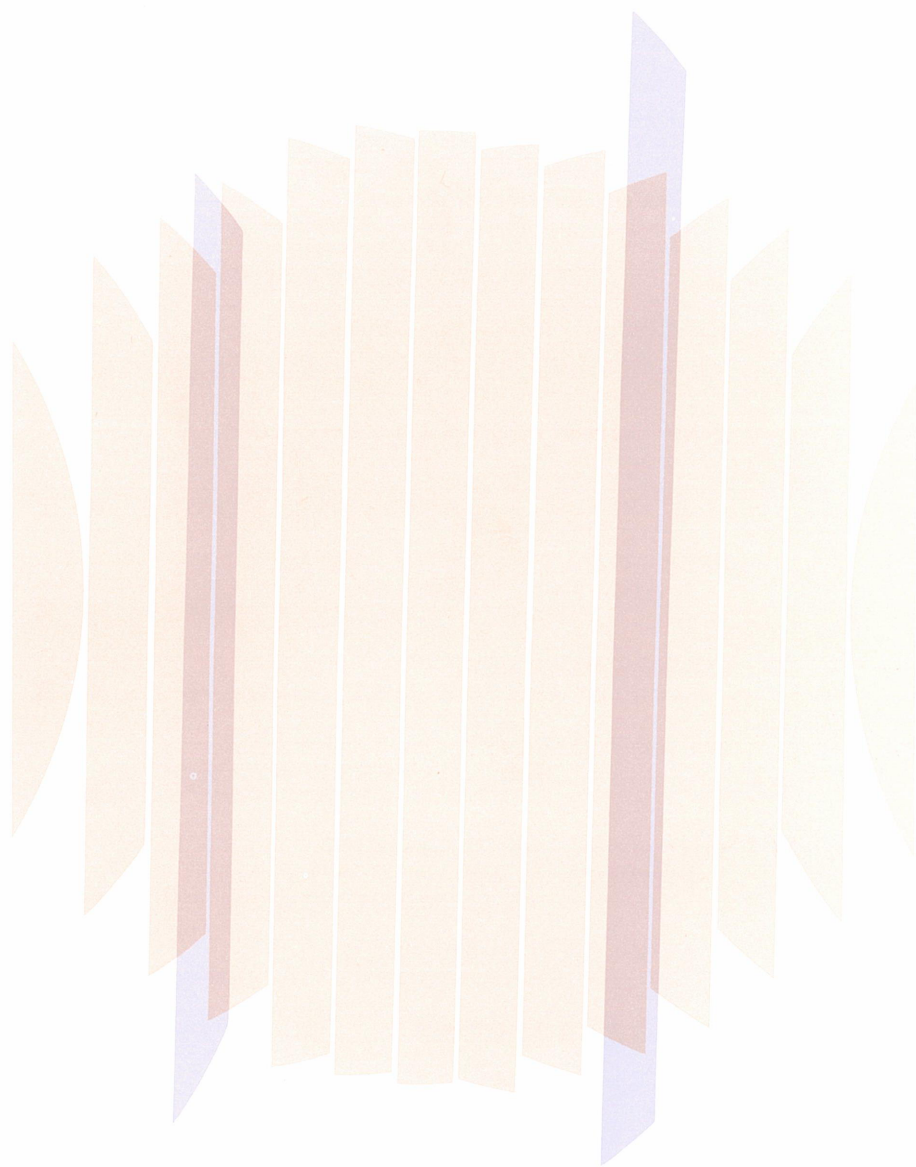


季報 エネルギー総合工学

Vol. 27 No. 1 2004. 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】	シンク・タンクのアライアンス (財)日本エネルギー経済研究所 理事長	内 藤 正 久 …1
【座談会】	産業間連携による省資源・省エネルギーの方策 —コンビナートの国際競争力強化について— 東京工業大学 フロンティア創造共同研究センター長 教授 資源エネルギー庁 省エネルギー対策課長 日揮(株) 技術・ビジネス開発本部 副本部長 新日本製鐵(株) 技術総括部 総括グループマネージャ 新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境技術開発部 主任研究員 司会 (財)エネルギー総合工学研究所 研究理事	秋 鹿 研 一 佐 藤 樹一郎 岩 井 龍太郎 高 松 信 彦 渡 邊 裕 高 倉 毅 …3
【寄稿】	経済産業省のバイオマス導入促進施策 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課長	荒 木 由季子…25
【寄稿】	国内外におけるバイオマスエネルギーの現状と 今後の見通し (株)三菱総合研究所 地球環境研究本部 サステナビリティ研究部 主任研究員	井 上 貴 至…37
【寄稿】	RPS制度の導入で生じたビジネス環境の変化 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 室長補佐	中 島 恵 理…51
【寄稿】	自動車用新燃料について 新日本石油(株) 研究開発本部 開発部 燃料技術室 室長	斎 藤 健一郎…59
【寄稿】	将来自動車用燃料とパワートレイン技術の動向 トヨタ自動車(株) 第1材料技術部 燃料・油剤室 シニアスタッフエンジニア	星 博 彦…70
【調査研究報告】	地層処分の意思決定に関わる調査研究 —事例調査に基づく考察— プロジェクト試験研究部 部長	蛭 沢 重 信…80
【調査研究報告】	エネルギーに関する公衆の意識調査 エネルギー技術情報センター 主管研究員	下 岡 浩…94
【事業計画】	平成16年度 事業計画の概要 (財)エネルギー総合工学研究所 … 107	
【研究所の動き】		110
【第26巻通巻目次】		112
【編集後記】		116

巻頭言

シンク・タンクのアライアンス

(財)日本エネルギー経済研究所

理事長 内 藤 正 久



「エネルギー」は、人間生活に不可欠なものであるため、それを考えるときの関連領域は極めて広い。20世紀以来、「石油・天然ガス」の時代が続いているが、今や将来の「水素社会」に向けての転換期にある。このようにまず利用されるエネルギーの変換が歴史を特徴づけてきたように、エネルギー種別の分析が欠かせない。しかしながら、少なくとも2060年頃までは既存の炭化水素エネルギーのクリーンな活用が現実的であろう。

さらに、各エネルギーについて検討するにあたって、多面的な考察が必要であり、考慮要素も多岐に亘る。大括りすると4つの要素、すなわち、「市場」、「国際政治」、「地球環境」、「技術」が特に重要である。前二者は、エネルギー動向を考えるにあたって常に実情を把握し、分析する上で不可欠な視点である。他方、後二者は、中長期に亘る動態的变化を考える際に決定的な意味を持つ。

エネルギーのあり方を考えることを目的としたシンク・タンクでもこれら全てを網羅的に深く掘り下げる人材や研究手法を維持し、刷新し続けていくには限界があり、広く国の内外でのネットワークの維持、発展を考えることが特に必要とされる。ちょうど、デュポン等の世界企業が1930年代に巨大な中央研究所を作り、研究の一元化集中で成果を上げてきたのが、1970年代末になって、世界の有力企業や多くの大学とネットワークを強化する方向に大転換せざるをえなかったことが重なりあって思い浮かぶ。

私は、「日本とアジアエネルギーを考える」上で「技術」に軸を置いておられる「エネルギー総合工学研究所」と、「市場」に軸を置いた「日本エネルギー経済研究所」は、連携すべき車の両輪であると思っていた。改めて、その歴史をひもといてみて、設立時の構想もまさにその通りであったと知った。

是非、両研究所が歴史の原点に立ち帰って、研究活動の「協働」と「深化」を進めることで、日本の政策立案や企業の経営戦略決定時に必要な重要情報の提供や提言を進めていければ素晴らしいと思っている。新年度からそのような活動の第一歩を踏み出したいと願っています。



座 談 会

産業間連携による省資源・省エネルギーの方策

—コンビナートの国際競争力強化について—

秋 鹿 研 一 (東京工業大学 フロンティア創造
共同研究センター長 教授)

佐藤樹一郎 (経済産業省資源エネルギー庁
省エネルギー対策課長)

岩井龍太郎 (日揮㈱ 技術・ビジネス開発本部
副本部長)

高 松 信 彦 (新日本製鐵㈱ 技術総括部
総括グループマネージャ)

渡 邊 裕 (新エネルギー・産業技術総合開発機構
環境技術開発部 主任研究員)

司会
高 倉 毅 (財団法人エネルギー総合工学研究所
研究理事 主席研究員・部長)



はじめに

司会 まず「産業間連携」とは、企業や産業の枠を超えて物質・エネルギーの融通を図り、物質・エネルギーの生産の最

適化を目指す、加えてなるべく廃棄物を出さない産業コンプレックスのようなものの構築を目指すことではないかと理解しています。これは昔から検討されていますが、特に最近になってそれを本格的に取り上げようという動きが強まっています。

本日は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「産業間連携のあり方に関する調査研究技術委員会」の委員長をされておられます東京工業大学教授の秋鹿先生、コンビナートの省エネルギー調査や「産業間連携」などの行政側の責任者として予算措置等でご努力されておられる資源エネルギー庁省エネルギー対策課の佐藤課長、「コンビナートルネッサンス」の立ち上げにご尽力された日揮(株)の岩井副本部長、鉄鋼業界を中心に構想が検討されています「エココンビナート」の推進にご尽力をされている新日本製鐵(株)の高松マネージャ、最後に、NEDOでコプロダクションや産業間連携の調査やプロジェクトの立ち上げにご努力されていますNEDO環境技術開発部の渡邊主任研究員にご参加頂いています。

省エネルギー全般の状況と課題

達成が困難な京都議定書の削減目標

司会 初めに省エネルギー全般の現状と課題ということで佐藤課長からお話を伺いたいと思います。

佐藤 2004年は省エネルギー政策を考える上で大変重要な年になっています。京都議定書の第1約束期間（2008～2012年）を控え、2004年と2007年に地球温暖化対策大綱を見直すことになっていますが、



佐藤 樹一郎氏

（資源エネルギー庁 省エネルギー対策課長）

今年が1回目の見直しの年に当たり、環境省、国土交通省でもそのための検討に入っています。経済産業省では、「エネルギー政策基本法」に基づく「エネルギー基本計画」（2003年10月に閣議決定）を受け、2003年12月から総合エネルギー調査会需給部会と省エネルギー部会で検討を行っています。

2001年時点で、日本全体のエネルギー消費量は原油換算で4億800万 kl です。京都議定書の目標を達成するには、2010年時点で4億 kl でなければならないという数字があります。既に800万 kl オーバーしています。省エネルギーが進んだ中で800万 kl の削減というのは、非常に厳しいのではないかと思います。そういう意味で、供給面でもさらなる省エネルギーが求められるのですが、その余地は限られているのではないかと思います。ただ、800万 kl というのは4億 kl の2%ですから、これからの努力によっては決して達成できない数字ではないのではないかと考えています。

民生、運輸部門の省エネルギー対策を強化

佐藤 政策について言いますと、特に民生、運輸部門で伸びている需要を中心に対策強化を図ってきました。2003年4月の改正省エネルギー法の施行で、民生業務部門、例えばオフィスビルとかホテル、病院などで大規模な消費をするところについては工場と同じように省エネルギーの中長期計画を出していただき、それから中規模の消費量のところについてもご報告をいただけるようになりました。また、トップランナー方式による規制では、石油・ガス機器、LP自動車の追加など、さまざまな対象の拡大に努めています。

産業部門は省エネルギーが進んでいますが、現時点でも4億800万k_lの47%を使っており、省エネルギー効果が大きい部門です。そこで、事業所個々の省エネルギーに加えて、省エネルギーの余地がある複数事業者による連携による省エネルギーの促進に取り組んでいるわけです。

省エネルギー技術の動向

熱心な省エネルギーへの取り組み

司会 それでは、省エネルギーに関わる技術の動向について、秋鹿先生からお話を伺いたいと思います。

秋鹿 実は私、この10年近く省エネルギ

ー法制定のための省エネルギー基準部会に携ってきています。それを通じて省エネルギー対策課の政策、あるいは省エネルギーセンターの解析や分析を勉強させていただいたのですが、官民挙げて省エネルギーにずいぶん一生懸命取り組んでいるなという実感がいたします。省エネルギーセンターの資料によりますと、日本は国内総生産（GDP）当たりのエネルギー消費量が世界で一番少ない国です。にもかかわらず、2010年に1990年比で6%削減するという非常に厳しい削減義務を京都議定書で課されているわけですが、それに対する取り組みは本当に頭の下がる思いがいたします。

まず、500人以上規模の大きな工場には省エネルギー診断士をつけ、既存施設での省エネルギーを図っていく。それから民生運輸部門についてはトップランナー方式で業界の方々と一緒に目標値を作り省エネルギー法を制定し、実行していく。業界は大変な中でよく高い目標値を認めておられるなど感心しています。

「産業間連携」は革新的省エネルギー技術

秋鹿 NEDO、あるいは省エネルギー対策課の施策として省エネルギーにはいくつかの柱があります。1つは既存の省エネルギー（既存設備、あるいはシステムの中での省エネルギー）です。恐らく省エネルギー法が求める施策はこの部分でありまして、それを実現するだけでもCOP3（第3回国連気候変動枠組条約締

約国会議)の目標値に近い値をクリアできると伺っています。

次が革新的省エネルギー技術、例えば、本日の議題の「産業間連携」もその1つです。省エネルギー法で定められている省エネルギー策はやり尽くしている、もうこれ以上の省エネルギーは大変だということまでできているわけです。しかし、NEDOの先導研究等々で、どういうところが具体的革新的技術かを議論してきた結果、理屈の上ではまだ相当な省エネルギーができる気がします。これからは日本が世界に冠たる革新的省エネルギー技術をもって省エネルギーを推進していく段階にきているのではないかと思います。

例えば、ガスを燃してお湯を沸かし、手を洗ったり、お風呂に使ったりするのは、エクセルギー的に考えると実に数%ぐらいの有効性でしかない。以前見学したある化学会社では重油をがんがん焚いて、スチームを作ったりしています。果たしてこのエネルギーの使い方はいいかということが多々あるわけです。物質やエネルギーを産業間で融通し合えば非常に大きな省エネルギーになるはずだという具体例が沢山あります。

「産業間連携」実現への技術的課題

秋鹿 しかし、「産業間連携」を具体的に提案したときに、それをサポートする技術というのが完成されているのか。特に、ガス化の技術とか、分離濃縮の技術、ヒ



秋鹿 研一氏

(東京工業大学 フロンティア創造
共同研究センター長 教授)

ートポンプ、吸熱反応の技術、蓄熱材の技術、ソフトの方ではピンチテクノロジーから物質ピンチに至るまでのコプロダクションの技術などです。学会レベルでこういうことがかなり研究され始めているのは、時代の要請に応えたものだと思います。ヨーロッパ等ではバイオマスのガス化等が新しい研究課題になっています。アジア地区での国際会議でも蓄熱材の発表も多いですし、日本では触媒関係での吸熱反応や膜反応器の研究もずいぶん進んできています。そういうものを何とか早く実用レベルにもっていき、「産業間連携」での新技術として提案できるようにしたいという気はいたします。

本当に省エネルギーになるには既存の体制や施設の中での省エネルギーから、さらに革新的な省エネルギー技術をもって、特に日本のエネルギー多消費型産業での省エネルギーを図れば効果は非常に大きいと思っています。

アジア諸国のコンビナート事情

国際競争力確保に欠かせないアジアの動向

司会 日本の産業の競争力強化という観点から、最近のわが国装置産業の置かれた状況も含め、海外の状況について産業界からの出席者にお話を伺いたいと思います。まず、岩井副本部長からアジアの動きも含めて伺えればと思います。

岩井 本日の座談会の副題にもありますように、「国際競争力の強化」が現在日本の製造産業にとって大変な課題です。それを見る上で、やはり海外の、特にアジア地域でのコンビナートの動きをよく理解する必要がありますので、その辺の動きを少しご説明できればと思っています。

対比する必要上、日本のコンビナートの現状、それから東南アジア、東アジアを含めたコンビナートの現状に分けてお話しします。

影響大きい中国経済の動き

岩井 日本の、特に大型の石油化学コンビナートは、鉄鋼を含め、一息ついているのかなと見ています。製油所で言えば重油特需がありました。化学・製鐵では中国特需がありました。将来に向けて少し安心感が

出てきたという感じがいたします。ただ、アジア全般については昨年来、非常に経済活動が活発化しています。中でも中国経済が2003年に9%を超える異常なスピードで成長していますが、どうもこれは、バブル状態に入りつつあるのではないかと思います。このままですと、いずれまた中国経済が停滞し、それがそのまま日本のコンビナートにはね返ってきそうだという気がします。その辺を今後注意深く見守る必要があると思います。

現在は中国における船舶用・発電用重質燃料油、石油化学原料、特に製鉄関連では建設用鉄骨資材、自動車用の鋼板等が不足し、日本から大量に供給されているという状況が続いています。近い将来、中国経済の成長がスローダウンしてきたときに日本のコンビナートがこれに対応でき体制を確立しておくことが重要な課題だと思います。

中東諸国のコンビナートとの競争

岩井 中東産油国で今後5年以内に、年産300万～500万トン級のエチレンを製造するコンビナートがいくつか出現してきます。彼らは当然ながら安い価格の天然ガスやコンデンセート^{*}を原料にして運転するわけですから、これがアジア市場に登場してきたときに、日本のコンビナートがどういう影響を受けるのかも十分に考える必要があるのではないかと思います。

^{*} 地下にある暖かい天然ガスを地上で採取し精製する工程で凝縮・液化された炭化水素のこと。

す。日本のコンビナートは以前よりも海外の影響を大きく受けやすい状況になってきているというのが非常に大きな特徴です。これも一種の「グローバリゼーション」でしょう。

省エネルギーが国際競争力強化につながる

岩井 炭酸ガスの排出削減は、日本のコンビナートにとっても非常に大きなテーマになってきています。実はそれに加えて、省エネルギーがコンビナートの国際競争力強化につながるであろうということで、私も省エネルギーは、最優先課題であるという見方をしています。

海外の製造業が最新の省エネルギー技術をどんどん取り入れて最新鋭工場を建設しています。そういうものをよく調査・解析して、日本のコンビナートがそれに対処していく必要があると考えています。日本のコンビナートは1960年代に完成し、設備も相当古くなってきています。中国、韓国、台湾、シンガポール、タイ、マレーシア等のコンビナートはその後登場してきたもので、それらを日本の競争相手と見る必要があります。

一番大きな変化を挙げますと、各国のコンビナートがグローバリゼーション、即ち国際分業化の時代に入ってきていることです。製造品目からいきますと、石油製品から石油化学製品の方に、それよりも下流の石油化学製品に軸足が移っているということです。



岩井 龍太郎氏

(日揮 技術・ビジネス開発本部
副本部長)

検討すべき自由貿易協定

岩井 今、国際化の中で日本のコンビナートが十分検討する必要があるのが、やはり自由貿易協定（FTA：Free Trade Agreement）問題です。これが今後日本のコンビナートにとって非常に大きな検討課題になると思います。韓国との間にFTAが締結され関税撤廃が完全に行われた場合、韓国からフェリーで韓国人運転手が、韓国製のガソリントラックローリーを運転してきて、そのまま日本のガソリンスタンドまで物を運ぶということが起きるでしょう。その時、日本の製油所の競争力はどうかということになります。これは石油製品だけでなく、石油化学製品についても同じことが言えると思います。

そうしますと、日本ではなく、アジア全体を1つのマーケットとして見て、いかに物を効率的に、特に省資源、省エネルギーで作っていくかということが今後非常に重要になるだろうと見ています。

韓国、中国、シンガポールの動き

[韓国]

韓国の石油化学コンビナートも最初は石油化学製品専用のコンビナートで、そのために製油所が石油化学原料を作るということで、ガソリンの製造はほとんど行っておりませんでした。

その後、モータリゼーションが進み、現在は石油製品も製造するようになっていますが、コンビナート全体の流れとしては石油化学製品で大部分は中国に輸出されています。それから非常に特徴的なのは、ガソリンが中東産油国に輸出されていることです。ですから、韓国は現時点でかなりの国際化を達成していると言えます。

もう1つ、外国資本がどんどんコンビナートに入ってきています。今4つある大型製油所のうち、少なくとも2つは中東産油国の資本が50%以上を占めていますし、もう1つの製油所も中国の石油会社を買収しようとしています。資本の国際化が進んでいるというのがもう1つの特徴です。

[中国]

中国の石油化学コンビナートも日本とかなり違います。中国の石油化学コンビナートは殆どが国営の同一会社の下に形成されています。大型のものは中国天然気集団公司（CNPC）と中国石油化工集団公司（SINOPEC）によって経営されており、地域別に分割されています。原則競合はありません。依然として、石油化学

製品の製造が主目的で、製油所は付属的な意味合いが強いようです。

但し、中国もモータリゼーションが猛烈な勢いで進むようですので、輸送用燃料と石油化学製品併産型に変化して行くと見ています。最新大型コンビナートは欧米のケミカルメジャーとの合弁で建設中ですので、最新技術を取り入れた高効率型で、コンビナート全体の用役供給も一体化されており、強い競争力を持ちます。中国がこのまま動いていきますと、「世界で最も省エネルギーが進んだ大型コンビナートは中国にある」ということになるかも知れません。

[シンガポール]

イメージからいきますと、シンガポールの石油化学コンビナートがジュロン島に代表されますように、最も省エネルギーを含めた技術進歩が進んでいるように見えます。しかし、アジア全体から見ますと、シンガポールの石油化学コンビナートというのは非常に微妙な立場にあるようです。今までシンガポールは、非常に自由な立場を利用し、製油所ですと「スィングリファイナリー」（アジアで需給バランスが崩れたときに常にシンガポールの製油所が調整する）という役割を担ってきたわけですが、最近は周辺諸国に大型の製油所がどんどん建ち、そういう役割はなくなってきています。シンガポールは、特にインド、インドネシア、マレーシアあたりに製品供給していたのですが、今はちょうど中東の石油化学コ

ンビナートと中国の石油化学コンビナートの間に挟まって、将来の動きがいま1つ見えない状況になりつつあり、一部オイルメジャーは撤退し始めています。

日本の石油化学コンビナートから見ますと、やはり台湾も含む東アジアを今後とも見ていく必要があるのではないかという気がいたします。

司会 今、FTAの話が出ましたが、佐藤課長、何かコメントはございますか。

佐藤 FTAは活性化を進める上で重要です。いつも足かせになる農業分野との調整もしながら、備蓄もかなり進んでいます。FTAについては、極力、進めていく方向で調整していくことになると思います。

鉄鋼業関連の状況

需要をリードする中国

司会 次に、鉄鋼関係の状況につきまして高松さんからご紹介いただけますでしょうか。

高松 日本の鉄鋼業は、世界的には最も近代的な鉄鋼業です。臨海に立地し、さらに極めて大都市に近い立地となっています。大都市に遠いと言われるところでも100km圏内ですから、ヨーロッパに比

べても相当大都市に近いところに大型の最新鋭製鉄所があるというのが日本の製鉄業の特徴だろうと思っています。

現在、鉄鋼生産の一番の牽引力は中国です。ついこの間まで世界最大といわれた新日鐵の年間生産量分だけ需要が毎年増えています。世界全体の需要が7億トンから8億トンになるのに20年かかりましたが、中国の需要の伸びの影響で世界的には8億トンに到達してわずか数年の今年には9億6,000万トンぐらいになるのではないかという勢いです。重油特需もそうですが、鉄鉱石も石炭、スクラップも調達が極めて難しい状況で、原料がないために操業を一時停止したヨーロッパの高炉もいくつか出始めました。

中国と日本との競争

高松 では、中国と日本はどう競争するのか。中国の鉄鋼需要は年3,000万トンずつ増えていくと言いましたが、労働生産性では日本の方が何十倍も高い訳です。人件費の差を穴埋めするところまで来たと言って恥ずかしくないレベルだと思います。中国と同じ価格、あるいは中国より少し安い価格で利益が出せるようになってきたのが日本の鉄鋼業です。

これは、中国の人件費も上がってくるという事情だけでなく、日本の鉄鋼業の立地が大都市に近いとか、他の工業界、ユーザと共同開発をする、生産の効率化を図るということがあってこそ、なし得ていることではないかと思っています。

さらなる競争力強化は「産業間連携」で

高松 しかし、例えば、このパッケージが上海の近くでできてしまうと、日本が優位性を出していくのは難しいだろうと思います。ですから、日本の国際競争力を維持していくには、一企業、一産業の努力だけでは限度があります。少し幅広い視野で考えて効率化を図っていき、同時にその効率化を妨げることが起きないように国として考えていかないと、なかなか優位差を保っていくのは難しいと思います。そうしますと、今日のテーマのように「産業間連携」、もしくは民生まで含めた連携を今後しっかり考えていかないといけないと思います。よその国ではまだその視点がありません。そういう条件が整っていないわけです。原料が輸入し易い、物を供給しやすい、都市の近くに最先端技術があるという日本の利点を生かしきるのはこれからだろうと思っています。

もう1つの背景を考えてみたいと思います。日本の省エネルギーはオイルショックを契機にものすごく進みました。鉄鋼業でもそうです。オイルショックの頃に、当時の最新技術で一斉に廃熱回収設備を導入しました。第1次オイルショックから25年強が経とうとしています。これが30年前後になれば、今の設備を作り替える必要が出てくるでしょう。そうすると、今から秋鹿先生が言われたような技術や制度を用意しておいて、更新時に備えるというのが現時点で非常に大切なことではないかと思っています。



高松 信彦氏

(新日本製鐵 技術総括部
技術総括グループマネージャ)

コンビナートの可能性

「産業間連携」を研究し始めた背景

司会 コンビナートについて今NEDOで
ご尽力されている渡邊さんから、その可能性を含めてお話しいただければと思います。

渡邊 基本的に鉄を含む日本の生産は、中国での設備投資にかなりの部分を支えられていると思います。また、海外で大型コンビナート建設という流れがあります。ただ、今はかつて日本がそうだったように、スケールメリットの追求が行われています。

日本は今後どうするか。これまで日本では、電力会社は電気を作る、製鉄会社は鉄を作るということで、その製品目的に対して徹底した努力がなされてきました。増産、効率化の努力がなされ、省エ

エネルギーもなされ、なるべくゴミを出さないという努力も相当なされて、それなりの効果は上がってきました。

今回、NEDOで「産業間連携」ということを考えた理由の1つは、このまま大きさを頼りに優位性を稼いでいくよりも、産業間で連携することで、省エネルギー、省資源を達成しエネルギーコストを下げることで稼いでいこうということです。日本のようにいくつかの業種が非常に密に存在するコンビナート、なおかつ民生、業務がその周辺に広がっている状況だと、連携によって相当なことができるのではないかというのが、NEDOで「産業間連携」の勉強を開始した最大の理由です。

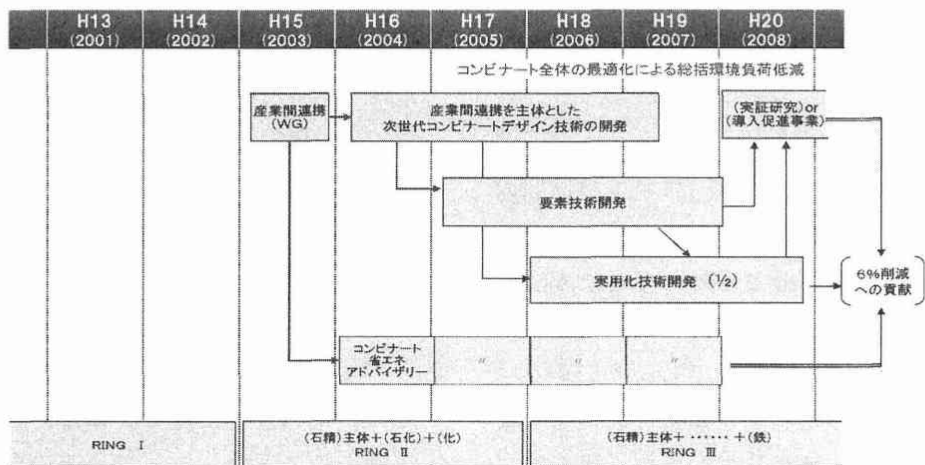
例えば、製鉄所から出てくる副製品や廃棄物に近いようなものを隣の産業に渡す、渡された産業の方はそれを上手に使って生産活動をし、自分のところの副製品をまた別の産業に渡す、ないしはそういう形でコンビナートの中で循環させる。

そうすることによって、省エネルギー、省資源が達成されます。

関心を集めてきた「産業間連携」

渡邊 数年ぐらい前にこの話をしても、それほど大きな同意はなかったように思います。ところが最近、コンビナートにいらっしゃる方々に危機感があって、積極的に企業の垣根を越えていきたいというご意見が多くなっています。

3月8日に出されたNEDOの「産業間連携のあり方に関する調査研究技術委員会」の報告書案に書かれている提案も、省エネルギー型は勿論、次のステップとして、ベスト転換をすることによってさらなる省エネルギーを目指すという提案もかなり具体的に出ています。その中に、資本の垣根を越えた提案も結構出ています。その辺り、今後こういう考え方を進める上で素地ができつつあるという感じがいたします。



(出所：NEDO環境技術開発部の説明資料より)

図1 コンビナート強化のためのプロジェクト・事業



渡 邊 裕 氏

(新エネルギー・産業技術総合開発機構)
環境技術開発部 主任研究員

NEDOには、省エネルギー部署、新エネルギー部署、それから3R (Reduce, Reuse, Recycle) 部署など色々な部署があります。1つの技術を色々な角度から捕らえることができますし、また、色々な分野で流れている同じような技術の調整もできます。そういう観点から、「産業間連携」を勉強した上で、次世代へ向けた企業の方向性を定めるお手伝いがある程度できるのではないかと思います。

「産業間連携」をしますと、日本のコンビナートというものがまったく違う形態をとってくるのではないのでしょうか。規模の問題は勿論ですが、物質の循環性もまったく変わってきます。極端なことを言うと、電力会社の電気を作る工程において、最終段のタービンのところの蒸気でまだ圧力を持っているのを隣の工場に回し、そこで凝縮させて、蒸気の持つ潜熱を使ってもらうとかです。これを民生にまで持っていけば素晴らしい省エネルギーになるわけですが、残念ながらまだ熱の輸送技術といった

課題が多々あります。そういうところに、皆の目が向き始めればしめたものだと思自身は考えています。

「産業間連携」から競争力強化へ

地域を巻き込んだ「産業間連携」の効果

司会 それでは、コンビナートの可能性を「産業間連携」で追求し、最終的には国際競争力強化につなげるという辺りについて、秋鹿先生から何かご意見はございますでしょうか。

秋鹿 やはり国や産業が然るべく進化を遂げないといけないと感じます。これだけ国際化が進み、皆さんの意識が新たになっている時ですから、恐らくお手本のない時代に入ってきたという気がします。日本にはヨーロッパ的な社会システムの考え方、あるいは産業構造がずっとあったわけですが、今やヨーロッパよりも進んだ社会を目指すべきでしょう。やはり日本独自のものを作っていけないといけません。世界をリードするような、世界的な視野に立った日本的なものを作っていくことが必要ではないかと思います。

2004年1月の日本経済新聞に、ハーバード大学名誉教授で経済学者のジョン・ケネス・ガルブレイスさんが『私の履歴書』という連載を書いていました。彼はアメリカの資本主義を解析していた中で、独占資本

の弊害への対処を考えていた時、北欧の生協に目が止まったと言うのです。生活者の力が独占資本に対抗できる仕掛けになるかも知れないということで、特に民主党の施策の中で実現しようと努力したそうです。

この「産業間連携」も地域を巻き込んだ物質やエネルギーの循環に絡んでくる。地域も得をする。企業間でもそのやりとりで得をするという新しいフェーズができると、インターナショナルな資本の論理に対抗できるという気もします。勿論、国際化の中で資本の論理にも従って動いていけないといけな部分もあると思いますが、日本的な新しい産業構造ができれば、国際競争力も強いものになるのではないかと思います。

例えば、省エネルギーの方策の1つにESCO事業があります。ESCO事業は、既存施設の中で省エネルギー投資をすることで儲けを出す事業だと思うのですが、それに似た考え方で物質とエネルギーを産業間で取りもつことをビジネスにする商社的な会社、あるいはプラントエンジニアリング会社があったらいいなと思います。連携する両方の企業に「こういう投資をしたら将来これだけ得をしますよ」と持ちかけ、利潤の一部を仲介ビジネスが取る。このシステムが走り出すためには両者、あるいは地域も含めた信頼関係が非常に大事になってくるのではないかと思います。

それには時間がかかると思いますが、またそれを支える技術や評価手法も開発

する必要があると思いますが、日本で産業間連携ができると、日本独自の生産構造の新しいパラダイムができていくのではないかと考えています。

「産業間連携」を推進するための政策

司会 それでは具体的に「産業間連携」を今後進めていくために、政策としてどのようなことが考えられ、予算要求等に反映されていくかという観点から、佐藤課長からお話をいただきたいと思います。

佐藤 今までの取り組みですが、NEDO事業で地方自治体がまとめる『省エネルギービジョン』、あるいは、専門家がコンビナート内で省エネルギーのあり方について具体的に検討する「アドバイザー事業」などの活用例が、山口県、岡山県水島地区、神奈川県川崎地区などで出ています。

もう1つの流れは技術開発です。NEDOの「エネルギー使用合理化技術戦略的開発事業」で、特に千葉県のコンビナートについて「ピンチテクノロジー^{*}による工場地域のエネルギー共有技術の研究開発」が行われています。これは、今、住友化学工業(株)と富士石油(株)が連携して実証段階に入っています。背景には国際競争力をもっとつけなければいけないというニーズがあります。

エネルギーの持ち合いの議論は昔から

^{*}ピンチテクノロジーとは、設備ごとの熱需要と排熱供給に係るデータをそれぞれ解析して、熱融通の最適状態を調べる手法。

何回もされてきていると思いますが、操業の自由度が失われる、本社と各事業所との関係など、色々な障害があつてなかなかできませんでした。勿論、ピンチテクノロジーという解析手法や断熱技術、熱交換技術がより進んできたという事情もあると思いますが、これからは企業を超えてエネルギーコストを下げることで国際競争力をつけていかなければいけないというニーズが勝ってきているために具現化してきたと思います。

2種類の支援策で積極展開を

佐藤　そういう動きをさらに後押ししていくことが重要だということで、16年度に新しいスキームのための予算措置を行っています。コンビナートが一体となって複数事業所間の省エネルギーを図るための調査を行う場合、1カ所当たり5,000万円の支援をする10カ所分の予算を新たに措置しました。

その後、投資段階に入ったものについては、難易度が高いため、今まで3分の1だった省エネルギー投資支援の補助率を2分の1に上げる措置も16年度から講じることにしました。

増えてきた「産業間連携」の検討

佐藤　並行して、各コンビナートでこういう取り組みについて検討する場が立ち上がってきています。例えば、北九州、大分、茨城の鹿島コンビナートは検討会

が始まりました。そこから調査の段階へ、さらに具体的な投資へ移っていただくことを非常に期待しています。

他方で、本社の戦略と地域間競争の間で、調整が必要なところもあるということです。本社にしてみると、例えば、ある地域では事業を縮小してアジアに展開していくという構想のところもあるかも知れません。そういう調整もしつつ、さらに、民生も含めて広い絵が描けるかというところが重要ではないかと思います。

司会　住友化学工業と富士石油の連携がうまくいって、他の企業も枠を超えた連携ができる契機になれば良いですね。

「コンビナートルネッサンス」と

省エネルギー

直前に共有されていた危機感

司会　それでは、石油精製中心として既に「コンビナートルネッサンス」という言い方で省エネルギーの動きが行われていますが、これについて岩井副本部長からご紹介いただきたいと思います。

岩井　「コンビナートルネッサンス」との関わりは、製油所を主体にしてどういう展開ができるかということで始まりました。

「コンビナートルネッサンス」という言葉が初めて登場したのが平成11年6月

で、大変新鮮な響きでした。

実は前年の平成10年に、例えば鹿島、水島、千葉等のコンビナートでは、現状のままでいくと国際競争力がどんどん下がっていくのではないかと危機感がありました。また、中期的に、例えば10年というスパンで見た時に、日本における石油製品、特にガソリン、ディーゼル油、エチレン等の生産量がどんどん減るのではないかという危機感もありました。そこで、単に既存事業における設備の競争力を高めるだけでなく、地域へのエネルギー供給等の新規事業への進出要望も日本各地から出てまいりまして、それが1つになったのが「コンビナートルネッサンス」だという見方をしています。

高い日本の製造コストに驚愕

岩井 それがまとまる1つの伏線として、その大体4年か5年前に資源エネルギー庁の依頼で行った、日本の製油所とシンガポールおよび韓国の製油所の競争力比較調査があります。日本の製油所の製造単価が非常に高いという調査結果を見て愕然としました。その大きな要因として、従業員数の多さ、高い人件費、そしてユーティリティ単価がシンガポールおよび韓国に比べ非常に高いということが指摘されました。その後、各製油所が注力したのが、主に省資源を中心に、海外のエネルギーコンサルタントを使った、各製油所のエネルギー効率の徹底チェックです。どこを改善したらいいかの提案を各

製油所に行いました。その中に、ピンチテクノロジーを使った提案が沢山ありまして、現在まで続いています。

海外のコンサルタントを使った省エネルギー検討と海外の製油所の比較とを合わせますと、1つの製油所だけの運転効率化によるコストダウン、運転員の削減等では、海外の製油所には追いつかない。やはり、近隣の石油化学、つまりは異業種と連携をしないと生き残れないという結論にたどり着きました。その時点からコンビナート全体での連携が大きなテーマになったと見ています。

コンビナートルネッサンスの成果

岩井 RING（石油コンビナート高度統合運営技術組合）は具体的には平成12年からスタートし、第1次コンビナートルネッサンス事業は平成15年に終了し、現在、第2次コンビナートルネッサンス事業が進行中です。特徴的なことを申し上げますと、一番良かったのは、異業種が共通の場でエネルギーの効率化について議論ができるようになったことです。第1次コンビナートルネッサンスでは、具体的な投資、事業運営まで入り、大きな進展が2つありました。1つは共通パイプラインを引く運営会社を設立し、原料、製品、ユーティリティを異業種間で自由に出し入れできるようになったことです。もう1つは、そういう共通の運営会社をどう効率的に運営するかということで高度広域情報管理技術が新たに開発された

ことです。例えば、徳山コンビナートの場合、12の石油精製、石油化学、化学会社が集まって共通の情報ラインを構築しています。

具体的な省エネルギーの例を申し上げます。第2次コンビナートルネッサンス事業で特徴的なのは、都市ガス会社と製油所が一体化したということです。都市ガス会社のLNG受入基地の冷熱を2つの製油所と石油化学会社が、その熱を低温域から常温域まで三段階に分けてカスケード利用することです。これは今まで議論はされていましたが、中々実行までいかなかったのですが、ようやく異業種間で熱を利用し合うことに発展できたというのは、今後の省エネルギーを進める上で画期的な事業になるのではないかと思います。

鉄鋼業界の「エココンビナート構想」

製鉄所は巨大コンビナート

司会 今度は鉄鋼業の方です。こちらの方も「エココンビナート構想」が検討されるということですが、高松さんからお願いいたします。

高松 「エココンビナート構想」では、鉄鋼業界の将来の環境技術展望ということで、ターゲットを定めたところ です。

製鉄所というのは、もともと大コンビナートです。鉄だけ作っているわけでは

なく、タール、軽油、スラグ、ガス、電力、酸素も作っています。製鉄所というのは、大体1,000万 m^2 ぐらいある都市規模のコンビナートです。もともと、その中にいっぱい工場があって、各々が一番の効率を指向していました。それが、だんだん中のパイプをつないだり、よその会社を呼んできて、酸素を作らせたり、電力会社、ガス会社と共同事業をやったりを、60年代からやってきました。

色々な要素技術を培ってきた鉄鋼業

高松 「エココンビナート」はそれよりも相当フレキシブルに物を考えています。非常に大きなバッファで全体の効率を支えなければならないものがコンビナートだと考えると、その中で鉄鋼業がどういう役割を果たせるのか。コンビナートは、ものすごく大きな絶対量を扱う産業ですから、そういう機能というのは鉄鋼業の中にもあると思います。

循環型社会という話が10年来続いています。物質の循環ではなく、エネルギーの循環(正確にはカスケードによる効率的な使用)として循環型社会を眺めた場合、排熱回収設備などは更新の時に、これまでは使ってこなかった低温の熱を暖房や給湯に使えるようにしたり、300℃での発電もできる最新の技術導入を考えなければいけないと思うのです。それを可能にする技術はすでにあるのですから、次の改修、更新のチャンスを視野に入れて考えるべきでしょう。

そういう意味で、社会全体としてのカスケード技術というのを考えていかなければいけないと思います。エクセルギーと見合ったものを少しずつやる努力が必要だろうと思います。

そういう役割を鉄鋼業が担っていくための構想が「エココンビナート」なのです。昔からある発電等に加え、最近では、プラスチックのリサイクルは6～7割を鉄鋼業でやっています。特にコークス炉で処理すると、プラスチックを油とガスにまで戻せますし、皆さんお困りのカーボン残渣は、我々が一番欲しいコークスになるわけです。

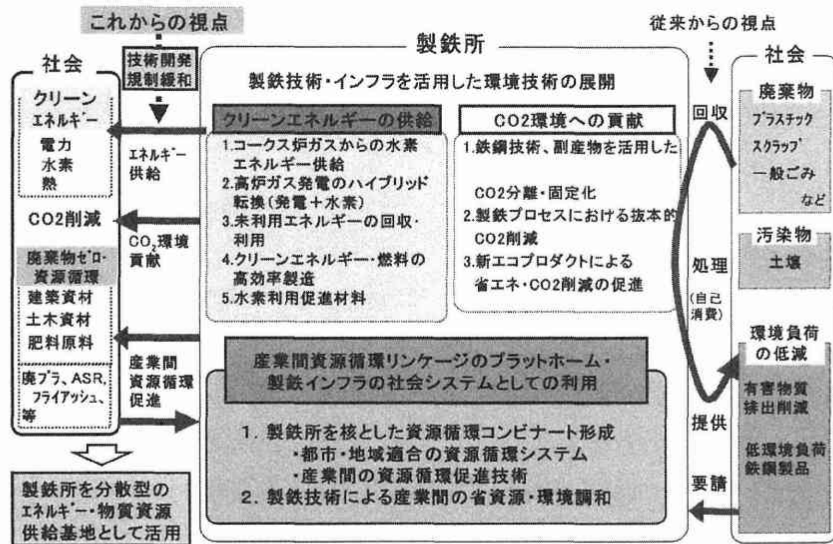
水素社会に向けた技術開発努力

高松 鉄鋼業には、水素、一酸化炭素(CO)も非常に沢山あります。今までは廃熱のような非常に低質なエネルギーを、効率を若干犠牲にしながらも電力のような質の高いエネルギーに換えていました。それを少しケミカルポテンシャルにしておくと、エクセルギーの有効利用ができるだろうと思います。良い触媒を見つけると、水素、CO、二酸化炭素(CO₂)を比較的自由に動かせるようになります。数年前からそういう要素技術の検討を始め、特にコークス炉ガス(COG)を改質して水素にしていくという要素技術の開発を、ここ5年間進めています。そういう技術が少しずつ確立され始め、可能性も見えてきました。鉄鋼業が鉄鋼製品だけを作っていれば良い時代でもない、地域の中で鉄鋼業が業とし

てなせることを、技術の世界に持っていくというのが、この「エココンビナート」の試みだろうと思います。

我々がユーザから受ける「薄く、軽く、硬くしてくれ」という要求は、鉄鋼業の中では圧倒的にエネルギーを増やしていかなければいけない操作ばかりです。その要求に応えた製品が、燃費向上やロス低減になり、世の中では非常に省エネルギーに役立っているはずなのですが、鉄鋼業界単体で見ると増エネ要求なのです。そこで全体としての省エネルギー効果を上げるために、色々な産業でシェアしながら、どういうものを本当に搾りきらずに使うのがいいのかも含めて議論していくことが、これから2010年にかけて非常に重要になるだろうと思います。そういう議論が業界内でやりやすくなっているというのが、「エココンビナート構想」の一番大きな成果だと思います。

それから、制度がハードルになってコスト高となり、省エネルギー目標を達成するための折角の技術が使えなかったりもします。また、産業で一番使えないエネルギーを民生なら自由に使えるそうだとすることがあります。民生部門が熱市場の4分の1～3分の1ぐらいを占めているのに、産業界がそこになかなか直結できない仕組みになっています。この辺はインフラが多少ネックになっています。産業界には熱供給技術はずいぶんあると思いますから、このあたりに少し手を差しのべていただければと思います。この辺の議論がこれから重要になると考えています。



(出所：(株)日本鉄鋼連盟)

図2 製鉄所と社会との新リンケージ

NEDO「産業間連携」調査の意義

鉄鋼業の特色に注目した「産業間連携」

司会 「産業間連携」の調査がNEDOで行われていますが、その意義、あるいはその中でNEDOの役割等について、渡邊さんからお話を伺いたいと思います。

渡邊 鉄鋼業そのものが1つの巨大コンビナートであるという今の高松さんのお話でしたが、まさしくそのとおりだと思います。NEDOは今回、鉄鋼業も含めた形で「産業間連携」を検討しています。

鉄鋼業というのは非常に面白いところがありまして、例えばCOG、高炉ガス、転炉ガスなど色々なガスをお持ちになっていらっしゃる。それらには、水素もかなり入

っていて、COやメタンも含まれている。COやメタンに水蒸気と熱エネルギーを与えて水素を作ってしまうような話もあります。この技術は熱を運ぶということを物質を運ぶという形に転化できるという非常に面白い省エネルギー技術と言えます。

逆に、コンビナートの中を見ますと、水素を使っている企業もいらっしやいます。そういうところに鉄鋼業からの水素を渡すことができる。すると、製鉄所でのカロリーバランスが狂うのですが、それを補填するために別のところから燃料となる何かを持ってくるという例も実は委員会の勉強の中で出てきています。

具体的なインフラをどうするかという課題はありますが、原理としてコンビナートは原料や燃料の新規の追加なしにある種の製品、新たな製品、特に水素の一大供給基地になり得るという話にも発展していくと思います。

コンビナート内での今後の課題

渡邊 「産業間連携」を進めると、マテリアルリサイクルというのが極めて省エネルギーになるということが証明されてくると思っています。今後やっていくべきことは、バッファ機能をどうするかとか、現実問題として、コンビナートの中で行われる相対取引を誰が調整するか、誰が保証するかということも含まれます。そこに資本を投下することが必要なのですが、そのお金を誰が出すのかとかの問題が出てくるだろうと思います。そこで、そのハブ業務をやる事業形態が今後生まれるという気がします。それが恐らく日本から生まれてくるという感じがして、非常に期待しています。

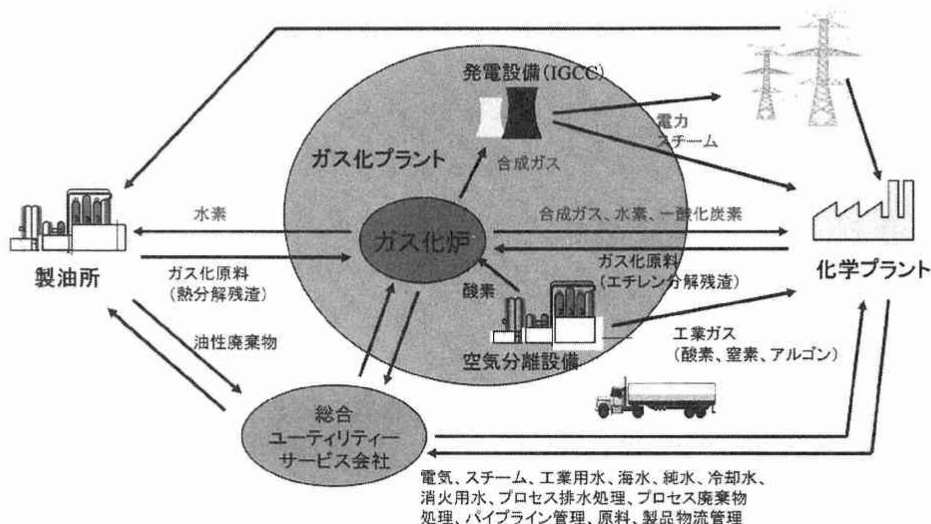
今回、勉強の中で鉄鋼業に着目しています。ただ、若干、私が心配しているのは、鉄鋼業が巨大産業であるのに対して、そ

れと連携する周辺の石油化学、石油製品産業の規模がそれほど大きくない、需要バランスをどう調整するかという点です。

NEDOが公正な立場で調整

渡邊 我々が目指すのは「三方一両得」のウィンウィン（Win Win）の関係です。その辺で、NEDOは公正な立場から調整できるので、産業間連携の研究をNEDOがプロモートするというのは非常に意義があることだと思っています。鉄鋼業も含めたすべてのプレーヤーがハッピーになること、それがひいては省エネルギー、省資源、地域の活性化や競争力強化につながるということが一番重要だと思っています。

平成16年度の1年ぐらいをかけまして、プレーヤーを明確化した上で、どういう物質循環ができるのか、必要な技術は何か、インフラなどの課題を洗い出して、



(出所：関西学院大学 経済学部 講師 西村陽氏)

図3 コンビナートを巡る新たなニーズ～産業間連携の検討事例～

画期的、革新的技術要素があれば、そういうものへの取り組みを進めていきたいと思っています。

既にNEDOの中では関連するような技術開発が相当行われていますので、そういうものをさらに取り込む、ないし、今までなかったものは新たに取る形で進めたいと思っています。

司会 確かに「産業間連携」というコンセプトは素晴らしくて、実現できれば国際競争力だけでなく、省エネルギーや廃棄物の減少まで良いことづくめのようです。しかし、実際に踏み出すには、具体的なスキームはどうするのかという問題、あるいは企業の経営判断も含まれてくるということで、なかなか難しいとは思いますが。とにかくそちらに向かって一歩でも進めればと期待しています。

自由討論

製鉄所をエネルギー供給センターに

岩井 私も製鉄所を将来エネルギー供給センターに変えていくべきだという議論を展開していきまして、いくつか具体的な提案を行っています。

製鉄所では少なくとも酸素、CO、水素、熱というエネルギーが大量に出てきます。それを運ぶのが大変だったら、例えば石油化学や化学産業でCOを原料とする製造工



高倉 毅氏

(財)エネルギー総合工学研究所 研究理事)

場を製鉄所の中に建ててはという提案を行っています。また、ガス化に必要な酸素も運んでくるのではなく、製鉄所の中でそういう事業をやってしまったらいいのではないか。さらに、ガス化から出てくる水素、COの有効利用も製鉄所の中です。そのような展開をしますと、省エネルギーにつながるという提案です。実現は難しいかも知れませんが、国のご支援も得ながら実現できればと考えています。

それから、日本のコンビナート全体のエネルギー効率化を考えますと、やはりコンビナートの中での原料および燃料転換を考える必要があるのではないかと思います。資源産出国側の事情を含め、将来を展望すると、天然ガスの開発が急速に進んでいきます。天然ガスの開発というと、我々は液化天然ガス（LNG）しか頭に浮かばないのですが、実は液化石油ガス（LPG）とコンデンセートが大量に随伴して出てきます。これがどうも5年後には余剰になるのではないかという議論があります。これらの資源をうまく組み合わせ

せて使うことも重要です。RINGへは、異業種提携という水平拡大と、日本のコンビナート全体が資源産出国に出て資源を確保するという垂直統合の考え方を提案しています。「拡大RING」と名付けて議論しています。水平拡大、垂直統合の両面から省エネルギーを図るということも日本のコンビナートの国際競争強化にとって重要ではないかと思います。

社会の将来目標を示して技術開発推進

高松 大切なのは将来目標だと思います。水素を製造する技術は昔からどんどん洗練されてきています。ところが水素を売る市場がないのです。企業は数十年後には商業化されるかも知れないという技術ばかりを開発するわけにいきませんから、市場を作っていく努力が非常に大切です。例えば、何時頃までにどの程度の燃料転換をする、どのぐらいの水素社会を想定していくという非常にマクロな目標を産業界と国とで共有して、皆で技術開発を進めていけば、こういうものがずいぶん加速できると思います。

秋鹿 その議論の中に電力会社も加わっていただきたいと思います。やはり、電力会社も含めて分散型電源をどこまで推進するのか、その辺の仕切りを国の方で進めていただくとありがたいです。

さらに、地域に根差した連携ということでは、自治体の意識も大分向上してき

ていると思います。ただ、もう少し自治体の中に技術屋がいれば、話が早くなるとずいぶん思います。やはり自治体も含め、今、地方分権という追い風の中で意思決定における自治体のレベルアップも一緒に図られると好ましく思います。

佐藤 水素エネルギーの導入や分散電源推進といったマクロ的な目標は、例えば総合エネルギー調査会需給部会でも2010年、2030年という中長期的なスパンの議論が行われています。

ただ、そこで示されるものは、今の知見を前提としたモデルによる推計です。多分、具体的に話を進めていくのは、プロジェクト個々のニーズと、そのニーズに对应していくための自治体も入った具体的なシナリオではないかと思います。そういう取り組みを私どもは期待しています。

京都議定書の第1約束期間（2008～2012年）におけるCO₂削減目標の達成に向けて「産業間連携」を進めていく、設備の更新時期にさしかかって、どういうふう to 更新するか、投資をしていくかを考えていただくということがより大事になってくるのではないかと考えています。

インフラ整備にしても、規制緩和にしても、具体的な要望、ニーズが出てこないとなかなか進みません。例えば、熱の民生利用の時には、「こういうインフラはある程度、国からの支援がないとできません」という具体的事例が出てきた時に、政策面で検討できる可能性が高くなります。

先行事例や成功事例で加速する技術開発

渡邊 今までは日本では海外の技術を見て、その善し悪しを判断するところがありました。今はそういう時代ではなくなっています。目からウロコが落ちるような成功事例があれば、その事例が一挙に普及し、どんどん改良されていくだろうと思います。そのような流れの中で、バッファ機能を担当するような新産業が出てくるという気がします。

秋鹿 思い起こせば、排煙脱硝技術については、主婦を中心とする「おしゃもじ族」が環境の悪化を訴えて、国民的なコンセンサスが出きた時に、同じような技術が一挙に出てきました。そのおかげで、日本は環境技術で世界のトップにいて、自動車にも発電所にもその技術がかなり貢献していると思います。「産業間連携」でも、シナリオができ、それが必要だということになれば技術開発が一気に進むのではないかと期待しています。

高松 技術というのも、長所と短所を色々評価するものですが、長所を長所として伸ばしていくのも勿論大切ですが、「禍転じて福となす」というか、短所だと思っていたからそこに新たなものを加えて、今までの技術を超えたという例はいくつかあります。「産業間連携」で、エネルギーを搾り切らない、搾り切れなかったから連携が進むという話もそういった例ではないかと思います。これは日本独

自の技術にもなるのではないのでしょうか。そういう努力こそが競争を通じて地域の活性化につながっていくというのが「産業間連携」の非常に大きい効果ではないかと思います。

鉄鋼業界では、これまで革新的な省エネルギーを随分やってきました。そのおかげで、日本の鉄鋼業のエネルギーの有効利用率は64～65%あります。未利用エネルギーはあまり残っていませんが、国際鉄鋼協会（IISI：International Iron & Steel Institute）では「CO₂ブレイクスループログラム」と称して、50年後ぐらいを目処に要素技術開発を始めたところです。このような長期的視点にたった取り組みをするためにも、長い目での将来目標の設定が必要なのだと思います。

コンビナートを新技術の実証の場に

岩井 民生との一体化という中で議論していますのは、コンビナートというのが新しい技術を実証するのに最適な場所だということです。民生側から見て、自分たちのところで使うのが少し心配だという技術があったりします。いい例が水素だと思います。水素パイプラインが街中を走ると、まだ多くの方々が非常に危険だと思われるようです。ところが、コンビナートの中では水素製造装置が何十年も前に建てられていて、製油所内だけでも水素パイプラインが数km走っています。1回も事故を起こさない。そういうことができますので、コンビナートを新しい技術の実証の場にして、

民生にオープンにしていけば良いと思います。ですから、コンビナートの中に新しい省エネルギー技術を実証する場を作っていたらいい、これを民生にオープンにしていこう。コンビナートにとってもそういう努力が重要ではないかと考えています。

おわりに

司会 「産業間連携」が実現して本当に機能を果たすようになるには、やはり10年、20年先になると思いますが、将来展望ということで何かご意見がありましたらお願いいたします。

秋鹿 日本の技術者の育成について若干心配しています。私自身の問題でもあります。勿論、産業が元気になることは一番大事なのですが、技術者の育成については、大学でも産業界でも、国際化の波に遅れているような気がします。

勿論、「産業間連携」の技術は日本発にしたいとは思いますが、そのために国際的に勝負できる日本人が多数輩出して欲しいと思います。ですから、そういう仕組みも大学を中心としてこれから作っていかないと、技術開発の課題はクリアできても、それを本当に一流の人が実行してくれるのかという心配があります。機会あるごとに皆様のご支援を賜わって私どもも努力していきたいと思っています。

岩井 RINGの議論を行ってきた中で、非常に感心したことは、違う会社の方々が集まる場で議論をすると、皆さん生き生きしてくるということです。やはりそこでは常に何か新しいことが出てくるからです。限られた自分の会社だけの世界からほんの少し外に出ただけで自分の考え方が広がりますので、やはりこういう場を沢山作っていくことが非常に重要だと思うのです。皆さんがそういう意識になれば、また大きな輪の中で新しい考え方が出てきますし、実行しようという気持ちにもなると思います。

佐藤 今日、色々お話をお伺いし、コンビナートの将来の可能性について再認識させていただきました。国際的に高効率で競争力を有する日本のコンビナートが地域のエネルギーの源にもなり、技術の実証フィールドにもなっていく。

今まで、コンビナートと言うと、埋立て地の向こうとこっちとは別の世界で、地域との相互連携や密着性がいま1つなかったような感じがします。

コンビナートの可能性を多くの方々に認識していただいて、今日、ここで話しされたことが現実になると、本当に素晴らしいと思っています。

司会 大体結論が出たようですので、これで座談会を終わりにさせていただきたいと思います。どうも長時間にわたりありがとうございました。

〔寄稿〕

経済産業省のバイオマス導入促進施策^{*}



荒 木 由季子 (経済産業省 資源エネルギー庁
新エネルギー対策課長)

1. はじめに

バイオマスは新エネルギーの中でも、最近かなりフィーバーしてきている分野です。政策の立場を中心に多少技術的な面も含めてお話をさせていただきたいと思います。

何で今バイオマスについて急に熱心に行っているかということですが、1つに環境面でバイオマスからの二酸化炭素(CO₂)の排出量をゼロにカウントする(カーボンニュートラル)ということで、CO₂対策上非常に注目されているということがあります。

もう1つは、未利用資源を使う、あるいは国内資源という観点でエネルギー源の多様化が図られるという点がエネルギー政策上に大きな意義があるということです。

ただし、克服しなければならない課題が色々あります。中でも特に大きいのは、物理的な賦存量は非常に多いものの、非常に広く薄く存在しているのをどう集めるかという課題です。新エネルギー全般にそう

なのですが、特にバイオマスの場合は収集コストが導入への非常に大きなネックとなっています。どうしても小さなエネルギー転換施設を作ることになってしまい、スケールメリットがなかなか出せないため非常にコスト高なエネルギーになりがちです。

2. IPCCでのバイオマス起源CO₂の取扱い

先程述べましたように、バイオマスエネルギー利用の排出の取り扱いについて、燃焼時点で物理的にCO₂を発生してもカウントしないということは、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の中で認められていますが、その場合、いくつかの条件が付いています。1つに、森林が破壊されてエネルギー作物を栽培する畑に変わる場合は、もともと固定化されていたCO₂が排出されるので、本来ならCO₂が増えることになるのですが、これを土地利用の変化とか、森林の交代とカウントしましょうということがあります。

^{*}本稿は、昨年12月19日の「第219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。

もう1つに、CO₂以外の温暖化効果ガス、例えばメタン、一酸化二窒素は算入することになっています。

取りあえず第1約束期間（2008～2012年）についてはこのルールが適用されています。ただ、第二約束期間、将来について議論する時にこの辺について色々な議論が出てくる可能性はあります。

3. 新エネルギー

(1) 定義

新エネルギーは「新エネルギー利用等促進に関する特別措置法（新エネ促進法）」（1997年施行）によって定義されています。具体的には、供給サイドと需要サイドで

14分野の新エネルギーを定義しています。

図1に見るように、例えば、再生可能エネルギーであっても地熱や水力はある程度経済性があるということで、新エネルギーの中には入っておりません。また、波力とか海洋温度差発電については、まだ技術的に実用化段階にないということで新エネルギーの中には入っていません。実際に雪氷の熱利用は2年前に新エネルギーの中に入りました。実はバイオマスも、この法律の政省令（平成14年1月）によって新しく新エネルギーとして入った分野です。今後、新たな新エネルギーが入ってくることも当然ありますし、逆に経済性が出てきて新エネルギーから卒業していくものもあると思っています。

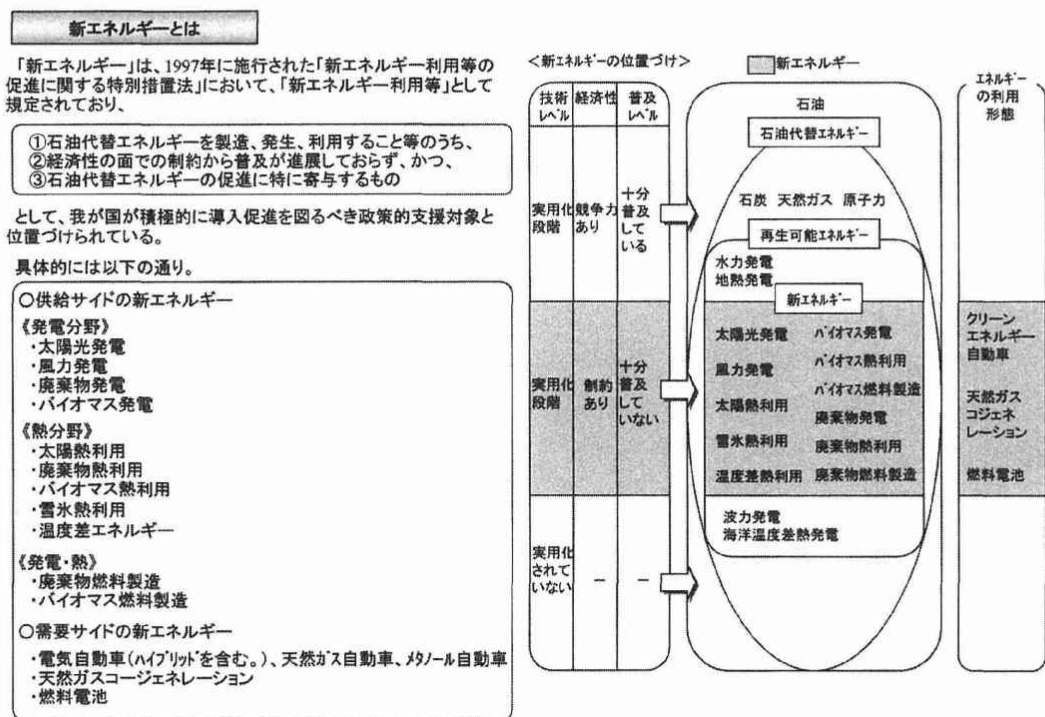


図1 新エネルギーの定義

表1 導入実績と目標

供給サイドの新エネルギー

需要サイドの新エネルギー

		2000 年度	2010 年度目標
発電分野	太陽光発電	8.1 万 kl (33.0 万 kW)	118 万 kl (482 万 kW)
	風力発電	5.9 万 kl (14.4 万 kW)	134 万 kl (300 万 kW)
	廃棄物発電	115 万 kl (103 万 kW)	552 万 kl (417 万 kW)
	バイオマス発電	4.7 万 kl (6.9 万 kW)	34 万 kl (33 万 kW)
熱利用分野	太陽熱利用	89 万 kl	439 万 kl
	廃棄物熱利用	4.5 万 kl	14 万 kl
	バイオマス熱利用	—	67 万 kl
	未利用エネルギー※	4.5 万 kl	58 万 kl
	黒液・廃材等※	490 万 kl	494 万 kl
合 計 (対 1 次エネルギー総供給比)		722 万 kl (1.2%)	1,910 万 kl (3%程度)

	2000 年度	2010 年度目標
クリーンエネルギー自動車※	8.2 万台	348 万台
天然ガスコージェネレーション※	170 万 kW	464 万 kW
燃料電池	1.2 万 kW	220 万 kW

※未利用エネルギーには雪氷冷熱を含む。

※黒液・廃材はバイオマスの 1 つであり、発電として利用される分を一部含む。

※クリーンエネルギー自動車には、電気自動車、燃料電池自動車、ハイブリッド自動車、天然ガス自動車、メタノール自動車、更にディーゼル代替 LP ガス自動車を含む。

※天然ガスコージェネには、燃料電池によるものを含む。

※未利用エネルギーには雪氷冷熱を含む。

※黒液・廃材はバイオマスの 1 つであり、発電として利用される分を一部含む。

※クリーンエネルギー自動車には、電気自動車、燃料電池自動車、ハイブリッド自動車、天然ガス自動車、メタノール自動車、更にディーゼル代替LPガス自動車を含む。

※天然ガスコジェネには、燃料電池によるものを含む。

(2) 新エネルギー導入実績と導入目標

表1に示しましたが、今、2030年の長期目標を作る見直しが始まっています。それが出てくると表中の数字も変わるかも知れませんが、2010年度の新エネルギーの導入目標として、1次エネルギー供給の中で3%程度（原油換算で1910万kl）と設定しています。現在、1.2%ぐらいですから、約3倍に増やしていこうという計画です。

残念ながら、新エネルギーの絶対量自体は増えているのですが、比率では1～1.2%と横這いで推移しています。これは需要が伸びているせいだと思うのですが、2010年の3%という目標はかなりチャレンジングであると言えます。

この中でバイオマスは発電分野と熱利用の2つが入っています。バイオマス発電も7倍強を見込んでいますし、熱利用は、統計が整備されていないということ

もあって、2000年度の数字はありませんが、2010年度には67万klというかなり大きな目標を立ててこれから導入を進めていこうとしています。

4. バイオマス

(1) バイオマスエネルギーに対する取り組み

先程バイオマスは「新エネ促進法」で新エネルギーとして定義されたと申しましたが、「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会」の報告書（平成13年6月）の中で、さらに、積極的な技術開発の必要性を明確にしています。この報告書がバイオマスに対して積極的に取り組み始めた最初だと思います。

平成14年3月の「地球温暖化対策推進大綱」では、新エネルギーの導入目標を温暖

化大綱と連動させて位置づけていますが、この中には当然バイオマスも入っています。同年5月には、「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)ができ、電気事業者に対して新エネルギー電気の利用を義務づけられましたが、バイオマスも対象エネルギーとして明記されています。

ということで、バイオマス自身、新エネルギーの中できちんと位置づけられ、いろんな制度の中に組み込まれているというのがここ2～3年の流れです。

もう1つ非常に大きいのはやはり「バイオマス・ニッポン総合戦略」(平成14年年12月)です。これは6府省で作って閣議決定されました。「バイオマス・ニッポン総合戦略」自身はエネルギー利用だけ

ではないのですが、その中でバイオマスのエネルギー利用も大きな柱になっています。「バイオマス・ニッポン総合戦略」もきっかけとなりまして、バイオマスに対する取り組みが、政府部内、自治体、あるいは企業でかなり活発化してきているというのが最近の状況だと思います。

(2) バイオマス利用の経済性

バイオマスというのは非常に経済性に難があります。図2は1つの試算です。

間伐材の例ですが、基本的には伐採して集めてくるコストが非常にかかるということですし、勿論、木本体のコストもあります。さらに、そこからエネルギー利用する所までの運搬コストもかかりますので、間伐材調達費を2万円弱/トンと

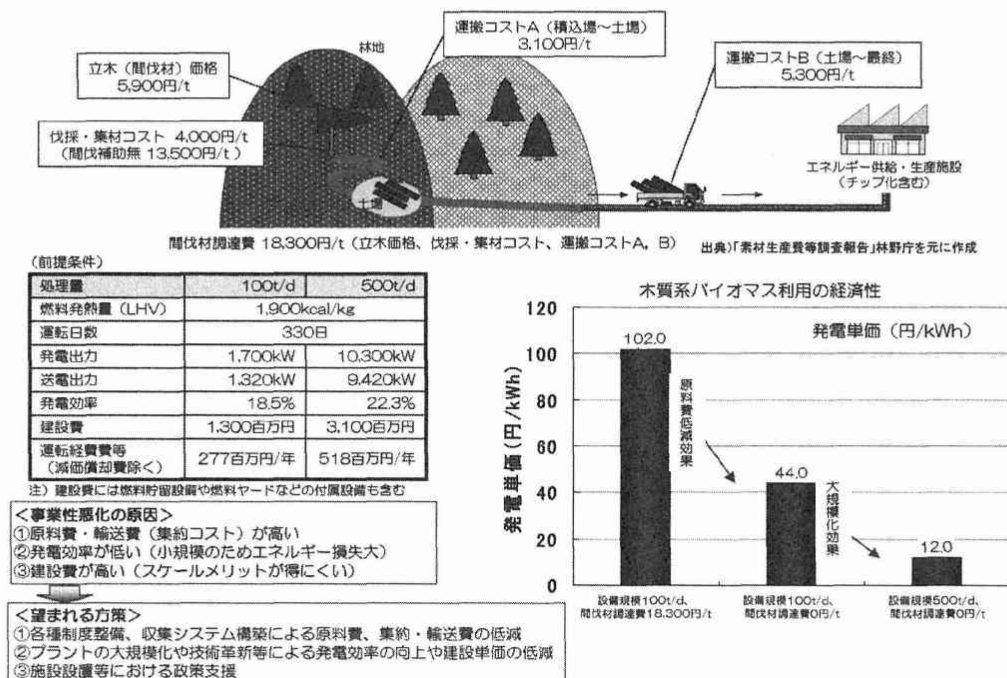


図2 木質バイオマス利用の経済性試算

試算しています。これは原材料費としてはかなり高いです。

木質系バイオマス発電の経済性では、発電単価が100円/kWhとなっています。これ間伐材でやった場合、あくまでも机上の計算ですが、原材料費の占める割合が非常に大きいこと、それから非常に小規模であるためスケールメリットが効きにくいということが分かります。

収集コストの低減ですが、単純に言えば補助金を入れて収集するという話が出てきますが、実際の事例はありません。自治体によっては間伐材を放置しておくわけにもいかないの補助金を出して木材事業者に集材させているところもありますが、これではエネルギー政策のコアの部分ではないというところもあって、

省庁連携でやっていかなければいけないところだと思っています。

むしろ私どもではプラントの効率化をどうしていくかが大きな課題だと思います。

(3) 木質系バイオマスの資源コスト

図3左上の棒グラフの右端に、建築廃材を書いてありますけれども、この場合は、廃棄物処理費を頂く(逆有償)ので事業性が出てくるというのが現状です。右下のコストと賦存量では、量が多くても高いチャンネルがいかに多いかお分かりいただけたと思います。

やはり木質系のバイオマスについては建築廃材を使ったプロジェクトが圧倒的に多いです。大規模なものは大体建築廃材を使っているということですが、逆に言うと、

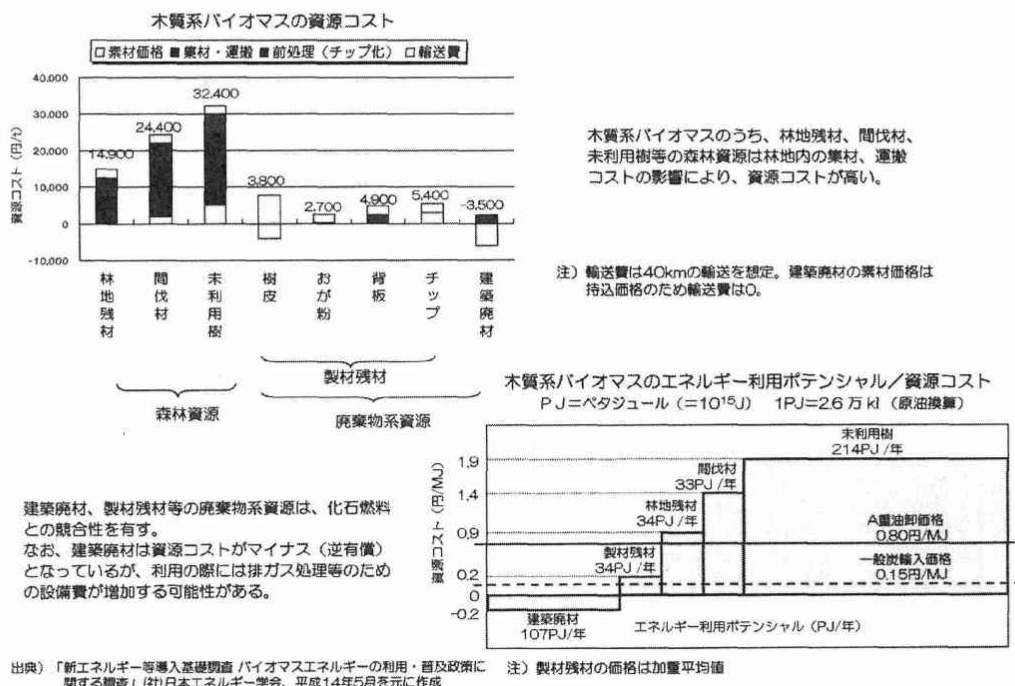


図3 木質系バイオマス資源の資源コスト

建築廃材の取り合いが既に起こっているような状況があります。建築廃材の価格が上がっているところもあると聞いています。

(4) バイオマスの発生密度

木質バイオマスの発生量が多いのは、やはり九州、中国地方です。家畜糞尿も生産量が多い九州、関東での発生量が多いです。食品系はあまり地域性がないと思います。今、大規模プロジェクトが成り立っている主なものは木質系の建築廃材と家畜糞尿の利用です。

(5) バイオマス資源とエネルギー転換技術

表2を見ますと、実に色々な資源と技術の組み合わせが試されていることが分かります。

ます。最終的にバイオマスの有効活用を考えた時、どういう資源を、どれぐらいの規模で、どういう転換技術で処理していくのかある程度分析して、最もよいものに集中的に投資する必要があると思っています。そこで現在、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）にスタディをしていただいているところです。

(6) 利用技術の効率と経済性

図4を見ていただくと、国内事例には小規模なものが非常に多いことが分かります。海外では、傾向として規模が大きくなるほど設備単価でコストが下がっています。日本でも設備規模が大きくなればコストも下がるし、効率も上がるという傾向

表2 バイオマス資源とエネルギー転換技術の対応マトリックス

		バイオマス資源											
		木質系バイオマス		製紙系バイオマス		草・牧草・海藻・水		農産物残渣		糞尿・汚泥		食品廃棄物	その他
Dry/Wet		D	D	D	D	W	D	W	W	W	W	W	W
例示		製材残材・間伐材	建築廃材	古紙	ネビアグラス	ホテイアオイ	稲藁・もみ殻・麦藁	家畜糞尿	尿下水汚泥・糞汚泥	厨糞汚泥	畜産加工廃棄物	でんぷん	植物油
転換技術	燃焼	直接燃焼ボイラ	◎	◎	◎			◎	◎				
		直接燃焼発電	◎	◎	○			◎	△		◎		
		固定燃料化	◎	◎				◎		○	◎		
		凝結発電	◎	◎				◎	△	○	◎		
	熱化学的変換	溶融ガス化	○	◎									
		固定床ガス化	◎	○				○					
		低圧流動層ガス化	○	○		○		○					
		噴流床ガス化	○	○		○		○					
		高カロリーガス化	○	○		○		○					
		急速熱分解	◎	○	○	○	○	○	○	○	○		
		スラリー燃料化	○	○	○	○	○	○	△	○	○		
		直接液化	○	○	○	○	○	△	○	○			
		超臨界水ガス化	○			○	△		○	○			
		超臨界水/水処理	○		○								○
		炭化	◎	○	○	△	△	○		○	○		
		エステル化											◎
	生物化学的変換	メタン発酵	△			△	◎	◎	◎	◎	◎		
		エタノール発酵	○	○	○			○			○	◎	
		アミノ酸/糖アルコール発酵									○	◎	
	水素発酵				○	○	○	○	○	○	○	○	

各種バイオマス資源をエネルギーに転換する技術の対応状況を、マトリックスとして示すと左表のとおり。

◎：実用化実績のあるもの
○：実験的研究段階のもの
(パイロット規模の実証試験を含む)
△：フィージビリティスタディ段階のもの

注) 本マトリックスは下記出典の調査における導入事例、研究開発事例のとりまとめ結果であり、この表で無印等になっていることをもって資源/技術の適合性がないという短絡的な判断は避けるべきである。

出典) 「新エネルギー等導入基礎調査 バイオマスエネルギーの利用・普及政策に関する調査」(社)日本エネルギー学会、平成14年5月

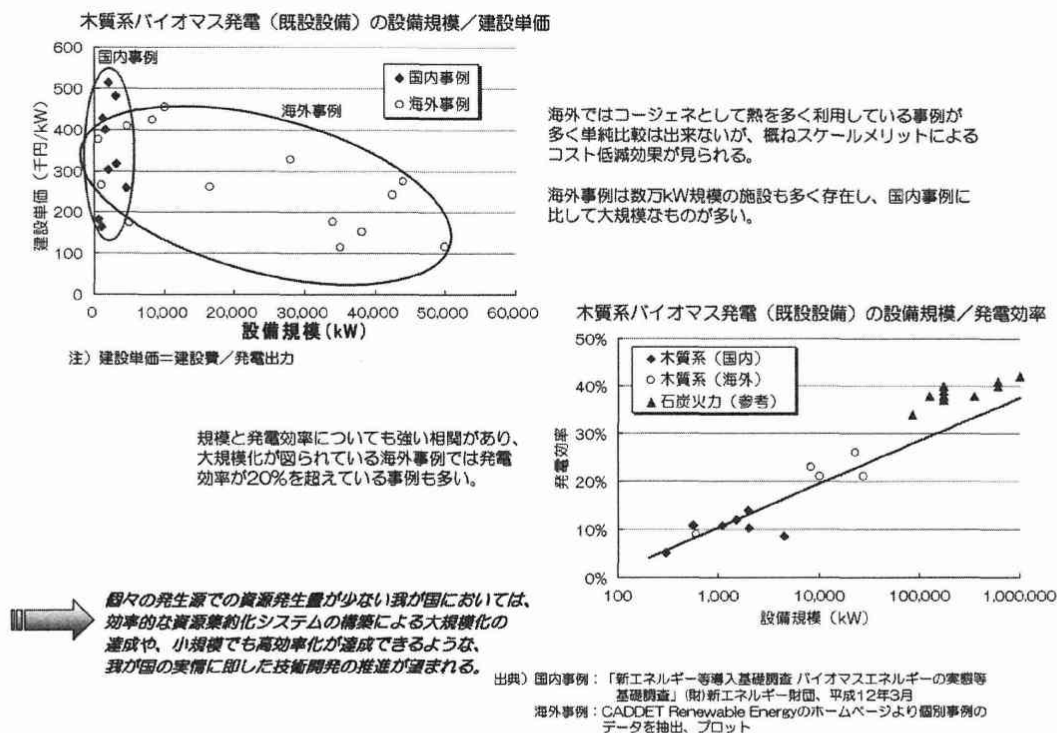


図4 利用技術の効率と経済性

が確認されています。従って、解決方法としては、スケールメリット（規模の経済性）の効くプラントをプランニングしていくこと、また、小規模でなるべくコストの安い、かつ効率の良いものを開発することの2つの方向があると思っています。

家畜糞尿のメタン発酵設備についても同様で、傾向としては処理能力が大きくなればなるほど効率も上がっています。この辺はバイオマス共通の課題ではないかと思っています。

（7）バイオマスエネルギー導入に向けた支援

- ① 地域新エネルギービジョン策定等事業
ある地域でバイオマスを導入したいと

思った時に、新エネ導入ビジョン作りのお手伝いをしています。どちらかというところトータルな新エネルギーの導入を地域でやろうということです。実は、図5に示しますように、今年初めて予算をつけたのですが、バイオマス等未活用エネルギー事業調査として、バイオマスに限り、経済産業局を通じて、この秋に公募をして20～30件くらいを選ぼうと今審査中です。概ね1件1,000万円の調査費を付けます。全国で80～90件の応募がありました。

プロジェクトの内容も様々で、かなり大規模なものから非常に小さなものまであり利用も、ハウス栽培の熱利用から、廃食用油で大規模にバイオディーゼル燃料（BDF）を作ることまで様々です。



図5 バイオマスエネルギー導入に向けた支援

② バイオマスエネルギー高効率転換技術開発

単純に公募すると、どうしても乾いたもの、木質系とかが多く出てきてしまったので、15年度にはいわゆるウェット系のもの、若干効率が悪くて難しいものを中心に追加公募しまして、11件のプロジェクトを行っているところです。

バイオマスをやっていく中で、例えば前処理、後処理、あるいはコア技術的なところでブレークスルーが必要ということが分かってきました。この辺について公募式で大学等とも連携して技術開発をするというのを来年度新たに立ち上げたいと思っています。私どもとしてはプラントを作るのではなく、要素技術的なところを評価して、

最終的にバイオマスのシステム全体の高効率化、低コスト化、環境保全に資する技術を開発したいと考えています。

③ バイオマス等未活用エネルギー実証試験

自治体や事業者に対して、まだ実証されていない技術でバイオマスを利用する案件を2分の1以内で助成するということをやっています。地域性の非常に強いプロジェクトが色々出てきています。

④ 地域新エネルギー導入促進事業

これはバイオマス特有のものではありませんが、自治体と事業者に対して新エネルギーを導入するときに各々2分の1、3分の1で補助をするものです。ただ、こちら

は実証で終わらずに事業化するという
ことで、ハードルが高くなっています。

特に事業者については、重油や軽油を助
燃剤として混ぜるプロジェクトを認めてい
ませんので、かなり限定されてきます。と
いうことで、それほど沢山は出てきており
ません。建築廃材を使ったプロジェクトで、
非常に特殊な条件下で安く集まれるネット
ワークがあって、設備を持っている大きな
工場というケースが多いです。

自治体についても2分の1を負担しな
いといけないので、若干バードルが高い
かなと思います。

（8）RPS法とバイオマス発電

RPS法が昨年4月から施行になりました。
概要を図6に示します。2010年の段
階で全電力供給量の1.35%以上（122億

kWh）という利用目標は、これから段階
的に増やしていく計画になっています。
対象となる新エネルギーは、太陽光、風
力、バイオマス、地熱、中小水力
（1,000kW以下）ですが、どの電源を使う
かはまったく市場原理で決まります。

現状では、風力とバイオマスが義務履
行の主要電源になっています。太陽光発
電については、一般の需要家が屋根の上
にソーラーパネルを乗せて発電したうち
余剰電力を買ってもそのまま認めるとい
う形になっています。バイオマス発電は、
太陽や風力よりも安定して一定の電気が
できてくるということもあって、廃棄物
発電を中心にかなり購入されているとい
うことです。電気とクレジット分とを一
緒に購入するやり方になっていますが、
新エネルギー電気だけの値段が一体どれ

電気事業者は、新エネルギー等から発電される電気を一定量以上利用することを義務づけることにより、電力分野における新エネルギー等の更なる導入拡大を図り、エネルギー安定供給確保に資するとともに、環境の保全に寄与することを目的とする法律。 ※通称：RPS（Renewables Portfolio Standard）法（平成14年制定）

○対象となる新エネルギー等の種類

- ①風力、②太陽光、③地熱（熱水を著しく減少させないもの）、
④中小水力（水路式で1000kW以下）、⑤バイオマス

→「新エネルギー等電気」：新エネルギー等を電気に変換する
設備で大臣が認定したものから得られる電気

○利用しなければならない新エネルギー等電気の量

- ・平成22年度（2010年度）には、全ての電気事業者とも、電気
供給量の約1.35%以上（全国で122億kWhとなるよう按分）。
- ・平成21年度までは、これまでの新エネ等電気利用状況を勘
案し、経過措置。
- ・平成15年度は、一般電気事業者10社平均で電気供給量の
約0.39%（全国で約33億kWh）。

○電気事業者は以下の中から最も有利な方法を選択

- ①自ら新エネルギー等電気を発電する。
- ②他の発電事業者から新エネルギー等電気を購入する。
- ③他の発電事業者等から「新エネルギー等電気相当量」を購入
する。

※新エネルギー等電気相当量：電力量の達成のため、他の電気事業者が利用した新エネ等
電気の量に応じて、事業者間で取引することの出来る量で、いわば新エネ分の価値に相当。
この取引により、市場機能を活かしつつ、新エネルギーの導入が困難な地域の電気も地
域を越えて義務の履行が可能。

○平成15年4月から義務が発効

○義務対象となる電気事業者（小売事業者） 計25社

【一般電気事業者】 計10社

北海道電力 東北電力
東京電力 中部電力
北陸電力 関西電力
中国電力 四国電力
九州電力 沖縄電力

【特定規模電気事業者、特定電気事業者】 計15社

ダイヤモンドパワー
イーレックス
環境エネルギーサービス
尼崎ユーティリティサービス 他

（平成15年5月現在）

＜風力、太陽光、バイオマス、

水力、地熱による発電＞



図6 RPS法の概要

ぐらいになっているのか、実はそれを決める市場が動いていません。東京二十三区清掃一部事務組合が非常にわずかな量を「新エネルギー等電気相当量」だけで売りに出したところ、イーレックス株式会社が落札しましたが、その1件があるだけです。

私は、地方自治体から「売電価格がもう少し高いと事業性が上がるだろう」という話は聞いています。ただ、バイオマス発電については比較的高く買っているケースもあるということで、バイオマスの発電はかなりの促進材料になっていると思っています。

5. バイオマス燃料

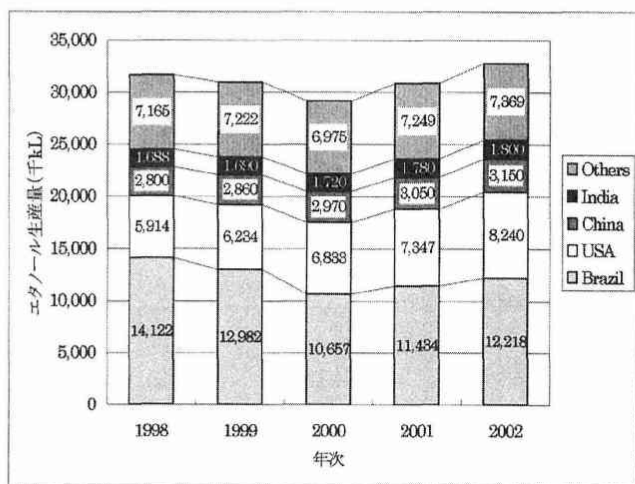
(1) 国内外の普及状況

バイオマス燃料は、ガソリンや軽油に

混ぜると、その分CO₂が削減できるということで最近注目を集めている燃料です。現在、国内外で実用化されている主な自動車用バイオマス燃料としては、バイオエタノール、ETBE（エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル）、BDFがあります。例えば、海外でのエタノール生産について図7に示します。また、世界におけるエタノールの用途を図8に示します。国内では京都市が廃食用油を熱心に公用車に使っているなど、いくつかの事例があるだけです。

(2) 日本のバイオマス燃料品質規格

数年前にアルコール、エタノール等を50%以上混ぜたガソリンが市場に出回り、それによって火災事故が起きました。それを契機に、「総合資源エネルギー調査会石油分科会石油部会」燃料政策小委員



出典：総合資源エネルギー調査会第8回及び第10回燃料政策小委員会資料より

主な生産国

- 1位：ブラジル(12,218千L)
- 2位：米国(8,240千L)
- 3位：中国(3,150千L)
- 4位：インド(1,800千L)
- 5位以下：ロシア
フランス
イギリス 等

図7 エタノールの生産量

世界のエタノール生産のうち、約61%が燃料用、約24%が工業用、約15%が飲料用となっている。(ガソリン利用の進んでいる米国では90%以上が燃料用)

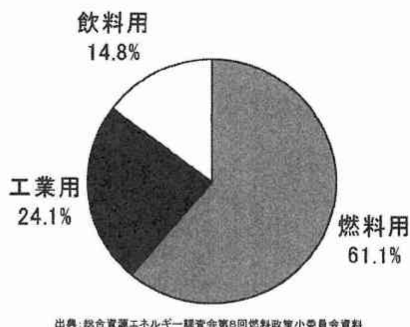


図8 世界におけるエタノールの用途

会で「揮発油等の品質の確保に関する法律」(品確法)の改正のための審議が行われ、昨年5月に品確法が改正されました。同法で3%までは既販の車両で使っても大丈夫という規格ができたところです。ただ、規格ができたからといってすぐに

使えるというわけではなく、エネルギー政策との関係も含めてどこまで後押しするかがこれからの課題の1つです。今、燃料政策小委員会でバイオマス由来のエタノールをガソリン燃料に混ぜることも含めて、他の代替燃料と比較しながら評価して、審議をしている最中です。来年の春ぐらいまでに方向性を出して、バイオマス燃料の位置づけをまとめることになると思っています。

(3) バイオマス混合燃料導入実証研究

最後に、16年度、17年度の2カ年事業を立ち上げましたが、16年度については5億円の予算要求をしております。図9にそのバイオマス混合燃料の導入実証研究を紹介します。エタノールは精油所ないしは途中にある輸送所で混合すると想定されていま

平成16年度概算要求額：5億円(新規要求/平成17年度までの2ヶ年事業)

事業内容：

我が国の厳しい自動車の環境規制にも対応できるバイオマス燃料とガソリン等既存の自動車燃料のブレンド技術を開発するとともに、バイオマス燃料の調達から販売までの全体プロセスの実証研究を行うことにより、ライフ・サイクル・アセスメントの観点からその結果を評価するとともに、燃料供給設備や配送・流通経路、消費者受容度の検証を行い、バイオマス燃料の自動車燃料への混合の有効性を評価する。

事業概要図：

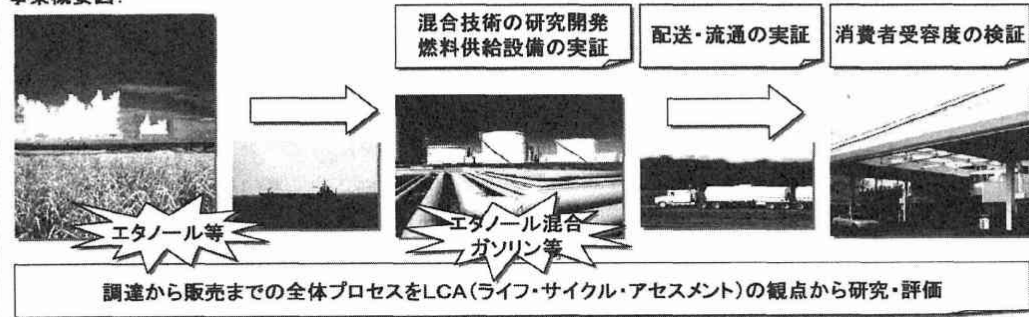


図9 バイオマス混合燃料導入実証研究事業の概要

す。混合して、輸送してガソリンスタンドで給油するという一連の工程の中で、例えば水分を含みやすいとか、今使っているガソリンと若干性質の異なる部分がありますので、品質確保、消費者の受容性、LCAの計算などを含めて実証したいと思っています。この研究結果を見ながら、バイオマス燃料自身をエネルギー施策的な観点から入れていくべきなのかどうか決めていきたいと思っています。

ちなみに、バイオマス燃料については環境省も非常に熱心に取り組んでおりまし

て、今年度から予算を立てています。環境省はどちらかというとカーボンニュートラルの観点から進めていますが、私どもとしては図9に示した一連のシステムの中で安全に取り扱えるのか、海外から持ってくる場合の供給安定性、価格の問題等々も含めて、バイオマス燃料を位置づける必要があるのではないか考えています。

取りあえず時間の制約もございましたのでここで終わらせていただきます。どうもご静聴ありがとうございました。(拍手)



〔寄稿〕

国内外におけるバイオマスエネルギーの 現状と今後の見通し



井 上 貴 至 (株式会社三菱総合研究所 地球環境研究本部
サステナビリティ研究部 主任研究員)

1. はじめに

バイオマスエネルギー利用は地球温暖化防止の側面のみならず、循環型社会の形成や地域振興といった多様な意義を背景に、国内各地、途上国を中心とする世界各地で導入に向けた取り組みが進められています。

本日は、バイオマスエネルギー賦存量、利用実態、海外の現況、国内外のプロジェクト化の動向についてお話しいたします。

2. バイオマスエネルギー賦存量

(1) バイオマス資源の体系

「バイオマス」の定義は国によって違う場合がありますが、基本的には「動植物に由来する有機物」のことです。これをエネルギー利用する場合に、特に「バイオマスエネルギー」と称しています。

欧米諸国の一部では、エネルギー利用を主目的としたエネルギー作物の栽培が行われ、発電利用しているところもあり

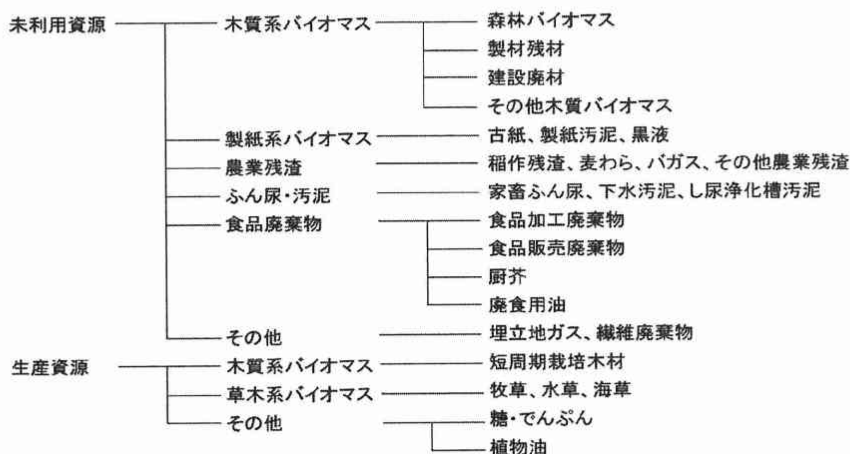


図1 バイオマス資源の体系図⁽¹⁾

*本稿は、昨年12月19日の「第219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。

ます。しかし、日本の場合、バイオマス資源というと、残渣や廃棄物であることが一般的で、土地利用面での制約からエネルギー作物の栽培・利用の可能性は低いと言われています。従って、日本では食糧用途も含めマテリアル利用した後の残渣、廃棄物がエネルギー利用の可能性を秘めているという点がキーポイントになります。

図1は、バイオマス資源を未利用資源と生産系資源（エネルギー作物）に大別し示しています。未利用資源としては、何かに使った後に出てくる色々な廃棄物、残渣を分類しています。これに対して、生産系資源としては、エネルギー利用することを目的に、例えば数年で成長するような樹種（短周期栽培木材）を植えて発電用燃料として使うとか、サトウキビやテンサイといった糖・デンプンを原料としたバイオ・エタノールやナタネやヒマワリから得られる油を原料としたバイオ・ディーゼル油（BDF）などが該当します。

（2）国内のバイオマス資源の賦存量

わが国のバイオマス資源として、木質系ですと林地残材、間伐材、製材廃材に加え、ポテンシャルの大きなものとして建築廃材があります。それから家畜系の糞尿、食品廃棄物系として分類される様々な残渣物が主だったところです。

ここで賦存量は、国内で発生するバイオマス資源を対象にするものですが、未利用あるいは廃棄物として発生したものを主な対象とします。これは食糧用途といった本来用途との競合を避けるためです。従って、賦存量は、国内の全てのバイオマス資源ストック量、あるいは木などの年間生長量として算出可能なバイオマス資源フロー量とは異なります。

また、利用可能量は、上記賦存量からエネルギー用途以外（木質ボード原料、堆肥等のマテリアル用途など）に既に利用されているものを差し引いたものです。

賦存量、利用可能量を具体的にどう算定するか、それぞれ表1、表2に、賦存量、利用可能量の算定結果を図2に示しました。

表1 既存量の算定方法⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

資源名	算出方法等
林地残材	・主伐、間伐の際に発生する末木、枝条（切捨間伐含む）。 ・林野庁による推計方法を参考に、立木における幹材積等を差し引き算出。
間伐材	・現状の間伐材積を対象（利用可能量は未利用分のみ）。
製材廃材	・「木材需給統計」による製材所素材入荷量－製材品出荷量により推計
建築廃材	・国土交通省による建築廃材発生総量より推計
古紙	・紙製品生産量のうち、理論上回収可能なもの（65%）を対象。
家畜糞尿	・家畜種ごとの飼養頭羽数に、各々の糞尿発生原単位を乗じ推計。
下水汚泥	・全国の下処理場にて処理される汚泥総量。
食品加工廃棄物	・業種別汚泥等発生量（農水省によるサンプル調査）、業種別有機物比率を参考に推計。

表2 利用可能量（既利用分）の例⁽⁵⁾

バイオマス資源名	発生・利用の状況
林地残材 (間伐未利用材等)	・約390万トン/年の発生量に対し、利用はほとんど行われていない(林地に放置)。
製材廃材	・約610万トン/年の発生量に対し、チップ(製紙用)、たい肥、燃料等にほとんどが利用されている。 (ボイラー設備:約300基、発電設備:33基)
建築廃材	・約480万トン/年の発生量に対し、約38%がエネルギーや木質ボード原料として利用されている。
黒液(パルプ廃液)	・約1,400万トン/年の発生量(乾燥重量ベース)に対し、ほとんどはエネルギー利用(パルプ工場内での自家発電、熱利用)されている。
食品廃棄物	・約1,900万トン/年の発生量に対し、約10%が肥料、飼料として利用されているが、残りの90%は焼却、埋め立て処理されている。
畜産廃棄物	・約9,100万トン/年が発生するが、約80%がたい肥等として利用されていると言われている。 ・ただし、畜産地帯と農業地帯の地理的ギャップや飼料の輸入依存度の高さを考慮すると、たい肥利用は限界と見られる。

図2のうち林地残材から黒液までが木質系資源ですが、全体量に占める割合が半分以上であり、大きくなっています。林地残材は全く利用されておりませんので、賦存量と利用可能量がほぼ同じ数字です。間伐材や製材残材は半分程度が使

われているので賦存量と利用可能量にその分の落差があります。稲わらやもみ殻といった農業残渣はマテリアル利用の比率が高く、家畜糞尿、食品廃棄物等はほとんど利用されていないのが現状です。

バイオマス資源の内訳を円グラフで見

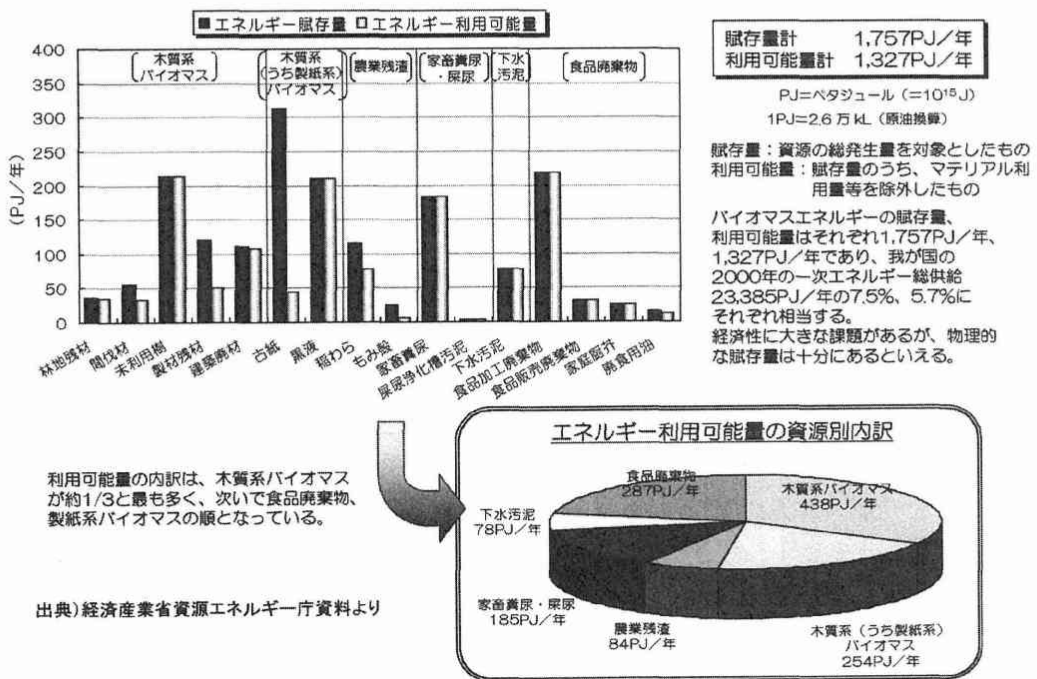


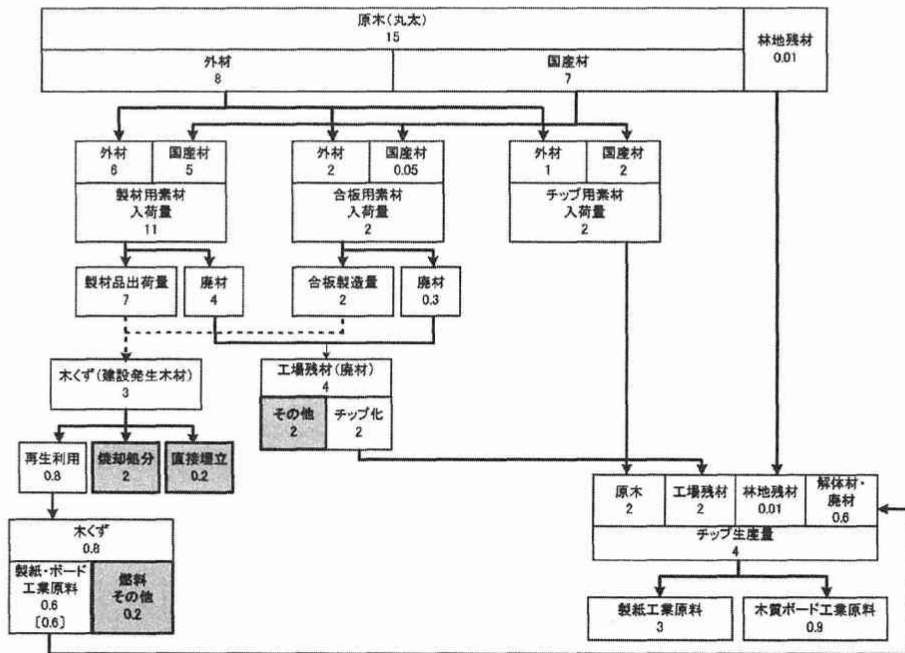
図2 わが国のバイオマス資源賦存量の算定結果⁽³⁾

ますと、木質系が半分強を占めていることは前述の通りです。木質系の次に多いのが、食品廃棄物、家畜糞尿等となっております。

これら資源を合計しますと、賦存量ベースで1,757ペタジュール（PJ）、利用可能量ベースで1,300PJぐらいになりますので、それぞれ2000年におけるわが国の1次エネルギー総供給量の7～8%、5～6%に相当しています。残渣系、廃棄物系を対象にしている関係上、賦存量はそれほど大きくないと言えます。

図3は木質バイオマス資源のフロー図です。まず原木（丸太）があり、その構成は外材（輸入材）と国産材が半々ぐらいになっています。これらが製材用素材、合板用

素材、チップ用素材の用途に仕向けられます。製材用素材に投入された原木（1,100万トン/年）は、製材過程で廃材（400万トン/年）として出てくるわけです。元をたどると、廃材には外材、国産材が半々ぐらいで混じっていることになります。合板用素材についても同じようなフローですが、合板用素材のほとんどが外材である点が特徴的です。ですから、合板工場の残材は海外起源と言えます。それがさらにチップとしてマテリアル利用され、製紙用の資源になったり、あるいはボード用の原料になったりするわけです。チップは製材時の廃材から来るものもありますし、チップ生産を目的に入荷される原木や一部ではありますが林地残材もあります。このように、色々



注1) 二重枠で囲んだ項目が木質系バイオマス資源の供給先となりうることを示す。
注2) 単位は百万トン/年

図3 木質バイオマス資源のフロー

なものが混じり合って1つのフローを形成しています。

それから、フローの下流に目を向けますと、製材用出荷が結局、建築物、木造建築物に供給され、30年、40年使われた後に建設発生木材、建築廃材として排出されます。そのうち現在3割ぐらいが再生利用され、残りの6～7割が単純焼却、あるいは直接埋立て処分となりエネルギー利用、あるいはマテリアル利用されずに残っています。ですから、木質系バイオマスの場合、グレーの枠の部分がエネルギー利用できる余地があるというわけです。

(3) 海外のバイオマス資源の賦存量

海外のバイオマスエネルギー賦存量を図4に示しました。世界全体の賦存量は

廃棄物系で112エクサジュール(EJ)、エネルギー作物系が142EJです。ただし、後者のエネルギー作物系は、現在植えられているというわけではなく、土地にある程度余力があつて、そこに植えればそれくらいのエネルギーが取れるだろうという意味です。両方を足して254EJのエネルギー賦存量になります。

一方で、世界の1次エネルギー総供給量が年間420EJですので、バイオマスエネルギー賦存量はその6割を賄える量になっています。

また、地域的な賦存実態を見ていきますと、アジアが相当の賦存量を有しています。その中では、中国、インドが大多数を占めています。

世界のバイオマスエネルギー賦存量で

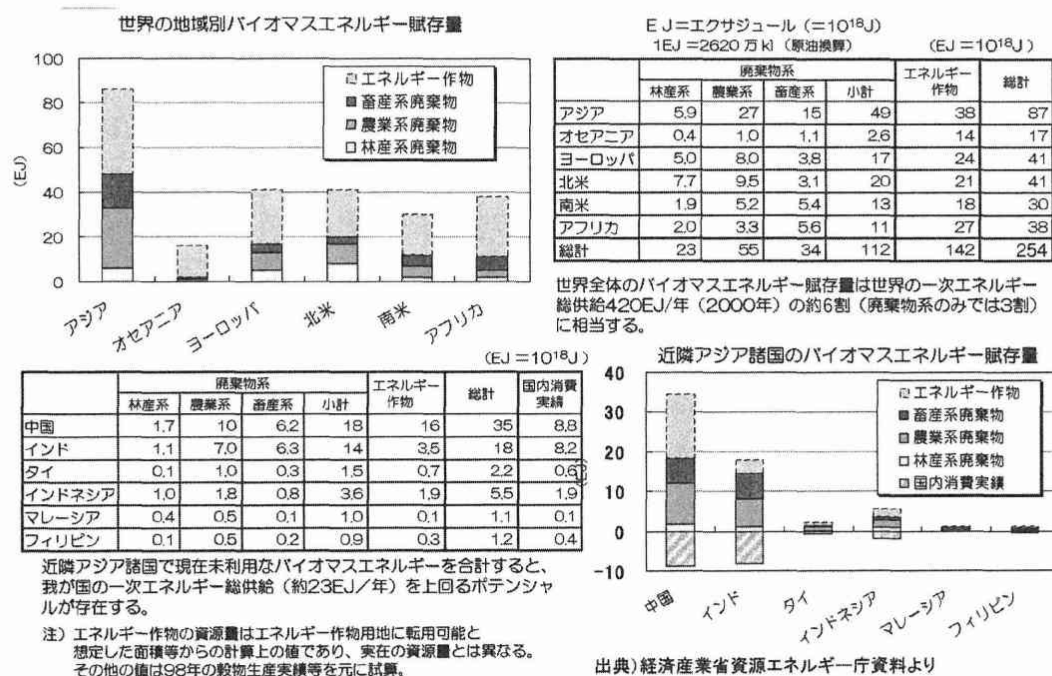


図4 世界のバイオマス資源賦存量の算定結果⁽³⁾

表3 世界のバイオマスエネルギー賦存量（計算および推計結果）の比較⁽⁶⁾

(単位: EJ)

Authors	Bioenergy (EJ/年)			Year
	Scenario	Potential	(Energy Crops)	
Dessus		93	15	1990
Greenpeace	91			2030
Woods, J. and Hall, D.O. <i>Bioenergy for development — Technical and environmental dimensions</i> , FAO Environment and Energy Paper 13, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy (1994)		93		—
Dessus		126		2020
Kusumikawa and Mori	140—235			2100
Johansson et al.	145			2025
IIASA—WEC	153			2050
Greenpeace	181			2100
Leemans et al.	181			2050
Lashof, D.A. and Tirpak, D.A. <i>Policy Options for Stabilizing Global Climate: Draft Report to Congress</i> , US Environmental Protection Agency, Washingt, D.C. (1990)	193			2100
Johansson et al.	200		128	2050
Shell. <i>The Evolution of the World's Energy System</i> , Shell International Limited, Group External Affairs, SIL Shell Centre, London (1996)	207—221			2060
Yamamoto H., Yamaji, K., and Fujino, J. <i>Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use and-energy model</i> , Biomass and Bioenergy 21 (2001) 185—203	182 136	(378)* (378)* *Modern fuelwood		2050 2010
IIASA—WEC	315			2100
Leemans et al.	331			2100
This study		350—450	147—207	2050
Lashof, D.A. and Tirpak, D.A. (1990) (as above)		338—675		—
IPEC (Biomass intensive Case)			135	2050
			229	2100

すが、計算の仕方によって数字にバラツキがありますから、表3では色々な計算結果、推計結果を一覧にしました。シナリオというのは、賦存量そのものではなく、賦存量のうち、ある仮定を置いた場合に実際に使える導入量です。両方計算されているものは賦存量の中の一部がシナリオ（導入量）として顕在化します。「エネルギー作物」の欄は賦存量のうちどれぐらいの見積りになっているのかの内数を示しています。

賦存量を推計している文献が少ないのですが、世界のバイオマスエネルギー賦存量は、概ね300～400EJと推計している研究事例が多いと言えます。

賦存量のどれぐらいが実際に使われるかとなりますと、何年を対象年次にするかで幅が出てきます。例えば、IIASAの評価結果では100年後に315EJ、2025年、2050年を対象にしている文献ですと、その約半分ぐらいの150EJで結果が一致しているようです。

こうした研究事例間の差異は、バイオマス資源発生量の見積り方、あるいはエネルギー原単位、例えば木質系ですとどれぐらいの含水率を仮定するかもかなり結果が違ってきますので、これら試算の前提が文献によってバラツキがあることの原因と考えられます。

2・国内の導入実態，導入事例

次に，国内でのバイオマスエネルギー導入の実態として，木質系，畜産系，食品系について概観します。

木質系バイオマスは，比較的大きな合板工場で，数千kWぐらゐの自家消費を目的にした発電，あるいは木の乾燥用のボイラーの熱源に使うような熱利用が中心です。

家畜系も比較的小規模のメタン発酵プラントが分散的に置かれており，基本的には家畜ふん尿の単独処理が行われています。一部で食品廃棄物系と混合で処理するプラントもあります。

それから，廃食用油のBDF（バイオディーゼル燃料）化ということで，地方自治体を中心になって取り組んでいるもの，あるいは廃油の回収業者が大規模に回収してBDF化して地域で使っているといったところが現在の利用の中心だろうと思います。

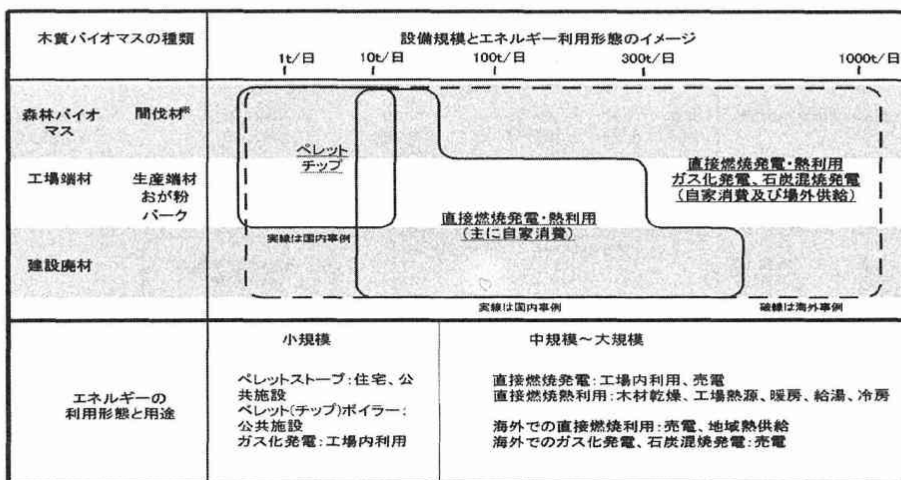
[木質系バイオマス]

木質系の使われ方を図5に示しました。森林系のバイオマス，あるいは工場系の製材廃材といった比較的性状のきれいな資源は，ペレットなど熱利用目的で比較的小規模に使われていたりします。発生規模が大きくなってくると発電利用，コージェネ利用が行われてきています。さらに，建築系の廃材ですと集まる量がさらに増えますので発電利用が可能になります。

点線で大きく枠を囲って示してある海外の場合，小規模なペレット利用から大規模（数百トン/日）な発電利用まであります。

[畜産系]

畜産系バイオマス（家畜糞尿）の1ヶ所当りの発生量は数十トン/日～数百トン/日程度と考えられます。図6に示したように，利用となるとメタン発酵により得られるバイオガスを使って発電までするか，熱利用



※ 間伐材については、水分量や収集費用、処理費用の点から、間伐材単独での処理は現状では難しいと考えられる。
出典)「バイオマスエネルギー導入ガイドブック」新エネルギー・産業技術総合開発機構より

図5 木質系バイオマスの導入形態イメージ⁽⁷⁾

畜産バイオマスの種類	設備規模とエネルギー利用形態のイメージ				
	1t/日	10t/日	100t/日	300t/日	1000t/日
牛 特に乳牛	メタン発酵発電・熱利用 (主に自家消費) メタン発酵 発電・熱利用 (自家消費及び 売電) 直接燃焼 実施は国内事例 破線は海外事例				
豚					
鶏					
エネルギーの 利用形態と用途	メタン発酵発電・熱利用: 工場内利用、売電 直接燃焼利用: 工場内利用 海外でのメタン発酵発電・熱利用: 売電、地域熱供給				

図6 畜産系バイオマスの導入形態イメージ⁽⁷⁾

にとどめておくかということになります。海外ですと、もう少し大きな規模で、特にデンマークでは日本とは1桁違い、1日に1,000トンぐらいの資源量を利用しています。家畜糞尿専用のトレーラーやパイプラインを使って、1ヶ所に集約し処理・利用するのです。

また、メタン発酵とは異なり、鶏糞のように、比較的含水率の低い資源を利用した直接燃焼発電も九州で行われています。

〔食品系〕

図7に示したように、食品系バイオマスのエネルギー利用方法としては、メタン発酵とBDF製造が導入されています。メタン発酵では、事業系、家庭系の厨芥のような、比較的小規模で分散的に出るような廃棄物を利用する形と、ビール工場などの食品工場から1日に1000～2000トン出る排水を利用する形に大別できます。後者の場合、量は多くても含水率が

		設備規模とエネルギー利用形態のイメージ					
食品バイオマスの種類		食品 BDF	1t/日 1L/日	10t/日 10L/日	100t/日 100L/日	1000t/日 1000L/日	10000t/日 10000L/日
食品 ごみ	事業系厨芥 (家庭の生ごみ)	メタン発酵発電・熱利用 (主に自家消費)		メタン発酵発電・ 熱・燃料利用 (自家消費及び 場外供給)			
食品 排水	食品工場 排水	実線は国内事例		破線は海外事例		メタン発酵発電・熱利用 (主に自家消費)	
BDF		BDF製造 (普及啓 発主体)		BDF製造 (事業者向け)		BDF製造 (市販用)	
		実線は国内事例 破線は海外(ドイツ)事例					
エネルギーの 利用形態と用途		メタン発酵 メタン発酵発電・熱利用: 工場内利用、売電 海外でのメタン発酵発電・熱利用: 売電、地域熱供給 海外での燃料利用: 自動車 BDF 燃料利用(自動車等)					

図7 食品廃棄物の導入形態イメージ⁽⁷⁾

高く、そのために有機物比率はそれほど高くないという特徴があります。

BDF製造は規模により2つのタイプに大別できます。地方自治体が域内で発生するものを集め、それを自分のところで小規模に使う地域限定的な取り組みと、廃油処理事業者が食品加工や外食産業から集めてきて大規模に使っていく形です。規模で言うと、BDF製造は地方自治体が行っている数百ℓ/日の小規模のものから、数千ℓぐらいの大規模のものまであります。

3. 海外の導入実態および導入事例

海外、特に欧米諸国でのバイオマスエネルギーの導入実態を図8にまとめました。棒グラフが国毎の再生可能エネルギー利用状況です。縦軸方向はその各国の

1次エネルギー供給に占める比率です。日本ですと、1次エネルギー供給量の5%が再生可能エネルギーで、その中の1%ぐらいがバイオマスエネルギーによる供給量ということになります。再生可能エネルギーに占めるバイオマス比率は、アメリカ、ドイツ、スウェーデンに比べて非常に低くなっています。

スウェーデンやデンマークといった北欧諸国は他国に比し、再生可能エネルギー比率が高いとともに、そのほとんどがバイオマスエネルギーによるものだという特徴があります。

バイオマスエネルギーの各国の内訳をさらに右下のグラフで示しています。これで見ますとイギリスのバイオガスが目立って大きいですが、イギリスの場合、生ごみの直接埋立てを行ってきたため、

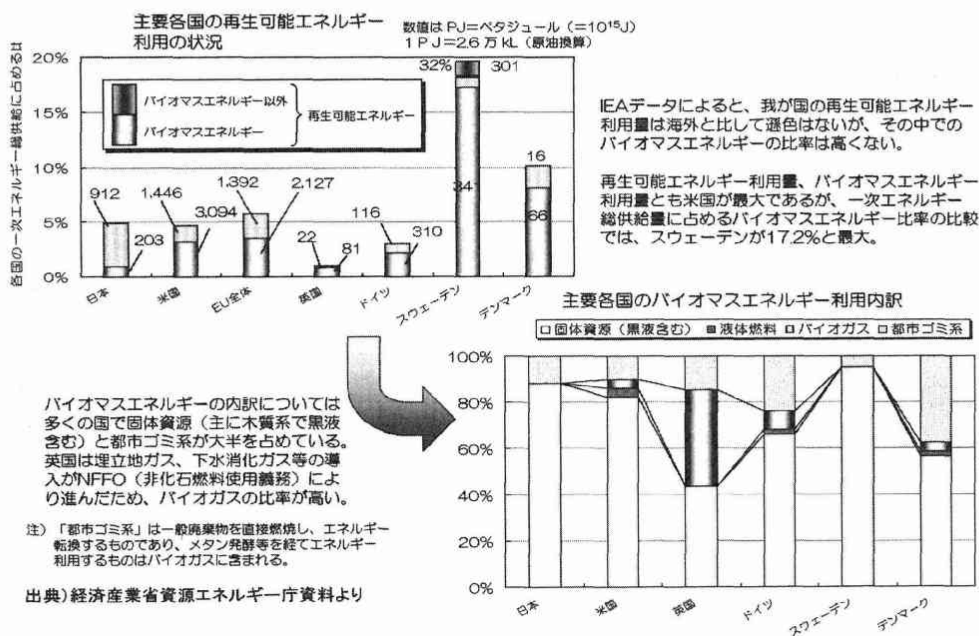


図8 海外のバイオマスエネルギー導入の実態⁽³⁾

表 4 海外の導入状況⁽³⁾⁽⁷⁾

米国	木質系バイオマスについては廃材、オガクズ等を燃料とした3,000～5,000kWの発電利用が数事例ある。これらは自家消費に用いられる場合もあるが、系統電力への売電を主目的にしているものもある。また、もみ殻発電利用事例も存在している。
英国	- 廃材や林地残材を燃料に発電するプラントが導入されているが、先進的なものとして早生樹種（ヤナギの一種）をプランテーション栽培し燃料とするARBRE Energy (8,000kW) のものがある。さらに、最大規模のものとしてはわら、木質チップを燃料とするFibrowatt-Thetford プラント (38,500kW) も稼働している。 - 埋立地ガス(Landfill gas)としてメタン回収・利用される事例が多く、1,000kW級のカスエンジンにてコージェネレーション利用する事例も存在している。
ドイツ	家畜ふん尿等をメタン発酵利用するプラントは小規模分散型のものが約2,000施設導入されていると言われている。買取義務化、及び買取単価の引き上げにより、同年以降、着実なプラント整備が進んできている。また、小規模分散での導入形態はデンマーク等での大規模集中型とは対照的である。
スウェーデン	木質系バイオマスについては地域熱供給事業においてチップ・ボイラー、コージェネレーション・システム(発電出力:数千kW程度)として多数導入されている。また、先進的な施設としてガス化複合発電(Vaernamo、発電出力:6,000kW)のものが実証導入されている。
デンマーク	- 木質系バイオマスはスウェーデンと同様、木質チップやわら等の農業残渣が地域熱供給用のコージェネレーション・システムで利用されている。発電容量は数十kWから数百、大規模なものでは17,300kWのものまで導入されている。 - 家畜ふん尿や食品廃棄物は地域の酪農家等の協同出資で設立された事業体により、大規模集中型のバイオガスプラント(20施設程度)にてメタン発酵利用される。

ランドフィルガスを回収して発電利用している事例が多いという特徴があります。

表 4 には各国の導入状況について示しています。

4. 今後のプロジェクト化の動向

以上、バイオマスエネルギーの賦存量に始まり、現在の利用実態についてお話ししてきましたが、最後に今後の動向についても触れておきたいと思います。

(1) 国内の動向

[プロジェクト化の形態]

国内においてバイオマスエネルギー事業を行う際の1つの形態として、地域振興型の事業スキームがあります。地方自治体を中心となった林業振興、あるいは地域振興の観点でプロジェクトが意義づ

けられて進められるケースであり全国で数多く検討、構想されています。しかし、具体的な導入まで漕ぎ着けているものは少なく、今後、どこまで導入が進んでいくか注目する必要があります。

具体的な事業スキームとして、図 9 のような形態が考えられます。例えば資源の発生者がお金を支出し合って協同組合

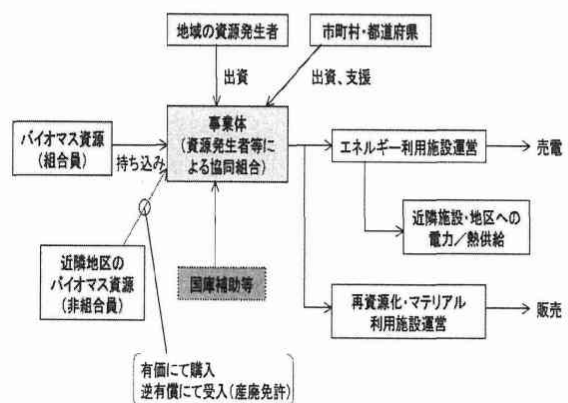


図 9 地域振興型の事業スキーム例

形式で事業体を運営していく。出てくるエネルギーはその地域の施設で使ってもいいし、安定した電力として売るということも可能でしょう。エネルギーだけではなくて、マテリアル利用もできるのであれば、それもあわせて行い、その部分には市町村や国の支援と事業体とがうまくかみ合って実現化していくんだらうと。

一方、地域だけではなかなか安定的な資源の確保ができないことも多分にあります。その場合は近隣地域を巻き込んでいくスキームも考えられます。

もう1つの形態が、バイオマス処理／発電事業型です。これは処理の方策の1つとして発電がなされていく形です。建築廃材のような処理費が受け取れるものを対象にすることで、事業採算性を確保できます。この場合、処理費としての収入に加え、発電した電力がバイオマス起源

であれば「新エネルギー等電気」としてRPS法（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）で認定されますから売却可能な証書がもらえます。そういった二重の収入に支えられた安定的な事業運営が可能なスキームがいくつか実現し始めています。事業期間にわたり、安定的な資源の確保が最大の成立条件と言えるでしょう。

【取組み動向】

国内での取組み動向として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による「バイオマス等未活用エネルギー実証設置事業」の採択案件を整理したものを表5に示します。このように、木質系、畜産系、食品系といった様々なバイオマス資源を用いた事業が全国各地で推進されようとしています。

表5 NEDO補助事業に見るバイオマスエネルギー事業化の動向⁽⁸⁾

【木質バイオマス】

経済産業局	事業名（採択年度、提案者）
東北	● 木質ペレット燃料の活用実証試験事業（H14、サンボット（株）） ● 木質バイオマスの熱分解により発生する木煙の改質燃料化システムによるマイクロタービン・コージェネレーションシステムの実証試験（H14、大幸テック（株）） ● 木質系バイオマス・ガスコージェネ設備実証試験事業（H15、（株）立川 CS センター）
関東	● 未利用木質バイオマスの水熱反応による燃料化実証試験事業（H14、日揮（株））
中部	● 超臨界温度蒸気による木質系廃棄物の燃料化システム事業（H13、北陸電力（株））
近畿	● 小型木質バイオマス・コージェネレーションシステム活用モデル実証試験事業（H14、兵庫県一宮町） ● 木くず炭化に伴う排熱供給事業（H15、（株）PCG エンジニアリング）
中国	● 山口県における森林バイオマスのガス化・改質及びガスエンジン・コージェネレーションシステムの実証試験事業（H14、中外炉工業（株））

【木質系バイオマス以外（畜産系、食品廃棄物系 等）】

経済産業局	木質系バイオマス以外（畜産系、食品廃棄物系 等）
北海道	● 家畜糞尿及び生ゴミ処理分野におけるバイオガスシステム有効性の実証設置事業（H13、ダイオーエンジニアリング（株）） ● 上湧別バイオガス畜産標準モデル実証プラント事業（H13、清水建設（株）） ● 寒冷地における個別農家のバイオマスエネルギー利用実証事業（H13、（株）日本製鋼所） ● 普及型タンク醗酵・コージェネレーションシステム実証設備事業（H13、川崎重工業（株）） ● モジュール式タンク醗酵システムによる家畜排泄物からのバイオガス回収・コージェネ利用実証試験事業（H14、（株）栗本鐵工所）
東北	● 「食肉加工工場余剰汚泥並びに下水汚泥によるバイオマス・コージェネレーション事業」（H15、（株）ダスト栗原）

表5（続き） NEDO補助事業に見るバイオマスエネルギー事業化の動向⁽⁸⁾

【木質系バイオマス以外（畜産系、食品廃棄物系等）】

経済産業局	木質系バイオマス以外（畜産系、食品廃棄物系等）
関東	● 生ごみ等の有機性廃棄物を原料としたメタン発酵による自動車燃料化事業（H13、住友重機械工業（株）） ● 海産未活用バイオマスをを用いたエネルギー・コミュニティに関する実証試験事業（H14、東京ガス（株）） ● 家畜ふん尿からのバイオガスを利用した燃料電池コージェネレーションシステム実証試験事業（H15、（株）明電舎） ● 廃食料油のリサイクル技術開発と実用化のための実証試験事業（H15、シダックス（株））
中部	● 廃食用油の改質燃料化システムによるマイクロタービン・コージェネレーションシステムの実証設置事業（H13、（株）明電舎）
近畿	● 重金属を含む動物性バイオマスのメタン発酵を発生現場において利用する設備の設置事業（H13、（株）水瀬製皮所） ● 高濃度油脂含有廃水からの連続的高効率バイオガス回収技術実証設置事業（H13、（株）ケブタ） ● 廃植物油リサイクル燃料を使用するコージェネレーションシステム実証試験事業（H15、（株）石橋石油）
中国	● 魚廃油・動植物廃油のディーゼルエンジン燃料化事業（H13、（株）フロンティア・ジャパン）
沖縄	● 泡盛蒸留粕処理におけるメタン発酵技術によるエネルギー回収システム実証設置事業（H13、（合）比嘉酒造）

注1）「バイオマス等未利用エネルギー実証設置事業」のうち、雪氷冷熱利用のもの、及びバイオマス関連のうち実証事業調査に係るもの（H13年：15件、H14年：24件、H15年：32件）は省略している。

注2）平成15年度二次公募（実証試験事業3件、実証試験事業調査16件）は含んでいない。

（2）海外の動向

【プロジェクト化の形態】

京都議定書において地球温暖化対策の柔軟性措置として認められているCDM（クリーン開発メカニズム）／JI（共同実施）プロジェクトのスキームにおいて、バイオマスエネルギー事業が行われるケースが想定されます。

それから、これは日本でも注目されてきている形態ですが、海外でとれるバイオマス資源を一種の運びやすい燃料、例えば、エタノール燃料やメタノール燃料に転換し日本に持ってくるというものです。特にエタノール系の燃料については、ガソリンに数％～10％程度混ぜて（エタノール混合ガソリン、ガソホールとも呼ばれる）、二酸化炭素（CO₂）削減を目指していくという方策について、その有用

性、実施上の課題が議論されています。

【CDMプロジェクトの動向】

CDMプロジェクトとして計画されているものの例を表6に示します。これは気候変動枠組条約（UNFCCC）CDM理事会に提出されているものの中からバイオマス関連を抜き出したものです。提出案件はバイオマスエネルギー以外にも水力発電や風力発電プロジェクト、HFC等漏洩対策プロジェクトなど多数存在しますが、全体の半数程度はバイオマスエネルギー関連です。このようなことから地球温暖化対策としてのバイオマス利用の重要性がうかがえます。

こうした面で、バイオマスの場合は当然、CO₂排出削減量をどれだけ稼げるかも非常に重要です。しかしながら、持続

可能性をどう担保するのか、生態系への影響が本当はないのかといった単にエネルギー源としてだけの問題ではなくて、いろいろ多面的に考えていかなければいけない問題も存在します。

以上で本日のお話を終了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)

表6 バイオマス関連のCDMプロジェクト例⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

(バイオマス関連)			
プロジェクト名	ホスト国	分野	プロジェクト概要
Vale do Ros a rio バガス・コージェネレーション(VRBC)プロジェクト	ブラジル	バイオマス発電・コージェネレーション(on-grid)	VALE DO ROSARIO 製糖工場におけるバガスを燃料とした発電施設の更新・増設及び発電量の拡大(1,2期は実施済み、3,4期がCDM対象)。
V&M do Brasil 燃料転換プロジェクト	ブラジル	燃料転換(石炭⇒木炭)及びメタン排出削減	製鉄所(V & M DO BRASIL)の高炉において還元剤として利用されるコークス代替に木炭を利用して、コークス製造過程のCO ₂ 削減及び炭化炉の改良によるメタン削減を行うもの。
Salvador Da Bahia 埋立処分場ガス・プロジェクト	ブラジル	LFG 回収	サルバドール・ダ・バイア処理場におけるメタン破壊設備導入するもので、メタン回収・破壊率を19~24%⇒75~80%に向上させ、処分場の寿命を延長させるもの。
NovaGerar 埋立処分場ガス回収発電プロジェクト	ブラジル	LFG 回収	ガス回収システム、浸出水排水システム及び各サイトに発電プラントと generator compound (想定最終発電容量は12MW)を導入し、これまで防災対策として行われたメタン回収の量を向上をさせる。メタンガスにより発電された電力は系統へ供給、発電に使用されないガスは燃焼される。
AT Biopower 米穀殻発電プロジェクト・系統電力代替	タイ	バイオマス発電(on-grid)	周辺の小精米所から収集したの籾殻を原料とする22MWのバイオマス発電施設の建設を行い、タイの電力公社(EGAT)への25年の電力購入協定を行うプロジェクト。
Durban 埋立処分場ガス回収発電プロジェクト	南アフリカ	LFG 回収・発電	これまで、メタン回収を行ってこなかった1処分場でのメタン回収とこれまで実施してきた2処分場での回収量を強化し、発電に利用するとともに、余剰分は燃焼する
バガス/バイオマスコージェネレーション(26MW)プロジェクト	インド	バイオマス発電・コージェネレーション(on-grid)	製糖工場の製糖容量拡大に合わせ、バガスと近隣農家の農業残渣を利用し、26MW コージェネ施設を導入し、工場内に蒸気・電気の供給を行うと同時に、余剰電力をグリッドに売電する。
Felda Iepar Hilir バームオイル工場のバイオガスプロジェクト	マレーシア	バームオイル廃液処理工程のメタン回収とバイオガス発電(ongrid)	バームオイル精製工場から出る廃液の廃水処理に伴い、58%メタンを含むバイオガスが発生し、現状は大気中に放出されている。このPOMEの排水処理を、ラグーン方式から密閉系消化タンクに転換することにより、排出メタンを回収し、回収されたメタンガスを燃料として発電を行い、グリッドへ売電する。
Onyx 廃棄物埋立処分場メタンガス回収プロジェクト	ブラジル	LFG 回収	今まで大気に放出されていたメタンを回収することで電力・熱を得る。回収ガスは場内のみで使用し、一部は浸出水の蒸発のため使われる。
Tamilnaduにおける18MW バイオマス発電プロジェクト	インド	バイオマス発電(on-grid)	綿の茎や籾殻などのバイオマス原料を燃料とした18MWのバイオマス発電所の建設とグリッドへ売電を行うプロジェクト。
Catanduva 精糖工場の Cerupt 変更投資分析(バイオマス発電の拡張)	ブラジル	バイオマス発電(on-grid)	Catanduva 精糖工場における事業拡大に伴う25MW バイオマス発電施設の増設及び19.5MWの系統連結プロジェクト。

表6 (続き) バイオマス関連のCDMプロジェクト例⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

(バイオマス関連)

プロジェクト名	ホスト国	分野	プロジェクト概要
TA Sugars コジェネレーション・燃料転換プロジェクト・燃料転換構成	インド	燃料転換(石炭・リグニン⇒バイオマス)	TASG では既にバガスを燃料としたコジェネが実施されており、非製糖期には、一部の施設で、石炭やリグニンを燃料として使用している。設備容量増大、高効率化に加え、非製糖期に使用していた石炭やリグニンもバイオマス燃料へ転換する。余剰電力は売電する。
Haidergarh バガスコジェネレーションプロジェクト	インド	バイオマス発電の効率改善(ongrid)	製糖工場のバガス発電(20MW 発電施設の設置)・コジェネ施設の効率改善により、余剰の電力(15.45MW)を売電するプロジェクト。
Lucknow におけるエネルギー生成を伴う地方自治体固形廃棄物処理(PCF)	インド	固形廃棄物処理工程からのメタン回収・発電及び有機肥料の生産	Lucknow 市の固形廃棄物(MSW)の処理工程から発生するメタン回収・発電施設を設置するプロジェクト。300トンのMSW から5.6MWの発電と、70トンの有機肥料を生成する。GHG削減は、メタン回収、発電による化石燃料代替、有機肥料生成による化学肥料の代替。
Granja Becker 温室効果ガス削減プロジェクト	ブラジル	農場の家畜廃液からのメタン回収・発電(off-grid)	家畜廃液処理工程であるオープンエアラグーンからのガス回収率を95%まで向上させ、メタンと重酸化窒素を排出抑制。回収メタンは、フレア燃焼やコジェネレーションエンジンにより発電を行う。
モルドバのChisinau排水処理施設のメタンガス回収・発電	モルドバ	バイオガス発電(off-grid)	Chisinau 排水処理施設において、従来の消化タンクを改良して、バイオガスを管理条件下で、コジェネレーション用ガスエンジンやガスボイラで燃焼させ、所内電力に使用。
Bumibiopower メタン抽出・発電プロジェクト	マレーシア	バイオガス回収・発電(ongrid)	マレーシアのパームオイル精製工場では、精製工程で排出される高濃度廃(POME)をオープンラグーン方式で処理されており、メタンを含むバイオガスが大気中に放出されている。バイオガスを生成する密閉系の嫌気性消化システムを設置し、収集したバイオガスを発電(1.0~1.5MW 規模)し、グリッドへ売電する。
タイの Khorat 廃棄物エネルギープロジェクト	タイ	バイオガス回収・発電(ongrid)	高濃度のタピオカは嫌気性処理池で処理されており、メタンが大気中に放出されている。嫌気調整反応装置(ABR)を設置し、タピオカ排水のCODを削減するとともに、大気中に放出されているメタンも削減する。回収したバイオガスを、澱粉ケーキの乾燥に使用し、燃料油を代替する。余剰のバイオガスにより、4MWの発電を行い、グリッドへ売電する。

参考文献

- (1)「平成11年度通商産業省資源エネルギー庁委託業務成果報告書 新エネルギー等導入促進基礎調査(バイオマスエネルギーの実態等基礎調査)」平成12年3月、財団法人 新エネルギー財団
- (2)「平成13年度 新エネルギー等導入促進基礎調査(バイオマスエネルギーの利用・普及政策に関する調査)報告書」平成14年5月、社団法人 日本エネルギー学会
- (3)「平成14年度経済産業省委託調査 新エネルギー等導入促進基礎調査(バイオマスエネルギー開発・利用戦略に関する調査研究)」平成14年12月、株式会社 三菱総合研究所
- (4)「平成13年度 農畜産バイオマス資源利用実態等緊急調査報告書(農林水産省委託調査)」平成14年3月、株式会社 三菱総合研究所
- (5)「バイオマス・ニッポン総合戦略」平成14年12月27日、閣議決定
- (6)“Global bioenergy potentials through 2050”, Fischer et al, Biomass and Bioenergy 20 (2001) 151-159, “Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use and-energy model”, H.Yamamoto, Junichi Fujino, Kenji Yamaji, Biomass and Bioenergy 21 (2001) 185-203
- (7)「バイオマスエネルギー導入ガイドブック」平成15年3月、新エネルギー・産業技術総合開発機構
- (8)バイオマス等未活用エネルギー実証設置事業採択情報、新エネルギー・産業技術総合開発機構(http://www.nedo.go.jp/intro/saitaku/sub_saitaku.jsp)
- (9)国際連合気候変動枠組条約(UNFCCC) CDM 理事会ホームページ (<http://cdm.unfccc.int/methodologies>)
- (10)「CDM理事会によるベースライン・モニタリング方法論の審議状況」財団法人 地球環境センター

〔寄稿〕

RPS制度の導入で生じたビジネス環境の変化



中 島 恵 理 (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 室長補佐)

1. わが国におけるRPS制度の導入

近年、わが国の石油依存度の低下傾向が停滞する中でむしろ高まっている中東依存度、原子力発電所立地におけるリードタイム長期化等の諸情勢の変化を踏まえると、風力、太陽光等の新エネルギーの利用を抜本的に促進し、エネルギー源の多様化を図ることは緊急の課題となっている。また、地球温暖化対策の計画的な推進・実行が望まれている中、わが国において排出される温室効果ガスのうち、最近では、エネルギー起源の二酸化炭素（CO₂）が約9割を占める状況であり、環境負荷の低い新エネルギーの利用促進は、こうした環境の保全にも寄与することができる。

一方、新エネルギーは、現時点では他のエネルギー源に比べてコストが高い、

自然条件に左右されるため出力が不安定であるなど、その特性や技術面、経済面などで課題があることから十分には普及していない。

このような状況の下、新エネルギーの一層の導入促進を図るため、2002年6月に「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）が公布された。これは、新エネルギー等*のさらなる普及のため、電気事業者に対して、一定量以上の新エネルギー等を利用して得られる電気（新エネルギー等電気）の供給を義務付けることにより、新エネルギー等の利用を推進していくもので、いわゆるRPS（Renewables Portfolio Standard）制度を導入するものである。

表1のように、RPS法に基づいて、2003年度から2010年度までの全国の新エネルギー

表1 利用目標

年度（平成）	15	16	17	18	19	20	21	22
目標量（億kWh）	73.2	76.6	80.0	83.4	86.7	92.7	103.3	122.0

*RPS法の対象となる新エネルギー等とは、太陽光、風力、バイオマス、水力、地熱である。このうち水力はダムを伴わない水路式の1000kW以下の中小水力、地熱は熱水の噴出量が相当減衰されず担保されているものが対象。

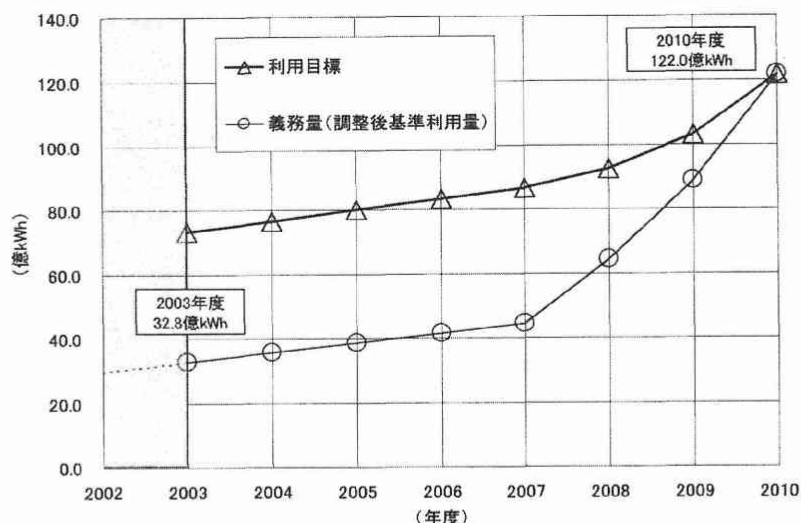


図1 利用目標と全義務量（経過措置に基づき調整した後の基準利用量）

一等電気の利用目標が定められている。

この利用目標を達成するよう各電気事業者に義務量（基準利用量）が割り振られるが、過去の導入実績を踏まえた適切な義務量とするため、法の施行後7年間は経過措置が設けられている。図1は、2003年から2010年までの利用目標と、経過措置に基づき調整した基準利用量等の各電気事業者の義務量を足し合わせた量の推移を示したものである。

RPS法では、義務履行の対象となる新エネルギー等電気の電源として、風力、太陽光、中小水力（1000kW以下の水路式）、

地熱及びバイオマスが定められており、電気事業者は、義務量を達成するために費用効果に優れた組み合わせを選んで新エネルギー等電気を供給することになる。平成14年12月6日より、義務対象とする新エネルギー等の発電設備の認定事務を開始し、本年3月1日現在132,973件の設備認定を完了した（表2）。

わが国の新エネルギー等電気の発電可能量は地域によって差がある。このため、電気事業者が地域を越えて新エネルギー等発電事業者と取引を行い義務を履行できるように、RPS法では新エネルギー等電

表2 設備認定状況（平成16年3月1日現在）

	合計件数	合計設備容量(kW)
風力発電設備	203	669,619
太陽光発電設備	132,206	491,773
バイオマス発電設備	220	2,713,619
中小水力発電設備	332	157,707
混在型	12	2,375
合計	132,973	4,035,093
（住宅用太陽光以外）	1,303	—

表3 新エネルギー等電気相当量記録総量

	※ 累積記録総量 (kWh)	1月に届出さ れた記録総量 (kWh)
風力発電設備	412,422,000	312,922,000
バイオマス発電設備	518,090,000	230,448,000
中小水力発電設備	181,398,000	52,131,000
複合型発電設備	343,000	322,000
太陽光発電設備	255,000	255,000
合計	1,112,508,000	596,078,000

※ 2004年1月末時点

気を実際に供給しなくても、「新エネルギー等電気相当量」（いわゆる「証書」価値）を発電事業者または電気事業者から購入し、義務履行に充てることができる。

「新エネルギー等電気相当量」は、電子口座に記録し取引する仕組みが導入されている。この記録は、四半期毎に行われており、平成16年の1月の届出期間には3回目の新エネルギー等電気相当量の記録届出がなされ、取引当事者の口座に新エネルギー等電気相当量が記録されている。発電形態別の新エネルギー等電気相当量記録総量は表3の通りである。

2. RPS制度導入と新エネルギービジネス環境への変化

「新エネルギービジネス環境」に果たす役割としてのRPS制度の特徴について整理したい。

（1）達成すべき新エネルギー導入量の確実な達成の確保

RPS制度の第1の特徴は「目標量」を設定することにより、達成すべき新エネ

ルギー導入量の確実な達成の確保を図るという点である。この制度においては、電気事業者は、目標量を達成するため、対象となる新エネルギー等電気のうち最も費用効果に優れた組み合わせで新エネルギー等電気を供給することになる。新エネルギービジネスの立場からは、電気事業者が義務量達成までは電気を購入することが確保されるため、事業開発のインセンティブとして働く。

（2）市場メカニズムの活用による費用効果に優れた事業推進へのインセンティブ

RPS制度では、安い価格のものから優先的に電気事業者に購入されることとなるため、新エネルギー等発電事業者のコスト削減努力を促すことにつながる。また、これまでは、新エネルギー等電気について、電気そのものと新エネルギーの価値（新エネルギー等電気相当量）に分けるという概念が法的には存在せず、電源を立地した場所で供給している電気事業者に販売する以外に方法がなかった。RPS制度の導入により、新エネルギー等発電事業者は、他の地域で供給している

電気事業者に対しても新エネルギー等電気相当量を販売することで収益を上げることが可能となった。これにより、安価なコストで発電できる場所に立地を行うインセンティブが働き、より費用効果に優れた発電を行う新エネルギー等発電ビジネスが推進されることになる。

なお、RPS制度では、新エネルギー等電気相当量及び新エネルギー等電気相当量を含む新エネルギー等電気の価格は、発電事業者と電気事業者との相対取引、電気事業者間の取引などに委ねられる。価格は、新エネルギー等電気の需要と供給のバランスにより決定されることになる。新エネルギー等電気相当量を除く新エネルギー等電気の価格について、各電力会社が平成15年4月に発表している。新エネルギー等電気は火力燃料費の節減に資するものとして、燃料費相当である約3円～4円程度に設定されている。

新エネルギー等発電事業者は、採算性の評価に必要な売電単価を長期的に安定させることを重視する場合は、電気事業者に対し、電気と証書分を一体化した形で相対契約により販売することになる。新エネルギー等発電事業者は、電気と新エネルギー等電気相当量と分離して販売することができる。その場合は単年度契約での新エネルギー等電気相当量の販売に加え、長期の新エネルギー等電気相当量の契約を行うというパターンがあろう。資源エネルギー庁は、新エネルギー等電気相当量の取引を円滑化するため、RPS法のホームページにおいて、新エネルギ

ー等電気相当量の口座開設事業者名及び口座に記録された新エネルギー等電気相当量の記録状況を、新エネルギー等電気発電事業者または電気事業者の希望に応じホームページ上 (<http://www.rps.go.jp>) に公開できる仕組みを設けている。

3. RPS制度導入後の風力発電ビジネスとバイオマス発電ビジネス

ここで、RPS制度導入後の具体的な新エネルギービジネス動向として、風力発電及びバイオマス発電ビジネス動向について紹介したい。

(1) 風力発電ビジネスの動向

わが国の風力発電ビジネスは、1997年以降急増し、1999年度末には、設備容量8.3万kW、基数180基、2002年度末には46.3万kW、576基というように急成長を遂げている。

図2は、風力発電ビジネスの増大とそのビジネス主体の割合を示したものである。事業が始まった90年代においては、電気事業者又は自治体が主体となった事業が多かったが、近年は民間企業による風力発電ビジネスが増大している。また、市民からの出資を募り発電事業を行う風力市民共同発電所も出てきている。

この背景には、国による導入補助や電力会社による風力発電からの長期電気購入メニューの設定などがある。特に風況の良い、北海道、東北地方などを中心に民間企業や

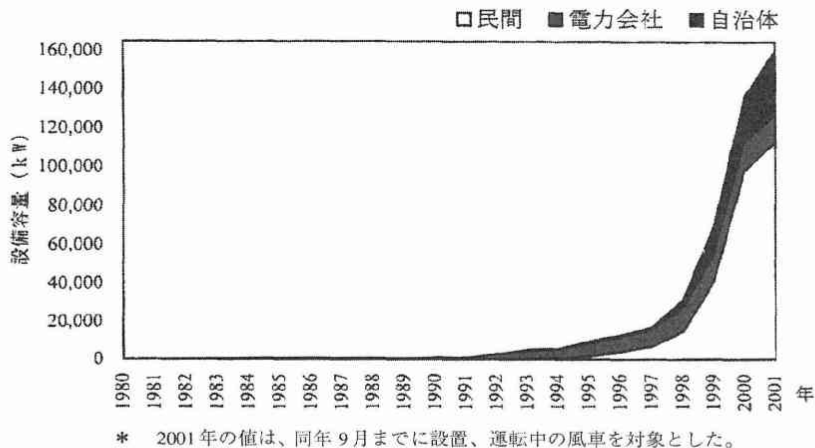


図2 風力発電の設備容量の推移

地方公共団体による風力発電ビジネスが進展している。一方、2010年までの導入目標として、エネルギー長期需給見通し（平成13年6月）では、風力発電の設備容量300万kWを達成することが目標として定められている。この目標達成は、RPS法の利用目標の中に織りこまれており、今後の風力発電ビジネスの展開が期待される。

風力発電の導入にあたって電気事業者は、各年の導入量を設定し、入札や随時の風力発電の連系受付により導入を図っている。RPS法が施行された平成15年度においては、北海道電力、東北電力、北陸電力、九州電力で入札または抽選が行われた。北海道、東北、九州電力において、新エネルギー等電気相当量を除く電気の購入を条件とした抽選（九州電力は協議により一体購入もあり）、東北、北陸、九州電力においては新エネルギー等電気相当量と電気の一体での入札が行われた。

北海道のように電気のみの購入の場合

は、新エネルギー等発電事業者は、新エネルギー等電気相当量を他の電気事業者に販売することとなる。新エネルギー等電気相当量の売買の交渉は、電気事業者と新エネルギー等発電事業者との相対で行われるのが基本であるが、この交渉に際して、新エネルギー等電気相当量の売買の仲介を行う事業者^{**}も出てきている。

平成15年度では、北海道電力、東北電力がそれぞれ10万kW、九州電力が12万kW、北陸電力が1万kWの入札・抽選を行った（計33万kW）が、それに対して応募した風力発電設備の全体量は204万kWにものぼった。このことは、RPS制度導入下で、新規事業としての風力発電ビジネスのポテンシャルの大きさを物語っている。

近年の風力発電ビジネスは、ウインドファームの設置など風力発電ビジネスの大規模化が進み、また、これまでの風力発電ビジネスの経験の蓄積も踏まえ、風況の良い場所での効率的な事業が展開されるように

^{**}日本自然エネルギー(株)とナットソース(株)が仲介事業を行っている。

なっており、風力発電コストも低減してきている。一方、地方自治体や市民による風力発電ビジネスは、小規模ながら、地域における環境教育効果や地域の社会及び経済の活性化等独自の意義を有するものとして展開されている。RPS制度のもとでは、費用効果に優れた大規模風力発電ビジネスが促進されることが期待されるが、補助金等との支援策との組み合わせにより多様な風力発電ビジネスが展開していくことが望ましいであろう。

また、必要な系統連系対策の内容及び費用規模、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、RPS法の利用目標は、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で設定されている。風力発電は出力変動が大きく、大規模な風力発電の導入によって、周波数変動や電圧変動等電力品質低下をもたらす可能性がある。北海道電力は、平成14年に北海道電力管内で25万kW以上の風力発電設備を導入した場合に周波数調整上の影響が生じ得る旨のシミュレーション結果を公表した。現在計画されている風力発電事業を実現させ、2010年300万kWの風力発電の導入を図っていくためには、風力発電の連系による周波数変動や電圧変動等に与える影響を抑え系統を安定化させるための方策（系統連系対策）を講じていくことが必要不可欠である。

経済産業省としては、平成16年4月上旬から総合資源エネルギー調査会新エネ

ルギー部会のもとに風力発電系統連系対策小委員会を設置し、具体的な系統連系対策の内容について検討を行い、実施を進めていくこととしている。

（2）バイオマス発電ビジネス

バイオマス発電は、化石資源を除く動植物に由来する有機物を燃料とする発電であり、RPS法のもとで義務履行の対象となる新エネルギー等電気として規定されている。RPS法の対象となるバイオマス発電は、発電量に占めるバイオマス比率が算定できるものであることが条件となっている。従って、石炭やプラスチック等との混焼発電もバイオマス比率が算定できる限り、バイオマス成分による発電量分がRPS法上の対象となる。

これまでバイオマス発電に関しては、一般廃棄物処理施設からの売電については余剰電力購入メニューとして売電価格が約7円～約10円程度で設定されていたが、産業用バイオマス発電については、特段の購入価格のメニューが設定されず、自家発と同じような扱いがなされていた。しかし、RPS法導入により、バイオマス発電が電気事業者にとって義務履行のための新たな価値を提供するものとなったため、売電単価が引き上げられたとの事例もいくつか耳にしている。また、東京二十三区都清掃一部事務組合では、港工場からの一般廃棄物発電による電気を新日本製鐵(株)に対し8.2円/kWhで販売し、新エネルギー等電気相当量の入札を行っている。第1回目の入札では5万kWh分の新エネルギー等電気相当量

にかかる入札を行い、PPS（特定規模電気事業者）であるイーレックス(株)が9.1円/kWhで落札した。

一般廃棄物発電以外のバイオマス発電ビジネスは、近年急増しており、最近事業が始められた主なビジネスパターンを分類し整理すると図3のようになる。バイオマスエネルギー利用の特徴は、エネルギー転換の際に一定の投入エネルギーが必要とされ、発電された電気の一部がそのために消費されること、また事業としての採算性を向上させるには、電気及び熱の自家消費を行うことが有効であることから、売電量がこれら自家消費分を除いた量になる点である。従って、一定規模以上かつ自家消費分が少ない設備でなければ、売電量はそれほど多くない。また、エネルギー転換の手法により売電量と自家消費量との割合も異なってくる。

以上を踏まえれば、上記パターンの内、RPS法の義務履行に活用される可能性のあるバイオマスビジネスのパターンは、例えば、これまでも行われてきていた製紙工場で生じる黒液を活用したバイオマス発電に加え、石炭火力発電に木質系バイオマスを混焼するバイオマス発電、廃材等を集中的に収集し発電を行う木質発電、商業系食品廃棄物を大量に集中的に一カ所で収集しメタン発酵等を通じて発電するバイオマス発電、下水汚泥の燃料化によるバイオマス発電などではないかと予想される。

経済産業省においては、2010年の利用目標達成に向けた新エネルギー等電気のポテンシャル調査を実施している。平成15年度は、特にバイオマス発電のポテンシャルについて、主要なバイオマス資源毎にエネルギー利用される資源量及び今後設置予定の発電設備の動向などの調査を行っている。

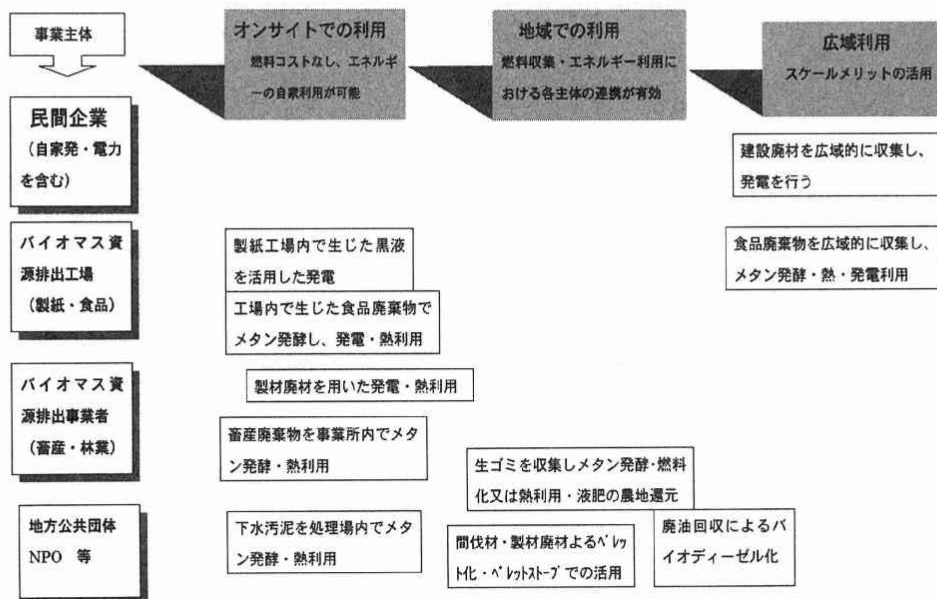


図3 バイオマスエネルギー産業の事業主体と活動範囲との関係

バイオマスビジネスの進展のためには、未活用の廃棄物のバイオマスや未利用のバイオマス資源を発掘し、効率的に収集し、エネルギー転換していくことが重要であり、バイオマスエネルギーに活用しうるバイオマスポテンシャル量を明らかにしていくことが有効であると考えている。

4. 新エネルギー産業ビジョンの検討等とRPS法の円滑な運用

経済産業省においては、新エネルギーを産業として捉え、産業としての現状と今後の方向性及び新エネルギー産業を推進するための施策を検討するため、資源エネルギー庁の省エネルギー・新エネルギー部長の私的研究会として「新エネルギー産業ビジョン検討会」を昨年12月末より開催している。これまでの新エネルギー施策は、新エネルギーの容量を増大させることに最も大きな重点がおかれてきた。この容量を持続的に増大していくには新エネルギーが産業として成り立ち、拡大していくことが必要であると考えている。RPS法は、新エネルギーの市場を拡大し、新エネルギーの一層の普及を実現し、ひいては、新エネルギービジネスの発展に資するものであるが、本検討会では、RPS法の施行と相まって新エネルギービジネスを推進する方策が検討されている。

また、RPS法は電力の供給サイドに対するアプローチにより新エネルギーの普及を促進するものであるが、電力の需要サイドからのアプローチにより新エネル

ギーの普及を促進するものとして、グリーン電力プログラムと呼ばれるものがある。具体的には、新エネルギー等電気を供給するためのプレミアムを支払うことを需要家が選択できるグリーン料金や、電気とは切り離された新エネルギーの価値を証書化し、それを需要家が購入することを通じて自らが新エネルギーによる電気を需要したこととするグリーン電力証書などのプログラムが欧米を中心に導入が拡大されている。わが国においても電力会社によるグリーン電力基金や日本自然エネルギー(株)によるグリーン電力証書が導入されている。資源エネルギー庁では、内外におけるグリーン電力プログラムの動向について調査を行っているが、需要家側の選択肢を広げるプログラムと新エネルギー発電ビジネスとの組み合わせも新エネルギービジネスの進展のために有効であると考えられる。

RPS法は、平成15年4月より施行され、まもなく義務履行の初年度が終わろうとしているが、この1年の動き、RPS法の運用実態及び新エネルギービジネスの動向をより正確に把握していくことが重要と考えている。RPS法施行後のビジネス環境の変化として、新エネルギーの発電コストの低減動向、新エネルギー等電気相当量及び電気と新エネルギー等電気相当量とのセット価格の動向を注視していくことが必要である。そして、RPS法の適切な運用と相補完する各種施策の実施・展開が、新エネルギービジネスの拡大、発展に寄与することを期待している。

〔寄稿〕

自動車用新燃料について



斎藤 健一郎 (新日本石油(株) 研究開発本部
開発部 燃料技術室 室長)

1. はじめに

自動車用新燃料に関する議論が盛んに行われている。その主役である新燃料、すなわちバイオマス燃料（エタノール／バイオディーゼル）、合成燃料（GTL／DME）について述べるに当たり、まず、自動車燃料に求められる要件を整理しておきたい。

自動車燃料は、そのパートナーである自動車との組合せで「環境適合性」「経済性」「供給安定性」そして「ユーザー受容性

（利便性）」を満たすことが求められている。

現状の石油系自動車燃料が、経済性と利便性に優れていることは論を待たないが、昨今の議論の中では、しばしば石油の供給安定性に対する不安、すなわち化石燃料の枯渇が前提とされることがある。しかし、図1に示すように石油埋蔵量は在来、非在来含めて200年以上の可採年数が見込まれており、差し迫った問題というわけではない。もちろん限られた資源ゆえに有効利用を図る必要はあるが、電力、暖房等の数ある石油用途の中で、自動車用は持ち運びに

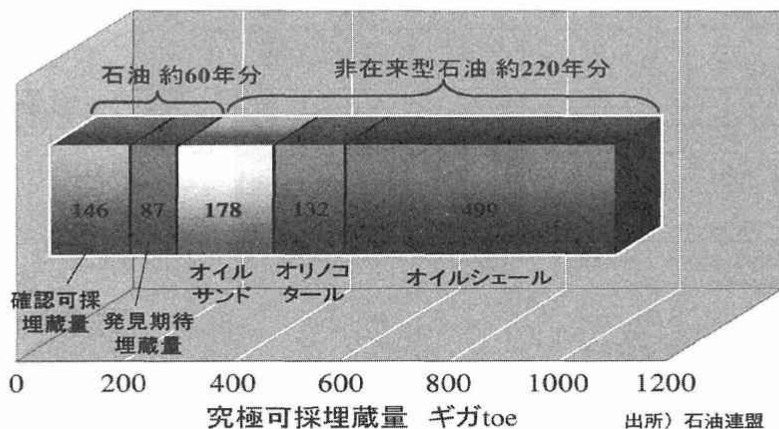


図1 石油埋蔵量

適したエネルギー、すなわち液体であることが最も要求される用途であることを踏まえると、優先使用権は、まず自動車にあると思われる。

このように経済性、供給安定性、ユーザー受容性に優れ、環境適合性についてもサルファーフリー（硫黄分10ppm以下）化等により進境著しい石油燃料に対して、新燃料が自動車燃料の分野でどのような地位を獲得できるのか、あるいはすべきなのか、その合理性はどこにあるのか？本稿では、そうした議論の一助とすべく、各々の新燃料について技術的特徴を中心に概観する。

2. バイオマス燃料

(1) エタノール

エタノールは、さとうきび、とうもろこしといった植物バイオマスからの発酵あるいは糖化－発酵によって製造される。その自動車燃料としての特性を現行燃料および他の新燃料と比較して表1に示す。

(a) 海外での使用状況

[ブラジル]

海外でエタノールが最も広く使用されているのはブラジルである。ブラジルでは、国内農業の振興を目的に、1975年のプロア

表1 各種燃料の特性、特徴比較

燃料	ガソリン	軽油	CNG (200気圧)	LPG	DME	GTL軽油	メタノール	バイオ エタノール	バイオ ディーゼル	参考 圧縮水素 (350気圧)
一次エネルギー源	石油	石油	天然ガス	石油	天然ガス/石炭/石油	天然ガス/石炭/石油	天然ガス/石炭/石油	穀物or木質系 バイオマス	穀物系/バイオマス	天然ガス/石油/石炭/その他
化学式			CH ₄	C ₃ H ₈ C ₄ H ₁₀	CH ₃ OCH ₃		CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	RCOOH (植物油 メチルエステル)	H ₂
対象動力源	オート	ディーゼル	オート	オート	ディーゼル	ディーゼル	オート	オート	ディーゼル	燃料電池
沸点 ℃	40~200	180~350	-161.5	-40~0	-25	200~330	65	78.5	260~370	-253
セタン価	—	40~60	—	—	55~60	80	—	—	58	—
オクタン価	90~100	—	130	95~125	—	—	111	110	—	—
C割合(mass%)	86.7	86.6	75	82~83	52	85	38	52	76	0
密度 g/cm ³	0.75	0.83	0.16	0.49~0.57 (加圧下)	0.67 (20℃, 加圧)	0.78	0.79	0.79	0.87	0.029
高位発熱量 (HHV) MJ/kg	46.3	45.6	54.7	50.4	31.9	47.1	22.7	29.7	39.7	142
低位発熱量 (LHV) MJ/kg	44.9	43.5	50.4	46.4	29	43.5	20	27	36	120
容量発熱量 (LHV) MJ/L	33.7	36.1	8.1	23~26	19.4	34	16	21	31	3.4
WtT効率 %	83.5	91.8	75	91	71 64 61	66 60 51	- 69 51	化石燃料消費量 約190MJ/GJ	化石燃料消費量 約240MJ/GJ	56
WtTCO ₂ gC/MJ	3.1	1.4	4.7			9.6	6.3	4.3~7.9	5.6	
TtWCO ₂ gC/MJ	19.3	19.9	14.9	17.8	17.9	19.5	19.1	(19.3)	(21.3)	0.0
WtWCO ₂ gC/MJ	22.4	21.4	19.6			29.1	25.4	4.3~7.9	5.6	
CI価格 (現状または見直し) 円/MJ	0.66	0.64	0.5	0.71	0.32~0.43 0.53~0.71	0.7 0.54~0.74	- 0.42~0.58	1.79~2.05	1.67~1.82	
NOx排出値 (トラック等での将来規制値 or目標値) g/kWh	0.7 (G新長期)	2.0 (D新長期)	0.5 (G新長期)	0.7 (G新長期)	0.5 (目標値)	2.0 (D新長期)	0.7 (G新長期)	0.7 (G新長期)	2.0 (D新長期)	0

WtT: Well-to-Tank (燃料製造時(給油まで)) / 燃料サイクル CO₂排出についてはLHVベースで表記

TtW: Tank-to-Wheel

WtT: Well-to-Wheel 全サイクル

<参考文献>

- 総合資源エネルギー調査会石油部会燃料政策小委員会資料
- 「次世代低公害車の燃料及び技術の方向性に関する検討会報告書」 経済産業省製造産業局自動車課
- 「天然ガスからの液体燃料の市場性について」 森田祐二 エネルギー経済 28 (1)
- 「エネルギー資源と自動車の将来展望」 盛田幸治他 自動車技術 53 (5) 9, 1999
- 「燃料サイクルから見た原動機燃料の将来展望」 小林紀エンジンテクノロジー 2000年11月
- 「Well to wheel energy use and greenhouse gas emissions of advanced fuel/vehicle systems -North American analysis-」 GM, ANL, BP Amoco, ExxonMobil, Shell April 2001
- 「Energy and greenhouse gas balance of biofuels for Europe - an update」 CONCAWE, April 2002

ルコール政策によりエタノール22%混合ガソリンが導入された。現在では約1,200万ℓのエタノールが自動車用に使用されている。エタノール価格は150～250ドル/ℓ(24～40ドル/bbl)と原油に対して競争力を持つが、砂糖相場とリンクして変動しており、ガソリンへの混合割合も作柄によって20～25%の間で変動している。

[米国]

米国では、1970年代のオイルショックを契機にとうもろこし生産が盛んな中西部農業州において「ガソホール」と呼ばれるエタノール10%混合ガソリンの販売が始まった。その後1990年代、大気浄化法のもと、排ガス浄化を目的として含酸素化合物の混合が一部地域で義務付けられ、エタノールはMTBE(メチルターシャリーブチルエーテル)と共に「大気浄化」という新たな目的を持つことになった。その際、他の含酸素化合物の混合上限が酸素量換算で2.7wt%と定められたのに対し、エタノールは酸素量換算3.7wt%(=エタノールとしては10vol%)までの混合が認められ、さらに蒸発ガス発生に影響の大きい蒸気圧上限が特例として緩和されるなど、農業団体のロビー活動の強力さを伺わせた。

その後、含酸素化合物としてMTBEを用いていたカリフォルニア州で、ガソリン地下タンクの漏れによる地下水汚染で飲料水にMTBE臭が付く問題が発生したのを契機に、カリフォルニア州を始めこれまでMTBEを使用していた地域で、エタノールに転換する動きが出ている。

こうした動きに加え、エネルギーセキュリティの向上、つまり国内エネルギー利用の促進という考え方も追い風となって、2002年には800万ℓであった燃料エタノールの使用量は2004年には1300万ℓまでの増加が見込まれている。さらに、現在審議中のエネルギー包括法案(再生可能燃料条項を含む)が発効すれば、エタノール需要は2012年で2004年の倍増が見込まれる。

一方、カリフォルニア州では、連邦法に従い、一旦はエタノールに転換したものの、「エタノールは大気浄化に対してマイナス面もあるのではないかと? 少なくとも必須ではない」として将来的にはとりやめようとの提案もされている。

両国ともに、従来より「国内農業の振興」「国内エネルギーの確保」を主たる目的としてエタノールを使用してきたおり、そこに「二酸化炭素(CO₂)削減」が新たな論点として加わった、という状況にある。

(b) 国内への適用

国内では、高濃度アルコール問題を契機として、品質確保法によってエタノール混合上限が3%に規制された。この数値は、あくまで車両影響の観点から定められたものであるため、CO₂削減を目的とした導入については、改めて課題の検証が必要となる。その課題を大きく分けると「CO₂削減効果」、「供給性・コスト」、「流通過程・インフラ」、「品質・実用性能」の4点が挙げられる。

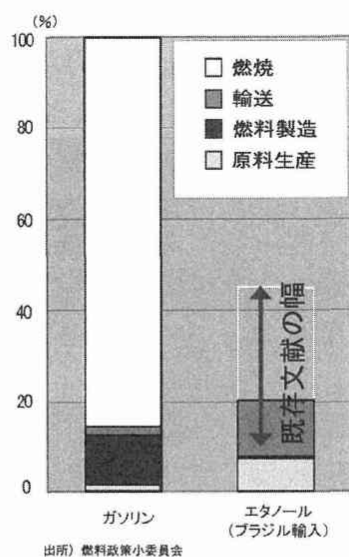


図2 CO2発生割合

[CO₂削減効果]

バイオマス燃料の燃焼で排出されるCO₂は、もともと植物が生育する際に光合成によって大気中から固定化したCO₂であるため、排出量としてはカウントしないことがルール化されている。

図2に示す通り、原料生産から燃料製造までに発生する温室効果ガス（肥料から発生するN₂O等も含む）は、一般的にはバイオマス燃料がガソリンよりも多いが、燃焼CO₂がゼロカウントであるため、全体としては、55～87%のCO₂削減効果があると評価されている。ただし、バイオマス燃料の原料となる作物の耕作に際してCO₂吸収効果の大きな森林が伐採されると、真の意味でのCO₂削減とは言えなくなる場合もあるため、増産に当たっては慎重な検証が必要である。

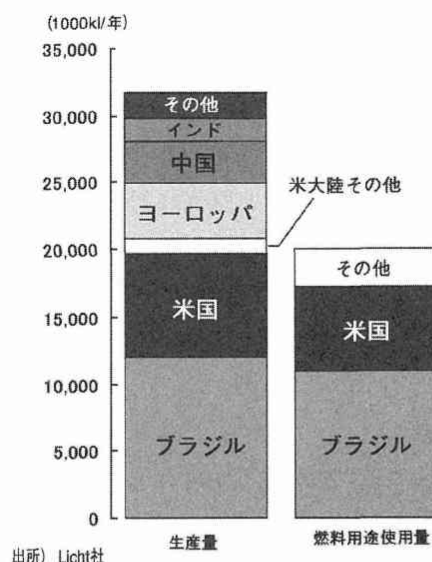


図3 エタノール生産量

[供給性・コスト]

エタノールの生産量を図3に示す。ブラジルと米国が主たる生産国であるが、米国は自国需要を賄うのが精一杯であり、輸出余力があるのはブラジルのみと思われる。ブラジルにおいても、日本国内で全てのガソリンに3%混合するための必要量180万klを輸出するためには、新たな出荷設備と作付けが必要となる。さらに、エネルギー安定供給の観点からは、一国に全てを依存するのは不安が大きい。ブラジルから輸入した場合のコストは、30～50円/ℓ (CIF*)と予測されており、ガソリン製品の輸入価格実勢20～25円/ℓに比較して高コストである。

一方、国内バイオマスを原料としたエタノールは、コストが100～200円/ℓという現状である上、原料制約により生産可

* Cost-insurance and Freightの略。指定の船積み港で買い主が手配した船舶に貨物を積み込み船舶上で引き渡すまでの一切の費用 (FOB:Free on Board) に、仕向け地までの保険料と運賃を加えた値段。

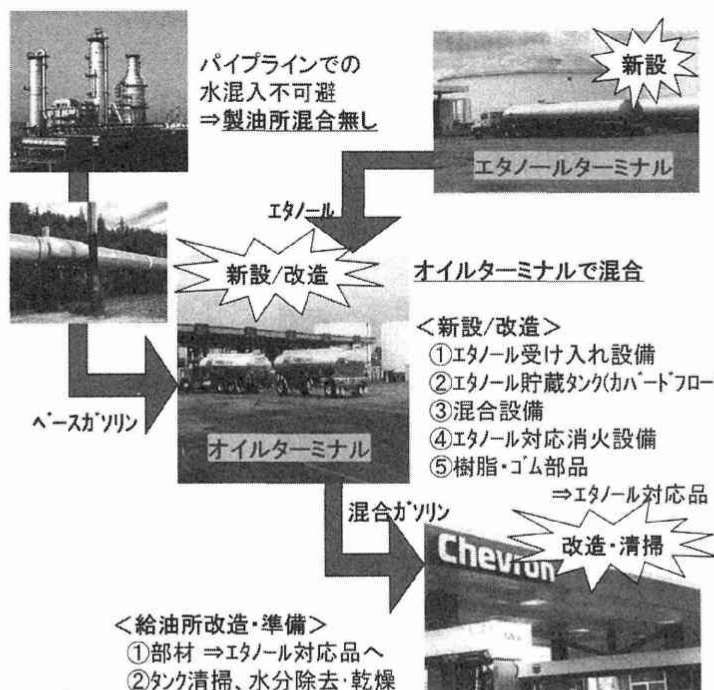


図4 カリフォルニアにおける設備対応

能量も限られる。CO₂削減という地球全体規模の課題への対応というよりは、地域に密着した循環型社会の形成という観点に意味を求めるべきものと思う。

〔流通過程・インフラ〕

エタノールは従来ガソリンと、①水分との相溶性、②金属・プラスチック・ゴム類への影響の点で異なる。エタノールには水分との相溶性があるため、エタノール3%混合ガソリン(E3)に水分が0.1%混入すると、E3は相分離を起こし、ガソリン品質を悪化させる。また、金属・ゴム等の種類によっては、エタノール混合により劣化が促進されるものもある。

こうしたトラブルを防ぐために、エタノール混合ガソリンを使用しているカリフォ

ルニア州では、図4に示す対策を行っている。従来ガソリンと流通インフラ面で大きく異なるのは、水分混入を防ぐために、エタノールを製油所ではなく流通末端で混合しているという点である。

米国より湿度の高い日本では、同様の対策が必須と考えられるが、そのための油槽所への混合設備新設等には3,200億円を超えるコストが必要との試算がある(総合資源エネルギー調査会 石油分科会 石油部会 燃料政策小委員会報告)。また、流通末端で混合する場合には、最終製品の品質確認、並びに揮発油税管理方法も解決すべき課題である。なお、この流通課題の検証については、資源エネルギー庁による実証研究が計画されている。

[品質・実用性能]

エタノールの自動車燃料としての利点は、オクタン価^{**}が120以上と極めて高い点にある。実際は、ガソリンのオクタン価だけをむやみに高めても、車輛の設計が同じであれば、実用性能の向上はあまり期待できない。従って、エタノールが高オクタン価であるメリットは、従来と同じオクタン価のガソリンを製造する際のフレキシビリティ向上に求めることになる。

一方、エタノールは少量の混合により、蒸気圧を6～7 kPa上昇させる（図5）。石油業界では、光化学オキシダント生成要因の1つである蒸発ガス低減のために、2005年より夏季の蒸気圧を現行自主規制の72kPaから65kPaに引き下げることが予定しているが、エタノールをそのまま混合すると、その引き下げ分が元に戻るようになる。従って、エタノールを混合させる場合は、さらに蒸気圧を下げるため

の対策が必要になる。

なお、車輛に対しては、エタノール3%までの混合であれば、大きな問題は無いことが確認されている。

(c) ETBEとしての適用

フランス、スペイン等において、エタノールとイソブテン（接触分解装置等から発生する炭素数4のオレフィン）を合成したETBE（エチルターシャリーブチルエーテル）が混合使用されている。ETBEはエタノールと異なり、水分との相溶性が無いために製油所で混合することができる。一方、合成に必要なイソブテンの確保、あるいは万が一地下タンクからガソリンが漏れた場合の地下水汚染の懸念等、検討すべき課題はあるが、CO₂低減を目的としたエタノールの使用という点では、選択肢の1つであると思われる。

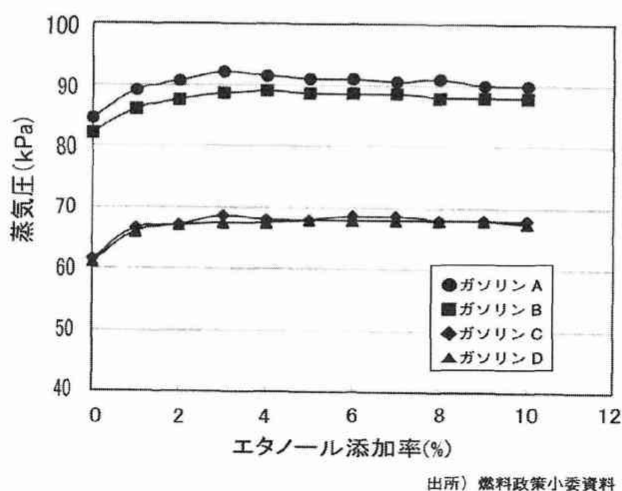


図5 エタノール混合の蒸気圧への影響

^{**} オクタン価はガソリンのアンチノック性を示す指標。オクタン価が高いほどアンチノック性は高くなる。

(2) バイオディーゼル

バイオディーゼル（BDF）は別名FAME（Fatty Acid Methyl Ester）と呼ばれ、様々な原料から採取される油脂類から、図6に示すようなメタノールとの反応で生成する脂肪酸メチルエステルの混合物である。一般的な性状を表2に示す。

(a) 使用状況

欧州では菜種油メチルエステルが使用されており、ドイツでの市場規模が100万 kl /年（軽油需要の約4%）と最も大きい。基本的にはBDF100%品が給油所に配送され、給油の際に軽油に対して20～30%程度混合して使用されている。

米国では大豆油メチルエステルが使用されているが年間20万 kl と使用量は少ない。

一方、日本では廃食用油メチルエステルが使用されているが、京都市等における地域・用途限定での使用（年間数百 kl 規模）となっている。

(b) 品質

一般的には、流動点が高く固まり易いことと、酸化安定性の悪いことが、使用する際に最も留意すべき点である。しかし、品質という面で最も扱いが難しいのは、原料油が多種に亘る上に、その原料油自身が混合物であるため、品質管理の足がかりがつかみ難いという点である。欧州や米国等で

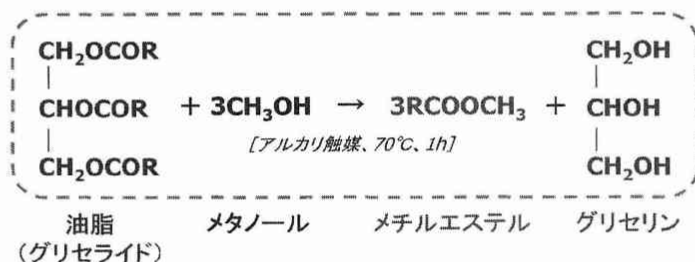
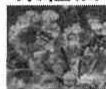


図6 バイオディーゼルの製造

表2 バイオディーゼルの代表性状

	RME	SME	CME	PME	
原料	菜種油 	大豆油 	コーン油 	パーム油 	
密度	g/cm3	0.88	0.89	0.88	0.87
セタン指数		57	55	56	62
粘度	mm2/s	6.1	6.5	6.1	5.5
真発熱量	MJ/kg	36.7	36.7	37.1	39.9*
炭素	mass%	78	78	77	76
水素	mass%	12	12	12	12
酸素	mass%	10	10	11	12
硫黄分	ppm	<10	<10	<10	<10

*総発熱量

は、原料油がある程度は特定されているため、規格化（EN14214 14213, ASTM D6751）によって一定の品質管理は可能であろう。しかし、日本のように廃食用油を原料とする場合には、単に生成物の規格を定めるだけでなく、原料油についても一定の基準を設ける必要があると思われる。

(c) 国内での使用拡大

国内での使用拡大を論ずるにあたって、バイオディーゼルの意義を2つに分けて考える必要がある。1つ目は廃食用油エステルに代表されるような現在の国内使用形態の延長、すなわち「循環型地域社会の形成」に意義を求める考え方である。この場合には、品質管理については国全体で自動車業界も含めてコンセンサスを得了後、供給・コスト等の課題を地域に応じた仕組み作りによって解決していくべきものと思う。

2つ目のCO₂低減、あるいは排ガス改善に意義を求める場合には、まず、その意義から検証する必要がある。CO₂削減につい

ては、エタノールと同様、バイオマス燃料であることから、一定の効果はあるとされている。排ガスについては、粒子状物質（PM）が減少、窒素酸化物（NO_x）は微増というのが一般認識であるが、最新型の後処理装置を搭載した車輛に対する絶対値としてのインパクト評価が必要と思われる。次に、CO₂削減を目的として導入する場合、その原料をどこに求めるか、という問題がある。表3に原料油の生産状況を示す。マレーシア、あるいはインドネシアで生産されるパーム油を原料とするのが最も現実的と思われる。エタノール同様、増産に際して熱帯雨林を伐採するようなことがあっては、意義そのものが失われることになるが、パームは菜種・大豆に比較して単位面積あたりの油収率が高く、25年程度は連続収穫が可能という利点もある。しかし、現状では供給体制がまったく無く、価格も植物油相場に連動して200～600ドル/トンで変動しており、安定供給やコストを軽油との比較で論じる段階には至っていない。

表3 BDF原料油の生産

単位:万トン				
油脂種	世界総計	1位	2位	3位
パーム油	2,350	1,200 マレーシア	770 インドネシア	77 ナイジェリア
パーム核油	300	150 マレーシア	80 インドネシア	20 ナイジェリア
大豆油	2,800	850 アメリカ	450 ブラジル	350 中国
菜種油	1,400	450 中国	180 ドイツ	160 インド
ヤシ油	350	170 フィリピン	70 インドネシア	40 インド

出典: Oil World Annual 2002

3. 合成燃料

(1) GTL

(a) GTLとは

GTL (Gas to Liquids) は、様々に定義されることがあるが、①天然ガスから合成ガス(水素と一酸化炭素の混合ガス)を作り、②これを合成(F-T合成)して液体燃料とし、③さらに目的とする製品へアップグレードする、3段階のプロセスを総称して呼ぶのが最も一般的である(図7)。

合成ガスを生成した段階で、硫黄等の不純物は除去されるため、最終生成物でナフサ～軽油相当の留分は、表4に示すように硫黄分は殆ど含まれない。また、芳香族分もほとんど生成されないため、軽油留分のセタン価***が極めて高い一方、ナフサ留分のオクタン価は低く、ガソリン製品への利用には適さない。

(b) GTLが注目される理由

GTLが注目される理由には、大きく2つ

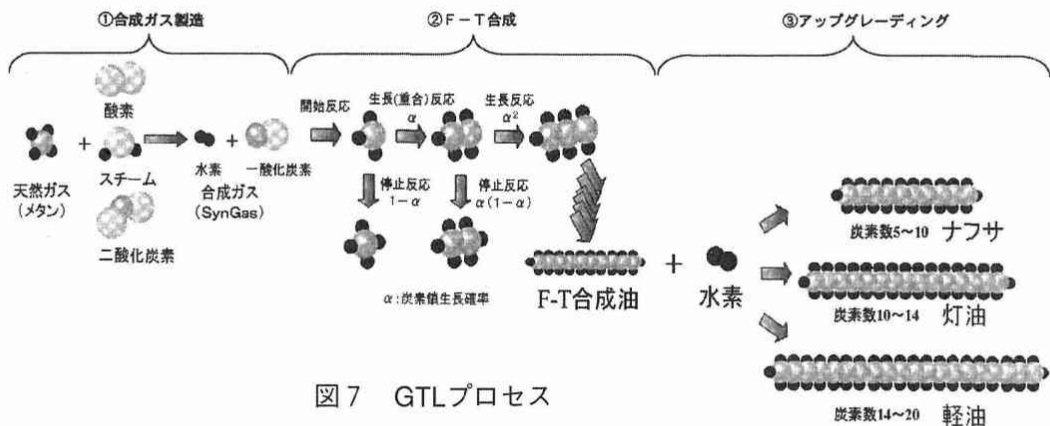


図7 GTLプロセス

表4 GTLの性状例

	GTL ナフサ留分 *文献値	ナフサ	GTL 軽油留分 *文献値	一般軽油
密度(15℃) g/cm3	0.69	0.70	0.78	0.83
硫黄分 massppm	1未満	220	1未満	40
セタン価(オクタン価)	(70)	(70)	73以上	54
芳香族分 mass%	0.3	7	0.1	22
ノルマルパラフィン mass%	59	38	—	—
イソパラフィン mass%	38	41	—	—
蒸留 °C				
10%	79	56	209	215
50%	100	81	256	280
90%	120	131	331	340

*** セタン価はディーゼル燃料の着火性を示す数値。

ある。1つは「天然ガスの有効利用」という点である。天然ガスの確認埋蔵量は、9,169億bbl（原油換算）とほぼ原油に匹敵する量が世界各地に分布しており、1次エネルギーとして有望であるが、気体であるため輸送に困難を伴うという欠点がある。また、自動車用燃料として見た場合、エネルギー密度が低いために、エネルギーの可搬性が求められる自動車燃料において合理性を持つことは困難である。しかし、こうした欠点は、GTLプロセスによって液体化し輸送、供給することで解決可能である。GTLには現在の供給インフラがそのまま使えるという利点もある。

一方、硫黄を含まない、あるいはセタン価が高いという軽油として望ましい性状を持っていることも注目される理由の1つである。しかし、日本国内では2005

年より一部、2007年には全ての軽油がサルファーフリー（硫黄分10ppm以下）となるため、その状況下においてGTLのサルファーゼロが特段の意味を持てるかどうか明確でない。また、セタン価についても高すぎるとPMが増加するといった報告もあり、その特性を生かすためには専用エンジンの開発も必要と思われる。

GTLの使い方として、一般軽油に混合する方法もある。炭化水素という大きな区分では同一成分であるため、混合使用にまったく問題はない。

(c) GTLプラントの現状

世界の主なGTLプロジェクトを図8に示す。大きな注目を集めているGTLではあるが、現状で稼動しているプラントは3カ所のみであり、ここ数年で末端供給

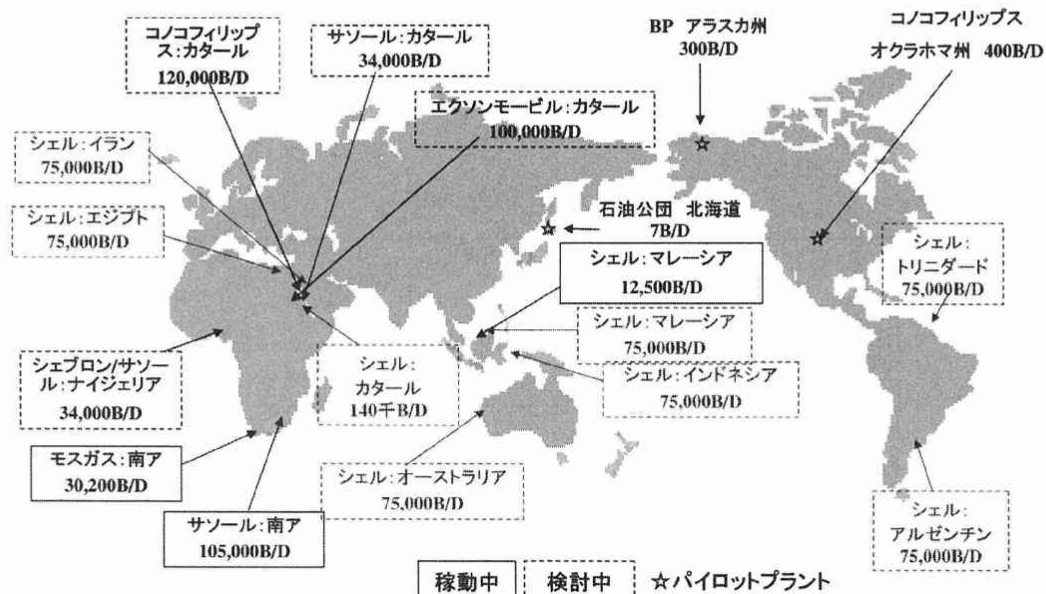


図8 GTLプロジェクト

に大きな影響を持つことは考えられない。特性を生かした製品設計が成り立たない限り、GTLは軽油基材の1つという位置付けとなり、その場合のGTLプロジェクトの実現性は、原油比較での経済性にかかってくる。一般的には、原油価格25ドル/bbl以上であれば、天然ガス価格やプラントスケール次第で価格競争力を持つ可能性があるとされている。

(2) DME

(a) DMEとは

DMEとは、化学式が CH_3OCH_3 で表される最も炭素数の少ないエーテル化合物である。常温常圧では無色のガスであるが、常圧でマイナス25℃に冷却するか、常温で6気圧程度に加圧すると容易に液体になる。性状を石油製品と比較して表5に示す。

生産量は世界で年間約10万トン（日本は約1万トン）であり、主に化粧品、塗料等のスプレー噴射剤として使用されている。製造は、①天然ガスから合成ガスを製造し、②合成ガスからメタノールを経由／または直接、DMEを合成するという工程で行われる。

表5 DMEの性状

	DME	プロパン	ブタン	軽油
沸点 ℃	-25	-42	0	180~370
液密度 g/cm ³ @20℃	0.67	0.49	0.57	0.84
ガス比重	1.59	1.52	2.00	
蒸発潜熱 kcal/kg	111.7	101.8	92.1	60.0
飽和蒸気圧 atm 25℃	6.1	9.3	2.4	
爆発限界 %	3.4~18.0	2.2~9.5	1.9~8.5	0.6~6.5
セタン価	55~60	5	10	50~60
真発熱量 kcal/kg	6900	11100	10930	10000

(b) DMEが注目される理由

大きく3点ある。まずは、GTLと同様、「天然ガス資源の有効利用」という点で、DME化することで資源から消費地までの輸送が容易になる。2つ目は、日本企業が主要な製造技術を保有していることである。3つ目は、DMEの特性そのものにある。DMEは硫黄分を含まず、ディーゼルエンジン燃焼で排出されるPMが少ないという利点がある。その反面、エネルギー密度の点では天然ガスよりも有利であるが、ガソリン・軽油には劣る。また、DMEはGTLと異なり、新しい車両・インフラが必要になる。さらに、例えば、排ガスがサルファーフリー軽油と最先端後処理装置の組み合わせに対してどの程度の優位性を持つかなど、特性を定量的に評価し、自動車用燃料としての合理性を検証する必要もあると思われる。

4. おわりに

燃料はある意味で自動車の一部である。その「自動車+燃料」に対しての社会あるいはユーザーの要求に応えるために新燃料が必要であれば、積極的に導入を図るべきである。一方、石油系燃料も排ガス・CO₂低減の一助とすべく、近々「サルファーフリー化」を実施する。新燃料、そしてサルファーフリー、全てはお客様に満足いただくための道具として、バランスよく使いこなしていく必要があると考える。

〔寄稿〕

将来自動車用燃料と パワートレイン技術の動向

星 博 彦 (トヨタ自動車(株) 第1材料技術部
燃料・油剤室 シニアスタッフエンジニア)



1. はじめに

自動車が使われ始めた極く初期には、石炭ガスを燃料とする内燃機関が、その後はメタノールや圧縮天然ガス（CNG）などを燃料とする内燃機関が継続的に研究開発され一部実用化に至った。また、1900年前後にはスチームエンジンや電気自動車、さらに1970年代にはガスタービンなども自動車用に提案されてきた⁽¹⁾。しかしこれらの燃料および動力源（パワートレイン）は主流にならず、燃料としては石油から製造されるガソリン、軽油、パワートレインとしては、それを燃料とするガソリンエンジン（火花着火）、ディーゼルエンジン（圧縮着火）がほぼ一貫して自動車に使われてきた。

しかし、今、人類はエネルギー資源、都市大気環境、地球環境問題に直面しており、今後も、利便性の高い自動車が継続的に使われるためには、二酸化炭素（CO₂）を排出する石油のみへ燃料を依存することは多くの問題を孕んでいると思われる。今後多様化が避けられない種々

の一次エネルギーから製造でき、安定供給も可能で、環境への負荷の少ない将来自動車用燃料とそれを使用するパワートレインの技術について今一度振り返ってみることからその多くの課題に対し、新たな展望が開けてくると思われる。

2. 自動車と燃料の歴史

自動車は1800年以前にスチームエンジンから出発した。これは外燃機関であり、燃料は薪炭が主であった。しかし、性能的に優れる内燃機関が19世紀後半に出現してからスチームエンジンは自動車用に使われなくなった。米国のガソリンの歴史⁽²⁾では、初期に原油を蒸留した低オクタン価ガソリンのみであったものが、その後の鉛を主成分とするオクタン価向上剤の実用化と接触分解によるガソリンの増産とがあいまってオクタン価向上と供給量増大が図られ、一気にガソリン自動車の実用化が進んだ。1970年代から80年代にかけての第1次、第2次オイルショックおよび、都市大気の高濃度の悪化は、各種代替燃料と代替燃料自動

車の活発な研究開発を誘発した。その結果、各種代替燃料車（メタノール、エタノール、圧縮天然ガス（CNG）、電気自動車）の研究開発が進み、一部の国、地域ではエタノール、CNGなどが自動車用燃料として使われ始めた。ただ、ガソリン、軽油の利便性、価格には対抗できず各国政府の援助がありながら、伸び悩んでいるのが実情である。

しかし、地球環境問題など21世紀の大きな課題が議論されるなかで、新たな視点から水素を含む自動車用代替燃料が再び議論されつつある。

3. エネルギー・自動車用燃料の現状と見通し

継続的な研究開発にもかかわらず、自動車の大部分はガソリン、軽油分を燃料として使っており、代替燃料車は限定されている。少なくとも2010年以前に他の燃料が重要な位置付けになることはないと思われるが、その後は石油資源の問題、二酸化炭素（CO₂）のさらなる低減、自動車排出ガスの根本的な解決などが求められ、燃料の種類、品質が大きく変化する可能性も高い。

石油資源については種々の予測がある。一部では「2020年頃をピークに石油の供給量は限界に達する」との見方⁽³⁾もあるが、「重質油まで含めると、当面石油枯渇は問題にならない」との見方も多い。いずれにしろ、各国政府は、政治的な状況を反映し

て石油の安定供給に問題があると認識しており、エネルギーセキュリティ政策を強力に推進している。それらの政策が実施されるに伴い、将来の一次エネルギー供給源は多角化されると思われる。

今後の自動車用燃料のあるべき姿については、一次エネルギーの多様化に伴い、自動車用燃料の多様化も必至との見方がある。また、既設の膨大な自動車用燃料供給インフラを変革するには多大な費用、時間がかかるため、不必要な社会的投資をできるだけ減らす意味で、既存のインフラをできるだけ使える形で燃料の種類も絞り込むべきとの意見もある。

4. 将来自動車用燃料とパワートレイン

（1）各種燃料の自動車用燃料としての特性
一般にガソリンエンジン（火花着火）はオクタン価^{*}の高い燃料が要求され、ディーゼルエンジン（圧縮着火）ではセタン価^{**}の高い燃料が要求される。しかし、オクタン価とセタン価は相反するため、両方に適した燃料は存在しない。このため、揮発性、粘度、エネルギー密度など燃料特性に基づいて、使われる内燃機関の種類が決まってくる。

表1は、将来自動車用燃料の候補（水素を除く）とその特性を示している。合成燃料は一般的に極めて純粋で硫黄もほとんど含まず、燃料そのものは大変クリ

* オクタン価はガソリンのアンチノック性を示す指標。燃料の発火性が低いほどアンチノック性は高くなる。

**セタン価はディーゼル燃料の発火性を示す数値。

表1 各種燃料の自動車用燃料としての特性⁽⁴⁾

		低位発熱量		セタン価	オクタン価	沸点範囲 ℃	硫黄 ppm
		MJ/kg	MJ/L				
DME	CI	28.9	19.4	~55~		-25	~0
Methanol	SI	19.9	15.8		107	65	~0
FT-Naphtha	SI(FC)	44.8	30.4	~50(?)	0~90(?)	0~100(?)	~0
FT-Diesel	CI	43.8	34.1	70~		150~350(?)	~0
Ethanol	SI	26.7	20.7		108	78	~0
Bio-diesel(FAME)	CI	37.7	33.2	46~70			~24
Diesel Fuel	CI	43.6	36.3	45~60		150~400	<10
Gasoline	SI	45.1	32.9		90~100	0~200	<10

CI : For Diesel engine

SI : For Gasoline Engine

※ 数値は代表値

ーンである。しかし、ジメチルエーテル(DME)やメタノール、エタノールは容量当たりの発熱量が低いため、燃料タンク搭載のスペースが小さい小型自動車用には不向きである。小型自動車の内燃機関用には、軽油と比較しても特性上の優位性が高い合成炭化水素軽油のFTD^{***}が向いていると思われる。

(2) パワートレインの種類と燃料

各種自動車用パワートレインと燃料は密接な関連を持ちながらその技術向上を

図ってきた。表2は、内燃機関の種類と使われる可能性のある燃料である。インフラの整備などを考えると、経済性を含め総合的に判断して、この中から相当絞りこむ必要があると考えられる。

基本的には現状のガソリン、ディーゼル燃料の品質を向上しながら、バイオマスや天然ガス、石炭からの合成燃料などが使用されるケースが多くなり、その内容は大きく変化する可能性がある。

水素は、燃料電池車の燃料として優れており、排出ガスも極めてクリーンな燃料で

表2 パワートレイン技術と燃料⁽⁵⁾

Power Train	Candidates for future Automobile Fuels							
	Clean Gasoline	Clean Diesel Fuel	LPG	CNG	Synthetic Fuels	Renewable Hydrogen	Ethanol	bio-diesel
ガソリンエンジン	✓		✓	✓	✓ Methanol	✓	✓ Blended to Gasoline	
ディーゼルエンジン		✓			✓ DME FTD		Blended to Diesel	✓
燃料電池					✓ Methanol	✓		

***FTDとは、Fisher Tropsh synthetic Diesel Fuelの略で合成法の開発者の名前を付けた狭義のGTL (Gas To Liquid)

ある。さらに、CO₂低減に大きく寄与すると考えられている太陽電池やバイオマスエネルギーから、また、その他の天然ガス、石炭さらには重質油など幅広いエネルギー源からも製造可能で、エネルギー供給の安定化にも大きく寄与すると考えられる。しかし、コスト、供給インフラ整備など課題も多く、広く市場に拡大するにはまだ相当の時間を要すると思われる。

合成燃料は、石油だけでなく、天然ガス、石炭、バイオマスなどから合成ガスを通じて製造することができる。現状のガソリン、軽油に比較しエネルギー供給の安定化が期待でき、しかも将来の内燃機関用としてインフラへの投資は水素の場合よりも大幅に少なくて済む。提案されている種々の合成燃料のうち、例えば、FTDは将来のディーゼルエンジン用燃料として優れた点が多く自動車用燃料として、ガソリン、軽油に混合使用できる可能性が高い。しかし、合成燃料は一般的に製造時に多くのCO₂を発生するため、CO₂削減の観点からは課題がある。

(3) 今後の代表的パワートレイン技術

今後の代表的パワートレイン技術の候補としては、エンジンとモータを組み合わせるハイブリッド技術かディーゼルエンジンの低排出ガス化（低エミッション化）技術****、あるいはその組み合わせであろう。いずれも極めてクリーンな排出ガスを実現しながら、エネルギー効率を大幅に向上させる技術として期待されている。

ハイブリッド技術に使われる内燃機関は基本的には通常のもと同じであり、特別な燃料を必要としない。しかし、低排出ガスディーゼル技術では、高性能な触媒を含むシステムの採用、例えばDPNR（Diesel Particulate NO_x Reduction system）などが不可欠で、燃料については特に硫黄低減が求められる。このシステムには、硫黄や芳香族が含まれずセタン価の高い燃料（クリーンディーゼル燃料）が要求される。そのような燃料の候補として、品質改善した軽油以外にFTDが挙げられる。FTDを使うことによって、高い性能を発揮し、将来は低排出ガスガソリン車

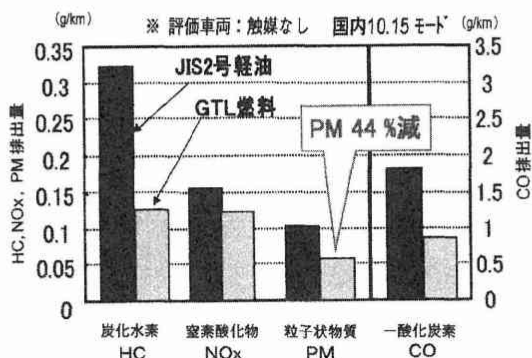


図1 FTD (GTL) の排出ガス低減効果⁽⁶⁾

****有害物質である一酸化炭素、窒素酸化物、炭化水素、粒子状物質の排出を少なくする技術。

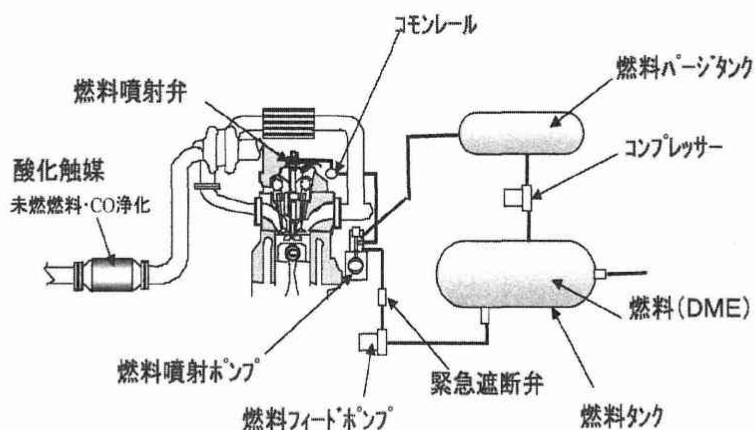


図2 DMEディーゼル自動車技術⁽⁷⁾

と比肩するまで排出ガスを低減させられると期待されている。図1はFTDを使用した際の排出ガス低減の例である。この例では、市販エンジンを使い、FTDへの最適化がなされていないにもかかわらず大幅な粒子状物質の低減が認められた。

以下に将来自動車用燃料とパワートレインの組み合わせの具体例を示す。

[DME車]

DMEを燃料とするディーゼルエンジン自動車（DME車）の開発が進められている。DMEの最大の特徴は粒子状物質を全く生成しないことである。ただ、自動車としては大幅なコストアップとなる種々の専用機器、部品が必要（図2）であり、また、専用の燃料供給インフラも必要なため、一般のユーザが使用する小型乗用車には向かない。また、小型乗用車にはガソリンエンジンも使用できるため、低排出ガスの観点からもメリットはない。さらに、合成燃料であるため、CO₂の観点からも課題がある。

[CNG車]

CNG車は、ディーゼル車代替のクリーン自動車として各国で導入が少しずつ進んでいるが、日本では計画に対し普及台数は少ない。国や自治体からの大幅な補助にも関わらず、インフラを含めた経済性の確保が困難であること、性能が十分ではないこと、燃料の1回充填あたりの走行距離が通常のガソリン、ディーゼルエンジン車に比較し大幅に短いことなどが原因に挙げられる。

[燃料電池車]

燃料電池車は未だ開発中の技術であり、燃料（水素）供給インフラの整備も必要なことから、当面、実用化が大幅に拡大することは考えにくい、次世代の技術として注目されている。

図3は、1回の燃料充填で走行できる最大距離を各種燃料自動車のケースで比較したものである。GTL（FTD）以外の

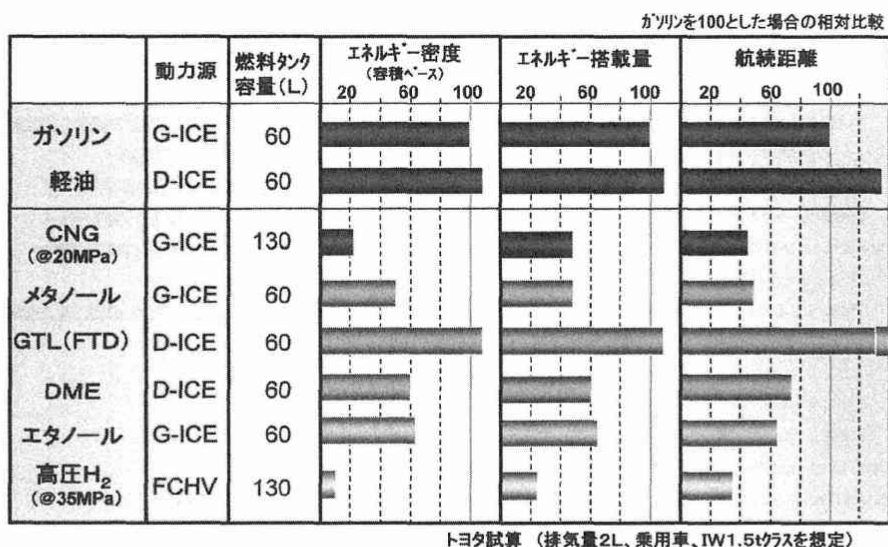


図3 代替燃料の航続距離比較⁽⁸⁾

燃料は、現状のガソリン、軽油に比べ大幅に劣る。このような燃料は自動車用として使われるとしても限定されると思われる。

6. 将来自動車用燃料の意義と可能性評価

将来自動車用燃料の評価基準は、主に表3の5点である。

①と③については、パワートレインの項で既に述べた。最近特に議論になっているのは、④の総合効率とCO₂である。これは、エネルギー、地球環境面からの評価ということになるが、ここ数年大変活発に実施され、各種将来燃料の候補について一次エネルギーの採掘から自動車に使われるまでの総合的なエネルギーの必要量とCO₂の発生量が、「石油の井戸から自動車の車輪まで」（WTW：Well to

表3 自動車用将来燃料の評価基準

- ① 自動車の性能
（1回充填での走行距離、出力他）
- ② 経済性（自動車価格、燃料価格、燃料供給インフラ）
- ③ 大気環境性能（排出ガス）
- ④ 総合効率、CO₂
（WTW効率、CO₂）
- ⑤ エネルギー安定供給（資源量、多様性）、その他燃料自体の安全性（毒性、火災危険性など）

Wheel）として評価されている。車の燃料タンクを中間点として、それ以前をWTT（Well to Tank）、それ以降をTTW（Tank to Wheel）とに分けて議論されることが多い。これまでに、海外ではWTWについての評価結果が公表されているが⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、日本でも現在公的な検討が進んでおり、近い将来公表されると思われる。これらの評

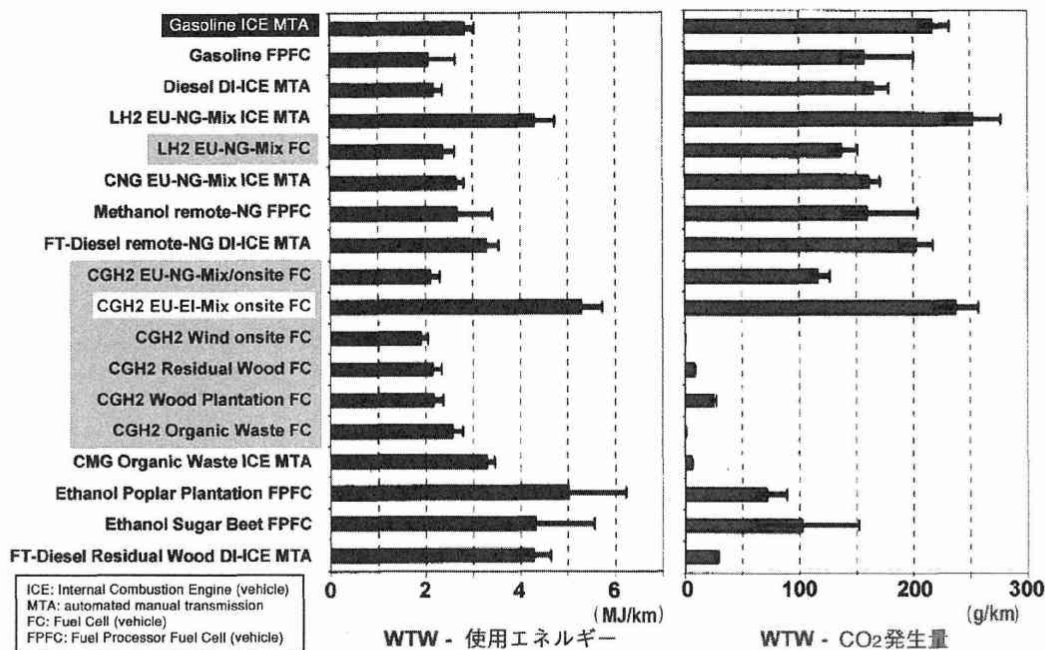


図4 WTW効率、CO₂の比較⁽¹⁰⁾

価では、各種プラントの建設、自動車の生産時のエネルギー消費とCO₂発生量などは含まれておらず、ハードウェアは既存のものとして扱われている。これらを含んだ評価は、LCA（Life Cycle Assessment）として別に議論される⁽¹²⁾。

このような評価が行われた背景には、水素を燃料とする燃料電池車の位置づけを明確化するという目的があった。このため、水素については、いくつかの生産方式について詳細な検討がなされている。

ここでは、米ゼネラルモーターズ社（GM）が欧州の研究所LBST（L-B-Systemtechnik GmbH）に委託してまとめた結果を図4に紹介する。現状のガソリン車（Gasoline ICE MTA）を基準に、水素を燃料とする燃料電池車は概ねエネルギー効率、CO₂排出量とも改善される結

果となっている。一方、水を電気分解して製造した水素（CGH₂ EU-EI-Mix onsite FC）については、現在欧州の電力の多くが石炭火力に頼っているため、水素燃料電池自動車といえどもエネルギー効率、CO₂発生量とも大幅に悪化する結果となっている。また、特徴的にはバイオマスを原料とした燃料は製造時に必要なエネルギーがガソリン製造時よりかなり多いが、CO₂の面では大きな低減効果があるとされている。これは、バイオマスが空気中のCO₂を吸収して生育することから、その吸収分が差し引かれているためである。

（2）その他

各種燃料のコスト（価格）は将来の各燃料の可能性を評価する上で極めて重要

だが、公平な立場で公表されたと判断できる資料は少ない。一般的には発熱量当たりのコストは、2020年、2030年を展望しても、ガソリン、軽油に匹敵する安価な燃料は出現せず、優れた燃料の市場導入には環境面やエネルギーセキュリティ面から各国政府の補助が必須の状況である。さらに、燃料供給インフラの整備が必要な場合、さらに多くの投資が必要と思われる。近い将来、公平な立場でこのような経済性についての検討が望まれる。

7. 将来自動車用燃料の評価例

以上から、各燃料についての総合的な評価を試みる。これらの評価には大変多くの議論があり、評価の一例であることを予めご了解いただきたい。

(1) クリーンガソリン

硫黄や芳香族を少なくし排出ガスを減らしたクリーンガソリンは、将来、さらなる排出ガス低減が図られる。ハイブリッド技術の応用により、ガソリン車の性能、効率、CO₂発生量、燃費などは大幅に改善されるが、ややコスト高になる。総合的には、各種ハイブリッド技術を適用したガソリン車用燃料として優位性を保つ。

(2) クリーンディーゼル燃料

ディーゼル車の車両性能、燃費は現状のガソリン車を上回る。また、税制の影響を受けるが、燃費が良好なこともあり燃料経

済性に優れる。効率、CO₂発生量は、燃料の軽油そのものの製造効率が優れていること、ディーゼルエンジン自体の効率の良さから現状ガソリン車よりも優れる。しかし、排出ガス低減のためのシステム、部品コストは上昇すると思われる。総合的には、将来の有力なパワートレイン候補である。さらに、ハイブリッド技術をディーゼル車にも展開することで大幅な効率向上、CO₂低減が可能だが、コストとの兼ね合いを考慮する必要がある。

(3) CNG、LPG（液化石油ガス）

この2つの燃料は原料も異なる場合が多く、車両技術も異なるので一緒に論ずるには少し無理があるが、いずれも高コストの専用インフラと車両が必要である。限定された地区において、政府の主導・補助のもとに限定された車種（バス、トラックなど）で今後徐々に台数は増えるが、欠点も多く主流になることはない。

(4) FTD

FTDは、現状のディーゼルエンジンでも基本的に使用可能で、また、現状の軽油へ混合して使用することも可能である。特別なインフラを必要とせず、特性も極めてクリーンなため、将来のディーゼル車用燃料として大変期待されている。ただ、コスト的な問題があり、現在明らかになっている製造計画の範囲では、2010年以前に供給量が大幅に増加することはない、より将来の燃料であろう。当初は最もコスト的に安価な天然ガスを原料と

したGTLから分離精製される製造法が主流だが、この燃料は、バイオマス、石炭、重質油からガス化を経ても製造可能であり、一次エネルギーの多様化に対応可能である。ただ、製造時にCO₂を多く発生するため、この点の解決が必要である。

(5) DME、メタノール

DMEやメタノールはFTDと同様、各種炭素含有資源からガス化を経て製造できる燃料であり、将来燃料としてFTDと同等の意味合いを持つ。しかし、自動車燃料としては、FTDとは大きく異なる。DME、メタノールは、いずれも酸素含有のエネルギー密度の低い燃料であるため、小型車用燃料としては大きなハンディキャップがある。また、燃料系部品、材質に特殊なものが要求されるなど、自動車用燃料として経済性を含め将来の課題へ対応する代替燃料としての優位性はない。

(6) バイオエタノール

穀物の発酵などで製造されるエタノールは現在ブラジル、米国などで広範に使用されている。ほとんどはガソリンに10～25%程度混合して使われているが、一部では高濃度（85%）で専用車あるいはフレキシブル燃料車で使用されている。ただ、自動車用燃料としてはあまり優れた特性はなく、各国の農業政策、エネルギー政策として国が補助をすることにより実用化されている。バイオ燃料としてCO₂低減に寄与する可能性もあるが、現状の製造法では加熱などに石油系燃料を

使用しているため、場合によっては、期待するほどCO₂低減に寄与しない。

(7) バイオディーゼル燃料

軽油に数%混合して使われているケースがあるが、現状ではその使用量は極めて少ない。欧州ではすでに5%までの混合が認められている。エタノール同様CO₂低減の可能性はあるが、酸化安定性が悪いなど、自動車用燃料として優れた特性はない。将来はバイオマスを一度ガス化してFTDを製造するプロセスも提案されているが、コストの問題が残る。ただし、製造法が確立しコスト低下が図られれば、ディーゼルエンジン用燃料としてほとんどの面で現状燃料よりも優れたものとなると、自動車メーカから大きく期待されている。

(8) リニューアブル水素

(再生可能エネルギーで製造された水素)

水素はあらゆる一次エネルギーから製造可能だが、化石燃料から製造する水素は現状のガソリンに比べCO₂の観点で大幅な改善にはならず、大規模なインフラ整備をする意味は薄いとされる。再生可能エネルギーからの水素は排出ガス、CO₂、エネルギー供給など、今後の大きな課題全てに大幅な改善が可能であり、将来燃料としては有望である。しかし、経済性、車両性能では未だ大きな課題があり、このような課題が解決されて初めて水素燃料電池車の本格的実用化が可能になると思われる。

8. 将来自動車用燃料とパワートレインに関するまとめ

以下の5点を挙げる事ができる。

● ガソリン，ディーゼル燃料を使用した内燃機関は将来とも最重要技術であり，さらなる低排出ガス化，低CO₂化（燃費向上）の努力が必要。ハイブリッド技術はその有力な手段の1つと考えられる。

● 今後継続的に自動車が使われるためには，エネルギー資源，都市大気環境，地球環境問題に対応し，かつ経済的な燃料製造，自動車技術の開発が重要。

● 自動車用燃料においても，WTWでCO₂発生量の少ない代替燃料の利用は重要。また，エネルギーの安定供給の観点から，様々な原料から製造可能な合成燃料，水素を自動車燃料として活用することが期待される。

● 代替燃料の普及のためには，総合的な判断が求められるが特に燃料の利便性（エネルギー密度，供給安定性等）は重要。

● 究極のパワートレインである燃料電池の普及は，インフラの整備などが各国政府主導で進められること，また，残存する多くの技術課題の解決が実用化にあたっての先決である。

引用文献

- (1) History of Gasoline, Mary Bellis, <http://inventors.about.com/library/inventors/blgasoline.htm>
- (2) The History of the Automobile, <http://inventors.about.com/library/weekly/aacarsgasa.htm>
- (3) People and Connections Global Scenarios to 2020 Public Summary
- (4) トヨタ自動車まとめ
- (5) トヨタ自動車まとめ
- (6) ペトロテック, 2003年, Vol.26 No.5, p.32-37, ACEプロジェクト報告書
- (7) トヨタ自動車まとめ
- (8) トヨタ自動車まとめ
- (9) "Well-to-Wheel Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel/Vehicle Systems, - North American Analysis -, " June 2001
- (10) "GM Well to Wheel analysis of energy use and greenhouse gas emissions of advanced Fuel/Vehicle systems -A European study," L-B-Systemtechnik GmbH, 27 September 2002 (<http://www.lbst.de/gm-wtw>)
- (11) "Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context Version 1b," January 2004, (<http://ies.jrc.cec.eu.int/Download/eh>)
- (12) "MITON THE ROAD IN 2020 A life-cycle analysis of new automobile technologies," Malcolm A. Weiss, 他 Energy Laboratory Report # MIT EL 00 - 003, Energy Laboratory Massachusetts Institute of Technology, October 2000

地層処分の意思決定に関わる調査研究 — 事例調査に基づく考察 —



蛭 沢 重 信 (財)エネルギー総合工学研究所
プロジェクト試験研究部 部長

1. はじめに

わが国では、原子力発電で燃料として使われた使用済燃料は、再処理により再度原子力発電所で使われるウランとプルトニウムを抽出するリサイクル路線が採られている。再処理により発生する放射性廃棄物のうち、放射能レベルが高く寿命（半減期）の長い放射性核種を含む高レベル廃液を固化した、いわゆる高レベル放射性廃棄物は深い地層中に処分されることがわが国の方針である。

地層処分は、20世紀の半ばに概念の元になる発想が現れ、それ以来、約半世紀は処分事業の実現を目指して主として技術領域で研究開発が進められた時代ということができよう。その後、達成されてきた研究開発成果をよりどころに、一部の国では処分実現化の計画がみられた。計画が順調に推移している国があるものの、多くの国で具体的なサイト問題に直面する段階などで、「ある種の壁」につきあたり、地層処分の進め方や管理方策の見直しあるいは変更を経験してきている。本小論では、地層処分の歴史を概観（2

節）した上で、そのような大きな流れの中で20世紀の終わり近くになっていくつかの国が経験した事例に着目し、どのような議論がなされその後の道筋が示されたかを辿ることにする（3節）。最後にそれらの国の経験から得られた参考事例について考察を試みることにする。（4節）

2. 地層処分の歴史的変遷（概観—国際機関での検討を中心にして—）

（1）1950年代から80年代まで

高レベル放射性廃棄物（HLW）を深い地中に隔離して処分する方法は、1950年代にいくつかの論文で提唱された。

米国では、国防廃棄物のうち放射能レベルの高いいわゆる高レベル放射性廃液が、タンク貯蔵されていたが、これを安定的に管理する方法についての議論が1955年にプリンストンで行なわれた。このときの議論などをもとに、1957年に全米科学アカデミーは、『陸地における放射性廃棄物の処分（The Disposal of Radioactive Waste on Land）』と題する報告書を取りまとめ公表した。それによれば、

高レベル放射性廃棄物の処分の将来もっとも有望な方法は、岩塩層への定置であろうとされた。

1960年代には研究開発が本格的に開始されるようになり、ドイツのアッセの岩塩鉱山跡では、原位置試験が開始されている。

1970年代になると、多国間共同研究あるいは国際共同研究開発が活発化し、地層処分に関する研究開発が大きく進展した。特に経済協力開発機構の原子力機関（OECD/NEA）が1975年に発足し、そのすぐ後にスタートしたスウェーデンのストリーバ（鉄鉱山跡地）での国際共同研究開発（1977～1992年）は、典型的な例である。1960年代から1970年代を通じて、地層処分に必要とされる技術や安全性を評価するために必要なデータの取得のための技術開発やデータ取得が徐々に行なわれてきた。

1980年代には、そのような技術開発の進展を受けて、地層処分の実現可能性を評価するとともに、地層処分の実現に向けたその後の課題を明らかにする目的で、実現可能性研究が行なわれるようになってきた。その代表例が、スウェーデンのKBS-3やスイスの Project Gewähr 1985 などである。

このような技術面での進展がみられる中、別の側面からの検討が提起され、行なわれた。

1982年にOECD/NEAが公表した報告書、「放射性廃棄物の処分、含まれる原則の全体像」では、それまであまり明確にされてこなかった面について検討が行なわれた。同報告書では、高レベル放射性廃棄物の

表1 地層処分の歴史区分と代表事例

年 代	代表的な事例
1950	地層処分の提唱 ・ IAEA, Geneva会議の論文（1995） ・ 米国, プリンストン会議（地中処分を議論, 1955） ・ 米国, 全米科学アカデミー（NAS）の報告書（1957）
1960	研究開発のスタート ・ ドイツ, アッセ鉱山（1965）他
1970	国際共同研究のスタート ・ OECD/NEA発足（1975） ・ スウェーデン, ストリーバ地下研究施設（1977-1992）
1980	実現可能性研究 ・ スウェーデン, KBS-3（1983） ・ スイス, Project Gewähr 1985（1985）
1990	倫理・環境的側面の検討 ・ OECD/NEA, 地層処分に関する環境, 倫理の側面に関するワークショップと議論の結果に基づくレポート（Collective opinion）の作成（1994-1995） ・ 米国NAS/NRC, 地層処分の戦略的展開, 意思決定に関するワークショップ（1999）
2000+	処分事業実現化

処分を含む放射性廃棄物の管理方法の選択を行なうための道筋が示され、最終的にHLWを深い地層中へ処分することの合理的な妥当性があらためて示された。

このような各国あるいは国際的枠組みでの研究開発の進展および専門家の間での地層処分概念の再確認作業などを経て、1980年代後半以降、いよいよ処分事業の実現化の動きが、スウェーデン、米国、ドイツなどいくつかの国で見られるようになった。一方、1980年代半ばころまでに達成されてきた地層処分開発の進展を受けて、国際原子力機関（IAEA）では、地層処分実現に向けて必要とされる安全規制の考え方や基準類の整備が行なわれるようになった。1989年にとりまとめられた、安全シリーズ99は、高レベル放射性廃棄物処分のための深地層処分場設計のために、国際的に合意された原則と基

準を提供することを目的に専門家の間で取りまとめられた文書であった。専門家の間では、地層処分事業へとりかかる基礎が、それまでの研究開発によりほぼ得られる段階に達したことを意味していると理解することができる。

このことは、OECD/NEAが1991年にとりまとめた長期安全評価レポートでも明確にされた。すなわち、同報告において、NEAの放射性廃棄物管理委員会とIAEAの国際放射性廃棄物管理諮問委員会は、次のように述べた。

「・注意深く設計された放射性廃棄物処分システムが人間および環境に与える潜在的な長期の放射線学的影響を適切に評価する安全評価の方法は今日得られていることを確認し、かつ、

・提案された処分サイトから得られる十分な情報と合わせ安全評価方法を適切に用いることは、特定の処分システムが現在と将来の両方の世代に対する満足すべき安全のレベルを社会に提供するかいなかを決定する技術的な基礎を用意するものと考察する。」

（２）1990年代—20世紀末の1つの到達点—

一方、1970年代から顕著になってきた環境問題は、地層処分においても同様であり、一般からも、地層処分の長期にわたる安全性などについて懸念が示されるようになってきた。このような時期に、いくつかの国では、地層処分の実現化へ向けて踏み出す準備が具体的に進行し始めたものの、主として技術以外の要因つまり社会の合意を得ることがなかなか難しいという点から足踏みせざるを得ない状況になった。

1995年にOECD/NEAが公表した環境と

倫理に関する報告書は、このような世界的な状況の要請も一因となって議論され取りまとめられたとみることでもある。「長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境的および倫理的基礎」と題する報告書では、検討の動機を次のように述べている。

「有害な化学物質の管理を含め、工業的發展に係る多くの環境防護の状況に関し、放射性廃棄物の安全な処分には、社会の要求を反映する基本的倫理原則と同様に、生物圏への影響の可能性に関する広範な科学的、技術的要因の考察が必要である。

この分野の技術的水準は比較的高く、またよく知られてもいるが、時には提案された取り組み方や行動についての再評価を求めて、幅広い意見が出される。他の多くの分野と同様、広範に国際的な意見交換をすることは、含まれる問題を明確にしたり、適切な解決を探る国当局を援護する合意点の形成に役立つ。」

同報告書において、専門家で構成される放射性廃棄物管理委員会（RWMC）の集約意見（一部）は以下の通りである。

「・地層処分方案は、基本的な倫理的及び環境的考察に対して敏感であり、即応的であるように計画され実施され得ることを確認し、

・環境的にも倫理的にも、数百年以上にわたって生物圏から隔離されるべき長寿命放射性廃棄物に対する地層処分場の開発を続けることは正当化されると結論し、

・地層処分計画を段階的に実施することにより、科学の進歩と社会の受容性に照らし合わせて、数十年にわたって状況の変化に適應できる余地が残り、将来他の選択肢が開発され得る可能性を排除しないことを結論する。」

このような、幅広い視点から検討されて示された基本理念を実現に移すにあた

っては、米国ヤッカマウンテンプロジェクトにおける総合システム性能評価の手法などにあるように、技術的に不確実な要素を段階的に減らしていくとともに、上述の検討にみられる世代間の公平性への配慮という観点からも、地層処分は段階的に進められることが関係者の間ではコンセンサスになっている。

また、従来技術的側面に重点をおいて活動してきたOECD/NEAのRWMCは、1999年に公表した報告書において、長寿命放射性廃棄物の地層処分に関し専門家の間で到達した合意について次のように述べている。

「NEAの放射性廃棄物管理委員会（RWMC）は、主に長寿命放射性廃棄物の深地層処分に関する技術的側面に重点を置いてきた。これらのプログラムの最近の成果のひとつは、処分サイトの適切な特定と特性評価が可能であること、廃棄物処分による住民への短期的な害が生じないように、地層処分場を設計可能であること、また規制上の対象となる期間を超過した、ずっと遠い将来まで許容可能な安全性レベルを達成するという点について、参加各国の専門家が合意に至ったことである。そのほか、原子力の恩恵をこうむってきた現世代が、廃棄物を永久に処分する手段を将来の世代に提供すべきであるという点についても、専門家らは合意している。」

このような合意と認識を踏まえ、RWMCは今後強化していく領域について技術以外の幅広い領域を示し、各国間の橋渡しの役割を強化していくことを述べている。

「放射性廃棄物管理、特に処分計画のさらなる発展に向けた進歩が最も有益であるとRWMCが考

える戦略的側面を定義し、さらに詳細に述べる。RWMCがその実力を実証してきた技術分野での実績に基づき、RWMCは技術の進歩と規制上の展開、そして社会的な問題に関するデータを政策決定プロセスへ取り入れるための橋渡しとなる取り組みを強化していることが容認されている。」

3. 政策転換の事例

本節では、地層処分計画におけるある種の「転換点」に着目し、転換にいたる背景を探り、どのような議論がなされその後どのような道筋が示されたかを辿ることにする。具体的な事例の対象国としてフランス、スウェーデン、ドイツ、スイス、米国、カナダの6カ国について調査・検討を実施したが、ここでは、紙幅の関係上、フランス、スウェーデンおよびカナダにおける経験を紹介する。

なお、3カ国の「転換点」の背景にある特徴を把握するため、時系列に従い3段階に区分して事実情報を示すこととした。それら3段階の意味するところは次の通りである。

第一段階：処分事業の実現に向けた動きに対し、事業に対する不信感、不安感などに基づくある種の緊張が生まれ、それが社会的に無視することができないような反対意見の主張や反対運動などの動きとして具体的に目に見える形で現れるようになった段階（転換点前）。

第二段階：第一段階の終期にみられた反対の動きなどの顕在化を経て、事業に対する再検討等の社会的過程が見られた

段階（転換点）。

第三段階：第二段階を経て、新たな枠組みで処分事業の実現を目指すようになった、あるいは代替案も含めた新しい枠組みで研究開発を進めることになった、などの動きがみられた現在につながる段階（転換点後）。

（1）フランスの場合

フランスにおけるHLW処分政策の変遷

と主要な転換点について概観し、1990年のモラトリウムに至るまでの、主として科学技術主導により進められた立地活動の時期を転換点に至る第1段階とした。第1段階における経験に基づいて議論され1991年放射性廃棄物研究管理法の制定の時期を転換点の時期（第2段階）と位置付けた。同法制定後を第3段階とし、研究管理法制定後の研究開発活動について調査した。調査結果の概要を表2に示す。

表2 フランスの各段階の特徴的な事例

第1段階：転換点前	
- 1979年：ANDRA設置 - 1983年：ANDRAは、フランス国内で処分にとって好ましい可能性のある地域の一覧を作成。 - 1984年6月：フランス政府は、深地層処分サイトを見出すとの政府決定を正式に発表。 - 1987年：Paul Goguel教授を委員長とする専門家グループが政府に提出したサイト選定基準に関する勧告（1987年5月、通称Goguelレポート）に基づき、HLW処分が可能な4種類の地層、粘土層、岩塩層、花崗岩層及び片岩層を特定し、各地層を持つサイトでの若干の調査作業を開始。 - 1991年頃までに、全サイトでの特性評価を完了し、原位置サイト妥当性研究施設（URL）を建設する1ヶ所のサイトを選定することを要請。 - 1987年2月と3月：ANDRAは、事前通知および事前交渉又は対話なく、4ヶ所のサイトの地域住民に対し地質学的調査開始を発表。 - 各サイト候補地の地域住民からの激しい抗議運動。 - 当時のミシェル・ロカール首相は、フランスの廃棄物管理戦略全体に対する再評価を可能にするため、放射性廃棄物に関連した全ての研究を少なくとも1年間凍結すると宣言。	- 1991年12月：放射性廃棄物管理研究法が成立。同法は、3種類の研究オプションに対する検討を求めた。 ・放射性廃棄物に含有される長寿命放射性元素の分離と核変換 ・地下研究施設の建設を通じた地層への深地層処分 ・放射性廃棄物の前処理と長期地上貯蔵
第3段階：転換点后	第2段階：転換点
- 柔軟な段階的アプローチによる研究開発の推進。・代替処分方策の検討、第三者機関による評価、・1ヶ所以上の地下研究施設の建設及び処分場建設を実施する前段階での新規法律の施行等。 - ANDRAの当初の研究は、深地層処分オプションに大きく偏重。しかし、1997年6月成立の社会党主導の連立政権は、ANDRAでの研究の重点を変更し、バランスのとれたHLW管理オプション研究を要望。 - 1998年6月：国家評価委員会（CNE）は回収可能性に関する報告書を公表。将来世代による新たな技術開発成果の活用を選択等を可能にする回収可能性は処分場の設計の中で廃棄物の回収可能性を考慮すべきと評価。 - 地層処分に関しては、ANDRA長官は、1999年11月に米国エネルギー省の主催で開催された地層処分場に関する国際会議において、深地層処分に関して「最重要」とされる3つのルールを指摘。 (1)「各国において、懸案となっている問題に対して直ちに対処すること」 (2)「将来の世代が選択するのであれば、義務的なものではないが、回収できる可能性を将来の世代に提供すること」 (3)「処分場の『記憶』を長く留められるようにすること」 - 1993年～：パタイユミッションにより、ビュールでの地下研究所の設置。 - 1999年～2000年（中断）：花崗岩ミッション活動開始と中断。	- 同首相は、この凍結を宣言した後に、議会科学技術選択評価室(OPECST)に検討を要請。 - OPECSTの報告書（クリスチャン・パタイユ国民議会議員により策定）が、1990年12月に政府に提出され、1991年1月に公表。

(2) スウェーデンの場合

スウェーデンにおけるHLW処分政策の変遷と主要な転換点を追跡調査し、1980年代半ばに足踏みを経験することになったそれまでの調査研究および立地活動の時期を第1段階とした。調査研究活動の制約を打開すべくスウェーデン国内で広範な議論が行われた1980年代半ば以降から新たな方向を示すことになったSKBに

よる“RD&D Programme 92”(研究・開発および実証計画)公表時点である1992年までを第2段階と位置付けた。処分場開発活動に関して変更がみられ、新たな目標の達成を目指した動きがみられるそれ以降を第3段階と位置付け、比較的最近にいたるまでの状況をまとめた。調査結果の概要を表3に示す。

表3 スウェーデンの各段階の特徴的な事例

第1段階：転換点前

- 1972年：スウェーデン核燃料廃棄物管理会社 (SKB) 設立。
- 1977年：原子力条件法制定
- 1977年：SKBは放射性廃棄物処分の実現可能性に関する評価書KBS-1を公表。
- 1978年：SKBはKBS-2を公表。
 1. 使用済燃料は、集中保管施設で40年間保管後、地上の封入施設で燃料棒に分解し、銅キャニスターなどに封入。
 2. 銅キャニスターは、深さ約500mに建設される最終処分場に定置。(直接処分)
 3. 施設は、監視が必要と考えられる間は開けたままとする。その後、トンネルと立坑に石英砂とベントナイトの混合物を充填して密封。
 4. 燃料集合体の金属部材を固めたコンクリート固化体は地下300mの岩盤中に建設される別の処分場に処分する。
- 1983年：SKBはKBS-2をさらに詳細に検討したKBS-3を公表。
- 1977年から1983年：SKBは、スウェーデン国内全域の11ヶ所において研究サイトの調査を実施。7ヶ所での詳細調査の実施。その内のいくつかは地元自治体の反対で調査中止。SKBは、調査を机上調査に限定することを決定。1985年から1992年まで、研究の大部分は実験室や研究所での研究。

第2段階：転換点

- 1987-88年：放射性廃棄物の倫理的側面から処分概念、プロジェクトの進め方について議論。段階的アプローチの基礎を提唱。
- 1992年：SKBはRD&Dプログラム92を発表し、地層処分場プログラムに関し、従来と異なる対策を提案。RD&D

プログラム92は、立地と技術研究の両方に対して包括的なアプローチを明確に提示。RD&Dプログラムでは、地下研究施設における封入作業や研究と並行して、処分場立地を段階的に進めるプロセスを提示。

- RD&Dプログラム89(研究開発計画)に関する政府決定。SKBが行う最終処分場のサイトに関する選択は、詳細な特性評価を実施するためのSKBの申請を別の機関が審査する」

- RD&Dプログラム92で、SKBは処分場の立地には社会的受容性が重要であることを認識し、自治体と作業を進める戦略を決定。

第3段階：転換点后

- 1992年の初め：SKBは224の自治体全てに対してフィージビリティ調査に参加するように募集。この募集により、マラ(Malå)とストルマン(Storuman)でのフィージビリティ調査実施。(後に、両自治体とも住民投票を実施し、調査継続を辞退)
- 第2ラウンドとして、Nyköping (ニーチェピング), Varberg (バルベリ), Östhammar (エストハンマル), Oskarshamn (オスカーシャム)に的を絞って手紙を出し、その結果、ニーチェピング、エストハンマル、オスカーシャムの3ヶ所が参加に同意した。後になって、更に2ヶ所の自治体(ハルスフレッドとティエルブ)がフィージビリティ調査に同意。
- 2000年11月：SKBは、ティエルブ、エストハンマルおよびオスカーシャムをサイト特性調査段階の場所として選定。
- 2001年12月4日：エストハンマルの議会はサイト特性調査の受け入れを決定。
- 2002年3月：オスカーシャムは、サイト特性調査の受け入れを決定。
- 2002年4月：ティエルブは、サイト特性調査の受け入れを拒否。

(3) カナダの場合

カナダでは、1970年代後半から本格化した核燃料廃棄物管理計画がほぼ順調に移り、その成果を環境影響評価書の形にとりまとめた1994年頃までを第1段階と位置付けた。第2段階は、その後のカナダにおける核燃料廃棄物管理計画に変

更を促すことにつながった、環境影響評価書のレビューとその後の政策検討の期間、つまり1995年から2000年頃までとした。第3段階は、第2段階での議論に基づいて、「核燃料廃棄物の長期管理に関する法案」が議会に提出された2001年以降とした。調査結果の概要を表4に示す。

表4 カナダの各段階の特徴的な事例

第1段階：転換点前

- 1952年：カナダ政府は連邦国有会社、カナダ原子力エネルギー公社（AECL）を設立。
- 1975年：AECLは、カナダ地質調査所に対しカナダの地層構造が使用済燃料の処分に適合しているかを評価するための調査を依頼。
- 1977年：カナダ・エネルギー・鉱山・資源省はカナダにおける最適な処分法を特定するための研究を開始。地層処分を含め代替案を検討した結果、使用済み燃料の地層への埋設処分が最も可能性の高いオプションであると結論。さらに、花崗岩中に深く埋設することを推奨。
- 1978年：連邦政府とオンタリオ州政府は、カナダ盾状地の火成岩中の地層処分概念をAECLが研究開発することを決定。廃棄物の貯蔵、輸送、安定化処理および深成岩中への処分の技術開発と実証、処分サイト選定に必要な手法や技術の開発と実証、処分概念についての環境、安全面からの評価などを目的とした、核燃料廃棄物管理計画（NFWMP）を策定。
- 1980年：オンタリオ電力計画王立委員会は、オンタリオ州政府に対し、HLW処分に関する研究開発が1990年時点で満足すべき進展みられない場合、同州における原子力発電プラントの新規建設一時停止命令を出さざるを得ない旨表明。
- 1981年：（8月）カナダ政府とオンタリオ州政府は、核燃料廃棄物処分計画に関するカナダ／オンタリオ共同声明を発表。
声明の内容は以下の通り；
 - ・「いかなる処分地選定も、処分概念が国民に受け入れられるまでは実施しない」。
 - ・政府は「この評価過程の展望、関係機関の役割と責任、および国民が参加しうる方法に関する合意」に達した。他、さらに、放射性廃棄物深地層処分概念を評価するためオンタリオの北部地域の2つの調査箇所を指定。（地方自治体との事前相談なしで発表） 将来のサイト選定段階と調査研究段階を分離。AECLホワイトシュール研究所（マニトバ州）の近傍への地下研究所（URL）建設を承認。
- 1982年：深地層処分の概念評価に対する勧告を行うため、概念評価に関する関係者庁間レビュー委員会（IRC）設置。ホワイトシュールでURL建設開始。

- 1985年：概念評価フェーズでの規制要件文書R-71策定、公表
- 1986年：URL操業開始。
- 1987年：規制文書R-104「規制対象、放射性廃棄物処分のための要請とガイドライン—長期展望」策定、公表。
- 1988年：環境評価およびレビュー過程ガイドライン制度により、エネルギー・鉱山・資源大臣は、環境評価のレビューのため国民に廃棄物処分概念を説明。
- 1989年（10月）：環境大臣は環境評価およびレビュー過程の一環として、核燃料廃棄物管理問題を広汎に検討し、AECLの核燃料廃棄物地層処分概念の安全性と受容性を検討する環境評価委員会（CEAA）を指名。
- 1990年：（8月）評価委員会の下部に、科学的レビューグループ（SRG）を設置。地層処分概念の科学的および技術的側面から検討を実施。
- 1992年：（3月）環境影響声明の準備のための最終的ガイドラインがAECLに発布され、公開。
- 1994年：（10月）AECLは、処分が安全に実施できることを示した環境影響評価書（EIS）を環境評価パネルに提出。

第2段階：転換点

- 1995年：（10月）SRGは委員会への報告書（公開）で、次のように述べた。
『これらの不十分な点[※]、および、EISに示された概念の詳細記述のレビューおよび、それを支持する第1次参考文献に基づき、SRGはAECLの「処分システムの安全性を安全評価基準、ガイドラインおよび標準に照らして評価する方法が、一般的研究計画において合理的に達成可能な範囲で開発され、実証された。」とする結論に合意できない。』
- 1996年3月—1997年3月：公開ヒアリング実施。カナダ原子力労働者協議会（原子力産業界の労働組合）は、回収可能性および長期の監視を可能にする処分概念を提唱。
- 1998年：（3月）環境評価パネルは、処分概念の安全性と受容可能性およびカナダにおける使用済燃料の長期管理に関する報告書を提出。
 - ・AECLが提案した概念の技術的側面からの安全性は、概念段階において適切に実証されているが、社会的側面からの安全性の実証は、まだなされていない状況にある。

※これらの不十分な点とは、標準ケースは処分概念を代表するものとして狭すぎる／標準ケースモデルのための概念的枠組に欠陥がある／モデルの入力パラメータの選択、初期条件、境界条件、およびソースタームは十分でない／不確実性解析に説得力が乏しい、等である。

第3段階：転換点後

-2001年（4月）：カナダ天然資源省（NRCan）長官は法案C-27「核燃料廃棄物の長期管理に関する法案」（「核燃料廃棄物法案」）を下院に提出。法案は三つの重要要因から成り立っている：

- ・核燃料廃棄物の長期管理方法に関する活動に責任を有する別の法的機関－廃棄物管理機関（WMO）－を設立することを要求。
- ・所有者は廃棄物管理のための特別の信託基金を設定する。他

-2002年6月13日：法案C-27成立。

[法律条文の抜粋]

-核燃料廃棄物の発生者は、非営利法人、廃棄物管理機関（Waste Management Organization；WMO）を設立。

-WMOは同法施行から3年以内に、核燃料廃棄物を管理するためのアプローチ（複数）を連邦天然資源大臣に提案しなければならない。

-WMOはこの検討を行うため、原子力、核燃料廃棄物管理、広報、社会科学などの分野の専門家や地方自治体が選任した代表から構成される諮問委員会を設置する。

-WMOはアプローチの検討にあたって、次の処分方法のいずれかを考慮しなければならない。

- ・カナダ楕状地への深地層処分
- ・原子炉サイトでの貯蔵
- ・地上／地下施設での集中貯蔵

4. 3カ国の事例から得られるもの

本節では、転換時点（3節で示した第2段階）で行われた議論の主要課題を抽出し、各国に共通する議論や合意形成にあたっての重要な要素と考えられる事項について考察を試みた。

（1）転換点に至った背景要因の検討

2節でも述べたように、地層処分に関する技術開発、調査は、早い国では1960年代から始められ1970年代には本格化し、80年代に入ると一部の国で処分概念の成立性とその安全性を評価する手法が示され、研究開発段階から実際の処分事業へと移行する動きがフランス、スウェーデン、米国などで見られた。研究開発段階は、科学技術集団が主に活躍する段階であり、特定の地域を選定して研究開発をしない場合あるいは処分地にはならないことを前提にした場合には特に事業の是非に係る社会との緊張関係を持つことなく推移した。しかし、いざ処分事業への

展開が図られる段階になると、社会特に関係する地域社会の反応は敏感であった。地層処分の場合には、研究開発段階の次にくるのは、特定の場所を選定して行う当該地の地層処分場としての科学技術的適性を評価するためのサイトの詳細な調査であるのが一般的である。このことは科学技術的には妥当なことであり、科学技術集団にとってこの段階で地域社会から反対を受けることは、「意外なこと」と受け取られた可能性がある。科学技術集団は極めて真摯に取り組んできており、その延長上でその後の計画も進むことは当然であると考えるのは自然である。しかし、不足していたのは、当該地に地下研究施設を設置する、あるいは当該地を処分場候補地にする際のそれが当該地域にどのような影響を与えるか、ということへの繊細な配慮ではなかっただろうか。当該地域社会が地層処分のための候補地の選定段階で事業に対して懸念を表明するあるいは反対する理由には様々なことが考えられる。調査した国の経験の考察

に基づく、それらの要因は大きく次の3つに分類できると思われる。

- (a) 決定の過程や手続きに関するもの
- (b) 処分や管理の概念に関するもの、および
- (c) 処分がもたらすかもしれない影響に関するもの、

それぞれに対し具体的に例示すると以下のものが考えられる。

a. 決定の過程や手続きに関するもの

- ① プロセスの公平性に対する懸念（自分の地域に押付けられて損をしているのではないか）
- ② 選定のプロセスの妥当性（科学技術的に幅広い検討がなされてきたか）
- ③ 科学技術的視点のみによる選定への不快感あるいは不信心。
- ④（候補サイト）決定結果の公表という手続きへの不快感（DADアプローチ）
- ⑤ 重要な関係者の特定とコミュニケーション

b. 処分や管理の概念に関するもの

- ⑥ 処分概念への懸念（人の手から離れてしまうことへの懸念）
- ⑦ 硬直的な処分概念への懸念
- ⑧ 他の期待できそうな技術開発への無関心に対する懸念

c. 処分がもたらすかもしれない影響に関するもの

- ⑨ 処分場が地域社会へ与える影響に対する懸念
- ⑩ 処分の安全性に対する懸念

これらのうち、例えば、⑦については、

スイスにおける将来の世代による選択の柔軟性も含む処分概念の検討にもつながった要因である。

また、⑧については、フランスにおいて新たな方策を探る段階で提示された課題と共通しており、複数のオプションを当面地層処分の研究開発と平行して進めるべきとの、広く社会において選択肢を議論するきっかけになるものである。

以下、(2)～(5)節では、上記の中から、紙幅の関係上、決定過程と手続きに関する課題、および柔軟性のある処分概念に関して考察を試みる。

(2) 科学技術主導の立地選定プロセスの行き詰まり

フランスの場合はこの典型例である。サイト選定にかかわる科学技術的な基準を設定し、それに合致するサイトを選定し、その上で地元伝える、というのが転換点以前の選定方法であった。転換点以前のスウェーデンの立地方法はフランスのそれに近いものであった。一部の自治体では明確な反対運動も起きており、そのような経緯からサイトにおける調査を行うことが不可能になり、SKBは机上調査に切り替えざるを得ない段階を経験している。カナダの場合、カナダ楕状地の結晶質岩中への処分が概念として定められ、原子力発電所の多くが立地するオンタリオ州でサイトを選定することが決められた。処分概念の成立性を実証するため、マニトバ州のカナダ原子力公社(AECL)のサイトの近くに地下研究施設

が設置され、調査研究が進められた。それらの成果を総合して環境影響評価書が作成され、カナダ全土において一般公衆を含めた公聴会が開催された。その上で、環境影響評価パネルのレビューを経て、環境影響評価に対し政府の結論が下された。政府の結論の1つが、「技術的には評価するレベルに達しているものの、社会の合意が十分に得られたとは言い難い、として、再度処分概念を検討し直すべきである」というものであった。カナダの場合は、厳密な意味で立地選定の段階ではなかったものの、処分概念が公衆の支持を得ない以上立地プロセスに入ることができないことになっている。AECLの社会合意形成活動は、技術開発に比較すると十分でなかったことが指摘された。

ここであげた3カ国の場合、転換点の時期はそれぞれ異なるものの転換に至る原因のうち間接的なもの、あるいは遠因として、科学技術的検討のみによる立地選定プロセスの行き詰まりがあったということができよう。

子々孫々までの長期にわたる安全性が問題になるような施設の候補地の選定の場合、その施設が地域にもたらすメリットとデメリット、つまり社会的影響を正直にすべて伝え、その上で地域社会自らの十分な検討に基づいた決定がなされることが望まれる。

そのためには、技術情報など地域の人々が自ら判断するために必要な情報が開示されているとともに、決定の過程が明確にされオープンにされ、しかも地域の人々が議

論および決定に参加できる枠組みが整備されていることが必要である。これらは、リスクコミュニケーションにおける基本原則とされているものでもある。

(3) 課題を共有する一コミュニケーション

この要素に関しては、次節で述べる可逆性に関する要素ほどには明らかな形で報告などがなされているわけではない。しかし、例えば、フランスの場合に転換点後の調査サイト立地にあたり地域情報委員会を設置することは転換点以前にはみられなかったことである。また、スウェーデンの場合にはさらに一歩進んで、地元自治体を中心になって調査サイト受け入れの是非を議論した上で決定を下す、いわば市民中心の決定方法が取られてきている例がある（オスカーシャム）。カナダの場合には、転換点以前から社会合意形成のための研究と実践はAECLにおいて積極的に進められていたが、EIAのレビュー段階では、より多くのカナダ市民が参加するプロセスが確立していた（環境影響評価プロセス）。しかし、重要な関係者を含めさらに広範な人々の理解が十分とは言えないとの評価結果になった。

市民と対話をしつつ進める姿勢は、ほとどの国においても共通認識になっているといつてよいであろう。しかし、その前提にたった上で必要なことは、具体的な計画の中でそのことが明確に示されているということであろう。このことはともすれば理念だけを述べるのにとどまる

場合もある。その上で必要なのは、理念に基づく具体的な計画と実践であり、しかも身の入った計画、それを実践しうる人材と有効かつ柔軟に実践できる体制が必要になるであろうことを外国の例は示しているといえよう。

(4) 柔軟性のある処分概念

地層処分の初期の概念は、安全の見地から廃棄物を定置した後は早期に処分場を埋め戻し、人間の生活環境から隔離する、というものであった。

専門家による研究開発が主であった1980年代までは、このような早期の隔離が処分概念として専門家の間では定着していた。この概念による地層処分の実現を目指して具体的な研究開発あるいは候補となる場所の選定作業に入り、その段階でいくつかの国で市民等の反対に遭い計画の見直しに着手したわけである。

地層処分のように時間的にも空間的にも不確実性を含むプロジェクトに対し、社会はどのような判断を下していくのが望ましいか、との観点からの検討が、具体的な立地問題を目前にした段階に至ってようやく始められたとみることができる。

数万年以上にわたり潜在的な危険が存続する高レベル放射性廃棄物の安全性をどのように示すかというのが大きな議論の1つである。厳密な意味で安全性を実証できないものに対し、人間社会はどのような選択をするのが最も良いかという、意思決定の問題であり、科学技術サイドはそれを適切な性質を持つ地中深くに適

切な処分場を設計して廃棄物を定置し、早期に隔離することに求め、それが適切に実現できる可能性のある地域をも特定した。それに対し、一般の人々は、科学技術サイドの決定を聞かされ、多くの場合で防御反応を示した。何の確認もしないまま人間の手から廃棄物を早期に離れてしまい、万一放射性物質が人間の生活環境へもれ出てきて影響が及ぶことになったらどうするのか。処分システムが根本的に内包する不確実性への対処を放棄してしまうのではないか、しかも自分の家の近くで、との懸念を抱いたと理解してよからう。

1つの案として、厳密な意味ではないが一定程度の実証を可能とするような段階を処分プロセスの中に入れる案が浮上してきた。処分をはじめの段階ですべて決めてしまうのではなく初期のある期間を限定して処分の実現性や安全性を確認し、その上で再度決定を行ってはどうかという、より柔軟な方法である。これは、世代間にわたる廃棄物管理の責任と将来の選択権、およびそのバランスへの配慮について議論された結果浮上してきたものである。具体的な方策として、社会の合意のための意思決定を関係者の間で対話を重ねながら何回かに分けて行っていく段階的なアプローチが提唱された。段階的なアプローチでは、プロセスが逆に戻ることもあり得るし、場合によっては廃棄物の回収も行いうることがプロジェクトの計画の中に含まれていることが重要になる（図1 スウェーデンの例を参照）。

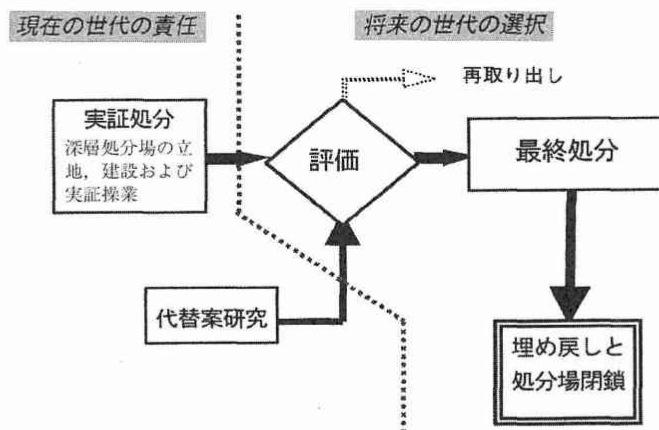


図1 転換点で提案された段階的な処分（スウェーデンの例）

（5）柔軟性のある進め方

世紀が変わって現在では、いくつかの国における過去の経験を踏みに、段階的アプローチが一般的な方法として定着しており、後戻り可能性あるいは廃棄物の回収可能性を含む地層処分を提唱している国もみられる。

フランスの場合には、1年間のモラトリアムの間に高レベル放射性廃棄物処分を含む管理の進め方に関し、議会で議論が行われた。その際、人々の懸念としてあった後戻りができないようなプロセスに対する見直しが重要なテーマのひとつであった。この点を踏まえて、管理研究法では、不可逆あるいは可逆性を含む地層処分の研究を推進することを含めた。

スウェーデンの場合には、資料調査の範囲からは、それほど後戻りのないことに対する人々の懸念を読み取ることはできない。しかし、1980年代後半から行われた処分の進め方に関するKASAMなどの議論において、処分を計画する現世代の責任と将

来世代の選択権に配慮すると将来世代が後戻りを含め別の選択も可能になるような方法がより良い方法として選択された。

カナダの場合には、環境影響評価のレビューの段階で行われた公開ヒアリングの場において、カナダ原子力労働者協議会（原子力産業界の労働組合）が提出した意見を尊重する形で今後新たに設置される主体を中心に改めて処分概念が議論されることとなった。

「処分場の閉鎖の決断は、社会がその廃棄物を使わない、そして、そうすることが安全であると断定したときにのみ行うべきものである。閉鎖をするときは将来の回収の可能性を排除するべきではない。閉鎖以前は、（そもそも保管は）、社会が簡単に近づくことを望み、制度として監視することを望む限り、中間貯蔵施設である。」

また、転換後に成立した法案に関し段階的アプローチの有効性を次のように述べている。

「本法案は、フェーズを区切った段階的アプローチを採用している。そうすることで、計画され、

実行されてきた今までの廃棄物管理活動がレビューできるし、国民が各段階に有効に関与できることになる。」

「法案は現世代の責任を中心に考えているが、次世代以降にそのような事態が発生すれば、次世代以降の人間が改めて意思決定をすることができるよう柔軟なものとしている。カナダはいまや、技術的安全性の問題のみならず、カナダ人の社会観、倫理観などすべてを取り込んだ統合問題を解決する形で核燃料廃棄物長期管理のための適切な回答に向かって実質的に前進できる体制が整ったのである。」

これら3カ国では政策あるいは方策の転換にあたり、明らかに市民にとってきわめて気になる処分の可逆性が議論され、その後の政策あるいは進め方の重要な要素になってきていることが理解できる。

高レベル放射性廃棄物処分のように不確実性が大きい長期の安全性について説得力を持って断言することがなかなか難しく、「何かあったらどうするのか？」との懸念がつきまとう問題に対し、市民はどのように対応したらよいのであろうか。自ら

信頼を置く専門家などの判断に頼ったり、そのような専門家との対話を通じて理解を含めていくことも考えられるであろう。一方で、処分事業への基本的な取り組み方針の面からは、諸外国での経験から提示された段階的アプローチと事業の可逆性は、不確実性を含む課題の解決方法としてほとんど唯一適切なものと考えられる。つまり、分かったことについて、対話に基づき段階的に合意を形成していくとともに、方針転換が必要な場合には後戻りや別の選択も可能であるということ（可逆性）が担保されているアプローチが、市民がこの問題への取り組みに参加することを促すことになる期待される（図2—フランスが経験した後戻り参照）。

5. おわりに

わが国では、2000年6月に成立した「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」により、高レベル放射性廃棄物は、地下

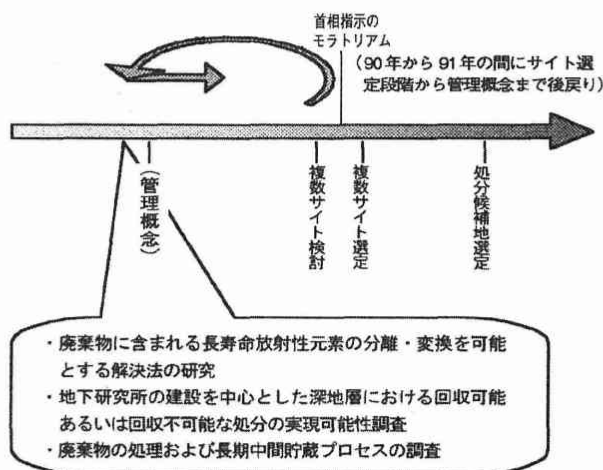


図2 後戻りの経験（フランスの例）

300mより深い地層中に処分されることが決められた。また、同年10月には、処分の実施主体として原子力発電環境整備機構（NUMO）が設立された。NUMOは、2002年12月に概要調査地区を全国から選定するため公募を開始している。今後、応募する自治体が出てきた場合に、ここで紹介したサイト問題で諸外国が経てきたことのいくつかを経験するかもしれない。諸外国の事例（転換とその後の展開）は、わが国にとっても参考になることが少なからずあると思われる。

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業は、不確実性の中で社会がどのようなアプローチと広い意味での規準を持って判断を下すか、という社会的影響の極めて大きい問題である。しかも、相手にする時間の長さから今まで経験したことのない問題に取り組もうとしていることを考えると、決められた目標に向かって時を刻むような従来の枠組みだけにとらわれるのではなく、後戻りの余地や選択肢に対する準備などを含むより柔軟な決定のあり方を構築していくことも必要ではないだろうか。また、原子力領域の「ごみ」をどうするのか、という視点でなく、広く社会の意思決定の問題であると積極的に捉えて1つの方法論を提示するような心構えで取り組むことも大事ではないかと考えている。

参考文献

- (1) NAS/NRC, The Disposal of Radioactive Waste on Land, September, 1957
- (2) OECD/NEA, Disposal of Radioactive Waste, An Overview of Principles Involved, 1982
- (3) IAEA, Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Waste, Safety Series No. 99, 1989
- (4) OECD/NEA, Disposal of Radioactive Waste: Can Long- Term Safety Be Evaluated? , An International Collective opinion, 1991
- (5) OECD/NEA, The Environmental and Ethical Basis of the Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Waste, 1995
- (6) OECD/NEA, Strategic Areas in Radioactive Waste Management, 1999
- (7) Law No. 91-1381 of 30 December 1991 on Radioactive Waste Management Research, 1991
- (8) EC, Concerned Action on the Retrievability of Long-Lived Radioactive Waste in Deep Underground Repositories, 19145EN, 2000
- (9) KASAM/SKN, Ethical Aspects on Nuclear Waste, SKN Report 29, 1988
- (10) SKB, RD&D Programme 92
- (11) SKB, Claes Thegerstrom, The Swedish Approach to Spent Fuel Disposal-Stepwise implementation and the Role of Retrievability, 1997
- (13) EKRA, Disposal Concepts for Radioactive Waste, Final Report, January 2000
- (14) NAS/NRC, One Step At a Time, 2003
- (15) AECL, Environmental Impact Statement on the Concept for Disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste, AECL-10711, COG-93-1, September 1994
- (16) CEAA, "An Evaluation of the Environmental Impact Statement on Atomic Energy of Canada Limited's Concept for the Disposal on Canada's Nuclear Fuel Waste, Report to the Scientific Review Group, October 1995
- (17) AECB, Regulatory Policy Statement, "Deep Geological Disposal of Nuclear Fuel Waste: Background Information and Regulatory Requirements Regarding the Concept Assessment Phase," (Regulatory Document R-71), January 29, 1985
- (18) AECB, Regulatory Policy Statement: "Regulatory Objectives, Requirements and Guidelines for the Disposal of Radioactive Wastes -- Long-Term Aspects," (Regulatory Document R-104), June 5, 1987
- (19) AECB, "Geological Considerations in Siting a Repository for Underground Disposal of High-Level Radioactive Waste," Regulatory Guide

エネルギーに関する公衆の意識調査



下 岡 浩 (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 主管研究員)

1. はじめに

どのような産業、技術であろうと、社会の構成員である公衆から認められずに存続できるものはない。エネルギーにおいても例外ではなく、このテーマは今日最も重要なものの1つとなってきた。

従って、公衆のエネルギーに対する意識を常に把握しておくことは、従来に増して重要になってきている。そのため、いくつかの組織においてアンケート調査など行われており、その分析結果は、公衆とのエネルギー情報共有のあり方について多くの知見を与えるなど、有効に活用されてきたと思われる。ただし、調査の性格上、情報はあまり公開されておらず、必要とする分析を行うための調査データは不十分な状態にある。そこで、当研究所は、エネルギーに関する公衆の意識を分析し、これを社会に広く提供することが有意義なものと考え、公開を目的として、アンケート調査を実施した。

今回行った調査の概要は表1の通りである。調査結果は、あくまでも首都圏内

表1 調査の概要

- (1) 調査対象地域：首都圏（東京都30km圏内）
- (2) 調査対象：満20歳以上の男女個人
- (3) 抽出法：割当法（首都圏の性×年代別人口構成に合わせ、あらかじめ割り当てた目標数に達するまで回答者を選んで調査をする）
- (4) 調査方法：留置法（調査員が対象者宅を訪ね、調査票を留め置き、後日記入された調査票を回収に訪問する）
- (5) 調査期間：平成15年10月20日～11月17日
- (6) 質問構成：
 - ①公衆の一般的な社会や生活に関する意識
 - ②公衆のエネルギー問題に対する意識
 - ③公衆の原子力発電に関する意識
 - ④平成15年の首都圏における電力不足の懸念に関する意識

の公衆の意見を調査した結果であり、全国の公衆の意見を表すものではないことに留意する必要がある。

2. アンケート結果の概要

アンケート調査の結果をまとめると表2のようになる。以下では、それぞれの項目について具体的に述べる。

表2 アンケート調査の主な結果

(1) 安全と経済的安定を求める気持ちが強い	(11) 2004年夏の首都圏における電力不足問題に対する意識
(2) エネルギー問題や原子力発電への関心は低い	●実際に電力不足が発生しなかった原因は多くが「冷夏だったから不足や停電がなかった」との認識であり、「電力会社の電力不足解消の努力」「消費者の節電の努力」とみる人は少ない。
(3) 今後の日本のエネルギー使用量は多くなると予想し、供給不安を感じている	●多くの人が電気に頼りすぎる社会に不安を感じたが、同時に電気の重要性の再認識もしている。
(4) 新エネルギーへの期待は非常に大きい	●原子力発電に頼りすぎるといった人もある程度いたが、原子力発電以外の電力でなんとかするとの回答は非常に少ない。
(5) 原子力発電に関して、過半数の人が有用、不安と回答	●立地地域への感謝の気持ちが強くなったとの回答は20%程度である。
(6) 原子力発電の安心感・安全感に関する評価はあまり良くない	
(7) 原子力発電の具体的な有用性の認識は低い	
(8) 有用感は原子力発電の利用一廃止の大きな態度決定要因であるが、それは具体的な有用認識に基づいたものではない	
(9) 原子力発電を有用&不安と思う人が約3割いる	
(10) 女性は原子力発電に特に否定的とはいえない	

(1) 強く求める安全と経済的安定

図1をみると、日本が目指すべき社会として、安全と経済的安定に関する項目が上位にあり、「自由」「平等」「知る権利」といった民主主義の基本理念となる項目が下位にある。また、図2でも関心のある問題として安全と経済的安定に関する項目が上位にある。

つまり、首都圏の公衆は、安全と経済的安定を求める気持ちが強いといえる。エネルギー問題を考える際にも、この公衆の心情を常に考慮する必要があるといえるのではないだろうか。

(2) 低いエネルギー問題、原子力発電への関心

図2をみると、関心のある問題として、科学技術やエネルギー問題は下位にあり、図3では、不安に感じるものとして、エネルギー危機や原子力発電所の事故が下位にある。従って、首都圏の公衆のエネ

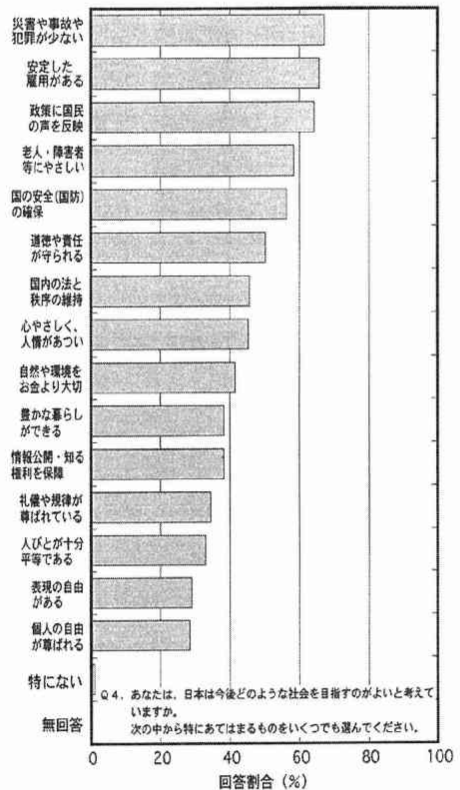


図1 日本が目指すべき社会

ルギー問題や原子力発電への関心は他の事項に比べて低いといえる。

他のアンケート調査結果でも、原子力に対する関心が低下しているとの結果も

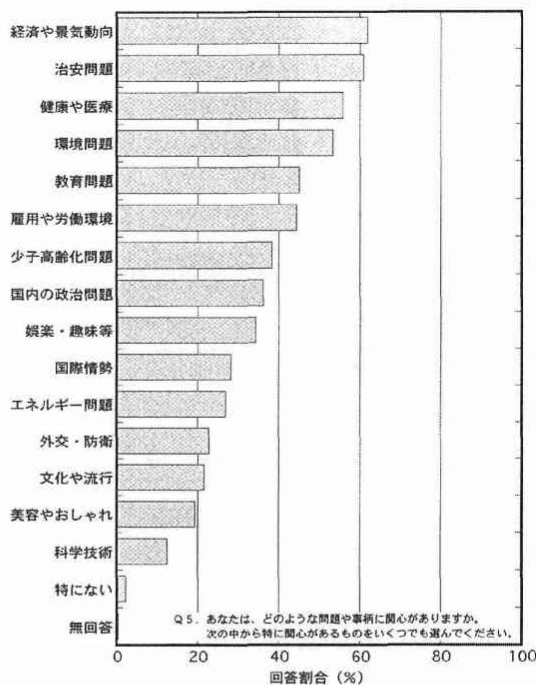


図2 最も関心がある問題や事柄

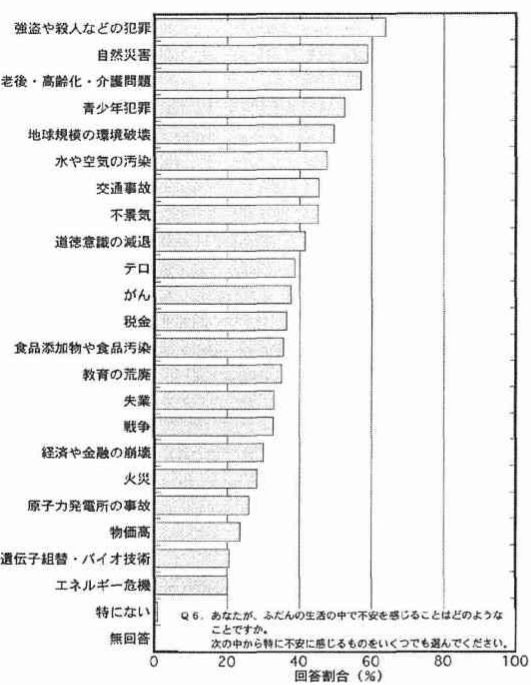


図3 日常生活の中で特に強く感じる不安

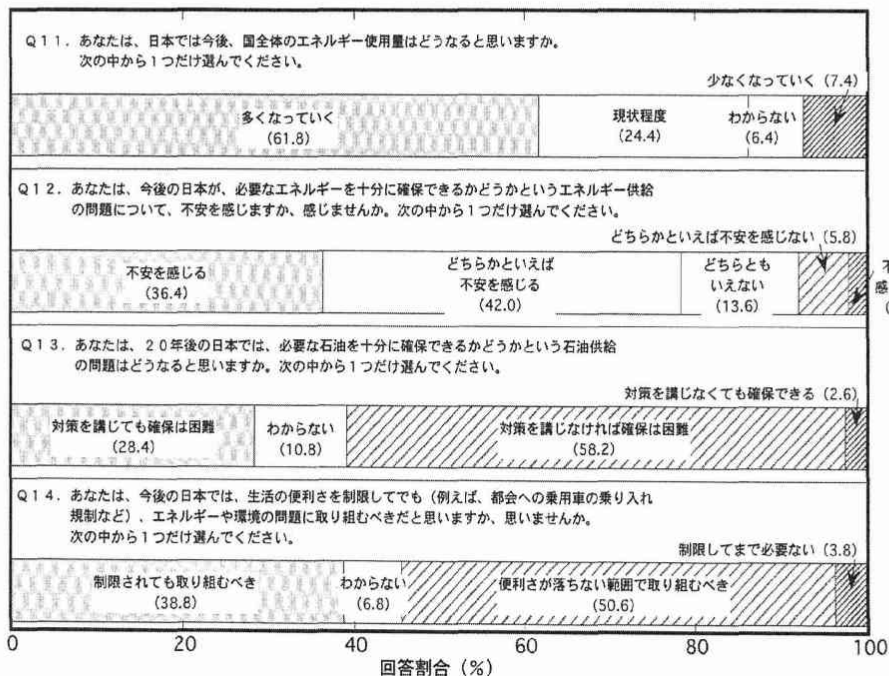


図4 今後の日本のエネルギー問題についての意識

あり、エネルギー問題や原子力発電に関して公衆に対する活動を行う際には、公衆の低関心ということを前提に行う必要があると思われる。

(3) 今後のエネルギー使用量増加を予想

今後の日本のエネルギー問題について聞いてみた結果、国全体のエネルギー使用量は過半数の人が多くなると回答して

いる。そして、日本のエネルギー供給の問題について、大部分の人が不安を感じており、20年後の石油供給の問題について、約3割の人が「対策を講じても確保は困難」との危機感を持っている(図4)。

これらの危機感や意識、さらにいえば後述の原子力発電に対する意識などは「今後の国全体のエネルギー使用量は多くなる」との認識下において形成されたものであ

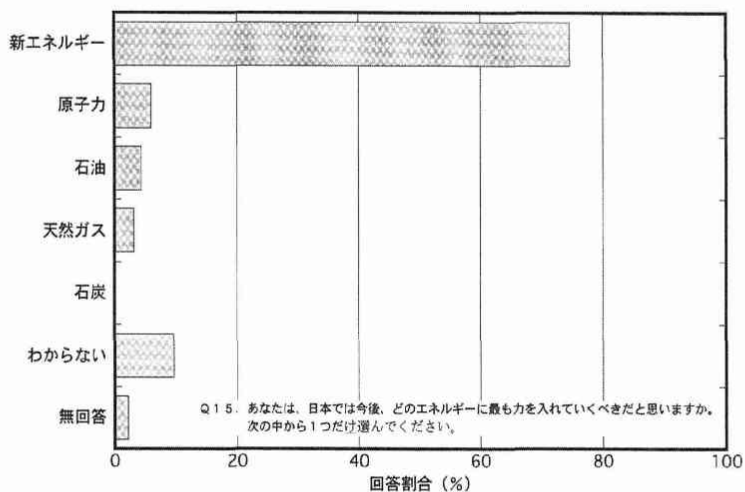


図5 日本が最も力を入れていくべきだと思うエネルギー

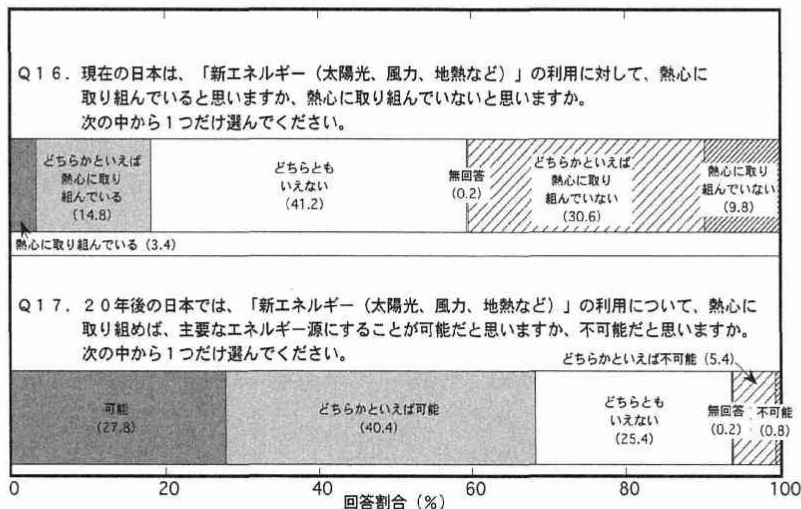


図6 新エネルギーの利用についての意識

り、今後国全体のエネルギー使用量がそれほど多くなならないとなった時、公衆のエネルギーや原子力発電に対する意識がどのように変化するかを今から考慮しておくべきであろう。

(4) 非常に大きい新エネルギーへの期待

図5に見られるとおり、日本が最も力を入れていくべきだと思うエネルギーは圧倒的に「新エネルギー」が多い。その「新エネルギー」について、現在の日本は、その

利用に熱心に取り組んでいると思う人は少ないが、熱心に取り組めば20年後の日本では主要なエネルギー源にすることが可能だと思う人が大部分であり、不可能と思う人はほとんどいない(図6)。このように、首都圏の公衆の「新エネルギー」への期待は非常に大きいものがある。

(5) 過半数が原子力発電は有用、不安と回答

原子力発電の利用—廃止の意見をみる

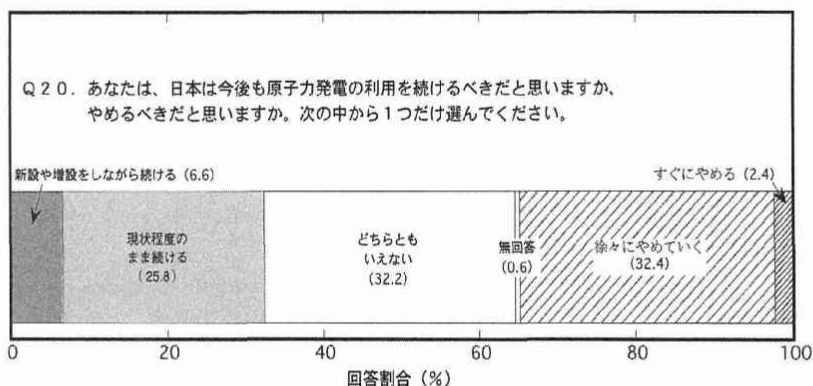


図7 原子力発電の利用—廃止の意見

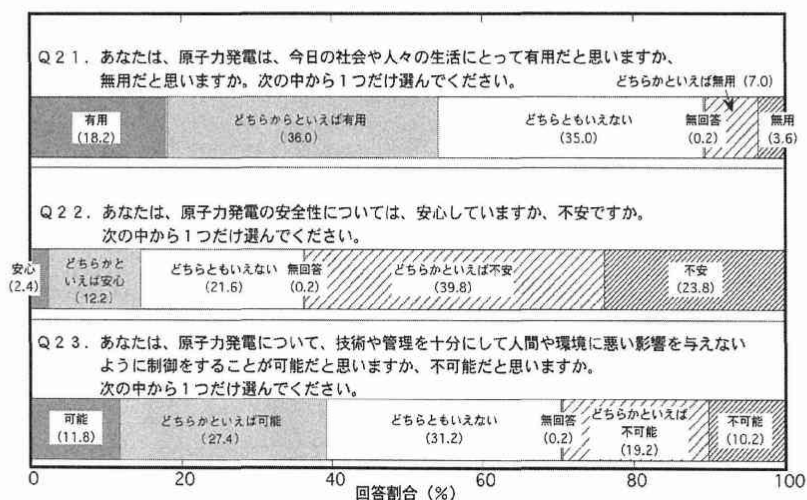


図8 原子力発電の有用感・安心感・制御可能性

と、「新設や増設をしながら続ける，現状程度のまま続ける」と回答するグループ（以下利用派という），「どちらともいえない（無回答を含む）」と回答するグループ（以下中間派という）と，「すぐにやめる，徐々にやめていく」と回答するグループ（以下廃止派という）の数がほぼ3分の1ずつとなっている（図7）。

また，原子力発電の有用感は過半数の人が有用，安心感は過半数の人が不安と回答している。また，原子力発電の制御可能感には，「可能」「不可能」「どちらともいえない」が同程度となっている（図8）。

（6）あまり良くない原子力発電の安心感・安全感に関する評価

原子力発電の有用感や安心感・安全感に関して，さらに詳しく検討するために，具体的な質問をしてみた。まず，日本の原子力発電所の運営の適切感については，「適

切に運営されていない」との回答と「どちらともいえない」が約40%となっている。

次に，情報公開感については，「原子力発電に関係する情報が公開されていない」との回答が大部分である。

また，廃棄物処理可能感については，「今後，日本は原子力発電によって生み出される放射性廃棄物の処理・処分を適切に行うことができない」との回答が約半数となっている（図9）。

いずれにしても，首都圏の公衆が持つ原子力発電の安心感・安全感に関する評価はあまり良くないといえる。

（7）低い原子力発電の具体的な有用性の認識

次に，原子力発電の有用感に関する具体的な項目について意見を聞いた。まず，日本の原子力発電は発電コストの安定化や低価格化に貢献しているかどうかというコス

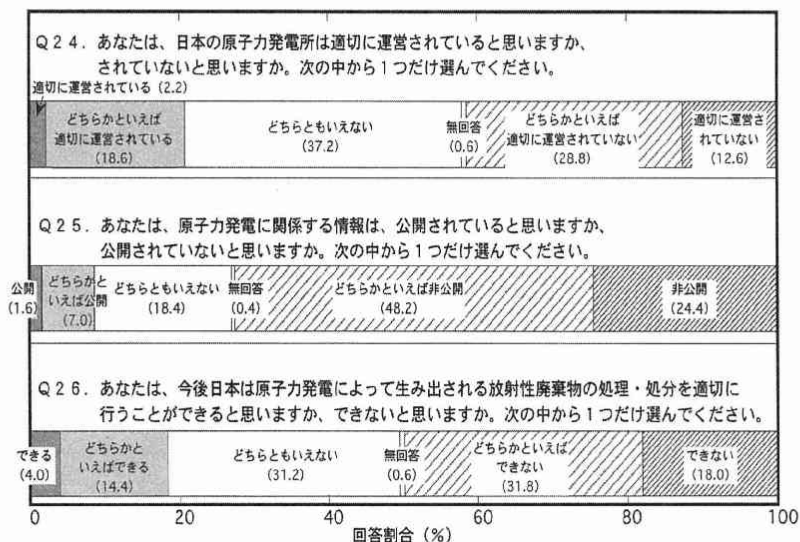


図9 原子力発電の安心感・安全感に関する意見

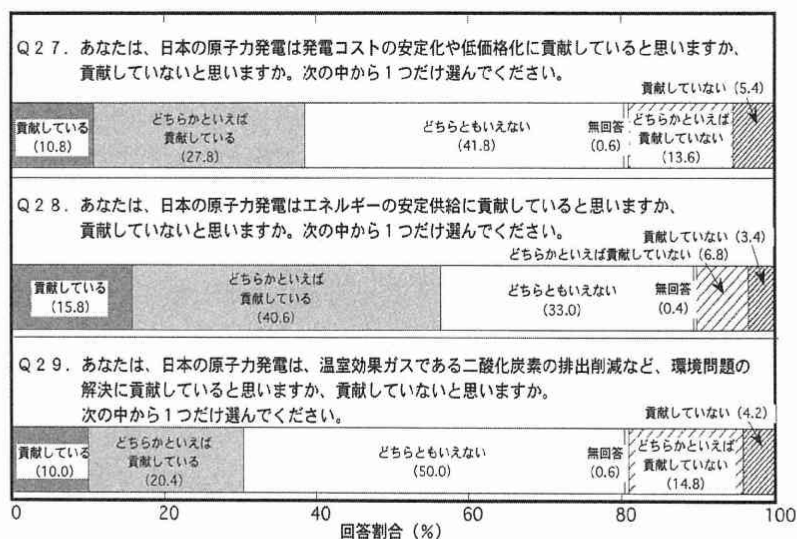


図10 原子力発電の有用感に関する意見

トへの貢献感については、「貢献している」「どちらともいえない」が約40%である。次に、エネルギーの安定供給に貢献しているかどうかという供給安定への貢献感については、貢献しているとの回答が過半数であり、貢献していないとの回答は非常に小さい。最後に、温室効果ガスである二酸化炭素の排出削減などの環境問題の解決に貢献しているかどうかという環境問題への貢

献感については、「どちらともいえない」との回答が半数である（図10）。

供給安定への貢献を除き、「どちらともいえない」との回答が多いなど、首都圏の公衆の原子力発電の有用性に関する認識は低いといえる。

（8）有用感具体的な有用認識に基づいていない

表3 相関係数

	利用一廃止	有用感	安心感	制御可能感	運営の適切感	情報公開感	廃棄物処理可能感	コストへの貢献感	供給安定の貢献感	環境問題の貢献感
利用一廃止	1.00									
有用感	0.57	1.00								
安心感	0.52	0.43	1.00							
制御可能感	0.44	0.47	0.52	1.00						
運営の適切感	0.39	0.33	0.51	0.34	1.00					
情報公開感	0.23	0.22	0.37	0.22	0.47	1.00				
廃棄物処理可能感	0.37	0.31	0.43	0.46	0.46	0.45	1.00			
コストへの貢献感	0.16	0.31	0.20	0.24	0.17	0.17	0.27	1.00		
供給安定の貢献感	0.20	0.38	0.23	0.24	0.15	0.13	0.24	0.65	1.00	
環境問題の貢献感	0.25	0.40	0.35	0.27	0.27	0.29	0.36	0.51	0.56	1.00

注）相関係数：2つの変量の相関の大きさを表す係数。常に0から1の範囲で、値0は行変数と列変数の間に全く関連がないことを示し、値が1に近いときは変数間の関連の度合いが高いことを示す。

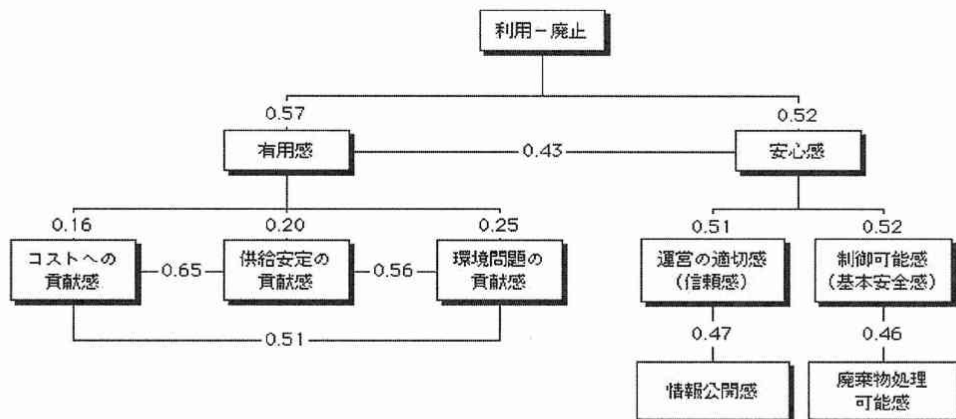


図11 原子力発電の各質問間の相関の強さ（相関係数）

上記の原子力発電に関する各質問間の相関係数（2つの変量の相関の大きさを表す係数）を表3に示し、この表から、相関の強いものや興味深い関係を示すものを抽出して、各質問間の関係を図11のように作成した。

これによると、「原子力発電の利用-廃止」の態度決定には「有用感」と「安心感」、そしてこれらに続いて「制御可能感」が関係していることが分かる。ただし、「安心感」より「有用感」との方が相関は強い。

「有用感」と「コストへの貢献感」「供給安定の貢献感」「環境問題の貢献感」の相関はあまり強くなく、首都圏の公衆は漠然とした「有用感」はあっても、それは具体的な有用認識に基づいたものとはいえないように思われる。

一方、「安心感」には「制御可能感」と「運営の適切感」が明確に関係している。原子力発電は適切に運営されれば基本的に安全なものであるという認識と、実際に適切に運営されているとの信頼感が安心感を生み出す大きな要因の1つとなっ

ていることがわかる。

さらに、「運営の適切感」には「情報公開感」と強い相関関係がある。情報公開されているとの認識が運営への信頼感に繋がり、さらにそれが原子力発電への安心感に繋がる1要因になる、といえる。

また、「制御可能感」には「廃棄物処理可能感」と強い相関関係がある。日本の放射性廃棄物の処理・処分が可能であるとの認識が、原子力発電への制御可能感（＝基本的な安全感）に繋がり、さらにそれが原子力発電への安心感に繋がる1要因になる、といえる。

（9）「原子力発電は有用&不安」が約3割

前節のように、有用感と安心感は原子力発電の利用-廃止の意見と大きな関係がある。無用感をもつ人はそのほとんどが「廃止派」となり、安心感をもつ人はその多くが「利用派」となるが、それらのグループの人数は少数である。また、半数以上の人々は原子力発電に有用感または不安感を持っているが、有用感を持

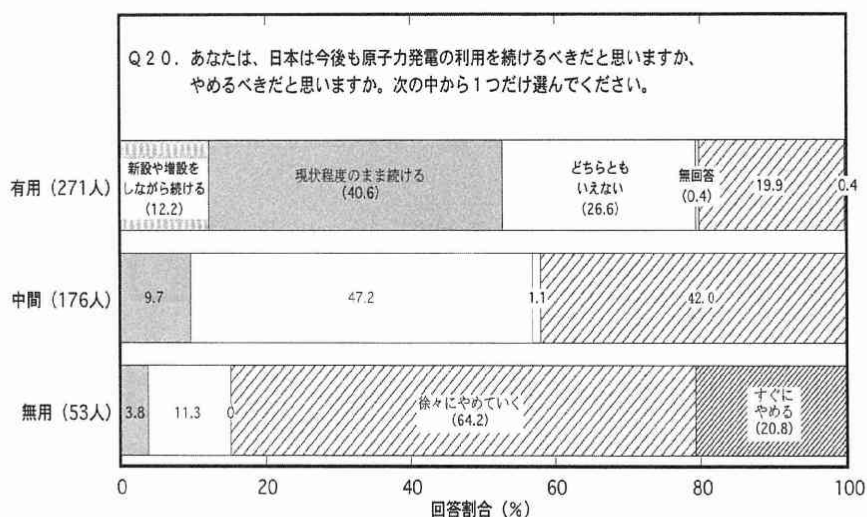


図12 原子力発電の有用感別にみた原子力発電の利用一廃止の意見

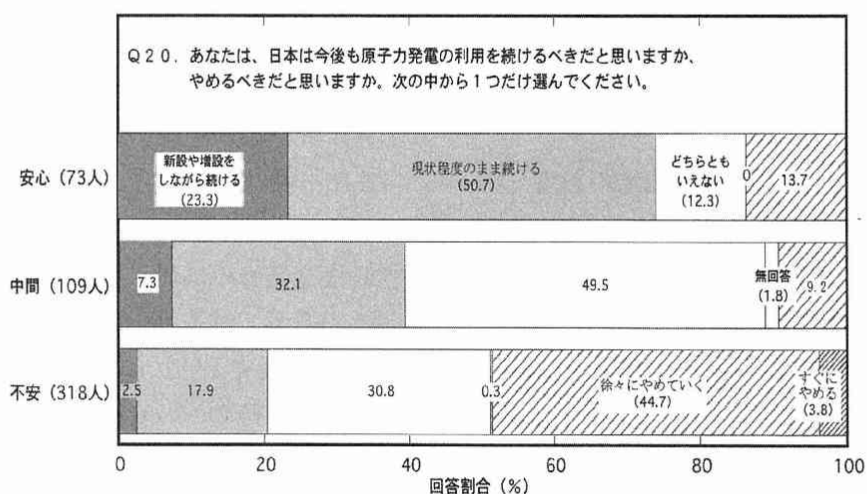


図13 原子力発電の安心感別にみた原子力発電の利用一廃止の意見

表 4 有用感と安心感の関係

総数 (500人)	安心 (73人)	中間 (109人)	不安 (318人)
有用 (271人)	13.2%	12.0%	29.0%
中間 (176人)	1.4%	9.4%	24.4%
無用 (53人)	0%	0.4%	10.2%

つことがただちに原子力発電の利用派となるわけではなく、不安感を持つことがただちに原子力発電の廃止派となるわけではない（図12，13）。

このように、原子力発電の有用感と安心感は推進度評価に大きな影響があるので、ここで、この2つの関係を表4のように示した。この表から公衆を便宜的に①有用&非不安グループ、②有用&不安グループ、③非有用&不安グループ、④その他グループに分類してみた。①②③

は、それぞれ3割前後を占めている。④は少なく、公衆はほぼ①②③の3グループで分類できる。

これら4グループ別に原子力発電の利用—廃止の意見を図14に示す。この図をみると、有用&非不安グループは当然、ほとんどが推進派であり、非有用&不安グループはほとんどが廃止派となっており、有用&不安グループでは利用派と廃止派は若干利用派の方が多くなっている。このグループが「不安だが有用だから利

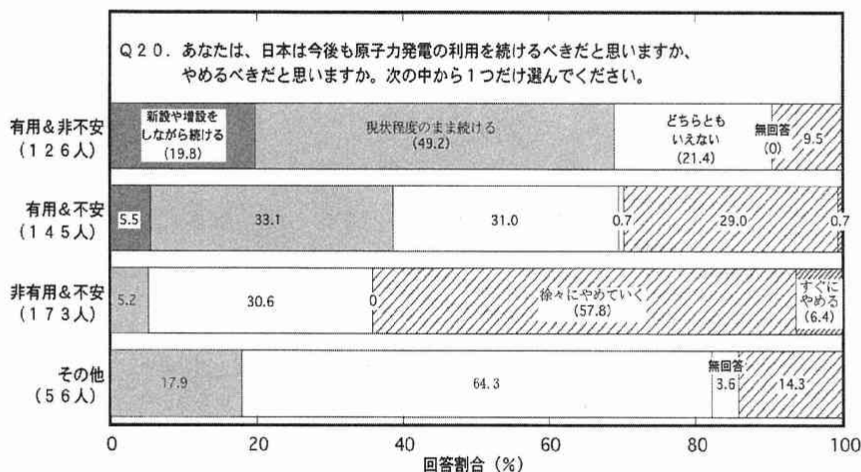


図14 有用感×安心感別にみた原子力発電の利用—廃止の意見

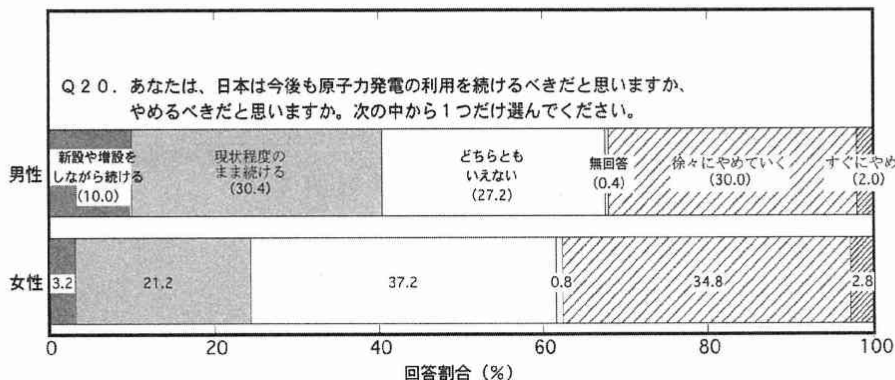


図15 性別でみた原子力発電の利用—廃止の意見

用」となるか、「有用だが不安だから廃止」となるかが重要な問題といえる。

(10) 女性は原子力発電に特に否定的とはいえない

原子力発電の利用－廃止の意見を性別でみると、女性は男性に比べ廃止派が若干多い程度であり、中間派が多く、その分利用派が少ないという結果を示している（図15）。

有用感に関しても、性差の傾向は原子力発電の利用－廃止の意見とはほぼ同様であり、女性の方が男性に比べ否定的意見（無用）は同じ程度であり、中間意見が多く、その分、肯定的意見（有用）が少ない、という結果を示している。特に、有用感に関して、（どちらともいえない、無回答）との中間意見が半数近くもあるの

は注目すべきことといえる。

さらに、原子力発電の安心感・安全感に関する意見でも、女性の方が男性に比べ若干否定的である。ただし、他の質問の結果からも、一般的に女性は男性に比べ、安全面において関心が高いという傾向が出ているので、特に原子力に対してのみ安心感・安全感に否定的なわけではないといえる（図16）。

(11) 2004年夏の首都圏電力不足問題に関する意識

この問題に関して、以下の結果が得られている（図17）。

- 実際に電力不足が発生しなかった原因は多くが「冷夏だったから不足や停電がなかった」との認識であり、「電力会

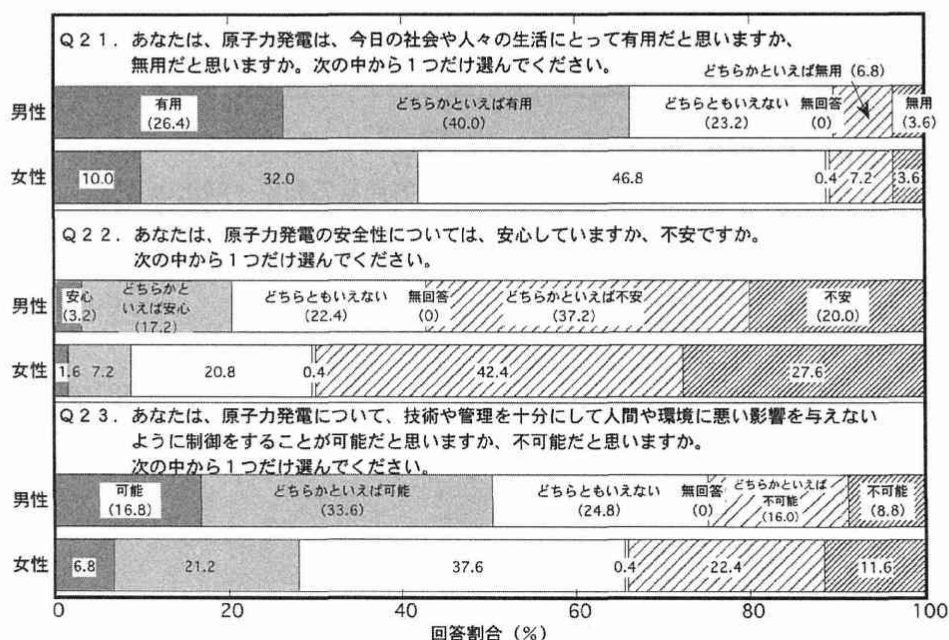


図16 性別でみた原子力発電の有用感・安心感・制御可能性感

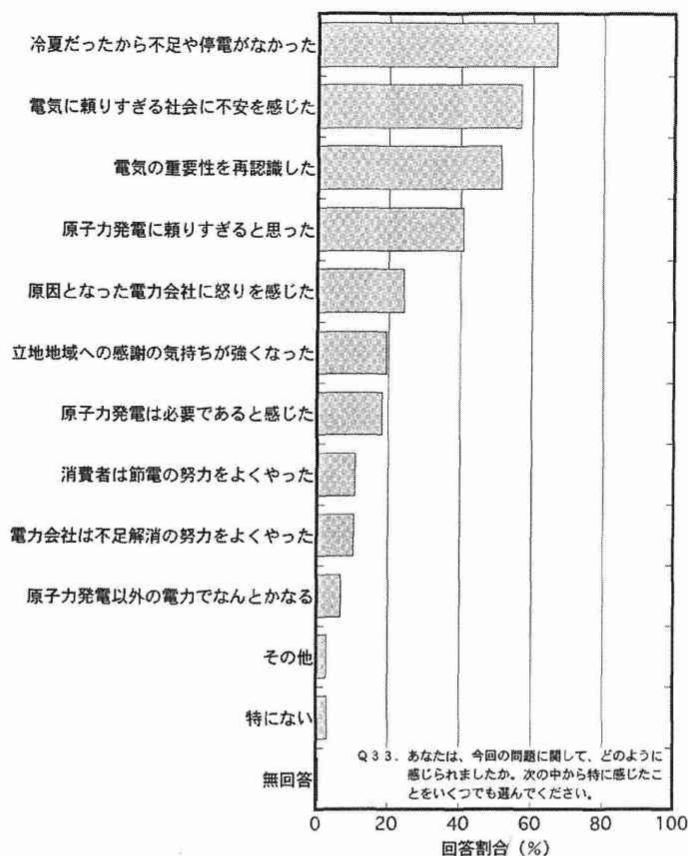


図17 2004年首都圏電力不足問題への意識

社の電力不足解消の努力」「消費者の節電の努力」とみる人は少ない。

- 多くの人が電気に頼りすぎる社会に不安を感じたが、同時に電気の重要性の再認識もしている。
- 原子力発電に頼りすぎと思った人もある程度いたが、原子力発電以外の電力でなんとかなるとの回答は非常に少ない。
- 立地地域への感謝の気持ちが強くなったとの回答は20%程度である。

4. おわりに

今回の調査で最も特徴的なことの1つは首都圏の公衆は「安全と経済的安定を求める気持ちが強い」、つまり安全・安心・安定といったものを求める気持ちが強い、ということである。エネルギー問題を考える際にもこのことを常に考慮する必要があるといえる。

また、今後の日本におけるエネルギー・環境問題への意見・意識は「今後の国全体のエネルギー使用量は多くなる」との認識下において形成されたものであり、今後国

全体のエネルギー使用量があまり多くならなくなったとき、公衆のエネルギーや原子力発電に対する意識がどのように変化するのかということを考慮すべきである。

ただし、全体的にみると、首都圏の公衆のエネルギー問題や原子力発電への関心は相対的に低い。それに対し、環境問題に対する関心は高く、その解決策として新エネルギーへの期待は非常に大きいものがある。

原子力発電に対しては、過半数の人が「有用」、「不安」と回答している。原子力発電の利用－廃止の態度決定にこの有用感と不安感が要因となっており、特に「有用感」は原子力発電の利用－廃止の態度決定の大きな要因となっている。しかし、有用感と原子力発電の「発電コストの安定化や低価格化への貢献、エネルギーの安定供給への貢献、環境問題の解決への貢献」といった具体的な有用性に対する意識との相関は低く、具体的な有用性の認識自体もまだ明確になっていないと推測される。

また、もう一方の大きな態度決定要因である「安心感」には、「制御可能感」と「運営の適切感」が大きく関係している。原子力発電は適切に運営されれば基本的に安全なものであるという認識と、実際に適切に運営されているとの信頼感が安心感を生み出す要因の1つとなっている。この「運営の適切感」には「情報公開感」と強い相関関係があり、情報公開されているとの認識が運営への信頼感に繋がり、さらにそれが原子力発電への安心感に繋がる、といえる。さらに、「制御可能感」には「廃

棄物処理可能感」と強い相関関係がある。日本の放射性廃棄物の処理・処分が可能であるとの認識が、原子力発電への制御可能感（＝安全感）に繋がり、さらにそれが原子力発電への安心感に繋がる、といえる。他にも要因があるとは思われるが、これらの要因も大きな影響を持つ1つであることは考慮されて良いと思われる。

どちらにせよ、多くの公衆は原子力発電を有用または不安と思っており、「不安だが有用だから利用」となるか、「有用だが不安だから廃止」なるかが重要な問題といえる。

また、回答結果をみると、おそらくは長引く不況や比較的安定したエネルギー状況の中で、公衆の意識の中でのエネルギー問題は希薄なものとなっていると思われる。そのため、現状の公衆は、エネルギー問題について厳しく見つめ直すといった状況ではなく、一言でいえば「なんとなく」といった感覚的な対応になっている状況と推察される。

なお、今回のアンケート結果は後日当研究所のウェブサイト (<http://www.iae.or.jp/index.html>) において公開の予定です。本報では紙面制約により報告できなかった部分も含めて公開いたしますので、詳細にご関心のある方はご利用下さい。

最後に、アンケート調査にご協力いただいた回答者の皆様に対し心より御礼申し上げます。

また、この報告は(財)電力中央研究所の助成金を用いて行った調査の結果をまとめたものです。ここに感謝の意を表します。

平成16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16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
 - ・太陽光発電技術
 - ・省エネルギー技術
- (2) 原子力エネルギーシステムの技術開発戦略に係る調査研究
- (3) 革新的実用原子力技術開発
 - ・提案公募事業
 - ・技術開発プロジェクトに係る技術開発成果の評価
- (4) 原子力システム研究開発シーズ調査研究

- (5) 原子力システムのライフサイクルアセスメントに係る調査研究
- (6) 原子力システムの多用途化（原子力水素など）に係る調査研究
- (7) 電力技術開発の戦略的展開に関する調査研究
- (8) 電力・ガス総合技術開発戦略調査研究
- (9) 電気保安に関する調査研究
- (10) バイオマスエネルギーテクノロジー・ロードマップ策定に関する調査研究
- (11) 革新的温暖化対策技術に関するフォローアップ調査研究
- (12) エネルギー変換技術開発の動向に関する調査研究
- (13) 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
- (14) 「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) 高温ガス炉プラントの位置づけ、可能性に関する調査研究
- (2) 第4世代原子力システム開発に関する調査研究
- (3) 原子力発電技術の高度化に関する調査

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処分の安全規制に係る背景情報の調査研究
- (2) 放射性廃棄物処分における安全確保の合理的体系化に関する調査研究
- (3) 高レベル放射性廃棄物処分に係る規制動向調査研究
- (4) 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
- (5) 迷惑施設等立地に係るP A等事例調査研究

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) 国内外の原子力安全確保における自主規制体制と運用実態に係る調査研究
- (2) 原子力施設の廃止措置基準に係る調査研究
- (3) 原子力システムのリスクインフォームド規制に係る調査研究

〔化石燃料関係〕

石油系エネルギーに関する調査研究

- (1) 将来の環境対策からみた燃料品質適正化調査研究

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) 製鉄プロセスガス利用水素製造技術開発研究
- (3) 石炭灰等焼却灰からのゼオライト製造装置のスケールアップ研究

〔新・省エネルギー・電力システム関係〕

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
 - ・水素シナリオの研究
 - ・水素基礎物性の研究
 - ・革新的技術の研究
 - ・水素技術国際協力研究
- (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) 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調査研究
- (4) 下水汚泥の高効率ガス変換発電技術の開発調査研究

省エネルギーに関する調査研究

- (1) コンビナート構成企業間にわたる省エネルギー調査と対策案の調査研究
- (2) コンビナートにおける産業間連携のあり方に関する調査研究

電力システムに関する調査研究

- (1) 風力発電電力系統安定化等技術開発の整合性調査研究
- (2) 新電力ネットワーク技術に係る総合調査研究

〔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) 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（第20回エネルギー総合工学シンポジウム、月例研究会等）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。

研究所のうごき

(平成16年1月1日～3月31日)

◇ 第17回評議員会

日 時：3月5日(金) 11:00～12:00

場 所：経団連会館(9階) 901号室

議 題：

第一号議案 理事および監事の選任について

第二号議案 評議員の一部交替について

第三号議案 平成16年度事業計画および

収支予算(案)について

第四号議案 その他

◇ 第61回理事会

日 時：3月12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16年度事業計画および収支予算(案)について

第二号議案 理事4役の互選について

第三号議案 評議員の一部交替について

第四号議案 顧問の委嘱について

第五号議案 事務局長の委嘱について

第六号議案 その他

◇ 月例研究会

第220回月例研究会

日 時：1月30日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館7階 702・703会議室

テーマ：

1. 自動車新燃料について バイオマス燃料と合成燃料ー

(新日本石油(株) 開発部 燃料技術室
室長 斎藤 健一郎 氏)

2. 自動車用代替燃料動向

(トヨタ自動車(株) 第1材料技術部
燃料・油剤室 シニアスタッフエンジニア
星 博彦 氏)

第221回月例研究会

日 時：2月27日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館7階 702・703会議室

テーマ：

1. 家庭用燃料電池の開発動向

(東京ガス(株) R&D本部 技術開発部
PEFCプロジェクトグループマネージャー
里見 知英 氏)

2. エコキュートの開発動向

(財電力中央研究所 横須賀研究所 エネルギー機械部 上席研究員 齋川 路之 氏)

第222回月例研究会

日 時：3月26日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館7階 702・703会議室

テーマ：

1. 我が国の温暖化政策と排出量取引模擬実験の結果について

(株三菱総合研究所 地球環境研究本部
サステナビリティ研究部 環境政策・経営
研究チームリーダー 主任研究員
伊藤 一道 氏)

2. これからのエネルギー文明学ー人間と社会からの発想

(一橋大学大学院 商学研究科 教授
栗原 史郎 氏)

◇ 主なできごと

1月9日(金) ・第1回電力流通勉強会

20日(火) ・第2回核燃料サイクル関連技術調査委員会

22日(木) ・第1回革新的温暖化対策技術に関するフォローアップ調査作業部会

23日(金) ・第3回電力系統制御システム技術検討会
・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

28日(火) ・第2回高効率発電および地球環境保全技術に関わる動向調査WG

29日(木) ・第2回電力流通勉強会
・第3回新電力供給システム技術に関わる動向調査WG

・第3回品質別電力供給システム技術検討会

・第1回バイオマスエネルギーテクノロジー・ロードマップ作業部会WG

30日(金) ・第1回国内外の原子力関連施設に係る認証・認定制度の比較分析調査委員会

・第1回電気設備技術基準に関する調査委員会

2月2日(月) ・第2回電力産業技術戦略に関わる動向調査委員会

・原子力水素研究会

・第1回これからの革新的な原子炉技術開発に関する検討委員会

9日(月) ・第48回企画委員会

10日(火) ・第1回バイオマス技術戦略調査委員会

12日(木) ・第3回電力流通勉強会

17日(火) ・第2回国内外の原子力関連施設に係る認証・認定制度の比較分析調査委員会

19日(木) ・バイオマスエネルギーテクノロジー・ロードマップ作業部会幹事会

23日(月) ・第2回「下水汚泥の高効率ガス変換発電システムの開発」技術開発推進委員会

- 2月24日(火)・第4回電力流通勉強会
 25日(水)・第3回エネルギー経済環境予測検討委員会
 ・第2回高速増殖炉利用システム開発調査検討委員会
 ・第2回これからの革新的な原子炉技術開発に関する検討委員会
 26日(木)・第3回「水素安全利用等基盤技術開発」「革新的技術に関する調査・研究委員会」
 ・第3回水素基礎物性に関する委員会
 27日(金)・第4回電力系統制御システム技術検討会
 ・第2回風力発電電力系統安定化技術開発実行委員会
 3月1日(月)・第3回高効率廃棄物ガス変換発電技術評価委員会
 ・第3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
 3日(水)・第1回電力技術企画委員会
 ・第5回電力流通勉強会
 4日(木)・第4回新電力供給システム技術に関わる動向調査WG
 5日(金)・第3回高効率発電および地球環境保全技術に関わる動向調査WG
 6日(土)・第9回革新的実用原子力技術開発提案公募事業 審査委員会
 8日(月)・第2回バイオマスエネルギーテクノロジー・ロードマップ作業部会 幹事会
 9日(火)・第2回小出力発電設備の自主保安を促す方策に関する検討会
 ・第2回電気設備技術基準に関する調査委員会
 ・第4回品質別電力供給システム技術検討会
 ・第2回水素シナリオの研究委員会
 10日(水)・第2回革新的温暖化対策技術に関するフォローアップ調査作業部会
 ・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
 11日(木)・第3回多様なニーズに対応するフレキシブルタービンスシステムの研究開発委員会
 ・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
 12日(金)・第3回電力産業技術戦略に関わる動向調査委員会
 ・第4回マイクロコージェネレーション検討委員会
 13日(土)・第9回革新的実用原子力技術開発提案公募事業 審査委員会

- 15日(月)・原子力水素研究会
 16日(火)・第2回オフロードエンジン用燃料品質の適正化に関する調査委員会
 17日(水)・第3回これからの革新的な原子炉技術開発に関する検討委員会
 18日(木)・第4回「水素安全利用等基盤技術開発」「革新的技術に関する調査・研究委員会」
 19日(金)・第2回ソーラーフューエル研究推進委員会
 ・第3回革新的温暖化対策技術に関するフォローアップ調査作業部会
 22日(月)・第3回核燃料サイクル関連技術調査委員会
 23日(火)・第5回品質別電力供給システム技術検討会
 24日(水)・第3回バイオマスエネルギーテクノロジー・ロードマップ作業部会 幹事会
 30日(火)・第2回バイオマス技術戦略調査委員会

◇ 人事異動

- 1月1日付(出向採用)
 志水巨宜 プロジェクト試験研究部 部長
 副主席研究員
 ○1月18日付(出向解除)
 羽鳥喜紀 プロジェクト試験研究部 主任
 研究員
 ○1月19日付(出向採用)
 武井摂夫 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)
 吉田一雄 プロジェクト試験研究部 主管
 研究員
 山田政男 プロジェクト試験研究部 主管
 研究員
 中村雅英 プロジェクト試験研究部 主任
 研究員
 ○4月1日付(出向採用)
 山田輝明 プロジェクト試験研究部 主管
 研究員
 井上 隆 プロジェクト試験研究部 主管
 研究員

第 26 卷 通 卷 目 次

VOL.26, NO.1 (2003.4)

【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		伊 藤 仁
	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		小 川 健一郎
	東京大学大学院 工学系研究科 助教授		堤 敦 司
	林野庁 国有林野部 業務課長		福 田 隆 政
	独立行政法人 産業技術総合研究所 中国センター所長		横 山 伸 也
	司会 (財)エネルギー総合工学研究所 専務理事		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 主任研究員		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】	説明責任としての規格・基準 東京大学大学院 工学系研究科教授	班 目 春 樹 …1
-------	-----------------------------------	------------

----- [日本工学アカデミー／エネルギー総合工学研究所合同シンポジウム] -----

【開会挨拶】	(社) 日本工学アカデミー副会長	山 路 敬 三 …2
【特別講演】	エネルギーから見た環境・食糧問題 富山国際大学教授 東京大学名誉教授	石 井 吉 徳 …4
【特別講演】	地球温暖化問題の戦略的取組みについて 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境学専攻助教授	松 橋 隆 治…14
【報告】	地球温暖化とその防止・抑制そして技術の役割 (財) エネルギー総合工学研究所 研究理事 兼 主席研究員	松 井 一 秋…24
【パネルディスカッション】	地球温暖化と技術の役割を考える 富山国際大学教授 東京大学名誉教授 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境学専攻助教授 独立行政法人 産業技術総合研究所 主任研究員 プロジェクト試験研究部 主管研究員 司会 (財) エネルギー総合工学研究所 理事長	石 井 吉 徳 松 橋 隆 治 赤 井 誠 志 黒 沢 厚 守 秋 山 守 …30

【調査研究報告】	実用発電用原子炉廃炉技術調査 プロジェクト試験研究部 主任研究員	中 村 雅 英 …40
【調査研究報告】	MGT排熱を利用したデシカント空調システムの開発 三菱化学エンジニアリング(株) 理事 プロジェクト試験研究部 主任研究員	床 井 一 郎 中 西 健 二 …51
【調査研究報告】	太陽集光システムの開発 —センサー制御式ヘリオスタットの試験運転— プロジェクト試験研究部 嘱託研究員	愛 内 孝 介 …64
【訪問記】	日本原燃(株) 六ヶ所原子燃料サイクル施設	IAE女性研究員 …72
【研究所の動き】		80
【編集後記】		82

VOL.26, NO.3 (2003.10)

【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 寺 坂 信 昭… 4
【基調講演】	21世紀のエネルギー問題と技術開発のあり方 東京大学大学院 工学系研究科 教授 近 藤 駿 介… 7
【講演】	国際情勢とエネルギーセキュリティについて (株)三井物産戦略研究所 所長 寺 島 実 郎…19
【講演】	21世紀の原子力技術開発戦略 (財)エネルギー総合工学研究所 研究理事 松 井 一 秋…28
【講演】	エネルギー・地球環境問題と新エネルギーへの期待 東京農工大学大学院 教授 柏 木 孝 夫…39
【パネルディスカッション】	テーマ：21世紀のエネルギー・地球環境と技術を考える ……47 司 会 鳥 井 弘 之 東京工業大学 原子炉工学研究所 教授 パネリスト 宅 間 正 夫 (社)日本原子力産業会議 専務理事 (五十音順) 十 市 勉 (財)日本エネルギー経済研究所 常務理事 中 上 英 俊 (株)住環境計画研究所 所長 松 本 三和夫 東京大学大学院 人文社会系研究科 社会学専攻 教授
【総括と閉会挨拶】	専務理事 稲 葉 裕 俊… 73
【研究所のうごき】	… 75
【編集後記】	… 76

VOL.26, NO.4 (2004.1)

【巻頭言】	年頭所感	経済産業省 資源エネルギー庁長官 日 下 一 正 …1
【理事長対談】	人間から見たエネルギーと環境 —技術開発によって対立から協調へ—	独立行政法人 国立環境研究所 理事長 合 志 陽 一 (財)エネルギー総合工学研究所 理事長 秋 山 守 …5
【内外情勢紹介】	停電に見る米国事情	(社)海外電力調査会 ワシントン事務所長 飯 沼 芳 樹…22
【内外情勢紹介】	内外における電力自由化の動向と課題	(財)電力中央研究所 理事待遇 矢 島 正 之… 26
【寄稿】	再生可能エネルギーの課題	筑波大学 機能工学系教授 内 山 洋 司… 33
【寄稿】	循環型社会と産業の方向性	(株)三菱総合研究所 資源・循環研究部長 中 條 寛…43
【調査研究報告】	将来の社会情勢分析と原子力技術開発のロードマップ	プロジェクト試験研究部 主管研究員 菅 野 実… 52
【調査研究報告】	水素の普及における安全性と課題	プロジェクト試験研究部 主管研究員 佐 藤 保 和… 65
【調査研究報告】	ガスハイドレートに関する研究	プロジェクト試験研究部 主管研究員 奥 田 誠 …75
【調査研究報告】	高温コークス炉ガスのドライガス化法による水素製造 —小型装置による実験—	プロジェクト試験研究部 主管研究員 橋 本 孝 雄… 87
【研究所の動き】		96
【編集後記】		98

編集後記

2年前に先輩から分けてもらったエビネ蘭が、この春ようやく花を開きました。枯らしたと思って見ていた古い数枚の葉の中心から立ち上がった1本の茎に、黄白色の小さな蕾まじりの花が列をなして咲いており、その姿にまさしく春が希望と新生の季節であることを改めて思わされました。

さて、本号はその希望の時に相応しくエネルギーと温暖化問題についての期待の話題を満載しました。その中から特に話題性のあるものをここで紹介します。

最初の話題テーマは、座談会の「産業間連携による省資源・省エネルギーの方策」です。

これは1つの地域に混在する業種あるいは企業の枠を越えて、エネルギーや物質を有効に利用しあい、それによって地域全体として省エネルギーを図り、同時にコスト低減効果により国際競争力の向上も狙った取り組みです。その実現のためには産官学の結集が必要であり、今回も東京工大教授秋鹿氏、資源エネルギー庁省エネルギー対策課長佐藤氏をはじめ各分野のリーダー役の方々に出席いただきました。中には、日本の産業の国際競争力喪失を懸念しての説明や生々しい現場の苦労も紹介されています。

次の話題テーマは、「バイオマスエネルギー」であります。同エネルギーは、古来より利用されてきたエネルギーとして馴染

みのテーマですが、再生可能エネルギーとしての特質から新しい視点での利用拡大が期待されているものです。エネルギー政策上の位置づけと政策的取り組みを資源エネルギー庁新エネルギー対策課長荒木氏より、導入事例紹介と展望を三菱総合研究所の井上氏よりそれぞれの思いを込めてご紹介いただきました。

また本号では、新エネルギー全般の電力への利用拡大を狙って2003年4月に施行されたRPS法（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）の状況についても資源エネルギー庁新エネルギー等電気利用推進室室長補佐の中島氏に寄稿いただきました。1年程度の実績ではありますが、同テーマに対する読者の関心の高さを想定し紹介して頂いたものです。

地球温暖化に関する京都議定書の発効がロシアの批准待ちとなって久しい感がありますが、もし発効が期限直前に行われる場合の混乱と出費を勘案しますと、いつ発効となっても支障ないよう早目の準備をすることが有利であるとする意見があります。

春季号である本号の内容が、そのための理解を深める一助となれば幸いです。

編集責任者 小川紀一郎



季報 エネルギー総合工学 第27巻第 1 号

平成16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/](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。