GREEN FORUM 21

CO_2排出ゼロ 革新技術で挑む

グリーンフォーラム21　2016年度 第１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」（茅陽一座長＝地球環境産業技術研究機構〈RITE〉理事長）は、2016年度の第1回事例研究会を7月4日に開いた。総合テーマは「CO_2ゼロエミッション実現のための革新技術」。茅座長による基調講演後、〝人工太陽〟と呼ばれる核融合、天候に左右されない宇宙太陽光発電、航空機の二酸化炭素（CO_2）削減に向けて実用化が進むバイオジェット燃料などについて理解を深めた。

CO_2ゼロエミッションの意義

茅 陽一 座長

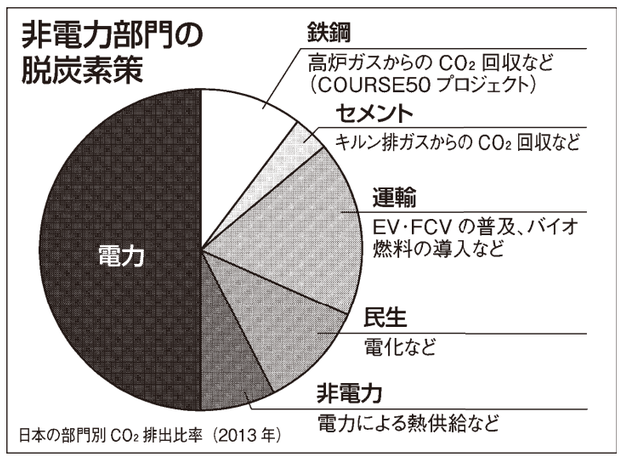
「パリ協定」では気温上昇を工業化以前に比べて2度Cよりも低く抑えること、今世紀後半に人為起源の温室効果ガスの排出と吸収をイコールにすることが掲げられた。中でも二酸化炭素（CO_2）は数千年以上も大気中に漂うため、実質的にはCO_2排出をゼロにする「CO_2のネットゼロエミッション」が主目標となる。だがCO_2は化石燃料を燃やせばいや応なしに出るだけに、厳しい目標だ。すでに工業化以前からほぼ1度C上昇しており、あと1度Cしかない。

ただ、目標を何度C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、人為的なCO_2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_2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_2の排出をどうゼロに近づけるかが課題になる。

日本のCO_2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。民生はすべて電化したい。

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_2を排出しない発電でなければならない。

新たな電源 模索を



CO_2を排出しない発電、また実用化に踏み出したバイオ燃料について議論する。

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

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、1億度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水から得る。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_2）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50万キロワットが目標で、電気出力換算だと約17万キロワット。5000億円以上を投じる。一方、軽水炉は出力135万キロワットで、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

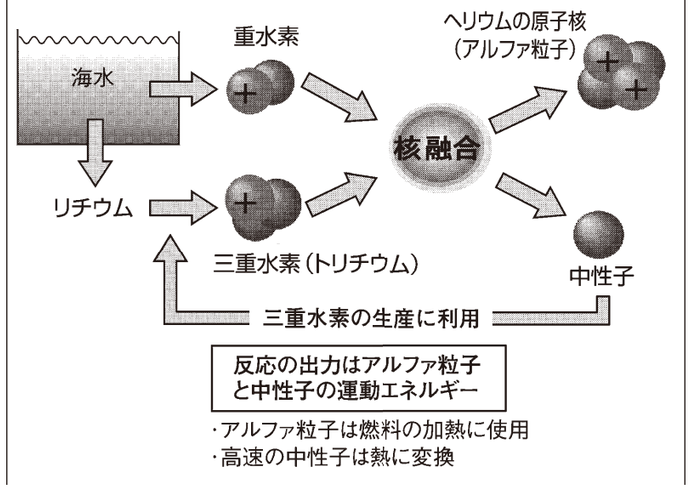
核融合炉のコストの半分程度はコイルが占める。弱い磁場で大量のプラズマを閉じ込められれば効率が上がるため、ドーナツ状の閉じ込め磁場をリンゴのように圧縮してコンパクト化した球状トカマク（ST）をはじめとする磁場当たり閉じ込めプラズマ量の多い炉の開発が進んでいる。

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度Cだが、外周を取り巻くコロナは100万度C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、10ミリ秒間で約1200万度C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。

出つつある〝原型炉の芽〟



16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　茅　陽一

学界委員

環境文明21共同代表　加藤　三郎

住環境計画研究所　会長　中上　英俊

産業界委員

旭化成　環境安全・品質保証部部長　理事　出村　公明

大阪ガス　CSR・環境部長　鷲尾　修司

住友ゴム工業　安全環境管理部長　坂本　秀一

電源開発　経営企画部審議役　中山寿美枝

東芝　理事　環境推進室長　実平　喜好

トヨタ自動車　環境部部長　根本　恵司

日本製紙　技術本部環境安全部長　鈴木　裕治

日本電気　品質推進本部長代理　兼環境推進部長　堀ノ内　力

パナソニック　品質・環境本部　品質・環境渉外総括　名倉　誠

ブリヂストン　CSR・環境・品質経営企画本部フェロー　森永　啓詩

本田技研工業　環境安全企画室室長　坂内　隆

三井物産　環境・社会貢献部部長　菊地美佐子

本社委員

日刊工業新聞社　取締役本社編集局長　長野　光博

環境技術委員会委員長

グリーンフューチャーズ　社長　吉田　敬史

2016年度
経営者「環境力」大賞

募集期間
8月25日㈭－11月15日㈫

「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）※場合により奨励賞
応募方法　環境文明21のホームページから規定の用紙をダウンロードし、必要事項を記入の上、事務局に提出
発表　2017年１月中（予定）に環境文明21のホームページ、日刊工業新聞で発表
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）
審査　書類審査、面接審査を経て、審査委員会による最終審査において選考
顕彰式　2017年２月下旬（予定）に都内で開き、表彰状を贈呈

これまでの受賞者（敬称略）

2008年度（平成20年度）第１回
麻生　義継　株式会社東亜電機工業社
小川　勲　株式会社オガワエコノス
髙橋　房雄　株式会社髙特
田中　正敏　近畿環境興産株式会社
藤田　和芳　株式会社大地を守る会／NGO大地を守る会
向山　邦史　向山塗料株式会社
柳田　弘明　大和信用金庫

2009年度（平成21年度）第２回
板橋　英隆　NECキャピタルソリューション株式会社
薗田　綾子　株式会社クレアン
田中　稔　田中建材株式会社
初谷　博　株式会社吉岡
森　建司　新江州株式会社／循環型社会システム研究所
山本　梁介　株式会社スーパーホテル

2010年度（平成22年度）第３回
石井　邦夫　株式会社市川環境エンジニアリング
田畑　日出男　いであ株式会社
中島　賢一　株式会社リーテム
平田　克明　有限会社平田観光農園
森　雅美　有限会社森ファームサービス

2011年度（平成23年度）第４回
石坂　典子　石坂産業株式会社
落合　寛司　西武信用金庫
川本　義勝　株式会社カンサイ
戸部　昇　株式会社トベ商事
松岡　幸一　株式会社マツユキリサイクル

2012年度（平成24年度）第５回
大川　哲郎　株式会社大川印刷
金坂　良一　カネパッケージ株式会社
近藤　亮介　新和環境株式会社
谷　學　グリーンブルー株式会社
野老　真理子　大里綜合管理株式会社
鳥波　益男　東海サーモエンジニアリング株式会社
山崎　保彦　株式会社北陽商会
金子　正平　カネコ工業株式会社（奨励賞）
日野　榮　株式会社サンテック（奨励賞）

2013年度（平成25年度）第６回
池田　治子　株式会社エコトラック
石川　武　三共精機株式会社
尾﨑　俊也　アースサポート株式会社
長澤　利久　株式会社はくばく
林　英夫　武州工業株式会社
福田　章一　株式会社ウェルシィ

2014年度（平成26年度）第７回
会川　文雄　会川鉄工株式会社
大久保　雅生　株式会社西日本ファーム
大田　禊之　株式会社アキテック
大場　龍夫　株式会社森のエネルギー研究所
小松　和史　三友プラントサービス株式会社
紺野　道昭　株式会社こんの
白石　昇央　福島ミドリ安全株式会社

2015年度（平成27年度）第８回
臼井　麻紗杜　日本ウエストン株式会社
髙橋　誠　東新プラスチック株式会社
西尾　智之　株式会社西尾硝子鏡工業所
本杉　彰　有限会社本杉工機

環境経営の巧者が集う
経営者「環境力」クラブ
▶▶詳しくは環境文明21HP

主催：認定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　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　株式会社髙特
株式会社はくばく　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）

http://www.kanbun.org/

応募・お問い合わせ先　〒145-0071 東京都大田区田園調布2-24-23-301　認定NPO法人 環境文明21　経営者「環境力」大賞 事務局
Tel：03-5483-8455　Fax：03-5483-8755　E-mail：info@kanbun.org

意見交換

問題解決の可能性秘める

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1平方センチメートル当たり24ミリワット。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。

中上学界委員　核融合、宇宙太陽光発電はすることも大切だ。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250億円を集めたと聞いている。英トカマクは40億－50億円と見られ、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。

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。

実現性ある宇宙太陽光発電を目指して

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3万6000キロメートル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5キロ×横10キロメートルで、出力850万キロワット。送電アンテナは直径1キロメートルにも及ぶ。SPS全体の重量は2万トンと、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法がある。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かだが、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3万6000キロメートル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。

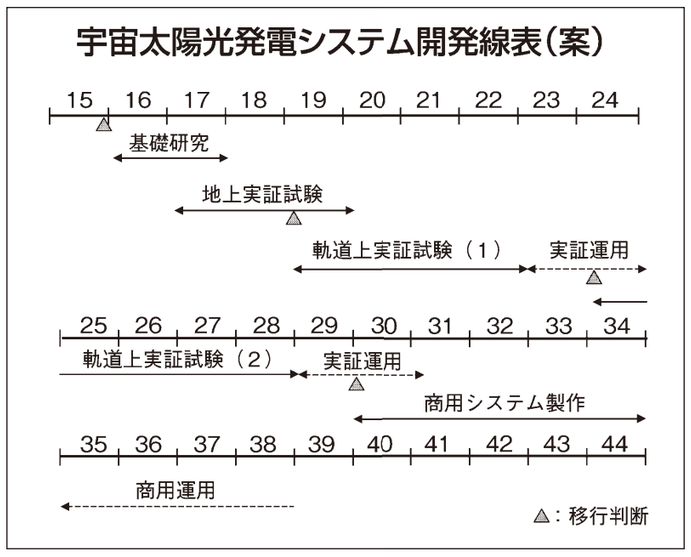
4段階で

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100万キロワット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。



出力100万kW級を商用化

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

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。

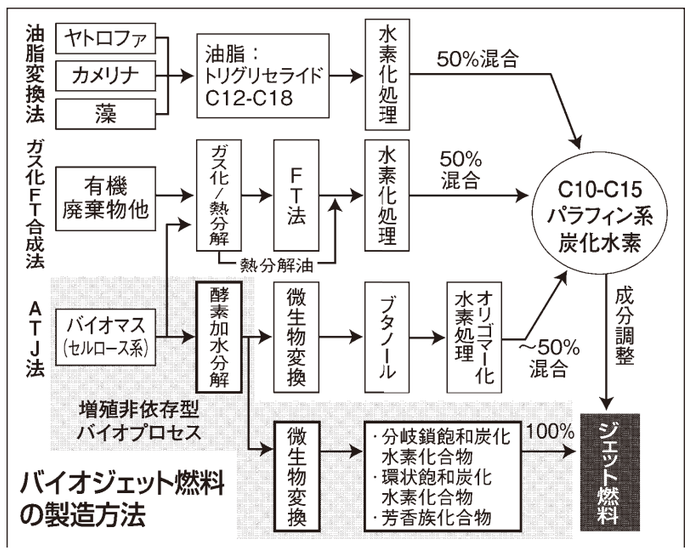
日本では20年の東京五輪・パラリンピックに向けてバイオジェット燃料による商用飛行を目指し、官民の動きが活発化している。世界では国際航空運送協会（IATA）が、航空機からの二酸化炭素（CO_2）排出量を50年に05年時点の50％に削減するため、20年までに6％をバイオジェット燃料に切り替えることを目標に掲げた。CO_2排出削減効果は20年に4000万トンと試算している。

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。油脂変換法はユーグレナ、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ATJ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。



バイオジェット燃料の製造方法

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1トン当たり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。

環境が企業価値向上のカギ

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

GREEN FORUM 21

旭化成／NEC／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〔2016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