

大学におけるエネルギー研究について*

水 科 篤 郎**



文部省に学術審議会というものがありますが、そこでいったい大学におけるエネルギー研究の目標は何であろうかという議論をやって参りました。各省におきましても、民間企業におきましても、エネルギー研究はさかに行われていますし、大学におきましても先生方は個々に色々な研究を手がけておられる。その時に大学としてまとめてエネルギー研究を行うとすれば、その特徴は何だろうかという議論でございます。その結果をまとめたのが表1でございます。

表1 大学におけるエネルギー研究の特徴

- (1) 学際的協力
- (2) 萌芽的研究
- (3) 批判的立場
- (4) 基礎的研究
- (5) 自主的・多様性
- (6) 研究教育による人材養成

まず第一に大学は、色々な専門家の集っている所ですから、いわゆる学際的 — 学際的という言葉は私はあまり好きではないのですけれど — な仕事ができるということです。たとえば農業エネルギーの研究をやるのに、農学関係のみでなく、工学や理学の関係の人々も一緒に仕事をやれば成果があがるであろうということです。その次に大学では萌芽的研究も行う事ができます。他省庁にしても企業にしても、すぐに役に立たない研究に投資する事はあまりおやりになりませんが、大学なら何の抵抗もなくこれがやれるわけです。太陽光による光合成の研究などは近い将来実際の役に立つものではありませんが、大学が取上げるテーマとしては適当と思われる。次に考えられる特徴は批判的な研究が行えるだろうという事です。日本という国はウェットですから、一度始めた研究をやめると

いうことはなかなかしない傾向にあります。この研究は見込みがないと思いながらも、上の人もこれをやめろとはなかなか云いませんし、やっている本人も何となく続けている事が多いようです。大学なら、既にどこかで開発が進められているプロセスに対しそんな方法は役に立ちませんよと水をぶっかけるような結果を出す研究も出来るであろうということです。次に当然の事ですが、大学の研究は基礎的であります。日米協力事業として、石炭の液化の研究をやっておられますが、例えば、米国の石炭で液化をやった技術がそのまま日本や中国やオーストラリアの炭に適用できるとは限りません。液化技術の完成のためには、長年にわたり北海道大学で行われているような、石炭の履歴と液化方法及び生成した液化物の性質の相関関係を調べるというような基礎研究の積上げがなければなりません。また石炭をガス化して、高温ガスタービンと蒸気タービンの複合発電をやるという計画がありますが、ガスの中には石炭の中から極微量の、例えば Na, K のような不純物が入っていて、これが千数百度の高温になるとタービンブレードをアタックする可能性も考えられる訳ですが、それがどんな状態で入っているかわかっていませんし、先ず分析法の研究を基礎的にやるべきではないかという事が考えられます。

次に大学の研究は、大学の先生方が個人的な発想により、自主的にやるものですから、多様性があり、意外性があるという特徴があります。例えば京大合成化学科の田伏教授はヘキサカルボン酸を合成して、海水中のウランを吸着する研究をやっておられますが、同じ処方でも自分達が合成したものでなければうまく行かないのだと云っています。もう一つ東北大非水研の、今所長をやっている玉井教授の石炭ガス化の研究を例にとると、これは先ず石炭を液体アンモニアに浸漬してから、触媒を混じてガス化を行うと高いガス化効率

*本稿は昭和55年4月15日に行われた本会発会式の際行った講演速記録に加筆訂正を加えたものである。

**京都大学工学部化学工学科教授

得られると云う結果を得ています。石炭を液安で洗うという事は、我々から考えるとしんどい事のように思うのですが、もともと液安を研究しておられる非水研では何でもない事のように、こんな一見とっぴようしもない研究が出て来るのだと思います。最後に大学ですから当然の事ですが、研究教育によってエネルギー問題に関心をもつ人材を養成する事ができるという効果がございます。

以上のような特徴をもつ大学におけるエネルギー研究を組織的にかつ集中的に行えば、各省庁や民間企業でやっておられる研究と相互に補完しあって、日本のエネルギー研究を進展さすのに大いに役立つであろうと考え、文部省におきまして、昭和55年度から14億の予算で科学研究費による「エネルギー特別研究」を行っております。この内6億は核融合関係に、8億はそれ以外のエネルギー研究にあてられますが、後者の計画について御説明申し上げます。数多くの大学の色々な専門の先生方をお願いして、研究計画と研究組織を作って頂いたのですが、それぞれのテーマについてその計画の概要と代表の先生のお名前も申し上げる事に致しますので、特に企業の方々の御参考に供して頂ければ幸いと存じます。

エネルギー特別研究の第1グループは「エネルギーに関する社会的、経済的問題の研究」で、これは3班にわかれます。第1はエネルギーに関する経済学的研究ですが、日本の大学の経済学者は一般にこのような実際問題に目を向けないのが現状ですので、この人達を重要なエネルギー問題に引張ってこようという魂胆です。代表は京大経済研の森口教授です。

表2 エネルギーに関する社会的・経済的問題の研究

1. エネルギーに関する経済学的研究
2. エネルギー源および利用システムの総合評価
3. 生物生産システムのエネルギー分析

第2はエネルギー源及び利用システムの総合評価ですが東大電気工学の茅陽一教授が代表です。これはいわゆるエネルギーアナリシスを応用して各システムの総合評価を行い、日本として最適のエネルギーシステムを求めようとするものです。エネルギーアナリシスとは例えば1000 MWの発電能力をもつ原子力発電所(PWR)と太陽熱発電所のエネルギー分析を行った一例によって説明します。これらのプラントを建設するには原料製造、建設、運転のすべての段階でエネルギーが要ります。これらの総和を求め、いずれも耐用年

数30年として、そこから生産される総エネルギー量を求めます。その値をエネルギー投入量で割った値をエネルギー比と申しますが原子力発電所の場合20.0、太陽熱発電所の場合10.6という数値を得ています。つまりエネルギー分析の結果は原子力発電所の方がすぐれている事を示しています。場合によってはこのエネルギー比が1以下になる事がありますが、この場合はそのようなプロセスは作るだけ損という事になります。

したがってこのエネルギー分析をしっかりとやらなければ、代替エネルギーの開発について評価する事はできないことになります。よくこういう事を云われる方がございます。今エネルギーは未だ安いから、このプロセスは引合わないけれど、その内エネルギーの価格がもっと高くなったら、これでも充分引合いますよとおっしゃいますが、エネルギー価格が高くなったら、そのプロセスの装置を作るためのエネルギー費も高くなる事を忘れておる訳です。また利用システムのエネルギー分析も大切です。例えば石油からガソリンを作って、それで自動車を走らせると総合効率で17%、石油で発電して、バッテリーに充電し、それで電気自動車を走らせると総合効率は15%で余り差がありませんが、室内の暖房に石油ボイラを使うと原油からの総合効率が75%、石油で発電してその電気を使って電気ヒータで暖房すると原油からの総合効率が24%と大差が出てきます。これは当然の事で電気を熱に変えるということはエネルギー的に見て愚の骨頂という事になります。

第3は生物生産システムのエネルギー分析で第2と同じようなものですが、農業におけるエネルギー分析です。日本の農業は戦後収穫率は2倍になりましたが、エネルギー投入量は10倍になったと云われます。ですからエネルギー効率からいうと1/5に落ちた事になります。その辺を分析していただいて、どこに問題点があるか、どこを改良すればよいか明日にして行きたいものと考えます。東大工学部計数工学科の奥野教授を中心にやっていただく事になっております。

表3 エネルギーの有効利用に関する工学的研究

小温度差の熱エネルギー利用と変換
高温エネルギー利用の技術的限界と拡張
エネルギーの有効利用のための新燃焼方式に関する研究
炭素系資源の高度利用に関する研究
エネルギーの化学的変換・貯蔵

次のグループは「エネルギーの有効利用に関する工学的研究」というグループですが、実はこれは特定研究として昭和53年度から走っておりまして、既にかんがりの成果をあげております。サブグループとして7班ありますが、第1班は少温度差の熱エネルギーの利用と変換に関する研究班で東工大の森康夫教授が代表で、温度差の小さい熱源をどうやって有効に利用し得るかという研究を行っています。第2は高温エネルギー利用の技術的限界の拡張についてですが、これは熱源が高温になればなる程、熱効率が增大するので、この高温限界を拡張しようとするもので、東大工学部の甲藤好郎教授が中心です。次がエネルギーの有効利用のための新燃焼方式に関する研究で、東大宇宙航空研の辻教授が中心です。水素の燃焼、石油石炭の混燃、稀薄ガスの燃焼等が研究対象です。

第4が炭素系資源の高度利用に関する研究で、石炭の液化、ガス化、重質油の軽質化が研究対象です。代表は京大石油化学の武上善信教授です。

次にエネルギーの化学的変換・貯蔵の班が3つございます。主として水素エネルギーに関する研究を行う横浜国大の高橋正雄班、電池・燃料電池の研究をやる京大工業化学の吉沢四郎班、エネルギー材料の研究を対象とする阪大応用化学の田村英雄班がございませぬ。

成果を挙げている研究結果につき少しく御説明致します。まず森班ですが、小温度差を使おうとしますと、例えばフレオンのような熱媒体を使わなければならないので、その熱媒体の組織的研究が必要な訳です。森教授を中心として、京工織大の南山教授等も参加されてかなりのまとまった成果を挙げております。また九大工学部の西川教授は沸騰面に銅粒子をシッターさせて、沸騰伝熱の促進をやっておられますが、たとえば10W/cm²の伝熱量に対し、普通の銅パイプですと温度差10°C、この銅粒子シッター面では1°Cという結果を得ております。次に甲藤班ですが、沸騰伝熱で高温限界を広げようと思いますと、バーンアウト現象を逃げなければなりません。これをフィンチューブで達成しようという試みが東北大学機械工学科武山教授によってなされています。フィンの根元の方がバーンアウト点に達しても先端は未だ温度が低く、核沸騰領域にあるので、全体としてはバーンアウトがさげられるというアイデアです。次に辻班ですが、水素燃料が将来使用されるとするとこの燃焼機構を研究しておかなければなりません。辻教授をはじめとし、京大名誉教授の功刀教授、慶応の猪飼教授等によって研究されていま

す。また非常に稀薄な燃料ガスの燃焼を東大航空教室の木村教授はごく微弱な電流によるスパークを用い、また福井工大の正田学長は触媒を用い促進する研究をしておられます。

次に武上班では石炭の履歴と液化生成物の相関関係は長年この道一筋に歩んで来られた。函館工専の武谷校長の後を継いで、北大の真田教授、大内教授が研究されています。またソルボリス法の石炭と溶媒の相性の問題、相性ができるように改質する方法等に関する研究が九州大学生産科研の竹下教授、持田助教授によってなされています。

次に高橋班の熱分解水素は東大吉田邦夫助教授のU-T-3法がいゝ線を行っておりはすし、吉沢班の高温電池は京大の伊藤靖彦助教授により、燃料電池は山梨大学の本尾教授によりすぐれた研究がなされています。最後に田村班では、田村教授のTi-Alとか、Ti-Al-Crなどの合金によるH₂の吸蔵の研究等が一応の成果をおさめています。

表4 太陽光による光合成の研究

1. 高エネルギー物質の光化学的生成
2. 光合成をモデルとする光エネルギーの化学的変換法
3. 光化学電池系による太陽エネルギーの変換・貯蔵
4. 固体素子系による太陽エネルギー変換

次のグループは「太陽光による光合成の研究」で4つの研究班にわかれます。第1班は高エネルギー物質の光化学的生成班で東工大の田中郁三教授が代表です。第2は光合成をモデルとする光エネルギーの化学的変換法でこの班の班長は九州大学の松尾教授です。第3は光化学電池系による太陽エネルギーの変換・貯蔵で班長は東大工学部の本多教授です。最後は固体素子系による太陽エネルギー変換で東大工学部の青木教授が代表です。いずれも基礎的研究で、将来性を考えての研究計画です。

表5 自然エネルギーの研究

1. 太陽エネルギー利用の研究
2. 自然の流体エネルギーの開発研究
3. 地熱エネルギー資源の開発工学的研究

次の「自然エネルギー利用の研究」は早稲田大学建築

の木村建一教授が代表で、太陽光でなく太陽熱の利用の研究を致します。第2班は自然の流体エネルギーの開発研究班で、風力、波力、潮力等の流体エネルギーを利用する研究です。班長は東大工学部の植田辰洋教授です。第3は地熱エネルギー資源の開発に関する研究班で九大生産科研の山崎所長が代表です。

表6 生物エネルギーの研究

1. 高エネルギー植物の研究
2. 林産資源のエネルギー化の研究
3. 発酵による燃料その他化学物質の製造

次は「生物エネルギーの研究」で所謂バイオマスの研究グループで、3班よりなりたっています。第1班は高エネルギー植物の研究班で、いわゆる石油植物とよばれるような植物の研究を行う班です。班長は東大農学部村田吉男教授です。第2は林産資源のエネルギー化の研究を行う、京大木材研の越島教授を代表とする班です。第3は発酵による燃料その他化学物質の製造に関する研究班で大阪市大理工学部の山本武彦教授が代表です。

表7 トリウム燃料に関する研究

1. トリウム系燃料原子炉の核データに関する研究
2. トリウム系核種の中性子照射挙動に関する研究
3. トリウム燃料に関連する軽アクチノイド核種等の放射化学的研究
4. トリウムサイクルにおける崩壊熱核データの精密測定
5. トリウム系燃料原子炉に関する生物学的基礎研究

次はちょっと異色ですが「トリウム燃料に関する研究」グループです。現在の核分裂炉の燃料にはウランのみを用いていますが、ウランの量も限られていますし、わが国にはウラン資源はあまりありません。トリウムも燃料として使える事になれば、それだけ燃料となる対象範囲が広がる事になります。このトリウムを燃料に用いる事に関しては色々な説もあり、非難もあります。この可能性を検討する事がこのグループの目的で、大学の研究として適当なものと思われれます。しかし物が物ですから少し慎重に取扱って行きたいと考えています。表7に示すように5班よりなっていますが、全体の統括は京大原子炉実験所の柴田教授にして

表8 電気エネルギーの有効利用に関する研究

1. コイルの磁界エネルギーによる電力貯蔵法に関する研究
2. 超電導発電機の設計とその電力系統特性に関する基礎研究
3. 極低温送電に関する基礎研究
4. 光電池および燃料電池の電極材料
5. MHD発電の電極構造に関する研究
6. 電力系統における負荷率の改善とその評価

載きます。

次は「電気エネルギーの有効利用に関する研究」グループです。電気はエネルギーそのものですから、電力をあつかっておられる方は当然皆、有効利用を考えておられる訳で、何を今更といわれるかもしれませんが、大学としてももう少し基礎的に取組んでみたいと考えております。第1班は阪大の西村教授、第2班は京大の岡田教授、第3班は東大の河野照哉教授、第4班は京大の高木俊宜教授、第5班は東工大の塩田進教授、第6班は東大の関根泰次教授が代表です。

表9 農業におけるエネルギーの有効利用

1. 生物生産システムの省エネルギー
2. 食品の加工・貯蔵・流通におけるエネルギー有効利用
3. 農業における未利用資源とエネルギー材料の開発
4. 自然エネルギーによる代替

最後のグループは「農業におけるエネルギーの有効利用」に関する研究グループで4班よりなりたっています。第1班は東大農学部の木谷教授が代表の生物生産システムの省エネルギー班です。これは農業における省エネルギーのシステムの研究です。第2班は食品の加工・貯蔵・流通におけるエネルギーの有効利用というハード的研究を行います。東大農学部の矢野教授が代表です。第3班は農業における未利用資源とエネルギー材料の開発で、筑波大の江崎教授が班長です。第4班が自然エネルギーの代替により農業に使われているエネルギーを節約しようという研究です。農業こそ自然エネルギーが一番なじむものです。農業はもともと太陽エネルギーや風力等の自然エネルギーによって行われて来たもので、ビニールハウスを石油を燃して暖める方法などはごく最近発達したものです。それらのエ

エネルギーを自然エネルギーで代替しようとするのですから、非常になじむ仕事だろうと思います。この班は京大農学部の川村登教授が代表です。

以上述べて参りましたのが、今年度から走り出す計画研究の概要でございますが、将来の研究課題を検討する検討班も設けてございます。

表10 問題検討班

熱エネルギー検討班
化学エネルギー検討班
炭素系エネルギー検討班
資源循環と省エネルギー検討班
エネルギーの化学工学的基礎検討班
エネルギーと植物生産検討班
エネルギーと環境検討班

この中、熱エネルギー、化学エネルギー、炭素エネルギーの検討班はエネルギーの有効利用に関する工学的研究が今年度で終結しますので、来年度から再編成して出発するための検討班です。但しこの化学エネルギーの検討班にはエネルギー材料の開発も含めて考えて頂きます。先程お話しました、田村教授の班が色々なエネルギー材料を研究しておられますが、この他超弾性を利用した省エネルギー材料とか、蓄熱材、保温材の研究、高温に耐える材料の開発研究、それに先程申し上げた海水中のウランの吸着材の研究も含めてエネルギー材料の研究を組織的にやる必要があると考えています。

次に資源循環と省エネルギーの検討班ですが、例えば最近故紙の回収がさかんになって、日本では41.5%に達しているそうです。これは最近はやりのチリ紙交換車のお陰のみでなく、漫画雑誌等の返品が多量に故紙として回収されるからだそうです。とにかく故紙から再製紙を作るのと木材からパルプを経て紙にするのではエネルギーが70%節約になると云われております。したがって、もっと回収率を高めればよい訳ですが、そうすると、現在でさえ発熱量の少ない日本の都市ごみの方が更にカロリーが下るかもしれません。そのために燃料を補給するのでは何もなくなります。またアルミは鉱石から精錬するためにはエネルギーが91000 Kwh/ton 必要ですが、スクラップからは30分の1の3000 Kwh/ton で済むそうで、例えばアルミ缶回収をやるとエネルギー的に大変得になります。しかしやはり問題があります。先ずわが国ではアルミ缶はアルミ

全使用量の1%約1万トン/年にすぎないので、これを集める作業が大変な事、次にアルミ缶を開けるための輪が鉄製なので鉄が入るとアルミの純度が落ちて困る事等です。私なんかはなるべく、散乱させないために、あの口がねは缶の中に入れて、捨てる癖がありますが、回収の方から云うとこれは困るんだそうです。またプラスチックも回収して、分解して、ガス状にもどせば再利用の道はいくらでもあると思うのですが、塩ビが入るとCl₂が出て来て困ります。私は世界的に塩ビの地色を青なら青に統一してしまえという持論をもっているのですが、こうでもしなければ塩ビを他のプラスチックと選別する事は難しいと思います。いずれにしても資源循環と省エネルギーの問題はシステム的にもハード的にも研究する事が沢山あると思います。

次にエネルギーの化学工学的基礎に関する検討班ですが、これはエネルギー多消費産業としての化学工業のエネルギー問題を化学工学的に研究するための問題整理を行うものです。

またエネルギーと植物生産の検討班はバイオマスの研究グループと他の植物生産に関する特定研究の研究分担及び協力をどうするかを検討し、エネルギーと環境の検討班はエネルギー特別研究と環境科学特別研究の間のそれらに関する検討を行うものです。

以上エネルギー特別研究について概説致しましたが、本年度からスタートしたばかりで、色々問題点もあり、足りない所もあると思います。読者の御注意と御協力を得て、よりよい計画に行きたいと願ひ話を終える事に致します。

