

■ 展望・解説 ■

圧縮空気利用システムと その導入効果

Compressed Air Energy Utilization System and Its Social Effect

内山 洋司*・角湯 正剛**

Yohji Uchiyama Masatake Kadoyu



1. はじめに

我が国のエネルギー消費量は、1970年代初の高度成長期には指数関数的に増加していたが、1973年の石油危機を契機にしてその伸びが止り始めた。この主な原因は政府の省エネルギー政策とエネルギー多消費産業の衰退によるものであるが、産業の質的な構造変化、すなわち製品がエネルギーを余り使わずに付加価値を高くしたものに移行したことも影響している。石油危機の発生当初、石油への依存からいかに脱却するかは、各国における最重要政策であった。そして、その政策のもとに新エネルギー技術開発はありとあらゆる可能性を求めて積極的に推進されてきた。

しかし、1980年代に入って世界の経済とエネルギー情勢は大きく変わり始めてきた。すなわち、エネルギー多消費産業の衰退とそれによって生じたエネルギー需要の低迷、それに石油を始めとするエネルギー価格の安定化傾向である。この情勢の変化は我が国の電力需要にも大きく影響し、資源エネルギー庁から毎年報告される電力需要見通しは下方修正を繰り返している。鉄鋼、非鉄、化学などの大口電力需要産業の衰退は、単に電力需要を低迷させているばかりか、負荷率をも悪化させている。エネルギー需要の低迷は長期に渡って続くことが予想されている。産業における情報化やサービス化の進展、あるいは工場の海外移転は今後とも積極的になることが予想されており、産業部門のエネルギー消費量は将来とも減少すると言われている。一方、輸送部門においても、狭い国土や最近の自動車の普及率、旅客数動向からみて、将来その消費量が大幅

幅に増えることは期待できない。さらに民生部門でも業務用は、元来エネルギー省消費型であり、家庭用は将来、多少の人口増があるにしても家電機器の効率向上や住宅の断熱性の向上などの省エネルギー効果の一層の進展により大幅な伸びは考えられない。従って我が国のエネルギー消費は、今後とも増え続ける要因が少なく、将来のエネルギー需要の伸びはさほど大きく見込むことはできない。

産業の変化に伴い、社会の技術開発も従来と異なる形で進める必要がでてきている。市場の規模縮小と多様化それに将来の不確実性は、投資リスクの高い大型化への技術開発指向に疑問を投げかけ始めている。そもそも、規模の経済から生まれる生産性の向上が、大量生産を前提として生じるというバードーン法則(Verdorn's law)は、高成長の時代にのみあてはまるといわれている。石油危機を契機に日本経済は高度成長から低成長に移行し、それに伴い化学工業、造船、鉄鋼といった巨大産業に発展のかけりが見え始めてきた。生産設備も大型化によって規模の経済を追求していたが、経済成長の停滞に伴い、今や規模が大きくなりすぎた設備では、資本の固定費用が高すぎるという逆バードーン法則の現象が出てきている。

この現象は、エネルギー産業にも表われ始めており、電力を始めとした各エネルギー関連企業は市場拡大のため経営の多角化による需要開拓を展開しつつある。このエネルギー間競争は需要側のみならずコージェネレーションといった供給技術においても見られており、その激しさは次第に増しつつある。競争の対象となっている供給技術は過去の経済高度成長期における巨大技術ではなく、エネルギー利用効率を高めた。そして需要家の用途にあった質のエネルギーを供給する小型・分散型技術である。

電気事業にとって今世紀中には化石燃料と原子力によ

* (財)電力中央研究所経済研究所経済部エネルギー研究室
主査研究員

〒100 東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル

** (財)電力中央研究所経営調査室課長

る巨大技術がエネルギー供給の主流であり、大きな役割を果たすであろう。しかしエネルギー問題を長期的な視点から眺めると、エネルギー需要の低成長、資源の供給制約と価格の高騰、あるいは環境への影響は無視できず、むしろ大きな問題へと発展していく可能性がある。こういった傾向の中で巨大技術は、今後単に目先の経済性だけでなく、長期的な観点からその必要性を検討しその最適規模も評価していく必要がある。異端の経済学者で「スモール・イズ・ビューティフル」の著者であるシュマッハーは、西欧の近代化思想の根幹を「物質主義」と「巨大主義」とし、これからの技術発展については巨大技術から金で買えない非物質的な価値を尊ぶ中間技術への転換を説いている。エネルギーは食料と同様、基本的に安く供給できるものでなければならないが、分散型技術によるエネルギーシステムは巨大技術から生まれる単一製品ではなく需要家が求める複数のニーズに応えられるものである。これからは、分散型技術は大規模な技術を補完あるいはそれと融合し合いながら、総合的な観点から供給コストの低減と安定供給を確保しながら発展していくであろう。

こういった需要家のニーズに応える分散型技術の一つに圧縮空気利用システムがある。それは、夜間の低廉な電気で圧縮機を駆動して、得られた高圧空気を海底や地下の貯蔵タンクに蓄え、昼間その空気を産業の動力源や他の用途に利用するシステムである。その主な役割は、電力の供給システムを総合的に捉えることで社会に安定かつ経済的なエネルギー供給をおこなうものである。すなわちエネルギーを圧縮空気の状態で蓄えることによって原子力発電のような巨大技術とガスタービン発電のような分散型技術とを融合し、両者が持つそれぞれの利点を最大に生かすものである。

そしてそのシステムの導入で、原子力発電は電力の負荷に合わせて出力を調整する必要がなくなり、原子力発電に対する国民の不安解消に役立つことになる。また社会にその導入が進むにつれ、石油、LNGの節約が図れ、我が国のエネルギーセキュリティを高めることになると同時に都市の環境も改善することになる。

2. 圧縮空気利用システムとは？

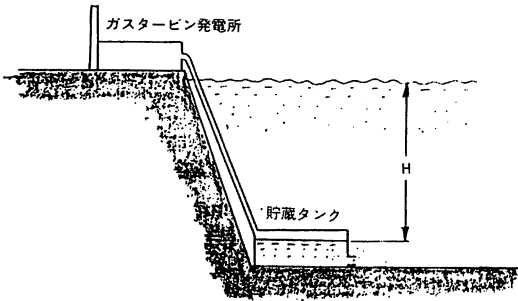
ここに提唱する圧縮空気利用システムとは、夜間の低廉な電気で圧縮機を駆動して得られる高圧空気を海底や地下の貯蔵タンクに蓄え、その空気を産業の動力源や他の用途に利用するシステムである。その利用主

体は電力会社で、夜間に貯蔵した空気は昼間の電力需要の多いときにガスタービン発電用の高圧空気として使われ、圧縮機用動力に相当するLNGや石油の消費を節約する、いわゆる電力貯蔵技術としての役割を果たすことになる。その導入は、必ずしも電力会社に限らず、産業や民生部門の小型ガスタービン発電にも可能である。その場合、圧縮空気の貯蔵容量は比較的小さくなる。電気出力1MWのプラントを一日10時間運転するに必要な貯蔵空気量は60気圧で約1000 m^3 である。その程度の貯蔵容量であれば地下に立坑を掘りライニングするだけで比較的安く建設できるであろう。また、こういった小型でかつ分散技術は、ガスタービンや圧縮機の排熱を有効に利用するコジェネレーションシステムとしても成立できる。

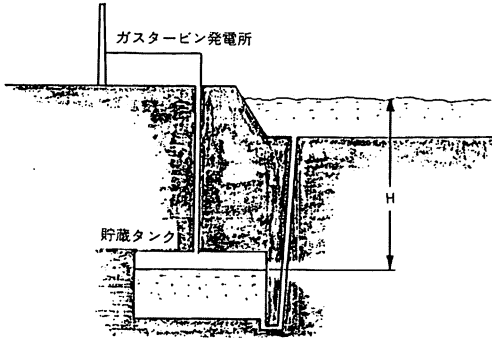
電力貯蔵としての圧縮空気利用は、既に西ドイツ、フントルフに電気出力290MWの商用プラントが実用化している。それは、地下の岩塩層を利用して貯蔵タンクを造り、そこに高圧空気を蓄えるものである。すなわち、塩と水との潮解性および凝固性とを利用することで、空洞の掘削を容易にすると同時に空洞の気密を保つという特徴を有している。それによって貯蔵タンクの建設工事が容易になることから、現在、米国においてもそれと同じ方式で商用プラントの建設がアラバマ州で計画されている。残念ながら、地下に岩塩層がほとんどない我が国では、もし地中に空洞を掘るとなると岩盤を利用する以外に方法はない。

しかし、欧米と違って我が国のように丘や山が多く四方を海に囲まれているところでは、逆にその特異な地形を利用して独自のシステムを成立することが可能になる。図-1は、我が国の地理的特異性を生かした圧縮空気の貯蔵方法についてその概略図を示したものである。図のシステムは、全て空気の貯蔵圧力に静水圧ヘッド(H)を利用した定圧式のものであり、西ドイツにある圧力が変動する定容型の岩塩方式に比べ貯蔵タンク容量を小さくすることができるものである。

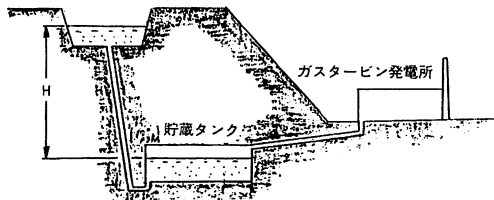
図-1の(a)は、貯蔵タンクを海底に設置し、その深さの静水圧で高圧空気を蓄える方法である。この特徴は、貯蔵タンクを始めとする多くの設備が工場で作成でき、リスクの高い現場作業を少なくできる点にある。また貯蔵タンクの内外圧は海底の水圧にほぼ等しいことから、タンクを圧力容器にする必要はなく容器の設計および製作が楽になる。貯蔵タンクは海底深くに設置するほどその容量を小さくできることから、経済性を考えるとタンク設置点は沿岸にできるだけ近いところで



(a)海底に貯蔵タンクを設置



(b)上池に海を利用



(c)上池を山の上に設置

図-1 我が国の地理的特異性を生かした圧縮空気貯蔵システム¹⁾

1) 内山：わが国における圧縮空気貯蔵システム，エネルギー・資源Vol.9 (1), 1988

深い場所が好ましい。我が国の臨海部では、東京湾湾口部、相模湾、駿河湾、富山湾などに、陸から2-5 km離れたところで水深 200m以上の比較的深い地点がある。(b)は、地中の岩盤に空洞を掘って空気を蓄え、その貯蔵圧力を保つ上池に海を利用することで上池の建設工事を省いたものである。これは(a)と同様、発電所は沿岸部に建設することになるが、海の利用だけで考えると建設できる場所は(a)に比べ数多くある。(c)のシステムは、岩盤に空洞を掘ることでは(b)と同じであるが、上池を丘あるいは山の上に設置することで、空気の貯蔵圧力に山の高さ、すなわち貯蔵タンクと上池との間の静水圧を利用したものである。この方法によると、貯蔵タンクを地中深くでなく、発電所とほぼ同

じ地表高さに横穴で掘ることができる。それにより、空洞の掘削作業は通常のトンネル工事技術の延長上ででき、場所によっては建設費を安価にすることが可能となる。またガスタービン発電であることから発電所の建設地点を沿岸部にこだわる必要もなくなる。(b)と(c)のシステムは、施工性と経済性を考えると地下の硬岩層に空洞を掘ることが好ましい。しかし関東平野は軟岩層が多いため、そこに空洞を掘る場合は貯蔵される高圧空気の漏洩を防ぐために経済的な新しいシールドシステムを工夫する必要がある。

図-1に示した圧縮空気貯蔵システムは、主に電気事業の電力負荷の平準化に寄与するが、もしその貯蔵設備を都市部あるいは都市近郊に建設すると、そこから得られる安価な空気を使った新しい産業を創出することにもなる。例えば、現在、下水処理場や化学工業で大量に消費されている圧縮空気はこのシステムを利用して供給でき、その他にも動力用や搬送用に圧縮空気を使う新しい事業を興すことにもなる。また、このシステムを用いて海底の深層海水を汲み上げ、それを海洋レジャーセンターや養殖場に供給することで都市沿岸部の海水浄化と海洋開発に大きく貢献できることにもなる。次節ではそういった可能性を含めて圧縮空気利用システムが社会にもたらす多くの利点を説明することにしよう。

3. 新しいエネルギー社会の創出

3.1 原子力と火力を融合する発電システム

最近、原子力発電所の出力調整をめぐって原子力の安全性に対する国民の関心が高まっている。我が国の電力供給は、石油危機以降、原子力発電に依存する割合が年々増えて来ている。その傾向は将来も変わらず、計画によると電力会社のうち中央三社は全発電量に占める原子力比率を61年度末の28%から71年度には38%にまで高める予定である。さらに来世紀になると、その比率は一層高くなり、電気事業審議会・需給部会の試算によると、2005年に45%にまで達する見通しである。こういった原子力の積極的な開発には、エネルギーの全消費量のうち80%を海外に依存するという現在置かれている我が国の脆弱なエネルギー供給体質を改善していく狙いがあることはいうまでもない。また同時に、他の発電プラントに比べ経済性に優れていると言われている原子力発電を導入することで、電力の供給コスト低減を図る狙いもある。しかし電力需要の長期的な低迷化傾向は、その経済的な優位性に疑問を投げ

かけている。すなわち今後、その導入量が増え続け電力負荷に応じて夜間その出力を調整せざるを得なくなると、「フル稼働、低コスト」という原子力の旗印を色あせてしまうことになる。

これを解決する方法に電力貯蔵技術の導入がある。電力貯蔵は、変動の大きい電力負荷を平準化する効果がある。その導入は原子力発電の出力調整運転の必要性を無くすことになり、稼働率を向上して原子力発電の経済性を高めることにもなる。また貯蔵技術には負荷の平準化効果とは別に、停電の防止や電圧・周波数調整といった電力システムの信頼性を向上する働きもある。揚水発電は、現在我が国で商用化している唯一の貯蔵技術であり、昭和61年度現在1556万KWで全発電設備の9.8%を有している。それは、負荷の変動に対しその追従に優れ、瞬動予備力としての役割を担っている。しかし電力負荷を平準化する目的での大量導入には立地問題や送電費用の増加といった制約がある。揚水発電以外の貯蔵技術として、最近注目されているものに超電導技術がある。しかしそれは、まだ実験室レベルの研究で、高温超電導の線材も開発されておらず、ましてや長期の信頼性を必要とする電力貯蔵技術の商用プラントが完成するまでには、かなりの年月を要するであろう。

圧縮空気貯蔵システムは、既に西ドイツで商用化している技術である。それは、既に前節で述べたように、ガスタービン発電の圧縮空気分に相当するエネルギーを原子力発電や大型石炭火力の夜間の余剰電力で賄うことで、その分のLNGや石油の消費を節約するものである。その導入によって、原子力などの大型発電プラントは休日や夜間、負荷が落ちたときその出力を調整しなくても良くなる。原子力発電の出力調整に対する人々の不安がなくなるだけでなく、高稼働率が確保できることで原子力発電の信頼性と経済性が向上することになる。そして一方では、値段が高く将来に資源枯渇の不安があるLNGや石油の消費を大幅に節約することにもなる。

このシステムは、昼間の電力負荷の高いときにガスタービンで発電することから一種の火力発電でもある。ガスタービンは、既存の汽力発電に比べると、小規模分散技術である他に、負荷への追従能力が遥かに優れている。また汽力発電が既にその効率向上の面で限界にきているのに対し、今後技術的にその発展が一層期待できるものである。もちろん、ガスタービンの進歩に伴って圧縮空気貯蔵システムの性能も当然向上する

ことになる。このように圧縮空気貯蔵システムは、原子力や石炭火力といった大型技術と小規模分散型の火力技術とを融合し、それによって両者が持つ利点を最大に発揮できるようにするものである。

3.2 エネルギーセキュリティと環境保全に貢献

ガスタービンは燃料適合性が良く、LNG以外にも石油（灯油）、石炭ガスも利用できる。その発電プラントは、従来の火力発電所に比べ非常にコンパクトに建設でき用地を少なくすむことから都市型の発電所に最も相応しいものである。それは、既存の火力発電所のリプレース電源として逐次導入できるだけでなく、冷却水を必要としないことから立地の柔軟性が高い。最近、自家発やコージェネレーションにガスタービンが導入されているのは、そういったガスタービンの利点によるものである。しかし最大の欠点はその発電効率にある。それは圧縮機動力にかなりのエネルギーを消費しているため、もし排熱を利用しなければ35%を越す効率を得ることはかなり難しく、高価な燃料を無駄にすることになる。

圧縮空気貯蔵システムは、ガスタービンがもつこの最大の欠点を解消する技術である。すなわち圧縮機動力分を夜間の余剰電力に振り分けることで、昼間のガスタービン燃料の消費を削減する働きをするシステムである。このシステムを用いると、全体の総合効率は30%程度に過ぎないが夜間の圧縮機用電力を無視し昼間のガスタービン燃料だけで考えると、現在の技術の進歩によって95%近くの燃料効率で電力を発電することができることになる。このことは、同じ量の燃料で既存の火力発電効率が38%程度、複合発電の導入でも47%であることを考えると、いかにこのシステムがLNGや石油の燃料節約に貢献することになるか理解できるであろう。

もし現行の石油およびLNGを使った火力発電所が、ガスタービンを用いたこの圧縮空気貯蔵システムにすべて置き換わったとすると、同じ量の電気を生産するのに必要な燃料は、現在消費している量の45%、すなわち55%もの削減が図れる。それが複合発電にすべて換ったとしても、削減できる量は20%程度にしかすぎない。現在、石油と天然ガスは供給過剰気味で価格も低廉状態が続いているが、着実にその資源は枯渇に向かっていくし、今後途上国でその消費が増えれば枯渇速度が加速し価格も急騰する恐れがある。“資源枯渇の時代”におけるエネルギー危機は1970年代の石油危機に比べれば遥かに深刻になることが予想され、その

対策を今から立てても決して早すぎることはない。特に国内で消費する石油とLNGをすべて海外に依存する我が国にとって、その消費を減らし海外依存度を小さくすることはエネルギーセキュリティの立場からも大きな問題である。大量の燃料が使われている火力発電所でその消費が減ることは、エネルギーセキュリティ面で大きく貢献することになる。

発電所で石油、LNGの消費が減ることは、同時に煙突から出る排煙ガス量を減らすことにもなる。我が国の発電所では、昭和61年度で3200万klの石油（重油、原油）と2200万トンのLNGが消費されている。発電所にとえ環境装置が備っていても排出されるNOxやSOxを完全に除去することはできない。今後、都市部のエネルギー需要が増えてその消費量が増加すると酸性雨の問題を惹き起こす要因となる恐れもある。圧縮空気貯蔵システムの導入は、都市部内での大気汚染や酸性雨などの環境問題の改善にも寄与することになる。もちろん原子力発電の余剰電力で圧縮空気を生産すれば、地球的な環境問題である二酸化炭素問題への対策にもなる。

3.3 新産業の創出と海洋開発

圧縮空気貯蔵システムは、基本的には社会へ安定かつ経済的なエネルギー供給を可能にするものであるが、それ以外の役割も果たすことができる。貯蔵空気の利用は必ずしもガスタービン発電だけに限らず、安価で大量の空気がいつでも確保できるとなると、それを利用する新しい事業を造り出すことにもなる。例えば、下水処理場や化学工業、鉄鋼業などの既存産業で大量に消費されている空気の供給にこのシステムを利用することができる。東京都区部の全処理場では年間17億トンもの汚水が処理されており、その処理（エアレーション）に必要な空気量は約100億 m^3 /年にも達している。処理に要する作業費は年間200億円以上で、そのうち圧縮空気を生産するための電気代が大きな割合を占めている。もしこのシステムで空気を供給するようになれば、かなりの電気代の節約が図れ年間作業費を削減することができるであろう。

圧縮空気は、利用エネルギーとしてみたとき、安全性と環境性において優れていることから、上に述べた産業での利用以外にも、動力や搬送、あるいは養殖場への空気補給など幅広くその用途を広げることができる。表1は用途別に見た圧縮空気の実際の応用例を示したものであるが、将来、安価で大量の空気が確保できるようになればその利用分野もさらに拡大するであ

表1 圧縮空気の利用分野

用途	具体例
動力・攪はん	さく岩機、空気圧工具、曝気槽、培養槽
成型・処理	プラスチック成型、ダスト、水滴の除去
搬送	ガラス製品等の吸着搬送、液体・粉体の圧送、ヘドロ・汚水の圧送
乾燥・冷却	食品・製品の乾燥、圧延ロールの冷却、機械・製品の冷却
酸素利用	炉のバーナや養殖場への空気吹込み、水中作業への空気補給
制御	空気圧制御素子、空気圧制御弁、計測器
民生用	ホームオートメーション

らう。

新しい利用分野の中で、特に都市沿岸部での圧縮空気利用は海水の浄化や海洋開発に大きく貢献する可能性がある。図-2は、海底に貯蔵タンクを設置する圧縮空気貯蔵システムを建設しそれを利用したとき、海洋開発がどのように広がるかを概念図で示したものである。ここでは、その効果を3つに分けて説明することにする。

(1) 海洋温度差発電

海底の貯蔵タンクに空気を送り込む方法は、タンク内に空気が充満するとき中の海水は外に排出されるため、その分の仕事をしていることになる。一般に水深が300mを越えると海水の温度は、年間を通じて低く5-10°Cではば一定である。図のシステムは、夜間、タンクから吐き出される海水を配管によって陸近くまで汲み上げ、それを利用しようとするものである。このシステムを使うと、配管の管摩擦損失分の動力だけで冷水を汲み上げることができる。一方、地上の発電所では、夜間に圧縮機を駆動し高温になった圧縮空気を貯蔵タンクに送る前に冷却するため多量の温水が発生する。この温水と汲み上げられた冷水とを利用すれば、海洋温度差発電が発電所に隣接して行える。この場合、高温側は設計で40°C以上の任意の温度が選べ、低温側は5-10°Cで、両者の温度差は通常の海洋温度差発電に比べるとかなり大きくなる。その温度差は季節により変動せず、一方で冷水を汲み上げる動力はいらないことから、効率の良いプラントができる。概略の試算結果によると、この海洋温度差発電によって本体である圧縮空気貯蔵システムの電気出力は1割程度増

えることになる。温度差による発電は、夜間だけでなく昼間も可能になる。昼間は、貯蔵した高圧空気を利用して空気タービンと空気揚水ポンプとで深層水を汲み上げ、低温側を作り、高温側は発電所の煙突から出る高温の排ガスを熱交換して作ることができる。その結果、ガスタービン発電所の熱損失が少なくなるだけでなく温度差発電の稼働率も大幅に高まることで、その経済性は向上することになる。またこのシステムで汲み上げられた深層水は、温度差発電の熱交換で水温が利用しやすい温度にまで上昇することから、それは別の目的に使うことができる。

(2) 養殖と海洋レジャーセンター

水深100mを越える海洋の深層水は、一般的に浅層の水に比べると植物成長に必要な無機栄養物を多く含みかつ清澄である。深層水の有するこの富栄養特性（光合成藻類の増殖を強化する硝酸塩、磷酸塩等が豊富）と清澄特性（寄生虫、病原菌等が少ないので、ふ化および稚魚、稚貝の飼育水として利用価値が高い）は、養殖に適しており、植物プランクトンや海藻類を増殖させ、それを飼料に魚類、貝類、エビ類を培養・飼育することができる。図-2のシステムで汲み上げる深層水は、正にそういった特性を有した海水でその水温も発電所の排熱で調整できることから、色々な種類の養殖を行うことを可能にする。

現在、我が国の内湾域は、その強い閉鎖性および生活・産業排水や養殖漁業の高度利用によって、水質・底質環境の悪化が著しい。特に養殖による環境の悪化は、養殖業そのものの存続に暗い影を落としている。また幼稚魚を育成させる内湾域の藻場は、その汚染によって近年減少が著しく、事態が憂慮されている。ここに紹介したシステムは、発電所の付加価値として深層水と空気が供給でき、都市部湾域の水質環境を改善することで、需要地近傍に漁業生産力の高い藻場や養殖場の展開を図ることができるものである。

清澄な海水は、同時に我が国の沿岸部の汚濁が進んだ海水を浄化するのに役立つ。それは海を蘇らせ、人々に潤いのある生活の場を与えることになる。また美しい海を利用してそこにレジャーセンターが造られ、人々がサーフィンやヨット、ボートを楽しむことも夢ではない。もちろんボートやサーフィンの波を起こす動力には圧縮空気を利用することもできる。

(3) 自然エネルギー利用と海洋都市

太陽光、風力、波力などの自然エネルギーは、汚染物質の排出や熱汚染の心配もなく極めてクリーンなエ

ネルギーである。また利用に際しては燃料が不要であることから、燃料価格や供給途絶の影響を直接受けることもない。しかしそういった利点とは別に、自然エネルギー特有のエネルギー密度の低さ、地域的偏在性、および季節や気候による変動性は、経済性と供給信頼性を悪くし、発電技術としての利用価値をどうしても低くしてしまう。もちろん発電したエネルギーを蓄えて、需要に合わせて供給できるようになればその価値は大きく高まることになる。蓄電池は小容量でコンパクトであることから自然エネルギーの電力貯蔵用に優れているが、設備費用が高いため最終的には電力の供給コストを高くしてしまう。

図-2の海洋都市に付随した波力と風力設備は、そのエネルギーを電気としてではなく圧縮空気として一時貯蔵し、需要に合わせて発電に利用するシステムである。一般に風が強いと波が高くなることから、波力で得られる低圧の空気を同時にダリウス型の風車などで圧縮すれば高圧空気が効率良く生産できる。そしてそれは、海底の貯蔵タンクに送られて貯蔵されるか、あるいは海洋都市で直接利用することになる。

今までのエネルギー供給で考えると、海洋都市で必要なエネルギーは地上から海底に送電ケーブルを敷設することで供給するか、あるいは自家発電で賄うようになる。しかし海底ケーブルは費用が高く、また自家発電の場合は発電効率が低いため、それに必要な燃料を絶えず確保しておかなければならない。図のシステムは、海洋都市と海底の貯蔵タンクとをフレキシブルな管で結び、発電用タービンを敷設するだけで海洋都市で必要なエネルギーを貯蔵タンクから供給できるようにしたものである。そのエネルギーは、地上の深夜の安価な電気で主に賄われ、海上都市にある波力と風力設備がそれを補うことになる。自然エネルギー利用を経済性から見ると、このシステムでは発電機の費用や貯蔵設備費がかからないため発電コストを安価にできる。それによって立地制約のない海上で自然エネルギーの利用拡大が図れる。また圧縮空気は、発電だけでなくそれ以外にも海上都市の空調や他の動力源として、あるいは機器の制御などに広く利用できることになる。

4. おわりに

エネルギーは、現在の技術社会において、食料が人が生きるのに必要であるように、社会の活動に欠かせないものである。我が国のエネルギー消費量は戦後急速に増え、現在では自由世界で合衆国に次いで第二位、

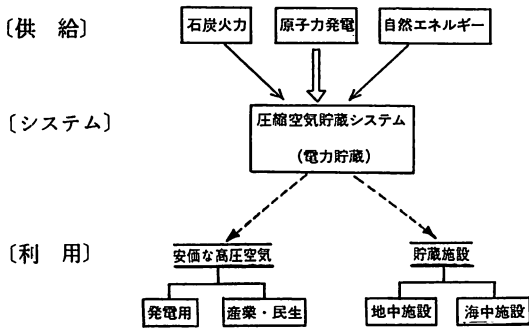


図-3 圧縮空気利用システムの発展

世界の全消費量の約5%を消費している。その成長が特に著しかった石油危機以前の高度成長期は、大量生産、大量消費に合わせてエネルギー技術の発展も単一技術の大型化と効率化にのみその目が向けられていた。しかし経済の安定成長とエネルギー需要の低迷によって、エネルギー技術は今新たに総合的な視点からその発展が望まれている。それは大規模集中型の巨大技術だけによるものではなく、電気、熱、光など多様なエネルギー源を組合せて、需要家ニーズにあったエネルギーの有効利用を図るものである。

エネルギー技術は、社会の発展段階と密接な関係にあり、その供給システムが今後どのように変貌していくかは未来の社会を展望し考えてみる必要がある。一般に未来は、情報技術や電子機器など高度な科学技術の発展とともに、社会が質的に変わりサービス化やシステム化が著しく進展すると言われている。産業構造も、重化学工業から情報サービス中心に変化し、また消費においてもモノ離れが顕著になり、人々はより良い生活環境の実現を求めてアメニティを重視するようになる……など、より豊かな社会を求めて描いた未来の姿には数限りない。しかし、そういった未来の社会像もエネルギーの供給面だけから捉えるとその変化は次に示す3つに集約できるであろう。

- (1) エネルギー供給の空間的な拡大
- (2) エネルギーの質的利用
- (3) エネルギー源のハイブリッド利用

未来社会は、人々の生活空間や産業の利用空間の拡がりと共に、人間の行動範囲が三次元的に拡大していくと言われている。それは、大都市圏での超高層ビルや地下利用、地方におけるリゾート施設や総合レジャー施設の開発、沖合い人工島や海洋牧場、海洋公園と言った海洋開発、あるいは宇宙基地や宇宙工場などで、21世紀になると利用空間の開拓は一層進展するであろう。そして社会の空間的な拡大は、当然そこに新たなエネルギーの供給システムを必要とする。それは大規模集中型の巨大技術だけによるものではなく、電気、熱、光など多様なエネルギー源を組合せて、需要家ニーズにあったエネルギーの有効利用を図るものである。

圧縮空気利用システムは、そういった新しいエネルギー供給社会を拓く可能性のあるシステムである。それは原子力発電のような大型技術と電力需要地に建設する分散型技術とを融合し、経済的なエネルギー供給とエネルギーセキュリティを高めることができるものである(図-3)。同時に、都市の大気や臨海部海域の環境を改善し、汚れた都市に自然を蘇らせることになる。このシステムは、都市だけに限らず地方にも導入でき養殖や海洋レクリエーションなどで地域振興にも役立てる。

もちろん圧縮空気を貯蔵する設備の建設で、地中の掘削技術や海底に貯蔵タンクを設置する点においては、その経済性を高める上で開発すべき課題はある。しかしそれは実現できない課題ではなく、土木、建設、造船、鉄鋼、あるいは水産業といった世界をリードする我が国の技術があれば解決できるものである。むしろその技術は、今後人々が地下や海洋へとフロンティアを広げていく上で不可欠なものであり挑戦すべき課題である。