

エネルギーの有効利用に関する工学的研究

Research on Effective Use of Energy

水科 篤郎*・荻野 文丸*

昭和53年度に文部省科学研究費補助金による特定研究「エネルギーの有効利用に関する工学的研究」が開始され2年が経過した。いまや最終年度の3年目に入り、各研究班では計画通り所期の目的を達成しつつあるが、個々の研究成果については昭和54年3月および昭和55年3月の「研究成果報告書」に詳しく掲載されているので、ここでは本特定研究の目的、組織の概略および各研究班の研究代表者による研究成果についての所見と今後の進め方について記述する。

1. 研究目的

エネルギーは熱エネルギー、化学エネルギー、核エネルギー、力学的エネルギー、電気エネルギーなど様々な形態をとる。「エネルギーの有効利用」とは、結局これらのエネルギー形態の間の変換効率を高め、人類にとって最終的に有用な形で利用できる量を高めてゆくことに他ならない。このための技術開発に際しては、機械工学、化学工学、応用化学、電気工学、原子力工学等の研究者が専門を越えて協力し、基礎研究から始めねばならない。

本研究では、①小温度差の熱エネルギー利用と変換に関する研究、②高温エネルギー利用の技術的限界の拡張に関する研究、③エネルギー有効利用のための新燃焼方式に関する研究、④炭素系資源の高度利用に関する研究、⑤エネルギーの化学的変換・貯蔵に関する研究、の5テーマを選び、エネルギーの有効利用率の飛躍的向上を目指して、実用化のための基礎的データをそろえることを目的とする。

2. 研究組織

2・1 小温度差の熱エネルギー利用と変換（研究代表

者：東工大・森 康夫教授）

環境温度とあまり差のない200～250℃以下の温度の熱エネルギーを有効に利用するための技術開発に関する基礎研究を行うことを目的とする。すなわち、小温度差の熱エネルギーを吸収する熱機関の作動流体として、フロン、ブタン、ペンタンなどの有機物質を用いることが考えられるが、そのような流体の熱力学的性質や輸送物性を明らかにする研究、小温度差で大量の熱を輸送できるようなヒートパイプの研究、小温度差でも大量の熱の交換伝達ができるような伝熱促進法の研究、小温度差熱を有効に機械の仕事に変換する新しいシステムの研究等を行う。

具体的には次の研究グループにわかれて研究を実施している。

- ①有機流体の熱流体力学的性質に関する研究
 - ②高性能伝熱促進法に関する研究
 - ③小温度差用熱交換器に関する研究
 - ④小温度差熱エネルギーの利用システムに関する研究
- この他に、この研究班に属する昭和54年度の公募研究は3件であった。

2・2 高温エネルギー利用の技術的限界の拡張（研究代表者：東大・甲藤好郎教授）

熱エネルギーを有効な力学的エネルギーに変換する際の熱効率を高めるには、作動流体の最高温度を可能な限り高くすることが有効な手段であるが、原動機や熱機関の安全性、耐久性、経済性等をそこなうことなしに、従来よりも更に高温の領域まで熱エネルギーの利用の限界を拡大することがこの研究課題の目標である。

ここでは、熱機関の熱効率向上の限界を探るために適切な伝熱促進法をとり入れた超高温熱交換器開発の可能性、翼冷却によるガスタービン高温化の限界、液体金属や二相流を用いた高熱流束伝熱技術の限界、高

*水科篤郎・京都大学工学部化学工学科教授

*荻野文丸・" 助教授

温領域でのエネルギー変換システムの最適化などの問題について、基礎ならびに応用研究を行う。

具体的には次の研究グループにわかれて研究を実施している。

- ①高温エネルギー変換技術に関する研究
- ②高熱流束伝熱技術に関する研究
- ③高熱流束エネルギー交換限界技術に関する研究
- ④高温エネルギー利用システムに関する研究

この他に、この研究班に属する昭和54年度の公募研究は2件であった。

2・3 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（研究代表者：東大・辻 廣教授）

熱エネルギーの有効利用における新燃焼技術の主要な目標は、従来顧みられなかったような低品位の燃料や、固体廃棄物のような粗悪な燃料、あるいは安定な燃焼を行わせることが困難な超薄混合気体などを効率よく、かつ低公害で燃焼させ熱エネルギーを発生させることである。さらに、新しいエネルギー供給システムとして考えられている水素燃料を安全、かつ人為的に制御して燃焼させることも重要な研究課題である。

具体的には次の研究グループにわかれて研究を実施している。

- ①水素の燃焼技術に関する研究
- ②低エネルギー燃料の燃焼技術に関する研究
- ③超薄燃料ガスの燃焼技術に関する研究

この他に、この研究班に属する昭和54年度の公募研究は2件であった。

2・4 炭素系資源の高度利用に関する研究（研究代表者：京大・武上善信教授）

今まで充分には利用されておらず、かつ比較的多量に存在する炭素資源、すなわち石炭、オイルサンド、オイルシェールの活用を図ることが本研究の目的である。なかでも石炭は石油時代以前に既に用いられていたものであるが、今後はクリーンな形にする必要があり、脱硫を伴うガス化や液化技術の開発を目的とした基礎的研究を行う。さらに、低硫黄化対策の結果、余剰的に大量に生成すると考えられる石油の重質留分、オイルサンドのピッチューメンなどをクリーンな燃料に転化するには低分子化を行う必要があり、そのための基礎的研究を行う。

具体的には次の研究グループにわかれて研究を実施している。

- ①石炭液化反応に関する研究
- ②石炭液化操作に関する研究

- ③石炭液化油に関する研究
- ④石炭ガス化反応に関する研究
- ⑤石炭ガス化操作に関する研究
- ⑥石油重質油に関する研究

本研究班では公募研究を重視し、昭和54年度は計画研究の研究分担者10名に対し、公募研究は10件採択し研究を実施した。

2・5 エネルギーの化学的変換・貯蔵（1）（エネルギー媒体の効率的製造法の開発）（研究代表者：横浜国大・高橋正雄教授）

将来のエネルギー体系では、一次エネルギーが主として熱エネルギーとなると考えられるので、熱エネルギーを化学エネルギーに変換し、貯蔵可能なクリーンな燃料とすることは極めて重要な意味をもつ。高温ガス炉の熱エネルギーを用いて水を分解し、水素を製造する熱化学法はその典型的一例である。

本研究では有望な熱化学サイクルを探索発見し、実証を行う。またサイクル中に電解を用いる、いわゆるハイブリッド法も検討に値するので研究を行う。

本研究班は大別して次の3グループにわけられる。

- ①水電解による水素の効率的製造プロセスに関する研究
- ②熱化学的水素製造プロセスに関する研究
- ③光電気化学システムによるエネルギー変換に関する研究

本研究班に属する昭和54年度の公募研究は3件であった。

2・6 エネルギーの化学的変換・貯蔵（2）（エネルギーの有効な変換のための新電池の開発）（研究代表者：京大・吉沢二郎教授）

二次エネルギーとして重要な地位をしめる電力と化学エネルギーの相互変換は、エネルギーシステムが円滑に機能する上で重要であり、効率のよい燃料電池および二次電池の活用は重要な要素となる。本研究ではエネルギー変換・貯蔵のための大規模な持続性のある電池の開発に必要な基礎研究を行う。

本研究は次の3グループに大別される。

- ①光化学電池に関する研究
- ②負荷調整用としての電池に関する研究
- ③燃料電池に関する研究

昭和54年度の公募研究は1件であった。

2・7 エネルギーの化学的変換・貯蔵（3）（エネルギー変換・貯蔵のための新材料の開発）（研究代表者：大阪大・田村英雄教授）

エネルギーの化学的変換プロセスの開発には耐熱性耐蝕性材料の開発が必要不可欠である。また水素貯蔵のために吸蔵能力の大きい材料、金属水素化物の発見が必要であり、電池には優れた膜材料や半導体電極等の開発が必要である。本研究ではこれらに関する基礎研究を行う。

本研究班は次の研究グループにわけられる。

- ①金属水素化物に関する研究
- ②水素の効率的製造のための材料開発に関する研究
- ③エネルギー化学材料の開発に関する研究
- ④膜材料の開発に関する研究
- ⑤有機液体の熱流体的特性に関する研究

この他に昭和54年度は公募研究が1件あった。

3. 研究成果についての所見と今後の進め方

3・1 小温度差の熱エネルギー利用と変換

a) 研究成果についての所見

計画研究の2年目を経過し、有機液体の熱流体力学的性質に関する研究、高性能伝熱促進法に関する研究、小温度差用熱交換器に関する研究、小温度差熱エネルギーの利用システムに関する研究のほとんどについて、ほぼ当初計画通りの成果が得られた。また公募研究のうち温排水から化学的プロセスによるヒートポンプを用いたの熱回収、電解気泡を用いる高性能伝熱面、吸脱着現象による太陽熱利用システムに関する研究についてほぼ計画通りの成果が得られた。

b) 今後の進め方

小温度差熱エネルギーの有効利用における最適作動流体の性質のデータの蓄積、熱流体力学的損失等の解明、対流・沸騰・凝縮による高性能伝熱面の性能の究明、直接接熱伝熱および伝熱促進面を有する熱交換器およびヒートパイプの開発、濃度差エネルギー利用・排熱回収の有効なシステム、太陽熱利用脱湿サイクルなどの基礎研究を完成し、小温度差の排熱、地熱、太陽熱、海水温度差などを有効に利用するための技術開発と設計に寄与する系統的基礎的知見を集積する。

3・2 高温エネルギー利用の技術的限界の拡張

a) 研究成果についての所見

本特定研究もいよいよ第2年目を経過する状況にあり、従って各分担テーマ毎に実験・解析の両面でかなりの実質的進捗がみられるようになった。ただ現段階では未だ各研究分担者が個々の研究の推進に追われている面があり、また一部には目的とする実験に含まれる困難さの克服に大きな努力を払わざるを得ないものもある。その意味で当初の計画目標自体からいうと僅

かに遅れ気味の面もなくはないが、しかし全体的に言えば価値ある成果の蓄積が進行中であるといえよう。

b) 今後の進め方

昭和54年度までの2年間の研究によって、各分担テーマ毎にその研究目的と成果の大半を確定する目途をもって進む予定であったが、その後の研究の進展状況からみて、もう少しこの道を進む必要があると考えられる。しかし昭和55年度には、上記のように個々の分担テーマの研究遂行を進めると同時に、テーマ相互間の有機的関連を深め、かつ実際技術に対する現実的な利用が可能な形の整理を目指して研究を推進したいと考えている。

3・3 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

a) 研究成果についての所見

各研究分担者は、実験設備や測定装置の整備と相俟って順調に研究を進めており、既にかんりの研究成果をあげている。これら研究成果の一部は、たとえば昭和54年12月に開催された第17回燃焼シンポジウムで発表されており、研究目的に対する達成度もほぼ満足すべきものと思われる。また公募研究の研究者の参加により研究内容が充実した。

b) 今後の進め方

多くの研究者がそれぞれ研究テーマを分担し、総合的に研究を進める場合には、各研究の進捗状況やその成果について忌憚のない批判を行い、充分討論することが必要である。これまで開催した研究討論会においては、密度の濃い、内容の充実した討論が行われ、各研究分担者のこれからの研究に対し極めて有益な示唆があったものと思われる。今後もこの方針に沿ってなるべく数多くの討論会を定期的に開催し、十分な情報交換と有用な討論を行いたいと考えている。

3・4 炭素系資源の高度利用に関する研究

a) 研究成果についての所見

炭素系資源からの有用な燃料の製造が成功するか否かは今後の新しい技術開発による効率的なプロセス開発にかかっている。昭和54年度までの研究において、本研究班の研究分担者は幾つかの新しい手法を試み、興味ある新知見を得ているものであって、その成果を一段と拡大強化して新しいプロセス開発に到る可能性が大きいと考えられ、第3年次に期待される所が極めて大である。なお、石炭液化ならびに重質油軽質化の基礎データの集積は昭和54年度も順調に進行している。

b) 今後の進め方

新しい石炭液化触媒（金属酸化物系）の探索，アルカリ系試薬を用いた石炭の新クリーン可溶化法，ならびに液化油の含窒素化合物の新規な選択的抽出油を用いるクリーン化法，低水素消費型の重質油軽質化法，石炭および重質油のガス化における新しい化学的ならびに熱的予備処理法，耐被毒型触媒製造法などについて研究し，原料の諸特性の把握の上に乗って反応および装置上の諸要素を検討すると共にプロセス化の評価に必要な基本的データを得ることを目標とする。

3・5 エネルギーの化学的変換・貯蔵（1）（エネルギー媒体の効率的製造法の開発）

a) 研究成果についての所見

太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換に関する研究ではクロロフィル電極を利用した太陽エネルギーの変換・貯蔵を中心に基礎研究を進めており，光工学的検討をもあわせて行い，実用化への問題点を摘出している。熱化学的水素製造プロセスの開発では，基礎研究が進んでいるプロセス， $\text{Br}-\text{Fe}-\text{Ca}$ サイクルについて各段の反応の研究と共にサイクル全体を連続的に進行させる実験装置を試作中である。水電解技術限界の拡張に関する研究では，直接水電解およびハイブリッド法電解についてその技術的限界をブレークスルーするための電極材料の改良を続けている。

b) 今後の進め方

最終の第3年度にそれぞれの研究をまとめるために分担者全員の研究成果をより有機的に活用できるよう密接な連絡をとりたい。

3・6 エネルギーの化学的変換・貯蔵（2）（エネルギーの有効な変換のための新電池の開発）

a) 研究成果についての所見

計画研究の分担者6名によって進められている本研究は予定通り着々と成果をあげつつある。すなわち，新しい実用大型電池の開発という共通の目的の下に，エネルギー回収型反応装置としての電池，エネルギー貯蔵用電池，燃料電池，光化学電池などのそれぞれについて，これらの開発に必要な材料の開発，反応メカニズムの理解に必要な基礎データの集積，電池作動特性の評価などの観点から研究が進行しつつある。

b) 今後の進め方

現在までの成果をもとに分担者それぞれが個々の研究テーマに取り組んでいくことになる。具体的には，熔融カセイソーダ中での酸素電極反応の解明，燃料電池用高性能固体電解質や高活性触媒の探索，湿式光電池用半導体電極の開発などに主眼が置かれる。その間各

分担者間の情報や意見の交換を充分にして効率よく研究を進めて行きたい。

3・7 エネルギーの化学的変換・貯蔵（3）（エネルギー変換・貯蔵のための新材料の開発）

a) 研究成果についての所見

本研究の第2年度が経過し各研究者の研究は順調に軌道にのって進展している。すなわち，金属水素化物ではチタン系合金の多数について基礎特性が明らかにされ，膜関係では試作膜の諸特性の測定を終り，濃淡電池の組み立て，逆浸透分離実験などに進んでいる。セラミックスの分野では無機質繊維との複合材料，薄膜ジルコニア焼結体の開発が進められ，また熱流体としてのフッ化有機物に関する熱安定性が測定され，選別基準が作られた。

b) 今後の進め方

各研究者の計画による基本的研究はそのまま続行するが，今後は関連する他課題との連絡を密にすることが重要となる。そこで当班内では膜に関連する研究者，セラミックス材料関係の研究者等の小グループによる連絡協議を行うと共に，水素エネルギー，電池等の研究者と当班との連絡会議を開催して相互の成果の総合的活用を図る。

