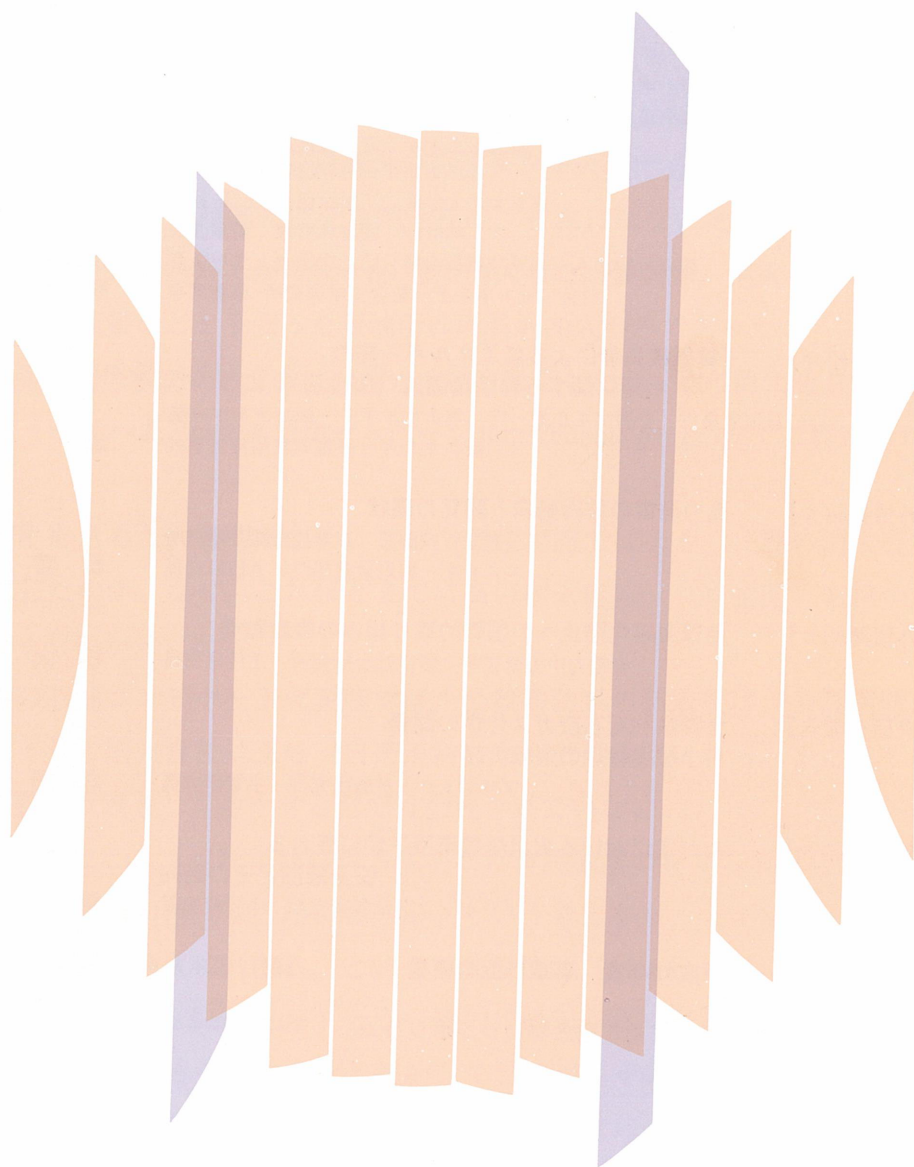


季報 エネルギー総合工学

Vol. 26 No. 1 2003. 4.



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

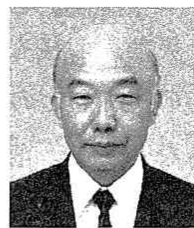
目 次

【巻頭言】	日進月歩の消火技術	石油連盟常務理事	宮 副 信 隆 …1
【座談会】	バイオマスエネルギーを語る	経済産業省 資源エネルギー庁 新エネルギー対策課長 新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー・環境技術開発室長 東京大学大学院 工学系研究科 助教授 林野庁 国有林野部 業務課長 独立行政法人 産業技術総合研究所 中国センター所長 司会 (財)エネルギー総合工学研究所 専務理事	伊 藤 仁 小 川 健一郎 堤 敦 司 福 田 隆 政 横 山 伸 也 稲 葉 裕 俊 …3
【内外情勢紹介】	『電気事業者による新エネルギー等の 利用に関する特別措置法（RPS法）』について 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー等電気利用推進室長		堀 史 郎…23
【内外情勢紹介】	風力発電の技術動向と開発の現状 独立行政法人 産業技術総合研究所 エネルギー利用研究部門 主任研究員		松 宮 輝…30
【内外情勢紹介】	地球温暖化防止への国際的取り組みの最新動向 (財)電力中央研究所 経済社会研究所 主任研究員		杉 山 大 志…45
【調査研究報告】	太陽熱利用石炭ガス化炉の開発 —小型実験炉の運転実績— プロジェクト試験研究部 主管研究員		北 田 俊 二…53
【内外情勢紹介】	わが国における実用発電用原子炉に係わる 安全規制とその動向 プロジェクト試験研究部 主管研究員		羽 鳥 喜 紀…61
【事業計画】	平成15年度 事業計画の概要	(財) エネルギー総合工学研究所	…70
【行事案内】	創立25周年記念特別シンポジウム		73
【研究所の動き】			74
【第25巻通巻目次】			76
【編集後記】			80

巻頭言

日進月歩の消火技術

石油連盟常務理事 宮 副 信 隆



2001年6月7日、米国ルイジアナ州の製油所で直径82mの大型石油タンクが全面火災を起こした。世界最大の石油タンク火災であった。

この燃え盛る火を、民間の消火専門会社は、日本にはない大容量泡放射砲を使用し、泡消火を始めてから僅か65分で消火した。要員は、消火会社の14人と、ホース展張などを手伝った製油所の所員約20人のみであった。

石油連盟関係者が偶然立会い、消火活動を撮影したが、その消火能力に圧倒された（ビデオは、石油連盟ホームページ <http://bubble.paj.gr.jp/> でご覧になれます）。

ビデオを見ると、疑問がわく。なぜ、公設消防ではなく、民間の消火会社が消火したのか。なぜ、これほどまでに高い消火能力（プロ集団）を持つようになったのか、である。

日本の石油コンビナート火災等では、公設消防車の到着後は、公設消防が指揮をとり、消火責任は工場（自衛消防）から公設消防に移る。また、その消火活動は教訓として生かせる形では公表されていない。

一方、米国では、「公設消防は専ら住宅など市民生活の場での消火に当たり、複雑特殊な工場の消火は工場に任せる」という考えから、大工場の火災は工場が自己責任で消火に当たる、という。公設消防（Municipal firefighter）と産業消防（Industrial firefighter）とが合理的に峻別されている。

工場は、必要に応じ消火会社と契約しておくが、その消火会社には、「No Cure, No Pay」が原則適用される。このため、消火能力を高めるのに非常に熱心である。例えば、彼らは消火活動の教訓を的確に生かす。現に、上記火

災消火の後も、当該消火会社は、消火水の大量長距離移送、ホース展張時間の短縮などのため、消火ホースの径を5 インチから7 インチ1/4 に改良するなどして、消火能力と機動性のアップを図っている。また、米国では、法的にも、新技術導入への制約がなく、地元の公設消防に日頃から説明しておけば、最も効果的な方法を自由に導入できる、という。

こうしたことが、米国に、消火技術の日進月歩をもたらしているような気がする。

翻って、日本の自衛消防には、現在、石油コンビナート等災害防止法（石炭法、1975年制定）により、制定当時の消火技術を基にした三点セット（大型高所放水車、大型化学消防車、泡原液搬送車）の配備が義務付けられている。

しかし、厳しい国際競争の下で石油の安定供給の責務を果たすには、高性能で効率的な海外の最新消火技術を導入し、製油所等の安全向上と効率化を図っていく必要がある。また、火災予防には万全を期しているものの、特に地震、テロ等も言われていることから、万一の場合には確実に消火できる体制を作っておくことは極めて大切である。

石油連盟は、米国で実証試験を行い、大容量泡放射砲の消火性能を確認した。これにより、まずは第一段階として、タンクシール火災やプラント三次元火災に有効なI-S型大容量泡放射砲を三点セットの代替（選択肢）として認めるよう、消防法規の改正を消防庁に要望しているところである。

さらに次の段階として、海外の日進月歩の消火技術を恒常的に遅滞なく導入し続けることができるように、また、日本でも消火技術の独自開発や消火ノウハウの蓄積・共有化・向上ができるように、① 石炭法等消防法規の性能規定化、② 検定制度の見直し、③ 消火活動実態の情報公開などの改革を進め、自主保安を推進する必要がある。

これらについても石油連盟は既に政府に規制緩和の要望をしている。

この改革は、日本産業の、安全性の一層の向上と国際競争力の確保にとって不可欠と思う。関係者のご理解、ご協力、ご支援をいただきたい。

座 談 会

バイオマスエネルギーを語る

(参加者氏名は五十音順)

伊 藤 仁 (経済産業省 資源エネルギー庁
新エネルギー対策課長)

小川 健一郎 (新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境技術開発室長)

堤 敦 司 (東京大学大学院 工学系研究科
化学システム工学専攻 助教授)

福田 隆政 (林野庁 国有林野部 業務課長)

横山 伸也 (独立行政法人産業技術総合研究所
中国センター所長)

司会

稲葉 裕俊 (財団法人エネルギー総合工学研究所
専務理事)



はじめに

司会 最近、バイオマスは、特にエネルギー分野での利用を中心として、非常に注目されています。バイオマスにつきましては、平成

14年1月、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」の施行令におきましても新エネルギーの1つとして明確な形で規定されましたし、同年12月には「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定されました。関連の技術開発も含めてまさに開発利用が進展しているところだと思います。21世紀に入り

ました2001年は、言わば「バイオマス元年」と言ってもいいと思います。

そういうことで、本日は「バイオマスエネルギーを語る」というテーマのもと、ご出席の皆様方のお立場からバイオマスについての認識、評価、あるいは導入促進のための今後の課題や取組につきましてお話を伺いたいと思います。

「バイオマス」

および「バイオマスエネルギー」とは

司会 最初に「バイオマスとは何か」「バイオマスエネルギーとは何か」という話からスタートさせていただきたいと思います。産業技術総合研究所の横山所長からお話をいただければと思います。

横山 バイオマスの定義ですけれど、基本的に植物由来の資源という意味のものだと思います。図1に示した色々なものを合わせてバイオマスと呼んでいるわけです。

これをベースにしたエネルギーを、日本では「バイオマスエネルギー」と呼んでいます。

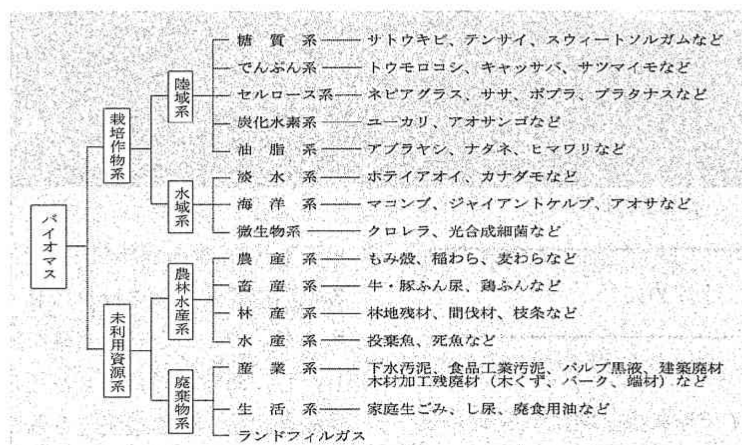


横山 伸也氏

(産業技術総合研究所 中国センター所長)

欧米では「バイオエネルギー」という表現で統一されています。

問題は量です。日本の場合にはいろんな議論がありますが、推定の根拠が違えば当然変わってきます。日本で一番多いのは木質系で、これがバイオマスの3分の1ぐらいです。次に食品廃棄物、家畜糞尿です。日本エネルギー学会の調査によれば、バイオマスの1次エネルギー供給に占める割合は7.5%ぐらいです。そのうち使えるものと使えないものがありますけれども、これから活用の余地がある



(出所：1986年度NEDO委託調査報告書「バイオマスエネルギー技術実用化推進調査」を基に作成)

図1 バイオマス資源の分類

というものを挙げれば5.7%ぐらいということですね。推定根拠の違いによって、少ないもので1~2%,多いものは10%近い割合になります。例えば、稲わらともみ殻は米の1.4倍出ますが、稲わらの6割ぐらいは農地へのすき込みで処理しています。これも何らかの方法で使えれば、利用可能なバイオマスの量が増えてくる。木材関連でも実施されている間伐は、実際に必要な割合の2割ぐらいです。これが全部実施されれば利用可能なバイオマスの量は増えます。そういうふうには、計算の根拠が違えば、数量が違ってきます。

世界に目を転じますと、世界全体のバイオマスエネルギー賦存量は、世界の1次エネルギー総供給420EJ/年(2000年)の70%に相当します。廃棄物系が30%,エネルギープランテーション*からは70%が期待できます。当然、アジア地域が世界の中でも一番気候がいいものですから、アジア地域だけで日本の1次エネルギーの総量を凌駕します。非常に将来有望であると思います。

バイオマスの意義

司会 現実の利用ということになりますと、関連技術、あるいは経済性でどの辺まで利用できるかということが重要になってくると思います。

引き続きまして、バイオマス利用の意義、長い歴史の中での人類との関わりについて、東京大学の堤先生からお話いただければと思います。

堤 まずバイオマスの意義ですが、それを理

解するためには地球規模での炭素循環を良く理解しておく必要があります。陸地と海洋でそれぞれ大体、100Gt程度の炭素の循環が起っています。バイオマス炭素として蓄積されているものの大部分は陸上バイオマスであり、このうち9割を森林バイオマスが占めています。そのほとんどは基本的には光合成によるものです。植物が太陽エネルギーを利用して二酸化炭素(CO₂)を固定して木となり葉となり、そしてそれが枯れてまた戻っていくという大規模な循環です。

バイオマスを利用するというのは、バイオマスが木となってCO₂を固定化し、それが枯れてまたCO₂に戻っていく、その過程でエネルギーを取り出せるというのが基本的な発想です。よく誤解されるのですが、バイオマス自身はネットではCO₂を固定しません。定常状態になった森林からのCO₂の出入りはゼロなんです。しかし、バイオマスがCO₂に戻る時に吸収したエネルギーが再び放出されます。通常、これは有機物の分解ですから常温の熱、すなわち使い道のないエネルギーですが、これを工夫してより有用なエネルギー、化学エネルギーやより高温の熱エネルギー、として取り出し利用することができます。これによって、化石資源の使用量を低減させるとともに、環境汚染物質、CO₂排出量を削減できます。また、バイオマスからは様々な有価物も得られますから、バイオマスの利用は、循環型社会の構築にとっても非常に重要なことです。

今までも人類はバイオマスを薪炭としてよく利用してきました。16世紀中頃まで、人類のエネルギーは全部バイオマスでした。ちょ

*作物を食料用などとしてではなく、エネルギー利用を主目的として計画的に栽培すること。ユーカリ、ハイブリッドポプラ、ヤナギなどの木質系、サトウキビ、ミスカンタス、ソルガム、スイッチグラスなどの草本系、その他オイル作物などが有望視されている。(参考:『バイオマスハンドブック』社団法人日本エネルギー学会編)

うど16世紀に入ったぐらいから、バイオマス資源が特にヨーロッパで枯渇しまして、いわゆるエネルギー危機みたいなことが起こったのです。特にひどかったのはイギリスで、森林資源がほとんどゼロになってしまいました。そこで目をつけたのが石炭です。これが化石燃料利用の始まりで、その結果、イギリスは石炭という化石資源を大量に利用することにより、最初に産業革命を成し遂げることができました。

ですから、バイオマスエネルギーというのは別に目新しいものではなく、かつて私たちの世界はそれで全部支えられていたわけです。ただし、ポテンシャルに関して言いますと、16世紀のヨーロッパにおいて当時バイオマスだけでは成り立たなくなったということは事実です。従って、現地点ですべてのエネルギーをバイオマスで賄えるかという、やはりかなり難しいと言えらると思います。ただし、新エネルギーの中でもバイオマスは最もポテンシャルがあり、将来、エネルギーを高度に有効利用していく技術、必要なエネルギーを低減した生産システムの開発などによって、バイオマスを基軸とした循環型社会の実現は可能でしょう。

日本のエネルギー政策上の位置づけと施策

司会 さて次に、地球環境問題などの関係も含めて、資源エネルギー庁の伊藤課長から、日本のエネルギー政策上のバイオマスの位置づけについてお話をいただきたいと思います。

伊藤 平成13年6月に総合資源エネルギー調査会の新エネルギー部会で、改めて新エネル



伊 藤 仁 氏

(資源エネルギー庁 新エネルギー対策課長)

ギーの導入目標などを議論したわけですが、その時に新エネルギーの対象をもう少し拡大して見る必要はないのかという議論がなされました。

その時、従来は廃棄物になっているバイオマスは、廃棄物を熱、発電に使うという意味で新エネルギーに入っていたのですが、それをバイオマスというカテゴリで見直すべきではないかということで、範囲も若干広げ、新エネ法の新エネルギーとしてもう一度位置づけました。

その後、平成14年1月に政令を直して、新エネルギーに追加し、さらに14年3月に「地球温暖化対策推進大綱」という、京都議定書を実施するための決定の中に新エネルギーの導入目標を位置づけました。そこでこのバイオマスの内容についてもあわせて含めたというのがもう1つの前進です。

さらに、平成14年5月に「電気事業者による新エネルギー等の利用促進に関する特別措置法」(RPS法)が成立しました。この法律は、新エネルギーを電気事業者の方にできるだけ多く導入していただくことを狙って、毎年目標を決めて年度年度で引き上げていくという

スキームなわけですが、この対象の中にもバイオマスによる発電を含めることになったわけです。昨年前半で政策面での位置づけ、制度的な法的整備をさせていただいたわけです。

その後、「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定されたわけですが、エネルギー政策の面で申し上げますと、やはり温暖化対策を何とか進めていかなければいけないと、エネルギー使用の過程で出てくるCO₂の排出をできるだけ減らしていかなければいけないという議論の中で、バイオマス部分についてさらに政策を強化していくべきであろうと思います。

他方、バイオマスは地球全体としては相当量ありますが、分布が広く薄いということで、エネルギーとして使う際には、経済性をもった形で使うというところで制約があります。いかにこの制約を乗り越えて、バイオマスをエネルギーとして使えるようにしていくかというところが最大の課題です。

制度的にはそういう位置づけをした後これから進んでいくことというのは、やはりそういった技術的、あるいは経済的な課題をどう克服していくのかということになってくるというところだと思います。それを実施するためにさまざまな政策を、これはエネルギーだけの観点ではなかなか進まない部分もありますので、他の関連の施策とも協力しながら進めるという段階になってきたのではないかと考えています。

「バイオマス・ニッポン総合戦略」の

背景と狙い

司会 バイオマスの利用についてはエネルギーから素材、製品まで広い用途が考えられます。なおかつバイオマスは非常に種類も多い

ということで、国におかれても多くの省庁が関わっています。昨年末には政府を挙げてこれに取り組むということで、「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定されました。

林野庁の福田課長から「バイオマス・ニッポン総合戦略」の背景や狙いについてお話いただければと思います。

福田 農林水産業の観点で、バイオマス資源をどう使っていくか非常に重要な課題になってきています。特に、20世紀後半の日本社会は、化石燃料を大量に使用し、物を大量生産、大量消費、大量廃棄するという社会になっていったわけですが、それを何とか循環型社会にしなければいけないという流れがありました。さらに、地球温暖化問題への認識が深まる中で、昨年6月に「経済財政運営と構造改革の基本方針2002」という閣議決定がなされました。その中で、農林水産資源を活用したバイオマス産業を国際競争力のある新たな戦略産業として育成するという項目が入りました。バイオマスを戦略的な資源として活用することに取り組んでいくべきだということで、環境省をはじめ色々な関係省庁の皆さんのご協力をいただきながら総合戦略の策定に努め、昨年12月27日に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定されたわけです。

この戦略の狙いは4つあります。それは、①地球温暖化の防止、②循環型社会の形成、③競争力のある新たな戦略的産業の育成、④農林漁業、農山漁村の活性化です。

技術的な観点、地域的な観点、全国的な観点という3つのフェーズで、2010年を目途に目標を設定しました。技術的観点ではエネルギー変換効率の向上の目標、あるいは製品のコスト目標を設定しています。地域的な観点ではバイオマスを一定割合以上利活用する市

表 1 行動計画の主な具体策

●**全般的事項に関する戦略**

- ・関係府省の連携のためバイオマス・ニッポン総合戦略推進会議を設置
- ・情報拠点として「バイオマス情報ヘッドクォーター」を創設
- ・地域の実情に応じたバイオマスの活用計画策定を促進

●**生産、収集・輸送に関する戦略**

- ・バイオマスの効率的な収集・輸送システムの構築
- ・構造改革特区の活用によるバイオマスの効率的生産

●**変換に関する戦略**

- ・バイオマス利活用施設のモデル的整備
- ・革新的な変換技術の開発・実用化の促進

●**利用に関する戦略**

- ・バイオマス由来プラスチックの導入実験
- ・バイオマス発電を含め地域分散型電源による電力供給の容易化
- ・バイオマス由来の自動車燃料の評価・走行実験等の開始

町村を500程度構築する目標を設定しています。また、全国的な観点では、廃棄物系のバイオマスについては、炭素量換算で80%以上活用、間伐材など未利用バイオマスについては炭素量換算で25%以上を活用していこうという目標になっています。

どう取り組めばそういう目標が達成できるか、ということで、フィードバックしながら目標と一緒に、78の具体的な行動計画を取りまとめています。行動計画の主なものは表1のとおりです。

[全般的な取り組み戦略]

バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議、あるいは情報ヘッドクォーターの創設などを掲げています。

[生産・収集・輸送に関する戦略]

バイオマスの効率的な収集・輸送システムの構築を図ることなどを掲げています。

[変換に関する戦略]

バイオマス利活用施設のモデル的な整備と同時に、各種変換技術を開発実用化していくことなどを掲げています。

[利用に関する戦略]

バイオマス由来のプラスチックの導入実験ですとか、バイオマス発電を含めた地域分散型電源による電力供給の容易化などの方策を提示しています。

今後、こういうものを関係省庁と連携しながら進めていくことが重要です。さらに、策定の当初から関係省庁の連絡会議を引き続き開催していくと同時に、バイオマス、農林水産業関係というだけではなくて、廃棄物、あるいは燃焼ですとか、いろいろな分野の専門家によるアドバイザリーボードを新たに設け、そういうところからご提案をいただきながら進めていくことにしています。

司会 バイオマスにつきましては、国はもとより、自治体、企業、団体、多くの関係主体でいろいろな動きがあると思いますが、まず自治体の関係についてお話しをお願いできますか。

福田 最近、自治体の取り組みが非常に増えて、枚挙に暇がありません。

農業関係では京都府八木町が有名です。八木町では畜産環境問題と畜産経営上の課題である糞尿処理を解決するために、メタン醗酵処理による家畜糞尿処理施設を98年に建設しています。この施設は、乳牛や豚の糞尿からメタンを取り出すメタン施設と、肉牛の糞尿などを堆肥化する堆肥化施設で構成されています。一部のメタン施設では発電を行い、さらに排熱を回収して給湯、暖房などに使っています。それから、メタン施設では最終的な肥料を作っています。それまで廃棄物と見られていたものをきちんと有効に使っているということです。

森林の木質バイオマス関係でいいますと、わりと早く取り組んだのは大阪府高槻市などです。高槻市では、市と森林組合が温泉を自らもっているということもあり、間伐材や開発に伴って処理しなくてはならない立木を有効に使えないかということで、木質ペレットの製造工場を作っています。平成12年度に設備の整備に着手しまして、平成14年8月には稼動しています。それまで捨てられていたものを熱源として有効活用しているということです。

また、岩手県では県が組織を挙げてバイオ



福田 隆 政 氏

(林野庁 国有林野部 業務課長)

マスに取り組んでいるという感じです。県が「環境首都」を目指し、知事が音頭をとっているいろいろな施策を進めています。その一環として木質バイオマスエネルギーも中心的な課題の1つになっています。平成14年3月には岩手県新エネルギービジョンを策定し、その中で、豊かな森林資源を次世代に引き継ぐと同時に、農林水産資源を活かしたバイオマスエネルギーの活用に地域で取り組むことを明示しています。具体的にはいくつかの町村で保育所や小学校にペレットボイラーを導入しています。そういうものも私どもの補助事業で応援しているという状況です。

その他、木材業界の関係でも、通称「能代バイオ発電所」というものがあります。製材業の協同組合で、製材工場から出る廃材等を発電と乾燥用の熱源として使うという取り組みを進めています。これも稼動を始めています。

また、太平洋セメント株式会社の津久見工場の「木質バイオマス資源利用施設」もご紹介しておきましょう。これまで、石炭を燃料としてセメントを製造していたんですが、一部木質バイオマスを投入するということで、

セメント焼成用の設備の中に木質バイオマス
を投入するための施設を新たに作りました。
木材廃材の使用量が年間2万2,500トン、石炭
に換算すると約1万トンという大変な量を予
定しています。製材端材、建設発生材が主で
すが、山から出てくる間伐材の端材なども一
部使われています。

最近では熱も併せて取って総合効率を高め
ていくことを検討しているところも出てきて
います。そういった自治体の取り組みについ
ては、私どももできるだけ応援していきたい
と考えています。

司会 色々サポートしていく政策を講じら
れておられるということですね。

福田 そうです。補正予算などでも今の時代
に合っているということもありまして、そう
いう事業が認められてきています。実際には
新エネルギー・産業技術総合開発機構
(NEDO)の助成の下でビジョンを策定された
ものをフォローしたり、そういう、きちんと
調査された確率の高いものを私どもの事業で
応援させていただいています。

司会 それでは、団体、企業等の取り組みを
めぐりつつ、伊藤課長およびNEDOの小川室
長からお話をいただきたいと思います。

伊藤 先ほど2010年に向けて新エネルギーの
導入目標を掲げているというお話をしたので
すが、現状における新エネルギーの中でバイ
オマスが非常にウェートが高いのです。それ
は何かというと、製紙工場における黒液廃材
で、原油換算で450万kl程度あるということ
です。それについては今後それほど伸びないと
見込んでいます。むしろそれ以外、これまで

進んでいなかったところをどれだけ伸ばせる
かが課題だろうと思っています。

先ほどの「バイオマス・ニッポン総合戦略」
の中でも、紙とか家畜排泄物、食品廃棄物、
建築廃材といった廃棄物系バイオマスの導入
が比較的早く進んで、もみ殻とか稲わらとか
がその後に続き、未利用バイオマスはその後
2010年頃から進むというふうに段階的に導入
が進んでいくという絵が描かれています。

新エネルギー導入目標を作った時にもある
程度織り込んでいたことなのですが、バイオ
マス導入が進む背景として、この廃棄物系バ
イオマスのリサイクルを進めていかなければ
ならなかったということがあります。2001
年に発効した「循環型社会形成推進基本法」、
「家畜排泄物リサイクル法」、「建設リサイクル
法」、「食品リサイクル法」などの法律によっ
て、リサイクルに対する取組の方向性が決め
られました。

それからもう1つ大きいのは、ダイオキシ
ン類の排出規制強化です。平成14年12月から
規制が一段と厳しくなり、小型焼却炉は簡単
に作れなくなっています。今までの炉も使え
なくなっているということもあります。

こういったように、廃棄物系バイオマスを
エネルギーに限らず、資源としてもっと使わ
なければいけないとの要請が上流の方でかな
り強まってきています。上流と下流でそれぞ
れある種の仕掛けができてきたということが、
その間でつながれようとしている自治体、農
林水産事業者、あるいはそういったところに
技術、プラントを供給しようとするメーカー
の関心が高まってきた背景ではないかと思っ
ています。

現に、個々の自治体、技術のプラント化を
するメーカー、そういった情報に詳しいシン
クタンクの方々が、総括するような形でプロ

ジェクトを起こしておられる動きが我々の方にも聞こえてきています。そういう意味で、全体として取組みが加速していると思います。

司会 小川室長から事例なり、技術動向や導入策なり、普及策なりコメントがありましたらお願いいたします。

小川 私どもが高効率バイオマスエネルギー転換技術開発を取り上げたのは平成13年からです、それ以前にも廃棄物やバイオマスはどうするかということでいろんな技術開発に取り組んできました。2010年でのバイオマスエネルギー導入目標は、バイオマス発電、あるいは熱利用をあわせて年間101万kl相当まで引き上げることが目標となっていますが、この目標は通過点でそれ以降、ずっと増えていくんだろうと思います。

ところで、バイオマスというのは人類にとって一番古いエネルギーですから、薪ストーブやら、こたつやらと本当にたくさんの技術を利用してきたわけです。一方、非常に幸運というか、日本の中には極めて高密度、高品質なエネルギーをどこにでも供給するシステムが出来上がっているわけです。そこでバイオマスエネルギーというものは、まさに国産エネルギーですが、既存のシステムにとってある意味では非常に異質といいますか、使いにくいものです。技術的でも経済的にもそうであるということで、我々が今考えていることは、まず既存技術の導入、普及という作業で101万klの目標を目指すわけです。そうしているうちにより大きな可能性が見えてくるに違いなくて、それを支えるためにはより高効率で使いやすく経済性のよい技術を達成しなければならない。そういう意味で、導入普及と技術開発を並行して進めていると

ころです。

現在、高効率エネルギー転換については、7件の技術開発に取り組んでいますし、さらに追加でやろうと思っています。一部技術については、多分2010年に間に合うでしょうし、残念ながらそれに間に合わないものもあるかも知れませんが。あるいは、新しい技術の芽が出てくるかも知れない。色々な方々のお知恵を借りながら徹底的に追求しようと思っていますところですよ。

「バイオマスエネルギー」利用技術について

司会 それでは、このバイオマスエネルギーの利用技術の体系、あるいは主要技術の概要につきまして横山所長よりお願いいたします。

利用技術の体系、主要技術の概要

横山 非常に多様な技術ですが、熱化学的な方法と生物的な方法に分けられると思います。熱化学的方法の代表格が発電です。木材による発電、あるいはコージェネです。北欧ではコージェネシステムは盛んに行われています。この類でいいますと、石炭にバイオマスを混ぜて発電するという混焼発電ですが、こういうものは実用化に近いと思います。それからガス化技術があります。水素やメタンに変換していくという技術です。それから熱分解があります。これはヨーロッパで研究が盛んですけれども、木材系のものを無酸素状態で加熱しますと、4,000キロカロリーぐらいの低質の液体燃料が出てきます。これを暖房等に使えるという類の技術が欧米で進んでいます。

それから、液体燃料を作るという目的で、

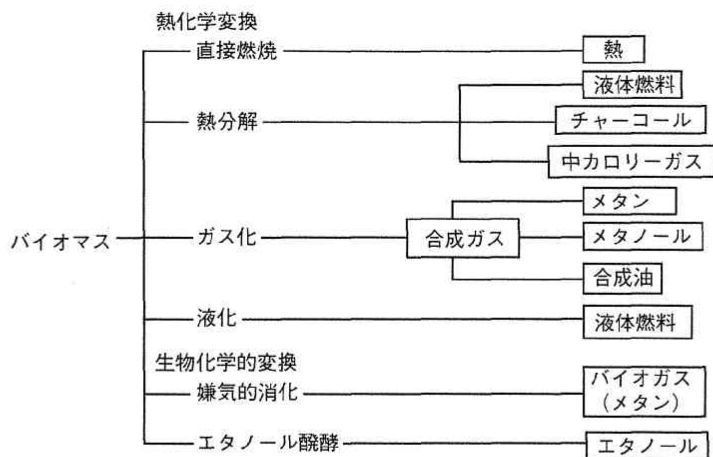


図2 バイオマスエネルギー変換プロセス

一旦木材等をガス化して、水素と一酸化炭素(CO)の混合ガスを作る。これから触媒を使ってメタノール、ジメチルエーテル(DME)を作るとかです。多分、こういう技術も近い将来、バイオマスから作れるということで、一部はNEDOの委託費で研究開発が進行中です。また、これには超臨界技術なども使えるわけです。超臨界状態を使ったガス化であるとか、セルロースの糖化であるとか、非常にバラエティに富んだ技術が期待できます。

一方で生物学的変換の代表格は、昔からあるエタノール醗酵ですね。それからメタン醗酵。エタノール醗酵の方は糖分、あるいは澱粉からアルコールを作るんですけども、最近、セルロースを糖化しまして、それからアルコールを作る技術が随分研究されています。日本でも今新しい醗酵プロセスによってセルロースからアルコールを作る技術が研究開発中で、コストダウンが期待されています。

それから、畜産系のものはメタン醗酵です。嫌気性消化でメタンを作っています。メタンを作る技術以外に水素を作る技術もありますが、水素の方はまだ研究開発中で、少し先の

ことだと思います。

それから、廃植物油、廃食品油、菜種油、パーム油等をエステル化してバイオディーゼルというディーゼル代替燃料も作れます。

さらに炭化、ペレットという技術もあります。

たくさん技術があるのは、出発物質が違うからなんです。乾燥したドライ系のものは発電、ガス化、熱分解に適していますし、澱粉質そのものはやはりアルコール醗酵が一番よろしいわけです。含水率の高い畜産糞尿等はメタン醗酵が最適です。それから油分を含んだパーム油、菜種油、あるいは廃食品油であれば、比較的簡単な処理でエステル化してディーゼル代替燃料にするというのが一番いいわけです。出発物質の性質が違うので、それに適した技術が対応しているのこういう複雑多岐になるということです。

技術開発の概要と成果

司会 今おっしゃった技術の体系のもとで、平成13年度からだったと思いますが、先程少

しお話がございましたように、NEDOにおかれて、「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発」が進められてきていると思います。その概要や成果なりについてさらにお話をいただければと思います。

小川 私どもが今進めている技術開発には、石炭とバイオマス、主として廃材などをボイラで混焼する技術、従来からあったメタン醗酵、エタノール醗酵をより効率的に、かつ経済的にできる醗酵技術、そしてバイオマスをガス化してクリーン燃料とする技術に大別されます。

具体的な例を挙げますと、石炭とバイオマスを混焼する技術ですが、最近、日本で使われている石炭焚きの火力発電所では、微粉炭焚きの超臨界発電、超々臨界発電とかハイテクを使っているんです。この際の燃料石炭は十分に管理されて使われているわけですが、そこにバイオマスを入れるとなると、簡単に炉に放り込むわけにいかないんですね。したがって、十分に吟味した技術を組み込む必要があるのです、そのための技術を開発しているわけです。

それから、期待しているのはガス化です。これまでは、バイオマスを燃やして水蒸気を作り、それで蒸気タービンを回そうとする。蒸気タービンというのは本質的に大型機でないと効率が上がらない。高効率化のためには、高温・高圧の水蒸気を大量に発生させなければならないのですが、日本ではバイオマスが1カ所で大量に供給されるということがなかなか困難です。したがって、残念ながら現在設置されている蒸気タービンはあまり効率が高いとは言えず、従って経済性もない、こう言い切っていると思います。

燃料が液体、あるいはガス体だと、それを用いる非常に効率のいいエンジンが既にあり

ます。液体だと、例えばディーゼルエンジンやガスエンジンといった小型でも効率のよい機械ができています。それから大いに注目すべきことは、最近、小さな容量でも高効率で発電できる燃料電池が実用化レベルにきています。小規模でも非常に効率のいい発電ができ、なおかつ熱利用もできる。つまり、少量でもクリーンな燃料があれば燃料電池で経済性ある発電熱供給が可能となる技術が準備されてきたということです。このような状況から、バイオマスのガス化技術を中心とした変換技術に取り組んでいます。

[バイオマス関連NEDOプロジェクトの成果]

我々は7種類の技術開発を進めています。まだ中間的な段階なのでどうこう言えませんが、混焼技術については思いのほか早く進展していて、うまくいきますと、来年、本格的な実証段階に入れるかなと期待しているところです。

それから、建築廃材などセルロース系バイオマスを前処理した上でエタノール醗酵に適する性状に転換する技術につきましても、要素技術はある程度目処が立ち、今年中には一貫したシステムとして運転できると思います。

それから、メタンに加えて水素も出せる二段醗酵技術についても、ある程度目処がつかまりましたので、システム最適化等を含め、一貫したプラントを作り、具体的な研究に入りたいと思っています。

[今後の計画]

要素技術完成後の次の段階としては、具体的に実証することを考えなくては行けない。今私どもNEDOの別の部隊で進めている導入・普及関連事業がありますが、それと技術開発をつなげまして一貫した方向で進めてい

きたいと考えています。

あと、発酵法でできたエタノールをガソリンや軽油に混ぜれば、自動車用燃料代替として十分に利用できます。運輸部分におけるCO₂排出量の削減効果が期待できる。実際の自動車での運転研究を進めるべく計画を立てているところです。

司会 私どもも、木質系バイオマスをガス化し、小規模ガスタービンで発電するという技術開発を関連メーカーと携わらせていただいています。メーカーでの技術開発と並行してシステムの技術的、経済的な評価ですとか、市場への普及、その効果を調査研究させていただいているところです。また、当研究所は長年高効率の廃棄物発電の技術開発に取り組んでおりまして、この分野でもお役に立っていただければと思っています。

工学的視点からの技術に対する評価

司会 ここで堤先生から、今進んでいます技術開発の現状などについてどのようにお考えになられているか、ご認識、評価などコメントをいただければと思います。

堤 まず、バイオマスの燃料としての特質についてですが、バイオマスは発熱量などの点で、質の悪いエネルギーであると言われます。

そう言われる原因の1つは、水分をかなり含んでいるものがあるということです。確かに、そのまま燃焼させれば水分の蒸発潜熱を回収することができないんですが、それはガス化なり、何らかの方法でエネルギー変換してやることで解決できる問題です。

バイオマス自身は石炭や石油と比べますと、例えば灰がほとんどありません。あと硫黄分

も少ないということで、石炭、石油等に比べるとはるかにクリーンな燃料です。したがって、バイオマスは一般に言われているほど質が悪いというより、むしろクリーンな燃料なんだと考えるべきだと思います。

反応プロセスから考えましても、例えば石炭や石油ももともとはバイオマスからできたわけです。ガス化、熱分解などをとりましても、バイオマスの方がはるかに反応性がいいわけです。石炭だと、ガス化、熱分解する際に最低でも600℃～900℃の熱が必要なんです。が、バイオマスだと、セルロースの場合なら400℃ぐらいで簡単に熱分解します。そういうふうに考えますと、バイオマスというのはかなり使いやすい燃料だと言えます。ただ、私たちがこれまで扱ってきたエネルギー技術にそういったものが含まれていなかったために、バイオマスのエネルギー利用がなかなか難しいと言われているだけと考えます。

個々の技術ですが、まず水分が少ないバイオマスについては、直接燃焼が非常に簡単です。バイオマスはあまり大量に集められないという問題がありますが、これは石炭などと混焼することで解決できます。できれば、石炭の設備をそのまま使って、バイオマスを取り入れられるような技術を考えていくということで、かなり早い時期に導入ができる。こういう点は大きなメリットで、先ほどお話があったように、かなり動いている。特にアメリカなどではかなり進んでいて、現実的です。

熱分解、ガス化、液化技術の中では、ガス化が一番のターゲットだと思います。といいますのも、現在、例えば石炭なら微粉炭燃焼で直接燃やす、重油なら重油バーナーで燃やして発電するというふうになっていますが、高効率化を実現するためにはいずれも一旦ガス化して、ガスタービンを使って高効率発電を

するというのが世界的な技術の趨勢になっているからです。それを考えますと、バイオマスもガス化によって高効率化できるという点でやはり非常に魅力的です。最終的には大規模なIGCC (Integrated Gasification Combined Cycles) です。そして、合成ガスからメタノールやDME、水素等も製造できます。あるいはガス化して燃料電池と組み合わせる。そういったものが考えられると思います。導入初期においては、まず、小規模なガス化装置でガスタービンを動かす、ガスエンジンを動かす、あるいはガス化してタービンを動かしてコージェネで勝負する、こういったシステムというのはやはり現実的に進めやすい技術だと思います。

生物化学的変換では、エタノール醗酵からお話ししますと、特にアメリカが非常に熱心に精力的に開発しています。ただ、いくつか技術的なハードルがあります。エタノール醗酵の場合、バイオマスすべてがエタノール醗酵できるわけではないということ。それから、水とエタノールの混合物で出てきますので、分離する必要があります。これも蒸留ではなく、膜分離でやれば必要なエネルギーが少なくなりますので非常に期待されます。醗酵できないバイオマスについては、遺伝子工学によって、少し革新的な醗酵法ができる可能性があるということで期待したいと思います。

それからバイオガスですね。これも福田さんから最初にご紹介がありましたように、し尿処理ということでもかなり入っています。現に、インドや中国ではバイオガスダイジェスターが500万ユニット以上入っています。実はこれが一番コストが安いですね。家庭用で4～5 m³の穴を地面に掘りまして、そこに動物糞などを入れれば、1カ月ぐらいでバイオガスが出てくる。バイオガスというのはメタン



堤 敦 司 氏

(東京大学大学院 工学系研究科
化学システム工学専攻 助教授)

が6～7割程度、あとはCO₂と若干の水素が含まれています。メタンを改質すれば簡単に水素が得られます。4 m³の家庭用バイオダイジェスターだと、多分、インドだと数千円ぐらいでできます。

日本では、この技術を廃棄物処理技術としてとらえるならいいのですが、エネルギー技術と考えますと、通常1カ月という反応時間がかかります。反応時間を短縮するにはプラント化が必要になりますが、日本のように土地代が高いところでは、設置コストが高くなって普及はかなり厳しいかなと思います。

生物化学変換一般に言えるんですが、例えば、バイオガスの場合はガスと同時に半分は残さとなります。通常はこれを肥料として使っています。ところが、わが国の場合、食糧を輸入していますので、食品等の廃棄物から肥料を作るとなると、窒素分、リンなどが過剰になります。ここら辺が少し問題だという気がします。

まとめますと、それぞれ工夫次第でかなりポテンシャルがあると思いますが、中で最も重要なのはガス化だと思っています。

海外主要国の動向と日本のあり方

司会 バイオマスは他の再生可能エネルギーと同じように、いろいろ国情、各国の事情も違いますので一概には言えないかと思いますけれども、ヨーロッパやアメリカは、わが国から見れば「バイオマス先進国」とも言えるような状況にあると思いますけれども、そういう国々の現状、動向などについてお話を伺えればと思います。

まず、EUについて横山所長から、北米、南米について伊藤課長からお話をいただければと思います。

横山 EUの場合は、バイオマス以外の地熱、風力なども含めた再生可能エネルギーが現状、1次エネルギー供給の平均で約6%導入されています。そのうちバイオマスは7割近くになります。これを2010年に倍にしよう、さらにもっと増やそうという動きも出ています。

特に北欧はバイオマスエネルギーの導入が盛んで、例えばスウェーデンでは20%を超えています。その理由はいくつかあると思うんですが、寒い地方ですから、冬場の暖房、熱需要があり特にコージェネが盛んだということ。それから、紙パルプ産業が盛んですから、そういう産業とリンクした格好で林産材が手に入る。しかも山は一般に日本に比べてなだらかですから輸送しやすいという背景があると思います。

それからもともとスウェーデンですと、30年ほど前から熱供給管のインフラがあるわけです。昔は石炭を使っていたんですけれども、原料を単純にバイオマスに変えたらよろしい、そういうインフラの設備が既にあるというこ

と。そして環境意識が高いということも挙げられると思うんですね。

問題はコストです。バイオマス自体の木材の値段にしても過去15年、20年を遡るとずっと安くなっています。半分か3分の1ぐらいです。しかし、そのままでは石油、石炭に比べると高いんです。高い分、スウェーデンは工夫をしています。石炭、天然ガス、石油にエネルギー税、炭素税、硫黄税をかけています。そうしますと、バイオマスに初めて経済性が出てくるのです。そういうことで導入普及が進んでいます。この例が必ずしも直ちに日本に当てはまるとは思いませんが、それぞれ国情に合ったシステムを考えるという意味では参考にはなると思います。多分、これからは北欧ではこのバイオエネルギーの普及率が上がっていくだろうと思います。

伊藤 アメリカはバイオマスに熱心です。クリントン政権は、2010年までにバイオマスエネルギーを3倍ぐらい拡大しようと言いました。ブッシュ政権になって、今度は農業政策でエネルギープランテーション産業を助成しようとか、電力として使う方にいろんな仕掛けをすとか、予算面、制度面で非常に充実してきていると思います。

ブラジルは砂糖の一大輸出国ということもあって、燃料用アルコールを国内で使ってきました。できたら海外にも需要拡大していきたいというくらい供給余力があるようです。わが国も、供給量や値段を加味しなければいけないと思いますが、検討対象には入れておく地域だと思っています。

ただ、やはりアメリカもブラジルも国内に大きな農業生産力がある、そのスケールメリットをどう生かしていくかというところがあるものですから、競争力はかなりあると



小川 健一郎 氏

（新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境技術開発室長）

感じています。我々としては経済性、安定性があれば、エネルギーとして使いやすい部分が出てくると思います。他方で、どうせやるなら国内資源を使うという考え方もありますから、そういった産業政策の中でも検討していく部分があるのではないかと思います。

司会 エネルギー事情や色々な産業の事情、また社会的なインフラだとか自然条件も考慮すると、一概に言えないところもあると思いますが、一方で各国の状況は今後わが国のバイオマスの開発を進めていく上で参考になるところも多いのではないかと思います。

小川 EUについて横山所長が言われたことに加えて、北欧諸国では、トータルエネルギー消費量は日本に比べて全然少ないんですね。一方、バイオマス資源の賦存量は大体日本と同じぐらいです。そうすると、国産エネルギー資源が消費量に対して圧倒的なプレゼンスがあるわけで、それが「国産エネルギーであるバイオマスを使う」ということにつながっているのだと思います。

一方、日本はエネルギーの消費量が多いところへもってきて、バイオマスが多いと言っても、山が陰しかつたりして集めるのが容易ではありません。使い方について、コージェネだと、日本の場合、熱供給導管があるのは大都市だけです。そういう意味でも、バイオマスを使いにくい社会状況になっていることは否めません。

技術開発の研究という観点からは、日本の実状にあった技術を用意しなくちゃいけないと思います。

福田 私どもも逆の意味で、同じことを考えています。日本の森林資源を全部使おうというのは無理な話です。

林業では、丸い木を真四角の柱にする際に端材が出ます。この端材、「背板」と呼んでいます。昔はチップにして使っていました。それが輸入チップにとって替わられたものだから、今はゴミになっています。これを捨てるとゴミ代がかかりますから、それがゼロ円の燃料としての用途があれば、例えば、製材工場の隣に乾燥の熱源に使える共同燃焼施設があって、場合によっては電気も使えるかもしれないとなれば、端材は使えるわけです。だから、どこまで使えるかという用途開発が非常に大事だと思う。

日本では、一度、木材はエネルギー源では使えなくなったので、研究者もメーカーも力を入れなくなって、しばらく技術の勉強もせず、どこの企業も燃焼装置を作らなかった。一方、ヨーロッパは、バイオマスを色々な用途に使っていたものですから、随分メーカーがいくつもあって競争しながら機器を作っています。その差がバイオマスの普及の差の1つの背景にもなっているような気がします。競争があって、そこである程度物が流れてい

かないとやっぱり前に進まない部分があるかなと思います。

日本の場合、今残っている機器というのは製材工場に単品で収めていますから、ものすごくコストが高くなるわけです。水力発電用の機器も、大きいものも、小さいものも単品で作るわけですからとんでもないコストになってしまう。

ところが、ヨーロッパは日本と違って電力がどこでもあるわけではありません。電気がない所、例えば山の中の別荘などでは、水力発電しか使えないもんですから、インターネットで20kWなら20kWのものを買って、自分でくっつけて小屋で使う。そういうものというのはインターネットで買えて、量産できるから、安くなるわけです。

競争、市場、いくつ作るかということだと思んですが、そういうもので1つは変わってくると思います。やはり、小規模なガス化技術といった小さい技術が日本の得意とするところなので、そういうところで新しいものが出てくると変わってくると思います。

一度に全部変えよう、全部使おうというのは絶対無理なので、使えるところからやっていこうということではないでしょうか。若干時間はかかるかもしれませんが、少しずつ競争しながら良いものになっていく。そういうところにきていると思います。

伊藤 私も今おっしゃったような意識があります。例えば「チップを作る小型の機械を作ってくれ」といわれれば、「1個作れますけど高いですよ。あちこちで需要があるんだったら、安くなります」ということになる。多分、そういうミスマッチが起こっているところがある。需要が先か、製品が先かというところがあります。そこは国が少し引っ張っていく部分じゃないかと思っているんです。

太陽光は、国内需要があったので伸びたということがあります。国内需要がこれぐらい広がりそうだと見せないで、やる人もいないかなと思います。マーケットを具体的に示すことが必要ではないかという気がしています。

「バイオマス」を巡る東南アジアとわが国

司会 ここまで欧米を中心に伺ってまいりました。あわせて、バイオマス利用のための機器の供給のあり方などの産業的側面についてもお話が広がってきています。

バイオマスは、東南アジアの国々にとって有力なエネルギー源であろうと思います。わが国に近いアジアの国々とわが国とのバイオマスをめぐる将来の展開について、産業技術的観点も含めてお話を伺えればと思います。

横山 日本にはバイオマス資源の賦存量という制約があります。そのために発展性が見えないという認識があると思います。ただ、東南アジアには、相当量のバイオマス資源があって、中国を始めとして急速に経済発展をしています。しかも石油が十分にあるわけではない。そういうことを考えれば、わが国の技術を東南アジアの資源のポテンシャル、人的なポテンシャルと組み合わせれば非常に大きな新たな展望が開けると思います。

日本の先端的な技術を移転して現場でそういう産業を起こす方向があると思います。日本のバイオエネルギー関係、あるいは廃棄物関係の特許技術は非常に多いんです。欧米を圧倒している分野です。この日本の技術をバイオマス資源の豊富な東南アジアで活かすことで、日本は日本としての利益が得られると

思います。例えば、京都議定書のクリーン開発メカニズム（CDM）とか、CO₂排出権の問題、国内企業の活性化、現場では雇用の促進、地域産業の活性化、ひいては社会の安定化につながるわけです。双方に便益があるような仕組みがあると思います。

下手をしますと、欧米の方が全部東南アジアの資源を利用して日本がコミットできなくなってしまうかも知れません。何かそういうようなアプローチもあるのではないかと思います。

小川 実は、私自身、今のご指摘にはとても関心がありますが、海外でのバイオマスエネルギーへの取り組みについては、あまり議論されていないような気がします。それから、いわゆるローテクでバイオマスエネルギーを使うとなると、それこそ中国やタイの企業との競争になるので設備コスト面で勝てないのではないかと思います。特許を使っても特許料しか入ってきません。結局、海外製品が日本になだれ込んでくる。そうすると、バイオマスをたくさん使っていくためには、例えば中国製や、タイ製の安い炉や醗酵槽が日本に入ってくる。結局、日本のメーカーは、ますます力が入らなくなることが起こるのではないかと思います。

少しだけ脱線させていただきますと、日本にはまだバイオマスという資源があるわけです。ですから、それを使う技術を開発する足がかりはまだあると思います。ところが、石炭に関して言えば、その資源すらなく、それを使う技術だけが必要なわけです。その使う国産技術も、日本の市場が冷え込んでいるために、当分の間は仕事がなくなってしまう。せっかくの先端技術が立ち枯れていくのではないかと危惧しているわけです。それよりはバイオマスはもっといい条件にあるような

気はしつつも、装置とかプラントとして考えた場合、産業空洞化の議論の中に組み込まれる話のように思えます。ここら辺は産業政策として考えないといけないのかもしれない。

堤 確かにわが国は、狭い国土に集中的に大規模な装置を入れてエネルギー生産を行っています。どの家に行っても電気が通っていて、だから小規模のコージェネレーションといったマーケットが少ないわけです。でも、別の考え方をすれば、例えば色々な産業で中小規模のボイラーで燃料を燃やしていますが、そこら辺に小規模、中規模のバイオマスプラントが入るポテンシャルはあると思います。だから、北欧でやっているようなコージェネをイメージするのではなく、もっと、例えば製材工場も実際ボイラーで水蒸気を発生させて乾燥とかに使ったりするわけですね。そういったものがあるわけで、工夫次第でバイオマスエネルギーの利用先を見つけていくのは可能だと思います。

もう1つ、バイオマスのポテンシャルを考えると、1日100トン集められる所はそんなにありません。多分、1日100トン規模でエネルギープロセスをやれるのは、廃棄物処理だけだと思うんですね。小規模で長期安定に入れられないバイオマスは、発想を変えないといけません。石炭、重質油、残油をガス化する技術を、バイオマスや廃棄物も大規模に導入できるという枠組みで開発できれば、日本だけではなく、世界マーケットも狙えると思います。だから、必ずしも小規模でローカルに使っていただくだけではなく、もっとハイテク技術の応用を考えていくといいという気がします。

小川 ただ、中国に人海戦術でローテクでやられるということもあり得るわけで、日本としては先端技術、例えば液体燃料を作る技術

でやっていくというようなことが現実的だと思います。アルコール醗酵、メタン醗酵のように、装置自体はローテクで足りるとすれば、コストで負けますよね。だから、その辺のチョイスが大事だと思いますね。

堤 大きなタービンだとか、大きなガス化炉だとかは宇宙開発、航空機開発とかと同じです。ですから、先進国でないとできないものですけど、小規模なものは負けますよね。

小川 例えば、いざプラント建設ということになると、日本企業に頼むよりも、輸送費を入れても海外で作らせた方が安いということが出てくると思うんです。国家的課題として産業競争力強化という面もあるわけですから、エネルギー問題は改善されたが、しかし物づくり産業の空洞化につながるのではないかと心配するわけです。ハイテクが十分に盛り込まれないと、日本ビジネスとしてはなかなか厳しいと思います。

例えば、日本でやるからプラント規模も小さいのだけれども、マレーシア、インドネシアに行ったら大規模でやれるかもしれないというところもあったりするかも知れません。そのあたり、十分に調べた上で、一番いい技術を選んでやらないと、虻蜂捕らずになってしまうのではないかと心配もしてはいるんです。

堤 やはり、どうしても廃棄物系バイオマスからある程度入らざるを得ないですね。しかし、廃棄物は逆有償ですから、どうしても高価なプロセスで小規模でというところから始まりますね。そうすると、大規模なエネルギープロセスになかなか成長できない。マーケットがないところに作るものですから、できたプラントなり、技術が競争力を持たないも

のになってしまいます。ここら辺が問題で、気をつける必要があるのではないかと思います。

バイオマスを大々的に導入するためには、バイオマスがエネルギーとしての商品価値をもって流通する市場を作ることが本質的に重要ではないかと思います。

「バイオマス・ニッポン総合戦略」でも基本的にはバイオマスからエネルギーだけでなく、いろいろ有価物を取って、複合的に商品として成立させようという考え方だと思いますので、そこら辺の視点は重要だという気がします。

わが国における「バイオマス」取組みと課題

司会 バイオマスは非常に注目されていて、その長所につき色々強調されておりますが、これから利用を拡大していくということでは課題もまだまだ多いことと思います。

最後に、技術面、政策面、社会面などでの課題とその取り組みに関する提言について皆さんからお話しいだけますか。

伊藤 国内にあるバイオマスをエネルギー、資源として使っていく場合、できるだけ広域で集めるという形になると思いますが、現実にはなかなか難しいでしょう。

そうは言いつつ、バイオマスへの取り組みが非常に大事なんだということを各界、各層に理解してもらったり、その担い手となる地域の取り組みを応援していくことがすごく大事ではないかと思います。バイオマス資源が発生する場所、その資源の使い方、その資源を使う場所の3つがばらばらではなくて、全部つながるような形で回らないと、エネルギ



稲葉 裕俊氏

(エネルギー総合工学研究所 専務理事)

ーのように価格競争の激しい世界での導入拡大は難しいのではないかと思います。

自治体、地域の取り組みを進めていくために諸規制、各省の施策をできるだけ合わせ技で使ってもらうことが大事です。「バイオマス・ニッポン総合戦略」で今回できる推進会議、あるいは地方にある国の出先機関、あるいは県というふうに、行政側も何層にも分かれています。まず同じ方向で施策を進められるように整えるということと、一番のコアにある自治体、市町村、あるいは草の根的な活動をされている方々、住民、そういったところの活動を難しくないようにしていくといったことが、これから実際に進めていく時にはすごく大事ではないかと思っています。

福田 例えば、高槻市は単にバイオマスのペレット工場を作って、それを以前から経営していた温泉の熱源に利用していくとともに、地球環境学習にも利用して地域の小学校の生徒さんの学習の場としても活用する、あるいは出てきたチップを温泉に使って最後に出てきた灰を肥料にして近所の農家に提供している。そういった人たちがまた地元で作った野菜だということで、地元の人が買うとか実践

しているわけです。さらに、地域通貨にも取り組みたい、と検討されています。

エネルギーとしての利用ということと、それから出てくるものを有効に使って循環型社会を自分たちが作っているという地域の誇りみたいなものが大切なのであって、住んでいて気持ちがいい、という地域を創っていく。そういう運動ともつながっている。

そういうことを関係省庁の横の連携でお互いに勉強しながらやっていかなければならないのではないかと思います。

堤 今のはいわゆるクラスター形成のバリエーションの再構築ですね。

小川 20年前、分散型エネルギーが話題になって全国の自治体を多く訪ねた時に、自治体にはエネルギー担当者がほとんどなかった。エネルギーというのは石油屋、ガス屋、電気屋が黙って供給してくれるものだという社会の了解・意識があって、その中で日本人は生きていたわけです。ところが、今は違うんです。地域に行くと、みんなエネルギー問題を環境問題、地域振興とからめて一生懸命やっていたら、多分、先鞭をつけたのは廃棄物発電でしょうが、太陽光、風力、バイオマス、最後は一般家庭までそうなりつつありますね。

エネルギーというのは自分で作る、使うという発想が一般国民にじわじわと染み込んできています。日本におけるエネルギー供給というのは、国が、あるいは巨大会社がやってくれるということでしたが、今後はそれが少しずつ変わっていくのだと思います。

バイオマスというのはまさに日本人が最も親しんだ燃料形態ですから、「バイオマス・ニッポン総合戦略」という一種の巨大なキャンペーンが今後の基本骨格になっていくだろうと私は思っているんです。

福田 平成15年4月からRPS法が施行され、非常にいい制度が始まります。これはバイオマスも新エネルギーの一環として入るわけですけど、電気以外にもバイオマスは使えます。

先ほど「バイオマス・ニッポン総合戦略」で500ぐらいの市町村でバイオマスを導入する時、電気以外での導入も加速されるよう努力していただきたいと思うわけです。

堤 林業をバイオマス総合産業として再構築する場合、バイオマスをどういう形で利用していけば良いのでしょうか。

福田 バイオマスインダストリーとして、林業の収益性に寄与する、というのはなかなか難しいことだと思います。バイオマスとして利用されるのは、廃棄物との境界にある低質なものであるからです。林業との関連ということで申し上げれば、むしろ「持続可能な森林経営」の実践や地産地消の考え方との関係に注目しています。

今、林業の世界では「持続可能な森林経営」が国際的スローガンとなっています。何が言われているかという、必ず小面積ずつ植えたり、切ったりを繰り返しながら経営するということです。その一方で、どういう山で育てられて、どういう木で、どういう形で製材をされて自分のところにきたものか。その加工をする過程ではどういう形で乾燥されて、エネルギー、端材はどういうふうに使われたか、あるいは廃棄物は適正に処理されたか、そういうものがきちんとされたものをみんなで使いましょうという世界的な流れがあります。

国内でも国産で、生産・流通・加工の履歴がしっかりしたもの、わかるものを使っていきましょうという流れがあります。バイオマスはそういうものと関係が深いのかなと思います。

堤 新しい森林のビジネスモデルができつつあって、その中にバイオマスを取り込めないものかと思います。わが国は7割近くが山ですから、東南アジアも含めて、ちゃんと考えないといけないと思います。

横山 燃料化を考えても、バイオマスエネルギーの関連プラントやバイオマス燃料にもある種の標準化、規格化が必要です。北欧では、燃料の規格化、標準化が進んでいます。そういうこともあわせてやればと思います。

福田 日本も早くジャパNSTANDARDをバイオマス分野でも確立して、海外展開できるようになるといいのではないかと思います。日本の製造技術を東南アジアとかで同質のものを作するためです。そういう基準作りが大切ですね。

司会 バイオマスは古くて新しいエネルギーです。私どもの研究所は1978年にできたんですが、80年代の初めには、バイオマスエネルギー、特にバイオマスからのアルコール燃料についても色々勉強したものでした。それが20年たって再び脚光を浴びてきました。このバイオマスが有力な新エネルギーの1つとして、今後開発利用が着実に進むことを期待して今日の座談会を終わらせていただきたいと思います。本日は長時間大変ありがとうございました。

『電気事業者による新エネルギー等の 利用に関する特別措置法（RPS法）』について*



堀 史郎（経済産業省 資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部
新エネルギー等電気利用推進室長）

はじめに

高まる新エネ導入期待

「新エネルギー」の導入推進が最近非常に脚光を浴びている中、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」（RPS法）が、平成14年5月31日に参議院本会議で可決され成立いたしました。その後、所要の政省令の公布を経て、12月6日には設備認定に係る部分が施行されています。このRPS（Renewables Portfolio Standard）法は、電気事業者による新エネルギー等による電気の利用を義務づけるという法律で、その義務づけは平成15年4月1日から始まります。

この法律の制定の背景として、平成13年7月に「長期エネルギー需給見通し」が改正され、新エネルギーについては2010年度に向けての導入目標が打ち出されました。具体的には、1999年において1%である1次エネルギー供給に占める割合を3%（熱供給を含む）

に引き上げる、販売電力量の中に占める新エネルギーの割合を、0.2%から1%に引き上げるということです。

「新エネルギー」の取り組みについては既に「新エネルギー利用等促進法（新エネ法）」（平成13年11月改正）という法律があり、従前から導入促進支援を行ってきましたが、この目標を達成するには、従前の取り組みだけでは不十分だということで、平成13年夏から「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会」で検討を開始し、同年末にRPS制度を導入することが適切という結論に達しました。

エネルギー需給見通しの改定は、エネルギーセキュリティ、エネルギーの使用の効率化と並んで、地球環境問題、温暖化問題への対応を踏まえたものです。

また、今年初めに閣議決定された「地球温暖化対策推進大綱」でも「新エネルギー」導入拡大による二酸化炭素（CO₂）の削減効果が強く期待されています。従いまして、「RPS法」の導入は、「地球温暖化対策推進大綱」の中でも非常に重要な施策として位置づけられているわけです（表1、表2）。

* 本稿は、昨年12月20日の「第208回月例研究会」におけるご講演を、本誌掲載のためにテープ起こし、4月1日現在の状況にあわせて加筆・修正して頂いたものです。

表1 「新エネルギー促進法」(平成9年制定)

広く国民に新エネルギー全般の導入拡大に向けた指針を示し、新エネルギー利用として特に有効な事業者の計画を認定し、支援する法律																					
○導入拡大に向けた指針の策定(閣議決定事項)																					
・エネルギー使用者、供給者等が講ずべき事項、施策について記述。 ・併せて種類別の導入目標を設定。()内は、2010年度目標																					
(例)	<table> <tr> <td>太陽光発電</td><td>(482万kW)</td></tr> <tr> <td>風力発電</td><td>(300万kW)</td></tr> <tr> <td>廃棄物発電</td><td>(417万kW)</td></tr> <tr> <td>バイオマス発電</td><td>(33万kW)</td></tr> <tr> <td>太陽熱利用</td><td>(439万kl)</td></tr> <tr> <td>廃棄物熱利用</td><td>(14万kl)</td></tr> <tr> <td>バイオマス熱利用</td><td>(67万kl)</td></tr> <tr> <td>未利用エネルギー</td><td>(58万kl)</td></tr> <tr> <td>黒液・廃材等</td><td>(494万kl)</td></tr> <tr> <td>【全体合計】</td><td>(1,910万kl)</td></tr> </table>	太陽光発電	(482万kW)	風力発電	(300万kW)	廃棄物発電	(417万kW)	バイオマス発電	(33万kW)	太陽熱利用	(439万kl)	廃棄物熱利用	(14万kl)	バイオマス熱利用	(67万kl)	未利用エネルギー	(58万kl)	黒液・廃材等	(494万kl)	【全体合計】	(1,910万kl)
太陽光発電	(482万kW)																				
風力発電	(300万kW)																				
廃棄物発電	(417万kW)																				
バイオマス発電	(33万kW)																				
太陽熱利用	(439万kl)																				
廃棄物熱利用	(14万kl)																				
バイオマス熱利用	(67万kl)																				
未利用エネルギー	(58万kl)																				
黒液・廃材等	(494万kl)																				
【全体合計】	(1,910万kl)																				
バイオマス、雪氷の新エネ法政令への追加に伴って、近く改定を予定。																					
○利用計画の認定																					
新エネ利用を行う事業者の計画を、主務大臣が認定する。																					
・主務大臣 当該事業所管大臣(経済産業大臣)																					

新エネ導入促進政策

これまでの取り組みと今後の課題

新エネルギーについては、従前から導入促進の取り組みを図ってきました。具体的には、①補助金等による導入促進策、②コスト低減化などのための技術開発、③新エネルギー導入のための環境整備というような大きな3つの取り組みを重点としています。さらに、以下のような新エネルギーそれぞれに固有の問題に取り組んでいます。

[太陽光]

太陽光発電については、生産量が世界の4割を占めるなど、国際的に見て進んでいます。更に、普及の観点からはコストの低減化が最大の課題であります。これについては導入の拡大のための支援として、導入補助金とコストダウンのための技術開発を組み合わせ、低コスト化を図っています。2010年あたり

表2 「RPS法」(平成14年制定)

電気事業者に対して新エネルギー等による電気の利用を義務づける法律
○電気事業者全体の<u>新エネルギー等電気の利用目標の設定</u>
・新エネルギー等電気とは、風力、太陽光、地熱、中小水力、バイオマス、その他を交換して得られる電気のこと。 ・利用目標とは、2010年度で122億kWhを想定。 (新エネルギー源ごとの内訳目標はない)
○各電気事業者が達成すべき新エネルギー等電気の<u>基準利用量は、個々の供給電力量の比率等で全体の利用目標を配分</u>
・電気事業者がどの新エネルギー源によって、基準利用量を達成するかは自由。
○<u>基準利用量を達成することについて法的担保あり</u>
○<u>新エネ発電設備であることを国が認定</u>
○<u>実際の義務は平成15年4月から予定</u>

には他の新エネルギーと競争ができるようにすることを目指しています。

[風力]

風力発電については、立地条件や経済性の面から諸外国に比べて導入量が少ないのが現状ですが、最大の問題は出力の不安定さです。今後、風力発電の大規模な導入に伴って、新エネルギーの電力系統への連系が増加するにつれて、電力系統への影響が指摘されています。これについては、安定的な電力供給確保に向けた課題にハード、ソフト両面から取り組んでいくことが必要であり、今後具体的な方策の検討を行っていくことを考えています。

[バイオマス]

従前から行われてきた一般廃棄物の焼却に伴う発電については、必ずしもすべての発電施設が効率的な発電を行える構造になってい

ないという状況があります。従って、一般廃棄物発電について高効率化を図ることが非常に重要だと思っています。具体的には、蒸気の高温・高圧化やプラントの大規模化によって、発電効率を高めることや建設単価の低減を図っていくことが重要です。

一方、一般廃棄物以外のバイオマスエネルギーについては、これから大きく伸ばしていかなければいけない、まだまだ開発余地のあるエネルギーだと思います。バイオマスには、木質系といわれている間伐材や木材チップ、建築現場から出る建築廃材、下水汚泥、家畜糞尿、食料残渣、色々なものがあります。そういった資源の収集・発電コストの低減に向けた効率的な収集体制の確立などが課題です。このため、それらをどう活用するのが一番効率的か実証試験などを行い実績を重ねていく必要があると思っています。

RPS法制定で幅が広がる新エネ政策

もちろん、これらの導入促進、技術開発、環境整備をこれからも続けていくことが必要です。平成9年に「新エネ法」の策定を行って、施策を進めてきました。さらに今回の「RPS法」で、新エネルギー等電気の購入が義務化されます。これからの新エネルギーの導入促進は、従来からの取り組みにこの「RPS法」の施策が相まって、加速化していくことが期待されます。

RPS法の概要

「RPS法」について既に平成14年11月末か

ら全国各地で説明会を開催しています。また、現在RPSのホームページ**を開設し、資料、Q&A等々のインフォメーションはすべて掲載しています。

水力はダムのない中小水力が対象

RPS法の対象となる「新エネルギー等」は、「太陽光」、「風力」、「バイオマス」、「水力」、「地熱」です。このうち水力と地熱は従来から導入されているエネルギーで、「新エネルギー」と呼んできませんでした。しかし、今回、特に1,000kw以下の中小水力については、未だ開発余地が多い未利用資源ということで、政策的に本法では「新エネルギー等」という定義を設け、この「新エネルギー等」に含まれるものとして位置づけました。

地熱発電については、熱水の噴出量が相当減衰されず担保されているものを、この「新エネルギー等」に含まれるものとして位置づけています。

廃棄物発電を巡る議論

バイオマス発電には廃棄物発電のうちバイオマスに起因する部分が含まれます。「新エネ法」では廃棄物発電が対象として規定されていますけれども、「RPS法」ではバイオマス発電と規定されています。実際問題として廃棄物発電のうち今回対象としなかったのは、プラスチックや廃油、廃タイヤといった石油起源の廃棄物の利用に起因するエネルギーです。

廃棄物発電についてはすべてを対象にすべきではないかという議論があります。「今でも廃棄物は燃やしている以上、それを発電に利用することはエネルギーの有効利用につなが

** www.rps.go.jp/RPS/jsp/00/generalPage.jsp

るのではないか」ということです。一方、「石油起源の廃棄物の燃焼でCO₂が排出されることには変わりはなく、石油起源の廃棄物の燃焼はCO₂の排出を増大させるので、これはやっぱりよくないのではないか」という反対意見もあります。

国会でも審議の過程で色々なご意見が出て、廃棄物発電、特に廃プラスチック等を燃料とする産業廃棄物発電については抑制的観点に立ち、マテリアルリサイクルの推進を阻害しないようにすることという付帯決議がなされました。

マテリアルリサイクルすべきものと、できないものを区別し、マテリアルリサイクルできるものはリサイクルにという命題ができたわけですが、果たしてそういう区別ができるか半年ほど検討した結果、そういった切り分けは、現時点では難しいだろうという認識に至りました。

例えば、容器包装リサイクル法では、リサイクルするプラスチックの判別は自治体ごとの事情に応じてやってくださいということになっています。リサイクルすべきものの概念が地域性、経済性の問題との関係で、一義的に規定できないという状況です。従って、今回は、継続審議ということにして、対象エネルギーから外しているということです。

ただ、バイオマスについては法律上明確に規定されており、実際のバイオマス発電でもバイオマス分と非バイオマス分を混焼している事例がほとんどだと思います。従って、バイオマスの取り扱いについては、全体の中でバイオマスの割合を計算していただいて、その割合に見合った分だけを新エネルギー等電気とするという手段を取ることにしています。

例えば、一般廃棄物の場合、年に4回ぐらいサンプリング調査で、どのぐらい生ごみと

かプラスチックが入っているか検査しています。また、産業廃棄物を取り扱っている事業者については、産業廃棄物管理票その他の書類で、こういったものが搬入されているか統計を取りバイオマス比率を計算して頂きます。トラックで運ばれている方についてはトラック単位で重量を計ったり、日報をつけたりとか、いろいろな形で記録されていると思います。そういったものについてバイオマスの量と熱量を計算してもらい、それをもとに、全体の中でのバイオマスの比率を計算をしてもらうことにしています。

RPS法のエッセンスは3つ

「RPS法」のエッセンスは3つです。1つ目は利用目標の設定です。2つ目が電気事業者に対する利用の義務づけ。3つ目が設備認定です。

新エネルギー電気の導入促進には二通りの形があります。1つには量を規定するというやり方でRPS制度です。もう1つが価格を規定するというやり方で、ドイツなどで導入されている固定価格買取制度がそれにあたります。もちろん、どちらが良いかは国情の違いもありますし、色々ご意見もあると思いますが、日本では、価格の引き下げへのインセンティブ、導入量の現実性を勘案してRPS制度を採用することにしたわけです。

利用目標—2010年度に122億kwh／年

新エネルギー等電気については2010年度に115億kwh／年で、全電力の1%にするというのが長期需給エネルギー見通し上の目標です(表3)。「RPS法」も基本的にはその数字を踏襲し、今回、「新エネルギー等」として加え

表3 利用目標量達成までの推移

(億kWh/年)

15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度
73.2	76.6	80.0	83.4	86.7	92.7	103.3	122.0

※ 備考

新エネルギー等電気の利用の目標量については、必要な系統連系対策内容及び費用規模、並びにその実施・負担のあり方等について、引き続き検討を行う必要があることから、そうした検討による方向性がまとまるまでの間（3年間を目途）、特段の系統対策が生じない範囲にとどめることとしたもの。

られた中小水力等の分の量を7億kWh/年と見積り、合計で122億kWh/年を利用目標の数字として定めています。

利用目標量については、平成14年10月30日と11月22日の総合資源エネルギー調査会の方への諮問をいたしまして、この数字が妥当であるという答申をいただいています。利用目標達成には色々な課題があります。特に、電力系統の整備に係る事項があります。この課題については、利用目標量の達成の過程で早急に検討する必要がありますが、その検討がまとまるまでは、特段の系統対策が生じない範囲で、導入を進めていくこととして目標量が設定されています。

の選択は自由です。

電気事業者は義務の履行に際して、①自ら発電を行う。②他から新エネルギー等電気を買う。③まったく地元の新エネ発電設備がない場合、他の発電事業者、あるいは電気事業者から義務の達成のための量である「新エネルギー等電気相当量」を購入する、という形をとることができます。基本的に、新エネルギーは非常に地域偏在性がありますので、単純に電気を買うということだけでは、義務達成が円滑に進まないからです。

経過措置をとりつつ目標達成へ

電気事業者に義務づけられる基準利用量

電気事業者は、毎年の利用目標量に従ってそれぞれ販売電力量の一定割合の購入を義務づけられます。ただし、新エネルギー等電気

義務量（基準利用量）については、利用目標量を全国の販売電力量で除した量に前年度の販売電力量を掛けます（表4）

義務量は全事業者が一定の比率で負担していただくのが法律の考え方です。ただ、現実

表4 義務量の算定方法

「義務量」＝「電気事業者の電気供給量（前年度）」×「利用目標率」×「調整率」

「調整率」＝「新エネ等発電設備導入に必要な電圧調整用電源の状況等に応じた率（1～0.9）」

「利用目標率」＝
$$\frac{\text{「全国の利用目標量（当該年度）」}^{\ast}}{\text{「全国の電気供給量（前年度）」}}$$

※平成14年度の量については過去の実績より一定の前提のもとに算定する。

問題として今のところ、事業者により導入量に大きな開きがありますので、いきなり一律の義務をかけるのは少し非現実的です。そのため、経過措置として、経過調整率を導入します（表5）。まず、現在の導入比率からスタートすることとして、2010年にはどなたも同じ義務比率になるように導入をお願いするものです。

2010年度の目標は1.35%です。単純に122億kwhの数字を全国の電力の販売量で割れば1.35%になります。これはあくまでも見通しですので、全国の販売電力量が変われば1.35%という数字も若干変わるかもしれません。

今の試算では2003年度の義務量は、電力10社（PPSを除く）の合計が33億kwhぐらになります。そこから出発して、2010年には等しく義務を達成してもらうという経過措置を設けているわけです。

新エネ発電は設備認定で確認

新エネ等発電事業者は設備認定を受けることができます。これは義務ではありませんが、電気事業者が義務にあてべき電気は設備認

定を受けた設備から発電された電気であればいいけません。「RPS法」上、「新エネルギー等」電気とは、「新エネルギー等」を電気に変換する設備であって、認定を受けた設備から得られる電気のことです。

設備認定は平成14年12月6日から始まっています。基本的には設備の構造図や配電図を出してもらって認定しています。バイオマス発電設備についてはバイオマス比率をどのように計算をされるかという方法を出していただくことによって、認定という作業を行っています。

取引の管理は電子口座で

4月1日以降、「RPS法」は本格施行され、義務量の届出の作業が開始されることになっています。

また、新エネ等電気相当量の取引の記録は、政府の電子口座で行うことになっていますが、そのための口座の開設の届出が始まります（図1）。また、年に4回（7月、10月、1月、4月）新エネ等電気相当量の届出を頂くことになります。

表5 義務量の過渡措置

「調整後の義務量」＝「調整前の義務量」÷「利用目標率」×「調整利用目標率」							
「調整利用目標率」＝「利用目標率」－							
{（「トップランナーの既存利用率」－「自己の既存利用率」）×「経過調整率」}							
「既存利用率」＝							
$\frac{\text{「新エネ等電気供給量（平成14年度）」}}{\text{「電気供給量（平成14年度）」}}$							
「経過調整率」は、次の表の上欄に掲げる年度毎に、それぞれ同表の下欄に掲げる数値							
15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度
1	1	1	1	1	2／3	1／3	0

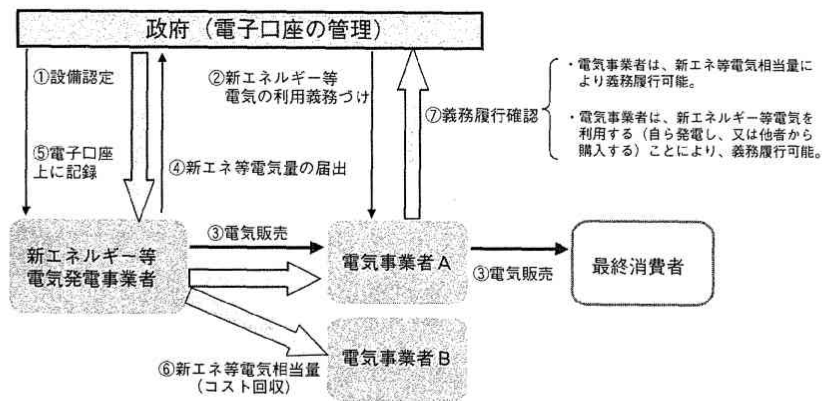


図1 RPS制度における新エネ等電気相当量の取引の流れ

バンキング、ボローイング等の柔軟性措置

義務の履行にあたっては、円滑な実施のための措置を設けています。具体的に言いますと、前年度発電した電気で、義務履行にあてなかった分量（バンキング）や、あるいは何らかの原因で今年の発電が足りなかったなどの場合であれば、逆に次年度に量を繰り越す前提で一定量の義務の未達量（ボローイング）、そういった量については、勧告発動上の「正当な理由」の要件に該当するものとして考慮します。もちろん、発電事業者がボローイングをする行為はあり得ませんが、発電事業者はバンキングが可能です。また、電気事業者は、バンキングもボローイングも可能という制度にしています。バンキングについては2年、つまり前年度の分まで、ボローイングについては他の事由を考慮した上で義務量全体の20%以下とする、そういった柔軟性の措置を考えています。

それから、需給の不均衡の視点から価格が高騰したような時は、義務が過重になってしまいますので、上限価格を設けさせていただいて、これも義務履行上の柔軟性の措置として導入したいと考えています。

おわりに

以上がRPS制度の説明ですが、RPS制度は諸外国でもオーストラリアが平成13年度から導入している他、イギリス、アメリカのテキサス州などが平成14年から導入しています。わが国としてこの制度がうまく機能するために、電気事業者、発電事業者の方々のご協力をお願いしたいと思います。

簡単ですが、以上で終わりにさせていただきます。

具体的な手続き等につきましては先ほど申し上げましたホームページに資料がのっていますし、設備認定の方については各地域の経済産業局のエネルギー対策課、あるいは資源エネルギー庁の省エネルギー・新エネルギー部新エネルギー対策課で受付をしていますので、ご相談下さい。

風力発電の技術動向と開発の現状*



松宮 輝

（独立行政法人 産業技術総合研究所
エネルギー利用研究部門 主任研究員）

はじめに

私は、風力研究をただ一筋に二十五、六年やってきました。サンシャイン計画（後のニューサンシャイン計画）の風力研究に従事してきました。今日は風力技術がどのレベルまでできたかという私なりの総括と、今後風力がどうあるべきかという、この2点を中心にお話します。

風力技術の特徴

制御できない自然が相手の風力発電

まず、風力技術がどんなものであるか昔の大航海時代の航海技術になぞらえて説明するのが最もわかりやすいです。暴風、台風に支配される、風の場合は働かない、船でしたら進めない、風車だったら回らない。それから予測がつかない。従って、場合によっては制

御が間に合わず、船なら転覆したり、風車ならブレードを飛ばしたりします。必要な時に発電できないということもある。要するに、現代文明にはそぐわない面が多々あります。しかし、役に立つ自然の恵みであるということとは皆様周知のとおりかと思います。

風力の特徴—2乗・3乗の法則

風力のエネルギー及び力には「2乗・3乗の法則」があります。2乗というのは風車に加わる力は風速の2乗に比例する。風速が倍になったら力は4倍になる。だから強風ほど風車は厳しい荷重にさらされるということが1つです。

もう1つは発電出力は風速の3乗に比例します。風速がある瞬間倍になると出力は8倍になる、あるいはもっと大きくなることもあります。要するに、瞬時のうちに1桁上がる、あるいは下がるような出力変動を特性とするのが風力発電システムだということです。だから制御しにくいのがますます制御しにくい、そういう技術です。

従って、昔の大航海時代の帆船技術にも匹

*本稿は、昨年12月20日の「第208回月例研究会」におけるご講演を、本誌掲載のためにテープ起こししたものです。

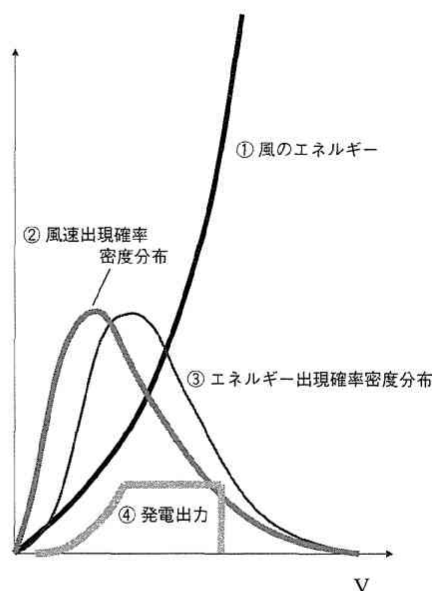


図1 風速と風車の出力

敵するというのが風力技術です。実際に、約10年ぐらい前、米エネルギー省の風力の研究リーダーだったディボーンという方が、『American Science』に書いておりまして、どんな熟練した航海士も船を思うように操ることはできないということは、まさに風車もそのとおりということです。

図1で示すように、風のエネルギーは風速の3乗に比例しますから、出力は①のように3乗に比例して上がってしまう。それから②は、風速出現確率密度分布です。サイトによって年間平均風速、あるいは出現頻度が高い風速域というのがあります。一般にこのような関数で表わせますが、ピークがあります。今日ではほとんどの風車にはカットイン、カットアウトという運転レンジが決まっていますけれども、本来ならば、設置する風況に最も適した運転レンジを持つ風車の設計が必要だと思います。③は風速の出現頻度ですが、エネルギーは V^3 に比例しますからピークがシフトします。ですから、このピークのところで常に稼働できるようなシステムを設計します。

これを図2に示す風車の運転モードで言いますと、普通、発電出力がプラスになる点、すなわちカットインは、現在の風車ですとほとんどが3m/秒前後です。定格値(V_r)に達する風を多くの風車は12~13m/秒の風速に設定しています。より強風になりますとパワー

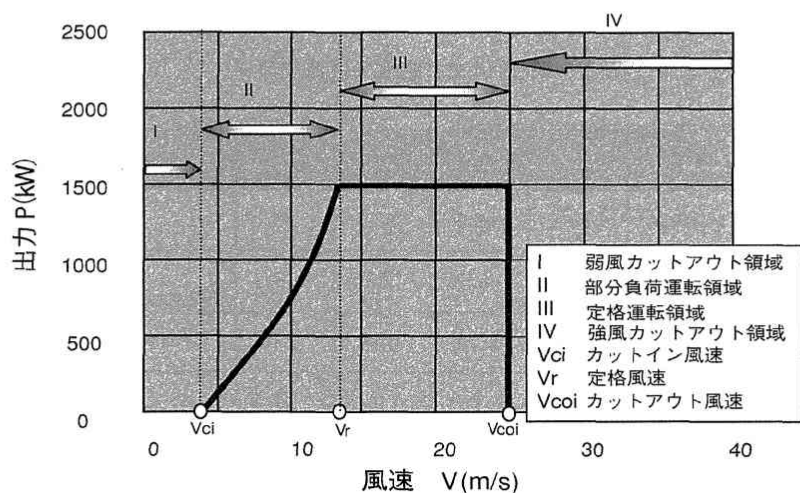


図2 風車の運転モード

が大き過ぎて発電機が焼ける等のトラブルがありますので、ここで出力を一定に制御してカットアウト風速に達したら風車を止めます。これは大体25m/秒ぐらいが標準ですけれども、このような運転モードをもつのが現在の風車です。

従って、強風域では風車は停止してエネルギーを逃してしまいます。これは、このような強風域に運転すると、力は2乗に比例しますから過剰な設計になるわけです。過剰な設計になると同時に出現頻度が非常に少ないところ、要するにピーク値を超えた、ほとんど起こり得ないような領域で運転するわけです。例えば、よく「台風に合わせて風車を設計したら」と問われますけれども、台風時の強風を稼ぐよりも、より低い風速で平時にこつこつと稼いだ方がトータルでより大きな発電量が得られるということです。

風車設計の3つの外部条件

一風・電力系統・その他の立地環境

このような風車の設計において一番重要だ

と私が考えているのは、3つの外部条件という概念です。この外部条件というのは、1番目が風そのもの。これはエネルギーの入力側の物理量です。それから、2番目は発電した出力を出す側の条件、これが電力系統の条件です。そして3番目がその他の立地環境です。山あり、谷あり、あるいは設置場所が海、平地、砂漠、あるいは国立公園に指定されているか否か、その他諸々の条件があるわけです。この3つの条件を基本に我々は風車を設計し、運転するのが常識となっています。

現在、国際標準として規定されているIEC61400-1の中に、風車クラスという表があります(表1)。この表には、クラスがI, II, III, IV, Sまであります。この表の見方ですが、例えば、年間平均風速が7.5m/秒までの地域ではクラスIIIに従って強度設計をしましょうということになります。乱流強度もAとBの2種類があります。弱いほうが0.16, つまり16%。また、強いほうが0.18, つまり18%です。このようにIECの国際標準では年間平均風速と乱流強度を2種類の強さでクラス分けして風車の標準化を図っています。

表1 IEC61400-1規格の風車クラス

風車クラス	I	II	III	IV	S
参照風速 $V_{ref}(m/s)$	50	42.5	37.5	30	
平均風速 $v_{ave}(m/s)$	10	8.5	7.5	6	
乱流強度 A I_{15}	0.18	0.18	0.18	0.18	設計者が設定する数値
a	2	2	2	2	
乱流強度 B I_{15}	0.16	0.16	0.16	0.16	
a	3	3	3	3	

ですから、例えば、ドイツで建てた風車がクラスⅡだとします。その風車が日本の北海道で条件を同じように満たすものであれば、基本的にはドイツで設計された風車は日本で使えるということになります。ところが、クラスⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳではカバーできない条件を規定したS（特別）クラスがあります。規定するといってもこれは設計者が規定することになっています。どういうことかと言いますと、日本の南方のように台風が頻繁に来る地域、砂漠、洋上、極寒地の風車というように、従来の標準からは離れた厳しい環境下に設置される風車をSクラスと指定して、そこで設計者が、「この風車はいくつの最大風速（厳密には極値風速）まで稼働する」というスペックを与えるわけです。例えば、現在国と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が開発している離島向け風車は、極値風速が80m/秒という非常に厳しいものとなっています。ちなみに、クラスⅠだと基準風速が50m/秒ですが、これは平均風速の5倍になっています。これの約1.4倍が極値風速で、いわゆる建築基準に相当する耐風速に相当します。従って、IECクラスで一番強いⅠを1.4倍しても70m/秒ですから、日本の離島向け風車は70m/秒の耐風速でも耐えられる設計になっています。ですからこれはSクラスに該当します。

IEC標準（国際標準）

実は表1も3年置きぐらいに改定されてきています。最初のクラスはⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Sでしたが、乱流強度については一律0.17、17%でした。それではどうも実用的でないと

いうことから、乱流強度は弱いクラスと強いクラスに分けられました。ちなみに、乱流強度というのは、風速の標準偏差を平均風速で割った値です。従って、これが大きければ大きいほど極めて乱れた荒い風ということになります。このデータはまた後ほどごらんいただきます。

IEC標準は当初、安全要件などわずかな文書でスタートしましたが、現在では10近くの体系になっています。一般の風車、小型風車、現在策定中の洋上風車、落雷防止法というような安全要件に関する技術、騒音、性能、ブレードの試験、機械荷重、電力の品質、音響パワーレベル等々の計測法、用語、認証制度の体系が着々とできました。

国際標準というのはある意味では各技術の体系としてある程度確立したものだ和理解いただきますと、この程度はほぼ確立したことになります。しかし、クラスがどんどん3年に1度ぐらい変わるような状況ですから、標準化された技術とはいえ常に進歩しているというのが現状です。

技術開発の動向

リーダーシップをとってきたデンマーク

デンマーク流風力技術が長い間世界を制覇してきました。デンマークで初めて風車を発電機につないだのが1世紀も昔のことです。それ以降、ずっとリーダーシップをとっていて、現在でもデンマークの風車が世界の7割を占めていると思います。デンマーク流風車

の特徴は3枚ブレードで、ロータの回転数が一定である、突風が来たら自然に発生する失速現象を利用して風車出力を制御する失速制御を利用している、ハブ、グレードの付け根がリジッドである、こういった技術の特徴としています。因みに、風車の制御には、失速制御とブレードの取付角をひねることによって制御するピッチ制御の2種類があります。

進む大型化

ここ数年間でこの技術は大きく変化しています。風車を出力サイズで見ますと、1,500kW、つまり1.5MW以上の大型機が過半数を占めています（図3）。2MWが主流ですが、2、3年前でしたら2MWは一部の試験研究機に過ぎなかったのですが、今日ではもう主流になっている。風車のスケールアップが急速に進んでいることがご理解いただけると思います。

1980年代の初頭では、図4で見えるように最大のものでも50kW程度でした。1990年代の初頭、250kWクラスが主流でした。2000年になると750～1,500kW、1万kWというのはまだ可能性に過ぎませんが、現在、最大で4.5MWぐらいの風車を設計中だと聞いています。20年前の50kWや10年前の250kWからすると隔世の感があります。

制御方法は定速運転から可変速運転へ

先ほど世界の主流はデンマーク技術だと言いましたけれども、図5にはデンマークの風車は黒で書きました。これは半年前のデータですけれども、VESTAS、NEG Micon、

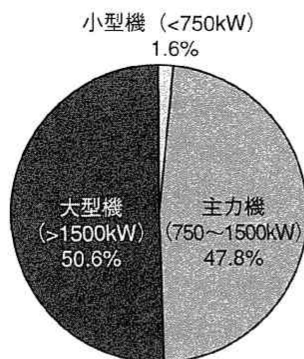


図3 風車サイズ分布（2001年実績）

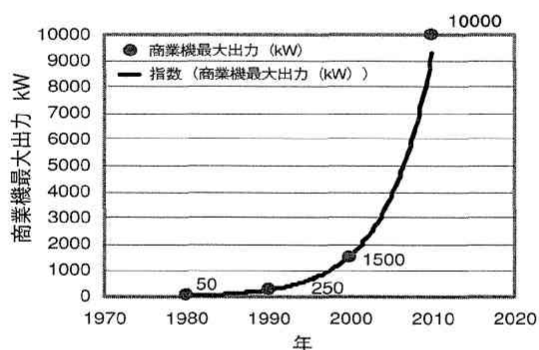


図4 風車サイズ分布（2001年実績）

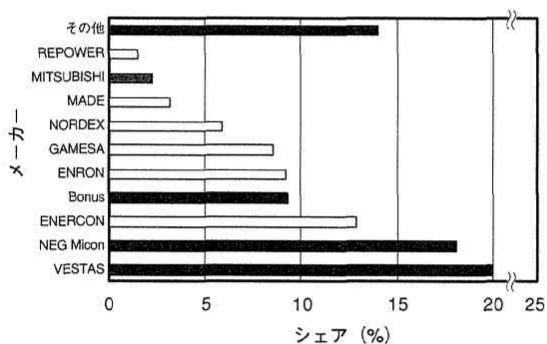


図5 風車メーカートップ10

ENERCON、Bonusというシェアの順番に並べますと、黒い棒がこのように上位4つのうち3つを占めています。それからGAMESA、これはスペインですが、これはデンマークの技術が入っておりまして、これも黒に近いということになります。

表2 大型風車の技術動向

風車機種	ロータ直径 m	翼枚数	ハブ高さ m	定格出力 Kw	翼先端速度 m/s	出力制御	運転速度
NEDWIND NM53/2/1000-240	53	2	70	1000	68	Stall	二段速
NORDIC 1000	53	2	58	1000	69	Stall	二段速
BONUS 1 MW/54	54	3	60	1000	62	Stall	二段速
MICON M2300-1000/250 kW	54	3	59	1000	59	Stall	二段速
NORDEX N 54	54	3	70	1000	62	Stall	二段速
NEDWIND NW55/2/1000-240	55	2	70	1000	71	Stall	二段速
HSW 1000/57	57	3	70	1050	68	Pitch	二段速
NORDTANK 1500/60	60	3	68	1500	60	Stall	定速
AUTOFLUG 1200	61	2	60	1200	66	Pitch	二段速
VESTAS V63-1.5 MW	63	3	60	1500	69	Pitch	可変速
TACKE TW 1.5	65	3	80	1500	68	Pitch	可変速
ENERCON - 66	66	3	100	1500	70	Pitch	可変速
KVAERNER WTS 80	81	2	80	3000	88	Pitch	可変速
三菱重工MWT-2000s	75	3	70	2000	-	Pitch	可変速

それに対して、比較的新しい技術を取り込んでいるのがドイツのENERCONです。ダイレクト・ドライブ、要するに直結タイプの可変速風車をつくって非常に世界的に注目を浴び、かつ伸びています。ちなみに三菱はシェアとして3%ぐらいです。シェアがそのままメーカーの技術力を示すわけではありませんが、技術の潮流が判断できます。

しかし、その技術が変わりつつあるということ。これは表2と図6からご理解いただけると思います。これは代表的な風車機種を縦に並べました。まず出力クラスで、特に注目していただきたいのは、デンマーク流技術の代表であったストール制御技術が1,000kWを超えるとピッチ制御に移行しているということです。それから、運転速度では二段速。発電機

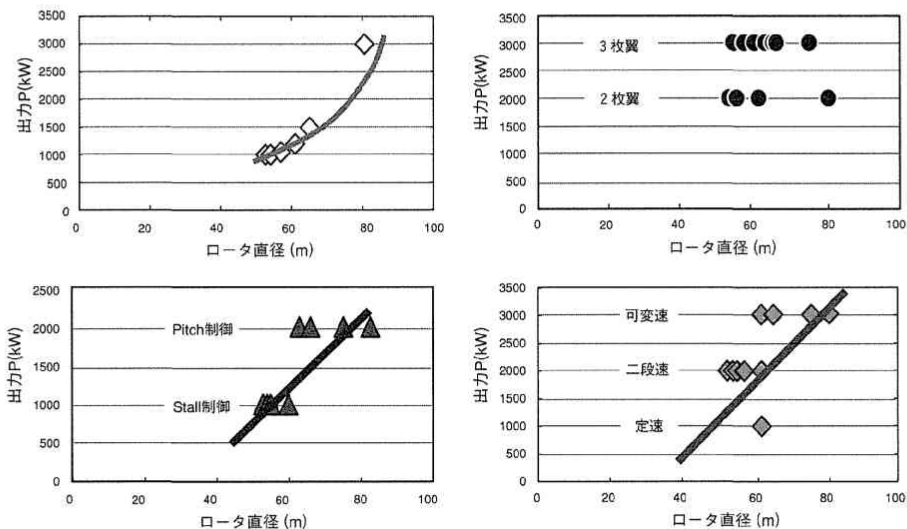


図6 新技術の動向

の巻数を変換することによって低速時、高速時の二段に切り換える。実質的には定速運転システムと同じなんです、それが可変速運転（Variable-Speed）に推移しています。それを採用しているのは、例えば、VESTAS（デンマーク）、TACKE（元ドイツで現在GE）、ENERCON（ドイツ）、三菱重工（日本）等です。このように、世界がピッチ制御・可変速運転システムに移行しているというのが新技術の動向です。

その中でも私が注目しているのは、直結型風車、可変速運転、そして大型化、さらに洋上風車です。

我々、産業技術総合研究所が小型機で試験したデータを図7に示しました。同じ風車を可変速運転モードと定速運転モードに切り換えて試験しました。右側に矢印で出力の変動域を示してあります。可変速運転にしますと、出力変動がほぼ半減するという結果が得られました。同時に、機械的な荷重もほぼ半減することがわかっています。従って、可変速運転を採用すると風車の機械設計が非常に楽になります。さらに、出力も平滑化されるということで、二重のメリットがあると私は考えています。

洋上風力の魅力

一膨大な風資源と騒音問題の解決

もう1つ、現在ヨーロッパで最も注目されている技術が洋上風車です。デンマーク、コペンハーゲンの沖合い数kmのところに、2 MWの風車が20台立っています。運がよければコペンハーゲンに着陸する飛行機から見るができます。これは実は、住民の投票に

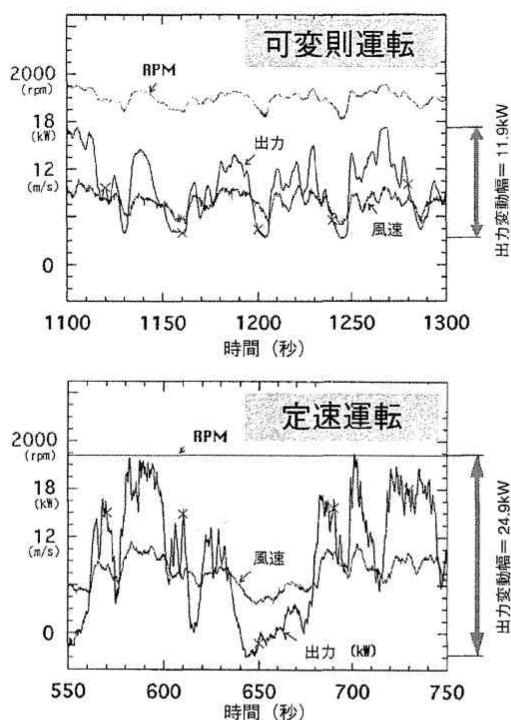


図7 可変速システムの運転例

よって最も景観がいいということで、円弧状に並んでいます。専門家から見ると、最適な配列ではないと思われますが、非常にきれいな光景を生んでいます。ドイツを初め、ヨーロッパでは景観の問題が非常に大きな課題になっていますので、これが1つの新しい試みだと思います。

洋上風車は海底に設置する時の建設コストが非常に高いのですが、それにも増して魅力的なポイントがあります。1つは膨大な風資源です。海ですから障害物も何もない。実はデンマーク、オランダ等々、かなり陸上の風車は敷地に限界が発生していて、それで海に転進しているというのが実態です。

2つ目は、民家から離れますから騒音の問題、景観の問題がかなり軽減される。

それから3点目、騒音の問題が軽減される

ということになれば沖合で高速設計ができる。そうするとエネルギー効率もよくなります。これは我々研究者から非常に関心が高いわけですが、風車というのは高速運転ほど高性能となります。ところが高速にするとブレードからの騒音が大きくなって嫌われるわけです。

さらに、将来的にはロータがタワーの後側、風下側で回るダウンウインドシステムを挙げることができます。これはフリーヨーと申しましてヨー制御が不要になります。それからブレード枚数も、高速でいいならば1, 2枚でもいいでしょう。1, 2枚の設計というのはどうしても高速になるわけです。そうすると、ブレードコストも安くなります。例えば、メンテとか建設コストが下がり、建設しやすいというようなメリットが生まれると思います。それ以外にティータードハブとかヒンジドハブのようにブレードのハブ部の取付けを柔軟にする新技術が適用できると期待できます。

図8は小型飛行機から撮ったものです。デンマークの西海岸、太西洋側のエスピアというところから飛行機で20分ぐらいの沖合に、



図8 デンマークの洋上ウインドファーム

ホルニズ・レヴ (Hornis Rev) という、現在世界最大の洋上ウインドファームが建っています。VESTASの2 MW機が全部で80台、8行10列並んでいます。ここだけで出力160MWあります。

海底設置型の洋上風車は難しい日本

日本は海が急に深くなりますから、海低設置型には限界があります。そこで、風力関係者が提案しているものの1つがフローティングタイプ (浮たい型)、セーリングタイプ (航海型) です (図9)。セーリングタイプは、系統電力に併入できないわけですから、水素等をつくって日本に帰ってくるというような新しい発想もあっていいのではないかと思います。現在NEDOは離島向け風車を開発しています。沿海洋上のフローティング、あるいはセーリングタイプというように、将来は風車は風があるところを追ってどこへでも出ていく。そうすると、最初に話した3つの外部条件がどんどん厳しくなるわけです。ですから、この厳しい外部条件にふさわしい風力技術を次々に開発する必要があります。

ヨーロッパではEU諸国が国境を越えて連系され1つの大きなループになっており、変動

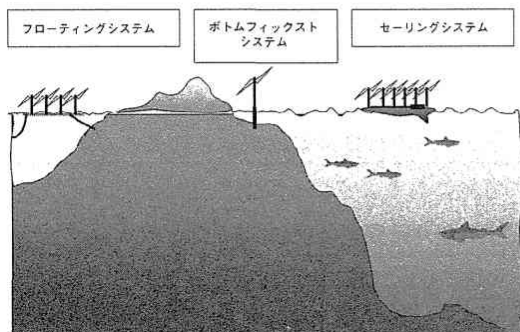


図9 日本の洋上風力

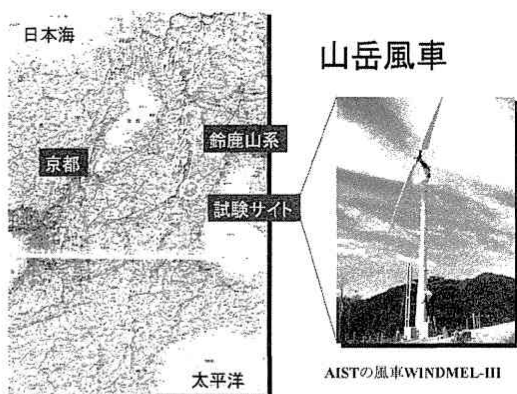


図10 鈴鹿山系の山岳風車

成分を吸収しやすいシステムになっています。しかし、日本の場合、台風や乱流が高い、電力系統が日本は列島で孤立している上に末端ではさらに弱いという事情があります。その他にも島国、複雑地形といういろんな問題があります。この外部条件を突破することが日本の課題だと思います。

日本では山岳風車が必要

我々研究機関では、図10のように鈴鹿山系の標高約600mで小型風車を設置し試験運転しています。実は、このデータがIEC標準からすると非常に厳しいということがわかっています。約3カ月間のデータですが、図11の大きな振幅のデータが10分間平均風速です。風速15m/秒を超えるデータが15回ぐらいあります。我々の研究所は筑波にありますが、このようなデータは筑波では観測されません。

図12にあるように、瞬間風速20m/秒を超える風が3カ月間に頻繁に吹いています。

一方、図13で示した乱流強度は、きつい方のクラスAの国際標準がこの2つの曲線の上のラインになります。この曲線は、観測デー

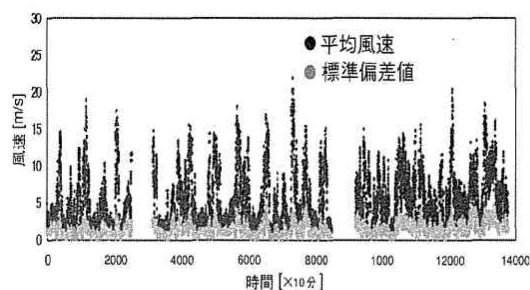


図11 10分平均風速と標準偏差値

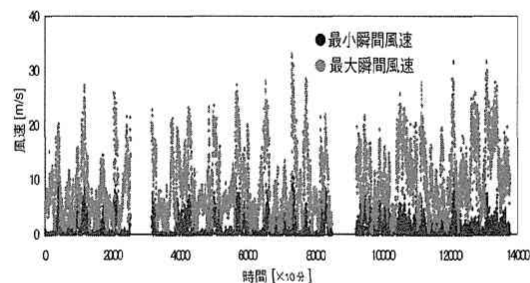


図12 最大・最小瞬間風速

タの90%をカバーしています。一方、この無数のデータは鈴鹿山系でつくったデータですが、もしこの90%をカバーするようなカーブとすれば、曲線Aよりも上方に来るカーブになります。ということは、このサイトはIECだとSクラスに該当します。

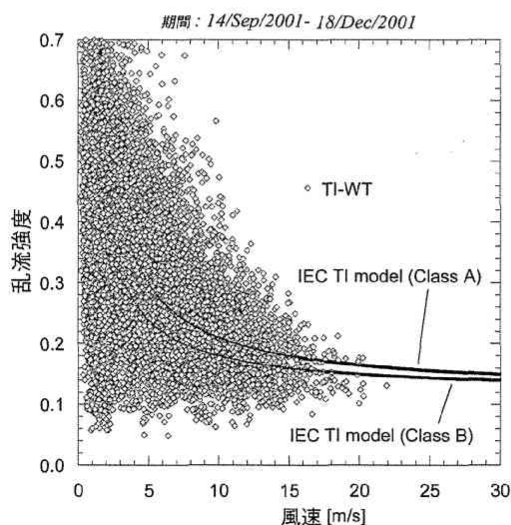


図13 乱流強度

今後の課題

世界に遅れをとる日本の風力発電普及

世界の風力発電は、今年6月時点で2万5,824MWの設備容量があります。図14で見るように、過去5年で年間31.44%という増加率で推移してきています。国別の設備容量を比較すると、ドイツ、アメリカ、スペイン、デンマークは、1国で1,000MWを超える国ですが、この中でズバ抜けて高いのがドイツです。次がアメリカです（図15）。

ドイツは極めて環境政策を重視している国です。一方、アメリカはビジネスとして重視し、それなりのサポートをしてきている国です。スペインはその中間だと思いますが、10年ほど前から風力をやるんだという方針で一貫しております。インドや中国でも同じことが言えると思います。

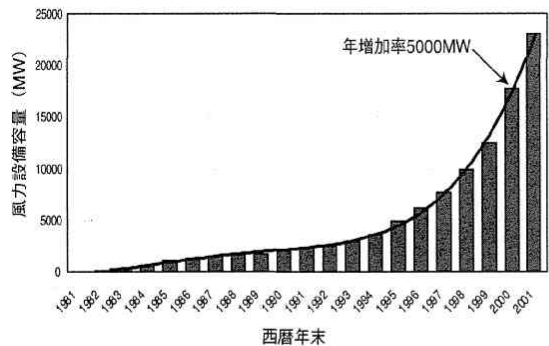


図14 世界の風力開発の推移

日本の場合には、2000年1月の70MWから2002年1月には250MW、現在は300MWを超えたいと思います。2年間で3～4倍の増加率です。その傾向も世界とほとんど同じで、過去5年間で図16のように推移しています。絶対量は少ないですが、それでも世界で12番目ぐらいの設備容量を持つレベルに至りました。日本の風力メーカー（2001年1月時点）を見ますと、図17にあるように、ヨーロッパの風車が日本の市場の大半を占めています。国産機は三菱重工業製で12%ぐらい。現在はこれより少し減っていると聞いています。

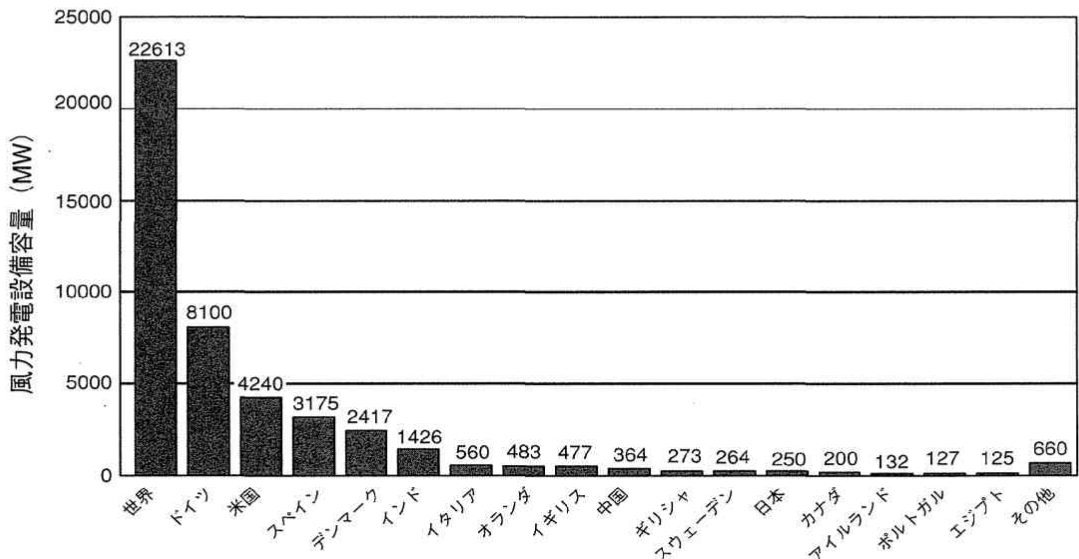


図15 国別風力開発規模

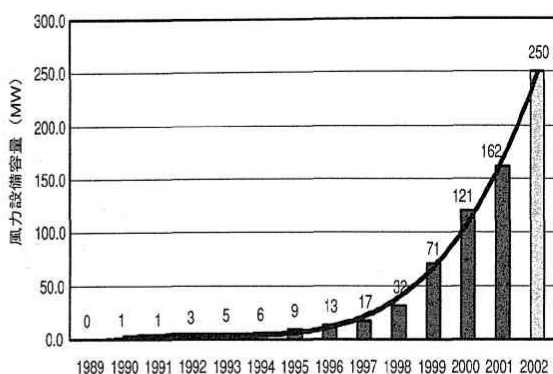


図16 日本の風力開発の推移

各国の風力産業の比率を見比べてみます（図18）。風力発電が急増する原因、動機としていろいろな理由があると思いますが、ヨーロッパの場合、やはり地球温暖化防止という1990年以来の一連の国連を中心とした動きが牽引役を果たしていると考えています。1990年、1995年、2000年と、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のレポートが出るたびに大きな警告を発しています。しかし、日本の場合は様相が少し異なります。実際的な力となっているのは、NEDOの補助金による助成制度がスタートしたことと、それをサポートする形で電力会社が高価な価格での買取メニューをつくったことの2つです。このような実務的な、経済的なサポートはありますが、やはり国際的な温暖化防止、特に京都議定書を守ろう、達成しようという政府の意向が基本にあるんだと考えています。

風力発電の意気込みが見えない日本の目標値

新エネルギーの中で風力と太陽光は非常に脚光を浴びている分野の1つだと言われますが、実は私は多少疑問を持っています。

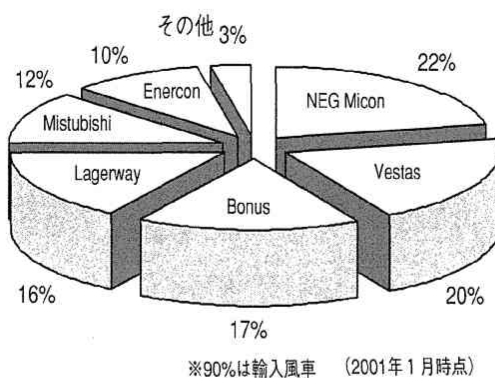


図17 日本の風力メーカーのシェア

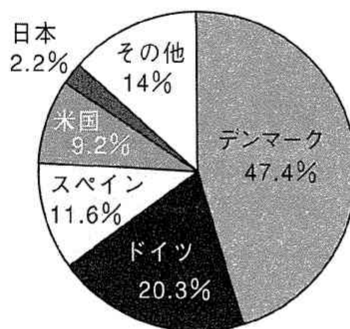


図18 国別風力産業比率

脚光を浴びていることと、物事の推移にギャップがある、あるいは矛盾だらけだと感じています。やはり、基本に戻れば、風力はアメリカを中心として、金になるから開発しようということが一定部分あります。そもそもなぜ使いづらい風力を使わなければいけないのかということを考えますと、やはり20世紀の石油文明に対する反省があるから多少お金がかかっても、使いづらくてもやりましょうというのが世界的な動きだと考えています。

図19は各政府が持つ風力発電のターゲットです。2010年は京都議定書を達成する年ですが、デンマークは現在でも8%ぐらい。2010年には10%にする計画です。ドイツは現在3%程度ですが2010年には9%を目指してい

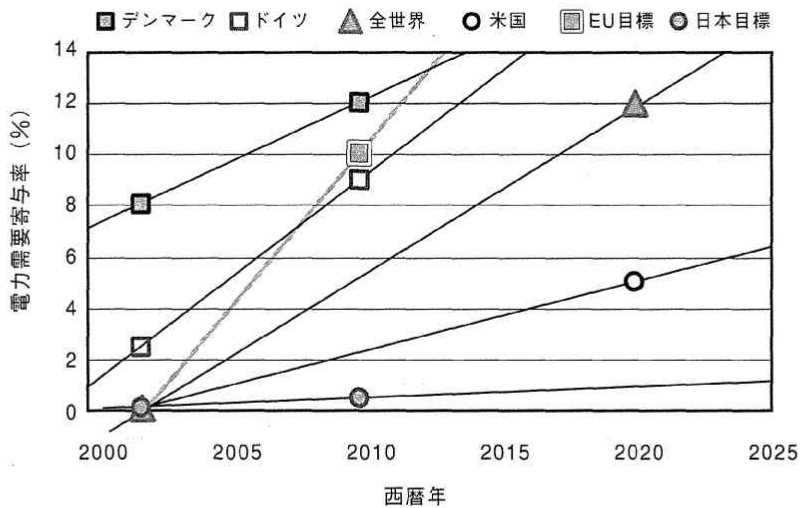


図19 各国の風力発電ターゲット

ます。EU全体としては2010年10%という目標を設定しています。アメリカは2020年5%という目標をもっています。

日本はというと、2010年に300万kW、3,000MWですから、電力に換算すると0.5%程度です。風力発電をやる意気込みは目標値によって見て取れるわけですが、日本の300万kWという数値目標はとっても低いと評価せざるを得ません。

日本の風力は政府目標の10倍になる

今年、“WIND FORCE 12”という文書がヨーロッパ風力エネルギー協会（EWEA）で発表され、2020年に全世界で風力を12%にしましょうというキャンペーンを展開しています。図20で示されているように、この12%は最終目標ではなく、2040年頃には20%ぐらいを達成すると試算しています。仮定として、①成

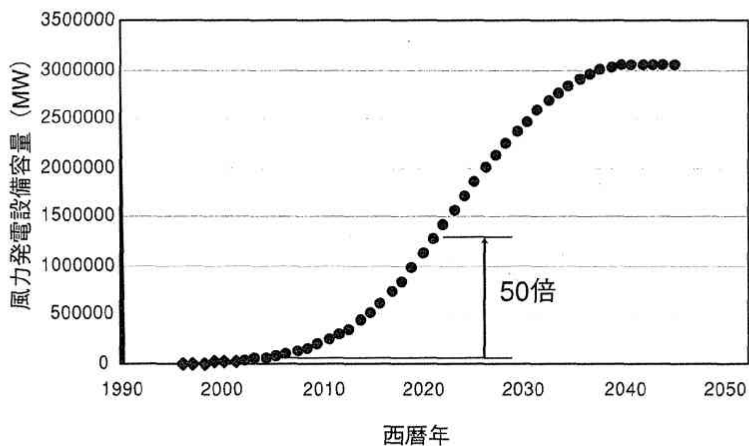


図20 WIND FORCE 12 による予測

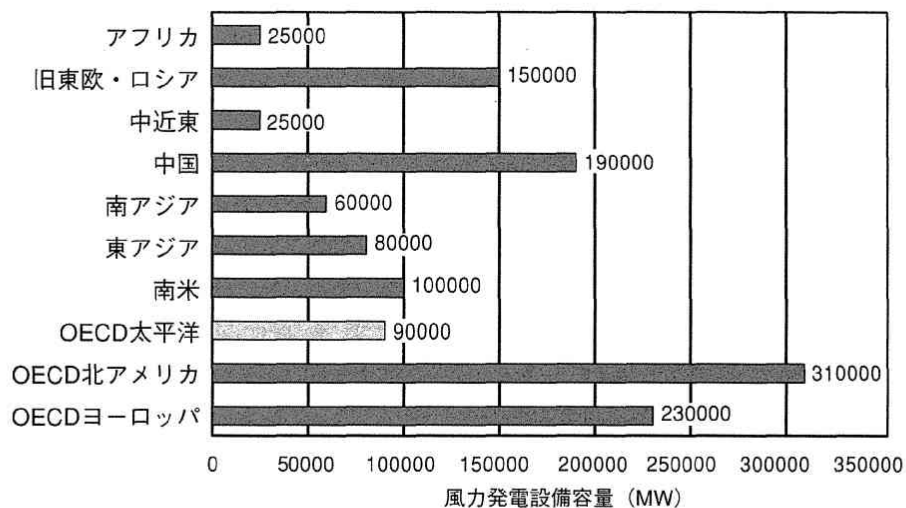


図21 WIND FORCE 12 の開発シナリオー地域分布ー

長率が2002年～2007年まで25%，2008年～2012年まで20%，2013年以降15%，2016年以降10%，2021年以降0%，②設備利用率は，2013年まで25%，それ以降28%，2040年以降30%と技術の高度化を反映して上昇する。③風車の平均サイズは少しずつ大きくなるとしています。

我々の関心は，日本に対する評価ですが，日本は“WindForce 12”の開発シナリオの地

域分布で，「OECD太平洋」に属します（図21）。この中にはニュージーランド，オーストラリアがあります。OECD太平洋が90,000MWですが，日本の分担をその3分の1と見ますと，日本は30,000MWとなります。政府目標の10倍です。

その根拠として，“WindForce 12”は幾つものデータを挙げています。その1つはコストです。例えば，洋上風力は図22のように発電

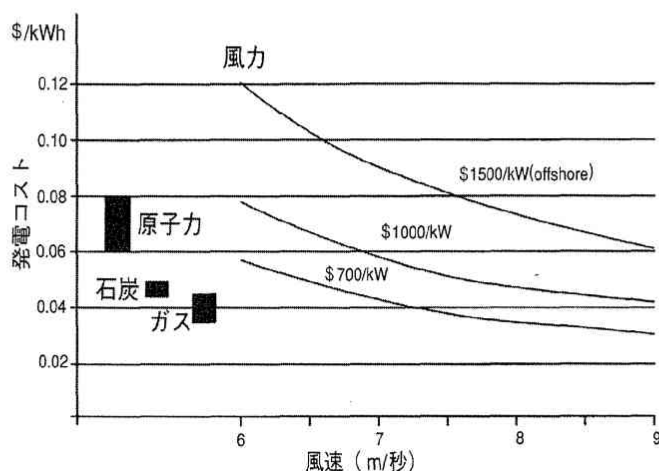


図22 発電コスト比較

コストが高いのですが、現在の風車は1,000ドル～500ドル/kWというレベルがあります。風速7.5m/秒を超えたら洋上風車でも原子力と同等のコストになりますというデータを提供しています。これはもちろんヨーロッパで評価したものですから、日本の数値とそのまま一致するものではありませんけれども、1つの参考になるとと思います。

風力発電普及の追い風

[低い外部コスト]

Extern EというEUの調査レポートがあります(表3)。もし外部コストを評価するとすれば、原子力、天然ガス、石炭に比べて、風力の外部コストは一桁、もしくは二桁小さいということです。この外部コストを反映した経済機構、流通機構が確立すれば、風力は一層有利になると言えると思います。

[環境主導でのみ抑制可能なCO₂の排出]

最後の資料ですが、GEO 3 (Global

表3 外部コスト比較

電源の種類	外部コスト (cents/kWh)
原子力	0.2—0.6
天然ガス	1—4
石炭	2—15
風力	0.05—0.25

Environment Outlook 3) というのは国連環境計画 (UNEP) が今年の春に発表したレポートで、環境の未来を予測しています。面白いのは、経済主導、政策主導、安全保障主導、環境主導という4つのシナリオで未来を評価していることです。二酸化炭素 (CO₂) 排出量については、環境主導型の場合のみCO₂の排出量を低減させることができるそうです。また、CO₂濃度も環境主導のみ安定化させることができ、大気温度も環境主導のみ、低下させることができるという予測となっています。

また、Shell社がホームページでエネルギー資源予測を発表しています(図23)。2050年

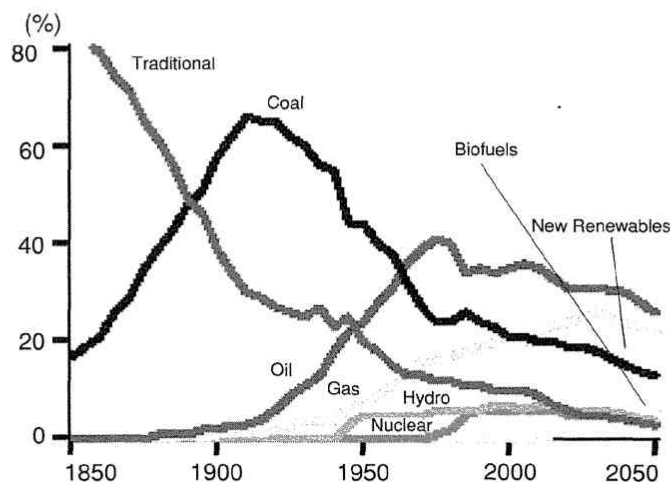


図23 Shell社のエネルギー資源予測（1次エネルギー供給に占める割合）

にエネルギー構造はどうなっているかShellなりに見通したものです。石油、天然ガス、再生可能エネルギーがほぼ対等な位置になるということです。石炭はどんどん低下するというシナリオを公開しています。

京都議定書の目標達成後に向けた取り組みを

最後にまとめとして、以下の3点を協調したいと思います。1つは、今日本では、すべては京都議定書さえ達成すればいいという雰囲気になっていますが、私はそうではなくて、COP3は10分の1通過点にすぎないということを上げます。

2点目は、もし10分の1通過点だとすれば、100%達成するにはどうすればいいかという次の長期計画が必要だということです。残念ながら日本には2010年より先の環境、あるい

はエネルギー政策について明文化されたものはまだないように思われます。従って、2030年、2050年の目標も早期に立てる必要があるでしょう。

最後に、その期待に応えるためには、技術面でのさらなる技術開発が必要であるということと、政策面での勇気ある決断とが必要で、とにかく海外の人々、例えばスペインの人々は、1991年に小さな風車しかなくて、私は日本の方がずっと進んでいると思っていたのですが、その時、スペインのエンジニアは「今にびっくりするよ」と言っていました。私は半信半疑だったのですが、それが今や本当にそのとおりになっています。ですから、実行する勇気を持つ国と持たない国があるということです。以上、3点を検討課題として皆様にご検討いただきたいと思います。

どうもありがとうございました。(拍手)

地球温暖化防止への 国際的取り組みの最新動向*



杉山 大志 (財電力中央研究所
経済社会研究所 主任研究員)

はじめに

私は、京都議定書のクリーン開発メカニズム理事会の下テクニカルパネルのメンバーとして、CDMのルールづくりの作業に参加していました。その関連の仕事が多いのですが、本日はCDMよりも広い、ヨハネスブルグサミット、COP8といった広い文脈のお話を、私が直接、間接的に入手しました資料を元に行いたいと思います。

ヨハネスブルグサミット

「持続可能な開発」の2つの解釈

2002年8月26日～9月4日、ヨハネスブルグで「持続可能な開発に関する世界首脳会議」が開催されました。よく「環境サミット」と呼ばれますが、やはり「持続可能な開発(Sustainable Development)」がキーワードです。

この「持続可能な開発」という言葉ですが、先進国側が環境概念としての持続可能性に力点を置くのに対して、途上国側は開発を持続可能にするという開発に力点を置いた認識でいます。そもそもこの言葉自体が複雑な妥協から生まれたものなので、そういう2つの見方を表しています。

サミット概観

ヨハネスブルグサミットは、「持続可能な開発に関するヨハネスブルグ宣言」「実施計画」という政府間の合意文書(タイプ1文書)の交渉・合意、それから政府や非政府機関(NGO)が直接関わる関係者のみで合意し、今後の行動を約束する文書(タイプ2文書)に対するコミットメントを内容とします。

〔実施計画〕

採択されたタイプ1文書の中で一番重要なものが「実施計画」です。これは、「持続可能な開発」を進めるための各国の指針となる包括的文書です。何の実施かと言いますと、10年前のリオサミットで決めた「アジェンダ21」、

*本稿は、昨年12月20日の「第208回月例研究会」におけるご講演を、本誌掲載のためにテープ起こししたものです。

21世紀にやらなければならないことの実施です。リオサミットから10年経ってどの程度実行されているか。今後、どこに力点を置いて具体的に実施していくか。それを詰めるのがヨハネスブルグサミットの目的だったわけで、「実施計画」が定められ、さらに、「持続可能な開発に関するヨハネスブルグ宣言」という政治宣言が採択されました。

● 経緯

バリ（インドネシア）での準備会合では、途上国の開発問題を巡って先進国と途上国が対立しました。ODA（政府開発援助）を増やす、債務救済、途上国産品の先進国市場へのアクセス改善といったことが持続可能な開発という視点からどんどん言われました。しかし、資金問題について今次交渉では、比較的早期に合意が成立しました。事前にあったドーハ閣僚宣言やモンテレイ合意（国連開発資金国際会議合意）を踏襲すればいいという理解になったからです。

● わが国の取組

「実施計画」交渉において、わが国は、議長国南アフリカに積極的に協力しながら、米国の始めとする各国と緊密に協議し合意形成を図りました。特に京都議定書に関しては、議長要請を受け案文を作成したり、交渉のまとめ役を果たしています。また、わが国が主張してきたTICAD（アフリカ開発国際会議）や北九州イニシアチブという文言を文書中に盛り込むことに成功しています。

「実施計画」における注目点は、表1の通りです。

[持続可能な開発に関するヨハネスブルグ宣言]

各国が直面する環境、貧困等の課題を述べた上で、清浄な水、衛生、エネルギー、食料安全保障等へのアクセス改善、国際的に合意されたレベルのODA達成に向けた努力、ガバナンスの強化などのコミットメントが記述されました。

表1 「実施計画」における注目点

京都議定書
発効に向けてタイムリーな批准を強く求める。
資金・貿易
事前のモンテレイ合意の線を越えて今回サミットで新たにやるということはないという理解があったので、ヨハネスブルグではほとんど話さなかった。
衛生
世界全体で衛生へのアクセスができない人の割合を2015年までに半減させるという数値目標が掲げられた。
再生可能エネルギー
EU（欧州連合）に、再生可能エネルギーの割合を何%とか、何年までとかいう数値目標を一律で各国の義務として定めたいという意向があって、延々と交渉していたのですが、結局は各国によって事情が違うということで、「世界全体で増大させる」ということになり、特に数字は示されなかった。
小泉構想
日本が提案した「持続可能な開発のための教育の10年」が合意された。

[タイプ2] (パートナーシップ)

タイプ2というのは、途上国を支援する持続可能な開発を実現するに当たって、多国間の合意だけではなく、関係者の合意だけですめていく活動です。特徴は、直接何か支援するのではなくて、むしろそのための能力、人材育成だとかをきちんとやった方がいい、そういう活動が重要という認識があることです。本当に何が効果的か考えるときに、貧乏だから物をくれと言われてあげるということをやっても余り問題の解決にならないのは事実です。そういった面もあってこの「タイプ2」(パートナーシップ)では、キャパシティビルディングとか教育とかが重要だということを先進国と途上国の双方がある程度納得しているわけです。

[サイドイベント]

サイドイベントが非常に頻繁にあったようです。「日本ババリオン」には、サミット開催期間中に延べ1.5万人の来訪者がありました。その他にもいろんな国や団体がワークショップ、サイドイベントを開いたようです。

ヨハネスブルグサミットの意義は何か

[意義がなかったという批判]

そもそも本当に意義があったのかという批判というのが一方であります。

実施文書や閣僚宣言の文言を見ると、「新しい義務ができたわけではない」、「努力目標の格好で書かれていて踏み込んだ合意事項は実は存在しなかった」と、特に環境NGO等がよく言います。例えば、京都議定書に関しても、参加していない国は参加してくださいと強「呼びかける」という格好です。2015年までに

衛生状態や貧困に関する状態、それからきれいな水へのアクセスを改善するとも書いてあるんですが、それも既に別の会議で合意済みのことです。そういう意味で新味がないという批判も当たっているわけです。

「92年のリオサミットから10周年だからたまたま開催されただけで、今これをやるという動機づけがどこの国も乏しい。意義が低い」という批判もあります。

[意義があったという見方]

●10年間の総括：実施文書を眺めてみると、少なくとも10年前の「アジェンダ21」の時とは全然違うコンセプト、違う重点化がなされています。過去10年の後づけがきちんとできているという点です。

かつては、環境というテーマだけが浮いていたのですが、今回は環境・社会・開発の3つの柱という言い方をしていました。また、貧困撲滅、衛生・健康といったものが特に途上国側にとって重要と言っています。そういったところを国際的にも重点的にやっていかなければいけないという了解が出てきたわけですね。

●新しい貧困のとらえ方：かつての1人1日1ドル以下で生きている人たちという指標は、大変分かり易いんですが、一面的でもありました。もっと広範な面から貧困をとらえ直すために、エネルギー、水、衛生、生物多様性の便益などでは測ろうということで、「Sustainable Livelihood」という言葉も出てきました。問題に対する焦点がぐっと絞れてきた。しかも、絞れた部分については、より詳しくなっています。

●グローバリゼーション：WTOとかを指しているのですが、それが独立のセクションで議論されるようになりました。これも10年前は考えにくかったことです。これからも継続的に行われるということで大きな変化です。

●合理的な合意形成手法：WEHABを例に説明します。WEHABとは、今回の主だったイシューだった、水と衛生（Water&Sanitation）、エネルギー（Energy）、健康（Health）、農業（Agriculture）、生物多様性（Bio-diversity）の頭文字をつなげたものです。ここで何らかの目標を設定したりお金を出す仕組みを考えなければいけないということになりましたが、各国の義務という話は一切なく、その分野における地球全体での数値目標を設定しました。目標を決めるだけでなく、「タイプ2」活動による実施支援があります。実際、そういった「タイプ2」（パートナーシップ）に関する資金、プログラムの宣言がいろいろな国からなされています。

目標を個別に決めて、資金提供を義務づけるというやり方ではなかなかまとまりません。目標を全体として決め、そこで支援計画がある人たちに対して「どうぞそこで宣言してください。あなたたちの活動をちゃんと認知します」という格好で個別項目について決着が図られたということです。こういったやり方はなかなかリーズナブルだと私は思います。

●より幅広く、継続的なイベントへ変化：サミット自体のイベントとしての位置づけが変わりました。

1つは、参加者が環境だけでなく、環境、経済、開発、貿易、外交、いろいろなセクターの人が大勢参加するようになりました。10

年前のリオサミットであれば環境担当の人も来ていないような交渉が結構あったりしましたし、NGOも環境NGOばかりで、企業側からの参加者はほとんどいなかったのですが、今回はそうでもありませんでした。

それから、国連にはWorld Environment Organizationといった環境問題に関する本当に権威ある機関がありません。国連環境計画（UNEP）はありますが、WTO（World Trade Organization）のような機関ではありません。そういう時に、貿易との関係、世界銀行との関係、地球環境ファシリティ（世界環境基金）のあり方などを、国家首脳レベルで議論したい時には環境サミットぐらいしかない。そういう意味があったということです。

気候変動枠組条約第8回締約国会議

第1約束期間後に向けた議論の始まり

平成14年10月23日～11月1日に、ニューデリー（インド）で、「気候変動枠組条約第8回締約国会議（COP8）」が開催されました。

昨年COP7でマラケシュ合意ができ、京都議定書の実施ルールのうち、COPレベルで片づくことはみんな決まったので、COP8では、京都議定書第1約束期間（2008年～2012年）という数値目標をもった期間の後をどうするかを念頭に置いた議論が初めてなされました。

わが国からは地球規模での取組の必要性、将来の枠組みに関する議論の開始などの主張がありました。地球規模での取組の必要性とは何かと言いますと、「一部の国だけが排出削減するという京都議定書の枠ではだめでしょ

う。世界全体で排出削減に取り組むようにもっていきましょう」ということです。そうすると、当然、途上国は反対するということで、その文言をめぐる争いがありました。

排出削減は先進国・途上国に共通の課題

その結果、採択されたデリー宣言には、「温室効果ガスの排出削減は先進国・途上国に共通する課題である」という趣旨の内容が盛り込まれました。ただし、将来の国際枠組に関する議論の開始、途上国を含めた枠組みといった当初先進国が目指した点について明確な記述は盛り込まれませんでした。途上国から排出削減へのコミットメントを十分に引き出すには至っていないということです。

「京都議定書の発効が来年にも予想される中」とあって、地球温暖化に関する国際交渉が確かにCOP7までとは違う新しい段階、将来を見据えた議論に入ってきました。

今回のCOP9は、イタリアで開催することになりました。

「気候変動への適応」を重要と位置づけた デリー宣言の主な内容

「気候変動及び持続可能な開発に関するデリー宣言」が出され、ここでも「持続可能な開発」という文言があり、特に途上国側が開発というところを重視しています。

デリー宣言の主な内容として、以下の5つを挙げることができます。

- ① ヨハネスブルグサミットと同様、京都議定書の批准を未批准国に強く促す。
- ② 地球全体の排出の大幅な削減が必要である。

- ③ 先進国と途上国で温室効果ガス排出緩和策が実施されていることに注目し、今後ともこれが高い優先課題であり続けることを強調。

- ④ 途上国を含む締約国は緩和措置及び適応措置に関する非公式の情報交換を促進する。

緩和（Mitigation）措置というのは排出削減をする措置のことを指します。温暖化問題を完全に防止することも、完全に排出を減らすこともできないので、ある程度の緩和をしようというものです。京都議定書関連の文脈だと、これは排出削減のことを指します。また、適応（Adaptation）措置というのは、気候変動問題が起きると例えば海面が上昇します。そうすると堤防を作らなければなりません。また、気候変動が起きると降水パターンが変化します。そうすると今までと同じ灌漑をやっていたのでは農作物が育たなくなります。では新しく灌漑をやり直しましょう。そういったようなことを適応と言っています。

- ⑤ 再生可能エネルギーの世界のシェアを高める。

ヨハネスブルグサミットと同じ内容で、具体的な数字などには踏み込んでいません。

デリー宣言を巡る各国の主張

[アメリカ以外の先進国]

アメリカだけ日本やEUと少し違う動きをしたというのが今回の特徴です。アメリカ以外の先進国は、京都議定書の早期発効、排出削減への世界全体での取り組み、2013年以降に向けた議論の開始をと言っています。

[途上国]

これまでと同じで、まず先進国が排出削減

をしなければいけない、と言っています。新しいところでは、途上国にとって大事なものは温暖化への「適応措置である」と言っています。この「適応」についての先進国の支援が要る。途上国も確かに排出削減しなければ温暖化防止にはならない。けれども我々は農業に頼っているし、貧しいから気候変動が起きるととても耐えていけない。だから、それに耐えられるように開発を進めたり、人材育成することが途上国の優先課題だと言ってきたわけです。その一方で、将来途上国が排出削減の義務を負うような話には一切応じられないということを言っている。ただ、国によって少しニュアンスが違うとも報告されています。

[アメリカ]

今回は途上国と歩調を合わせて、2013年以降に向けた議論は余りしたくないとか、経済成長や開発を重視するという立場をサポートしたり、他の先進国とは大分違うことを言っていました。

具体的には、京都議定書離脱後にブッシュ大統領が言っていた、排出削減は試るけれども義務としてではなく自主的な目標であるとか、経済成長が温暖化防止の鍵であるということを繰り返していた。その主張が、途上国の主張とある意味共通していたということです。

[デリー宣言に対する各国の評価]

日本とEUは不十分だ、途上国と米国は良いと評価しています。

[条約・議定書の実施に関する個別項目の交渉]

デリー宣言自体は閣僚級での話ですけど、

交渉担当者による毎日の議論、文書の量で見ると、個別項目の交渉という方が圧倒的に多いです。ということが議論され合意されたかということ、CDM理事会の活動報告、京都議定書に基づく報告及び審査、国別報告書に関してです。

COP 8 のその他の目玉

① CDM理事会の活動報告

COP 8 も目玉に乏しかったと一般にはよく言われているのですが、そうでもないと思います。1つ目が、CDM理事会の活動を承認したことです。COP 7 のマラケシュ合意でCDM理事会というものが設置されました。マラケシュ合意である程度京都メカニズムの使い方、運用則は決まりましたが、これは国の法律で言えば、法律が決まっただけで政省令とか、そういう具体的に使うのにどうやったらいいかというレベルまでは決まっていませんでした。

その政省令に当たる、実際に使うレベルまで細則を作る仕事をCDM理事会が請負っていたわけです。ただ、そのCDM理事会は、その活動をまったく好き勝手にやっていいというわけではなくて、時々COPの承認を得ながら進めなければいけません。今回の結論として基本的に、CDM理事会はそのまま作業を進めてくださいとなっています。

ということで、CDM第1号が間もなく出ると言われています。COP 9 を待たずにCDMをやるという方向性が決まりました。これが1つ目の成果だと思います。

② 国別報告書及び排出量目録に関する制度整備

COP 8 では、これに関する決定が大半でし

た。各国は、排出量、排出削減計画に関する情報を国連の事務局に出さなければいけないのですが、それを具体的にどうやっていくかという話です。情報提出を途上国に義務づけるのか努力目標にとどめておくのかということが議論の焦点となりました。

国別報告書と排出目録に関する制度整備は、2つの面で重要です。1つは京都メカニズムを使って排出量を取引したいのなら、関連情報を整備しておかないと制度が回りようがないという面です。もう1つは、第2約束期間以降を見据えた話で、毎年報告する中に排出削減に関する計画が書いてあったとすると、それが今後の途上国参加のための布石になるという面です。

削減計画について、先進国は途上国の義務にしたいと考える。その一方、途上国はそんな排出削減の計画に関するデータなんて出したら最後「やれ」と言われるから、そんなデータは出したくない。そういったことで、今回はおおむね途上国の主張が通り、削減計画提出の義務づけはほとんど強化されずに終わりました。

途上国の実質的参加への道筋づくり

[排出削減の数値目標]

いきなり正面から「排出削減の数値目標を義務として負え」と言われたら、途上国はみんな反対するでしょう。そこで、先進国側は、「何を排出しているかのインベントリーぐらいは出せ。できれば、長期の計画を出せ。できれば、その計画の排出削減係数と基準係数ぐらいつくって出してくれ」と言っておいて、最後に「義務を負ってくれ」と言えればいいんですけども、そこまではなかなかいかな

いので、「排出削減についてある程度書き込め」という議論をしたわけです。

デリー宣言を見る限り、言質を取ったとはなかなか言い難い。政府発表にもありましたけれども、「排出削減は先進国でも途上国でも実施されてきた」と過去形になっています。これ自身別に新しいことではなく、途上国が従来から言っていることです。例えば、中国は最近どんどん省エネが進んでいます。「GDP当たりの排出量は減っています」と言っています。それから地球全体で排出を減らすというのも、何も書けないよりはいいんですけども、じゃあ途上国でというふうに真つすぐつながる話ではありません。

[気候変動への適応]

「適応」というキーワードの位置づけが高くなったというのが今回の特徴です。先進国側は、余りうれしくないんですけども、途上国側が言ってきている「適応」ということに対して落とし所を探ることがこれからの大きな軸になります。まだ先進国では研究している人も少ないですし、よくよく何を言っているのか、何が落とし所かというのは検討課題が山積していると思います。

[排出削減計画の提出]

ある程度詳しく提出をさせようという動きがあったのですが、私が確認している範囲ではそれほど踏み込んだ言質を取れているわけではないと思います。

[資金的支援]

COP8ではマラケシュ合意で決着がついたことについて少し進める、歩み寄る、これからの段取りを考えるということが目標でした。

資金的支援というのは、国際交渉、国際環境条約の常套手段で、ある程度お金を払っておくと向こうが一所懸命話に乗ってくる。参加を最低限つなぎ止めるという役割が一方あります。オゾン層保護のモントリオール議定書、その他の環境条約も大体途上国をつなぎ止める方法として資金的支援という手段を使っています。これに関する議論もこれから続いていくと思います。

終わりに

今後の国際交渉戦略への教訓

途上国への数値目標を法的な義務として課すことは多分どこかで諦めた方がいい。そうすれば、先方もリラックスして排出削減計画

の提出くらいは義務づけることができるのではないかと考えています。

それから資金支援や適応に関する支援などがある程度実施していく。そういう資金的支援は、国連の金融機関のGEFや国連開発計画（UNDP）だとかが行うのですが、お金をいざ出す、融資の審査をするときに、「あなたの国はちゃんと削減計画を提出していますか」ということをチェックしてくれるわけです。つまり、削減計画を提出するインセンティブを与えることができる。そんなやり方で途上国に排出削減の計画を作らせるのが近道ではないかと思っています。計画だけつくってもだめじゃないかという意見もあるんですけども、必ずしもそうでもなくて、削減計画を提出するということで、途上国内にそういう政治的な方向性を作り出していけるだろうと思います。過去の環境条約を分析すると、そういった効果が考えられます。

太陽熱利用石炭ガス化炉の開発 —小型実験炉の運転実績—



北田 俊二 (財)エネルギー総合工学研究所
プロジェクト試験研究部 主管研究員

1. はじめに

近年、地球温暖化現象をはじめとする環境問題が国際的に重要な課題となってきた。地球温暖化防止京都会議（COP3）において、先進国の温室効果ガスの削減目標が設定された。わが国の場合は、2010年時点で1990年に比べて6%の削減目標が課せられたことから、特に温室効果ガスの1つである二酸化炭素（CO₂）の排出抑制が幅広く求められている。

一方、政府の長期エネルギー需給見通しによれば、2010年度における1次エネルギーの供給は石油が約45%、石炭は約20%を占めると予測されている。石炭は、単位エネルギー当たりのCO₂発生量が多いものの、他の化石燃料と比較して可採埋蔵量も多く、世界各地に埋蔵されているため、これをいかに有効に利用していくかという課題が残されている。

このような背景を踏まえ、当研究所では、平成12年度より5カ年計画で、石炭および天然ガスからCO₂を排出することなく、燃料電池等のエネルギー源となるメタノールやディーゼル燃料として注目を浴びているジメチルエーテル（DME）を効率的に製造するプロセスの開発を進めている。

本技術開発は、石油に比べ膨大な埋蔵量が期待される石炭とCO₂を含む天然ガスの双方を有効活用することを前提に、太陽の熱エネルギーや水力や風力等の自然エネルギーで作られる電力を用いて水を電気分解し、その結果得られる酸素と水素により、石炭と天然ガスを改質し、メタノールへの転換工程におけるCO₂排出量をゼロとするものである。

温室効果ガスであるCO₂の排出を削減するには再生可能エネルギー（太陽エネルギー）の導入が必須である。本技術開発は、太陽エネルギーを化学エネルギーに転換して次世代液体燃料（グリーンフューエル）を製造するとともにCO₂の利用・回収を図ることを目的としており、地球温暖化防止対策に貢献する技術である。

本稿では、独立行政法人産業技術総合研究所北海道センターと共同で研究している太陽熱利用石炭ガス化炉の開発について、小型実験炉の運転実績を中心に紹介する。

2. 太陽熱利用石炭ガス化炉とは

グリーンフューエル（ここではメタノールを想定）を製造するプロセス全体の構成を図

1に示す。まず、太陽光発電、水力発電、風力発電といった自然エネルギーから得た電気により、水の電気分解を行い酸素と水素を製造する。次いで、太陽光を集光させて得られる高熱により熔融塩を加熱する。この高温の熔融塩により石炭と水の混合物（石炭水スラリー）を予備加熱した後、石炭ガス化炉に導入する。石炭ガス化炉において、石炭は電気分解により得られた酸素とスチームにより、部分酸化反応を起こし、水素（ H_2 ）と一酸化炭素（CO）と若干の CO_2 を生成する。

一方、硫化水素を分離除去した天然ガスを高温の熔融塩により予備加熱する。その後、天然ガス水蒸気改質器に導き、メタン（ CH_4 ）を水蒸気（ H_2O ）で改質し、水素（ H_2 ）と一酸化炭素（CO）を生成させる。その際に不足する熱量は、電気分解により製造した酸素を用いてメタンを部分燃焼させて生じる反応熱で補う。

石炭ガス化炉および天然ガス水蒸気改質炉より得られた生成ガス（ H_2 、CO）と、水の電気分解から製造した H_2 を原料としてメタノールを合成する。天然ガス中に CO_2 が含まれる場合も、天然ガスの使用量が増すものの、 CO_2 は外部に放出されることなく、メタノールに転化される。

石炭をガス化した場合は、生成するCOと H_2 の比はおおよそ1：1.25となる。これに対して、天然ガスの場合は、1：3となる。CO、 H_2 からメタノールを合成するには量論比は1：2であるため、石炭だけでは H_2 が不足し、天然ガスだけでは H_2 が過剰になる。さらに、石炭ガス化、天然ガス改質において必要な O_2 を、水の電気分解により発生させ、同時に発生する H_2 を加えて、最適な石炭、天然ガスの割合が決まる（表1）。

一般に、石炭ガス化の方式としては、固定床、流動床、噴流床の3種類が挙げられるが

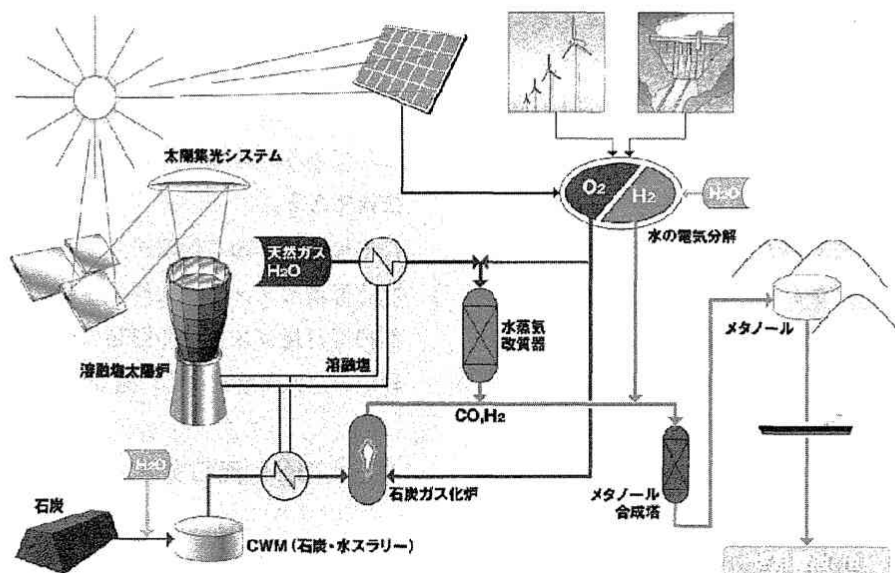


図1 グリーンフューエル製造プロセスの構成

表1 各プロセスの反応式

[石炭ガス化]	
C_2H (石炭)	$+2H_2O \rightarrow 2CO + 5/2H_2$
[天然ガス改質]	
$CH_4 + H_2O$	$\rightarrow CO + 3H_2$
[メタノール合成]	
$CO + 2H_2$	$\rightarrow CH_3OH$

ガス化効率が高いので最近では噴流床がもっぱら使用されることが多い。

噴流層における石炭の供給方法は大きく乾式と湿式の2種類に分けられる。乾式は微粉炭をガス化炉に吹き込む方法で、湿式はCWM(石炭水スラリー)を吹き込む方法である。また、ガス化剤の種類についても酸素を用いるものと空気を用いるものの2つに分けることができる。乾式では、微粉炭を主に窒素を用い高压下でガス化炉へ送り込むが、このときに窒素ガスが混入することがあり、窒素化合物(NH_3 , HCN)やその発生に伴う窒素氧化物(NO_x)の発生が増加するという問題がある。さらに、ガス化炉に同伴された窒素は、全体プロセスの後段部分のメタノール合成まで行ってしまう、ガス分離をしてメタノールを液体としては取り出す、残っているガスをまた循環使用するという、窒素が蓄積されてしまうので、メタノール合成プロセスからみた場合には窒素を極力下げる必要がある。

湿式供給法は、CWMが液体のため、供給時の昇圧・流量調節が容易であり、更に輸送におけるハンドリング性が向上するというメリットがある。だが、微粉炭に比べCWM中の水分の蒸発潜熱ロスがあるため、エネルギー効

率の観点から不利とされている。

昇圧が容易で普及しているテキサコ法やダウ法に代表される湿式酸素吹きガス化法は、その蒸発潜熱ロスを補い、かつ吸熱反応である石炭のガス化反応を持続させるため、酸素消費量を多くして部分燃焼をさせ、ガス化反応温度の低下を回避しているが、その分ガス化効率が低下してしまう。それに対して、シェル法やブレンフロー法に代表される乾式ガス化法では、ガス化効率は高く維持できるが生成ガス中に窒素の混入が避けられないという問題点が発生する。

そこで、前述のようにCWMを太陽熱利用熔融塩で予備加熱してからガス化炉へ供給することにより、ガス化炉内での水の蒸発潜熱ロスによる温度低下を防止し、結果として高いガス化効率、窒素の混入防止、運転の操作性向上を兼ね備える新型ガス化炉システムが可能になる。

具体的には、従来の湿式酸素吹きガス化炉に比べ、ガス化効率を10%以上向上させ、酸素消費量を10%以上削減することを目標にして開発を行っている。

3. 小型実験炉の運転

太陽熱利用石炭ガス化炉の開発にあたり、電気加熱式の熔融塩炉によりCWMを予備加熱する小型石炭ガス化実験炉を製作し、産業技術総合研究所北海道センター内において、平成13年7月より運転を開始し、現在に至っている。この装置の概略図を図2に示す。

反応管およびゴールドファーネス(金を蒸着した透明電気炉)を収めた覗き窓付の耐圧容器を図3に、またゴールドファーネス外観

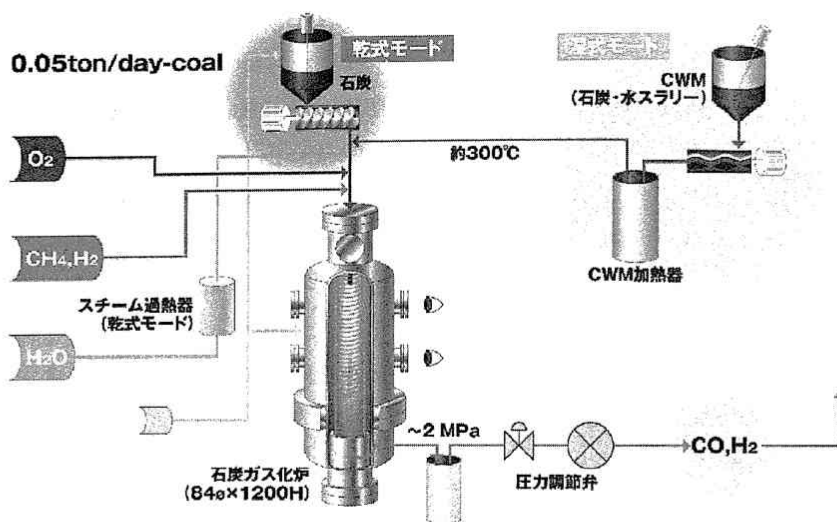


図2 小型石炭ガス化実験炉の概略フロー

を図4に示す。

反応管は石英製でその周りをゴールドファーネスで囲い、反応管からの熱損失を補う形にしている。反応管の内部と外部の差圧が一定範囲内に入るようになるよう、予め窒素で加圧した。反応管内部温度が約700℃になるとゴールドファーネスを可視光が透過するようになり、反応管内部が目視確認できるようになるので、この時点でバーナーノズルに酸素およびメタンを導入し、着火させた。次いでポンプにてガス化原料を溶融塩加熱器（CWM加熱器）へ供給し、予備加熱を行った後、反応管に導入した。その後、助燃剤としてのメタンの供給を停止して、酸素による石炭のガス化を行った。ガス化反応により生成したガス（主に H_2 と CO ）を一部拔出し、ガスクロ組成分析を行うとともに、積算流量計で生成ガス量を測定した。



図3 耐圧容器の外観

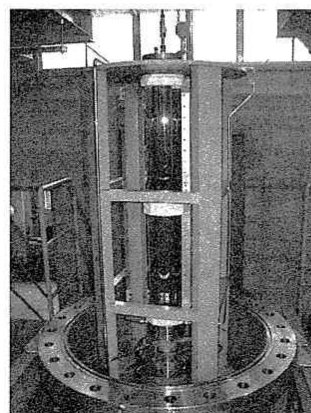


図4 ゴールドファーネスの外観

表2 ETG導入によるガス化実験の条件

[供試原料]	
エチレングリコール水溶液 (ETG)	
濃度: 66.7 wt%	
(C ₂ H ₆ O ₂ 沸点 97.2℃、発熱量 5,487 kcal/kg)	
[実験条件]	
圧力	0.03 ~ 0.10 MPa (最大2 MPaまで可)
ガス化炉内上部温度	870 ~ 960℃
ETG供給量	0.2 ~ 1.0 kg/h
O ₂ 供給量	0.02 ~ 0.12 Nm ³ /h
ETG供給温度	95℃、160℃

4. 得られた成果と今後の見通し

小型石炭ガス化実験炉にCWM擬似原料としてエチレングリコール水溶液 (ETG) を導入して、ガス化実験を行い、原料の予備加熱がガス化性能に与える影響を検証した。その実験条件を表2に示す。

原料ETGを蒸発させないケース (95℃) および170℃に予備加熱し原料中の水分を完全に蒸発させたケースでのガス化実験を行い、両者を比較した。図5に予備加熱による含水分の蒸発効果の差による火炎の差異を示す。予備加熱したケース (a) では、ETGはもとより含水分も十分に蒸発しているため、ノズルからはほぼ均一に安定的に原料が噴霧されている。一方、直接噴霧した場合 (b) には、ノズル先端部からの液滴の落下が認められ、相当量の原料が未反応のまま反応管を通過している。

次に、原料ETGを170℃に予備加熱し原料中の水分を完全に蒸発させた上で、反応管に導入してガス化反応を行わせたときの反応管内の温度分布を図6に示す。●で示される線がETGを完全燃焼させるのに近い酸素量を供給している場合の温度プロファイルであり、一方、○で示される線は原料に対して酸素量を絞ったいわゆるガス化条件での温度プロファイルを

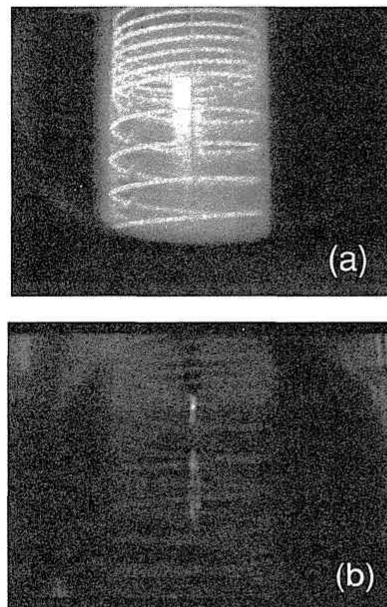


図5 含水分の蒸発効果の差による火炎の差異

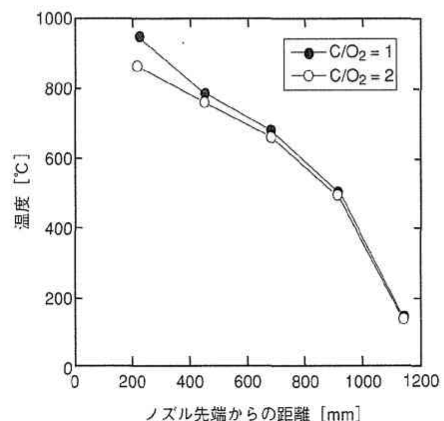


図6 ガス化反応時の反応管内の温度分布

示している。ガス化バーナーのノズル先端から400mmの領域においては、燃焼条件($C/O_2=1.0$)の炉内温度よりガス化条件($C/O_2=2.0$)の炉内温度が低く、この領域で吸熱反応であるガス化が充分進行していることがわかる。

次に、 C/O_2 比を変化させたときの生成ガス中の炭素量バランスを図7に示す。 C/O_2 比の増加とともにガス化が進み、 CO_2 生成量は減少し、 CO および CH_4 生成量が増加する。これら CO_2 、 CO 、 CH_4 等の合計生成量は C_2H_6 の上部の折れ線で示されるが、原料中の炭素量と比較して0.9から0.95であることから、概ね炭素バランスはとれていると判断できる。

ここではガス化性能を評価する指標として冷ガス効率、ヒートロスを用いているが、それらの定義は表3のとおりである。

また、冷ガス効率の推算値は、(株)KEMのガス化シミュレータに、石炭、水蒸気、酸素等の供給速度、石炭性状(工業分析値、元素分析値、発熱量)、想定ヒートロスを入力して算出した。

他方、ヒートロス、冷ガス効率は、石炭、水蒸気、酸素等の供給速度と供給温度、石炭性状(工業分析値、元素分析値、発熱量)、反

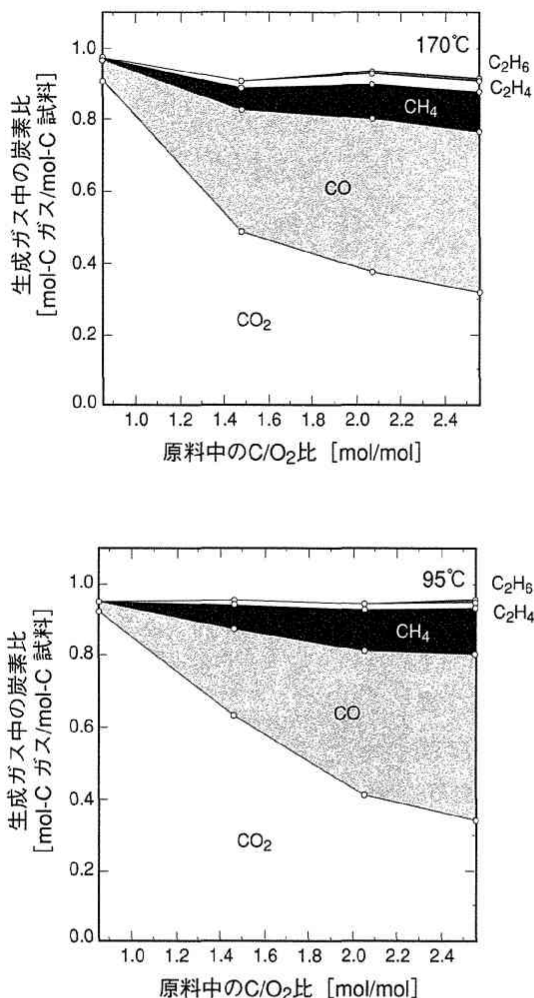


図7 炭素比による生成ガス中の成分分布

表3 ガス化性能の評価指標の定義

$$\text{冷ガス効率} = \frac{\text{生成ガスの高発熱量 (H}_2, \text{CO, CH}_4\text{等)}}{\text{原料の高発熱量 (石炭, CWM等)}} \times 100 (\%)$$

$$\text{ヒートロス} = \frac{\text{原料の持込総熱量} - \text{生成ガスの持出総熱量}}{\text{原料の持込総熱量}} \times 100 (\%)$$

$$\text{持込総熱量} = \text{持込顕熱 (石炭, 水)} + \text{持込潜熱 (水蒸気)} + \text{持込発熱量 (石炭)}$$

$$\text{持出総熱量} = \text{持出顕熱 (生成ガス, 灰分, 未燃炭素分)} + \text{持出潜熱 (水蒸気)} + \text{持出發熱量 (生成ガス+未燃炭素分)}$$

応温度，生成ガス量，生成ガス成分分析値の実験データからマスバランス，エンタルピーバランスをとって計算した。

これらのガス化反応性能をヒートロスと冷ガス効率の関係で示したのが図8である。また，酸素消費量とヒートロスの関係を図9に示した。この図における直線は，上述の石炭ガス化シミュレータを用いて計算された推算値を表しており，●や○で示された点は，小型石炭ガス化実験炉を使用して得られた実験値である。予備加熱をしたケース，しなかったケース，いずれの場合でも，実験値とガス化シミュレータによる推算値とが非常に良い一致を示した。

実験の結果，原料ETGを170℃に加熱するだけでも，既存のスラリー法（常温供給）と比べ，ガス化効率がほぼ10%向上し，酸素消費量が約12%削減される効果が得られた。

一般に小型ガス化実験装置においては，ヒートロスが大きく，最大30%を超えることもある。加圧により反応管外気である窒素の密度上昇によって反応管表面やゴールドファーンズから耐圧容器への放熱量が増える結果，ヒートロスの増加を招いているものといえる。

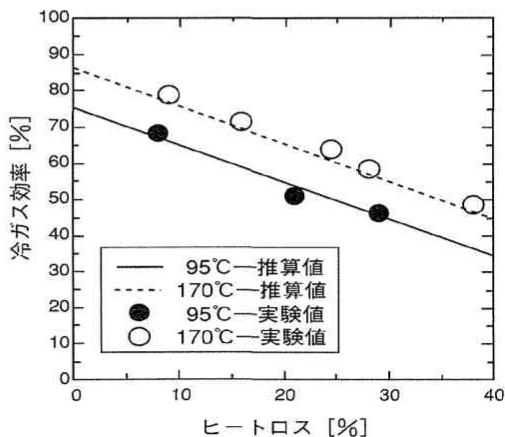


図8 冷ガス効率とヒートロス

商業装置のガス化炉では，断熱性能が上がるため，ヒートロスが少なくなる。例えばテキサコ法ガス化炉では約5%といわれているので，本方式のガス化炉を商業規模にスケールアップした場合，高いガス化効率が期待できる。

開発目標通りの成果が得られた場合の経済効果を試算したのが表4である。湿式酸素吹きガス化炉としてテキサコ炉を比較対照にして生成ガス量を一定にすると，CWM予備加熱式の新しいガス化炉では，石炭投入量および酸素消費量が相当量減少するため，大幅な原料費削減が図れる。ちなみに1時間あたり100トンの石炭処理量では年間約12億円の原料費が削減できる。

再生可能エネルギーである太陽熱を取り入れて，CWMを予備加熱した後，気固混合相で供給することを特徴とする湿式酸素吹き石炭ガス化炉の開発においては，CWMの安定供給技術が最も重要である。これまでにオートクレーブを用いたバッチ式の噴霧予備加熱実験，高温高圧噴霧実験等を実施して，技術の蓄積を図ってきた。

現在，CWMの連続噴霧実験装置（石炭供給

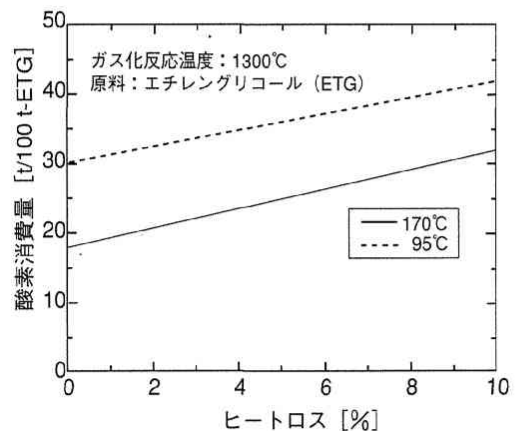


図9 酸素消費量とヒートロス

表 4 経済効果の試算

ケース	CWM予熱無し (テキサコ炉)	CWM予熱有り (新型炉)	予熱のメリット
石炭投入量	100 t/h	84 t/h	-16 t/h
酸素消費量	110 t/h	71.4 t/h	-38.6 t/h
冷ガス効率	71.70%	85.30%	13.60%
ガス化反応時間	2.0 sec	7.8 sec	5.8 sec
生成ガス発熱量 (G cal/h)	500 Gcal/h	500 Gcal/h	0 Gcal/h
酸素消費額 (5円/Nm ³)	385,000 円/h	249,900 円/h	-135,100 円/h
石炭使用額 (1500円/t)	150,000 円/h	126,000 円/h	-24,000 円/h
原料費合計 (時間)	535,000 円/h	375,900 円/h	-159,100 円/h
原料費合計 (年間)	42.8億円/y	30.1億円/y	-12.7億円/y

量 2 トン/日) による加熱供給試験を実施しており、実用化へ向けた一層のステップアップが期待される段階に至っている。

5. おわりに

CWM予備加熱式石炭ガス化炉の開発は、CWMを常温でスラリーのまま供給する湿式供給法と石炭を窒素により搬送する乾式供給法、両方が抱える従来技術の問題点を解決するため、CWMを太陽熱により予備加熱し、気固混合相で供給することで、ガス化効率の向上および窒素の混入防止を図る点に新規性がある。

小型石炭ガス化実験炉（石炭処理量：約 0.05 トン/日）にCWM擬似原料としてETGを導入して、ガス化実験を行い、原料予備加熱がガス化性能に与える影響を検証した。ETGを溶融塩加熱器に通して約170℃に予備加熱することにより、既存の予備加熱を行わない方法に比べて、冷ガス効率がほぼ10%向上し、酸素消費量が約12%削減されることが確認された。以上の実験結果は、ガス化シミュレータの推算値とも良く一致しており、CWMの連続予備加熱供給方式が確立できれば、本ガス

化炉の実用化の可能性は極めて高い。

最後に、本内容は当研究所が新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）および経済産業省から受託した「石炭・天然ガス活用型二酸化炭素回収・利用技術の開発」の研究成果の一部であり、関係各位のご支援・ご協力に感謝します。

参考文献

- (1) 片山優久雄「電解酸素を用いた石炭ガス化による水素・メタノール製造プロセスの経済性検討」季報エネルギー総合工学, Vol.24, No.4, 27-45, 2001
- (2) 片山優久雄「グリーンフューエルの製造技術開発について」ペトロテック, Vol.26, No.1, 2-8, 2003

羽 鳥 喜 紀 (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

わが国の原子力利用に対する安全規制への取り組みは、1955年に制定された原子力三法に端を発する。原子力三法とは、「原子力基本法」、「原子力局設置に関する法律」、「原子力委員会設置法」であり、これらによって、原子力の利用目的や基本方針等が方向付けられ、原子力行政を担う組織として総理府に原子力局が発足し、さらに、原子力の研究、開発及び利用に関する行政の民主的な運営を図るための組織として総理府に原子力委員会が発足した。その後、原子力基本法に則って安全規制を実施するための法整備が進められ、1966年9月にわが国初の実用発電用原子炉（以下、「商用原子炉」と称する）が運転を開始すると、発電分野での原子力利用が本格化していった。

わが国初の商用原子炉が運転を開始してから今年で37年が経過しようとしている。この間、原子力船「むつ」の放射線漏れ事故（1974年3月）を契機として原子力安全委員会が発足し、ジェー・シー・オー（JCO）臨界事故（1999年9月）を契機として保安規定の遵守状況を検査する制度が創設され、2001年

1月の中央省庁再編時に、それまで科学技術庁と通商産業省に分かれていた安全規制部門が経済産業省内に新設された原子力安全・保安院に一元化される等、安全規制制度や組織が見直されてきた。今日でも、原子力安全・保安院の発足を契機として策定された安全規制の目指すべき方向性等に基づき、さらなる安全規制の見直しが実施されている。

本稿では、わが国における商用原子炉に係わる安全規制の現状と中央省庁再編以降の安全規制の見直しについて紹介する。

2. わが国における商用原子炉の安全規制の現状

(1) 安全規制の全体概要

原子力発電所の建設および運転における安全確保は、電気事業者による自主保安管理を前提としているが、経済産業大臣（実質的には経済産業省原子力安全・保安院）が、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（原子炉等規制法）ならびに「電気事業法」の関係法令に基づき、原子炉の設置から解体に至るまで一貫した安全規制を実施しており、内閣府の原子力安全委員会が、規制

当局から独立した立場で原子力安全・保安院が行った安全規制活動を二重に確認している。

原子炉等規制法と電気事業法は安全規制を実施する上での法的両輪であり、規制対象物に応じて適用される法律や条項が異なる。原子炉等規制法ならびに電気事業法で規定されている条項を表1に示す。

原子炉等規制法は、核物質や原子炉について、平和目的に限った利用かつ計画的利用の確保、災害防止と公共の安全確保等を目的と

しており、製錬、加工、原子炉の設置および運転、貯蔵、再処理および廃棄といった規制される事業毎に規制事項が規定されている。原子炉の設置から解体までの安全規制は「第4章 原子炉の設置及び運転等に関する規制」（第23条～第43条の3）の規定に基づいて実施されている。このうち、設計および工事の方法や検査（第27条～第29条）に係わる条項は二重規制を避けるために第73条（適用除外）の規定により商用原子炉には適用されず、電

表1 原子炉等規制法ならびに電気事業法の規定条項（抜粋）

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律 (昭和32年法律第166号)	電気事業法 (昭和39年法律第170号)
第1章 総則	第1章 総則
第2章 精錬の事業に関する規制	第2章 電気事業
第3章 加工の事業に関する規制	第1節 事業の許可等（第3条～第17条）
第4章 原子炉の設置、運転等に関する規制（第23条～第43条の3）	第3条 事業の許可
第23条 設置の許可	第4条 許可の申請
第24条 許可の基準	第5条 許可の基準
第25条 許可の欠格事項	第6条 許可証
第26条 変更の許可及び届出等	第9条 電気工作物等の変更
第27条 設計及び工事の方法の許可	（第7条、第8条、第10条～第17条 記載省略）
第28条 使用前検査	第2節 業務
第28条の2 溶接の方法及び検査	第1款 供給
第29条 定期検査	第2款 広域的運営
第30条 運転計画	第3款 監督
第31条 合併	第3節 会計及び財務
第32条 相続	第3章 電気工作物
第33条 許可の取消し等	第1節 定義
第34条 記録	第2節 事業用電気工作物（第39条～第55条の2）
第35条 保安及び特定核燃料物質の防護のために講ずべき措置	第1款 技術基準への適合
第36条 施設の使用の停止等	第39条 事業用電気工作物の維持
第36条の2 原子力船の入港の届出等	第40条 技術基準適合命令
第37条 保安規定	第41条 費用の負担等
第38条 原子炉の解体	第2款 自主的な保安（第42条～第46条の22）
第39条 原子炉の譲受け等	第42条 保安規程
第40条 原子炉主任技術者	第43条 主任技術者
第41条 原子炉主任技術者免状	（第44条～第46条の22 記載省略）
第42条 原子炉主任技術者の義務等	第3款 工事計画及び検査（第47条～第55条）
第43条 原子炉主任技術者の解任命令	第47条 工事計画
第43条の2 核物質防護規定	第48条 工事計画の届出
第43条の3 核物質防護管理者	第49条、第50条 使用前検査
第4章の2 貯蔵の事業に関する規制	第50条の2 使用前安全管理検査
第5章 再処理の事業に関する規制	第51条 燃料体検査
第5章の2 廃棄の事業に関する規制	第52条 溶接安全管理検査
第6章 核燃料物質等の使用等に関する規制	第53条 自家用電気工作物の使用の開始
第6章の2 国際規制物質の使用等に関する規制等	第54条 定期検査
第6章の3 指定検査機関等	第55条 定期安全管理検査
第7章 雑則	第3節 一般電気工作物
第8章 罰則	第4章 土地等の利用
第9章 外国船舶に係る担保金等の提供による釈放等	第5章 指定検査機関、指定安全管理審査機関、
附則	指定試験機関及び指定調査機関
	第6章 削除
	第7章 雑則
	第8章 罰則
	附則

気事業法の当該規定が適用されている。

一方、電気事業法は、電気事業の適正かつ合理的運営によって、電気の利用者の利益を保護し、電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持および運用を規制することにより、公共の安全確保と環境の保全を図ることを目的としている。原子力発電所に施設される電気工作物に係わる規制は、主として、「第2章第1節 事業の許可等」、「第3章第2節 事業用電気工作物」（第39条～第55条の2）の規定に基づいて実施される。なお、「第3章第2節第3款 工事計画及び検査」の一部が原子炉等規制法の適用除外範囲に相当する部分である。

（2）安全規制の概略

経済産業省、原子力安全委員会が、商用原子炉施設の計画、建設および運転の各段階で、どのような安全規制を実施しているか図1にまとめた。

① 計画段階における安全規制

「電源開発促進法」に基づいて電源開発基本計画が決定され、電気事業者から経済産業大臣に対して原子炉の設置許可申請が行われると、経済産業大臣は、平和利用、原子力の計画的開発・利用への影響、技術的能力、当該原子炉施設の構造や設備等が災害防止上支障ないものであること等の許可基準に適合しているかを審査する。これらの基準には、原子力安全委員会が決定した安全審査指針、同委員会が了承した専門部会報告書等が適用される。その後、安全審査結果を原子力安全委員会および原子力委員会に諮問し、各委員会からの答申を踏まえ、文部科学大臣の同意を得て設置を許可する。

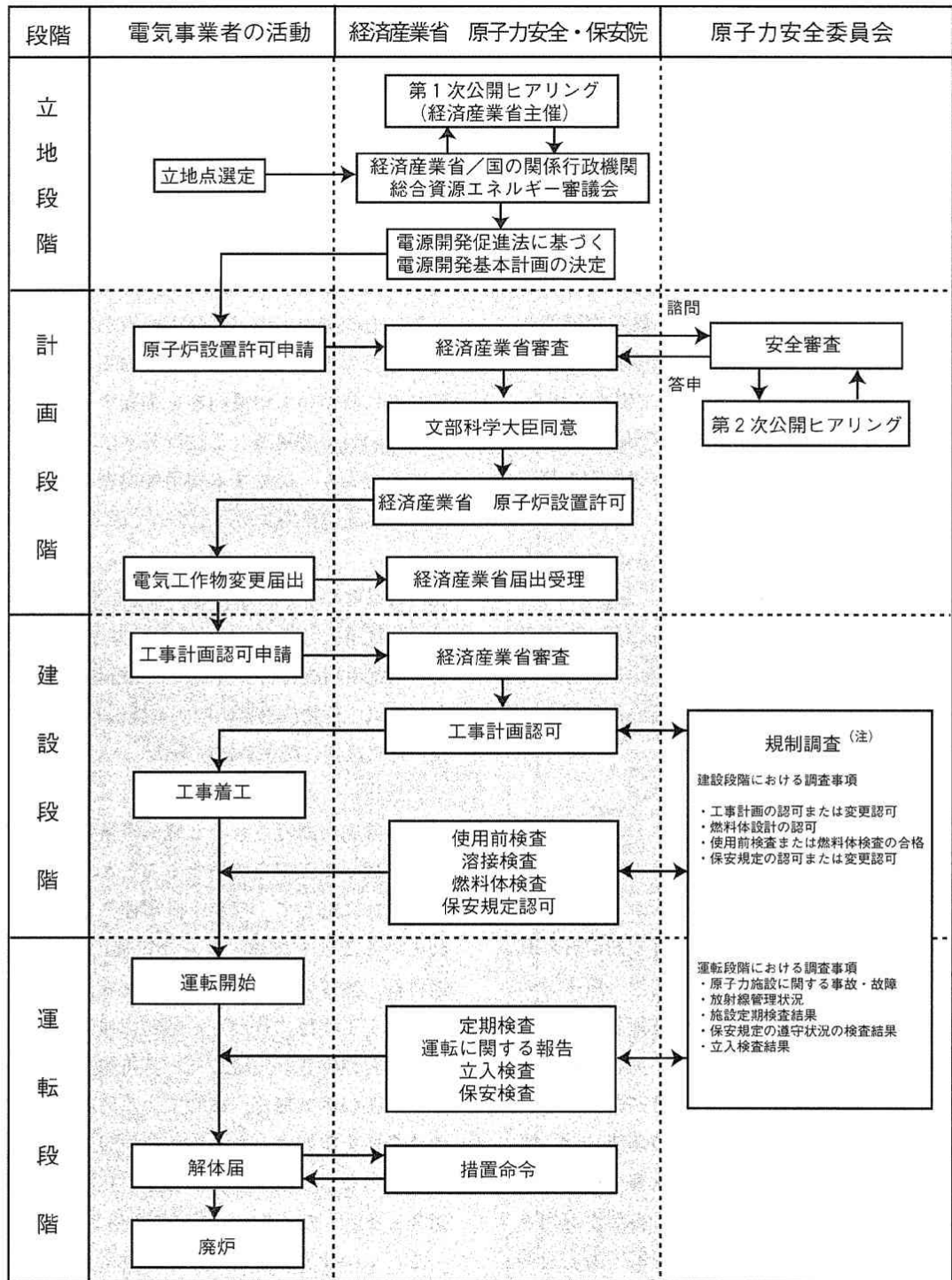
② 建設段階における安全規制

原子炉の設置が許可されると、公共の安全確保上特に重要な事業用電気工作物の設置または変更工事を実施しようとする場合には、電気工作物変更の届出に続いて工事計画の認可申請が行われる。経済産業大臣は、そのような事業用電気工作物が電気事業法第39条第1項の経済産業省令で定める技術基準に適合しないものでないか、電気の円滑な供給を確保するため技術上適切なものであるか等の認可基準に基づいて申請内容を審査する。この審査において適用される技術基準は、以下のとおりであり、後述する使用前検査や定期検査等の検査の合格基準ともなっている。

- (a) 発電用原子力設備に関する技術基準
- (b) 発電用火力設備に関する技術基準
- (c) 発電用核燃料物質に関する技術基準
- (d) 電気工作物の溶接に関する技術基準
- (e) 電気設備に関する技術基準

工事計画が認可されると電気事業者はその計画に従って工事を実施することとなる。工事の進捗に応じて、工事が計画通りに実施されていることを確認するための使用前検査、燃料材、被覆管、その他燃料体構成部品について加工工程毎に行われる燃料体検査、高濃度の放射性物質を内蔵している格納容器等や高温高压の蒸気等を内蔵している耐圧容器類の健全性を確認するための溶接検査を受検することとなる。検査結果が前述の技術基準に適合しないものでない場合には合格となる。

これらの検査の他、原子力発電所を安全に運転するために定められる保安規定の認可、核物質防護上必要な事項を定めた核物質防護規定の認可等が行われる。



「原子炉等規制法」および「電気事業法」の関係法令に基づく安全規制の範囲

(注) 「原子力安全委員会の当面の規制調査の実施方針について」(平成12年6月19日)を参照した。

図1 商用原子炉の安全規制の概略

原子力安全委員会は、JCO臨界事故以前は主に規制当局による設置許可に係る審査の確認を実施していたが、同事故を契機に建設段階および運転段階における安全規制活動についても、進捗状況や実施状況等を把握および確認することとしている。

③ 運転段階における安全規制

原子力発電所が運転を開始すると、原子力発電所の維持および運用を適切にし、安定運転を確保するため、原子力発電所の電気工作物のうち、保安の確保および電気の円滑な供給確保の観点から重要なものについて、一定の時期毎に経済産業大臣が行う検査（定期検

査）を受けることが事業者に対して義務づけられている。定期検査の対象設備は電気事業法施行規則第89条～第90条で規定されており、蒸気タービン、原子炉およびその附属設備（原子炉冷却系統、計測制御系統、原子炉格納施設、非常用予備発電装置等）となっている。検査方法は、対象設備の安全機能の重要性、プラント全体の総合性能への影響、過去の検査経験・運転経験を踏まえ、立会検査、記録確認検査および事業者点検結果確認に分類されている。沸騰水型軽水炉（BWR）の主な定期検査項目と検査方法を表2に示す。

保安検査は、①物件検査、②立入、③関係者への質問、④資料提出といった検査方法を

表2 定期検査の概要（BWRの場合）

検査区分	確認方法	検査区分の分類の考え方	設備	主な定期検査項目（BWR）
立会検査	検査官自らが検査前条件、検査手順等を確認の上、検査判定基準に照らし支障のないものであることを確認	安全機能の重要度が高いもの ※注 (重要度分類クラス1)	原子炉本体	燃料集合体外観検査
			原子炉停止余裕検査	
			原子炉冷却系統設備	自動減圧系機能検査
			計測制御系設備	原子炉保護系インターロック機能検査
			原子炉格納施設	原子炉格納容器漏えい率検査
			非常用予備発電装置	原子炉格納容器隔離弁機能検査
記録確認検査	検査官は、検査前条件、検査手順及び検査結果に支障がないことを事業者が作成した記録により確認	安全機能の重要度が高いもののうち、過去の検査経験・運転経験等から記録確認検査でも支障ないと判断したもの (重要度分類クラス1及び2)	原子炉本体他	非常用ディーゼル発電機機能検査
				総合負荷性能検査
			原子炉本体	燃料集合体炉内配置検査
				第1種機器供用期間中検査
				主蒸気安全弁機能検査
			原子炉冷却系統設備	主蒸気安全弁分解検査
			計測制御系設備	制御棒駆動水圧系機能検査
			燃料設備	燃料取扱装置機能検査
			放射線管理設備	非常用ガス処理系機能検査
			廃棄設備	気体廃棄物処理系機能検査
事業者点検結果確認	検査官は、事業者が自ら作成した点検要領に従って点検を実施し、かつ結果に支障がないことを記録により確認	比較的安全機能の重要度が低いもの及び過去の検査経験・運転経験等から記録確認検査で支障ないと判断したもの (重要度分類クラス3等)	原子炉格納施設	原子炉格納容器隔離弁分解検査
			非常用予備発電装置	非常用ディーゼル発電機分解検査
			原子炉本体	燃料集合体 SHIPPING 検査
				原子炉冷却材再循環ポンプ分解検査
			原子炉冷却系統設備	主蒸気隔離弁分解検査
				主蒸気隔離弁漏えい率検査（停止時）
				給水ポンプ分解検査
			計測制御系設備	制御用空気圧縮系機能検査
			燃料設備	原子炉建屋天井クレーン機能検査
			放射線管理設備	屋外モニタ機能検査
			廃棄設備	液体廃棄物処理系機能検査
				固体廃棄物処理系焼却炉機能検査

※注）原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針について」における分類である。

重要度分類クラス1：炉心、燃料等の健全性に直接影響する設備。原子炉の緊急停止、崩壊熱除去等の設備。

重要度分類クラス2：炉心、燃料等の健全性に間接的に影響する設備。異常状態の対応上重要な設備。

重要度分類クラス3：放射性物質の貯蔵、プラント制御に係る設備。異常の影響緩和の機能を有する設備。

適宜組み合わせ、保安規定の遵守状況を検査するものであり、主要な原子力施設の所在地に配置された原子力保安検査官によって年に4回実施されている。平成11年9月に発生したJCO臨界事故以前は原子炉設置者に保安規定の遵守を義務付けるのみであったが、同事故の原因が法令で許可された作業手順を遵守しないで作業を実施していたことに鑑み、同検査を実施することとした。

3. 中央省庁再編以降の安全規制の見直し

(1) 安全規制の目指すべき方向性の検討

発電分野での原子力の利用が成熟していた1990年代後半、JCO臨界事故の発生、使用済燃料輸送容器や英国製MOX燃料に係わる記録の改ざんといった安全管理や品質保証上の問題により、原子力安全に対する国民の信頼は揺らいだ。さらに、メーカー間の国際競争やエネルギー間の市場競争の激化、原子力発電所の廃止措置や高レベル廃棄物の処分事業の実現化等、原子力を取り巻く環境も変化していた。

このような背景の下、中央省庁再編直後の平成13年1月、経済産業大臣の諮問機関である、総合資源エネルギー調査会の下に設置された原子力安全・保安部会において、昨今の環境変化を踏まえた今後の原子力の安全確保および電力の保安の在り方について検討が開始された。同部会は、今回の諮問がエネルギー利用に関する原子力安全規制が原子力安全・保安院に一元化されて初めてのものであったことから、今後の原子力安全規制の目指すべき方向、原子力安全基盤の現状と課題および今後の方向性について「原子力の安全基盤の確保について」（平成13年6月27日）にまとめ、経済産業大臣に答申した。

同報告では、安全規制制度の方向性に関して、以下のような事項の検討の必要性や重要性等、種々の方向性が示された。

- (a) 事業者による品質保証活動など、ソフト面に着目した規制
- (b) 最新の技術的知見を反映した効果的な規制
- (c) 安全規制に係る国際的な検討結果の適切な反映と我が国からの情報発信
- (c) 高レベル放射性廃棄物等の処分事業に対する安全規制

(2) 安全規制の目指すべき方向性の具体化

上記原子力安全・保安部会での検討結果を踏まえ、同部会の下に新たに設置された「検査の在り方に関する検討会」、同部会の下に設置された原子炉安全小委員会等においてさらに検討が行われた。「検査の在り方に関する検討会」は昨年6月に検討結果の中間取りまとめを行い、原子炉安全小委員会は昨年7月に検討結果をまとめている。ここでは、昨年7月までの検討結果の概要について紹介する。

①「検査の在り方に関する検討会」での検討結果

「検査の在り方に関する検討会」においては、検査制度の見直しの方向性について審議され、「検査の在り方に関する検討会中間とりまとめ」（平成14年6月19日）にまとめられた。同年6月25日、原子力安全・保安部会はその取りまとめ内容を同部会報告としている。

同報告では、事業者は事業全般にわたって自律的に安全確保に取り組む責任を負っており、規制当局は規制を実効的かつ効果的に行い、事業者が確実に保安活動を行うよう監視、規制す

る役割を負うとした上で、原子力施設の安全確保システムをより一層実効的なものとするため、『事業者が保安活動を適切に実施するよう促していく仕組みを構築することを基本的な方向とすべきである』とし、「あらかじめ決められた施設の健全性を、あらかじめ決められたとおりに確認することを中心とする検査」から「施設の健全性だけでなく、施設の設置のプロセスや事業者の保安活動全般を、抜き打ち的手法も活用し確認する検査」へと見直すべきとの方向性が示された。また、検査の実効性を向上させるための対応として、以下の8項目の対応策が示されている。

- (a) 品質保証活動の充実
- (b) 抜き打ち的手法の導入
- (c) 定量的なリスク評価の活用
- (d) 安全確保水準（パフォーマンス）の評価に応じた検査の適用
- (e) 基準・規格の整備
- (f) 法律に基づく措置の機動的な実施
- (g) 軽微なトラブルから得られる教訓の活用

② 原子炉安全小委員会における検討結果

原子炉安全小委員会においては、規制当局が事業者に対して要求する技術上の基準（規制基準）の在り方が審議され、「原子力発電施設の技術基準の性能規定化と民間規格の活用に向けて」（平成14年7月22日）にまとめられた。

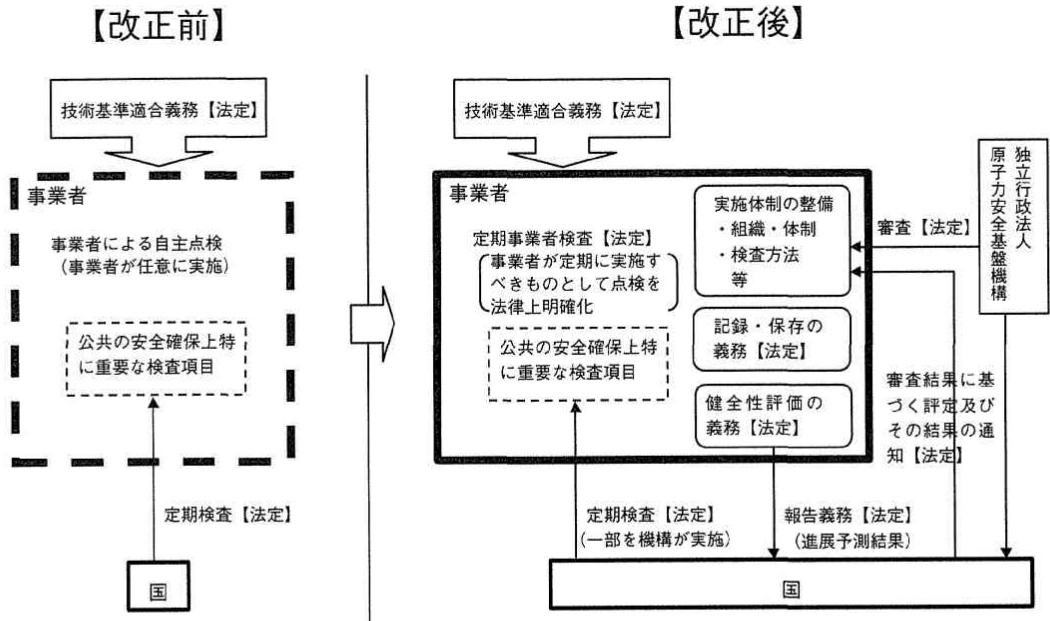
同報告では、設備の構造や材料等に関する具体的な仕様を規制基準として規定することは、その規制基準の改訂が迅速に行われない場合には、最新の知見の反映遅延により、技術進歩への迅速かつ柔軟な対応を困難にさせるとの問題を指摘し、安全確保の実効性を高めるためには

新しい技術を適切に反映することが必要であるとしている。また、このような問題を解決するため、今後、規制基準を性能規定化し、その規定を実現するための具体的な仕様規格として、公平性、公正性、公開性を重視したプロセスで策定された日本機械学会規格を活用することを基本的な方針とした。なお、ここで言う日本機械学会規格とは、米国機械学会(ASME)のボイラー・压力容器規格 Section IIIの最新情報を取り込んだ「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2001」、ASMEボイラー・压力容器規格Section XIの最新情報を取り込んだ「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2000」である。

(3) 事業者自主点検の法制化と維持基準

① 法制化の経緯と法制度の概要

電気事業者は、国による定期検査の実施時期に、定期検査の対象設備を含む原子力発電所の各設備について、それらの健全性を確認し、機能の維持および信頼性の維持向上を図るため、定期点検や整備（事業者自主点検）を実施している。この事業者自主点検に関連して、上記検討会や小委員会での検討が一段落していた昨年8月、事業者自主点検時に発見された炉心シュラウドのひび割れに係わる点検記録や国への報告等において、不適切な取り扱いがあったことが公表された。その後、原子力安全・保安部会の下に設置された原子力安全規制法制検討小委員会において、不適切な取り扱いに至った背景の分析が行われるとともに、再発防止策が検討された。安全確保活動における品質保証体制の重要性について認識が欠如していたこと、自主点検が適正に行われることを確保するための仕組みが十分に整備されていなかったこと、技術



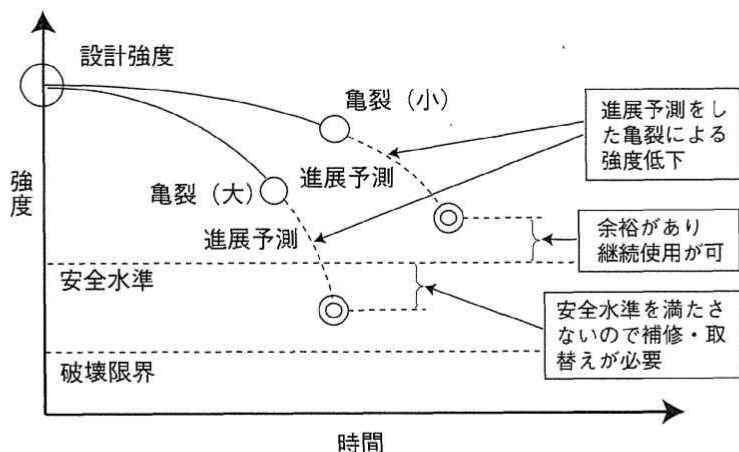
（出所：総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 検査の在り方に関する検討会（第8回）配付資料）

図2 供用中の施設に関する検査の実施イメージ

基準等の適用方法や運転開始後の健全性確認の方法が不明確であったこと等の背景分析を踏まえ、再発防止策の具体化に向けて、昨年12月、電気事業法および原子炉等規制法が改正されるとともに「独立行政法人原子力安全基盤機構法」が成立した。

同法改正の結果（図2参照）、これまでの「事業者自主点検」は「定期事業者検査」として位置づけられ、特定電気工作物（発電用原子炉およびその附属設備であって一定のもの等）の定期的な自主検査、その検査結果の記録・保存および電気事業法第39条第1項の技術基準への適合性確認が事業者に対して義務づけられた。また、定期事業者検査時に発見されたひび割れや亀裂等の不具合について、設備の健全性評価を行い、その結果を記録・保存、報告することも義務づけられた。設備の健全性評価は、

ひび割れや亀裂等の進展を工学的に予測し、予測後の強度が構造物の破壊限界を考慮して一定の裕度をもって設定された安全水準を満たしているかを判断するものである（図3参照）。また、国は、特定電気工作物の安全管理を旨として、定期事業者検査の実施に係る組織、検査の方法、工程管理他の事項について審査することとした。この定期事業者検査の実施に係る事項を審査する機関が新法を根拠として設立される原子力安全基盤機構である。これらの定期事業者検査に関連した法改正の他、国は、毎年度、電気事業法に基づいて原子力発電工作物に係る認可、検査および審査の前年度の実施状況を、原子炉等規制法に基づいて原子力施設の保安規定等の認可および検査の前年度の実施状況を原子力安全委員会へ報告して意見聴取を実施することにより、安全規制を強化することとした。



(出所：原子力安全規制法制検討小委員会中間報告（平成14年10月31日）)

図3 構造物の強度の経時変化

②法制度の施行に向けた取り組み

上述のように、電気事業者には設備の健全性評価を実施することが義務づけられたが、この評価を実施する際に活用される基準が、いわゆる「維持基準」と呼ばれているものである。現在、定期事業者検査に関する法令の本年10月の施行に向けて、前述の原子力安全小委員会において、具体的な健全性評価の方法を定める前述の日本機械学会規格（「発電用原子力設備規格維持規格 JSME S NA1-2000」）を規制基準として活用すべく、その技術的妥当性他について検討が行われている。また、前述の「検査の在り方に関する検討会」においては、定期事業者検査に係る範囲、時期、方法、記録の保存期間等を含め、検査制度の見直しの方向性をより具体化すべく検討が行われている。

4. おわりに

わが国においては、原子力安全・保安院の発足を契機として策定された安全規制の目指すべき方向性等に基づいて種々の検討がなされており、一部法改正も実施された。原子力発電は最も経済的な電源として評価されており、平成12年11月に原子力委員会において策定された「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」においてはわが国の基幹電源として位置づけられている。また、地球温暖化防止の観点からもその推進が求められている。原子力発電が我が国の経済活動の活性化や地球温暖化問題への解決に寄与するよう、的確な安全規制制度の実現が期待される。

平成15年度 事業計画の概要

(財) エネルギー総合工学研究所

本研究所は、エネルギーに関連する情報の収集、加工、提供、及びプロジェクト調査研究を推進し、併せてエネルギー技術の普及啓発活動を進めることを基本方針とし、その事業活動の効率化を一層推進しつつ、平成14年度においては、次の各号の事業を行う。

1. エネルギーに係る科学技術に関する調査について

エネルギーに関連する各種情報を、国内、及び海外の諸機関との情報交流等を通じて広く収集し、技術的見地から区分、整理する。

- (1) エネルギー・環境技術データベース基礎資料の情報収集、分析、検索、処理
- (2) エネルギー・環境技術の実用化状況に関する情報の収集分析
- (3) 原子力開発国際情報の収集分析

2. エネルギーの開発、供給、利用に係る科学技術資料・情報の分析法、評価法、体系化法の開発、及び応用に関する研究について

エネルギーの開発、供給、利用に係る科学技術資料・情報に関して、それらの分析、評価、体系化を行うための手法の開発研究を実施し、また、これら資料・情報の分析・評価、

動的な変動予測、相関性の評価、目的に応じた体系化などを行い、その利用価値の向上を図ることとする。

- (1) 各種エネルギー・システムの総合的評価手法の開発研究
- (2) エネルギーモデルに関する調査研究
- (3) インターネットを用いたエネルギー情報収集・提供手法の開発研究
- (4) エネルギーに関する公衆の意識調査研究

3. エネルギーの開発、供給、利用に係る技術上の基礎的事項に関する部門的、総合的な研究について

エネルギー新技術の萌芽の発見と将来展望、エネルギー技術要素の特性向上、安全性・信頼性の評価、エネルギー開発・供給・利用のための各種システムの評価研究など、部門的、総合的な技術的見地からの研究を行う。

- (1) エネルギー関係技術開発動向およびその将来性評価に関する調査研究
 - ・地球温暖化対策技術
 - ・風力発電
- (2) 革新的実用原子力技術開発（提案公募事業）
- (3) 革新的原子力開発シーズ調査研究
- (4) 次世代型原子力システム開発戦略調査

研究

- (5) 電力技術開発の戦略的展開に関する調査研究
- (6) 電気保安に関する調査研究
- (7) エネルギー技術開発についての総合的な戦略に関する調査研究
- (8) 「エネルギー学」の展開に関する調査研究

4. エネルギーの開発、供給、利用に係る技術上の応用的事項に関する部門的、総合的な研究について

刻々と変化する社会的、経済的、技術的な多種多様な制約のもとで、エネルギーの開発、供給、利用に関して、安全性の確保を前提として、地球環境問題への対応を考慮しつつ、現実性のある最適なシステムを設計する。

さらに、これらの最適システムの設計研究の成果を具体的なプロジェクトに応用する研究を行い、プラント設備や機器の開発に資する等部門的、総合的見地からの研究を行う。

〔原子力関係〕

次世代原子炉等に関する調査研究

- (1) 高速増殖炉の将来における利用システムに関する調査研究
- (2) 高温ガス炉プラントの位置づけ、可能性に関する調査研究
- (3) 第4世代原子力システム開発に関する調査研究

高レベル放射性廃棄物の処理・処分にに関する調査研究

- (1) 高レベル放射性廃棄物の国際安全基準等に係る背景情報の調査研究
- (2) 高レベル放射性廃棄物処分の社会的合意要因に関する調査研究
- (3) 高レベル放射性廃棄物処分の社会的

合意形成における関係者の役割に係わる調査研究

- (4) 地層処分事業における段階的な社会合意形成のあり方に関する調査研究
- (5) 地層処分研究開発に係わる背景情報調査研究

核燃料サイクルに関する調査研究

- (1) 核燃料サイクル関連技術調査研究

原子力安全に関する調査研究

- (1) 原子力施設等安全国際動向調査研究
- (2) 安全目標に関する調査研究

原子力開発利用基盤に関する調査研究

- (1) 原子力技術の維持・継承に関する調査研究

〔化石燃料関係〕

石油系エネルギーに関する調査研究

- (1) 新燃料油に関する調査研究

石炭の利用技術に関する調査研究

- (1) 石炭・天然ガス活用型二酸化炭素回収・利用技術の開発研究
- (2) 製鉄プロセス顕熱利用高効率水素製造技術の開発研究
- (3) 石炭液化に関する調査研究

天然ガスに関する調査研究

- (1) 天然ガスハイドレート技術の産業システム適用のための調査研究

〔新エネルギー・エネルギーシステム関係〕

再生可能エネルギー・革新エネルギーに関する調査研究

- (1) 水素安全利用等基盤技術開発調査研究
- (2) 風力発電電力系統安定化等技術開発調査研究

- (3) 木質系バイオマスによる小規模分散型高効率ガス化発電システムに関する調査研究
- (4) 有機性汚泥の高効率ガス変換発電技術の開発調査研究

新発電技術等に関する調査研究

- (1) 高効率廃棄物ガス変換発電技術開発に関する調査研究
- (2) 加圧形固体酸化物形燃料電池の開発動向、評価に関する調査研究
- (3) 分散型電源を活用した地域電力供給システム技術調査研究

省エネルギーに関する調査研究

- (1) 高性能蓄熱材による熱搬送・利用システムに関する調査研究
- (2) 多様なニーズに対応するフレキシブルタービンスステムの調査研究

〔地球環境関係〕

地球温暖化対策技術等に関する調査研究

- (1) 二酸化炭素回収・隔離技術の政策的位置付けに関する調査研究
- (2) 持続可能な発展シミュレーションのための統合評価モデル拡張に関する調査研究
- (3) 地球温暖化問題に対する国際的な対応策・政策に関する調査研究

5. 前三号の研究に係る試験について

石炭・天然ガス活用型二酸化炭素回収・利用技術の開発試験を行うとともに、前三号の研究に伴う材料、要素、機器等の試験を随時行う。

6. 前各号の調査、研究、試験の成果に係る資料の作成、整備、提供について

前各号の事業で得られた成果のうちから、技術情報として有用度の高いものを目的に応じて速やかに編集し、利用者に提供する。さらに、これらの研究成果は出版、寄稿・投稿、講演会、学会発表等により公表し、広く利用に供することとする。

また、それぞれの目的に応じたエネルギーの開発、供給、利用に係る技術指導を行い、人材を養成するなどエネルギー技術に関する指導、普及、啓発に努めることとする。

- (1) 技術情報の編集、整備、提供（新エネルギーの展望シリーズ等）
- (2) 定期刊行物（季報エネルギー総合工学）の出版
- (3) エネルギー技術普及講演会（エネルギー総合工学シンポジウム、月例研究会、高効率廃棄物発電技術セミナー等）の開催
- (4) 研究活動などのホームページによる紹介

7. その他

エネルギーの開発、供給、利用の円滑な展開を図るためには産・学・官一体となった協力体制を整え、効率的に機能させることが重要である。本研究所は、このような観点に立って、エネルギー技術上の諸問題について、各所の専門家による討論と情報交流を行う場を提供し、責任ある、しかも時宜に適した新しいエネルギー技術政策について提言を行うこととする。

また、海外の研究機関との交流・連携を深めるとともに、国際プロジェクトへの参画等により、国際協力事業の一端を担う。

また、海外の研究機関との交流・連携を深めるとともに、国際プロジェクトへの参画等により、国際協力事業の一端を担う。

● 行 事 案 内 ●

創立25周年記念特別シンポジウム

テーマ：『21世紀のエネルギーと技術戦略』（仮題）

開催日時：平成15年7月11日（金）10：00～17：00

会場：経団連会館・経団連ホール
東京都千代田区大手町1-9-4

参加費：無料

問合せ先：（財）エネルギー総合工学研究所 企画部
東京都港区西新橋1-14-2 新橋SYビル6F
電話：03-3508-8894／FAX：03-3501-1735

研究所のうごき

(平成15年1月1日～4月1日)

◇ 第15回評議員会

日 時：3月7日(金) 11:00～12:05

場 所：経団連会館(9階) 901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 評議員の一部交替について
- 第三号議案 平成15年度事業計画および収支予算(案)について
- 第四号議案 「研究理事」の設置について
- 第五号議案 その他

◇ 第59回理事会

日 時：3月14日(金) 11:00～12:05

場 所：経団連会館(9階) 901号室

議 題：

- 第一号議案 平成15年度事業計画および収支予算(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 評議員の一部交替について
- 第四号議案 「研究理事」の設置について
- 第五号議案 役員報酬規程等について
- 第六号議案 その他

◇ 月例研究会

第209回月例研究会

日 時：1月31日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館7階 702・703会議室

テーマ：

- 1. 2050年の原子力開発利用の姿
(原子力システム研究懇話会 堀雅夫氏)
- 2. 第4世代と革新炉技術開発
(プロジェクト試験研究部部長
兼 副主席研究員 松井一秋)

第210回月例研究会

(日本工学アカデミーとの共催)

日 時：2月28日(金) 13:30～17:00

場 所：学士会館

テーマ：

『地球温暖化と技術の役割』シンポジウム

- 1. エネルギーから見た環境、食糧問題
(富山国際大学 教授 石井吉徳氏)
- 2. 地球温暖化問題の戦略的取組みについて
(東京大学 助教授 松橋隆治氏)
- 3. 地球温暖化の抑制ないし防止

(プロジェクト試験研究部部長
兼 副主席研究員 松井一秋)

4. パネル討論

地球温暖化と技術の役割を考える

秋山守(理事長)(パネル討論司会)

石井吉徳氏(富山国際大学教授)

赤井誠氏((独)産業技術総合研究所主任
研究員)

松橋隆治氏(東京大学助教授)

黒沢厚志(主管研究員)

第211回月例研究会

日 時：3月28日(金) 13:30～16:00

場 所：航空会館7階 702・703会議室

テーマ：

- 1. 循環型社会と産業の方向性
(㈱三菱総合研究所 地球環境研究本部
資源・循環研究部 部長 中條寛氏)
- 2. E S C O事業について
(日本ファシリティ・ソリューション㈱
代表取締役社長 前川哲也氏)

◇ 主なできごと

- 1月10日(金)・第3回次世代の原子力技術開発の方針策定に関する調査検討委員会
- 14日(火)・第3回高性能蓄熱材料による熱搬送・利用システム検討委員会
- ・第3回日米の原子力発電施設の保守点検に関する規制およびその運用の比較分析調査委員会
- 15日(水)・第1回新システム社会・経済性分科会
- 17日(金)・第1回新システム基盤技術分科会
- 21日(火)・第6回高効率発電技術検討会
- 22日(水)・第2回新電力ネットワークシステム研究会
- 24日(金)・第3回マイクロコージェネレーション検討委員会
- 27日(月)・第1回安全目標の検討に関する基礎調査委員会
- 29日(水)・第4回電力系統制御WG
- 31日(金)・第4回品質別電力供給WG
- 2月3日(月)・第4回分散型電源の統合制御WG
- ・第4回高温ガス炉プラント研究会
- 17日(月)・第4回日米の原子力発電施設の保守点検に関する規制およびその運用の比較分析調査委員会

- 2月25日(火) ・第4回エネルギー経済環境予測検討委員会
 ・第2回安全目標の検討に関する基礎調査委員会
- 26日(水) ・第47回企画委員会
- 27日(木) ・第8回革新的実用原子力技術開発提案公募審査委員会
- 28日(金) ・第1回天然ガスハイドレート技術の産業システム適用のための研究開発委員会
 ・第2回原子炉総合数値解析システム実用化検討委員会
- 3月4日(火) ・第2回WE-NETタスク2安全対策に関する調査・研究委員会
 ・第3回高速増殖炉利用システム開発調査検討委員会
- 5日(水) ・第4回木質系バイオマスによる小規模分散型高効率ガス化発電システムの開発推進委員会
 ・第3回安全目標の検討に関する基礎調査委員会
- 6日(木) ・第2回WE-NETタスク1システム評価に関する調査・研究委員会
 ・第4回実用発電用原子炉廃炉技術調査委員会
- 7日(金) ・第4回WE-NET革新的・先導的技術に関する調査・研究委員会
- 8日(土) ・第8回革新的実用原子力技術開発提案公募審査委員会
- 11日(火) ・第5回分散型電源の統合制御WG
- 12日(水) ・第5回電力系統制御WG
 ・第4回マイクロコージェネレーション検討委員会
- 13日(木) ・第2回新システム社会・経済性分科会
- 17日(月) ・第4回安全目標の検討に関する基礎調査委員会
- 18日(火) ・第2回新システム基盤技術分科会
 ・第3回高効率廃棄物ガス変換発電技術開発導入調査委員会
 ・第4回次世代の原子力技術開発の方針策定に関する調査検討委員会
- 19日(水) ・第3回ソーラーフューエル研究推進委員会
 ・第3回高効率廃棄物ガス変換発電技術評価委員会
 ・第4回高性能蓄熱材料による熱搬送・利用システム検討委員会

- 20日(木) ・第2回電力技術企画委員会
- 24日(月) ・第4回新システム技術評価分科会
- 26日(水) ・第2回核燃料サイクル関連技術調査委員会
- 27日(木) ・第3回新電力ネットワークシステム研究会
- 28日(金) ・第3回多様なニーズに対応するフレキシブルタービンシステムに関する研究開発委員会

◇ 人事異動

○1月31日付
(出向解除)

寺岡謙治

プロジェクト試験研究部 主任
研究員

○2月1日付
(出向採用)

原 猛

プロジェクト試験研究部 主任
研究員

○3月31日付
(出向解除)

河本治巳

プロジェクト試験研究部 副主席
研究員

小沢武志

プロジェクト試験研究部 主管
研究員

小林 紀

WE-NETセンター 主管研究員

緒方 寛

WE-NETセンター 主管研究員

○4月1日付
(出向採用)

坂田 興

プロジェクト試験研究部 副主席
研究員

氏田博士

プロジェクト試験研究部 主管
研究員

岩渕宏之

プロジェクト試験研究部 主任
研究員

(昇任)

高倉 毅

研究理事任用(主席研究員)
プロジェクト試験研究部部長兼
務

松井一秋

研究理事任用(主席研究員)

片山優久雄

研究理事任用(主席研究員)

小野崎正樹

プロジェクト試験研究部部長
(副主席研究員)

蛭沢重信

プロジェクト試験研究部部長
(副主席研究員)

黒沢厚志

プロジェクト試験研究部副部長
(主管研究員)

第 25 卷 通 卷 目 次

VOL.25, NO.1 (2002.4)

【巻頭言】 燃料電池と100人の村
東京ガス株式会社 常務取締役 R & D 本部長 小 林 剛 也 …1

-----[第1回高効率廃棄物発電技術に関するセミナー特集]-----

【基調講演】 総合資源エネルギー調査会、
新エネルギー部会報告書の意義と要旨
東京農工大学大学院教授 新エネルギー部会長 柏 木 孝 夫 …3

【講演】 再生可能エネルギーの現状と廃棄物発電への期待
(株)三菱総合研究所 主任研究員 金 田 武 司…12

【講演】 高度循環型社会構築と環境負荷低減への展望
京都大学名誉教授
立命館大学エコ・テクノロジー研究センター長 平 岡 正 勝…24

【講演】 廃棄物処理施設建設の問題点と
PA（パブリックアクセプタンス）のあり方
福岡大学 資源循環・環境制御システム研究所教授 長 田 純 夫…34

【講演】 高効率廃棄物発電技術開発の取り組み
新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境技術開発室 副主任研究員 楢 本 博 也…41

【講演】 先進型廃棄物発電技術開発の現状と課題
(財)エネルギー総合工学研究所
エネルギー技術情報センター長 小 川 紀一郎…51

【内外情勢紹介】 京都からマラケシュへ：京都議定書に関する国際交渉の概要
(財)電力中央研究所 経済社会研究所 主任研究員 杉 山 大 志…61

【技術解説】 核燃料サイクルと分離・核変換技術開発の動向
プロジェクト試験研究部 主管研究員 毛 呂 達…71

【事業計画】 平成14年度 事業計画の概要 (財)エネルギー総合工学研究所 …84

【行事案内】 第19回エネルギー総合工学シンポジウム …88

【研究所の動き】 …89

【第24巻通巻目次】 …91

【編集後記】 …95

【巻頭言】	「自動車リサイクル法」 (社)日本自動車工業会 副会長・専務理事	鈴木 孝 男 …1
【座談会】	今後の電力ネットワークシステム技術開発のあり方について —新電力供給システム技術検討会報告書を踏まえて— 東京理科大学理工学部教授 経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 政策課 技術室長 電気事業連合会 技術開発部長 東京ガス(株) 役員待遇 エグゼクティブ・スペシャリスト (株) エヌ・ティ・ティ・ファシリティーズ 常務取締役 司会 (財)エネルギー総合工学研究所 専務理事	正 田 英 介 森 山 善 範 熊 谷 鋭 岡 本 洋 三 武 井 務 稲 葉 裕 俊 …3
【講演】	循環型社会への転換を考える —深めるべき環境経済性の観点からの認識 京都大学大学院 経済学研究科 教授	植 田 和 弘 …27
【講演】	循環型社会構築とサーマル・リサイクル 名古屋大学大学院 工学研究科 教授	武 田 邦 彦 …33
【講演】	危機管理とコミュニケーション戦略 淑徳大学国際コミュニケーション学部経営環境論専攻 教授	藤 江 俊 彦 …34
【講演】	リスクコミュニケーションへの取組みについて 大阪大学大学院 工学研究科 環境工学専攻 教授	盛 岡 通 …41
【調査研究報告】	インターネットを用いた効果的な情報共有の方法 —エネルギー情報ポータルサイト構築実験から— エネルギー技術情報センター 主管研究員	下 岡 浩 …51
【技術解説】	プルサーマルの意味 プロジェクト試験研究部 専門役	楠 野 貞 夫 …75
【内外情勢紹介】	二酸化炭素以外の温室効果ガスに関する 国際シンポジウム(NCGG-3)に参加して プロジェクト試験研究部 主管研究員	黒 沢 厚 志 … 85
【研究所の動き】		98
【編集後記】		99

VOL.25, NO.3 (2002.10)

【開会挨拶】	理事長 秋 山 守 … 1
【来賓挨拶】	経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部長 迎 陽 一 … 4
【基調講演】	わが国における原子力開発利用は何を目指すべきか 東京大学教授 近 藤 駿 介 … 6
【講演】	環境・エネルギー・原子力 日本大学 総合科学研究所教授 高 木 美也子 …22
【講演】	電力自由化と原子力開発 東京電力株式会社 取締役副社長 原子力本部長* 榎 本 聰 明 …29
【講演】	原子力エネルギーの新技術開発と革新炉 プロジェクト試験研究部 部長 松 井 一 秋 … 43
【講演】	放射性廃棄物処分としての分離・核変換処理技術の現状 日本原子力研究所東海研究所 大強度陽子加速器施設開発センター次長 高 野 秀 機… 57
【講演】	原子力の水素生産への利用 原子力システム研究懇話会／原子力水素研究会・代表 堀 雅 夫 … 71
【総括と閉会挨拶】	専務理事 稲 葉 裕 俊 …85
【行事案内】	第2回高効率廃棄物発電に関するセミナー …………… 87
【研究所のうごき】	…………… 89
【編集後記】	…………… 90

* シンポジウム開催時（2002年7月17日）における役職名です。

VOL.25, NO.4 (2003.1)

【巻頭言】	地球環境問題と電気事業	関西電力(株) 取締役副社長	佐藤 和夫 …1
【対談】	脳化社会とエネルギー・環境問題を考える —『人間科学』の視点から—	北里大学教授 (財)エネルギー総合工学研究所 理事長	養老 孟司 秋山 守 …3
【寄稿】	地球温暖化問題の動きと将来展望 —新たな時代への展望 Climate Experts 代表 シニアリサーチフェロー		松尾 直樹 …23
【寄稿】	燃料DMEの特徴とディーゼル新燃料としての利用 茨城大学 工学部教授		梶谷 修一 …32
【調査研究報告】	風力発電電力系統安定化等調査の概要について (財)電力中央研究所 狛江研究所 需要家システム部 上席研究員 東京工業大学 客員教授		七原 俊也 …42
【調査研究報告】	蓄電池併設風力発電導入可能性調査 (財)電力中央研究所 CS推進室 部長 プロジェクト試験研究部 主任研究員	市川 建美 藤田 光一	…58
【調査研究報告】	水素燃料電池自動車の導入シナリオの検討 WE-NETセンター 主管研究員	小林 紀	…73
【調査研究報告】	廃止措置に伴う 原子力発電供給量低下の緩和策について 元プロジェクト試験研究部 主管研究員	佐藤 正明	…88
【訪問記】	東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設 IAE女性研究員取材チーム		… 98
【研究所の動き】			106
【編集後記】			108

編集後記

21世紀に入り「同時多発テロ事件」,「イラク戦争」等,国家的争いに基づく悲惨な出来事が連続発生の感がありますが,それらが早く終結し平和が訪れることを誰しもが願っておられることでしょう。

ところでこれらの争いが終わったら世界に平和は訪れるのでしょうか。

わが国が現在抱えている構造的な諸問題(エネルギー,食料自給率の低さ,高齢化など)は差し置いても,世界が抱える諸問題,例えば今後50年で約1.5倍(約93億人)にも増加する人口問題とそれに対応する食料,水,資源,エネルギーの確保等を巡る諸問題は,死活に関わる問題として新たな紛争をもたらすことが懸念されています。さらに,当面の危険性はあまり危惧されていないようですが,これらと何らかの因果関係を持つ温暖化問題は,地球上の全ての生物に関わる問題として,確実に迫ってきているといわれます。

月並みな表現ではありますが,化石燃料の使用に伴う炭酸ガス発生が主原因とされる地球温暖化問題は,上述の途上国主体の人口増加と経済発展とにより深刻化することは必至であるといわれます。IPCC(国連気候変動に関する政府間パネル)第3次報告書(2001年)は,過去約10年間に集中した異常気象などから同問題が顕在化してきていること,このまま推移した場合21世紀末では炭酸ガス濃度が,540~970ppm

(現在の1.6~2.8倍)へ,気温は現在から1.4~5.8℃増加し,その結果さらなる異常気象の発生など多くの重大な問題発生が懸念されることを警告しております。

同報告書はさらに,そのための取組みとして「適応策(気候変動とその影響に対応する方策)」と「緩和策(温暖化の原因を抑える方法)」の2分類をあげ,基本的には緩和策が効果的で,経済的にも優れていること,そしてその取組みが早ければ早いほど効果的であることを指摘しています。さらに,同緩和策としては1つの方策だけでは解決困難であり,各種方策(例,省エネルギー,新エネルギー,燃料転換,原子力発電等)の組み合わせが必要なことも指摘しております。このことは各方策個々の分野における性能向上などの地道な取組みが極めて重要であることを述べているとも判断されます。

本号では,その緩和策の有力候補ともいえる「新エネルギー」に関する技術,施策の最新動向を重点的に取りあげ紹介いたしました。

いよいよ現実味を帯びてきそうな地球規模の諸問題への対応,特に「新エネルギー」への取組みを考えられる際のご参考となることを願って本号をお届けいたします。

編集責任者 小川紀一郎

季報 エネルギー総合工学 第26巻第 1 号

平成15年 4 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 (6F)

電話 (03) 3 5 0 8-8 8 9 4

FAX (03) 3 5 0 1-1 7 3 5

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

(印刷) 和光堂印刷株式会社

無断転載を禁じます。