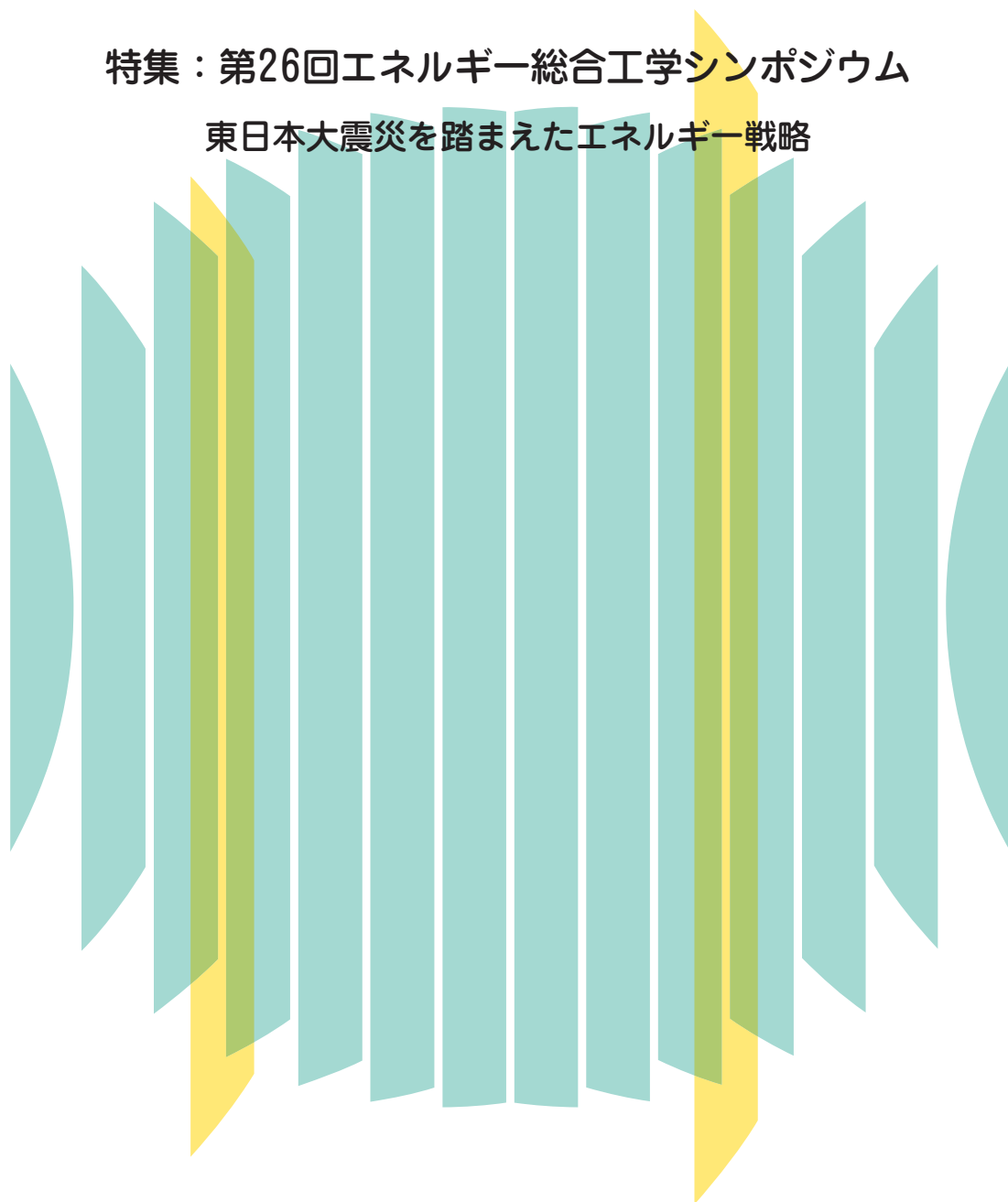


季報 エネルギー総合工学

Vol. 34 No. 4 2012. 1.

特集：第26回エネルギー総合工学シンポジウム

東日本大震災を踏まえたエネルギー戦略



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

第26回エネルギー総合工学シンポジウム

東日本大震災を踏まえたエネルギー戦略



挨拶を述べる 西本 淳哉 経済産業省大臣官房 技術総括審議官

日 時：平成23年10月6日（木） 10：00～15：45

場 所：千代田放送会館

総合司会：プロジェクト試験研究部 部長 坂田 興

目 次

【開会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 理事長	白 土 良 一	 1
【来賓挨拶】	経済産業省大臣官房 技術総括審議官	西 本 淳 哉	 3
【講演 1】	東日本大震災後のエネルギー政策のあり方 一橋大学大学院 商学研究科 教授	橘 川 武 郎	 5
【講演 2】	東日本大震災を踏まえたエネルギー需給構造のあり方 プロジェクト試験研究部 兼 原子力工学センター 主管研究員	都 筑 和 泰 プロジェクト試験研究部 主任研究員	森 山 亮17
【講演 3】	東日本大震災とわが国エネルギー需給・政策の課題 (財)日本エネルギー経済研究所 常務理事	小 山 堅	 30
【パネル討論】	テーマ：東日本大震災を踏まえたわが国のエネルギー戦略 モデレーター：薬師寺 泰 蔵 元科学技術会議議員 パネリスト：小 山 堅 (財)日本エネルギー経済研究所 常務理事 藤 野 純 一 国立環境研究所 主任研究員 松 井 一 秋 (財)エネルギー総合工学研究所 理事		 41
【閉会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 専務理事	山 田 英 司	 54
【研究所の動き】			 55
【編集後記】			 58

開 会 挨拶



白土 良一 (財エネルギー総合工学研究所
理事長)

皆さんおはようございます。エネルギー総合工学研究所の理事長を仰せつかっております白土でございます。

本日はこのシンポジウムに多数ご参加いただきましてありがとうございます。また、本日も出席の皆様には日頃から当研究所の事業展開に対しまして色々ご理解、ご協力をいただいております。この場を借りまして厚く御礼を申し上げます。

昨今のエネルギー情勢を見ますと、本年に入り、チュニジア、エジプト、リビアなどで長期政権が崩壊したり、世界的に経済的な混乱が起きております。また、東日本大震災、および福島第一原子力発電所の事故ということで、「国難」とも言われております現状でございます。現在、その収束に向けまして、多大な努力が各方面でなされております。被災された方々には、お見舞いを申し上げるとともに、事故の収束に励んでおられます皆様方には深く敬意を表する次第であります。

先頃、山本作兵衛の『筑豊炭坑画』が世界記憶遺産に登録されましたが、実は、あの本は1960年代後半に出版されて、私も一冊持っています。この本には絵だけでなく長い文章もありまして、当時の炭坑におけるエネルギー確保の苦労話が縷々述べられています。

その頃から営々として今日まで、エネルギーと電力の安定供給に努めてきたわけですが、ここへきて原子力が使いにくくなってきており、また後戻りして、安定供給に知恵を絞ることになると思います。

私はこの50年間、電力の安定供給に携わって参りましたが、技術的にも克服しなければならぬ課題が色々ございます。例えば、需要に的確に対応した流量のコントロールが難しく、これが崩れると周波数が不安定となり、精密な工業製品の品質にも影響を及ぼしかねません。

これから新しく自然エネルギーを導入していくことが重要であります。需要に応じて電力を供給できるシステムを構築していかないと、今まで築いてきた安定したエネルギー

供給体制が崩れかねません。これが一旦崩れたら、元の状態に戻るには10年以上かかる
と私は思います。したがって、自然エネルギーを入れながら、安定したエネルギー
供給体制をどうやって構築するかということがこれからの大問題ではないかと思ってお
ります。そのためには、何と申しまして、関連する技術開発が非常に重要でございま
して、当研究所では微力ながらお役に立つべく努めているところでございます。

本日のシンポジウムでは、そのような論点を踏まえまして、これからわが国のエネル
ギーの需給構造に関して、新たなベクトルミックスを図るための対応策について、ご専門
の方々からご講演を頂き、さらにパネルディスカッションで議論を深めてまいりたいと
思います。本年3月以来、当研究所が実施して参りました「ポスト311調査研究」の結
果も報告させていただきます。

最後に、このシンポジウムが本日ご参集頂きました皆様にとりまして、有意義なもの
になることを祈念いたしまして、簡単ではございますが、開会の挨拶といたします。あ
りがとうございました。(拍手)

来賓挨拶

西本 淳哉（経済産業省 大臣官房
技術総括審議官）



ただいまご紹介いただきました経済産業省の西本です。本日はこのような場にお招きいただきまして誠にありがとうございます。

私は、経済産業省で技術政策全般に関わっておりますけれども、今般の震災以来、内閣府の原子力被災者生活支援チームを兼務いたしております、放射性物質の除染等を担当いたしております。

今般の原発事故では、地元の方々を初め、関係の皆様方に大変なご迷惑をおかけして大変申し訳なく思っております。また、今般の原発事故は我々に多くの教訓と反省をもたらしたと思います。本日のテーマが、「東日本大震災を踏まえたエネルギー戦略」ということで、誠に時宜を得たテーマだと思います。

これまでわが国のエネルギー政策を支えてきた原子力の安全性について国民の信頼は大きく損われたと思います。それから、今回の震災では電力、石油、ガスといったエネルギーの供給に混乱が生じ、わが国のエネルギーシステム全体がかかえる脆弱性が明らかになったのではないかと思います。さらに、電力の供給不足の長期化、あるいは料金上昇の懸念が国民生活や産業活動に大きな不安をもたらしております。

こうした認識に立ちまして、昨年6月に閣議決定されたエネルギー基本計画をゼロベースで見直して再構築していく必要があるということで、既にエネルギー環境会議が立ち上がり、各省横断的に大きな方針について議論がなされております。

経済産業省といたしましては、その大枠の中で、来年夏を目途に新しいエネルギー基本計画を策定していく予定であり、総合資源エネルギー調査会・基本問題委員会で審議が始められました。

私は、エネルギー問題と環境問題は、コインの裏表の関係にあると思います。原発が制約される中で、どういうふうに関係性問題に対処していくのか、さらには広い意味での安全保障の観点からも議論を深めていく必要があると思います。加えて、世界経済全体はいずれにしても成長していくので、それにあわせてエネルギー需要が拡大していきます。途上国を中心に世界の原発の導入が進んでいくだろうという中で、しっかりした技術を持

っているわが国が世界の要請にどう応えていったらいいのか。それからエネルギー問題も環境問題も最後はイノベーションで解決するしかないと思いますけれども、これにどのように取り組んでいくか。

これらの課題の多くはエネ総工研を初め、本日ここにお集まりいただいた皆様方にまさに知恵を出していただきたい課題ばかりでございます。今、エネルギー政策が大きく揺らいでおります。サイエンスリテラシーの問題もあるようです。曖昧な知識でなくて、しっかりした事実に基づく議論をしなければなりません。

それから「イエスかノーか」の二元論ではなくて、定量的な議論をしなければならないと思います。多角的な議論が今ほど求められている時はありません。私はプロフェッショナルとしての皆様方が、開かれた中で、専門家としての議論を戦わせて、社会に向かってもっともっと情報を発信していただきたいと思っています。

最後に、本日のシンポジウムを企画されたエネ総工研の皆様のご努力に感謝申し上げますとともに、本日のシンポジウムを契機といたしまして、広く一般国民を巻き込んで、わが国のエネルギー政策に関する大きな議論が展開されていくことを期待いたしまして、私のご挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。(拍手)

[講演 1]

東日本大震災後のエネルギー政策のあり方

橋川 武郎 (一橋大学大学院
商学研究科 教授)



はじめに

問題解決の局面へ向けて大事なWhatとHow

3・11以降、色々な議論が展開されてきました。特に、福島第一原発事故の直後は非常にセンセーショナルな議論がなされましたが、もう半年が経ち問題点を指摘する局面から問題解決の局面に向かっていかなければいけないと思います。その場合、WhatとHowの両方が大事です。

Whatについては、色々な初歩的なことが国民に伝わっていないところがあります。例えば、電気料金のすべてが総括原価方式で決められ、電力会社に一定の利益率が保証されているかのように言われています。しかし、それは需要全体の4割に満たない規制分野だけで、6割は競争分野になっています。そういう事実が知らされていません。

また、水力を含む再生可能エネルギーの出力が、kWベース、つまり瞬間瞬間の発電能力では、5,000万kWを超え原子力よりも大きいのですが、kWhベース、つまり実際の発電電力量では、原子力の3分の1に過ぎないという再生可能エネルギーの稼働率の低さという問題があります。この事実も十分伝えられないままに議論が進んでいると思います。ここは、知識を沢山持っているプロの方々の出番です。

他方、Howについては思いきりオープンでなければいけません。専門家の悪いところは、知識を持たない人にやや軽蔑的な対応をするところだと思います。

私は「エネルギー政策賢人会議」のメンバーですが、1回目の会議で「賢人会議という名前がよくないんじゃないか」ということで、名称変更を提案したのですが、実現しませんでした。

先日始まった総合資源エネルギー調査会・基本問題委員会の委員をお受けする時には、「せっかくプロがしゃべっているのだから、エネルギー基本計画が密室で決められていると言われないよう、委員会での討議をニコニコ動画を使ってライブでオープンにしたい」という条件を出しました。それは実現しました。

Whatについては専門家の知識を総動員し、Howについては専門家でない人にも広く情報が伝わるようにする。その両方をやっていくことが現在の局面を打開する上で一番大事なポイントです。

今そこにある危機

日本経済の大きな危機

私は今非常に強い危機感を覚えています。最近、テレビ出演を依頼される時にしばしば「主

婦向けに分かり易く説明してください」と言われます。視聴者に主婦が多いからですが、主婦の方々は家庭用分野の需要家です。この分野では節電の余地が沢山あって、実際この夏、東京電力エリアでは3割ぐらい節電された主婦の方々が沢山いらっしゃいます。原子力依存度は3割ですから、「これなら原子力なしでもやっていけるのではないか」と思われるわけです。ただ、そこで1つの落とし穴は、家庭用需要は3割に過ぎないということです。日本の電力需要は、家庭用：業務用：産業用の割合が3：3：4となっています。産業分野は、これまでに一生懸命節電をして、ぎりぎりのところで競争しています。そこに今回の電力供給不安が加わったらどうなるか。やはり、日本経済に大きな危機が生じていると言いたいのです。

合理的判断、善意の連なりによる産業空洞化

3月11日、午後2時46分、東北地方・太平洋沖を震源地とするマグニチュード9.0の大地震が起きました。そして、福島第一原発の事故が起きました。表1の白い矢印のところは、やや人為的な操作が行われている部分です。約2カ月後の5月6日、菅前首相が超法規的措置として浜岡原発を止めました。止めた日が原子力安全・保安院が浜岡を含めて安全宣言した日だったことが事をややこしくしました。原発を地元を持っている県の知事の方々は、「さっき安全宣言したのに大丈夫なのか」と当然疑問を持ちます。首相官邸は、「東海沖地震の確率は向こう30年間に87%という特別のエリアだから」と言うことで説明がつくと

思ったわけですが、「問題が起こった福島での確率は限りなく0に近いと言われていたじゃないか」ということで、県知事の方々は、地元住民の安全を考えて定期検查明けの原発まで含めて運転再開を認めないという「ドミノ倒しの停止」が起きました。

原発が止まり電力供給の3割が消えましたから、当然、電力供給不安を高めます。停電リスクがあるだけで、その管内での工業生産は成り立たなくなります。従って、既存工場を海外に移したり、新規投資で作る予定の工場を国内ではなく海外に作る。そういう形で海外移転が起きました。つまり、産業空洞化が進み「日本沈没」が進んでいるわけです。

確かに菅前総理のやり方は相当乱暴でしたが、国民世論はそれを支持しました、浜岡原発停止。それを見て「ドミノ倒しの停止」という措置をとった県知事の方々の判断、これも間違っているとは言えないと思います。工場経営者の方々が経営上、工場を海外に移すという判断も当然です。表1の白い矢印の部分で行われた判断や操作の1つひとつは、一定の合理性、あるいは善意に基づくものです。ところが、これが連なると産業空洞化が起きてしまいます。ここが大きな問題なのです。

故小松左京さんの『日本沈没』は、太平洋沖プレートで起きた地震から地震の連鎖が始まり、物理的に日本が沈んでいくという小説でしたが、現実には、太平洋沖プレート地震から始まって、合理的であったり、善意であったりする人為的な判断が重なって、気づいてみると産業空洞化で「日本沈没」が起きているのではないのでしょうか。

表1 今そこにある危機

- ・東北地方太平洋沖大地震 →
- ・東京電力福島第一原子力発電所事故 ⇒
- ・浜岡原子力発電所運転停止 ⇒
- ・定期検査入り原発のドミノ倒しの停止 →
- ・電力供給不安の高まり ⇒
- ・高付加価値工場の海外移転 →
- ・産業空洞化による「日本沈没」

⇒には一定の合理性（「善意」）

カール・マルクスは『資本論』の中で「地獄への道は善意で敷きつめられている」と言っています。こういう事態に、まさに我々は直面しているということを、きちんと見なければいけないと思います。

停電回避でも起こる産業空洞化

9月末時点での原発の運転状況は表2のとおりです。他方、需要サイドでは、電力多消費型産業、あるいは電力の品質に敏感な製造業でも「15%の節電が何とかなったじゃないか」と言われますが、いくつかの重要な工程では瞬間停電も許されません。例えば、半導体製造のクリーンルーム、あるいは液晶製造装置、バイオの工程をかかえる工場、機械組立工場です。最新鋭の自動車組立工場ですと、1台毎に部品のベルトコンベアとシャーシのベルトコンベアがコンピュータープログラムで同期化されていて、産業用ロボットを使って作り上げます。このプログラムが飛んでしまったら製造できなくなってしまいます。

よく「自家発電があるから大丈夫じゃないか」と言われますが、瞬間停電を阻止するには自家発電は完全ではありません。時間的にも、コスト的にも長続きするわけではないという問題があります。今例として挙げた工場は、「モノづくり日本」の心臓部を支える高付加価値工場ばかりです。それが率先して海外へ移転するという事態が、もう起きつつあります。

見えてきた「落としどころ」

国際的な枠組みでは「落としどころ」が徐々に見えてきました。今年5月、フランスのドーヴィルG8サミットで、サルコジ仏大統領は「原発の問題ではない。地震国で原発をやる日本の問題だ」と言っています。

これを、アジアの脈絡の中に置き換えると、地震のない韓国、地震のない部分が多い中国、そして、インド、ベトナムを含む諸国でどんどん原発が建つということになります。しかも、これら諸国で建てた場合には、新規でも電力料金が日本より安くなる可能性が高いのです。

ヨーロッパの産業用電力で、一番安い国はフランス、次にスウェーデン、ドイツは真ん中ぐらいで、最も高いのはイタリアです。ほとんど原発依存度の高い順になっています。

安い電力は周辺国でできる。日本の原発依存度は下がっている。産業空洞化は加速するという枠組みを、国際社会が作ろうとしているというところを見なければいけないと思います。

必要性を言うだけで動かない原発

ここまで話しますと、ばりばりの原子力推進派という感じですが、福島第一原発後の日本では、「原子力が必要だ」と言うだけでは原発は動きません。私は、「原発は必要悪だ」と前から言ってきました。悪の部分が「危険性」です。

表2 原発の運転状況（2011年9月現在）

■大地震により停止：	10基（860.2万kW）
■定期検査により停止：	21基（1,818.6万kW）
■その他の理由により停止：	12基（1,246万kW） 福島第一4～6号機、柏崎・刈羽2～4号機、 浜岡3～5号機、志賀1号機、敦賀2号機、 大飯1号機
■運転中：	11基（986.4万kW） 全体（54基（4,911.2万kW））の5分の1程度
13カ月ごとに定期検査なので越年6基のみ。2012年5月には全ての原発がストップする可能性	

よく「必要性和安全性」という言い方がなされますが、「必要性和安全性」というのは両方ともポジティブな言葉なのでトレードオフの関係になっていません。現状は、「必要性和危険性」を両にらみして、どうバランスをとるのかを真面目に考えなければいけない局面です。

従って、必要性を言うだけでは原発は動かない。危険性を最小化する手立てを打たない限り原発は動かないと思います。

原発再稼働へ向けて

基本的なスタンス

原発問題について、私は世間から容認派、中間派、脱原発派、いずれの立場にも思われているようです。つまり、非常に日和見的な立場です。ただ、私は、福島第一原発事故の前と後で態度を変えた日和見ではありません。

私は、7年前に拙著『日本電力業発展のダイナミズム』の中で、表3のような提言を致しました。

1番目に、私は原子力は必要だと思いますが、民間がやれるものではないと思います。従って、民間の電力会社から原子力発電を分離し、場合によっては国営にすべきです。

2番目に、原子力を進める上での核燃料サイクル路線一本に絞るのは非常に不安定だと思います。ワンススルーも使えば、放射性廃棄物の量を制御しなければならないという意識が働きます。

3番目に、原子力の依存度が高くなり過ぎ

ると、原子力の問題が発生した時に経営を揺るがす事態に直結してしまいますので、依存度を下げなきゃならない。少なくとも40%以下がいいのではないかと思います。

4番目に、電力会社間競争を本格的に展開する必要があると思います。日本は民営で電力をやることを選択し、128年間それできました。民間活力を使った方が低廉で安定的で環境に優しい電力供給ができるという判断からです。ところが、石油ショック以降、電力会社はお役所のような存在になってしまいました。電力市場で6割の競争分野があるにもかかわらず、電力会社間競争は、九州電力が広島県のイオン宇品店に電気供給している1件しかありません。そこで、私は、競争の本筋はPPS（特定規模電気事業者）でもIPP（独立系発電事業者）でもなく電力会社間の競争である、ということを提案しました。

ただし、発送配電一貫経営に関しては、私は日本の電力業の宝だと思いますので、これは維持すべきだと言ってきました。

4番目までについては、色々、意見が分かれるところですが。私は、1990年代の終わりからずっと総合資源エネルギー調査会の仕事をしていて、今、石油分科会長をやっていますが、電力ガス事業部から呼ばれたことは一度もありません。

間もなく、3・11の後、原子力発電をどうするかという問題につきまして、『東京電力：失敗の本質』という本を出します。やはり、電力業の民活を取り返してもらいたいということが主張の本筋です。私は、電力業が民間の力で再生するチャンスとして、3・11を捉えてもらいたいという思いもあります。

表3 『日本電力業発展のダイナミズム』での提言

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">* 9 電力会社からの原子力発電事業の分離・国営化* 核燃料サイクル路線一本化の見直し* 原子力重点化政策の見直し（依存度40%以下）* 電力会社間競争の本格的展開* 発送配電一貫経営の維持 |
|---|

危険性最小化手段ではないストレステスト

現状では、危険性を最小限にする手段として、菅前総理が用意したのがストレステストです。ストレステスト自体は悪いことではありません。非常時の原発の余裕度をあらかじめ知っておくということですから、非常時の対応にも役立ちますし、今後、もし原発を選択していく場合には1つのヒントを与えるものだと思います。

ただ、はっきり言わなければいけないのは、ストレステストは原発の再稼働とは関係がないということです。ヨーロッパで143基の原発があり、福島第一原発事故の直後、メルケル独首相が7基停めました。それでも130基以上動いている状況の中で、6月1日からストレステストが始まったわけです。ストレステストと原発再稼働が関係あるというなら、菅さんがストレステストを持ち出した7月6日時点で動いていた19基の原発を全部停めてストレステストをやらなければ筋が通りません。

そもそもヨーロッパは、福島第一原発事故を見て、ストレステストを始めたのです。事故当事国の日本は、もっと早い時点でストレステスト実施を言わなければならなかったわけです。色々な状況証拠を見ますと、菅前総理は原子力の安全のためにストレステストを持ち出したのではなくて、政治的な意図があって持ち出したと考える方が自然です。

危険性最小化手段は「安全基準の提起」

では、原発の危険性を最小化する手段は一体何なのか。私は「安全基準の提起」だと思っています。実は、事故から1カ月後、福井県が国に対して福島第一原発事故を踏まえた新しい安全基準の素案を提起しました。福井は、日本で一番多くの原発、日本で一番古い原発をかかえています。日本原子力発電の敦賀1号機、関西電力の美浜1号機は福島第一の1号機よりも古い商業炉です。そして、自治体レベルで考えますと、歴史的な経緯もあって、原子力関連のスタッフが最も揃っている県です。

やはり、この問題に対して本気で対策をするならば、一番言いたいことを言っている福井県が納得しない限り、私は前に進まないと思います。福井県が提起している安全基準を精査し、表4に示す国の安全基準との違い、齟齬を埋めることによって初めて再稼働の道が拓けていくのではないかと。

表4の①②はすぐにできることです。従来の定期検査に加えて、福島の事故を踏まえ緊急冷却装置・使用済み燃料プールの特別点検を行う。それから使用済み燃料プールの監視設備というのを新たに設置する。関西電力と福井県の間では既に措置がとられています。

③～⑥については、福井県も1～3年くらいかけてやれと言っています。

表4 安全基準とめぐる福井県と国との齟齬があるポイント

① 定期検査における緊急炉心冷却装置・使用済み燃料貯蔵プール等の特別点検
② 定期検査における使用済み燃料貯蔵プール監視設備の改善
③ 送電鉄塔の建て替えなどの送電線の信頼性向上
④ 開閉所、変電所などの地震・津波対策
⑤ 使用済み燃料貯蔵プール、燃料取扱建屋などの耐震補強
⑥ 個別プラントごとの津波想定の見直しとそれに基づく防護体制の整備（水密扉、防水扉、防潮堤など）
⑦ 福島第一原発事故の知見の反映
・ 非常用復水器への水補給停止についての知見
・ 高経年化による機器の劣化についての知見

⑤に「耐震補強」という言葉があります。原子力安全保安院の今までの対応は、どちらかというと「地震動は大丈夫で津波が問題ではないか」というふうにとれる節がありますが、地震動についても視野に入れろということです。

⑥に「個別プラントごと」とあります。福島第一原発では、5.7メートルの津波を想定していたところに15メートルの津波がやってきました。全国17カ所のサイトを回りますと、なぜか一律15メートルの防潮堤というのを目指しています。これがかえって不信感を増しているわけです。個別に、地域ごとに、原発の津波に対する危険度は違います。簡単に言うと、太平洋側が一番危なくて、その次が能登半島以北の日本海側、続くのが能登半島以西の日本海側で、一番安全なのが瀬戸内です。こういう個別の違いを勘案しないで、全国一律15メートルの防潮堤をとという話になるところにかえって地元の不信感が高まっている。こういうところをどうにかしなければいけません。

⑦の福島第一原発事故の知見の反映。非常用復水器への水補給停止はなぜ起きたのか。これも地震動の問題を示唆しています。また、地震動の影響を含めても、やはり1号機の水素爆発があまりに早いのではないか。それが2, 3, 4号機につながったのではないか。こういう見方からすると、高経年化の問題がやはり大きいのではないかという疑問は捨てられません。

短期的（緊急）提言

国と福島県との齟齬をどう解決していくのか。国に求められているのは、地元住民や立地市長が納得できるような厳しい安全基準です。私は福井県が言っていることはかなり当たっていると思いますので、それを取り入れた安全基準を打ち出していく。そこでは基本的に、過酷事故への対応を大前提として、最大限基準と更

新基準の2つの基準が必要だと思います。

最大限基準では、個々の地域における有史以来最大の地震・津波を想定して、それに耐え得る原発にする。「想定外だから仕方がない」とはいかないのです。

更新基準では、一旦想定を作った後に地震学会等で新たな知見が見つかった場合には、それを想定に反映させるということを基準に入れていく。この2つの基準の組み合わせでなければなりません。今回、貞観地震（869年）の知見が福島第一原発に反映されなかったところに問題があったわけです。そういう形で安全基準を作っていきます。

そして、高経年化対策をきちんとやらなければいけません。福島第一原発1号機が古かったから問題だったのか、事故調査委員会の結論が出るまでに時間がかかるのではないかと思います。本当に1号機が古かったということは問題だったのか。違うかも知れません。その精査が進んである程度の結論が出るまでは、古い原発の運転を見合わせるという政治的措置が必要なのではないかと思います。

また、事故を契機に、発送配電分離の声が上っていますが、少なくとも産業空洞化の議論が高まっている今の局面で、発送配電分離を拙速にやることは絶対に避けなければなりません。供給不安を高めるだけだと思います。

発送配電分離には、メリットもデメリットもあります。メリットは競争促進と分散型電源導入の促進です。デメリットは、私が日本電力業の宝だと思っている系統運用能力、それを支える現場の力を毀損する可能性です。

私は、電力10社のうち7社くらいの配電線の現場を回らせていただきましたが、普段はわりとおっとりした現場の方々が、台風がやってきたりすると目の色が変わり格好よくなります。電柱1本1本のどこが停電の基になるか全部頭に入っていて、停電を最小化するためにどのタイミングでどういう措置を講じればいいのかいうことに命をかけている方々だと思います。震災直後、東京電力では、広野

火力、常陸那珂火力、鹿島火力の3つの発電所で、福島第一、第二の910万kWを上回る920万kWの電源が失われました。それをこの夏の停電を回避するために、数カ月で回復させたのは、現場の力によるところ大です。もちろん、その頂点には「フクシマ・フィフティ (Fukushima 50)」と呼ばれる、自発的に多大な危険を冒して原発事故の修復に取り組んだ作業員たちがいます。「もし『アラブの春』がなければノーベル平和賞だ」という話もありましたし、一部、外国の賞で表彰対象にもなっています。それくらい現場の頑張りがあるのです。

他のデメリットとしては、カリフォルニア大停電でも問題になりましたが、発電、送電、配電のバランスの良い投資が進まなくなる可能性があります。

電力の供給と需要の「30分同時同量」という新規参入条件は外さないといけないと思いますが、発送配電分離のメリットは、今の制度の下でも電力業者間競争を展開することで達成可能だと思います。現状では、発送配電分離に対しては相当慎重になるべきで、特に、東京電力の賠償問題に絡めた発送配電分離は他の9社に対して説明がつかない、「東京目線」に過ぎるのではないかと思います。

中長期的提言1：原子力改革

中長期的には原子力改革が必要です。内容を表5に示します。原子力安全・保安院の経済産業省からの分離は、制度論としては正しいと思います。ただ、効果は疑問です。原子力安全委

員会も原子力委員会も経済産業省からは独立していたわけですが、十分な機能を果たしたとは言えません。そうすると、独立という行為そのものより機能をちゃんと持たせることが大事なので、環境省ではなくアメリカの原子力規制委員会 (NRC) のような独立行政委員会方式にしなければいけないのではないかと思います。

アメリカには1,000人の部隊がいて、日本は無理だと言われますが、私は原子力安全基盤機構 (JNES) の部隊をうまく使えば、十分可能だと思います。そもそも、環境省も推進派であったということも、忘れてはいけないのではないかと思います。

原子力事業の民間会社からの分離、場合によっては国営化が必要です。そもそも国が出てこない立地ができない。バックエンド問題もやっていけない。特に、核燃料サイクルだとプルトニウムを扱うので、どうしても核不拡散という軍事的なマターを含まざるを得ない。そこに今度、過酷事故対応で自衛隊も米軍も出てくる。私はもう民間で原子力をやるのは無理だと思います。

原子力を国営にしても、発送配電一貫は維持できると考えます。ただ、分離できるかどうかは各社ごとに違うと思います。例えば、4社が持つ加圧水型炉の稼働率は高く、四国電力の伊方原発は1977年に動き出し、現在における生涯稼働率は82%です。地元への情報開示を始め、色々なことを「伊方方式」でやっています。ポイントは予防保全を徹底的にやっているとところです。生涯稼働率82%だけでも定期検査期間を長く、定期検査以外の時間はトラブルゼロにするという戦略でいます。

表5 原子力改革

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">■原子力安全・保安院の経産省からの分離<ul style="list-style-type: none">・効果は疑問だが、制度的には必要■原子力事業の分離・国営化<ul style="list-style-type: none">・「国策民営方式」の限界：立地、バックエンド、過酷事故対応・リスク管理上、株主から声があがる可能性■電源開発促進税の地方移管<ul style="list-style-type: none">・地方自治体がステークホルダーとなる：立地県から声があがる可能性 |
|---|

そういう意味で、加圧水型炉を持つ4社はすぐの分離は無理だと思います。踏み込んだことを言うと、この分離というのは沸騰水型炉から始まる可能性が高いです。偶然もありますが、沸騰水型炉に問題が集中しています。タービンが壊れているのも、地震が集中するのも沸騰水型炉です。

2,100円だった東京電力株が300円を切り、いつ会社が潰れるか分からない状況です。「あの東電でさえそうなら、リスクマネジメント上、わが社が原子力を持っていけないのか」と株主が思っても当然だと思います。そういうことを思われている経営者の方々もいるのではないかと、思います。

最後に、原子力で地元自治体がステークホルダーになる必要があります。法的な根拠があまり明確でない安全協定があり、地元自治体が拒否権という非常に強い権限を突出して持っている形になっています。そうではなくて、地元自治体が日常的に原子力発電の運営のステークホルダーになることが重要です。その1つの考え方が電源開発促進税の地方移管です。ただし、発電電力量によって税収が増えるという仕組みだと安全分野へのチェックが効きませんので、既に一部行われていて、福井県のアイデアにも入っている「核燃料税」で、原発が停まった場合も税収をある程度保証する仕組みを入れて、電源開発促進税の地方移管を考えてもいいと思います。

安全行政で、もしNRC的な5人委員会的なものができるのなら、その中の1人は地元自治体の代表を送り込むということも考えていいのではないかと思います。

中長期的提言2：電力制度改革

表6に示しましたが、電力会社間競争が基本になります。私は、東京電力の人が記者会見で嘘をついているとは思いません。ただ、嘘をついた以上に間違った情報が出ていたり、隠そうとした以上に情報の出が遅くなったりします。これは経営学的に深刻で、組織が重いということなのです。

私は、従業員数約3万7,000人、年間売上高5兆円の大企業なんだからしょうがないとは思いません。大企業であってもトヨタ自動車だったら違うと思います。トヨタ自動車と東京電力のどこが違うかというと、競争しているかいけないかというところです。ガバナンスは、社外重役を何人入れたかということではありません。私は、企業にとって最大のガバナンスは競争だと思います。

ただし、技術的にも周波数変換装置が弱いとか、北本連携だけでなく、60ヘルツ系統の中でも地域間連携の弱いエリアがあります。そういうところの抜本的な強化は競争のためにも必要だと考えています。

中長期的提言3：火力シフト対応

大きく言うと今後も原子力は必要でしょう。再生可能エネルギーの拡充には大賛成ですが、阪神タイガースにたとえると、再生可能エネルギーは藤川投手にあたります。今、先発投手のアメリカから来た（原発の軽水炉と同じ）スタインリッジがノックアウトされたのに、試合はまだ6回なのです。6回で藤川を使う

表6 電力制度改革

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">■周波数変換装置、地域間連系線の強化拡充<ul style="list-style-type: none">・「FC（Frequency Converter）割高」論（30～50万円／kWh、原子力並み、火力の倍）では済まない・エネルギー安定供給（Energy Security）からの見直し必要■電力会社間競争の本格化<ul style="list-style-type: none">・東電問題の本質：「お役所」のような重い組織・競争によるガバナンスが必要・競争の本線はIPP（独立系発電事業者）やPPS（特定規模電気事業者）でなく電力会社間競争・託送コストの低下、関連規制の緩和が急務 |
|--|

表7 火力シフト対応

＊避けられない火力シフト：2つの問題が存在 （１）燃料調達，（２）地球温暖化対策 ■（１）LNG（液化天然ガス）調達における買い手交渉力（バーゲニングパワー）の発動 ・シェールガス革命後の今，油価リンクを外せるかの勝負所 ・韓国ガスの事例 ・ガス＆パワー，日韓（中）協力…… ■（２）石炭火力技術移転を通じた海外での2国間クレジット方式によるCO₂削減
--

わけにはいかないのです。7，8回を榎田，渡辺，福原を使って何とかしのがなければなりません。ですから，原子力依存時代から再生可能エネルギー時代の間にはかなり長期の火力の時代がやってきます。そここのところを見なければいけないと思います。しかし，火力にシフトした瞬間，表7に示しますが，燃料調達と地球温暖化対策という2つの問題が出てきます。

[燃料調達問題]

燃料調達のポイントは，LNG（液化天然ガス）の買い手としてのバーゲニングパワーの強化だと思います。LNGは燃焼時の二酸化炭素（CO₂）排出がやや少ないからというだけではなく，「シェールガス革命」の影響が大きいからです。2009年にアメリカが世界最大の産ガス国になりました。ここ数年が勝負所で，国際的な天然ガス価格を原油価格リンクから外すために，高値買いなどやめて，バーゲニングパワーを効かせることが重要です。

5年前まで東京電力は世界最大のLNGバイヤーでした。2番手は関西電力，中部電力，大阪ガス，東京ガスが争っていて，日本勢が上位を占めていました。ところが現状では，

東京電力よりはるかに大きなバイヤーがいます。それは韓国ガスです。韓国ガスは，韓国で必要な韓国電力の分，他のガス会社の分までまとめ買いをする方式でバーゲニングパワーを利かせています。日本もそれをやらなければいけないと思います。場合によれば，韓国や中国との協力さえ必要だと思います。

[地球温暖化対策]

自民党が原子力を推進したのは確かですが，「原子力発電推進行動計画」（2010年6月）で，原発の新增設を2020年までに9基，2030年までに14基以上として，もっとネジを巻いたのは民主党です。なぜ民主党がネジを巻いたかと言うと，「鳩山イニシアチブ」の1990年比25%削減を達成するには，どうしても原子力に頼らざるを得ないと考えたからです。その新增設路線は破綻しました。福島第一だけで6基減ります。当面新設の可能性が残っているのは，中国電力島根3号機と電源開発（J-POWER）の大間だけです。どう考えても減っていく方向にあります。

では，CO₂排出削減目標を投げ出すのか。もともと地球温暖化問題は，日本環境問題でなくて，地球全体の環境問題です。日本の

表8 主要国の電源別発電電力量の構成比（％，2006年）

国	石炭	石油	天然ガス	原子力	水力	その他
日本	27.4	11.1	23.3	27.8	7.9	2.5
アメリカ	49.8	1.9	19.6	19.1	6.8	2.8
中国	80.2	1.8	0.9	1.9	15.0	0.2
インド	68.3	4.2	8.3	2.5	15.3	1.4
ロシア	18.0	2.5	46.1	15.7	17.4	0.3
ドイツ	48.0	1.5	12.1	26.6	3.2	8.6
フランス	4.6	1.3	3.9	79.1	9.8	1.4
ブラジル	2.4	3.0	4.4	3.3	83.2	3.7
世界計	41.0	5.8	20.1	14.8	16.0	2.3

CO₂排出比率は世界の4%ですから、4%の25%では世界の1%しか減りません。そもそも日本国内だけで減らすという考え方自体が間違っていたと思います。海外で減らす。それもCO₂を一番出している石炭火力で減らすということになります。表8に示すように、世界の4割、アメリカの5割、ドイツも5割、インドは7割、中国は8割が石炭火力です。

石炭火力の燃焼効率は、J-POWERの磯子2号機を筆頭に、日本が世界最高効率を達成しています。経済産業省の試算だと、日本の最善技術をアメリカ、中国、インドに適用するとCO₂排出量を13.47億トン減らせます。

10億トンと見ても、二国間取引で半々にすると日本の取り分は5億トンになります。鳩山さんが言った削減量は、1990年（排出量12億6,100万トン）の25%、3億2,000万トンですから、それよりも大きい量を既存の石炭火力の技術で減らすことができる。これが新しいやり方です。

地球温暖化対策は、国内原子力ではなく、海外石炭火力に舵を切らなければなりません。そのためには、「エネルギー供給構造高度化法」の「2020年までにゼロ・エミッション電源50%」の義務化を外さなければいけないし、京都議定書の延長はとめなくてはいけないと思います。

中長期的提言4：再生可能エネルギーの拡充

再生可能エネルギーが将来の主役ですが、低い稼働率という問題があります。ただし、稼働率の問題がない再生可能エネルギーもあ

ることを認識しておく必要があります。それは地熱、小水力、バイオマスです。

[地熱]

地熱に関しては2つ問題があります。まず、適地が国立公園、国定公園に多くて、「自然公園法」の規制が非常にきついということです。20万kW級の地熱発電所を1基作るのに環境アセスメントを入れると最低10年かかるという現実があります。これをどうにかしなければいけない。

次に、温泉業者の反対です。温泉業者との間にWin-Winのモデルを作る必要があります。例えば、地熱発電所からの蒸気を温泉街に、無料で供給する。これは一部、大分県の滝上あたりでやられています。あるいは、別府の杉乃井のように温泉業者自身が地熱をやるといような逆転の発想も必要です。

[小水力]

電力会社がかかなりやりきっていて、残っているのは水道用水と農業用水です。これを発電に使うことには規制があるので、この規制の緩和が必要です。

[バイオマス]

林業の復活と合せて非常に良いアイデアですが、物流コストの問題があります。従って、火力発電と森林のマッチングのところに新しい電力全量買取制度をどう使うかが、勝負所になると思います。

[太陽光・風力]

太陽光・風力も稼働率が低いからといって待っているわけにいきません。開発に時間がかかる蓄電池の技術革新に全力をあげるとと

表9 再生可能エネルギーの拡充

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">■即戦力の地熱・小水力・バイオマスの活用<ul style="list-style-type: none">・規制緩和が焦点・温泉業者、農業関係者、水道局、林業従事者等の新たな担い手■分散型電源としての太陽光・風力の活用<ul style="list-style-type: none">・太陽光／風力を組み入れたスマート・コミュニティ・スマート・グリッドのEnergy Securityからの再評価・スマート・コミュニティを広げて基幹電源へ・系統依存型普及策の問題点：フィード・イン・タリフの運用が問題・漁業権の問題：原発＋洋上風力、漁民風車■北九州、釜石での取組み |
|---|

もに、取りあえずは、ガスタービンのバックアップでいいと思いますが、太陽光、風力を導入したスマート・コミュニティを点のように被災地に展開する。今、全国4カ所で実証試験が行われています。特に、北九州が一番進んでいると思いますが、その北九州を中心とした部隊が新日鉄つながりで、岩手県釜石市に大勢入っていきまして、釜石でスマート・コミュニティを始めようという動きがあります。こういうことが大事だと思います。

おわりに

2030年の電源構成を考える

今、我々は原子力発電をどうするのかということに注目しています。基本問題委員会だけで議論して、結論が出るはずはありません。言いつ放し聞き放しで、最後は枝野大臣が決めるという、何かガス抜きの会議じゃないかという印象があると思いますが、私はそうなってはまずいと思うのです。

賛成派、中間派、反対派のどれもが一致できるところがありまして、そこを一個一個、具体的に実行していかなければいけません。例えば、自然公園法をどう変えるのか、洋上風力をやるのなら漁業権の問題をどう処理するのかとかです。

独立変数は3つあります。1つ目は、再生可能エネルギーをどれだけ普及させるか。2つ目は、民生用を中心に省エネをどれだけやるのか。3つ目は、火力のゼロ・エミッション化をどれくらい進めるのか。これらを全力でやりきったうえで、引き算で原子力のウェートを決めていくという発想がリアルなのではないかと思います。こういう言い方をすると、エネルギー政策有識者会議では、「お前には思想がない」と言われました。反原発派の人たちには、「お前には夢がない」と言われました。今は、思想や夢を語っている時ではなく、現実を語らなければならない時だと思っていますので、あえてつまらないことを言っています。

2030年での原子力、再生可能エネルギー、火力、節電の割合をいくつか考えてみました。あえて2030年の再生可能エネルギーを30%と言います。なぜかという、現状9%、菅前総理の顔を立てて、2020年代の初めに20%として、直線的に考えると30%となります。

1番目は、現在のエネルギー基本計画の原発依存シナリオです。これはもう破綻しました。2番目以降は、再生可能30%、節電10%を固定してあって、残りの60%を火力と原子力で按分しています。4番目は脱原発シナリオで、原子力0%、火力60%になります。

思い起こしていただきたいのですが、この4番目のシナリオに非常に近いのがドイツです。2022年に原発を0にする。2020年、再生可

表10 2030年の電源構成を考える

■基本的な考え方

・独立変数は

- ①再生可能エネルギーの普及
- ②民生用を中心とした省エネの深化
- ③火力のゼロ・エミッション化（石炭ガス化複合発電（IGCC）、二酸化炭素回収・貯留（CCS））の進展

・原子力依存度は従属変数（引き算で決まる）

■原子力：再生可能：火力：節電（2030年、%）

× 50：20：30：0（現在のエネルギー基本計画、原発依存シナリオ）

△ 30：30：30：10（現状維持シナリオ）

○ 20：30：40：10（脱原発依存シナリオ）

? 0：30：60：10（脱原発シナリオ）

能エネルギーを35%にすると言っています。この2つの数字ばかりが大きく伝えられますが、よく考えてみると、2020年代初頭のドイツは火力が65%ということを意味するわけです。

では、なぜ火力65%でオーケーなのか。先ほど言いましたように、50%が国内自給の石炭火力だからです。だからドイツはこういうシナリオを描くことができるわけです。日本のエネルギー自給率をご存知のように4%です。私は、原発0、火力60%というのは燃料コストの面で現実性がないと思います。

そうすると、一番きれいな30:30:30:10（現状維持シナリオ）でいきます。原子力依存度は現状と同じです。高経年化の問題がありますから、私は原子力30%という数字は維持できないと思います。従って、○が付けてありますが、1つの目処としては、原子力20%、再生可能30%、火力40%、節電10%くらいが2030年の見通しになっていくのではないかと思います。

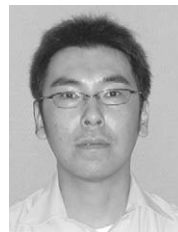
これで私の話を終わらせていただきます。
(拍手)

〔講演2〕

東日本大震災を踏まえた 国内エネルギー需給構造のあり方

※ 都筑 和泰 (プロジェクト試験研究部
兼 原子力工学センター
主管研究員)

※※ 森山 亮 (プロジェクト試験研究部
主任研究員)



はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災およびそれに伴う大津波は東北地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらしました。被害は、各種ライフラインや原子力発電所、火力発電所にも及び、関東・東北地方は深刻な電力不足に陥りました。

わが国のエネルギー政策について見直しが進んでいる状況下、当研究所では、ポスト311戦略検討チーム（コアメンバー：都筑、森山、石本、時松、萩原）を立ち上げ、主に中長期の観点からわが国のエネルギー需給構造のあり方、およびその実現に向けた技術戦略に関する検討を実施しています⁽¹⁾。

検討の背景・スコープ

わが国のエネルギー需給構造の特徴と これまでの基本政策

わが国のエネルギー需給構造の特徴は次のようにまとめることができます。

① 産業立国であり、製造業がエネルギーの約

半分を消費していることから、エネルギー供給不足は国の根幹に関わる。

② エネルギー資源（化石燃料）に乏しいことから、海外に依存しつつエネルギーを安定的かつ安価に確保しなければならない。

③ 島国であり、他国との電力融通がないことから、国単位での「ベストミックス」が必要。

このような特徴を踏まえ、わが国のエネルギー政策においては、「エネルギー安定供給」、「環境制約」、「経済性」のいわゆる3Eが重要視されてきました。エネルギー政策の変遷に関する詳細は前報⁽¹⁾を参照して下さい。

震災により顕在化した問題点と 需給構造への反映

震災により、わが国のエネルギー需給構造における様々な問題点が顕在化し、前述の3Eに加え、「安全性」という観点を加えた新しい概念が必要となってきました。すなわち、災害等のリスクに強いロバストな需給構造の実現が求められているのです。

特に、東京電力福島第一原発事故の影響が長期かつ広範囲に及ぶこと、また1つの事故が他の原子力発電所の運転に影響するリスクがあることが改めて明らかになりました。その結果、原子力の社会受容性が大幅に低下し、その分、省エネルギーや節電、再生可能エネ

ルギー導入への関心が大幅に高まっています。

関東地域において計画停電が実施された影響も大きいです。病院などの重要な施設もまとめて停電になってしまうなど、公平・合理的な実施は困難であること、および半導体のクリーンルームや発酵製品など、わずかな停電でも致命的となる産業が存在することが明らかになりました。これにより、発電予備力の重要性が認識されるとともに、需要家側の分散型電源や、それらを統合するスマートエネルギーネットワークが注目されています。

本検討の範囲と構成

本検討では、これまでの主要な評価軸である3Eに加え、震災を踏まえた対応策を考慮しつつ、エネルギーのベストミックスのあり方を再考します。時間断面は2030年と2050年とし、その接続性についても議論し、当面の方針を提言します。

本検討の流れを図1に示します。2030年の検討に当たっては、震災前の「長期エネルギー需給見通し」(2009年8月)⁽²⁾をベースに、震災を踏まえた変更点を議論します。そして、2050年について技術の進展やエネルギーリスクを想定し、想定シナリオの策定と評価を実施します。最後に、2030年から2050年への接続性を議論します。

震災前の長期エネルギー需給見通し

本検討のベースとなる震災前に策定された「長期エネルギー需給見通し」⁽²⁾の概要は以下の通りです。

(1) 最終エネルギー消費

「長期エネルギー需給見通し」⁽²⁾における最終エネルギー消費ケース(省エネルギー等の進展度合い)を図2に示します。ここでは、以下の3ケースが想定されています。

- ① 現状固定ケース：新たなエネルギー技術の導入はなく、古い機器の入れ替え効果のみ。
- ② 努力継続ケース：機器・設備の効率改善努力と入れ替えに伴う機器導入効果。
- ③ 最大導入ケース：高コストで省エネルギー効果の高い機器・設備を法的規制一步手前の政策で普及させる。

なお、この需給見通しにおける主要な想定条件を以下に示します。

- ・実質GDP成長率は1%台。
- ・人口は漸減(2005年1.28億人→2030年1.15億人)。
- ・エネルギー価格は高値で推移(原油価格2020年121ドル/バレル→2030年169ドル/バレル)。
- ・省エネルギーが進んだケースでは、ヒートポンプ給湯や電気自動車の普及も相当規模進展。

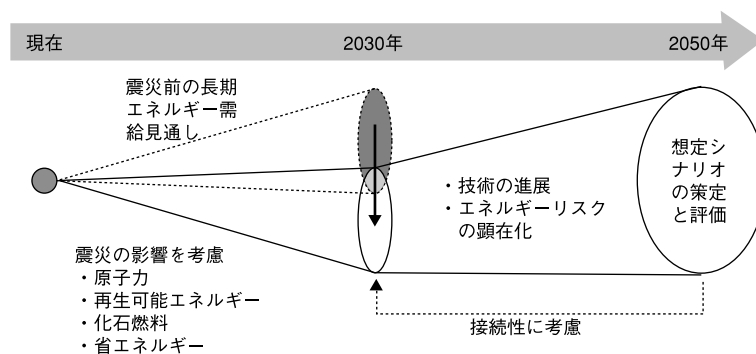


図1 本検討の流れ

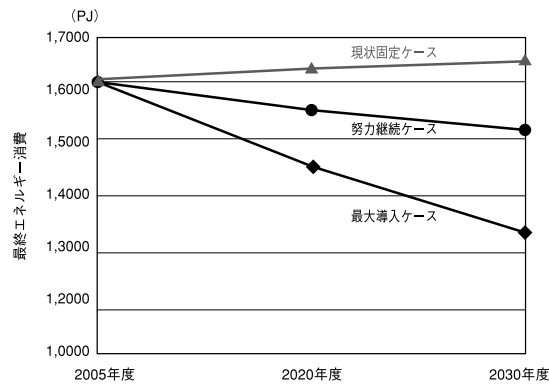


図2 「長期エネルギー需給見通し」⁽²⁾ における最終エネルギー消費

(2) 電源構成

「長期エネルギー需給見通し」⁽²⁾ では、原子力発電の寄与が着実に増加し、2030年には総電力量のおよそ半分になる絵姿を想定しています。これに対応して、石油・石炭・液化天然ガス（LNG）を合計した火力の寄与は減少していきます。また、新エネルギー（水力を除く再生可能エネルギー）については、「最大導入」でも総電力量の10%程度、「努力継続」では5%程度を想定しています。

標準条件とし、「最大導入」を省エネルギーが進んだ条件としました。

② 電源構成

原子力については震災前の計画からの減少は避けがたいのですが、その下げ幅については大きな不確定性があります。一方、再生可能エネルギーによる原子力代替は、経済性の観点からそれほど多くは期待できません。主な論点は、原子力の減少をどの程度と想定するか、原子力の減少分を主に火力によって代替することで二酸化炭素（CO₂）排出量と化石燃料消費量はどの程度増加するか、という点にあります。

2030年のエネルギー需給解析

「長期エネルギー需給見通し」⁽²⁾ をベースに震災を踏まえた変更を行った上で、「東日本大震災を踏まえた国内エネルギー需給構造のあり方に関する検討（中間報告）」で用いた計算ツール⁽¹⁾ を引き続き活用し、2030年のエネルギー需給解析を実施しました。

震災を踏まえた主要な変更点

① 最終エネルギー消費（省エネルギーの進展）

震災を踏まえて、省エネルギーの着実な進展が期待されます。しかし、図2に示した最終エネルギー消費に関する3ケースの位置づけや詳細な構造が変わるわけではありません。そこで、本検討では、前述の「努力継続」を

③ 原子力の動向

原子力については、政府による事故の収束宣言が出されたものの、今後の廃炉や立地地域の対応など多くの課題があり、その動向を現段階で明確化することは困難です。過去の事例を参考にすると、下記の展開が想定できます。

- A) 原子力推進：既設炉は可能な限り長く使用するとともに新設を推進（例：震災前の日本）
- B) 原子力維持：既設炉は可能な限り長く使用するものの、新設は凍結（例：アメリカ）
- C) 原子力の段階的廃止：「脱原子力依存」をめざし、既設炉を段階的に廃止するとともに新設なし（例：ドイツ）
- D) 脱原子力：原発の運転を停止（例：かつてのイタリア）

今回は「原子力維持ケース」と「原子力の段階的廃止ケース」について、詳細に検討しました。図3に今後の原子力発電容量の推定

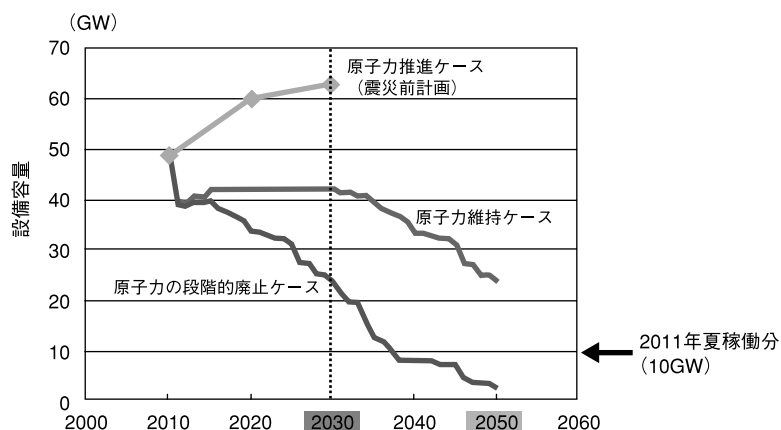


図3 原子力の設備容量の推定

を示します。ここで、「原子力維持ケース」は寿命60年、「原子力の段階的廃止ケース」は寿命40年を想定しています。

「原子力推進ケース」（震災前計画）では、2030年における原子力の設備容量は63GWであり、年間発電量は470TWhでした。これに対し、「原子力維持ケース」では、2030年における原子力の設備容量は震災前計画の約3分の2に、「原子力の段階的廃止ケース」では約3分の1になります。

④ 火力による原子力の代替

日本の電力は、水力・原子力・石炭をベース電源、LNGをミドル電源、石油・揚水をピーク電源としていました。ベース電源である原子力が減少すると、ある程度まではLNG火力の設備利用率向上によって対応可能ですが、それ以上の減少となると、短期的には石油火力の寄与の増大、中長期的には石炭火力やLNG火力の増設を考慮する必要があります。試算によると、原子力維持程度の原子力設備容量が既存のLNG火力の設備容量で対応可能な限界であり、原子力を段階的に廃止する場合は、石炭火力やLNG火力の増設を考慮しなければなりません。

⑤ 再生可能エネルギーによる原子力の代替

現在、総発電電力量に占める再生可能エネルギーのシェアは10%以下であり、その大部分は水力発電です。太陽・風力・地熱等のシェアは

1%に満たない状況です。「長期エネルギー需給見通し」⁽²⁾の「最大導入」においても、再生可能エネルギーのシェア（水力含む）は2030年で20%程度（総電力需要約1,000TWh）と見積もられています。

従って、2030年において再生可能エネルギーが原子力発電の減少分を補うレベルまで普及することは困難と考えられます。なお、2030年までの再生可能エネルギーの急激なシェア増加の可能性については、「2030年と2050年の接続性」の章で議論します。

シナリオ分析と評価結果

① CO₂排出量

図4に2030年におけるCO₂排出量の推定結果を示します。図に幅を持たせて示したCO₂排出量の上限は、原子力発電の寄与の減少分を石炭により代替した場合、下限はLNGにより代替した場合に相当します。

原子力発電の寄与が震災前計画から減少すると、その分を火力で代替するため、CO₂排出量が増えます。「原子力維持ケース」と「原子力の段階的廃止ケース」によるCO₂排出量の差は、0.5～1億t-CO₂となります。

また、省エネルギーによりCO₂排出量は顕著に変化します。「努力継続」に比べ省エネルギーを促進した「最大導入」では、CO₂は約2億トン減少します。

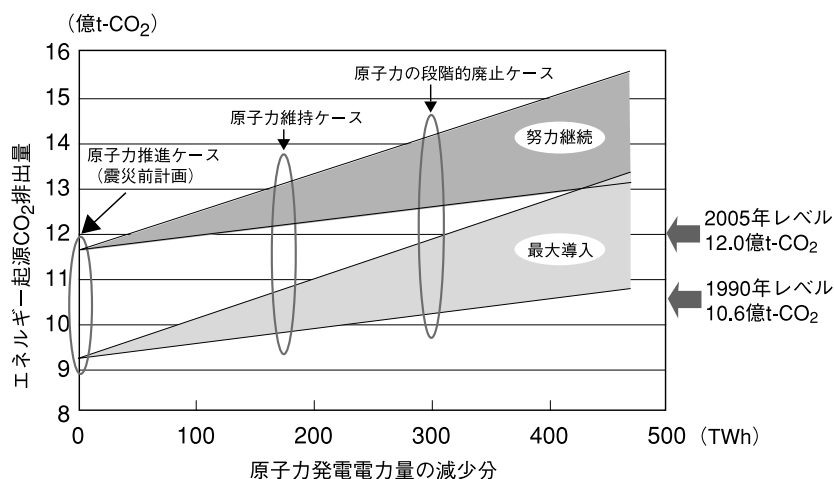


図 4 2030年におけるCO₂排出量の推定

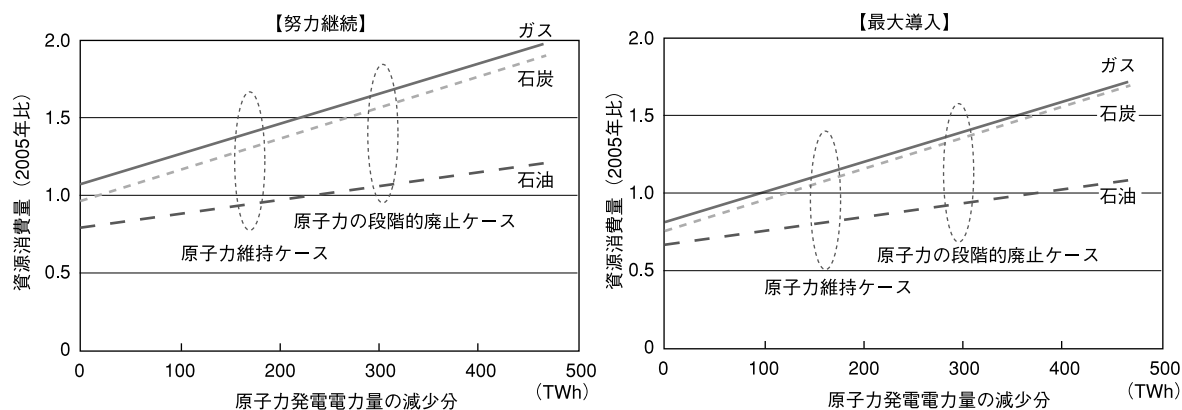


図 5 2030年における化石燃料消費量の推定

②化石燃料消費量

原子力発電の減少分を火力で補った場合、2030年における化石燃料の消費量は、2005年比で図5のように増加します。

2030年の評価結果のまとめ

「原子力維持ケース」、「原子力の段階的廃止ケース」のいずれを選択しても、「原子力推進ケース」（震災前計画）と比べると2030年における原子力発電電力量は大幅減となります。

原子力発電電力量の減少分を、LNG火力で代替した場合、「原子力の段階的廃止ケース」では「原子力維持ケース」と比較してCO₂排出量が約0.5億t増加（1990年比+5%相当）し、LNG消費量は2005年比約1.4倍（「最大導入」）

に増加します。2030年においてロバストなエネルギー需給構造を実現するには、このようなCO₂排出、燃料調達に係るリスクと原子力のリスクを比較検討する必要があります。

2050年のエネルギー需給解析

2050年シナリオ設定の留意点

2050年においては、再生可能エネルギーの大規模導入、省エネルギー技術の大規模導入、原子力の復興あるいは廃止が想定され、技術選択の自由度は大きくなります。

一方、2050年には原子力社会不受容、地球

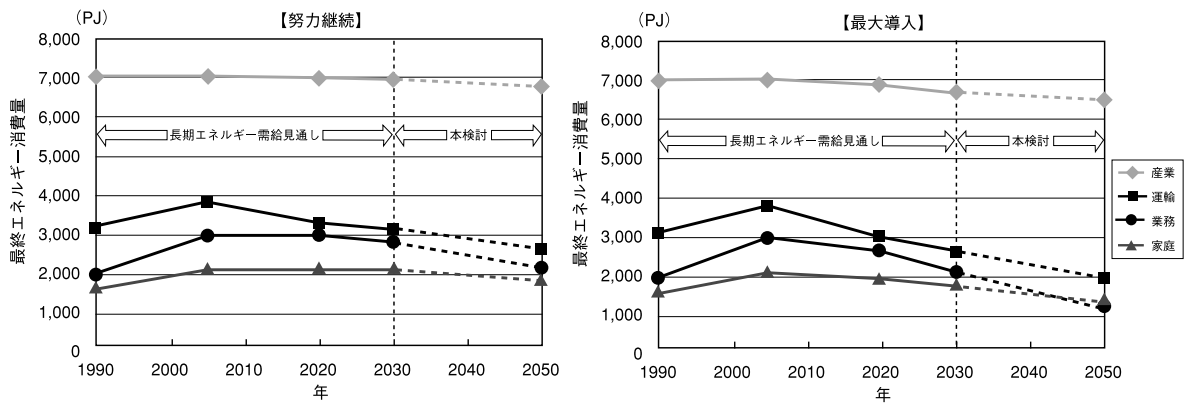


図6 最終エネルギー消費量の推定

温暖化影響の顕在化によるCO₂制約、化石燃料の需給逼迫や価格の高騰などの、エネルギーに係るリスクも大きくなります。

2050年の最終エネルギー消費は、2030年までの「長期エネルギー需給見通し」⁽²⁾を参考に、図6のように想定しました。「努力継続」では、「最大導入」より20年遅れて推移します。つまり、「最大導入」での2030年の数値と「努力継続」での2050年の数値が同じです。「最大導入」では2030年までの趨勢が2050年まで続くと仮定しました。産業構造やライフスタイルの大幅な変更は想定していません。

主要技術の動向

① 再生可能エネルギー

再生可能エネルギーの中でも太陽光発電と風力発電はポテンシャルが高く⁽³⁾、2050年を

見据えると大量導入が有望視できます。しかし、太陽光発電と風力発電は間欠性電源と呼ばれ、電力系統への導入には技術的・コスト的な課題が多いことも事実です⁽⁴⁾。

本検討では、ポテンシャルが高い太陽光発電について、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の標準気象・日射データ（METPV-3）⁽⁵⁾を用いて導入可能性を検討しました。

a) 太陽光発電の大規模導入に係る課題

太陽光発電の系統への大規模導入に係る課題としては、図7に示すように、電圧上昇と周波数変動が挙げられます。電圧上昇は、需要家側にある太陽光発電の出力によって系統に電力が逆流した場合に、配電系統の電圧が上昇することにより生じる課題です。これには、主に柱上変圧器の分割設置や高圧系統へ

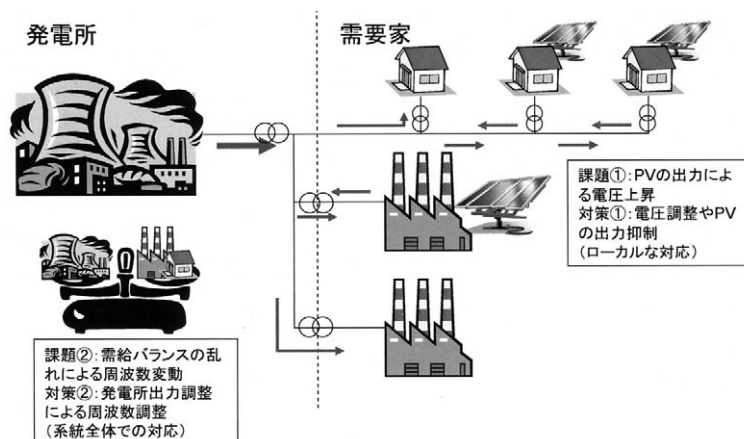


図7 太陽光発電の大規模導入にかかわる課題の整理

の電圧調整装置の設置など、系統の設備対策により対応します。

また、周波数変動は、日射量の変化によって太陽光発電の出力変動が起こることに伴う需給バランスの乱れにより生じます。これには発電所の出力調整にて対応します。

周波数変動を既存の電源で調整する場合、太陽光発電の導入量に合わせてその運転条件を変化させる必要があります。電力需要に対する太陽光発電の出力割合が多くなっていくと、ミドル電源とピーク電源の出力を低下させる必要があります。ただし、調整力であるミドル電源とピーク電源の出力は完全にゼロにはできず、太陽光発電の出力変動に備えてバックアップとして待機する必要があります。さらに太陽光発電の出力割合が多くなると、石炭火力や原子力発電といったベース電源の出力を低下させる必要が出てきます。

太陽光発電の導入に伴う火力等の運転条件の変化をまとめたものを図8に示します。電気事業連合会は、局所的な集中設置の場合を除いて、太陽光発電を10GW程度まで電力系統の安定性を損なうことなく連系可能と発表しています⁽⁶⁾。

太陽光発電の導入量が50～100GWの範囲では、ミドル電源とピーク電源の出力調整により対応します。電力需要が少ない日には、導入量数十GW程度で余剰電力が発生し始めます。

これに対して、導入量が100GW以上の場合には、ベース電源の出力抑制やミドル電源、ピーク電源の増設が必要になります。200GWを導入した場合、電力需要が最大の日でも余剰電力が発生します。従って、既存の電源の運転条件を最大限調整した場合、200GW程度が太陽光発電の導入量の上限です。なお、200GWの太陽光発電を導入しても年間の発電電力量は200TWhであり、現在の総発電電力量（約1,000TWh）の20%程度となります。

b) 太陽光発電の大規模な普及方策

図9に太陽光発電を500GW導入した場合の発電量と需要量の関係を示します。太陽光の出力はMETPV-3⁽⁵⁾を利用し、東京における水平面全天日射量を代表として、以下の式により求めました。

出力(kW) = 日射量(kW/m²) ÷ 標準日射強度(1kW/m²) × 設備容量(公称最大出力)(kW) × 温度やパワコン変換ロス等の係数

図9に示すように、太陽光発電の導入量が200GWを超える場合、晴れた日は発電量が電力需要量を大幅に上回ります。従って、この余剰電力を有効に利用するには、蓄電池を導入して晴天時に余剰電力を充電し、夜間および雨天時に放電することによって電力を供給することが必須となります。ここで、蓄電設備の導入量はバランスに配慮する必要があります。すなわ

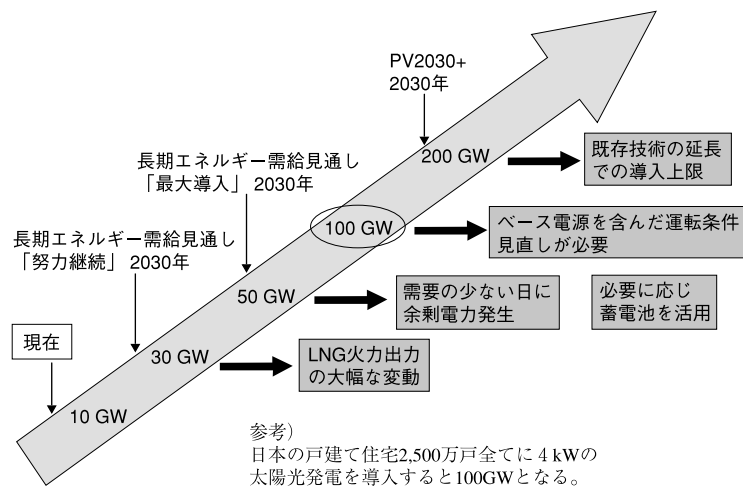


図8 太陽光発電の導入上限に係る火力発電等の運転条件

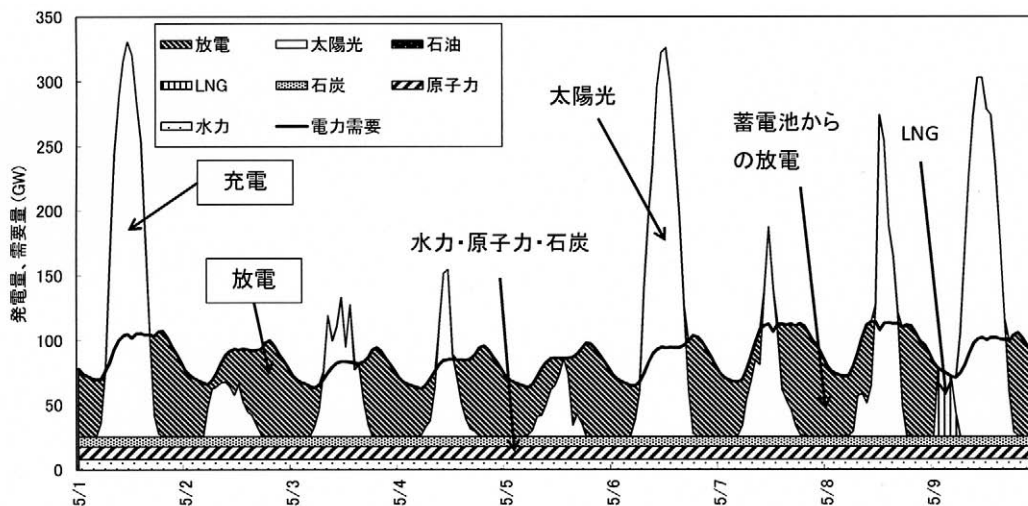


図9 太陽光発電500GW導入時の発電量と電力需要量

ち、蓄電設備が多すぎると設備利用率が低い割に導入コストが過大となり、少なすぎると晴れの日の電力を貯めきれないため、雨天時に電力が欠乏することとなるのです。

次に、必要な蓄電設備量に配慮しつつ、導入に必要な設備投資額を試算しました。その結果、太陽光発電導入量が100GW程度から蓄電設備費が必要となり、その後、導入量とともに急速に増加して、500GWでは蓄電設備費が発電設備費の2倍に達することが分かりました。

c) 太陽光発電に関する検討結果のまとめ

現状と同様に太陽光発電の出力変動を火力の出力で調整する場合、無理のない調整を行うと、太陽光発電の上限は10GW程度です。最大限の調整を行うと、上限は150～200GW程度になります。これは現在の総発電電力量(1,000TWh)の15～20%に過ぎず、これ以上の太陽光発電の普及には、蓄電設備の大規模導入が必須となります。

太陽光発電の導入促進に際しての主要な不確定性として、以下の点があげられます。

- 1) 太陽光パネルや蓄電池のコストダウンの進展
- 2) 系統の概念が大幅に変わることに係る技術課題の克服や対応コスト
- 3) 需給バランスの制御に関して、LNG・石油・揚水発電による同時同量制御に加

えて蓄電残量、需要予測、日射量予測を行う蓄電管理

- 4) スマートグリッドを活用し小規模分散型の発電設備も需給バランス調整に総動員させる必要性

② 原子力発電

図3で示したとおり、「原子力維持ケース」(60年寿命)の場合でも2030年以降既設炉の設備容量は急速に減少します。その分の代替として新規サイトを開拓することは容易ではありませんが、既設炉を大型炉でリプレースするだけでも発電容量を現状の2割増加させ、原子力シェアを50%程度にできます。すなわち、原子力に対する社会の理解が得られ、かつ原子力技術基盤が保持されていれば、2050年に向けて原子力のシェアを50%程度にすることは困難ではないと考えています。

ただし、「原子力の段階的廃止ケース」の場合、国内での原子力プラント建設は20年以上に亘り途絶することとなり、原子力技術基盤の維持が困難となる可能性があります。これについては別途対策が必要となります。

2050年に向けたシナリオ分岐と シナリオ評価結果

2050年に向けては、表1に示すように、原

表1 2050年における主要なシナリオの設定

	脱原子力シナリオ	CO ₂ 徹底削減シナリオ	脱石油・ガスシナリオ
原子力	廃止	両者の和をなるべく多く	両者の和をなるべく多く
再生可能エネルギー	・状況に応じたバランス ・火力に頼ったシナリオも可		
火力		低減/CCS (CO ₂ 回収貯留)	石炭の高度利用
省エネ		必須	必須

原子力社会受容性低下、地球温暖化影響の顕在化によるCO₂制約、石油・LNG燃料の調達困難といったリスクの発生が考えられます。これらの想定リスクに対応する以下の3つのシナリオを検討しました。

① 脱原子力シナリオ

原子力社会受容性低下に対応するシナリオです。基本的に原子力の代替は再生可能エネルギーと火力ですが、省エネルギーにより総発電電力量そのものを低減することも有効です。それらのバランスを評価するため、表2に示す①～④の想定ケースにつき、影響を試算しました。

ここで、再生可能エネルギーの導入量については500GWと200GWの場合を想定しました。500GWの導入については、前述のように蓄電設備の大規模普及が前提となります。また、200GWは火力を中心とした出力変動調整可能な導入量の上限值に相当します。

図10および図11に計算結果を示します。ケース③では、再生可能エネルギー中心の電源構成となります（図10）。それ以外のケースでは、火力（特にLNG）が半分以上を担うこととなり、CO₂排出量（図11）も多くなります。ケース③以外ではLNG消費量が2000年より増加し、ケース②では約2倍になります。すなわち、依然として火力に依存する状況となるわけです。

表2 脱原子力シナリオにおける想定ケース

		再生可能エネルギーの導入量	
		500 GW (○)	200 GW (△)
省エネルギーの度合い	努力継続 (△)	①省エネ△ 再生○	②省エネ△ 再生△
	最大導入 (○)	③省エネ○ 再生○	④省エネ○ 再生△

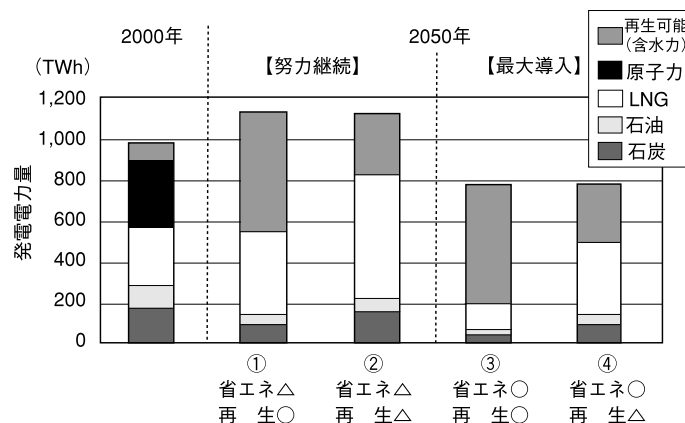


図10 脱原子力シナリオにおける電源別発電電力量

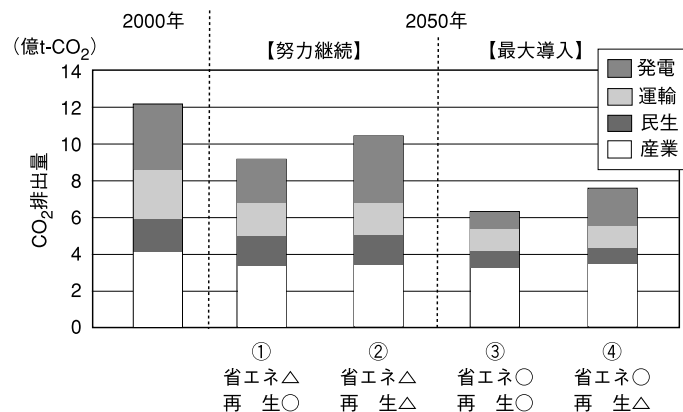


図11 脱原子力シナリオにおける部門別CO₂排出量

以上の結果から、2050年までに脱原子力を実現するには下記のいずれかが必要となることが分かります。

- ・再生可能エネルギーの大規模導入が経済的・技術的に成立する見通しが立ち、すでに相当規模普及していること。
- ・化石燃料の調達リスクやCO₂排出制限が顕在化していないこと。

② CO₂徹底削減シナリオ（地球温暖化顕在化）

現状では、発電部門からのCO₂排出が全体の約3分の1を占めるとともに、非電力部門については産業、運輸、民生の順に排出量が多くなっています。産業構造やライフスタイルの大幅な変更を想定しない場合、2050年に向けたCO₂対策の基本方針は以下のとおりです。

1) 最大のCO₂排出源である発電部門につ

いては、原子力や再生可能エネルギーなどの導入を進める。

2) 発電部門だけではなく、他の部門についても大幅な省エネルギーを進める。

2050年における非化石電源（原子力＋再生可能エネルギー）による年間発電電力量とCO₂排出量の関係を図12に示します。

図12より、2050年におけるCO₂排出量を1990年比半減にするような厳しい目標を達成するには、省エネルギーを徹底した上で、非化石電源の発電量を大きくする必要があります。ただし、非化石電源の内、再生可能エネルギーは、技術的・経済的理由で停滞するリスクがあることから、原子力はCO₂削減の重要なオプションと言えます。

また、図12より、省エネルギーが「最大導入」程度進展し、かつ非化石電源が十分に導

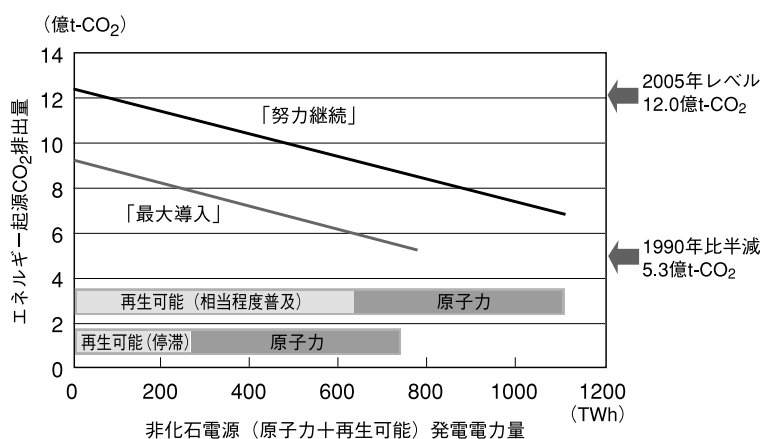


図12 CO₂徹底削減シナリオにおける非化石電源の発電電力量とCO₂排出量（2050年）

入された場合でも、CO₂排出量は1990年比半減よりやや多い。従って、さらなるCO₂排出削減策として、下記の対策も検討していくことが重要です。

- ・ CCS（CO₂回収貯留）
- ・ 海外で製造した再生可能エネルギー起源等の「CO₂フリー水素」の利用
- ・ 地熱発電、バイオマス、潮力発電、波力発電などの再生可能エネルギー

③ 脱石油・ガスシナリオ（調達困難）

石油とLNGの価格が高騰し調達困難となった場合、②CO₂徹底削減シナリオと同様に、各部門における省エネルギー促進と原子力・再生可能エネルギーの導入促進が重要です。あわせて、下記のような石炭の高度利用も重要なオプションとなります。

- ・ 高効率石炭火力発電：
先進超々臨界圧火力発電（微粉炭焚，A-USC）、石炭ガス化複合発電（IGCC）、石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）など
- ・ 低炭素原料：石炭の流体化など
- ・ CO₂回収貯留（CCS）

2050年の評価結果のまとめ

2050年に向けた主要な想定リスクである原子力社会不受容、地球温暖化顕在化、および石油・LNG調達困難に対応するには、下記の技術が重要です。

- ・ 再生可能エネルギーと省エネルギーは全てのリスクに対して有効な対策であり、着実な推進が必要である。
- ・ 石油・LNG調達困難やCO₂排出制約のリスクに対応するには、再生可能エネルギーや省エネルギーの導入規模の不確定性が大きい。ため、原子力は保持すべきオプションである。
- ・ その他に、CO₂フリー水素利用、CCS、石炭高度利用、バイオマスなど幅の広い技術開発も重要である。

2030年と2050年の接続性

2030年に向けた技術開発の論点再整理

ここでは、2030年および2050年の検討結果の接続性について議論します。接続性に関しては、つぎの3点が重要です。

- 1) 時間断面でのロバスト性確保：化石燃料リスク対原子力リスク
- 2) 2050年に向けた布石：必要な開発の着実な推進
- 3) 経済的合理性：2050年の想定シナリオへの滑らかな接続（2030年以降重要でない設備への投資を控え、重要設備には積極的に投資する。）

上記の観点から、原子力の維持または段階的廃止、火力の既設維持または石炭・LNG火力の新設、再生可能エネルギーの急進的な促進策の是非について検討しました。検討結果を以下に述べます。

原子力・再生可能エネルギーの動向と 火力の容量

火力の役割は以下のとおりです。

- 1) 必要な電力を適切な比率（石炭、石油、LNG）で供給する。ここで、経済性、CO₂排出、多様性を考慮した「ベストミックス」が必要である。
- 2) 再生可能エネルギーの出力変動（例えば、晴れ→曇りなど）を調整する。このためには、出力応答が速いLNG火力の設備容量を保持する必要がある。
- 3) 原子力発電の重大事故や再生可能エネルギーの出力低下（例えば長雨など）をバックアップする。このためには、原子力や再生可能エネルギーの増減に係わらず、ピーク電源と同程度の火力発電設備容量を保持することが望ましい。

これらを踏まえつつ、2030年に向けた火力発電所のあり方を検討します。まず、バックアップに関しては、2030年までは現状の火力の設備を維持すれば十分であり、多少の不足分は節電で対応可能です。2030年以降、省エネルギーの進展や人口減などによる需要減まで踏まえますと、火力発電所増設の必要性はあまりないと言えます。

一方、「ベストミックス」を考えた場合、原子力の減少分を既存の石油火力などで代替することはあまり望ましくなく、まずLNGや石炭火力の設備利用率向上で対応し、不足があれば発電所を増設することが必要となります。前述のとおり、「原子力維持ケース」では、LNG火力の設備利用率向上で対応可能ですが、「原子力の段階的廃止ケース」では、20GW程度のLNG火力発電所の増設が必要となります。

2030年以降も火力中心の電源構成を積極的に指向（再生可能エネルギーが停滞し、かつ脱原子力を目指すなど）する場合を除き、火力は減少する傾向にあります。従って、原子力の発電量を維持した方が経済的には合理的と言えます。

再生可能エネルギーについて

太陽光発電の大量導入については、系統安定化に関わる対策に加え、技術開発による太陽電池の低コスト化が重要課題です。2030年に向けて大幅な太陽電池のコストダウンが目標とされているため、早期に大量導入を試みると、設備投資額が大きくなります。

また、太陽光パネルの寿命が20年程度であるため、2030年までに導入した機器は、2050年に向けて一度買い換える必要があります。従って、開発を促進するための普及策は必要ですが、過度な普及策には経済的合理性がないと考えられます。

結論一口バストな需給構造の実現に向けて

再生可能エネルギー

技術開発の推進と地に足のついた普及策

再生可能エネルギーは将来の有望なエネルギー源であり、大規模導入に向けて技術開発を推進していく必要があります。再生可能エネルギーによる発電量のシェアを総発電電力量の15～20%超にするには、蓄電技術が大きな鍵となってきます。

従って、発電設備のコスト低減と平行して、蓄電に関わる技術開発が必要です。これらの技術的・経済的な見通しが立つ前に、再生可能エネルギーの普及を過度に促進することは投資額の割にメリットが少ないと言えます。

省エネルギー

技術開発の推進と地に足のついた普及策

省エネルギーはあらゆるリスクの対策となるため、着実な推進が必要です。化石燃料依存度低減やCO₂削減に対する発電部門の寄与は3分の1程度ですから、非電力部門も含めた全分野における省エネルギーが重要となります。

原子力

技術基盤の維持と既設炉の有効利用

2030年以降、化石燃料の価格高騰や環境制約等のリスク顕在化に対し、原子力は対策となり得ます。従って、当面、原子力の技術基盤を維持していくことは極めて重要です。また、2050年に向けて原子力を増やしていく場合に備えて、安全性を高めた次世代の原子炉開発を進めるべきです。

当面の原子力政策は、原子力のリスクとCO₂排出増・化石燃料消費増・火力発電所増設コストのバランスから判断すべきです。

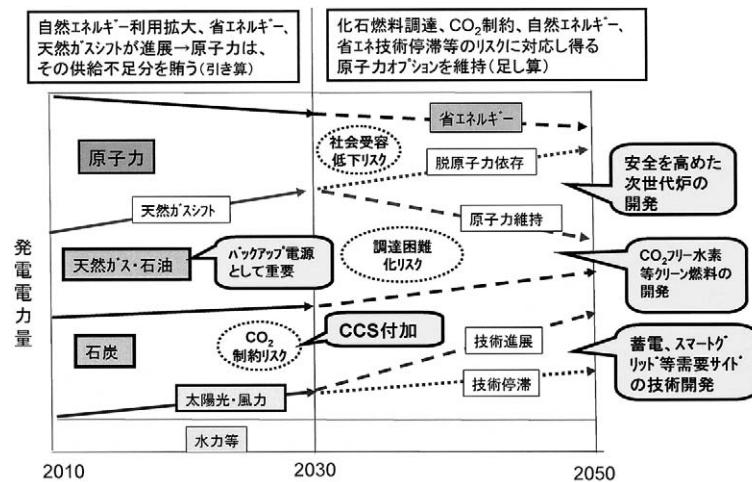


図13 発電電力量推移のイメージ

火力発電

施設の維持と高効率プラントの有効利用

原子力の減少分は、当面、火力を中心に代替することになります。その発電効率は、CO₂削減や化石燃料消費量低減の観点から重要です。また、間欠性の再生可能エネルギーのバックアップおよび原子力事故対応の観点から、今後も現状程度の火力の設備容量を維持していくべきです。

以上の検討結果に基づいた今後の発電電力量の推移イメージを図13に示します。

参考文献

- (1) 都筑, 森山, 石本, 時松, 萩原, 「東日本大震災を踏まえた国内エネルギー需給構造のあり方に関する検討(中間報告)」, 季報エネルギー総合工学, 34 (2), p.29, (2011)
- (2) 経済産業省, 長期エネルギー需給見通し(再計算), (2009)
- (3) NEDO, NEDO再生可能エネルギー技術白書, (2010)
- (4) 資源エネルギー庁, 低炭素電力供給システムに関する研究会新エネルギー大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会(第2回) - 配付資料「新エネルギーの大量導入に伴って必要となる系統安定化対策について」, (2008)
- (5) NEDO, 標準気象・日射データ(METPV-3)
http://www.nedo.go.jp/library/shiryou_application.html
- (6) 電気事業連合会会長定例記者会見, (2008),
http://www.fepc.or.jp/about_us/pr/kaiken/_icsFiles/afildfile/2008/08/20/200805.pdf

【講演3】

東日本大震災とわが国エネルギー需給・政策の課題

小山 堅 (財)日本エネルギー経済研究所
常務理事



はじめに

東日本大震災と東京電力福島第一原発事故というものは、エネルギーを安定的に確保することがいかに大事か多くの方が身にしみて知る経験になる大きな出来事になったのではないかと思います。

エネルギーは、我々普通の市民が生活していく上で欠かせないものです。産業活動や経済活動を円滑に行っていく上でも絶対に必要なものです。被災地は震災直後からエネルギー不足に悩まされたわけですし、その後は、電力不足に対する懸念ということで、日本中でエネルギーの安定供給という問題（エネルギーセキュリティ）がクローズアップされました。

日本のエネルギー需給構造と政策の重点

需給構造の特徴と問題点

【世界有数のエネルギー消費・輸入大国】

日本は今でも世界有数のエネルギー消費大国で、輸入大国です。中国やインドが急速に消費を増やしているため、シェアはずいぶん下がりましたが、世界のエネルギー消費では第5位です。石油では消費、輸入ともに第3位、液化天然ガス（LNG）消費では世界第1位です。

日本のエネルギー市場は、それほど成長を続けているわけではありませんが、非常に安定的で、供給側から見れば非常に信頼性の高い市場と言えます。

【エネルギー供給の太宗は石油】

今でも日本の一次エネルギー供給の太宗は石油を中心とした化石燃料で、2009年度では86%（石油46%、石炭22%、天然ガス18%）になります。原子力は11%、水力は3%、それ以外の新エネルギーは1%と非化石燃料の割合は非常に小さいです。

【低いエネルギー自給率】

エネルギー自給率は非常に低く、水力と再生可能エネルギーの合計は4%。準国産の原子力を足しても15%に過ぎません。

【高い石油の中東依存】

化石燃料のほとんど全てを輸入しており、中心となる石油の中東依存度は9割と非常に高い状況です。

一次エネルギー供給の推移と政策重点の推移

図1に1965年から2009年まで、エネルギー供給構造の推移を示しました。相当多様化が進められてきたことが分かります。第一次石油危機の1973年には、石油依存度が7割を超えていましたが、2009年には46%にまで下がりました。原子力、天然ガスが大きく拡大したために石油依存度の低下、多様化が進んだからです。

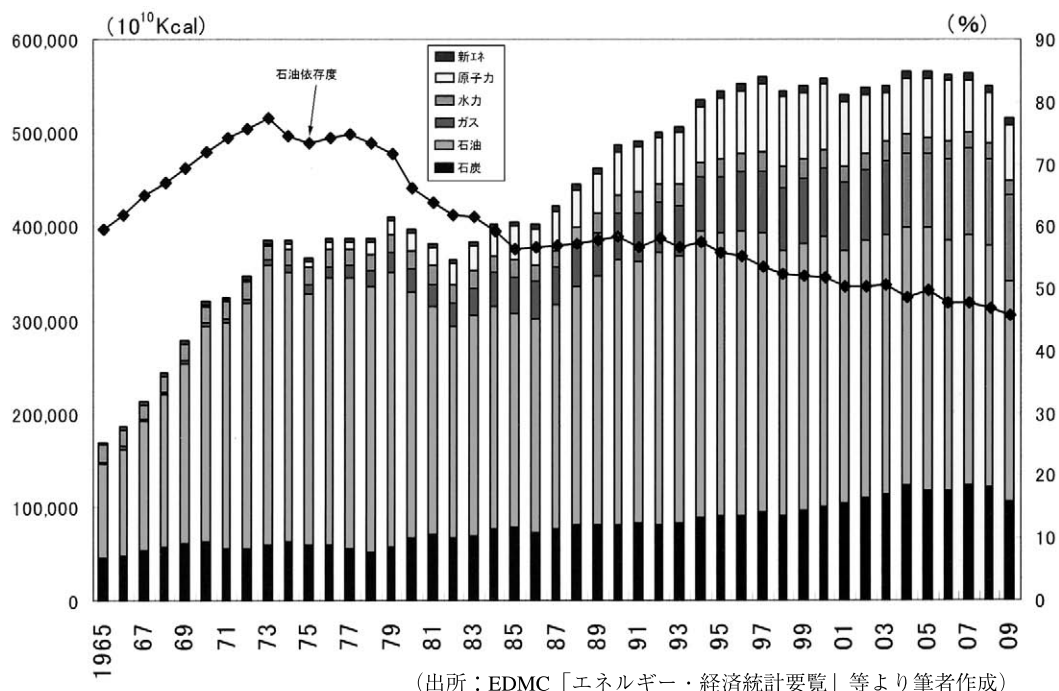


図1 日本の一次エネルギー供給の推移

この変化を支えてきたエネルギー政策は、その時々の特ピックやその重要性によってかなり変化が生じてきました。と言っても、エネルギーの安定供給確保はずっと中心課題であり続けたと思います。

ただ、その「相対感」はかなり変わってきました。90年代から加速したエネルギーの自由化と規制緩和、90年代以降急速に重要性を高めた温暖化対策のために、基底ではエネルギーセキュリティが重要課題でありながら、他の2つの課題が非常に重要になったために相対的な重要性が薄れました。ところが、2000年以降、エネルギー価格の上昇や需給逼迫への懸念から、エネルギーセキュリティの重要性が再び高まりました。さらに、2000年代、特に、2005年以降になりますと、エネルギー・環境問題と日本の成長戦略とがリンクして語られるようになってきました。

そして今、日本が考えなければいけないのは、大震災後のエネルギー政策をどうするかということでしょう。

それでも、高い輸入依存度、中東依存度といった日本の需給構造上の課題はあまり変わっていません。今後国際的なエネルギー市場

の需給構造は非常に厳しくなる可能性があります。中国を中心とした需要の増大や色々な供給拡大に対する制約要因が顕在化してきているからです。さらに、今年の春以降、中東・北アフリカ情勢流動化といった課題も出てきています。今のところ関心が薄れ気味の温暖化問題もなくなったわけではありません。大震災によるインパクトを踏まえて、エネルギー政策を見直さなければなりません。

大震災とエネルギー問題（国内での問題）

最大の課題は、福島第一原発での事態安定化に向けた取組みです。メディア等の報道では、事故収束に向けた工程が「ステップ2」に入り、できるだけ早期の冷温停止を目指しているということですが、道のりは楽でないどころか、非常に時間がかかる大変なプロセスだと思います。

同時に、原発だけでなく、大震災で色々な影響を受けた日本全体のエネルギー関連施設やインフラの復旧が問題として出てくるので

はないかと思います。中でも最も重要なのは電力のインフラであり，だからこそ電力需給の問題がクローズアップされているのだと思います。

原子力の安全性への信頼性が大きく揺らいでいる中で，中長期のエネルギー政策に関する国民的議論が起き，「エネルギー基本計画」（以下「基本計画」）の見直し作業が始まっています。

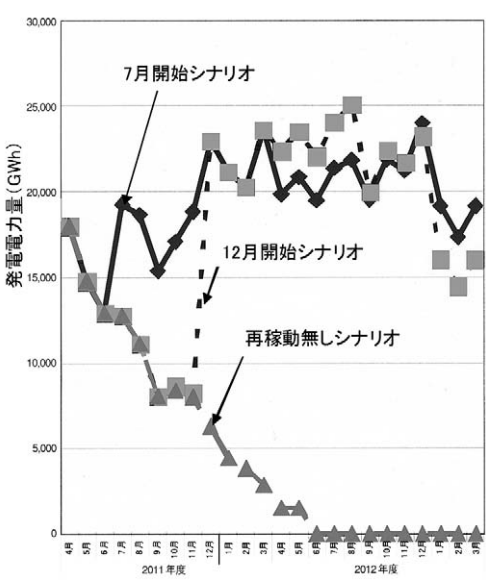
また，私は今回の震災・原子力事故からの大きな教訓として，危機管理対策をきちんとやっていくことがクローズアップされたのではないかとと思っています。

電力不足への対応

日本に54基ある原子炉のうち，稼働しているのは現時点で11基で，これからさらに減っていきます。皆さんご承知の通り，定期検査に入って，そのあと普段であれば再稼働するのですが，それがうまくいっておらず，このままの状況が続く場合には，来年の夏前には原発からの電力がゼロになるという，今まで全く経験したことのない事態が起きる可能性があります。

私どもの研究所で今年6月に，いくつかのシナリオで発電電力量がどうなるか分析してみました。図2に示します。

原子力の再稼働がない場合，日本全体の最大電力に比べて発電能力が8％程度不足する可能性があります。安全上のマージンを5％くらいに設定すると，10％以上の節電，需要



（出所：日本エネルギー経済研究所）

図2 原子力発電の再稼働に関するシナリオ

低下がないと，供給力を8％程度上回ってしまいます。当然，大規模な停電あるいは電力不足といった重大な問題が起きかねません。

今夏経験したとおり，節電努力で消費を抑制できるわけですから，電力需要が私どもの試算どおりになるかは分かりません。しかし，近い将来の問題として大規模な電力不足の可能性を心配しなければならないのではないかと思います。

マクロ経済への影響

私どもの研究所で今年7月末に，日本の来年の経済成長率を2％程度，電力需要の構造は今までと同じという前提で，マクロ経済への影響を分析してみました。結果を表1に示します。

表1 電力不足によるマクロ経済への影響

		2012年7-9月	2012年度計	
		夏だけの影響	秋以降回復	継続的に影響
経済影響	実質GDP	-5.6%	-1.6%	-3.6%
	実質GDP（兆円）	(-7.7)	(-9.1)	(-20.2)
	製造業（IIP）	-8.2%	-2.2%	-4.8%
	サービス業（ITA）	-5.9%	-1.6%	-2.2%
失業者数（万人）		+4.9	+9.8	+19.7

注）経済活動に影響を及ぼさない節電対策を行った場合には，上記の影響は緩和されることに留意。

（出所：日本エネルギー経済研究所）

夏期の需要ピーク時に8%程度の供給不足が起こるとして、2012年度夏期（7－9月）の実質GDPは、供給不足がない場合よりも5.6%（四半期のみ、7.7兆円）減となります。秋期（10－12月）以降経済活動が回復する場合は、年度計で実質GDPが1.6%（9.1兆円）減。夏期の経済活動の低下がそれ以降も継続する場合、年度計で実質GDPは3.6%（20.2兆円）減となります。

そういった事態を回避するために、供給力の最大限の拡大、節電、ストレステスト後のしっかりした安全対策による原発の再稼働への取組みが考えられているわけです。

震災後の日本の石油・ガス需要

失われた発電能力を補うには他のエネルギーが頑張らないといけません。中長期的には再生可能エネルギーも大きく貢献できるでしょうが、今年、来年については、圧倒的に化石燃料に頼るしかありません。従って、化石燃料消費が大きく増えてきます。

電力会社、石油会社の火力の焼き増し、増分が相当大きくなるので、6月時点での私どもの研究所の試算では、今年、来年については、圧倒的に化石燃料に頼るしかありません。従って、化石燃料消費が大きく増えてきます。

加しない可能性があります。これは節電努力で電力需要が相当抑えられた結果だと思えます。それでも1,000万トン級の大規模な需要増加の可能性は残ります。

同じく、2012年度に原発の再稼働がない場合、LNG輸入が最大2,000万トン増加すると考えられます。日本は世界最大の天然ガス消費国で、年間約7,000万トンの需要がありますが、これを需要の3割、2,000万トンを世界のマーケットから調達しなければなりません。

幸いなことに、日本は、国際市場の需給バランスの観点からは幸運であったと思います。「シェールガス革命」が起き、LNGの需給が比較的緩んでいて、今年、来年あたりは供給の余力が十分にあるからです。図3が追加需要と世界の供給のバランスです。世界全体のLNG生産能力は2.52億トン。それに対して需要は、日本

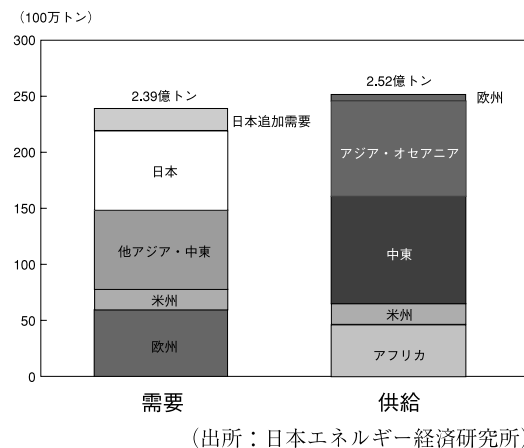


図3 世界のNG需給バランス（2012年度）

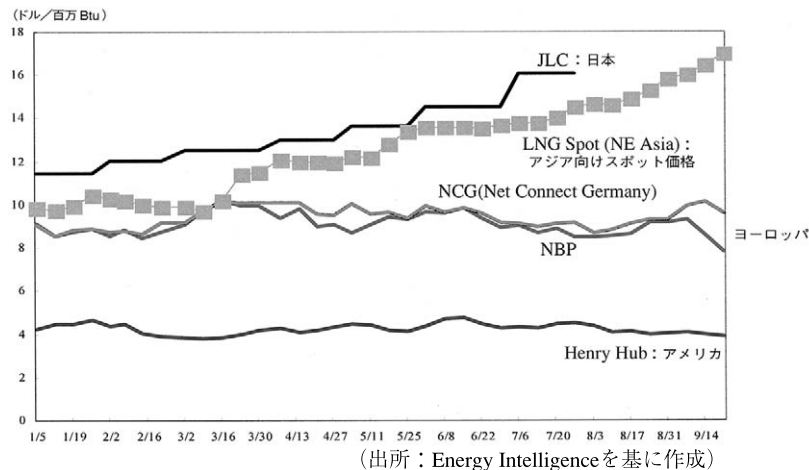


図4 2011年の国際天然ガス価格の動向

の追加需要2,000万トンを超えても2.39億トンで、全体で見ると賄うことができます。それでも日本がLNGをどんどん買っていくと、価格も上がっていきましますし、追加的に日本が払うべき代金も増えることになります。

図4は、2011年9月までの世界の天然ガス価格の動向です。日本向け、アジア向けの価格は独歩高です。一番安定しているのはアメリカですが、アメリカは「シェールガス革命」というアメリカ独特の事情で安値が続いています。ヨーロッパはアジアとアメリカの中間に位置していて、やはり高い。

アジアのスポット価格は、震災前の約10ドルから17ドルに上がってきています。長期契約の価格とほぼ同じラインで推移しているということは、長期契約で買うLNG価格にスポット価格が収斂してきていると見た方が正しいと私は思います。今から2年前、中越地震があり、東京電力柏崎原発が停まった時に沢山のLNGを買いました。その時はLNGのスポット価格が一気に倍になり、まさにパニック的な価格高騰が起きました。今回はそのような価格高騰は起きていません。それは、日本がうまく調達しているということと、世界が日本を支援しようという姿勢が見られているということだと思います。

ただし、うまく調達できているといっても、当然、支払い金額が減るわけではありません。

追加的に増える石油や天然ガスの需要に、今足元の石油や天然ガスの価格を掛け合わせると、年間の輸入代金の増分が約3.5兆円になります。

この3.5兆円は、日本から海外供給者への追加所得移転になります。この支払い分だけ電気料金が上がるかは別問題ですが、日本全体として見ると、このコストは誰かが必ず負担するということになると思います。

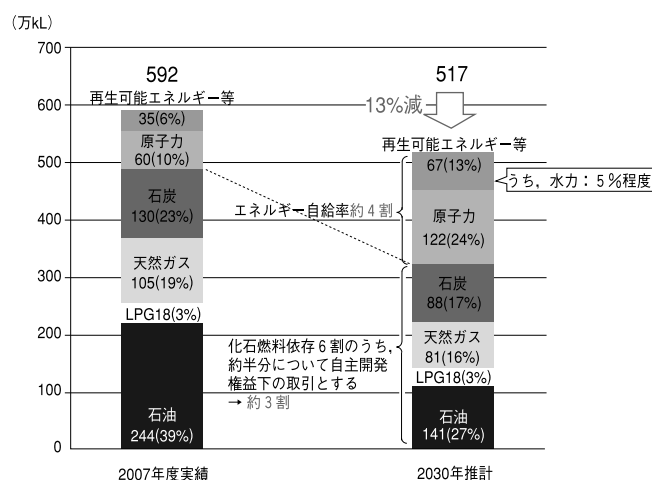
「エネルギー基本計画」の見直し議論

[見直しの経緯とポイント]

総合資源エネルギー調査会・基本問題委員会とエネルギー・環境会議等が並行してこれから約1年かけ、総力を挙げた議論が行われます。「基本計画」では、図5のように一次エネルギー供給に占める自主エネルギー比率（自給率+自主開発比率）7割、2030年に二酸化炭素（CO₂）の90年比30%削減を目指していました。

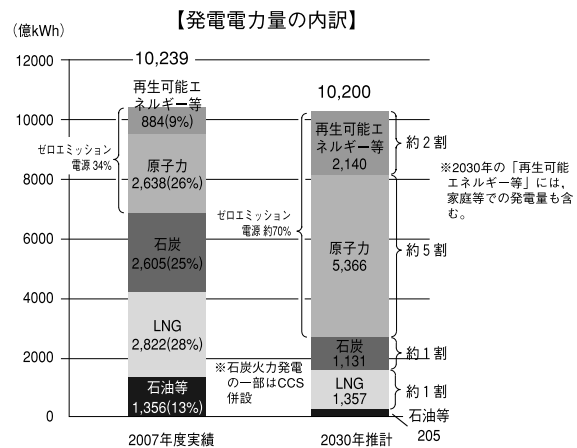
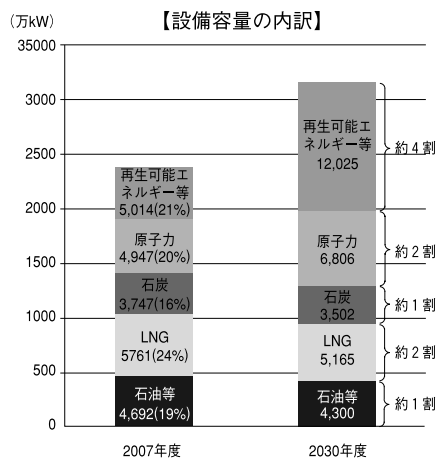
発電電力量に占める割合では、原発の新増設を2020年までに9基、2030年までに14基以上として、図6の右側にあるような原子力5割、再生可能エネルギー2割を目指していました。

「基本計画」は、可能な限り電化を進め、その中でゼロ・エミッション電源（原子力+再生可能エネルギー）を7割にするという計



（出所：「2030年のエネルギー需給の姿」（経済産業省）から日本エネルギー経済研究所作成）

図5 「エネルギー基本計画」が目標とする一次エネルギー供給の構成



(出所：「2030年のエネルギー需給の姿」，経済産業省，2010年6月)

図6 「エネルギー基本計画」が目標とする電源構成

画だったと思います。2030年一次エネルギー供給は需要の減少に対応して13%減る。しかし、発電電力量、電力需要はあまり減らない。その電力量相当を原子力、再生可能エネルギーで賄う、ということでした。だからこそ、今回の大震災の後、ここを根本的に見直すことが重要課題になったわけです。

「基本計画」を見直す上で大事なポイントだと思うのは、3E（エネルギーセキュリティ、環境保全、経済効率性）の同時達成を図ることについては、今の「基本計画」と変えてはなりません。

[4本柱によるベストミックス]

菅前総理は、2011年5月のOECDでのスピーチで、エネルギー政策の柱として、それまでの化石燃料や原子力だけでなく、再生可能エネルギーと省エネルギーを加えなければならないと言いました。私は、これは非常に正しいことだと思います。スピーチでは、4つでベストミックスを図る、発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合を「基本計画」よりも前倒しで、2020年代の早い段階で20%超にする、そのために太陽光など再生可能エネルギーの発電コストを大幅に下げるという目標が出されました。

これから議論されていく「基本計画」の見直しでは、ベストミックスをどうするのか、

再生可能エネルギーの促進をどう図るかが重要課題になります。

「基本計画」で想定していた2030年での原子力の設備容量6,800万kWは、新增設計画、建設中、既設40年以内、既設40年超の原子炉で構成されています。見直し議論では、色々なシナリオ、電源の組み合わせを考えて2030年での原子力による電力量がどのくらいなのか考えなければいけなくなると思います。

[原子力脱落のインパクト]

原子力の発電電力量が大きく下方修正される可能性があるというのは、電源のバランスを考える上で大変重要な意味を持ってきます。

第一点は、これまで基幹電源であった原子力が脱落するのであれば、何を基幹電源にするのかという点です。この点は、今の「基本計画」見直し議論で少し欠けているのではないかと、ということが気になります。

表2に示すように、設備容量100万kWの原子力を設備利用率80%で運転すると、発電電力量は年間約70億kWhになります。他の電源、例えば、再生可能エネルギーだと、設備容量が同じ100万kWでも設備利用率が低いために発電電力量は相当少なくなります。

もちろん、技術進歩で再生可能エネルギーの設備利用率が上がってくる可能性はあります。しかし、再生可能エネルギーで原発100万

表2 原子力 VS. 再生可能エネルギー（設備容量100万kW当たりの効果）

	設備容量 (万kW)	設備利用率 (%)	年間発電量 (億kWh)	CO ₂ 削減量 (百万トン)	初期コスト (億円)	原子力100万kWの代替に必要な	
						設備容量 (万kW)	用地面積
太陽光	100	12	10.5	0.6	5,200	667	東京山手線内(67km ²)
風力（陸上）	〃	20	17.5	1.1	1,900	400	東京山手線内の3.5倍
風力（洋上）	〃	30	26.3	1.6	2,890	267	
小水力	〃	80	70.1	4.2	16,000	100	
地熱	〃	70	61.3	3.7	6,600	114	
原子力	〃	80	70.1	4.2	2,790	100	
LNG	〃				1,640	100	
石炭	〃				2,720	100	

火力はCO₂を排出→CCSでの対応も

需要面の対応を考えると

省エネルギー（2030年に10%節電）
原子力：1,425万kW
太陽光：9,500万kW
に相当

kWと同じ電力量を作り出すのに必要な広大な用地をどう確保するかなど、他にも考慮しなければならない事項があります。

需要面への対策を考えると、やはり省エネの持つ意味は非常に大きい。もし「基本計画」等で想定されている2030年の全電力量の10%節電（1,020億kWh）ができると、原子力1,425万kWの年間発電量に匹敵します。供給を増やすことだけでなく、需要面をどう考えるかも大きな意味を持つてくると思います。

[課題克服による再生可能エネルギーの導入]

再生可能エネルギーの大幅導入は必要だと思いますし、既にそのための政策的な支援が実行されてきています。

大幅導入への課題としては、供給の不安定性、低いエネルギー密度、高いコスト、系統安定化対策などがあります。これらの課題を克服して、再生可能エネルギーの大量導入を図ることは、「基本計画」の見直しの中でも絶対に避けられないことだと私は思っています。

[ポテンシャルが高い省エネルギー]

省エネルギーも重要です。私どもが試算した照明のLED化による省電力ポテンシャルは、家庭部門、業務部門、産業部門での合計で年間922億kWhです。これは、設備容量100万kWの原発約13基分の年間発電量に相当します。また、冷蔵庫、エアコン等エネルギー機器のトップランナー機器への交換で、年間241億

kWhの節電につながります。つまり、節電の余地がかなりあるということです。

「日本は省エネ先進国でこれ以上の省エネの余地はない。乾いた雑巾だ」ということを前提に議論をしてきたわけですが、実際には今夏、ピーク電力で見ますと、18%くらいの削減に成功しています。

需要の問題についてもう一度確認してみると必要があるというのは、今回の大きな教訓だと私どもも思っています。これまでの分析法は、需要ありきで供給をどうするかという感じでした。これからは、供給問題だけでなく需要の問題も見ていくことがエネルギー政策を考える上で大事になると思います。

今夏の節電は皆が大変な努力をして、それこそ熱中症など健康問題との兼ね合いになる寸前までエアコンを使わないというようなやり方で遂げたところもありました。当然、こうした「我慢」を2030年までの「基本計画」に織り込むことはできません。それを構造化する、効率的なエネルギー消費のライフスタイルに変えていく仕組みを考えることが大事になってくると思います。

[CO₂削減努力は継続]

当然、それはCO₂の問題と並行して考える必要があります。「2020年中期目標」では90年比25%削減と野心的でしたが、それとの整合をとる意味で、「基本計画」では2030年で90年比30%削減という絵を描いていました。

これから、日本のCO₂排出削減目標そのものを見直す議論も起きてくると思いますが、やはりCO₂の可能な限りの削減という目標を簡単におろすことはできないでしょう。

大震災とエネルギー問題（世界への影響）

原子力政策（開発）への影響

フランス、アメリカ、ロシアなどは、原子力を基幹エネルギーに位置づけています。中国、インド、ベトナムなどは、電力需要が増えるので原子力はこれからも大きく増やして行こうとしています。世界全体で見ると、原子力が増えていくトレンドに変わりはありません。

しかし、安全の問題から、原子力とエネルギーをどう見るのかに関しては、相当大的なインパクトを与えたものと思います。その面では、世界は日本が何をしようとしているのか、原子力政策をどう見直すのか、原子力の安全をどうするのか、注目しているということです。

エネルギー需給への影響

中東と北アフリカで大きな危機が起きている時に、日本で原発事故が起きて原子力の問題が出てきました。そうなってきますと、世界的にもどのエネルギーが長期的に大きな役割を果たすべきかという議論が起きてきます。そこで非常に関心が高いのは天然ガスです。

国際エネルギー機関（IEA）が7月に「ガスの黄金時代」というテーマで分析を出しました。11月には新しい「世界エネルギー展望」（World Energy Outlook）が出されます。その中でも天然ガスの重要性が分析されると思います。中でも「低原子力シナリオ」との絡みで分析が行われると聞いています。原子力が

影響を受けた際は天然ガス、長期的に再生可能エネルギーなのかといった分析が各国において、あるいは国際的な需給見通しの場において大きな意味を持つことになるでしょう。

温暖化問題への影響

温暖化問題が消えてなくなったわけではありません。COP17を初めとする国際交渉の中で、原子力の問題を踏まえながら、温暖化防止の長期目標をどうするか議論が起こって行くことになります。

世界における日本

今回の大震災と原発事故の結果、やはり日本が世界のエネルギー、経済の中で重要な位置を占めていることが再認識され、支援も含めて、日本が国際的に大きくクローズアップされているように思います。それは、原子力の問題だけでなく、資源調達や世界のエネルギー戦略を考えていく上で非常に大きなポイントとして考える必要があると思います。

エネルギーセキュリティの課題

エネルギー価格の乱高下

今、環境制約とか持続可能性も含めてエネルギーセキュリティを考えると、多くの不確実性、課題、チャレンジが沢山あります。その中で日本がどうするかを考える必要があると思います。

「エネルギー価格は国際エネルギー市場の状況を示す『体温』のようなもの」と言えると思います。近年、エネルギー価格は非乱高下しています。この背景には、金融との関係の問題がありますが、中長期的には需給の影響が大きいです。

強まるエネルギー資源の獲得競争

これからエネルギー需要が大幅に増え、輸入依存度が高まる国々が出てきます。中国、インド、東南アジア、中南米、中東自身もエネルギー需要が大幅に増えてきています。

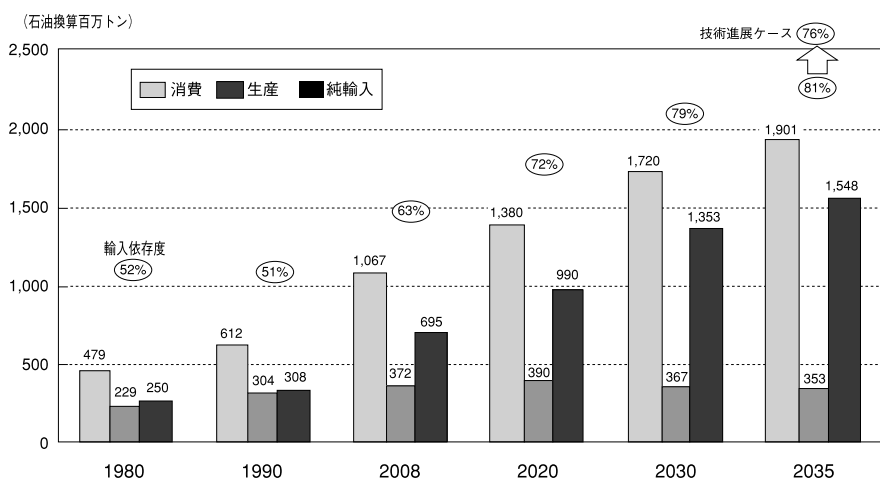
世界最大のエネルギー消費国になった中国は、1993年までは石油の輸出国でしたが、今やアメリカに次ぐ第2位の輸入大国であり、その輸入はどんどん増加しています。

図7にアジアの石油需給見通しを示しました。石油需要は、2030年、2035年まで着実に増えていく。一方、国内、地域内での供給は減る。つまり、海外からの輸入がどんどん増

えていき、中東依存、ロシア依存、中央アジア依存に伴う問題が引き起こされてきます。

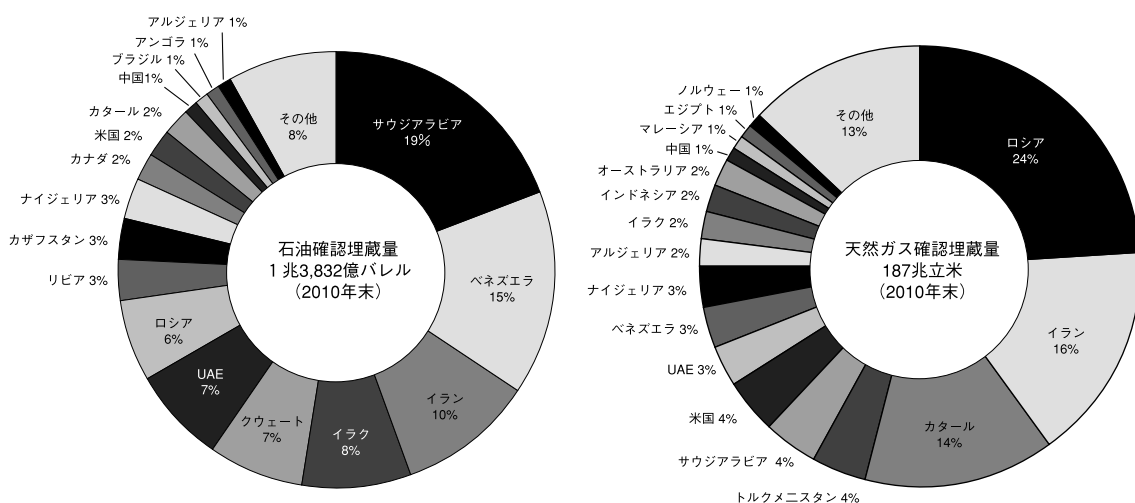
輸入依存の高まりを、自国の不安定化、脆弱性だと真剣に考える国は、非常に強力な政策をとることがあります。資源の囲い込みや排他的な動きとなってくると、これが市場の不安定化につながらないか心配になります。

国際エネルギー市場における秩序やガバナンスの問題もあります。これまでアメリカがガバナンスの中心にいたわけですが、アメリカが相対的に力を失い、中国が台頭し、「極のないシステム」と言われるところまで来ていますので、資源獲得競争も不安定化にとって大きな意味を持っています。



(出所: 「アジア/世界エネルギーアウトlook2010」日本エネルギー経済研究所)

図7 アジアの石油需給見通し



(出所: BP Statistical Review of World Energy 2011より筆者作成)

図8 世界の石油と天然ガスの確認埋蔵量

国際ガバナンスが不安定化していく中で、地政学的リスクの問題も考えなければいけません。図8は、石油・天然ガスの埋蔵を示すグラフです。どちらかというと、様々な課題や不安定性をかかえる場所に沢山ある。例えば、中東や旧ソ連で生産量を増やしてもらうことで初めて需給がバランスすることになります。

いわゆる、ピークオイルとか、資源が限界に突き当たって生産が減ってしまうということは私も考えていませんし、IEAも考えていません。しかし、「埋蔵資源」と、我々が「使うエネルギー」は異なり、資源を地上に取り出して、我々の手元まで持ってくる、そこまで考えて初めてエネルギーの安定供給が達成できます。供給制約は色々あると思いますが、その中で、ガスの問題も注目されています。

世界のガス需給の今後のポイント

日本のガス需要は原子力事故の結果、増えたけれども需給はバランスがとれているので大丈夫だと言いました。しかし、足下の需給緩和がずっと続くのか、大丈夫なのかということも大事なポイントです。

この需給緩和の大きな要因は、アメリカで起きた「シェールガス革命」です。シェールガス

という非在来型ガス生産が大幅に拡大したのですが、非在来型ガスは別にアメリカだけに存在するわけではありません。世界に様々なシェールガスや非在来型の資源があります。その開発が進むのか。そして、震災後、原子力との関連で天然ガス需要が世界でどれだけ増えるのかが大きなポイントになります。

天然ガスの安定調達確保へ向けて

今後の政策見直しの中でも、化石燃料が中長期的に重要な役割を果たすという認識がもたれることは、まず間違いないと思います。中でも、環境性を考えると天然ガスが大きな役割を果たす。そうすると、日本にとって天然ガスの安定調達をどう確保するかは重要な課題です。そのための国内と国際的な戦略が必要だと思います。

図9は私どもで長期のLNGの需給バランスを見たものです。図の一番上の線は、日本が追加需要2,000万トンが加わり、しかも世界も高需要というケースですが、その場合でも潜在的な供給力を全部勘案すれば決してLNGの供給が足りないということはありません。ただ、潜在的な供給を実際の供給量として顕在化させる投資が必要になってきます。

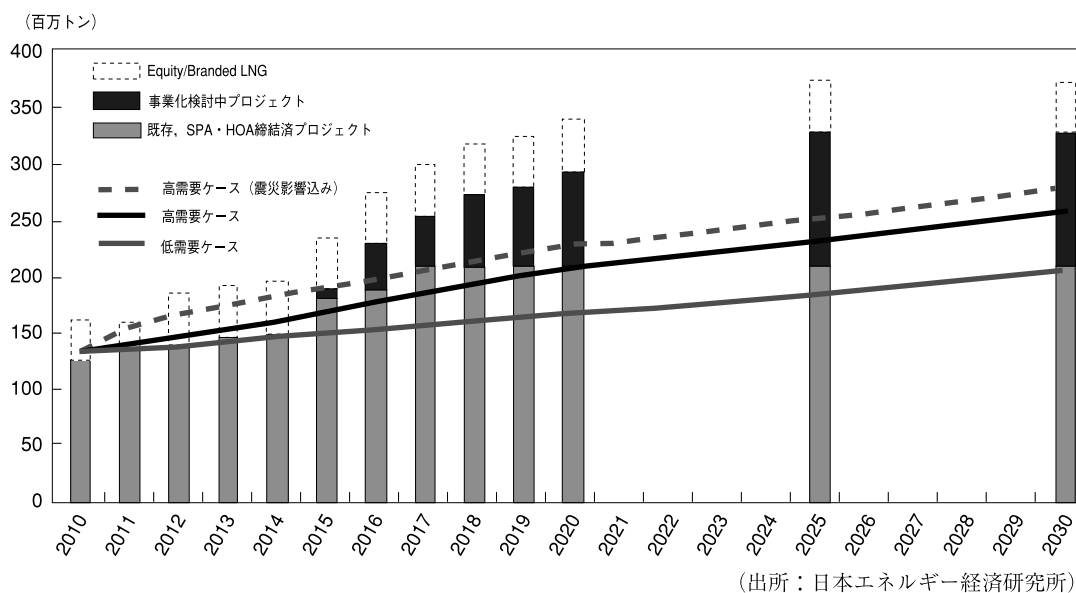


図9 長期アジア（＋中東）LNG需給バランス

その面で、日本国内の視点と国際的な視点を合わせもった議論が大事になるのではないかと考えています。

おわりに

「この対策だけあれば問題は全部解決する」という最善の解が見つければ、これほど望ましいことはありませんが、多分なかなか現実にはそうはいきません。長所や短所を持った色々なものをうまく組み合わせる。国内の問題、海外の問題、日本の中の議論の問題、全部合わせた「ベストミックス」を提示していかなければいけないのではないかと考えています。

以上、私からのご報告とさせていただきます。どうもご静聴ありがとうございました。
(拍手)

東日本大震災を踏まえたわが国のエネルギー戦略

モデレーター 薬師寺泰蔵 (元科学技術会議議員)

パネリスト 小山 堅 (財団法人エネルギー総合工学研究所 常務理事)

藤野 純一 (国立環境研究所 主任研究員)

松井 一秋 (財団法人エネルギー総合工学研究所 理事)



薬師寺 「東日本大震災を踏まえたわが国のエネルギー戦略」というタイトルでパネル討論を行いたいと思います。

最初に、ご参加いただく順にパネリストの方々を紹介いたします。初めに、日本エネルギー経済研究所常務理事の小山堅さんです。次は、国立環境研究所・社会環境システム研究センターの藤野純一さんです。持続可能な低炭素社会のデザインという分野で主導的なご研究をなさっています。最後は、エネルギー総合工学研究所理事の松井一秋さんです。原子力開発事業の研究に携わっておられます。

それでは、私の考えから簡単にご説明したいと思います。

[プレゼンテーション]

エネルギー技術の「プロダクト・サイクル」

薬師寺泰蔵氏 (元科学技術会議議員)

問題意識

「プロダクト・サイクル論」、あるいは「雁行形態論」というのは、新技術を開発したところが先に進んで、その技術がだんだん標準技術となり、最終的には成熟技術となって陳腐化するという考え方です。原子力技術についても同じことが言えます。

日本は、エネルギー自給率が2割弱、食料自給率が4割の「資源小国」です。ですから、これらの資源を確保するために、エネルギー関連技術では「プロダクト・サイクル」の考えで、常に「新技術」の可能性を模索しながら、同時に、グローバルな外交力の強化をしなければなりません。

石炭、原子力、再生可能エネルギーの「プロダクト・サイクル論」

表1は「プロダクト・サイクル論」で見た石炭技術の歩みです。原子力技術は表2のようになります。

原子力の平和利用はアイゼンハワー大統領の国連総会での「Atoms for Peace 演説」から始まりました。世界で唯一の被爆国日本は、原子力の平和利用に特化しなければいけないということで、日本では色々な大学に原子力工学科ができました。

原子力技術が成熟技術になってからも、国内で「もんじゅ事故」、JCO事故など色々な事故が起きました。それを乗り越えながらやってきて、現在、福島第一原発事故に至っています。

表1 プロダクト・サイクル論（石炭）

① 新技術 (明治維新から日露戦争まで) ・英国のカーディフ炭(黒煙を出さず燃費が良い) ・蒸気機関、軍艦
② 標準技術 (戦後復興期の「傾斜生産方式」(1947～49年)) ・石炭・鉄鋼の増産の相互循環(エネルギー不足への対応) ・米国による経済復興資金(エロア援助)(欧州のマーシャル・プラン→「炭鉄組合」→EEC→EC→EU)
③ 成熟技術 (「三井三池争議」(1960年)) ・世界的なエネルギー革命(石炭から石油へ) ・わが国の石炭産業の斜陽化 ・国内炭の減少により、わが国のエネルギー自給率は64%から大幅に低下 (新技術を追求) ・オイルショック以後(石油代替)～高効率発電(石炭火力の復活) ・将来技術(温暖化問題への対応)～石炭ガス化(クリーン・コール、CCS)

再生可能エネルギーの技術は表3のようになります。実は、10月4日から5日にかけて、日独フォーラムの第20回合同会議が東京で開

表2 プロダクト・サイクル論（原子力）

① 新技術 1953年：原子力の平和利用宣言(Atoms for Peace)(アイゼンハワー大統領) 中曽根議員を中心に、世界の流れに遅れること(四等国化)への懸念から、原子力の推進機運が高まる(「宇宙」と「原子力」)。 1954年：原子力予算 1955年：原子力基本法案提出 1956年：原子力委員会(長期計画)(5年毎に改訂) 日本原子力研究所、原子燃料公社 1966年：日本最初の商用原子力発電所(東海発電所)運転開始
② 標準技術 1973年：第1次オイルショック 1974年：電源3法(周辺地域整備、電源開発促進税、電源特別会計) 原子力発電の立地が大きく進展 1980年：石油代替エネルギー法 1985年：原子力発電(27.2%)が石油火力(24.8%)を超える。 1987年：「原子力を基軸エネルギー」と位置付け(長期計画)
③ 成熟技術 1995年：もんじゅ事故 1997年：京都議定書採択 1999年：JCO臨界事故 2002年：エネルギー基本法成立 2005年：「2030年以後も総発電量の30～40%以上を担う」(原子力大綱) 2006年：資源制約、温暖化対応として、世界各国において原子力政策の積極化 (技術移転) 大規模原子力については、米国と日本企業とが提携 (新技術を追求) 4S(小型高速炉)、Passive Safety設計など ※今般の事故を踏まえた、日本のとるべきシナリオは、新技術(世界最高レベルの安全技術)の追求ではないか。

表3 プロダクト・サイクル論(再生可能エネルギー)

太陽光 ・新技術への途中段階(コスト、安定性)? (原子力もかつては新エネルギー)
風力 ・欧米では既に標準技術(ただし、日本は乗り遅れ) →日本としては、革新技術(洋上風力(浮体式))に活路か?
地熱 ・従来の地熱発電のボイラーは日本の既存技術 バイナリー発電(低温・小型)は新技術：八丁原(大分)

催され、私も参加しました。ドイツのアネット・シャヴァーン教育・研究大臣がドイツのエネルギー政策について基調講演を行いました。彼らは、2050年までに一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合を80%までにする。原子力については、改良の新しい研究をやると明示的に話されました。基本的に「脱原発」という点では、ドイツの方が日本よりも先です。



薬師寺泰蔵氏

(元科学技術会議議員)

環境エネルギー技術の現段階

図1は、私が総合科学技術会議にいた時に作ったものです。世界の技術として、現在のところ考えられる技術を描いてみました。

二酸化炭素(CO₂)排出について言うと、日本の場合、産業部門は非常に少なくなっています。運輸部門に関しても電気自動車とかが出てきてCO₂を削減が進もうとしています。CO₂排出が一番増えているのは、家庭や事業所とかです。一番エネルギーを使ってCO₂を出すのは温水器と暖房ですから、そこに効率の良い「ヒートポンプ」の導入を進めていく必要があると思います。

福島第一原発事故に関する科学的議論が必要

福島第一原発事故が起き、フランス政府は在日フランス人たちに日本からの国外退去を勧告しました。ドイツ大使館は関西に避難しました。ところが、イギリスは、首相の首席科学顧問ジョン・ベディングトン卿が、皇居の隣にある在日イギリス大使館の館員と議論の上、科学的に首都圏は大丈夫ということで、イギリス大使館だけは通常業務を行っていました。福島第一原発事故で外国人の全部が国外へ避難したのではなく、東京で仕事をきち

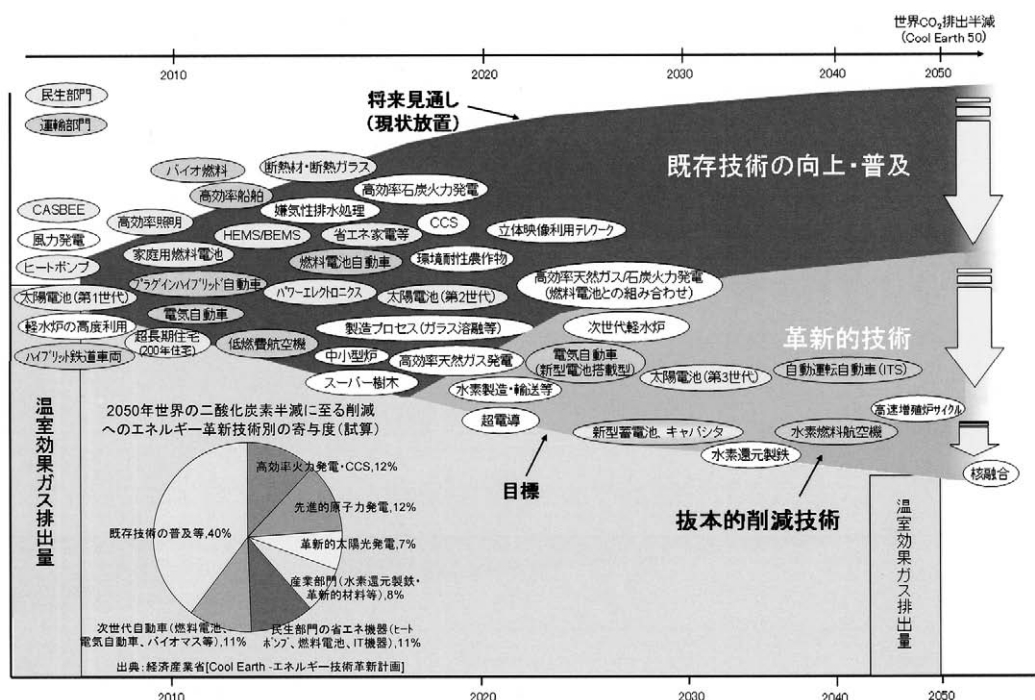


図1 環境エネルギー技術の「標準技術」(既存技術)と「新技術」(革新的技術)

んとしていた人たちもいたということです。

国によってこれだけ対応が異なったわけですから、日本は福島第一原発事故に関して、きちんとした科学的議論を国際的にやっていく必要があると思います。

[プレゼンテーション]

エネルギー政策見直し議論のポイント

小山 堅氏 (財)日本エネルギー経済研究所
常務理事



小山 堅氏

(財)日本エネルギー経済研究所
常務理事

高いハードルがある中での3E達成を

私は先ほど1時間近くお話ししましたので、ここではごく簡単にお話しします。

今、日本が行っているエネルギー政策の見直しには、非常に複雑で難しい要素が数多く含まれていると思います。ただ、エネルギー基本計画が掲げてきた3E(エネルギーセキュリティ、環境保全、経済効率性)の同時達成という目標はそのままに、新たに高いハードルを設定し、それを乗り越えていくという観点が大事です。

総合的・包括的な議論が課題

見直し議論をしていく上で、これから先、色々な広範な視点での議論が必要になると思います。今、薬師寺先生が言われたような技術の問題も非常に大事だと思いますが、外交、国内政治、地方自治、文化や社会の観点も入れた、総合的で包括的な議論をやっていくことが大きな課題だと思います。

ただ、その総合的で包括的な議論をやっていく上で、あまりにも多くの要素があると、議論がまとまらず、どんどん拡散してしまいます。そこで、そうならないよう、定量的な議論や、科学的、合理的な議論を中心に据えながら、エネルギー政策の見直しを進めていく必要があると思います。

「世界の視点」を明確に

エネルギー面でも、経済面でも日本は国際社会の中で核となるプレーヤーです。ですから、エネルギー政策見直しの中には、「世界の視点」というのを明確入れないといけないと思っています。

[プレゼンテーション]

温室効果ガス削減のアジアでの立ち位置

藤野 純一氏 (国立環境研究所)
主任研究員

15%節電達成の定量分析の必要性

今夏、経済産業省から東京電力管内での節電要請がありました。「本当に達成できるのか？」と思っていましたが、何と15%の節電が達成されました。何とかやり切ったということについては自信を持っていいと思います。

2010年12月21日、中央環境審議会・地球環境部会・中長期ロードマップ小委員会の第6回会合で、温室効果ガス削減目標「2020年25%、2050年80%」の達成に向けた中長期ロードマップが報告されました。私もロードマップ作りに関わったのですが、その時は正直言ってこれだけの省エネができるということ

までは盛り込んでいませんでした。

ただ、今夏の「15%節電」は、まだ我慢の省エネですから、これをきちんと改善につなげていくには、なぜ節電できたのか定量的に分析しないといけないと思います。その分析の仕組み、需要データにアクセスする仕組みをどうやって作るかが非常に大事ではないかと思っています。

CO₂削減へ向けた日本の立ち位置

今、薬師寺先生がまとめ役をなさっている地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）のプロジェクトで、マレーシアのジョホールバルを中心とする「イスカンダル開発地域」での低炭素社会実現に、日本とマレーシアの大学の先生方、現地イスカンダル地域開発庁とが一緒になって取組んでいます。昨日と今日、マレーシア側のプロジェクトメンバーの方々に、日本がどうやって低炭素化シナリオや温暖化対策、エネルギー政策を作っているか、京都市、滋賀県、東京都などの現場で見てもらっています。

日本のCO₂排出量は、現時点で世界全体の約4%ですから、世界での半減を目指すなら、アジア全体の量も減らしていかなければなりません。そんな中で、アジアに向けて日本はどのような立ち位置をとれるのか。日本は今までに開発してきたエネルギー供給技術や省エネ技術を「環境未来都市」という形でシステム化して、他のアジア諸国に売っていけるかどうか。今までも原子力分野でシステムとして日本の技術を売ろうという試みがありましたが、それを需要サービスに近いところまで含めて売っていけるのかということです。

予定調和的でないシナリオ策定のために

前述の「中長期ロードマップ」での基本は、エネルギー基本計画の「2020年までに原子力発電所の新設9基、2030年までに14基」をベースに、2020年までにどうやって温室効果が



藤野 純一氏

（国立環境研究所
主任研究員）

スを国内で15%、または25%削減できるかということでした。

ロードマップ作成に関わった者の1人として、もう少し幅広いシナリオが書けなかったものかと反省しています。今まで、あまりに予定調和的にシナリオを書いてきたので、不確実性に対して、少し真摯に向き合わないといけないと思っています。また、あまりにも予定調和的過ぎると、シナリオで考慮するプレイヤーの数が限られて、ひょっとすると、イノベーションが生まれる余地が少なくなっていたのではないかと思います。

僕にとって、エネルギー問題は面白いものなのですが、今100人の人がいるとしたら、「面白い」と思ってくれる人は1人か2人ではないかと思っています。エネルギー問題をもっと面白いと思ってくれる人が増えないと、中長期的な問題は解けないのではないかと思います。

〔プレゼンテーション〕

福島第一原発事故後の原子力の位置づけ

松井 一秋氏 （財）エネルギー総合工学研究所
理事

はじめに

私は当研究所で30年来原子力に関わってき

ました。この場では原子力サイドからの話をいたします。少し原子力サイド過ぎているかも知れませんが、そこはご勘弁ください。

FACT：何が起きたのか？

まず今回、東日本大震災で何が起きたのか、表4に整理してみました。炉心が溶け、3月15日あたりに、圧力容器と格納容器から多分、炉水の成分が大部分だったと思いますが、大量の放射性物質が外部へ漏れ出しました。



松井 一秋氏

(財)エネルギー総合工学研究所
理事

FACT：今どうなっているのか？

表5に今の状態を整理しました。今は、本当の意味での冷温停止状態になっているとは思いませんが、少なくとも外部に放射性物質を放出している状態ではありません。しかし、完全な小康状態とも言えないと思います。

日本にあった原子炉54基のうち、今日の時点では4基しか動いていない。全出力の5分の1です。しかも、ほとんどが今冬には定期検査に入って停止します。従って、各社は予備の火力発電所まで立ち上げたり、各社間の融通を拡大させるとともに、節電を呼びかけました。家庭部門や産業部門の大変な努力で、この夏の15%節電は達成できました。「もう一度同じことをやれ」と言われてもどうだろうか、と思われるくらいの節電、産業活動にかなりの影響を与えかねないような節電をやったのではないかと思います。ですから、この夏をしのげたからと言って、「この冬、来年の夏も平気だ」と言うのは幻想に過ぎません。

FACT：今の続き

今後起こりそうなことを表6に書いてみました。今の世論調査を見ますと、明らかに国民の約7割は、少なくとも今後原子力への依存度を減らすべきだと考えています。3・11の前ですと、地球温暖化対策として、また国

表4 何が起きたのか？

- ・ 3月11日の宮城、福島県沖を震源とする巨大な地震（M9）と誘発した津波（高さ15m）
- ・ 東北地方太平洋沿岸で死者不明者2万人
- ・ 沿岸15基の原子力発電所のうち、東京電力福島第一発電所では建屋が十数分間にわたり最大5mの海水につかった。
- ・ 原子炉は電源と熱の逃げ場を失い、1～3号機の炉心燃料は溶融した。
- ・ 格納容器の圧力が上昇した結果、12日から15日にかけて大量の放射性物質を環境に放出した。
- ・ 水素が発生し爆発して、原子炉建屋が損傷
- ・ 格納容器、圧力容器ともに気密性を失い、炉心を冷やす水も漏れ出ているが、除染して循環している。
- ・ 事故を起こした1～4号機の大気への放射性物質の放出は止まっている。

表5 今どうなっているのか？

- ・ 福島第一の1～4号機は、とりあえず小康状態ではあるが、今後の抜本的な対策には一層の努力と時間が必要
- ・ サイト外の除染を中心とする復旧はようやく
- ・ 福島第一の5、6号機も含み、東海の1基、福島第二の4基、女川3基、東通1基の計11基（約1,000万kW）は基本的には稼働可能である。
- ・ 日本全体でも定期検査終了後のプラントも再稼働を許されず、現在稼働中の原子力発電所は54基のうち計11基、全出力の5分の1、今冬にはほとんどが定期検査停止に入る予定。
- ・ 電力各社は、予備の火力を立上げ、各社間の融通を拡大し、かつ節電を産業、家庭などの需要家に要請して、今年の夏は何とかしのいだ。

際的な原子力ビジネスの拡大ということで、原子力に好意的な声が大きかったですし、そういう傾向になりつつありました。しかし、今は日本国民の7割が“No More Nuclear”に近くなっています。とは言っても、「何が何で

表6 今の続き

- ・多くの世論調査によると国民の7割は原子力への依存を減らすべきと考えている。
- ・が、何が何でも止めてしまえというのは多数ではない。
- ・エネルギー基本計画を見直すことになっているが、総合資源エネルギー調査会、有識者会議、エネルギー環境会議などが林立
- ・「脱原子力依存」が共通認識のように言われるが、何を目指して何を実施していくか暗中模索
- ・停止中の原子力の再開に支障があると、需給ギャップが顕在化する？
- ・少なくとも料金は上がる。天然ガス獲得に走る。

も原発を止めちまえ」と言う人が多数派だとは思えません。

また、「エネルギー基本計画」(2010年)や温暖化対策に関する国のプランがありました。それらは見直すこととなりました。見直し作業にしましても、薬師寺先生や橘川先生がおられる「今後のエネルギー政策に関する有識者会議」(エネルギー政策賢人会議)、総合資源エネルギー調査会、エネルギー環境会議などが林立してしまっていて、一体どこが何をやっているのか分からない状態だろうという気がします。

今、「原子力依存を減らせ」ということが共通認識であると言われていているようです。少なくともマスコミの傾向はそのようです。しかし、何を目指して何をやっていくのかについては、はっきりしていない状態です。

現在停止中の原発の最稼働に問題があると、需給ギャップが顕在化するのではないかと思います。原発を止める、あるいはスローダウンさせると、再生可能エネルギーを始め、他のエネルギーで代替しなければなりません。そうなれば、電気料金は上がるだろうし、天然ガスの確保に走ることになるのではないかと思います。

エネルギー戦略の基本目標

小山さんが言われたように、エネルギー戦略の長期目標というのは、ある程度常識的なところがあります。表7に書きましたが、エ

表7 エネルギー戦略の基本目標

- エネルギー安全保障
 - ・自給率改善
 - ・輸入先の多角化(中東依存からの脱却)
- 地球温暖化対策
 - ・低炭素エネルギーの導入促進
 - ・電化率増大(冷暖房、給湯などへのヒートポンプ、電気自動車の普及)
- エネルギーを基軸とした経済成長
 - ・エネルギー技術開発促進
 - ・国際的な展開
- 広がる電力危機の回避
 - ・動かない、動かせない原子力の穴は埋められるのか？
 - ・何とかなった場合のツケは？

ネルギー安全保障、地球温暖化対策、エネルギーを基軸とした自立した経済成長といった命題は、原子力があるがなかろうが、目標として揺るがない、揺るいではいけないことではないかと思います。

しかし、短期的には電力危機の回避がポイントだと思います。動かない、動かせない原子力の穴は本当に埋められるのか。しかし、何とかなった場合のツケはどうなるのかというようなことが、短期的には考えなければならないことかも知れません。

原子力の位置づけ

ここからは私個人の勝手な意見です。吉本隆明さんが日本経済新聞(8月5日朝刊)のコラム『科学に後戻りはないー原発ー完璧な安全装置』で、「発達してしまった科学を後戻りさせるという選択はあり得ない。それは人類をやめろというのと同じです」と書いてあります。私もそのとおりだと思います。

何千年と積み上げてきた人類の歴史の中で、まだ猿のようだった人間が火を使うようになった。ところがどこかで破綻して、火傷を負ったこともあったでしょう。しかし、我々は、「こんなあぶないのを使うのはやめた。みんな、使うのはやめろ!」と言った猿の子孫ではないわけです。何とかして使いこなした猿の生き残りだと私は思います。

原子エネルギーの利用には、軍事利用から始まったという不幸な歴史があります。これ

も一種の火傷だと思います。今回の事故でも大火傷を負いました。しかし、そこから回復を図らなければいけないと思います。

地球上の70億人の中には、まだまだ飢えている方々もいるわけです。世界中の人々がともに生きていくためには、原子力は必要な技術であると私は信じています。

しかし、原子力については色々な疑問があるかも知れません。「その科学に基づく技術は、制御可能なんですか？」という疑問への答えとしては、学習効果はあって、知識と経験は世界で共有して行くんだと言いたいのです。

「原子力は身の丈にあった技術ではないんじゃないか」「日本みたいな地震大国では無理じゃないのか」「故障や誤操作はありうるから巨大災害はなくなるんじゃないか」という疑問もあるかも知れません。我々の社会がどこまでリスクを許容するか、社会的合意が必要だということは間違いありません。例えば、100年に1度、あるいは1000年に1度、1万年に1度というリスクをどういうふうに考えるか。どこまで備えるかという問題があると思います。

大事故のリスクが残るのなら、「原子力は『必要悪』ではないか。ないにこしたことはないのでは」と思われる方もいます。午前中に講演された橘川先生は「原子力はどちらかというと『必要悪』ではないか」とおっしゃいました。しかし、原子力発電所というのは、極めて効率的な機械です。今回の事故のせいで世界全体での原子力利用が止まることはありません。この開発・利用競争から日本が脱落するということは、国家、民族の存亡に関わる問題だと、私は言いたいのです。

「それにしても程度問題じゃないか。そこそこにしといたら」と言う人もいるかも知れません。これも基本的には、我々の選択に依存することです。しかし、経済、エネルギー、環境、資源、核、技術、軍事を巡って熾烈な国際競争が行われている中で、下手をすると、日本という国が埋没していきかねません。そ

ういう時代の中で原子力を考えていかなければならないのではないかと思います。

しかし、「福島の状態はどうするんだ」と言われれば、平に謝るしかありません。「何十年かかろうが、何とかさせていただきます」と言うほかありません。

[パネル討論]

東日本大震災後のエネルギー戦略

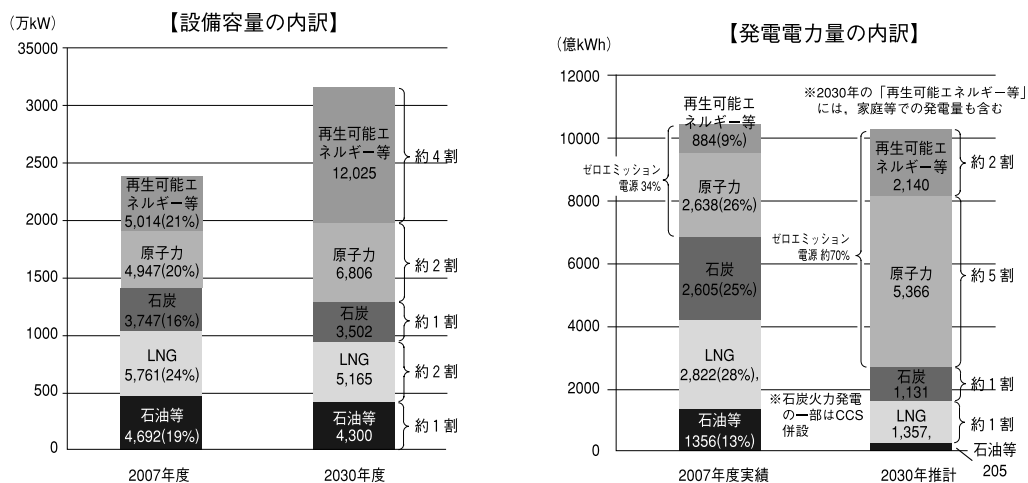
再生可能エネルギーの大量導入に向けて

薬師寺 先生方にお聞きしたいのは、日本の将来の再生可能エネルギーの大量導入というのは現実的なのかということです。

温暖化ガス削減という国際的な流れの中で、どういう意味合いをもっているのか。日本の場合、原子力を続けることができないならば、温暖化ガス削減についてはどういうふうを考えるのかということを伺いたいと思います。

小山 「エネルギー基本計画」(2010年6月策定)では、図2のように、2030年の発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合を20%にするという見通しがありました。原子力の50%達成と合せて、相当チャレンジングな数字だったと思っています。これについては、藤野さんにどのような意味の数値とお考えなのか伺いたいと思っています。

その上、福島第一原発事故も踏まえ、2011年5月のOECD会合で菅前総理が「発電電力量に占める自然エネルギーの割合を2020年代のできるだけ早い時期に少なくとも20%を超える水準となるよう取り組む」と発言されました。2012年7月から再生可能エネルギーの全量買取制度が始まりますが、それだけで2030年20%という「基本計画」の目標を前倒しで達成できるのか。かなり難しいと私は思います。



(出所：「2030年のエネルギー需給の姿」，経済産業省，2010年6月10日)

図2 2030年の電源構成の目標

ただ、今回の政策見直しの中では、そうも言われてはいられません。どうやって20%まで前倒しで上げるか。そのためにどれくらいの支援をするかという考え方もあるかも知れません。そうなった場合、日本全体でどのくらいの追加コストがかかるのか考える必要があると思います。

また、再生可能エネルギーが大量導入された時に系統側が対応できるのかという問題もあります。ヨーロッパの場合は、ヨーロッパ全体の送電線網という、非常に大きなインフラがあります。日本の場合、電力系統は外国から完全に独立しています。国内だけで再生可能エネルギーの電力を増加させていくことになりますから、それに対応するためのコスト増加に対する不安もかなりあるのではないかと思います。

藤野 我々も、2050年を見通した時に、温室効果ガス排出量を1990年に比べて80%削減するためには、2050年の再生可能エネルギーの割合を40%以上に高める必要があると、計算しました。太陽光、バイオマス、水力、風力を合わせて40%、場合によっては50%近くにするというシナリオです。

再生可能エネルギーの大幅導入のためにはいくつかの課題があります。地熱については適地が国立公園内にあるので、国立公園の使い方について新しい合意を形成していかなければ

なりません。

出力変動が大きい太陽光、風力については、二次電池との組合せ方が1つの鍵になると思います。電気自動車、家庭のパソコンなど色々な充電電池とスマートグリッドとを連動させながら二次電池に電気を貯め、それを皆で共有して使っていく仕組みが作れるか。この部分では、需要情報をインタラクティブに交換することでかなりのことができるのではないかと思います。

また、太陽光や風力が発電するタイミングに合わせて価格づけをうまく変えていくことが必要だと思います。例えば、家庭やオフィスでの利用は、時間に応じて使い方が変わるように価格づけすれば、需要のピークを変えていけると思います。

系統については、地域的な系統を見ていくのか、それとも今の10電力の中での系統を見ていくのか、とても難しいところがあります。僕も電気工学の出身ですが、系統の専門家があまりにも少ないので、そういったところにどうチャレンジしていくかが課題だと思います。

3・11直後の被災地や東京の状況を見て、非常に問題だと思ったのは、市町村にエネルギー需要のデータを手に入れる仕組みがないことです。例えば、病院や信号機への電力を絶対に止めてはいけないという時に、停電で

大きな混乱が起きました。実は、電力会社もフォローできていませんでした。市町村が住民生活の安全を守っていくためにも、絶対に電気を止めてはいけない病院や信号機などについては、太陽光や風力を入れたり、または、火力でバックアップして行ったりという考え方に変えていかないと、再生可能エネルギーの導入は進まないと思います。何のために、どういう種類のエネルギーが必要なのかを問い直していかなければいけないと思います。

松井 私は再生可能エネルギーの専門家ではありませんが、私どもの研究所では、スマートメーター、デマンドサイドコントロールなどの研究もやらせていただきました。

需要状況をリアルタイムで把握するための研究開発が成功すれば、電力需給の全体像がかなり変わってくる可能性があると思います。そのためのイノベーションもあるはずです。例えば、二次電池の研究は、オイルショック直後から、長い時間をかけてやってきました。材料開発は、鉛に始まって、ニッケル、水素、リチウムと進んできました。大革命になるようなことは起こらないかも知れませんが、私はイノベーションはあると思います。

イノベーションに必要な人材の育成

薬師寺 有機材料のソーラーパネルを開発するとか、電気自動車が普及してスマートグリッドのような使い方をするとか。それも一種のイノベーションです。

イノベーションがエネルギー以外の分野から入ってくる場合もあるでしょう。それも含めて、次の世代はどういうタイプの人が必要か、パネリストの先生方に伺いたいと思います。

藤野 炭素価格の現状を見ますと、温暖化対策をメインに技術開発が進むとは言い難いと思います。それよりも他のメリット、例えば、コストが下がるというメリットを求めて省エ

ネが進み、CO₂も減るという形で進むものだと思います。

高齢者が気温差によって心臓発作を起こす確率が減るから高断熱住宅が増える、暖房用のエネルギーが少なくて済んで家計が助かるから高断熱住宅にする。それがエネルギー供給の安定化やCO₂削減につながる。そういったイマジネーションというか、妄想を作って、それを現実にしていく人材が大事だと思っています。妄想ばかりしていると、「できない100の理由」を言われてしまうことが多いのですが、その100の理由を打ち破っていけば答えにつながるわけですから、そういう文句を言う人とも仲良くやっていくことが大切です。

また、マネジメントできる人材が大事だと思います。ある会社の副社長が「うちはこんなに沢山良いものを作っているのに何で日本はCO₂が減らないんだ」とおっしゃるんです。それは、「どうやれば世の中みんな喜んで買ってくれるか」を考えないで、「いいもの作ったから買えよ」という供給側の理屈から抜け出そうとしないからだだと思います。

想像力を持ち、それをマネジメントする力もある人材が育つにはどうしたらいいのか。リスクについて先回りして「これをやっちゃあかん。あれやっちゃあかん」と言うのと、そういう人材はどんどん育たなくなっていくのではないかと思います。

原子力のリスクの話でも、東京電力福島第一原子力発電所に対して、色々な方から「あの炉は古いし、あぶない」という警告がありながら、「停めることが日本の原子力を守るために非常に大事だ」ときちんと言える人材がいなかったということは、今後、技術開発をしていく上で反省しないといけないことだと思います。技術には必ず表と裏があります。当然、やればやるほどリスクは高まります。そういったところに気づいた人が活動できる環境がないと、そういう人が育たないのではないかと思います。

小山 世の中で「何かを変えなければいけない。変えたい」という声が大い時にイノベーションが起きるのだろうと思います。70年代以降、日本は頑張って、エネルギー分野で様々な変化を引き起こすことができました。「このままいくと日本は大変である」という共通の危機感があったからだと思うんです。

今回、震災と原子力で大きな不幸な事故が起こり、「このままでは大変だ」という意識が日本中で共有されれば、今の若い世代の中からもイノベーションを起こす人材が出てくるのではないかという気がします。

実は、私は東京大学大学院でエネルギー政策の講座を担当しているのですが、経済学部 of 学生たちも非常に興味を持ってくれ、想像以上に大勢の履修生が来ます。やはり今エネルギー問題に対する関心が非常に高く、技術も含め様々な世界での「イノベーション」も結構期待できるのではないかと思います。

松井 私、実は原子力工学科を卒業したのですが、技術革新ということを考えた時に「これでいいのかな？」と思ったのです。原子力技術は輸入技術です。日本でも材料開発を相当したことも事実ですが、やはり受け身であって、本質的なコンセプト部分での開発の意気込みは感じられませんでした。

その時に、「うちの会社は技術革新をやっているよ。来ないか」という化学会社がありました。私、10年くらいその会社にいました。クレハという会社です。原油や重質油の分解系など、色々なことをやりました。ずいぶん面白かったです。技術革新ができるような自由な雰囲気と場がありました。

それに対して、原子力は硬直的な世界の中で研究や開発をやっているようなところが、恐ろしいですね。薬師寺先生が言われるように、イノベーションがほとんど唯一の道ではあるのですが、正直言って厳しいですね。

でも、先生がプレゼンテーションの中で新技術の例として挙げられた、4S（小型高速炉）の

アイデアは、本当に実現できるかどうか大きなクエスチョンマークはありますが、コンセプトとしては良いものです。ああいうことを考えて、発言していく場が日本にもあるわけです。それが期待できる場所だと思います。

薬師寺 私は、イノベーションのためには、理系分野に文系の人 of アイデアが入ってくるとか、原子力だったら原子力以外の分野からアイデアが入ってくるとか。色々な経験をしている分野が重なっていかないといけないと思います。

今、皆がエネルギー問題に興味を持っています。そういった興味を持つ、色々なタイプの人たちが参加して、今のような問題提起や議論をしてもらうということがダイナミズムとしてすごく重要ではないかと思います。

国際連携のために必要な政策

薬師寺 国際的に日本は海で囲まれた閉じられた国ですが、今後、再生可能エネルギーでも原子力でも国際的な連携をどういうふうにすればいいのか。何が政策として一番重要なのか。その点について、先生方の思い入れを言っていただきたいと思います。

松井 また原子力 of 話になります。福島第一原発の事故がなかろうと、原子力 of 安全性はクローズアップされていたと思います。安全性を国際的に共通に保っていくかことがポイント of 1つになっていました。理由は簡単で、アラブ首長国連邦を始め、クエート、アフリカの聞いたことないような小国まで、世界中が原子力を欲しがっているからです。

日本、フランス、アメリカなど、ある程度信用できる国ならお互いに原子力 of 安全性を確保できるかも知れません。しかし、そうでない国でも原発を作り始めます。中国は、外国からどんどん原子炉を輸入していますが、輸入は4基目までで、その後は自分たちで国

産炉を作ろうとしています。更にそれを輸出する計画まで持っています。

ちゃんとした原子炉を輸出するのは一向に構わないですし、そうなるべきです。しかし、その時に他国が納得できる安全技術を共有していかないと、とんでもないことになります。今回の事故を織り込んだ格好で、新しいコンセプトと新しい安全のシステムを作っていかなければなりません。

私どもの研究所でも次世代軽水炉開発プロジェクトを行っております。今回の事故で少しスローダウン、あるいはモディファイしていくことになると思いますが、次世代軽水炉も今言った方向へのツールとして使える道具だと思います。

小山 政策議論の際に絶対欠かしていけないことは、日本経済が大変厳しい状況にあることを大前提で考えることです。世界経済は今年から来年にかけて本当に大変だと思います。ヨーロッパで債務・金融危機、アメリカで連邦債務問題、中国で経済成長の鈍化がある中、日本では、東日本大震災と原発事故、円高問題、これから燃料コストの増大や復興のための税金問題が出てきます。お金のかかる話ばかりです。産業の空洞化も含め、日本が沈没していくような中で、エネルギーをどうするのか真面目に考えないといけないと痛感しています。

今、日本での議論は内向きです。どうしても、国内の政策関係者、国内の専門家、国内のメディアの意見で議論が進められています。その時に、世界で何が起きていて、世界の経験は何か、できるだけ政策議論に海外の意見を取り込む工夫が必要ではないかと思っています。

我々国内のエネルギー専門家が言ってもなかなか信じてもらえないことが沢山あります。そういう時に、海外の人たちの見解や議論を導入しないといけないと思うのです。

最後に、天然ガスの問題に関連して、資源国との関係をどう見るか非常に大きな転換点

にさしかかっています。私、震災後、ロシアなどの資源国に行く機会があったのですが、彼らは「大きなビジネスチャンスが来た」と思っています。逆に言えば、日本の存在感が非常に高まった中で、エネルギー外交を本格化しなければいけませんので、特に、ロシア、オーストラリア、カタール、そして北米あたりを重点的に考える政策を推進してもらえるといいと思っています。

藤野 国際的な日本の立ち位置を作る上でも福島の問題にきちんと対応することが重要だと思います。

残念ながら、今のマスコミのニュースでも福島関連のニュースが少なくなっていると思います。放射能の影響で、「何が安全で、何が安全でないのか分からない」とか、1つの家族の中でも働かなければいけないお父さんと、子供を守らないといけないお母さんがいるとかで、地域社会や家族が引き裂かれています。また、福島県内でも、浜通り、中通り、会津地方で互いに分かり合えないということが起こっています。そういった原子力が持っている負の面を正視して対応していく姿を世界に透明性をもって示していかないと、「日本も終わった」と思われてしまうのではないかと思います。

3・11が起こった後に、ドイツ企業で働かれている方から、「ドイツでは『ノーモアフクシマ』という看板が立っており、それがドイツの脱原発をさらに後押ししたのではないか」という話を聞きました。それに対して日本人として福島の問題をどう考えるかということは、国際的な立ち位置を作る上で非常に大事ではないかと思っています。

海外の人は、日本はチェルノブイリ原発事故の当局のようにデータを隠し、臭いものに蓋をして、次に進もうとするんだろうかという目で見ていると思います。

その中で原子力の安全性について日本がどういう立ち位置を示していくか。今後原子力

は日本の中でどれだけ作れるかというのは正直私にはまったく分かりませんが、今ある原子力の安全性を一体誰が担保できるのか。どれだけ責任を持てるのか。

9月に私は、バングラデシュのダッカにいました。慢性的な電力不足に苦しんでいるバングラデシュは、2016～17年に原発を1基導入する計画を持っています。果たしてバングラデシュの技術力で安全なのか。バングラデシュの国民は福島の実状を知った上でそれを選択するのだろうか。中国、インド、ベトナム、マレーシアも原発を作る計画を持っていますし、各国で経済発展していきます。その中で、日本がどういう役割を演じるのかが非常に大事だと思います。

日本の政策については小山さんがおっしゃったように、議論する場と、共通な議論の基となるデータの裏付け、多様なものの見方をもった議論がないと、エネルギーに関する哲学が作れないのではないかと思います。

これまでは、供給することを大前提とする哲学の中にいましたが、これから、エネルギー自給率4%の国の中で持続可能性をどう考えるかという哲学を作り直す議論が必要ではないかと思います。

おわりに

薬師寺 最後に一言申し上げて終わりにしたいと思います。どうしても日本は内向きになっていっています。外国人は、藤野さんが言ったように、「日本は潰れてしまうんじゃないか」という警戒感を持っています。

国家の勢いというのは常に維持していかなくてははいけません。科学技術だけではありませんが、皆が議論をし、外国とも連携しながら政策を作り、進めていくことが大切でしょう。日本の強みは、我々日本人が作り出す科学技術にあります。国際的な関係においても、日本の国家としての勢いを保つ、あるいは伸ばしていくことが非常に重要ではないかと思います。

どうもご協力ありがとうございました。パネリストの先生方にどうぞ拍手をお願いします。(拍手)

閉 会 挨拶

山田 英司 (財)エネルギー総合工学研究所
専務理事

本日は東日本大震災を踏まえたエネルギー戦略というテーマで開催しましたところ、多数の方々にご参加いただき、まことにありがとうございます。本日のシンポジウムでは、午前中に一橋大学の橘川先生から基調講演としまして、エネルギー政策、あるいは電力の具体的な在り方について大変示唆に富むお話をいただきました。続きまして、当研究所の都筑、森山研究員から当研究所が「ポスト3.11」として研究して参りました長期的なエネルギー需給に係る技術課題について研究成果を報告させていただきました。

また、午後には、エネルギー経済研究所の小山常務理事から、東日本大震災とわが国のエネルギー需給・政策の課題についてお話をいただき、続いて、薬師寺先生をモデレータとしてお迎えいたしまして、小山常務理事、国立環境研の藤野主任研究員、当研究所の松井の4人でパネルディスカッションをいたしました。

いずれも専門的な見地から、大変示唆に富むお話を伺ったと思います。本日のシンポジウムでのご講演、あるいはパネルディスカッション等での議論が皆様方の今後のビジネスの展開、あるいは戦略の構築でお役に立てれば、主催者にとりましても望外の幸せでございます。当研究所では、本日のシンポジウムでの議論を踏まえまして、中長期的な観点からエネルギー技術のあり方等について調査研究に努めてまいります。引き続き、皆様のご支援とご理解を切にお願いする次第でございます。

最後に、本日のシンポジウムが無事終了しますことは、会場の皆様のご協力の賜物と改めて感謝する次第でございます。これもちまして、本日のシンポジウムを終了させていただきます。本日はまことにありがとうございました。(拍手)

研究所のうごき

(平成23年10月2日～平成24年1月1日)

◇ 第17回賛助会員会議

日 時：10月6日(木) 16:00～19:3

場 所：千代田放送会館

議事次第：

1. 最近の事業活動について
2. 調査研究活動について
3. 講演 最近の原子力動向(科学ジャーナリスト(元読売新聞論説委員)中村 政雄 氏)

◇ 月例研究会

第305回月例研究会

日 時：10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. 石炭ガス化複合発電(IGCC)におけるCCSの経済性評価
(財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 主任研究員 時松 宏治)
2. CO₂船舶輸送システムの概念設計と課題
(一般財団法人 エンジニアリング協会 技術部 海洋開発室長 鈴木 孝一 氏)

第306回月例研究会

日 時：11月25日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館 5階501・502会議室

テーマ：

1. あるビジネスマンの見た企業国際化の最前線(海外社会インフラ事業を対象に)
(株)日立製作所 国際事業戦略本部 リスクマネジメント&海外プロジェクト支援室 副室長 中川 幸雄 氏)
2. 低炭素型投資促進のカギはCO₂削減量定量化か～MRV(Measurement, Reporting and Verification)と市場メカニズム～
(株)三井物産戦略研究所 研究フェロー 本郷 尚 氏)

第307回月例研究会

日 時：12月16日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館 5階501・502会議室

テーマ：

1. GTL商業プラント開発へ向けた実証研究の取り組み
(日本GTL技術研究組合 技術開発本部 副本部長 実証センター長 大澤 伸行 氏)
2. 非在来型天然ガスがエネルギー市場を変える
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油調査部 上席研究員 伊原 賢 氏)

◇ 外部発表

[講演]

発表者：蓮池 宏

テーマ：超臨界CO₂ガスタービン発電システムの開発

発表先：日本機械学会関西支部 第12回秋季技術交流フォーラム

日 時：10月15日

発表者：岡田 清史, 上田 成(石炭利用技術), 小野崎 正樹, 荒牧 寿弘, 持田 勲, 他(九州大学)

テーマ：粘結炭の光学顕微鏡的形態

発表先：日本エネルギー学会 第48回石炭科学会議

日 時：10月24日

発表者：徳田 憲昭

テーマ：木質バイオマス資源のバイオ燃料への有効利用ーセルロース系エタノールー

発表先：国際森林年記念シンポジウム(海外産業植林センター主催)

日 時：11月11日

発表者：黒沢 厚志

テーマ：Asian Energy and Environmental Strategy

発表先：International Gas Turbine Congress 2011 Osaka (IGTC'11)

日 時：11月17

発表者：吉田 一雄

テーマ：太陽熱発電の技術動向とビジネスチャンス

発表先：東京井の頭ロータリークラブ

日 時：11月21日

発表者：正田 知士

テーマ：ポスト福島のエネギー需給

発表先：第2回サステナブル理工学研究センターシンポジウム

日 時：11月22日

発表者：徳田 憲昭

テーマ：太陽光発電・風力発電への期待

発表先：東北大学サステナブル理工学研究センター第2回シンポジウム

日 時：11月22日

発表者：黒沢 厚志

テーマ：震災後の日本の中長期エネルギー需給

発表先：経済産業研究所「大震災後の環境・エネルギー・資源戦略に関わる経済分析」研究会

日 時：11月22日

発表者：小野崎 正樹

テーマ：R&D activities in Japan for coal derived fuels
発表先：（Institute for Advanced Sustainability Studies
e.V（IASS）主催, Brainstorming Workshop,
Sustainable methanol:An alternative green fuel
for the future
日 時：11月24日

発表者：石本 祐樹

テーマ：低炭素水素の世界市場の研究
発表先：第31回水素エネルギー協会大会
日 時：12月1日

発表者：石本 祐樹

テーマ：IS050001について
発表先：一般社団法人日本電機工業会 省エネシ
ステム・機器普及専門委員会
日 時：12月14日

発表者：徳田 憲昭

テーマ：草本バイオマス資源のバイオ燃料への有
効利用ーセルロース系エタノールー
発表先：（独）農業・食品産業技術総合研究機構
主催
「平成23年度地域バイオマスプロ1系
（セルロース系資源作物チーム）検討会」
草本資源作物の計画栽培によるバイオマ
ス原料の安定確保に向けた検討会
日 時：12月19日

発表者：吉田 一雄

テーマ：太陽熱発電の技術動向
発表先：新潟大学工学部
日 時：12月21日

[ポスター発表]

発表者：村田 謙二, 蓮池 宏, 後藤 信之

テーマ：次世代自動車の車種（GV, HEV, PHEV,
FCV, EV）ごとの普及分析（1）
消費者選好に基づく車種選択モデル
発表先：第31回水素エネルギー協会大会
日 時：11月30日

[寄稿]

発表者：時松 宏治, 坪井 繁樹, 寺田 保,
小野崎 正樹

テーマ：革新的ゼロエミッション石炭ガス化複合
発電トータルシステムの経済性評価
発表先：日本エネルギー学会誌
日 時：10月号

発表者：蓮池 宏, 小川 紀一郎, 他

テーマ：超臨界CO₂ガスタービン発電システムの
開発
発表先：「OHM」（発行：（株）オーム社）
日 時：10月号

発表者：蓮池 宏

テーマ：超臨界CO₂ガスタービン発電システムの
開発
発表先：「燃料電池」（発行：燃料電池開発情報セ
ンター）
日 時：秋号

発表者：吉田 一雄

テーマ：太陽熱発電のしくみ
発表先：電力工事マンスリー（（社）日本電気協会）
日 時：2011年12月号

発表者：蓮池 宏, 小川 紀一郎, 宇多村 元昭
（東京工業大学）

テーマ：超臨界CO₂ガスタービン発電システムの
開発
発表先：「クリーンエネルギー」（発行：日本工業
出版（株））
日 時：2012年1月号（Vol.21, No.1）

◇ 人事異動

○10月31日付
（解任）

疋田知士 研究理事

（解嘱）
小野崎正樹 特任参事

○11月1日付
（任用）
小野崎正樹 研究理事（主席研究員）

（委嘱）
小野崎正樹 プロジェクト試験研究部 部長

（出向採用）
高橋淳郎 原子力工学センター 主任研究員
平川香林 原子力工学センター 研究員

（非常勤嘱託採用）
疋田知士 エネルギー技術情報センター長
（研究顧問）

○12月1日付
（兼務）
新藤紀一 プロジェクト試験研究部 主管研究員
原子力工学センター兼務
山田英司 プロジェクト試験研究部 主管研究員
原子力工学センター兼務
野崎広治 プロジェクト試験研究部 主管研究員
原子力工学センター兼務
木村公隆 プロジェクト試験研究部 主管研究員
原子力工学センター兼務

末廣利恵	プロジェクト試験研究部 原子力工学センター兼務	主任研究員
工藤未奈	プロジェクト試験研究部 原子力工学センター兼務	研究員
波多野 守	プロジェクト試験研究部 原子力工学センター兼務	参事
楠野貞夫	プロジェクト試験研究部 原子力工学センター兼務	参事
三宝 淳子	プロジェクト試験研究部 原子力工学センター兼務	副参事

編集後記

昨年、3月の大震災そしてそれに続く原子力発電所事故というあまりにも大きな出来事により、その他の全てのニュースが色褪せた感がある。ジャスミン革命に始まる中東の騒乱、世界各地で起きた大自然災害、欧州経済危機等々の世界の大事件も、政治・経済停滞の真っ只中にある日本を襲った大打撃を前に霞んでしまったということだろう。

科学技術の分野で、良いニュースが無かった訳ではない。スーパーコンピュータ「京」の世界ランク1位、世界最速記録達成のニュースがそれだ。このコンピュータについては、国会議員による「一番で無ければいけないのか？」なるコメントが有名だが、一部の専門家からも方法論やコストの妥当性について異論があるようだ。しかし、世界一と言うメッセージは、落ち込んでいるこの国の気分を少しは明るくする効果があったと言えるのではないか。一昨年の「はやぶさ」の快挙には及ばないかもしれないけれど。

こうした挑戦的なプロジェクトが、短期的なそろばん勘定で潰されていくようなことでは、この国の将来がますます暗くなってしまう惧れがある。

「京」にしても「はやぶさ」にしても、それらの効果・意義を評価し説明することは容易ではない。しかしながら、人間として、日本国民として、日本として視点を定め、長期的な構想・戦略の中で評価していかななくてはならない事柄であろう。数多くの巨費を要するプロジェクトが、評価を待っている。それほどではないにしても重要と目されるプロジェクトも目白押しである。近視眼的な選択で済まされて良い問題でないことは明らかだ。政策決定者には、戦略に応じた決断が必要であることは言うまでも無いが、同時に様々な方面の意見を、静かに丁寧聞く謙虚な態度が要求される。

編集責任者 正田知士

季報 エネルギー総合工学 第34巻第4号

平成24年1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）3 5 0 8—8 8 9 4

FAX（03）3 5 0 1—8 0 2 1

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

（印刷）株式会社日新社

※ 無断転載を禁じます。