

エネルギー・資源学会 新春座談会 エネルギー研究の方向を探る ——文部省エネルギー重点領域研究を終えて——



重点領域研究の構成

●鈴木 今年の新春座談会は、文部省のエネルギー重点領域研究を終えてということで、その成果を披露していただき、エネルギー研究の方向を探りたいと思います。

●それでは、初めに京都大学の西川禪一先生からエネルギー重点領域研究を総括していただいた立場からお話をお願いします。

●西川 文部省科学研究費による重点領域研究「エネルギー変換と高効率利用」は、1987年度から6年間実施されました。そのお世話をさせていただいた立場からお話します。

1987年という、逆オイルショックが生じた年で石油を中心としてエネルギー価格が下がり、エネルギー需給は緩和の状況にあったわけです。それに伴って、逆に石油の消費量がふえ出したとか、民間におけるエネルギー開発の意欲が低下してきた状況にあった。しかし、基礎的な研究を長期的な観点でやる大学の立場からいうと、そういう一時的な状況に左右されずにロ

出席者

越後 亮三氏
東京工業大学工学部教授

高松武一郎氏
関西大学工学部教授

西川 禪一氏
京都大学工学部長・教授

野村 正勝氏
大阪大学工学部教授

松尾 拓氏
九州大学工学部教授

*鈴木 胖氏
大阪大学工学部教授

*は司会者



西川 禎一先生

ング・レンジの視点でエネルギー問題を多角的に検討しようという基本的な姿勢があったわけです。

エネルギー重点領域研究には、A、B、C、Dの4つの班があります。Bは「多様なエネルギー資源の利用」（班長橋本健治氏）で、石炭、バイオマスの利用のほか、初めの3年間には太陽熱エネルギーの資源化というテーマがあり、さらにもう1つ、海水ウランの濃縮利用がありました。

後半には太陽熱の代わりに「能動的地熱抽出システムの開発」、つまり今までやっているよりはさらに深いところにパイプを打ち込んで、高温岩体中の多量の熱を利用しようという意味の、能動的地熱抽出が加わりました。そういう資源の有効利用が1つの柱でB班。

2番目の柱としてC班の「エネルギーの変換技術」（班長松尾拓氏）。燃料電池、太陽電池、熱化学的水素製造法と熱の改質に関する研究、それから光化学反応、簡単に言えば人工光合成。さらに熱直接発電、これは昔からある発電効果の利用ですが、その効率を飛躍的に高めようという観点で、それら5課題がC班の中に含まれておりました。

その次に「エネルギー利用の効率化」（班長越後亮三氏）がD班。1つには高温燃焼、高効率熱伝達、これは熱の利用の一番基本的なところですが、飛躍的に高効率化しようというわけです。電気エネルギー関係で特に最近話題になっている超伝導技術の利用、つまり電力システムに超伝導技術を持ち込むときにどういふ問題があるかということで、超伝導発電機、変圧器、あるいはケーブルなど、特に、後半の3年では交流超伝導電力システムをかなり突っ込まれたわけです。

それから、エネルギー多消費型の化学プロセスにつ

いて、特に分離操作に焦点を当てて、分離操作を高効率、省エネでやる研究が含まれていました。

順番を逆に言いましたが、もう1つA班がありまして、個別技術の研究だけではエネルギー問題への対応は極めて不十分であるという観点があって、エネルギーに関する社会的、経済的、あるいはシステムの研究を取り上げました。つまりエネルギー資源の変換から利用に至るまで、システムとして取り上げて新しいシステムのアイデアを検討し、さらに経済的評価や経済・制度的規制の問題を含めて研究されました。この「エネルギーに関する社会的・経済的諸問題」の前半3年は東大の茅陽一先生、後半3年は今日ご司会の鈴木胖先生が班長でした。

それぞれ大変大きな問題を多角的に含んでおりますので、まとめてお話するのは難しいのですが、それぞれの要点については後ほど各先生からご説明があると思います。

この重点領域研究全体の中で、最初からエネルギー利用と環境、特にグローバルな環境への影響の問題—例えば酸性雨、CO₂による地球の温暖化等とは表裏一体の関係があると認識しておりました。

そういう認識を具体化するために、全体をまとめる総括班の中に「エネルギーと環境」という問題検討小委員会をつくり、その委員長を鈴木先生にお願いしていたわけです。前半3年でいろいろ問題を整理され、CO₂の排出低減策を新テーマとして本格的にやるべきだということで、後半3年では「CO₂の排出低減技術に関する基礎的研究」（班長茅陽一氏）をA班の中に設けたわけです。

また、エネルギー問題解決に向けて各研究班の立場、および各研究者の立場をきちっと自覚していく必要があります。そういったものを含めて研究評価の方法論を検討していく必要があるというので、第二の問題検討小委員会として「評価法小委員会」をつくりまして、本日ご出席の高松武一郎先生に委員長をお願いして、大変精力的に活動していただき、おもしろい結果が出ているわけです。これについても後ほどお話があらうかと思えます。

大体、そういう構成になっているわけです。6年経ちまして、それじゃ所期の目標に対してどのくらいの成果が上がったかということを外務から聞かれるわけですが、これについても高松委員会の方でいろいろアンケート調査をしたデータがあるわけです。もちろんテーマによって、達成度は違ってくるわけですが、ほ

ば完全ないしはそれに近いレベルでできたと見られるのが大体2/3というのが、アバウトな数字だということです。

それじゃ達成度が低かったところはどうしてかということも調査があるわけで、それについても高松先生からお話があるかと思いますが、大ざっぱに申しますと、目標実現の予測がやや不適切であったと見られるもの。つまり研究を進めているうちに、思わぬ困難、予想外の現象にぶつかってしまって所期のペースでいかなかったという理由、あるいはより基礎的なファクトとか、基礎的なデータが十分得られなかったということとか、人員、研究費、時間等、要するに研究環境が不十分であったという理由。

また、大学の中で基礎研究が進み実用化の可能性が見えてくると、ほかの国立の研究所、あるいは産業界と手を組んでやっていこうということも必要になってくるわけですが、産業界と一緒にやろうといってもフランクにデータが出してもらえないとか、情報がどこかでひっかかってしまうとか、そういったこともあるわけで、そういう幾つかの理由で目標の達成度が所期の期待ほどでなかったというのが数%あった。

達成度とかの評価は非常に難しい問題であるにしても、今までどんなことができたかというのはきちんと整理しておかなければいけない。そして、今までの経緯なり成果なりを今後の研究の発展にどのようにつなげていくかという観点が大事であろうと思っておりますので、本日の座談会はその辺についていろいろご意見があるのじゃないかと思うわけです。以上、大ざっぱな話に終始しましたが、まず皮きりに話しました。

鈴木 どうもありがとうございました。

それでは、今西川先生からお話がありました4つの班、A、B、C、Dの中からまず最初にエネルギーの大もとのB班、それからそれを変換するC班、それから利用のD班、そういう順序でいって、最後にエネルギーと社会の関連でA班について話していただくことにしたいと思います。

その前に、問題検討小委員会について一寸触れておきたいと思います。1987年に発足したときから、エネルギーと環境という小委員会が設けられまして、私がお世話をしたわけですが、当初からエネルギーだけでなく環境の問題が重要であろうという意識があったわけです。スタートのときの目的は、エネルギーと環境に関わる問題を広くサーベィするということが、翌年の88年に入ると世界的にこの問題の関心



鈴木 胖先生

が高まった。特にカナダのトロントで変化しつつある大気という会議、それからスイスのジュネーブで11月に気候変化に関する政府間パネルが開かれて、急に世界的にこの問題の関心が高まった。そういう意味でこの問題検討小委員会を設けてあったことが結果的には大変時宜を得たものになりました。

やはりエネルギー技術だけの問題だけでなく、環境をかなり意識して技術の開発もしなければならぬということでもいろいろ討論会などをやって、エネルギー重点領域研究者全体に環境問題についての意識を高めていただくのに役に立ったのじゃないかと考えます。

それと同時に、CO₂問題に直接取り組むこと——CO₂は出さないということは不可能ですから、どういうふうに抑制するかということが大変重要なテーマであると考えられました。重点領域研究ですからこの最もホットな問題にもかかわるべきではなからうかということで、90年は総括班の中にまず二酸化炭素排出低減技術に関する基礎的研究という班をつくっていただき、91年度から正式に独立した班としてスタートをさせていただきました。問題検討委員会としてはそういう皆さんにCO₂問題についての関心を高めていただくこと、それから世界でも初めて組織的な研究班をつくったということが大きな成果ではなかったかと思っています。CO₂研究班についてはまたあとでお話をさせていただきます。

それでは多様なエネルギー資源の利用のB班、野村先生の方からどういう成果が得られたかということを中心にお話いただきたいと思っています。

多様なエネルギー資源の利用

野村 私は代表の橋本先生が都合が悪いという事を出させて貰ってます。西川先生がおっしゃったように87年から89年、90年から92年と班構成が違っています。私は後半から入りましたので必ずしも多様なエネルギー資源の利用全体を正確に把握しているわけではありませんが、簡単にご紹介させていただきたいと思います。

まず石炭というのは、例えば燃料にする場合に3つ方法がある。1つは石炭をガス化して、ガス化したCOとH₂から触媒を使って燃料をつくる間接液化。それから石炭を直接液相状態で油にする直接液化法。あと、石炭をガス化して、それを燃料に使うこともエネルギーの利用としてあるわけです。

87年から89年の3年間は東京大学の富永博夫先生がいわゆる間接液化班を統括されたわけです。COとH₂から燃料やケミカルをつくるときに問題になるのは、含まれる微量の硫黄化合物ですね。これが触媒毒として働き活性が低下する。耐硫性の触媒開発ですね。それからFT合成というのはずいぶん昔からあるのですが、この欠点はCOとH₂からいわゆる炭化水素を合成するのですが、非常にカーボン数の分布が広いわけです。例えばある範囲の炭化水素を選択的につくることが非常に難しいわけで、こうした点に関して、例えば気相の触媒反応、あるいは液相の触媒反応という2つの面からアプローチされて、高オクタン価ガソリンとか、ディーゼル軽油とかを選択的に合成する触媒開発がなされました。そしてさらにCOとH₂からメタノールができますので、メタノールを新しい触媒を用いてオクタン価の高いガソリンに変換する触媒ということで、このフィールドでもずいぶん新しい触媒が開発されました。

私が90年にこの班に入ってきたときに、それまで3年間やられた石炭の新しいガス化プロセス開発では、橋本先生が班長をされていたのですが、初めてその成果を見たときに3年間にすごい進歩があったなと感じたわけです。それは石炭をガス化をして、液体生成物を併産するプロセス開発です。チャーも当然できるわけですが、石炭をあらかじめ溶剤等で膨潤させておく。そしてそれを急速加熱処理をしますと、従来の処理をしなかった場合に比べて、液収率が飛躍的に増加することを見つげられたことです。石炭の利用に

関しては今、環境問題がきついわけでして、燃焼させるとどうしても炭酸ガスが非常に多い。そのときに私どもが考えているのは、やはり高効率の石炭利用がCO₂問題を克服する1つの道であるということです。付加価値の高いケミカルズを同時に多くとるということをご提案されたと思うんです。

その他例えば石炭を超臨界で抽出をして、そして抽出残渣をガス化する。そうすると、超臨界で抽出した抽出物は非常に付加価値の高いものに変換できる、そのあとの残渣をガス化すると高効率なプロセスが構築出来るわけです。全般的にそういうことでずいぶん新しい技術が出てまいりました。それから石炭ガス化で生成する硫黄化合物の脱硫精製のため鉄を主体とした高機能脱硫剤が開発された。大変立派な成果を上げられたと思っています。

鈴木 今の確認ですけれども、ガス化というテーマになっていますけれども、いまの話では液体生成物が出て来ますね。

野村 完全ガス化は非常によく研究されている分野ですが、石炭の高効率利用ということで低温でできるだけガス化をするという方向では1つは触媒ガス化というものがあるんです。それは非常に低温でガス化する。しかし、そのフィールドの中で出てきたのが液体を同時に併産するガス化である。

鈴木 その液体というのは具体的に何ですか？

野村 ベンゼン、トルエン、キシレンですね。あと、石炭液化、直接液化に関しては、真田先生が班長でどういうものが出てきたかということ、やはり石炭の構造を考えないと、石炭の新しい利用、高効率の利用、すなわち炭酸ガスの排出を非常に低めるという技術は出てこないんじゃないかということで、石炭に電荷移動剤を加えて石炭の高次構造を効果的にこわすと言う考え方。それから例えば室温で石炭を溶解できないかということがあって、新しいタイプの溶剤が開発されて石炭を70%ぐらいまで溶かす。すべての石炭がそうじゃないんですが、一部の石炭はそこまで溶ける。これは新しい液化法ではないかと言うわけです。

そのほかに、金属のカルボニルなどを触媒にして、微細なメタルを石炭に分散させて液化効率をあげる研究もありました。石炭を2段階にわけて液化すると水素の移動が制御出来て液化効率が上昇する。私どものやっていた研究は例えば石炭と重質油を共処理してやると、石炭からも油が出てくる。それを同時に行うことによって、石炭から水素を使わずに油をとる。そう



野村 正勝先生

すると、石油が足りない場合に、石炭を利用すれば油がとれるという考え方—これをコプロセッシングと言っているんですが、要するに石炭と重質油を共処理する、そして油の収率を高める。そういうこともやられていたわけです。

あとこの班にはリグノセルロース資源の生物燃料への変換というのがあります。太陽熱エネルギーの資源化に関する研究、あるいは海水ウランの採取に関する研究、これらは各年度末と一緒に研究発表会をやったので、私も聞かせていただきました。このリグノセルロース資源（セルロースやキシラン）の生物燃料への変換に関してもずいぶんいろんな研究成果が出ているわけですが、要するに高効率のセルラーゼ（セルロース分解酵素）を蛋白質工学により修飾、改良し、新しい酵素をつくって、それをアルコール醗酵へ応用しようという考えなんです。私どものやりました石炭とはずいぶん違う研究テーマなんです。成果報告会で一緒になりまして大変勉強になったことを記憶しています。

海水ウランの効率的吸着採取プロセスに関しては実際フィールドテストをやっておられて、係留式の海流利用システムを開発されたり、吸着剤の開発が非常に重要なんです。繊維状吸着剤を今言いましたような係留式の採取法へ適用した場合どうか、それから球状の吸着剤のフィールドテストでの効果、そういったものが発表されていて、優れた成果をあげられたのを記憶しております。

鈴木 あと地熱をやっていましたね、後半で。

野村 そうですね。

鈴木 そういう意味ではこれから問題になりそうな

新しいソースとして生物、地熱をとりあげたことも特徴ですね。

西川 そうですね。地熱は特に深いところですね。高温岩体にパイプを打ち込んで水を圧入しその高温岩体の亀裂の中に水を通して、第2のパイプから吸い上げるというアイデアですね。

鈴木 それで能動的という名前がついているわけですね。

西川 そのとき、高温岩体にいかにうまく亀裂をつくるか、その辺が勝負だといっています。実は今年から別の重点領域研究として取り上げて、さらに継続されるということになっています。

エネルギーの変換技術

鈴木 それでは、C班エネルギーの変換技術について松尾先生よろしく願います。

松尾 エネルギー変換の対象としては化石燃料が一番重要な対象の1つです。化石燃料を使う際に大量の廃熱が副生していますので、それを活用することも必要です。もう1つの目玉は太陽光ですが、多くの場合これらのエネルギー資源から電気を取り出すのが、中心課題になります。化学エネルギーから電気への変換が燃料電池で、光から電気は太陽電池の問題ということになります。

どのプロセスをとっても材料が非常に重要で問題解決の鍵を握っているのです。新しい材料の開発を中心にして班が構成されました。

鈴木 変換については。

松尾 新しい材料が開発されれば、それに基づくエネルギー変換の新プロセスも登場するし、高機能材料をつくる上でもプロセスの研究が必要であるということで、材料とプロセスを両輪として研究を進めました。どちらかというと材料開発の方に重きをおいたとご理解いただきたいと思います。

鈴木 なかなか、一般にはエネルギーの変換技術というとまた同じようなことをやっていると思われる。しかし、それが材料だということになるとかなり基礎的な研究になるんですね。そこらのところが一般に何かうまく浸透していないかもわかりませんね。

松尾 変換プロセスからいきますと、燃料電池などというのはムーンライト計画とかで取り上げられているという意識があり、かなり熟成度の高いテクノロジーと見られてます。もちろん太陽電池の研究も似たよ

うな問題があります。しかし、研究の中身を調べますと、現実的な製造プロセスから非常に自然科学の基礎に近いところまで広がっており、同じ材料という言葉でもかなりスペクトルの広い研究対象となっています。

きょうは順番をエネルギー・資源の立場から整理してお話したいと思います。燃料電池の問題が第1です。これはエネルギー重点領域研究の前後期を通じて京都大学の竹原善一郎先生にご指導いただきました。前期の段階は低温の燃料電池をかなり強く意識しておられたんですが、燃料電池は電気を取り出すために電極を使って燃料を酸素に反応させる、つまり燃えるというプロセスからどうしても熱が発生する。したがって熱も十分に使うことが要求されますが、低温の熱では用途が限られているということで、後期では次第に高温側——最終的には1,000℃近くを目指す方向にシフトして行きました。この高温型燃料電池を実現するにも結局は材料が鍵となります。イオンが通る電解質、電極の材質、また燃料を水素に改質する触媒などいろいろな材料を開発することが要求されます。第1世代のりん酸型の燃料電池はすでにテストを終わって実用化に近いわけですが、第2世代の溶融炭酸塩型、第3世代の固体電解質型については、ほんとに実現できるかどうかは材料開発にかかっており、大学の基礎研究に依存するところが大きいわけです。

固体電解質の場合を申し上げますとエネルギー重点領域研究の中で大きな進歩がありました。電解質自体を非常に薄くし、燃料としては水素だけでなく将来は石炭ガスも使えるようにしたいということで、過酷な条件下で高活性を保つ材料を作り出さないといけない。そういった要求に答える新しい材料がつつぎとできてきたことで、立派な日本独自の技術が出始めたのじゃないかと思っております。

太陽電池の方はサンシャイン計画と対比され、どこが違うのだとよく言われて、そのたびに説明をして参りました。サンシャイン計画ではできるだけ安く、早く社会に使っていただけるようにということで、シリコン電池を作られている。お陰様で1/10ぐらいの値段になり、さらに1/10になればよろしいところまできているわけですが、一方、サイエンスの立場からは、今後の大事な課題は、むしろ効率を上げることではないかというのがエネルギー重点領域研究の立場です。

例えば、家庭の屋根の上に太陽電池のパネルを設置するのが1つの目標ですが、電力を問題にする場合、限られた面積で非常に高い効率で電気を取り出すこと

が大事です。今のサンシャイン型では10数%程度で、20%はなかなか難しいと見られています。

30%を超して40%近いところまでいかないと、電力用の場合いけないというのが基本的問題です。そのための切り札が太陽のスペクトルを分割して使う方式です。太陽電池を二段に積み重ね、短波長側を上層でとって長波長側は下側の層で吸収変換して足すという発想です。タンデム・プロセスという名前で呼ばれますが、この方式が現実になってきました。

最初は東工大の高橋先生、あとは名古屋工業大学の梅野先生に班長としておやりいただいたのですが、結果としては現実に30数%の変換効率を達成できるというのが理論的に実証されましたし、シリコンの上にガリウムヒ素の系統の太陽電池を重ねることによって確かに30数%というところまで可能だということが、実際の太陽電池で確かめられました。タンデム・プロセスについては太陽電池の中でも日本の得意わざと見てもいいんじゃないかと考えられます。太陽電池の国際会議が頻繁にあります。日本では何回も開催されており、世界中から非常に注目されているのは事実です。

熱の問題にもう一度戻りますと、せっかく輸入した石油エネルギーの半分以上を廃熱として放出してしまっている。鉄鋼の生産にしてもやっぱり同じ傾向にあります。その意味では熱の問題が非常に重要になってきていまして、廃熱からできるだけ電気をしぼりとらなくてはいけない。

そのために、2つの班が挑戦してきました。熱から直接電気を取り出したいというのが熱電直接変換——これは一貫して山口大学の松原教授にご指導いただきました。ご自身が見出されたアモルファス鉄シリサイ



松尾 拓先生

ドの非常にすばらしい熱電変換材料としての性質が発見の基礎になりました。

ゼーベック係数で申しますと、1℃当たり数mVの熱起電力という、従来からみれば驚異的な性能が発見点となったわけです。これは実は薄膜を使って得られた性能なのですが、実用の熱電変換デバイスにするためには熱電材料を堆積して厚みをもたせることが必要となります。研究の後半では、この様な製造プロセスにかなり力を置いて研究が進められ、例えば鉄シリサイドのパウダーにイオンプラズマ処理をすることによって堆積速度を上げるという新プロセスができてまいりました。その結果、ある程度のモデル系が実際に動くようになりました。例えば小型の扇風機を回すくらいなら簡単にできるところまで来たわけです。断面積1平方センチあたり数アンペアの電流が取り出せるデバイスが出来て注目を集めています。

あと簡単に熱と化学の話をしたと思います。熱電変換も大体1,000℃以下のところを目標に置いています。ほぼ同じ温度の熱から化学エネルギー、特に水素をつくりたいという話でございます。水素をつくるプロセスは現実にはいろいろあるわけですが、水を分解して水素をつくる技術に挑戦されたのが東京大学の吉田邦夫先生です。吉田班は熱化学変換班と申しておりましたが、結局1,000℃近くの熱を加えて触媒反応で水から水素をつくるプロセスを開発しました。もちろん触媒が大事なものは当然ですが、1,000℃近くの高温の中で水素以外にも臭素などの腐食性ガスが充満している。そういうところで、プロセスを動かさないといけないものですから、プラントの耐蝕材料が重要な問題になります。これに対し、表面処理によって優れた耐蝕材料が見つかりました。水から水素を製造するプロセスが連続的に稼動するようになりました。

最後に人工光合成の話を上申しておきたいと思えます。これも水を分解して水素をつくるのが目標です。熱ですと、1,000℃近くに加熱をしないとできないわけですが、光を用いると、低い温度でもそれができます。植物は現実にはそれをやっているわけですので、その仕組みに則ってプロセスを組んでいくのです。非常に有力な手法として半導体を使った光励起があります。これは本多・藤嶋効果という日本が世界に誇る学理があるわけですが、それを実用プロセスとして展開しようということです。

その成果の1つとして紫外光ではありますが、水を水素と酸素に分解させることが実際にできるようにな

りました。また、二酸化炭素を光化学によって固定しようという研究が同時に進んで参りまして、ある程度の人工光合成が基本的には可能になってきました。5つの研究班がお互いに協力しながら、仕事をしておかげでそういった触媒であるとか、耐蝕材料であるとかいうのがずいぶん進展してきました。それぞれの課題について、どうやらある程度のめどがついたと私もは考えております。

エネルギー利用の効率化

鈴木 それではエネルギー利用の効率化の班について越後先生お願いします。

越後 それでは、D班のエネルギー利用の効率化のお話をさせていただきます。

B、Cはそれぞれエネルギー資源と変換という表題を掲げているわけですが、そのあとを受けて利用というシナリオになっているわけです。しかし実際には単に利用というだけでなく、エネルギー変換を含めた研究内容が多かったのではないかと思います。

3つの計画研究が準備されて、それぞれ構成員は6名から大きいところは8名ぐらいの計画研究、そしてほぼ同数かそれよりやや少ない人数の公募研究がそれに加わって、研究したわけです。D班としてはB、Cよりはやや組織は小さいのですが、総人数にすると相当大きな研究の規模になります。

同じ研究目標を掲げて、これだけの人たちが研究していったわけですが、その成果を見ると組織的な研究活動が生かされたのではないかと考えています。内容的には非常に広領域にわたっています。個々のものについてすべてご説明する時間的余裕はありませんが、年度ごとにあるいは前期3年、後期3年をまとめた立派な報告書も出ておりますので、詳細はそちらの方を見ていただくことにしたいと思います。

まずD01班というのは主に機械工学と化学工学の中で熱を専門にする人たちが集まった研究者集団です。いろいろな形態のエネルギーは、すべてほっておきますと全部熱になってしまう。つまり熱が一番質の悪いエネルギーだと考えられています。逆に熱からほかのエネルギーに変換するときには必ず損失を伴うということも、これは熱力学の原理としてよく知られていることです。

そういう視点に立って考えますと、直接エネルギー変換と言われるものが幾つかあり、MHDとかあるい

は先ほど来C班にも出てきましたが、熱発電とかあるいは熱電子発電と呼ばれるような直接エネルギー変換と呼ばれるものがあります。そのような直接、熱を経ないで化学エネルギーから、あるいは光エネルギーから電気エネルギーに変換しようという場合にも、熱を経由してエネルギー変換をする熱機関以上に熱の問題が出てくるという皮肉な結果になっています。

そういう意味でD01班では研究内容はどちらかというと要素的な技術に関連したものが多い。こういうアイデアでこうやると、例えば熱伝達率が2倍にも、あるいは数倍にも上がる。あるいは燃焼が促進されるといったような具体的な提案です。

その方法としては能動的な手法で、外部から電場をかけたり磁場をかけたり、あるいは音響エネルギーを加えてやったり、加えるエネルギーは非常にわずかなのですが、その得られる結果が非常に顕著な促進効果が得られるといった方法の研究事例が多く、それなりの成果が得られたと思います。

あるいは最近いろいろな機能を持った新しい材料が出てきておりますが、磁性材であるとか、マイクロなコアを持った、いわゆる多孔構造体とか呼ばれるものを熱利用機器の中に組み込み、今までの性能が飛躍的によくなる、いわば先進的な要素技術といったものがこの中で育まれてきたと考えております。

D02班は電気工学のご専門の方が中心で、超伝導についての研究グループです。前期3年は京都大学の林宗明教授が計画研究のまとめに当たられたわけですが、ちょうど研究が立ち上がった直後に非常にショッキングなことが起こりました。いわゆる高温の超伝導体が出て一種の社会現象のようなインパクトになりまして、これとのすり合わせをどうするかが問題になりました。さっそく評価をし、今後の研究のスタンスをどのように考えるべきかということにずいぶん神経を使われたようですが、結果的にはフィーバーほどに研究の視点を歪てしまう必要はないという当時の判断は正しかったのではないかと思います。

もっともそれを無視したわけではないので、必要な場面では研究のシステムの中に高温の超伝導材料を取り込んだ場合を想定した研究も並行して行われました。この研究の中では超伝導の要素技術もちろん行われたわけで、例えば断熱材の開発であるとか、あるいは新しい超伝導材料の開発、それを支援するための基礎研究も行われ、全体としてはD01の熱の要素技術的な内容に比べてシステムの研究にウェイトがあったよ



越後 亮三先生

うに思います。

それから3番目のD03班については、新しいシステムといいますか、新分離システムの開発をやるということで、化学工学と金属精錬関係の専門の方々が集まった研究組織であります。この班ではすべての物質、あるいは工業は、原料から製品に至るまで分離と合成を繰り返す結果できるものであるという新しいコンセプトに立って、分離を根本的に見直そうという新しい概念を打ち立てて、研究をスタートさせておられます。

具体的には、例えば製鉄は鉄鉱石から酸素を分離して鉄にする、これも一種の分離にあたるわけです。その中でも後期3年は特に先端技術に重要なレア・アース（希土類）を高純度で抽出する新しい方法、あるいは抽出不可能であったものを可能にする方法を開発するについても、幾つもの新しいアイデアを持ち込んで成果をあげています。

また近年非常に重要になっているバイオ物質では、物理的、化学的に類似した多種の中から特定のものを分離する方法を考えたり、また高純度で分離するという方法で後半は希土類とバイオ物質の分離に焦点を当てた研究が多く行われたように思います。

いずれにしても、個々の研究はかなりの成果が上がったと思いますが、ただこれらの成果をどう社会に還元するか、反映させるかは後ほど話題が出るのかもしれませんが、その必要性を痛感しております。

エネルギーに関する社会的 ・ 経済的諸問題

鈴木 あとでまたお願いしたいと思います。

どうもありがとうございました。

それでは、もう1つの班、エネルギーに関する社会的・経済的諸問題。これは先ほど西川先生からお話がありましたように、前半の3年間は茅先生、後半は私が班を運営してまいりました。

この班は1つは経済的諸問題という言葉にもありますように、経済的なかわりを経済学分野の先生方にご参加いただいて検討した。

具体的にいうと、エネルギーの消費量を抑えるための前半では例えば税制がどのような効果を持つか。後半ではCO₂の排出を抑制するためのいろいろな課徴金がどのようなインパクトを持つか、あるいはそれが国ごとに、あるいは発展の違う先進国と開発途上国でどのように違った影響が出てくるかということを検討しました。

何しろこの問題は88年から非常にホットな話題になりました。世界レベルで見てもいろいろな研究機関で税制あるいは炭素の排出に関する課徴金といったものの影響が経済モデルを使って分析をされました。この班の研究はいろんなところでやられている研究と平行するものであったと位置づけられます。非常に多くの議論があり、ちょっとした経済変数の評価の仕方によって非常に大きく影響が変わってまいりますので、世界的にもまだどうだというコンセンサスが得られていない。一般的にいうと、例えばCO₂を排出するために税制だけで対応しようとするすと、途方もなく高い税金をかけないといけない。例えばエネルギー価格が2倍、3倍になるようなことをやらないと抑制効果が働かないという結果が得られていまして、まだこれはコンセンサスを得られるところまでいっていません。

それから、もう1つのグループすなわちエネルギーシステムの新しい構成と運用というチームがあったわけですが、ここでは当時から環境問題を意識しておりまして、環境に対して影響が少ない、資源問題に対して柔軟に対応できるような全体のエネルギーシステムはどんなものかということについて研究が行われておりましたし、もう1つかなり着手は早かったと思うのですが、分散型のエネルギーシステムについてもいろいろ分析をした。

特に、環境への影響、エネルギー資源のソースに柔軟に対応するシステムのモデルがつくられて、国際学会等でも発表されており、それなりの成果が上がったのではないかと思います。

後半の3年は、もう少し問題をしぼり込みました。

1つは都市のエネルギーシステム——分散と集中を両方あわせ持ったようなシステム。これは複合型都市エネルギーシステムといっていますが、そういったものに対する新しい考え方、サービスのあり方、いろんな観点から検討したわけです。

それからもう1つ、エネルギーシステム班の中では極めてユニークだと思いますし、世界的に見てもこういうまとまった研究はないと思われるのが二酸化炭素排出低減技術の班です。この研究は日本の中でのリード役を果たしたいと思います。排出抑制を前提に置いたような新しいシステムの設計であるとか、あるいは化石燃料を燃焼させて出てきた二酸化炭素を回収する技術——これもいろいろな分離膜を使うとか、あるいは溶剤を使うとか、そういったものが多角的に検討されました。

さらには回収した二酸化炭素をどう処分するか。海底に貯溜するとか、いろんなことの基礎的な検討がなされたわけです。この班が最初のスタートをきり、その後、それに類するいろいろな研究が、文部省の班じゃなくていろんな研究所でも行われるようになった。これらの研究成果は、当エネルギー・資源学会のエネルギー経済コンファレンスの中にCO₂の特別セッションを設けて発表するというをやったわけです。その中でも常に先導的な役割を果たすことができたと思います。問題は難しく、全く新しい問題なので、現在もまだ研究が進められてます。

以上で一応A, B, C, Dの報告が終わりました。高松先生、冒頭の西川先生のお話にもありましたように、各研究班の成果を総括する検討委員会の委員長として全体の講評をお願いしたいと思います。

重点領域研究の評価

高松 私自身は、昭和のエネルギー特別研究と言われたときから実はこの研究に参加させていただいたんですけれども、西川先生が代表になられまして、評価委員を引き受けたんです。そのときに、西川先生から重点領域研究全体をやはり自分でちゃんと評価し、研究の意義を主張できるような材料を整えて、謙虚な態度で研究を進めていくべきである。そのために評価法の問題検討委員会をつくってやってもらえないかという話が出ました。いまお話のありましたA, B, C, Dの研究班すべての中に16の研究グループがあるわけですが、その中で、例えばC班ですと、分子をどうし

てつくるかという話ですし、A班の話になると社会とのかかわりがどうなるかというので、これらを共通の場で評価するための評価の考え方のコンセンサスが必要と考え、16の各研究グループからメンバーを出していただいて、そこで検討しようということになったわけです。

この評価法問題検討小委員会では、多目的評価法とか、階層的連関表とかを使って評価できないかとかずいぶん勉強したのですが、結局自己評価のためにアンケート調査をしようということになった次第です。

最近、各大学でも自己評価とか自己点検とかやかましくいっているようですが、我々のエネルギー重点領域研究グループでは現在のように自己評価という言葉が盛んになる前から自己評価をしっかりやっていたわけで、そういう意味では私は西川先生のエネルギー重点領域研究のグループは、たぶんほかの研究グループにはない1つの動きがあったのじゃないかと思うわけです。

B, C, D, Aと各班とも大変立派な成果が上がっていますことは今までの先生方からの御説明で明らかなのですが、自己評価のためのアンケート調査の結果から気がついたこのエネルギー重点領域研究の特徴の幾つかを申し上げてみます。

まず「研究の動機」です。大学の研究だから当然であるとも言えるのですが、エネルギー問題をなんとか解決しようという動機の人は極めて少なかったということです。自分の学問分野というのがエネルギーに非常に重要な関係があるから、重点領域研究を機会に自分の行っている学問を進歩させるという動機の方が殆んどであった、ということです。

第2に「研究目的と成果との関連」についてです。研究は分子的なミクロな問題であっても、マクロな社会的な問題であっても、対象がどうなっているのかということをはっきりとしたいという研究があります。一方、ある機能を持った分子、エネルギーシステムをつくり上げよう、というものが研究の対象になりますね。それで、皆さん方の研究目的を評価法問題検討小委員会のメンバーで見まして、これはなぜか、何だというのを追求しようというのを我々は「解析的研究」、ある機能をもった対象をどうやったらつくれるのかというのを「合成的研究」と分類したわけです。

そうすると、研究の目的というところを見ると、約7割近くが「合成的研究」とみなせました。一方、研究成果に対する回答をみてみますと、「解析的研究成果」とみなせる方がはるかに多かった、ということです。

第3の点は「研究の達成の度合」についてですが、これは先ほど西川先生がおっしゃったように、約7割が「もう数年やったら…」あるいは「もうすぐいい成果が出ますよ」というのであったということです。これは私は重点領域全体としてかなりのものだろうと考えられます。であるとすると、惜しいなと思うのは、もう数年続けたらかなりの成果のところまでいったのではなからうかというのが、評価法のアンケートの結果から私を感じましたことです。

4番目の点としまして、「研究の未達成の理由」についてです。なぜ3割強がうまくいかなかったのか、その理由もアンケートにたくさん書いていただいたのですが、それを分けますと結局はより基礎的な方、よりマクロな方への関係が、不足していたということが、かなり大きな原因としてあげられていました。この点につきましては、各班長の先生方も「自己評価報告書」の中に書いておられるのですが、重点領域としての「重点領域研究らしさ」というのは、本当は各研究者間の関係が非常によくとれて、領域全体の研究が発展するというのが「重点領域研究らしさ」ということになるだろうと思うんです。

しかし、重点領域研究がどういう目標を持つかによって「重点領域研究らしさ」というのは変わってきますでしょう。そのフィールドの関心が高まって、たくさんそれに関心を持つ研究者がふえてくるということに非常に意味をもたせれば、関係っていうのはそれ程考えなくていいじゃないか、たくさんの人がその分野の研究をやるということでもいいのですけれども、本多先



高松武一郎

生は「自己評価報告書」のなかでルーズ・カップリングという言葉を使っておられたと思うのですが、ルーズというのいろいろあります。1年間に1回の研究発表でお互いに「彼はああいうことをやっているの」ということを知るだけでもルーズ・カップリングといえるでしょうし、それでいいのだという見方もありましょう。そうでなくて、お互いが役割分担を決めて、それらの結果をインテグレートすると大きな流れの成果になっていくよ、ということを目指とする考え方もあろうかと思えます。いずれにせよ、重点領域研究としてグループを組むことの意義をどう考えるのか、ということが浮かび上がってきました。

これに関連しまして、将来のエネルギー重点領域研究はどうあるべきですか？という問いかけに対しましては、圧倒的に多かったのが、環境問題、資源問題、経済問題などをバックに持ちながら、実際の研究は特定のことにしぼり込み、そして学問的に長期的な視野に立った研究をやるのが一番いい、という結果でした。

最後にもう1つちょっとだけ申し添えますと、「研究費はどれくらい使いましたか？」という問に対する回答ですが、これは大学院だとか学生層を入れて、1人当たり50万円から150万円ぐらいが一番多かったのです。そうすると、こんなすばらしい研究が、1人当たり年間100万円程度のサポートでは果たしてどうなのでしょうかと、私はちょっと気になりました。お金は多ければよいというものじゃないでしょうが。

重点領域研究の成果

鈴木 どうもありがとうございます。大変難しい検討をしていただきまして、いろいろとアンケートに答えるときに、やっぱりそんなことかと反省させられましたよ。

それで、このエネルギー重点領域はほんとうは継続したかったのですが、諸般の事情で、重点領域の前が特別研究でやりましたので、ここで切ろうということになったのです。

やはり先ほど越後先生がいわれましたし、高松先生のお話も大いに関係があると思うんですけども、こういう研究成果を最終的に具体的に何かにつなげていかなければいけないわけです。大学は基礎研究という一応位置づけになっていますが、それにしても基礎研究の成果が応用研究に結びつき、実際のプロセスなり製品に結びつくという道筋を考えておかななくてはなら

ないと思います。そういう点から見ると、今回の研究はどうであったのかというのを、どなたからでも結構ですから、お気づきになった点を中心にお話いただけたらと思うのです。それはひいてはこれからどういうことをやらなきゃいけないかということにももちろん関連してきます。まず西川先生、ヒアリングに出られて、いろいろ評価委員、審査委員からいろんなご意見が出ていますので、そこらも含めて。

西川 今、鈴木先生がおっしゃったのと論点がずれるかもしれませんが、この重点領域では、ほかの重点領域などと比べて、圧倒的に広い領域で多様な研究をやってきました。それで、各課題間の関連がどうなっているのかということは、常に聞かれたわけです。それ自体をどう評価するかという話が出てきたわけです。ご承知のように、たびたび合同の講演会やシンポジウムを開いて、なるべく異分野の人がつながりをつけ合うという機会を設けてきたわけですが、なかなかそういうつながり方は——例えば経済学者が入っておられたわけですが、A班の一部の先生方はもちろん経済の立場と非常に近いところで仕事しておられたのですが、B、C、Dあたりと経済的な観点とのつながりは必ずしもなかった。希薄であった。

ですから、そういうインタディシプリナリというか、マルチディシプリナリというか、これはなかなか難しいものですね。7年プラス6年、エネルギーの問題を一緒にやってきたのだけれども、つながらないところはなかなかつながらないという感じです。

それじゃ、それをどうしたらいいのか、これは大きな宿題として残っている。エネルギーは個々の技術をしっかりやらなければいけませんけれども、トータルとしてどうするのかという観点が、やっぱり一番大事なポイントだと思います。ですから、その辺の分野とのつながりがこれからの1つの宿題だと思うのですね。

こういう大型のものは、今後重点としては当面やらないという学術審議会の方針もあるわけですが、私自身もこのスタイルは一応ここで一段落させて、新しい小型のものをスタートさせるのがよいと思います。現に、異分野の組み合わせで2つばかり新重点領域がスタートするのです。そういうスタイルでやってみて、また数年後に、もう一度総合的な、包括的なスタイルを考えるのがよい。同じスタイルで長くやっていると、どうしてもマンネリになる部分が出てくる。従来からの活動の結果、いろんな分野の研究者のネットワークができた、それが1つの大きな財産です。人と人とのふれ

あい、つながり、情報交換の場、お互いにそれなりにわかってきたというふうな理解と認識、これは非常に大きな財産じゃないかと思います。

それから、鈴木先生が提起された問題、つまり社会的インパクトですが、現在まで既にシンポジウムとか講演会とかをオープンにしてやってきましたから、部分的にはいろんな形で情報は伝わっているわけです。情報はいずれも開いた形にしていきたいと、かなり意識的にやってきましたから、現に産業界の方と別のプロジェクトを組んでおやりになっている面もあるわけで、それぞれの立場で既に実りのある方向に進んでいると思うのです。これを包括的にどうすべきかということはありませんが、まずはそれぞれのお立場でおやりになったらいい。

ただ、そのときに現実的な問題として出てくるのが知的所有権の問題。例えばあるところでシンポジウムをやって、ポスターセッションの場に産業界の方が来て根堀り葉堀り聞かれる。大学の先生は正直ですから、すべての情報を教えてあげる。そうすると、知らない間に産業界の方が特許として申請されている。そういう問題があるわけです。その辺、日本では知的所有権とか特許権とか、今まで比較のおおらかに考えていたのですが、今後は国際共同研究も増えるでしょうから、欧米流のシビアな主張にも対処出来るように、成果のプロテクションをきちんと考えないといけない。これも非常に大きな宿題だと考えております。

鈴木 ほかに、

高松 今、西川先生がおっしゃった知的所有権との関係については、私は考えていないのですが、この重点領域研究を終わるに当たってのニュースレターの中で、先ほどちらと言いましたけれども、本多先生はルーズ・カップリングが大事だと、それから東京理科大学の森先生はおもしろい表現をしておられたのですが「重点領域研究は大河小説をやるのではないが、しかし、短編小説が集まったのではだめだ」と。それで「連作小説というのがいいのじゃないか」という表現がしてあったのです。

大体、大学の人間は、講座とか研究室という組織があって、個人が主体でしょう。だからカップリングするのは下手なんじゃないかな。私もそのうちの1人ですけども、むしろカップリングすることは否定していくという風習すら感じられますね。

京都大学内の工学的意思決定の研究委員会で、今の経済研究所の所長の佐和先生が「1700年代のアダム・

スミスの国富論では、個人が豊かさを追求すれば、ひとりだけで国が豊かになり、世界が豊かになる」というのがテーゼだったそうですけれど、それは地球が無制限の大きさで、環境も無限、資源も無限である、という仮定のもとでは説得力ある規範ですよ。ところが、今や、鈴木先生がおっしゃったように、閉じられた地球環境の中で人間が生きていけないといけないうことになると、アダム・スミスの国富論は修正されなければならないということになります。

そうすると、どんなテーゼを我々考えるのかということが今問題になっています。研究につきましても、個人が自分のフィールドの研究をすれば、ひとりだけで学問全体が進歩して、それがひいては人間社会のためになる、という発想は時代後れになろうとしているのではないのでしょうか。これからのエネルギー重点領域研究も、一般の人々がアダム・スミスの国富論の修正という発想を要求されているのだから、研究者もそういう発想を先取りしてやっていかないといけないような気がするのですが。

野村 今カップリングが下手だとお聞きして私もそう感じるんですけども、私も石炭関係で実は今年の9月12日から17日にカナダのバンクーバーで開かれた国際エネルギー機関(IEA)が開催した第7回の石炭科学国際会議に行っていました。ここに全体で22カ国、390人が参加した。アメリカから何人きたかというところ90名、日本が70名、主催国のカナダが35名。もう3カ国でもっている感じでした。

日本からの70名のうち半分以上は大学からきている。どうしてこうなったかといいますが、この重点領域研究に私どもが参加して実は私は特別研究の時代から入らせていただいています、相当長いですね。長い期間をかけないと、やっぱりお互いの人間関係ができない。3年間ぐらいではちょっとむりだと思います。そういう非常に長い間、エネルギー特別研究、重点領域研究と続けてきた。そこで我々の石炭研究の情報交換が非常に進んだと思う。そして今この石炭科学国際会議は基礎的な研究が多いのですが、そこでアメリカと日本が今まさに競い合っている。これはエネルギー問題とはちょっと離れるように思いますが、今西川先生がおっしゃったように人のつながりができて、そして国際会議に行ってもどんどん発表するということが我々の研究は国際的により高いレベルにきた。そして世界に発信する処まで来たと思っています。これは私はインパクトが大きかったと思っています。

先生が言われたカップリングが下手だというのも長い時間をかけてくると、それぞれにできてくると思っているんです。

松尾 カップリングの話ですけれども、C班は先ほどお話しましたように、主題が材料に集中していましたのでカップリングは比較的好かったのではないかと思います。特に、太陽電池と熱電変換は、電気出身の方が多し固体材料を扱っているのでよく似たところがあります。光合成もやはり光と電子を対象にしている点が共通である。そこで結構話が合いました、今までの発想と違った観点から材料を設計したり、開発したりするようになって、非常によろしかったという意見がかなりありました。

結局、6年間見ると、材料として役立つようになったのが薄膜の材料なのですね。ナノからマイクロぐらいの厚さの材料です。エネルギーという巨大現象を制御するのがマイクロの世界だったという面白い結果になりました。どうしてそういうマイクロの効果が出てきたのか、まだわからないのが結構あります。熱電変換なんかはその好例で、異常熱起電力と名前をつけられたりしました。そういう意味では新しいサイエンスが始まったとも言えます。先ほどの高松先生のお話ですが、最初の問題設定の時にこれとこれを押さえればいいと明確になっていけば研究の計画と見通しは比較的楽になります。ところが、目標は明確でもそこに到達するのにどこを押さえたらいいかわからない。そこにサイエンスの本質があって、試行錯誤で問題を解決して行く以外に方法はない。この6年間、サイエンスとテクノロジーが混然と一体になったルツボの中で切磋琢磨しているうちに次の発展のタネが自然に出てきたことを実感しています。これは確かにエネルギー重点領域研究のおかげであったと思います。

高松 そうすると、カップリングは無形で深く潜行していく、表に出してみると、いかにもカップリングがないような恰好になっているが、成果とかにあらわれないようなところで、実はカップリングがあったということですね。

越後 無意識のうちにインタラクションが起きていたかということを考えてみても、組織の中で研究をしたことによって、例えば今松尾先生が言われたように、私の研究にも非常に影響を受けていたと思います。もう少し具体的に言いますと、現在やっている熱電発電の研究はこれも直接はつながっていないかもしれませんが、いろんな意味でC班の影響を無意識のうちに受

けています。それから、茅先生が代表をされた炭酸ガスの問題ですね、これはほとんどの研究者に影響を与えたのではないかと思います。

この重点領域のあとに続く研究申請として出されたのが9件、10件あったわけですが、そのキーワードはほとんど環境というのが書かれていますね。ただ、非常に残念なのはエネルギー重点領域研究が小休止と言われて中断したことです。

西川 いや、このスタイルの研究は。

越後 このスタイルの研究はですね。それにしても残念だと思うんです。これは野村先生からさっきお話が出ていたのですが、こういう研究者を糾合してやってきた組織の研究は世界に類例がないと思うんですよ。1992年でそれが途切れたわけですね。個人的なことで申しわけないんですが、自分で考えてみても私の研究人生の半生はこの特別研究、重点領域研究の中でやってきた。私個人だけじゃなくて私の研究室のスタッフ、卒業していった学生への教育効果とか、そういうところまで思いをはせると、大変大きな影響、大きな財産を我々は享受してきたと少しノスタルジックな感想を持っています。

高松 現実的には強いカップリングはできてきているんだけど、それを表に出す方法はなかなかないですね。

西川 ただ、今また新しく走り出した重点領域研究を見ますと、その中に新しいカップリングでやり出しておられますから、そういう形で財産が継承されている。採択にならなかったものについても、新しい公募等でいろいろ工夫しておられると伺いますから。

越後 今度採択になったC班の吉田教授とD班の土方教授のは運よく来年度から再発足するわけです。

野村 今動いているのは、能動的地熱、あれは1993年からだったですね。

西川 内容が従来と変わってますね。看板も……、

越後 フラクタル構造、

高松 募集要綱はもうきています。その中に、「エネルギーの再生産の学理」というのがありましたよ。

越後 総合研究として調査費がついているんです。

鈴木 エネルギー研究も例えば環境問題を意識しつつということですから、やっぱり研究のあり方についてこういう班を組んでやったというのは生かされているのだと思います。全体で組んでいなければ、相変わらず個別のテーマに深く入ってしまいますから、自分はエネルギーだけ、この部分だけやっていればいいと

鈴木 その点では、特にいろいろな研究発表会のことを野村先生が話されましたが、企業の人を招いてやることはこれだけ組織が大きければできますね。こま切れにやると、やりにくくなりますね。そういうことも大型研究の、

西川 当然、メリットとデメリットがあると思う。同じスタイルでやっている、よくやる人はよくやるし一方ではそうでない人も出てくる。そういうのは自然発生的に出ているわけですから、どこかで区切りをつけることは必要だと思う。私は重点領域研究的なものは今後やらない方がいいという意味で申し上げたわけではなくて、ちょっと一段落つけて、また2、3年うちにやっぱりぜひこういう総合的な観点でやるべきだと、皆さんの強力な意見として盛り上げていけば、私はまたスタートできると思うんですね。

社会還元は既にいろんな形でやっていると思うので、越後先生がおっしゃったように、各省庁間のバリアを外して、大学の人も産業界の人もやるということ、文部省も通産省も科学技術庁も合同のスポンサーシップでやるというのは、総論的には是非必要だと思うのですが、現実にはそのバリアは非常にリジッドにあるわけです。ですから、民間のお金も導入して、全く新しい組織の仕方、スポンサーシップを具体的な形で提案していく必要があるかと思えますね。今の重点領域の研究の中では残念ながら、まづ絶対できないことですよ。だから、何か新しい機関でも設けて、これを提案しなければいけないですね。

松尾 そういった意味では、確かに科研費の中ではなかなか難しい問題がいろいろあるようです。有望な発展のタネができて、それが実際の社会に役立ち始めるまでに長い道程があります。エネルギー変換について言うと変換効率があるレベルまで上がらないと、実用のメドはつかない。しかし、そこまでタネの段階から育て上げていくのを大学の研究者に要望されてもなかなか問題があります。

そういった意味では、科研費の範囲内ではこれを伸ばしていけばいいというめどがつかいたら、選手交代をすべきかもしれない。選手交代できるシステムができて、その成果が幾つかずつ伸びていけば当然周囲の社会は認めてくれるだろうし、それなりの意義を持つはずなんです。このシステムは文部省の中だけではできないのかもわからないので、しかるべき場で発言、積極的に検討・推進し、産業界もそれをおおいに応援していただきたいという気がしますね。

少し前に返らしていただきたいのですが、例えば燃料電池の問題も確かに高温の1,000℃でやれば有利であるというのは熱力学から出ます。そのための材料が本当にできるかどうかというのはまた別の問題なのです。さらに、それをどこに建設するかというののもう1つあるのです。例えば都心部だったら、大量につくり出したエネルギーを集中的に使用するシステムが有利でしょう。しかし、社会のあり方とつながってくると思うんですが、都市型集中社会と逆に、都心からかなり離れていても仕事ができる社会情勢ができた。そこでは、分散型の小型の燃料電池や太陽電池が大活躍する場面が登場するはずなんです。大都市の真中よりも、郊外や地方にこそ太陽電池をつくって、新しいスタイルの社会形成に寄与すべきだと考えます。これからエネルギーが大量に必要なようになってくる、開発途上国の場合はさらに太陽電池がおおいに役立つことが明白です。エネルギー変換効率という単純な問題じゃなくて、それぞれの地域、社会と組み合わせた上でエネルギー変換システムを考えなくてはならない。つまり1つのプロセスを見ている研究者だけの問題でなくて、社会の問題であり、国の問題となります。そこまで連結した発言ができるような、あるいはバトンタッチができるような組織をどこかで準備すべきではないでしょうか。その意味では今回のエネルギー重点領域が1つの端緒になり得ると思います。このまま推移してしまうとせっかくの芽が消えてしまう可能性もあり大事な時点じゃないかと感じました。

西川 エネルギー問題は国際社会の問題ですから、特に発展途上国の問題は非常に大きな問題ですから、技術移転というか、そういうことにもコントリビュートしなければいけない。国際的な貢献、それをいかに実現するかというあたりを、これから具体化していくことが必要ですね。

松尾 特に、そういった意味で中国はこれから石炭を使いますから、影響というのは日本に大きいですよ。

野村 石炭に関しますと、今中国は10億tぐらい掘り出しているんです。日本が大体1億1,000万tぐらい、石油が日本は2億klぐらい使っていますね。中国は石油が大変少ないです、それをほとんど外へ向けている。そうすると、中国は石炭を使わざるを得ないのです。もし中国が石油を使い出したらどうなるか。大変なことなのですね。ですから、石炭がたくさんありますから、それを日本の技術を利用して使っていただきたい。要するに、エネルギー問題は世界的なレベ

ルで考えていかなければならない。

鈴木 どこまで大学がやるべきかという話が出ているのですが、ヨーロッパなんかのかなり新しいやり方をしている大学から見ますと、やっぱり日本の大学は結びつきは少ない気がするんです。私の知っている範囲でも、例えばヘルシンキの工科大学とかノルウエーの工科大学はキャンパスの中に、いわゆる技術の移転—基礎から産業界へ移転する組織ができていて、産業界からそこに乗り込んでくる。大学の学生も一緒になって、そこで具体的に試作品をつくって研究しているのをみます。そういう点からみると、日本の大学はやっぱり産業界との結びつきが少なすぎる。

松尾 社会に開かれたを大学を標榜しながら、制度の改革がなかなか追いつきませんね。

鈴木 そう思います。やっぱりそういう接点になるようなものを何かつくっていかないと、基礎研究で発展したといいながら、産業界は産業界でまた自分のカラの中でやっている。なかなか接点がない。特にこういうエネルギーは大きな接点が必要ですし、やっぱり基礎だけやっていけばいつか産業界がやるといったって、よほどこちらも動機を与えないとやらない。そう

いう点で課題は残っているのじゃないかと私は思うのです。

高松 私なりの表現を使わせてもらえば、「解析的研究だけじゃなくて、合成的研究もあります」と、その2つが研究の両輪ですよということをいいたいですね。

鈴木 それをやろうとすると、今のように大学は大学、産業界は産業界というシステムではなかなかやりにくいですね。

西川 結局、行政のシステムをフレキシブルにしてもらってというか、要するに予算の使い方についてのいろんな制約、明治時代以来の制約が残っている。

鈴木 一方で巨大研究、産業界を中心に巨大研究が進みながら、そこへ大学の先生がなかなかタッチできないとかいろいろ問題がありますよね。もうちょっと大学の先生の知恵を、だけどそれはできない。特にエネルギーのように、現実社会とのつながりの強い分野の研究でやっていると感じます。

きょうは時間もきましたので、まだいろいろ問題があると思いますが、これで終わります。どうもありがとうございました。(了)

エネルギー重点領域研究組織図

