

■ 展 望 ■

未来エネルギーへの展望

Future Prospect of Energy Supply

崎川 範 行*

Noriyuki Sakikawa



エネルギー需要の増大とその対策の概要

石油ブームの時期、石油危機の時期、景気後退の時期、そして経済再成長と時期によって世界のエネルギー需要はかなり変動を見せているのだが、長い期間を考えれば、世界のエネルギー消費は毎年3パーセントずつ増加するというのが過去の統計であり、それは未来へも続いて行くと見てよいであろうと思う。

現在は石油の価格の高騰で世界的に不況に見舞われ、エネルギー需要もかなり減少しているようであるが、それでも石炭換算で年間大体80億トン分のエネルギーは消費されているはずである。そしてその需要量は世界の人口が毎年2パーセントずつ増加して行き、また発展途上国のびとの生活水準を先進国のそれへ近づけようという意欲がある以上は、それによるエネルギー消費増を考えれば、やはり毎年3パーセントのエネルギー増は避けられないのが現実と考えなければならないだろう。

一方で環境問題からの今日のエネルギー消費構造への批判が活発であって、現在の工業化社会の過剰エネルギーの消費による環境破壊の防止が叫ばれているが、世界の人口増が抑制されてもわれわれの生活水準の現状を維持しようとする限りは、問題はあっても現在のエネルギー消費は確保しなければならないことになる。今日の世界そして人類社会の実情からは、将来のエネルギー資源とその消費の形態は、やはり人類にとっての最重要課題であり続けるには違いないのである。

エネルギー問題はもちろんその消費量と資源の量とにあるのであって、現在のエネルギー消費量を続けた場合地球上に埋蔵されるエネルギー資源がどこまでそれを賄い得るかが懸念されている。だがエネルギー問題の悩みはただ資源の量だけにあるのではなく、エネルギーの質にもいろいろと問題が存在する。そして人

びとの生活水準が向上し、また生活が近代化されるに従って便利で質の良いエネルギーへの要求が高まってくるために、単に一次エネルギーの量の問題だけではなく、石炭よりは石油、石油よりはガス、ガスよりは電気へと消費の形態が移り変わり易いところにも、未来エネルギーを推測するむずかしさが存在するのである。

世界のエネルギー需要が毎年3パーセント増加するとすれば、現在われわれが消費する年間80億トンのエネルギーは21世紀に入って間もなく2倍になり、160億トン分の石炭に相当するエネルギーが要求されることになる。そしてそれに応じ得るエネルギー資源が存在し得るかという課題が生じてくる。石炭ならばその埋蔵量は世界で10兆トン程にもなるであろうから問題はないとの考え方もあろうが、今日石油が年間40億トンも使われており、世界経済の浮沈はまったく石油の供給とその価格に左右されているのであるから、まず石炭よりも石油資源に着目しなければならないのは当然であろう。

その石油の世界埋蔵量は確認約1千億キロリットル、推定を加えても2千億キロリットルとされているのであるから、現在の需要がそのまま続くとしても25年乃至50年ということになるが、石油の需要増は多い時期には年8パーセントにも達していたのだから、その幾何級数的な増加率を考慮すれば石油は忽ち枯渇してしまうという計算になる。そして石油危機論、エネルギー危機論はそこから出発したのである。

このような発表された石油埋蔵量の数字の当否はともかくとして、今日の世界エネルギー消費はその過半を石油に依存し、液体で輸送にも消費にも便利であり、しかも価格の安い石油を使用することによって成り立つ技術を基礎とする、今日的高度技術化社会が出来上がったところだから、その石油が枯渇したり、あるいは価格が暴騰することになれば、忽ち大きな混乱のもとになるのであって、そこでエネルギー危機が叫ばれ、石油に代り得るエネルギー源が探し求められることに

* 読売東京理工専門学校校長・東京工業大学名誉教授

なったわけである。

そこでもし本当に石油の枯渇が迫っているとすれば、石油に代ってこの膨大な量のエネルギーを賄い、将来の増加にも備えることができるエネルギーを開発しなければならないが、それには現在石炭と原子力とが最も有力な対象となっているのである。だが量の上ではそれらのエネルギーで解決できるかもしれないが、質の上では話は簡単には行かないのであって、航空機や自動車を始めとし、液体燃料の石油でないと使えない部門がきわめて多く存在するわけである。

石油の供給が不可能になった場合、それに代る液体燃料源としてはカナダやベネズエラに石油資源を凌ぎ得る大量のオイル・サンドが存在して、それを開発して石油を製造すれば良いとか、アメリカやブラジルのオイル・シェールを開発して油を採取すればよいとか、さらに石炭を原料として水素添加法や石炭ガス化でのガスを用いる合成法によって石油を得たら良い、といった案が取り上げられるようになる。

それらは数字の上では合理的とも見えるのだが、現実となるとむずかしい事情が多い。石油は地表あるいは海底に穴をあけ、その深さが数百メートルから数千メートルに及ぶとしても、一旦油層に到達させれば油は噴出するか、汲み出さなければならないかはともかくとして、まずは液体の原油として採取することができるのであるが、固体や半固体のオイル・シェールやオイル・サンドでは採掘とか乾留とか抽出とかで、大きな手間とエネルギーを要することになってくる。水素添加による石炭液化法など、固体の石炭を粉末にし、油で練ってベースにし、触媒を加え、高温高压でオートクレーの中で水素を反応させるとなるとその工程は簡単ではないし、それによって何千万トンといった油を製造するなど、容易ならぬ作業ということになる。

原子力にしても発電はもはや実現していて問題はないにしても、航空機用や自動車のエネルギー源としては、電力だけでは仕方がない。そこで原子炉の熱、あるいは発電した電力で水を分解して水素を造り、液体水素を燃料とするといった構想も出てくるのだが、それにはその前に航空機や自動車の技術を大きく変革させなければならないだろう。それに価格の上で経済性が得られるかどうかとも疑問となってくる。

まあ交通機関などの液体燃料を考えなければ、電力などとして要求されるエネルギーの絶対量は、10兆トンもの資源をもつ石炭の大量開発と、原子力発電所の建

設とによって間に合わせることは不可能ではないだろう。事実世界はそのような動きを見せていて、石炭の大規模な掘さく技術と石炭のガス化、ガスタービン発電と蒸気タービン発電の組合せによる熱効率の向上などが、主としてアメリカにおいて積極的に研究されている。原子力発電所の建設も各国において促進されている。そしてそれらの構想は順調に実現の途を辿るようでもあるが、果してそれらに多くの困難が生じないで済むであろうか。

リリエントールの見解と原子力開発

さて、アメリカのテネシー渓谷の開発の指導者で、初代原子力委員長もつとめたリリエントールは2年ほど前に亡くなったが、この人物が死去の直前に「原子力とその再出発」という本を書いている。内容はエネルギー問題の未来像といったものであるが、その中で彼は21世紀のエネルギー需要を賄えるものは原子力以外に存在しないと云っているのである。

石油の資源はもはやその増大するエネルギー需要を満たし得ないし、石炭は量的には存在してもその開発は大きな環境破壊をもたらすし、使用した結果は灰分に含まれる重金属や放射性元素によって公害を惹き起す可能性が多い。そしてその他の石油代替エネルギーは、量的に問題にならないか費用がかかり過ぎて経済的に成り立たないものばかりで、そこで現実的に利用できるものは原子力だけであると論じているのである。

それは彼が初代原子力委員長であったことからの論旨ということになりそうだが、リリエントールは本書において、彼自身の責任でもあったアメリカの原子力政策が誤りであったとし、そこで原子力開発の再出発を主張しているのである。というのは現在アメリカが開発して採用し、また世界の大部分がそれによって原子力開発を進めている軽水炉型の原子力発電に問題があって、新しいシステムの開発を至急に進めなければならないからだというのである。

彼が云う原子力発電政策の誤りというのは経済性ではなく安全性に関してのことであるが、その安全性というのは一般に云われる原子炉の暴走とか放射能物質の漏洩などということではない。問題の一つはプルトニウムが生産されることによって核拡散をもたらすということであり、もう一つは使用済燃料からの放射能生成物が蓄積することである。リリエントールはこの二つが現在の軽水炉の欠陥で、そこで発電炉の開発を再出発させて、プルトニウムも放射性核分裂生成物も

できない新しいシステムを研究すべきだと主張しているのである。

そのような原子力のシステムがどんな理論に基づくものかは現在は未知であっても、努力すれば必ず開発できると彼は云うのである。それは核融合であるか、プロトニウムを燃焼させてしまう増殖炉であるか、彼は明瞭に云っていないが、とにかく今日のウラン核分裂の軽水炉は、21世紀の新しい原子力が誕生するまでの繋ぎであるとしているのである。

リリエントールの考え方では、石炭でも石油でも、化石燃料はたとえ量も多く経済的であったとしても、その燃焼によって発生する二酸化炭素の温室効果が問題であって、大気中の二酸化炭素のこれ以上の増加は大気の温度を上昇させ、何十年かの後に平均気温が2℃高くなれば極地の温度は数度上昇することになる。その結果南極の水が融けることによって海水が上昇し、海岸地帯が主である都市の水没を来たして人類の文明の破壊がもたらされることを懸念するのである。したがって将来のエネルギー供給は原子力以外に方法がないと論じているのである。

彼は現在の軽水炉を批判してはいるのだが、その経済性と運転の安全性は支持しているのであって、放射性核分裂生成物も21世紀に至るまでの原子力開発の程度では、その量は僅かであって蓄積も懸念するには当たらないとしている。それは核兵器の製造に伴う放射能汚染に比較すれば、問題とするに足りないとして述べている。そしてもし現在の原子力発電に問題があるとしてそれを中止すれば、世界の経済の混乱が惹き起されると指摘する。それは当然であろう。アメリカの電力はすでに20パーセントが原子力発電に依頼するに至っているからである。それは日本にも通じることであり、ヨーロッパ諸国でも同じことであろう。アメリカやソ連と違って国内に豊富な化石燃料を持たない工業国家では、原子力の依存度はさらに高く、原子力発電増設の速度はいよいよ促進されつつあるからである。

という次第で原子力はリリエントールが主張するまでもなく、世界の未来エネルギーの本命となりつつあるのだが、リリエントールが危惧するプルトニウムの生産は、当然増殖炉の発達によって燃料として消費されてしまう形をとることになるだろう。その増殖炉はフランスのスーパー・フェニックスなど實際化の段階にきているのだし、日本でも「もんじゅ」が成功を納めればその開発は急速に進むだろうと思われる。

だが、放射性核分裂生成物が生じない原子力利用と

というのは、核融合を指すのであろうが、核融合開発が何時の時期に実用化されるか今日予想は困難であり、基礎研究の上でプラズマによる核融合が成功したとしても、応用技術の上で実用性が得られるとは考えられないとの悲観論もある。だが一方でプラズマに依らず、レーザーを使って核融合を惹き起させる方式がより実際的であるとも考えられている。この場合解放される熱エネルギーは直接利用よりも水の分解や石炭のガス化などに使用して、水素燃料ガスなどとして間接に利用されることになるのではないだろうか。ただ核融合の場合でも生成した中性子によって周囲の物質に放射性物質を生成しないクリーン原子力とは断定できないと思う。

ウラン235、プルトニウム、ウラン233などを燃料とする核分裂原子力では、放射能物質の生成を抑えることは不可能であろう。そこで現在それらをガラスに溶かして固め、岩塩孔など地下深くに埋める方法が最善とされている。だがそれでも万全とはいわれないのでリリエントールによる自己批判ともなるのだが、近年石油開発と結びついて数千メートルから1万メートル程度の孔を掘さくすることが容易になったのだから、放射性廃棄物の処理も安全に行えることになるかもしれない。

このようにして核分裂原子力が将来のエネルギー供給の主体になるとすれば、ウランは増殖炉によってウラン235、ウラン238のすべてが燃料となるほか、トリウム232も増殖炉でウラン233に変換されて燃料に用いられることになる。そしてウランも海水中に含まれるものは40億トンにもなるのだから、希薄ではあっても吸着法で集めれば無尽蔵の資源ともなり得ると考えられているのである。

石炭はどうなるか

さて、リリエントールの考え方によれば原子力以外のエネルギー源はすべて将来不適当ということになるのだが、果してそうであるかどうか石炭、石油、他の石油代替化石燃料、あるいは太陽熱などのエネルギーについて少しは検討してみる必要がある。

そこでまず取り上げられるのが石炭であり、石炭は石油ブームが始まる1950年代までは世界のどの国においても、エネルギー源と同時に工業材料源の主体となっていた。それが石油危機騒ぎ以来再評価されてきたのであるが、しかも嘗ては世界の埋蔵量5.6兆トンとされていた石炭資源は、石油価格の高騰と同時に飛躍

的に増大したのである。埋蔵量という数字は常に経済的な意味をもつ量であるから、それは地質学的な量あるいは地球化学的な量とは全く別個のものであって、採掘して利潤が得られる鉱床だけが取り上げられることになる。従ってその価格が上下すれば、それに応じて埋蔵量は変化すべきものである。石炭の価値は石油と対比して決まってきたものだから、石油の値段が上ればその価格も高まり埋蔵量の数字も増えたということなのだが、今度の石炭の飛躍はむしろソ連が自国内資源を新しく発表したことが主原因であろうか。そしてその量はソ連領内に7兆トンということになって、あとはアメリカが1兆5千億トン、そして中国が1兆トン、それにその他を加えて合計約10兆トンという数字になっているのである。

これだけ石炭があるとすれば、石油は確定埋蔵量が約1,000億キロリットルで推定埋蔵量を加えても2,000億キロリットルとされているのだから、石油が枯渇しても昔の石炭に戻りさえすれば、エネルギー供給は量的には問題にならないという考え方が強いのである。事実そういう動きは進んでいて、世界のエネルギー供給を支配しつつある国際石油資本が既に自由諸国の石炭資源の80パーセントを傘下に収めた、という情報もあるし石炭火力発電建設の動きも進みつつある。

もちろんこれからの石炭活用に関しても、過去に戻るのではなくて革新技術が導入されるのだが、たとえば採炭も坑道掘りは大規模な土木機械を駆使するストリップ採炭に転換されて、採掘費が著しく安くなり、また輸送も粉炭にして水を混ぜスラリーとして、パイプラインで遠隔地まで送るという形に変わって行く。あるいは産炭地でガス化して同じくパイプライン輸送で運ぶ。そして発電所あるいは工場などで使用される場合、石炭は水の混ったスラリーのまま燃やされ、ガスの場合はガスタービンと蒸気タービンを組合せた複合方式で高い熱効率を上げる形がとられることになる。

一方で航空機、自動車などの燃料に限れば石油がそれほど急に乏しくなることはない筈だが、必要とあれば石炭の液化によって製造することができる。石炭に水素添加するか一旦ガス化したものから石油炭化水素を合成するからである。こういった石炭液化は第2次大戦中にドイツが開発したもので、戦後は南アフリカによって継承されてきた。今日日本でも将来のエネルギー政策として石油危機以来取り上げられているものだが、何千万トンもの液体燃料を造ることになると、技術的にも経済的にも問題が多い方法と云えるだろう。

それよりもガス化して得た一酸化炭素と水素からメタノールを合成し、メタノールを炭化水素に転換する方がより早く実際化されると考えられるのである。

このようにして石炭主体のエネルギー・システムが出来上ったとして、すべてが石炭となると採炭による環境破壊が著しくなることは、すでにアメリカのアリゾナ州のストリップ採炭に見られるところであるし、また石炭には10パーセント程度の灰分は必ず含まれるのだから、燃焼によって発生する灰分は莫大な量となりその処置に窮するという事態も考えられる。たとえば日本で3億トンの石炭が使用されるとすれば、毎年3千万トンの灰分が石炭殻やフライアッシュの形で生成し、またその中には重金属や放射性元素も含まれるので大きな公害を生むことになる。放射能汚染も原子力発電の比ではないという推算もあって、それなら原子力の方がましであるというのがリエンタールの結論である。

太陽熱利用など

そこで太陽熱利用ということになるのだが、太陽から地球に送られてくるエネルギーは年間 10^{23} カロリーもあって、世界で消費するエネルギーの1万倍ほどになるから、太陽エネルギーを上手に使えばすべてが賄えるという考え方がある。それに完全に無公害のエネルギーというのは太陽エネルギーしかないのであって、二酸化炭素による温室効果が生じない方法であっても、大気中に熱を放出する限りは大気温度のバランスを崩して、やがては気温の上昇を招くので原子力発電にも地熱利用にも問題があるとの考え方がある。ただ太陽エネルギーだけは利用してもしなくても同じであって、本当のクリーン・エネルギーであるわけである。

だが太陽エネルギーの量は莫大であってもそれは全地球表面に分散して供給されるし、緯度によってエネルギー密度が異なるし、また利用できるのが昼間だけであるから、いろいろと問題が多いのである。太陽熱を凹面鏡の焦点に集めてその熱で発電をすれば、きわめて広い面積の鏡を使わなければならないし、またそれが働くのは昼間であり、しかも晴天でなければならないので大きな制約を受けることになる。香川県仁尾町の実験太陽熱発電所は出力1,000キロワットのものであったが、結局発電原価が火力発電の20倍にもなる事実が明らかにされて中止撤去ということになってしまった。そこでアメリカのアリゾナ砂漠のような特別の地域でなければ役に立たないことになるのだろう。

太陽熱発電について経済性を求めるのは困難かもしれないが、太陽熱を有効に利用しようというソーラー・ハウスの開発にはアメリカをはじめ各国で熱心な研究は進められているようである。個々の住宅や建物などで広く太陽熱を利用したら合計では大きなエネルギー量になるとの考え方だが、それも所詮は地理的条件に支配されることになるはずである。

しかし、その地理的条件を克服して世界的規模で太陽エネルギーの利用を図れば、高度の活用も可能であるとの考え方もあって、未来のエネルギー供給源としての意味も持てるかもしれないのである。たとえば西ドイツの一つの考え方として、アフリカのチャド湖の豊富な水を水路でサハラ砂漠を流し、強い日射を吸収させて数十度の温度に加熱した後、大きな太陽炉の焦点を通して高温高圧の熱湯にして、保温パイプラインでヨーロッパまで送り、さらにそれを原子炉の熱で加熱した上使用するという構想もあるし、太田時男教授のポルシェ計画というものもそれに類するだろう。太田氏の構想は日光照射が強く晴天が続く南太平洋上に広い筏を浮べて太陽熱発電を行い、その電力あるいは熱直接で水を分解して得られた水素ガスを液化してタンカーで日本に運ぶ、というものである。パラオ国が協力して実験を行うというが、こういった方法は世界的に国際協力が行われれば面白いであろう。

太陽エネルギーのように完全無公害というわけには行かないが、日本のような火山国では無尽蔵に得られそうに考えられる自然界のエネルギーに地熱がある。地熱発電はイタリアのラルデレーロで昔から行われて現在数十万キロワットの発電をしているのであるが、同じく火山と温泉の多い日本でも早くから注目され、今日では岩手県の松川、宮城県の鬼首、大分県の八丁原などで合計20万キロワット程度の地熱発電が行われている。

それらの地熱発電は温泉の高温で噴出する水蒸気を利用してタービンで発電させるものであるが、日本全国で1億8千万キロワットくらいの開発は可能だとされている。現在では最も安価な電力が得られるとされているが、同時に放出される水蒸気や、鉍物質を溶解した熱湯による環境破壊が伴ったりするので、期待しすぎることは危険とされている。一方で温泉性の高温蒸気を使用するほかに、地下深くパイプで水を送り込んで地熱で水蒸気として取り出し、発電に使うという構想もある。地下に5千メートル程度の井戸を掘れば、どこでも温度は100℃くらいであるから、世界中

場所を選ばずに地熱利用が可能であるかもしれないが、経済性においてどのような結論が出るのかは明らかではない。

その他自然界のエネルギー利用では、風力発電、潮汐力発電、波力発電、海水温度差発電などがあるが、いずれも小規模のものであり局地的な意味しか持たない。

新石油成因論と深層天然ガス

さて、話は再び石油に戻るが、石油の資源は果して従来からの学説通り、また石油を支配する国際石油資本やソ連が発表する数字のように、半世紀ももたない程度の埋蔵量なのであろうか。それに対して石油資源は地殻内にさらに多く存在するはずだとの考え方もあり、また発表される数字は政治的に隠された数字であるとの説もある。そして石油価格の高騰と共に北海、アメリカ国内、南アメリカなどで次々と発見される油田も存在している。また天然ガス資源としてシベリアの凍土帯の地下に、メタンの水和物の形で膨大な量の天然ガスが眠っているとの説もあるのである。あるいはメキシコ湾の近くの水深3,000メートルの海底の地質調査で石油が噴出した実例も報告されて、従来の単なる有機物の堆積による石油成因論では説明がつかない事情もでてきたのである。

ところでアメリカのコーネル大学のゴールド教授とソーター教授の二人は石油と天然ガスの根源として、従来の生物系の有機物堆積説に代って全く新しい学説を提唱している。ゴールド教授らはまず地球の成因が宇宙空間の隕石の集合体であることから出発し、隕石に含まれる炭素の量から、地球内部には当然莫大な量の炭素が存在し、その炭素は高温で水と反応してメタンを形成していると推論した。そのメタンは地殻の脆弱な部分を通して上昇するが、その過程で高温の岩石の触媒作用で分解や重合を起し、あるいはフィッシャー法の石油合成に類する反応で一部は石油へと変化したと彼らは考えるのである。

世界地図を眺めて考えると、世界の重要な油田やガス田は地震地帯と重なっているように見える。カリフォルニア油田、アラスカ油田、メキシコ油田、イランの油田などがそうであり、またビルマからインドネシア諸島を通じる油田とガス田は火山脈に沿って存在していることが分る。こういった事実は天然ガスや石油が地殻の弱い、地震が起り易い部分から地表へ逃れ出てくるとも考えられるし、ゴールド教授は流動体のガ

スや水の存在が断層を発生させる原因だとも主張している。地震の発生に大量の天然ガスの放出が見られるのもそれが理由であるというのである。

だが現実の油田の石油に生物系の有機物以外に考えられない化合物が存在するのはなぜか。それに対してゴールド教授は有機物の堆積による石油も存在するのであって、地下から逃れ出てくる石油や天然ガスは既に存在している生物系の油層に捕えられて、その部分に蓄積して大きな油田、ガス田を形成するのだとしている。そこでさらに深く地殻内に掘り込めば、莫大な天然ガス、あるいは石油の資源が開発される可能性が大きいとするのである。

このような理論が展開される一方でアメリカではワイオミング州やテキサス州で、地下5,000乃至10,000メートルまでの所で大量の天然ガスが発見されたし、ワイオミングとユタ両州の境のアンシュッツ・ランチ・イーストでアラスカのノースロープに匹敵する大油田が発見された。この油田はアメリカ最大のものであるが、大陸の大断層の底5,000メートルに存在し、そ

の成因はゴールド説によらなければ解釈できないものと考えられるのである。

そして石油は水成岩の堆積層の中にしか存在しないとされていたのが、日本でも新潟県の長岡や秋田県の由利町で、緑色凝灰岩や玄武岩層から石油が発見され、しかも相当量存在することが分っており、これらもゴールド説を裏付けするものと考えられている。そこで地域は狭いが世界一の地震国であり、また多少の石油や天然ガスが存在する日本ももし積極的に深層まで掘さくすれば、案外大きな石油資源、あるいは天然ガス資源が発見されてこないとは云えないのである。

そこで世界中どこでも5,000メートル以上の井戸を掘れば少くとも天然ガスなら無尽蔵に得られるだろうということになり、5,000メートル程度なら技術的にはすでに容易であろうから、将来のエネルギーを深層天然ガスに求めれば比較的クリーンなエネルギーで環境破壊も少く、他のエネルギー源に依らなくても、世界の増大するエネルギー需要を処理して行くことが可能と云えるかもしれないのである。

国際会議あんない

第19回エネルギー変換工学連合研究発表会

(The 19th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference)

<会 期>1984年8月19日(日)~24日(金)

<会 場>米国 サンフランシスコ

<共 催>アメリカ原子力学会(ANS),自動車
工学会(SAE),アメリカ化学会(A
CS),アメリカ航空宇宙研究所(AI
AA),アメリカ機械学会(ASME),
電気・電子工学研究所(IEEE),ア
メリカ化学工学研究所(Alche)

今回のテーマは、「最新エネルギーシステム——将来におけるその役割(Advanced Energy Systems——Their Role in Our Future)」である。席上、エネルギー供給、エネルギー変換、エネルギー利用技術など多方面にわたって、最先端技術の報告が期待される。研究会でとりあげられる課題には、つぎの項目がある。代替液体・固体・気

体燃料、バイオマス エネルギー、電気自動車、電気化学エネルギー、電気/機械システム、エネルギー備蓄、エネルギー運搬とヒートパイプ、化石エネルギー変換、地熱エネルギー、ヒートエンジン、水素エネルギー、原子力エネルギー、海洋エネルギー、太陽エネルギー、太陽熱利用の冷暖房、風力エネルギーなど。

詳細は下記の事務局までご照会下さい。

Mr. Wallace J. Dodson,
General Chairman
Advanced Technology Division
Raymond Kaiser Engineers
P. O. Box 23210
Oakland, CA 94623-2321
U.S.A.