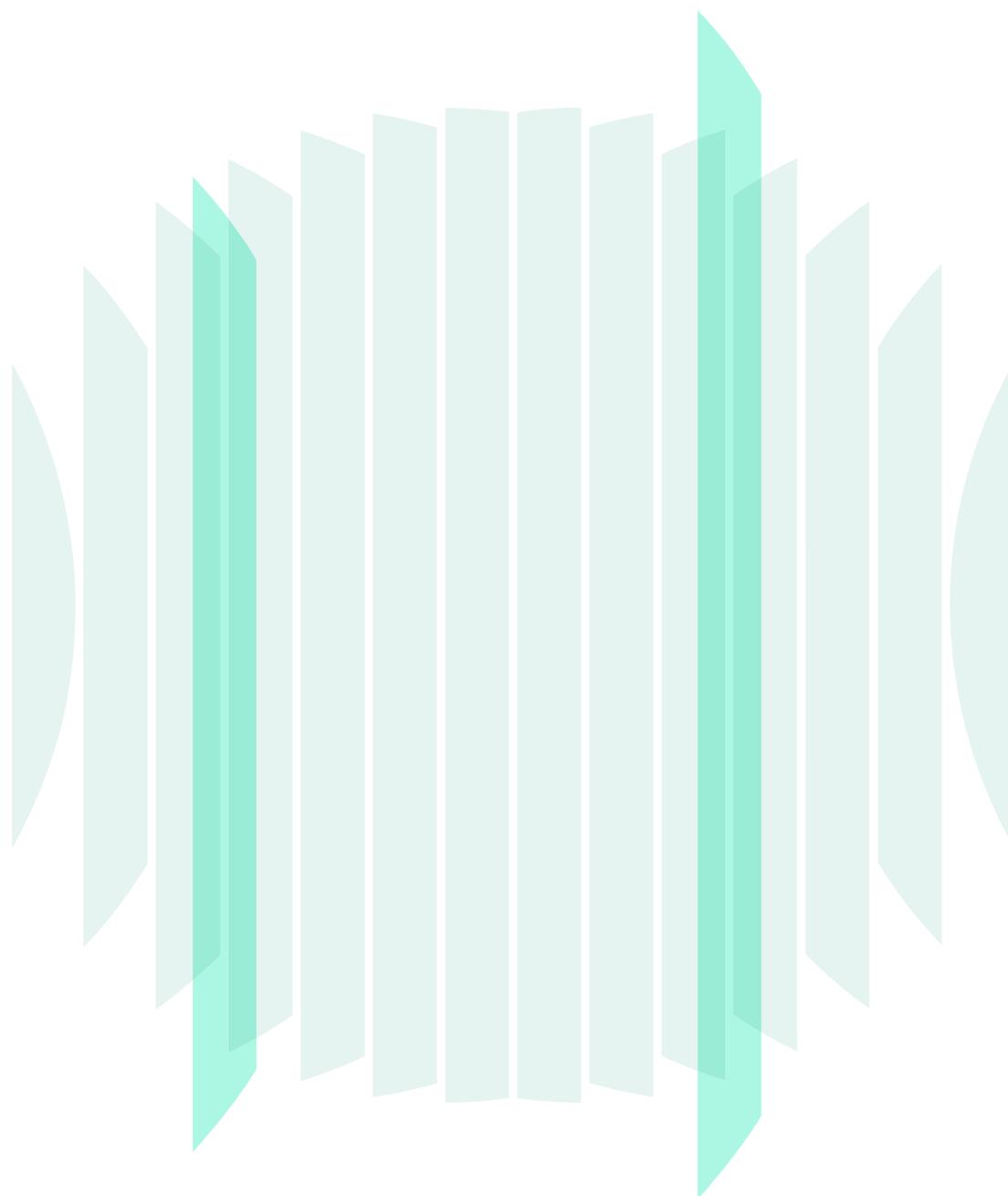


# 季報 エネルギー—総合工学

Vol. 33 No. 2 2010. 7.



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

# 目 次

【就任挨拶】	就任のご挨拶 (財)エネルギー総合工学研究所 理事長	鈴木 篤 之	1
【座談会】	スマートグリッドを巡る動向と展望 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授 資源エネルギー庁 電力基盤整備課 電力需給・流通政策室長 東京電力(株) 技術部スマートグリッド 戦略グループ マネージャー (株)東芝 電力流通・産業システム社 スマートグリッド統括推進部 技術責任者 日本電気(株) エネルギーソリューション事業部 統括マネージャー 司会 (財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 部長	横山 明彦 吉野 潤 岡本 浩 林 秀樹 本林 稔彦 蓮池 宏	3
【寄稿】	わが国の温暖化対策 中期目標の達成に向けて —1990年比25%削減に向けた対策と課題— 東京大学生産技術研究所 特任教授	金子 祥三	21
【寄稿】	米国のシェールガス革命 (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油開発支援本部 調査部調査課	市原 路子	33
【調査研究報告】	インドネシア南スマトラにおける低品位炭の活用 プロジェクト試験研究部 副参事	埴 雅一	42
【調査研究報告】	平成21年度エネルギー技術に関するアンケート調査 エネルギー技術情報センター 主管研究員	下岡 浩	48
【事業報告】	平成21年度 事業報告の概要 (財)エネルギー総合工学研究所		56
【研究所のうごき】			58
【編集後記】			60

## 就任のご挨拶



鈴木 篤之 (財エネルギー総合工学研究所  
理事長)

当研究所は、エネルギーに関する総合工学的課題に関し、産官学が密接に連携して調査分析する研究機関として設立されてから、早30年以上になります。

発足当時の70年代は、二次に亘る石油危機の真只中で、日本のみならず世界中がエネルギー問題と人間社会との係わり合いの複雑さや深刻さをあらためて思い知らされていました。エネルギーのE、経済のE、環境のEの3Eという表現が使われるようになったのもその頃だったと記憶しています。その3Eを同時解決できるような技術的選択肢を考究していくためには、工学全般さらには技術と社会にまたがった領域に果敢に取り組んで行く必要があることから、「総合工学」という語句が研究所名につけられていると理解しています。

しかし、エネルギー問題は、その後も人間社会や地球環境にとっていっそう複雑かつ深刻な様相を呈しているような印象を受けます。当研究所も、その設立趣旨にある原点に立ち返って、社会に役立つエネルギー技術やシステムの創出に挑戦する気概を新たにもつべき時期に来ているように感じています。

エネルギー問題の複雑さや深刻さはますます国際化しています。わたくしが長くかかわっている原子力の分野でも、原子炉建設の国際競争が激しさを増しており、技術力に勝る日本の軽水炉への国際的期待感に応える国内体制の整備や国際協調の展開の緊要性が叫ばれています。国際的競争力の基本は、経済性、安全性、信頼性に係る技術にあることから、国内ばかりでなく国際的にも貢献しうる技術やシステムの構築を目指すべきと考えられるのです。

わたくしの恩師である当研究所元理事長の山本寛先生，秋山守先生は，総合工学的視点として，3Eの同時解決を図る技術の最適化や技術戦略的思考の重要性を説かれました。それらは，当研究所のいわば伝統的考え方として根付いてきており，わたくしも大切にしていきたいと考えております。

言うまでもなく，当研究所ができることには自ずと限りがありますが，関連する諸機関のご協力を得て，エネルギー問題の技術的解決に向け，少しでもお役に立てればと考えております。今後とも，変わらぬご指導，ご鞭撻をお願いして，就任のご挨拶に代えさせていただきます。

## スマートグリッドを巡る動向と展望

横山明彦 (東京大学大学院 新領域創成科学研究科  
先端エネルギー工学専攻 教授)

吉野潤 (資源エネルギー庁 電力基盤整備課  
電力需給・流通政策室長)

岡本浩 (東京電力(株) 技術部スマートグリッド  
戦略グループ マネージャー)

林秀樹 (㈱東芝 電力流通・産業システム社  
スマートグリッド統括推進部 技術責任者)

本林稔彦 (日本電気(株) エネルギーソリューション事業部  
統括マネージャー)

司会  
蓮池宏 (㈱エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部 部長)



---

### はじめに

---

司会 お忙しい中をお集まりいただきありがとうございます。今日は、「スマートグリッド」というテーマについて、第一線でご活躍されている方々に意見交換をしていただきたいと思います。

「スマートグリッド」(情報通信技術を活用して電力供給, 需要に係る課題に対応する次世代電力系統) が色々な方面から注目されています。日本では, 太陽光発電の大量導入対策として検討されており。アメリカでは, 電力インフラの老朽化問題の解決と世界的経済危機から立ち直るための公共投資先になっています。ヨーロッパでは系統に沢山入ってきた風力発電を制御したいという事情があります。

電力供給に情報通信技術（ICT）を加味することにより新たなビジネスチャンスが広がるという期待もあります（図1参照）。

## スマートグリッド像—諸外国とわが国

### 各国で異なるスマートグリッド像

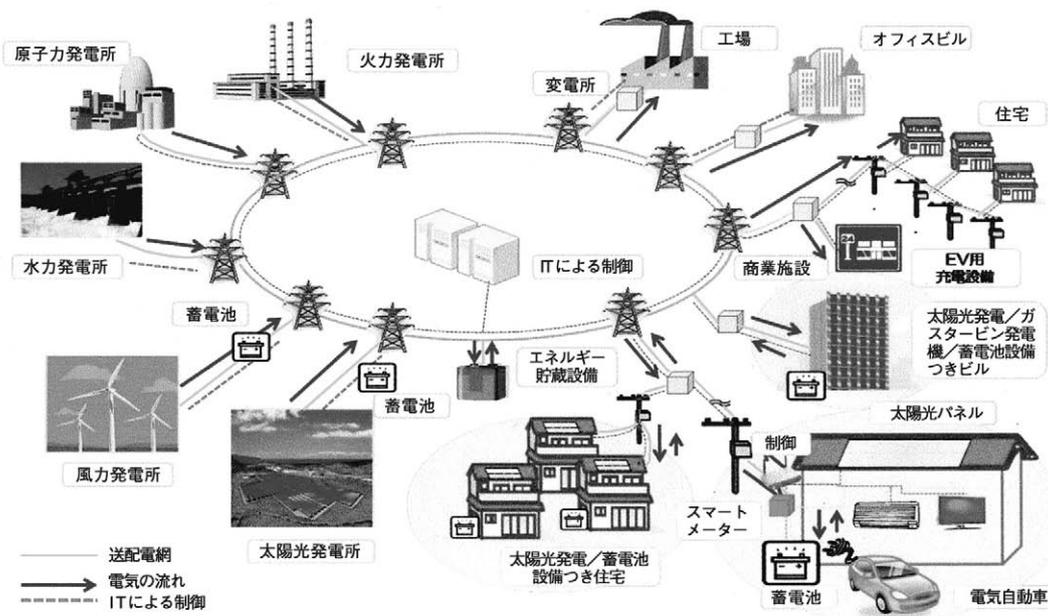
司会 まず、現状認識について皆様からコメントをいただきたいと思います。最初に、アメリカ、欧州、新興国、日本などの「スマートグリッド」の狙いについて、横山先生にご紹介をお願いします。

横山 一言で「スマートグリッド」と言っても、各国で異なる再生可能エネルギーの導入状況や電力システムのインフラ整備状況に依存して、将来像を考えているために、スマートグリッドの目的が異なっています。

アメリカでは、2003年の大停電事故等を契機に、上流の電力システムの設備の弱体化が

心配され始めました。発電設備、送配電設備の脆弱性や不足を解消するために、また電気自動車（EV）を新たな産業に育成していくために、需要家を含む配電システムの強化、インテリジェント化をしていこうとしています。具体的には、主に配電設備や需要家の家電機器などをコントロールし、「見える化」でピーク需要を削減したり、緊急時には家電製品を切る需要家機器のon/off制御を取り入れていこうとしていると思います。

欧州では既に大量導入されている風力発電が2006年に大きな停電事故を引き起こしました。系統内を流れる風力発電からの電気をうまく把握できず、コントロールすることができなかったことが事故原因の1つとされています。対策として、送電系統と需要家の両方を高度化、スマート化しようと考えています。例えば、系統側では、風力発電をコントロールする中央給電指令所をスペインのマドリッドに作っていますし、風力発電からの余剰電力をコントロールするために揚水発電や色々な貯蔵装置を設置しようとしています。他方、需要家側では、スマートメーター導入



（出所：次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会『次世代エネルギーシステムに係る国際標準化へ向けて』，2010年1月）

図1 スマートグリッドの概念図

で「見える化」を進め、引き込み線の制御をするなどの対策が進んでいます。しかし、どうも送電系統と配電系統での対策が別々に進んでいるような印象を受けます。

中国ではまだ系統が非常に弱いです。そこで、今後の電力需要の伸び、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)削減のための再生可能エネルギーの大量導入に備えて、UHV系統(100万V系統)を導入して現在の系統とうまく調和させること、系統の自動化を進めて大事故時の停電をできるだけ少なくすること、つまり、まずは系統を強くしていくのがスマート化の第一歩と中国は考えているという気がしています。

東南アジア諸国では、スマートメーターを入れてスマートグリッドを作りたいと色々な所で発言していますが、お金が非常にかかるということで、ビジョンや夢だけにとどまっているのではないかと思います。

#### 「次世代送配電網ネットワーク研究会」の経緯

司会 日本では、太陽光発電の大量導入などを念頭に検討が進められています。2009年8月から経済産業省の「次世代送配電ネットワーク研究会」で検討が行われ、『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて』(平成22年4月)がまとまったところです。研究会での検討経緯や問題意識などについて吉野室長からご紹介いただければと思います。

吉野 太陽光発電、風力発電の電力系統への連系が引き起こす問題について、「低炭素電力供給システムに関する研究会」(2008年7月～2009年7月)で議論していました。昨年今頃から起こった「第15回気候変動枠組条約締約国会議」(COP15)を目指した議論の中で、太陽光発電の導入量をそれまでの2020年で1,400万kWから倍の2,800万kWに引き上げたことを契機に、「次世代送配電ネットワーク研究会」(座長：横山明彦教授)で太陽光発電導入対策の検討を始めたわけです。



横山明彦

(東京大学大学院 新領域創成科学研究科  
先端エネルギー工学専攻 教授)

1,400万kW程度なら、既存の電力系統に手を加えて吸収し切れるという見通しもありましたが、2,800万kWだと抜本策が必要となります。2015年あたりで1,400万kWを超えてくると考えられますので、インフラ整備の観点からは、残された時間が非常に少ない。そのような中で、系統の安定性、信頼性を維持していくために実現可能な方策は何なのか検討を開始したわけです。

もちろん、自然エネルギーの導入努力は2020年以降も続きますので、その先への連続性も視野に入れて取り組んでいます。

#### 並行して進む標準化の議論

司会 直接ご担当されたわけではないと思いますが、標準化の検討についてもコメントを頂けませんかでしょうか。

吉野 昨今、製品が出る前、技術が見えてくる前に標準を作って、市場を押さえるという「戦略的標準化」「先行的標準化」という考え方が出てきています。スマートグリッドを巡る個々の技術、機器、機能の標準化を誰が先行してやるのかという議論が国際電気標準会議(IEC)でも、アメリカ国立標準技術研究所

(NIST)でも盛んに行われています。日本も遅れてはいけないということから、2009年8月、「次世代送配電ネットワーク研究会」と同じタイミングで、「スマートグリッド国際標準化研究会」(座長：横山明彦教授)で議論を開始し、『次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて』(2010年1月)を取りまとめました。

報告書では、7事業分野で標準化したい26の重要アイテムを定め、それに人員と資金を割り当てる方向性が示されました。それを具体化するために官民連携組織「スマートグリッドアライアンス」の中の国際標準化ワーキングで作業をしていくことになると思います。

#### 作る側、使う側をつなぐスマートグリッド

**司会** 電力会社はグリッドの主役のお立場だと思います。東京電力(株)の岡本さんから現状認識と取り組みについてご紹介下さい。

**岡本** 電気を作る側、使う側でこれから起きてくる変化に柔軟に対応していくため、両者を結ぶ電力系統にICTも使い、効率的、安定的な供給をしていく仕組みを「スマートグリッド」と捉えています。

電力業界では、「低炭素社会」の実現に向けて、まず発電分野で、原子力の利用拡大や火力の効率向上、再生可能エネルギーの大量導入という話があります。他方、弊社は需要家側での電気のスマート利用への取り組みを始めています。ヒートポンプの未利用熱を再生可能エネルギーとして使っていただく、あるいは運輸部門の電化(プラグインハイブリッドや電気自動車(EV))を考えています。

スマートグリッドの構築では、電気事業開始以来作り上げてきたグリッドを、世の中の情勢に合わせて、スマート化していくこと、今あるものをより良くしていくことを考えています。具体的に弊社は、次の3つの取り組みを進めています。

- (1) 再生可能エネルギーの大量導入を工夫しながら上手にやっていく。
- (2) 需要家側での電気のスマート利用の支援技術の開発。弊社では、新型の電子メーターを開発し、今年9月から自動検針の比較的大規模な検証に進もうとしています。将来そういった自動検針インフラができてくれば、需要家による電気の利用状況を「見える化」して提供したり、需要家側に沢山入ってくる太陽光のマネジメントにも使えるのではないかと思います。
- (3) 次世代配電自動化システムの構築。再生可能エネルギーが沢山入ってきても、今のように合理的なコストで電力品質を維持していくために、私どもが25年くらい前から入れている配電自動化システムを新しい技術で更新していきます。その場合、配電ネットワークで、光ファイバーなどの活用でより多くの情報を取り、制御する形になっていくと思っています。

#### 新事業の柱にしたいスマートグリッド

**司会** スマートグリッドの構築のために色々な設備を増強する時には、電機メーカーが機器を供給することだと思います。電機メーカーとしての現状認識について、(株)東芝の林さんにご紹介をお願いします。

**林** 今は、ひと頃のコンセプト論議中心の段階から実証段階に入ってきており、更に、一部スマートメーター等は、ビジネスが立ち上がりつつある所と見えています。

スマートグリッドについては、機器から環境関連までを見た多種多様な概念が併存し、確固たるコンセプト(1つとは限らないとしても)がまだ出ていない段階だと思いますが、この辺が徐々に収斂して行きそうで、海外動向も含め大事な時期にきていると思います。

我々は、新規事業として、太陽光発電や、蓄電池と並んでスマートグリッドを今後の新

事業の柱として全力で進めていきたいと考えています。

### 2020年までの新システム提案がポイント

司会 情報通信メーカーは、スマートグリッドで主役の電力会社に勝るとも劣らない重要な役割を担うことになると思います。日本電気株の本林さんは今回の盛り上がりをどうご覧になっていますか。

本林 我々は、ICTベンダーとして、電力会社にマイクロ無線などの通信装置や通信事業者向けのシステムなどを提供してきました。こうした電力及び通信インフラを支える装置やシステムの提供は、今まで以上に事業を強化していく領域だと思います。さらに、スマートメーターなど需要家との双方向通信の展開を考えるとアクセス系が重要なビジネス領域に入ってきていますし、もちろん上位の階層であるスマートグリッドにおける制御やサービス領域でもICTベンダーにとって大きなビジネスチャンスがあると期待しています。

例えば、移動通信事業者用の課金システムの応用が考えられます。携帯電話のプリペイドサービスなどではパケット単位でリアルタイム処理を行い、例えば、1,000パケットに達すると、サービスを停止するということを実現しています。このような大量のデータをリアルタイムで処理するICT技術はスマートグリッド領域でも活用できると考えています。

ただ、スマートグリッドに限りませんが、どのような機器に対してどのような制御、サービスを行うのが明確にならないと、適切なICTシステムが提供できません。

また、通信技術だけを見てもまだまだ解決すべき課題が残っているのも事実です。ですから、2020年までにどういった通信システム、ITシステムを提供するかは、それ以降のマイグレーションや技術的進歩も視野に入れることが重要だと思います。



吉野 潤

( 資源エネルギー庁 電力基盤整備課  
電力需給・流通政策室長 )

---

## 次世代送配電ネットワークのロードマップ

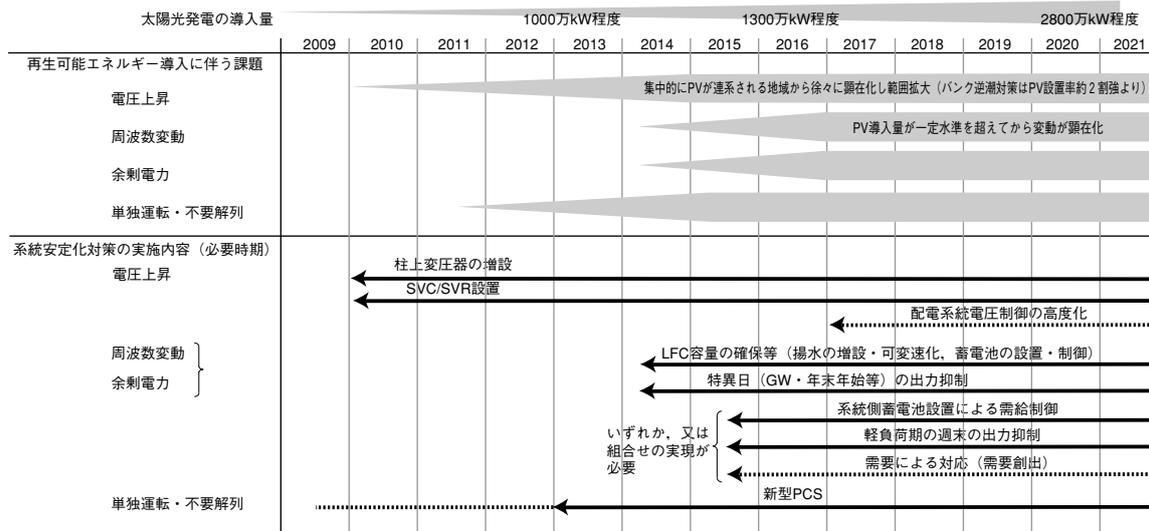
---

### 対策のポイント

吉野 太陽光発電を大量導入した時の対策のポイントには、技術面と技術面以外とがあります。『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて』では技術面を中心に取り上げました。特に、2020年までの対策に重点が置かれています。ポイントは大きく分けて以下の3点です(図2参照)。

- (1) 電力の系統負荷が低いときに余る太陽光発電による電力の問題(余剰電力問題)。
- (2) 天候によって太陽光発電の変化スピードに系統がついていけるかという観点からの周波数調整力の問題。
- (3) 数千軒単位の需要家側での問題として、配電線での電圧変動の問題。

新しい技術と費用を要する問題は、(1)と(2)です。これには蓄電池による解決と太陽光発電の出力抑制による解決の2つがあります。実際には、この2つをどの程度組み合わせ



（出所：次世代送配電ネットワーク研究会『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて』、2010年4月）

図2 次世代送配電ネットワーク構築に向けたロードマップ

せるかが「解」ではないかと思えます。

そこから先は技術の話ではなくコスト負担の話になります。蓄電池での対応は、かなりの費用がかかります。太陽光の導入量が2,800万kWとなると、電気代にはね返らざるを得ません。だとすれば、きちんと国民に提示していかざるを得ないだろうと思えます。

太陽光発電の出力抑制には、社会的受容性の問題もあります。平均的な需要家で200～300万円をかけて太陽光パネルを設置しています。現在は天候が許す限り、100%フル出力で発電していますが、出力抑制とはこれを100%より落としていくことを意味します。出力を抑制した方が社会トータルとしての直接的な投資金額を抑えられそうなのですが、それは個々の需要家の皆さんの理解を得ることが難しい側面がある。

この2つのバランスをどうとっていくかが今後の対策のポイントになっていきます。

2020年より後を視野に入れて、双方向通信を活用したデマンドサイドマネジメントという形をとっていけば、費用や不便さも抑えられる可能性もありますので、そういったものへもうまくつなげていけるよう考えていきたいと考えています。

### 太陽光発電の出力抑制が検討のメイン

司会 「次世代送配電ネットワーク研究会」で座長を務められた横山先生から今のお話に付け加える部分がありますか。

横山 送配電ネットワーク側での対策コストを最小化し、できるだけ合理的に太陽光発電の大量導入を実現しようと考えました。コスト低減には蓄電池の総設置容量を減らさないといけないので、太陽光発電の出力抑制をメインに考えてみました。その時、太陽光発電によるCO<sub>2</sub>削減効果も考慮して、コストが大幅に削減され、CO<sub>2</sub>削減量がそれほど変わらないようなら出力抑制をした方がいいのではないかという議論もしました（表1参照）。

2020年までの短期的な課題の1つ目は、太陽光発電設備のコントロール。カレンダー機能や一斉配信機能を使った仕組みなど色々あると思います。2つ目は、系統側に設置する蓄電池のコントロールという課題です。

2020年以降の中期的な課題には、需要家側に設置されるヒートポンプ給湯機やEVの蓄電池のコントロールがあります。その時には、個人情報保護、データのセキュリティ確保といっ

た制度的な問題が出てきます。需要家側ヒートポンプやEVの情報を上流のデータセンターに集め電力会社などが制御に使うことになると思いますが、この通信回線を介して電力会社の中央給電指令所にハッキングされると困ります。

また、需要家に自身の設備をコントロールしてもらうために、こういったインセンティブを与えるかとか、制御によって機器寿命が縮まることに対する補償問題や系統貢献へのアンシラリーサービスの問題も議論すべきだろうと思っています。



岡本 浩

(東京電力(株) 技術部スマートグリッド)  
戦略グループ マネージャー

司会 今すぐ準備に取りかからなければいけないということでは、今年度からでも太陽光の出力抑制に関わる検討に取り組むということでしょうか。

横山 そうです。蓄電池と出力抑制の割合をどうするかなどは今後の課題ですが、出力抑制技術についてさらに詳細な検討を進めていくとしています。

需要家の理解が欠かせない出力抑制

林 太陽光の出力抑制については、コストパフォーマンスの観点だけを見れば、「一部抑制、

一部電池適用」が全体最適上、自然の帰結だと思います。しかしながら、太陽光発電システムを実際に売っている立場から言うと、出力抑制はユーザーの理解が得られることが大前提で、このあたりを忘れてはいけないと思っています。スマートグリッドが今後広まっていったときに世の中のためになるのかという話の時にも、使う側の了解、理解の視点を忘れてはいけないと、常日頃思っています。

我々は、PCS (Power Conditioning System) という太陽光の出力変換装置を作っています。

表1 系統安定化対策ごとの評価

シナリオ	メリット	デメリット
① 特異日 <sup>※1</sup> を含め系統側蓄電池で対応(出力抑制なし)	○ 太陽光発電の出力抑制なし。	● 余剰電力量対策が膨大。 ● NaS電池の保温電力量が膨大 <sup>※3</sup> 。
①' 特異日を含め需要家側蓄電池で対応(出力抑制なし)	○ 太陽光発電の出力抑制なし。	● 余剰電力量対策が膨大。 ● 需要家側蓄電池は、系統用蓄電池に比べ蓄電池コストが高い。 ● 系統側にも蓄電池量の設置が必要。
② 特異日における太陽光発電の全量出力抑制+系統側蓄電池による対応	○ 太陽光発電の出力抑制を行うことで、余剰電力対策量が減少。	● 太陽光発電の出力抑制に伴い機会損失が発生。 ● 蓄電池量の利用率は相対的に低くなる可能性。
③ 特異日における太陽光発電の半量出力抑制+系統側蓄電池による対応	○ 太陽光発電の出力抑制を行うことで、余剰電力対策量が減少。	● 太陽光発電の出力抑制に伴い機会損失が発生。 ● ②に比べ余剰電力対策量が増加。 ● 蓄電池量の利用率は相対的に低くなる可能性。
④ 特異日十電力需要の少ない季節の週末(土曜又は日曜) <sup>※2</sup> における太陽光発電の全量出力抑制+系統側蓄電池による対応	○ 太陽光発電の出力抑制を行うことで、余剰電力対策量が大幅に減少。	● 太陽光発電の出力抑制に伴い機会損失が増加。 ● 余剰電力対策用の蓄電池量が減少するので、周波数調整力の確保が必要。
⑤ 特異日十電力需要の少ない季節の週末(土曜又は日曜) <sup>※2</sup> における出力抑制+電気自動車やヒートポンプ等の電力貯蔵機器への蓄エネルギー+系統側蓄電池による対応	○ 太陽光発電の出力抑制に加え、電気自動車やヒートポンプ等の蓄エネルギー機器の利用により、余剰電力対策量が大幅に減少。	● 太陽光発電の出力抑制に伴い機会損失が増加。 ● 電気自動車やヒートポンプ等に蓄エネルギーするための自律制御装置の技術開発が必要。 ● 余剰電力対策用の蓄電池量が減少するので、周波数調整力の確保が必要。

※1 電力需要が年間のうち著しく低くなる日(GW・年末年始)  
 ※2 2020年までの各年の特異日及び端境期の週末(土曜又は日曜)における出力抑制の日数は30日と想定。  
 ※3 系統側蓄電池としてNaS電池を使用する場合、蓄電池の寿命が短くならないよう、運転温度の維持のために電力消費が必要。

(出所：前掲書)

予め決めた日に出力を一部抑制するカレンダー機能は、制度ができれば直ぐにでも適當できるように既に開発を始めています。2015年頃からは通信機能を持ったPCSも投入できるよう準備しているところです。

#### 蓄電池は技術開発と使い方の検討が必要

司会 『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて』のロードマップでは、2015年ぐらいから電力系統側に蓄電池を設置していくことになっていますが、電力会社は、系統内に需給調整用の蓄電池を新たに導入するお考えですか。

岡本 まずは、蓄電池の技術開発をしっかりやりたいと思います。というのは、既存の蓄電池を太陽光大量導入の対策に使うにはクリアすべき課題が多いからです。弊社と日本ガイシ(株)で共同開発してきたNaS電池もそのままでは太陽光の運用に適さないことが「次世代送配電ネットワーク検討会」で明らかになりました。NaS電池は高温作動型電池ですから、保温しておかないといけない。使い方によっては非常にロスが大きいんです。

新型のリチウムイオン電池など、今後出てくると期待される蓄電池にはまだ大容量化等、課題が残っているので、それなりに時間をかけて技術開発が進むと思っています。我々はそれに合わせる形で、どういうふうに蓄電池を系統側で使ったらいいか、系統側の需給制御に組み込むにはどうやるのが一番か考えていきたいと思っています。

設置済みのNaS電池をうまく使っていかとか、蓄電池側に少し周波数制御機能を持たせて火力発電の分担を軽くしてやり、結果的に余剰対策とすとか、可変速揚水機の活用も含めて、色々考えています。

#### 風力発電対策の蓄電池設置は事業者負担

司会 電力会社によっては、風力発電の連系枠を公表し、無対策の風力発電はある容量以上の連系をお断わりしている状況だと思います。蓄電池が系統に入っていけば、風力発電の連系枠をもう少し拡げられるとか、そういう効果も出てくるのではないのでしょうか。

吉野 行政サイドでは具体的な議論はしていませんが、可能性はあると思います。蓄電池は非常に瞬発力が強いですし、太陽光のために使うタイミングと風力のために使うタイミングに一定のずれがあれば、あり得ると思います。

司会 風力対策として5年を待たずに、蓄電池を設置していくことにより、もっと風力が入るということにはなりませんか。

岡本 基本的に、蓄電池の設置コストは風力発電事業者の負担です。それで風力発電事業が成り立つかどうかというところに帰着する問題だと考えています。

横山 「次世代送配電ネットワーク研究会」の前の「低炭素電力供給システムに関する研究会」では、蓄電池が設置されたあかつきには風力にも太陽光対策の蓄電池で対応できるという議論もしてきました。しかし、最近になって、蓄電池が導入される前に、太陽光発電を抑制することになり、風力用の蓄電池は2020年くらいまでは、事業者自身で付けてもらう感じにならざるを得ないと思います。

岡本 風力発電について、弊社、北海道電力(株)、東北電力(株)の3社で連系枠を拡大するための実証事業に入っていこうと考えています。風力資源に地域偏在があつて、1社だけでは限界があるからです。

風力発電の出力抑制は、それほど大きな機

械がなくてもコントロールセンターから通信手段を引いてやるというアイデアがあります。それを実証して、連系枠を広げていこうというわけです。

もちろん、蓄電池を設置する時でもできるだけ数を少なくする。あるいは蓄電池無しでも連系枠を広げるような系統側対策をまずは考えたいというのが今の取り組みです。

### 期待されるリチウムイオン電池の開発状況

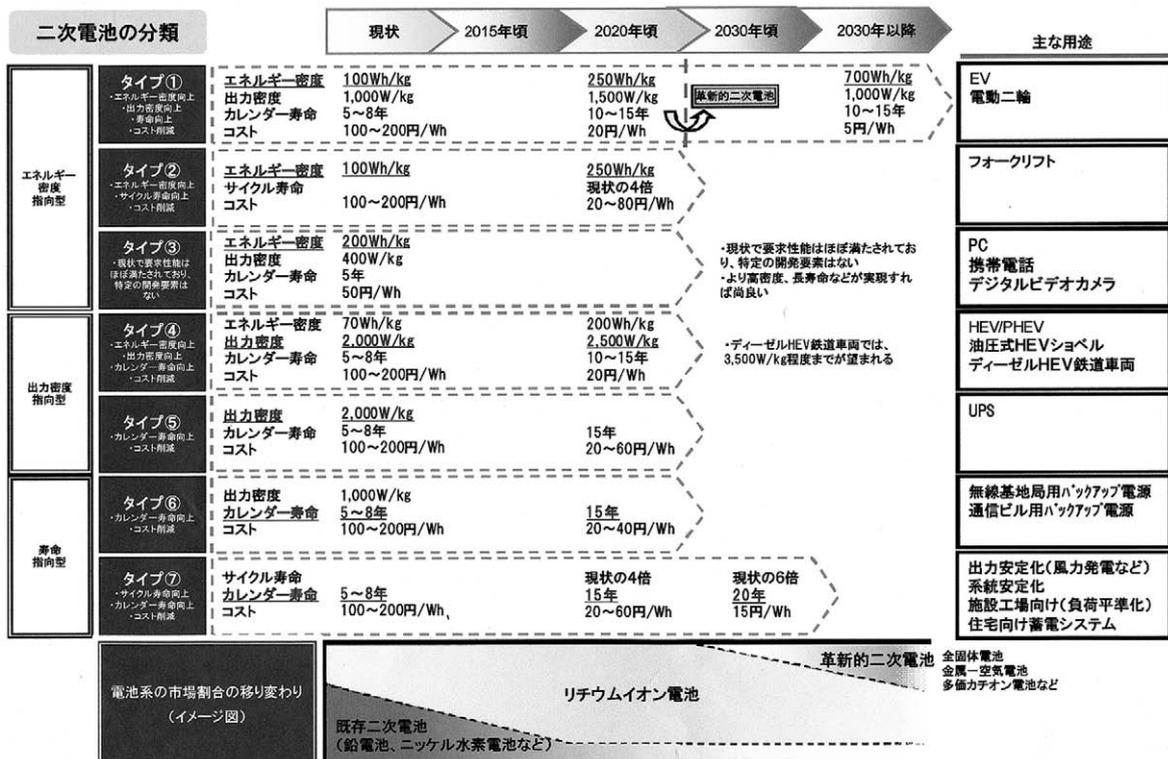
司会 (株)東芝も日本電気(株)もリチウムイオン電池を手掛けていらっしゃる。系統用リチウムイオン電池の見通しをご紹介いただけますでしょうか。

林 スマートグリッド技術においては、蓄電池と「マイクロEMS (スマートグリッド専用のEnergy Management System。以下「マイクロEMS」)」といった監視制御システムがキーになってくると思います。

蓄電池については、今のところ大容量で利用可能なものはNaS電池ですが、出力抑制対応のような一時的な使い方には向きません。

次にリチウムイオン電池ですが、系統用となると、フィールドで十分実証済みでないといけないので、主役になるにはコスト面も含めて、もう少し時間を要すると理解しています。しかし、色々比較した中で、リチウムイオン電池はエネルギー密度の高さ、90%を超える充放電エネルギー効率の良さ、充電状態の管理の容易さで、今後伸びていく可能性が非常に高いと思います。

今後、系統やスマートグリッドで使っていくことを考えた場合、コストと需要量がポイントになります。蓄電池の開発の方向性について『二次電池技術開発ロードマップ2010』(新エネルギー・産業技術総合開発機構、2010年5月)では、リチウムイオン電池をサイクル寿命(何千回使えるか)とカレンダー寿命(何年間使えるか)の2つが重要な電池だと分類しています。コストについては、現状10～



(出所: 『二次電池技術開発ロードマップ2010』(新エネルギー・産業技術総合開発機構、2010年5月))

図3 二次電池技術開発ロードマップ2010

20万円/kWhが、2015年では4万円ぐらい(NaS電池と同等)、2020年が2万円としています。同時に、系統安定化には、一般的に1,000回ぐらいのサイクル寿命を6倍に、カレンダー寿命は20年くらいにもっていきなっています(図3参照)。一部では既に6,000サイクルを実現しているリチウムイオン電池も出てきています。

蓄電池はスマートグリッドの正にキーコンポーネントになってくると見えています。そこで、この辺のインターフェースの国際標準化を経済産業省様と一緒に進めているところです。

また、スマートグリッドで電池の最適制御を行える「マイクロEMS」は、既に開発を完了しており、今後の数々の実証システムの中で蓄電池のパフォーマンスを検証していきたいと思っています。

**本林** 弊社グループのリチウムイオン電池は、90年代ぐらいから電動アシスト自転車に搭載されています。小型の乗り物から自動車の領域に入ってきているところで、系統に置く蓄電池も当然視野に入れていきます。揚水発電の半分ぐらいのコストにならないと系統側に設置するモチベーションが働かないと思いますが、可能性は相当あると考えています。

やはり自動車用だと相当大きなビジネスボリュームが見込めます。蓄電池は充放電を繰り返すので、自動車メーカーは劣化を非常に心配していて、Vehicle to Grid (V2G)には積極的でないと思います。しかし、劣化度合は技術革新でかなり改善される見込みがありますので、そうなると、自動車を蓄電池として電力系統につなぐ形が見えてくると思います。

基本的に弊社の場合、系統と需要家という2系統の事業領域を考えています。需要家用蓄電池の場合は買っていただけるのが大きなポイントです。例えば、既に200万台導入されているヒートポンプをエネルギー貯留装置と位置づけ、2020年には1,000万台になると見込むと、それを蓄電池で置き換えていくシナリ



林 秀樹

(株)東芝 電力流通・産業システム社  
スマートグリッド総括推進部 技術責任者

オが描けます。ただその場合、需要家に蓄電池の利便性を訴求していくことが必要です。

系統用蓄電池の場合、大容量化と高電圧化が必要であり、バッテリー・マネジメント・ユニット等のさらなる高度化が求められます。弊社では、研究レベルですが、系統単位でバッテリーマネジメントを行い、電池寿命の長期化を系統システム全体で実現しようとしています。

それから、EVの税金の問題をどう考えればよいのか気になっています。例えば、ガソリン税に代わるものを手当てされるのか。それによっては、ICTとして、システムに予め備えておくべき機能も出てくると思うんです。

**吉野** EVやその充電用電力に対する課税については、現時点で議論すると普及の妨げになりかねませんから、今後10年くらいは表立った議論はないのではないかと考えています。

**司会** 影響を及ぼし始めるのは相当先だと思えますが、そういうことで悩むほどEVの普及が進むことを期待したいですね。

---

実現が期待されるアプリケーション

---

国内で実施するための課題

司会 スマートグリッドでの実現が期待されるアプリケーションを国内で実施するための課題について横山先生からコメントをいただければと思います。

横山 大量の再生可能エネルギー源の直接制御、蓄電池の制御、ヒートポンプ給湯機やEVの蓄電池の制御、大停電事故を防ぐための系統の上流の広域監視制御システムの構築、蓄電池が安くなって沢山需要家側に入ってきた時の配電側の管理、スマートメーター導入による「見える化」、需要家のデマンドレスポンス（HEMS：Home Energy Management System）と結びつけた家の中のエネルギーの効率化、ビルのマネジメントシステム等々、色々なアプリケーションが考えられます。

ソフト面の課題として、まず、系統側でどういう需給制御システムを作るかがあります。どういう情報を新しく需要側から取ってくるか、そのためにどういう通信システムを作り、どういう制御信号を需要家側に送るか、などです。

ハード面の課題もあります。ヒートポンプ給湯機の制御は、出力信号を与えて出力制御することになります。しかし、そういうヒートポンプの製造経験、運転経験を持つメーカーはまだないと思います。太陽光パネルにしても、PCS（Power Conditioning Subsystem）に出力制御機能を埋め込み、カレンダー機能や無線通信でPCSをコントロールした経験はありません。

沢山の課題があるので、今後1つ1つ実証していく必要があると思います。そういう意味で、今、国の支援を受けて、国内の色々な所で行われている実証試験に期待しているところです。

司会 小まめに与えられる価格情報に需要家側で反応してもらうというデマンドレスポンスなどの制御法だけでなく、電力会社側から直接制御するアイデア、電気機器自体が系統の周波数を検知して反応するというGrid Friendly Applianceもあります。そういう色々な末端の機器制御の方式について見通しはあるのでしょうか。

横山 需要家の機器をコントロールしようとすると何百万、自動車ですと何千万台が対象になります。非常に多数の機器、しかも面的に拡がった機器を上から1台1台コントロールするのは、ほとんど不可能です。ですから、先ほど林さんがおっしゃったような、系統側から地域のコントロールセンターなどに信号を送り、「マイクロEMS」を使って多数の機器をコントロールしていくのも1つの考え方だと思います。

アメリカのGrid Friendly Applianceは自律分散制御の考え方です。家の中で周波数を家電機器が見て、周波数が下がれば運転を止めるとか、緊急制御的な系統への貢献の仕方です。

「マイクロEMS」の役割

司会 林さんがおっしゃった「マイクロEMS」ですが、もう少し詳しくお話し願えませんでしょうか。

林 「マイクロEMS」は、①上位系との全体最適制御、②地域内の電力バランス制御や③デマンドレスポンス信号をやりとりする、等を行うシステムで、「スマートグリッド専用の中央給電指令所」と考えて良いと思います。蓄電池や分散電源の計画及びリアルタイム制御、デマンド支援を行うサポート機能、配電系スマートグリッドでは配電監視制御機能を提供します。

私どもが考えているのは、外部の電力系統との協調です。地産地消ではなく、連系している電力系統と協調しながら、全体最適を担っていくというのが、我々がスマートグリッドの提案をする時にいつも考えていることです。

司会 電力会社は今のアイデアをどうお考えですか。

岡本 突き詰めると、電力会社の需給制御の範囲に、需要家側の太陽光発電や従来よりも制御性がある蓄熱機器、蓄電機器が入ってくるわけです。そういう範囲を広げた中での需給制御になると思います。

その中で、現状では「マイクロEMS」のメリットが今ひとつ分かりません。というのは、需給バランスというのは、東京電力エリア全体で確保すれば良いからです。もちろん、これ以外にも色々な方策が提案されてくるでしょうから、さらに議論を深めることが必要でしょう。

考えを決める上では、需要家の利便性を損なわない範囲、電力会社が確実に制御できる範囲について、幅広く議論し、場合によっては、役割分担も考えるべきだと思います。その中にGrid Friendly Applianceもあります。

将来の技術革新や進歩も織り込ながら、需要家から受け入れられる姿、妥当な社会的コストなどについて、幅広く議論した方がいいと思っています。

林さんと同意見なのは、ローカルに地産地消するのでなく系統と連系して全体最適を図るということです。地産地消はどういう技術を想定してもそうでない場合よりも必ず高くなってしまいますので成り立たないと思います。

司会 上位系統と連系しながら全体の最適化を図っていくということですね。

岡本 全体最適をとる方法には色々あると思います。

まず必要なのは、全体の需給イメージの明

確化です。例えば、太陽光だと春と秋の昼間に電気が余るので、EVを充電すればいいのか、あるいはヒートポンプにやればいいのかという議論が出てきます。しかし、よく考えると系統側にも揚水発電という電力貯蔵手段がありますから、必ずしも需給のタイミングを一致させなくて良いのです。例えば、土曜の朝にEVを充電し、昼間乗っている間、余った電気で水を揚水発電所に汲み上げてエネルギーを溜めておきます。で、EVが帰って来たら、汲み上げた水を放水して揚水発電所で発電し、その電気でEVを充電してもらう。全体としてはそこで余剰問題が解消されます。

### データのセキュリティの問題

司会 色々なものが制御できるようになるので、それを悪用される心配があると思います。個人情報管理の問題もありそうです。その問題の解決の見通しはあるのでしょうか。

本林 データのセキュリティに関しては、ある程度インターネット技術の流用が可能だと思いますが、個人的にはサイバーテロが気になります。現に、悪意をもって何かをすることがネットでは起こっています。スマートグリッドで需要家をつなぐというのはそういう危険が増えるということです。見方によっては系統側の弱点を見せていることになるわけです。サイバーテロへの対策を十分考えておく必要があると感じています。

岡本 欧米の電力会社とスマートグリッドについて意見交換する機会が増えてきましたが、彼らに言わせると課題は大きく2つです。

1つ目はスマートメーターが入るメリットが需要家に理解されないこと。2つ目が、サイバーセキュリティ。あるいは、プライバシーに関する需要家の懸念です。

需要家の1時間ごとの電気使用状況を知る状況になるのですが、それを電力会社がしつ

かり扱ってくれるのか、途中で漏洩しないかとかの不安です。逆に、その情報をライフログ（人間行動のデジタルデータ記録）として新サービスに利用したいという方も当然います。その辺の整理が日本でも共通課題になっていると思います。

---

## 海外でのビジネス展望

---

### 成長戦略としてのスマートグリッド

**司会** スマートグリッドを語る時のもう1つの切り口が、日本の成長戦略ともあわせて、外国のインフラ構築にも日本が出ていってビジネスをしようということです。外国でのビジネスについての期待についてはどうですか。

**林** 私どもメーカーは海外でもスマートグリッド関連事業を伸ばしていこうとしています。ただ注意しなくてはいけないのは、国によって、極端に言うと国内でも、スマートグリッドの目的や欲しいものが違うことです。そこを間違えると提案も成り立たないし、違うものを作ってしまうので、そこをどう把握するかが一番大きいと思います。

スマートグリッドは、大まかに次の4つに分けられると思います。

- (1) 未電化地域、あるいは離島向けスマートグリッド。今まで電力系統が不十分な所なので、基本的には一番ペイしやすい所ですが、逆に資金調達など色々考えなければいけないケースもあります。
- (2) 都市型スマートグリッド。環境対応として、スマートグリッドを組んでより効率的な電気の使い方をしていこうという構想で、多くの国で進められています。ここでは我々が持つ色々な技術を使っていけると思っています。ただ、国としての方針のよう



本林 稔彦

（日本電気(株) エネルギーソリューション  
事業部 総括マネージャー）

なもので、デマンドレスポンスを使う国と使わない国があって、注意しないとイケません。例えば、中国では既にスマートメーターを作り始めていて、デマンドレスポンスをやる所まで来ています。ところが、国家电网公司是、「需要家データの収集はするが、デマンドレスポンス指令は出さない。この機能は輸出用」と発言されているようです。

- (3) 電力系統を含めた都市インフラ型スマートグリッド。ヨーロッパ、アジアなどで最近できています。電力供給だけでなくトータルで事業展開しないとイケない概念です。これになると電機メーカー1社では不足で、広く業種を超えた連携、できれば日本企業と組んでいきたいところです。
- (4) 超大規模スマートグリッド。アブダビの再生可能エネルギー都市「MASDAR」のような超大型プロジェクトになると、国策も含めて大きな組織作りが必要な大PJになります。

最初の3つについては状況を見ながら対応していかなければイケません。ニューメキシコなどの海外実証プロジェクトや、日本に既に実証済みの技術があって、その実験結果を

見せられれば良いと思います。そういう意味で、日本国内の信頼性の高い、しかも環境対応力の優れた、世界最高と言いたい「日本版スマートグリッド」があると大変展開し易くなります。

**本林** 弊社の場合、全てのシステムを一社で提供できるわけではないので、海外展開の場合も、国内でのパートナーシップ、現地のパートナーシップが重要になってきます。また、弊社には通信系で海外に相当数の拠点があるので、そこからスマートグリッド関係の機器、システム、サービス等を展開できることを強みにしていく必要があります。

もう1つ考えなければならないのは国柄の違いです。日本では通信のブロードバンド化が高度に進んでいるため、テレビ放送（地上波、衛星送、ケーブルテレビ）も、固定電話、携帯電話もあり、国内での通信装置ビジネスは価格競争にしかありません。これが電話もテレビもない途上国だと、例えばトリプルプレイの装置は、「一石三鳥」ということで受け入れられたりします。つまり、色々なシステムが十分に普及している国でのビジネスと、それを渴望している国でのビジネスでは装置の色合いもかなり変わってくるわけです。

スマートグリッドに関しては、今のところ実際に提供されている国があるわけではないですが、やはり国柄が相当重要で、それに対してどういうビジネスをしていくのか模索しているところです。

ただ、自動車は比較的世界共通のデバイスになっているので、それが1つの「解」を与えてくれるのではないかと考えています。

**林** やはり国際標準化がキーです。今週、実は今もスマートグリッド関係の国際会議がアメリカ西海岸で行われていて、経済産業省の国際標準化ワーキンググループの仲間が行き議論に参加しています。

**吉野** 今回、国際標準化の報告書がまとまり、「スマートグリッドアライアンス」の中にワーキンググループもできました。非常にいいことだと思ったのは、議長国をとれる人材を10年かけて育成するというコンセプトが明確に入ったことです。官民連携で人材育成をしていきたいと思っています。

#### 高品質、高信頼度の日本製品は売れるのか

**横山** メーカーさんに質問があります。一般的に日本は高品質、高信頼度な技術を持っていて、それを海外に売ろうとした時、そういうものが売れるのかということです。例えば、中国などで日本のより安いけれど品質の悪い蓄電池を積んだEVが一気に普及した時に、スマートグリッドにおいても、あまり信頼度の高くない、いい技術でない「デスマートグリッド」みたいなものが中国やインド、世界の市場を占めた時に、日本の技術や電力インフラは売っていただけるのでしょうか。

**本林** システムも時が経つにつれ高付加価値システムとコモディティシステムに分かれてくると思います。

そのシステムがコモディティレベル、日用品レベルになって、価格勝負になった時、日本のベンダーのこれまでのやり方のままだと非常に厳しいと理解しています。例えば、蓄電池や太陽光パネルは単品レベルではコモディティ化する可能性が非常に高いです。

弊社としては、やはり高付加価値というところでの事業展開が重要だと思っています。

**林** 価格勝負の国では価格勝負しなければいけないので、国によって使い分けせざるを得ない、それがビジネスだと思います。

ただし、我々も、単なる機器商売だけでやっていくつもりはありません。スマートグリッドのビジネスは、社会インフラビジネスですから、もう少しソフト面も入れた全体の、

人間生活，運用・保全，サービス，都市構築等の全体最適等の点からいろいろなビジネスを展開してゆきたいと思っています。場合によっては揚水発電も含めるぐらいの統合的，あるいは包括的な付加価値をつけ得るビジネスである点を大事にして行きたいと思っています。

## コストと経済波及効果

司会 次世代送配電ネットワーク研究会の報告書では，コスト，経済波及効果などについても検討されています。その試算結果について吉野室長からご紹介いただけますか。

吉野 コストは，1.36兆円（シナリオ④）～57.2兆円（シナリオ①'）です。やはり対策の中心は蓄電池です。投資の約4分の3は蓄電池にかかってしまいます（表2，図4参照）。

インフラ投資をすれば波及効果があります。年間14日出力抑制し，それでも余る分は蓄電池で吸収するシナリオ②を軸に試算しました。10年間の累計で，2020年で9.2兆円，2030年で約25兆円です。全般で年間1兆円ぐらい。雇用創出効果では，年間4万人ぐらいです。

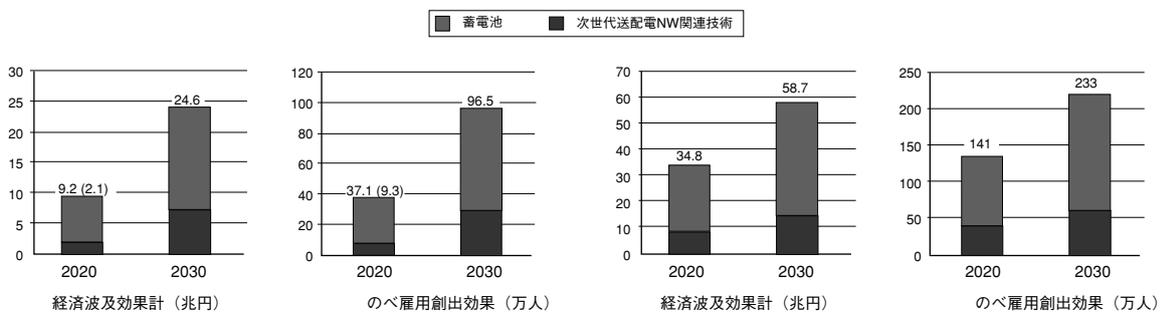
右半分は海外への輸出を含めた数字です。ただ，全世界が日本と同じレベルの品質を確保するための措置をとること，全世界がそういう投資をする時に日本勢が確実にシェアを確保することが前提です。ポテンシャルを最大限に見積った数字とご理解願います。

表2 2020年までの対策シナリオごとのコスト試算（太陽光発電2800万kW導入ケース）

(将来価値で試算，単位：兆円)

シナリオ	配電対策	蓄電池設置	制御システム構築	出力抑制機能PCS	需要創出・活用	蓄電池・揚水ロス等	火力調整運転	合計	備考
①（出力抑制なし） （系統側蓄電池）	0.32	15.1	0.30	—	—	0.35	0.15	16.2	
①'（出力抑制なし） （需要家側蓄電池）	—	45.4～56.7	0.30	—	—	0.05	0.15	45.9～57.2	
②（特異日出力抑制）	0.32	2.80	0.30	0.02	—	0.08	0.15	3.67	・太陽光発電の出力抑制量は7.3億kWh/年
③（特異日半量抑制）	0.32	7.56	0.30	0.02	—	0.19	0.15	8.54	・太陽光発電の出力抑制量は3.6億kWh/年
④（特異日十端境期出力抑制）	0.32	0.55	0.30	0.02	—	0.02	0.15	1.36	・太陽光発電の出力抑制量は15.6億kWh/年
⑤（特異日十端境期出力抑制十需要創出）	0.32	0.55	0.30	0.02	0.09	0.02	0.15	1.45	・太陽光発電の出力抑制量は9.6億kWh/年

（出所：次世代送配電ネットワーク研究会『低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて』，2010年4月）



※特異日出力抑制ケース（シナリオ2）で試算。括弧内の数字はシナリオ4。

〈国内分〉

〈国内分+海外への輸出分〉

（出所：前掲書）

図4 2020年までのスマートグリッド構築による経済波及効果（10年間の合計）

司会 投資コストは、結局、国民全体で広く薄く負担することになるのですか。

吉野 様々なアプリケーションまで視野に入れると、それで便益を得る消費者、その消費者が払う対価で利益を生み出す新たなアプリケーションなり、インフラの事業者の人たちが最終的には負担するというのがあるべき姿だと思います。しかし、今はそれがまったく見えていない時期です。

今後、時間が経って、そういった問題が絞られてくる中で、費用負担の議論がより精緻になされていくと考えています。

#### 需要家にとってのメリット

司会 インターネットの爆発的普及で、色々なビジネスが育ちました。今度はその電力ネットワーク版が始まるという期待があります。情報通信の場合、90年代以前は、我々はインターネットにほとんどお金を払っていませんでした。新たに携帯電話、インターネットに1人当たり何千円か毎月払うようになったことで、非常に大きなお金がそこに集まり、それを原資にして非常に大きなビジネスが生まれてきたわけです。

ところが、電気の場合、電気料金を今よりも皆さんが何千円も余計に払うとは考えにくいです。そこで大きなビジネスが起こるとしたら、そのお金は一体誰が出すのか、懐疑的な方もいらっしゃると思います。

需要家に何かのメリットがあり、今よりお金を払うからそれが基になって大きなビジネスになるとしたら、スマートグリッドの場合、需要家のメリットとは具体的に何が期待できるのでしょうか。

横山 需要家のメリットが何かというのは難しいです。もともと日本は系統が非常に安定で、高品質、高信頼度の電気が供給されていますので、太陽光発電等が入ることによる品

質低下を防いで、今までどおりの高品質の電気を送るようにし、「機会損失」を回避するということになります。それが需要家にとってメリットになります。もちろんスマートメーター等を入れて「見える化」をし、需要家が生活の快適さを損なうことなく電気の使用を抑制することで効率化できれば、電気料金の削減にもつながるわけです。

本林 固定通信はビジネスとして相当厳しくなりました。移动通信は大きなビジネスに成長しました。当時、モビリティそのものが付加価値となっており、ユーザーは移动通信に対して比較的高いお金を払っていたのです。

エネルギーの場合にそのアナロジーが当てはまるか分かりませんが、もしEVがキラーアプリケーションになった時、例えば、エネルギーのモビリティに対して、何らかのコストを負担いただけるようなメリットを提供していく必要があります。

そして、社会インフラの提供者が疲弊しないような制度設計が重要だと思います。通信事業の場合、インフラ投資がリターンを生まないことが多かった感じがします。例えば、イギリスではインターネットサービスプロバイダが通信事業者にお金を払うというモデルが最初ありました。

林 需要家メリットは直接的には電気の節約や売電なのでしょうが、かなりのケースを試算しましたが、現状技術を前提にしたケースではそれほど額にはなりません。それ以上に、やはり環境への貢献をメリットとしてどう定量化できるか、この辺も制度も絡んだ1つの可能性かと思います。

また、細かな需要家側での電気使用状況のデジタルデータを使って、プライバシーを損なわない範囲で新しいサービスが提供されれば、それが需要家にとってのメリットとなる可能性があるかも知れません。

---

## 今後の期待と展望

---

司会 最後に今後の期待と展望を皆様からお願いします。

### 議論の活発化を期待

吉野 スマートグリッドの議論が起こって2年ぐらい経ったところですが、スマートグリッドに対する意識が広がったように思います。それでもまだ十分ではありません。地産地消に対してもまだ相当期待が寄せられていたり、今と同じ電気代でスマートグリッドが実現可能という前提で議論されることが多かったです。より広い方々に技術的、制度的な、コストベースのところもしっかり理解してもらえることが、今後さらに大事になってくると思います。

そういう形で議論が進んでいくこと、その上で様々なアプリケーションやメーカーの方々の、単に機器だけにとどまらない、国内外での展開が進んでいくことを期待しています。私どももその後押しに最近力を入れています。行政サイドでは、ある国のマーケットで、特定の強い企業を支援しても良いのではないかという空気が大分広まってきています。そういう行政機関、また海外にある出先機関もうまく使っていただければと思います。

### 海外での事業経験を活かした取組み

岡本 実際に、我々が海外で行っているのはIPP主体の発電事業です。スマートグリッドでどうかは、これから勉強していきたいと思えます。今までも色々な国でインフラ設備を作ったり運用したりするコンサルティングをやっていますので、その中で日本企業とコンソーシアムを組んでやっていく、経済産業省の事業にも積極的に参加していきたいと思っています。



蓮池 宏

( 財)エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部 部長 )

### 新しい事業領域で世界へ

本林 最近では1社だけで何かを提供することが難しくなっていますし、スマートグリッドのビジネスはやはり国と国のせめぎ合いという面も大きいと思います。その中の1ポジションを担えるようなアプローチを国内でも海外でもとっていければと思っています。事業者、ベンダー間の“Win - Win”のパートナーシップは必須でしょう。

通信業界ではベンダーは物を売るだけでなく、オペレーションも含めてやるのが当たり前になっています。例えば、欧米では、オペレーションをやっている会社の人を自分の会社に移籍させることが起こり始めています。

新しいものをオペレーションするには相当時間がかかるので、それに長けているところにやってもらい、対価を払っていくという仕組みが現われています。そういうことも含めて、新しい領域に対する新しい仕組みを持って世界に出ていければと思います。

### 海外実証と「日本版スマートグリッド」で世界へ

本林 スマートグリッドについては、現在、国内外のいろいろな場所で実証試験が進められ

ています。そこで思想的な話として、やはり非常に重要なのは「日本版スマートグリッド」をどういうものにしていくか、本日お話しさせて頂いた皆様をはじめとして、英知を集めて早く決めていくことではないかと思えます。平行してニューメキシコプロジェクトのような海外実証も進め、これらをベースに国際標準化展開をできれば、と期待しています。

#### 色々な可能性を秘めたスマートグリッド

**吉野** スマートグリッドのビジネスは社会インフラと全体最適の追求に大きく貢献できるビジネスだと思います。もちろん環境対応であることでも今後世界に貢献できると思っています。あとは巨大インフラの可能性があり。電力がメインですが、ここにガスも含めた可能性があります。そういう意味で、夢を語り過ぎることなく、少し冷静に議論しながら、日本型スマートグリッド、海外のスマートグリッドを一緒に着実に作っていききたいと思います。

#### 「オールジャパン」でスマートグリッド構築へ

**横山** スマートグリッド構築は、全体最適を考えながら、電気エネルギー供給という社会インフラを作っていく作業です。多分1社だ

けでできることではなく、「オールジャパン」で取り組むべき仕事だと思います。

先週金曜日（5月14日）に記者発表したのですが、東大を中心に、東工大、早大、そして東芝、日本電気、東京電力を含む28法人の「オールジャパン」で、系統から需要家までの電気エネルギーシステムを全体最適するために、「次世代送配電系統最適制御技術実証事業」を3年間の予定で始めます。

今後、このように「オールジャパン」で地に足のついた取り組みをやっていって、その中から新しい知見を得て、海外のビジネスにも役立てたい。そういう地に足のついた仕事をこれから、長い時間かけてやっていかないとスマートグリッドというのとはできないのではないかと個人的には思っています。

そしてまた大学としても電気工学の活性化のために、ぜひ大事にしていきたいと思っていますので、皆さんにご協力をお願いしたいと思います。

**司会** 今日は長時間にわたり大変貴重なお話を頂きました。近い将来、本日ご紹介頂いたような技術やシステムが導入され、低炭素社会の構築と経済の活性化につながっていくことを期待したいと思います。ありがとうございました。

#### \*\*\*\*\* 次世代電力ネットワーク研究会 入会のご案内 \*\*\*\*\*

(財)エネルギー総合工学研究所では、スマートグリッドに関連する国内外の情報収集や会員相互の意見交換に基づき、次世代電力ネットワークの実現に向けた方策などを検討することを目的に、会員制の研究会を主宰しています。

会長（平成22年度）：東京大学大学院 横山明彦教授

- 活動内容
- (1) ニュースレター：海外動向を中心に収集した情報を整理してご提供します。（月1回）
  - (2) 講演会：スマートグリッドに関する個別テーマの講演（2件程度）と意見交換を行います。講演会に続いて交流会も開催します。（1回/2カ月）
  - (3) シンポジウム：一般向けの情報発信の場として開催します（年1回）

会員数（平成22年6月現在）：法人会員25社、個人会員（学識経験者）25名

活動の詳細、入会のお申し込み等につきましては、当研究会のWEBサイトをご覧ください。

[http://www.iae.or.jp/news/jisedai\\_index.html](http://www.iae.or.jp/news/jisedai_index.html)

\*\*\*\*\*

[寄稿]

## わが国の温暖化対策 中期目標の達成に向けて —1990年比25%削減に向けた対策と課題—



金子 祥三 (東京大学生産技術研究所  
特任教授)

### 1. はじめに

2009年12月、デンマークのコペンハーゲンで開かれた第15回気候変動枠組条約締約国会議(COP15)で、わが国は、2020年までに二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の1990年比25%削減を表明した。この目標値はそれまでの2005年比15%削減をはるかに上回るものであるが、その具体策は未だ決まっていない。

この数値目標は、2020年までにエネルギー起源CO<sub>2</sub>を2005年比36%削減しなければならないことを意味する。最も懸念されることは、25%削減という崇高な目標を掲げるだけで、具体策の立案と実行を忘れ、最後は安易な排出権取引に逃避し、いたずらに国富の流出を招くことである。

これらの状況を踏まえ、本稿では、温室効果ガス(GHG)排出の実態、日本政府が発表

した目標値を分析し、GHG削減のために国内のみで実施する「真水対策」の具体策を早急に検討し、一日も早くアクションプランを立てることを提案するものである。

### 2. GHG排出量の現状

#### (1) わが国のGHG排出量の推移

わが国のGHG排出量の推移を図1に示す。GHGには数種類あるが、最も影響が大きいのはCO<sub>2</sub>である。CO<sub>2</sub>の大半は化石燃料の燃焼により排出され、その量は近年増加傾向にある。

#### (2) わが国のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出状況

2005年におけるわが国のCO<sub>2</sub>排出量の部門別内訳と電力寄与度を図2に示す。各部門における全排出量の電力寄与度分は、実際は発電の際に排出しているものとなる。

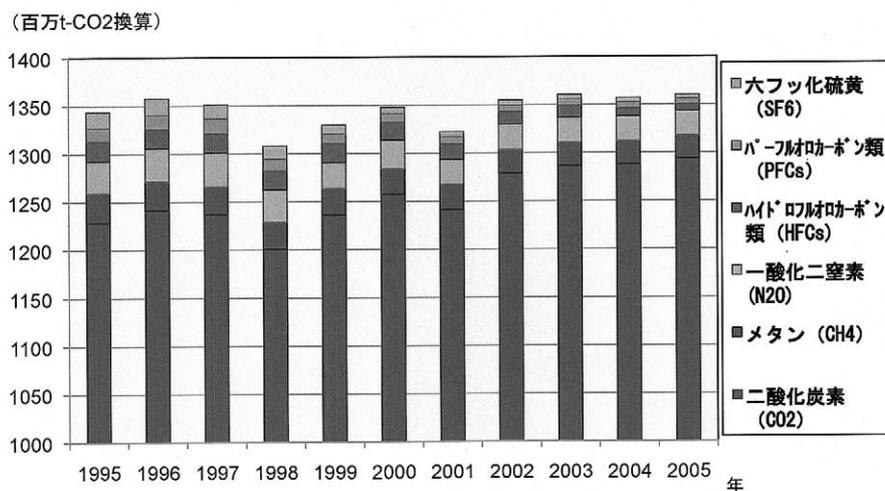


図1 GHG排出量の推移<sup>(1)</sup>

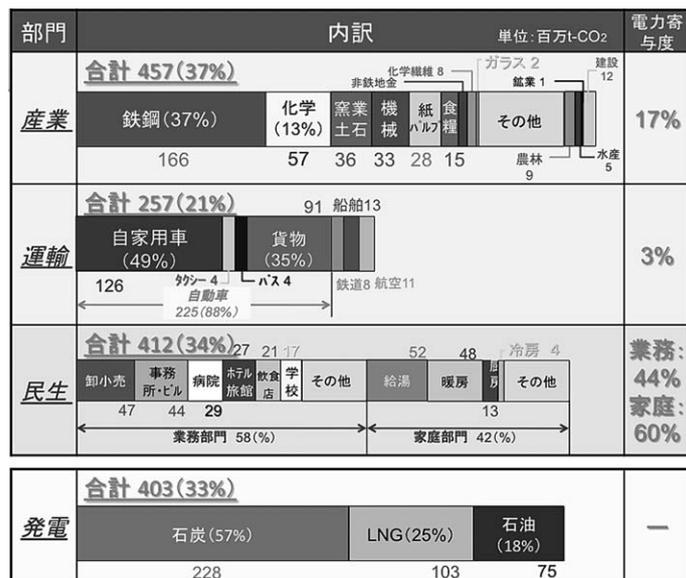


図2 わが国のCO<sub>2</sub>排出量の部門別内訳と電力寄与度 (2005年) (2)

### 3. わが国の温室効果ガス削減中期目標値

#### (1) 2005年比15%削減案 (2009年6月政府案)

15%削減を全て国内実施だけの「真水対策」で達成することが掲げられており、2005年比ベースでは、米国、EU (欧州連合) よりも高い削減目標となっている。

2005年比15%削減とは、エネルギー起源CO<sub>2</sub>に限れば19% (2億2,600万トン) に相当する。この約半分1億500万トンを原子力で、6,000万トンをCO<sub>2</sub>削減コスト (CO<sub>2</sub>を1トン削減する費用) 5,000円未満の対策、6,100万トンを5,000円以上の対策で削減する。

削減案では原子力が最も大きな部分を占めるにもかかわらず、その影響度は必ずしも定量的に正しく認識されていない。原子力が計画からずれた場合、CO<sub>2</sub>削減計画全体に大きな影響を与えるので、その分を他の対策でどう補うか考えねばならない。

原子力の影響度を図3に示す。2005年の原子力の設備容量、平均利用率 (71%) を基準に、2020年までに9基 (設備容量1,192万kW) の増設が実現し、かつ平均利用率が81%に上がったとすれば1億500万トンのCO<sub>2</sub>削減が可能という計算である。仮に原子力増設が半分しかできないとなれば削減量も半分になってしまう。

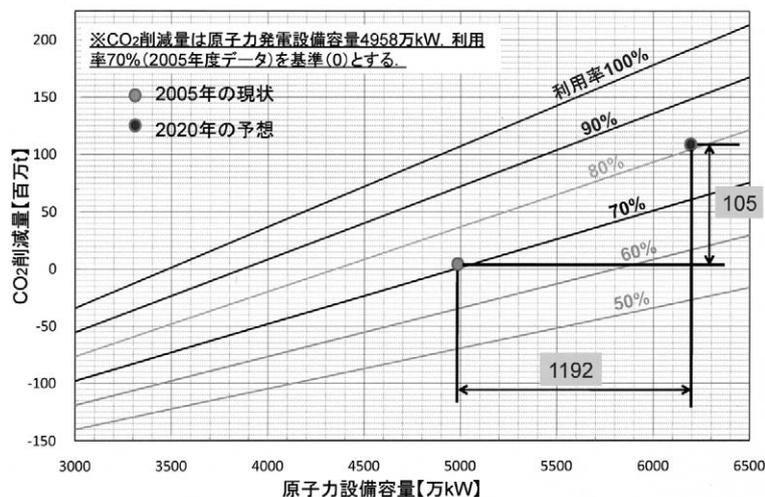


図3 CO<sub>2</sub>削減における原子力の影響

表1 CO<sub>2</sub>削減策の詳細内訳

項目No	部門	対策項目	使用年数	初期投資	省エネ量	CO <sub>2</sub> 削減量	CO <sub>2</sub> 削減コスト	
			年	億円	万kL	万トンCO <sub>2</sub>	円/CO <sub>2</sub> トン	
1	産業	製鉄	電力需要設備効率の改善	15	1,600	12.0	72	-29,098
2	転換	電力	風力発電	20	2,640	156.0	383	-28,033
3	産業	業種横断	高効率空調	15	116	27.6	53	-24,811
4	産業	業種横断	高性能工業炉	15	150	50.0	132	-18,300
5	産業	化学	バイオマス資源を活用したプロピレン製造技術	30	213	21.9	58	-17,811
6	産業	業種横断	産業HP(加温乾燥)	15	293	13.1	25	-17,032
7	産業	業種横断	高性能ボイラー	15	300	40.0	106	-16,904
8	産業	化学	内部熱交換型蒸留塔	50	669	19.5	52	-16,204
9	産業	化学	膜分離による蒸留プロセスの省エネ化技術	30	814	35.6	94	-15,895
10	産業	化学	熱併給発電技術(CHP)	30	400	15.9	42	-15,093
11	産業	化学	低温排熱の回収システム構築	30	427	12.9	34	-14,399
12	産業	製鉄	省エネ設備の増強	30	1,500	51.0	137	-14,254
13	産業	化学	ガスタービンの普及	30	500	14.4	38	-14,162
14	産業	紙パ	廃材等利用技術	30	920	36.0	108	-13,484
15	民生	高効率空調	高効率セントラル空調, 高効率マルチ空調	15	3,330	128	279	-13,391
16	民生	高効率照明	LED照明, 有機EL照明	10	13,000	81	487	-8,854
17	民生	省エネ型ネットワークデバイス, 情報機器	ネットワーク・情報通信機器(ルーター, サーバー, ストレージ)	5	44,900	411	2,470	-7,907
18	産業	紙パ	高効率古紙パルプ製造技術	30	600	5.8	35	-7,822
19	産業	化学	ナフサ接触分解技術	30	717	8.8	23	-7,346
20	産業	紙パ	高温高圧型黒液回収ボイラー	30	600	8.7	27	-7,264
21	産業	製鉄	廃プラスチックの製鉄所でのケミカルリサイクル拡大	30	280	47.0	165	-6,616
22	民生	省エネ型ディスプレイ	低電力液晶ディスプレイ, プラスマディスプレイ, 有機ELディスプレイ	10	26,200	114	685	-5,696
23	産業	化学	熱併給発電技術(CHP)の効率化	30	3,327	39.7	105	-5,445
24	民生	給湯器	太陽熱利用	15	2,473	43	114	-3,186
25	産業	セメント	省エネ設備導入	30	193	5.2	18	-959
26	産業	セメント	燃料代替廃棄物(廃プラ等)利用技術	30	73	6.2	22	-505
27	産業	製鉄	SCOPE21型コークス炉	50	3,300	30.0	105	-26
28	産業	製鉄	自家発・共同火力発電設備の高効率化	30	6,000	42.0	111	4,269
29	民生	建築物の省エネ・空調等BEMS		15	14,300	203	624	5,079
30	転換	電力	太陽光発電20倍	30	76,000	665	1,633	10,611
31	民生	省エネ住宅	住宅の省エネ性能向上	30	46,600	256	728	13,274
32	民生	業務用給湯等	業務用HP, コジエネ, FC	15	11,700	100	258	13,773
33	民生	高効率給湯器	家庭用HP, 潜熱回収式給湯器, コジエネ, FC	15	41,900	319	799	18,427
34	運輸	次世代自動車・燃費向上	ハイブリッド自動車, 電気自動車, プラグインハイブリッド自動車, 燃料電池自動車, クリーンディーゼル自動車, 天然ガス自動車	15	119,000	840	2,100	21,507
合計					425,035		12,122	

さらに、平均利用率も大きな影響を及ぼす。利用率がわずか1%変化するだけで400万トンのCO<sub>2</sub>に影響を及ぼす。これらの厳然たる事実を正しく認識する必要がある。

残り分の削減策を表1に示す。合計で1億2,100万トンの削減が目論まれているが、そのためには約42兆円もの投資が必要と推定されている。

項目29~34は5,000円以上である。投資額から便益を差し引いた金額をCO<sub>2</sub>削減量で割り、CO<sub>2</sub>1トン当たりの削減コストとしている。マイナスとなっている項目は基本的に投資回収が可能で、補助不要ということを示している。

このように経済性も含めた概略の試算が既に行われている。これらはすべて「真水対策」であることが最大の特徴であり、これらを実施すれば、エネルギー起源CO<sub>2</sub>を19%分、何とか削減できると考えられる。

(2) 1990年比25%削減案(2009年9月政府案)

2020年までにGHGを1990年比25%削減する案は、図4に示すように、2005年比では30%の削減となる。さらに、エネルギー起源CO<sub>2</sub>で見ると36%削減となり、先述の15%削減案の約2倍となる。これは、化石燃料の消費を3分の2にすることを意味しており、達成には並々ならぬ努力を要することが理解できよう。

2005年比でエネルギー起源CO<sub>2</sub>の36%削減は、4億3,300万トンという膨大な量の削減となる。ところが、削減策が示されているのは、2005年比15%削減案に織り込まれた2億2,600万トン分だけで、残り2億700万トン分については全くの白紙のままというのが現状である。

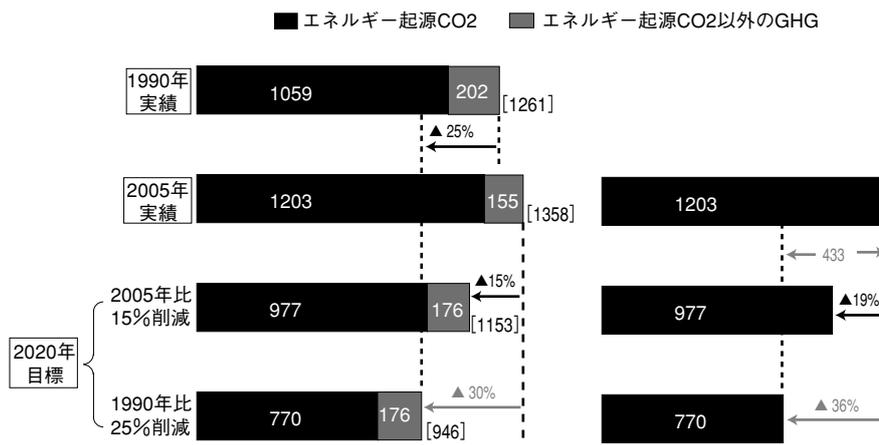


図4 エネルギー起源CO<sub>2</sub>の削減目標 (単位：百万 t-CO<sub>2</sub>)

#### 4. 1990年比25%削減の白紙部分 (2億700万トン) の真水対策提案

本項では、1990年比25%削減 (2005年比15%削減案に既に織込まれている2億2,600万トン削減を差引いた残り2億700万トン削減) に向けた具体案と、削減量についての試案を述べる。

##### (1) 発電部門における対策

##### ①原子力の更なる利用率向上 (2,800万トン削減)

原子力の削減効果は、新たに9基 (設備容量1,192万kW) 増設、平均利用率81%で1億500万トンである。さらに平均利用率を法定での限界 (90%) まで向上させることにより、さらに2,800万トンの削減が可能で、原子力全体で1億3,300万トンの削減となる。

##### ②既存の旧式LNG火力発電所の最新鋭コンバインドへの転換 (1,600万トン削減)

現在わが国には旧式のLNG火力発電所が約2,400万kW分ある。これらはプラント効率が36%程度であるが、最新鋭のコンバインドプラントは効率が50%を超える。よってこの旧LNG火力分を全てコンバインドプラントへ転換することで、1,600万トンのCO<sub>2</sub>削減が可能となる。

##### ③石炭火力への30%バイオマス混焼 (5,000万トン削減)

[石炭火力の重要性]

図5に電力からのCO<sub>2</sub>排出量の推移を示す。1990年以降、電力からの排出量は増加しているが、その増加分はほとんどが石炭によるものである。これはオイルショック (1973年) の影響を受け、エネルギーセキュリティのた

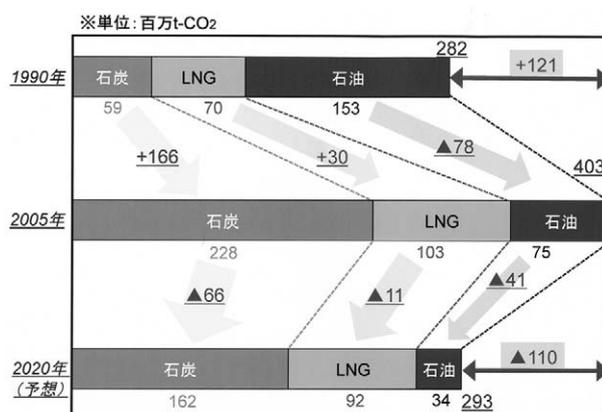


図5 電力からのCO<sub>2</sub>排出量の推移

めに石油への依存を減らし、供給の安定している石炭火力発電にシフトした結果である。しかも、高効率の超々臨界圧（USC：Ultra-Super Critical steam condition）火力として、経済性も向上させつつ、国策に沿って増やしてきたわけである。

このUSC微粉炭火力は日本が世界最高の技術を有しており、この技術を世界中の旧型の石炭火力に適用すれば、ゆうに日本一国分のCO<sub>2</sub>排出量を削減することが可能である。さらに、USCよりも効率を大幅に上げた石炭ガス化複合発電（IGCC：Integrated coal Gasification Combined Cycle）の商用機を一日も早く実現することが正攻法の対策である。

2020年における石炭火力からのCO<sub>2</sub>排出量を1億6,600万トンまで減らすためには、石炭火力発電所を2割も停止せざるを得なくなる。石炭火力を停止すれば、運転員や保守員を維持するのは困難となる。また、石炭火力発電は、摩耗や腐蝕、閉塞等が生じ、石油火力、天然ガス火力に比べると高い技術を要する。そういった技術においてわが国は世界でもトップレベルにあり、技術の維持、発展のためにも石炭火力は維持すべきであると考ええる。また、今後天然ガスや石油の価格の高騰、需給の拡大等が予想さ

れるわけだが、その時にエネルギーセキュリティ上石炭に頼らざるを得ないという状況になることも十分考えられることである。

[バイオマス30%混焼]

そこで、全石炭火力に30%バイオマスを混焼させることを提案する。技術的には高効率発電に直接つながらないが、排出権購入で海外に数兆円のお金が流出することを考慮すれば、もう背に腹はかえられない。

表2に示すように、わが国にはいま石炭火力としては最新鋭のUSC火力22基で1,850万kW、旧型の石炭火力が44基で1,900万kWとほぼ同じ容量があり、全体で約3,800万kWの石炭火力がある。これに30%バイオマスを混焼すると、石炭火力を温存しつつ、CO<sub>2</sub>を5,000万トン削減することが可能となる。

[バイオマス必要量確保の検討]

石炭火力の30%バイオマス混焼にはバイオマスを4,200万トン供給せねばならない。これだけ大量に、且つ均質で値段も一定、納期も遅れずに本当に供給できるのか検討が必要とされる。

表2 バイオマス30%混焼の効果

日本の石炭火力

	基数	出力(万kW)	熱効率 (送電端, HHV)
USC	22	1850	40%
旧型	44	1900	36%
合計	66	3750	

15%削減案の石炭火力の利用低減

年	発電電力量(億kWh)	総発電電力量に対する比率(%)	平均利用率(%)	CO <sub>2</sub> 発生量(百万トン)
2005	2529	26	82	209
2020	2006	20	52	166
差	▲523	▲6	▲30	43

バイオマス30%混焼によるCO<sub>2</sub>低減

CO<sub>2</sub>: 5000万トン削減(必要バイオマス量: 4200万トン)

2020年の石炭火力運転に30%バイオマス混焼				
ベース	バイオマス発電電力量(億kWh)	CO <sub>2</sub> 発生削減量(百万トン)	必要石炭量(万トン)	必要バイオマス量(万トン)
2005年	2529 × 0.30 = 759	63	8800	5280
2020年	2006 × 0.30 = 602	50	6980	4190

※石炭: 6500kcal/kg  
バイオマス: 3500kcal/kg

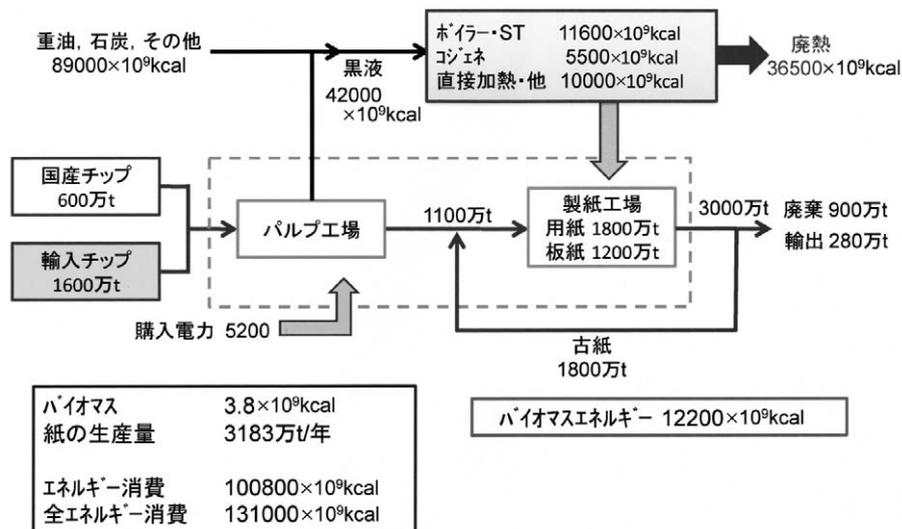


図6 現在の日本のバイオマスの流れ

図6に示すように現在日本が紙・パルプ業界で使用している量が2,200万トン、その約2倍が必要となる。価格も近年は2万円のようなのだが、これは紙・パルプ用のウッドチップで、非常に高級なセルロースを中心としたチップの値段である。よって、輸入のウッドチップを使用する場合は、石炭と比べて発電原価がいくらになるのか考慮せねばならない。

現在国内には、ペレットを製造している工場があるが、ペレットは2万円以下では採算がとれず、石炭火力で発電用として使用するには高級すぎる。そこで、まずは輸入チップで始めることを提案する。

日本の森林再生を目指して、2002年から「バイオマス・ジャパン」という試みがなされてきたが、遅々として進まず、年々、惨たんたる状態になっている。京都議定書において「3.8%のCO<sub>2</sub>を森林にて吸収する」という項目があるが、これは健全な森林管理が行われていることが前提である。ところが、日本はしっかりと森林を管理していない。

従って、まずは輸入チップで大きな市場をつくり、それを順次国産材にできるだけ置きかえていくというプロセスをもってすれば、最終的には日本の森林再生も可能だと考えている。今まで10年という長い歳月を費やしても実現しなかった日本の森林再生をこのCO<sub>2</sub>

問題を契機にして実現できるのであれば、それにはある程度のお金をかける価値がある訳で、少なくとも排出権取引で海外に出ていくようなお金の比べると、はるかに有効な使い方になるのではないかと考える。

## (2) その他部門での対策

### ① 産業部門

[コークスの代替]

産業部門からのCO<sub>2</sub>排出量の約4割を占めるのが鉄鋼部門であるが、CO<sub>2</sub>削減は、なかなか厳しい。現在の高炉ではコークスが不可

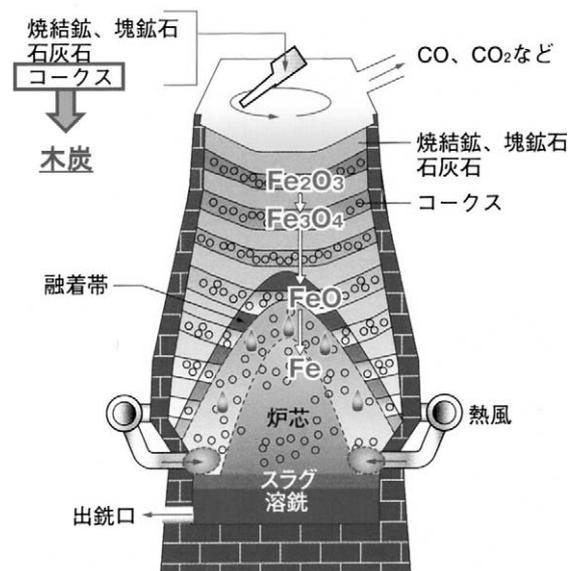


図7 高炉の概要図 (3)

欠である。コークスは、図7に示すように鉄の製造プロセスの中の重要な役目を担っており、しかも数十メートルの高さの高炉を構成する強度部材、構造部材となっている。従って、例えば水素還元製鉄等で一部燃料の代わりに助燃するくらいは可能だとしても、この高炉の形態が変わらない限り、コークスを全て水素で代替することは難しい。

歴史を振り返ってイギリスの産業革命を考えてみる。産業革命の流れとしては、燃料用の木材、木炭が無くなり、これに代わる鉄の還元剤として石炭が大量に必要となった。そして石炭を掘るために蒸気機関が発達した。これを踏まえて逆に、先述のバイオマスと同様の考えをすれば、コークスを木炭に代えるという発想もある。また、抜本的な製鉄プロセスの開発の加速が必要であることは当然である。

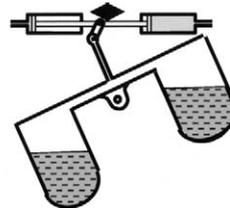
## ②運輸部門

[自家用車の電気自動車化、ハイブリッド化]

排出量の約半分を占める自家用車を、電気自動車、ハイブリッドに変えることで2005年比15%削減案では約6分の1(2,100万トン)の削減が見込まれている。CO<sub>2</sub>削減効果の高いものにより大きな補助を行って、自家用車の5000万トン削減を目指すべきである。

[鉄道輸送へのモーダルシフト]

次に貨物であるが、自動車輸送を鉄道輸送に変えること(モーダルシフト)によってエネルギー消費を5分の1にする必要がある。コンテナトラック自体を鉄道輸送し、ターミナル到着後は目的地まで自走というシステムがあり、既にスイスで実用化されている。その他にも駅構内での自動化されたコンテナ積み替え等も考えられる。米国でも、やはり貨物輸送は鉄道が多く使われており、長さ1マイル(約1.6km)もの列車もある。あるいは、都市のライトレールのような省エネ型公共交通機関の充実も挙げられる。こういった鉄道



波の周期とピンの固有振動数を共振させる新しい発電システム

図8 小型漁船の波力充電システム(無燃料船)

へのモーダルシフトを強力に進めなければならない。また日本のように海外から多くの燃料、原料、食料等を輸入している国においては、外航船から鉄道へ、外航船から内航船へ、高度に機械化・自動化された港湾システムに変革していくことも重要である。

[波力発電の導入]

自然エネルギーに着目すると、日本の場合自然エネルギーに算定されていない波力を、ヨーロッパ並みに算定可能とすべきである。ここで提案しているのが、図8に示す小型漁船動力の電動化と波力充電システムである。現在、漁船のCO<sub>2</sub>の排出量が600万トンである。600万トンが大きいか小さいかはともかく、漁船の省エネ対策は漁業の維持のためにも重要である。石油の値段が上がると漁業は経営が苦しくなり、食料自給率はますます落ちてしまうことを考慮し、筆者の研究室でもこれに対し、油の値段に左右されない沿岸漁業への貢献を考えている。

## (3) 25%削減実現の具体策—まとめ

上述の提案を実現し、1990年比25%削減案を日本の真水対策で実現できるという内訳を分配したものを図9に示す。正直なところかなり背伸びをしたところもあり、また課題と

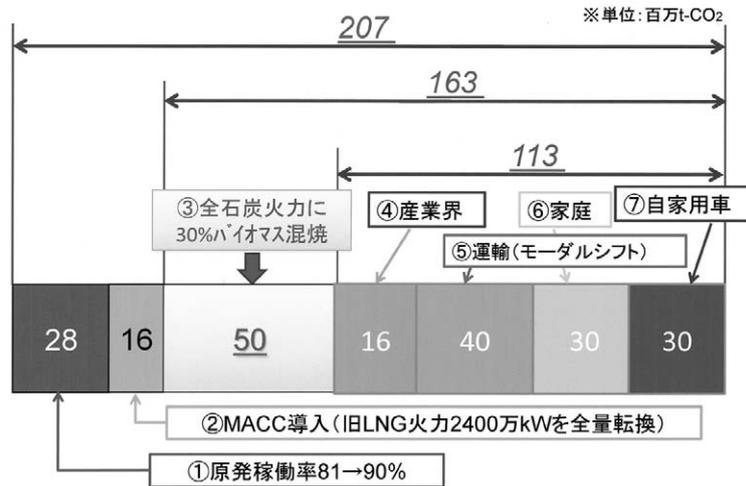


図9 1990年比25%削減の追加策の内訳

して原発の稼働率は本当に90%まで上げられるか、全LNG火力をすべて高効率コンバインドに代えられるか、石炭火力を全部30%バイオマス混焼に代えられるか等がある。産業界においては、2005年比15%削減案のときの倍の削減量を導入している。

また、民生、運輸というのは個人への依存度が高い。特に、民生の家庭部門においては6,000万トンの削減が見込まれているので、少なくともそのさらに50%増しの3,000万トン程度を積み増したいが、一方、補助金の増大が課題となる。

## 5. 真水対策実現のための支援システム

これまで述べてきた真水対策を確実に実行するための支援システムをどう構築するかについて述べる。

### (1) 国内対策実施のための原資

化石燃料消費によるエネルギー起源のCO<sub>2</sub>を下げるということは、すなわち化石燃料の消費を減らすということであり、節約分だけ輸入費用が減るわけである。

わが国は2005年に年間約20兆円分の化石燃料を輸入した。20%の削減で、毎年4兆円もの新たな国富が創出されることになり、真水対策実施のための原資が出てくる。このようにして

2010年～2020年の合計として20兆円のメリットが出てくるということとなり、早く実行すればするほど、そのメリットは大きくなる。

様々なイノベーションを実行するためには原資が必要であるが、これに改善から生み出される化石燃料の輸入量削減によって創出される費用を充当すればよい。逆に国内への化石燃料輸入削減へつながらない施策に原資を使ってはならない。先述のとおり、自動車や太陽光でCO<sub>2</sub>1トン当たり2万円、1万円の補助をするのが妥当なのかという批判はあるかもしれないが、この燃料輸入費削減の範囲内であれば国富を損なうことにはならない。筆者が提案している30%バイオマス混焼でも、今の石炭専焼と発電原価を同等とする補助も可能となる。現在の自動車と同程度の補助があれば、発電原価を維持しつつ石炭火力に30%バイオマスを混焼し、なお万一の時にはいつでも石炭専焼に戻し、エネルギーセキュリティを確保することが可能となる。

このように化石燃料節減相当の金額を“真水対策実施基金”として予め設定しておき、最終的に2020年度に清算するやり方を取るべきである。

### (2) 国内対策実施に当たってのインセンティブ

具体的に各企業や個人が積極的にCO<sub>2</sub>削減対策を実施しようという場合、経済面を含め

これを大きく支援する援護策が不可欠である。  
具体例を挙げると、

- 革新的な提案に対する資金補助（資金総枠あり・先着順・革新度に応じ高い補助率・数次に分けて実施）。
- 投資のための融資への政府保証（90%）。
- 固定資産税免除や加速償却の認定。

上記3点セットは米国では新しい政策を実施する時は常識となっていることであり、日本でもぜひ実施すべきである。

この原資は当然上記の「真水対策実施基金」から手当をすることになる。

## 6. 国際的な支援策のありかた

### (1) 日本の技術力で世界のCO<sub>2</sub>を削減

世界のエネルギー起源のCO<sub>2</sub>の約30%は石炭火力から排出されている。

また、図10に示すように世界各国における発電量に示す石炭火力の比率は、中国、豪州で80%、インド70%、米国、ドイツ50%、英国ですら40%と日本に比べ、はるかに高い比率となっている。

一方、その発電効率は図11に示すようにはるかに低い値となっている。日本が1990年代から努力してきたUSCやIGCCの技術を、世界の石炭火力に適用すれば大幅にCO<sub>2</sub>を削減できる。

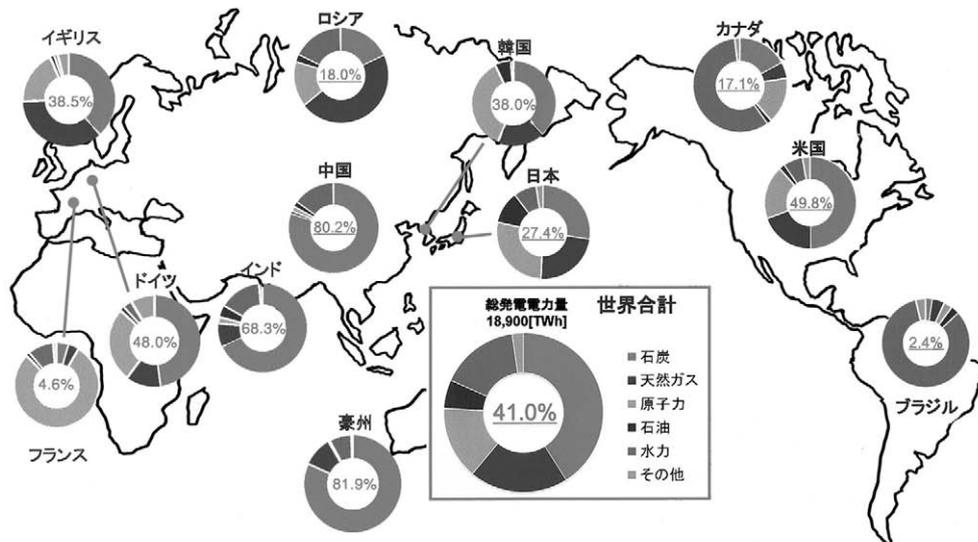


図10 世界の主要国電源構成 (4)

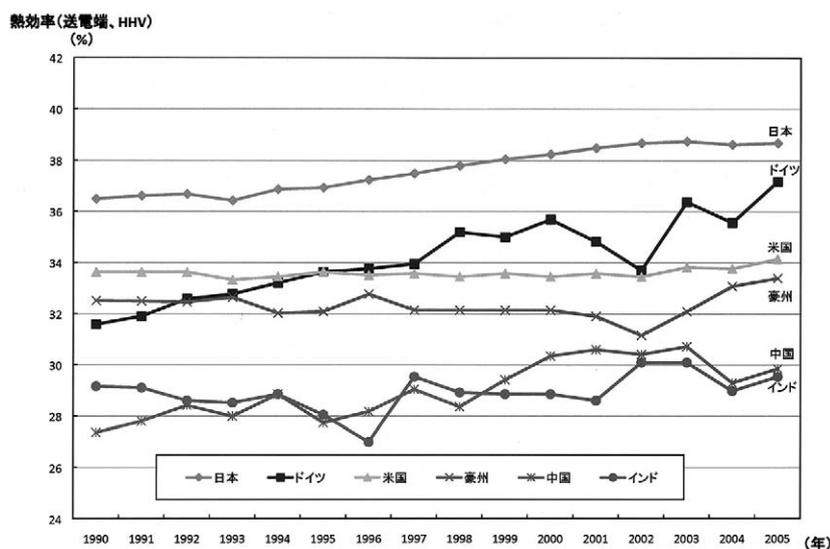


図11 各国の石炭火力発電の効率の推移 (5)

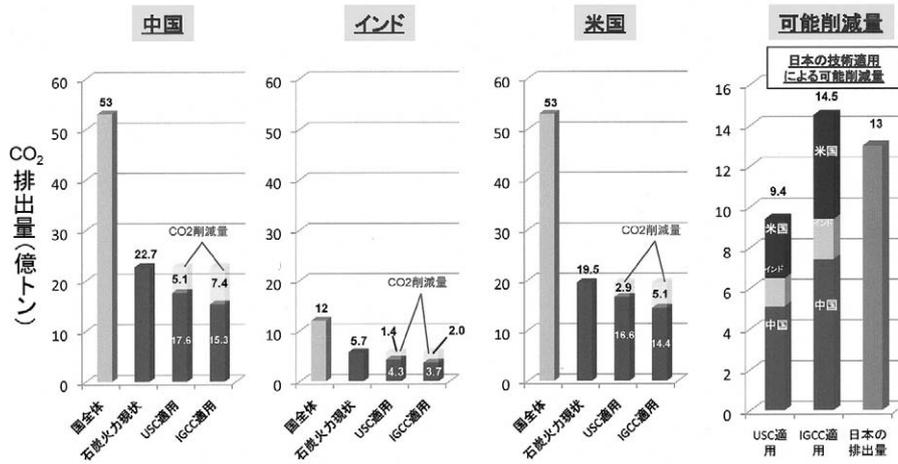


図12 日本の石炭技術によるCO<sub>2</sub>削減の可能性

図12に中国、インド、米国の既設石炭火力に日本のUSCやIGCCを適用した時の削減量を示す。

優に13億トンという日本一国分のCO<sub>2</sub>削減量が可能である。これまで日本における「真水対策」の必要性を強調してきたが、真にCO<sub>2</sub>削減が実施できる国際協力であれば、それは考慮するに値すると考えられる。

## (2) CDMと排出権取引

市場メカニズムによる排出権取引が、あたかも温暖化対策の特効薬のように宣伝されているが、その実態を冷静に分析する必要がある。ここではクリーン開発メカニズム (CDM) および排出権取引の最近の状況について説明する。

### ① CDM

現在、京都メカニズムで行われているものに、共同実施とCDM、排出権取引がある。本当に大気中のCO<sub>2</sub>削減にお金が使われているかという点で、排出権取引に対しては懐疑的意見がある。一方、CDMに関しては、そのプロセスの複雑さと検証システムによりCO<sub>2</sub>削減に繋がるとして高く評価されている。

CDMでは、まず厳しいプロジェクト審査に1～3年程度かかり、審査の通過後も、本当に目論見どおりのプラントが建設されたのか。それが本当に動いているのかが確認されて初めて認証される仕組みである。

ところが、このCDMにも非常に問題があるということが分かってきた。図13は費用の明細が公開されている10件のCDMプロジェクト

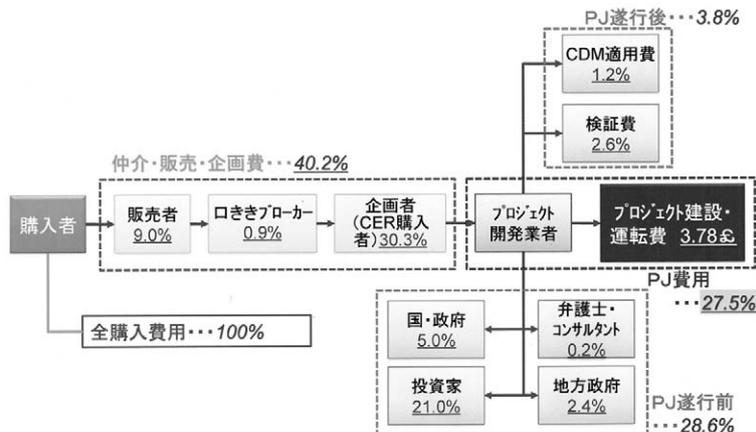


図13 CDMプロジェクト (PJ) における費用の流れ (6)

の内容を分析したものであるが、全体費用の極一部しか本当のプラント建設に使われていないことが分かる。その10プロジェクトの平均として、プロジェクトの建設費と運転費・保守費に使われている部分は27%程度である。では、何処にお金が流れているのか。結局は企画者と投資家であり、51%もの費用が流れていることが分かる。しかも最近の事例では、日本が費用を出すCDMでも、日本のメーカーの製品が採用されたり、日本の企業が中核を担ったりする例というのは非常に少ない。このように、CDMですら日本に対する寄与率はほとんどないのが実態である。

また、CDMの問題点の1つに「追加性」(additionality)の問題がある。即ち「効率向上によるCO<sub>2</sub>削減」のように、同時に燃料費が削減され、プロジェクトが経済的に成り立つような、実施者にとって魅力のあるプロジェクトが対象にならないということである。

## ② 排出権取引

排出権取引は、所詮、お金のやりとりでCO<sub>2</sub>を下げようということ、当事者の最大の関心は最大利潤であり、本質的な温暖化の解決には程遠いのが実情である。CDMですら結局は金儲けのためにやる人々や国々が積極的に行っているわけであり、排出権になればさらにそれが顕著になり、なおかつ検証が事実上できないという状況になることは必至である。

排出権取引の教科書でよく引用されるのが、米国の米国環境保護庁が二酸化硫黄の規制に排出権取引を適用した事例である。特に「1990年の大気浄化法」で硫黄酸化物の排出権取引を行い、米国の脱硫対策が大いに進んだとされ、これが排出権取引の成功事例としてよく引用される。しかし、現実を見てみると、米国の石炭火力の脱硫装置はわずか30%、脱硝装置は20%にも満たない。日本は脱硫装置90%以上、脱硝装置も80%程度設置されていることに比べれば、はるかに低いことがわかる。

日本は排出権取引を行っているわけではない。環境規制法への適合のためということもあるが、四日市ぜんそくや光化学スモッグの様な公害を起こしてはいけないということを全国民が認識し、住民、設置者も真摯に取り組んだ結果であるといえよう。逆に米国の場合には、排出権取引により大きな利益が生じない状況になった時点でこの駆動力が停止し、未だにわずかしか設置されておらず、米国の石炭火力は依然として汚い煙を排出し続けている。環境団体が「石炭は汚い」と反対するのも一理あるわけである。

このように、排出権取引は、一旦動き出した途端、金融商品として一人歩きし、最大利潤を求めて動き出し、CO<sub>2</sub>削減という当初の目的から乖離していく。そういった意味で、排出権取引で安易に数兆円ものお金が海外に出ていくということは、日本の産業にはもちろん、日本という国そのものに対して殆ど寄与しない国富の流出にほかならないのである。

## (3) 新しい二国間協定の提案

これまでCO<sub>2</sub>低減対策は、国内で実施する「真水対策に徹すべし」ということを強調してきた。しかし、25%削減といった強烈的な低減策の場合は、国内だけでは足りないことが起こり得る。今後の日本の経済成長率がどう推移するかによるが、国内対策が不十分な場合、国際協力により海外でCO<sub>2</sub>削減を実施し、その削減量を“WIN-WIN”の関係で両国が分け合う案も考えられる。その場合、その国への高効率プラントの輸出等、日本製品の使用が前提であり、日本の産業や雇用への貢献に見合っただけで日本がお金を出すということを明確にすべきである。また現実にもその国で確実にCO<sub>2</sub>が低減されたという検証も必要である。

このような新しい二国間取引のルールを早急に作り上げ、これを国際的にも認知させていくことが必要である。その場合、いきなり中国やインドを対象とせず、まずはオーストラリア、カナダ等の先進国で、かつ日本と貿

易の双務関係にある，いわば「大人の国」との間でスタートし，これを「標準的取決め」として開発途上国へも適用していくべきと考える。

#### (4) 国外への援助についての注意事項

日本がお金を出して海外でCO<sub>2</sub>を減らして貰おうとする場合，その費用が目一杯CO<sub>2</sub>削減に使われる方策を講じるべきである。途中で砂地に水が吸い取られるように消えて行き，真の対策に使われるものは僅かとなることがないよう最大の注意が必要である。この改善策の1つとして「Voucher供与による現物支給」案を提案したい。これはCO<sub>2</sub>削減に役立つ製品（LED電球や太陽光パネルなど）を日本国内で製造し，相手国にはこれと交換可能なVoucherを渡し，実際に現物と交換してもらって，確実にその国でCO<sub>2</sub>が減るようにする方策である。これは，開発途上国等で発電プラントなどインフラ投資のニーズの低い国には有効と考えられる。

#### (5) 相手は世界であり，国内ではない

最近「国際標準」策定の場でも日本は遅れをとることが多く，新興国や途上国での原子力等の大型商談でも敗退する例が増えている。これは欧州各国では1業種1メーカーが普通となっており，国と企業が一体となって入念な準備と強力な交渉力を発揮することによる。このような状況下では，日本でも輸出が過半を占める業界においては，1メーカーに統合して国を挙げて当たらないと中国や韓国にも勝てないのは当然である。ちょうど航空業界で貧弱な日本の空港が，魅力と競争力たっぷりの海外の大型ハブ空港に次々と旅客や貨物を奪われているのと同じようなことが主要産業でも起こっているのである。

強力な1国1メーカーの巨大海外企業と争わねばならぬ輸出業界においては独占禁止法の緩和の他，メーカーの統合や業界内の統一行動をやり易くする施策が必要であると考えられる。

## 7. おわりに

以上で述べたように，今こそ知恵，技術を絞り出して攻めに転じる時であり，黙ってじっとしてはだめなのである。地球温暖化問題について，その科学的根拠の理解から，日々の省エネ行動に至るまで，純粋に地球を救うための視点から真剣に国民が考えているのは日本が一番であろう。

しかし，この崇高な理念と目標も現実の具体的，定量的打ち手無くしては実現できない。COP15をはじめとする国際交渉の場においても，環境省，経済産業省，外務省の間で完全に国論が統一されていたとは言い難い。それぞれの立場もあり，国内で大いに議論するのは結構である。最後はそれらを止揚し，集約した形で日本国家を纏め上げ，代表団に権限と責任を与えて交渉の場に臨まなければならない。もたつく日本の足許を見るように，一部では2017年まで京都議定書の単純延長案を狙う国々の動きがあると言われ，また京都議定書に基づいて日本が払った数百億円のお金が使途不明になっているとも報じられている。

今こそ我々の英知を結集し，マネーゲームではなく，額に汗して新規提案を次々と出して，日本を再生させる起死回生の出発点とすべきである。

#### 参考文献

- (1) 『地球温暖化統計データ集2009』，三冬社
- (2) 『エネルギー・経済統計要覧』，(財)省エネルギーセンター
- (3) 『鉄と鉄鋼がわかる本』，日本実業出版社，2004
- (4) ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2008 Edition, ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2008 Edition, IEA World Energy Outlook 2006
- (5) “Ecofys Comparison of power Efficiency on Grid Level 2007”
- (6) “Carbon Retirement” 2009年12月号

[寄稿]

## 米国のシェールガス革命



市原 路子

(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構  
石油開発支援本部 調査部調査課

### 1. はじめに

国際エネルギー機関 (International Energy Agency) や石油メジャーExxonMobilの長期見通しによると、天然ガスは需要が最も増加する資源であると予測されている。天然ガスの2030年までの年間増加率は1.8~1.9%。0.9~1.0%の石油を大きく上回り、2030年までの増加幅でも石油や石炭を上回る見通しである。また、未開発資源が多く環境に優しい天然ガスは、探鉱・開発を行う多くの石油会社からの期待が高く、上流戦略の中心に据えられている。

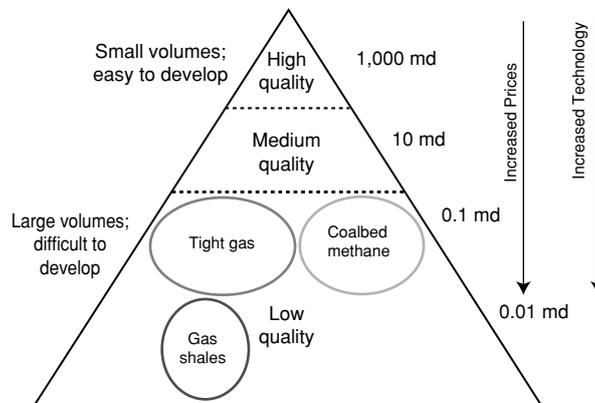
その状況下で、近年、米国において非在来型ガスのシェールガス (頁岩に貯留するガス) が新たな開発対象に昇格し、世界規模のガス資源としても注目が集まっている。非在来型ガスはシェールガスだけでなく、コールベッ

ドメタン、タイトガスもあり、世界全体での資源量は、在来型よりも膨大であることが知られている (図1参照)。この資源量は、ガス価格が上がり、開発技術が進歩すると地表に取り出せる可採埋蔵量に変わる。従って、今後も、世界各地に存在すると推定される非在来型ガスは無視できず、米国でみられたように世界の石油・天然ガス事業のトレンド形成に影響を与えたり、トレンドそのものになり得ると予想される。

### 2. 非在来型ガスとシェールガス

#### (1) 非在来型ガス資源

非在来型ガス資源には、主なところで、タイトガス、コールベッドメタン、シェールガスやメタンハイドレートがある。これらのうちメタンハイドレート以外は地中においてガス



(出所: Stephen A. Holditch, "Tight Gas Sands," Journal of Petroleum Technology, June 2006, Society of Petroleum Engineersの図に加筆)

図1 ガス資源量の体系

(気体)体で存在し、経済的に取り出せる期待が近年高まっている資源である。メタンハイドレートは、ハイドレート（固体シャーベット形態）で存在しており現在のところ経済的に取り出すことは容易でない。

米国では、すでに、タイトガス、コールベッドメタン、シェールガスの生産量が天然ガス生産量の50%を占める。非在来型ガスは取り出すのが難しいこと以外は、特に在来型ガスと変わらない。80年代～90年代に進歩した石油・ガスの採取技術により、これまで放置されてきた非在来型ガス資源の開発に一段と注目が集まっている。特に、ほとんど手つかずだった浸透性の悪いシェール層に貯留するシェールガスの開発も、この数年で大きく見方が変わった。

## (2) 米国のシェールガス事情

シェールガスは、70年代から政策的な投資インセンティブによりミシガン州のAntrimシェールから生産されていた。ガスの存在は知られていたものの経済的に採算性が見出せなかった。しかし、2000年代半ばの原油と天然ガス価格の高騰を背景に、水平掘り技術、割れ目を人工的に作る水圧破碎技術や割れ目のモニタリング技術（マイクロサイズミック）などの最新技術が適用されるようになり、シェールガス開発が加速した。これは「シェールガス革命」と呼ばれる（後掲参照）。生産量は2000年の1.2Bcf/dから

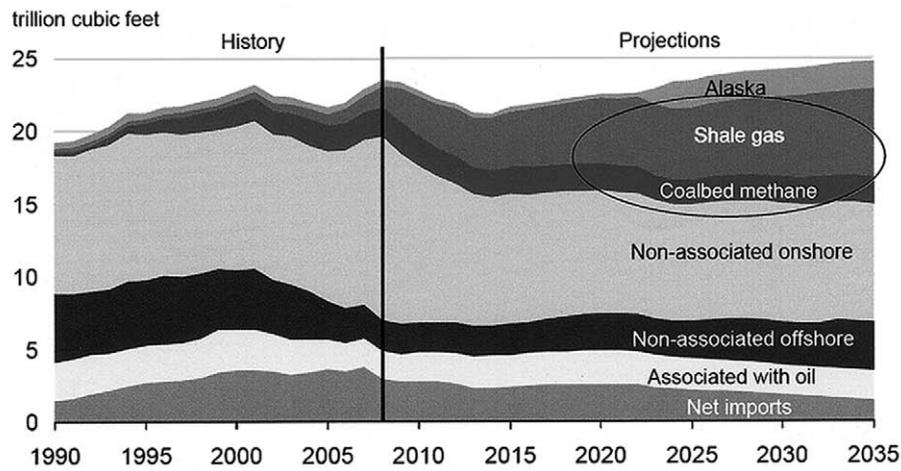
2008年に5.5Bcf/d（2.0Tcf）まで増加（1 Bcf/d = 10億立方フィート/日）。米国ガス生産量全体に占めるシェアも2000年時点で約2%程度だったが、2008年には約10%に拡大させている。在来型ガス生産量が落ち込む中、シェールガスの生産比率はますます高まると予想されている（図2参照）。

## (3) 非在来型ガス資源開発の特徴

### ①地質的な特徴

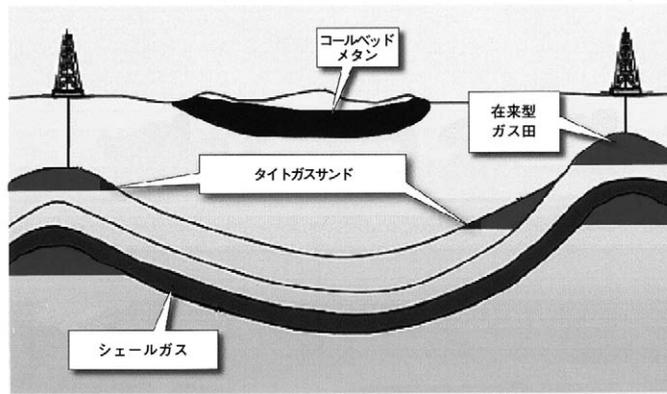
「シェール」とは、従来より「在来型石油・ガス田の帽岩（キャップロック）や根層岩」として認識されている、ガスや油などが浸透しない極めて硬い地層のことである。この層では、地温上昇によって頁岩中の有機物が熟成してガスに変わる。層厚数百フィート、広さ数百万エーカーの頁岩が天然ガスの貯留層になっているケースが一握りの堆積盆地で見られ、そこに膨大な埋蔵量が期待されている（図3参照）。

これらの非在来型ガス田からのガスは、在来型ガス田と異なり自噴こそしないが、ガス成分そのものは在来型ガスと大差ない。一般的に、開発が進んでいる非在来型ガスは、液分が少なくメタンを多く含み（90%以上）、場所によって二酸化炭素、水やその他不純物なども含有する。



(出所：米国エネルギー省)

図2 米国のガス生産量見通し



(出所：JOGMEC)

図3 非在来型ガスの賦存イメージ

②開発技術

非在来型ガスの開発には、水平坑井、水圧破碎、マイクロサイスミックなどの技術進歩が大きく貢献している。

生産方法の一例を示す。水平井の掘削技術を用いて対象層まで掘り抜き、井戸の周囲に人工的な割れ目を作る水圧破碎を行ってガスの流路を確保することで閉じ込められていたガスを開放し、陸上まで坑井で引き上げる(図4参照)。また、水圧で形成させたフラクチャー(割れ目)を半永久的に保持するため、プロパントと呼ばれる砂粒状の物質を徐々に高粘性のジェルに混ぜて圧入し、割れ目の開度を調整する。

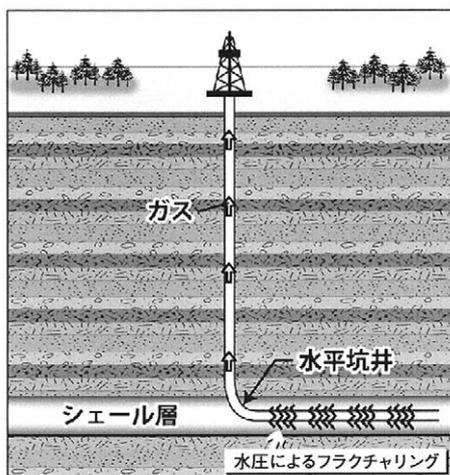
これらの最新技術の適用だけでなく、各社が開発経験を積み重ねて学習し技術的なリス

クを低減していることも、安定的なガス生産を可能にしている一因である。

シェールガスを始め非在来型ガスの生産挙動(図5参照)は高压下の生産開始時が最も高く、その後圧力は一気に下がり生産量も急激に減少する。その後も長期間にわたって低率で推移することが知られている。

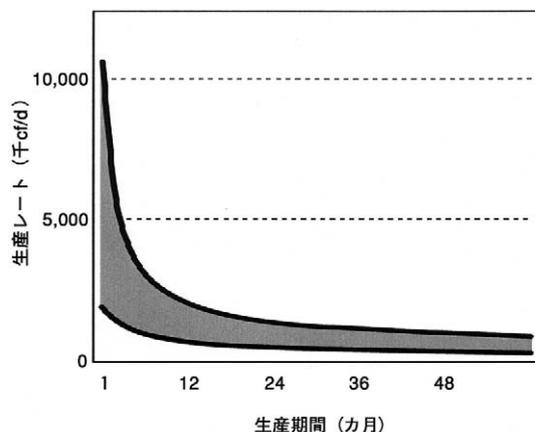
また、採算が合えば、5年あるいは10年おきに再び水圧破碎を施す追加投資を行って、生産量を維持させるケースも多い。このように井戸を刺激することで50~100年にわたりガスを産出し続けることができる。

しかし、非在来型ガスの生産井からの生産量は在来型ガス井に比べ1桁低いため、次々に掘削を行って生産維持・拡大に努める必要がある。非在来型ガス開発で成長する企業の掘削数を見ると、代表的なChesapeakeの米国



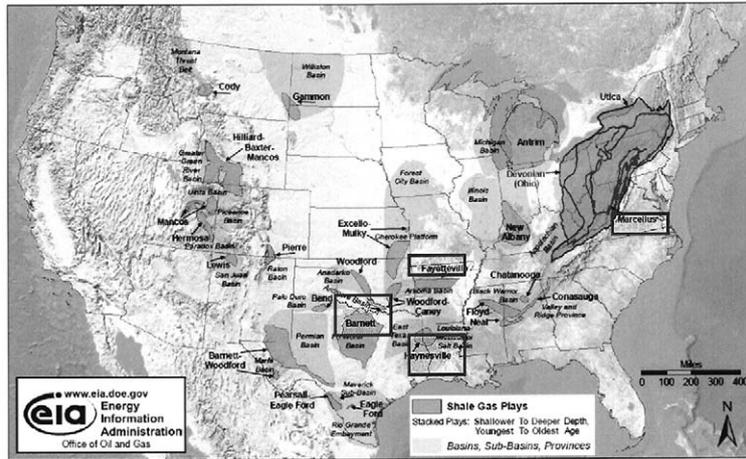
(出所：JOGMEC)

図4 シェール層からのガス生産方法



(出所：JOGMEC)

図5 生産井からのシェールガス生産挙動



(出所：米国エネルギー省)

図6 米国のシェールガスエリア

表1 開発が進む主な北米シェールガス

シェールガス名 (位置)	主な事業者	概要	ポテンシャル (可採埋蔵量*)
Barnett (テキサス) 1981年発見 生産量 3.7bcf/d (2008)	Devon, XTO Energy, Chesapeake, EOG Resources, EnCana	面積 5,000sqm 深度 6,500-8,500ft 層厚 100-600ft	44TCF*
Fayetteville (アーカンソー) 2005年確認	Southwestern Chesapeake	面積 9,000sqm 深度 1,000-7,000ft 層厚 20-200ft	41.6TCF*
Haynesville (テキサス、ルイジアナ) 2007年確認	Chesapeake, EnCana, Petrohawk	面積 9,000sqm 深度 10,500-13,500ft 層厚 200-300ft	251TCF*
Marcellus (米国北東部) 2006年確認	Chesapeake, Atlas Energy, Range Resources	面積 95,000sqm 深度 4000-8500ft 層厚 50 - 200ft	262TCF*

\*は米国エネルギー省発表のレポート“Shale gas primer 2009”より。sqm = 平方マイル, ft = フィート

内での年間掘削数は1,000本以上。石油メジャーExxonMobilが全世界で年間900本であることを考えれば、その多さが分かる。

### 3. 米国の「シェールガス革命」の全貌

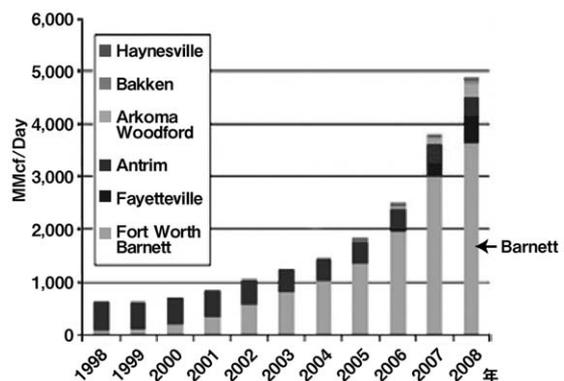
2000年代半ばのシェールガスの登場は、斜陽だった北米陸上の石油・ガス産業を一転させたことから「シェールガス革命」と呼ばれる。そして、この「シェールガス革命」は全世界へ徐々に伝わり始めている (図6, 表1参照)。

#### (1) Barnettシェールガスでの成功

米国の「シェールガス革命」は、石油産業が活発なテキサス州のBarnettシェールの開発が経済的に成功したことに端を発している

(図7参照)。Barnettで、シェール層が開発対象として十分に有効であることが証明され、これが全米に広がり、多くの他の巨大シェールガスが確認されていった。

開発面での中心は、開発に挑戦したMitchell Energyを2002年に買収した中堅企業Devon



(出所：米国エネルギー省“Shale gas primer 2009”)

図7 エリア別シェールガス生産量

(Barnettにおける最大の生産者)、その他、Chesapeake, XTO Energy, EOG, カナダ企業のEnCanaなど北米の陸上を開発拠点とする企業であった。Barnettシェールからの生産は2000年に0.2Bcf/d、その後掘削・開発が進み2008年末時点で1万本以上の生産井から年平均3.7Bcf/dに達し、2010年初めには5 Bcf/dを超えた。大小200以上の操業者が活動している。

2003年以降、Barnettで成功した中堅企業は、他のシェールガスを求めて試掘を行い、米国各地で産出確認を行った。2005～2006年にアーカンソー州のFayettevilleシェール、北東部のMarcellusシェールを確認し、2007年にはChesapeakeがルイジアナ州のHaynsvilleシェールで地質的に良好なシェールガスを確認した。Barnett, Fayetteville, Marcellus, Haynsvilleのシェールを合計すると可採埋蔵量は600Tcfに達する(図6, 表1参照)。これはカタルの巨大ガス埋蔵量に匹敵する。

カナダのブリティッシュコロンビア州でもEOGやApacheなどの企業が大規模なシェールガスを確認し、カナダでの期待も高まっている。

## (2) シェールガスの開発コスト

「シェールガス革命」をもたらした大きな要因は新技術による開発コストの低下である。ChesapeakeやXTO Energyのシェールガスの探

鉱開発コストは百万Btu当り1ドル台前半から2ドル台前半で、生産コストは同1～2ドル程度である。全体でも3～4ドル/百万Btu台で、高くても7ドル/百万Btuで採算がとれるシェールガスが大半である(図8参照)。

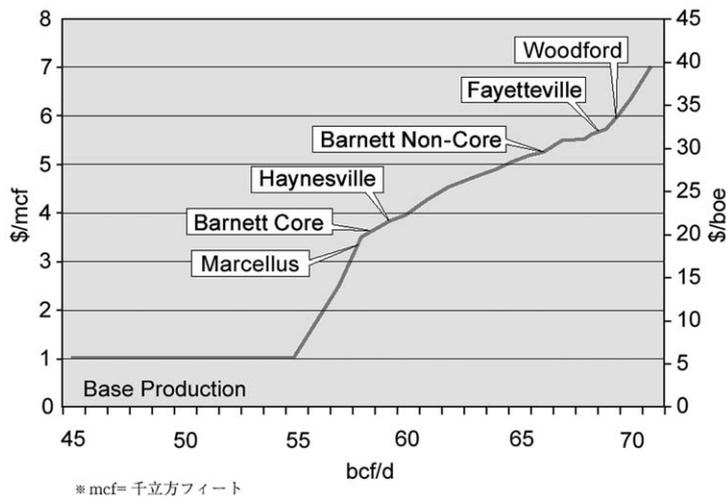
米国のガス価格は、2004年以降、概ね5ドル/百万Btu以上で推移し、2005年～2008年には10ドル/百万Btuを超えた時期もあり、シェールガスの探鉱や開発は瞬く間に活気づいた。2009年以降は、ガス供給増と需要低迷が相まって、ガス価格は概ね3～5ドル台の低水準に落ち込み採算性に懸念が広がった。その時でも、生産性の劣る在来型ガスやタイトガス開発の投資が抑制される中、シェールガス開発投資の勢いは衰えなかった。

## (3) シェールガス開発の問題

新たな地域にガス開発が進むにつれて、「シェールガス革命」は新たな問題をもたらしている。

まず、シェールガスの開発投資には、フラクチャリングに使う多量の水の確保(1坑当たり4,000～15,000m<sup>3</sup>)と消費地までの供給パイプライン網が必要である。これらのアベイラビリティが大きな開発促進の鍵を握る。

2つ目の大きな問題は、水圧破碎のために層内に圧入される水にガスの流路を効率的に



(出所: Wood Mackenzie, EPRINC試算)

図8 シェールガスの地域別開発コスト

確保するために添加している1%未満の化学物質が地下水に悪影響を及ぼすのではないかと不安が増幅していることである。

米国では、1940年代から水圧破碎の適用実績はあるものの、この数年のシェールガス開発への期待の高まりによって、都市部において大量に水圧破碎を行うことに対する懸念が強まっている。環境派議員らによる水圧破碎に対する規制強化の動きが強まっている議会、環境保護局はそれぞれ2010年初めに環境影響調査を開始した。米国の環境保護局は、2004年にコールベッドメタンの開発地域（ロッキーマウンテンエリア）を対象に水圧破碎による水質調査等を行ったが、特に問題はないという結論を出している。疑いをかけられている石油業界側も、水圧破碎は十分に深いところに施されるため環境汚染の問題はないし、汚染の具体的な証拠もないと反論している。

#### (4) シェールガス革命の立役者たち

非在来型ガス開発の先駆者は、Devon, EnCana, Anadarko, Chesapeake, XTO Energyなどの中堅企業である。Devon, EnCana, Anadarkoが北米以外での開発事業やオイルサンド事業に参画しているのに対し、ChesapeakeとXTO Energyは米国の非在来型ガス開発事業を専門としている。両社は、80年代に設立された新興企

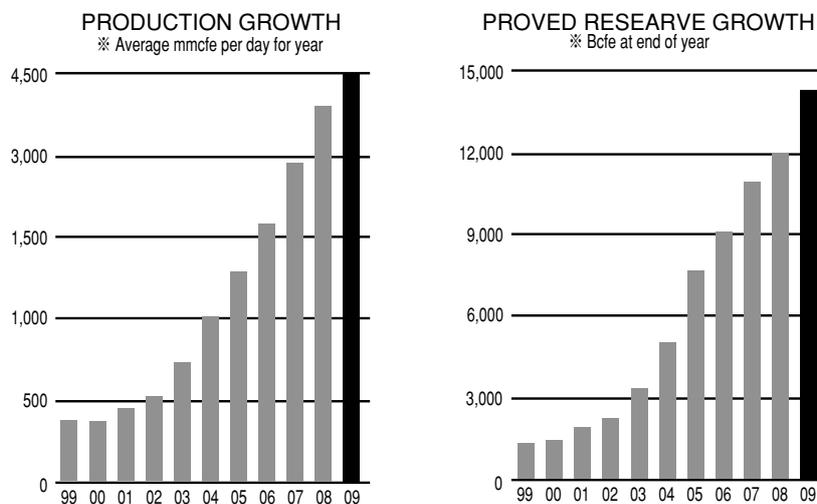
業で、2000年に入って鉦区買収と探鉦で急成長した。現在、Chesapeakeの生産量は、2000年の6倍の40万boe/d弱、埋蔵量で12Tcf（約20億バレル）（図9参照）、XTO Energyも、直近4年間で埋蔵量と生産量を約2.5倍に増大させている。

#### 4. LNG市場への連鎖的な影響

##### (1) 激減する米国LNG需要見通し

2005年までは国内ガス生産の減退見通しのため、米国ではLNG輸入の急増に備え、LNG受入基地の計画が40カ所以上で持ち上がり、いくつか建設に移された。ここ数年、完成が相次いでいる。米国メキシコ湾沿岸のFreeport基地, Sabine Pass基地, Cameron基地と北東部沖合のNortheast Gateway基地、また、隣国メキシコ沿岸部Costa Azul基地、カナダ東部沿岸のCanaport基地の6基地が完成し、商業運転を開始した。これにより、米国のLNG輸入能力は、約1億トン/年に急増した（図10参照）。さらに、このほかに増強も含めて5基地が建設中であることから、数年内に1.5億トン/年に増強される見通しである。

しかし、LNG輸入は低迷している。基地利用率は平均で10%前後に留まっており、いくつかの基地では開店休業状態が続いている。



(出所：Chesapeake社“2009 Annual Report”)

図9 Chesapeake社の石油・ガス生産量と確認埋蔵量

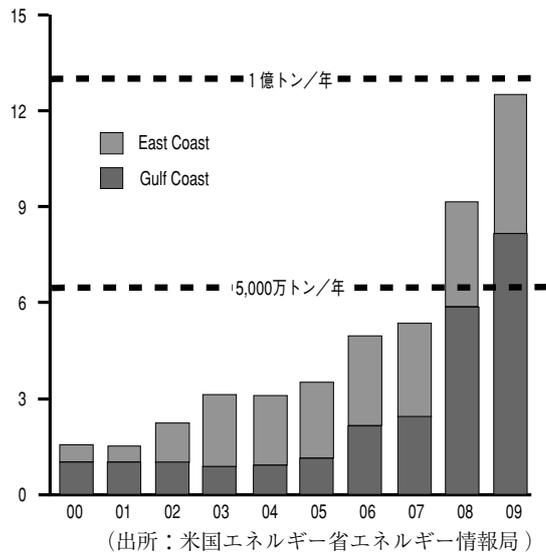


図10 増設される米国のLNG受入能力

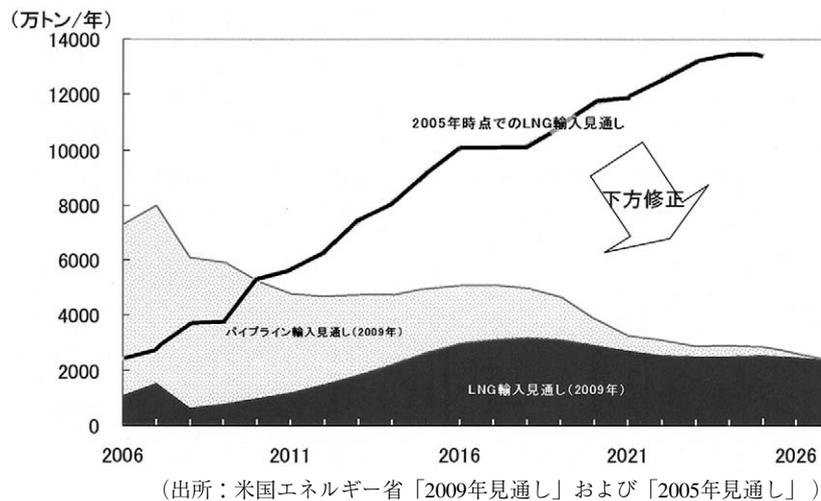


図11 LNG輸入見通し (長期)

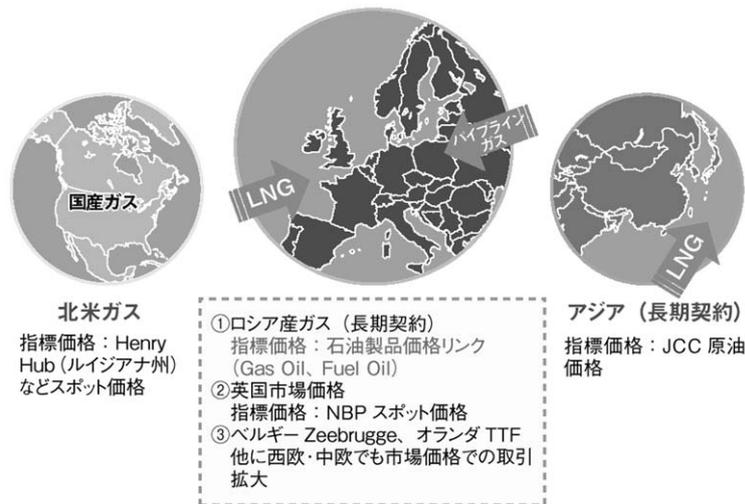
米国エネルギー省の長期的見通しによると、LNGの輸入量は、「2005年見通し」で2016年に年間1億トンを超えるとあったところ、最新見通しでは、2016年に年間3,000万トンで、それ以降は横ばいから漸減と大幅に下方修正された(図11参照)。この下方修正により、2016年時点で年間7,000万トン分のLNG需要期待が失われた。これは、世界のLNG市場及び開発見通しに大きなインパクトを与えるとともに、LNG販売側はその販売計画の変更を余儀なくされた。

## (2) LNGスポット価格への影響

2009年は数多くのLNG事業が生産開始した

年だった。Shellのサハリン2, ExxonMobil主導のカタールLNG, BPのタンゲーLNG, TotalのイエメンLNGが稼働開始し、能力増加は2009年だけで合計約5,000万トン。さらに、2010年にはLNG2,500万トン能力が稼働開始する予定である。これらの多くが、北米向けの輸出を念頭においていたが、当てが外れて他の仕向け地を見つけなければならない状況にある。世界同時不況によるガス需要の減少に伴い、日本、韓国などアジアのLNG需要が落ち込んでいることから余剰LNGは欧州地域に振り向けられた。

ここ数年来、欧州は、地元北海からのガスが減退しつつあり、北アフリカからのパイプライン



**北米ガス**  
 指標価格：Henry Hub (ルイジアナ州) などスポット価格

- ①ロシア産ガス（長期契約）  
 指標価格：石油製品価格リンク（Gas Oil、Fuel Oil）
- ②英国市場価格  
 指標価格：NBP スポット価格
- ③ベルギー Zeebrugge、オランダ TTF  
 他に西欧・中欧でも市場価格での取引拡大

**アジア（長期契約）**  
 指標価格：JCC 原油価格

図12 世界のガス価格体系

ンガスやLNGの供給を受ける南欧地域の他は、ロシアからのガスに大きく依存している。

このロシア産ガスは、流入するLNGとの価格競争に晒されている。ロシア産ガスは、従来、石油製品価格に連動した価格体系をベースに購入されていたが、欧州需要家は、ロシアに対し安いスポットLNG価格に基づく購入価格を要求し、交渉を始めた（図12参照）。2010年3月にはドイツのガス発電需要家が、ガス購入量の10～15%をスポット価格連動で購入することでロシア側と合意したとのニュースも伝えられた。

## 5. 戦略転換する石油メジャー

中東などの大産油国への進出が難しい中で、政治的・経済的リスクの低い米国でのシェールガス資源の登場は石油メジャーをも動かしている。

### (1) 米国への進出

メジャーは、シェールガス開発を得意とする中堅企業らと組んで、シェールガスおよびタイトガス開発に参入している。

Shell（英・蘭）は、2007年、Barnettシェールで操業するEnCanaと組んでHaynesvilleシェールガス事業に参画。2008年、BP（英）はChesapeake Energyと提携。同年、StatoilHydro

（ノルウェー）が、同じくChesapeakeとMarcellusシェールガスで共同事業化を実現させるとともに、世界展開を視野に戦略的なパートナーシップを締結した。2009年には、Total（仏）、BG（英）やEni（伊）なども米国中小企業と共同事業化で合意した。2009年末には、ExxonMobil（米）がシェールガス技術開発に長けるXTO Energyを人材・ノウハウを含めて企業ごと買収することを決めた。豊富な資金を利用して、メジャーは、先行企業から熟練の開発技術を早々に取り込むとともに、自らのシェールガス技術を向上させてキャッチアップを図ろうとしている。

### (2) 全世界を視野に始動

欧州でもシェールガスの存在は知られる。ExxonMobilやShellなどは、既に、ドイツ、ポーランド、フランス、ハンガリー、スウェーデンなどで開発評価に取り掛かっている。

南アフリカ、アルゼンチンなどでも、メジャーが開発の可能性を評価し始めた。

中国では、国有企業が積極的に動いているが、2009年にShellが中国企業と提携しシェールガス調査に乗り出した。

### (3) メジャーの戦略転換

メジャーは、ガス開発においてこれまで「LNG」事業をコア戦略・拡大戦略の中核に据

従前の戦略

・ Shell, ExxonMobilなど国際石油会社は「LNG開発&取引」をコア戦略。  
埋蔵量豊富な中東地域、豪州・東南アジア、西アフリカでLNG開発推進  
欧米等での受入基地建設（米国・カナダ、英国、イタリア、アジアなど）

シェールガス（陸上非在来ガス）の登場  
戦略的 중요性が高まる

2010年年次計画などによる各社戦略

・ ガス戦略の見直し ⇒ 「Global Gas」へ  
ガス供給ソースの多様化とマーケティング力向上を目指す動き  
（LNG&トレーディング、需要地での陸上ガス&パイプライン）  
例：ExxonMobil 世界的なLNG事業+米国、英国、イタリアでの受入基地  
欧米の陸上ガス（シェールガス）着手（XTO Energy買収）  
アラスカ北部のガス開発及びパイプライン敷設  
例：BP（英・蘭）3つの重点エリア 1）大水深（メキシコ湾、西アフリカ）  
2）非在来ガス（中東、アジア、北米）  
3）大規模油田（イラク）  
「Global Gas」=LNG事業、非在来型ガス、在来ガス

図13 「LNG」から「Global Gas」に軌道修正するメジャーの戦略

えてきた。しかし、ここにきて新たに非在来型ガス資源開発を視野に入れ、陸域・海域を問わないグローバルなガス開発および供給ネットワーク作りを目指す、新たな戦略を提示し始めている（図13参照）。

具体的には、近年、カタールやインドネシアなど新しいLNG開発事業が数多く生産段階に移行し、欧米・アジアでの輸入基地の建設や供給契約の締結を推し進めてきたが、これらの地域の陸上において非在来型ガス開発・生産に乗り出した。ExxonMobilは、米国において最大手のXTO Energyを買収し、欧州でも各地でシェールガス開発に進出する。Chevronは、大水深開発および大型LNG開発のオペレーター事業を優先させる姿勢を示しているが、スーパーメジャー上位陣（ExxonMobil, BP, Shell）に追随して、2009年に北米、ポーランドの非在来型ガスにも食指を動かした。

## 6. まとめ

オイルサンドに限らずガス資源についても非在来型資源が注目を集めている。米国では既に生産ガスの50%は非在来型ガスになっている。加えて、新たなシェールガスが発見さ

れ、その開発可能性が確実視されるようになった。シェールガスは米国以外でも、膨大な埋蔵量が期待され、関心が高まっている。

このシェールガスの登場は、過去10年あまり期待されていたLNG取引の拡大見通しを後退させただけでなく、LNG価格体系、メジャーの上流戦略にも影響を与えている。2010年の上流戦略において、メジャーは、シェールガスなどの非在来型ガスを投資ターゲットに位置づけるとともに、LNG事業とあわせて、グローバルにガス開発を展開する戦略を示した。

技術革新によって確立したシェールガス開発は、世界のガス上流ビジネスの機会を大幅に広げている。

## 参考文献

- (1) 伊原 賢「非在来型天然ガス（タイトガスサンド、コールベッドメタン、シェールガス）開発技術の現状－Quiet Revolution：技術の進歩は、天然ガスの可採埋蔵量を確実に増やす－」JOGMEC石油天然ガス情報、2009
- (2) 米国エネルギー省 <http://www.eia.doe.gov/>

## インドネシア南スマトラにおける低品位炭の活用

埴 雅一 (プロジェクト試験研究部 副参事)



### 1. はじめに

インドネシア共和国は、赤道直下に位置する人口2億人の産油国で、2005～2009年に年平均5.6%という高い経済成長を記録、中国、インドに続き急激な経済発展を続けている国である。このように急激な経済成長はエネルギー需要の急増を伴う。

しかし、2004年から通年で石油の純輸入国になってしまったインドネシアにとって、エネルギー需要の急増を石油天然ガスだけで賄うことは不可能である。そこで、一次エネルギー源としての石炭、とりわけ低品位炭に対する期待が大きくなっている。

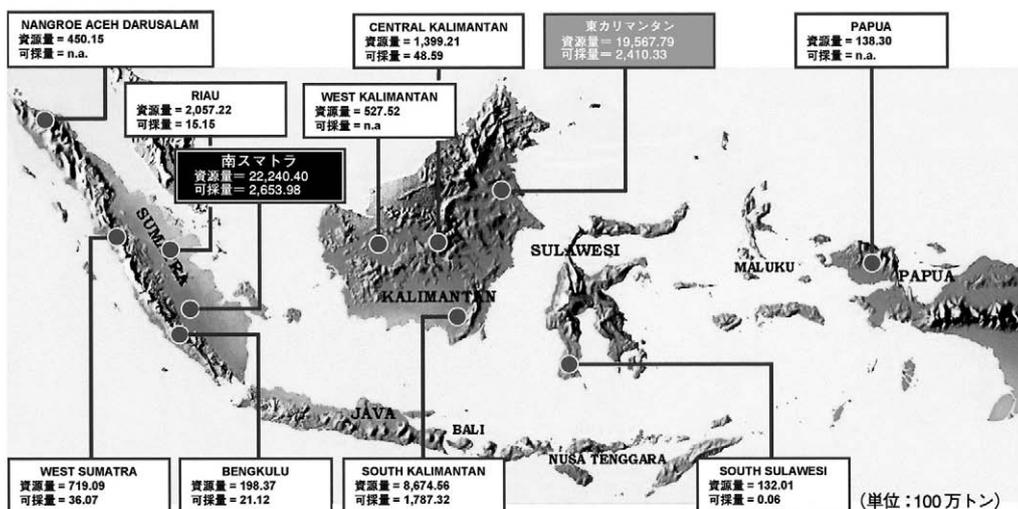
このような背景から、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が、インドネシ

アの低品位炭の有効利用モデルについての調査を行うこととなり、筆者はNEDO調査団の一員として、2009年12月に低品位炭の埋蔵量の多い南スマトラでの現地調査を実施した。

本稿では、今後利用拡大が期待される南スマトラの低品位炭活用の背景と現状、さらにはその見通しについて述べる。

### 2. インドネシアの石炭事情

インドネシアの石炭資源量は1,000億トン強で、大部分が南スマトラ (50%弱) とカリマンタン (38%弱) にあり、両地方で87%を占める (図1参照)。炭種では亜瀝青炭のうち比較的品質の悪いものと褐炭 (以下「低品位炭」) が85%を占める。一方、可採量は43億トン強



(出所：インドネシア石炭鉱業協会資料 (2009年3月) を基に作成)

図1 インドネシアの石炭資源量と埋蔵量 (2007年)

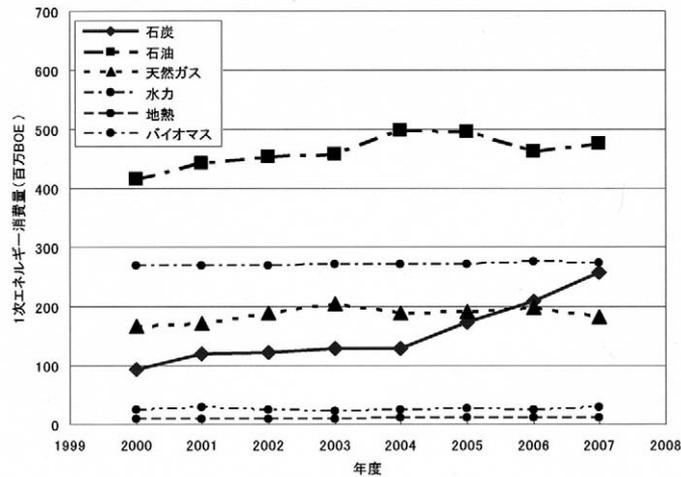


図2 インドネシアにおける一次エネルギー消費量の推移

で低品位炭が60%強を占め、瀝青炭と無煙炭は40%弱である<sup>(1)</sup>。

インドネシアにおける一次エネルギー消費量の内訳は石油と天然ガスで9割以上を占めてきたが、1990年代頃からエネルギー消費量が顕著に増大し、石油および天然ガスの供給がエネルギー需要に追いつかなくなった。それを補うように石炭の消費量が急増していった(図2参照)<sup>(2)</sup>。インドネシアの「長期エネルギー需給見通し」(アジア開発銀行)<sup>(3)</sup>によれば、2005年から2030年にかけての一次エネルギー需要は年率2.5%で増加し、石炭需要は4.6%で増加する。実際には、1990~2005年に一次エネルギー需要は年率3.6%で増加し、石炭需要は13.2%で増加したことから、石炭需要はアジア開発銀行の見通しより大幅に増加する可能性もある。

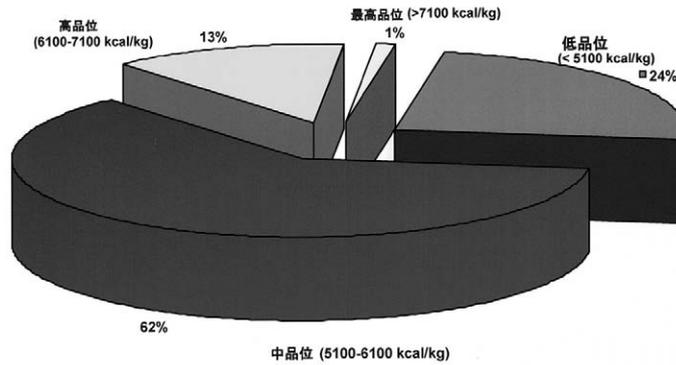
インドネシアは火山国のため地層が褶曲し、かつ炭層も比較的薄いものが多い。このため、露天掘りで生産可能な炭鉱は、比較的高価格で販売可能な瀝青炭、無煙炭、亜瀝青炭のうち比較的品質の良いものである。剥土比が小さく、炭層が厚く、可採埋蔵量の多い炭鉱は石炭鉱業契約締結が可能となり、そのような炭層を選択的に生産、輸出してきた。インドネシア国内向けの石炭需要増に対処するため、今後は炭層の薄い石炭や低品位炭の生産で対

応せざるを得ないものと予想される。また、インドネシア政府は石炭の国内供給を優先するDMO (Domestic Market Obligation) 政策の導入を打ち出した。石炭企業には国内石炭販売最低比率が割り当てられ、その実施状況がチェックされることになった。瀝青炭、無煙炭、比較的品質の良い亜瀝青炭を中心に生産輸出していた炭鉱も、DMO政策に対応するため、これまで生産していなかった低品位炭の生産を増加させ、国内向けの供給を増加させるものと考えられる。

さらに、水分含有量が多く、発熱量が低いものの、灰分の含有量の少ないインドネシアの低品位炭は、灰分の含有量の多い石炭とのブレンド効果が顕著である。このため、灰分の多い石炭を多く産出するインド向けの輸出が増加するなど、インドネシアの低品位炭の需要は今後ますます増大していくものと予想される。

### 3. インドネシアの低品位炭の特徴

インドネシア政府による定義では、低品位炭とは発熱量5,100kcal/kg-adb以下の石炭となっている(図3参照)。一方、PLNの購買仕様書からは、発熱量4,000kcal/kg-arb以下のものは微粉炭発電所用の対象となっておらず、現



(出所：インドネシア石炭鉱業協会資料，2009年3月)

図3 発熱量 (kcal/kg) に基づくインドネシア石炭の品位

状では発電用に利用されていく低品位炭である。従って，arb (As Received Base) での発熱量が4,000kcal/kg以下で，粉碎乾燥後のadb (As Dry Base) での発熱量が5,000kcal/kg以下のものが，比較的安価で利用することが可能な低品位炭と言えるが，今後，中国インドにおける低品位炭のマーケット次第では価格高騰も懸念されている(4)。

とはいえ，今後インドネシアでは低品位炭の活用拡大によって一次エネルギーの需要増に対応していくことが重要かつ必須な課題である。

#### 4. 低品位炭利用のためのインフラ

##### (1) 石炭運搬用鉄道

石炭公社 (PT Tambang Batubara Bukit Asam) が南スマトラ西南部に位置するタンジュン・エニム炭鉱で，大規模露天掘により石炭を採掘している。生産炭は山元発電所で消費されると共に，鉄道で州外にも販売されている (図4参照)。

石炭の搬出ルートとしてはパレンバンへ鉄道輸送し，パレンバン近郊のムシ河にあるクルパチコールターミナルで船積みするルート

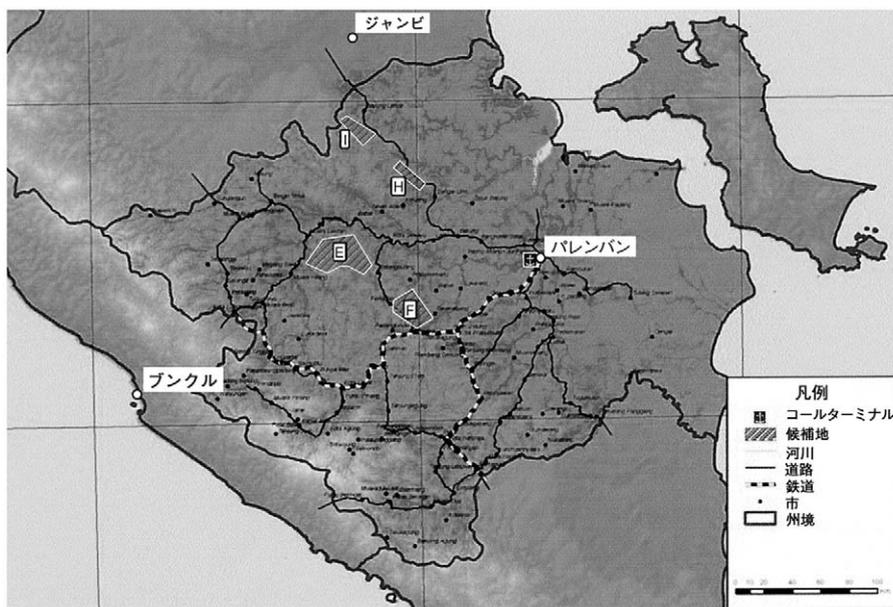


図4 南スマトラの未開発低品位炭鉱と石炭搬出用鉄道

(200km) と南東ランブン州のタラハンコールターミナルまで鉄道輸送し船積みするルート(420km)がある。クルパティコールターミナルは受入規模8,000DWT(河川港のため喫水が浅く大型船は入港できない)、貯炭能力50,000T、出荷能力2,500,000T/年である。タラハンコールターミナルは受入規模80,000DWT、貯炭能力560,000T、出荷能力12,000,000T/年である。

それ以外の地域では、各所に露天採掘に適した石炭が豊富に賦存するが、低品位炭が多いこと、石炭分布地域が海岸から遠く、しかも大型バージ運搬が可能な河川が少ないこと、更に南スマトラ州内では石油天然ガスが産出すること等より、現在の所、PTBA以外の石炭は未開発となっている。このうち図4のF候補地にあるプンドポ炭鉱では開発準備が開始されているが、水分50% (arb) 程度の低品位炭のため輸送コストの削減が課題となっている。

## (2) 天然ガスパイプライン

バガルデワ近郊、グリシック近郊には豊富なガス田があり、南スマトラからジャワ島に向けて天然ガスパイプラインが建設されている(図5参照)(5)。

第1期のパイプラインの配管サイズはバガルデワからチレゴンまで32インチ、チレゴンからスルポンまでが24インチである。2007年より一部稼動し、2009年に全体が完成稼動した。2011年の計画輸送量は250mmscfdである。

第2期のパイプラインはグリシックからバガルデワを経てジャカルタ近郊のムアラバカシまでで、2007年より一部稼動している。

インドネシアで産出する天然ガスの生産量は6.74Bscfd(原油換算126万bbl/d)で、その約半分が輸出され、残りの半分が国内で消費されている。国内消費の4割が発電、2割が肥料向け、残りがその他工業用である。都市ガス向けにはほとんど使用されていない。

## 5. 低品位炭の活用モデル

### (1) 低品位炭活用の意義

インドネシアでは、すでに、発電用一次エネルギーの半分が石炭で、4分の1が石油、8分の1が天然ガスとなっている。2006年には石炭発電所建設を加速するための大統領令が出て、発電用石炭の比率をさらに拡大させようとしている。LNG受入基地の計画をベ-

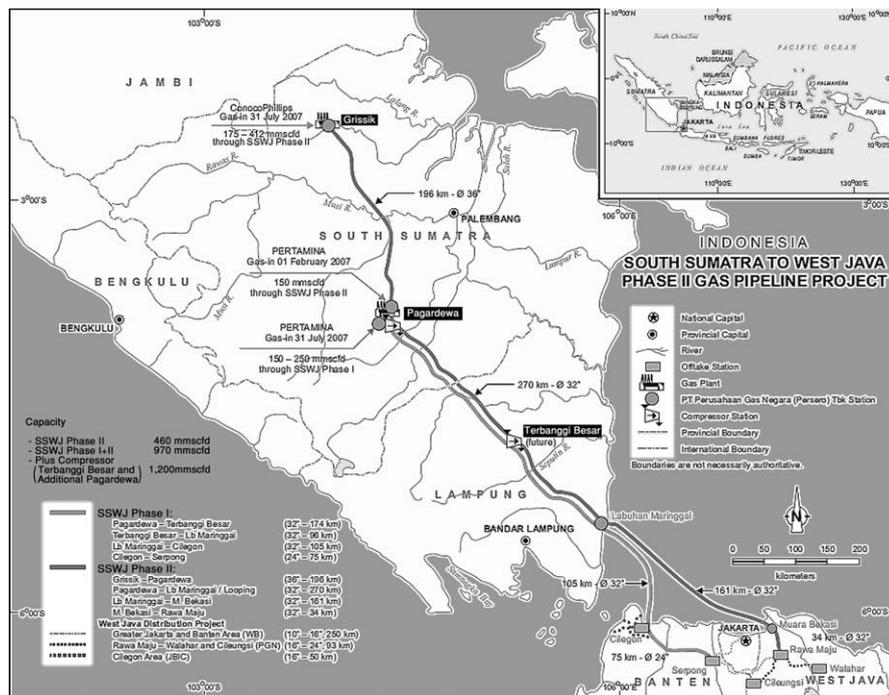


図5 南スマトラー西ジャワ天然ガスパイプライン

スとする都市ガスへの転換計画や灯油のLPGへの転換計画も打ち出された。ただし、LNG受入基地計画はその内容が二転三転し、なかなか着工に至っていない。さらに近年、国営石油会社プルタミナからはLPG代替燃料としてのDME計画等も発表されている。

今後拡大が予想されるエネルギー需要に対し、天然ガスだけで対応することは、短期的に可能はでも長期的には難しい。そこで、現在は輸送上の課題が大きく十分利用されていない低品位炭の活用モデルを検討する意義が大きくなった。

## (2) 低品位炭活用モデル

NEDOは平成21年度に当研究所と(財)石炭エネルギーセンター(JCOAL)に「産炭国における低品位炭高度利用に向けた適応技術及び利用モデルに関する調査」を委託し、低品位炭の活用モデルの検討を行った。

検討の結果、低品位炭のガス化して合成ガスとし、様々な製品を合成することで石油天然ガスの節約を図ることが可能であることが明らかとなった(図6参照)。

### [SNG]

一次エネルギー使用量に占める石油天然ガスの比率を低減させるには、量的にある程度まとまった対策が必要である。天然ガス資源

が枯渇し、天然ガス価格が大幅に高くなれば、石炭ガス化による合成ガスからSNG(代替天然ガス)を製造し、既存パイプラインでジャワ島に送出し様々な用途に利用可能となる。

### [水素および二酸化炭素]

肥料工場への天然ガス供給が不足するような場合には、合成ガスから水素と二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を製造し、ガス化炉用の酸素プラントで複製する窒素からアンモニアを合成し、アンモニアとCO<sub>2</sub>から尿素を合成することができる。ただし、アンモニアプラントはおおむねインドネシアの需要を満たしており、既存のエネルギー効率の低い老朽プラントのスクラップ&ビルドおよびプランテーション増産のための尿素の増産に対応するだけでは、大幅な天然ガス代替は期待しにくい。

### [メタノール]

メタノールはMTGプロセスによるガソリンの製造、LPG代替となるDME製造、プロピレン等の基礎化学品、酢酸、プロピレンオキサイド、アクリル酸といった幅広い誘導品の原料として大幅な増産が期待できる。一次エネルギー使用量に占める石油天然ガスの割合を低減させるためには、メタノールを中心に展開するのが量的な効果が大きい。ただし、メタノールは常温常圧で液体であり、輸送コスト

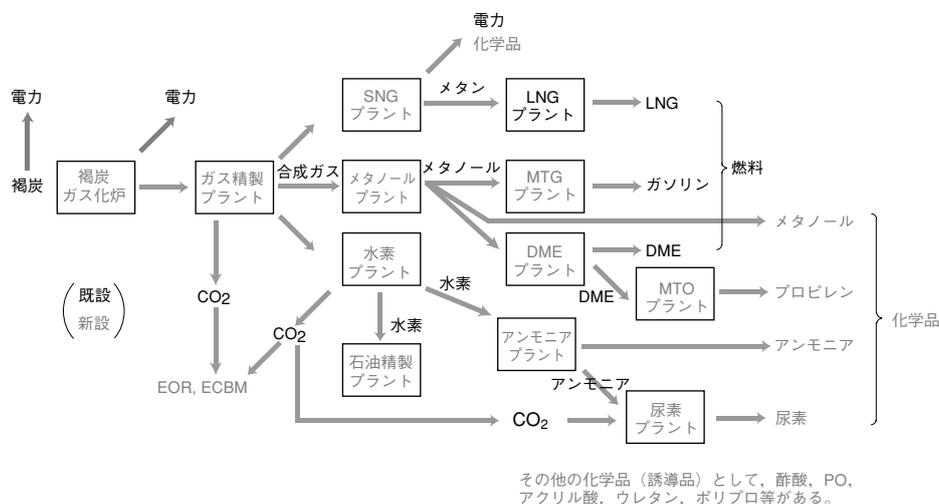


図6 低品位炭のガス化コンビナートの基本構想<sup>(4)</sup>

トが安く、現時点では中東の安価な天然ガスを原料とした大型メタノールプラントが圧倒的に強い競争力を持つ。安易に石炭ガス化プラントを建設すると中東品との競争に耐えかねて運転休止に追い込まれた中国に二の舞になる恐れがある。

#### [アンモニア]

一方、アンモニアは高圧ガスであるため輸送コストが高く、日本やアメリカでもアンモニアプラントがまだ残っているように、海外品との価格競争に対する耐性がある。老朽化した肥料プラントのスクラップアンドビルドに合わせて石炭ガス化プラントを導入し、運転技術を習得しつつ、石炭ガス化技術が成熟しプラントコストが低減するのを待つのが現実的な方策と言えよう。

さらに、低品位炭からの様々な化学品やSNGやDME等のエネルギー製造に際しては、炭酸ガスの分離工程を伴うガス化プロセスが必要となる。尿素やメタノールの製造には炭酸ガスを一部使用するが、余剰の炭酸ガスをEORやECBMに活用することで、経済性を向上させ、また地球環境問題への対応が可能となる。

当面は、石炭ガス化プラント運転技術を習得しつつ、「炭酸ガスによる石油増進回収」(EOR)や「炭層メタン増進回収」(ECBM)の技術動向を見極めつつ、低品位炭ガス化プロセスの導入時期を探るのが望ましい。

## 7. おわりに

インドネシアの低品位炭を山元発電のみならずガス化により様々な用途に活用することでインドネシアの経済成長に伴う1次エネルギーの急増に対応できる。そのために残された課題は多いものの、これら課題を解決することではじめてインドネシアの経済成長と発展が達成できるものとする。

#### [謝辞]

本報告は主としてNEDOから受託した、平成21年度「産炭国における低品位炭高度利用に向けた適応技術及び利用モデルに関する調査」の成果を取りまとめたものである。公開の了解を頂いたNEDOに感謝する。

#### 参考文献

- (1) 「世界の石炭事情調査－2009年度－」 NEDO, 平成22年2月
- (2) 鈴木信市, 「石油・天然ガスレビュー」 Vol43.No6.44 (2009)
- (3) Asian Development Bank, “Energy Outlook for Asia and the Pacific,” October 2009
- (4) 「産炭国における低品位炭高度利用に向けた適応技術及び利用モデルに関する調査」 NEDO, 平成22年3月
- (5) Asian Development Bank, “Proposed Loans Republic of Indonesia: PT Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk for the South Sumatra to West Java Phase II Gas Pipeline Project,” Project Number: 39928, July 2006

## 平成21年度エネルギー技術に関するアンケート調査

下岡 浩 (エネルギー技術情報センター)  
主管研究員



### 1. 調査の概要

当研究所は、賛助会員企業および政府の技術関連政策の企画立案、ならびに大学等における研究企画の参考に供することを目的に、平成19年度より毎年度産業界および大学等におけるエネルギー技術関連の研究開発の動向について継続的に「エネルギー技術に関するアンケート調査」を行い、これまで計3回実施した。本稿では、平成21年度に実施した調査の概要を紹介する。

表1はアンケート調査の概要である。なお、

「②a. 各エネルギー技術テーマの中で研究開発対象としている技術分野」については、紙幅の関係で報告を割愛するが、例えば、再生可能エネルギーでは、「バイオマス」「太陽光発電」といった技術分野が比較的多く研究開発対象となっており、省エネでは、選択肢で提示したどの技術分野もほぼ満遍なく研究開発対象となっている、などの結果が得られている。

また、有効回収数や有効回収率が低いため、調査結果に誤差や偏りがある可能性があることに注意が必要である。

表1 アンケート調査の概要

- |  |
|--|
| <p>(1) 調査対象：<br/>① 当研究所の賛助会員企業<br/>② エネルギー関係の研究を行っている大学の研究者</p> <p>(2) 調査数：<br/>① 賛助会員：標本数=72会員，有効回収数(率)=36会員(50%)<br/>② 大学研究者：標本数=409人，有効回収数(率)=91人(22%)</p> <p>(3) 調査方法：郵送法</p> <p>(4) 調査期間：平成21年11月～12月<br/>(第1回：平成19年9月～11月，第2回：平成20年9月～12月)</p> <p>(5) 質問構成：<br/>① 8種類のエネルギー技術テーマ(化石エネルギー，再生可能エネルギー，原子力，水素エネルギー，利用技術，環境，輸送，省エネ)の中から，下記の条件で複数選択する質問<br/>a. 重要と考えるエネルギー技術テーマ<br/>b. 現在研究開発中，および今後取り組もうと考えているエネルギー技術テーマ<br/>② エネルギー技術テーマ毎に，下記の各項目を聞く質問<br/>a. 各エネルギー技術テーマの中で研究開発対象としている技術分野<br/>b. その技術テーマについての商業化予定時期<br/>c. その技術テーマについての研究開発する理由<br/>d. その技術テーマについての研究開発上の障害<br/>e. その技術テーマについての公的支援の必要性<br/>③ 重要と考える科学技術および社会科学分野<br/>④ 大学等への研究開発支援を行おうとする対象(賛助会員のみに対する質問)<br/>⑤ 大学等の卒業生の採用を増やそうとする分野(賛助会員のみに対する質問)<br/>⑥ 研究開発投資の動向</p> |
|--|

## 2. アンケート調査結果

調査により得られた主な結果を下記に示す。集計は、賛助会員企業と大学研究者別に行っており、本報告ではこれらを対比して示す。

### (1) 重要と考え、研究開発を行うエネルギー技術テーマ

#### ① 重要と考えるエネルギー技術テーマ

図1に、現時点および20年後において特に重要と考えるエネルギー技術テーマを示す。

賛助会員企業も大学研究者も、現時点および20年後において特に重要との回答は、「輸送」以外はほぼ同程度の回答数である。

現時点よりも20年後の時点での回答数が多くなっているのは「水素エネルギー」であり、少なくなっているのは「省エネ」「化石エネルギー」などである。

#### ② 現在研究開発中、および今後取り組もうと考えているエネルギー技術テーマ

図2に、現在研究開発中のエネルギー技術

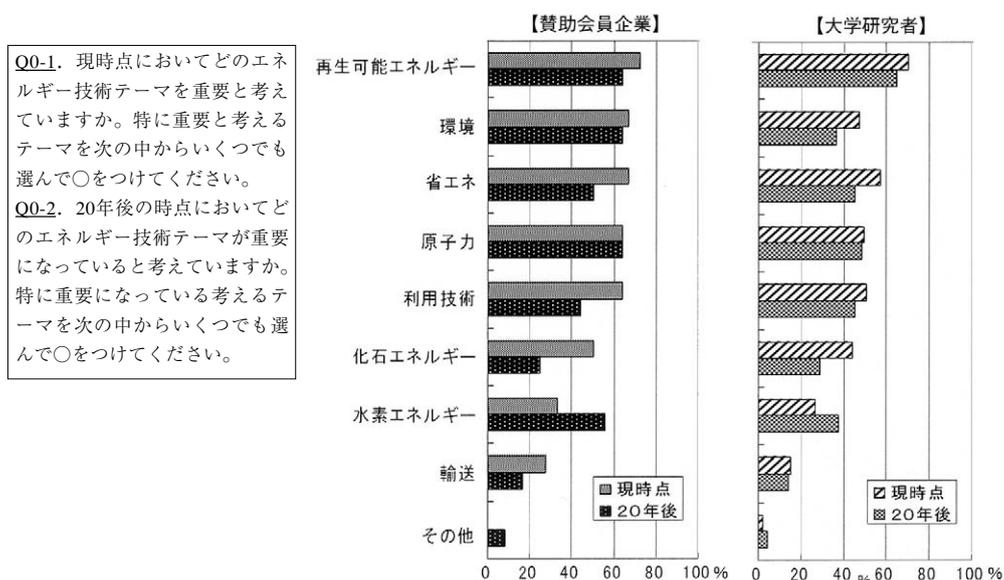


図1 現時点および20年後において特に重要と考えるエネルギー技術テーマ

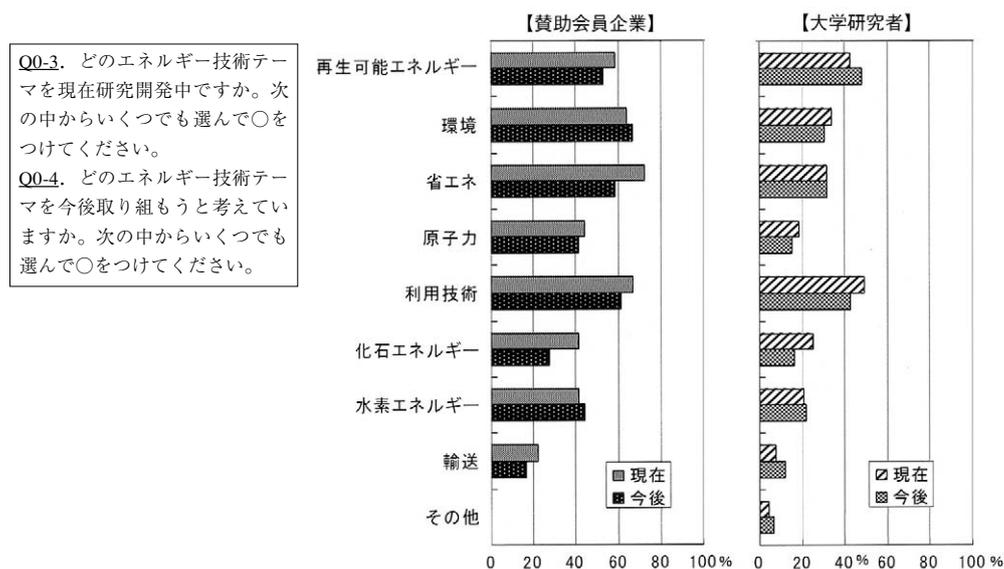


図2 現在研究開発中、および今後取り組もうと考えているエネルギー技術テーマ

テーマと今後取り組もうと考えているエネルギー技術テーマを示す。

賛助会員企業も大学研究者も、現在研究中の技術テーマと、今後取り組もうと考えている技術テーマの回答数は、ほぼ同じであるが、「化石エネルギー」は現在研究している回答数に比べ、今後取り組もうと考えているとする回答数が少なくなっている。

## (2) エネルギー技術テーマの評価

### ① 商業化予定時期

図3に、エネルギー技術テーマの商業化予定時期を示す。

賛助会員企業が商業化予定時期を比較的短期とみているのは「再生可能エネルギー」「利用技術」「輸送」「省エネ」などであり、比較的長期にみているのは「水素エネルギー」「環境」などである。

大学研究者が商業化予定時期を比較的短期とみているのは「再生可能エネルギー」「利用技術」「輸送」などであり、比較的長期にみているのは「化石エネルギー」「水素エネルギー」「環境」などである。

賛助会員企業と大学研究者の回答を比較すると、概して大学研究者の方が商業化予定時期を長期にみている。

### ② 研究開発する理由

図4に、エネルギー技術テーマを研究開発する理由を示す。

賛助会員企業も大学研究者も、「二酸化炭素排出削減に有効だから」と「需要又は社会的ニーズがあるから」の回答が多い。技術テーマ別の特徴をみると、下記ようになる。

- 化石エネルギーは「二酸化炭素排出削減に有効だから」が少なく、「化石エネルギー資源の有効活用に有効だから」が多い。
- 再生可能エネルギーは「化石エネルギー資源の有効活用に有効だから」が少ない。
- 原子力は「化石エネルギー資源の有効活用に有効だから」が少なく、「国民の安全・安心レベルの向上に有効だから」が多い。

Q. 上記技術分野の商業化予定時期をいつ頃とお考えですか。次の中からいくつでも選んで○をつけてください。技術によって異なる場合は、( )内に技術名をご記入下さい。

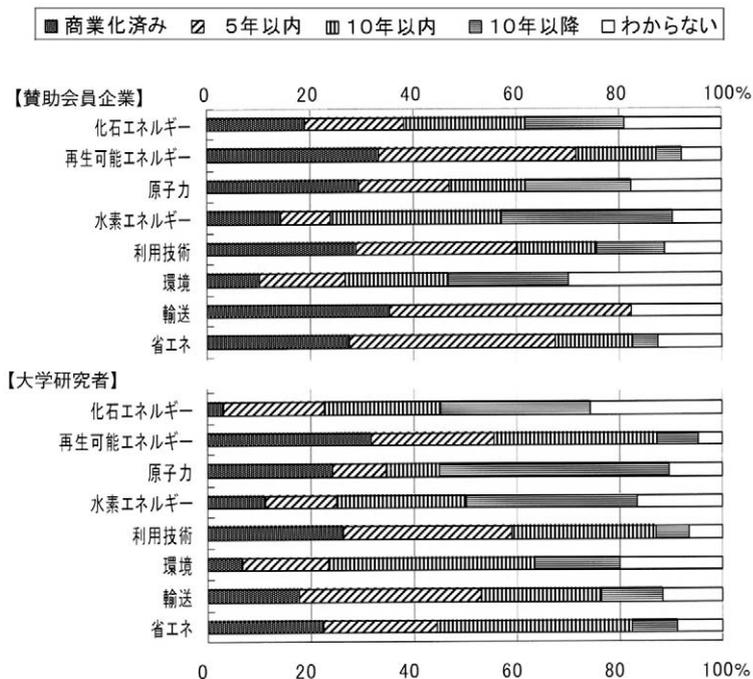


図3 各エネルギー技術テーマの商業化予定時期の割合（2009年調査）

Q. この技術テーマについて研究開発する理由をお教え下さい。次の中からいくつでも選んで○をつけてください。

- 二酸化炭素排出削減に有効
- ▨ 需要又は社会的ニーズあり
- ▩ 化石資源の有効活用にも有効
- 国際的に競争力あり
- ▨ 日本国内で競争力あり
- ▩ 地球環境・自然環境保護に有効
- ▨ 国民の安全・安心の向上に有効
- ▩ 知的財産権を活用可能
- ▩ 日本のプレゼンス向上に貢献
- 発展途上国の支援に有効
- ▨ 人口減少・高齢化対応に有効
- その他

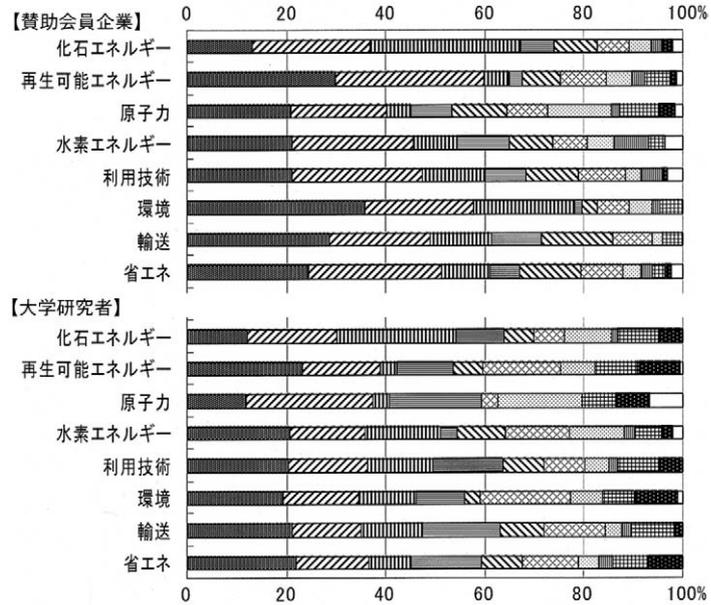


図4 各エネルギー技術テーマを研究開発する理由の割合（2009年調査）

Q. この技術テーマについて研究開発上の障害をお教え下さい。次の中からいくつでも選んで○をつけてください。

- 資金
- ▨ 人材
- ▩ 設備・建物
- 他組織研究者との共同体制構築
- ▨ その他
- 障害はない

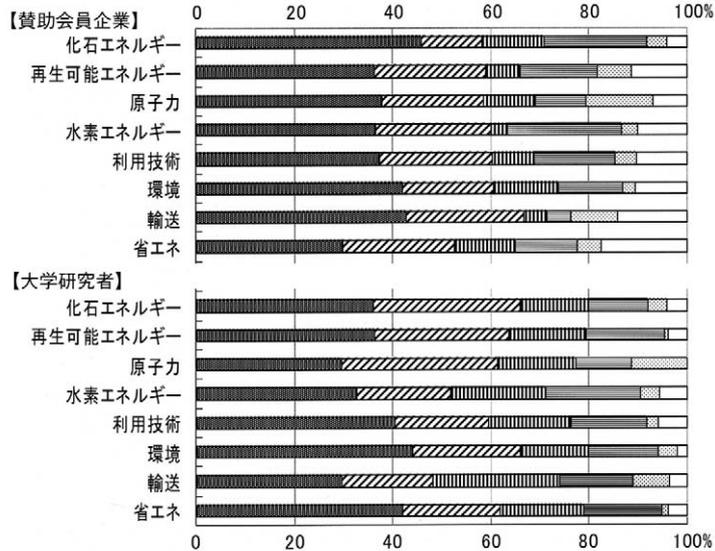


図5 各エネルギー技術テーマの研究開発上の障害の割合（2009年調査）

### ③ 研究開発上の障害

図5に、エネルギー技術テーマの研究開発上の障害と考えているものを示す。

賛助会員企業も大学研究者も、概して「資金」を障害とする回答が多く、「設備・建物」の回答が少ない。

賛助会員企業の特徴は、下記のようになる。

- a. 化石エネルギーは「資金」の回答が多く、「人材」の回答が少ない。
- b. 水素エネルギーは「設備・建物」の回答が少ない。
- c. 輸送は「設備・建物」「企業や大学など他組織の研究者との共同体制の構築」の回答が少ない。
- d. 省エネは「資金」の回答が少ない。

大学研究者の特徴は、下記のようになる。

- a. 原子力は「資金」の回答が少ない。
- b. 輸送は「資金」の回答が少なく、「設備・建物」の回答が多い。

### ④ 公的支援の必要性

図6に、エネルギー技術テーマの研究開発における公的支援の必要性の有無とその理由を示す。

賛助会員企業と大学研究者を比較すると、大学研究者は、「研究開発加速のために必要である」の回答が多い。

賛助会員企業の特徴は、下記のようになる。

- a. 化石エネルギーは「開発リスク緩和のために必要である」が多い。
- b. 再生可能エネルギーは「普及促進のために必要である」が多い。
- c. 原子力は「研究開発加速のために必要である」が多い。
- d. 水素エネルギーは「研究開発加速のために必要である」が多い。
- e. 環境は「開発リスク緩和のために必要である」が多い。
- f. 輸送は「普及促進のために必要である」が多い。

大学研究者の特徴は、下記のようになる。

- a. 再生可能エネルギーは「普及促進のために必要である」が多い。
- b. 原子力は「開発リスク緩和のために必要である」が多い。
- c. 利用技術は「普及促進のために必要である」が多い。
- d. 省エネルギーは「研究開発加速のために必要である」が多い。

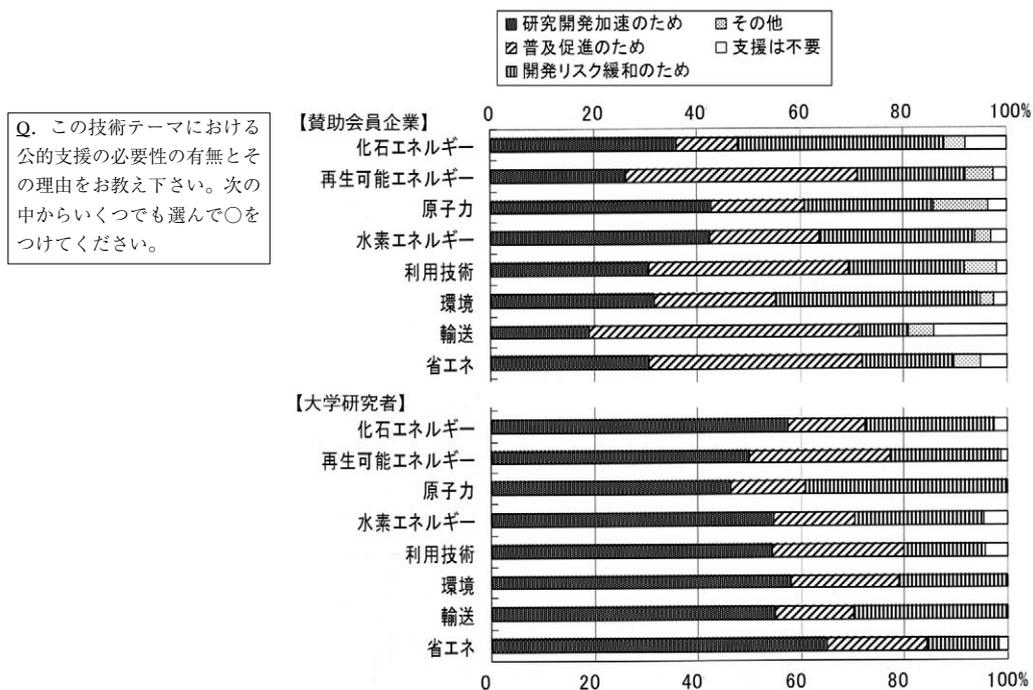


図6 各エネルギー技術テーマの公的支援の必要性（2009年調査）

(3) 重要と考える科学技術および社会科学分野

① エネルギー技術テーマにとって重要と考える科学技術分野および社会科学的課題

図7に、研究開発中のエネルギー技術テーマにとって重要と考える科学技術分野および社会科学的課題を示す。

賛助会員も大学研究者も、研究開発中の技術テーマにとって重要な科学技術分野および社会科学的課題は、「材料」「環境に関する意識」の回答が多い。大学研究者は賛助会員に

比べ、「バイオテクノロジー」「エレクトロニクス」「超電導」の回答が少ない

② 重要科学分野、大学への支援、大学からの採用の比較

図8に、賛助会員企業が研究開発中のエネルギー技術テーマにとって重要と考える科学分野、大学等への研究開発支援を行おうとする分野、大学等の卒業生の採用を増やそうとする分野を示す。

Q9-1. 研究開発中のエネルギー技術テーマにとって重要な科学技術分野および社会科学的課題をお答え下さい。次の中からいくつでも選んで○をつけてください。

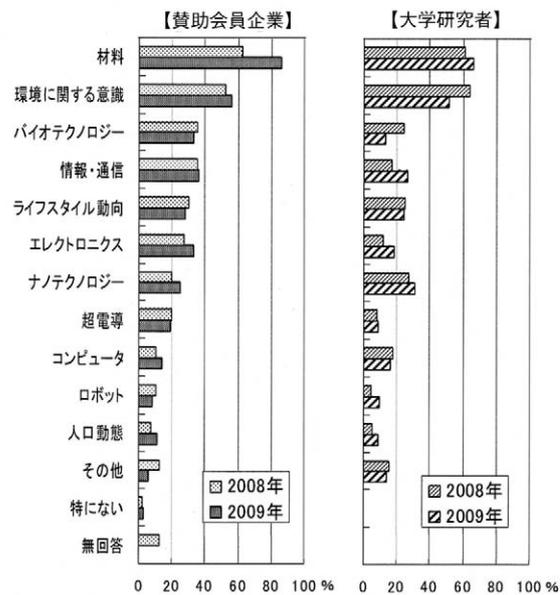


図7 研究開発中のエネルギー技術テーマにとって重要と考える科学技術分野および社会科学的課題

Q9-1. 研究開発中のエネルギー技術テーマにとって重要な科学技術分野および社会科学的課題をお答え下さい。次の中からいくつでも選んで○をつけてください。  
 Q9-2. 大学等への研究開発支援を行おうとする対象をお答え下さい。次の中からいくつでも選んで○をつけてください。  
 Q9-3. 大学等の卒業生の採用を増やそうとする分野をお答え下さい。次の中からいくつでも選んで○をつけてください。

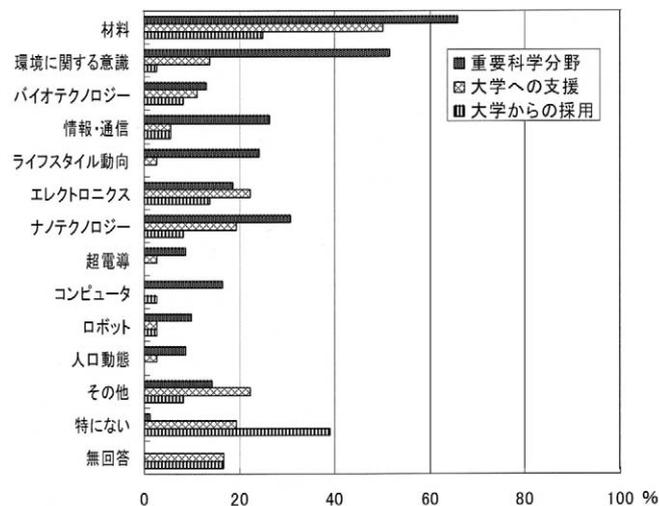


図8 研究開発中のエネルギー技術テーマにとって重要な科学分野、大学等への研究開発支援を行おうとする分野、大学等の卒業生の採用を増やそうとする分野

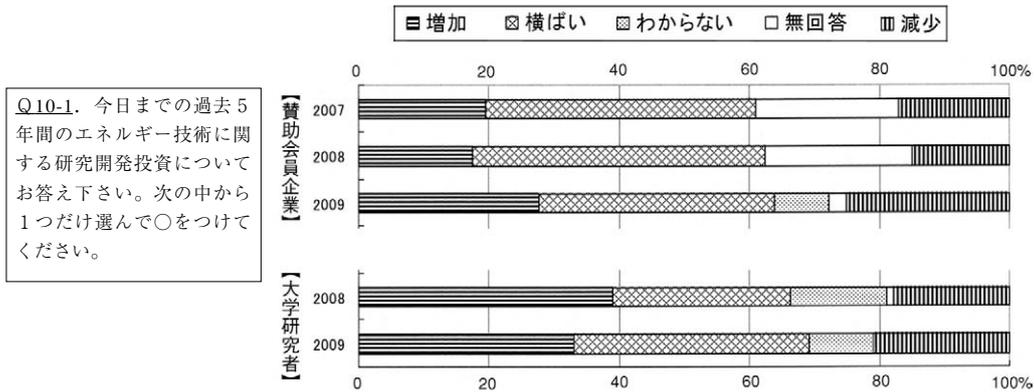


図9 過去5年間のエネルギー技術に関する研究開発投資

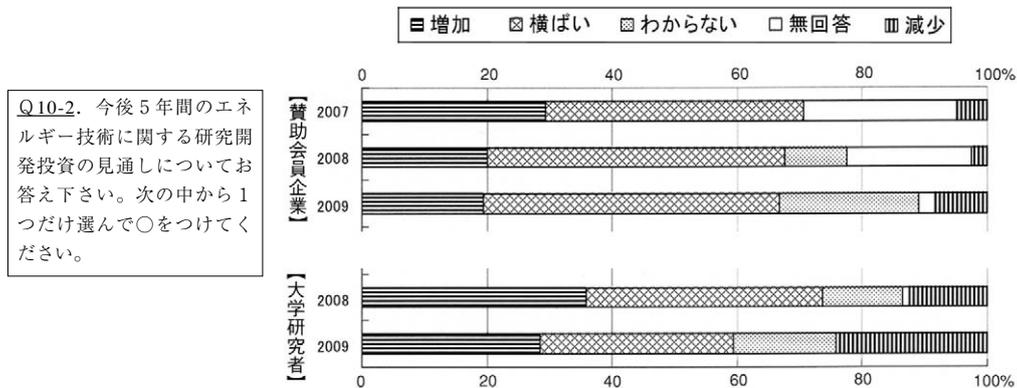


図10 今後5年間のエネルギー技術に関する研究開発投資の見通し

賛助会員企業が、研究開発中の技術テーマにとって重要な科学技術分野および社会科学的課題と考えているのは、「材料」「環境に関する意識」の回答が多いが、大学等への研究開発支援を行おうとする分野、大学等の卒業生の採用を増やそうとする分野としては「材料」に加え「エレクトロニクス」の回答が多い。

#### (4) 研究開発投資の動向

##### ① 過去5年間のエネルギー技術に関する研究開発投資

図9に、過去5年間のエネルギー技術に関する研究開発投資の増減を示す。

賛助会員は、「増加」「減少」の回答数がほぼ同程度である。大学研究者は、「増加」の方が「減少」の回答数より多い。

##### ② 今後5年間のエネルギー技術に関する研究開発投資の見通し

図10に、今後5年間のエネルギー技術に関する研究開発投資の見通しを示す。

賛助会員は、「増加」の方が「減少」の回答数より多い。大学研究者も第2回の2008年調査では「増加」の方が「減少」の回答数より多かったが、第3回の2009年調査では「増加」が減り、「減少」が増え、「増加」「減少」の回答数がほぼ同程度になっている。

### 3. まとめ

「エネルギー技術に関するアンケート調査」の主な結果として、下記のような結果を得ている。

- ① 現時点と20年後の時点で、どの技術テーマが重要かと聞いたところ、現時点よりも20年後の時点での回答数が多くなっているのは「水素エネルギー」であり、少なくなっているのは「省エネ」「化石エネルギー」などである。
- ② 概して、大学研究者の方が賛助会員より研究テーマの商業化予定時期を長期にみている。
- ③ 研究開発する理由は、賛助会員も大学研究者も、「二酸化炭素排出削減に有効だから」と「需要又は社会的ニーズがあるから」の回答が多い。
- ④ 研究開発上の障害は、賛助会員も大学研究者も、概して「資金」の障害が多く、「設備・建物」の障害が少ない。
- ⑤ 公的支援の必要性を、賛助会員と大学研究者を比較すると、大学研究者は、「研究開発加速のために必要である」の回答が多い。

- ⑥ 重要と考える科学技術および社会科学分野は、賛助会員も大学研究者も、「材料」「環境に関する意識」の回答が多い。
- ⑦ 過去5年間と今後5年間の研究開発投資は、「増加」の回答数が「減少」の回答数と比べて、ほぼ同程度、または多くなっている。

最後に、本調査をとりまとめるにあたって、アンケート調査にご協力いただいた当研究所賛助会員企業各社および大学の方々に対し深く謝意を表します。

なお、紙幅の関係で調査結果の一部のみ本報告では掲載いたしましたが、調査結果は当研究所のウェブサイト (<http://www.iae.or.jp/index.html>) の「エネルギー技術情報プラットフォーム」にても入手できますので、ご参照くだされば幸いです。

## 平成21年度 事業報告の概要

(財) エネルギー総合工学研究所

当研究所における平成21年度事業の概況は以下のとおり。

(1) 当研究所は、わが国のエネルギー工学分野の中心的な調査研究機関として、産・学・官の緊密な連携の下、各エネルギー技術分野における専門的な知見を集め、技術的側面から総合的に調査、研究および評価を行い成果の普及に努めてきている。

昨年、発足した新政権においては、エネルギー・環境が重視され、温室効果ガス排出量削減に関し短期的に高い目標が設定されるとともに、エネルギー・環境に係る産業や技術が主導する成長戦略が提唱されている。一方、ポスト京都の温室効果ガス削減目標は国際的な合意に至らず、今後更なる議論が続けられることとなった。

(2) このような状況下において、当研究所は、「エネルギーの未来を拓くのは技術である」との認識の下、平成21年度において、前年度に引き続き、国内の既設炉の代替炉および国際標準炉として2030年頃の実用化を目指す次世代軽水炉技術開発事業を中核機関として実施し、また、エネルギー管理に係る国際規格(ISO50001)の策定に関し、明年の発行を目指し国内審議および国際会議に鋭意参加した。さらに、時代の要請に応え、関心が高まっている次世代電力ネットワークの将来像に関し情報提供および意見交換を行う研究会活動、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量を抑制した持続可能なエネルギーシステムに係る調査研究事業等を新たに開始した。以下に、各エネルギー分野における調査研究活動を示す。

### ① 総合的な見地からの調査研究

上述のISO50001の策定に加え、技術開発戦略策定の基盤となる最新の技術情報および評価を提供するエネルギー技術情報プラットフォームにおいて、技術テーマの追加・改訂、研究成果ライブラリー等の内容の充実を図った。また、エネルギーに関する公衆の意識およびエネルギー技術についてアンケート調査を実施した。

### ② 新エネルギー・エネルギーシステム関連

次世代電力ネットワークについては、上述の研究会活動に加え、スマートグリッド、スマートメータ、蓄電池等に関し、自動車エネルギーについては、プラグインハイブリッド自動車の導入効果、電気自動車の性能、充電システム等に関し、再生可能エネルギーについては、バイオマス由来の液体燃料製造技術、集光型太陽熱発電(CSP)等に関し、水素エネルギーについては、水素供給源としての製油所水素の利用可能性、海外の再生可能エネルギー由来の水素(グリーン水素)の経済的・技術的成立性等に関し、省エネルギーについては、超臨界CO<sub>2</sub>ガスタービンの開発、エネルギー消費機器の利用実態およびヒートポンプの動向に関し、調査研究を実施した。

### ③ 化石エネルギー関連

クリーンコールテクノロジー(CCT)およびCO<sub>2</sub>の回収・貯留(CCS)システムに重点を置き、ゼロエミッション石炭ガス化発電や高効率石炭火力発電、石炭乾留ガスを改質しクリーン燃料とする技術、石炭ガス化による代替天然ガス製造技術、低品位炭の高度利用等に関して調査研究を行った。

#### ④ 地球環境関連

地球環境問題の解決に資するため、国際的な動向の調査、当研究所の地球環境統合評価モデル(GRAPE)を活用してCO<sub>2</sub>排出量を抑制した持続可能なエネルギーシステムについて調査研究等を行うとともに、国際的な会議に参画し情報発信に努めた。

#### ⑤ 原子力関連

原子力は実用的な非化石エネルギーであり、エネルギー安定供給および地球環境問題克服を図る上で重要な役割を担うとの認識の下、現在の原子力発電の主流をなす軽水炉に関し世界標準を獲得しうる次世代軽水炉の技術開発を中核機関として実施するとともに、軽水炉の先にある将来の革新的原子炉である第4世代炉開発に係る国際共同研究へ参画し、また、中小型炉、高温ガス炉等の新型炉に関する調査研究を行った。原子力開発利用推進上で不可欠な高レベル放射性廃棄物処分については、地層処分に係る自主基準の検討等安全確保に資する調査研究を実施した。また、国が実施する革新的原子力技術開発や人材育成に係る業務の支援を行った。さらに、高速増殖炉および軽水炉に係る安全解析、原子力発電施設の廃止措置等に係る調査研究を行った。

(3) 近年、当研究所を巡る経営環境には厳しいものがあり、新政権は、国、独立行政法人、公益法人等の事業のあり方について見直しを実施しており、また、公益法人は期限内に新しい法人形態を選択し移行することが要請されている。当研究所は、これらの変化に適確に対応しつつ、安定的な経営を可能とするべく諸活動を実施した。

## 研究所のうごき

(平成22年4月2日～7月1日)

### ◇ 第35回評議員会 (臨時)

日時：6月10日 (木) 11:30～12:00

場所：経団連会館 (5階) 503号室

議題：

第一号議案 役員の一部改選について

第二号議案 その他

### ◇ 第78回理事会

日時：6月11日 (金) 11:00～12:00

場所：経団連会館 (4階) 403号室

議題：

第一号議案 平成21年度事業報告書および決算報告書 (案) について

第二号議案 役員の一部改選について

第三号議案 理事長の互選について

第四号議案 評議員の委嘱について

第五号議案 その他

### ◇ 月例研究会

#### 第289回月例研究会

日時：1月29日 (金) 14:00～16:00

場所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. 欧米諸国における電気事業の現状  
(社)海外電力調査会 調査部 副主任研究員  
大西 健一 氏)
2. 「平成22年度 供給計画の概要」について  
(電気事業連合会 電力技術部長  
藤井 裕三 氏)

#### 第290回月例研究会

日時：5月28日 (金) 14:00～16:00

場所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. FCV・水素インフラ普及に向けたHySUT  
(水素供給・利用技術研究組合) の活動  
(水素供給・利用技術研究組合 (HySUT)  
技術開発本部 本部長 北中 正宣 氏)
2. スマートグリッドに関する国内外動向  
(財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト  
試験研究部 副部長(主管研究員) 徳田 憲昭)

#### 第291回月例研究会

日時：6月25日 (金) 14:00～16:00

場所：航空会館2階201会議室

テーマ：

1. 天然ガスハイドレート輸送実証試験の概要  
(三井造船(株) 事業開発本部 NGH(天然ガス・ハイドレート) プロジェクト室 室長  
内田 和男 氏)
2. CO<sub>2</sub>削減技術の普及に向けて  
—省エネバリアと対処方策—  
(財)電力中央研究所 社会経済研究所 上席  
研究員 永田 豊 氏)

### ◇ 外部発表

[講演]

発表者：坂田 興

テーマ：クールアースエネルギー革新技術計画と  
低炭素水素エネルギーシステムの新展開

発表先：日本エネルギー学会 天然ガス部会シンポジウム

日時：4月22日

発表者：石本 祐樹

テーマ：再生可能エネルギーの大陸間輸送の予備  
的調査

発表先：水素エネルギー協会特別総会

日時：4月26日

発表者：渡部 朝史, 村田 謙二

テーマ：Cost estimation of transported  
hydrogen, produced by overseas wind  
power generations

発表先：WHEC (World Hydrogen Energy Conference)  
2010

日時：5月18日

発表者：蓮池 宏

テーマ：Test Plan and Preliminary Test Results of  
a Bench Scale Close Cycle Gas Turbine  
with Super-critical CO<sub>2</sub> as Working fluid

発表先：ASME Turb Expo2010 (Glasgow, UK)

日時：6月14～18日

発表者：渡部 朝史, 村田 謙二, 坂田 興,  
石本 祐樹

テーマ：国際的な水素エネルギーシステムの環境  
価値を含めた経済性について—アルゼン  
チン・パタゴニア地方における検討—

発表先：第29回エネルギー・資源学会研究発表会

日時：6月17日

発表者：蓮池 宏

テーマ：Optimization of Design Parameters for  
Multi-Ring Central Reflector of Beam-  
Down Solar Concentration System

発表先：再生可能エネルギー2010国際会議（パシ  
フィコ横浜）

日 時：6月29日

発表者：徳田 憲昭

テーマ：スマートグリッドに関する国内外動向

発表先：第2回車載組込みシステムフォーラム  
（ASIF）スキルアップセミナー

日 時：6月30日

発表者：石本 祐樹

テーマ：An Economical and Environmental  
Evaluation of Inter-continental Renewable  
Energy Transportation

発表先：Renewable Energy2010（パシフィコ横浜）

日 時：6月30日

#### ◇ 人事異動

○6月1日付

（出向採用）

笹倉正晴 プロジェクト試験研究部主管研究員

○6月11日付

（就任）

鈴木篤之 理事長

○6月30日付

（出向解除）

渡部朝史 プロジェクト試験研究部主任研究員

○7月1日付

（出向採用）

坪井繁樹 プロジェクト試験研究部主管研究員

長野将美 プロジェクト試験研究部主任研究員

## 編集後記

昨年9月のHTVの打ち上げ及び国際宇宙ステーションへのドッキング成功に続いて、本年6月には、小惑星探査機「はやぶさ」の7年ぶりの帰還、そして宇宙ヨット「イカロス」の打ち上げ成功（金星探査機「あかつき」に付随）の朗報がもたらされた。「はやぶさ」のイオンエンジン、さらに「イカロス」の太陽光線を受けるための帆は、ともに世界最先端の挑戦的な試みである。それぞれに数多くの独創を投入した画期的な技術であり、今の我が国に不足していると思われる独立独歩の気概を感じさせる非常に貴重なできごとである。イオンエンジンは過去に先例があるとはいえ、7年という長期間にわたって多くのアクシデント

を乗り越えながら無事帰還を果たした意義は大きい。「イカロス」は、これからだが、ポリイミド薄膜の帆を広げて、宇宙空間を自由に帆走することの成功を祈りたい。

イオンエンジンと宇宙帆には、ともに太陽光をエネルギー源とすると言う共通点があり、通常の「化学ロケット」のような瞬発力を出せないという制約を共有する。舞台は異なるが、地上における化石エネルギーと再生可能エネルギーの議論を想起させる。分かっていることは、双方ともに重要であり続けるだろうことである。

編集責任者 正田知士

季報 エネルギー総合工学 第33巻第2号

平成22年7月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋 1-14-2

新橋SYビル (8F)

電話 (03) 3508-8894

FAX (03) 3501-8021

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

---

(印刷) 株式会社日新社

※ 無断転載を禁じます。