

わが国における資源・エネルギー研究開発の動向

Progress in the Research and Development on Resources and Energy in Japan

芦 田 誠 二*

1. はじめに

資源・エネルギーはいうまでもなく産業活動や国民生活に不可欠のものであり、文明を支える根幹でもある。人類社会の発展は、これらの消費増大とともに進められてきた。

もともと、われわれが物質的・精神的に向上しようとする欲望を満たすために働きかけの対象とする自然界の一部が資源であり、その主流である天然の地下鉱物資源から工業用原材料やエネルギーを求めてきた。

しかしこれらの鉱物資源は、もとより有限であり、開発のリードタイムが長く、しかも地域的に偏在する等の特色がある上、国際的な政治、経済上の複雑な問題も加わって、これらの長期的安定確保はきわめて難しい情勢にある。

今日では、工業用原材料やエネルギー源を従来の資源のみに頼ることはできず、無限型資源・エネルギーにまでその枠を拡げて、新資源・新エネルギーの開発、資源・エネルギーの有効利用、省資源・省エネルギーの効率化等をはからねばならない。

同時に、それらの開発利用にあたっては、安全の確保や環境への対応もゆるがせにはできず、産業公害の未然防止や発生源対策等を併せて進ませる必要がある。

したがって、資源・エネルギーに関する研究は、きわめて多岐多様の分野にわたり、解決すべき多くの課題を抱えているが、これらの分野における革新的技術開発への期待はまことに大きいものがある。

2. 資源開発技術の高度化

従来の資源を開発する一連の工程は、資源の調査、採掘、輸送、貯蔵、処理等からなるもので、すでに開発された多くの技術を蓄積している。しかし、これらの技術についてもさらに高度化、合理化を進めねばならず、生産効率や開発機器の性能の向上、遠隔操作や自動化への移行、保安や公害防止の対策等、さらには総合生産システムの確立に必要な諸研究が絶えず進められつゝある。また、国内、海外を問わず、広域、大深層、海底、極地等、生産条件の苛酷な資源を対象とする技術の開発を目指しての研究が近年の方向といえよう。

探査の研究としては、地質構造の広域精査と総合解析技術とそのシステム化、高性能物理探査技術の開発とその現場適応性や合理的採鉱法との関連、鉱物資源予測手法の確立、地化学探査の実用化等の研究が多い。航空機や人工衛星によるリモートセンシング利用技術の研究は岩石タイプの識別や立体的データの取得を通じて、資源探査に有効な地質モデル等をつくるもので、計画されている資源探査衛星による資源賦有状況の広域調査、資源・エネルギー源の探査、資源の管理等を目指す第一歩として注目されている。

採鉱の研究では、基礎的には岩石の力学的特性の解析とその応用が中心であり、多彩な研究が進められている。最近の応用面における研究として、例えば高温岩盤掘削や水圧破碎等の研究は、地熱エネルギーの開発を目標とするものであり、また岩盤内ポアホール及び空洞の物理的熱力学的挙動等の研究は、低温流体の地下備蓄の実用化の基礎となるもので、これからの資源・エネルギー開発技術につながるもので、期待も大きい。

また、この分野の研究には、現場的技術開発も多く、さく孔、発破、坑道及びたて坑の堀さく、採鉱、充填、

*工業技術院公害資源研究所所長

支保、運搬、通気等の各要素技術について、その改良や新開発が進められ、現場実用化試験も多数行われている。各種の開発機器についても、機械工具類の性能評価向上のための改良、試作、現場試験が多数行われている。

また、インプレスリーチング法については、透水性の検討や浸出液の漏水防止など十分な環境対策を講ずる必要があるため、それら基礎的研究が進められているほか、ウラン鉱床等については現場試験が実施されている段階である。

地下資源の開発には、鉱山保安の確立が前提であり、とくに採掘箇所の深部化、広域化による坑内条件の悪化が著しい石炭鉱山の場合等なおさら重要な問題である。落盤、山はね、ガス・岩石突出、自然発火、火災ガス・炭じん爆発等の鉱山災害を防止するため、各種の災害現象や坑内条件の解明、予知や事前防止防止技術、各種保安機器、災害拡大防止技術等の開発、さらには総合保安システムの確立等に必要の研究が着実に進められているが、これからも開発すべき課題は多い。

3. 新資源の開発・準資源の資源化

3-1 海洋資源

わが国の資源開発は、これまで陸域を対象として行われてきたが、海洋は広大な資源の宝庫であり、将来の経済的開発の可能性に大きな期待が持たれている。海洋資源の開発には、海底および海底下における鉱物資源の開発と、海水溶存資源の利用がある。

従来、沿岸における石油、天然ガス、石炭、砂錫、ダイヤモンド等の資源開発はすでに行われてきたが、さらに日本周辺大陸棚や大陸斜面の海域における石油、天然ガス及石炭等の探査も積極的に進められ、同時に海中構築物の建造や大深度掘削等の技術開発とともに大規模な開発が進められつつある。

とくに注目されるのは水深3～5kmの深海底に大量に賦有するマンガン団塊の採取であり、その賦存や状況調査、海底堆積物の物性解明等を進めるとともに、採取法としての連続バケット採掘法、エアリフト揚鉱法、集鉱システムの基礎的研究も進んでおり、調査船による大太平洋における現場試験もさかに行われている。また、これを大規模化するため、各種の海洋条件の把握や環境保全に必要な研究も進められている。

海水中には、ナトリウム、カリウム、マグネシウム、ウラン等約60種類の物質が溶有しているが、これまでに採取されているものは、マグネシウム、臭素、塩等

数種類にすぎない。

今後、海水の淡水化技術の実用化にともない、副産物として経済的に抽出される期待も大きく、エネルギー源であるウランをはじめとする海水溶存資源をイオン交換、吸着、あるいは生物学的濃縮作用等により取り出すための研究も進められている。

3-2 準資源の資源化

従来の技術では経済的には資源といえないが、技術の開発により資源として利用し得る可能性を有するものがいわゆる準資源である。この準資源が高度の処理により資源化されれば、資源の量は膨大にふえることとなる。資源処理技術最大の重点はこの点にある。

その一つに、各種の低品位鉱や複雑鉱等の未利用資源があり、それらを高度に選鉱製錬するための研究も、多くの鉱石を対象に広く行われている。わが国でも相当量産出する黒鉱や、海外産の低品位ニッケル鉱、銅鉱等についてはすでに実用されている場合も多く、今後も未利用の海外資源を求めてますます重要視されよう。

資源処理の目標は、もとより資源の完全回収であり、処理効率の向上と処理量の増大のため、対象鉱石に見合った高性能選別技術や、種々の原理による新製錬技術の開発の研究のほか、用水の循環、廃水の処理やクロード化、廃棄物の固化処理等、公害防止のための研究も同時に進められている。

廃棄物は、今日二次資源とも呼ばれるなど、その再利用が期待されており、準資源の一つといえる。各種の鉱滓、スラッジ、その他の産業廃棄物はもとより、一般廃棄物の有効利用に関する研究も活発に進められている。都市固形廃棄物を主に物理的に分離選別して有価物を得る物質回収型、ならびに化学的・生物学的に処理して燃料ガス等を得るエネルギー回収型の両者を含む「資源再生利用技術システム」の研究開発は、工業技術院の大型プロジェクトとしてパイロットプラント試験の最終段階にあり、各種要素技術の開発とともに、総合システム化の検討が進んでおり、実用化も近い。

また、資源開発の過程で、地下に取り残されている膨大な量の未採取資源も、技術開発の如何により取得が可能になる準資源である。石油に対する二次、三次回収法、金属に対する各種リーチング技術、石炭の地下ガス化等の研究等は、これらの資源化にも役立つものである。

4. 新エネルギーの開発

石油代替エネルギーを目指す新エネルギーの研究開発は、国のエネルギー開発基本計画を軸として活発に進められており、量的には原子力エネルギーや石炭等の石油を除く化石燃料が、また無限型指向としては、自然エネルギー開発への期待が大きい。これら新エネルギーの開発には、リスクも大きく、費用も莫大であり、開発のリードタイムも長いと、とくに大規模の開発研究は国の機関によるものが多い。

4-1 原子力エネルギー

原子力エネルギーはその供給量が大きく、石油に代替する新エネルギーの本命であり、すでに原子力発電に必要な各種技術の開発やその実用化も順調に進んでいる。今日わが国における原子力発電は、加圧水型及び沸騰水型の軽水炉ならびにガス炉を合せての発電設備容量が、米国に次いで世界第2の規模に至っている。

しかし、安全性、信頼性の一層の向上をはかるための改良や標準化に必要な機器、材料を含む工学的安全研究、安全運転管理技術の確立等の課題があり、それらの研究も着実に進められている。

新しい原子炉開発としては、重水炉（重水減速・沸騰軽水冷却型）は原型炉が公式運転に入っており、高速増殖炉についても、実験炉の経験をもとに原型炉の建設計画が進んでいる。また多目的高温ガス炉については実験炉に関する基礎的研究が行われており、また、これらの炉によって得られる熱エネルギーの利用研究としては、例えば多目的高温ガス炉の熱エネルギーを製鉄プロセスに利用する直接製鉄技術の開発等が国のプロジェクトとして進められているほか、将来は水の分解による水素の製造等、期待されるものも多い。

核燃料サイクルの面では、ウラン資源がきわめて乏しいわが国においては、低品位含ウラン頁岩、燐鉱石や銅鉱石から副産物としてのウラン回収、あるいは吸着等による海水中からのウラン回収等の研究も行われている。

ウランの濃縮については、遠心分離法による濃縮も技術水準としては一応の段階に到達しており、パイロットプラントによる本格的な試験が実施中であり、ひきつづいて実規模工場の計画も進められている。また、軽水炉使用済燃料による小規模工場での再処理試験や、廃棄物処理のための固化技術、投棄場所としての安定地層や深海等に関する検討も進められている。

人類究極のエネルギーとして期待されている核融合については、まだ技術的に解決すべき課題も多く、21世紀の実用化を目指しての研究が進められつつあり、とくに核融合動力炉の主流と目されるトカマクの型の臨界プラズマ試験装置及びそれらに関連する炉材料、炉心工学、超電動マグネット等の技術開発、さらにはトカマク、トーラス等各種プラズマの閉じ込め式、データ処理・解析学の基礎的研究が着実に進められている。

4-2 自然エネルギー

自然エネルギーあるいは環境エネルギーは、大気圏、水圏及び岩圏における自然の働きやポテンシャルを利用して得られるもので、無限型のエネルギーとして近年特に注目されている。古くから、水力や風力の発電への利用は実際に行われているが、太陽の熱や光、あるいは深層の地熱等を利用する大規模なエネルギー取得はこれからの問題であり、工業技術院のサンシャイン計画を中心に、積極的な研究開発が進み、技術開発は本格化の段階にきているといえよう。

太陽熱を利用して冷暖房給湯をまかなうソーラーハウスのシステム技術の開発は、すでに仕上げの段階にきており、その性能、耐久性等のなお一層の向上をはかるため長期蓄熱技術の開発、拡充が進められているほか、複雑な熱工程を有する産業用ソーラーシステムの確立を目指して研究が進められている。太陽の放射エネルギーを集熱利用する太陽熱発電技術については、タワー集光および曲面集光2方式の太陽熱発電プラントによる実証段階に近づいており、また太陽電池を用いて太陽の光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する太陽光発電技術も太陽電池用シリコンの低廉精製プロセス、太陽電池パネルの大量生産ラインの開発、アモルファス太陽電池の開発等の研究が着実に進められており、太陽エネルギーは自然エネルギーの中でも最も有望なものといえよう。

地熱エネルギーとしては、従来の地熱蒸気の大深度採取はもとより、蒸気とともに併出する熱水エネルギーを利用するため、熱水により低沸点媒体を高圧蒸気化して発電するバイナリー発電プラントを小規模試験段階から次第にスケールアップする方向である。また非火山性地熱エネルギーを利用する深層熱水供給システムの開発、高温岩体や火山岩体に水を注入して蒸気を得る高温岩体発電、火山発電システム技術についても、高温大深度掘さく、破碎、熱抽出等基礎固めの研究が強力に進められている。

そのほか、海洋温度差発電、風力発電などのプラント開発も進められており、海流、波力、潮汐発電のように種々の原理による自然エネルギー利用技術についても、基礎的研究、要素技術の開発、大型化効率化への対応技術、さらにはシステム化への検討が着実に進められ、それぞれ用途に見合った実用化への期待がもたれている。

自然エネルギーの開発にあたっては、気象、海象、地形等自然条件や状況の十分な把握が必要であり、これらの調査やデータ処理の解析の技術開発も大きな課題であり、また、環境に与える影響の解明、予測手法の開発など研究すべき多くの課題が残されており、これらについても研究が進んでいる。

4-3 化石燃料エネルギー

さし当っての石油代替エネルギーとしては、世界的にも量が豊富で広く分布している石炭が第1にあげられ、早期に代替実用化を進める必要がある。この場合、石炭は固体という特性から、貯蔵、輸送、利用に際して著しく不便なため、これを流体に変換して流体エネルギーシステムに組込むとともに、流体化の過程で環境汚染のおそれのある因子を除去してクリーンなエネルギーとすることが望まれる。このため、石炭の微粉炭燃焼等直接燃焼における基礎的研究開発はもとより、石炭・石油混合燃料の製造や、石炭のガス化、液化の技術開発が積極的に進められている。

工業技術院のサンシャイン計画においても、石炭の液化、ガス化は強力な推進がはかられており、石炭の液化については、溶剤抽出液化法、ソルボリシス液化法、及び直接水添液化法が、それぞれパイロットプラント試験の段階である。基礎的には、反応機構の解明反応促進方法、触媒の探索等が、また実用化のための課題としては最適反応条件の選定、固液分離技術、生成油の二次処理、適用炭種の拡大等が検討されており、国際的協力も大いに推進されつつある。

石炭のガス化については、LNGに代る合成天然ガス、工業用燃料ガスをねらいとする高カロリーガス化は、大型パイロットプラントが建設中であり、発電用ガスを目指す低カロリーガス化についてはパイロット実験とともにガスタービン・スチームタービン複合発電にいたる技術開発が進んでいる。同時にガス化・操業時のカーボントラブルの解決や炭種拡大のための基礎的研究も着々と進められている。

このほか、重質油の分解技術の確立、タールサンドやオイルシエールの処理による液体燃料の製造、生成

油の性状、精製、改質等に関する研究が、活発である。

4-4 その他

水素は無限の水より製造することができるし、貯蔵、輸送も容易で環境汚染のおそれも少ないため、一般燃料や燃料電池に利用できる将来の有望な二次エネルギーである。

水素エネルギーに関する研究も最近活発化しており、例えば一次エネルギーとしては電気を用いる高温高压水電解法の試験プラントも本格的運転が近く、高温ガス炉の熱エネルギーを用いる熱化学法、太陽炉による超高温エネルギーを用いる高温直接分解法等の基礎研究も進んでいる。また水素の貯蔵、輸送及び利用に関する研究も多方面より行われている。

光合成システムを未来永劫のクリーンで再生可能なエネルギーを得るために利用しようとするいわゆるバイオマスエネルギーの研究開発も近年さかんになりつつある。

従来から、木材や廃材等の乾燥バイオマスからは直接燃焼、ガス化、熱分解等により熱、ガス、油が、廃水処理汚泥等の含水バイオマスからは嫌気性発酵によりメタンが、また澱粉、糖類等からは発酵や化学分解によりエタノールが得られているが、さらに新しいバイオマスエネルギーの取得のため、ユーカリ、アオサング、ホルトソー等、含油量の多いエネルギー植物の積極的栽培技術、それらよりの炭化水素の抽出及び生成油の利用、あるいはセルローズよりエタノールの製造、さらにはバイオマスから微生物を用いての水素の生産生物電池を用いる電気エネルギーの生産等、多彩にして話題の多い研究も広く行われており、将来への期待が持たれている。

5. 省資源・省エネルギー技術

新資源、新エネルギーの開発とともに省資源、省エネルギーを進めることの重要性はいうまでもなく、既利用資源・エネルギーの節約、資源・エネルギーの量的、質的な効率的利用をはかる必要がある。

資源・エネルギーの節約は、利用の高度化により原単位を低減することや、他の資源・エネルギーによる代替をすすめることであり、また効率的利用としては、資源・エネルギーを再活用することや未利用の資源やエネルギーを利用することである。

具体的には、省資源については、すべての産業において原材料を節約できるプロセスへの転換、性状類似の天然または人工物質による資源の代替等のほか、未

利用資源や廃棄物の活用等があげられ、前述のような研究開発が進められている。

省エネルギー技術としては、工業技術院のムーンライト計画を中心に進められており、大型省エネルギー技術として、工場、発電所の廃熱を有効利用する廃熱利用技術システムの開発、複合サイクル発電としてのMH力発電システムや高効率ガスタービン等の開発、新型電池貯蔵システムの開発がある。

そのほか、各種産業における省エネルギープロセス

の開発、住宅等における省エネルギー技術や省エネルギー機器・材料の開発、フライホイール動力車、スターリングエンジン等省エネルギー型交通機関の開発や船舶の推進効率化等輸送に関する省エネルギー、超電導送電ケーブルや材料等電力輸送の省エネルギー、農林水産分野における排熱利用等、きわめて多くの省エネルギー関連研究がスタートしており、これからも一層活発化することは間違いない。

