係数（GWP）の関係も重要だ。例えばPFC14（CF<sub>4</sub>、四フッ化炭素）というフロンは大気中の寿命が5万年もある。100年単位でみたGWPは7390だが、これが500年単位だと1万200に高まる。

反対にHFC134aの寿命は14年と短い、GWPは100年単位で1430に対し、20年単位だと3830。つまり、長寿命のフロンは決して放出してはいけないが、短寿命のフロンも短期的に温室効果が大きい。GWPの値だけではなく、時間的スケールを見ながら対策を講じることが重要だ。

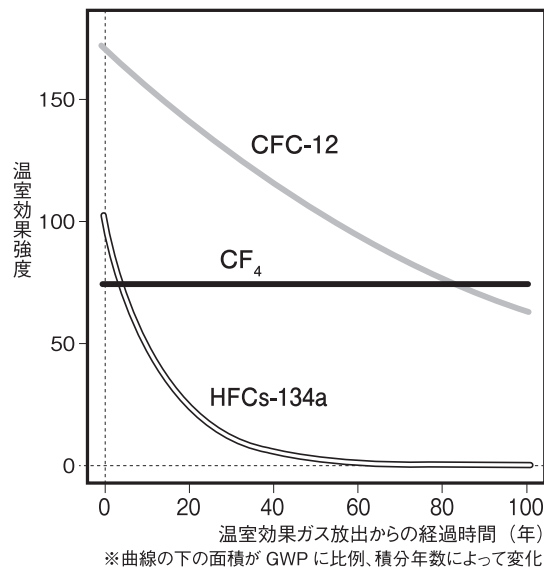
## ■日本が指摘

ただ、議定書は生産・消費を規制の対象としているが、排出は順守事項ではないという問題がある。キガリ改正につながる議論が出てきた08年ごろに日本はオゾン層破壊物質のバンク対策、要するにCFC、HCFCを回収・破壊して大気中への排出を防ぐ取り組みの必要性を指摘してきた。しかし、回収・破壊は先進国でも容易ではなかったことから、以降、議論が後退した。HFCを議定書に含める議論が始まった際、私はCFC、HCFCを含めてフッ素化合物の回収・破壊を巡る議論を活発化する好機だと期待した。

欧米には「途上国には回収・破壊は困難。低GWPの代替物質を早く導入し、高GWPのHFCが蓄積されないようにすることを優先すべきだ」とする論者もいる。しかし、フッ素資

源の枯渇対策が必要であることや、長期的な環境影響を考えると大気への大量のフッ素化合物の放出が望ましくないことは言うまでもない。キガリ改正が回収・破壊を強化するきっかけになれば素晴らしいし、これからの締約国会合での交渉の重要なポイントになる。

温室効果強度(放射強制力)の時間変化(0-100年)



### ■寿命とGWP

<b>HFCs-134a</b>	寿命14年
20年 GWP	3830
100年 GWP	1430
500年 GWP	435
<b>CFC-12</b>	寿命100年
20年 GWP	11000
100年 GWP	10900
500年 GWP	5200
<b>CF<sub>4</sub></b>	寿命50000年
20年 GWP	5210
100年 GWP	7390
500年 GWP	11200

## 意見交換

### 漏えい防止と再生 途上国に範を示す

**加藤学界委員** 現在のオゾン層はどのような状態だろうか。

**中根氏** 北半球は回復傾向にあるが、南半球はやっと破壊に歯止めがかかり、オゾンホールが小さくなる兆しが出てきた状態だ。全体が回復するにはあと数十年はかかるだろう。

**中上界委員** キガリ改正が発効したら規制開始は先進国が19年から、途上国が29年からで、10年間の時間差がある。この時間差による問題もありそうだ。

**米野氏** モントリオール議定書ではフロンガスの国内生産量と輸入量を足し、ここから

輸出量を引いたものを消費量とし、フロンガス本体の生産と輸出入を規制している。例えばエアコンなどの製品に充填されたフロンガスについては、貿易規制の対象にはならない。このため途上国で充填した製品を先進国が輸入した場合、規制開始の時間差が問題になる可能性がある。こうした意味で規制開始は世界同時が望ましいが、交渉では合意が最優先だった。

**中上学界委員** パリ協定ではフロンガスも排出削減対象になっている。

**米野氏** 議定書では排出に関し、漏れ防止や破壊に努力することが規定されているが、



順守事項ではない。生産・消費を抑えれば必然的に排出も減るとの考えだ。日本はオゾン層保護法とフロン排出抑制法で生産から回収・破壊までの包括的な対策を講じている。

**中根氏** 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) が排出抑制で、フロンガスが生産・消費規制なのは、合理的とも言える。というのも CO<sub>2</sub> は生産するわけではないからだ。ただフロンガスの場合、生産・消費規制と排出抑制に分かれていることに問題の本質がある。キガリ改正でハイドロフルオロカーボン (HFC) が規制の対象になったことは、温室効果ガス濃度の安定化につながるし、回収・破壊を推し進めるきっかけになると期待している。日本は当面、フロン排出抑制法での対応になるだろうが、将来、回収・破壊を含めて議定書で運用されるように働きかけるべきだ。

**加藤学界委員** フロンガスの回収率を向上することが求められる。

**米野氏** フロン類全体の廃棄時の15年度の回収率は前年度比約6%増の38%になった。背景にはフロン排出抑制法による管理者の意識改革がある。このうちHFCの回収率は22%だが、30年に70%を目標にしている。

**茅座長** 冷媒としての性能が高く、かつオゾン層保護と温暖化防止を両立しなければならない。産業界では全体最適に向けてどのような議論をしているのだろうか。

**岡田氏** 冷媒には熱的な物性値があり、性能を左右する。オゾン層破壊係数と地球温暖化係数 (GWP)、また燃焼性も含めてそれぞれの機器に適した冷媒の選択を検討している。ずいぶんと昔だが、冷蔵庫は自然冷媒が主流だった。しかし、事故などを受けてフロンが開発され、またオゾン層保護のため代替フロンになってきた経緯がある。

これまでもいろいろな要素を勘案して選択されてきた。現時点では空調分野で「これ!」という冷媒がないため、模索している。冷媒だけではなく、機器の構成を見直し、異なるタイプの機器でより有効な要素を生かせる構成ができないかといったことも検討している。

**茅座長** HFCの中でもHFC23は長寿命でGWPも飛び抜けている。それだけに温暖化への影響が大きそうだ。

**中根氏** HFC23は、HFC22をつくる時の副生ガスのため、HFC22をつくらなくなれば、HFC23も少なくなっていくと思われる。だが現時点で存在し、かつ長寿命のため、排出を抑えるのは極めて重要だ。

**産業界委員** 副生ガスの規制はどう考えているのか。

**米野氏** 今回の会合でもHFC23について議論があった。副生ガスの排出は極力抑える。キガリ改正が適用されたら、決められた方法で破壊し、それを報告させることになる。

**産業界委員** 日本は算定漏えい量を報告させているが、各国で足並みはそろっているのだろうか。

**米野氏** 各国とも実情に応じて規制している。例えば欧州は漏えい防止にも力を入れているが、日本ほど漏えい対策を講じている国は多くない。一方、東南アジア諸国連合の関係者らに対し、将来の厳しい目標を達成するには冷媒や機器の開発と合わせて漏えい防止や (消費にカウントされない) 再生などを推し進めて消費量を下げることが有効といった情報を提供している。先進国として範を示したい。

**茅座長** 環境保全に向けて先進国は責任を果たさねばならない。本日はありがとうございました。



## 公開事例研究会

### 揺れる欧米中の環境政策

設立25周年記念事業の一環として公開事例研究会「欧米中の環境・エネルギー政策」を2017年3月28日に開いた。トランプ政権で揺れる米国、環境対策が急務の中国、英EU離脱で先行き不透明感が強まる欧州の動向などについて意見交換した。

#### 問題提起

### 混迷する世界の地球温暖化対策

座長 茅陽一

世界の温暖化対策はパリ協定が中心になるが、混迷を招きかねない三つの大きな問題がある。問題にはいずれも“不整合”という言葉があてはまる。

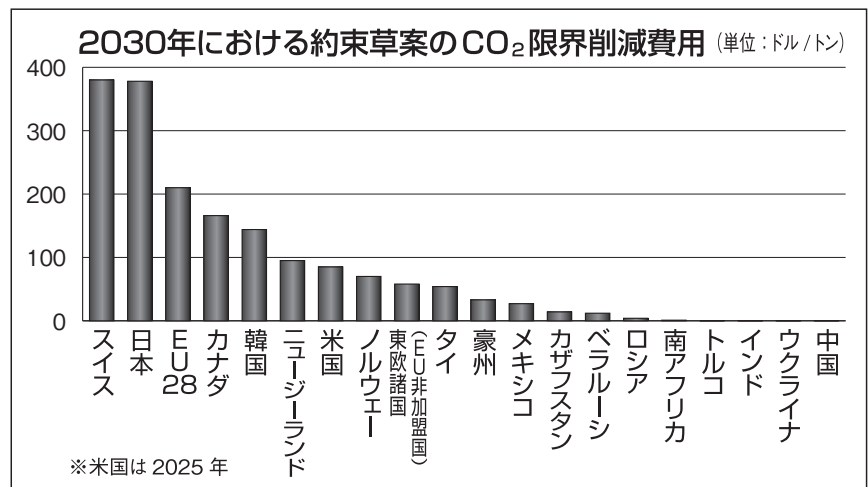
第一に政権交代。トランプ政権はオバマ政権に比べて温暖化対策に後ろ向きだ。各国の政権交代が今後、どのような影響を及ぼし、それをどう収束させるかが問題となる。

第二にパリ協定には目標が二つある。まず各国のボトムアップの目標。また全体で掲げる2℃目標で、これはトップダウン型と言える。ボトムアップの目標を達成しても、2℃目標、ましてや努力目標として掲げた1.5℃には届かない。この二つの目標の差をどう埋めるかが問題となる。

第三に各国の目標には差がある。2030年の温室効果ガス排出量をみると、先進国は削減しているのに対し、途上国は増加している。つまり途上国は削減ではなく、増加抑制を目標にしている。

地球環境産業技術研究機構で二酸化炭素(CO<sub>2</sub>) 1tを削減するためにかかる限界削減費用を試算したところ、日本やスイスは約3万8000円なのに対し、中国やインドは0円だった。排出量取引価格が低調に推移していることもあり、先進国は経済的にもかなり努力しなければ達成できない。一方、途上国はさほど努力しなくても達成できる。「我々が達成しているのに先進国は達成していないではないか」などとそしられる恐れもある。

本日は欧米、中国の動きを知り、この三つの不整合を解消するための道筋を探る糸口にしたい。



## “米国第一”のエネルギー政策 —環境規制巻き返しの動向—

日本エネルギー経済研究所主任研究員

杉野 綾子 氏



### ■何も講じない

トランプ大統領は「パリ協定から即時撤退する」と宣言していた。だがエネルギー大手企業の首脳や共和党の大物政治家らからの「とどまるべきだ」といった声もあり、まだ撤退していない。ただし、トランプ大統領が気候変動対策に全く興味がなく、オバマ政権の削減目標についてやる気もないことは明らか。パリ協定には残留するが、対策は何も講じないというのが、最も可能性の高いシナリオだ。

この証左として「クリーンパワープラン」を撤廃する動きを強めている。2025年に温室効果ガス26－28%削減を達成するための柱の政策で、既存発電所の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出削減を義務付ける内容である。

では、これからの4年間、連邦レベルでの発電所へのCO<sub>2</sub>規制が実施されないことにどれだけの影響があるかと問われたら、あまりないと答える。なぜならシェール革命による安価な天然ガスに加えて、環境保全に熱心な州は、それぞれ再生可能電力基準（RPS）などの規制を実施している。この姿勢は変わらない。

### ■石炭の輸出も

トランプ大統領が掲げる石炭産業の再活性化

は、絵に描いた餅に終わる可能性が高い。石炭会社もガスとの価格競争に勝ち目がないことがわかっている。ただ「雇用を取り返す」「クリーンコール技術を重視する」と公約したため、これから何が起きるかを考えると、CO<sub>2</sub>の回収・貯留（CCS）に投資したり、石炭の輸出を促進したりすることがあり得る。

「パリ協定に残留してもいい。代わりに石炭のクリーン利用で国際協力しよう」などと交渉をもちかけているとの情報もある。ガスが安価な米国でCCSプラントの普及は困難。そこでアジアの石炭火力発電所に導入させて、そこに売るといった可能性がある。

### ■送配電に支障

エネルギーインフラへの投資は、パイプラインと送配電網に言及している。特に送配電は再生エネ導入による電源構成の変化に対応させたり、サイバーセキュリティ対策を講じたりする必要がある。適切な地域に適切なタイミングで投資することが求められるが、この点、クリーンパワープランがあるかないかで大きく異なる。

同プランでは各州政府が実施計画を策定する。計画には削減目標だけではなく、電力を安定供給するためのインフラ投資計画や電力会社との

協力体制なども盛らねばならない。それを連邦環境保護庁（EPA）が審査する。電力市場の規制権限が州に分有される米国で、送配電網を整

備するには連邦政府による調整が必要だが、同プランを撤廃すると、この調整機能がなくなり、後々、悪影響がありそうだ。

## 中国の低炭素・エネルギー総合対策 —パリ協定順守への展望—

長岡技術科学大学大学院教授

李志東氏



### ■左右されない

中国はパリ協定を順守する姿勢を明確にしている。これは約束草案で温暖化防止を「中国の持続可能な発展にとっての内的要求」と明記したことに表れている。よく「トランプ政権が誕生し、米国は温暖化対策に消極的になったが、中国はどうか」と質問される。「中国は温暖化対策を推し進める。米国をはじめ、ほかの国の動向に左右されることはない」と答えている。

中国はエネルギーの安定供給と大気汚染が大きな問題になっている。これを解決するため、省エネ化を推し進めるとともに、再生エネを大量に導入する。これらによって温暖化問題も同時に解決し、発展につながると考えている。

### ■エネ革命宣言

約束草案では国内総生産（GDP）当たり二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量を2030年に05年比60－65%削減し、総排出量もできるだけ早い時期にピークアウトさせることが盛られた。50年に向けた長期計画の政府案はまだ発表されていない

が、総排出量を10年比40%程度削減することで落ち着くと見ている。

16年にスタートした第13次5カ年計画（16－20年）で、エネ効率に関して15年比15%改善、GDP当たりCO<sub>2</sub>排出量は同18%削減などを拘束値として決定した。これを実行できれば、約束草案で示した30年の目標へ大きく近づく。

習近平指導部は消費、供給、技術、管理体制などあらゆる面で「エネルギー革命」をすると宣言した。その一つが電力システム改革。発送電分離し、送電に託送料方式を導入した。電力会社に太陽光、風力などの再生エネの電力の優先・全量買い取りを求めている。太陽光発電の増大に伴ってパネル価格は1kW当たり2400元（約3万6000円）と、5年間で約4分の1になった。また7地域で排出量取引を実験してきたが、年内に全国统一市場を開設する。さらに21年以降に炭素税の導入を予定している。

### ■EV普及急ぐ

産業分野では電気自動車（EV）の普及に力

を入れている。16年は新車販売全体の1.8%で、保有台数は約50万台だった。30年までに40-50%に引き上げ、8000万台超を目標にしている。充電スタンドも整備する。車載用リチウムイオン二次電池の分野も伸びている。また燃料電池自動車（FCV）は30年に100万台規模を目指している。

現在は補助金でEV購入を支援しているが、これを21年に廃止し、メーカーに対する規制を強化する計画。参考は米カリフォルニア州の「ZEV規制」。メーカーに販売台数の一定比率をEVやFCVにすることを課し、達成できなければ高燃費車の生産停止といった罰則を検討している。

## 欧州のエネルギー環境政策と我が国の課題

東京大学公共政策大学院教授

有馬 純氏



### ■残留か離脱か

英国の欧州連合（EU）離脱はEUの温暖化対策にどのような影響を与えるのか。懸念が強まりつつあったさなかに、予測困難なトランプ政権が誕生した。現在、EUにとって最大の関心事は、米国がパリ協定に残留するか離脱するかということだ。

この点、三つのシナリオが予想される。一つは気候変動枠組条約から1年後に離脱し、パリ協定からも自動的に離脱する。もうひとつはパリ協定の手続きに従って3年後に離脱を通告し、その後1年で抜ける。つまり4年かけて離脱する。最後にパリ協定には残留するが、オバマ政権の目標を撤回し、新たな目標を策定する。

EUはこうしたシナリオを想定し、トランプ政権を過度に刺激しないように慎重に対応している。一方、カナダ、中国、アフリカ、ラテン

アメリカ、島しょ国との連携を模索している。日本にも働きかけがあるかもしれない。

今後、温暖化対策をめぐる欧米の距離はフランス大統領選挙、ドイツ連邦議会選挙の結果次第でさらに広がる。他方、米国との競争力格差の拡大も防がなければならない。レトリックは別として、温暖化対策の比重を軽くせざるを得なくなる。

### ■推進力弱まる

英国は野心的な目標設定をすべきだという議論の先頭に立ち、2030年に温室効果ガス排出量を90年比57%削減と、EU全体の40%削減を上回る目標を掲げた。この英国が離脱すると、残るEU諸国で40%削減を達成するには、どこかの国が重荷を背負わねばならない。解決策として、共同実施のような形で英国とEUを合わせ



て目標達成を目指すことになるのではないか。

英国はEU離脱を機に米国と特別な関係を構築したいと考えており、EUとは異なる姿勢に転換する。これまでは欧州排出量取引制度（EU-ETS）の改革を主導してきたが、こうした改革の推進力が弱まることが予想される。相対的にポーランドのような温暖化対策に消極的な国の発言力が増す可能性もある。

## ■合理的判断を

日本は30年に13年比26%削減を目標に掲げ

たが、原子力発電所の再稼働が進まないで達成に黄色信号がともる。そもそもパリ協定は国情に合わせて目標を設定するボトムアップ型。原発再稼働の進捗は国情であり、これを踏まえてその都度、合理的に判断しなければならない。

また50年までに80%削減の目標も同様で、目標値だけが先行した議論をしても意味がない。大切なのは将来にわたって温室効果ガスを大幅に削減できる条件づくりだ。老朽化した原発をどうリプレースするか、革新技術の開発をどう進めるかといったことが重要となる。

## 意見交換

### トランプ政権 EU切り崩しも

**加藤学界委員** トランプ政権の気候変動問題への政策については、市民団体や科学コミュニティなどが激しく非難している。またカリフォルニア州に限らず、環境保全に力を入れている州や市は少なくないし、アップルやグーグルなどの多くの米企業は「トランプ政権がどのような政策を打ちだそうと、自分たちは環境を守る」といった姿勢を崩していない。企業が生き残るには環境保全が重要であることをわかっている。

**杉野氏** まずトランプ大統領には筋がない。温暖化問題についても信念として全否定しているわけではない。力を入れたほうが社会の受けがいいと思えば変節する。先を読みにくくて困るが、現状ではっきりしていることは、共和党が経済負担になっていると言っているオバマ政権の政策を、すべてひっくり返したいということだ。

ただトランプ大統領が「州や自治体、より地元の経済、社会に密着したところに権限を戻す。地元のことは地元がよくわかっている」とのメッセージを発信し、権限のあり方を見直そうとしていることは、州レ

ベルの施策が重要性を持つ実情に合っている。今後も州や企業は環境保全に力を入れる姿勢を変えず、パリ協定に残留しようとしまいと、結果的にかなりの程度、米国の温室効果ガス排出量が減る可能性がある。実際、こうした減り方が米国にとって、また世界にとって望ましいかどうかはともかく、現実的な解なのかとも思う。

**加藤学界委員** 大統領の権限は強いが、何でもかんでもできるわけではない。

**杉野氏** 確かに大統領の権限でできることには制限がある。例えば移民・難民の入国制限の大統領令は覆った。ただ、これはトランプ大統領が三権分立を理解していなかったからだ。

司法省にはオフィス・オブ・リーガルカウンセルという部局があり、大統領令を発令する際、判例などを調べて策を練る“知恵袋”の役割を担っている。行政訴訟で大統領を弁護する役割の司法省が機能すれば、大統領令の法的脆弱性が減る。温暖化対策見直しの大統領令も入念に準備されているだろう。



**中上学界委員** 発展途上国は先進国をキャッチアップすることを目標にしているだろうが、環境分野において先進国と同じ道をたどると地球がいくつあっても足りない。それだけに先進国とは違う道を歩まねばならないし、先進国はそれをサポートしなければならない。

**李氏** 先進国は炭素依存の発展モデルだった。そこで経験した大気汚染やエネルギー安定供給などの問題をこれ以上繰り返さず、一気に、かつ同時に解決しなければならない。中国も新たな発展モデルをつくるしかない。例えば省エネルギー分野で、日本はトップランナー制度を導入し、世界をリードしている。こうした制度を国情に合わせてどんどん導入している。欧州は再生可能エネルギーの導入が進んでいる。これも一生懸命にやる。

ただ、それだけでは十分ではない。世界全体を見渡すと、個別の分野でリードしている国はあるものの、低炭素社会に成功した国はない。では、どうしたらいいのか。中国は広大で、自然条件、文化、経済の発展段階

にばらつきがある。二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）削減の認識を共有しつつ、各地で何をしたらいいのか、多様な社会実証実験をしている。

**中上学界委員** 先進国も新たな発展モデルを模索せねばならない。例えば日本では「ドイツではこうなっている」といった話をすることが多い。確かに再生エネは大量に導入されているが、省エネは日本のほうが進んでいる。どのような情報も深掘りし、比較しないといけない。右にならえでは道を誤る。ただ知らないうちに日本が“ガラパゴス化”しないようにしなければならない。

**有馬氏** ドイツにはモノづくり重視や勤勉といったイメージがあり、日本は親近感を持っている。だが、ドイツの世論調査によると、日本への親近感は低い。ある意味、日本が片思いしている。エネルギー分野で言えば、ドイツは欧州連合（EU）の各国と送配電網が結ばれている。

例えば風力の電力が余れば周辺に流し、足りなくなったらフランスから原子力の電力をもらおうといった運用をしている。こうした実情を比較せずに、ただドイツの制度

をコピーしたらうまくいくというのは大きな間違いだ。この失敗例の一つが再生可能エネルギー固定価格買い取り制度。ドイツで限界が見えているのに、ドイツ以上に大甘の制度にして導入した。

温暖化は地球全体の問題。日本は自国の排出量削減だけではなく、世界の排出量削減につながるような技術開発が求められている。ガラパゴス化しないためにも、必要であれば各国と国際共同開発すべきだ。温暖化対策に後ろ向きなトランプ政権においても、CO<sub>2</sub>の回収・貯留（CCS）に関心がある。であれば、この分野で手を組むといった選択肢もある。結果的に温暖化防止につながるような機会を積極的につかむことが重要だ。

**茅座長** 中国は電気自動車（EV）の普及を急いでおり、車載用リチウムイオン二次電池の分野も成長しているとの話があった。中国は環境破壊しても気にしない国と思っていたが、こういう考えから脱し、科学技術で国を発展させるという考え方が中心になりつつあると感じた。そうであれば、好ましいことだ。

**李氏** 86年に四人の科学者が50年先、100年先を見据えて何をやらなければならないのかを提案したことが、科学技術を重視する転機になった。この「863プロジェクト」には、宇宙やバイオなどの先端分野の戦略的な事業が盛られた。01年に「電動車」というくくりでEVと燃料電池車（FCV）が加わった。これが今、開花している。

習近平指導部はイノベーションを重視し、16年に「国家イノベーション駆動発展戦略」を掲げた。中国が遅れている原因は科学技術の遅れにあるとし、特定分野に膨大な予算を組んで研究開発を活発化させる方針だ。この選択と集中により、20年までに世

界のイノベーションの列に加わり、30年に先頭集団に食い込み、50年にイノベーションの中心になろうとしている。

**茅座長** EUはトランプ政権に戸惑い、どう付き合えばいいのか苦慮している。

**有馬氏** EUが米国とどう向き合うか、今年は興味深い外交ゲームがありそうだ。5月の先進7カ国（G7）の議長国はイタリアで、7月の20カ国・地域首脳会議（G20）の議長国はドイツ。どちらも欧州アジェンダを前面に打ち出したいと思っている。

特にドイツはG20で気候変動問題に対するドイツらしいメッセージを出したいと思っている。トランプ政権が誕生して間もないし、あまり圧力をかけると逆に米国が気候変動枠組条約から離脱する恐れもあるため、腫れ物にさわるようにしている。だがG20で気候変動問題について一言も触れられないということになると、さすがにメルケル首相も耐えがたいだろう。9月の連邦議会選挙での再選もかかっている。

**茅座長** 一方、米国はEUとどう向き合おうとしているのだろうか。

**有馬氏** 米国は化石燃料もそれなりの役割を果たせる世界を目指そうとしている。EUは一枚岩ではないため、例えば石炭のシェアが大きいポーランドを一本釣りして取り込みにかかる可能性がある。またトランプ大統領は英国に対して「EUから抜けるのだから、俺たちに協力するのであれば、ドイツやフランスなどとは別の扱いにしてやる」などと言いきそうだ。

渡米した際、複数の人が言っていたのは、「トランプ大統領はトランザクショナルパーソンである」ということ。自らの定見があるというよりも、とにかく有利に取引するにはどうしたらいいかを常に考えている。EUが気候変動対策にこだわればこだわる



ほど、それを交渉の材料にする。利害関係は気候変動だけではなく、貿易、安全保障などといろいろある。

**参加者** トランプ大統領は米国の典型的な企業経営者、いわゆる短期志向で、近視眼的だと感じる。

**杉野氏** 確かにトランプ大統領が連邦政府を企業経営のようにマネージをしようとしているというのは、よく言われる。なんと言っても、彼のなりわいは不動産業。土地を安く買ったとき、壮大なプランを掲げて価格をつり上げ、最後は転売してもうける。これと同じようなことを国家レベルでやられたら大変なことになる。

とはいえ、大統領の権限は強いため、こ

れを正すのは本当に難しい。例えば18年の中間選挙で共和党が大敗し、政策を再検討するとか、民主党がもう少し発言権を持つとか、議会が変わらなければならない。もうひとつ、根本的な治療としては民主党による弾劾がある。

トランプ大統領は視野が狭く、無知だと評される。アドバイスを得るべき経験者が周辺に少ないともいわれる。それだけに各国ともうまく付き合うことを考えないと、生産的な議論は難しい。

**茅座長** 温暖化対策はパリ協定がベースになる。先行きは不透明感を増しているが、それでも目標達成へ努力し続けることが求められる。本日はありがとうございました。



# 第1回 環境フィールドワーク

## サンゴ礁 全滅の危機

「沖縄県」

沖縄県の生物多様性、再生可能エネルギーの活用をテーマに「フィールドワーク in 沖縄」を11月9－12日に実施した。竹富島でサンゴ礁の白化現象を確認し、再生事業への理解を深めた。またバイオマス発電、直流（DC）送配電網などの現場を視察した。

### 生物多様性

#### ■回復には10年

石垣島と西表島の間広がる「石西礁湖（せきせいしょうこ）」は、世界有数のサンゴ礁海域として知られる。生息しているサンゴは約360種類と、豪州のグレート・バリア・リーフに匹敵する。だが、この豊かなサンゴ礁が全滅の危機にひんしている。

環境省的那覇自然環境事務所が9－10月に



悪循環に陥っていると若松上席自然保護官（那覇自然環境事務所）

35地点で実施した調査によると、97%に白化現象が見られた。白化は高温下のストレスなどで褐虫藻が失われて骨格が透けて白くなる現象で、サンゴ礁にとって最大の脅威といえる。97%のうち半数以上となる56.1%がすでに死滅しており、「全体が完全に白化している群体」が23.1%、「一部白化・一部死亡、全体的に色が薄い群体」が17.2%で、今後も多くが死滅すると見られる。

会員は石垣島に近い竹富島でサンゴの状態を確認後、那覇自然環境事務所で大規模な白化現象の原因などを聞いた。若松徹上席自然保護官は「例年は台風が海をかき混ぜて海水温が下がるが、今年は本州などにそれたため30℃以上の状態が続いた」と分析した上で、「回復には10年ぐらいかかると予想される。1998年、07年と約10年おきに大規模な白化が起きており、回復すると白化するという悪循環に陥っている。このような大規模な白化が起こってしまったのは大変に残念だが、あらためて水質管理などによる海洋保全を考える機会にしなければならない」と強調した。

#### ■ゲノムを解読

それだけにサンゴ礁の再生が急がれる。環境省は石西礁湖自然再生協議会での議論も踏まえ、幼成を採取して着床具で育成した後に移植する有性生殖法によるサンゴ移植技術の開発や、サンゴを食べるオニヒトデの駆除などに取り組んでいる。

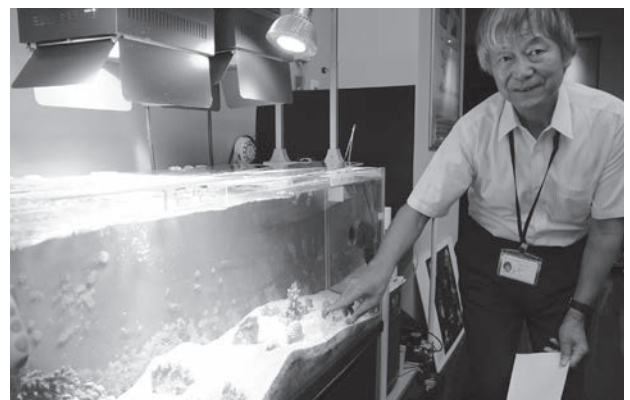


石西礁湖のサンゴ礁の97%に白化現象が見られた（竹富島）

また沖縄科学技術大学院大学（OIST）は全遺伝情報（ゲノム）解読の知見を生かし、沖縄県のサンゴ礁保全・再生事業に参加している。佐藤矩行教授らの研究グループは11年に世界で初めてサンゴのゲノムを解読し、13年に褐虫藻のゲノムの解読にも成功した。石西礁湖の北側と南側といった近距離でもサンゴのDNAのグループが異なることを明らかとし、地域ごとに保護して生態系を守ることを提唱している。

研究グループの新里宙也研究員は個体差を見分けるためのDNA鑑定方法を開発し、現在までに約150種類のみドリイシサンゴのうち26種類について個体識別できることを確認した。これらにより、サンゴの破片を固定（移植）して養殖する無性生殖法で課題となっていた遺伝

的多様性の低下を解決し、自然に近いサンゴ礁の再生の実現につなげている。佐藤教授は「恩納村を中心に実施されている県の事業では3年間で3haを養殖し、卵も産まれた。これからもサンゴ礁の回復に科学的知識を生かしたい」と意気込む。



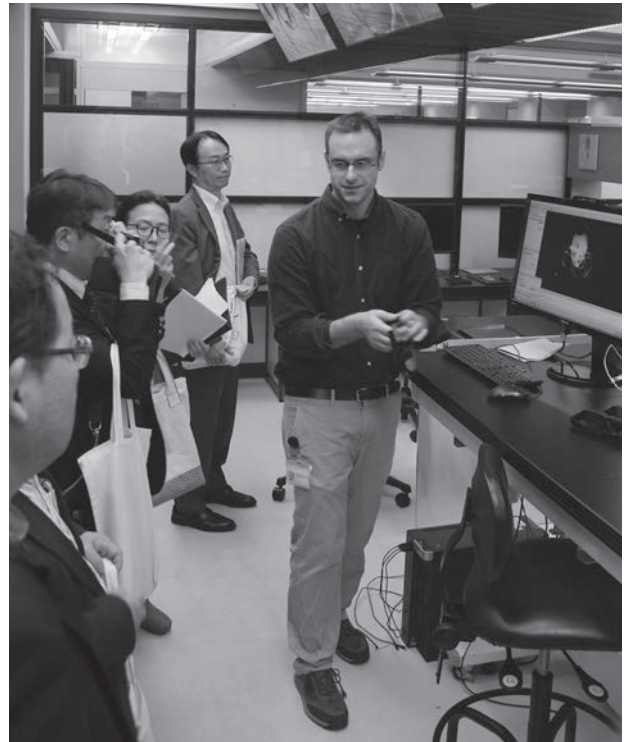
科学的知識を再生に生かす佐藤教授



## ■陸上生態系も

OISTは陸域の環境調査「OKEON（沖縄環境モニタリングネットワーク）美ら森プロジェクト」も展開している。本島の計24カ所を調査区域とし、昆虫類などの各種データを収集している。昆虫類は種類や数が多く、陸上生態系の主要構成要素であるため、環境を測る指標になる。収集したデータは遺伝子解析情報や地理情報などと合わせて最新の生物多様性や保全の研究に役立てている。

リーダーのエヴァン・エコノモ准教授は遺伝子解析やX線CTスキャナーを用いてアリの進化を研究している。沖縄のアリについては「アフリカや南米からの外来種が多い」とした上で、「集めた標本は将来、地元の博物館に寄贈したい」と笑顔をみせる。



アリの進化を研究するエコノモ准教授

## 再生可能エネルギー

### ■低炭素島しょ社会

沖縄県は“再生可能エネルギーの地産地消費の地域づくり”を掲げ、石炭や石油などの化石燃料に依存したエネルギー供給状況からの脱却

に挑戦している。数値目標は2030年に再生エネルギー比率30%（本島20%、離島100%）。エネルギー・マネジメント・システム（EMS）を活用して再生エネ導入を拡大する「スマートエネルギーアイランド基盤構築事業」などを展開し、低炭素



海洋温度差発電プラント（県提供）

島しょ社会の実現を目指している。

再生エネの中でもユニークなのは、久米島の海洋温度差発電。沖縄の表層海水と深層海水の温度差は年間平均15 - 20℃で、この差を利用してタービン発電機を稼働する。最大出力50kWの設備で実証中。導入ポテンシャルは離岸30km以内で279万7000kWと、沖縄の発電設備容量の全てをカバーできる力を秘めている。

深層海水の利用は発電だけではない。県商工労働部産業政策課産業基盤班の笠原宗一郎班長は「ウイルスフリーで、ミネラルも豊富なため、車エビ養殖などの水産業、食品・飲料・医療な



再生エネ比率30%に（県庁）

どの産業に利用できる。発電から産業利用までの“久米島モデル”をつくりたい」と期待を寄せる。

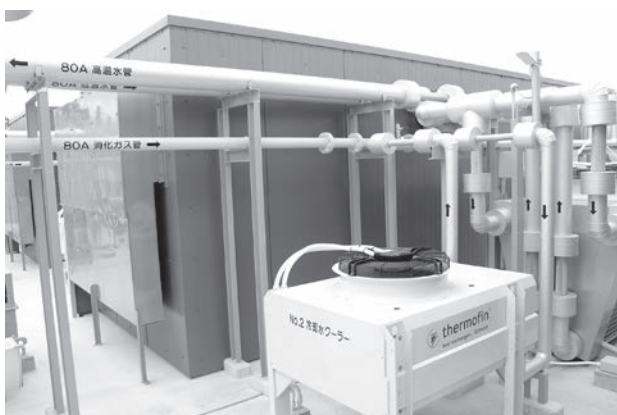
### ■沖縄仕様

バイオマス発電も推し進めている。宜野湾市、沖縄市、浦添市をはじめとする3市2町2村の下水集約処理をしている流域下水道施設の宜野湾浄化センターで、沖縄県で初の官民連携による消化ガス発電事業が10月に始まった。下水汚泥の発酵処理で発生する消化ガスを燃料とし、発電能力365kWのガスエンジン4台で年間約640万kWh（一般家庭の約1800世帯分）を発電できる。

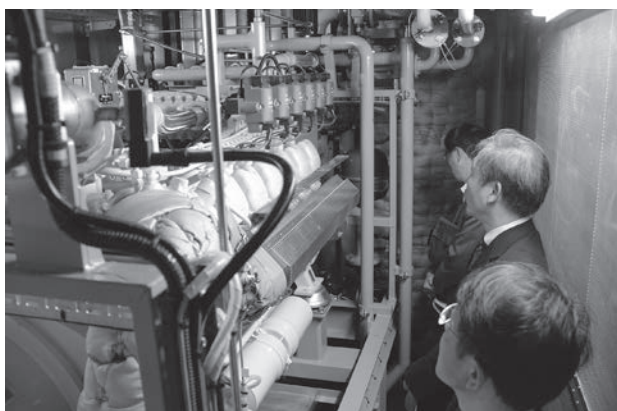
発電事業は東芝など県内外5社で構成する特別目的会社（SPC）「かりゆしバイオマスパワー」

が手がける。電気は再生可能エネルギー固定価格買い取り制度で電力会社に売電する。一方、沖縄県は消化ガス販売などで得た収入を下水道設備の維持管理に充てる。

発電プラントは“沖縄仕様”。「台風対策として前処理装置などの高さを要する機器はステンレス製ワイヤで振止めを設けている。消化ガス発電ユニットには吸気ダクトに塩害フィルターを採用し、沖縄の気候に配慮した構造としている」（担当者）。ガスエンジンの排熱で汚泥を加温するコージェネレーションも導入している。



下水汚泥の消化ガスが燃料



発電能力365kWのガスエンジン

### ■DC送配電網

OISTは再生エネを活用した直流（DC）送配電網「DCマイクログリッド」のプロジェクトをソニーコンピュータサイエンス研究所とともに展開している。太陽光パネルと蓄電池で構成する蓄電システムを教員宿舎に設置し、専用の



DC 電力線と通信線で相互接続して住戸間で電力融通する。インフラが整っていない離島や途上国の電力需要に応えるサステナブル（持続可能）な DC オープンエネルギーシステム（DCOES）として提案する。

プロジェクトの一環として高温多湿の蒸暑地で快適に暮らせる家づくりも始動した。ミサワホーム総合研究所と連携し、屋根に設置した太陽光パネルの裏面で暖まった空気の熱で室内除湿用の乾燥剤を再生する「カスケードソーラー

システム」のほか、天井や壁の内側に冷水を流して冷却する放射冷房システムを実証する。

実験棟にはピューズ（東京都千代田区）の交換式バッテリーの電気自動車（EV）、充電ステーションも設置した。DC の電力を交換式バッテリーに蓄えて EV に供給する管理システムも開発する。また DCOES との融合を視野に入れ、実験棟の DC コンセントで宅内 DC 給電システムの課題を抽出する。17 年度は貯水タンクを設置し、循環型雨水利用システムを研究する。



蒸暑地向け住宅の実験棟

## リサイクル

### ■廃ガラス発泡資材に

捨てればゴミ、活かせば資源。トリム（那覇市）は廃ガラスを原料にした多孔質軽量発泡資材「スーパーソル」を手がけている。最大の



用途に応じた比重・吸水率に加工できる「スーパーソル」

特徴は、とても軽量で多孔質であること。透水・保水性に優れているほか、無機鉱物性で環境にもやさしい。土木、農業、緑化といったさまざまな用途で採用が広がっている。手にとった会員は「すごく軽い。これなら作業負担が減る」と驚いていた。

再資源化プラントは、色や形状の異なるガラスを破碎後、粉状にして独自の発泡添加材と混合攪拌（かくはん）し、700 - 900℃で焼成する工程を自動化している。焼成時間・温度を制御し、用途に応じた比重や吸水率に加工できる。

スーパーソルの大型案件に対応するため、「ガラス発泡資材事業協同組合」を全国規模で運営している。

## 電気推進船

### ■騒音・振動なく快適

石垣島離島ターミナルにひときわ目を引く船が停泊している。バンダイナムコグループのベンチャー企業、VIBE（東京都中央区）の電気推進船「vibes one」だ。

近未来的な船体デザインはアニメーション「機動戦士ガンダム U.C.0096 ラスト・サン」のメカニックデザイナーである石渡マコト氏が手がけた。

離島ターミナルの屋上に設置した太陽光発電で充電する。船体をアルミニウム合金製にして軽量化してお



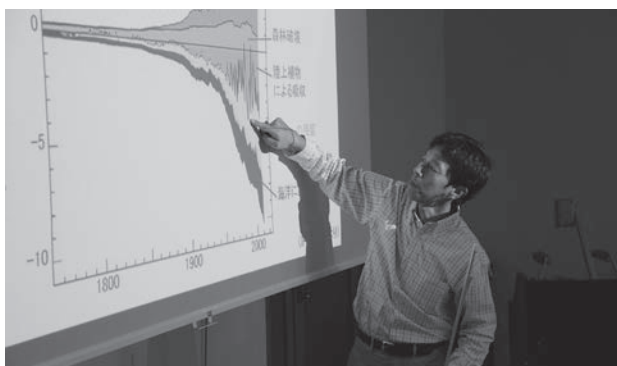
速力8ktで2時間運航できる

## 大気観測

### ■CO<sub>2</sub>完全自動測定

日本最南端の有人島である波照間島に、国立環境研究所の「地球環境モニタリングステーション」がある。鉄塔上部の地上36.5mの採取口から大気を引き込み、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の濃度などを完全自動測定している。

波照間島は植物活動や人為的な影響を受けにくく、東アジア地域の代表的な大気環境の測定に適している。地球環境センター大気・海洋モニタリング推進室の町田敏暢室長は「CO<sub>2</sub>やフロン類の濃度を測定すると、夏場は太平洋の高



大陸の風の影響が大きいと町田室長

り、速力8ktで約2時間運航できる。モーター駆動のため、エンジンの振動や騒音がなく、快適に過ごせる。旅客定員32人。

気圧に覆われるため緯度が近いハワイと同じだが、冬場は大陸からの風の影響を受けてハワイよりも高くなる」などと実例を挙げた。大気データの把握は、環境対策だけではなく、国際的な議論の場でも重要になる。



地球環境モニタリングステーション（国環研提供）



## 第2回 環境フィールドワーク

### 産学官で育てる水素産業

「福岡県」

全国有数の“水素先進県”として知られる福岡県を2017年3月10日に視察した。産学官連携組織「福岡水素エネルギー戦略会議」が先導し、研究開発から社会実証、インフラ整備、人材育成までの多面的な施策を講じ、水素産業を育てている。

#### 福岡県

##### ■先端の社会実証

福岡水素エネルギー戦略会議は2004年に設立された。現在、福岡県、福岡市、新日鉄住金やトヨタ自動車、九州大学などの797企業・機関が参加している。県商工部新産業振興課の牛島英典課長は「水素は世界のエネルギー問題や環境問題を解決するためのカギ」とした上で、「戦略会議の活動などにより、関連製品の開発が活発化しつつある。ゴムが盛んな久留米では産官学で高圧水素に対応したパッキンを開発した。



県庁をはじめ、県内10カ所に水素ステーションが整備されている。

地域特性も反映し、水素産業が育ってきた」と笑顔をみせた。

研究開発は九州大学の「水素エネルギー国際研究センター」「水素材料先端科学研究センター」「次世代燃料電池産学連携研究センター」「カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所」を核として世界最先端の拠点網を形成。国内外の研究者が集結し、さまざまな成果をあげている。

例えば水素ステーション向けの有望な高強度金属である「SUH660」の120℃までの水素耐性データを提供。これを受け、16年にJIS規格が改正され、高圧ガス保安法の例示基準による利用範囲が拡大した。これからも機器やシステムの小型・軽量化、低コスト化につながる技術的な裏付けを与えることが期待される。

製品化には性能評価が欠かせない。これを担っているのが、09年に設立した「水素エネルギー製品研究試験センター」だ。高圧水素試験、液圧サイクル試験、破裂試験、膨張量測定などの各種試験に対応できる。

14年にCRADLE棟が完成し、小型部品から大型容器までの試験体制が整った。渡邊正五理事長は「16年度は300件を超える試験依頼を受けた」と胸を張る。

今回は破裂試験室などを視察。高圧水素容器を破裂させると厚さ1cmの鉄製の衝撃緩和用カバーがひしゃげ、穴が空くほどの衝撃がある。容器の形状もすさまじく、驚く参加者に、村上盛喜理事は「危ないと思うでしょうが、そうで

はありません。容器が設計通りの性能であることを確認できた“美しい破裂”です」とユーモアを交えて説明した。

県は家庭用燃料電池を集中設置した「福岡水素タウン」、製鉄所で発生した水素をパイプラインで市街地に供給する「北九州水素タウン」、燃料電池車（FCV）や燃料電池バスの走行などのさまざまな実証を実施してきた。

16年度は再生可能エネルギー由来水素の利活用の実証で、トヨタ自動車九州の宮田工場（宮若市）に水素サプライチェーンの産業モデルを構築し、運用を始めた。

トヨタ自動車九州が水素利活用システムの運用・保守、豊田通商が事業管理、九電テクノシステムズが再生エネ利用最適化システムを担当。太陽光発電の電力で水を電気分解して水素を製造し、燃料電池フォークリフトで利用している。17年度は純水素型の定置用燃料電池を設置し、展示施設の照明などに利用する計画だ。

トヨタ自動車九州経営企画部の古川智裕主査は「エネルギーマネジメントシステム（EMS）を導入し、環境性や採算性などを評価する。この事業がモデルとなり、水素の利用拡大と地域の再生エネ導入促進につながるとうれしい。今後も宮田工場に水素のアプリケーションを積極的に導入し、情報発信拠点として貢献したい」と目を輝かせた。

またトヨタ自動車環境部の水谷英司主査は「トヨタ環境チャレンジ2050を掲げている。新車の走行時の平均二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量を10年比で90%削減する。再生エネと水素の活用などによる工場のCO<sub>2</sub>排出ゼロも目指しており、20年からFCV生産ラインで導入に向けた実証を始める。トヨタグループは全国で地域と連携し、水素活用モデルに取り組んでいる。これらの成果を生かし、街づくりへと活用のすそ野を広げたい。仲間をつくり、一緒に水素社会を目指したい」と力強かった。



破裂試験室（下、水素エネルギー研究試験センター提供）で300Mpa級水圧破裂試験をした容器。



## 福岡市

### ■下水の消化ガスで製造

福岡市には水素ステーションが4カ所にある。中でもユニークなのは、下水処理時に発生する消化ガスを原料とした世界初の水素ステーションだ。「福岡市水素リーダー都市プロジェクト」で、市、三菱化工機、豊田通商、九州大学が連携し、中部水処理センターに整備した。

消化ガスの成分はメタンガスと二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)。メタンと水蒸気を反応させて水素を製造し、CO<sub>2</sub>の一部は野菜のハウス栽培向けに供給する。製造量は1日当たり3300m<sup>3</sup>で、燃料電池車(FCV)65台分に相当する。

経済観光文化局創業・立地推進部エネルギー・環境産業振興課の立花澄人水素エネルギー係長は「下水処理場には日々、安定的に水素の原料が集まる。エネルギー需要地にも近い。それだけにエネルギーの地産地消に適している」と強調した。

また、市は16年度に山口大学、正興電機製作所、日本下水道事業団の共同研究体に下水処理

水と濃縮海水を提供し、「下水処理水と海水の塩分濃度差を利用した水素製造システムの実証」を支援した。共同研究体は水素の発生量や純度などを検証し、30年までの実用化を目指している。下水処理場での水素製造の新たな可能性が芽を出しつつある。



下水処理時の消化ガスを炭酸ガス分離膜モジュールでメタンガスとCO<sub>2</sub>に分離し、小型オンサイト水素製造装置、100Mpa級水素圧縮機、蓄圧器を経て高圧水素ガスディスペンサーに供給する。82Mpaの高圧充填に対応できる。

## 九州大学



佐々木一成副学長(水素エネルギー国際研究センター長、次世代燃料電池産学連携研究センター長)

### ■ SOFC 超高効率化 限界に挑戦

九州大学は早くから水素エネルギー研究に大学を挙げて取り組んできた。2004年に「水素利用技術研究センター」(現水素エネルギー国際研究センター)を発足させ、06年に産業技術総合研究所の「水素材料先端科学研究センター」(13年に九大に移管)が設置されたのをはじめ、続々と研究機関が集まった。大学院に水素エネルギーシステム専攻も置いた。基盤研究から技術実証、社会実装まで一体的に実施する態勢が整っている。実験研究スペースは約1万5000m<sup>2</sup>で、水素エネルギー分野では世界でも圧倒的だと自負している。

13年に「次世代燃料電池産学連携研究センター」を開設した。固体酸化物形燃料電池

(SOFC)に関する世界初の集中研究所だ。企業ラボがあり、材料メーカーなど20社弱が入居している。燃料電池のさまざまな用途を考えると、一つの方向が大型化だ。とりわけ、SOFCは工場や発電所などでの利用が見込まれる。

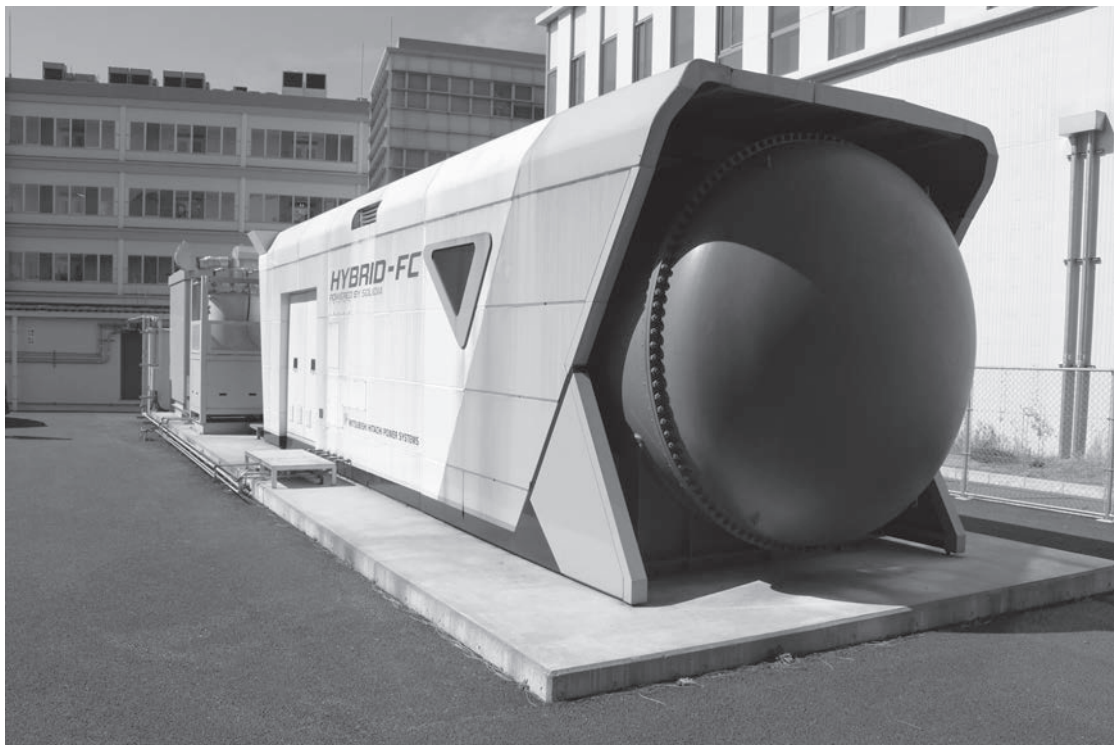
九大はSOFCとマイクロガスタービンを組み合わせた出力250kW級の加圧型複合発電システム（発電効率55%）を3年前に設置し、1万時間の運転実証に成功。劣化メカニズムの解析などにより、長寿命化に役立つ成果を得ている。

これからの研究課題の一つが超高効率化への挑戦。SOFCの発電効率は現在、50%台だが、燃料電池の多段化と水素イオン伝導体の採用によって理論的には81.6%もの超高効率発電が可能だということが分かった。世界最高効率を目

指し、実証していく。限界に挑戦することが大学の使命といえる。

また再生エネ水素用の水電解触媒も開発中だ。水素は再生エネで発電した電気を貯蔵する媒体として期待されている。だが再生エネは出力変動が激しく、触媒の劣化が課題だった。そこで構造変化について研究し、劣化要因などを解明。通常の水電解用イリジウム触媒微粒子は径 $1\mu\text{m}$  - 数 $\mu\text{m}$  ( $\mu$ は100万分の1)だが、これを $1\text{nm}$  - 数 $\text{nm}$  ( $n$ は10億分の1)に微細化した。長寿命化のほか、高価なイリジウムの使用量を劇的に減らせるため、低コスト化を図れる。

水素は社会や産業、エネルギービジネスの姿を変える可能性を秘める。低炭素・水素社会に向けて継続的に取り組む。



250kW級の加圧型複合発電システムは円筒横縞タイプのセルスタック数百本を一つのカートリッジとし、八つのカートリッジを圧力容器に収容した燃料電池、マイクロガスタービン、補機ユニットで構成。セルスタックで都市ガスを改質して水素や一酸化炭素とし、空気中の酸素と反応させて発電する。また排ガスでマイクロガスタービンを回して発電する。三菱日立パワーシステムズ製で、マイクロガスタービンはトヨタタービンアンドシステムが手掛けた。

座長	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
学界委員	加藤 三郎	認定NPO 法人環境文明 21 共同代表
	中上 英俊	(株)住環境計画研究所会長
産業界委員	出村 公明	旭化成(株) 環境安全・品質保証部部長 理事
	鷺尾 修司	大阪ガス(株) CSR・環境部長
	坂本 秀一	住友ゴム工業(株) 安全環境管理部長
	中山寿美枝	電源開発(株) 経営企画部審議役
	実平 喜好	(株)東芝 理事 環境推進室長
	根本 恵司	トヨタ自動車(株) 環境部部長
	鈴木 裕治	日本製紙(株) 技術本部環境安全部長
	堀ノ内 力	日本電気(株) 品質推進本部長代理兼環境推進部長
	名倉 誠	パナソニック(株) 品質・環境本部品質・環境渉外総括
	森永 啓詩	ブリヂストン(株) CSR・環境・品質経営企画本部フェロー
	坂内 隆	本田技研工業(株) 環境安全企画室室長
	菊地美佐子	三井物産(株) 環境・社会貢献部長
本社委員	長野 光博	日刊工業新聞社 取締役本社編集局長

(敬称略、順不同)



GREEN FORUM 21

# 2015年度 活動報告紙面



# 燃料電池自動車MIRAIの 開発と普及に向けて

トヨタ自動車 製品企画本部  
チーフエンジニア  
田中 義和氏



燃料電池自動車(MIRAI)の開発と普及に向けて、トヨタ自動車は、製品企画本部のチーフエンジニアとして、田中義和氏が活躍しています。

## ■パワーアップ

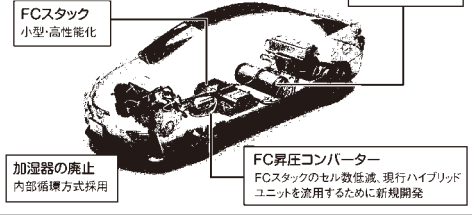
燃料電池自動車(FCEV)の状態は、従来のガソリン車と異なり、化学反応によって生成した水素と酸素が反応して電気を発生させ、モーターを駆動します。MIRAIは約4.3リットルを充電し、航続距離は1000キロメートルに達します。MIRAIは、ガソリン車を駆動させるよりも、約2倍のエネルギーを必要としますが、そのエネルギー密度はガソリンの約3倍です。MIRAIは、ガソリン車を駆動させるよりも、約2倍のエネルギーを必要としますが、そのエネルギー密度はガソリンの約3倍です。

## 次の100年のフロンティア

MIRAIは次の100年のフロンティアを開拓する鍵となる。MIRAIは、ガソリン車を駆動させるよりも、約2倍のエネルギーを必要としますが、そのエネルギー密度はガソリンの約3倍です。MIRAIは、ガソリン車を駆動させるよりも、約2倍のエネルギーを必要としますが、そのエネルギー密度はガソリンの約3倍です。

## トヨタフューエルセルシステム(TFCS)

FCシステムコスト: 材料使用量の削減、部品数削減、生産品の流用等により、2008年型比20分の1以下  
FCシステム規格: セタンに搭載可能なまでに小型化



高圧水素タンク  
・水素貯蔵性能向上  
・本数削減(4→2本)

FCスタック  
小型・高性能化

加湿器の廃止  
内部循環方式採用

FC昇圧コンバーター  
FCスタックのセル数低減、現行ハイブリッドユニットを流用するために新規開発



燃料電池自動車(MIRAI)の安全性を確保できる不安招かない規制を

## 安全性は確保できる 不安招かない規制を



燃料電池自動車(MIRAI)の安全性を確保できる不安招かない規制を。MIRAIは、ガソリン車を駆動させるよりも、約2倍のエネルギーを必要としますが、そのエネルギー密度はガソリンの約3倍です。MIRAIは、ガソリン車を駆動させるよりも、約2倍のエネルギーを必要としますが、そのエネルギー密度はガソリンの約3倍です。

燃料電池自動車(MIRAI)の安全性を確保できる不安招かない規制を。MIRAIは、ガソリン車を駆動させるよりも、約2倍のエネルギーを必要としますが、そのエネルギー密度はガソリンの約3倍です。MIRAIは、ガソリン車を駆動させるよりも、約2倍のエネルギーを必要としますが、そのエネルギー密度はガソリンの約3倍です。

## 15年度委員 (敬称略)

座長	地球環境産業技術研究機構 理事長 東京大学 名誉教授 李 臨一
産業界委員	日本製紙 技術本部環境安全部長 鈴木 裕治
学界委員	環境文財21 共同代表 加藤 三郎
産業界委員	日本電気 品質推進本部長代理 環境推進部長 堀内 力
産業界委員	住友化学 環境計画研究所 会長 中上 英俊
産業界委員	パナソニック 環境・品質センター 環境・品質渉外室室長 名倉 誠
産業界委員	旭化成 環境安全部長 理事 落合 信賢
産業界委員	大阪ガス CSR・環境部長 堀尾 修司
産業界委員	住友ゴム工業 安全環境管理部長兼 CSR推進室室長 百崎 真一
産業界委員	三井物産 環境・社会貢献部長 菊地 佐子
本社委員	本田技研工業 環境安全企画室室長 坂内 隆
本社委員	日刊工業新聞社 取締役 本社編集局長 竹本 祐介
資源・循環技術委員会委員	グリーンフューチャーズ 社長 吉田 敏史

## 気候変動の緩和と適応 新環境経営の時代に

気候変動の影響が深刻化する中、温室効果ガス排出を削減する緩和策、防災などの適応策の強化が不可欠です。「グリーンフォーラム21」は産学官の知見を生かし、新たな環境経営の時代を拓きます。

旭化成/NEC/NTT/大阪ガス/Jパワー/住友ゴム工業/東芝/トヨタ自動車  
日本製紙/パナソニック/プリズトン/ホンダ/三井物産 (2015年度 会員企業)

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: 03-5644-7117 FAX: 03-5644-7294

# どうつくり、どう運ぶ これからの水素社会



日刊工業新聞社が主催する「グリーンフォーラム」は、21(金)第1産業技術研究機構理事(長)は、2015年度の第1回特別

研究会(以下「本研究会」)を、7月6日(東京・徳洲会館)で開く。横濱国立大学大学院工学研究科名譽教授 太田 健一郎氏が、水素の製造から輸送、貯蔵、利用までの全過程を解説し、水素社会の構築に向けて議論が展開する。

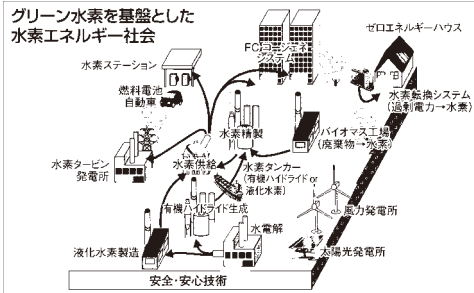
## グリーン水素社会に向けて その意義と課題

横濱国立大学大学院工学研究科名譽教授 太田 健一郎氏



再生可能エネルギーから製造された水素は、水素キャリアとして輸送され、最終的に燃料電池や内燃機関で発電・駆動される。水素キャリアには、水素キャリアとして輸送され、最終的に燃料電池や内燃機関で発電・駆動される。

再生可能エネルギーを利用して製造された水素は、水素キャリアとして輸送され、最終的に燃料電池や内燃機関で発電・駆動される。水素キャリアには、水素キャリアとして輸送され、最終的に燃料電池や内燃機関で発電・駆動される。



## アルカリ水電解法が有力

アルカリ水電解法は、再生可能エネルギーから製造された水素を効率的に生産するための有力な方法と見られている。この方法は、水電解槽を用いて水を分解し、水素と酸素を生成する。

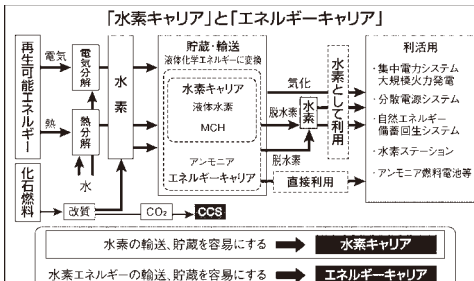
## 水素社会を拓く エネルギーキャリア

内閣府SIP「エネルギーキャリア」サブプログラムディレクター(住友化学理事) 塩沢 文朗氏



再生可能エネルギーから製造された水素は、水素キャリアとして輸送され、最終的に燃料電池や内燃機関で発電・駆動される。水素キャリアには、水素キャリアとして輸送され、最終的に燃料電池や内燃機関で発電・駆動される。

再生可能エネルギーから製造された水素は、水素キャリアとして輸送され、最終的に燃料電池や内燃機関で発電・駆動される。水素キャリアには、水素キャリアとして輸送され、最終的に燃料電池や内燃機関で発電・駆動される。



## 再生エネの大量導入手段

再生可能エネルギーの大量導入を実現するための重要な手段として、水素キャリアが注目されている。水素キャリアは、再生可能エネルギーから製造された水素を効率的に輸送するための有効な手段と見られている。

### 2015年度 経営者「環境力」大賞

応募締切 2015年11月30日(月)

主催: 環境NPO法人 環境文明21 日刊工業新聞社

協賛: カネコ工業株式会社、カナパパッケージ株式会社、株式会社スーパーホテル、西武信用金庫、公益財団法人損保ジャパン日本興亜環境財団、株式会社高特、株式会社トヘ商事、株式会社はくはく、武州工業株式会社、リマテックホールディングス株式会社(50音順)

「環境力」のある中堅・中小企業経営者を表彰します。環境への独自の取り組みを通して環境負荷を低減し、コスト削減や効率向上に資するとともに、働く人の意識を高めつつ、事業の持続性を強化する経営力を「環境力」と定義しています。

表彰 大賞(数件、表彰状) 応募資格 全国の中堅・中小企業経営者(業種・業態を問わない) 応募方法 応募申請書、自己評価シートなどの規定用紙を環境文明21のホームページから入手し、記入の上、事務局に提出。 審査 選考委員会により厳正に審査し、受賞者を決定します。書類選考通過者に対して審査員がヒアリングします。

受賞者は2016年1月下旬に環境文明21のホームページ、日刊工業新聞紙上で発表します。表彰式は都内で2月下旬に開催します。受賞者に環境経営に関する体験、実績、考えなどを発表していただき、共有する場になります。

これまでの受賞者		
2008年度(平成20年度) 第1回	2011年度(平成23年度) 第4回	2013年度(平成25年度) 第6回
相生 義雄 株式会社伊豆電機工業社	石坂 典子 石塚産業株式会社	池田 治子 株式会社エコトラック
小川 繁 株式会社ナガノエレクトロニクス	高合 真嗣 西武信用金庫	石川 武 三共粉体株式会社
高橋 勇雄 株式会社高特	川本 義典 株式会社カンサイ	尾崎 俊世 アースラボ株式会社
田中 正敏 近畿信用金庫株式会社	岸部 正 株式会社トヘ商事	小坂 和久 株式会社はくはく
藤田 和夫 株式会社大井倉守衛会/NGO大井倉守衛会	松原 幸一 株式会社ツヨキサイクル	林 英夫 武州工業株式会社
向山 尚史 向山産業株式会社		野田 昂一 株式会社ワエルシ
坂田 弘明 大和信用金庫		
2009年度(平成21年度) 第2回	2012年度(平成24年度) 第5回	2014年度(平成26年度) 第7回
原嶋 英隆 NECキヤビタソリューション株式会社	大川 昌郎 株式会社大川印刷	金川 文雄 三井物産株式会社
岡田 綾子 株式会社クレア	金野 英一 カナパパッケージ株式会社	大久保 雅生 株式会社西日本ファーム
田中 裕 田中建材株式会社	近藤 英介 新和環境株式会社	谷 学 株式会社アキテック
切谷 博 株式会社白岡	グリーンブル株式会社	大嶋 康之 株式会社神のエネルギー研究所
森 健司 株式会社白岡	野老 昌理子 大塚総合管理株式会社	小坂 和久 株式会社はくはく
山本 栄介 株式会社スーパーホテル	東海 聖 東海サービスエンジニアリング株式会社	大塚 龍夫 株式会社このん
	山崎 淳彦 株式会社山崎	横井 潤司 株式会社このん
	金子 正平 カネコ工業株式会社(奨励賞)	白石 邦史 福島ミドリ安全株式会社
	日野 繁 株式会社サンテック(奨励賞)	

本賞の趣旨に賛同、支援して下さる協賛者の方々を広く募集しております。協賛者の方々も環境文明21ホームページや郵送などでご紹介させていただきます。また寄附も承っております。協賛・寄附に関するお問い合わせは事務局まで。

問い合わせ先 日刊工業新聞社 環境文明21事務局 〒145-0071 東京都大田区田圃浜布2-24-23-301 Tel: 03-6483-8455 Fax: 03-6483-8755 E-mail: info@kanbun.org





# 再生エネ大量導入

## 再生可能エネルギーの統合拡大に向けた需給調整力（フレキシビリティ）確保への取り組みの方向性と課題

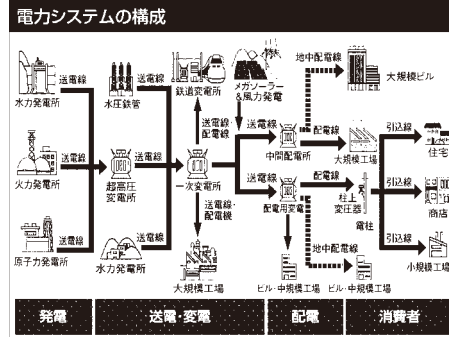
東京電力 常務執行役 経営技術戦略研究所長  
**岡本 浩氏**



再生可能エネルギーの大量導入は、電力システムに大きな影響を及ぼす。これに伴って、電力システム全体の信頼性を確保し、電力供給の安定性を維持するための対策が求められる。また、再生可能エネルギーの出力変動に対応するためには、柔軟な需給調整力（フレキシビリティ）の確保が不可欠である。本稿では、再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力システムへの影響と、それを緩和するための対策について、東京電力の常務執行役 経営技術戦略研究所長 岡本浩氏が語る。

## 広域化で影響抑える

電力システムの信頼性を確保し、再生可能エネルギーの大量導入に対応するためには、電力供給の安定性を維持するための対策が求められる。また、再生可能エネルギーの出力変動に対応するためには、柔軟な需給調整力（フレキシビリティ）の確保が不可欠である。本稿では、再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力システムへの影響と、それを緩和するための対策について、東京電力の常務執行役 経営技術戦略研究所長 岡本浩氏が語る。



グリーンフォーラム21 議長 **茅陽一氏**

グリーンフォーラム21議長 茅陽一氏は、再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力システムへの影響と、それを緩和するための対策について、以下のように語る。

## 意見交換

加藤三郎学長は「再生可能エネルギーの大量導入は、電力システムに大きな影響を及ぼす。これに伴って、電力システム全体の信頼性を確保し、電力供給の安定性を維持するための対策が求められる。また、再生可能エネルギーの出力変動に対応するためには、柔軟な需給調整力（フレキシビリティ）の確保が不可欠である。本稿では、再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力システムへの影響と、それを緩和するための対策について、東京電力の常務執行役 経営技術戦略研究所長 岡本浩氏が語る。」と述べた。



環境文明21共同代表 **加藤三郎氏**



住環境計画研究所会長 **中上英俊氏**

## エネ政策改善の余地

再生可能エネルギーの大量導入は、電力システムに大きな影響を及ぼす。これに伴って、電力システム全体の信頼性を確保し、電力供給の安定性を維持するための対策が求められる。また、再生可能エネルギーの出力変動に対応するためには、柔軟な需給調整力（フレキシビリティ）の確保が不可欠である。本稿では、再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力システムへの影響と、それを緩和するための対策について、東京電力の常務執行役 経営技術戦略研究所長 岡本浩氏が語る。



## 気候変動の緩和と適応 新環境経営の時代に

気候変動の影響が深刻化する中、温室効果ガス排出を削減する緩和策、防災などの適応策の強化が不可欠です。「グリーンフォーラム21」は産学官の知見を生かし、新たな環境経営の時代を拓きます。

旭化成/NEC/NTT/大阪ガス/Jパワー/住友化学工業/東芝/トヨタ自動車  
 日本製紙/パナソニック/プリズコム/ホンダ/三井物産 (2015年度 会員企業)



高山植物の女王「コマクサ」（撮影地：南八ヶ岳）

# 諸制度見直し急げ

## グリーンフォーラム21 事例研究会

日刊工業新聞社が主催する環境研究会「グリーンフォーラム21」(券種一席長一地球環境産業技術研究機構理事長)は10月13日、「再生可能エネルギーの開発」をテーマに2015年度の第2回事例研究会を開いた。賦課金や電力系統などの課題と解決策、導入先進国であるドイツの政策について議論した。

### 再生可能エネルギーをめぐる対策と課題について



経済産業省・資源エネルギー庁 新エネルギー政策課長 松山 泰浩氏

■3つの課題 「再生可能エネルギー」の普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。再生可能エネルギーの普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。再生可能エネルギーの普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。

■3つの課題 「再生可能エネルギー」の普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。再生可能エネルギーの普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。再生可能エネルギーの普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。

### 太陽光を低コスト化

### ドイツの再生可能エネルギー大量導入政策の現状と我が国への示唆



電力中央研究所 社会経済研究所主任研究員 朝野 賢司氏

■世界最高水準 太陽光発電の導入量は、ドイツが世界最高水準である。再生可能エネルギーの普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。

■火力の件も 再生可能エネルギーの普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。再生可能エネルギーの普及には、再生可能エネルギーの自然な成長を促すことが必要である。

### ドイツの轍を踏むな

15年度の賦課金単価

	14年度における想定	15年度における想定	主な要因
買取費用	9000 億円	1兆 6370 億円	・住宅用太陽光の導入量の拡大・稼働率の向上による買取電力量の増加 ・14年度までに見込みを上回って導入が進んだことによる増加分
回送可能費用	2480 億円	5148 億円	・買取電力量の増加 ・見直し後の単価の適用拡大
費用負担調整機関連事務費	2.7 億円	2.7 億円	-
販売電力	8670 億 kWh	8366 億 kWh	・前年の販売電力増加分から、近年の減少傾向を踏まえて算出

12年度 13年度 14年度 15年度

収支の当期見込み(賦課金総額)	1306 億円	3269 億円	6520 億円	1兆 3222 億円
賦課金単価(標準家庭月額)	0.22 円/kWh (66 円/月)	0.35 円/kWh (105 円/月)	0.75 円/kWh (225 円/月)	1.58 円/kWh (474 円/月)

(注) 旧制度(余剰太陽光買取制度)の付加金を含んでいない

FIT型からFIP型/FIT-CFD型への移行

**FIT型**

卸電力市場の価格変動リスクを担わない

再生エネルギー事業者は、定められた価格で第三者に売却  
→第三者は必要に応じて、卸電力市場で取引

**FIP型**

卸電力市場の価格変動リスクを受ける

再生エネルギー事業者は、卸電力市場に売却  
→入札で定められた価格と入札額を第三者から受け取る(基準値は入札で決定)

**FIT-CFD型**

卸電力市場の価格変動リスクは限定的

再生エネルギー事業者は、卸電力市場に売却  
→定められた価格との差分を第三者から受け取る(超過分は返還もある)

## 平成28年度 環境賞

主催：国立環境研究所／日刊工業新聞社  
後援：環境省  
<http://www.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昭和49年に創設されました。この42年間にわたり、環境保全や環境の質の向上に貢献すべく、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、身近な生活環境も悪化を続けています。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、広く環境意識の啓発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、活動等が顕著な成果をあげ、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。

- ・低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
- ・その他、環境保全や環境の質の向上に関するもの

●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。  
URL <http://www.nikkan.co.jp/sanken/kankyo/>  
※USBもしくはCD-ROMでの郵送も受け付けます。

●募集締切日  
平成27年12月18日(金)

●発表・表彰  
環境月間(6月)にあわせて日刊工業新聞紙上で発表し、平成28年6月28日(木)に東京都内で表彰式を開きます。

- ・環境大臣賞 1点(表彰状、盾)
- ・優秀賞 1～2点(表彰状、盾)
- ・優良賞 1～2点(表彰状、盾)
- ・奨励賞 必要に応じて(表彰状)

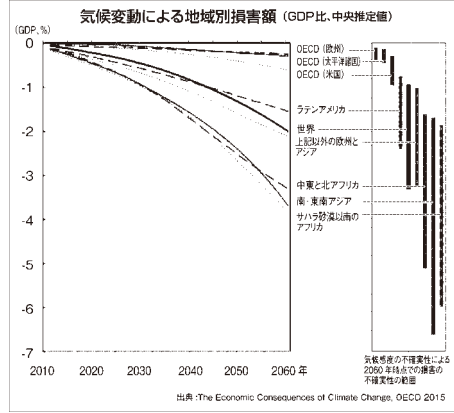
●審査要綱  
・審査期間 平成28年1月中旬～3月下旬  
・審査手順 書類審査、ヒアリング審査、最終審査を経て選考します。  
※ヒアリング審査は平成28年3月4日の予定。





# 「パリ協定」採択 求められる

「パリ協定」の採択が、世界の気候変動対策の分水嶺となる。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。



## 地球環境産業技術研究機構

参与 山口 光恒氏



## パリ合意の持続可能性

## リスクマネジメント重要

パリ協定の採択は、世界の気候変動対策の分水嶺となる。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。

パリ協定の採択は、世界の気候変動対策の分水嶺となる。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。パリ協定が採択されたら、世界の気候変動対策は、これまで以上に加速する。



## CO2排出ゼロを世界共通の目標に



座長 茅陽 一氏

産業界委員 5年以内にCO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。

産業界委員 5年以内にCO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。

産業界委員 5年以内にCO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。

産業界委員 5年以内にCO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。産業界委員は、CO2排出ゼロを世界共通の目標にする。



## 気候変動の緩和と適応 新環境経営の時代に

気候変動の影響が深刻化する中、温室効果ガス排出を削減する緩和策、防災などの適応策の強化が不可欠です。「グリーンフォーラム21」は産学官の知見を生かし、新たな環境経営の時代を拓きます。

- 旭化成 / NEC / NTT / 大阪ガス / Jパワー / 住友ゴム工業 / 東芝 / トヨタ自動車
- 日本製紙 / パナソニック / プリズソン / ホンダ / 三井物産 (2015年度 会員企業)



高山植物の女王「コマクサ」(撮影地: 南八ヶ岳)

# 日本の対応・役割

日刊工業新聞社が主宰するグリーンフォーラム21(学隔一席長一地球環境産業技術研究機構理事)は、2015年度の第3回事例研究会を東京・鹿が岡の霞山会館で2月3日に開いた。テーマは「パリ協定」採択—これからの課題。東京大学公共政策大学院の有馬純教授、地球環境産業技術研究機構の山口光恒参与が登壇し、革新技術開発の必要性などを説いた。

グリーンフォーラム21  
第3回事例研究会

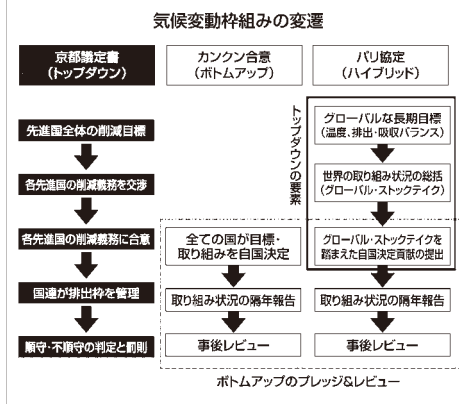
## COP21の結果と日本の対応



東京大学公共政策大学院  
教授 有馬 純氏

ハイブリッド  
気候変動の仕組みの変遷を辿ると、京都議定書はトランプの温室効果ガス削減目標があり、達成できないと判断があった。また、カンクン合意(COP16)は国が削減目標を決め、事後レビューをするポトムアップだった。

パリ協定はトランプとポトムアップのハイブリッド。国が削減目標を決め、事後レビューをするポトムアップだった。50年以降の削減目標は、50年以降の削減目標を定める。事後レビューをするポトムアップだった。



## 有志連合で革新技術開発

有志連合で革新技術開発  
有志連合で革新技術開発  
有志連合で革新技術開発  
有志連合で革新技術開発

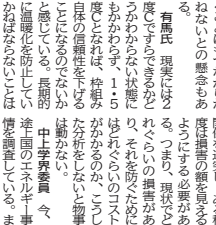
有志連合で革新技術開発  
有志連合で革新技術開発  
有志連合で革新技術開発  
有志連合で革新技術開発



加藤 三郎氏  
学術委員 環境文明共同代表

## 産業・エネ構造刷新 覚悟あつての合意

産業・エネ構造刷新 覚悟あつての合意  
産業・エネ構造刷新 覚悟あつての合意  
産業・エネ構造刷新 覚悟あつての合意



加藤 三郎氏  
学術委員 環境文明共同代表

## 先進国とは異なる 途上国シナリオを

先進国とは異なる 途上国シナリオを  
先進国とは異なる 途上国シナリオを  
先進国とは異なる 途上国シナリオを

先進国とは異なる 途上国シナリオを  
先進国とは異なる 途上国シナリオを  
先進国とは異なる 途上国シナリオを

## 意見交換

意見交換  
意見交換  
意見交換  
意見交換

- パリ協定のポイント
- 産業革命前からの世界の温室効果ガス排出量を2050年までに1.5度以内に抑えるよう努力
  - できるだけ早く世界の温室効果ガス排出量を減少に転じさせ、今世紀後半に「温室ゼロ」となるような気候変動目標を目指す
  - 各国に温室効果ガス削減目標の提出と5年ごとの進捗レビュー義務付け。目標は前向きな内容に修正可能
  - 世界全体の排出削減の取り組み状況を5年ごとに検証。最初が2023年12月
  - 先進国は途上国に資金支援する義務を負い、他の国は自主的に支援できる
  - 気候変動の被害を軽減する世界目標を設定
  - 各国は気候変動による「損失と被害」の回避と最小化、対策実施の重要性を認識
  - 世界排出量の55%以上に相当する55カ国以上が批准し、30日で発効
  - 途上国支援で、先進国は20年以降も取り組みを継続し、各国は25年までに1000億ドルを下限とした新しい目標を定めることを協定より高水準の削減目標に明記

学術委員 (地球環境研究所会長)  
中上 英俊氏  
学術委員 (地球環境研究所会長)  
中上 英俊氏

学術委員 (地球環境研究所会長)  
中上 英俊氏  
学術委員 (地球環境研究所会長)  
中上 英俊氏

学術委員 (地球環境研究所会長)  
中上 英俊氏  
学術委員 (地球環境研究所会長)  
中上 英俊氏

学術委員 (地球環境研究所会長)  
中上 英俊氏  
学術委員 (地球環境研究所会長)  
中上 英俊氏

# 第19回 オゾン層保護・地球温暖化防止大賞

<http://biz.nikkan.co.jp/sanken/ozon>

「第19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。

募集期間  
2016年 3月1日(火)~6月10日(金)

- 表彰
- 経済産業大臣賞 (1点)
  - 環境大臣賞 (1点)
  - 優秀賞 (複数)
  - 審査委員会特別賞 (必要に応じて)

主催：日刊工業新聞社  
後援：経済産業省・環境省  
協力：日本気候・環境保全機構



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)の排出削減などを対象として  
①技術開発 ②システム整備 ③普及啓発活動  
④途上国支援 ⑤調査研究活動 など  
※オゾン層破壊物質にはCFCs、HCFCs、ハロン、炭化水素、四酸化窒素等を含む。  
※温室効果ガスは、二酸化炭素を除く代替フロン4ガス(HFC、PFC、SF6、NF3)、メタン(CH4)、一酸化二窒素(N2O)を対象とする。CFC、HFCについては工業製品や工業プロセスに由来するものに限定し、家庭の生産性向上や廃棄物による発酵、廃材の改善、食品廃棄物リサイクル等は対象外とする。

審査方法  
学業経験者から構成する審査委員会が選考する。  
発表と表彰  
2016年8月下旬に日刊工業新聞紙上で発表し、9月8日に東京部内で表彰式を開く。

お問い合わせ  
日刊工業新聞社 日刊工業産業研究所  
TEL 03-5644-7112 FAX 03-5644-7294  
E-mail: sanken-shin@media.nikkan.co.jp





# 電力小売り全面自由化

## 電力市場自由化と総合エネルギー事業の進化に向けた東京ガスの取り組み

東京ガス  
執行役員  
総合企画部長

笹山 晋一 氏

**まず関東圏**  
300万戸に増勢  
各社間競争は「ライ」の争いとなる。既存の供給エリアを確保し、新規エリアへの進出も進められる。関東圏は「ライ」の争いとなる。既存の供給エリアを確保し、新規エリアへの進出も進められる。関東圏は「ライ」の争いとなる。既存の供給エリアを確保し、新規エリアへの進出も進められる。

**顧客の省エネ後押し**  
「電気・ガス・通信」の連携。スマートホームの活用。省エネ機器の普及。スマートホームの活用。省エネ機器の普及。スマートホームの活用。省エネ機器の普及。



「電気・ガス・通信」の連携。スマートホームの活用。省エネ機器の普及。スマートホームの活用。省エネ機器の普及。スマートホームの活用。省エネ機器の普及。

### 意見交換



加藤三郎学界委員 つかもと精吾氏。環境文明共同代表。石炭火力効率化推進。環境政策と整合性を。石炭火力効率化推進。環境政策と整合性を。

## 石炭火力 効率化推進 環境政策と整合性を



茅 座 長



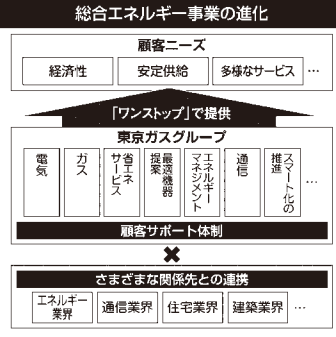
加藤 学界委員



中上 学界委員

中上 学界委員 新規。石炭火力効率化推進。環境政策と整合性を。石炭火力効率化推進。環境政策と整合性を。

「環境文明共同代表。石炭火力効率化推進。環境政策と整合性を。石炭火力効率化推進。環境政策と整合性を。」



## 気候変動の緩和と適応 新環境経営の時代に

気候変動の影響が深刻化する中、温室効果ガス排出を削減する緩和策、防災などの適応策の強化が不可欠です。「グリーンフォーラム21」は産学官の知見を生かし、新たな環境経営の時代を拓きます。

- 旭化成 / NEC / NTT / 大阪ガス / Jパワー / 住友ゴム工業 / 東芝 / トヨタ自動車
- 日本製紙 / パナソニック / プリズティン / ホンダ / 三井物産 (2015年度 会員企業)



# エネ市場どう変わる

## グリーンフォーラム21 第4回事例研究会

日刊工業新聞社が主宰するグリーンフォーラム21(斎藤一彦氏=地球環境産業技術研究機構理事長)は4月4日、2015年度の第4回事例研究会を開いた。「電力小売り全面自由化」を総合テーマとし、産官学の有識者が登壇して電力システム改革の課題などについて議論した。

### 電力分野の小売り全面自由化と低炭素化について

経済産業省  
資源エネルギー庁  
電力基礎整備課課長  
安永 崇伸氏

3つの目的  
電力小売全面自由化は「安定供給を確保する」「電力料金低減を促す」「電力市場の競争を促す」の3つの目的を達成する。また、電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。

### 垣根なくし切磋琢磨

電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。また、電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。



電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。また、電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。

### 電力システム改革と電気事業への影響

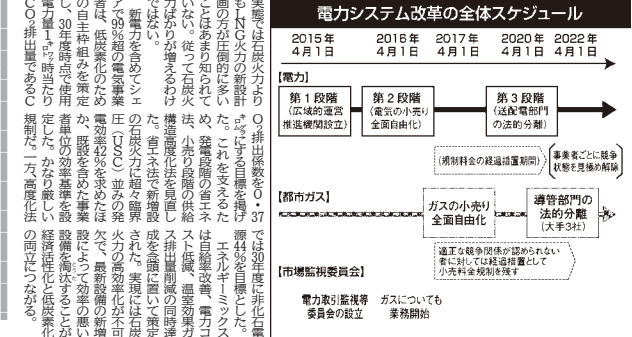
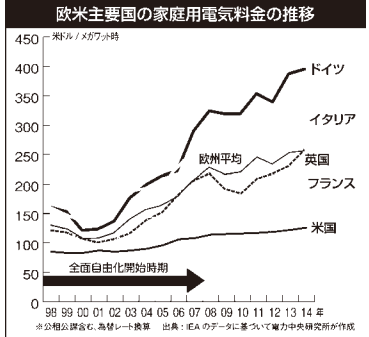
電力中央研究所  
社会経済研究所  
上席研究員  
服部 徹氏

電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。また、電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。

### 欧米は電気料金上昇



電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。また、電力小売全面自由化は、電力市場の競争を促すことで、電力料金の低減を促すことが期待されている。



## 第19回 オゾン層保護・地球温暖化防止大賞

<http://biz.nikkan.co.jp/sanken/ozon>

「第19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因って顕著な功績を取った企業、団体、個人を表彰します。

**募集期間**  
2016年 3月1日(火)~6月10日(金)

**表彰**  
経済産業大臣賞 (1点)  
環境大臣賞 (1点)  
優秀賞 (複数)  
審査委員会特別賞 (必要に応じて)

主催: 日刊工業新聞社  
後援: 経済産業省・環境省  
協力: 日本冷凍・環境保全機構



**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)の排出削減などを対象として  
①技術開発 ②システム整備 ③普及啓発活動  
④売上支援 ⑤調査研究活動 など  
※オゾン層破壊物質にはCFCs、HCFCs、HODs、炭化水素等を含む。  
※温室効果ガスは、二酸化炭素を除く代替フロン等4ガス(HFC、PFC、SF6、NF3)、メタン(CH4)、一酸化二窒素(N2O)を対象とする。CH4、N2Oについては工業製氷や工業プロセスに由来するものに限定し、家庭の生産性向上や廃棄物による発酵、廃棄物の改善、食品廃棄物リサイクル等は対象外とする。

**審査方法**  
学識経験者らで構成する審査委員会が選考する。

**発表と表彰**  
2016年8月下旬に日刊工業新聞紙上で発表し、9月8日に東京都内で表彰式を開く。

**お問い合わせ**  
日刊工業新聞社 日刊工業産業研究所  
TEL 03-5644-7112 FAX 03-5644-7294  
E-mail: sanken-shin@media.nikkan.co.jp



富山市は次世代路面電車(LRT)などの公共交通を核とした「コンパクトなまちづくり(コンパクトシティ政策)」を推進しており、11年に「環境未来都市」に選ばれた。「環境」「超高齢化」「農業・森林・林業」をテーマにした15プロジェクトを展開している。また14年に日本で唯一、国連のS E 4 A 1 1の「エネルギー効率改善都市」にも選ばれている。



富山市環境部環境政策課の関野孝俊課長は講演で、LRTについて「鉄道に比べて平日利用者が約2倍となり、高齢者による日中利用も増えている。沿線の居住を促しており、中心市街地の人口が増加傾向にある。また北陸新幹線の開業を受け、富山駅の高架下で南北を接続する」などと成果をあげた。自転車市民共同利用システム「アヴィレ」、牛岳温泉熱を利用したエゴマ栽培工場といった事業の説明も受け、会員からは収支などに関する質問が相次いだ。

「コンパクトなまちづくり」



日刊工業新聞社が主催する環境研究会「グリーンフォーラム21」(会場「富山県立地球環境産業技術研究機構富山」)は、19日(日)、2015年度の「グリーンフォーラム21」を富山県訪問した。スギマシンの「原力発電所」ロボット工場「環境未来都市」に選ばれている富山市の「小水力発電所」を視察した。

「グリーンフォーラム21」フィールドワーク 富山



「環境未来都市とやま」をゆく



廃炉作業用 多関節ロボ

スギノマシンの早月事業所(滑川市)は、南東に立山連峰を望む自然豊かな場所にある。高見邦英取締役は「もとは雑木林だった。杉野太加良社長は『やみくもに木を切ってはならない』との考えで、環境に配慮して建てられた」とする。生産のみならず、戦略製品を生み出す「頭脳拠点」の位置づけで、新型の超高压水発生装置「Aqua Servo Pump」をはじめ、ロボット

や微粒化装置などを手がけている。ひととき自立つのが高さ60mのテストタワー。ここで東京電力福島第一原子力発電所向け多関節ロボやローラ型除染ロボを開発している。多関節ロボは燃料デブリの取り出しなどの廃炉作業に活用できるようにする計画。水深30mに対応。7軸のため作業範囲が広く、先端ツールを組み換えて多用途で使える。



小水力発電所

富山県は黒部ダム(立山町)をはじめ、出力1000kw以下の小水力発電で全国の約1割を占めており、「水力発電王国」と呼ばれる。

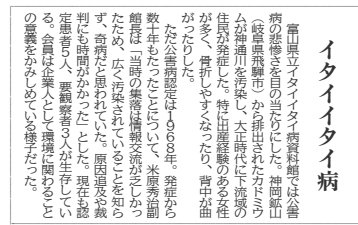
視察した「常西公園小水力発電所」は開放型揚水車式で、最大出力9.9kw、年間発電量8万2600kwh(一般家庭23軒分)。「東町/東新町公民館小水力発電所」はS型チューブ式水車式で、最大出力88kw、年間発電量33万4700kwh(同176軒分)。富山市が推進している小水力発電事業の中核設備で、12年3月に運転を始めた。

ただ「日本製で条件に合う発電機がなかった(富山市環境部)ため、採用しているのはドイツ製とチェコ製。中小企業のモノづくり力を生かす余地がありそうだ。



世界文化遺産

1000年にユネスコの「世界文化遺産」に登録された立山(富山・石川)の「合掌造り」は、雪深い厳しい自然に合わせた強固な造りだ。1001-2000年前に建てられたものが多く、古いものは100年前といわれる。富山県は、合掌造り保存会による保存活動があり、約80人が参加している。住民は文化財を保護する努力を続け、屋根は年々くさびを山で削り、15年から20年に1回、覆き替えしている。たが、若い人が都会に出てしまったため、住民が共同で作業する時期が成り立たなくなってきた。このため、森林組合が「合掌造り」の維持を担う。貴重な観光資源とはいえ、住民の暮らし、環境を守る必要がなければ維持できないだけに、頭が下がる。



イタイイタイ病

富山県立「イタイイタイ病資料館」は、公害病の歴史を伝える場として、神岡山(富山県黒部市)から出たカドミウム(鉛)汚染をテーマに、大正時代に下流の住民が発症した。特に産婦のあまねが「母折れ」する、胎中が曲がったりした。ただ公害訴訟は1968年、発症から数十年もたったことについて、米原産副産物は「当時の業者は健康が気にしなかったため、広く使われていた」と知らず、節度を失っていた。原因特定が難しく、節度がかかったこと。現在、公害訴訟は企業として環境に配慮などの義務を命じている。環境だ。



高山植物の女王「コマクサ」(撮影地: 南八ヶ岳)



気候変動の緩和と適応 新環境経営の時代に

気候変動の影響が深刻化する中、温室効果ガス排出を削減する緩和策、防災などの適応策の強化は不可欠です。「グリーンフォーラム21」は産学官の知見を生かし、新たな環境経営の時代を拓きます。

旭化成・NEC・NTT・大阪ガス・Jパワー・住友化学工業・東芝・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・三井物産 (2015年度 会員企業)

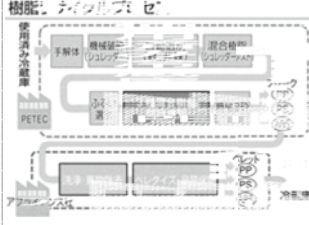
日刊工業新聞社 日刊工業産業研究所

〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1 TEL: 03-5644-7117 FAX: 03-5644-7294

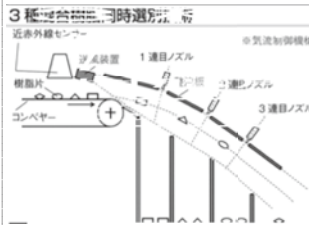




コンベヤーを流れる洗濯機の部品を手取り外す



純度99%以上で混合樹脂を同時選別できる



近赤外線センサを再生樹脂と、冷蔵1度で樹脂片の磁石を識別する

# 商品から商品へ 宝探し PETEC



PETEC社長 北平 吉浩氏

「PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。」



GREEN FORUM 21

「PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。」

## 家電リサイクル

「PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。」



PETECの工場内、再生樹脂の製造工程

「PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。」



資源循環技術委員会委員長 吉田 敬史氏

## 国が誇るべき工場

「PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。PETECは、家電リサイクルの部品を回収し、それを再生樹脂として、再び家電リサイクルの部品に加工して供給している。この循環型ビジネスは、環境にやさしいだけでなく、コスト削減にもつながる。」



## 気候変動の緩和と適応 新環境経営の時代に

気候変動の影響が深刻化する中、温室効果ガス排出を削減する緩和策、防災などの適応策の強化が不可欠です。  
「グリーンフォーラム21」は産学官の知見を生かし、新たな環境経営の時代を拓きます。

旭化成・NEC・NTT／大阪ガス／Jパワー／住友ゴム工業／東芝／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／三井物産 (2015年度 会員企業)

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: 03-5644-7117 FAX: 03-5644-7294



高山植物の女王「コマクサ」(撮影地: 南八ヶ岳)

## グリーンフォーラム21 設立25周年

### 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、2016年度に設立25周年を迎えた。時代の環境問題と向き合い、産学官で進むべき道を模索してきた。今、日本の産業界は環境経営を実践し、革新的な環境技術でさまざまな問題を解決に導くことが求められている。グリーンフォーラム21は“環境が企業価値向上のカギ”を掲げ、持続可能な社会づくりを目指している。

#### ■環境経営 時代を先取り

「企業は『環境保全』と『経済成長』の両立を可能にするための道を最重要課題として喫緊に具体化する必要がある」。

グリーンフォーラム21は、こうした問題意識から1991年6月に設立された。ブラジルのリオデジャネイロでの「環境と開発に関する国連会議」（地球サミット）開催を1年後に控えた年であり、産



91年に産業界に対する提言「地球環境時代の企業像」をまとめた業界では温暖化やオゾン層破壊といった地球環境問題が社会・経済構造を根底から揺るがすとの危機意識が強まっていた。

初会合では「地球環境問題の深刻性をどのように考えるか」「過去の人類の経験の教え、技術はいかなる役割を果たしたか」「経済発展と環境保全は両立するか」などについて議論し、認識を共有。91年12月に産業界に対する提言「地球環境

時代の企業像」をまとめた。提言は「地球環境問題の重要性と企業対応の必要性の認識」「地球環境時代における企業理念の構築」「具体的な行動指針」「国・地方公共団体への要望」の4部構成。行動指針には環境を経営理念・方針の最優先事項にすることを盛り、自社内努力、企業間、社会との協力にわけて計8項目を提言した。当時、環境と事業の両立に悩んでいた経営者から大きな反響を呼んだ。

現在、産業界に浸透している“環境経営”。この理念をいち早く紹介したのもグリーンフォーラム21だった。97年11月にスウェーデンの環境保護団体であるナチュラル・ステップの代表、カール・H・ロベール氏の初来日を受け、緊急シンポジウム「望まれる環境経営とは」を開催した。「検証!環境経営への軌跡」(01年、日刊工業新聞社刊)によると、環境経営という言葉が使われたのは、このシンポジウムが最も早い例の一つとしている。

ロベール氏は基調講演で、持続可能性を定義する原理原則として①地殻が産出する物質が自然界の中で増加してはならない②人工的につくったモノが系の中で恒常的に増え続けてはならない③自然に対して物理的に侵害や破壊するような行為をしてはいけない④人間の総価値としてのニーズを満たすために使うエネルギーと資源を公平かつ効



率的に使う一の四つの条件を挙げた。その上で「条件を満たさねば資源、廃棄物、税金などのコストが劇的に増える。一方、満たせば経済面の壁にぶちあたらずに済む。将来の持続可能な社会を想定して自分を置き、現在とのギャップをどう埋めるかを考えていくと、新たなビジネスが見えてくる」と強調した。またグリーンフォーラム21の加藤三郎学術委員（環境文明21共同代表）と「新たな環境経営で循環型社会の創造を」をテーマに対談した。

「検証!環境経営への軌跡」では、従来使われていた「環境配慮型経営」「環境主義経営」「環境調和型経営」とは異なるイメージが垣間見えたとしている。そして今、環境経営は環境倫理、環境効率性、環境マネジメント、ビジネスモデルなどを包括するコンセプトとして進化している。

## ■海外調査団も派遣

グリーンフォーラム21は海外でも活動した。92年の欧州環境事情調査団を皮切りに、94年に中国環境問題調査団を派遣した。中国は急速に経済成長する一方、大気汚染や水質汚濁などの環境問題が深刻化していた。日本が高度成長時代に経験した公害問題とその克服策、環境保全技術などを伝えるため、日中の両政府の後援を得て95年に北京市で「日中環境シンポジウム」を開いた。科学技術界、産業界が協力し、日中の環境保護にとどまらず、世界の環境保護事業に貢献することを目



日本の公害克服策を伝えるため中国でシンポジウムを開いた

標に掲げた「日中環境共同アピール」を採択した。

また2000年、01年に韓国と日本で「日韓地球シンポジウム」をリレー開催。05年に北欧環境視察団を派遣し、アイスランドのレイキャビクでシグリズル・アンナ・ソルダルドツテル環境相と環境施策などについて意見交換した。さらに10年にニュージーランド視察団を派遣し、地熱発電所などを見学した。

## ■じっくりと意見交換

現在、グリーンフォーラム21は環境経営、環境保全、エネルギーなどの問題を取り上げる事例研究会を定期的に行っている。産学官の有識者ら



環境問題の解決策を探る事例研究会を定期的に行っている

による講演後、産業界委員がじっくりと意見交換する時間を設けており、問題に対する理解を深め、解決策を探る場となっている。この3年間の初会合では、14年度に「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）報告書をめぐる問題」、15年度に「どうつくり、どう運ぶ?これからの水素社会」、16年度に「CO<sub>2</sub>ゼロエミッション達成のための革新技术」を取り上げた。

また毎年、全国の環境関連施設や環境保全活動を視察する「フィールドワーク」を実施している。14年度は福島県、15年度は富山県、16年度は沖縄県と福岡県を訪問し、再生可能エネルギー関連施設などを見学した。座学だけでなく、現場に足を運び、生きた情報を収集している。

# 座談会「これからの環境経営」

## 未来の企業支える環境視点

グリーンフォーラム21 産業界委員の実平喜好氏、堀ノ内力氏、坂内隆氏に「これからの環境経営」をテーマに議論してもらった。

- 【産業界委員】 実平 喜好氏（東芝環境推進室長）  
堀ノ内 力氏（NEC環境推進部長）  
坂内 隆氏（ホンダ環境安全企画室長）
- 【司会】 長野 光博（日刊工業新聞社取締役本社編集局長）

**長野** 脱炭素を目指す「パリ協定」は、企業活動に大きな変化を迫ります。まず、パリ協定への対応をお聞かせ下さい。

**実平氏** 東芝は「環境ビジョン2050」の実現に向け、2017年度以降の新たな活動目標「第6次環境アクションプラン」を策定中だ。製品・サービスや製造段階における環境負荷低減を進めるが、モノづくりで二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量を減らすことが大きな課題。一方で、世界中にビジネスチャンスが生まれる。東芝は水力、地熱、太陽光、風力といった再生可能エネルギーをそろえている。再生エネ技術・製品を供給し、社会に貢献したい。

**堀ノ内氏** 事業の柱であるICT（情報通信技術）がCO<sub>2</sub>排出削減に役立つ。NECは30年度までに累計5000万tの排出削減に貢献する目標を掲げている。発電設備や輸送の効率化、自然災

害から人命やインフラを守る「適応」でもICTが役立つ。パリ協定は、経営と環境を近づけるきっかけになる。

**坂内氏** ホンダは50年までにバリューチェーン全体のCO<sub>2</sub>排出量を半減する目標を14年に公表した。そのCO<sub>2</sub>排出量の約80%が自動車の運転中に発生する。燃費改善だけでは追いつかない。電気自動車（EV）や燃料電池自動車（FCV）の市場投入で電動化率を上げていく。政治プロセスだけでパリ協定の目標達成は難しく、イノベーションが求められるだろう。企業の責任も大きい。イノベーションを起こす官民の仕組みが必要だ。

**長野** ESG（環境・社会・企業統治）情報を基準とした投資が登場し、投資家が環境経営を評価しようとしています。社会からの要請の変化をどう捉えていますか。



**実平氏** 現時点で投資家が環境を軸に企業を評価しているかという、否だ。しかし、将来的には期待しており、引き続き情報を積極的に開示していく。

**堀ノ内氏** 7月に投資家向けの環境経営の説明会を初めて開いたが、投資家も評価手法を手探りしているようだ。長期的視点で評価してもらえるのは会社にとってプラスとなるので、ESG投資に期待している。環境と経営をつなげることが、我々に突きつけられたテーマだ。

**坂内氏** 70年代に自動車の排ガスが社会問題化した時、Hondaは世界でもっとも厳しい排ガス規制をクリアし、会社が飛躍するきっかけとなった。環境課題の解決を機会とし、費用対効果を上げていくのが王道だ。外部からも費用対効果

が本来の姿ではないと思う。環境に関連する社内会議があるが、事業の議論の中で環境との両立も話し合われるのが自然だろう。理想論かもしれないが、そういう姿にしていきたい。

**堀ノ内氏** 環境経営と言うと環境だけの経営のように思われる。しかし、環境だけで事業を引っ張るのには無理がある。事業活動が基本であり、事業で世の中の環境負荷低減に貢献する。NECは気候変動問題とSDGs（持続可能な開発目標）を見据え、事業活動を進める。我々は環境の視点で事業を評価していきたい。

**長野** 環境規制が厳しくなります。将来の会社を支える社員に託したいことは。

**実平氏** 厳しくなるほど、努力する人にチャンスだ。部下には「迷うなら厳しい道を選べ」と言っ



実平氏



堀ノ内氏



坂内氏

を問われるが、要請は厳しいことばかりではないだろう。良い機会と捉え、自分たちの行動の鑑にしたい。

**長野** 目指すべき環境経営の姿は。

**実平氏** 最近、環境経営とは何か定義してみた。環境視点が企業経営のあらゆるステージにビルトインされ、事業活動、製品・サービスを通して世の中に貢献していく姿が環境経営だ。サステナブルな社会の実現に先導的な役割を果たし、世の中に必要とされる企業として認知されたい。逆説的だが、環境経営という言葉が使われなくなった状態が環境経営かもしれない。

**坂内氏** 環境への取り組みはサステナビリティの重要な一項目であり、環境ばかりを意識するの

ている。意欲のあるグループ社員を受け入れる「環境塾」をやっており、グループ内のシナジーが期待できる。こうした活動を引き継いでほしい。

**堀ノ内氏** 50年を現役で迎える新入社員に対し、何かを示していく必要がある。将来の社会像についてパリ協定やSDGsでメッセージが出ており、大きな方向性を出してあげたい。

**坂内氏** 我々は製造業であり、限られた資源の消費と廃棄を繰り返すと、いずれ終わりがくる。そこからどう抜け出し、どうやって持続的に商品を提供し、お客さまに喜んでもらうか。その姿を目指すと、持続可能な社会づくりに貢献できる。これは夢や希望がある仕事だ。価値ある仕事という思いを共有していきたい。



## 「グリーンフォーラム 21」のこれから

座長 茅陽一

早いもので「グリーンフォーラム 21」が発足してもう 25 年がたった。発足から座長を引き受け、現在に至っている。この間、その時々为社会と企業に関わる環境問題を取り上げ、2、3人の講演者の話を聞くとともに、学界委員と産業界委員が講演者と質疑討論し、これを通して現状を知り、問題点を探る格好で審議を進めてきた。世界の状況を探るため、海外視察にも行った。早くから街に水素を導入していたアイスランドのレイキャビクを訪問したのは、楽しい記憶として残っている。

さて、これからのグリーンフォーラム 21 だが、近年の状況から議論の中心になるのは、やはり温暖化の問題、特にエネルギーの行方だろう。11月に「パリ協定」が発効し、温暖化対策の長期の方向として、温室効果ガスのネットゼロエミッション、すなわち排出から吸収を差し引いた量を今世紀中にゼロにすることが掲げられた。中でも大気に放出された量、大気にとどまる寿命の長さからみて、圧倒的に重要なのは、化石燃料を燃焼すると必然的に発生する二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)と言える。

ただ化石燃料は人類の消費するエネルギーの 8 割以上を占めるため、CO<sub>2</sub>のネットの排出をゼロにするのは大変に難しい課題であり、エネルギーの抜本改革にもっと努力し、エネルギー

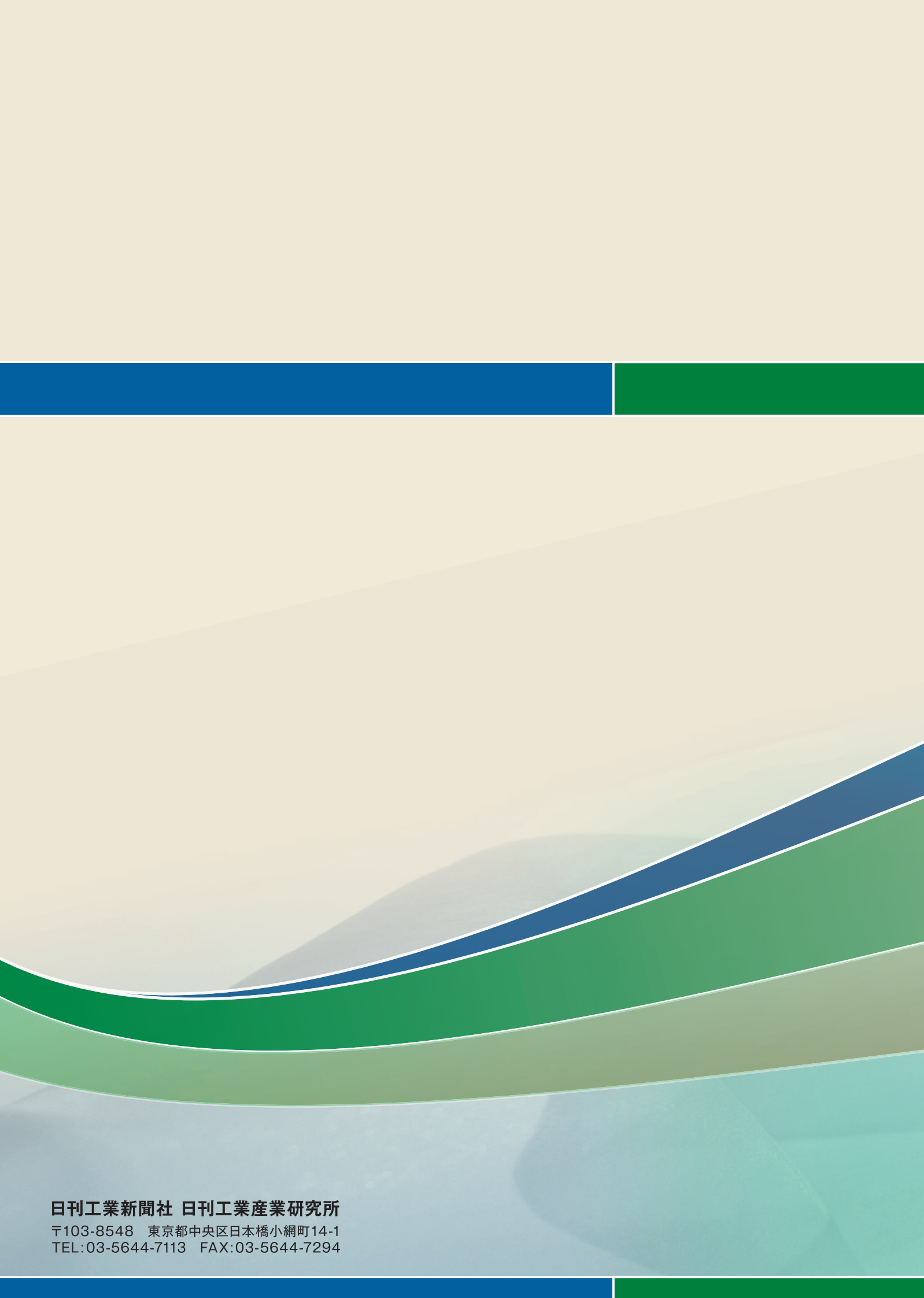
消費と生産の両面でさまざまな対応をすることが求められる。既存のエネルギー技術だけではなく、革新技術も生み出さねばならない。

グリーンフォーラム 21 でもこうした技術をいろいろと取り上げている。最近の例では、水素の利活用をはじめ、次世代エネルギーとして核融合や宇宙太陽光発電などを取り上げた。また電力と熱の双方の需要を満たすための技術として家庭用と産業用の燃料電池についても議論した。しかし、これらは一例に過ぎない。パリ協定の要請を考えると、我々は最終的に CO<sub>2</sub> を排出しないエネルギーシステムを構築しなければならないのだから、より多様な技術が必要になる。

特に電力分野は日本の CO<sub>2</sub> 排出の約半分を占める。これをゼロエミッションにするには、化石燃料を用いる火力発電を太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電に切り替えていかねばならない。しかし、再生エネの出力は時間的に不規則に大きく変動するため、これを抑制して大量導入することは、そう容易なことではない。こうした問題も深掘りして議論しなければならない。

グリーンフォーラム 21 は、これからの環境・エネルギー問題を解決するための方策を産学官で議論する。この成果に期待したい。

(2016年12月7日付け日刊工業新聞に掲載した特集を再編集)



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