

21世紀フォーラム

No.75



財団法人 政策科学研究所



鹿島槍ヶ岳（信州側）：空撮／山田圭一

21世紀フォーラム

目次

第75号

21世紀コラム

本四3橋時代の四国	大西 淳	2
エネルギーセキュリティ論の必要性	上原英治	3
「近代」しかない国アメリカの陥穽	竹下節子	4
猫の散歩	岡田雄次	5

TA (テクノロジー・アセスメント) 制度の再建に期待する	岸田純之助	6
-------------------------------	-------	---

<インタビュー>

学生が変わる、企業が変わる — 海外体験と現代学生気質	青谷正妥	16
-----------------------------	------	----

特集 運輸エネルギーの効率化 — 自動車を中心に

自動車を中心とした運輸部門の地球温暖化対策	政策科学研究所	22
交通政策と省エネルギー	石田東生	28
ITSの将来展望と省エネルギー	河野隆二	34
自動車の省エネ技術 — 燃費向上技術とクリーンエネルギー	岩井信夫	40

<第32回 大石泰彦部会>

日本の医療の現状と今後の方向	木村佑介	46
----------------	------	----

<第39回 今井隆吉部会>

地球環境対策からみた石炭の利用法	川又民夫	54
------------------	------	----

<第40回 今井隆吉部会>

電力技術戦略とIGCC	伊藤 敏	62
-------------	------	----

本四3橋時代の四国

大西 淳 (四国電力(株)取締役社長)

昨年、広島県と愛媛県を瀬戸内海の島伝いに十の橋で結ぶ「しまなみ海道」が開通し、これによって本州と四国は三本の架橋ルートで結ばれた。最初に開通したのは、昭和六十三年の

「瀬戸大橋」で、それまでJRの連絡船を使って二時間かかっていた岡山と高松の間が一時間に短縮された。平成十年には、世界最長の吊り橋である明石海峡大橋の完成によって、淡路島を通る「神戸・鳴門ルート」が開通し、四国は阪神圏と直結した。

これら本四3橋によって四国は変わりつつある。経済の低迷もあって企業立地は必ずしも順調とはいかないが、橋を利用した本州への販路拡大や、通勤・通学、買物といった生活圏の広がりなど、3橋の効果は着実に浸透しつつある。

特に、架橋効果が顕著に現われたのは観光面であり、橋が開通するたびに四国は観光ブームに沸いた。しまなみ海道の開通でも、愛媛県を中心に多くの観光客で賑わい、夏目漱石の坊っちゃんで行かれる道後温泉の前に入湯待ちの長い行列ができたことは記憶に新

しい。また、3橋によって観光ルートの広域化も進み、しまなみ海道で四国に入り、各地を回って、瀬戸大橋や明石海峡大橋経由で帰るなど多様なルートが生まれている。

橋に繋がる高速道路網の整備が、こうした動きに拍車をかけている。この春には四国4県をX字型に結ぶ高速道路が完成し、各県都府が二時間程度で結ばれるなど、四国内の行き来は格段に便利になった。また、瀬戸大橋を渡り中国地方を南北に貫く高速道路を走れば、朝、高知の桂浜で太平洋を見て、途中瀬戸内海の島に立ち寄り、昼には鳥取県の米子で日本海を望むことができる。まさに広域交流時代の到来を実感させられる。

四国から、対岸に延びてゆく橋を眺めていると、新たな発見や出会いに惹かれ渡って行きたいとの思いに駆られる。本州側からも、そんな気持ちで橋を見てもらえたらと願っている。そうした期待にこたえる価値ある資源が、四国にはたくさんあるように思う。例えば、徳島は毎年八月阿波おどりで賑わう。踊り手は十万人を超え、

「踊るアホウに、見るアホウ」とはやされるエネルギーが、踊りは全国に知られている。私は今年も会社の踊り子連に加わり汗を流したが、あの熱気と楽しさは言葉では表わし難い。

「讃岐のこんぴらさん」は、江戸時代から多くの参拝客が訪れているが、最近新しい温泉地としても脚光を浴びている。また、日本最古の芝居小屋を使って団十郎や菊五郎ら有名役者が熱演するこんぴら歌舞伎が、春の風物詩としてすっかり定着するなど話題に事欠かない。

そして、最も四国らしいものと言え、四国で生まれた弘法大師空海ゆかりの八十八ヶ所の寺々を巡る「お遍路」であろう。私も時々お寺参りをしますが、心豊かな気分にはさせられる。境内では野鳥の声も聞こえ自然との触れ合いも楽しい。こうした四国独自の伝統文化は大切にしていきたいものである。

古来、人々は各地の見知らぬ文化に触れ、新しい何かを求めて旅をした。最近インターネットなどITの目覚ましい発展によって、居ながらにして各

地の情報を手に入れることができるようになったが、現実はその地を訪れ、生活や文化に直接触れることこそ、旅の醍醐味である。その意味から、本四

3橋は人や物、情報を運ぶと同時に、文化が流れる道としての役割も大きい。橋ができ四国への旅が容易になったこの機会に、是非多くの人々に四国の文化を満喫してもらいたいと願っている。瀬戸大橋の開通に伴い、高松を発着する連絡船が姿を消して十二年が経った。今、その港の跡地では、JR駅の再開発やホテル、インテリジェントビルの建設などサンポート高松という新しい街づくりが進められており、再び活気を取り戻そうとしている。

これからの四国は、特色ある伝統や文化を守り育みながら、産業や生活に新しい活力を生み出してゆかねばならない。本四3橋を最大限に活用し、広域的な交流・連携を進めることで、そうした新たな発展を実現してゆくことを願ってやまない。

(おおにし あつし)

エネルギーセキュリティ論の必要性

上原英治

(東京ガス㈱代表取締役社長)

●21世紀コラム

今からもう約三十年前、一九七三年十月に勃発した第一次オイルショックにより、世界経済は大混乱に陥った。この時が、世界的にエネルギーセキュリティが強く認識された最初であろう。その後、一九七九年から八一年の第二次オイルショック、一九九〇年から九一年の湾岸戦争を経て、エネルギー需給状況、セキュリティに対する考え方も大きく変わってきている。現在は、エネルギーの規制緩和、市場原理による価格低下が大きな流れとなっており、ややもすると、エネルギーセキュリティに対する認識が薄れかけているようにも思われる。

第二次オイルショックの数年後まで、石油は産油国の政治的意図によって影響を受ける、政治的商品の色彩が強かった。その後、石油需給構造の変化、石油市場の発達等によって、徐々に、石油は市場メカニズムによって需給や価格が調整される市場商品の側面が強くなってきた。これを反映して、

自国や地域内でエネルギーを産出するアメリカ、ヨーロッパでは、石油危機は、供給途絶よりは、むしろ、価格が高騰することによる経済的影響として重大視されている。

一方、日本では約八割のエネルギーを輸入に依存している。石油依存度はオイルショック以降低下したものの、中東依存度については、一九七三年の七八%から九八年には八六%と増大している。さらに、アジア地域でのエネルギー消費が、将来的に大幅に増大すると見込まれており、特に中東への依存度を増すと予測されている。このような状況から、アジアに位置し、エネルギーの大部分を輸入に依存している

日本では、石油危機として、価格の高騰だけでなく、石油が物理的に入手困難となる場合も考えておかねばならない。

日本のエネルギーセキュリティを考えると、石油代替エネルギーの利用促進、省エネルギーの促進が必要である

う。また、石油危機が発生した場合の保有備蓄の有効な活用方法を事前に検討しておくことも大切と考えられる。さらには、日本だけでなくアジア地域のセキュリティ向上のために、省エネルギー、代替エネルギー、石炭利用の分野で、アジア各国に対し技術的な協力をしていくことも必要であろう。

現在、エネルギーは規制緩和、市場原理の潮流の中にある。もちろん、これは必要なことではあるが、一方で、セキュリティと対立する面がある。純粋な市場原理を考えると、コスト競争の中で、長期的投資インセンティブが働かないきらいがある。その結果、設備形成が阻害され、エネルギー供給の信頼性を低下させる恐れがある。

実際、電力自由化の進んだアメリカにおいて、電力需給が逼迫することによる停電、一時的な価格高騰が発生している。日本においても、原子力発電の新規立地、増設が以前ほど推進されていない。これは、もんじゅの事故、

東海村臨界事故の影響もあるが、計画から二十年、三十年かかる設備計画が、需要に応じた機動的な投資を求める市場原理から、合理的でなくなってきたためと考えられる。石油備蓄はセキュリティの面から必要であるが、コストだけを考えると間尺に合わないものである。また、石油上流部門への進出についても、資源を持たない日本の場合、市場原理だけでその是非を論ずべきでない。

今後、規制緩和、市場原理を推進する一方で、エネルギーセキュリティの一定のレベルを確保していく必要があり、両者を全体としてどのようにバランスさせていくかが大きな課題となる。これらの点について、幅広く議論し、国民的な合意を形成していくことが重要であると考えられる。いま進められている「総合エネルギー調査会」等での議論に期待したい。

(うえはら ひではる)

「近代」しかない国アメリカの陥穽

竹下節子 (比較文化史家)

ヨーロッパにいと、グローバル・スタンダードというのが、「アメリカン・スタンダード」だということがよく見えてくる。しかも、プロテスタントのアングロ・サクソンのスタンダードだということが。アメリカは「近代」しかない国だと言われている、旧世界ヨーロッパから自由を求めた人々が建国したということになっている。

けれども多様化の社会の中で建前だけが先行して、訴訟の乱立、人権やディープ・エコロジーやポリテイカリー・コレクト騒ぎのせいで実際は随分風通しが悪くなっているのだ。

世界中の人間を消費者として細分化しておいて国のレベルでは覇権主義でごり押しするものだから、どこかおかしい、とはみなうすうす感じているはずだ。だからといってそれに反発するのには、安易にナショナリズムや伝統主義に走るのではあまりにも展望がない。ヨーロッパ諸国は、ECの理念に共和主義のモラルを徹底させようと努力している。狭いところで多民族多宗教がせめぎあい殺しあってきた歴史も半端ではないのだが、その歴史の過ち

から学習していこうという決意の固さもなかなかのものだ。各国の特色やカトリックなどの伝統宗教の信念や教養は保持しながらも、それらに優先する平和共存の人間主義を視野に据えておこうという政策は決してスタイルだけではない。

それにひきかえ「中世」の闇も知らず、二十世紀には直接の戦禍もなかったアメリカは、「多様性」の生む問題を抽象的な原則論で解決しようとしたり、差異性を無視できる「経済効率」を物差しに据えようとしていたりしている。そのようなやり方を、ヨーロッパは

自らの過ちを通して危険視する。民主主義や共和主義の根本にあるヒューマニズムは、世界の常識であるようにみえて、実は少し目を離すとたちまち功利主義の波にのみこまれてしまうくらいはかないものだからだ。すべてのものは売買できるという消費社会のシステムの中では、人のあり方にネガティブだと見なされるものが増えたり減ったりする。病気がとか、障害があると、年とってるとか、貧乏だとか、少数派だとか、孤独だった

りすることだ。そしてそれらのネガティブなもの「癒し」さえも売買される。カルト・システムが跋扈するのだ。

アメリカン・スタンダードが、「信教の自由」の名のもとにカルト・システムを野放しにしているのは、それがヒューマニズムの極北にある消費社会原理の申し子だからである。ヨーロッパが巨大カルトをねらいうちするのは、伝統宗教の擁護のためではなくて、アメリカン・スタンダードの非ヒューマニズムに警鐘を鳴らしているのだろう。ポスト・イデオロギーの時代、多様性を受け入れながらヨーロッパが打ち出したコンセンサスは、あらゆる価値を売買したり答えだけを与えたりするような世界を否定して、どの人も自分の頭で自由に考えるようになれる世界を目指すという原則だった。

日本にいと、実はアングロ・サクソン・プロテスタントから入る情報がほとんどなのに、「欧米」がひとくくりに語られてしまう。「欧米」西洋」スタンダードに反発するアジアン・アイデンティティの模索やエスニックな

ものの回帰が盛んでもあるが、「欧」と「米」のちがいは二十一世紀を迎える人類にとって深刻であり本質的なものであることを忘れてはならない。

植民地政策や移民政策のつけを払い、二度の大戦によって荒廃した中から立ち上がってヒューマニズムを手がかりにした知恵を絞ろうとしているヨーロッパの考え方は、参考に値する。一九九九年にアンチ・カルトのヨーロッパ会議がアメリカ発の巨大「宗教」を弾劾した時、それは宗教の弾圧だといってクリントンが非難し圧力をかけてきた。それから一年間、アメリカン・システムがいかに共和的自由に反するかという膨大な論考が次々と発表されている。アメリカに「ノー」と言うための確固たるノウハウをもっているのはうらやましい限りだ。

二十世紀の後半、日本は自分の頭で考えることなく発展を遂げて消費社会の大病になった。この辺で覇権主義に對抗し、伝統主義に優先するヒューマニズムを視野にいたれた知恵を出さないと、そろそろ、もう、あとはない。

(たけした せつこ)

猫の散歩

岡田雄次 (関中央公論事業出版代表取締役)

猫の散歩を始めてから、もう六年になる。散歩は休日に限られているから、それでも年に五、六十回、通算三百回は軽く超えている勘定だ。正月休みや祝祭日を入れると、四百回を超えているかもしれない。

休日は起床の時間が遅くなる。この微妙な時間のズレを察知して猫から催促がくる。最初は尻をこちらの足にぶつけたり、挙句の果ては大声をあげて催促する。玄関のほうへ自分で出向いたり、それはもう涙ぐましいほどだ。

この猫——関節の毛が黒いので名前をカンクロという——がうちに来て八年目になる。といっても、団地の四階だから放し飼いなというわけにもいえない。最近では事情も少しずつ変わり始めているが、団地では犬や猫など声を立てる動物を飼うことは禁じられている。だからカンクロがわが家にいることは秘密である。秘密だが、まわりはほとんど知っているから、公然の秘密というやつだ。

しかし、狭い間取りの中で放し飼

というのも、あまりに可哀相だ。ベランダから下を見ると、朝から放し飼いの猫が進軍中。シマトラあり、チャトラあり、黒ネコありで、わがもの顔に歩いている。このままではカンクロは内弁慶のオポッチャマで終わってしまうかもしれない(今もそうなりつつある)。せめて世間、いや周辺の景色を見せてやりたいと思ったのが散歩の始まりだ。

最初はバスケットに入れ、それを大きな風呂敷で包んで人目につかないようにし、自転車の荷台にくくりつけ近所の公園に運んだ。もちろん首輪をつけ、ヒモをつないで、しっかり手で掴んでいる。

言っておくが犬は散歩が好きだが、猫はそもそも散歩が好きではない(と思う)。犬は散歩しながら常にご主人の動きを気にするが、猫は人間のことはまったく気にしない。犬は散歩中、道路を真つぎ歩すが、猫はタテヨコナナメ、それに急に止まったかと思うと、また急に走り出す。およそ同じベッ

と言いながら、犬は人間の伴侶然とし、猫はどこまでいっても身勝手である。

だからどうか、猫の散歩をする人はあまりいいない。あまりというよりはほとんど見かけない。この六年ほどの間に一回、お年寄りのおばあさんが猫をつれて散歩しているのを見かけた。おばあさんの散歩に猫が従っていると、おふうで、実は猫でも孫でもよかったのかもしれない。

そんなわけで、どうしても奇異な目で見られるので、散歩コースも人目を避け、最近三、四年は近所の小学校の裏庭に定着した。裏庭の木立の春夏秋冬を楽しむ。猫は草を食べ胃の中の毛ダマを吐き出したり、寝転がって砂かぶりをする。時々、学校の用務員さんとすれちがうが、用務員さんは裏庭への立入りを見逃してくれる。教頭さんはダメだ。敷地は公共のものだから、子どもの衛生上ダメだという。

カンクロは計四回、団地の四階から墜落している。動物医に言わせれば、四階から落ちて生きている筈がないと

いうが、十三階から落ちて生きている猫だっている。猫は墜落するとき、サカサマに落ちて、不思議なもので、まず上半身をひねって地面に向かう姿勢になり、ついで下半身もひねってムサビ状になり着地するという。カンクロも多分そうだったのだろう。初回に落ちたときは、その後十三日間の放浪の旅に出た。

二回目ときは内臓にショックを受けたらしく、数日で見つかったが、帰宅後四、五日は水も食事もとらなかった。一度目も二度目も、発見場所が例の小学校の裏庭近くだったことを考えると、そこを自分のナワバリと考えていたフシがある。あるいは癒しの場だったのかもしれない。

それにしても、最近のように殺伐とした世相になると、猫とつき合っただけで癒されているのは、こちらのほうかもしれないと思う。今度は一度、老人ホームに散歩の足を向けようかと思っている。

(おかだ ゆうじ)

TA(テクノロジー・アクセスメント)制度の再建に期待する

岸田純之助

(財)日本総合研究所名誉会長

財政策科学研究所参与

一九世紀の最後の四分の一世紀あたりが始まった第二次産業革命は、電気通信・電気エネルギーを中核とするものであった。二〇世紀の半ば過ぎ、その産業革命は成熟段階に達し、続いて情報を中核とする第三次産業革命に移行する。二〇世紀末、九〇年代頃から第二段階に入り、インターネットの世界的な拡がり急速に進行している。

目に立つ幾つかの事象

まず、工業化社会の成熟から情報社会へー第二次産業革命から第三次産業革命への移行が進んだ一九五〇年代末から七〇年代初頭までに起こった幾つかの目に立つ出来事のこれまでの経過を概観する。

① 未来への旺盛な関心

コロンビア大学ダニエル・ベルは工業化社会から次の社会への移行について「Post Industrial Society」の呼び名

で論陣を張っていたが、六五年、「二〇〇〇年委員会」を創設、六五年十月六六年二月の二回に亘って、後に『二〇〇〇年に向かってー限りなき前進への作業』の本にまとめられたシンポジウムを開催した。参加者は、デイビッド・リースマン、ユージン・ロストウ、ハーマン・カーンら。ニューヨークに事務局を持つ「未来研究所」には、このほかランド・コーポレーションのオラフ・ヘルマーらもいた。六七年にはオスロで未来学国際会議が開かれた。

日本では、それと同じ頃国内で盛んに未来学という言葉が使われ、それをテーマにした研究会も盛んに開かれていた。特に熱心だったのは、日本科学技術連盟で、未来学シンポジウムを六年から連続して開いた。

同じ六六年の十月、「科学技術と経済の会」が発足し、その中に「未来部会」を設置、未来研究に関心を持つ人々を集めて研究会を発足させた。六八年には日本未来学会が設立され、第

三次産業革命への移行が始まった社会の諸問題を多角的に研究することを目指した。関西地区で万博が開かれた七〇年の四月に、京都で「未来学国際会議」が開かれた。

② 環境問題とその対策

工業化社会の成熟とともに、どの国も環境問題に直面することになる。最初にその対策のための制度化に踏み切った国は米国で、六九年「NEPA (National Environmental Policy Act ー国家環境政策法)」が制定された。

工業化社会の発展・成熟がもたらす環境汚染、資源枯渇などに強い危機感を抱いたイタリア・オリベッティ社副社長オーレリオ・ペッチェイが呼びかけ人となって、その対策を話し合う国際的なグループ(ローマ・クラブ)が発足したのは七〇年三月であった。二五カ国、約七〇名の民間の専門家が参加した。最初の報告書『成長の限界』はMITのデニス・メドウズらによっ

て七二年に公刊された。日本でも七二年十月「ローマ・クラブ東京大会」が開催された。

『成長の限界』報告が出たのと同じ七二年、六月五日から二週間、「かけがえのない地球(Only One Earth)」をスローガンに掲げた「国連人間環境会議」がストックホルムで開かれ、一三カ国から二二〇〇人の代表が集まった。しかしソ連始め東欧の共産主義諸国はボイコットした。日本は大石武一環境庁長官を主席代表に四五人の代表が参加した。会議と並行して開かれた市民団体の集会には、水俣病、カネミ油症の被害者らも参加した。会議では一〇九項目の勧告が本会議で採択された。ただ、当初第二回国際会議をわが国に招致することを盛るはずだった大石代表の演説では、この部分が直前に本国からの訓令で取り消された。

石炭、石油、天然ガスなどの燃焼で排出された炭酸ガスが引き起こす地球温暖化の防止を目的として八八年に設けられた政府間パネル(IPCC)での検討を基礎に、九〇年十二月の国連総会決議によって温暖化防止条約交渉会議が決議された。それを受けて、人間環境会議から二〇年経った九二年六月、ブラジルのリオデジャネイロで「環境と開発に関する国連会議」いわゆる「地球サミット」が開かれた。約一八〇の国と地域の政府代表と国連機関が参加、さらに約八千の非政府組織

(NGO)の人々が集まって、「持続可能な発展」が合言葉になった。

会議では、「環境と開発に関するリオ宣言」が採択され、「気候変動枠組条約(温暖化防止条約)」、生物の「多様性条約」が調印された。前者は九四年、後者は九三年に発効した。

「温暖化防止条約」で法的拘束力の強い議定書を作る話し合いは九五年から始まり、九七年六月の国連環境特別総会を受けて、十二月に京都で第三回の締約国会議(COP3)が開かれた。先進国の温室効果ガスを平均五・二%削減する内容を盛り込んだ「京都議定書」が採択された。

その後、COP4が九八年アルゼンチンのブエノスアイレスで、COP5が九九年ドイツのボンで開かれ、「リオプラス10」すなわち二〇〇二年までに「京都議定書」を発効させるとの提案が幅広い支持を集めた。この十一月にオランダのハーグで開かれるCOP6までの作業スケジュールも強化された。

③ 情報公開

工業化以後の社会では「情報」の役割が急速に増大する。そこで、そのような社会では、「情報公開制度」への要求が強く出てくる。

最も早くこの制度化に踏み切っていたのはスウェーデンで、発足は一七六六年、その他の国は二〇世紀半ば以降

で、フィンランド五一年、米国六六年、七〇年代にデンマーク、ノルウェイ、オーストリア、フランス、オランダ、八〇年代に入ってオーストラリア、ニュージーランド、英国と続く。

米国は九六年、インターネットの拡がりなど情報分野での急速な変容に対処するため、情報入手の迅速化なども目的の一つとした改訂を行った。新法は「電子情報自由法」と呼ばれている。日本は、九九年によく情報公開法が国会を通過、成立し、二〇〇一年春から施行されることになった。

これは、情報化社会での不可欠な制度である。特にインターネットの急速な普及に見られるような情報伝達・流通手段の急速な発展で、この制度の緊要性が痛感される。

④ 第二トラック

もう一つ、第二トラック、つまり非政府組織NGOの役割が、人材交流、情報交流の不断に拡大する世界では、ますます大きくなる。それに遅れを取らないことも極めて重要になる。

外国で、以前から知られたものでは、「国境なき医師団(MSF)」が七一年に発足している。「地雷禁止国際キャンペーン(ICBL)」は九一年から活動している。最近はほとんどの国際会議で、本会議の他にNGOの集会被開かれるようになった。

日本の場合、これも他国と比べて、

表1 「技術と人間・社会・環境・地球」との調和へのパラダイム転換の諸項目

<p>1. 「新しい技術の思想」のイメージ</p> <p>(1) 技術発展は直線的であってはならない</p> <p>(2) 「有限性」があらゆる場合の前提</p> <p>(3) 「人間志向」をキーワードに</p> <p>(4) 細分化と専門化から総合化へ</p> <p>(5) 生活者主導</p> <p>(6) テクノロジー・アセスメント</p> <p>(7) 「優先度評価」に関する新たな視点</p>	<p>2. 「新しい技術の方法」のための諸命題</p> <p>(1) 「自然システム」からの学習</p> <p>(2) 機能本位から人間本位へ</p> <p>(3) バランス感覚に磨きをかける</p> <p>(4) 技術と文化との融合</p> <p>(5) 基礎研究と実用化開発との相互触発</p> <p>(6) 技術予測</p> <p>(7) テクノロジー・アセスメント</p>	<p>3. 「新しい技術の制度」の導入</p> <p>(1) 環境影響評価制度</p> <p>(2) テクノロジー・アセスメント法</p> <p>(3) 情報公開法</p> <p>(4) ISO14000シリーズなど</p> <p>(5) 製造物責任(PL)法</p> <p>(6) リサイクル法</p> <p>(7) NPO法、NGO法</p> <p style="text-align: right;">など</p>
---	--	--

その制度化が非常に遅れた。「特定非営利活動促進法(NPO法)」が成立して施行されたのは、九八年十二月一日であった。『フォーリン・アフェアーズ』誌が九七年一月二月号のジェシカ・マシューズ「パワーシフト」と題する論文で、市民活動の低調な地域として中国、中東諸国とともに日本を挙げていたことに私は強い衝撃を受けた。「新しい市民社会のための制度」といった観点からの法制度の不断の点検の必要を痛感した。

⑤ 技術予測

技術の分野では、技術予測に関する最初の総合報告が、OECDから出された。一九六六年十月、科学顧問エーリッヒ・ヤンツのまとめた『技術予測の展望—Technological Forecasting In Perspective』がそれである。この分野で提出されている合計約百二十の予測手法を、「直観的、探索的、規範的、フィードバック」の四手法に纏め、それに内容紹介と分析を加えていた。

日本では、この報告書に科学技術庁が直ちに反応し、手法としては、専門家の直観によるデルファイ法を採用して、「技術予測」の作業を本格的に始めた。第一回報告書は七一年に完成、以下第二回七六年、第三回八三年、第四回八六年、第五回九一年、第六回九六年と、継続して行っている。初期は科技厅が計画し、実施は未来工学研究

所が、科学技術政策研究所の発足以降は、同研究所・未来工研の協力体制で進めている。

海外でも、日本の作業を参考にして同様な調査を行う国が次第に増え、ドイツ(九三) 英国(九四)、フランス(九四) 韓国(九四) タイ(九五)、オーストラリア(九六) インドネシア(九六) — 括弧内は最初の調査の年 — が続いた。小規模な調査をやっている国もある。

前節で五つの項目を挙げたが、それにも増してこの時期での最も重要な出来事だったと私が思っている — 第三次産業革命への移行とともに技術の分野で起こった — のは「テクノロジー・アセスメント」と呼ぶ新しいソフト系の技術が生まれたことである。それは、技術の全面的な、そして急速な発展が進行する段階での当然の帰結でもあった。それは、「技術の新しい思想」、「技術の新しい方法」、「技術の新しい制度」の、三つの側面からの同時並行的な取り組みが求められる時代の、「思想」であり、「方法」であり、「制度」であるからである(表1)。

私は、そのテクノロジー・アセスメントに初期の頃から強い関心を抱き、日本での動きの幾つかに関与し、米国

**テクノロジー・アセスメント
その制度化を巡る経過とその後の進展**

でもいろいろ調査した。少しオーバーに言えば、二〇世紀の最後の三〇年間、最も強い関心を持って関わってきた主題でもあった。

そこで今世紀の最後の号になる今号で、これについて詳しく触れることにする。

① 日本での草創期

六九年、「科学技術と経済の会」が「米国家産予測特別調査団」を米国に派遣した。団長小林宏治氏(日本電気社長)の帰国第一声が「テクノロジー・アセスメントという言葉覚えて帰りました」であった。「科学技術と経済の会」はこの言葉を重要視し、日本でさらにその調査を続けることを決定した。

経済企画庁、科技厅、通産省も調査を始め、七〇年十一月の国民生活審議会「成長発展する経済社会のもとで健全な国民生活を確保する方策に関する答申」、七一年四月の科学技術会議第五号答申「一九七〇年代における総合的科学技術政策の答申について」、七一年五月の通産省産業構造審議会・中間答申「七〇年代の通商産業政策の基本方向はいかにあるべきか」で、また、七二年四月、経済審議会技術研究委員会の報告書で、七三年一月、工業技術協議会中間報告「テクノロジー・アセスメントのありかたについて」で、テクノロジー・アセスメントについての

六九年、「科学技術と経済の会」が「米国家産予測特別調査団」を米国に派遣した。団長小林宏治氏(日本電気社長)の帰国第一声が「テクノロジー・アセスメントという言葉覚えて帰りました」であった。「科学技術と経済の会」はこの言葉を重要視し、日本でさらにその調査を続けることを決定した。

経済企画庁、科技厅、通産省も調査を始め、七〇年十一月の国民生活審議会「成長発展する経済社会のもとで健全な国民生活を確保する方策に関する答申」、七一年四月の科学技術会議第五号答申「一九七〇年代における総合的科学技術政策の答申について」、七一年五月の通産省産業構造審議会・中間答申「七〇年代の通商産業政策の基本方向はいかにあるべきか」で、また、七二年四月、経済審議会技術研究委員会の報告書で、七三年一月、工業技術協議会中間報告「テクノロジー・アセスメントのありかたについて」で、テクノロジー・アセスメントについての

提案を行った。

各省をはじめ方々で、テクノロジ・アセスメント作業の試行も進められた。私も未来工学研究所が郵政省から受託した情報化関連のテクノロジ・アセスメント「情報化のゼネラル・アセスメント」という報告書を七四年にまとめた。

② 米国での初期の動き

米国でテクノロジ・アセスメントの言葉が最初に出てきたのは、六六年十月、議会に設けられた科学研究開発小委員会の「技術革新のインパクトと二次的効果」に関する報告の中でだった。

そこでは、新技術の導入に伴う失業、有害な殺虫剤、公害、汚染、自動車の排気ガス、森林の消失、資源の枯渇、放射性廃棄物の処分、コンピュータ・データバンクによる個人の自由の侵害、炭酸ガスによる地球気象の影響までの例を挙げて、技術について何か問題が生じたらその段階で時間をかけて解決すればよいという前提で楽観的に利用することは、もはやできなくなったと論じていた。そして、「新しい科学技術がもたらす利益だけでなく、それが持っている危険性に注目し、同時に科学技術の性格を世間に知らせる」ため、テクノロジ・アセスメント会議の設立を要請していた。

翌六七年三月、この小委員会の委員

長エミリオ・Q・ダダリオ議員（共和党）は、テクノロジ・アセスメント

・ボードを創設する法案を提出した。テクノロジ・アセスメントを「政策立案者にバランスの取れた評価を提供する政策研究の一形態であり、政策問題を究極め、代替案の影響を評価し、そして分析結果を提供するもの」と定義していた。

その後、議会によるテクノロジ・アセスメント研究も始まり、公聴会の開催、全米科学アカデミーによる調査研究などが行われた。ソークワクチンとサリドマイド殺虫剤規制問題などのケース・スタディも実施されて、技術に対する政治的な関心も洗い出された。六九年八月、全米工学アカデミーは、テクノロジ・アセスメントは議会と公衆にとって有益であると示唆した。

行政サイドでも七〇年四月には、大統領報告「科学と技術―進歩のための手段」により、テクノロジ・アセスメント機能の設置が提唱され、大統領府科学技術政策局（OSTP）が、テクノロジ・アセスメントのパイロット・プロジェクトを実施した。

③ 米国への調査旅行

私は、小林宏治社長からお話を聞いたとき、これは重要なニュースだと思った。工業化社会の成熟と同時に、これまで予想もしていなかったような問題が現に続出している。すでに先進諸

国は工業化社会の次の社会に移行しつつあるが、情報化社会では、さらに大きく、新たな問題が、いろいろと起こってくるに違いない。

それを事前に予測し所要の対策をとるための体制をどう組み上げるかという重要な命題に、どの国も直面している。そこで、日本で行われ始めたさまざまな研究活動に積極的に参画した。

七一年秋、科学技術庁計画局から声がかかった。二週間くらいの予定で米国に行って、米国のテクノロジ・アセスメント関連の活動がどのようになっているか、調査をしてきて欲しい、というのである。私を団長にして、通産省、科技厅から一人ずつ出す。在ワシントンの科学技術アタッシェに事前にアレンジを頼む。またジェトロの協力も得られるようにする、という条件である。私は引き受けた。朝日新聞社には了解を得て二週間の休暇を取った。十二月五日から十八日まで、ワシントンを振り出しに、議会、官庁、研究機関を訪れた。具体的には、全米科学財団（NSF）、議会調査局（CRS）、下院、科学技術局（OST）、全米科学アカデミー（NAS）、全米行政アカデミー、ジョージ・ワシントン大学、インターナショナル・リサーチ・アンド・テクノロジ社、MITRE社、MIT、ハーバード大学、オクラホマ大学、カリフォルニア大学（ロサンジェルズ）で、それぞれ専門家に会った。

帰国してから、一気に報告書を書き下ろした。「一般への普及の度合い」、

「大学や学会での普及活動」、「国の主導で発展」、「大統領府科学技術局(OST)の現状」、「積極的な国立

科学財団(NSF)」、「国家環境政策法(NEPA)一〇二条の役割」、

「テクノロジ・アセスメント法案」、「テクノロジ・アセスメントの範囲」、

「ケース・スタディとその費用」、「マイター社の方法論開発」、「重要なのは考え方の整理」、「行動と影響とのマトリックス」、「アセスメント

作業の体制」、「社会が要求する新しい技術時代」の十五章、全部で八四ページの内容であった(表2、表3)。

この時の調査をもとに、テクノロジ・アセスメントについて急速一冊の本にまとめて出版した(『技術文明の再点検—テクノロジ・アセスメントの時代へ』日本生産性本部刊)。

4 米OT Aの発足

米国のテクノロジ・アセスメント法案は、七一年に入ってまず下院で承認され、七二年九月上院でも承認されて、テクノロジ・アセスメント法が成立し、十月十三日に発効した。議会の中にテクノロジ・アセスメント局(OTA)が設置され、七三年十月一日、作業を開始した。

米国議会の分析支援機関という位置

付けで、議員で構成するT Aボードが設けられ、上下両院からそれぞれ六名ずつ、中三名は多数党、三名は少数党という割り当てで、計十二名が議長の名に命により決定される。毎年三十前後のテーマを取り上げて議会にその結果を報告する機関が、こうして発足した(図1)。

5 日本での研究の終わり

奇妙なことに、米国での正式の発足の頃になって、日本でのテクノロジ・アセスメントへの関心は急速にしばらくでいく。七四年十一月「科学技術と経済の会」が開催した「国際テクノロジ・アセスメント・シンポジウム」では、米国からヴァリー・コウツ(ジョージ・ワシントン大学、後にOTAに所属)ら三名、ヨーロッパからも一名参加し、会議へは約三百人が参加、三日間さまざまな議論が行われたが、これが、表に現れた日本での活動の最初で最後の機会になった。

これまでの研究のまとめのような形で総合報告書が幾つか出されたが、それらはいずれも最終報告書の役割を担う形になった(例えば「テクノロジ・アセスメントの方法—事例研究にもとづく解説・資料」—科学技術庁計画局、七五年三月、「テクノロジ・アセスメント—その施策と方法論」—(財)日本産業技術振興協会、七五年三月)。

何故そうなったのか、という問いへの私の答えは、二つある。

一つは、これが環境問題に強い関心が寄せられるようになってきた時期と重なっているということである。ストックホルムでの国連環境会議での大石環境庁長官の演説で、次回会議を日本に招請したいと提案する予定だったのが直前に本国からの訓令で取り消されたことを先に述べたが、経済団体、産業界を中心とする環境関連法制整備への抵抗は極めて強かった。

前述した通り、環境への対策の前提となる環境影響評価の制度化は、日本では九九年からである。米国の六九年から三〇年遅れている。それと同じ抵抗がテクノロジ・アセスメントの制度化にも働いたのだと言ふことである(最近刊の科学技術政策研究所『一九七〇年代における科学技術庁を中心としたテクノロジ・アセスメント施策の分析』でテクノロジ・アセスメント活動が停滞した理由として六点を指摘し、その第五に「公害問題の沈静化」を挙げているが、環境関連法制整備に対してと同様な強い反発があったからだと理解すべきで、これは妥当でないと思う)。

もう一つは、科学技術庁で当時最も強い発言力を持っていたのは、原子力局だったということである。彼らは自局の計画に少しでもマイナスに働きそうな動きが同じ省内の別の局(計画局)

表2 アセスメントの手順 (各研究機関の提案)

提案者	ダダリオ	全米工学アカデミー	MITRE	ジョージ・ワシントン大学 (GWU)	オクラホマ大学 (U.O)
手順案	<ol style="list-style-type: none"> 1. 対象プログラムについてのあらゆるインパクトの明確化 2. 因果関係の明確化 3. 対象プログラム実施のための代替的技術手段の策定 4. 同一目標達成のための代替プログラムの策定およびそのインパクトの明確化 5. プラス・マイナスのインパクトの測定および対比 6. 分析結果の提示 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分析対象の明確化 2. 分析範囲の明確化およびデータの収集 3. 対象技術の問題解決のための代替案の明確化 4. 当該技術およびその問題により影響を受ける者の明確化 5. 影響を受ける者へのインパクトの明確化 6. インパクトの評価 7. 代替案の対比 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分析範囲の規定 2. 技術の記述 3. 社会状態の展開 4. インパクト分野の明確化 5. 予備的インパクト分析 6. 代替案の明確化 7. 最終的インパクト分析 	<p>準備段階</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 分析実施スケジュールの作成 2. 分析グループの結成 3. 方法論についてのグループ・メンバーに対するオリエンテーション <p>実施段階</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. 社会環境に対する資料の収集 5. インパクトの測定 6. 技術についてのデータ収集 7. 将来の社会環境の予測 8. 将来社会への当該技術・代替技術の適用 9. 有意の影響変化の明確化 10. 詳細分析を要する影響・変化の選択 11. 技術の導入に伴う関係者の明確化 12. 関係者についてのインパクトの分析 13. 費用・便益比等にて分析結果の提示 	<ol style="list-style-type: none"> 1. エネルギー需要および代替資源の調査 2. 現在技術による能力の確定 3. 現在技術の予想される改良発展の見通し 4. 新たな技術開発の見通し 5. 3.4. についての経費と便益の評価 6. 代替政策案の作成 7. 結果の提示
出典	"Technology Assessment" (1968年下院科学宇宙委員会小委員長ステートメント)	"A Study of Technology Assessment" (1969年下院科学宇宙委員会へのレポート)	"A Technology Assessment Methodology: Some Basic Proposition" (1970年OSTへのレポート)	"Program of Policy Studies in Science and Technology" (GWUの1969-1970のレポート)	University of Oklahoma "A Technology Assessment of Offshore Oil Operation-Research Proposal for NSF" 1970

資料：テクノロジー・アセスメント調査グループの報告「米国におけるテクノロジー・アセスメント」(72年2月)から

表3 人間の「価値に関するチェックリスト」

<p>I. 個人志向型の価値</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 個人の「物質的な」福祉 (生きる権利と幸福の追求) <ol style="list-style-type: none"> a. 健康 (肉体的、精神的な安寧) b. 経済的な安全保障と安寧 (「物質主義」とアメリカ的生活) c. 個人的な安全保障 (生活諸条件の安定) 2. 自尊心 (一個の人間として、また、地域社会のしかなるべき一員として扱われる権利、名誉、尊敬) 3. 自力本願 (自給、徹底個人主義、先駆者の伝統) 4. 個人の自由 (「自身の生活をつくりあげるよう」努力する権利、自身の運命の主要な側面を切り開く権利、[私権、わが道を行く権利]) <ol style="list-style-type: none"> a. 自由 (干渉からの) b. プライバシー c. 財産権 5. 自己の前進 (「成功」、大望、精励) 6. 自己充足 (および「幸福の追求」) 7. 熟達と手腕 <ol style="list-style-type: none"> a. 知的な特性 (知性、教育、ノウハウ、現実性、実際性、融通性など) b. 肉体的特性 (体力、器用、持久力、容姿のよさ、清潔など) c. 意志の特性 (性格の強さ) <ol style="list-style-type: none"> i. きびしい作業への積極性 (勤勉) ii. ねばり (堅忍、持久、勇敢、度胸) iii. 率先性と積極性 (進んで獲得するアプローチ) iv. 自己制御 (節制、中庸) v. 不屈と意志強固 d. 有能 (技術についてのプライド) e. 発明的才能と革新的才能 f. 率先性 (自身ではじめること) g. 博識 (情報へのアクセス、知識豊富) h. 誠実 (「何かへの信仰」、 「価値についてのセンスをもつこと」を含む) i. 真価への認識と鑑識力 (「人生のなかの良いこと」に対する) 	<ol style="list-style-type: none"> 2. 公正と個人の道徳性 (正直、公平、廉潔、信頼性、真実性、信用) 3. 合理性と論理性 (客観性) 4. 家庭的な特性 (愛情、家族の役割についてのプライド、儉約、質素、つましき、など) 5. 市民的な特性 (連帯、よき市民性、遵法、市民のプライド—「偉大な大都市」症候群) 6. 律義 <ol style="list-style-type: none"> a. 家族、義務への献身 b. 個人の責任感と責務 c. 原則に対する献身 (とくに宗教に対する) 7. 友情と友好 <ol style="list-style-type: none"> a. 友情 b. 忠実 (友人や仲間への) c. 友好、親切、助力、協力、丁重 (よい仲間「人びととともに」) d. 仲間意識 (同情、「仲間への愛情」) e. 社交性 f. 受容性 (寛容、忍耐、「よい聞き手」) g. 個人の寛容度 (「人さまざまの生活」、「人びととともに」) h. 忍耐 8. 奉仕 (他人の安寧への献身) 9. 雅量 (博愛、気前よさ) 10. 理想主義 (人間の問題に対する人間の解決策への期待) 11. 認定 (人生のゲームのなかでのよい得点に対し適切な公の信用を得る、成功と地位) 12. 率直 (率直、寛容、真面目、真実性、あけっぴらげ、公平な取扱い) 13. フェア・プレー (スポーツ精神) <p>III. 社会志向型の価値</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 社会福祉 (真に「社会のことを意識した」もの) 2. 平等性 <ol style="list-style-type: none"> a. 寛容 b. フェア・プレー、公正 c. 公民権 3. 正義 (合法性、適正な手続き、請求権を含む) 4. 自由 (「開放社会」、もろもろの「自由」) 	<ol style="list-style-type: none"> 5. 秩序 (公の秩序、「法と秩序」) 6. 機会 (「機会のある国」という考え方、万人に対し公平な取扱い) 7. 博愛 (「負け犬」への援助) 8. 進歩への楽観主義 (問題解決に対する社会の能力への信頼) 9. 「わが文化」、「わが生き方」へのプライド <p>IV. 国家志向型の価値</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 愛国的な特性 (国への愛情、国への献身、国家のプライド) <ol style="list-style-type: none"> a. 国家の自由と独立 b. 国家の繁栄と国家の業績 c. 愛国心と国家のプライド d. 国の福祉への関心 e. 忠誠心 (国への) f. 排他的愛国心 (ナショナリズム、国家の力と優越に対するプライド) 2. 民主主義と「アメリカの生き方」 3. 国家への奉仕という感覚での「公共奉仕」 <p>V. 人類志向型の価値</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「人類の福祉」 <ol style="list-style-type: none"> a. 平和 b. 物質的な達成と進歩 c. 文化的・知的達成と進歩 2. 人道主義と「人類同胞」 3. 国際主義 4. 「人間社会」の達成へのプライド 5. 生に対する敬意 6. 人間の尊厳と「個人の価値」 <p>VI. 環境志向型の価値</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 美学的価値 (環境の美しさ) 2. 珍しさ
<p>資料：MITRE報告 (バイアー、レッシュナーの資料による) から 岸田著「技術文明の再点検」</p>		

図1 米議会・テクノロジー・アセスメント局の組織図

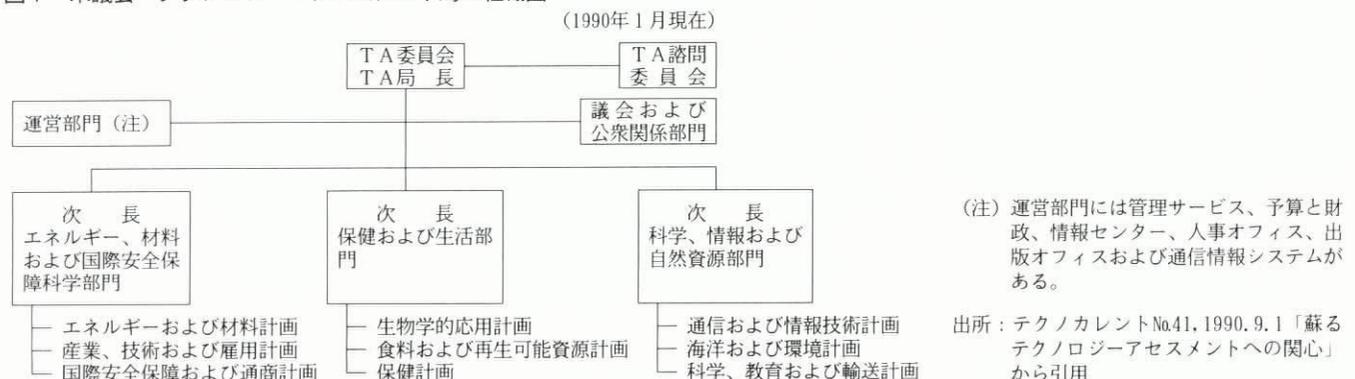


図2の解説

弾道ミサイル防衛システムのために現在提案されているハードウェアには、さまざまな迎撃兵器がある。たとえば、高出力レーザー（地上と宇宙に配備）、レールガン、ミサイルなどである。これに加えて、探知機器を人工衛星や航空機のほか、地上にも配備する必要がある。こうした敵の弾道ミサイルに対する迎撃は、ミサイルの飛行航程のあらゆる段階で試みられる。ミサイルの飛行航程は次のような4段階からなっている。最初は、ミサイルがブースターロケットの推進力によって大気圏を上昇していくブースト段階である。次がポストブースト段階で、ここでは、再突入体（核弾頭搭載）を放出するほかに、おとりやチャフ（かく乱用金属片）も放出する。次が中間段階で、これら各種の物体の宇宙空間内での飛行航程の大部分を占める。そして最後が、最終段階で、再突入体は大気圏内に侵入し、目標上で爆発する。

出所：サイエンスVol.16, No.2(1986.2日本版)より作成

で進行していることに我慢出来なかったのである。それを裏付けるような発言を、私は、科学技術庁でのT A関連の仕事に参画している間に度々聴いた。

⑥SDI計画に対するOTAの報告書

私は八六年夏、約二カ月ワシントンに滞在した。ウィルソン・センターの客員研究員に招かれたからである。その間、自分に関心のあるテクノロジー・アセスメントの幾つかの報告書を読むことに殆どの時間を使った。OTAにも行った。読んだ中で、最も強い印象を受けたのは、SDI（戦略防衛構想）に関する報告書だった。

最初の報告書は、八五年、二冊がほぼ同時に完成し、政府の印刷局から出たが、一般の人に広く読んで貰いたいということで、プリンストン大学で、後に合冊として出版した。その内容の一つは“Ballistic Missile Defense Technologies”(三二五ページ)、もう一つは“Anti-Satellite Weapons, Counter-measures and Arms Control”(一五六ページ)、プリンストン大学では、あわせて“STRATEGIC DEFENSE S”としていた。慎重な言い回しではあったが、この報告書は、SDIが極めて効果の疑わしい開発計画であることを述べていた。

OTAを訪れ、これをまとめたピーター・シャーフマンに会った時、OTAは続いて第三報告を出す予定で、そ

の中では、最も問題になると思われる二点について、詳論すべく準備中だと語った。

帰国した後、その第三報告“SDI—Technology, Survivability and Software”(二八三ページ)が八八年春に出た。

その前書きには、「本報告は、八七年夏の終わりに議会に提出したclassified documentの、機密部分を除いたunclassified version」と述べ、「国防総省との間で了解に達するのにも凄い時間がかかった」と、皮肉な言葉で付記している。

その内容は、要するにレーガン政権が計画している戦略防衛のシステムとしてのSDIに深刻な疑念を表明した報告書だった。

これは、SDI研究の進展に伴い特定のシステムの構造が明らかになり、より詳細な技術評価が行えるようになったために行われた研究で、八六年の歳出継続決議によってOTAに要求されたものである。SDIプログラムの技術的可能性、攻撃に対して生き残って機能できるかどうか、SDIコンピュータ・ソフトウェアの要求が満たせるかどうか、などの分析をしている。報告では、九〇年代後半に提案されている、SDI兵器によるコスト・効果およびミサイル・システムの生き残り可能性について大きな不確実性が残っているとし、また次のフェーズとされている直接エネルギー兵器の建設可能

性を確かめるには、まだ数年のSDI研究が必要、また、コンピュータ・ソフトウェアの開発は、実際にそれをテストすることは出来ないから、大きな冒険であるとの結論を述べている(図2、図3、表4、表5)。

また議会に対しては、SDIの予算計画に関し、SDI局のフェーズ計画を受け入れるか、SDI以前のミサイル防衛計画に戻るかなどの選択肢を提案している。つまり、SDI計画の推進にさらに深刻な疑問を投げかける報告であった。

実は、SDI研究への参加提案は、レーガン大統領から八三年に同盟諸国に対して行われている。「非核の防衛システムによって弾道ミサイルを無力化することにより、究極的には核兵器の廃絶を目指す」とレーガン大統領は説明した。英国、西ドイツ、イスラエル、イタリアが政府間協定を結んだ後、日本も参加を承諾し、八七年七月、SDI研究に関する協定に調印した。この他、民間参加を認めた国も、フランス、ベルギー、オランダ、カナダなどがあった。

結局この各国参加の話は、米国からの一方的な「中止」の連絡で消えた。

この中止の報道を読んだ時、私は改めて米国は学ばべきところの多い国だと、敬意を表したい気持ちになった。SDIはレーガン政権の極めて重要な計画であった。「SDIが実現可能だと

図2 弾道ミサイル防衛の探知機器と迎撃兵器

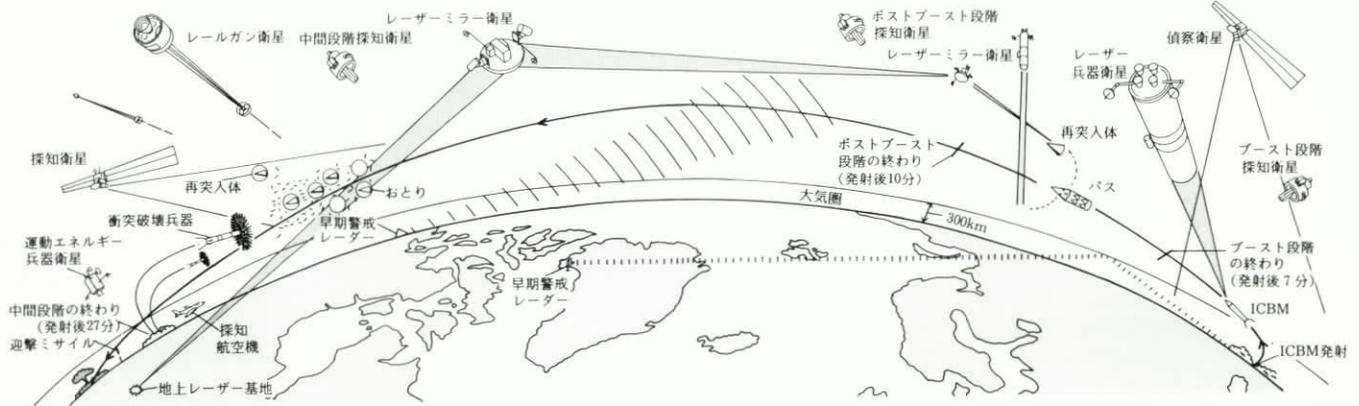


表4 米国防総省SDI局フェーズ1の宇宙と地上の弾道ミサイル防衛の組み立て (Table1-1)

構成要素	数量	内容説明	機能
第1段階 (およそ1995-2000年)			
戦闘統御用コンピュータ群	数量未定	センサー・プラットフォーム、兵器プラットフォームあるいは離れたプラットフォーム上で運転。また地上の装置は移動型になる	航跡データの調整、防衛資産の制御、戦略の選択、目標の選択、兵器発射の指令
ブースト段階の探知・追尾用衛星	高々度に数個	赤外線センサー	弾道あるいはASATミサイル発射をロケットの火焰観測で探知、情報を追尾衛星に送信
宇宙を基地とする迎撃兵器運搬用の衛星	数百kmの高さに数百個	各々10個の小型化学ロケットまたは宇宙を基地とする迎撃機 (発射されたロケット追尾用のセンサー搭載)	指令により衛星迎撃兵器(BMD攻撃システム)あるいはブースター、または発射後のロケットにロケット発射
探査装置 あるいは 宇宙探査追尾システム	数十個	地上発射のロケットに搭載される赤外線センサー	再突入ロケットの軌道を探知し、それを大気圏外再突入迎撃システム (ERIS) に送る
あるいは 宇宙を基地とする迎撃装置運搬用の衛星	数百個	衛星搭載・赤外線センサー	
大気圏外迎撃機 (大気圏外再突入迎撃システム)	地上基地 ロケット数千基	赤外線探査装置を持つ迎撃弾道付きのロケット	衛星搭載またはロケット搭載の赤外線センサーによる司令で中間段階・終わりに近い段階で再突入ロケットを迎え撃つ

OTA資料 (1988) による

表5 地上基地、宇宙基地の弾道ミサイル防衛 (BMD) 構成の進展についてのOTAの予測 (Table1-2)

構成要素	数量	内容説明	機能
第2段階 (およそ2000~2010年) 第1段階における構成要素を更新し、それに以下を追加する			
空間にある光学装置 (AOS)	数十個が飛行中	赤外線探知装置	再突入ロケットとおとりの追跡、その情報を地上の迎撃機発射を指示する「戦闘管理コンピュータ」に送る
地上レーダー	移動プラットフォーム数十個	X周波帯の映像レーダー	空中の光学装置の指示で再突入ロケットが大気圏内に入るのを追跡し、それをおとりと識別し、その情報を地上の戦闘指揮所に送る
高々度迎撃機	数千基	赤外線探索器付きのロケット (核弾頭なし)	大気圏内の再突入ロケットに衝突する。ただし、再突入ロケットが核爆発を起こして地上に損傷を与える前に
宇宙探査・追尾衛星 (SSTS)	数千kmに50~100個	高精度感知器、レーザー測距器 (及び、または) 目標の精密追尾用の描写型レーダー (多分戦闘管理用コンピュータ携行)	発射されたロケット、発射後のロケット、地上からあるいは宇宙空間で発射された、対衛星兵器の追尾 (兵器発射の指示)
宇宙を基地とする要撃機運搬設備	数百km高さに数千	各々10基の小型化学ロケット、あるいは低高度用の動的殺傷車付き (第1フェーズの場合より軽く高速)	指令に基づき、対衛星兵器 (弾道ミサイル防衛システム攻撃)、発射ロケット、発射攻撃後ロケット、再突入ロケットにロケット発射
宇宙を基地とする中性粒子ビーム	宇宙探査、追尾衛星と同程度の高度で数十ないし数百	粒子加速器 (双互識別・検出用衛星の追加が必要になるかもしれない)	再突入ロケットやおとりに水素原子を放射、目的は識別用に中性子あるいはガンマ線の放出を刺激するため
探知衛星	粒子ビームの高度の辺りに数百	中性子ビームが衝突した物体からの中性子あるいはガンマ線を測定するセンサー。伝達装置がそのデータを追跡装置あるいは戦闘統御コンピュータに送信	再突入弾頭から放射される中性子やガンマ線の測定: 重い飛翔体は測定可能な中性子やガンマ線を出すので、おとりとの識別ができる
第3段階 (およそ2005~2015年) 第2段階における構成要素を更新し、それに新たにもう一つ追加する			
地上基地のレーザー、 宇宙基地のミラー	数十の地上基地レーザー、 数十の中継ミラー、 数十ないし数百の戦闘用ミラー	いくつかの地上基地のそれぞれからの相当数のレーザービームが高々度で中継のミラーに当たり、低高度の戦闘ミラーで目標に向けられる	ブースターおよびポスト・ブースト飛行体への攻撃

OTA資料 (1988) による

図3 OTA報告“SDI Technology, Survivability, and Software”の表紙と目次

SDI: Technology, Survivability, and Software (May 1988) NTIS order#PB88-236245 Full Report ~3725K

Front Matter ~52K
 Table of Contents ~6K
 Preface ~7K

Chapters
 1: Summary ~335K
 2: Introduction ~564K
 3: Designing BMD System: Architecture and Trade-off Studies ~155K
 4: Status and Prospects of Ballistic Missile Defense Sensor Technology ~682K
 5: Ballistic Missile Defense Sensor Technology: Weapons, Power, Communications, and Space Transportation ~902K

6: System Development, Deployment, and Support ~234K
 7: System Integration and Battle Management ~218K
 8: Computing Technology ~204K
 9: Software ~282K
 10: Non-Destructive Countermeasures to Ballistic Missile Defense ~6K
 11: Defense Suppression and System Survivability ~6K
 12: Defense Suppression Scenarios ~6K

Appendixes
 A: Technology for Producing Dependable Software ~110K
 B: Glossary ~69K

Related OTA Reports ~70K



思っている人が、米国にただ二人だけいる。レーガン大統領とワインバーガー国防長官」という皮肉な発言のあはることは聴いていたが、それを、議会所属の機関「OTA」で、詳細に、本格的に、そしてこのように明快に批判することのできる国だったのだと解ったからである。

ただ、いまにして思えば、これが次節で述べる、OTA閉鎖の遠因になったのではないか。これを立証することは出来ないが、私の推測はそうである。

⑦ OTAの閉鎖

このOTAが共和党の提案で、九月九月末に廃止されることになった。その理由について共和党の主張をワシントンポスト、ニューヨークタイムスなどの報道をもとにまとめてみると、①業務が議会調査局と重複しており冗長な機関となっている、②評価が客観性に欠ける、③技術とかけ離れた課題に対する評価をしている(例えば、「米国、欧州、環太平洋地域の経済競争力」等)、④評価に二年程度とかなりの時間がかかり、また、報告書が分厚いものになり過ぎていて、といったところである。これに対するOTAの回答は、①理事会の下での活動であり、政治的な中立性は保たれている、②評価課題は議会からの要請を受け、所要の手続きを経て実施している、③報告書は二百ページ以内にするなどの規則

を設けている、との説明をしていた。エドワード・ケネディ上院議員(民主党)が創設時からのTAボードメンバーで、その議長を度々務めていること、もう一つは七九年からOTAの局長を務めて、この組織の強固な基礎を作り上げたジョン・ギボンズが九三年クリントン政権発足とともに大統領科学技術顧問兼科学技術政策局長に就任していることも、廃止提案の背景にあったのかも知れないという見解も聴いた。

しかし、OTAの年間予算は九五年で二、二〇〇万ドル、連邦議会の予算二四億ドルに比べてもその一%にも足りない。上述のような理由ではどうしても腑に落ちない感を否めなかった。九四年十一月の中間選挙で共和党が圧倒的な勝利を得、両院とも与野党の勢力が逆転した。これは、アイゼンハワー政権時代の五四年以来、実に四〇年ぶりのことだった。そこで以前から面白くないと思っていたOTAの閉鎖の実現が計画されることになったのだと私は受け取った。

この決定の背景に、SDIに対するOTAの報告があるのだというのが、前述のように私の推測である。

⑧ 米・軍産複合体のしたたかさ

勿論米国の軍産複合体はなかなか強力でしぶとい。九〇年代も終わりに近くなると、この亜流とも言える米本土

ミサイル防衛(NMD)の開発が進められている。実験に成功したとの発表もあった(二回目、三回目は失敗)。つまり暫く待って、予想されていた通り、少し規模が小さくなるとはいえ、SDI計画と同一線上にある、似たような内容の提案がNMDと名前を変えて出てきた。軍産複合体の勢力がこうした行動を取らせたのだと考える。

続いて将来の配備を念頭に、米国防総省は、七二年に当時のソ連と結んだ弾道弾迎撃ミサイル(ABM)制限条約の改定をロシアに申し入れている。

一方、SDIで外国に求めた研究開発への参加は、形を変えて日米でのTMD(戦域ミサイル防衛)の共同開発計画になった。両国政府は書簡を交換し、細目を定めた覚え書きにも署名した。ここでも、我が儘な米国、米・軍産複合体のしたたかさを見る思いがする。

米議会のこうした振る舞いの最近の例として九九年十月十三日夜、上院本会議で「包括的核実験禁止条約(CTBT)」批准決議案が否決されたことを思い出す。CTBTが国連総会で採択された九六年に、真っ先に署名したのがクリントン米大統領だったのに、である。米上院が主要な軍備管理条約を葬ったのはこれが初めてだった。

それより前、九五年四月五月に開催された核不拡散条約の延長会議では、米国の事前の猛烈な働きかけの結果、

無期限延長が決まった。この決定に当たっては、それに続くCTBTの採択について、主要な核保有国や核疑惑国の同意が必要ではあるが、その方向で米国はしかるべく努力をするだろうし、況や米国が批准を急ぐことは間違いないうのが、多くの国の無言の了解になっていた。ところが、CTBTの批准承認案は二年前の九七年に米議会外交委員会に提出されたまま店晒しになっていった。その間、米国の世論調査は米国民の圧倒的多数が批准を支持していることを示していたのに、政府側の積極的な議会対策はほとんどなかった。

米国で軍産複合体が極めて強力であること、その議会での動きに共和党が力を貸すこと、また、米国が大変身勝手な国であることがむき出しにされた。この種の例がその昔にあったことも思い出される。それは、第一次世界大戦が終わった後、ウイルソン米大統領（民主党）が中心になって戦勝国側の手で作られた国際連盟に、米国は原加盟国にもならず、その後も結局加盟せず仕舞いで過ごしたことである。国内で議会の承認が得られなかったことがその理由だった。

⑨ 残された七五五冊の報告書

OTAの出した報告書は大小全部で七五五冊にのぼる。今も重要な文献だと思われるものが少なくない。

最後の「一九九五年度年報」に、OTA局長ロジャー・ハードマンのステートメントがある。その中で彼は、OTAの全記録がCD-ROMに収められたこと、それが国立公文書館をはじめ五つの主要大学（大学名が列記してある）には全部揃えてある、また一九一五年の報告書は多くの大学（これも大学名を列記）に備えられたこと、インターネットで報告書を見られるようにしてある個所が、政府印刷局、国立科学アカデミー、プリンストン大学（<http://www.wws.princeton.edu>）にあることを報告し、最後にこう結んでいる。

「OTAは間もなく追憶となってしまふ。そのあと、やがて、われわれが何を失ったかを知るだろう。しかし私たちは何かをすくい上げることができると。OTA報告を利用したことのあるものは、それらの大部分が書架で長い寿命を持つことを知っている……。」

第三次産業革命の第二期、 そして第四次産業革命で、 TAの重要度が一層拡大する

OTAのような、最先端の技術に対して多角的な分析を行う組織の存在の役割は、第三次産業革命が第二期に入り情報化社会の急速な発展が米国だけでなく全世界的に拡大している今日、ますます大きくなるはずである。世界

の最先端で、新技術の開発に取り組んでいる米国は、自身の役割、自身の責務に不断の関心を持つ必要があると、私は考える。

先に述べたように、テクノロジ・アセスメントの重要性はこれからもっと大きくなるだろう。情報化社会が新たな段階に入りますますその感が深い。そして、やがて迎える、「生命」を中核技術とする第四次産業革命が始まる二一世紀半ばには一層それが痛感されるようになる。米国で、再びOTAのような組織の必要性についての議論が蘇ることは全くないとは、言えないのではないかと。また、日本がその前に、以前に急速にしぼんでしまったことの間違いに気付き、新たな体制を設ける可能性も期待したいと思う。

前述の、科学技術庁科学技術政策研究所が本年三月に報告書『一九七〇年代における科学技術庁を中心としたテクノロジ・アセスメント施策の分析』を出したのは、最近の技術分野での急速な動きの中から、再びテクノロジ・アセスメントの活動を求める声が出てくると感じている人がいるからではないのかと、私は受け取った。

新しい、第四次産業革命の段階に向かって技術革新が急テンポで進行していることを考えると、そうならないはずはない。私はそう予感し、期待している。

（きしだ じゅんのすけ）

学生が変わる、企業が変わる

青谷正妥

(京都大学留学生センター助教授)

海外体験と現代学生気質

聞き手 小浜政子

(助政策科学研究所主席研究員)

留学生と KUINEPプログラム

先生は京都大学理学部大学院在学中に渡米、いくつかの大学院で学ばれ、カリフォルニア大学バークレー校で数学博士号を取得、また、二十年の在米中には十五の大学・短大等で教鞭を取り、二年前に京都大学の留学生センターに赴任されたということですが、まず、留学生センターも含め、どういう授業、プログラムを担当しておられるのか、ご説明いただけますか。

青谷 日本の大学の慣例として、雇用契約の第一に挙げられているのが専門の研究です。私の場合、数学という専門がまずあって、それから院生、学部生、留学生の指導を担当ということになります。ただし指導と言っても、これはあくまで専門分野における指導です。

留学生センター勤務であるのに奇妙

だと思われるかも知れませんが、その次にはじめて留学生の世話という項目がきます。とくに私の場合は、KUINEP（京都大学国際教育プログラム）の留学生の世話ですが、ただし、世話といっても英語の講義です。これはもちろん理系科目の講義で、今学期担当したのは現代物理ですが、統計や計量経営学も以前教えました。

ですから、二つに大きく分けると、数学及び理系分野での教育研究と、留学生の一般世話ですね。ただし、留学生の世話という中でも、英語で理系科目を講義するというのが、いちばん大きな部分ということになります。

——KUINEPは京都大学創立百周年を記念し一九九七年に設けられたプログラムと聞いていますが、概略をご説明ください。

青谷 KUINEPは京大と学生交流協定を結んでいる世界各地の大学の学部学生を一年間交換留学生として迎

え入れるというのがその趣旨ですが、二本の柱があります。一つは講義をすべて英語で行うことから分かるように、非漢字圏の学生など日本語のできない人たちでも交換留学生として京大に來られることを可能にするという目的です。もう一つは、このようなプログラムを全学が協力して運営することによって、京都大学全体の国際化を推進することです。

——たとえば、今年はこの国の留学生がKUINEPに参加していますか。

青谷 アメリカ、カナダ、韓国、ニュージーランド、オーストラリア、スウェーデン、ベルギー、オランダ、ドイツ、スイス、フランスです。来年からはシンガポールなども加わる予定です。

——日本の留学生はアジアからが中心なので、もっと欧米から来てもらうというのがKUINEP設立理由の

一つということですが。

青谷 八〇年代の半ば、中曽根政権の頃にアメリカ副大統領のモンデールが、留学生数における日米貿易不均衡を指摘し、アメリカの学生をもっと受け入れるよう要請したのが、事の始まりだと聞いています。ですから最初はアメリカだけがターゲットだったらしいのですが、もちろん世界中から学生を集めるといふ今の形態の方が健全でしょう。アジアの学生も排斥しているわけではありませんが、既に京大の留学生全体の七〇から八〇%がアジアからの学生ですので、バランスを取るといふ意味で、KUI NEPでは欧米からの受け入れを増やす努力を続けます。

——当誌『二十世紀フォーラム』二十一号（一九八六年八月発行）には「日本における大学の国際化」と題した座談会が掲載されていますが、当時の日本の留学生受け入れ状況の貧しさを非常に憂えておられたのが、その座談会チェアマンの故大来佐武郎先生でした。中曽根総理の要請を受けてできた「二十一世紀へ向けての留学生対策懇談会」が「二〇〇〇年までに一〇万人の留学生を」という提言を出したのが一九八三年ですが、現在の日本の大学、大学院で学ぶ留学生数はアジア諸国を中心に約五万六千人で、計画のようやうく半分達成というところですよ。

その座談会の中でも、日本に留学生を受け入れる場合の言葉の問題が議論されていますが、KUI NEPプログラムでは使用言語はすべて英語ということですね。受講者には日本人の学生もいるのでしょうか。

青谷 全学共通科目になっていますから、一般の日本人学生も選択できるようなっています。全学共通科目というのは、かつてのいわゆる教養科目の拡大版で、全学共通という名の通り、特定の学部生対象ではなく、誰が取ってもよろしいという科目ですから、KUI NEPの私のクラスなどは日本人の方が多いいと思います。実は、国際教育プログラムで来ている留学生は文系専攻の人が多いので、結果的に理系科目の私のクラスはあまり取らないということになります。

増える京大の留学希望者

——また一方、海外留学希望の京大生のアドヴァイザーといったこともなさっていますね。この場合、京都大学派遣留学制度によって、京大生を交換交流協定校へ派遣するわけですが、留学希望者が少ないので人超になつていくとか。また、交流協定校はこの大です。

青谷 そうした状況が去年ぐらいから急に変わったのです。二、三年前ま

では、漠然とした興味はあっても、語学力がネックになり毎回十人ぐらいしか派遣できませんでした。ところが、こういうプログラムがあるという学内での知名度が上がり、すっかり目的をもって勉強する人が増えてきたからだと思いますが、去年ぐらいからTOEFLなどのスコアも十分にある人が急に増えてきて、カリフォルニア大学の枠は六名なんですけど、十二名の応募がありました。ですから、去年はトータルで三十名ぐらいにまで交換留学生が急増したんです。

交流協定校はカリフォルニア大の他、トロント大、ソウル大、シンガポール国立大、シドニー大、オーストラリア大、ウプサラ大、ウィーン大、ライデン大、ハイデルベルク大、ストラスブルグ大、ローザンヌ大、ルーバン・カトリック大などです。

ただし、京都大学に「来ている」留学生の一〇六四名に対し、海外へ「出ていく」方はこの交換留学以外に各部署で行く人などさまざまなルートをも全部足しても七〇から八〇名ぐらい。この収支を赤字と呼ぶのか黒字と呼ぶのかはともかくとして、たしかにバランスが取れていないので、最終的には千人ぐらい送りたいと思っています。ですから、たとえ三〇人に増えたとしても、全然数が足りないわけです。

日本の大学生は勉強しないとか、海

外での大学教育はこんなに違うと私がいくら口で言っても、経験しないものはなかなか理解できません。ところが、オーストラリアや北米の大学に一年ぐらいても行った人はたいへんな量の勉強をさせられるので、ずいぶん態度が変わって帰ってきます。海外経験する前は、私が「日本の学生は怠惰だ」と言うのと、嫌な顔をしていた学生が、私と一緒にあって「日本の学生は本当に勉強しないんだから」と言い始めますね（笑）。

——留学希望者が増えたのは、先生がこのセンターを拠点に、イベントを催したり、学生のテレビ出演をアレンジしたり、いろいろなプロモーション活動をされた影響もあるのでしょうか。プレス資料を見ますと、かつて在米中に日系企業で広報を担当されたこともあり、そうした経験も生かしながら、金髪にスケートボードの出で立ちで自らを宣伝塔とする積極果敢なスタイルでインパクトを与えておられるわけですが、留学というものについてのカルチャーが京大の中でも変わってきたというのでしょうか。

青谷 私の直接的影響という意味では二つぐらいでしょう。一つは京大には交換留学制度があるという事実すら知らないという人が減ったこと。もう一つは、私が留学のよさを宣伝したこととで、「結構いいものなんじゃない

か」と学生たちに受けとめられ出したことです。

もう一つは、企業をめぐる環境が少しずつ変わってきたことだと思います。昔は、一年留学すると、その一年留学した分と卒業が一年遅れた分を天秤にかけて、どちらかという遅れた分はデメリットと見なされていたと思います。企業が、「留学経験のある人を探ることは素晴らしい」と考えて採用するカルチャーは以前はあまりなかったと思いますね。

海外で就業体験をする

——「帰国子女や留学経験者が望ましい」という求人がかなり見られるように、履歴の中の海外経験が書類選考等の段階でもポイントが高いということが最近増えていきますね。

青谷 大学の方も、海外へ一回も出なかった人は卒業できないというぐらいにすべきだと思えます。それも、単なる旅行者としてではなく、海外で学生生活を送って比較するとか、海外の企業で研修したりするなどといった、成長機会になり得るような体験ですね。海外でのインターンシップという意味では、IAESTE（イアエステ）なども非常に薦めたいですね。

——先生のホームページにもIAESTEについて触れてありましたが、

簡単に説明いただけますか。企業でのインターンシップといったものでしょうか。また、国際的な組織ですか。

青谷 IAESTEは、学生の海外研修を目的として一九四六年にイギリスを中心にヨーロッパ十カ国で発足した団体で、現在六十余カ国が参加しており、日本もイアエステ・ジャパン（社団法人日本国際学生技術研修協会）として一九六四年に加盟しています。

私自身が学生だった頃には、工学部の学生しか参加できなかったのですが、最近では理・工・農・薬学と理系全体に間口が広がってきました。事業協力会員となっている企業や研究所が研修先になるわけですが、外国人慣れしているヨーロッパでは、学生研修員を上手に営業や生産過程に組み込んでいますが、日本はまだです。外国人を特別扱いする習慣から、一人のインターンに社員を一人つけたりしているようで、これではインターンが邪魔にはなっても役に立つことはないでしょう。こういう点でも、国際化の進展が強く望まれます。

——時期的には夏休みに実施されるのでしょうか。

青谷 夏が多いですね。ただ、一対一交換なので、日本人が出ていくためには、日本国内での受け入れ企業が必要なのですが、日本語ができないよう

な人が来ると非常に手がかかる、また、周りの人も皆が皆そんなに英語ができるわけでもないということで、受け入れ先がなかなか見つからないのがネットになっていきます。もちろん不況も大きく影響していると思いますが、景気がよかった頃でさえ、七〇人ぐらいの規模でした。ドイツなどは千人のオーダーと聞いています。

——千人という大規模ですね。

青谷 ドイツに千人来て、ドイツ人が千人海外に出ていくわけですが、海外といってもヨーロッパは地続きですから、国外というべきでしょうか。とは言っても、かなりの数ですし、最近のドイツではそういった海外経験がないと就職しづらいとも聞いています。

——IAESTEのプログラムでの体験はどういう影響を学生に与えていますか。

青谷 工場での仕事など、普段はできないことを、それも海外で経験するのは、若い人たちにとっては、まさにeye-openingな出来事のようなです。特に見知らぬ国で拙い英語でのサバイバルは彼らに大きな自信を植え付けます。指導教官の皆さん方も異口同音に「遅く、積極的に帰ってきた」と喜んでおられる。この意味において、IAESTEは二十一世紀の人材養成に大きく貢献しているのではないのでしょうか。急速に進むグローバルゼーション

ョンの中で、見知らぬもの、慣れない環境等に物怖じしない、世界的視野に立って仕事のできる企業人養成のためにも、企業の皆さんに是非積極的に参加していただきたいと切望しています。

外国人ということで構えて考えられるかもしれませんが、基本的には新人社員の研修と変わらないわけで、外国人インターンの受け入れは、企業自体の国際性の向上にも大いに寄与すると思いますよ。一度受け入れを経験した企業が、翌年から十人以上の受け入れを始めた例もあり、軌道に乗ればメリットは非常に大きいようです。

魅力に乏しい日本の大学教育

——海外経験という意味では、たとえばイギリス人ですと、高校を卒業するとすぐ大学へ行かず、大学入学資格を保持したまま進学を一年遅らせて、海外ボランティアをしたり、ワークキャンプに参加したり、牧場で働いたりなどというように、世界各地へよく出ていきます。これは大学の学費を稼ぐという目的の場合もありますが、異文化体験をしながら将来の進路を考えているわけで、通常ギャップ・イヤーと呼ばれるっており、NPOや各種チャリティ団体もさまざまなプログラムを彼等に提供しています。約二〜三割、高校

によって五割の学生がこのギャップ

・イヤーを取っているようですが、日本人はそういう無駄はしませんね。

青谷 日本のシステムだと、そういうことをすると将来、就職するときに困るでしょうからね。

——やはり、なぜそこで一年プラついていたのかということになりますね。

青谷 おそらくそうでしょう。いかにフリーターばかりとはいえ問題視されますね。

——ニューズウィーク誌（アメリカ版六月二十六日号）によると、イギリスのプリンス・ウイリアムもやはりこのギャップ・イヤーを取って、一年海外で見聞を広めてから進学するそうです。プリンスはともかくとして、一般のイギリス人にこういったカルチャーが浸透しているのは、十七、八世紀に貴族階級の子弟が見聞を広めるために世に出る前に欧州大陸を漫遊したいいわゆる「グランド・ツアー」の名残があるのかもしれない。

青谷 それぐらいやってもいいのではないかと思えます。ただ、もちろん見聞を広めてもらっているのですが、先ほども言いましたが、日本で学生を経験している人が海外で同じ学生をして比べるという体験はかなり貴重だと思います。

——先生のホームページの投稿欄に、二人の京大生が短い留学体験記を書いていて、そのうち、農学部の修士課程

からトロント大学医学部免疫学専攻に行ったかたは、非常に勉強が大変だったこと、大学院生といながら日本での専門の勉強が不十分だったことなどを書いていて、今さらのように「大学とは勉強の場である」ことを思い知らされたと言っています。もう一人の京大生の方は失望記といった印象の内容で対照的ではありませんが、いずれも平穩な日本の大学生活に何かしらの危機感を感じ国外脱出し、対人交渉の苦勞などから、逆にまた、日本で自分が無意識に取っていた行動様式を見直したりと、貴重な体験をされているのがうかがえます。

青谷 いろいろな意味で日本は慣れ合い社会ですから。教官は教官で講義の準備をあまり熱心にはしませんし、学生は学生で、素晴らしい講義をされても難しい試験があるぐらいだったら、役に立たない講義でも単位をもらえる方がよほど嬉しいというのが、大多数の今の日本の学生です。つまり、先生もちゃんとやらないんですが、学生もちゃんとしていない。それでお互いうまく整合性が取れて、丸く収まっているのが現状です。

——この二つの留学記の興味深い点は、導入になっている留学前の心吐露の部分です。大学生活に対する学生たちの深い失望感のようなものが入ると伝わってきて、今の学生の心の

空洞を見るようでいささかショックですね。そもそも日本の大学は勉強をする場としても、非常に物足りない所となりつつあるのではないのでしょうか。もちろん皆が物足りなく思っているというのではなく、そういう不満を持っている人が外国の大学に行くからだというとも言えるでしょうが。

青谷 前総長の井村裕夫先生に教えていただいていたので知ったのですが、スイスにあるビジネススクールのIMD (International Institute for Management Development) が国力のランキングをしているのですが、日本のランキングは四十七カ国中総合で十七位であるにもかかわらず、大学教育のランキングでは四十七位で最下位ということなのです。

つまり何を言いたいかというと、日本の大学教育は社会の要請にできていないということが言えると思います。もちろん大学ランキングも、国力の指標もいろいろなタイプのものであるでしょうが、それを考慮しても少なからずショックな数値だと思いますね。

教養とカリキュラム

——次にカリキュラムの問題ですが、京大では外国語の授業を一手に担当している総合人間学部が、各学部からの「もっと実際に役に立つ英語教育を」

という要請を、今の講師陣容では会話や聞き取りは無理ということと退けたということですが、いわゆるかつての教養学部の語学科目に当たるものは京大では現在どのようになっているのでしょうか。それが不十分なものとすれば、たとえば留学する学生たちは独力で勉強しているわけですか。このあたりのカリキュラム作成の争点と学生の対応の現状をご説明ください。

青谷 外国人教官が何名かいることもあり、文字通りシェークスピアの五行を九〇分かけて読む、というような授業はさすがにほとんどなくなりました。ただし、各学部の学生が専門分野で使う英語を中心に「読む・書く・聞く・話す」の四技能の訓練を受けるといのが私が考えるところの理想の大学英語の姿ですが、それには程遠いのが現状です。

語学の授業は非常勤講師が担当している場合が多いのですが、教授たちがいわば既得権益といったような非常勤講師の雇用枠をそれぞれ持っており、自分の弟子や弟子たちにそれらの仕事を与えるという悪習が断ち切れません。これが適材適所の人事を拒んでおり、たとえば文学部出身の先生が理学部の学生の指導をするのですから、当該分野での実用に供せられる英語が教えられないのがありません。結局授業に見切りをつけて英語学校に通ったり、

ネイティブのチューターを雇ったりする以外にはないようです。

学生の要求にもっと敏感な私学では、最初から語学学校に実用外国語教育を下請けさせているところもあるようですが、親方日の丸の国立大学は腰が重いですね。余談になりますが、そういう意味では独立法人化も悪くはないかもしれませんが。理学部等の研究費確保は心配ですが。

——また、この問題と関連して、先ほどのKUINEPプログラムで英語の講義をお願いしたいと言っても、なかなか担当教官が見つからないということですが。

青谷 見つからないので結局どうしているかというところ、オムニバス形式でお願いしています。チーム・チームング、あるいはグループ・ティーチングと言ってもいいのですが、たとえば十二回しか講義がないのに、十一人先生がいる、つまり一人一回みたいなありさまになっているものもあります。一回ぐらいなら国際学会で発表したときのスライドなどを持ってくれば何とかなるわけですね。

——大学生の学力低下の問題が言われていますが、小中高の指導要領の希釈化は大きな問題だと先生は言っておられますが。

青谷 思考力や応用力は、基礎学力があつてはじめて発揮できるものなの

に、今の学生にはその基盤になるものがありませぬ。情報化社会を生き抜くために是非必要な、迅速かつ正確な判断力は、幅広い知識という裏付けがなくてはこぼれだす。可能になるわけですが、学級崩壊やいじめ等問題は山積して

ますが、その解決策をカリキュラムの希釈に求めるのはどうかと思っ

ています。また、京大の学生気質の変化として、コンピュータや英会話、各種資格試験、また就職活動に追われて、幅広い教養を身につけるとい

うのが、周りの先生方の一致した意見ということですが、キャンパスの雰囲気や日頃接する学生からそうした実利優先主義を感じられ

活動の支援まで、受験産業の延長としてビジネス化されている現状はいかがなものでしょうか。

職業訓練所化する大学

先日、朝日新聞のウィークエンド経済欄(七〇二号)で、就業体験をするインターンシップをカリキュラムに取り入れる大学が増えつつあり、九年度以降の実施予定も含めると大学全体の三五%にもなるということが取りあげられていました。企業の方も即戦力を求めて、学生ベンチャーの企画を募ったり学生用のビジネスプログラムを組んだりというふう

に、採用の予備形態、別形態としてこれを展開しつつあり、また、学生の方も就職状況が厳しい中、一歩でも人より先んじたいという気持ちがあり、この傾向が加速している

と説明されています。この特集に数学者の森毅先生が、インターンシップは経験としてやってもよいが、就職狙いに直結させるのはま

にせよ、若いうちにさまざまなことを経験すべしというのが私の持論なので、早過ぎる特化はどうかと思いますね。

また、「社会が求める人材」という言葉を短絡的に誤解した大学の、職業訓練所化にも危機感を覚えています。

あらゆる変化のスピードが増大の一途をたどっているのが昨今で、現場で要求されるスキルもどんどん変わっています。そういう意味では学習力や適応力が一番モノを言うわけですが、その土台になるのは基礎的な知識や能力です。しかも、基礎知識・能力の部分はゆっくりとしか変化しませんが、一度身につけると一定の「賞味期間」は保証されます。したがって、一見非効率的に見える基礎の勉強が、実は大変効率的だということになります。しかも、いっとういう場面

でどんな知識・能力が要求されるか、予測できないのがボーダレス時代の特徴だとすると、恒常的な変化について行けると、かなりとした基礎を備えた者だけが生き延びる、と私は思っています。そういう意味では、企業側には、顕在する即戦力と同時に、将来性としての潜在力も、学生を選抜する場合に考慮していただきたいですね。不況下にあつては、長期的展望がいかに難しく、理想論がいかに説得力に欠けるかは百も承知ではありますけれども。

青谷 学校での勉強にせよ社会勉強

[附記] 青谷正妥氏、IAESTE電子メールアドレス及びURL

- 青谷氏
aotani@cfse.ryugaku.kyoto-u.ac.jp
<http://cfse.ryugaku.kyoto-u.ac.jp/aotani-Kyoto.html>
- IAESTE
iaeste@bekkoame.ne.jp
<http://www.iaeste.or.jp/>

運輸エネルギーの効率化——自動車を中心に

周知の通り、我が国における二酸化炭素排出量の推移は、産業部門がほぼ横這いであるのに対して、民生部門と運輸部門の伸びが顕著であり、これら二部門への対策がCOP3の公約実現に向けての大きな課題とされている。また、運輸部門の中では、自動車の利用に基づく排出量が最も多く、かつ伸びも著しく、運輸部門の二酸化炭素排出量抑制のための効果的な対処が必要とされている。

しかしながら、自動車からの二酸化炭素排出量抑制の難しさは、内燃機関としての自動車単体の排出量抑制には限界があることと、既に我が国が自動車に強く依拠した社会・経済構造の下にあり、それとの複雑な相互関連性を踏まえなければならないことにある。

本特集では、自動車を対象とした二酸化炭素排出量抑制の主なアプローチとその動向を取り上げる。はじめに、当研究所の研究グループが、自動車利用による二酸化炭素の排出量の動向と、我が国政府の具体的な施策群の大枠をレビューした。

石田論文は、自動車によるエネルギー消費が我々の暮らし・都市・地域と密接に関連したものであることを実証的に示しつつ、

「総合的な交通政策」の重要性を指摘し、省エネルギー型かつ低環境負荷型の交通システムの実現に向けての基本的な考え方を提示している。

河野論文は、通信と交通を融合させたITS（高度道路交通システム）を取り上げ、システムの概要や、推進体制、支える技術、省エネルギー施策とその効果の試算、課題等をまとめている。

若井論文は、自動車単体の主要な燃費向上技術を取り上げ、既に実用化されている技術と、開発中の将来技術の両者について、海外の動向を含め、技術的な側面を中心に現在の到達点を紹介している。

自動車は、その際だった効用の高さによる普及力と引き替えに、安全や大気汚染・騒音、発展途上国のモータリゼーションなどの問題も抱えている。今回の特集で各筆者が指摘しているように、関係各主体の協力と総合的・融合的な対策が、二酸化炭素の排出量抑制のみならず、他の課題についても、これまで以上に必要になってきているように思われる。

自動車を中心とした

運輸部門の地球温暖化対策

地球温暖化問題と

我が国の状況

一九九七年十二月、気候変動枠組条約の第三回締約国会議（COP3）が京都で開催された。この京都会議では、

参加各国の激しい議論の末、二〇〇八年から二〇一二年までの間の温室効果ガスの排出量の削減に関する数値目標等を内容とした京都議定書が採択された。京都議定書で採択された数値目標は、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒

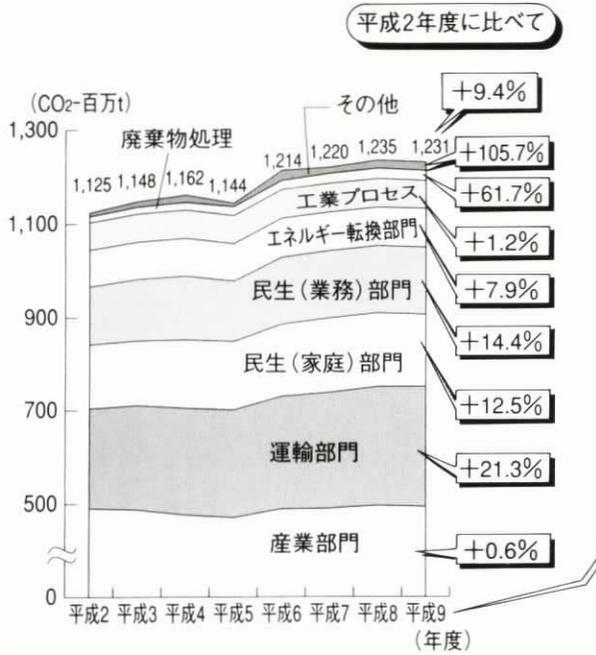
(財)政策科学研究所
エネルギーに関する

政策研究グループ

素、ハイドロフルオロカーボン、パーフルオロカーボン、六フッ化硫黄の六種の温室効果ガスを対象に、人為的な排出量を目標期間の平均で一九九〇年レベルからEUは八％、アメリカは七％、日本は六％削減する、という

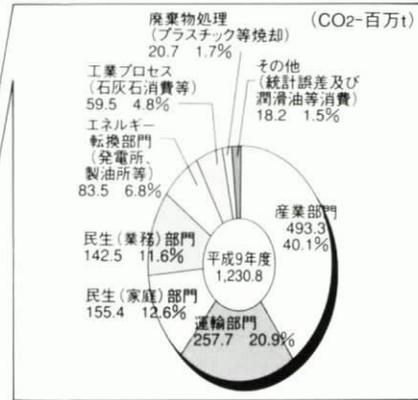
特集 ■ 運輸エネルギーの効率化 — 自動車を中心に

図1 我が国の二酸化炭素 (CO₂) 排出量の推移



資料：環境庁
出所：平成12年版環境白書総説

(平成9年度における二酸化炭素排出量の部門別割合)



ものであった。
さて、京都議定書では六種のガスが温室効果ガスと規定されたが、そのうち二酸化炭素は排出量が膨大であり、もっとも影響度が強い。
我が国における二酸化炭素排出量の部門別割合を見ると、一九九七年度で産業部門が四〇・一％、乗用車・バス・トラック・船舶・航空機等の運輸部門が二〇・九％、民生(家庭)部門が一・二・六％、商業施設などの民生(業務)部門が一・六％となつている。
また、一九九〇年度から一九九七年度までの部門別の二酸化炭素排出量の伸びを見ると、産業部門は〇・六％、運輸部門は二・三％、民生(家庭)部門は二・五％、民生(業務)部門

図2 運輸部門のエネルギー消費の推移 (1990=100とした指数)

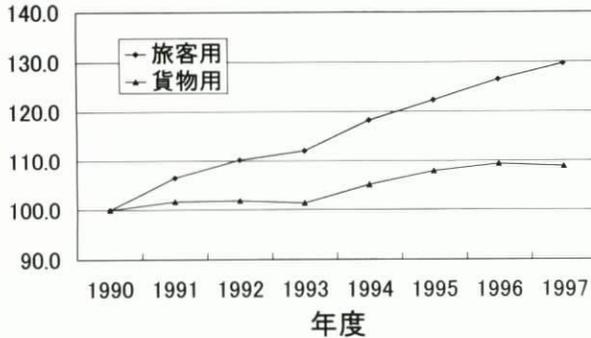
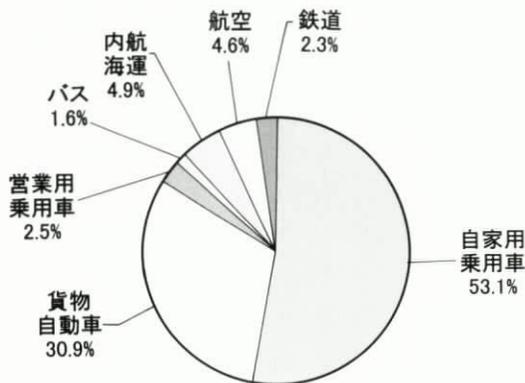


図3 1997年度 輸送機関別のエネルギー消費量の割合



は一四・四％であり、産業部門に比べ、運輸、民生部門の伸びの大きさが問題とされてきた。(図1参照)
運輸部門の二酸化炭素排出量の状況
運輸部門のエネルギー消費量は、貨物部門が第二次石油危機時に減少した以外は、交通輸送需要の増加に伴い、第一次石油危機以降ほぼ一貫して増加している。運輸部門における二酸化炭素排出のほとんどは化石燃料に起因しており、二酸化炭素排出量は、エネルギー消費量にほぼ比例する。したがって、この間、二酸化炭素排出量も増え続けたといえる。
運輸部門のエネルギー消費のうち、

伸びが大きいのは旅客分野である。図2のように、貨物分野は一九九七年度対一九九〇年度比で八・九％の伸びで、特に一九九五年度以降はほぼ横這いであるのに対し、旅客分野は二九・七％の伸びを示している。
(財省エネルギーセンターによれば、図3に示すとおり、一九九七年度で運輸部門のエネルギー消費量の八八％を自動車占め、特に自家用乗用車は五三％を占めている。自家用乗用車のエネルギー消費量の伸びは一九九七年度対一九九〇年度比で三五・一％であり、自家用乗用車のエネルギー消費量の伸びが、近年の運輸部門のエネルギー消費量の伸びに大きく寄与しているといえる。

図5 自動車の平均走行距離

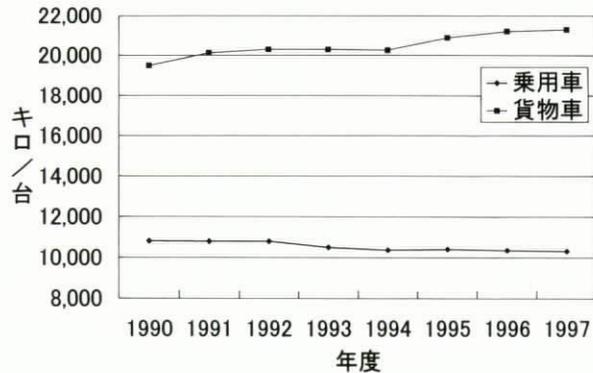
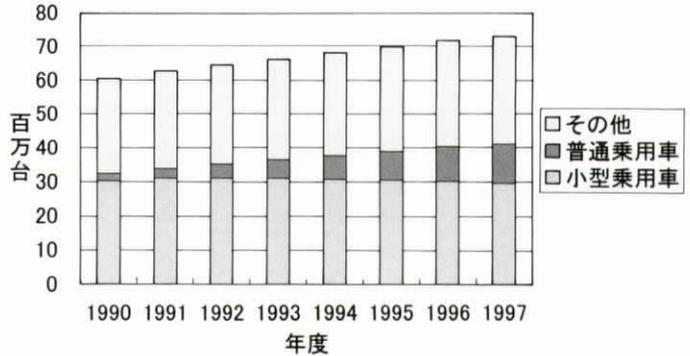


図4 自動車台数の推移



自動車台数は、六千万台から七千万台と二二%の伸びをみせている。平均走行距離は、乗用車は四%減少

参照) 自動車のエネルギー消費量は、ごく簡単にいえば、台数と平均走行距離と平均燃費の積で表される。つまり、これら三要素の動向がエネルギー消費量の増減を左右する。では、一九九〇年度から一九九七年度の三要素の推移はどうだったであろうか。(図4、図5

乗用車は、自家用乗用車が一九九〇年度の五千四百億人キロから一九九七年度の六千二百億人キロへ一五%の伸びを、貨物自動車は、二千七億トンキロから三千億トンキロへ一五%の伸びをみせている。運輸部門のエネルギー消費量の増加は、運輸部門のエネルギー消費の約九割を占める自動車によるところが大きいと考えられる。

運輸部門の二酸化炭素排出量増加の原因

さらに、二〇〇〇年六月に出された運輸政策審議会総合部会長期輸送需要予測小委員会報告によれば、二〇〇〇年の国内輸送量は、旅客、貨物分野とも、一九九五年よりも増加または横這いと予測しており、何らかの対策が講じられなければ、今後もエネルギー消費量、二酸化炭素排出量は増加するであろう。

平均燃費は、自家用乗用車のうち小型乗用車の台数が三千万台と横這いであるのに対して、普通乗用車は百九十万台から千百万台へと五・八倍もの伸びをみせており、車両の大型化が平均燃費の増加につながっていると推測される。その他、渋滞に伴う実走行燃費

の増加、貨物自動車の多頻度小口輸送の増加による積載率の減少、冷凍車等の特種車両の増加、オートマチック車の増加等が、平均燃費の増加をもたらしたとされている。

日本の運輸部門における対温暖化方針

したがって、自動車のエネルギー消費量は、自家用乗用車の平均走行距離の減少はあるものの、台数の大幅な伸びと、燃費のさまざまな要因による増加によって、全体として大幅な増加となったと考えられる。

COP3に先立ち一九九七年十一月に発表された「地球温暖化問題への国内対策に関する関係審議会合同会議報告書」では、運輸部門のエネルギー消費の著しい伸びを考慮して、運輸部門の二酸化炭素排出量は特段の措置をとらなければ二〇一〇年には一九九〇年比で四〇%増になると見込んだ。

そして、ガソリン乗用車の燃費の二割以上向上等の対策により、運輸部門

における二〇一〇年の二酸化炭素排出量を一九九〇年比で一七%増に抑制することとした。また、この報告書では燃費向上策に関して、トップランナー方式の採用を求めた。

トップランナー方式とは、機器の各カテゴリにおける最良のエネルギー効率を有する商業化された製品を目標にした水準、もしくは技術的、経済的に可能であればそれを上回る水準を念頭に置いて基準値を定める方式のことである。

一九九八年六月には、内閣総理大臣を本部長とする地球温暖化対策推進本部により、二〇一〇年に向けて緊急に推進すべき地球温暖化対策として策定された「地球温暖化対策推進大綱」が発表された。

表1 運輸部門における二酸化炭素削減目標量を達成するために講ずべき施策

分野別の施策	2010年度CO ₂ 削減量 (万トン) (%)	主な施策の具体例
1 (1) ガソリン車、ディーゼル車の燃費の改善等	▲ 370 (29)	・自動車の燃費向上 20% (ガソリン乗用車) 15% (ディーゼル乗用・中軽量車) ・鉄道等の消費原単位改善 ・約240万台の普及
(2) 圧縮天然ガス自動車等の技術開発・普及促進	▲ 90 (7)	
2 エコドライブの推進等	▲ 140 (11)	・エコドライブの推進 ・自転車、徒歩への転換等
3 (1) 公共交通機関の利用促進、ITS (高度道路交通システム) の推進等	▲ 310 (24)	・交通需要マネジメント (TDM) 施策の推進 ・ITS (高度道路交通システム) の推進等
(2) 物流の効率化	▲ 250 (25)	・トラックの積載率向上 ・トレーラー化、車両の大型化の推進 ・モーダルシフトの推進等
4 その他	▲ 110 (9)	・情報通信を活用したテレワークの推進
合計	▲ 1270 (100)	

(地球温暖化問題への国内対策に関する関係審議会合同会議資料より作成)
出所:平成11年6月14日 運輸技術審議会答申「安全と環境に配慮した今後の自動車交通政策のあり方について」
第2部 自動車交通に係る環境対策のあり方

運輸部門における具体的な施策と 取り組み状況、課題

転方法の普及啓発、テレワークの推進、
自転車利用促進、が挙げられた。

運輸部門からの二酸化炭素排出量を、
一九九〇年の五千八百万トン（炭素換
算）の一七％増である六千八百万トン
（炭素換算）に抑制するためには、二
〇一〇年時点で、特段の対策を講じな
い場合に排出されると見込まれる二酸
化炭素量八千百万トン（炭素換算）を
千三百万トン（炭素換算）削減しなけ
ればならない。

一九九九年六月に運輸技術審議会か
ら答申された「安全と環境に配慮した
今後の自動車交通政策のあり方につい
て」には、運輸部門における二酸化炭
素削減目標量を達成するために講ずべ
き施策として表1が示された。
以下では、表1に示された施策の現
状と課題についてみてみよう。

① ガソリン車やディーゼル車の 燃費改善等

一九九九年四月に改正施行された
「エネルギーの使用の合理化に関する
法律（省エネルギー法）」の下、世界
初のトップランナー方式を導入した自
動車の新燃費基準が示された。この新
燃費基準は一九九五年を基準に、ガ
ソリン自動車全体は二〇一〇年度まで
に二一％、ディーゼル自動車全体は二
〇〇五年度までに一三％の燃費向上を

目標としている。

自動車メーカーは、エンジン単体や
変速装置、動力伝達装置、車体形状な
どさまざまな部分の改良を進め、新燃
費基準を満たす自動車モデルの開発、
発売を積極的に進めている。ただし、
自動車単体の燃費向上は、進めば進む
ほど燃料削減効果は薄らいでいく。自
動車単体の燃費効率改善は、既にある
程度燃費のよいものをさらに改善する
よりも、比較的悪いものを改善する方
が効果は大きいといえる。

② 低公害車の技術開発・普及促進

圧縮天然ガス（CNG）自動車、メ
タノール自動車、電気自動車、ハイブ
リッド自動車等の低公害車は、二酸化
炭素排出に関しても優れており、これ
らを普及させることが目標となってい
る。低公害車の普及台数はハイブリッ
ド自動車の店頭発売とともに近年急速
に伸びてきた。日本自動車工業会によ
れば、上記低公害車の台数は一九九九
年度末で四万四千七百台程度だが、そ
のうち三万六千七百台はハイブリッド
自動車である。

CNG自動車、メタノール自動車、
電気自動車の普及には、取得コスト等、
自動車単体の課題の他、燃料供給施設
の充実等のインフラ整備が欠かせず、
膨大な社会投資を必要とする。一方で、
普及促進のための自動車取得税軽減措
置や、リース費用の一部補助といった

政策や、低公害車購入資金の貸出金利
を低く設定する金融機関も登場するな
ど、低公害車普及に向けた機運は高ま
っている。さらに、自動車税の軽減措
置も検討が行われており、現有のイン
フラで対応可能なハイブリッド車は比
較的早期に、その他の低公害車はイン
フラ整備等のある段階を超えた時点で
はじめて普及していくのではなからう
か。

③ エコドライブの推進等

エコドライブの推進等については、
アイドリング・ストップ、経済速度運
転の励行、急発進・急加速・急ブレー
キの自粛といった環境に優しい運転方
法（エコドライブ）の啓発やエコドラ
イブ推進のための装置等の普及、不要
不急の自動車利用の自粛、近距離での
自転車の積極的利用の喚起等が考えら
れている。

エコドライブの啓発については、関
係省庁をはじめとしたイベントやコン
テスト、広報活動等が進められている。
エコドライブ推進のための装置につい
ては、アイドリング・ストップ機構を
搭載したスクーターが商品化される等、
研究開発が進んでいる。

エコドライブの推進等という施策は
運輸部門の削減目標の一％を担って
おり、自動車の利用者は無理・無駄の
ない効率的な利用を心がけなければな
らない。しかし一方で、エコドライブ

のインセンティブに乏しいのも事実である。エコドライブを政策として推進するのであれば、国民の自発的行動に期待するだけでなく、エコドライブを法的に義務付けるなどのインセンティブ施策が必要なのではなからうか。

④ 公共交通機関の利用促進や

ITSの推進等

●公共交通機関の利用促進

公共交通機関の利用促進策としては、バス停留所の改善や超低床式ノンステップバス導入等バス利用促進に資する施策の計画的実施推進、乗継円滑化のための交通結節点整備の推進等が挙げられている。

バス停留所の高度化や超低床式ノンステップバスは、金沢市等で導入されている。また、バスの積極的利用を前提としたまちづくりである「オムニバスタウン」に浜松市等が指定され、整備が進められている。

公共交通施策は、都市と地方という地域特性の違いに応じて対策検討されなければならない。地方においては、場合によっては公共交通機関の利用促進よりも、地域での自動車共同利用支援策の方が地球温暖化対策に資するかもしれない。

●ITSの推進等

大都市における交通混雑や渋滞は、自動車の燃費効率を低下させ、二酸化炭素排出量の増加を招いていると指摘

されており、交通渋滞緩和策として、バイパス・環状道路の整備や交差点立体化の推進等の従来路線の交通インフラ整備事業に加えて、ITS、TDM施策の推進等が挙げられている。

ITSは、交通情報の適切な提供により円滑な交通流を実現することを目的とし、道路交通情報通信システム(VICS)、ノンストップ自動料金収受システム(ETC)、新交通管理システム(UTMS)、先進安全自動車(AVS)、自動運転道路システム(AHS)等の研究開発、整備が進められている。VICSについては一部地域で供用が始まり渋滞や駐車場情報などが五分おきに提供されているほか、ETCについても二〇〇〇年度中に主要な高速道路等の約五百八十カ所の料金所で運用が開始される予定である。

ITSは情報通信技術の進展が急速だったこと等もあり、ようやく実用化の端緒に至った段階であるが、政府はこれら施策への取り組みをさらに推進すると同時に、法整備を進める必要がある。

TDMは、道路の利用の工夫と適切な利用の誘導によって円滑な交通流を実現することを目的とし、都市の周縁部で乗用車からバスや電車に乗り換えるパーク・アンド・ライド、渋滞路の通行に料金を課し他の路線への経路変更を促すロードプライシング、自動車の相乗り通勤や時差通勤等の方策が検

討され、一部地域で実施、試行されつつある。

TDMの本格実施には、さらに検討すべき点があると思われる。パーク・アンド・ライドは乗換等の不便さをどこまで利用者が許容できるかが成功の鍵であり、交通結節点の整備等の他、公共交通機関利用のインセンティブ施策が必要であろう。ロードプライシングは、並行的にバイパス等の整備や他の交通機関の充実を進めなければ、渋滞を別の部分に移転させるにすぎないかもしれない。徴収した料金の使途に関する議論も必要であろう。

ITSへの期待は大きい。また、TDMのうちパーク・アンド・ライドは、結節点での移動し易さやインセンティブ施策により比較的实施しやすい施策であろう。しかし、これらが交通流の円滑化に十分に資することができない場合には、ナンバープレートによって市街地への自動車乗入れを規制するといった、より強制力を伴ったTDMの実施を検討する必要があるかもしれない。

⑤物流の効率化

物流の効率化については、一九九八年十月の「運輸省物流施策アクション・プラン」において、長距離貨物輸送における海運・鉄道のおよめる割合(モーダルシフト比率)を現在の四〇%から二〇一〇年に五〇%超とする目

標が設定された。また、トラックの積載効率については、五〇%への引き上げを目標に、トレーラー化・車両の大規模の推進、求車・求貨情報システムの普及支援や、積合わせによる共同配送等の諸施策を積極的に推進することとしている。

トラック業界では、求車・求貨情報ネットワークシステムの構築や、東京―大阪等の幹線での共同運送を実施し、輸送の効率化を図りつつある。

⑥その他

その他の項目としては、情報通信を活用したテレワークの推進が挙げられている。テレワークによりSOHO(スモールオフィス・ホームオフィス)の増加が期待できる。また大企業の社員でも、オフィスに出勤する日が限られていたりサテライトオフィスで働くテレワーカーの増加も見込める。このように運輸の面からは、テレワークによって通勤が不要、もしくは軽減されるという効果がある。

しかし、SOHOを含めたテレワークを推進するためには、労働条件の整備や産業界の合意等、解決すべき事項が多く、具体的目標とその道程、役割分担が明示されるべきであろう。

地球温暖化対策推進大綱の施策以外で二酸化炭素排出量の抑制を行うための経済政策として、炭素税の課税があ

ろう。炭素税の検討については政府内で議論があるが、運輸政策審議会が炭素税導入に向けた検討が必要との方針を示した、という新聞報道がされるなど、炭素税導入について前向きに検討しようという機運は高まりつつあるようである。しかし、炭素税の導入については、税率、課税ポイント、税の性格、既存の税との整合、産業界等への影響といったさまざまな点から議論をする必要があるほか、議論の基礎として、炭素税の課税がどの程度二酸化炭素削減に資するのかといった分析や評価を行う必要もある。

さらなる調査検討の必要性

政府は地球温暖化対策推進大綱を策定し、行政、事業者、国民がなすべきことを提示した。

同大綱は、対策推進状況の点検と、必要に応じた内容の見直しを行うこととしているが、これまでのフォローアップは、施策の取組状況と、今後実施する施策の報告にとどまっている。しかし、問われるべきは、実施した施策がどの程度地球温暖化対策に有効であるかの検証と、実施予定の施策の効果予測であろう。そのためにはまず、施

策の重要性や費用対効果を明確にするために、どの要因がどれだけ二酸化炭素排出に寄与するのかを詳細に実態的に調査しなければならない。運輸部門における二酸化炭素排出量と排出に関する構造的側面についてのさらなる調査が必要である。

運輸部門の二酸化炭素排出量を抑制することの難しさは、他の部門活動との非常に強い関連性にある。

運輸部門は人やモノの輸送を通じて産業部門、民生部門の活動を支える。逆に言えば、産業政策や国民の生活スタイルの選択の上に運輸の形態が適合してきた。運輸部門の二酸化炭素排出量を抑制するためには、部門内の効率を高める一部の手法を除けば、必然的に産業部門、民生部門の施策と関わりを持たざるを得ない。経済活動の維持発展や国民のクオリティ・オブ・ライフへの希求と、輸送需要の増大、二酸化炭素排出量の抑制をどのようにバランスさせるかという問題は複雑であり、さまざまな主体が関わってくる。その主体が、なぜある輸送手段を選択したのかの検討がおろそかならば、実施主体に受け入れられる対策とはならない。運輸部門の地球温暖化対策の目標の実現性を高めるためには、実施主体が積

極的に取り組めるインセンティブを持った施策の策定が必要である。

世界への公約である温室効果ガスの六%削減は、約十年という比較的短い期間で行わなければならない。しかも、劇的に効果のある施策は今のところ見当たらない。したがって、温室効果ガスの削減は、施策の検討と対策の実行評価を並行的に行う必要がある。中央環境審議会は、二〇〇〇年九月にCOP3以降の地球温暖化対策を踏まえた、新しい環境基本計画の中間取りまとめを行い、国民に意見聴取を行っている。地球温暖化対策の検討は一過性ではない。実りある運輸部門の温暖化対策を策定するためには、運輸部門において、何がどれだけ二酸化炭素排出に寄与しているかを的確にとらえ、もっとも効果的かつ実施主体に受け入れられる対策は何かを検討することが必要なのである。また、そのための関係主体の政策形成への実効的な参加も不可欠であろう。

*本稿は、当研究所エネルギーに関する政策研究グループのメンバーである主任研究員谷川精志が代表執筆したものである。

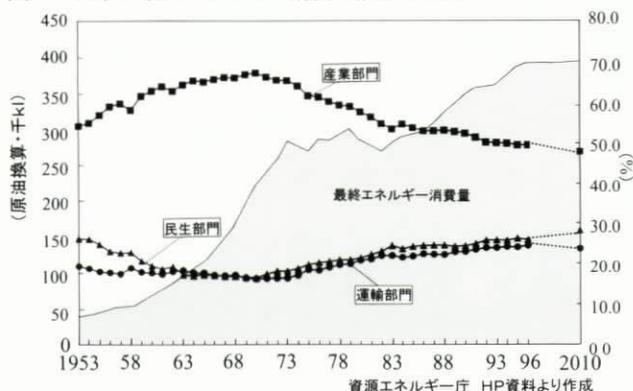
交通政策と省エネルギー

自動車とその位置づけ

石田東生
(筑波大学社会学系教授)

交通エネルギー消費の推移と現状

図1 日本の最終エネルギー消費の推移と見通し



まず図1をご覧いただきたい。この図は高度成長が始まる前の一九五三年から一九九六年までの我が国の最終エネルギー消費量の総量と産業・民生・運輸の部門別シェアの推移を示したものである。高度成長期以降の我が国のエネルギー消費量が激増していることに驚くのは筆者ばかりでないと思像する。そして、多くの方が、消費量の激増がもたらす種々の問題、例えば、大量の二酸化炭素の排出が地球環境に与える影響、エネルギー資源の枯渇問題を中心に心配されるであろう。一九九七年の京都市における第三回の気候変動枠組条約の締約国会議(以下、COP3)における我が国の「二〇一〇年までに一九九〇年の六％減のレベルにまで二酸化炭素の排出量を削減する」という国際公約の達成を危惧する向きも少なくない。

そして、シェアに目を転じれば、産業部門のシェアが低下し続けるのと対照的に、交通運輸部門と民生部門のシェアが着実に増加して欧米型に近づいている。最終消費エネルギーを削減するためには、この二つの部門での削減がなにより重要である。しかし、削減の対象である自動車台数は七千万を超えているし、世帯数も四千万を超えている。一人ひとりのドライバーや生活者にとって自分自身の行動や選択の結果は、全体に対してそれぞれ七千万分の一と四千万分の一の重みしか持ちえないわけで、全体のエネルギー消費に及ぼす影響を実感することはほとんど不可能であり、地球市民の自覚に基づいての省エネルギーを重視した行動は至るところで行われているとはいえず、不便さと痛みをとまなうものであることも事実である。このような難しさがあるからこそ交通運輸と民生の二部門のシェアが増加しているのである。

最近の増加が著しい乗用車によるエネルギー消費量の増加を要因別に見たもので、COP3に向けての我が国の政策決定の際に資源エネルギー庁が作成したものである。主な要因として、他手段から乗用車への転換、走行燃費の悪化、交通需要の増加が大きな要因であることがわかる。このことがどれくらい広がりと深さを持つ問題であるのかを探るために、まず、戦後の高度成長期以降の都市と暮らしと自動車の関係に眼を向けよう。

自動車と我々の暮らし・都市・地域

我が国の自動車保有台数は急激な増加が続いている。筆者が生まれた一九五一年には我が国の自動車保有台数は約六十万台であったが、一九九九年には七千三百万台を超えていて、国民一人に一台の自動車が存在していることになる。そして、我々の生活、都市、地域は自動車の普及にとまな

特集 ■ 運輸エネルギーの効率化 — 自動車を中心に

図4 自動車の普及と生活/都市構造の変化

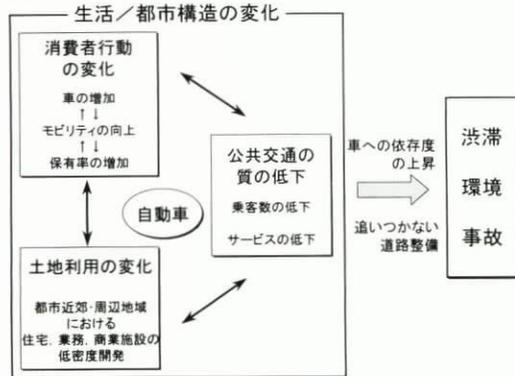


表1 都市別の交通エネルギー消費量と都市特性(1980)

都市	人口密度 (人/ha)	千人当り自動車台数	一日一人当り交通エネルギー消費量(kcal)
ホンコン	293.3	66.3	3,537
シンガポール	83.2	155.0	7,279
東京	104.6	266.5	11,019
ロンドン	56.3	355.5	12,258
パリ	48.3	382.8	12,921
ニューヨーク	19.8	459.2	34,110
ヒューストン	8.9	797.9	54,942

注: 日本人の一日一人当りの最終エネルギー消費量 66,711kcal
参考文献(3)より作成

図2 自家用乗用車の要因別エネルギー消費の伸び

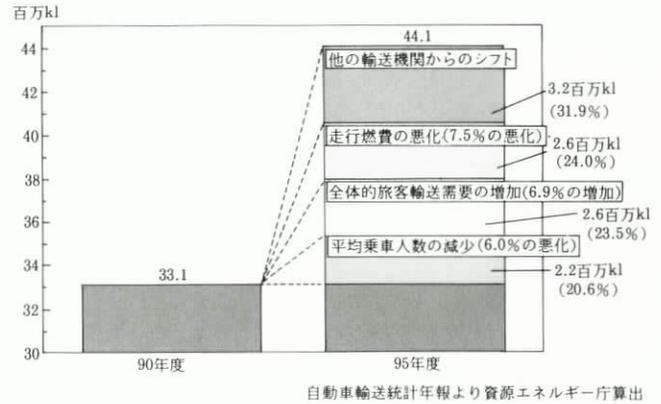
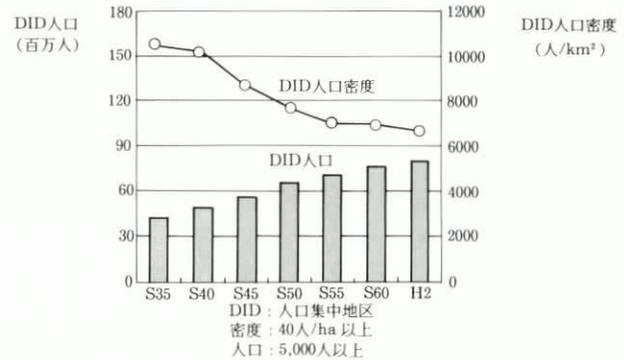


図3 DID人口、人口密度の推移



想像以上に変容している。自動車保有率上昇の影響は自動車利用の増加という表面的な変化にとどまらない。DID人口密度の全般的な低下に現れているように、自動車保有の進展は都市の郊外化・低密度化を促進させている。自動車を下駄がわりに利用できるようになり、住居の選択の自由度が大きく向上したので、公共交通が便利で、あるいは徒歩・自転車通勤で済んだような密集市街地に住まざるを得なかった我々が、郊外にゆったりとした住居を選択できるようになったのである(図3)。

買い物、レジャー等の目的地も自動車の高いモビリティにより、より広い範囲の中から自由に選択できるようになった。選択の幅が増えることによって消費生活のレベルが大幅に向上したのである。このような消費生活の変化は、郊外型の小規模住宅地や、幹線道路やバイパス沿いに数多く立地しているロードサイド店に代表されるような都市構造と形態の変容をもたらし、これが再び自動車依存型の生活を我々に強いているという側面もある。また、一方でバス交通に典型的に見られるように公共交通は、乗客数の減少とそれともなう赤字の増加と路線の廃止という悪循環に陥っている。これらが相互に関連して自動車保有を増大させ、都市構造や我々の生活を変化させてい

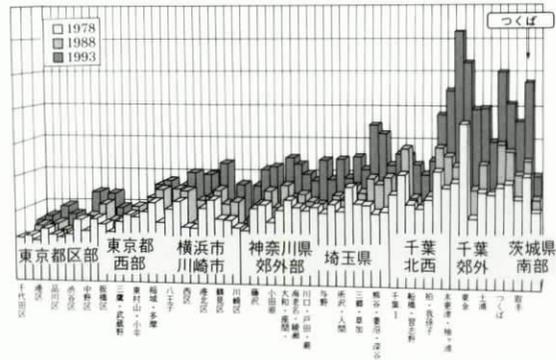
るという循環構造が確かに存在する。中心に自動車位置を占めていることは言うまでもない(図4)。

そして、ここに現代都市における混雑・環境・交通事故などの交通問題の原因と、解決が難しい理由が存在する。自動車をもたらす恩恵や利便性が大きければ大きいほど、その人の自動車利用は増加するし、減少させることは難しいのである。特に自らの行動や選択の結果との直接的なつながりが実感されにくいエネルギー消費や二酸化炭素排出など地球規模の問題については顕著である。

結果として都市における交通エネルギーの消費量は着実に増えている。前節では日本全体の交通運輸部門のエネルギー消費を概観したが、これらは都市特性とどのような関係にあるのだろうか。表1は七つの都市の交通エネルギー消費量と都市特性の関係をみたものである。ここでの交通エネルギー消費量はその都市で消費されるガソリン・軽油等の販売数量をエネルギー換算し、一人当たり換算した集計的な統計量である。人口密度が高く、自動車普及率の低い香港・シンガポールにおいて小さい。この二都市では世界的にもっとも厳しい自動車の保有と利用を規制する政策を採っていることでも有名である。密度が非常に低く日本の感覚では都市とはいえないようなヒュ

結果として都市における交通エネルギーの消費量は着実に増えている。前節では日本全体の交通運輸部門のエネルギー消費を概観したが、これらは都市特性とどのような関係にあるのだろうか。表1は七つの都市の交通エネルギー消費量と都市特性の関係をみたものである。ここでの交通エネルギー消費量はその都市で消費されるガソリン・軽油等の販売数量をエネルギー換算し、一人当たり換算した集計的な統計量である。人口密度が高く、自動車普及率の低い香港・シンガポールにおいて小さい。この二都市では世界的にもっとも厳しい自動車の保有と利用を規制する政策を採っていることでも有名である。密度が非常に低く日本の感覚では都市とはいえないようなヒュ

図5 個人単位エネルギー消費量（中ゾーン）



ーストンでは高い自動車保有率とも相まって、成人の一日の生存に必要な基礎代謝エネルギー量（約二千キロカロリー）の二十倍以上のエネルギーを交通だけに使用している姿が浮かび上がる。このように都市の特性と交通エネルギー消費量には強い関係が存在する。

東京とヨーロッパの都市はアジアと北米の中間に存在しているが、東京は北米か、アジアかどちらに行こうとしているのであろうか。これを見るために、東京都市圏のパーソントリップ調査（以下、PT調査）の結果を用いて、異なる環境におかれた一人ひとりが一日にどれくらいのエネルギーを消費しているかを試算した。まず、試算方法とその特徴を簡単に述べたい。PT調査は我が国においては、ある規模以上の都市圏において定期的に実施されている調査で、サンプルとして選ばれた個人のある一日の詳細な交通行動、いつ、どこからどこまで、何の目的で、どの交通手段を使用して、また交通手段を複数使用した場合にはすべての交通手段と乗り換え地点等を調査している。今回、東京都市圏PT調査では一九七八、一九八八、一九九三の三時点のデータが利用可能であった。この調査情報と各交通手段のエネルギー原単位から特定の地域に居住する人々の一日の消費エネルギーが計算できる。表1の消費量の計算法との違いは、個人

のレベルでの計測を行っていることであり、各個人が置かれている状況の違い、例えば、就業・非就業、免許・自動車の有無といった個人属性や、公共交通の便の良さなどの地区特性といったエネルギー消費に影響を与える各種の要因の効果を明示的に考察できる点にある。また、データソースとしての交通を把握するための調査であるPT調査を使用しているため、貨物流動に消費されるエネルギーについては考慮されおらず、表1と比較する場合には注意が必要である。

の普及率を指標に取れば東京都心が日本で最低であり、むしろ例外的であること、郊外部である千葉や茨城の方が自動車の普及率や依存度からみて、他の多くの地域や都市に近いことなどから、アメリカ並みのエネルギー消費が広く起こっていると考えた方が妥当かもしれない。現在の趨勢が継続するとアメリカ型のエネルギー多消費型の交通システムになる恐れが大である。

二十世紀と二十一世紀の都市と交通

戦後日本の都市の変容と交通エネルギー消費の変化について自動車を中心に概観したが、来るべき二十一世紀はどうであろうか。二十一世紀の都市に交通が果たすべき役割を考えるためには、まず二十一世紀の都市がどのようなものであるかを想像しなくてはならない。想像力の貧困のためかもしれないが、どうも二十一世紀の大半において都市は二十世紀のそれと変わらないのではないかと思う。その理由はいったって単純で、都市の発展、変容には長い時間がかかるという一点にある。部分的な改良はなされるかもしれないが、また必要であるが、都市のありようそのものを大きく変えるような新しいコンセプトはまだ定まっていない。

二十世紀の新しい都市を規定した色々な概念が提案されてから、実践に移

されるまで長い時間が必要であった。日本における大規模ニュータウンの構成原理の主要なものとして、緑地をたっぷり取り、工業と住居の分離を提案したハワードの田園都市（一八九八）、

幹線道路によって囲まれた大街区内に高層ビルを建設し、効率的でオープンスペースにあふれた健康的な都市を提唱したコルビジェの考え方（三百万人のための現代的都市、一九三三）、住宅地において歩行者専用道のネットワークによる歩車分離を提案したスタイルの試み（一九二八）、さらに自動車時代の都市における街路の段階構成を最初に提唱したブキャナンのレポート（一九六三）がある。ほとんどすべてのニュータウンでこれらの実現形を見ることができ、旧市街地でもこれらの概念にしたがった方向での改良・整備が目指されている。

ここで注意したいのは、これらの概念がいずれも百年から三十年以上前に提案されていること、自動車の存在と利用を大前提にしていることである。つまり、社会的にかなりの程度受け入れられた概念であって初めて、実現に移される。多くの意欲的な都市概念、例えば超高層都市、コンパクトシティを新しい首都の構成原理に採用しようとする人はほとんどいないであろう。不勉強のせいもあるが、上記の既存の原理以外に普遍性と社会への受容性

をもったものは、現在の所、存在していないように思える。

さらに実際の都市の建設・整備には長い期間を要する。例えば、筑波研究学園都市は建設が決定されて三十年以上経過しているがまだ概成の段階である。このように考えると二十一世紀の少なくとも前半には新しいコンセプトに基づく都市は出現していないことはいかなりの確度で主張できるのではないだろうか。

二十一世紀の都市とそこでの望ましい都市交通のあり方は、保守的に思えるかもしれないが、以上のように自動車交通システムを一つの中心として考えざるを得ない。夢物語のような技術革新は期待しない方が安全である。このことを前提にして、目標とすべき交通システムのあり方を簡潔に表現すると、「都市や地域の経済力を高め、便利で快適な生活を送る基盤となる効率的で総合的な交通システムを環境にやさしい形で整備・運営・維持する」であろうか。これからの都市政策と交通政策は、これらの目的と任務を、限られた財源で、限られた都市空間の中で、そして限られた資源とエネルギー制約のもとで追求するものとなる。そのためには「総合的な交通政策」が言い古された言葉ではあるが、基本的に重要である。

交通エネルギー消費の効率性と都市構造・交通体系

交通計画の最初の授業で、「交通は派生需要である」ことが紹介される。人々の活動にとって移動そのものが目的となることは少なく、人や社会、地域の色々な活動、生産、販売、消費、娯楽、レクリエーションなどのために、人やモノが移動するという考え方である。この考え方にたてば、移動のための時間、費用などの抵抗は少なければ少ないほど良いことになる。実際、交通システムの改良は移動抵抗を小さくする方向、すなわち所要時間の短縮、混雑度の低下、費用の低減をめざす方向で、交通システムへの投資を中心に行われてきた。四十年前の日本の交通システムの整備状況と、現在のそれを比較すると、高速道路からコミュニティ道路にいたる道路系も、新幹線・都市鉄道・地下鉄・新交通システムなどの軌道系も、航空も水運も、隔世の感があるほど、整備レベルは向上している。

人々の欲求の高度化と多様化に対応するため、最善の努力が積み重ねられ現在の交通関係施設のスストックが形成されてきたのであるが、これまでの施設整備中心の考え方だけでは、都市交通のさまざまな問題を解決できず、むしろ悪化させる可能性のあることが誰

$$CO_2 = \frac{CO_2}{エネルギー} \times \frac{エネルギー}{移動} \times \frac{移動}{アクティビティ} \times \text{アクティビティ}$$

の目にも明らかになりつつある。

交通エネルギー消費及び二酸化炭素排出量を例にとつて、「総合的な交通政策」の考え方を説明しよう。上段に示した式は二酸化炭素の排出量を概念的に説明するものである。

右辺の第一項は化石燃料への依存率に左右され、これを下げるためには代替エネルギーへの転換が重要である。

第二項は移動に関してのエネルギー使用の効率性であり、技術革新による省エネルギー交通手段の開発、公共交通への転換、乗車密度の上昇、渋滞の解消による燃費の向上などのTDM施策により達成される。第三項は能率的・効率的交通の達成度とでもいうべき指標であり、社会経済活動一単位当たりの交通負荷をいかに小さくするかである。情報通信との代替性の検討、高密度で公共交通分担率の高い、また平均トリップ長の短い都市構造の追求が主要な政策となろう。いささか舌足らずであるが、技術的に解決可能なものだけでなく、交通システムの利用者、市民が自発的に参画し、考え、行動しないと解決できない課題が多くあることが理解できる。解決できなければ、第四項に示されるアクティビティのレベルを下げる、すなわち消費、生産、生活のレベルの低下を容認するしか方法は残されていない。

低環境負荷型の交通システム 実現に向けての政策の方向性

交通エネルギー消費を減じ、低環境負荷型の交通システムを実現するための考え方として以下の二点の重要性を強調しておきたい。

①意識改革とそのためのコミュニケーション技術の重要性

低環境負荷型の交通システムを実現するためには、低燃費車の開発、情報通信システムの構築、高度情報機器による交通の制御方式の開発、魅力的な公共交通の整備など純技術的なものも必要であるが、それ以上に個々人や個々の企業・事業所による交通負荷低減の主体的取り組みが要請される。一言でいうと“Think globally, act locally”の精神である。しかし、一人ひとりの交通行動と環境問題の間には、スケールから見ても因果連鎖から見ても大きなギャップが存在する。このギャップをうまく埋めない限り、環境に優しい交通や賢い自動車の使い方といった言葉・キャッチフレーズは単に美しいだけの言葉となってしまう。そのためには、課題認識の共有化や合意形成技術がますます必要となるであろう。これは、例えば、都市・地域や交通問題の実状と将来、都市と交通のあり方と関わり方について、そして個々人の生

活・活動や企業の活動がそのことどのように関連し、影響するかを認識し、議論し、コミュニケーションするため、あるいはそのことを円滑にするための技術である。

②総交通量を削減できるような都市構造と交通システムの実現—総合交通政策と負担のあり方

意識改革が進んだとしても、やはり無理なく交通エネルギーを削減し、環境負荷を小さくするためには、環境を整えることが重要であり、その考え方を以下に整理したい。キーワードはやはり「総合的な交通政策」である。ここで「総合」という言葉は多義的である。多数存在する交通機関相互の総合、施設整備というハード施策と時差出勤・車から公共交通機関への転換等というソフト施策との総合、税制や料金政策などの経済的手法と施設整備との総合、交通需要のあり方を基本的に規定する都市構造と交通政策との総合、交通機関の発達によって飛躍的に日常の行動範囲が拡大し行政区域を超えているが、そのような中で行政体相互の連携と協力という総合などである。

特に交通機関相互の総合については、自動車中心の交通システムを前提とせざるを得ないという考えと矛盾するようであるが、自動車交通の種々の問題を緩和し、賢い車の使い方を追求する

【参考文献】

- 1) 石田東生 交通計画とエネルギー 土木学会誌、Vol.77,NO.2,pp.59-61,1992
- 2) 関・石田 東京都圏における交通部門のエネルギー消費量と個人特性・地域特性との関連性について、土木計画学研究・講演集、No.19(2), pp.537-540, 1996
- 3) P. Newman and J. Kenworthy "Cities and Automobile Dependence: A Sourcebook." Gower Technical, 1989
- 4) P. Calthorpe "The Next American Metropolis: Ecology, Community and the American Dream." Princeton Architectural Press, 1993

ためにも是非とも必要な観点であり、エネルギー効率性の高い公共交通を整備し、公共交通への転換を促すことは言うまでもない。問題はそれを実現するための方策である。現実には利便性から消費者が自動車を選択し、公共交通のシェアは年々低下してきて、エネルギー効率は大都市圏を除いては必ずしも高いとは言えないような状況になってきている。また、多くの公共交通、特にバスが赤字経営となっていることも大きな問題である。公共交通を使いやすい、また経営的に成立可能なものにするためには都市の構造をどのように転換することが重要である。つまり土地利用と交通の総合である。

都市構造・土地利用と交通の総合は、自動車の使用を前提とした都市構造から徒歩や自転車、あるいは公共交通機関が使いやすい土地利用や都市構造への転換であり、自動車への依存度の低下を試みるものである。そして、これらについては低床式の路面電車の導入とそれによる都心部の再活性化、郊外部での駅を中心とするバス路線網と住宅地との一体的整備などの取り組みが始められている。

自動車の使用効率を高める工夫も是非必要であり、これには種々のIT技術が大きな役割を果たすことが期待されている。つまり、情報技術と交通との総合である。道路ストックの効率的

な使用により渋滞を削減しエネルギー消費量と汚染物質の減少を目指す交通情報の提供による車両の誘導は既に実用化されているし、貨物車交通の効率性を高めるための試みもなされつつある。

経済的な方法については直接的な支出の増加をとらざるを得ないが、反発がともなうものであろうが、ノルウェーにおける中心市街地への乗り入れ料金制度の効果、シンガポールにおける保有と利用の税制や課徴金制度によるコントロールの効果などをみると、交通需要の削減、よりエネルギー消費効率の高い低燃費車への転換誘導などの政策を安いコストで実現するための方策として考慮されるべきである。これらの政策は直接的には交通需要を減少させる効果があるが、間接的にも以上に述べた都市を低エネルギー消費型に改造するための施策を実施する財源としても有用である。

いずれにせよ、多種多様な交通施策、都市政策から効果的なものをうまく選択し、それらを組み合わせることで総合的な交通政策群を構築していくことが重要である。これまでのように潤沢な財源が期待できない以上、クルマの使用をちょっと我慢しようとする努力、良い都市と交通のあり方についての智慧の提案などソフトな交通需要管理政策への積極的な参加という形で、あるいは

料金や税金の負担という形で、利用者や国民への負担を求めることが必要であろう。そしてこのためには、交通政策と計画の策定プロセスの透明性と公開性の確保が強く要請される。その交通政策や計画、あるいは事業が本当の意味で我々の生活や環境の向上に寄与していることを、すなわち目的合理性を有することを、わかりやすく具体的に説明することが行政に求められている。

従来、とすれば専門家だけによって、ある意味では玄人の常識という狭い範囲内で議論されがちであった都市政策や交通政策について、市民が素人の健全な常識から注文する、文句を言う、監視をする、意思決定に参画する、そのような仕組みを都市の社会資本整備のプロセスに組み込むべきである。これまでの趨勢が続くと、二十一世紀の都市の交通に起因する環境問題、エネルギー問題は、四十年前に現在の交通状況が想像できなかったように、今の我々の想像を遙かに超えた深刻なものになることは確実である。これを変革できるのは、交通システムの利用者であり、便利なサービスを享受している我々以外にはいない。

(いしだ はるお)

ITSの将来展望と省エネルギー

河野隆二

(横浜国立大学教授)

はじめに

ITS (高度道路交通システム) はインターネットやモバイル通信に続く基幹産業となりつつあり、情報通信と交通の技術的、学術的融合領域として産学官の共同研究が盛んに進められている。著者はライフワークとして通信、交通、エネルギーの三大社会インフラストラクチャを融合する研究を進めており、小文ではITSが情報通信と交通技術をいかに融合しどのような社会生活の向上を目指して研究開発されているかその動向を紹介し、ITSが運輸エネルギーの効率化、省エネルギーにどのように貢献できるかを考える。

ITSとは?

高度情報化社会のインフラストラク

チャとして、情報の流れ(通信ネットワーク)と車の流れ(交通ネットワーク)は、社会生活における環境、都市、防災、福祉などの複合的な問題を解決し、より良い社会環境をつくるために、統合的に構築されることが望まれている。

高度道路交通システム (Intelligent Transport Systems:ITS) は、人を中心として道路と車を最先端の情報通信技術を用いて結ぶことにより、簡単かつ高度に道路を利用でき、安全、快適かつ効率的な交通を実現し、その結果として省エネルギー化と環境汚染対策ができる情報通信ネットワークと交通ネットワークの統合システムである。

ITSの主なシステム

ITSの具体的なサービスは、五省庁のマスタープランである「ITS推進に関する全体構想」に基づき、次の

九つの開発分野ごとに、五つの利用者(ドライバー、歩行者、公共交通利用者、運送事業者、道路管理者)に対して、二〇の利用者サービスとして定義されている。

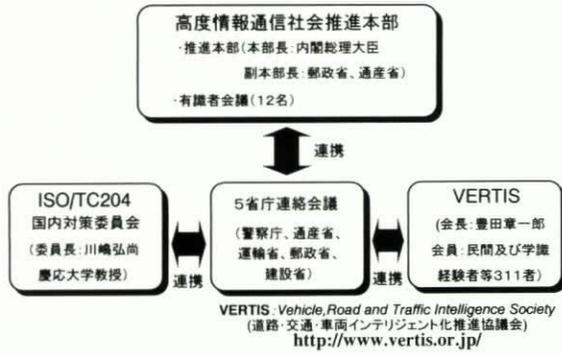
- 一、ナビゲーションシステムの高度化
- 二、自動料金収受システム
- 三、安全運転の支援
- 四、交通管理の最適化
- 五、道路管理の効率化
- 六、公共交通の支援
- 七、商用車の効率化
- 八、歩行者等の支援
- 九、緊急車両の運行支援

この内、現在運用中またはまもなく運用される代表的なシステムには以下のようなものがある。

① VICS (Vehicle Information and Communication System)

平成八年四月より運用を始めている

図1 我が国のITS研究開発推進のための組織体系



システムで、路側帯の光ビーコン、電波ビーコン、FM多重放送の三メディアを用いて車のカーナビゲーションシステムと接続し、ドライバーに事故や工事による渋滞情報や所要時間、迂回ルートなどの情報を提供するシステムである。これらの情報をリアルタイムに処理することで、ドライバーは目的地までの最適なルートを選択でき、必要な交通渋滞が解消され、安全で円滑な運転が可能となる。

②ETC (Electric Toll Collection System)

車両が有料道路の料金所を通過する際に、無線通信を利用して、一旦停止することなく、自動的に料金の支払手続きを行うことができるシステムであり、試験運用を終了し、まもなくサービスが始まる。これにより、渋滞の原因とされる料金所の待ち行列が解消されると期待されている。無線アクセス技術と共に、ICカードなどの暗号、認証技術が導入されている。

③AHS (Advanced cruise-assist) Highway System

道路交通環境を認知し、周囲の状況を判断して車両を制御することでドライバーの負担を軽減し、安全性の向上、運輸効率の向上を目指すシステムである。完全な自動走行システムを目標に、その前段として情報提供システム、制

御支援システムを設定し、研究開発が進められている。

④IVC (Inter-Vehicle Communication)

走行中の車両間で自律分散的なネットワークを構成することで、各車両の制御情報のやり取りや、車両間のコミュニケーションのインテリジェント化を図り、安全性を向上させ事故の発生を抑えるばかりでなく、事故の発生をVICSでは間に合わないような近距離の車両にすばやく伝えることにより事故の拡大を防ぐことが可能である。

⑤小電力ミリ波レーダシステム

六〇GHz帯、七六GHz帯のミリ波電波を車両前方に装備したアンテナから発射し、前方に走行する車両や障害物からの反射波を検出して距離や相対速度などを測定するシステムである。ドライバーに距離情報を提供すると共に、クルーズコントロールシステムと連動して、衝突防止や前方車両と一定距離を保って等速で走行するプラトーン走行、コンボイ走行を可能にし、交通流量の面で最も効率的な走行を可能とする。

これらの内、路側帯と車両間の路車間通信により実現されているETC (自動料金収受システム)の他に、商

用車両運行管理システム (Assistance for Commercial Vehicle Operation: CVO)、交通旅行情報提供 (Traffic and Traveler Information: TTI) は専用狭域帯通信 (Dedicated Short-Range Communications: DSRC) と位置づけられ、共通の技術と標準化を旨として研究開発が進められている。

ITS推進の体制

欧米では、道路と自動車をインテリジェント化するITSに関するプロジェクトが産官学一体となって推進されており、国際会議が開催され、ISOによる国際標準の作成が始まっている。わが国においても図1に示すように、関係省庁 (郵政省、通産省、運輸省、建設省、警察庁) が連携し、道路・交通・車両インテリジェント化推進協議会 (VERTIS, <http://www.vertis.or.jp/>) が設立され、関係省庁、民間企業、研究機関の間の調整を行っている。ITSのアプローチは産官学に異なり、互いに連携して推進されている。

①産業界

放送事業者と通信事業者の統合化、メディア産業の系列化、自動車業界の再編などの異業種間連携、業界再編、グローバルライアンスなど、企業の

生き残りを賭けた競争と協調が国内外で急速に進みつつある。その中で、ITS分野は七〇兆円産業とも試算され、多くの産業が飽和していく中で新世紀における発展産業として期待されている。

その理由として考えられることは、情報・通信業界、自動車業界、土木建設業界のいずれから見ても新開地として収益が期待されるからであろう。特に、情報（IT）技術分野では、移动通信、ネットワーク、コンテンツエージェントなどの先端技術を導入でき、新商品システムを生み出す新事業として資本や人材が投入されている。

② 官庁

産業界のこうした動向を反映すると共に、我が国の景気浮揚、国家レベルの社会インフラストラクチャ整備を目的とした大規模な公共事業投資の重要性は、高度情報化社会を指向する国民の理解を得て、積極的に進められている。具体的には、五省庁がそれぞれの立場からITS関連の研究開発を推進している。具体的には、運輸省、建設省、郵政省が、それぞれ、車と道路と情報通信の高度化を中心としたスマートカー（知能化した自動車）、スマートウェイ（多様化するITSサービスの基盤となるインフラ）、スマー

トゲイトウェイ（ITSのための車とインフラ間の円滑な情報通信）の三位一体による技術開発の構想など、五省庁連絡会議による連携が進められている。

さらに、対応する産業界のVERTIS、国際的に標準化を進めるISO/TC204国内対策委員会、および、内閣総理大臣を中心とする高度情報通信社会推進本部が組織化され、ITS研究開発を振興している。情報通信からのアプローチとして、ITS情報通信システム推進会議(<http://www.itsforum.gr.jp/>)が設置され、ITSのもつ業界横断的な特質から、情報通信関係者のみならず、広範な分野での相互の連携・協力を図るために活発に活動している。

③ 大学

国立大学の独立行政法人化（エイジエント化）や大学院大学化へ向けた変革に伴い、理工系学部研究科を中心に産官学の共同研究開発や技術提供が大学経営における大学から産業界や国・地方自治体に対するセールスポイントとして重要視されている。また、大学院重点化に伴い、学部学科、研究科専攻を再編成する場合には、ITSに関連する電気、情報、機械、建築、土木の学科間のみならず、経済、経営、法学、

医学などの学部間に跨る境界・融合領域、新領域の学術分野を研究、教育する新専攻、新研究科構想の対象として注目されている。

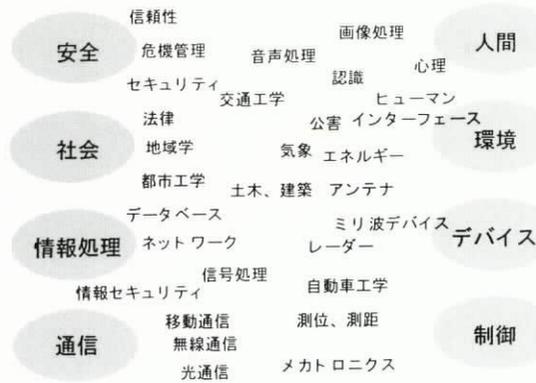
むしろ、従来の学部学科体制よりも、ITSのような境界・融合領域の専門家を育成できる体制へ柔軟に移行することは、社会が求める人材を供給するという大学が担う本来の責務と言える。すなわち、複数の専門分野の知識と研究開発能力を必要とするITS分野の学術的大系化と専門家育成は、今後、大学の存在価値を高めるものである。

④ 学会

我が国において、ITS固有の基盤技術の構築を目指し、新規の方式の調査、提案を行い、官民学一体によるITS実現に貢献することを目的として平成八年十月に電子情報通信学会ITS基盤技術研究会を発足させ、平成十一年度よりITS研究専門委員会(<http://www.nrlab.t.u-tokyo.ac.jp/ITS/>)となり、研究会やセミナーなどの開催を通じて、ITS基盤技術の研究開発の推進に貢献している。

さらに、我が国のITSに関連する他の学会組織には、電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会(SANE)(<http://www.jeice.org/cs/sane/jpn/>)、電気学会道路交通技術

図2 ITSに関連する学問分野



ITSの研究開発は道路インフラストラクチャ側と車両側、さらに監督官庁の立場に応じて視点が異なり、開発を推進するアプローチも異なる。一方、ITSを学問分野から眺めると、車と人間を中心として、図2に示すように極めて広範囲の分野にまたがり、その実現のためには各分野の先端技術を複合的に活用する必要がある。工学分野だけでも、重要な分野は次のように広範囲にわたっている。

一、人間工学・心理、認識、認知、ヒューマンインターフェイス、医療

二、安全工学・信頼性、安全性、危機

ITSを支える技術

委員会 (<http://www.iee.or.jp/honbu/>)、情報処理学会ITS研究会 (<http://www.jpsti.or.jp/>)、自動車技術会ITS研究会 (<http://www.jsae.or.jp/>) などがあり、各所属学会の専門領域や活動形態の特徴を活かして、協調と競争を通じた連携を進めている。国際的には、ITSに関する国際会議(ITS World Congress, ITSC, IV(Intelligent Vehicle) VTCなどの開催において、IEEE ITS Council (<http://www.ewh.ieee.org/iee/its/>)との協調を進めており、今後、益々連携が必要と期待される。

- 管理、セキュリティ、法制度
 - 三、環境工学・公害、気象、自然環境、エネルギー
 - 四、土木・建築工学・都市工学、交通工学、地域学、都市計画、交通管制
 - 五、機械工学・自動車工学、ロボティクス、車内LAN
 - 六、制御工学・自動制御、センサー、車両制御、遠隔制御、自動走行
 - 七、情報処理・データベース、音声・画像認識、自律分散処理、実時間処理
 - 八、測位・測距・レーダ、ナビゲーション、リモートセンシング
 - 九、通信工学・移动通信、光通信、衛星通信、通信路推定、通信方式、信号処理、アンテナ、デバイス、プロトコル、トラヒック制御、アクセス方式、情報セキュリティ、ネットワークアーキテクチャ
- 実際、これらすべてに精通する研究者、エンジニアは見当たらず、大学においても複数の学科、専攻にわたり、場合によっては学部、研究科の垣根を越えた広域の先端技術および理論を駆使することが求められる。実際、企業においては、ITS事業部と称する部署のエンジニアの多くは既存分野からの混成部隊のようである。

ITSは省エネにどのように有効か？

ここまで紹介したITSが、運輸エネルギーの削減にどのように有効かを検討する。国内の運輸部門のエネルギー消費量は、全エネルギー消費量の二五%近くに達すると言われている。したがって、運輸部門の省エネルギー化は極めて重要な課題であり、ITSの導入がエネルギー消費を大幅に抑える効果があるならば、経済活動を維持発展させながら省エネルギーと環境汚染軽減を達成できるブレークスルーとなることが期待できる。

ITSと

CEV新交通システム

平成十年七月にITSによるクリーンエネルギー自動車 (Clean Energy Vehicle: CEV) の利用システムの研究開発に関するプロジェクトが、通産省のNEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) の公募研究としてスタートし、ITS利用システムの構築と実証実験が実施されてきた。

ITS/CEV新交通システムの開発目的は、道路交通負荷の増大に伴う交通渋滞、環境汚染、化石エネルギー枯渇などの社会問題を解決するために、列車やバスなどの公共交通の利用を促

進し自動車のdoor-to-door交通の利便性に匹敵するインターモダル性に優れたシームレスな交通システムを構築することにある。補完的な交通システムの基本は、住宅と駅までと、駅から目的地までの交通システムであり、①都心レンタカーシステム、②住宅地セカンドカーシステム、などが代表的であり、さらに利用形態や利用技術の類似性を考えると、③観光地レンタカーシステム、④企業内（連絡車両）利用システムの四システムが開発対象である（参考文献・西岡邦雄「ITS/CV新交通システムの実証実験に向けて」車と情報、第二〇巻、四一七頁、平成十年十二月二十八日）。

この発想は、情報通信ネットワークを、大容量で汎用な有線バックボーンネットワーク（情報ハイウェイ）と、人間に近いラスト一〇一〇メートルをカバーする移動性に優れたパーソナル化された無線アクセス通信ネットワークのシームレスな接続で構成することに相当し、トラヒック容量を大きく維持しながらパーソナルな木目細かいサービスが達成でき、その結果、省エネルギー化を実現できる。

ITSによる 省エネルギー施策と効果

平成九年度より(財)自動車走行電子技

術協会にITSによる経済効果研究会が設置され、広くITSによる経済効果を研究すると共に社会的効果の一つとして、省エネルギー効果に注目し、自動車交通における省エネルギー施策とその効果の試算を行っている。図3に車種別に省エネルギー施策を整理し、効果をまとめている（参考文献・栗本京一「ITSによる物流の効率化と省エネルギー効果」車と情報、第二二巻、一一一―一四頁、平成十一年十二月二十八日）。

この中で、特に「カーナビゲーションによる経路誘導」と「VICSなどによるリアルタイム交通情報提供」については、次のような試算がされている。

①カーナビゲーションによる経路誘導による省エネルギー効果

二〇一〇年の総走行台キロ削減量

二〇一〇年の総走行台キロ

× 迷走低減による走行台キロ削減率

× カーナビ普及率

＝ 5,756億台キロ

× 0.024 × 0.37（乗用車）

+ 3,449億台キロ

× 0.024 × 0.20（貨物車）

＝ 51.1億台キロ（乗用車）

+ 16.6億台キロ（貨物車）

したがって、二〇一〇年における燃料消費量を乗用車が58,553千kl、貨物車は50,951千klと試算すると、二〇一〇年の総走行台キロ削減量

＝ 520原油換算千kl（乗用車）

+ 249原油換算千kl（貨物車）

＝ 769原油換算千kl

である。これは、二〇一〇年の自動車総燃料消費量（ITSを使わないとき）111,885原油換算千klに対して、約0.68%の削減効果になる。

②VICSなどによるリアルタイム交通情報提供による省エネルギー効果

二〇一〇年の燃料消費削減量

＝ 走行台キロ当りの燃料消費原単位削減量

× 二〇一〇年の総走行台キロ

× VICS普及率

＝ 1,982cc/台キロ

× 9,259,40億台キロ × 0.2

＝ 367原油換算千kl

であり、二〇一〇年の自動車総燃料消費量（ITSを使わないとき）に対して、約0.33%の削減効果になる。

①と②を合わせると約1%の削減となり、ドラム缶五六七万本分に相当し、ITSによる無駄走行の低減や交通流の円滑化は省エネルギー化に非常に大きく貢献することが分かる。

図4 信号時間周期に対する燃料消費量 (EAR: 適応的事前減速走行、IVCN: 車車間通信ネットワーク)

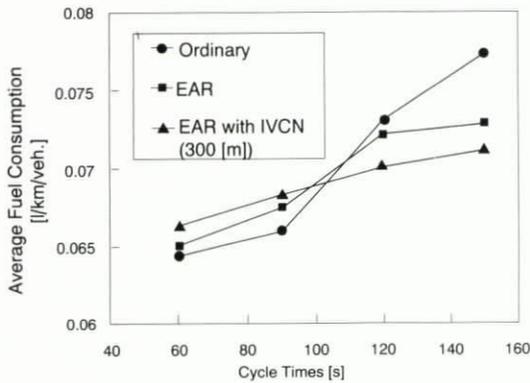


図5 車頭時間間隔 (車両密度) による燃料消費量 (EAR: 適応的事前減速走行、IVCN: 車車間通信ネットワーク)

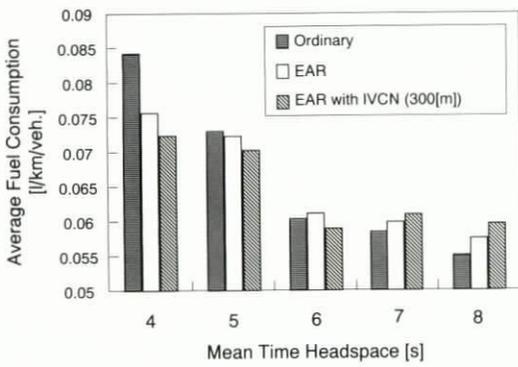


図3 ITSによる省エネルギー施策と効果



③ 車車間通信ネットワーク (IVCN) による省エネルギー効果

交通信号の周期時間および車頭時間間隔 (車両密度) をパラメータとして、通常の運転パターン (必要な場合のみ減速する運転)、IVCNを用いている適応的事前減速走行および、IVCNを用いる適応的事前減速走行の三ケースについて、車両の平均燃料消費量を比較した試算例がある (参考文献・Widodo, 長谷川、津川「IVCNを用いた適応的事前減速走行の環境に与える影響について」電子情報通信学会技術報告ITS2000-7, pp. 37-41, 2000-05)。

図4と図5にそれぞれ交通信号周期時間と車頭時間間隔 (車両密度) を変化させたときの車両平均燃料消費量を示す。これより、信号周期が長くなるほど、また、車両密度が高くなるほど、IVCNを用いた場合の燃料消費量が改善されることがわかる。

おわりに

ITSに関する研究開発は急速に進行しているが、ITSインフラストラクチャや個別車載機器が各省庁や産業界 (自動車業界、通信業界、建設業界) で異なる目的や評価基準で個別に議論され、ITS全体の調和が必ずしも整えられていない。したがって、個

々のITSが省エネルギー化に与える効果はある程度試算できるが、複数のITS間の相互作用も考慮した省エネルギー効果を求めることは難しい。今後はエネルギー効率を安全性や環境への悪影響と共に共通の評価基準として、複数のITSを統合的に最適化することを考えるべきであろう。このために、大学や学会の果たす役割が期待される。

(このりゅうじ)

自動車の省エネ技術

燃費向上技術とクリーンエネルギー

岩井信夫

(財)日本自動車研究所
エンジン・環境研究部部长

燃費低減、 CO₂排出削減の要請

一九九七年十二月、気候変動枠組み条約第三回締約国会議（温暖化防止京都会議）が開催され、一九九〇年に比べて二〇〇八―二〇一二年の温室効果ガスの総排出量を欧州連合で八%、米国で七%、日本で六%削減するとの議定書が締結された。かつて、自動車排ガス中のCO₂は、地球環境の専門研究者を除いては、大気汚染に関与しない物質であった。

一九九二年の国連環境開発会議（地球サミット）開催以降、CO₂は、地球温暖化物質として、NO_x、黒煙等の粒子状物質と肩を並べる環境汚染物質となった。自動車の走行時に排出されるCO₂は、燃料種類を同一とする燃料消費と比例関係にある。自動車の省エネルギー対策、すなわち燃費対

策は、従来からの資源経済的な事情に加えて地球温暖化に直接関連し、国際的な整合性を考慮しつつ検討せざるを得ない状況となった。

一九九八年十二月の運輸技術審議会への答申を受けて、一九九九年四月にエネルギー使用の合理化に関する法律に基づく自動車の燃費基準が公布された。この燃費基準は、車両重量の区分毎に設定され、例えばガソリン乗用車では一九九五年の実績に比較して二〇一〇年度には平均で二二・八%向上させることとなっている。

燃費基準は、米国の場合には企業平均燃費で、いわゆるダウンサイジングの方法が採れるが、我が国では車両重量の区分毎に設定されているためこの方法が採れないところに特色がある。また車両重量の区分毎に設定された燃費基準は直噴ガソリン、ハイブリッド自動車等の先進技術を除いたトップラ

ンナーの値である。将来の基準値決定の手法としても注目に値する。二〇一〇年以降に生産される全ての新型自動車はこの基準燃費を満足することが目標となる。この基準が満たされない場合は、罰則規定はないがそのことを公表されることとなる。

自動車に要求される性能には省エネと合わせてクリーンエネルギーを含めた低公害がある。低公害も厳しい規制値があり、これの満足なくしては自動車の省エネはあり得ない。本誌では既に市場に導入されている技術から将来技術まで含めて自動車の省エネ技術すなわち燃費向上技術について解説し、政策的な支援と提案の参考に供したい。

自動車の燃費特性

自動車はさまざまな種類と走行形態がある。それらの燃費特性を総括する

と以下のことが言える。

一、車両重量が大きくなると燃費が悪化する。自動車のダウンサイジングあるいは軽量化は燃費向上に大きな効果がある。小型車指向へのユーザの生活様式変化はマスの効果があり、自動車部門の省エネルギーに貢献する最大の方法と言えよう。米国のPNGV (Partnership for a New Generation of Vehicles) ではトールクラスの燃費を、三倍の一リッター当たり三十四キロメートルとする開発計画が進行中である。計画の中ではCFRP (炭素繊維強化樹脂) およびアルミニウム等の軽量材料を用いて現状一四六九キログラムの車両重量を約二〇〇〇ポンドの八八九キログラムに低減する技術開発が含まれている。軽量材料の使用は、レーシングカーや航空機では常識化し、大衆商品である自動車への導入の問題点はコスト増加である。エアバック等の安全が商品となる時代は既に到来した。大型車が売れる今日、燃費が商品となる社会構造をいかに作るかも課題の一つである。

二、市販車の中で、優れた燃費特性を示すものはリーンバーンおよび直接噴射ガソリンエンジン搭載車、ディーゼルエンジン搭載車とハイブリッド自動車である。中でもハイブリッド自動車が突出し、実在する最軽量車に比較

しても最も燃費の優れた車となっている。

三、AT (オートマチックトランスミッション) 車とMT (マニュアルトランスミッション) 車を比較するとMT車のほうが優れた燃費特性である。

自動車の燃費は走行形態によっても変化する。アイドリング、加速、定常あるいは減速走行を含む各種のショートトリップの平均車速と燃費との関係を整理すると、統計的に平均車速が時速五〇〜六〇キロメートル付近で最も燃費の良い結果が得られている。これは、それ以上の高速では空気抵抗が増加して燃費が悪化すること、それ以下の低速では、加減速の割合が増加して減速時のブレーキによって運動のエネルギーを熱として放散してしまうこと、さらに低速になるとアイドリングの割合が増加することおよび低負荷でエンジンの熱効率が低い条件を使用することによるものである。ユーザとしての感覚でも市街地走行よりも高速道路のほうが燃費が良いことは経験済みである。したがって、立体交差、信号制御、ITS (Intelligent Transportation System) 等を利用する交通流の円滑化は、輸送効率の向上のみならず自動車部門の省エネルギーに大きく貢献するといえる。

自動車の燃費向上技術

自動車の燃費向上技術に関しては多くの候補がある。既に実用化されている技術と、開発中の将来技術の両者含めて主要技術について解説する。

① ガソリンおよびディーゼル自動車

● 直噴ガソリン

直噴ガソリンはシリンダ内にガソリンを直接噴射し、部分負荷では点火プラグの周りに濃い混合気を形成させ、全体としては希薄混合気で燃焼させる。そのため燃焼の安定性が向上し、超希薄燃焼と大量の排ガス再循環EGRが可能となる。

燃費向上効果は、アイドリングを含む低速、低負荷の希薄成層混合気の領域が最も高く、最大で四〇%が得られている。高負荷では通常のエンジンと同様となる。したがって、燃費の向上効果は、市街地走行では一・二〜一・三倍が得られるが、高速高負荷を多く含む走行条件では半減する。直噴ガソリンエンジンは、我が国では、一九九六年より市販され、一般的な存在となっている。以前から多くの内外の研究者によって開発が進められてきたが、実用化までの技術を育成したのは我が国の自動車会社のみである。この分野

は、燃焼解析、要素部品等も含めて日本がリードする技術の一つである。

●ディーゼルエンジン(DI、IDI)

ディーゼルエンジンを搭載する自動車(直接噴射DI、副室式IDI)はNOxと粒子状物質排出等の大気汚染物質排出の主役とされている。しかし、ディーゼルエンジンは実用化されている原動機の中では最も高い熱効率で、CO₂の意味では地球環境に優しい原動機といえる。燃費は三元触媒付きのガソリン車に比較し、副室式ディーゼルが一・三倍、直接噴射式ディーゼルが一・三〜一・四倍が得られる。欧州では一〇〇キロ走行当たり三リットル(一リッター当たり三三・三キロメートル)の低燃費小型車が開発・市販され、その主要技術は小型直噴ディーゼルエンジンと電子制御機械式変速機である。

ディーゼルエンジンの高い熱効率の特長を活かすつ、無煙、低NOxが達成できればその欠点克服となる。目標はガソリンエンジンと同等の低公害化である。従来のエンジン技術ではNOxと燃費あるいはPM (Particulate Matter 粒子状物質)とNOxはトレードオフの関係にあった。近年開発された高度後処理技術の採用によりトレードオフの関係を打破して、高効率と

低公害をそれぞれ独立に追求できる技術に変革した。PMの排出低減には噴霧の微粒化を促進する高圧噴射、フィルターに捕捉し反応にて連続処理するDPF (Diesel Particulate Filter)が候補となる。NOxの低減には選択還元型のNOx触媒あるいはNOx吸蔵触媒が候補となる。これらを成立させるためには、燃料中の硫黄分の濃度を現状の規制値五〇〇ppm以下(実勢値約三〇〇ppm)から一桁以上低下させる必要がある。

二〇〇〇年四月に日米欧の自動車工業会と米国エンジン製造者協会がまとめたWorld-Wide Fuel Charterによると、高度排出ガス対策ディーゼルエンジン用の軽油の硫黄分を五〜一〇ppm以下としている。これを既存の石油燃料で実現するためには、高深度脱硫が必要となる。ディーゼルエンジンの低公害化は石油・自動車両業界のより一層の密なる協力なしには乗り切れない。

無煙を実現する燃料候補の一つがDME (ジメチルエーテル)である。従来排気煙とトレードオフ関係にあったNOxも、排気煙の増加を考慮することなく制御でき、大量EGR等を利用してNOxを削減できる。また、天然ガス等から硫黄分一〇ppm以下で合成する合成軽油もNOx触媒にとって有力な武器となる。合成軽油のプラン

トはSASOL、SHELL、EXXON、Syntroleum等で既に稼働している。

米国のPNGVでは一九九七年にプロトタイプ開発用の要素技術の絞り込みを行った。その中でハイブリッド用原動機として合成燃料・四気筒・小型直噴ディーゼルが採用された。

②超低公害と燃費向上CO₂削減の両立

自動車に求められる省エネと低公害の究極の解はエネルギーゼロとゼロエミッションである。エネルギーは不可能としても、半減できる候補が燃料電池自動車とハイブリッド自動車である。ゼロエミッションの解は排出ガスを発生しない電気自動車と水素燃料電池自動車である。

二〇〇四年から始まる米国の軽量車に対するSULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle)の規制ではNMOG (Non Methane Organic Gas)が0.01g/mile (0.0063g/km)、NOxが0.02g/mile (0.013g/km)となる。日本の乗用車に対し、二〇〇五年頃に予定されている規制強化では、NOxおよびHCとも二〇〇〇年規制の二分の一にあたり0.04g/mileになると予測される。米国SULEVのNMOG規制値0.01g/mileの値は、二二〇キロメートルの走行で一ccのガソリン、同様に、NOx規制値0.02g/mileの値は一六四

キロメートルの走行でNO₂のガスを一リットル漏洩させたこと等しい。技術開発の上では、排出ガス中のHCおよびNO_xの濃度はバックグラウンドである大気中の濃度と同等以下にすることが目標となる。SULVEは究極のゼロエミッションではないが、実質ゼロエミッションと同等の意味を持つ。

SULVEの候補には、後処理技術の高度化を図ったガソリンあるいは天然ガス自動車、それを搭載したハイブリッド電気自動車、メタノールあるいはガソリンの改質燃料電池自動車、ダイレクトメタノール燃料電池自動車などがある。この中で超低公害と燃費向上(CO₂の削減)が両立できるのが天然ガス自動車、ハイブリッド電気自動車および燃料電池自動車である。

●天然ガス自動車

天然ガス自動車は燃料の主成分がメタンであり、炭素/水素の原子数比の関係からガソリン自動車に比較してCO₂の生成が約二〇%少ない特長を持つ。また非常にクリーンな燃焼特性からSULVEのエンジンとして成立することが実証されている。一九九五年十二月には天然ガス自動車の大車認定が解除され、また、一九九七年四月に高圧ガスの取締法が改正されて車載C

NG(圧縮天然ガス)容器の検査項目が緩和された。これらによりCNG自動車普及しやすい基盤が整った。天然ガス自動車は通常の自動車と同様に登録できるようになった。現在ではほとんどの自動車メーカーにて市販され、また、購入時の補助金の体制も整っている。

天然ガスの車載貯蔵システムには、CNG、液化天然ガス(LNG)、吸蔵天然ガス(ANG)が考えられるが、実用化あるいは検討されている約百万台の世界の天然ガス自動車のほとんどがCNGである。現在我が国では約五千四百台が市中走行している。従来鋼鉄製で、車両重量の増加を招いていたCNG容器も繊維強化アルミライナーあるいは炭素繊維等のオールコンポジット容器の登場により軽量化が図られた。オールコンポジット容器使用時の容器も含めたエネルギー密度は鋼鉄製容器使用時の約三分の一となり、LNG使用時とほぼ同等となった。

LNG自動車は米国を中心に約千台が走行している。自動車の種類は、LNGのボイルオフガスの消費の点から毎日定期的に運行する大型トラックおよびバスが多い。我が国でも二〇〇〇年から大型長距離トラック一台を利用したフリートテストが開始される予定である。LNG自動車のエンジン技術

は基本的にCNG自動車と同一である。LNGとCNGの異なる技術要件は燃料供給系である。我が国の天然ガスはメタンの濃度が概ね九〇%弱のLNGとして輸入されている。メタンの沸点はマイナス一六二℃で、LNG中に混在する残りのエタン、プロパン等の沸点よりも低い。そのためメタンのみが先に蒸発し、LNG中のメタンの濃度が減少する煮詰まり(ウエザリング)と呼ばれる現象が発生する。LNG自動車の先駆者である米国の場合には、メタン濃度が九五%以上のLNGを利用し、ウエザリングの問題を減少させている例が多い。

●ハイブリッド自動車

電気自動車と内燃機関の技術を組み合わせたハイブリッド自動車は高効率自動車の高い可能性を持つといえ、燃料電池自動車も含めて将来技術の潮流の一つである。既存の自動車は、最大熱効率が概ね三〇〜四〇%のエンジンを搭載している。しかし、アイドリングおよび低負荷では熱効率ゼロもしくはそれに近い条件で運転される。また、減速時にはブレーキ操作により運動のエネルギーを熱エネルギーに変換して放散される。そのため、実走行時のエンジンの熱効率は大幅に低下し、一〇・一五モード走行時では、概ね一五%

前後となる。

したがって、エンジンの運転条件からアイドリングおよび低負荷をなくして高負荷のみで運転すること、減速時の制動エネルギーを回生すること、高負荷から低負荷まで高効率で運転できる原動機とすること等によって熱効率が三〇〜四〇%の条件のみで運転することが可能となる。また、排気エネルギーで発電機を駆動して電気エネルギーとする等のボトムリングサイクルの併用により、さらに高い熱効率を得る可能性がある。この概念を実現する方法がハイブリッド自動車である。

我が国では、大型自動車メーカー四社からパラレルタイプのハイブリッド自動車が市販され、次いで乗用車分野ではトヨタプリウスが市販され、本田インサイト、日産ティノーと相次いで市販された。政府主導の研究プロジェクトでは、エネルギーの安定供給を鑑みて天然ガス、ジメチルエーテルの石油代替燃料エンジンとハイブリッド機構を組み合わせ、乗用車、二トン積み級トラック、都市バスを開発する新エネルギー産業技術総合開発機構(NED O)の高効率クリーンエネルギー自動車プロジェクト(Advanced Clean Energy Vehicles Project ACEP ロジェクト)が展開されている。

米国では六人乗りセダンクラスの燃

費を、以下に示す通り飛躍的に向上させるPNGVの開発計画が進行中である。

フェーズ1…一九九八年の開発目標で、六人乗りセダンで燃費五〇mpg(リッター二キロ)
フェーズ2…二〇〇四年の開発目標で、六人乗りセダンで燃費八〇mpg(リッター三キロ)
フェーズ3…二〇〇一年の開発目標で、石油代替燃料を用いたゼロエミッション車で燃費一〇〇mpg(リッター四二キロ)

この計画は、米国自動車産業の国際競争力強化の意味が強い。開発する要素技術は一九九七年に見直され、現在は直噴自己着火および直噴火花点火エンジン、燃料電池のエネルギー変換、ハイブリッドシステム等の動力機構、バッテリー等のエネルギー蓄積装置、空気抵抗等の走行抵抗の低減、軽量材料ガソリン、天然ガス、水素、ジメチルエーテル、エタノールおよびフィッシュ・トロボッシュ(合成燃料)等の燃料を包含する研究が重点的に実施されている。事業の形態は、補助事業で、政府五〇%、民間五〇%の予算配分である。

●燃料電池自動車

通常の内燃機関が燃料の燃焼反応の過程を得て動力を取り出すのに対し、電気化学反応により電力を直接取り出す燃料電池は高効率・低公害のポテンシャルがある。燃料電池自動車の開発導入に関しては、自動車会社による技術開発および開発体制、フリートテスト等による公道試験、燃料およびその供給インフラ、試験法等標準化などが主な検討項目になる。

自動車会社による技術開発および開発体制では、Ballard Power Systems、DaimlerChrysler、Fordの三社(以下)〇四年までに市販を可能とする燃料電池自動車を開発するため、グローバルな協力体制を構築した。この三社は、Ballard社の燃料電池、DBB Fuel Cell Engineering GmbHの燃料電池システムおよび電気駆動システム(新会社)に投資し、共同して開発を進める。また一九九九年四月には、トヨタ自動車とGMは燃料電池自動車、ハイブリッド自動車の技術開発についての連携を決定し、共同して開発を進めることとなった。

フリートテスト等による公道試験では、一九九八年から始まった米国のシカゴ交通局とカナダのブリティッシュコロンビア州交通局の六〇人乗りの燃料電池バス三台を用いた営業運行の実

績がある。カリフォルニア燃料電池パークに約七〇台の燃料電池自動車を用い、自動車技術から燃料、インフラまで含めてフリーテストを実施する。ドイツミュンヘン空港では空港内で使用する自動車を水素自動車に変更する計画を展開中である。二〇〇〇年には、この計画にDaimlerChryslerの液体水素燃料電池自動車NECAR4が試験的に参加した。我が国NEDOの水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WG-NET)では、水素供給ステーションに関し、天然ガス改質方式を大阪市に、固体高分子型水電解方式を高松市に建設し、二〇〇一年から実証試験を始める計画である。

燃料電池自動車の燃料は、基本的に水素である。水素は水電解、アルコールあるいは炭化水素の改質等によって製造できる。改質の場合はオンボードとオフボードの両者が検討されている。自動車用燃料電池の燃料の検討には、燃料を製造する際の資源、コスト、効率、LCA分析、輸送・貯蔵方法、供給インフラ、事故の際のリスク、自動車への搭載性および可搬性が重要な要件となる。また、オンボードで改質水素を製造する際には改質効率、始動性、負荷応答性等も検討の要件となる。これら燃料の問題は国のエネルギー政策

とも関連し、二十一世紀の燃料を担う省エネルギーおよび石油代替エネルギーの政策の一つとして考えるべきである。

試験法等標準化に関しては、故小淵首相の提唱によるミレニアムプロジェクトの一環として進められているNEDOの燃料電池普及基盤整備事業と高効率燃料電池システム基盤技術開発事業がある。安全性、性能等の評価試験法、燃料性状規格等を確立し、国内外の基準・標準化の制定によって普及し易い条件を確立しようとするものである。

わが国

二十一世紀の自動車のキーワードはエネルギー源の多様化、超低公害・高効率である。その実現には、技術の育成、産業界の努力、政策的な支援およびリーダーシップ等の総合的な融合が必要である。技術屋の立場から述べた本稿がそれらを考察する一助となれば幸いである。

(いらい のぶお)

日本の医療の現状と今後の方向

講師

木村佑介

(東京都医師会理事
木村病院院長)

出席者

大石泰彦

(東京大学名誉教授)

川野 毅

(㈱ニトール
取締役経営管理室長)

南部鶴彦

(学習院大学教授)

永野芳宣

(財政策科学研究所長)

坂東眞理子

(総理府管理室室長)

大石 今日(今日は)メンバーの木村先生から「日本の医療の現状と今後の方向」というお話をうかがいたいと思います。

木村 今日は、いままでの日本の医療の流れといいますが、こういうことが起こっているということ、医療経済、医療のシステムといった視点からまずお話しします。

後半の方では介護保険等との絡み、今後どうなっていくかというような基準をお話ししたいと思います。

医療費と病院機能の変遷

図1 医療費の伸び率と七十歳以上の人口をみると、老人医療費は上がり下がったりしていますが、七十歳以上の人口は一貫して伸びています。

国民医療費は四・五％程度の伸び率だったのですが、平成一〇年に初めてマイナス一・一％を記録した。

この理由は健康保険法の改正が平成

九年九月にあって、この影響で患者負担が増えたことにより、患者さんが病院に来なくなった、あるいは、来院回数が減ったからです。

国民医療費の推計でも、健康保険法による改正の影響で国民医療費はぐっと落ちている。

図2ですが、特定機能病院というのは、大病院指向をなくすためにつくりました。東京には十三あり、大学病院がそうですが、紹介率三〇％。しかし紹介率三〇％という基準は非常に甘かったものですから、かえって患者さんが増えてきている。初診料なども安いので本来の趣旨とは逆効果になってしまった。

専門病院というのは、甲状腺の××病院、眼科の〇〇病院とか、日本中から患者さんが来るような病院です。

地域医療支援病院は、第三次医療法の改正からできましたが、これは地域中核病院構想というのが厚生省にあっ

て、それがうまくいかなかった替わりのいわばあとの「焼き直し」です。紹介率八〇％で東京には二つあります。

特例許可老人病院は平成十四年度末、十五年三月いっぱいではなくなるようになっていきます。特例許可老人病院というのは普通の病院のサイズで特例許可を得て運営するもの、つまり狭い部屋にたくさん老人が収容されているものです。これがいずれ療養型病床群、あるいは老人保健施設や特別養護老人ホームに移行しなければいけない。

療養型病床群に関する施策や方向性については提示がありますが、約八割を占める一般病院に対する施策や方向性は、ビジョンも何も示されていないというのがいまの状態です。また、あちらこちらにある一般病院約八割のうち六四・五％が救急を担当していません。

ケアミックスと療養型病床群というのは、部屋のスペースが大きくて、い



▲木村佑介 氏

図2 病院の種類

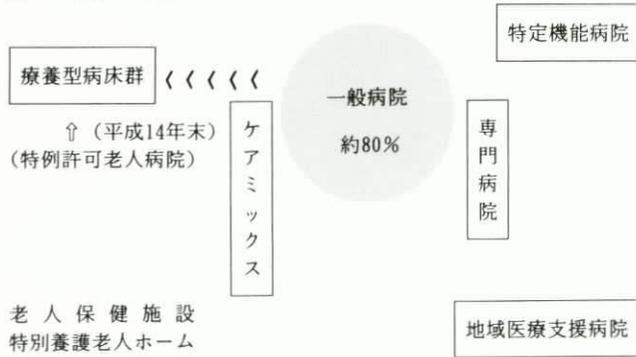
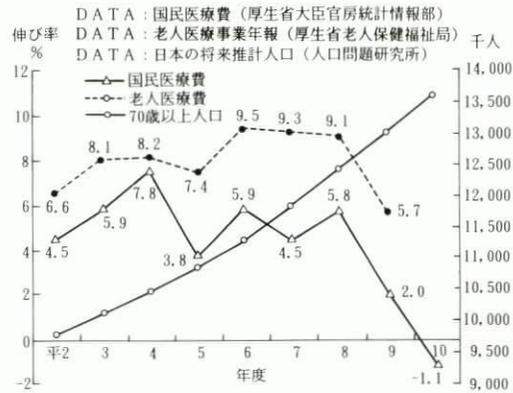


図1 医療費の伸び率と70歳以上人口



医療法の改正は、第一次から第四次まであります。昭和六十年（一九八五年）に第一次医療法改正として地域医療計画というものが、量的整備を一応達成して、全国に三百四十八の二次医療圏ができました。

この二次医療圏は、まだ一般になじみがないのですが、これから地方分権が進んでくると、さまざまな局面でこの二次医療圏が重要になってくると思います。この時代は、一般病院の病床規制が行われて、駆け込み増床がでてきた時代です。

第二次医療法改正というのは、平成

ま一般病院は患者さん一人当たり四・三平米ですが、これらは六・四平米の広さになっていきます。基準を充たすには、いわゆる六人部屋を四人部屋にしないといけません。

都会では広さを確保するのは大変です。廊下の幅を変えろといっても、なかなかできない。土地は高いし、補助金にもいろいろな条件があり、たとえば、建物に対する補助だから、建物は申請者本人のものでなければいけないということなどが条件に入った。これは岡光事件はそこを盲点として不正が行われたとして付加された条件で、このように事件以来申請をめぐる状況は非常に厳しくなりました。

医療法改正の流れ

第三次医療法改正が行われた平成九年は、老年人口六十五歳以上が千九百七十六万人、年少人口十五歳以下が千九百七十三万人と逆転した年で少子高齢化社会が平成九年にスタートしています。

平成九年四月には消費税が三から五%になりました。そのために消費が落ち込んで、景気が低迷し始めた。九月

四年です。この時に特定機能病院ができました。そして療養型病床群がスタートした。量から質へ力点を移しながら整備が進んできたという時代です。

第二次医療法改正の医療施設の体系化の進行というのは、施設の体系化、いわゆる機能による分類で、このころからどんどん進んできます。介護保険の導入をにらんで診療所にも療養型病床群ができるようになってきた。

第三次、第四次医療法改正ですが、第三次医療法改正が平成九年。地域医療支援病院、特別医療法人ができました。特定ではなくて、特別というのはこのとき出たものですが、日本ではほんの二つくらいしかありません。

今年、平成十二年に第四次医療法改正がありました。これは国会を通り、認められたのですが、廃案になってしまった。しかし、十月に復活します。

第四次では医療体制の整備、特に入院医療に関すること、情報提供の推進、医師、歯科医師の資質の向上といったようなことが盛り込まれています。

平成十年九月から十二月に診療報酬見直し作業委員会がありました。

医療法の改正は医療供給側の体制づくりで、保険医療制度改革というのは医療費そのもので患者側の改正です。診療報酬体系は厚生大臣の告示でできますが、薬価基準とか日本型参照価格、高齢者医療制度の改革には法改正が必要ですよ。

日本医師会は独立方式を推し、支払い側は突き抜け方を主張しています。二〇〇五年（平成十七年）スタートを

には健康保険の改正があり、本人の一人負担が二割になった。そのため、患者さんの来院する数と回数が減ったのです。

これら医療法改正、少子高齢化がスタート、消費税の値上がり、健康保険の負担増などによって平成九年四月に診療報酬改定がありました。ここでもマイナス改定だったのです。そのため、前にのべたように国民医療費がマイナス一・一%まで下落したわけですよ。

一番影響が大きかったのは薬が一〇%下げられたことです。このときの改正は、平成十年九月までですが、一兆八千億医療費が落ち込んだ。そして、さらに追い打ちをかけるように、平成十年十月には長期入院の是正で、長く入院していると損をする構造になった。それが七千九百億のマイナスになりました。

目標にしていますが、二〇〇三年（平成十五年）には確立しておきたい。高齢者医療制度をつくりたいというのが、いまの流れです。

診療報酬体系がどう決まっていこうかと、与党協案というかたちでいろいろなヒアリングをして、ある程度案をつくる。それを医療保険福祉審議会の制度企画部会にあげ、実質審議の場として診療報酬体系見直し作業委員会をつくり、平成十年九月から十二月まで四カ月で十三回会議をした。委員会では出されたものが中医協（中央社会保険医療協議会）にきて、中医協で議論して決まってくるわけです。

この見直し作業委員会の報告書は平成十一年一月に出たのですが、出来高払いと包括払いをうまくミックスすることと、医療機能区分が具体的になってきた。そして、大病院（二百床以上）は原則紹介外来で入院基本料でやる、中小病院は入院と外来両方とれる、診療所は初期医療、地域リハ、在宅、それに外来基本料とするということがこの段階ですでに決まっていたわけです。大病院を二百床以上とするときに、委員会ではいろいろと喧喧諤諤やって、二百床という数で決めるのはおかしい、二百床以上の私的病院はこれでは困ってしまうということを言いましたが、受け入れられませんでした。とにかく大病院二百床以上ということで、今度の四月の診療報酬の改定で決まったわ

けです。

作業委員会でさんざん言ったのは、物と人、技術料をアメリカのようにきちんと分ける、つまりドクターフィーとホスピタルフィーを分けるという話になっていったのに、最後の二回くらいで、厚生省がいきなりメディカルサービスマンという言葉をもち出した。結局は押し切られて入院基本料、外来基本料という形でまとめられました。流れからいくと、こうやってある程度固めてしまったほうが楽だといえますか、コストを抑えるという意味があったと思います。

今後の対応ですが、大病院というのは二百床以上で、入院日数を短縮しなければならぬ。いま二十日が目標になっていますが、これはいずれ二週間（十四日）くらいになると思います。退院は、治癒ではなくて機能の異なる施設へのバトンタッチです。早く退院させなければなりませんから、リハビリとか介護、療養型に移る。そして薬価差益は全然なくなつて、いまR（リーズナブルゾーン）薬価の算定方法は改定時の薬剤流通の安定の為の調整幅が、改定前薬価の二％に相当する額になりました。入院基本料がまるめになって、人件費のアップで非常に苦しくなってくる。どんどん回転させなければいけないということになりました。

中小病院の連携というのも診療所と

大病院の間で苦しい。診療所が一般的な個人の病院に紹介するのと、大病院、特定機能病院に紹介するのでは点数が違って、大きいほうに紹介したほうが点数が高いということがありますので、中小病院の状況は厳しい。ですから科目を絞ることも、老人の比率を見て、療養型や介護施設への移行も検討しなければならぬ。

診療所はかかりつけ医、在宅医療の担い手として対処していくということです。

医療の選別化

医療施設の機能分化（図3）というのはどうなってきたかというところ、昭和二十三年（一九四八年）、医療法が制定されました。このときは病院と診療所だけであった。その後、平成四年の第二次医療法改正が終わったときに、特定機能病院、療養型病床群、診療所と分かれて、また老人保健施設や特養ができた。

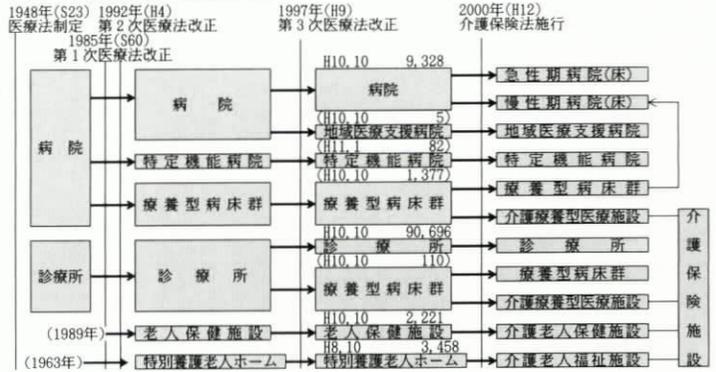
そして、第三次医療法改正を終えると、今度は病院、地域医療支援病院、特定機能、療養型、診療所、と増えてきました。今回介護保険が施行されて平成十二年は、実に十一ある。

昔は病院と診療所の二つしかなかったものが六つになり、八つになり、十一に分化されてきた。機能による役割分担が非常に細かくなってきたという

図4 医療構造改革の方向



図3 医療施設の機能分化



ことです。そこで連携が必要になってくる。診療所で具合が悪くなって一般病院に入院する。一般病棟で治療し、容態が落ち着いたら療養型病床群に移って、それから退院する。退院は治療ではなくて、バトンタッチですから、家庭に帰る場合もあるし、また診療所に戻る、老健とか特養に移る事もあるし、逆の場合もある。

在宅となれば、診療所や病院で在宅リハビリや栄養指導をやらなないとなくなってきた。この中間にケアマネージャーがいるわけです。

介護保険ができてから、まだまだいろいろな問題があります。介護というのは、いままではいわゆる福祉でしたから「措置」であった。極端な言い方ですが、措置は何も言わなくてもお金が出た。ところが、医療の方は保険です。すから、医療と福祉の間で患者さんの取り合いという状態が生じている。

医療構造改革の今後の方向(図4)ですが、量から質への転換が図られてきた。医療レベルが向上し、国民生活が豊かになり、ニーズが多様化してくると、計測や評価ということが重んじられるようになっていきます。

DRG(診断群別定額報酬)が進んでくるし、HTA(ヘルスケア・テクノロジー・アセスメント)やEBM(エビデンス・ベースト・メディスン)、いわゆる原因というか、根拠に基づい

た医療をしなさいということです。それに情報提供、これはクリティカルパスですが、カルテ情報の開示ということとです。

区・市・町・村(地方自治体)の役割としては、地方分権が進むと、二次医療圏が大事になってくる。役割が非常に大きくなって自由度が増す。人も含めて責任を取れる体制をつくらないといけない。住民に対して地方自治体としての意思と顔を持って欲しい。住民に説得力のある教育(普及・啓蒙)などを通して方針やビジョンを示すことが大事です。

全国の病院と診療所の数ですが、平成二年をピークに落ちてきました。七割が赤字になってきた。また、無床診療所は逆に増えている。病院をやめて、無床の診療所に移るところが増えてきているということです。

医療費の財源と今後の見通し

医療費の財源は保険料ですから、医療保険制度の財源不足というのは、本当は保険料の値上げで補うのが原則です。医療保険制度の保険料率と厚生年金保険制度の保険料率とのアンバランス、というのは医療の保険料率は上がっていないんです。ところが厚生年金は百いくつまで時代とともに上げてきている。診療報酬は上げるものを上げてないで、足りないというのは何事だと

いう状態です。公費というのは税金ですが、社会保険というのは社会保障として公費負担の必要性があります。公費をもっと出さなければいけないだろう。患者負担というけれども、これは「受益者負担」ではなくて、「受難者負担」である。喜んで病気になる者なんかいないわけですから。ですから、やたらと増やすべき性質のものではないんだということとです。

医療費の財源ですが、一番案なのは生活習慣病の危険因子への医療費負担です。アルコールとガソリンはいくらやっても大差ないそうですが、たばこは一本一円値上げすると三千三百六十億円の税収になる。いま吸っている人は絶対やめたいです。前に何回も値上げしましたから、やめる人はもうやめている。増収分を全部医療費に回せば、だれも文句を言わずにみんながハッピーになる。

今後の中医協で検討するのは平成十二年度見直しに向けて四月以降やることで、診療報酬の関係、薬価、保険医療材料、この三つが大きいですが、DRG、急性期入院医療の定額払い方式の民間病院の試行です。いままでは慢性のものだけでした。アメリカの低所得層の人たちを対象にやっていたことを、どんどん急性期にも入れようというのがDRGの方針です。いま国公立十病院でやっています。

医療費の財源ですが、一番案なのは生活習慣病の危険因子への医療費負担です。アルコールとガソリンはいくらやっても大差ないそうですが、たばこは一本一円値上げすると三千三百六十億円の税収になる。いま吸っている人は絶対やめたいです。前に何回も値上げしましたから、やめる人はもうやめている。増収分を全部医療費に回せば、だれも文句を言わずにみんながハッピーになる。

そのほかにも高度先進医療の新ルールや施設利用料、この施設利用料というのは、見直し作業委員会のときから私はずっと言っていたのですが、病院の水道、ガス、電気からはじまって個室の数と量、これらの料金は自由にすることを言いついて、これから検討しようということでは残っています。

薬価は薬価算定組織をきちんと作る。これはRが二になったので、ほとんどやらなくていいかなと思います。

保険医療材料は組織をきちっとつくる。それから都道府県購入価格をやめる。これはまたRが十五とか二十、あるいは二とか三とかでリーズナブルゾーンがばらばらなんです。ですからCTが一億円、でも本当に買うのは三千万みたいなことが起こってくる。

ペースメーカー等三分野の機能分類の見直し、レントゲンの管球、人工コット、こういう三分野の機能の分類では国と国との関係があるので、なかなか難しい部分がありますが、そういったものについても、口を出そうということになりました。

医療制度改革と介護保険の絡みを少しお話ししますと、平成九年一月に施政方針演説がありました。六つの改革、財政構造、行政改革、それから社会保障構造改革、経済構造、金融システムがあり、社会保障構造改革の目玉が介護保険法だった。

介護保険法案というのは、社会保障

構造改革の第一の課題で、介護需要に対応するための財政対策、そしてこの供給をスムーズにするためのサービス提供体制の多様化の促進が目的だったわけです。これができたら、医療保険制度改革とか老人医療制度創設、第四次医療法改正、社会福祉制度の構造改革、年金保険などを全部やるうとしたところが、平成十一年十月の自公の成立以後ペースダウンしてしまって、特に医療保険制度改革は延期という格好になってしまいました。

中医協と厚生省の役割

南部 中医協というのは非常に特殊で、お互いにバーゲニングをやっている。ネゴシエーションをやっている場になっていきますでしょう。

支払い側と供給側と公益側、それぞれの利害関係者が自分の利益を主張するだけで、医療をどうよくしたらいいかなんて全然頭の中じゃない。役所は社会をどうするかという大きな問題があるんだったら、いろいろな人たちに参加してもらいながら、プランをつくって、ある方向にガイドしなければ、意味が全くない。どうも厚生省は全く自分の視点がない。

もう一つは、公益側の学者が何をしているのか。エコノミストが全くエコノミストの役割を果たしていない。これらについて、どうお考えになるか、

ちょっとお聞きしたいのですが。

木村 最初中医協はおっしゃる通りで、互いの意見・主張をぶつけ合う場でしかない。ですから互いに絶対譲らない。一つ悪いのは公開だということ。公開ではないときもあって、それだともっと落ち着いた話ができる。公開になると、絶対譲らない。ただ、何の役割もしていないかというところ、一応あそこで確認をし、最後はわかっている。やってる。

厚生省が役割を果たしていないことについては、私もそう思います。ただ、以前よりはいいのではないかと思うし、日本医師会もシンクタンクができ、ずいぶん変わりました。いままでは厚生省からいろいろな案が出ると、ただ、ポンと蹴っていたのが、対案を作った。理屈をつけて言えるようになってきた。それから公益側の委員が役割を果たしていないのもそのとおりです。それは経済原理に照らして、そういう意見はおかしいですよなどと、言って欲しい。

病院の機能分化の周知についての問題点

永野 医療施設の機能分化で、病院と診療所の二つしかなかったのが、いま十一ある。なぜこんなに複雑にしながらいけないのかわからない。外国もこうやっているから、ということではないんですか。



木村 いや、そんなことはないです。
 南部 十一あります。が、診療所とい
 うのは、なんとなく意味がわかります
 が、あと残りのものは全部機能とい
 うか、ファンクションを与えてしまっ
 てるわけです。

自分はどこの病院に行ったらいいの
 かがわからなければいけないのに、わ
 けがわからないですよ。長いプロセ
 スのなかで役人が入れ替わり立ち替わ
 りやってきて、アイデアを出して、少
 ずつ変えていってしまっただけ結果、十
 年くらいの間こんなふうになってし
 まった。

急性期病院と慢性期病院と、概念は
 よくわかるけれど、普通の患者が行っ
 たときどちらの病院か、どこかに書い
 てあるんですか。

木村 書いてないです。

南部 ないでしょう。そうすると、
 そばにあるから行ってみたら、うちは
 急性期だから慢性の人はやりませんと
 言われてしまうわけです。

木村 口コミで知られていくという
 ような形ですね。それでも徐々に自然
 と望ましい振り分けになってきている
 ような気がしますが、もっと表に出す
 ということは必要です。

南部 もしそうだとすればなおさら、
 特定機能病院なんて言われたって、普
 通の患者は何のことかわかりませんね。
 役所というのは、消費者なり患者のほ
 うの観点から、表示をすべきだと思

ますが、なぜそうやらないのか。

医療費負担増の影響

坂東 日本の医療で一番問題だとき
 れていたのは、平均在院が四十二日も
 あって、アメリカは八・三とか八・五
 日で、ドイツも十五日くらい。どう考
 えても日本の入院は社会的入院で、非
 常に効率的でも効果的でもない。その
 部分を介護で切り離したほうが医療を
 必要とする人たちに効果的な医療がで
 きるのではないかとということで改革し
 てきた。

木村 良く言えば、それが療養型と
 か、老健施設と分かれてきたわけです。
 平均在院が四十数日もあったのはほか
 の施設がないから病院に全部入ってい
 た。いままで必要だったんです。そ
 れがいま機能別に分かれてきた。だか
 ら特養等は、期間が長いですし、今度
 の介護保険が施行され医療保険での新
 しい入院基本料の設定では三カ月の通
 減制が廃止され入院期間による入院基
 本料の増減制になっていったわけです。
 坂東 入院日数はそれで、当初の目
 的どおり減りそうなんですか。

木村 相当減っています。いまは診
 療報酬の点数では二十八日と二十九日
 の境目になっています。二十日にする
 と、短ければ短いほどお金をたくさん
 くれるし、早く回転できます。

坂東 米、豪では入院日数を極端に

減らしており、費用を削減するという
 上では非常に効果はあるようです。し
 かし、極端と極端の間にあるんじゃないか。
 いま一応は中間のところのほうへ
 行きたいですね。

木村 近づきつつあります。病院は
 病院としての機能、入院は入院、とい
 うことがはっきりしてきたし、長く入
 院するなら病院ではなく、他の施設だ
 というものははっきりしてくる。そうい
 う意味での分かれ方も悪くはない。

それから保険も措置も、いずれは一
 本にしたい。全体としては、そう悪く
 ないかもしれませんが、日本人になじ
 むかどうかです。本当に在宅をみんな
 望んでいるか。

坂東 日本人の家族は入院させてお
 きたくて、本人は帰りたいがる。

木村 おばあちゃんの面倒みますか。
 八割みますという。じゃあ、自宅で見
 ますかという、そうじゃない。

川野 平成十年に健保改正に絡んで
 医療費が減り、患者負担が上昇したこ
 とについて、病院経営という観点をほ
 ぞして、国民経済的、国民のウェルフ
 エアの観点ではどう評価したらいいの
 でしょうか。

潜在的に本当は患者でなかった人が、
 やっぱ病院に行かなかったというこ
 とで、実は国民経済的に言えば効率があ
 りましたと評価するの、それとも
 潜在患者が家で我慢してしまったとい
 うことで、ウェルフェアの面からは、

国民に負担を事実上強いているということか。

木村 両方あると思います。いままでは行かなくていい人も行っていた部分はたしかにある。しかし、それは予防的に治っていた部分もある。

負担が増えて患者さんの来る回数と数が減った結果、あまり表には出ていないんですが、来る患者さんの重症度を見ると、本当に悪くなってから来ている。そういう意味ではあまりいいことではなかったと思うし、かからないで我慢して、このぐらいならやめておこうという人がずいぶん増えたんです。

川野 そうすると、医療費は過渡的に平成十年は移行期だから下がったものの、中期的に見れば全体としての医療費は必ずしも下がることになっていない可能性もある。

木村 マイナス一・一%まで落ちましたが、二・六%くらい上がっています。

保険の「個人化」とカルテの電子化

坂東 保険証のカード化という話もありますが、あれは「個人化」でしょうね。

木村 個人化というのは、いい言葉ですね。

坂東 今の医療保険システムが一番おかしいと思うのは、女の人で百三十万円以下の収入の人は全部扶養家族で、

子供と一緒に旦那さんの保険証にブラ下っているんです。だからパートに出ても、それ以下に抑えておけば、医療保険料も年金も払わなくてすむというので、みんなそれ以下にしている。

でも病気は個人がかかるんですから保険は本来個人ベースで設計するものではないでしょうか。もちろん主婦の人たちもカバーしなければいけないけれど、それは国民健康保険と同じ個人中心のかたちでやるべきです。いまは企業が一人の人を雇うと、その人の奥さんの分まで保険料を負担するので、正社員を雇う費用は保険料込みで考えると、どんどん高くなる。それで、できるだけ社会保険料を払わなくてもすむような、アルバイトやパートにどんどんシフトして、雇用なき好況になっていくわけです。

ですから、保険を正社員と扶養家族をセットにして設計するのではなく、個人ベースの社会保険というものを考えないとパンクすると思うんですね。

南部 おっしゃるとおりで、いまは企業なり、学校なら共済組合なり、強制されて入っていて、保険者が独占です。実は医療費の一つの問題は保険者が独占で、しかもコストのカットを一生懸命すると言っているが、やっていない。たとえば健保連、あるいは共済組合もそうですが、必要ないホテル等をつくって、無駄な支出をいくらでもやってきているんです。保険者が

独占であるために、僕らは文句は言えない。やっぱり保険も個人で入って、自分が選ぶという制度を入れないといけないんじゃないかと思います。

もう一つ、IT技術との関連で、個人病院の例で教えていたきたいのですが、医療のIT化、カルテの電子化をすると、どれくらいコストがかかるの見積もれますか。

木村 実は個人的にあまり賛成ではないものだから。

南部 お医者さんがやらなくていいんですよね。アメリカではお医者さんが口述筆記させる。

木村 そこまでは日本はいかないです。人件費がとて出ない。

南部 ですから、その場合結局費用がどれくらいかかるから無理という話であれば別のやり方があるわけです。やっぱりIT技術を使うという意味での電子化というのは避けられないでやるべきだと私は思うのです。

木村 それはそうだと思います。
大石 これはコストは驚くほど安くなるんじゃないか。

南部 安くなると思います。道路公団を考えますと、一キロ道路を造るのに何兆円もお金をかけている。それを考えたら全医療の電子化には、何兆もいらぬはずなんです。たとえばお医者さんが自費で無理だったら、補助金を出せばいい。それでもおそろく兆にならない。しかも節約できる部分は何

兆円にもなる。すごくペイすると思うんです。

しかし、木村先生も好きじゃないというくらいだから、いまはあまりお医者さんはやりたがっていないんですか。

木村 僕は特に問題視している方ですから。

南部 結局、カルテというか、レセプトのほうの電子化ですから、薬一個いくらか、全部データを入れて、保険に対する支払いも電子化されたレセプトのデータベースに基づいて払うというふうには将来はなるんでしょうかね。

木村 チェックが難しいかもしれないですね。パッパッパッと入力して、この病名ではだめですと出たら、では病名のほうをちょっと変えて、となってしまうと、全部通りますよ。逆に言うとうと、そういう点にいろいろ難しいところがあるのです。

今後の革新・改革の重要性

坂東 第四次医療法改正のなかで情報提供の推進というのがありますけれど、いま病院の評価については、医療ミスなどいぶんありますし、ピンからキリですよ。評判の名医だとか、あの病院はいいとか悪いとかというインフォーマルな情報はすごくありますが、厚生省のつくった医療評価機構はどうですか。

木村 あれは、ホテルのマル適マー

クと同じで、AとかBなどをつけるのと同じことです。

坂東 民間の病院で評価を受けているのは5%ですね。

木村 申請費用が何百万もかかりましたから。いまようやく補助金が都からも出るようになりました。機能評価を受けましたというのは、これからどんどん増えてくると思います。しかし、毎年品質を保っていくというのは、すごく難しいですね。

坂東 一回だけではだめです。

南部 評価ということでは、もう一つ、健保連が実は研究をしているんですけれども、ISO9000を取ろうという病院がありますね。

木村 多いです。

南部 いま亀田病院というところがテストケースでやっていますけれども、木村先生の病院などはいずれ取ろうというお気持ちはありますか。

木村 あります。いずれ取得しなければいけないと思っています。医業経営コンサルタントとも話しているし、意味はよくわかります。

南部 もう一つ、根本で改革する必要があると思っているのは全体の保険料率です。実は国民皆保険になったのは、昭和三十六年（一九六一年）で、一番元気な人ばかり多かったときの昭和三十年代につくった保険なんです。二〇〇〇年になったら、そのときの理念なり仕組みが働くはずがない。

ですから高齢化、高齢化と言っていますが、そうでなく、昭和三十六年のような特殊な「若い日本」を前提にしてつくった制度が働かなくなるということ、あらかじめわかっているから頭を切り替えなければいけないということだと思っただけです。

永野 先生が言われるとおりです。たしかにそうだと思います。それは医療分野だけでなく、ほかにもそういうところがありますね。

（七月十二日）

地球環境対策からみた

石炭の利用法

講師

川又民夫

(日本COM備社長)

出席者

今井隆吉

(原子力委員会委員
杏林大学教授)

内山洋司

(筑波大学教授)

下山俊次

(日本原子力発電機協同会)

竹下寿英

(麻布大学教授)

藤目和哉

(財団法人エネルギー経済研究所
常務理事)

永野芳宣

(財団法人政策科学研究所)

北村行孝

(読売新聞科学部次長)

十市勉

(財団法人エネルギー経済研究所
常務理事)

伊東慶四郎

(財団法人政策科学研究所
主席研究員)

川又 今井座長から、ひさしぶりに最近の石炭の話を聞いて議論をしようというご提案があり、三回シリーズの第一回のプレゼンテーションを私がつとめます。

石炭採掘技術の革新と石炭産業の寡占化

石炭資源は豊富にあるものの、CO₂排出などで地球環境への影響を考えると、利用できないのではないかと、環境対策面から資源をどう評価すべきかが最近よく問われます。今回は、その点を新しい利用技術との関連で説明してみたいと思います。

第三回の当部会(九三年十月)で「海外石炭産業の現状と今後」というお話をさせていただきましたが、その後の変化は「技術革新」というキーワードでくくれるのではないかと思えます。これは価格の推移にも反映されています。図1に発熱量換算で原油価格と海外炭価格を示しました。一貫して

海外炭のほうが安くなっています。

まず、石油の場合、発見してから商業用にするまでに非常に多くの時間と設備投資を要しますが、開発費の最小限化を目指した技術の一つに傾斜掘り技術があります。一カ所のプラットホールから何本も坑井を掘削する技術で、たこ足状に十本位の井戸が出ていて、斜めに掘っていき、あるところから水平掘りをします。イギリスでは、九七年に超偏距井といって横に一万メートル掘った例もあります。またリアルタイムのデータ分析によるマルチラテラル掘削技術もあります。一本の井戸の先が二、三本に分かれたり、センサーがついていて掘削情報を集約し、本社の大型のコンピュータで解析して、掘削の方向などを修正していく掘削制御工法です。

一方石炭は、ロボット方式を組み入れた徹底的な機械掘りを行っています。例えばアメリカのロッキーマン脈の中にある炭坑ではロングウォールを使って

います。大きな二つの歯車が石炭の純無垢の壁面を削り落としながらカニの横這いのように四百メートルほど進みまた戻ってきます。削り落としした石炭を歯車のすぐ下にあるコンベアで二、三キロ先の坑道の入口まで運び、鉄道貨車に積み込むという具合です。四百人のロボット工作兵が、休みなく一年八千七百六十時間働きどおして掘っているのです。人はほとんどおらず、機械を監視しているだけです。ただこの方式は、機械が効率よく稼働できる幅だけ掘っていくのですが、実際にはその上下、あるいは横にも石炭資源は存在しています。しかし、機械が掘った後は天井が自然の重さで崩落するに任せるため、再度掘るわけにはいきません。豪州炭のように港に近いところで採れるものと競争するには、コストを考えてこのような生産方式を実施しているわけですが、牛肉に例えれば、牛が一回頭ながら、ロースのところだけ取っていったとは捨てていくといっ



▲川又民夫 氏

図2 実現可能な新燃料

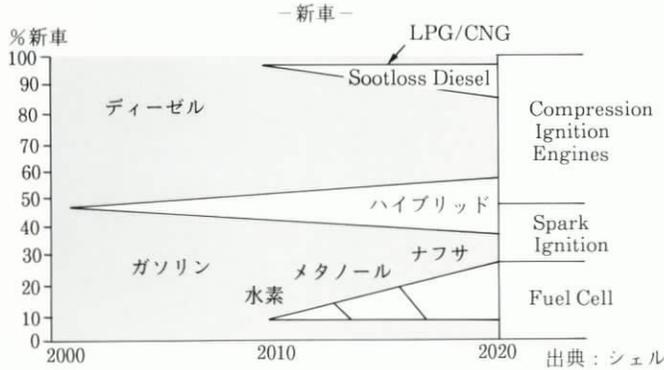
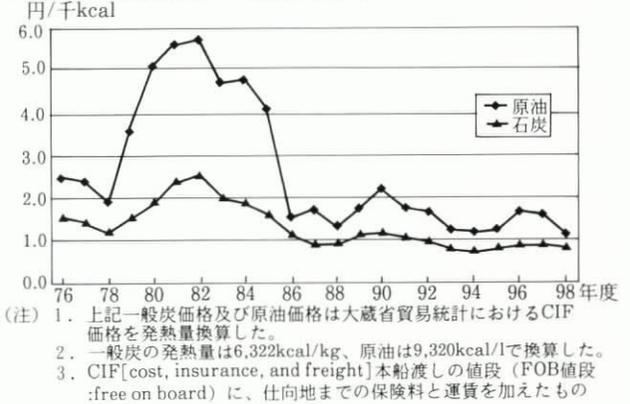


図1 CIF原油価格と一般炭価格推移



た感じでは、石炭資源の埋蔵量の評価については、技術的回収率五五%を加味して回収可能埋蔵量を算定していますが、生産の現場に立ってみると、資源論的にはムダが行われている感じが否定できません。

石油の需要を左右する自動車燃料

自動車業界中心に、世界的に燃料電池の開発が行われていますが、シエルの資料によると、新車の燃料消費は百キロメートル当たりで、二〇一〇年で九リットル、二〇一五年で五リットル、二〇二〇年には三リットル、いわゆる

三リッターカーになるというシナリオが描かれています。多少の時期のズレはあっても、このような方向に変わっていくのは間違いないことでしょう。図2はやはりシエルの資料で、新燃料の登場時期を示したものです。燃料電池に対するビジョンは、DOE(米国エネルギー省)が二年前に出した「メタノールの技術開発戦略」レポートの問題意識と非常に似ています。

この十年がおそらく自動車業界では世界的に燃料電池のR&Dに集中する時期であり、二〇一〇年には技術開発のブレイクスルーがあるのではないかと言われています。二〇二〇年には商業化が相当進むだろうという予測です。仮にこのようなシナリオが進んでいくとすれば、原油消費量は地域別に見ると、アジアで増加、ヨーロッパなど

先進国では減少となります。以前は中国などでモーターリゼーションが進むとガソリン消費が増える大変なことになるだろうと言われていたのですが、タイミングとしても案外燃料電池を使った電気自動車の普及が進んでいくかもしれません。そうなれば、世界的にみたエネルギー対策、CO₂対策にもなるわけです。その場合に価格がどうなるかというのは、既存の油田にとっては大きな関心事です。例えば北海では掘削水深が五、六百メートルと非常に深いものです(カリフォルニアでは百メートルぐらい)。価格も一バーレル

あたり三十ドルになったりすることがあって変動が激しいのですが、シエルの試算によれば、原油価格が今後十八ドルぐらいで推移すればよいが、十四ドルを切ると、北海での新規油井の投資はできなくなるとみているようです。

一方、水とメタンなどのガスが固まってできたシャーベット状のメタンハイドレートにも注目が集まっています。常温で融けてガスが出てきます。アメリカ大陸からメキシコ湾に傾斜していく大陸棚に非常にたくさんあるようです。カリブ海で汽船が消えてしまうという謎の話がありますが、これは海面下の大陸棚で土砂崩れが起こった際に、一挙にメタンが噴き出すために、ちょうど通りかかっていた船をのみ込んでいたのではないかと推理されているようです。

アメリカでは、多くの大学や研究所で安全な採掘法に関する研究が進められているところです。DOEのレポートでも、天然ガスを使った燃料電池によるモーターリゼーションが進むと、アメリカでも天然ガスの不足が生じるかもしれないので、メタンハイドレートの利用を想定しているようですが、そのためには、採掘法や回収方法について二〇〇五年ごろまでにブレイクスルーが必要になるといっています。

ロシアではシベリアのツンドラの下に分布しているのですが、森林火災で凍土が解けて、メタンが放散されるこ

と

表1 世界の一般炭可採埋蔵量

地 域	埋蔵量※
欧州	1052億トン
旧ソ連	1818億トン
中国	968億トン
インド	690億トン
インドネシア	183億トン
中東	2億トン
アフリカ(南ア除く)	61億トン
南アフリカ	553億トン
北アメリカ	2073億トン
南アメリカ	90億トン
オーストラリア	700億トン

※歴青炭換算

とが地球環境上の問題になっています。ロシアの国家計画当局でも、燃料資源として活用するためにメタンハイドレートの研究に取り組んでいます。

石炭埋蔵量の実態

非常に多いといわれている石炭の可採埋蔵量を表1に示しました。重要なのは中身です。褐炭と亜歴青炭は低品位炭と言いつつほとんど使われていません。アメリカは埋蔵量のうち約半分が低品位炭です。ヨーロッパや旧ソ連、中国は三分の一、インドネシアは九割がたが低品位炭です。

採掘技術のところでお話ししましたが、ロングウォールなどで掘ると、発表されている確認埋蔵量に含まれるものが生産されずに捨てられてしまいます。同じような例は他にもあります。また、オーストラリアのシドニーなどは、市街地の真下に埋蔵されているようですが、現実にはそこを掘るわけにはいきません。このような制限区域もあるわけですが、したがって、確認埋蔵量のうち可採埋蔵量というのはかなり減ることになるわけです。

さらに回収可能埋蔵量をみるために技術的回収率があります。オープンカットの露天掘りと地下のロングウォール掘りでは異なりますが、どちらにしても回収しきれない技術的な限界があります。たとえ技術的に掘ることができ

ても、灰や石が混ざっていてエネルギーにならないという部分もあり、商品化率を考えなくてはなりません。

これらの観点からアメリカの石炭埋蔵量を評価したものが表2です。歴青炭換算している表1とは可採埋蔵量が違いますが、実際に使える石炭の量はそれほど多くないことがお分かりいただけると思います。

環境に配慮した活用法

IGCCとDME

石炭資源が環境に対応していく技術について紹介します。

一つはIGCC(石炭ガス化複合発電)です。ガス化技術には固定床式、流動床式、噴流床式などの形式があります。温度条件、圧力条件、石炭投入方式(乾式・湿式)が異なるのですが、今世界で成功しているのは、湿式で酸素を使うアメリカのTexaco法です。

日本では乾式で空気を使う方法で勿来にパイロットプラントを作り、二百トン/日の規模で一九八六年から九六年まで十一年間の計画でした。ガス化炉の燃焼出口の温度は千百度から千六百度になるのですが、そこにスラグや灰が融け出てきて壁面に固まってしまうというトラブルが多かったようです。今後さらに二十五万から三十万キロワットの実証プラントの計画が決まったようです。

もう一つはDMEという、常温では

気体で、甘い香りのする物質です。ジメチルエーテルの頭文字を取ったものですが、フロンの代わりにスプレーの噴射剤に使われています。地球環境的にみて温室効果やオゾン層破壊がありません。ただ、今のところ生産量は非常に少なく、日本国内ではフロン代替のために約一万トン、世界でも十万吨規模の生産にとどまっております。価格もキログラム当たり二百円と高額です。重量当たり発熱量は六千九百キロカロリーで、キロカロリー当たり三十円かかり、火力発電で焚いている石炭燃料の二円前後と比べると、現状ではとても価格的に燃料にはなりません。ただ、発熱量がメタノールの四千八百キロカロリーや火力発電所で海外炭を生で燃やす際の換算値六千三百キロカロリーよりも高いということは利点です。

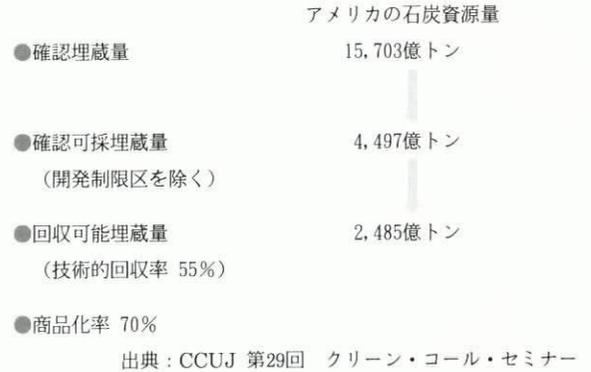
また、わずかな圧力で容易に液化するのでLPGのようにボンベに詰めて運送が可能で、低NOX、低SOX、低煤塵の環境適合型燃料なので、マイクログスタービンや燃料電池などの分散型電源の燃料に非常に向いていると思われれます。

DMEは天然ガスからも合成できますが、石炭資源の有効活用という観点から、とくに将来は低品位炭を使うのがよいと考えられています。石炭をガス化して、灰や不純物を取り除きDMEを合成するわけですが、燃料として使われていない低品位炭は、水素リッ

表3 石炭性状比較例

	瀝青炭 (豪州WV炭)	亜瀝青炭 (インドネシアAD炭)	亜瀝青炭 (米国SK炭)	褐炭 (豪州LY炭)
固有水分 (%)	3.2	17.1	5.3	14.7
揮発分 (%)	31.3	44.2	42.2	48.7
灰分 (%)	14.1	1.3	10.1	1.5
炭素 (%)	85.5	73.8	80.7	70.6
水素 (%)	5.4	5.3	5.8	5.0
窒素 (%)	1.8	0.75	1.6	0.6
酸素 (%)	6.8	20.0	11.2	23.5
硫黄 (%)	0.5	0.14	0.7	0.3
H/C (原子数比)	0.758	0.862	0.862	0.850

表2 アメリカの石炭埋蔵量評価法



子なのでDMEの原料には向いていません。表3に石炭の性状比較を上げてみました。瀝青炭に比べ亜瀝青炭や褐炭のほうが固有水分が多くなっています。ガス化の過程でスチームを供給するので、水分が本来の石炭の中に含まれているのはよいことなのです。また、低品位炭は灰分も非常に少ない。炭素と水素の比率(H/C)も一に近いほどよいものなのですが、瀝青炭より低品位炭は高い数値を示しています。製法は多様ですが、従来法として三菱ガス化学などは、メタンガス原料から不純物を取り除いて一度メタノールにしてからDMEを合成しています。新しい方式として、人工的に石炭をガス化するのではなく、天然に発生しているメタンを使い、不純物を取り除いてDMEを合成するものがあります。通産省が一部補助金を出して開発している、石炭利用総合センター(CCUJ)、日本鋼管、北海道の太平洋炭鉱が釧路で五トン/日のパイロットプラントを昨年九月から今年の十月まで実験をしています。原料はLPGと炭層から導いたメタンを使っています。最近私も現地を見せてもらいましたが、装置はシンプルで、課題の触媒もクリアして自信に満ちた説明をうけました。実験自体を三年くらい延長してみようという話もでてくるようです。

IGCCは、高温・高圧(約四十キログラム)が必要で、それが難しさの一つなのですが、DME製造プロセスとしての石炭ガス化は一から十キログラムの常圧で、温度も八百度程度で大丈夫です。これは都市ガス会社が天然ガスを導入する以前に都市ガス製造時に使用していた技術ですから、新しい技術開発はとくに必要ありません。残った課題は、石炭のガス化から一貫した安定したシステムを開発することですが、なるべく効率を上げてDMEを安いものにするために、いろいろな取り組みが期待されています。

新しい方式として、人工的に石炭をガス化するのではなく、天然に発生しているメタンを使い、不純物を取り除いてDMEを合成するものがあります。通産省が一部補助金を出して開発している、石炭利用総合センター(CCUJ)、日本鋼管、北海道の太平洋炭鉱が釧路で五トン/日のパイロットプラントを昨年九月から今年の十月まで実験をしています。原料はLPGと炭層から導いたメタンを使っています。最近私も現地を見せてもらいましたが、装置はシンプルで、課題の触媒もクリアして自信に満ちた説明をうけました。実験自体を三年くらい延長してみようという話もでてくるようです。

IGCCは、高温・高圧(約四十キログラム)が必要で、それが難しさの一つなのですが、DME製造プロセスとしての石炭ガス化は一から十キログラムの常圧で、温度も八百度程度で大丈夫です。これは都市ガス会社が天然ガスを導入する以前に都市ガス製造時に使用していた技術ですから、新しい技術開発はとくに必要ありません。残った課題は、石炭のガス化から一貫した安定したシステムを開発することですが、なるべく効率を上げてDMEを安いものにするために、いろいろな取り組みが期待されています。

竹下 環境にやさしい石炭活用法としてIGCCとDMEのお話をいただきましたが、経済性をどの時点で達成するかを含め商業化される可能性はどちらのほうが将来的に展望が持てるのでしょうか。

川又 IGCCについてはシェルがいろいろ取り組んでいるようですが、情報があまりないので、実態はよくわかりません。電力会社などでも情報収集をしているようですが、今の段階で経済性を達成するのは難しそうです。将来スケールアップしていくことで達成しようとしているのではないのでしょうか。

竹下 そうするとDMEがキャッチアップして、あるブレイクスルーがなされれば、IGCCよりも早く実用化する可能性もあるということですか。

川又 そうですね。DMEの場合には、すでに要素技術はありますので、その可能性は高いと思います。

燃料電池の開発時期に関しては、早いという人もいれば、難しいという人もいて非常に幅がありますが、ガスタービン燃料も天然ガスから灯油、軽油まで多様ですし、案外実用が早いのではないのでしょうか。とくにマイクロガスタービンの場合は売り込みがさかんで、電力会社でもキャブスタン社ものを購入しDMEでも燃焼テストするようです。そもそもマイクロガスタービンはアメリカ軍で戦車の室内電源などとして使っていた技術を民生化して一般市場に開放したものです。

今井 ガスタービンが戦車技術の民生利用ということですが、戦車で使う場合には大ききの制約が厳しいけれど、民生品の場合には、その点はぜひ人と楽になるでしょうね。

川又 そうですね。キャブスタン社製のマイクロガスタービンは、容量が二十八キロワットのもので高さが一・九メートルと大型の冷蔵庫並みで、必要ならそれを並列につなげばいい。音も静かなようです。価格は、今のところキロワット当たりの建設費が十から三十万円程度ですが、業界では十五万円以下にしなければ一般に普及するのは難しいと考えているようです。

永野 自動車はいずれ燃料電池に移

行する可能性が濃厚だと思えますが、DMEがキログラム当たり二百円というレベルでは、燃料源になるのは難しいような気がします。例えばメタノールのほうがよいということになるのではないでしょうか。

川又 DMEを燃料電池に利用するというのは先のビジョンで、今のターゲットはマイクロガスタービンです。ちなみに、自動車の燃料電池は、現状では使用実験の段階で、コストは配慮せず、技術のブレークスルーに取り組んでいる段階で、様々な研究グループが技術を競っています。

藤目 自動車用にしても、家庭用にしても、都市ガス網のほうにインフラ整備がされて都合がよいような気がしますね。

川又 マイクロガスタービンは市場に登場していますが、今は燃料として灯油や軽油を使っています。ガス会社にしてみれば配管網を持っているわけですから、都市ガスを使いたいでしょうが、今のままでは配管や圧力の関係で難しい面があるようです。

内山 マイクロガスタービンはそれほど圧力は高くなくてもよいと思いますが、それでもだめですか。

川又 六キロ以下でも大丈夫ですが、例えば、アメリカのハネウェル社の製品などは、五から六気圧を標準としています。

伊東 中圧でなければだめだと聞いています。

内山 そうするとインフラを整備しなければなりませんね。

川又 いずれにしても、圧力を調整するような対応は必要だと思われま

効率より環境優位性のある

IGCC

十市 IGCCの実用化は難しくそうだというお話ですが、IPP（独立発電事業所）で石油生産の残滓を使ったガス化複合発電を計画していますね。石炭が難しいのは技術的問題と、石油残滓を使った複合発電に比べてコスト的に相当デメリットがあるということですか。

川又 入札の状況を見ると、合格しているのは、やはり石炭の生焚きがいちばん多いようです。

十市 CO₂問題の面からみると石炭ガス化複合発電のほうに効率がよいでしょうから、当然キロワットアワー当たりのCO₂排出量は小さくなり、将来的に炭素税のようなものができると、有利になってくる可能性もあるのではないのでしょうか。

内山 石炭ガス化の場合は、理論的には微粉炭に比べ高い効率を示すのですが、実態としてはそれほど高くはありません。なぜならガス化するためには、酸素吹きでは酸素製造、エア吹きでは圧縮機動力がかなり必要になるからです。したがって天然ガスのコンバ

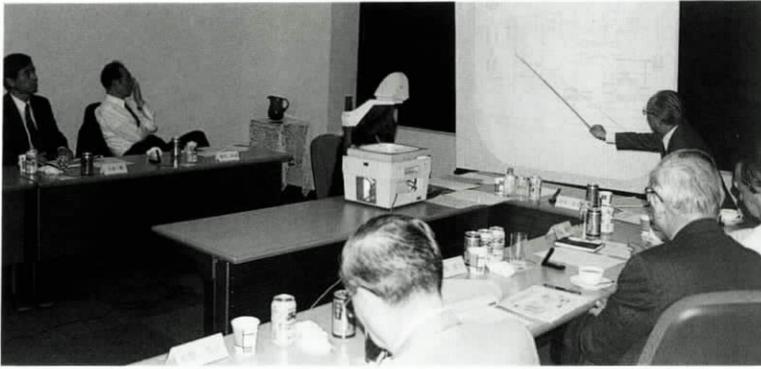
インドサイクルに比べると、どうしても効率が上がらないのです。その数値は、シェルでも四一％ぐらいで、超々臨界圧とほとんど効率は変わりません。石炭ガス化の経済性でのポイントは、ガスタービンの性能をガス化でどれだけ上げられるかです。低燃焼カロリーだと非常に不安定なガス化の燃焼になり、出力が安定して得られないところがあります。

川又 ガスタービンの効率のために、タービン部分で二十キログラムぐらいの圧力が必要です。そのためにはガス化炉の部分では四十キログラムぐらいの圧力が必要ということで、このへんが難しいところです。

内山 微粉炭で大型化したほうが経済的かもしれませんが、燃料費が安いと、わずかな効率向上のメリットはほとんどないというのが現状ですから、どうもガス化が入りにくいですね。むしろ環境問題から、クリーン・コール・テクノロジーとしての位置づけになるのではないかと思います。

川又 そういう意味では、実現化についてはDMEのほうが早いと思います。ガス化のところは常圧でよく、DMEを使う発電タービンのところで高圧を利用するのですから。

内山 DMEはかなりカロリーも高いですし、ガスタービンにとっては非常によい。天然ガスのコンバインドサイクルと似たような性能を出します。



問題はDMEの燃料コストがどれだけになるかです。

今井 DMEの価格が一桁下がればいいわけですか。

川又 LNGと同レベルをねらっているようです。

竹下 ドイツは低品位炭が非常に多いようですね。ヨーロッパなどではDMEの技術開発に関心を持たず、かなり技術開発の加速になるのではないかとと思うのですが、海外で具体的にDMEの開発に取り組んでいるところはあ

るのですか。

川又 デンマークのハルダー・トプソ、アメリカのエアプロダクツ・アンド・ケミカル社などがありますが、世界で最も進んでいるのは日本鋼管のようです。しかし原料はまだLPGと炭鉱から出るメタンを使っています。将来的には石炭ガス化を考えているようです。

十市 石炭からDMEにする場合には、トータルとしての効率性がどうなるかがちょっと気になりますね。転換プロセスが多いので、ガスタービンの効率が非常によくなっても途中でずいぶんエネルギーを使ったりして、トータルシステムとしてはそれほどよくないかもしれません。

川又 従来このようなシステムは、触媒などに白金が使われていますが、それが高いのです。合金の廃棄物を使って安いものを作る検討もされていま

す。触媒の技術開発がポイントで、日本鋼管では十年前からこの点に取り組み、白金ではなく、身近にある金属を用い、成功したようです。

十市 燃料電池も白金が触媒ですの

当面は天然ガスに軸足を移す世界

内山 中国では比較的質のよくない石炭が多いですが、それらを使っていくということ、DMEが発展するようにならないでしょうか。

川又 黄河の北側から内モンゴル自治区にかけた広大な地域で、先進諸国が参加している石炭開発プロジェクトがたくさんあります。地層の中のある一定の層に埋蔵されている神木炭をかつて電力社でボイラーテストをしました。結果は現在のボイラーでは炉壁に灰が付着して取り除くのが大変だということ、輸入に至りませんでした。ただ、埋蔵量は莫大ですからIGCCやDMEのように使い方によっては非常に有効な資源でしょう。

内山 つまり中国への発展も可能性はあるわけですね。

川又 そう思います。

永野 ただ、少し疑問なのですが、石炭がそれほど有望なら、例えばシェールが炭鉱を売り払おうとしたりはしな

いのではないかと思うのですが…。

川又 私もそのあたりのことをシェールの人に直接聞いてみたいと思っています。ところですが、とにかく当面は技術開発も天然ガスからのDME、合成ガソリン製造に軸足をシフトしています。経済的に手とり早いからでしょう。

石炭からDMEをとくと、石炭のガス化のプロセスが一つ多くなります。しかし、世界中が天然ガス、LNGの利用に殺到すれば、ガスの価格が上がる。DMEの市場への出番はその時だと思いません。現在はその時の準備です。

十市 私は、ニューサンシャイン計画で工技院が実施している石炭ガス化プロジェクトの評価委員をやったのですが、アメリカやヨーロッパはシェールを含めて石炭ガス化は全部撤退しているのになぜ日本で取り組むのが、評価委員会でも大議論になりました。最終的に、日本の場合は天然ガスの安定供給という観点と、クリーン・コール・テクノロジーの観点から日本が技術開発をしておくことが、中国が石炭を使うときに役に立つということで、規模を縮小して次のステップに進めようということになりました。

川又 今日、改めて通産省としての戦略に出てきたというのも、国産の技術を持っていなければだめだということでしょうか。

十市 日本は他に手段がありませんから、選択肢を増やすためにもやらざ

るを得ないのです。ただ、小規模で進めるのはよいのですが、スケールアップしてくるとお金もかかりますので、どこまでやるのかは難しい判断です。北村 外国がとりあえずやめる方向になったというのは経済性の問題ですか。

十市 ヨーロッパはロシア、アメリカは国内とカナダから安いガスが大量に手に入るわけです。日本の場合 LNG で輸入していて、将来 LNG の需要が増えれば他の国も輸入して価格が上がる可能性もあります。安定供給への分散化の意味でも、一応技術として持っていたほうがいいという戦略で、欧米とは事情が若干違うと思います。

クリーン・コール・テクノロジー 推進は日本の責務

竹下 アメリカやヨーロッパが撤退するという場合、技術者や技術を全部手放してしまうのではなく、技術は維持していこうとしますね。

十市 日本の場合は常に取り組んでいないと維持できないという議論があります。考え方の問題ですが、ある水準まで達していなければ技術は物にならないでしょうが、デモンストレーションプラントをつくるくらいのレベルまでは取り組んだところで区切りをつけて、必要になれば将来またやるということをしていかなないとダメなのではないかと思えます。

永野 バーゲニングパワーとして技術を持っておく必要はあると思います。しかし、民間で資金を出して商業ベースでやれる話ではないので、ある程度国家プロジェクトにして、民間の技術も使いながら進めるという方法しかないような気がします。DME が本当に日本の技術で実用化すれば、大変なバーゲニングパワーになるでしょうね。

内山 私も昨年石炭液化プロジェクトの最終評価の評価委員をやりましたが、そこでも、十市さんと同じような議論がありました。プロジェクトは昨年終了し、十八年間に合計で約千億円使いました。この後何をするかです。いぶん議論になり、中国の石炭をこれからどう考えるかということがポイントになりました。

アジアは石炭に非常に依存している地域ですから、日本の技術が役に立つようなものがある程度は継続していかざるをえず、クリーン・コール・テクノロジーとして発展していく必要があるという意見が多く出されました。いずれにしても何らかの石炭の技術基盤は維持すべきであるという評価結果となりました。現在国内の石炭産業はほとんど壊滅状態になっていますが、太平洋炭鉱などが、DME のような技術と関わりながら息をつないでいるというのは、非常に大事なことだという気がします。

竹下 石炭の埋蔵量の話ですが、ア

メリカの数字をみても確認埋蔵量の数字の六分の一ぐらいしか回収可能量はありません。ですから二百年から三百年あるとされている埋蔵量も、実際は四、五十年になってしまえば石油とあまり変わらなくなってしまう気がしますが。

藤目 ただ、石油は未発見量を入れていますが、石炭は未発見量を入れていません。未発見量を入れれば、結論的にはやはり百年ぐらいになるようです。

内山 石油でも実際には岩石の中に染み込んでいるわけですから、いくら技術が進歩しても採取可能量はせいぜい半分ぐらいでしょう。

竹下 そうすると化石燃料の時代は一世紀ぐらいで、経済成長が倍になったらまた半分の五十年しかもたないわけですね。

川又 アメリカのDOEのレポートでは、環境対策に手とり早い天然ガスばかり使用を集中すると、アメリカでも二〇一五年以降、天然ガスの不足の心配をしています。それで、さかんにメタンハイドレートの利用とその準備の必要を唱えています。

竹下 二十一世紀半ばには、化石燃料から他の新しいエネルギー源に全く変わってはいけないう状況になるということなんですか。

内山 資源量は、悲観的評価と楽観的評価の両極がありますから、判断は

難しいのです。

今井 石油の量も、本当にどれだけあるかは、だれも知らないわけですからね。

藤目 オイルシェール(多量の油母を含む粘土質ないし砂質の水成岩。アメリカのGren River 鉱床で石油換算三千億キロリットルあるといわれている)まで含めると、その量は何倍にもなるので、化石燃料もそう簡単になくならないのではないのでしょうか。

十市 これまでの歴史をみてわかるように、資源がなくなつて終わるといふことはないのだと思います。石器時代は石がなくなつたから終わったわけではありません。石よりも便利で大量に安く供給できる鉄が発明され、それが取つて代わつたわけです。石炭から石油に代わつたのも、石炭がなくなつたわけではなく、より便利で使い勝手のいい石油が見つかったからです。

ですから石油時代が終わるとすれば、おそらく天然ガスに代わるのでしょうか。しかし、いずれにしても資源枯渇論というのは、あまり説得力がないような気がします。

石炭と原子力のハイブリッドの可能性

川又 電力中央研究所で長寿命炉心をもつた小型原子炉のアイデアを研究していますね。

内山 十年以上燃料を交換不要の原

子炉ですね。面白い炉だと思えますが、FBR(高速増殖炉)は「もんじゅ」の状態をみると、すぐに導入できるような技術ではないような気がします。

今井 燃やしてしまい、そのまま捨ててしまうタイプではありませんでしょうか。

内山 よくわかりませんが、自分で再処理するような機能を備えるということも提案しているようです。

永野 パイオニア的な役割として、日本原電で何かできるのではないですか。定款で原子力発電しかできないことになっているわけではないですよ。下山 はい。いろいろなことができます。ただ、今のところは原子力が中心でしょう。一言で原子力といってもいろいろなバージョンがあります。長寿命炉心やトリウム金属燃料など、いろいろな芽があると思います。

川又 夢のあることはいいことです。後輩に期待しますよ。

下山 今キャッシュフローで企業を評価することが多くなってきましたが、電力会社はキャッシュフローは潤沢ですね。今どこへ行っても金がないから国がやるべきだというような議論があるけれど、本当にそうなのは疑問な点もあります。どうも役割がちぐはぐになっている気がします。

内山 実は、私もPWR(加圧水型)の小型の原子炉でスチームを製造することを提案しています。今日の話

を聞いていて、原子炉でスチームを供給し石炭とハイブリッドにすると良い技術ができるなと思いました。カセット型で非常に簡単で、安全性も高い炉だと思えます。

今井 今はPWRならAPWRでという、より大きいものへという発想になってしまっていて、逆の発想にはなかなかいかないですね。小さくしたら何か逆の道が開けるかもしれないのに残念です。

内山 そう思います。蒸気だけを作るなら圧力は十キロ程度、温度も百八十度ぐらいでよいわけですから、安全性は今の軽水炉に比べると格段に高くなります。熱コストから計算してもかなり経済性が出てきます。

今井 FBRなどは、ますます圧力を上げて、嚴重になって、壁が厚くなって、安全チャネルの数がどんどん増えて、全体として大きくなっています。しかしそれは本当に必要なことなのでしょうか。

内山 工夫すれば技術開発はあると思いますが、実行するとなるとなかなか難しいですね。

今井 今のままでは、アジアに大きなマーケットが出てきたとき、日本は競争にならないということがはっきりしているわけですから、今後何か出てくることに期待します。やはり、このままではいけないと思いますね。

(四月十日)

電力技術戦略とIGCC

健全で競争力のある電力産業の実現

電力分野産業技術戦略のねらい

今井 新しい石炭の利用法について

うかがった前回の部会で、環境適応型の石炭利用技術としてIGCCが紹介されました。本日は、電力技術政策の中での発電プロジェクトの一つとしてIGCCを担当されている伊藤さんから、電力技術戦略上のIGCCの位置づけについて、技術的な点を東京電力の石橋さんからお話しいただきます。

伊藤 この三月に、資源エネルギー

庁では、電力技術開発の長期的な方向性を「電力分野産業技術戦略」としてとりまとめました。これは、小淵総理大臣のときに産業競争力強化のために作られた省庁にまたがる十六分野を対象とした「国家産業技術戦略」と、通産省を所管とする三十九分野を対象とした「分野別産業技術戦略」の一環

として位置づけられています。また、平成十一年三月にとりまとめた「電力技術開発検討会（フェーズⅡ）」での検討を踏まえています。

報告書のポイントは三点あります。

第一点は、技術開発課題を政策的に、非市場分野（公益的市場分野）、未市場分野（新規市場分野）、既市場分野（競争的市場分野）の三つに区分したことです。

第二点は、重点的に取り組むべき技術開発分野として、高効率発電技術分野、新電力供給システム技術分野、地球環境保全技術分野の三分野をあげ、各々について個別戦略を作ったことです。この高効率発電技術分野の中核技術がIGCCだと考えております。

第三点は、各技術を選別、淘汰する指標として三本の評価軸を設けたことです。燃料供給の安定性の指標である資源軸、環境への適合性の指標である

環境軸、需要家ニーズへの適合性の指標である市場軸です。

電力技術開発の今後の方向性をスローガンの言えば、「健全で競争力のある電力産業を作る」ということです。公益的な課題と市場的な課題を官民で分担しながら、重点分野には政策資源を集中する。その際に三本の評価軸で技術開発を評価し、淘汰していくわけです。特に重要なことは、規制緩和と産学官の連携の推進です。電力自由化に向けて多様な主体の参加と競争を促していく必要があります。今後の検討課題を政策プライオリティ、官民分担技術開発制度に分けて整理したものが図1です。

官民分担の事項として、官の役割としては、①非市場分野の技術開発、②未市場分野の支援、③既市場分野の競争環境の整備、民の役割としては、①既市場分野の競争力の強化、②未市場

伊藤 敏

（通商産業省資源エネルギー庁公益事業部開発振興室長）

講師

出席者

今井隆吉

（原子力委員会委員
会参与
杏林大学教授）

内山洋司

（筑波大学教授）

川又民夫

（日本CO2M社長）

下山俊次

（日本原子力発電
最高顧問）

竹下寿英

（麻布大学教授）

武部俊一

（朝日新聞編集局顧問）

十市 勉

（朝日本エネルギー
経済研究所
常務理事）

藤目和哉

（朝日本エネルギー
経済研究所
常務理事）

石橋喜孝

（東京電力エネルギー
環境研究所
石橋ルンズ室長）

永野芳宣

（朝政策科学研究所
所長）

伊東慶四郎

（朝政策科学研究所
主席研究員）



▲伊藤 敏 氏

図1 電力技術開発の検討課題



出所: 「電力技術開発検討会 (フェーズII) 報告書 (平成11年3月、資源エネルギー庁公益事業部電力技術課)

表1 重要電力技術開発分野

分 野	技 術	官民分担
1. 非市場分野 (公益的市場分野) (1)地球環境保全 (基礎技術) (2)エネルギーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> CO₂回収・固定・処分技術等 電源多様化等 	国
2. 未市場分野 (新規市場分野) (1)再生可能エネルギー開発 (2)新電力供給システム技術 (3)革新的電力技術	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物発電、太陽光発電、風力発電等 燃料電池、情報応用技術、分散型電源開発、電気自動車、省エネ都市開発等 超電導技術、電力貯蔵技術等 	国・民間
3. 既市場分野 (競争的市場分野) (1)効率向上 (2)安定供給 (3)コスト低減 (4)地球環境保全 (実用技術)	<ul style="list-style-type: none"> 発電効率改善等 系統安定、信頼度向上等 負荷平準化等 CO₂排出抑制技術等 	民間

出所: 図1と同様

表2 火力発電・負荷平準化技術によるCO₂排出原単位の削減

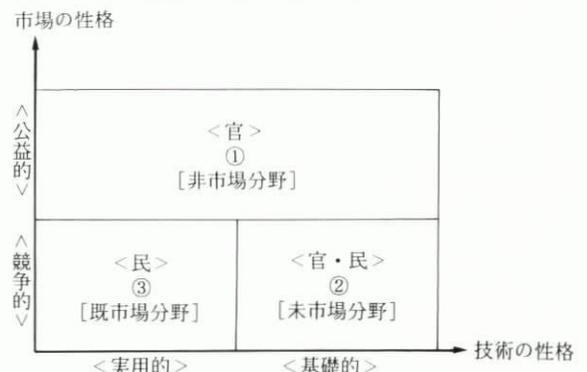
技術	項目	現状			
		2010年	2010年	2030年	
火力発電技術	LNG (・1)	送電端効率 (%)	49~50	50~52	55~64
		CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /kWh)	0.36~0.36	0.36~0.34	0.32~0.28
	石炭 (・1)	送電端効率 (%)	41	42~46	48~54
		CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /kWh)	0.80	0.78~0.71	0.68~0.60
負荷平準化技術	新型電池 (・2)	効率 (%)	80	80	85
		CO ₂ 排出原単位向上 (kg-CO ₂ /kWh)	0.00	0.00	0.02
		CO ₂ 排出削減量 (万t/年)	-	0	40
	蓄熱システム等負荷平準化機器等 (・2)、(・3)	ピークシフト (万kW)	458	950	1200
		CO ₂ 排出原単位向上 (kg-CO ₂ /kWh)	0.07	0.07	0.07
		CO ₂ 排出削減量 (万t/年)	110~170	230~350	290~440
負荷平準化技術全体	負荷率 (%)	57.0	57.8	60.0	
	CO ₂ 排出削減量 (万t/年)	110~170	230~350	330~480	

[前提条件]

- (・1) 排出係数 (LNG) $5.639E-05$ [kg-C/kcal] = $2.0676E-04$ [kg-CO₂/kcal]
 排出係数 (石炭) $1.0344E-04$ [kg-C/kcal] = $3.7928E-04$ [kg-CO₂/kcal]
 1kWh=860kcal
 原単位=排出係数×860/送電端効率
- (・2) 「電事審基本政策部会 電力負荷平準化対策検討小委員会中間報告(H9.12.)」
 昼夜別CO₂排出原単位 [kg-CO₂/kWh] 昼間: 0.378 夜間: 0.304 (1995年9社平均)
 上記値に基づき、電気事業連合会にて、CO₂排出削減量を試算。
- (・3) 「電事審基本政策部会 電力負荷平準化対策検討小委員会中間報告(H9.12.)」
 蓄熱システム普及等によるピークシフト: 300万kWでCO₂(炭素換算)20万~30万tの削減。
 (なお、蓄熱システムは、熱源機の定格運転による効率向上と外気温の低い夜間運転による冷却効率の向上を含む。) 上記に基づき、電気事業連合会にて、CO₂排出削減量を試算。

出所: 「電力分野産業技術戦略」報告書 (平成12年3月、資源エネルギー庁公益事業部電力技術課)

図2 電力技術開発の分類 (概念図)



出所: 図1と同様

分野への先行投資を掲げています。技術開発制度は、技術開発過程の合理化の他、特にこれから自由化に伴って重要になってくる未市場分野における技術開発制度の拡充、総合的な技術開発体制の整備をあげています。

市場の三分野は、図2に示すように、市場の性格を公益的と競争的、技術の性格を実用的と基礎的に分けて分類しました。マーケットメカニズムになじまない公益的分野を非市場として官が分担する一方で、競争的な市場については既に実用化して市場ができあがっている既市場と、これから市場を作ら

なければならぬ未市場に分け、後者については官民が協調してこれを育てていくという考え方です。

重要電力技術開発課題の展望

◆市場別の技術分野検討

具体的に、市場ごとにある技術開発分野を整理したものが表1です。官民分担は、非市場分野では、国が主導的に責任を持って進めるとしています。未市場分野は、国と民間が協力的に行う分野と考え、異業種、大学、海外、地域、市民といったいろいろな参加者

による競争を喚起して意欲的な技術開発を期待しています。既市場分野は、民間が主になって進めると位置づけています。

また、それぞれの開発課題の展望については、開発時期を短期(数年以内)に開発)、中期(二〇一〇年)、長期(二〇一〇年以降)にわけています(表2)。

今日の本题であるIGCCは非市場分野と既市場分野の両方に入っています。これは本来事業者が既市場分野で競争的環境の中で技術開発を行うべきものだという位置づけと、エネルギー

セキュリティの観点からいえば、国策として国が責任を持って進める技術であるという面があるからです。

これらの技術開発をとりまく市場や開発に係わる主体別に相関関係を図解すると図3のようになります。

◆個別戦略の策定

これまで説明してきた重要電力技術開発課題のうち、社会の要請・制約への対応の緊急性から、①高効率発電技術分野、②新電力供給システム技術分野、③地球環境保全技術分野の三分野を選定して、技術ロードマップの作成等の個別戦略を策定しました。

①高効率発電技術分野

電源選択の問題として、燃料と技術について供給側の戦略を作りました。エネルギーセキュリティの確保に対応した問題設定を行い、競争力強化、可能性追求、基盤技術開発といった政策的な三項目を掲げました。具体的には、競争力強化としてUSC（超々臨界圧発電）とACC（アドバンスド複合発電）を、可能性追求としてIGCC、A-PPBC（アドバンスド加圧流動床発電）MFC（溶融炭酸塩型燃料電池）を、基盤技術としてIGFC（石炭ガス化燃料電池複合発電）SOC（固体電解質型燃料電池）を扱っています。

IGCCは、この分野の中核的な技術という位置づけになっています。

②新電力供給システム技術分野

第一の問題が集中電源による供給側の議論であったのに対し、本分野は分散型電源も含め広義の供給側と位置づけています。電力供給システムの構築と個別技術開発を併せて供給形態の問題として議論していますが、電力自由化への対応を念頭においたものです。

エネルギー・インフラ整備、電力供給システム構築、個別技術開発の三項目があります。

・エネルギー・インフラ整備

電力供給基盤技術として電源開発、電力輸送、共通基盤技術があります。

共通技術基盤では、パワーエレクトロニクス技術や標準化とか規格などの知的基盤を扱っています。また、電力ガス複合供給システムとしてコージェネ、LNGの総合利用技術、次世代エネルギー供給システムとして水素供給インフラ整備なども扱っています。

・電力供給システム構築

系統制御技術として、分散型電源と系統を調和的に制御させる技術である自律分散型電力供給システム、情報制御技術として、負荷集中制御技術、双方向のインターフェース技術を用いた次世代DSMを扱っています。

・個別技術開発

電力貯蔵技術、新型電池、分散型電源を扱っています。

③地球環境保全技術分野

エネルギーと環境の問題です。これ

は地球環境問題への対応を念頭において、電力分野を供給側と需要側に分けて、原子力発電の開発促進、火力発電の効率改善、再生可能エネルギーの導入促進、CO₂分離・回収・固定・隔離、負荷平準化の推進、省エネルギーの推進の六項目について検討しました。

資源・環境、市場の二本軸で評価

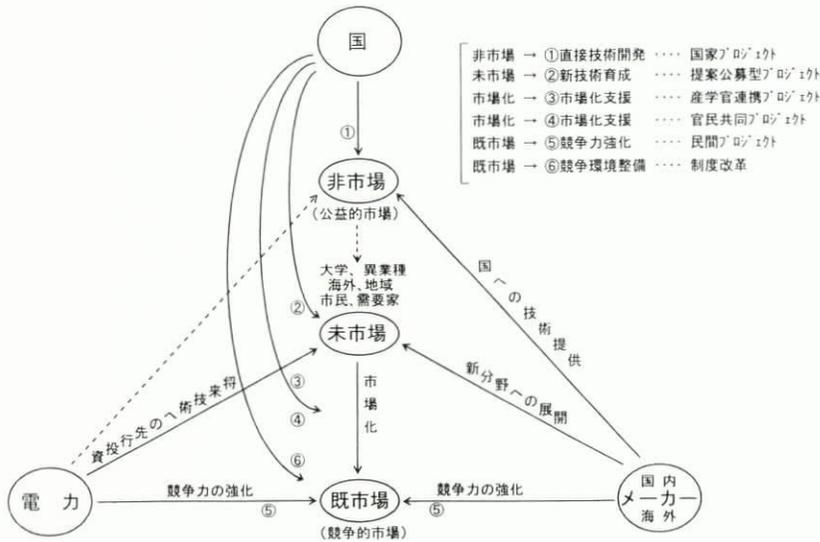
電力分野における技術開発の進め方は、まず独創的・革新的アイデアを汲み上げる仕組みとしての「提案公募」、提出されたアイデアを評価し見極める仕組みとしての「技術評価」、そして政策資源を絞り込まれたアイデアに集中させる仕組みとして「重点研究」があります。それが市場化につながるわけですが、市場化の結果、すなわち「市場評価」をアイデア段階までフィードバックさせていくような仕組みが重要です。そこで、「技術評価」では技術を選別淘汰するために、資源軸、環境軸、市場軸の三本で評価することになりました。資源軸では燃料供給の安定性を評価します。具体的には燃料源の多様性、燃料の賦存量、燃料の節減効果でみます。環境軸では環境への適合性をエネルギーの効率、CO₂排出抑制効果、その他環境への負荷、LCA（ライフサイクルアセスメント）からみます。市場軸では需要家

ニーズへの適合性を評価しますが、経済性、信頼性や利便性などのニーズへの適合性、使用形態や供給形態を選択できる可能性である選択可能性、市場化までの期間、市場化の想定分野などで評価します。

高効率発電技術については、資源軸および環境軸でそれぞれの技術を位置づけ、資源軸は燃料源の多様化、環境軸は発電効率の向上ということで評価されます。例えば、効率だけをみるとIGFCは高くなるのですが、燃料源の多様性となると低灰炭点炭にも対応できる技術ということでIGCCも評価が高くなります。評価軸を増やすことで技術の位置づけは変わってくるわけです。IGCCについては、ロードマップでは、可能性追求のための技術開発として、二〇一〇年以降に効率四八%となることを目指して技術開発を進めており、現在の時点で実証試験を行っています。

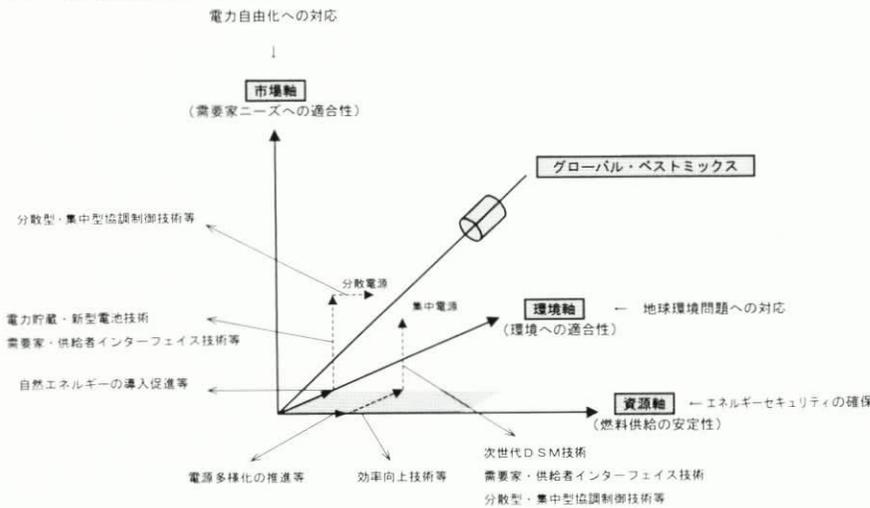
分散型電源と集中型電源が市場、環境、資源の三本の軸でどう位置づけられているかを整理したものが図4です。「グローバル・ベストミックス」というのは造語です。これまでの技術開発は電源多様化の推進ということで、資源軸、エネルギーセキュリティの確保に沿って主として行われてきました。ところがCO₂問題等の顕在化によって効率の向上という環境軸に沿って技術開発が進められるようになり、さら

図3 電力技術開発に係る各主体の関係 (概念図)



出所：図1と同様

図4 電力技術開発におけるグローバル・ベストミックスの概念図



出所：表2と同様

表3 集中型電源と分散型電源の多軸評価

	集中型電源	分散型電源
資料軸	△	×
環境軸	△	△
市場軸	△	○

注：○×△は相対的・定性的な比較の目安
 出所：表2と同様

にそれが市場軸に沿って需要家に対して目を向けるようになって立ち上がってきて、四十五度の軸にあるグローバル・ベストミックスに接近してきていることを示しています。

分散型電源については現在自然エネルギーを導入する方向、つまり環境軸に沿ってその技術開発や導入促進が行われておりますが、これも本来的に分散型であり、需要家が制御可能な電力技術ということから市場軸に沿って立

ち上がるようになり、最終的に資源軸、燃料制約をクリアできるかどうか課題となります。それをクリアした段階でグローバル・ベストミックスの四十五度の軸に近づいていくことを示しています。

この集中型電源と分散型電源を多軸(資源、環境、市場)評価したものが表3です。集中型電源についてみれば、資源軸では比較的安定しているが海外依存度が大であるということ。一

方、分散型電源については資源の安定性からいうと若干の疑問があるということ。環境軸で見ると、集中電源については原子力などはCO₂の排出量が少ないわけですが、火力発電などはSO₂等の環境問題もあるので△。

分散型電源も自然エネルギーは環境への負荷が少ないわけですが、燃料電池コージェネ、マイクログラスタービン等の環境適合性は未知数ということで△。

市場軸では、集中型電源がこれから需

世界最高水準の熱効率をめざす IGCCの実証試験

最後にIGCCのプロジェクトについて紹介したいと思います。

IGCCとは石炭をガス化、精製した可燃性ガスを燃やしてタービンを回し、それと一緒に排熱利用して蒸気タービンを回したコンバインド・サイクルです。特徴としてまず熱効率が高いことがあげられます。その他、広い炭種適合性があり、特に低灰融点炭等にも対応可能であること、さらに環境適合性も高くCO₂だけでなくSO_x、NO_xの排出量も少ないこと、あるいは

は石炭灰の排出容積が非常に小さい等の特徴もあります。

プロジェクトを進める背景の一つにはエネルギーセキュリティの確保というところで、中長期的な電源のベストミックスの達成、LNG価格に対するバリエーションパワーの確保があります。また可採埋蔵量が一兆三千億トン強と膨大で地域偏在性のない安定供給資源である石炭を有効活用したいということもあります。二つ目の背景としては地球環境問題への対応の必要性があげられます。世界のCO₂排出量の五割がわが国からのものですし、そのうちの四分の一は電気事業に起因していますので、環境調和型の発電を目指しています。

プロジェクトの政策的な意義としては、CO₂排出量を石油火力並みにまで抑えた高効率石炭発電技術の確立があります。具体的には、熱効率を現在の微粉炭火力で四〇%強のものを商用機で四六〜四八%、CO₂排出原単位を石油火力並みのキロワットアワーあたり炭素換算で二百グラムを目標としたいと考えています。

他の石炭火力発電技術との比較をみると、例えばUSCが蒸気タービンのみの一系統発電なのに対して、IGCCの場合はガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた二系統発電です。IGFCの場合は、イーグルというプロジェクトが資源エネルギー庁石炭課で

行われておりますが、さらに燃料電池を組み合わせた三系統発電です。したがって、IGCCは、一連の石炭火力発電技術の中でUSCより炭種適合性、効率性に優れており、IGFCよりは効率では劣るものの信頼性、経済性で先行した実現性の高い技術であると思われる位置づけられております。

これから始めようとしている実証試験の概要ですが、平成十一〜二十一年度までの十一年間で二十五万キロワット級の実証機による実証試験を行います。事業費の総額が九百八十億円で電力九社、電源開発、電力中央研究所を入れた電力共同プロジェクトとして国庫補助三割で実施の予定です。石炭の使用量が一日千六百トン、ガスタービン温度が千二百℃で効率が四〇・五%を目標としています。昭和六十一〜平成八年度まで勿来でパイロットプラントの研究を行い、平成九〜十年度にかけて実証試験のためのFSを行います。これからいよいよ実証試験ですが、空気が吹き、ガス化炉の採用によって世界最高水準の熱効率を目指しています。私の話は以上ですが、実際に使われる立場から東京電力の石橋さんから技術開発の状況等についてご説明いたします。

紆余曲折のあった開発経緯

石橋 I G C C について関連したこ

説明をさせていただきます。

まず、石炭火力の必要性ですが、資源のない日本ではベストミックスという観点から考えなくてはなりません。特に、LNGの価格はこれから高騰していく可能性がありますので、それに対する牽制、バリエーションパワーとなると考えています。なぜなら石炭は埋蔵量が豊富で、また埋蔵地域が世界に広がっており、世界市場ができておりますので、石油やLNGの値段が上がっても、石炭は上がりやすく、低廉で価格が安定しています。

一方、弱点はCO₂の排出量が多いということですが、図5では電源別にCO₂排出量をLCA手法で評価しています。燃料から出ていくCO₂と設備建設や運用過程で出てくるCO₂を合わせています。従来の石炭火力ではキロワットアワーあたり炭素換算で二百七グラムですが、IGCCで約二割効率が上がれば、石油火力並みまで落とすことが可能です。LNGは燃料起因としてCO₂は非常に少ないのですけれども、現地で液化する際にかなりエネルギーを使っていますので、LCAで見ると思ったより多くなります。使用する石炭ですが、微粉炭火力の場合は灰の熔融温度がある程度高いもので、燃料比(固定炭素/揮発分)もある程度大きい石炭が向いています。しかしIGCCでは灰を高温で溶かし外に出しますので、むしろ微粉炭火

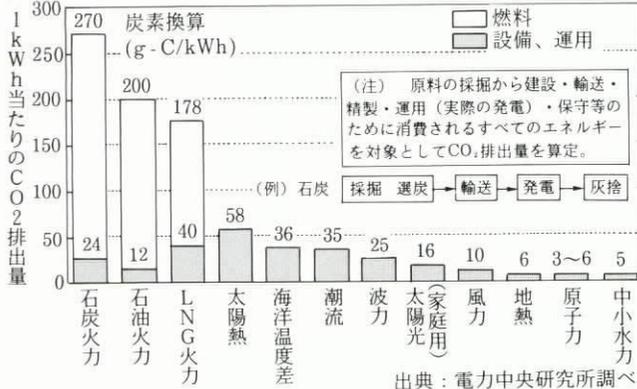
力で使いにくい灰熔融温度が低く、燃料比が小さい若い石炭のほうが向いています。ですから、微粉炭火力とIGCCは石炭をすみ分けていく技術だと考えています。例えば中国の内モンゴルで採れる神木炭は、微粉炭火力ではトラブルを起こしますが、比較的安く入手できる可能性もありますので、IGCCに使用していけば経済性が上がると思います。

IGCCの開発経緯は、長い年月の間紆余曲折がありました。電力需要も伸びず、CO₂問題も出てきて、果たして石炭の高効率化技術に取り組むべきなのかという議論もありましたが、最終的には電力としてもやっていたということになったわけです。

すでに海外でもIGCCはありますが、すべて酸素吹きです。理由は、海外のものは化学プラントの技術を電力に適用していて、純度の高い酸素で純度のいいガスを作るといふ本来の目的に発電を付加したものです。したがって発電効率は高いのですが、酸素を作るために非常に動力がかかってしまうので、送電端としては効率が低くなってしまうというジレンマがあります。それに対してわれわれの試行しているのは空気吹きで、発電効率は低いのですが酸素製造動力が少ないので、送り出せる送電端効率としては非常に高いというのが特徴です。

実証機は二十五万キロワット級の千

図5 各種電源のCO₂排出量



出典：電力中央研究所調べ

クリーンコール・テクノロジーとしての期待

今井 どうもありがとうございます。前回に引き続き石炭の話題ですが、ディスカッションをお願いできればと

思います。

内山 IGCCに関しては私自身もいろいろ思い入れがあるのですが、コンバインド・サイクルというのは結局はガスタービン性能で決まってくるようなところがあって、現状のレベルでは効率でUSCを大きく上回るということにはなりません。

石橋 USCですと百万キロワットのボイラーでようやく四〇・五％程度ですが、IGCCでは千二百℃級で四〇・五％になります。千三百℃級でUSCを上回り、千五百℃級でかなり大きく上回ります。

内山 やはり千五百℃までいかないのだと思いますね。現状では日本は、低カロリー燃焼で若干酸素付加するという空気吹きでいく方針をとっています。しかし将来、高カロリーの安定燃焼のために、結局酸素吹きになるのではないかという気がするのですが、その辺の見通しはどうですか。

石橋 非常に難しい質問ですが、ガスタービンの燃焼カロリーとして千キロカロリー以上のガスは欲しいので、若干酸素を加えてやらなければならず、通常二一％のところ二五％まで酸素を高めています。海外は九〇％です。この中間の濃度というのは技術的になく、空気吹きを選ぶか酸素吹きを選ぶかというの二者択一の話になっているわけです。今まで日本独自のシステムとして空気吹きを開発してきましたので、

実証機までやり遂げたいと思っています。どちらがよいかは現段階では答えがでませんので、効率の高い空気吹きにチャレンジしてみるといったところ

内山 効率性をかなり大きくうたっているわけですが、石炭を使うので環境問題への影響が非常に大きいと感じます。クリーンなコール・テクノロジーとして発展する位置づけとして、IGCCが非常に優れているということをおっしゃる必要があるのではないのでしょうか。今のところはCO₂のことしか話題にならないようですが……

伊藤 CO₂については、効率そのものは環境と読み替えられると思います。灰の減容の話なども、特徴として大いに売りものにしたと考えています。

石橋 ただ、SOXと効率とはバーターの関係にあり、湿式ガス精製をしていますが、SOXを一生懸命取ろうとするとパワーが出ずに効率が下がってしまいます。環境と効率のどちらをとるかというジレンマがありますが、今はどちらかという効率アップに重点を置いています。

竹下 商業用の千五百℃級ができるのは、いつごろとお考えですか。

石橋 現在のプロジェクトはアセスメント三年、建設三年、運転三年という長丁場ですが、うまくいけば運転の二年目ぐらいで結果がわかってきます。

したがって、早ければ八年後にはIGCC商用機の計画が立てられるようになります。ただ、そこから商用機のアセスメントと建設が始まりますので、初めての商用機の運転開始は今から十五年程度後ということになるでしょうか。

武部 この商用機で単価はどのぐらいになるのですか。

石橋 既存の石炭のインフラがある土地に作ってキロワットアワーあたり六円というのがターゲットです。ただ千三百℃級ぐらいだとなかなか価格が下がりにくいです、千五百℃級でということになります。

竹下 電力技術開発には非常にたくさん提案があって、それぞれスケジュールが詳細に与えられているところが非常に面白いところです。ただ将来的に技術がどのように選別されるかということが、これからの課題だということをお話でした。省庁再編で総合科学技術会議ができ、科学技術面ではかなり統合的に計画を進めようとしています。そうすると、エネルギーに関わる技術も、具体的には総合科学技術会議のような枠組みの中で選択されるようになるのでしょうか。

伊藤 国家産業技術戦略は科学技術基本計画の中に素材を提供するという位置づけです。科学技術基本計画も基本的には総合科学技術会議のアウトプットとして位置づけられるものだと思います。

います。ただ、その中でエネルギー選別のよいなことをどこまでできるかというの、これからの議論だと思えます。

コストだけでは判断できない IGCCの位置づけ

藤目 電力技術開発にかかわる各主体のご説明がありました。地球環境保全やエネルギーセキュリティが非市場に位置づけられているのは、市場で解決できないということなわけです。

伊藤 経済メカニズム、市場メカニズムを上手に導入しながらルールを作り、企業が環境会計を導入したり、環境税や炭素税などで誘導的に行えば、市場の世界でできないことはないという話もあります。ただ、そもそも商売ベースになじまないものについては、国が責任を持ってやりましょうというスタンスです。

藤目 そういう観点からすると、電力市場は規制緩和になじまない部分があるという感じがあります。

伊藤 そうですね。ですから公益的な課題と市場的な課題を両方にらみながら健全な電力産業に育てることをうたっています。健全というのは商売一辺倒でもないし、公益的な課題のところにも関与しながら産業として自由化していくということです。いまは公益的なほうに軸足が立っています。

十市 実証プラントを作るといっ

断はかなりの決断をされたと思います。が、電力業界としては先ほどの自由化でコストの面からいうと相当厳しい状況ではないのでしょうか。

国としてはセキュリティ面からも判断されたでしょうが、通産省自体の石炭に対する基本的な考え方がどうも明確に見えてこないような気がします。日本で使わなくても中国などで使えばよいというような議論も一方であるのでしようが、石炭に対する位置づけが市場性、環境性、セキュリティという三つの軸から考えて全体として一貫性はあるのでしょうか。

伊藤 ご指摘のとおり、CO₂排出を考えたときに、石炭はもう使えないというパッシング的な雰囲気があります。今でも、われわれは石炭について全面的に何でもやるということではありません。資源として世界的に遍在しているとか、安定供給が可能だという特徴を踏まえて、石炭資源を使っていくという選択肢を排除しないのであれば、石油並みにCO₂の排出量を下げ、環境特性もよくて、コストもそこそこいけるこういう技術を持っておかなければならないということです。あとはバーゲニングパワーです。

十市 バーゲニングパワーになるかは議論があるところだと思います。

石橋 たしかにおっしゃるとおりですが、LNGは設備費は安いものの燃料費の割合は大きいので、燃料費が倍

になれば発電原価は一気に上がります。一方、石炭火力は設備代は高いのですが燃料代が非常に少ないので、燃料代が仮に倍に上がったとしても発電原価へのインパクトは非常に小さいのです。ですから、LNGが上がれば石炭火力のほうが安くなりますので、そういう意味では何らかのバーゲニングパワーというのはあると言えるのではないのでしょうか。

十市 経済性や技術的な面から言うと、日本でもIPPでやろうとしている石油の残渣油のガス化のほうがあるいろいろな面ではいいのではないかと気がしますが。

石橋 残渣油は確かに安いかもしれませんが、技術的にはクエンチタイプと言って出たガスを一気に水にくぐらせて一気に冷やしてしまうシステムであり効率は全然高くありません。

十市 効率も結局最終的には経済性で評価されます。もし炭素税的なものが導入された場合には、効率がよくとも経済性が悪くなる可能性も出てきて、非常に難しい問題になってきます。

実証機への国の補助は三割

武部 実証プラントにはいくらくらいかかるのですか。

石橋 全体の試験費として九百八十億円、設備費はその七割ぐらいいだと思っています。

武部 実証機で二十五キロワット、商用機で六十キロワットということですが、こういう段階を踏まなければいけないのですか。思い切って商用機へ飛ぶということは難しいのでしょうか。

石橋 これは技術のスケールアップという問題ですが、一気に何十倍というのは難しく、間に一ステップ置きたいと考えています。これまでのわが国の火力用ボイラー、タービンのスケールアップの歴史を見ても、ほとんどが二倍以内のスケールアップとしてきました。それでもスケールアップのたびに技術的な苦労があります。

武部 しかし、途中のリスクは国に面倒をみてもらっているという面もあるわけですから、思い切った取り組みをするという場面があってもよいのではないかと思えます。

伊藤 例えば最初の段階は九割補助、FSで五割補助、そして今度の実証機で三割です。実証段階に国の資金を入れて商用化を確実にすることです。基本的には商用化までの支援です。九百八十億円というと、逆にいえば七割を事業者が投資するというところから、商売を念頭に置かないでやるような時代ではないと思えます。

内山 いま欧米ではガス化などIGCCもややトーンダウンし始めています。規制緩和やエネルギー需要の低迷という情勢をにらんでみますと、本当

にそのまま商業化にいくかどうか不透明ですね。かなりのリスクがあると思うのですが、それだけにこの技術をどうやって今後将来にわたって役に立てていくのでしょうか。

伊藤 たとえばIGFCがあります。また、海外で神木炭を使って中国などで市場を求めるといふ話は以前からあり、海外展開も一つだと思えます。技術をつなげるというふうないろいろなバリエーションが考えられると思っております。

永野 非市場分野の投資を国が支援するということですが、そのノウハウは外国の事業者にも使わせるのですか。
伊藤 特許でもノウハウでもオープンにすることになると思えます。対価を取って国内、国外無差別にオープンにし、成果については開示しましょうというスタンスです。

二〇三〇年まで視野に入れた技術戦略

川又 現在、いろいろなところで検討されているエネルギー需要見通しをみていると、どうしても天然ガスという声が大きくなります。欧米も同じよ

うな傾向があるのでよくわかるのですが、燃料電池が車に積まれる時代がくれば、二〇一〇年、二〇二〇年を視野におきますと、天然ガスは相当高くなる可能性があります。一方、石炭については技術的にはDME（ジエチルメーテル、三九回部会記録参照）というものができたりしてまして、いろいろな動きがあります。

いま環境対策ということで、石炭を悪者にして環境税、炭素税をかけてしまおうという話になれば、新しい技術がコスト面だけを問題にされて全部つぶされてしまうようなことになるのではないのでしょうか。仮に、環境税、炭素税を取ることになっても、将来、石炭が環境対策用に技術開発でブレイクスルーしたときには炭素税を還付するというような政策オプションを是非お考えいただきたいと思えます。

政策の立場から石炭にも新しい利用方法が二十一世紀の環境時代にもあるということをお考えいただきたいのです。

伊藤 非常に大きな課題で、今日の話題の範囲を超えてしましますが、いま総合エネ調でエネルギー政策全般の

見直しをやっていますので、おそらくそういった点も議論に上ると思います。また、燃料電池についても、燃料源として石炭を使うというのは大いにあると思っております。

武部 メタンハイドレートがかなり現実的になってくると、石炭利用の考え方が革新的に変わリませんか。

石橋 もしメタンハイドレートからメタンが大量に安く採れば、石炭を使う必要はないかもしれません。ただ、確かに量はあるようですが、技術的、経済的に簡単に採取するまでには至っていないようです。

内山 まだ石炭ガス化のほうが見通しがあると思います。一番大事なのは市場性だと思うのですが、今日のお話では、市場性の中身はいわゆる総花的で、どのくらい本当に市場があるかという点から技術を評価していないところが気になります。

伊藤 市場軸は、ある意味でアイテムを並べたものというのをご指摘のとおりで、枠組みとしての考え方を示したものと考えています。ただ、総合エネ調の新エネ部会などでは、例えば試エネについての需要量、コストが、試

算ではありますが既に出されていますし、そういう積み重ねの作業がまた別途行われると思います。そういう中で評価されていくのではないのでしょうか。今あるのは二〇一〇年までで、風力で三十万キロとか、廃棄物で五百万キロワットという数字です。一次エネルギーに占める割合が新エネで三・一％です。

藤目 十年というスパンでは、新しい技術は入ってこないのですね。

伊藤 そうですね。ただ、技術戦略の場合は十年ではとてもできないということと、二〇一〇年と二〇三〇年の数値を出しています。エネルギーというのは先が長い問題ですので二〇三〇年も視野に入れていきます。

(六月二十六日)

部会メンバー一覧

発起人

内田 忠夫 (故人)
加藤 秀俊 中部高等学術研究所所長
加藤 芳郎 漫画家
茅 誠司 (故人)
小松 左京 作家
東畑 精一 (故人)
中山伊知郎 (故人)
松本 重治 (故人)
向坊 隆 助政策科学研究所理事長

加藤秀俊部会

テーマ日本の村の将来

加藤 秀俊 中部高等学術研究所所長
川喜田二郎 東京工業大学名誉教授
神崎 宣武 宇佐八幡神社宮司
佐々木高明 国立民族学博物館名誉教授
須藤 護 龍谷大学教授
高橋潤二郎 慶應義塾大学教授
舛田 忠雄 山形大学教授
宮本 千晴 マンゲローブ植林行動計画スタッフ
米山 俊直 大手前大学学長
永野 芳宣 助政策科学研究所所長
小浜 政子 助政策科学研究所所長

加藤芳郎部会

テーマ日本のサイバイバル

加藤 芳郎 漫画家
青空うれし テレビタレント
青空はるお テレビタレント
天地 総子 俳優 歌手

大山のぶ代 俳優
大和田 獏 俳優

岡江久美子 俳優
加治 章 NHKアナウンサー
川野 一宇 NHKアナウンサー
黒川 和哉 NHKディレクター
小島 功 漫画家
砂川 啓介 俳優
鈴木 義司 漫画家
壇 ふみ 俳優
坪内ミキ子 俳優
富田 純孝 NHKディレクター
中田 喜子 俳優
轟目 良 俳優
松平 定知 NHKアナウンサー
水沢 アキ 俳優
三橋 達也 俳優
ロミ 山田 歌手 俳優
渡辺 文雄 俳優

村田浩部会

テーマ科学技術と環境

村田 浩 (故人)
内田 勇夫 前宇宙開発事業団理事長
大澤 弘之 助リモート・センシング技術センター理事長
茅 陽一 副理事長/研究部長
木元 教子 評論家
草間 朋子 大分県立看護科学大学学長
五代利矢子 評論家
近藤 次郎 助国際科学技術財団理事長
末次 克彦 アジア・太平洋エネルギーフォーラム代表幹事

高島 洋一 助産業創造研究所 柏研究所所長

高原須美子 セントラル野球連盟会長
永井陽之助 東京工業大学名誉教授
中村 桂子 J T生命誌研究館副館長
西垣 通 東京大学教授
深海 博明 慶應義塾大学教授
依田 直 助電力中央研究所顧問
渡辺 利夫 拓殖大学教授
義村 利秋 助政策科学研究所主席 研究員

小松左京部会

テーマ大正文化研究

小松 左京 作家
河合 秀和 学習院大学教授
中村 隆英 東洋英和女学院大学教授

向坊隆部会

テーマ科学技術をめぐる 新たな視点

向坊 隆 助政策科学研究所理事長
石田 寛人 チェコ大使
北沢 宏一 東京大学教授
高橋 洋一 中央大学教授
鳥井 弘之 日本経済新聞論説委員
橋本 久義 政策研究大学院大学教授
林 幸秀 科学技術庁長官官房 秘書課長
伴 保隆 富士通(株)ストレージプロダクト事業本部技師長
平澤 冷 政策研究大学院大学教授
増川 重彦 文理情報短期大学教授
森 英夫 三菱電機(株)社友
山田 圭一 筑波大学名誉教授

山内 繁 国立身障者リハビリセンター 研究所長

米田 幸夫 東京大学名誉教授
読谷山 昭 助野口研究所理事長
大熊 和彦 助政策科学研究所主席 研究員

大石泰彦部会

テーマ21世紀の日本を考える

大石 泰彦 東京大学名誉教授
生田 豊朗 助日本エネルギー経済研究所顧問
折谷 吉治 日本銀行信用機構審議役
梶 秀樹 慶應義塾大学教授
金本 良嗣 東京大学教授
加納 貞彦 エジンバラ大学教授
N T T エグゼクティブ アドバイザ

内山 洋司 筑波大学教授
川又 民夫 日本COM(株)社長

北村 行孝 読売新聞科学部次長
坂田 東一 科学技術庁長官官房 総務課長
下山 俊次 日本原子力発電(株) 最高顧問
竹下 寿英 麻布大学教授
武部 俊一 朝日新聞編集局顧問
十市 勉 助日本エネルギー経済研究所常務理事
藤目 和哉 助日本エネルギー経済研究所常務理事
伊東慶四郎 助政策科学研究所主席 研究員

鎌田 勲 現代政策研究所会長
神田 秀樹 東京大学教授
木村 佑介 東京都医師会理事
木村病院院長
古城 誠 上智大学教授
南部 鶴彦 学習院大学教授
波頭 亮 経済評論家
坂東眞理子 総理府管理室室長
藤原淳一郎 慶應義塾大学教授
永野 芳宣 助政策科学研究所所長
猪瀬 秀博 助政策科学研究所主席 研究員

今井隆吉部会

テーマ21世紀のエネルギーを考える

今井 隆吉 原子力委員会参与
杏林大学教授



鹿島槍ガ岳（黒部側）：空撮／山田圭一

■21世紀フォーラム 第75号

発行：2000年10月20日

発行所：(財)政策科学研究所

東京都千代田区永田町2-4-8

東芝EMI永田町ビル5階 〒100-0014

tel 03-3581-2141 fax 03-3581-2143

E-mail forum@ips.or.jp

URL <http://www.ips.or.jp>

編集：小浜政子，藤澤姿能子，高取明香

印刷：(株)ニッポンパブリシティ

Printed in Japan © (財)政策科学研究所

当誌通巻番号に関するご注意

当「21世紀フォーラム」誌は、3月31日に特別号を発行しておりますが、これを隠しナンバーとしてカウントしているため、7月20日発行号を74号、今号を75号としています。

