

[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 16, No. 2, 1996

自然에너지 資源의 有效利用과 開發水準에 관한 研究

정광섭* · 유승호**

* 국립서울산업대학교 건축공학과, ** 삼성물산, 건설부문 기술연구소

A Study on the State of the Art and the Future Utilization Prospect of Natural Energy Resources

K. S. Chung* · S. H. Yoo**

* *Seoul National Polytechnic Univ., Dept. of Architectural Eng.*

** *Samsung Corporation, Engineering & Construction Group*

ABSTRACT

Most of the world's energy demand is met by fossil fuels, mainly petroleum and natural gas. Even though their production is not keeping up with the demand, there are many options before us - solar energy in its direct and indirect forms, nuclear breeders, thermonuclear power, geothermal energy, synthetic fluid fuels, and hydrogen as energy carrier to complement the nonfossil energy sources. But, before these energy alternatives can be utilized, in most cases, it is necessary to conduct extensive research and development work. In order to solve global energy and environmental issues, it is very important to develop and install energy supply systems which utilizes natural energy. The installation of these systems brings the following merits from the viewpoints of energy saving or environmental protection - (a) the positive use of natural energy reduces fossil fuel consumption; and (b) it also prevents environmental degradation.

In this paper, the types of natural energy considered is confined to the solar, wind, hydraulic, geothermal and ocean-wave energy. And, the objective of the paper is to describe the state of the art of natural energy and future utilization prospect of them.

I. 서 론

인류의 존속과 진화를 위해 에너지는 물과 공기 및 식량과 더불어 절대적으로 필요한 요소 중 한가지이다. 이 인간의 생명이라고도 해야 할 에너지를 우리나라는 거의 외국에 의존하고 있으며, 더욱 그것의 대부분을 외국으로부터 수입한 석유와 우라늄에 의존하고 있다. 그러나, 세계 인구증가는 2030년에는 100억명에 이를 것으로 예측되고 있고, 이 인구를 충족시킬 에너지가 석유로 환산해서 230억 톤에 도달한다고 예측하고 있다. 또한, 인류가 대량으로 소비하는 에너지의 88%를 의존하고 있는 化石燃料은 무한한 것이 아니고 언젠가는 枯渴될 숙명에 있음은 이미 주지의 사실이다. 세계적으로 경제상황이 정체하고 있을 때는 석유공급도 과잉되어 가격이 저렴했기 때문에 에너지에 대한 관심은 대부분 적었다. 그 때문에 대체에너지의 개발과 에너지 절약 기술의 개발에 종사하고 있는 사람들의 숫자도 감소하고 있었다고 할 수 있다. 그러나, 1973년의 소위 에너지 쇼크와 89년말부터 시작된 東유럽의 民主化와 소련사회주의 체제의 붕괴로 인해 세계 에너지 사정은 크게 변화했다. 또한, 89년에 들어서 地球溫暖化가 세계적 주목을 받고, 석유와 석탄 등 화석 연료의 이용을 규제하는 움직임이 급속히 활발하게 전개되고 있다. 이것은 化石燃料의 연소가 한편으로 대기오염·기후변동을 동반하여, 생물의 생존을 위협하는 것이 염려되고 있기 때문이다. 이들 사정을 반영해서, 최근에는 대체에너지와 에너지 절약에 대한 기술이 다시 주목을 받고 있다. 자손에게 풍요로운 생활과 淸淨한 환경을 전해 주고 地球環境의 保存이라고 하는 命題를 실천하기 위해서는, 하루라도 빨리 化石燃料 의존 체질로부터 탈피하지

않으면 안되기 때문이다.

미래의 경제 성장과 환경문제를 생각한다면, 현재 주류를 이루고 있는 석유·석탄과 우라늄(원자력)만으로 21세기의 세계 에너지 문제를 해결하려고 해서는 안된다는 점은 이미 자명한 것이다. 따라서, 석유와 우라늄에 대신하는 에너지源의 개발은 우리에게 부과된 중요하고도 긴급한 과제일 것이다. 이를 위해서는 자연 에너지를 될수록 많이 활용하도록 하는 경제사회 시스템으로의 전환과 소비하는 측에서의 의식구조의 개혁의 추진 등이 先決되어야 할 것이다.

자연 에너지라고 하면 未이용 대체 에너지를 포함한 再活用 자연 에너지 등도 내포되기 때문에, 너무 광범위하여 그 전반적인 것을 열거하기는 쉬운 일이 아니다. 바꾸어 말하면, 이들을 일일이 열거하여 기술하기에는 그 종류의 방대함은 물론 그 이용 형태의 다양성·방법 등도 각각 다르기 때문에, 한정된 분량의 페이지 범위 내에서 이들의 원리와 개발상황 및 장래전망 등을 기술하는 일은 용이한 일이 아니다.

그러므로, 본 연구의 목적은 미이용 자연 에너지 자원의 유효이용과 에너지 절약대책 수립을 위한 기초자료로서 활용하기 위해, 國內外 자연 에너지 자원량의 賦存 現況과 消費 動態를 概觀한 후, 자연 에너지의 범위를 太陽·風力·水力·地熱 및 海洋 에너지로 국한시켜, 이들 각각의 이용 현황과 개발동향 및 향후 전망 등을 중심으로 해서 記述하고자 하는 것이다.

II. 에너지 賦存 資源과 消費 現況

현재 세계에서 소비되고 있는 1차 에너지의 총량은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 1990년 현

재 약 80억톤(원유환산)이라고 하는 막대한 양이다. 이 가운데서 석유가 약 31억톤(약 39%)으로 제 1위, 다음이 석탄으로 약 22억톤(약 27%), 천연가스가 약 17억톤(약 22%)으로 되어 있고, 이들의 합계인 화석연료 전체는 약 88%를 차지하고 있다. 나머지가 원자력 발전(약 4.6억톤, 6.7%)과 수력 기타 자연에너지(약 5.4억톤, 6.7%)이다. 이와 같은 점으로 미루어 지구상에서 사용되고 있는 에너지의 대부분이 화석연료에 의존하고 있다는 사실을 파악할 수 있다. 이것을 좀 더 살펴보면, 제 1차 석유 위기의 해인 1973년이 약 60억톤이었으므로 에너지 소비량은 17년 사이에 35% 증가(연평균 증가율 1.85%) 하고 있다. 그동안 석유위기를 교훈으로 삼아 석유 소비는 적극적으로 억제되어 왔었지만 그래도 약 11%(연평균증가율 0.6%) 증가하고 있다. 또한, 석유에 대체되어서 급증하고 있는 것이 천연가스(약 62% 증가)와 원자력(약 8~9배)이다.

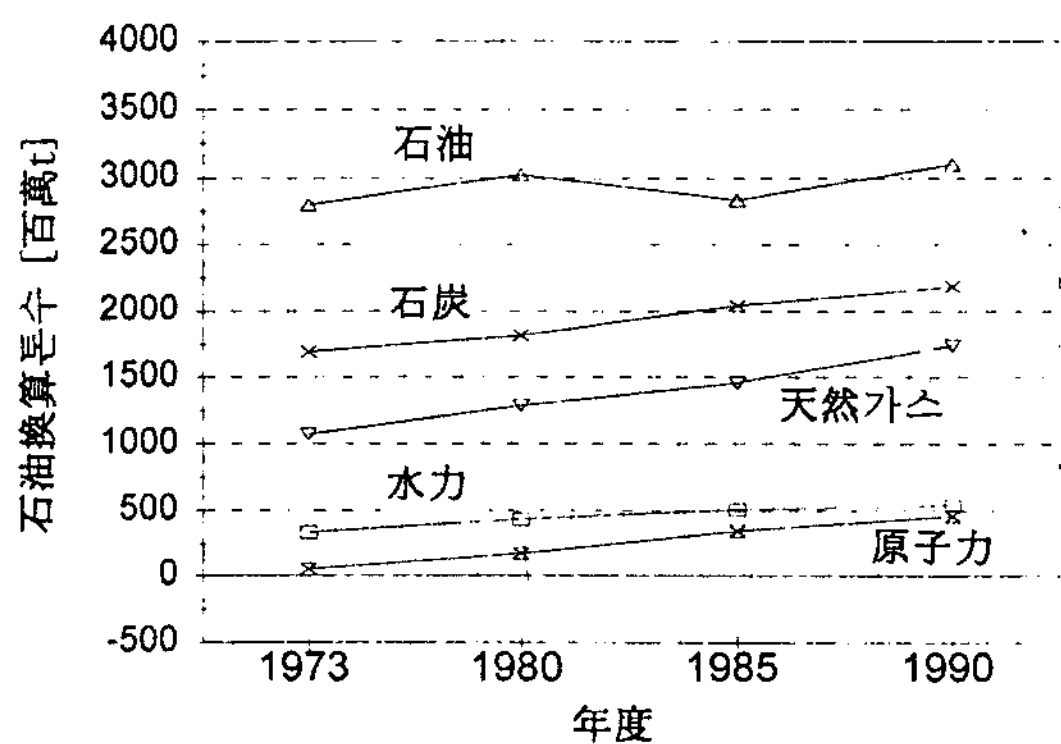


Fig. 1 세계 에너지 소비량의 추이

한편, 1990년 현재 주요 선진국의 1차 에너지 공급 구성을 살펴보면 Fig. 2에서와 같이, 미국이 약 20억톤으로 전세계의 약 25%를 차지하고, 다음이 일본의 약 4억톤(약 5%)으로

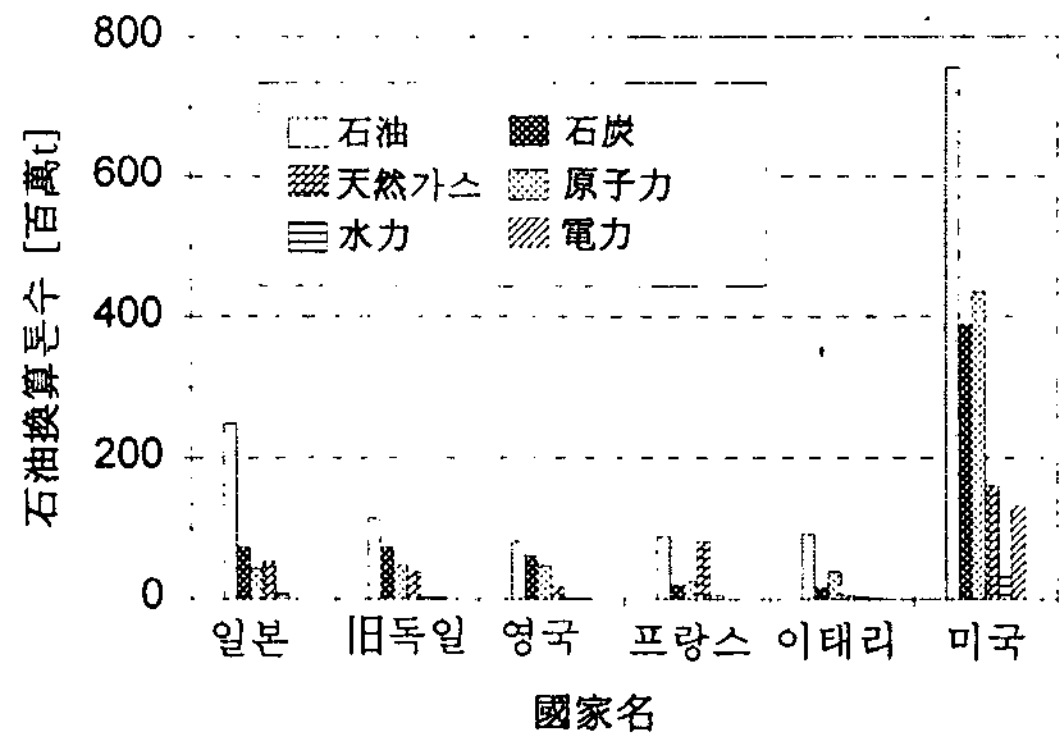


Fig. 2 세계 주요 국가의 1차에너지 공급구성

되어있다. 또한 <Table 1>에 나타낸 바와 같이 1차 에너지 자급율은 우리나라의 경우 5.2%(원자력을 준 국산에너지로 간주시 16.7%)로서 일본의 약 15%(이 가운데서 우리나라가 약 10%) 보다도 훨씬 낮은 것으로 집계되고 있다.

Table 1 주요 국가의 에너지 자급도(1989)

[단위 : %]

국가	1차 에너지 자급도	석유의 자급도	국가	1차 에너지 자급도	석유의 자급도
일본	14.6	0.3	프랑스	45.0	3.9
한국	5.2	0.0	이탈리아	13.7	5.3
독일	46.4	4.3	캐나다	128.2	122.1
영국	97.5	114.7	미국	82.2	56.1

* 註 : 100% 이상으로 표현된 것은 수출하고 있는 것을 나타낸다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 에너지 공급의 대부분을 차지하는 화석 연료와 원자력 발전의 연료인 우라늄은 모두 지하자원으로서 이것이 有限의 것인 점은 논외의 여지가 없다. 세계 에너지 회의 등의 자료에 의하면, 에너지 사용량이 현상태 대로(향후 증가 하지 않는

다고 하는 전제) 유지된다고 가정할지라도, 석유는 45년, 천연 가스는 56년 후에는 고갈된다고 한다. 바꾸어 말하면, 향후의 탐사 노력에 의해 새로운 자원을 발견한다고 할지라도 지하자원이 有限인 점에는 변함이 없으며, 현재와 같이 에너지 공급의 대부분을 지하자원에 계속 의존한다면 지하자원은 머지않은 장래에 고갈될 것이다. 따라서, 미이용 자연 에너지와 대체 에너지의 유효 이용에 대해 끊임없는 연구가 이루어져야 함은 아무리 강조해도 그 도가 지나치지 않을 것이다.

Ⅲ. 태양에너지

3-1. 국내의 태양열 온수기 개발·보급현황

태양열 이용분야 가운데서 개발과 실용화가 가장 잘 되어 보급이 확산된 분야는 전세계적으로 태양열 온수 급탕시스템이다. 국내의 경우도 태양열 온수 급탕 분야는 他 분야보다 개발과 실용화가 꾸준히 진행되어 보급이 확대되고 있다. 국내 태양열 온수기의 연구 개발은 한국에너지기술연구소 주도하에 진행되어 왔으며, 상업화를 위한 업체의 연구 개발은 미미한 형편이다. 에너지연구소는 태양열 이용 低溫시스템 개발연구 등을 통해 태양열 온수기를 기술의 난이도에 따라 배치(Batch)형, 자연 대류형 및 相變化型 시스템으로 단계적으로 진행하여 개발을 완료하였다.

국내 업체의 규모는 소규모이고, 기술 수준은 아직 첨단 소재 분야에서는 선진 외국에 비해 낮은 편으로 이 분야의 연구 개발은 물론 생산 기술의 향상이 보다 필요한 실정이다. 1980년 초에 오일쇼크로 인해 태양열 시스템에 대한 관심과 연구가 크게 각광을 받을 때, 국내에서는 전문지식이 없는 자격 미달인 업체들이 무분별하게 수입 판매한 뒤 유가 하

락으로 인해 거의 모든 업체가 없어져 태양열 온수기의 설치·보수 및 관리가 거의 안되었다. 이후 국민 의식이 태양열 시스템 전반에 대하여 부정적인 시각이 팽배해져 태양열 온수기가 국산화된 현재까지도 이같은 영향으로 보급이 보다 활성화되지 못하고 있는 실정이다. 국내 태양열 이용 시설의 보급은 1979년부터 시작하여 1986년까지 급격한 등락을 하였으나 정부 지원에 힘입어 1987년부터 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다.

3-2. 太陽에너지 利用 技術의 現況과 展望

1) 太陽熱 利用

태양열 시스템(Solar System)은 크게 나누어, 자연형(Passive)과 설비형(Active)으로 나눌 수 있다. 자연형은 기계 장치 등을 사용하지 않으면서 태양에너지를 실내로 끌어 들일 수 있는 설계기법을 개발하고, 열의 기본원리를 응용한 외피시스템 및 창호시스템의 개발을 통하여 태양열을 유효하게 활용하는 시스템이다. 이 방식은 열의 기본원리만 잘 이해하면 가장 접근이 쉽고 효과를 거둘 수 있는 방법이다. 이러한 시스템은 우리나라 전통가옥에서도 건물의 향을 남향으로 한다든지 하는 등의 방법을 통해 많이 고려되었지만 기타 자연형 방안들에 대해서는 극히 미미한 실정이다. 그러나, 세계적인 추세에 발맞춰 향후 국내 건물에서도 계획·설계시 이와 같은 설계원리를 많이 고려하여야 할 것이다. 바꾸어 말해, 이를 위해서는 건물설계시 시뮬레이션 등을 통해 에너지 및 열환경에 대한 사전 검토 등이 필요할 것이며, 현재 개발 되었거나(트롬울, 투과형단열, 아트리움, 자연채광활용) 더 낡은 시스템을 개발할 경우 이를 건축설계시에 반영하여 건축적인 방법으로 자연 에너지를 최대한 활용할 수 있도록 하여야 할 것

이다.

설비형은 집열기·펌프·축열조를 갖춘 것으로서, 가정용 태양열 급탕시스템 등이 열거될 수 있다. 이 방식으로서 가장 널리 사용되고 있는 것은 平板型 集熱器이다. 이것은 단열재를 전체적으로 붙인 케이싱, 선택흡수막 또는 흑색 도장을 칠한 집열판, 그리고 개구부·창유리 또는 플라스틱 등의 투과재로 구성된다. 이 형식은 구조가 비교적 간단하고, 30 90 C 전후의 집열온도에서 주택의 급탕과 난방용에 사용된다. 한편, 사무소건물·병원 등의 태양열시스템에서는 급탕·난방 외에 흡수식냉동기 등을 이용하여 냉방도 할 수 있으므로, 이 경우 평판형 집열기로는 용량이 부족하므로, 高溫集熱이 가능한 진공 유리관형 집열기가 사용된다. 이것은 투명한 유리 관내에 집열판을 수납하고, 유리 관내를 진공으로 하여 단열 성능을 높게 한 것으로 60 105 C 정도의 고온집열을 할 수 있도록 한 것이다. 또한, 일사뿐 아니라 대기의 열을 이용해 구름 낀 날과 비오는 날에도 이용이 가능한 시스템도 연구되고 있다.

이 외에도 근년에는 태양열이 여러 가지 시스템에서 이용되며 다양화하고 있다. 예를 들면, 海水를 淡水化하는 造水·淡水化 시스템, 소방 탱크의 加溫에 태양열을 이용하는 하수처리 시스템, 기타 식물공장·목재건조 시스템 등이 열거될 수 있다. 태양열시스템은 실용화가 대체로 빠르게 이루어져 왔지만, 열에너지로서의 이용이 어렵기 때문에 반드시 널리 보급되고 있다고 말하기는 어렵다. 이런 의미에서 다음 절에서 기술하는 太陽光 發電과의 병용을 생각하는 것은 태양에너지의 총합적 이용이라는 관점에서 의미가 있다. 이에 대한 연구 중 한가지가 하이브리드·패널(Hybrid panel)의 연구인데, <Table 2>에 光

·熱 하이브리드·패널의 원리와 특징을 나타낸다.

한편, 태양열 시스템의 수명은 10년이상, 투자 회수기간은 약 2년 정도 라고도 하며, 100℃ 정도 이하의 에너지를 얻기에는 충분한 것으로 알려져 있다. 또한, 지구 환경문제로 대두되고 있는 CO₂, SO, NOX 등의 발생 억제에도 공헌하고 있다. 그러므로, 태양열 시스템은 지금까지 알려진 단순한 에너지 절약 기기로서 뿐만 아니라, 지구환경문제를 배려한 에너지의 유효이용이라고하는 관점도 고려해야 하기 때문에, 공학적으로는 엑서지(Exergy, 유효에너지) 활용시스템을 구축하여야 하는 과제가 대두하게 될 것이다. <Table 3>에는 우리나라에서 태양열 이용 개발을 목표로 해서 추진하고 있는 단계별 세부 개발 전략을 나타내고 있다.

2) 太陽光 利用 및 發電시스템

太陽電池의 역사는 1839년 光起電力효과의 발견(A. H. Becquerel)으로 거슬러 올라갈 수 있다. 1949년에는 오늘날의 태양전지의 기초가 되는 PN접합 이론의 발견(W. B. Shockley)이 있었으며, 1958년에는 미국의 인공위성(Vanguard I)에 태양전지가 탑재되었다. <Table 4>의 태양전지 재료와 그 특징에서 나타난 바와 같이, 태양전지로 사용되는 반도체 재료에는 실리콘(Si)과 비화갈륨(GaAs)등의 화합물이 있다. 현재, 주류는 실리콘이지만 동일 실리콘에서도 그 제조 방법에 의해 單結晶·多結晶·非晶質(Amorphos)이 있다. 태양전지의 제작 방법은 재료에 따라 여러 가지 방법이 있다. 단결정 실리콘 태양전지의 제조 방법은, 원료인 규석으로부터 실리콘 웨이퍼(Waper)를 만들고, 다시 웨이퍼로부터 태양전지(Solar Cell)를 만든 다음,

Table 2 光·熱 하이브리드의 원리와 특징

방식	원리	장점	단점
액체 집열 방식	平板型	<ul style="list-style-type: none"> · 패널구조가 단순 · 급탕/난방의 사용에 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> · 액체누설 발생의 가능성이 있음 · 누전대책이 필요
	集光型	<ul style="list-style-type: none"> · 적은 태양電池面積으로 대부분의 전력수집이 가능 · 高温集熱이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 액체누설 및 누전대책이 필요 · 散亂光에서는 集光效果가 적고, 태양추적 장치 필요
공기집열 방식 (평판형)	태양전지로 전력을 수집하고, 전지 하부의 집열기 내의 열매체(공기)에서 열을 수집.	<ul style="list-style-type: none"> · 패널구조가 단순 · 신뢰성이 높다(액체누설과 누전대책이 불필요) · 열매체 비용이 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 공기의 반송동력이 크다 · 급탕용으로 사용하기 어렵다
Spectral Split 방식	Frenel Lens로 모은 빛을 Filter로 分光하고 태양전지의 光電變換에 관계하는 파장영역만을 照射시켜 發電시킴. 열은 Filter 자체 또는 Filter에서 反射시켜 集熱.	태양전지의 불필요한 온도상승을 방지하고, 고효율의 發電이 가능	Filter의 개발장치의 실용화가 최대의 과제

Table 3 국내 태양열 개발의 단계별 전략

前단계 (~'91까지 실적)	제 1 단계 ('92~'96)	제 2 단계 ('97~2001)
<ul style="list-style-type: none"> · 핵심 요소 기술 <ul style="list-style-type: none"> -저온집열기 제작기술 -축열장치 설계 기술 · 태양열 이용 기술 <ul style="list-style-type: none"> -온수기 설계제작기술 -흡수식 냉난방 기술 -농산물 건조기 개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심 요소 기술 <ul style="list-style-type: none"> -저가고효율(60%)집열기 -축열장치/계절축열기반 · 건물의 태양열 이용기술 <ul style="list-style-type: none"> -급탕/난방 기술 상용화 -채광/냉난방기술 실용화 · 태양열 이용 기반 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심 요소 기술 <ul style="list-style-type: none"> -고온고효율(55%)집열기 -계절 축열기술 실용화 · 건물태양열 복합이용기술 <ul style="list-style-type: none"> -냉난방 기술과 빌딩적용 · 태양열 이용 기술 실용화 <ul style="list-style-type: none"> -MW급 태양열 발전

태양전지를 複數로 結집시켜 모듈(Module)을 만드는 세 단계로 이루어진다.

한편, <Table 5>에서의 태양전지 생산량에서 보여주는 바와 같이, 1992년 세계 태양전지 생산량은 1985년의 약 2.5배인 57.9MW로

착실한 신장을 나타내고 있다. 이것을 나라별로 살펴보면, 일본 및 미국의 생산량이 전체의 약 1/3 정도를 점유하고, 나머지를 歐州 諸國에서 차지하고 있다. 또한 태양전지의 종류별로는 단결정 실리콘·다결정 실리콘·非晶

Table 4 太陽電池 재료와 그 특징

태양전지의 종류	변환 효율	신뢰성	기 타	용 도
실리콘 <ul style="list-style-type: none"> 결정계 <ul style="list-style-type: none"> 단결정 다결정 비정질계(Amorphos) (실리콘, 실리콘 합금) 	◎	◎	풍부한 사용 실적	지상·우주용
	○	◎	대량생산에적합	지상용
	△	△	螢光燈 아래에서 비 교적 좋게 동작	가전제품, 지상용
화합물 <ul style="list-style-type: none"> 단결정(GaAs계) 박막형 (CdS, CdTe, CuInSe₂ 등) 	◎	◎	무겁고, 깨어진다	우주용
	△	△	자원 양이 적고 공해 물 질을 포함한다	가전제품, 지상용

질 실리콘의 순서로 많고, 각각 전체의 1/3 정도씩을 차지하고 있다. 일본의 경우 1992년 태양전지 생산량이 18.8MW이며, 종류별로는 비晶質 실리콘이 58%를 차지하고, 다음에 단결정 실리콘·다결정 실리콘의 順으로 되어 있는데, 이 중 民生用的 비晶質 실리콘이 큰 몫을 차지하고 있다. 또, 전력용의 결정계 실리콘은 대부분이 수출되고 있기 때문에, 일본 국내에서의 전력용으로 사용되는 태양전지는 얼마 안되는 것으로 보고되고 있다.

Table 5 太陽電池의 생산량 [MW]

국가	1985	1986	1988	1990	1992
일본	10.3	12.6	12.8	16.8	18.8
미국	7.7	7.1	11.3	14.1	18.1
유럽	3.4	4.0	6.7	10.2	16.4
기타	1.4	2.3	3.0	4.7	4.6
합계	22.8	26.0	33.8	46.5	57.9

그리고 태양전지와 태양광 발전 시스템의 개발상황에 대해서 설명해 보면, 우주용 태양전지는 내방사성·고효율·고신뢰성이 요구된다. 현재 일본의 우주개발사업단(NASDA)

에서 사용되는 우주용 단결정 실리콘 태양전지인 경우 50 μ m의 두께로 변환 효율 14.3%인 경량화된 태양전지가 실용화되고 있다. 그리고, 변환효율 17%를 목표로 연구 개발을 진행하고 있다. 지상용 태양전지는 웨이퍼의 대형화·고효율화·고신뢰성화·量産化·저가격화가연구 개발의 포인트라고 한다.

다음, 태양전지가 일반 가정에 최초로 적용된 예를 일본의 경우에서 살펴 보면, 쏘라·에어컨(Solar Air-Con)을 들 수 있다. 이 시스템은 “태양전지”와 “가정용 냉난방 인버터 에어컨”, 또 그 兩者를 연결함과 함께 일사량과 에어컨의 소비 전력에 맞추어서 태양전지 출력을 최대 한도로 내는 제어 기능 등을 갖는 “인터페이스·회로”로 구성된다. 이 시스템에서는 맑은날에는 하루 에어컨 소비 전력의 약 60% 이상, 연평균 약 40%를 태양에너지로 공급해 줄 수 있다. 이외에 일반 가정에 도입이 기대되는 것으로서 주택용 系統 連繫型 太陽光 發電시스템이 있다. 태양광 발전은 그 출력이 일사량 등에 좌우되므로 안정되게 발전할 수 없으며, 發電과 전력소비의 패턴이 항상 일치하고 있다고 하기도 어렵다. 따라서,

전력 회사의 配電線으로 태양광 발전 시스템을 공급하는 것(系統連系)에 의해, 發電量이 적은 경우에는 부족분을 전력 회사에서 받을 수가 있다. 한편, 發電量이 많은 경우에는 잉여분을 전력 회사로 보내는 것(逆潮流)도 가능하다. 이 시스템의 중심을 구성하는 것이 “系統連系 인버터”이며, 이것은 태양전지의 직류를 교류로 변환해 일반가정내로 전력을 공급함과 함께, 잉여 전력이 있는 경우에는 전력 회사로 보낸다(逆潮流). 그러므로, 夏季·晝間의 전력 피크·컷(Peak-cut)을 위해서도 이 시스템이 적극적으로 도입되어야 할 것으로 사료된다.

(Table 6)은 국내 태양광 발전의 개발 목표인 低價 태양 전지 국산화, 효율 향상, 量産體系 구축, 이용기술, 수요개발, 상품화를 통한 보급 확대와 수출 기여를 위한 단계적 세부개발 전략을 나타내고 있다. 이러한 전략하에서 정부 출연 연구소를 비롯한 일반 기업에서도 이에 대한 실용화 연구를 추진하고 있다. 최근 국내의 S건설 기술연구소에서는 92kW급 용량의 태양광 발전시스템을 건물 일체형으로 하여 설치하고 있으며 낙도 및 가로등 등에도 이미 적용하여 효과를 거두고 있을 뿐 아니라, 지속적인 실용화 연구 계획에도 박차를 가하고 있는 것으로 알려져 있다.

IV. 風力에너지

風力에너지(Wind Energy)의 이용은 수천년의 역사를 갖고 있으며, 지구 규모에서의 환경문제가 큰 사회적 이슈로 대두되고 있는 요즘 환경에 적합한 청정에너지로서 각광을 받고 있다. 한편으로는, 바람(風)은 에너지 밀도가 적을 뿐 아니라 변동이 심하고 적당한 강도인 경우 이외에는 항상 이용될 수 없는 불안정성이 있는 등의 불리한 면도 있다. 이에 따라, 에너지 집약형인 현대 사회에서 필요로 하는 동력을 실현하기에는 적절하지 못하여 한때는 거의 무시되는 경향도 있었다. 그러나, 1970년대의 두번째 걸친 소위 석유위기 이후, 석유 대체 에너지源으로서의 풍력 등 자연 에너지 이용에 관한 연구가 다시 대두되기 시작했다. 더욱, 1980년대에 들어서면서 자연 에너지의 유효 이용에 대한 토의는 활발하여 전 세계적으로 국가적인 요청이 되어 왔다. 특히, 국내외적으로 300kW급인 중규모 風力發電 장치는 이미 기술적으로도 실용 단계에 들어섰으며, 風力發電이 가장 앞선 나라는 미국의 캘리포니아州로서 1993년말 현재 운전 중인 설비 용량이 190만kW 이다. 한편으로는, 유럽 제국에 있어서도 각국마다 활발하게 풍력발전의 실용화가 이루어지고 있

Table 6 국내 太陽光 發電의 개발 전략

前단계(∼'91까지 실적)	제 1 단계('92∼'96)	제 2 단계('97∼2001)
<ul style="list-style-type: none"> · 太陽電池 제조 기술 - 結晶質 si電池 국산화 (12%, 3500원/wp, 70kW/년) - 新型太陽電池기반기술 · 太陽光 發電 이용 기술 - 주변장치 국산화 - 島嶼이용보급기술확립 - 系統連繫이용기반기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 太陽電池 상용화 - 低價高效率 si電池 量産化 (18%, 2500원/wp, 1MW/년) - 新型 太陽電池 효율향상 · 太陽光 電池 이용 기술 - 주변장치 신뢰성 향상 - 系統連繫型 기술 실용화 - 複合(Hybrid) 이용 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 太陽電池의 상업화 - 低價박막태양전지 量産化 (12%, 1000원/WP, 5MW/년) · 太陽光發電 활용기술보급 - 주변장치의 低價化 - 分散發電플랜트 實證운전 · 응용 제품 개발 보급

다. 2000년의 풍력발전 규모는 미국에서 600만kW, EC에서 400만kW로 합계 1,000만kW로 추정되고 있다.

4-1. 風力에너지의 開發 動向

1) 國內의 風力發電

국내에서 풍력발전 연구가 시작된 것은 1975년도에 한국과학원에서 제작하여 경기도 화성군 엇섬에 설치한 2kW급 풍력발전기가 국내 풍력발전의 효시라고 할 수 있다. 이후 대한항공기술연구소, 한국과학기술연구원과 한국에너지기술연구소 등에서 주로 연구 및 실험을 목적으로 국내에 여러 대의 풍력발전 시스템을 설치 운영하였다. 국내에서의 풍력발전 시스템 설치 용량은 1975년 KAIST에서 주관하여

경기도 화성군 엇섬에 설치한 2kW의 발전을 시발로 90년대 들어와 급격한 성장을 보이며 지금 현재는 전체적으로 약 895kW 용량의 풍력발전 시설이 갖추어져있다. 국내에서는 1990년도 이전까지 單位電源 공급을 위한 소형의 풍력발전기가 연구 개발 및 보급의 주종을 이루었으나, 90년대에 접어들어서는 외국의 풍력발전 기술 개발 추세에 따라 보다 대형화되고 경제성 있는 系統線 連繫用 풍력발전 시스템이 연구 개발되거나 도입·설치되기 시작하였다. 국내에서는 본 사업의 수행으로 新재생에너지 시범 단지에 설치 운영되고 있

는 100kW급과 30kW급, 그리고 한국과학기술연구원이 제작한 20kW급 풍력발전 시스템이 있으며, 이 이외에 국내에서 현재 試運轉中이거나 가동 중인 풍력발전시스템은 1990년도에 (주)한국 풍력발전기에서 미국으로부터 도입하여 전라북도 신시도에 건설한 풍력·태양광 디젤복합발전시스템을 구성하는 20kW급 풍력발전 시스템, 1992년도에 한국에너지기술연구소에 의해 건설된 제주도 중문관광단지의 250kW급 풍력발전 시스템, 한국화이바주식회사가 대체 에너지 기술개발 사업의 일환으로 제작하여 전라남도 무안군에 설치한 150kW급 다리우스형 풍력발전 시스템과 80kW급 Giromill형 풍력발전 시스템 등이 있다.

한편, <Table 7>에는 300kW급 풍력발전과 복합 발전 실용화, MW급 풍력발전 단지 건설 운전을 목표로 해서, 국내에서 추진하고 있는 풍력발전의 단계별 세부 개발 전략을 나타낸다.

2) 海外의 風力발전

① 미국 : 제1차 석유 위기를 계기로 미국의 에너지부에서는 풍력 기술의 개발에 힘을 주려왔다. 한편, 연방정부는 재생 가능 에너지의 보급과 국내 에너지의 다양화를 위해 1978년에 PURPA法(공익사업 규제 정책법)을 제정하고, 獨立系 發電業者(IPP)의 풍력발전·소수력발전 등 소규모 發電 電力을 지역의 전

Table 7 國內 風力發電의 開發 전략

前단계(~'91까지 실적)	제 1 단계('92~'96)	제 2 단계('97~2001)
<ul style="list-style-type: none"> · 風力資源 조사 - 島嶼, 대관령 지역 등 · 20kW 風力發電 施設의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 重型 風力發電施設 실용화 - 50kW급 개발 · 風力試驗團地(200kW)의 조성 	<ul style="list-style-type: none"> · 300kW급發電施設의 상용화 · 디젤등 複合發電 施設의 실용화 · MW급 風力發電團地 건설

기 사업자가 사는 것을 의무화했다. PURPA 法은 IPP에 의한 열병합발전과 소규모 발전을 추진해서 發電의 자유 경쟁화를 지향했고, 그 성과는 해마다 확대됐다. 특히, 풍력발전에 관해서 세계에서 가장 실적을 높이고 있는 캘리포니아주에 있어서, 재생 가능 에너지 발전이 촉진된 배경으로는 우선 세계 우대 조치가 있었다. 연방정부의 신에너지 관련 투자감세(25%)에, 주가 더욱 25% 상승시켰기 때문에, 주내외와 국외로 부터도 IPP가 참가해서 풍력발전 사업을 확대한 것이다. Fig. 3은 1981년 이래 캘리포니아주에 있어서 풍력발전의 확대 상황을 보여주고 있다. 1992년 현재, 同州의 풍력 발전 단지(Wind Farm)에는 19,000대의 풍차가 뿔뿔이 들어서서, 州의 全발전 설비 가운데 풍력 설비는 6%를 차지하고 있다. 또한, 최근의 조사에 의하면 미국 중서부 지역에는 캘리포니아주 이상으로 유망한 風況이 예상되고 있으므로, 금후의 풍력 발전 단지의 건설은 중서부의 諸州에서 활발하게 전개될 것으로 예상된다. 이미 아이오와·노스다코타·네브라스카 등 중서부 9州에서 합계 25만kW, 더욱 북서부 와싱턴州에서도 5만kW분의 풍력 발전 단지의 건설이 예정되고 있다. 이들 州에서는 캘리포니아주와 같은 우대정책은 없지만, 풍력발전 기술의 향상에 의해 경제성이 더욱 높아진 점, 풍력 자원의 부

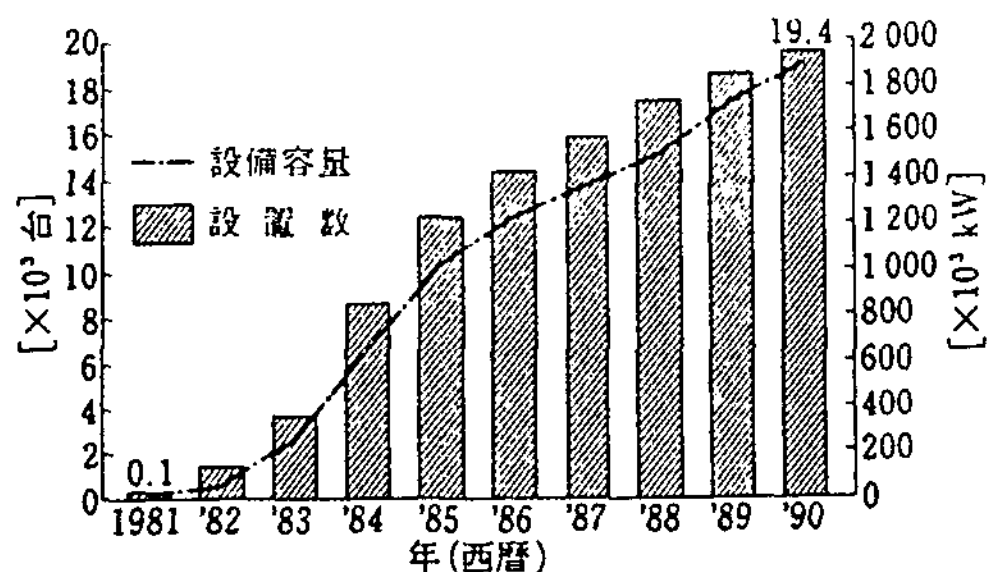


Fig. 3 미국 캘리포니아주의 풍력발전 推移

존량의 정확한 추정과 풍차 건설을 위한 適地의 선정이 가능하게 된 점을 보급 확대의 배경으로 볼 수 있다.

② 유럽諸國 : 먼저, 덴마크의 경우를 살펴 보면, 1891년에 세계에서 최초로 풍력발전이 실용화된 이래, 풍력 개발을 끊임없이 계속해 금일에는 풍력발전 왕국으로 되어 있다. 1992년의 풍력발전 설비는 41만kW로 미국 다음으로 세계 제2위이다. 덴마크의 총발전설비용량은 870만kW

이므로 풍력발전이 4.5%를 차지하는 것으로 된다. 주요 풍력 발전 단지는 13 단지(Site)에 걸쳐 건설되어 있다. 이 나라의 풍력발전 기술의 진보는 놀랄 만큼 훌륭해 이 10년간에 에너지 가동 효율을 2.5배로 높이고, 고장율은 1/40로 낮아지고 있다. 덴마크에서 풍력발전의 성공은 정부와 전력업계의 풍력발전 촉진 정책에 의한다. 우선, 1976년에 덴마크 전기 사업 연합회가 민간(IPP)으로 부터 전력 매입의 우대 조치를 규칙화해서, IPP에서 발생한 잉여 전력은 공공전력망으로 유입(逆潮流)시켜 바람이 불지 않을 때는 公共電力을 사용할 수 있도록 했다. 다음, 1979년에는 정부가 재생 가능 에너지 투자액에 30%의 보조금을 내는 법률을 시행했다. 이것에 의해 풍차 공장은 量産효과에 의해 제조 비용을 저하시키고, 더욱 기술개발에 의해 풍차의 효율도 향상되어 發電費用도 저하됐다. 이에 따라, 풍력발전 시스템의 설치는 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 계속 증가하고 있다.

독일에서는 정부의 연구기술성(BMFT)이 풍력발전의 본격적 추진을 위해 1989년에 “10만kW 풍력발전 계획”이라는 슬로건 하에서, 5년간에 10만kW의 신규 풍력발전의 실현을 목표로 조성을 개시했다. 이 슬로건에는 민간, 전기 사업자 모두가 반향이 커서 900건

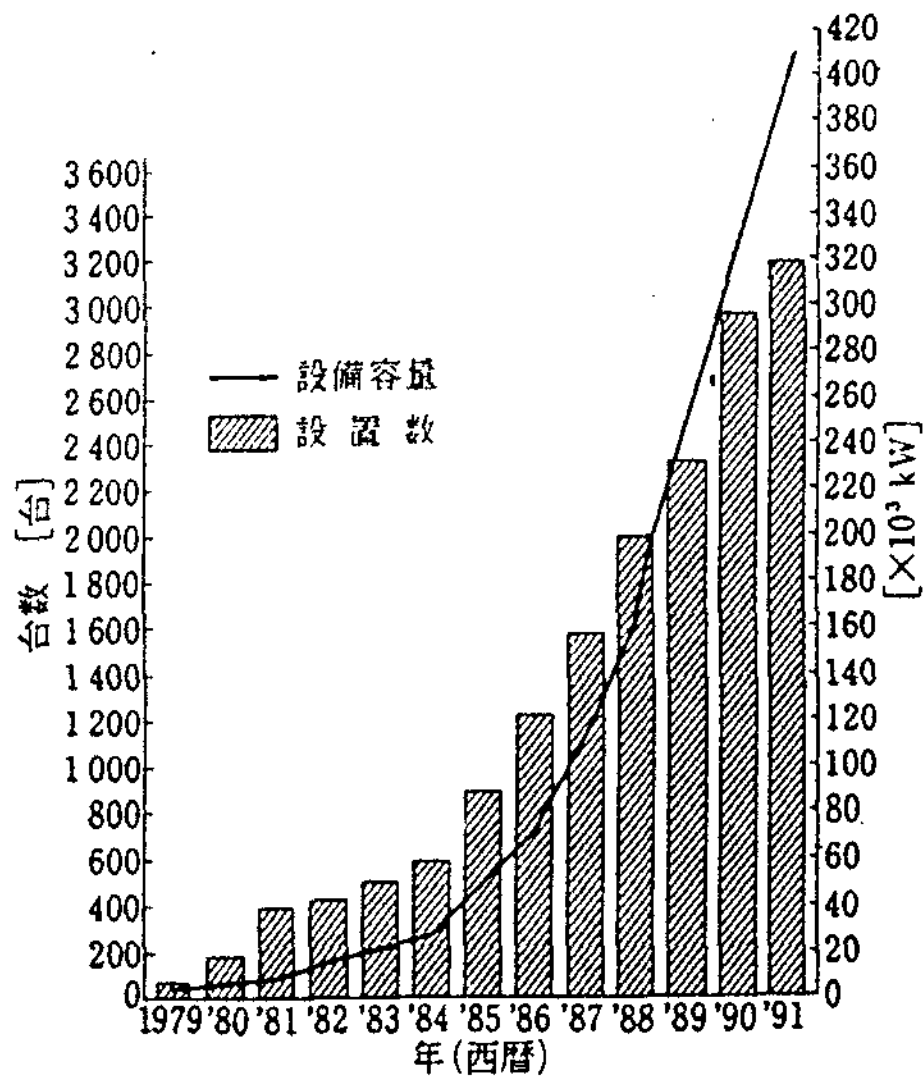


Fig. 4 덴마크의 풍력발전 推移

(풍차1,300기), 발전 합계 출력 14만kW分(1기의 평균 출력 100kW)의 조성·신청이 있었다. 발전 출력의 내역은 민간 82%, 전력 회사 18%였다. 독일 전기사업 연합의 1990년 예측에 의하면, 독일의 풍력 발전량은 2005년에 10억kWh로 예상하고 있고, 금후 더욱 활발할 것으로 예상되고 있다. <Table 8>에는 EC제국의 풍력발전의 실적과 장래 예측을 나타낸다.

Table 8 EC諸國의 풍력발전 [MW]

國名 \ 年	1989	1990	1991	1992	2000
덴마크	254	310	360	400	1000
네덜란드	38	70	100	130	1000
독일	10	40	100	150	500
영국	6	6	15	25	700
스페인	5	9	25	50	300
벨기에	5	5	6	6	50
이태리	2	4	24	30	300
그리스	1	2	6	12	400
EC計	320	445	635	803	4250

한편, 영국에서는 풍력 자원이 1,850억 kWh(年)로 유럽 최대의 풍력자원국이라고 한다. 그 내역은 육상부 450억kWh, Off-shore 1,400억kWh로 산정되고 있다. 이 가운데서, 경제적으로 이용 가능한 양은 전체의 20% 정도이지만, 이 량도 1988년 전체 연간 발전량 3,082억kWh의 12%에 상당한다. 이 정도로 풍력에 혜택을 받고 있음에도 불구하고 개발이 늦어졌지만, 1989년의 전력법의 개정을 기회로 풍력발전의 추진에 여세를 몰아 나가게 되었으며, 2000년까지 70만kW의 설치가 예상되고 있다.

이외에도, 네덜란드, 스웨덴, 이태리, 스페인 등 기타 歐州 諸國에서도 계속적으로 풍력 발전을 개발하고 있다.

4-2. 風力發電 實用化의 課題

풍력발전은 어떤 의미에서 이미 실용화 단계의 문을 넘어선 것으로 평가되고 있지만, 이를 더욱 본격적으로 실용화하기 위해서는 아래와 같은 과제를 극복해야 할 필요가 있다.

①. 풍력 자원 부존 량의 정확한 추정과 풍차 건설을 위한 適地의 선정이 필요하다. 歐美와 같은 풍력발전 이용 선진국에서는 나라마다 정확한 風況地圖(Wind Atlas)를 만들어 두고, '어떤 장소에 어떤 풍차를 건설하면 연간 얼마만큼의 발전량을 기대할 수 있는가?' 라는 정보를 풍차를 건설하려는 희망자가 쉽게 입수할 수 있다. 따라서, 우리 나라에서도 보다 세밀한 風況조사 결과에 기초해서 이와 같은 정밀한 風況地圖를 작성해야 할 것이다.

②. 풍차의 하드웨어와 관련지어, 300 kW 이하인 중소 규모 풍차에 대해서는 제조 및 설치의 표준화와 요소의 모듈화를 시도함과 더불어 운전 기술의 확립도 필요할 것이다.

500kW이상인 대형 풍차에 관해서는 종래의 유리 섬유 강화 플라스틱 대신에 탄소 섬유 강화 플라스틱 등 가볍고 강인한 날개(Blade) 재료의 채택, 풍차 날개의 운전역인 낮은 레이놀즈(Re)數 영역에서도 고성능을 발휘할 수 있는 풍차 날개 전용 날개의 개발, 高性能 低騒音 増速齒車機構의 개발 및 저회전·고성능 발전기의 개발 등이 필요할 것이다.

③. 풍차 시스템 운전의 소프트웨어에 대해서는, 종래부터 이용된 풍차의 定回轉 운전 방식에 대처하고, 변동 입력으로서의 바람의 강도에 따른 可變速 운전 방식의 확립도 바람직하다. 바꾸어 말하면, 이 방식이 확립된다면 관성이 큰 대형 풍차를 일정 회전시키는 강인한 제어는 피하고, 풍속에 따라서 임의의 회전수로 회전시킬 수 있으며, 발전기 출력은 界磁變調方式 등에 의해 전압변동·주파수변동 등을 電子技術的으로 허용범위내에서 수납할 수 있고 또한 고효율 발전도 가능하게 되는 것이다.

④. 또 한가지, 풍력발전의 보급을 방해하고 있는 요인으로 높은 發電費用을 들 수 있는데, 이의 극복이 무엇보다도 해결해야 할 시급한 과제일 것이다.

V. 水力에너지

근년에 지구 온난화 문제·산성비 등의 지구 환경 문제가 대두되면서 CO₂ 등을 발생치 않는 무공해 에너지(Clean Energy)인 水力發電(Hydraulic Power Generation)의 가치가 예상되고 있다. 세계적으로 개발 가능한 수력 자원의 약 80%는 未開發이며, 이 가운데서 약 2/3는 에너지 수요의 급증이 예상되고 있는 발전도상국에 부존하고 있다. 1차 에너지 공급의 대부분을 해외에 의존하고 있는 우리

나라로서는 세계 에너지 需給의 안정과 지구 환경문제에의 적극적인 공헌을 강구해야 할 것이다. 本稿에서는 大水力 보다는 小水力을 위주로 해서 간략히 기술하기로 한다.

5-1. 國內 小水力 發電의 開發 現況

우리나라에서 수력발전이 시작된 것은 1905년 평북 운산광산에 자가용 수력발전이 설치되면서부터이며, 이후 1912년 원산 수력발전이 최초로 설립되면서 1996년 현재 88년의 역사를 갖고 있다. 우리 나라의 발전설비는 1960년대 초반에는 약 40만kW 정도 였으나, 최근에는 2,100만kW에 이르러 불과 25년 만에 괄목할 만한 성장을 가져왔다. 국내에서 소수력 자원을 활용코자 한 것은 1차 석유 파동 이후로서 1978년 강원도 안흥에 설비 용량 450kW의 시범 소수력 발전소를 건설하여 현재 가동 중에 있다. 동력자원부에서는 “소수력 개발 방안(1982. 3)”을 마련하여 민간인에 의한 소수력 개발의 참여를 유도하게 되었다. 또한 에너지 자립도 향상 및 대체 에너지 개발을 위해 정부에서는 “대체 에너지 개발 촉진법(1987. 12)” 및 “同法 시행령(1988. 5)”을 제정 공포하고 정부 주도로 대체 에너지로서의 소수력 개발에 관한 연구를 적극 지원하게 되었다. 小水力 發電所는 현재까지 12개소가 가동 및 건설 중이며 설비 용량은 25,140 kW로써 부존자원이 부족한 조건하에서도 이와 같이 소수력 개발이 활발치 못한 이유로는 소수력발전소의 경제성이 취약하였기 때문이었다.

小水力의 大水力에 대한 상대적인 장점을 들면, 비교적 계획·설계 및 시공 기간이 짧은 점, 값싼 설비를 포함한 투자 비용이 낮은 점, 주위의 인력이나 자재를 이용하여 설치하기가 쉬운 점, 개인이나 기업을 통한 투자 참

여를 유도하기 쉬운 점, 지역 자금의 참여 및 운용을 통한 지역개발 효과를 얻기 쉬운 점, 예상치 않은 돌발 사고에 대한 유연성이 있는 점, 사회적 이점 및 환경 피해를 보다 적게 할 수 있는 점 등을 들 수 있다.

소수력 자원의 평가는 1970년대초 1차 석유 파동 이후 1974년 과학기술처와 원자력 연구소에서 '소수력 발전 입지 조사'를 수행하였다. 이 당시의 평가는 국내 개발 가능 자원량 평가가 목적으로 圖上檢討에 의해 후보지를 선정하여 개발 용량을 결정하는 평가였으며 결과는 <Table 9>에 나타낸 바와 같다. 또한, 2차 석유 파동 이후 소수력 개발의 필요성이 부각되면서 동자부에서 발표한 "소수력 개발 방안"에 의해, 일반 개인이나 업체에 의한 소수력 개발 참여를 유도하였다. 이어서, 소수력 부존자원의 재평가·실제 개발 위치 및 개발 우선 순위를 정하기 위한 타당성 조사 연구가 1982년부터 1984년까지 한국동력자원연구소에 의해 수행되었다. 이 조사 연구에서는 개발 가능 후보지를 圖上에서 추출하여 개발 용량을 평가한 후, 이 결과로서 개발 가능성이 있는 후보지를 선정하여 현장 실측을 수행하고 실측된 자료는 기술적인 계산 및 충분한 검토를 거쳐 개발 용량을 결정하여 각 후보지

에 대한 투자비를 계산하고 편익·비용계산 (Benefit-cost Analysis)을 통해 경제성 분석을 수행하였다.

이와 같은 정부의 소수력개발 활성화 방안이 발표된 이후, 국내의 건설업체·엔지니어링 회사 및 개인 사업자들에 의해 소수력 발전소들이 상당히 많이 건설되어 운영되어 왔다. 1990년 현재 운영되고 있는 소수력 발전소 현황은 현재 건설 중인 영월(2,800kW)과 덕송(2,00kW)을 포함하면 민간 업체에 의한 소수력 발전소는 총 12개소로서, 전체 설비용량은 25,140kW이고 발전소 1개소당 약 2,100kW의 전력설비 용량을 가진다. 發電所의 설비이용율은 한전에서 운영하는 4개의 소수력발전소(괴산, 안흥, 추산, 보성강)의 경우는 평균 44.5%이고, 포천 소수력 발전소와 정읍 소수력 발전소를 제외한 민간 소수력 8개소의 '89, '90년도의 평균 설비이용율은 43.4%로서 운영 상태는 좋은 것으로 나타났다.

5-2. 國內 小水力 發電의 課題와 展望

小水力 發電은 大水力에 비해 경제성이 좋지 않고 국내에서는 아직도 大水力 개발 입지가 산재하고 있다는 등의 이유로 그 동안 개발이 활발치 못하였으나, 1970년대 이후의 두 차례 석유 파동과 油價의 불안정이 예견되는 등 현 시점에서 他 대체 에너지보다 각광을 받는 사업이라 할 수 있어 이에 대한 재평가가 이루어져 왔다. 정부에서는 대체 에너지로서 소수력 자원을 개발하기 위하여 <Table 10>에 나타낸 중장기 계획에서와 같이, 1995년도를 실용화 목표 연도로 설정하여 소수력 발전 시스템에 대한 국산화와 표준화를 도모함으로써 보다 경제성 있는 시스템 개발을 위해 노력하고 있다. 그러나, 대체 에너지로서 소수력 개발을 활성화시키고 경제성 있는 시

Table 9 國內의 小水力 賦存資源量

道別	地點數	총발전용량(kW)
경기	114	23,895
강원	869	259,809
충북	208	71,835
경북	584	110,570
경남	254	46,943
전북	156	27,370
전남	106	17,020
계	2,400	582,509

Table 10 國內 小水力 發電의 개발 전략

前단계(~'91년까지 실적)	제 1 단계 ('92~'96)	제 2 단계 ('97~2001)
<ul style="list-style-type: none"> · 小水力 資源의 정밀 조사 -116개 유망후보지 선정 · 2kW급 低落差 水車 개발 -落差 2m 이내 	<ul style="list-style-type: none"> · 水車 國産化와 시설 自動化 · 小水力發電 과학적 운영 -시범 小水力 發電所 지정 운영 	<ul style="list-style-type: none"> · 小水力 發電 시설 표준화 -最適 發電 설계 기술 확립 · 最適 運營技法 및 生産電力 이용 모델의 표준화

시스템으로 유도하기 위해서는, 국토와 자원 개발이라는 장기적인 안목에서 정책적인 배려가 필요하며, 정부·개발자 및 관련 연구기관 등이 삼위일체가 되어 다음과 같은 사항들을 先決하여야 할 것이다.

①. 소수력 자원의 事前 타당성 조사 철저로 자원의 최대활용과 경제성 향상방안을 강구한다.

②. 水車發電 시스템의 국산화·표준화로 투자비 감소, 외화 절감과 국산 부품의 활용으로 유지 관리비를 감소시키고, 일체형 자동화 시스템의 개발 및 실용화로 인건비의 경감을 도모한다.

③. 이용 가능한 기존 灌溉用 댐의 小水力 資源化 등을 도모함으로써 공해가 전혀 없는 청정한 에너지로서 국내의 부존 자원인 소수력 개발에 총력을 기울인다.

④. 수력발전에 대한 지역 주민을 위시한 국민 이해를 촉진시키기 위하여, 지역 주민을 위주한 국민에 대해서 수력발전의 특징 및 개발의 필요성에 대해 충분히 이해시키는 것이 필요하고, 정부 및 전기 사업자를 통한 정보 제공 등 홍보 활동의 한층 적극적이고 동시에 효율적인 실시가 필요하다. 바꾸어 말하면, 수력 개발에 대해서 교육 관계자에 대해 적절한 정보 제공이 이루어짐과 더불어 PR관·發電所 등이 열린 교육의 場으로서 활용될 필요가 있다. 또한, 국민의 이해를 깊이 함과 더불어 수력발전 관계자의 의욕 향상을 시도

하는 관점에서 수력 개발과 관련된 공로자 표창 제도의 창설 등과 같은 제도에 대해서도 검토할 필요가 있다.

⑤. 수력발전 立地地域의 총합적이고 동시에 지속적인 향상·발전을 도모하고, 정부 및 전기 사업자에 의한 地域 共生型(예를 들면, Community Center 등 생활환경시설, 공원, 캠프場 등 관광·문화관련시설의 정비 충실) 發電所의 실현 등, 지역 진흥을 위한 諸 방책의 충실·강화에 대해서 검토할 필요가 있다.

⑥. 수력발전의 개발에 있어 필요한 하천법·삼림법 등 관련 법령에 기초한 제 수속의 한층 원활화를 도모하기 위해, 관계 부처를 포함한 총합적인 검토가 이루어 질 필요가 있다.

VI. 地熱에너지

6-1. 地熱發電의 現況과 歷史

地熱에너지(Geothermal Energy)란 火山으로부터 천연증기를 추출하거나 또는 지하의 高溫岩 로부터 인공적으로 고온 증기를 추출하여 發電에 이용하도록 하는 방법으로서, 전자를 地熱發電(Geothermal Power Generation), 후자를 高溫岩 發電(Hot Dry Rock Power Generation)이라 한다. 地熱에너지가 갖고 있는 특징으로서는 그것이 고갈되지 않는 재생 가능 에너지인 점, 기술적으로도 실용화되고 있고 개발 위험의 극복과 개발비의

低減 등에 의해 더욱 이용 확대를 기대할 수 있는 점, 매연과 분진의 발생이 없고 CO₂ 발생이 적으며 지구 환경에 적합한 에너지인 점, 發電 이외에도 熱水의 이용 등에 의해 농업·수산업·임업·관광 등 폭넓은 분야에서 다목적으로 이용할 수 있고, 지역의 진흥 등에도 역할을 맡을 수 있는 점 등을 들 수 있다. 이에 따라, 지열에너지는 에너지의 안정 공급·환경면에서 시대의 요청에 부응하는 청정 에너지이다.

세계에서 최초로 地熱發電이 시작된 것은 1940년 이탈리아에서 천연증기를 이용해서 3/4 마력의 발전기를 운전시켜 5개의 電燈을 켜던 것이었다. 세계적으로는 1990년 12월 현재 총 설비 용량이 601만kW이고, 각 나라별로 살펴보면 미국이 284만kW, 필리핀 89만kW, 멕시코 70만kW, 일본 27만kW로 되어 있다.

6-2. 高温岩 發電의 開發 動向

고온암체발전은 고온의 岩盤에 물을 주입해서 증기를 취출하여 發電에 이용하도록 하는 방법으로서, 1970년대 초에 미국의 로스·알라모스(Los Alamos) 국립 연구소에서 최초로 고안하였다. 同 연구소는 뉴멕시코州에서 火山의 中腹에 위치해 있고, 땅속에 있는 화산의 열을 이용하는 연구를 생각했다. 그 방법은 Fig. 5에 나타낸 바와 같이, 우선 지구 내부에 있는 고온의 암반을 보일러 대신으로 인공적인 틈을 여러 층 갖게 한다. 여기에 물을 주입해서 "燒石에 물"의 원리로 인공적으로 증기를 만들고 發電에 이용한다고 하는 간단한 發電方式이다. 이 방식을 실용화하기 위해서는, 고온의 암반을 지표로부터 효율 좋게 탐색하는 기술, 고온의 암반까지 깊게 굴삭하는 기술, 굴삭한 우물의 여러 개의 곳에 넓은 틈을 만드는 기술, 연속해서 물을 주입해 증

기를 추출하는 기술 등이 필요하게 된다. 이들의 연구는, 미국, 일본, 영국, 독일, 프랑스 등의 선진국이 각각 독자적인 구상으로 진행하고 있다.

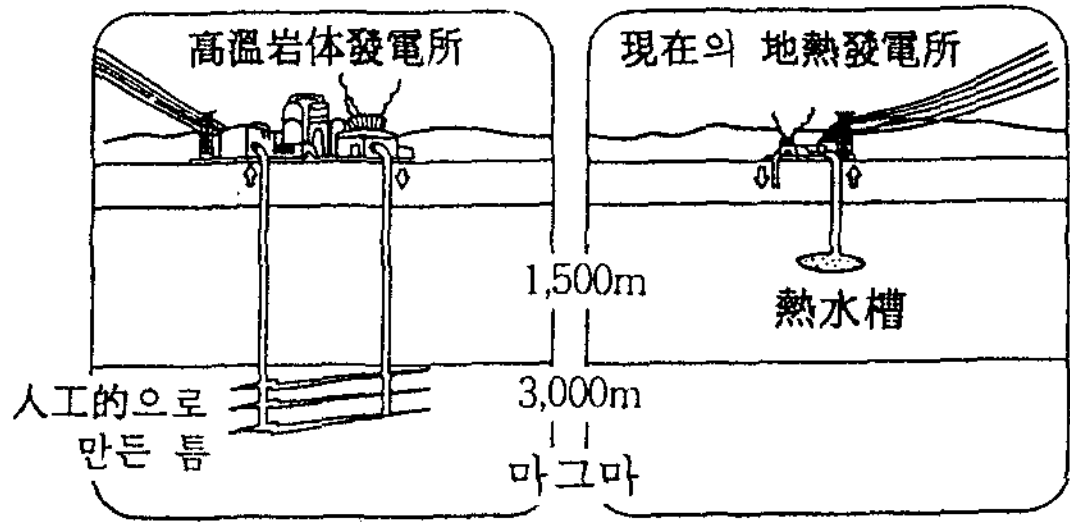


Fig. 5 地熱 發電의 概念圖

독일의 고온 암체 발전에 관련된 연구는 미국과 공동으로 로스·알라모스에 설치한 고온 암체 발전 설비의 경우 연간 5MW의 에너지를 발생시켰다. 또한 독일 프랑스는 공동으로 "Soulz-sous-Forets 프로젝트" 등을 중심으로 활발한 연구를 하고 있다. 일본에서는 1991년 여름, 전력중앙연구소가 秋田縣雄勝町에 설치한 실험장에서, 지하 1,000m에 있는 230℃의 高温岩盤속에 동경 돔(Tokyo Dome) 10개분의 넓이에 상당하는 갈라진 틈을 제작하는 데 성공한 것을 시발로 1992년 여름에는 독자적으로 多重 틈 조성법을 세계 최초로 고안해 성공을 거두었다. 이는 CRSP法(Casing Reamer & Sand Plug)으로서, 하나의 구멍으로 깊이를 바꾸어 2개소에 틈을 만드는 방법이다. 1993년에는 보통의 우물로부터 물을 주입해, 고온의 암반속에 만든 틈을 통과시켜 만든 증기를 써서 소규모 發電도 실현하여, 21세기에 대한 이 發電方式의 실용화도 가능하게 하고있다. 세계적인 화산국의 하나인 일본의 경우 3,000m정도 굴삭하면, 發電에 이용할 수 있는 岩盤온도 300℃ 이상의 地点이

200개소 정도 존재하고 있다. 또한, 지하를 000m 파면 온도가 평균의 3배인 100℃ 이상으로 되는 地熱地域이 일본에 대략 22개소 정도 있다. 이들 지역을 깊이 4,000m까지 굴삭해, 그 중 2,000m이하의 200~400℃인 암반의 열에너지를 전기에너지로 바꾸는 것이다. 계산결과에 따르면, 평균 온도 300℃인 암반이 1km³이면, 15년간 연속해서 4.8만 kW의發電이 가능하다고 한다.

한편, 일본의 전력중앙연구소에서는 4개 전력 회사와 연합·구성한 위원회를 만들어, 熱水를 지역에서 활용하는 방법을 검토하였는데, 이 위원회에서는 “21세기의發電所는地域과의共生型이어야 한다.”라고 하는命題를 내걸고 “地熱理想郷(Geothermopia)”의 구상을 제안했으며, 이理想郷을 북극·남극·섬에 창조하기 위한 계획서(Idea)를 제출했다. 예를 들면, 熱水를 이용한 溫水 Pool과 열대 식물원 등의 레저(Leisure)지역, 온실 농장 등의 생산지역, 의료지역, 거주지역 등을發電所 주변에 설치한다. 고온암체발전은 많은 이점을 갖고 있으므로, 세계적으로 서로 경쟁적으로 연구를 진행하고 있다. 각국이 갖는 곤란한 과제를 효율 좋게 해결하기 위해, 國際 高溫岩發電 회의(Forum)이 1991년에 유럽에서 개최하고, 제2회를 1993년에 일본, 제3회를 1995년에 미국에서 개최할 것을 결정하였다. 한편, <Table 11>은 우리나라에서 地熱에너지 이용기술의 실용화와 高溫岩體發電의 타당성

등 자원조사의 개발 목표를 위한 세부 전략을 나타낸 것이다.

VII. 海洋에너지

대체 에너지원이라고 하면 주로 태양열·지열·풍력 등이 생각될 수 있지만, 21세기 에너지源으로서 海洋에너지(Ocean Energy)는 빠트릴 수 없는 중요한 에너지源일 것이다. 해양은 태양에너지의 가장 큰 집열판인 동시에 저장시스템이다. 그 양은 방대하여 이 에너지의 0.1% 만이라도 전력으로 변환할 수 있다면, 현재 전세계에서 사용되는 에너지의 약 5배에 달하는 에너지를 공급할 수 있을 것이다. 海洋에너지에는 해양에서 上下의 온도차에 의한 海洋熱에너지, 波力에너지, 潮力에너지 및 海流에너지가 있다. 이와 같은 해양에너지가 갖고 있는 특징으로서는 그것이 태양에너지와 함께 未이용 자연 에너지이며 재생 가능하다는 점, 자연 환경에 공해를 배출하지 않는 청정 에너지라고 하는 점, 에너지 자원이 풍부하다는 점 등을 들 수 있다. 그러나, 그 반면에 해양 에너지는 단위 면적당·당위폭당(波力)·단위중량당(海洋溫度差發電)의 에너지 밀도가 적고, 또한 해양 에너지는 시시각각 변동하는 단점도 갖고 있다.

7-1. 海洋溫度差發電의 원리와 개발동향

熱帶 및 아열대 지역 해양의 상층부와 하층

Table 11 국내 地熱에너지의 開發 戰略

前단계(~'91까지 실적)	제 1 단계 ('91~' 96)	제 2 단계('97~2001)
· 마산/창원地域 지역난방 이용 · 地熱資源 조사	· 地熱利用 유망 지역의 조사 - 熱水溫度 95℃ 이상 · 地熱에너지 이용 기반 기술	· 地熱利用 유망 지역의 조사 - 熱水溫度 150℃, 高溫岩 · 地熱 에너지 이용 시설

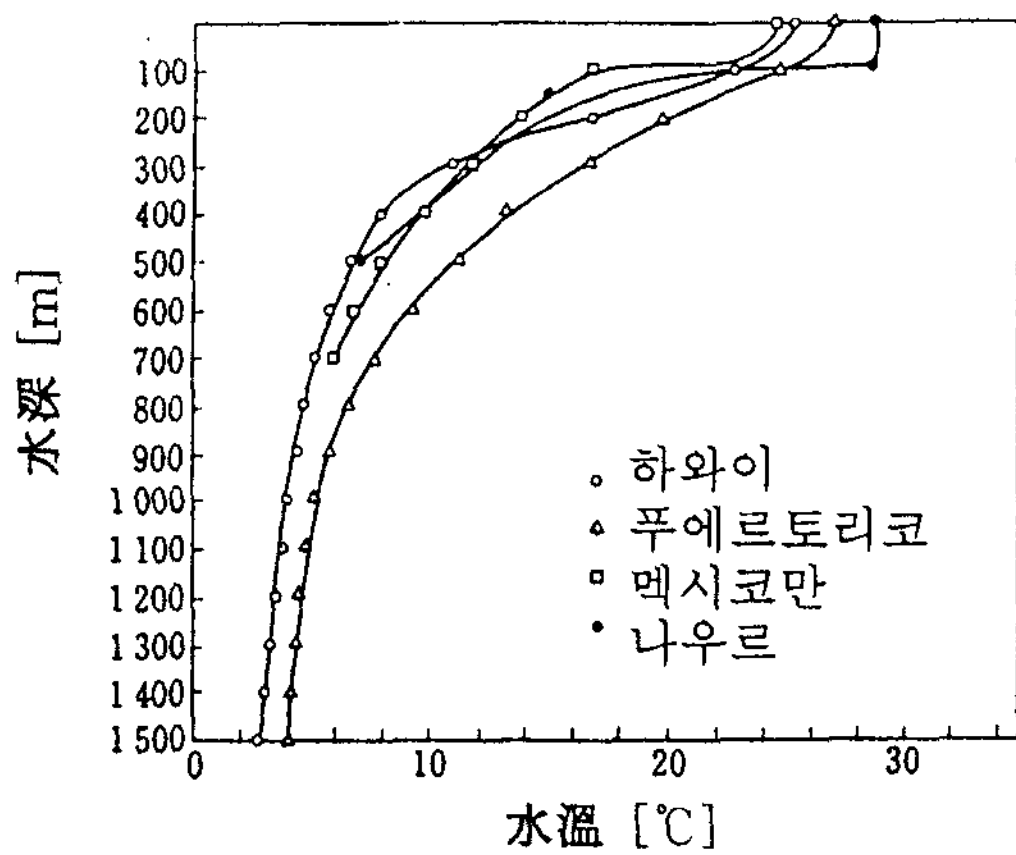


Fig. 6 海水의 온도 분포

부 方向에서 해수 온도 분포를 측정해 보면, Fig. 6에서 보여 주는 바와 같이, 상층부에서는 따뜻하여 20~30°C이고, 표면으로부터 약 700m 깊이인 심층부에서는 차가워서 2~7°C 정도이다. 이 해양 上層部の 溫海水와 深層部の 冷海水와의 온도차에 의한 열에너지를 이용해서 전기에너지를 추출하는 發電시스템을 海洋溫度差 發電(OTEC, Ocean Thermal Energy Conversion)이라 한다. 이 發電方式의 하나인 폐쇄순환식(Close Cycle)방식의 원리를 Fig. 7에서와 같이 그림에 따라 설명하면, ①. 증발기에 작동 유체인 암모니아液을 작동 유체 펌프로 보낸다. ②. 증발기 속에는 다수의 가는 관 또는 얇은 판(이들은 전열면이다)이 들어 있기 때문에, 그 관의 내측에 해수 펌프로 퍼 올린 溫海水를 통과시킨다. 이렇게 하면, 가는 관의 외측에서 암모니아液은 가열되어 비등해서 증발한다. ③. 증발한 암모니아 증기는 암모니아 터빈으로 들어가서 암모니아 증기의 열에너지를 기계적 에너지로 변환해서 암모니아 터빈을 회전시키면서 터빈으로부터 유출한다. 그 때, 터빈에 연결된 발전기에 의해 전기에너지가 발생한다. ④. 한편, 터빈을 통과해 나온 암모니아 증기는 응축기

로 들어가고, 거기에서 冷海水 펌프에 의해 약 700m깊이의 층으로부터 퍼 올려진 冷海水에 의해 냉각되며 액체 암모니아로 된다. ⑤. 이 액체 암모니아를 작동 유체 펌프를 이용해서 다시 증발기로 보낸다. 이 반복을 계속하면, 석유·석탄 및 우라늄을 사용하지 않고 海水로 發電할 수 있는 것이다. 海洋溫度差 發電의 구조는 그림에 나타낸 것 외에도 개방식(Open Cycle)과 하이브리드식(Hybrid Cycle)이 검토되고 있으며, 최근에는 암모니아와 물의 혼합 매체를 이용한 칼리나식(Kalina Cycle)이 주목을 끌고 있다.

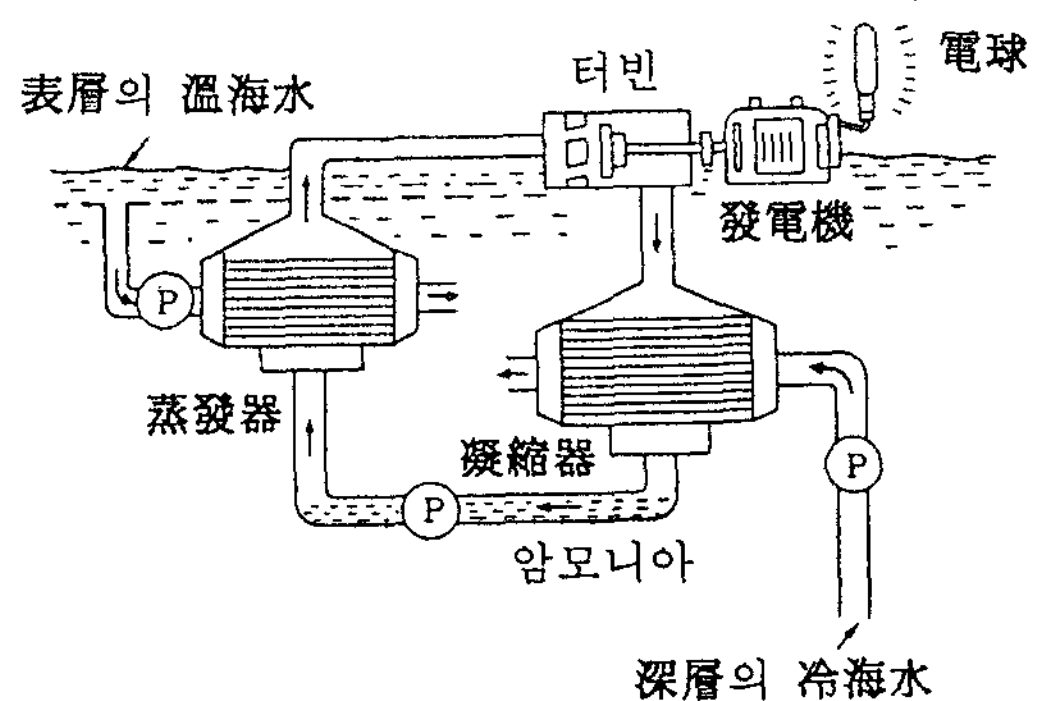


Fig. 7 海洋溫度差 發電의 原理

海洋溫度差 發電開發의 歷史는 1881년 프랑스의 다르손발(J. D'Arsonval)이 고안한 것이 최초이며, 이때는 세계에서 최초의 화력발전소가 생긴 해이기도 하다. 또한, 1883년에는 세계에서 최초인 증기터빈이 스웨덴의 드라발(de Laval)에 의해 제작되었다. 이와 같이, 1880년대의 發電기술을 유치한 것이었기 때문에 다르손발의 고안은 즉각 실현될 수 있었다. 그 후, 역시 프랑스의 클로드(G. Claude)가 이것을 실용화하기 위해 1926년부터 1950년까지 각종 실험을 했지만 실패로 끝났다. 1964년에 미국의 앤더슨父子(J. H.

Anderson & J. H. Anderson Jr.)는 클로드가 이용한 개방식의 결점을 없앤 새로운 海洋溫度差 發電所를 고안해서 특허(USA P. , No. 3312054)를 얻게 되었다. 그 뒤, 1973년의 석유위기 이후 일본과 미국에서 본격적인 연구가 이루어져 왔다.

한편, 최근에도 잇달아 海洋溫度差 發電의 실험 플랜트가 건설되어 실험이 이루어지고 있는데, 이제까지 건설된 實證플랜트들을 나타내면 <Table 12>와 같다.

이와같이 많은 실증플랜트들이 건설되는 추세에 보조를 맞추어 근래 세계 27개국에서 海洋溫度差 發電을 실용화하려는 움직임이 있는데, 이 가운데에서 일본·필리핀·미국·대만·프랑스·영국·스웨덴·네델란드 등은 특

히 적극적인 국가들로 알려지고 있다. 그러나, <Table 12>에서도 알 수 있는 바와 같이, 海洋溫度差 發電은 發電만을 목적으로 해서 건설되기 보다는 에너지의 복합적 이용을 도모하는 것이 경제적으로 훨씬 유리한 것으로 알려져 있다. 이런 관점에서부터, 深層部 海水를 냉방에 이용하기도 하고, 海水의 淡水化와 어패류의 양식에도 이용하도록 하는 시험이 이루어지고 있다.

7-2. 波力發電의 원리와 개발동향

바다의 파도라고 하는 것은 바람이 갖고 있는 에너지가 물에 전달되어 물을 上下로 운동시키기도 하고, 前後로 진동하게 하는 운동의 상태에 의해 형성되는 것이다. 파도를 야기하

Table 12 海洋溫度差 發電의 實證플랜트

Plant	Mini-OTEC	나우르	德之島	佐賀대학	HELH
국명	미국	일본	일본	일본	미국
실험시기(年)	1978~1979	1982~1984	1982~1984	1985년 부터	1993년 부터
장소	하와이	나우르	德之島	伊万里	하와이
정격출력[kW]	50	100	50	75	210
발전소 방식	Float	陸上型	陸上型	陸上型	陸上型
발전소	Close	Close	Close	Close	Open
건설자	Lockheed /Hawaii	TEPSCO /TEPC	九州電力	佐賀大學	PICHTR
溫海水온도[℃]	26.1	29.8	28.5	28.0	26.0
冷海水온도[℃]	5.6	7.8	12.0	7.0	6.0
작동유체	암모니아	R-22	암모니아	암모니아	물
증발기	Plate	管	Plate	Plate	접촉식
응축기	Plate	管	管	Plate	접촉식
냉수관길이[m]	645	950	2300		
냉수관직경[m]	0.61	0.7	0.6	0.4	
正 出力[kW]	18	10	32		40~50

는 源이 되는 바람은 대기의 공기가 태양에 의해 따뜻해지기도 하고 차가워지기도 하기 때문에 생긴 것이므로, 파도도 태양에너지의 일종이라고 한다. 파도 높이는 바람의 상태에 따라 높을 때는 30m에 이르는 것이 있지만, 바람이 없을 때는 0.1m 정도인 것이 보통이다. 波高를 $H[m]$, 周期를 $T[s]$ 로 하면, 폭 1m당 波高는 $P=H^2 \cdot T$ [kW/m]의 식으로 계산할 수 있다. 이 식을 써서 波高를 계산하면, 전세계의 波浪에너지 (Ocean Wave Energy)의 총량은 27억kW에 달한다고 추정하고 있다. 일본인 경우 바다측 해안에서 10~15kW/m, 태평양 해안에서 10~12kW/m, 태평양 외측에서 80~100kW/m의 波力에너지가 있으며, 일본 해안선의 波浪에너지의 총량은 약 3×10^8 kW로 추측되고 있다. 이와 같은 波浪의 역학적 에너지를 전기적으로 변환하는 방식이 波力發電 (Ocean Wave Power Generation)의 원리이다.

이 波力發電 연구의 歷史는 1799년 프랑스에서 개발된 특허로 거슬러 올라갈 수 있으며, 본격적 연구는 海洋溫度差 發電과 마찬가지로 1973년 이후이며, 그 뒤 波力發電과 波浪에너지에 관한 연구와 특허가 수없이 발표되고 있다. 특히, 특허는 1987년을 시점으로 일본, 미국, 영국 그리고 서구에서 총 1,000건을 초과하고 있다. 그러나, 波力發電의 연구를 최초로 또한 계통적으로 시작한 것은 일본의 益田善雄이다. 益田은 1946년부터 지금까지 波力發電의 연구를 하여 수많은 업적을 남기고 있는 데, 세계의 波力發電연구는 益田의 연구를 축으로 하여 전개되었다고 해도 과언이 아니다. 그는 저서 “일본의 波力發電”을 통해 세계의 波力發電의 歷史도 상세히 정리하고 있다. 파도가 갖는 역학적 에너지를 전

기적으로 변환하는 방법 가운데서 지금까지 고안된 것을 살펴보면, 一次 변환 장치에 의해 일단 波浪에너지를 공기압·유압·수위차압으로 변환하고, 二次 변환 장치인 공기터빈·유압모터 또는 수력 터빈에 의해 발전기를 회전시켜 發電한다. 그 외에도 에너지 변환 방법은 여러 가지가 고안되고 있지만, 이들 중 특히 대표적인 것을 Fig. 8에 나타내 설명하면, Fig. 8(a)의 공기터빈식은 파도의 상하 운동에 의해 실린더 내에 왕복 공기류를 발생시켜 공기 터빈을 구동시키고, 往復流를 한 방향으로 整流시키기 위한 整流밸브가 이어지고 있다. 유압식의 일례는 Fig. 8(b)에 나타내며, 힌지(Hinge)로 결합된 複數의 폐[뿔목]의 상대 운동에 의해 유압 펌프를 구동시키는 것이다. 수위차식의 일례는 Fig. 8(c)와 같이, 파도의 운동에 의해 貯水池의 2개소의 逆止밸브

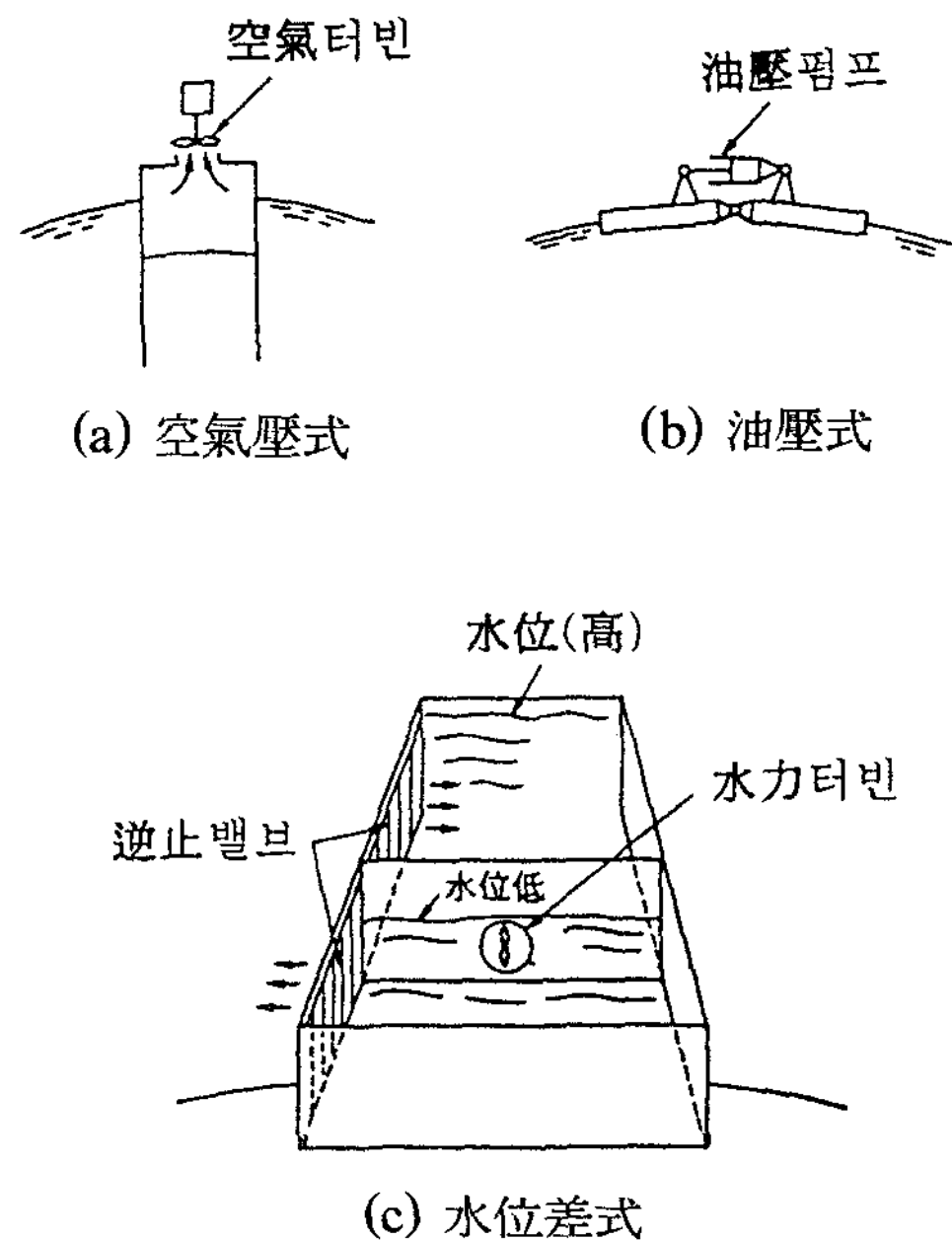


Fig. 8 波力發電의 原理

를 교대로 동작시켜 저수지에서 수위차를 얻고, 수력 터빈을 회전시키는 것이다. 또한, Fig. 9에는 일본 해양과학기술센터에서 제안한 고래(鯨) 모양을 한 "Mighty Whale"이라 부르는 파도에너지 장치를 보여주고 있다. 이것은 浮式의 터미네이터형 波力장치를 재평가한 진동水柱型 파력장치로서, 파도에너지는 공기터빈으로 변환된 후 압축기를 구동시켜서 공기를 압축하는 것이다. 또한, 이 압축 공기를 海中에 설치한 貯氣槽에 비축한 후 內域까지 送氣시키고, 폭기를 위해서는 해저면에 설치된 파이프로 분출시킨다. 이것에 의해, 폐쇄성 內域에 대해서 富營養化 등에 의해 악화된 수질을 정화시키도록 하는 것이다.

한편, 波浪에너지의 개발에 특히 열심인 나라는 일본·영국·중국·노르웨이·스웨덴·미국이다. 또한 아일랜드·남아프리카·인도·포르투갈에서도 개발이 진행되고 있다. 영국에서는 1975년부터 개발이 개시되었지만, 북서 해안의 연평균 波力이 70kW/m라고 하는 조건이기 때문에, 波浪에너지 개발은 국가 프로젝트로 격상되어 아주 방대한 자금이 투자되고 있다. 영국에서는 각종 형식의 것이 발명되어 그것에 대해서 기초적 연구로부터 응용적 연구에 이르기까지 폭넓게 이루어지고 있다.

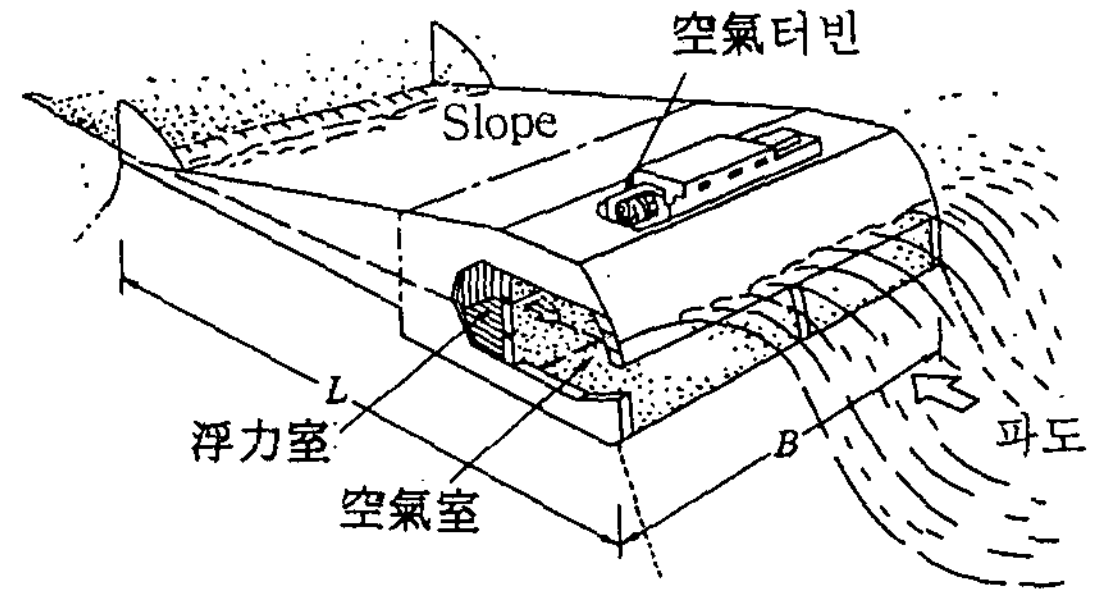


Fig. 9 Mighty Whale

또한, 중국의 경우, 대륙 연안의 해안선이 18,000km에 도달하므로 연평균 波高를 0.7~1m로 하면, 波浪에너지의 총계는 $0.7 \times 1.5 \times 10^8 \text{kW}$ 로 추정된다. 이에 따라 波浪에너지 개발에 열중하고 있으며, 최근 실제의 해상에서 실용화 테스트를 시행했다. 그러나, 波力발전의 최대 문제점은 파도의 變動性으로서, 이 발전 방식을 사용할 때는 전압변동과 주파수 변동에 어떻게 대응할 수 있는가가 관건이 된다. 이를 위해서는 이 변동을 흡수해서 얻는 蓄에너지 시스템의 개발이 필요 불가결이다. 이런 蓄에너지 장치의 개발이 이루어지면, 파랑에너지의 유효 이용도 꿈은 아니라고 생각할 수 있다.

<Table 13>은 우리나라에서 海洋에너지의 다목적 이용과 潮力發電施設의 설치 운영 기술 확립을 목표로 해서 작성한 단계별 세부 개발 전략을 나타낸 것이다.

Table 13 국내 海洋에너지의 개발 전략

前단계(~'91까지)	제 1 단계('92~'96)	제 2 단계('97~2001)
<ul style="list-style-type: none"> · 海洋에너지 기본 자원 조사 · 海洋에너지 발전 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 100W 波力發電장치 - 200W 海洋溫度差 發電 장치 · 潮力發電 건설 타당성 조사 	<ul style="list-style-type: none"> · 海洋에너지 기본 자원 조사 · 海洋에너지 發電기술 <ul style="list-style-type: none"> - 60KW 波力發電개발 - 海洋溫度差發電 기술 · 潮力發電 건설 適地/適期 검토 	<ul style="list-style-type: none"> · 海洋에너지 다목적이용 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 관광/養殖/해상구조물 등과 連繫 · 潮力發電施設 건설 운영 <ul style="list-style-type: none"> - 200~500MW 發電시설 · 潮力發電 最적운영기술 개발

VIII. 自然 에너지의 環境 寄與度

지구 환경변화 즉 온실효과에 영향을 미치는 인자는 수없이 많으며, 큰 영향을 주는 因子로서는 CO₂, 프레온(Freon) 가스-11 및 12, CH₄, NO₂, CO, NO_x 등이 있으나 본고에서는 가장 큰 영향을 주는 CO₂ 가스를 중심으로 살펴본다. 1차 에너지를 사용한 후 배출되는 CO₂ 가스의 양에 의해 지구환경에 영향을 주는 요소를 파악해 보면, Fig. 10(1kwh 발전에 따른 이산화탄소 배출량 비교)에서 알 수 있는 바와 같이 석탄 화력 발전을 100으로 하였을 경우 석유 74, 천연가스 66, 태양열 23, 태양광 20, 지열 4 등 자연 에너지의 환경 기여도가 상대적으로 지구 온난화 방지에 상당히 유효한 수단임을 시사하고 있다. 특히, 폐기물의 발생에 의한 환경 파괴의 위험도 거의 없어 향후 국가 에너지 정책에 크게 반영되어야 할 것으로 사료된다. 한편, 몇 년 후 탄소稅 혹은 에너지稅가 범세계적으로 확산되어 제도화되면 에너지 자급도가 낮고 자연 에너지의 활용이 아직 미흡한 우리 나라와 같은 국가는 심각한 영향을 받게 될 것은 자명한 일이다.

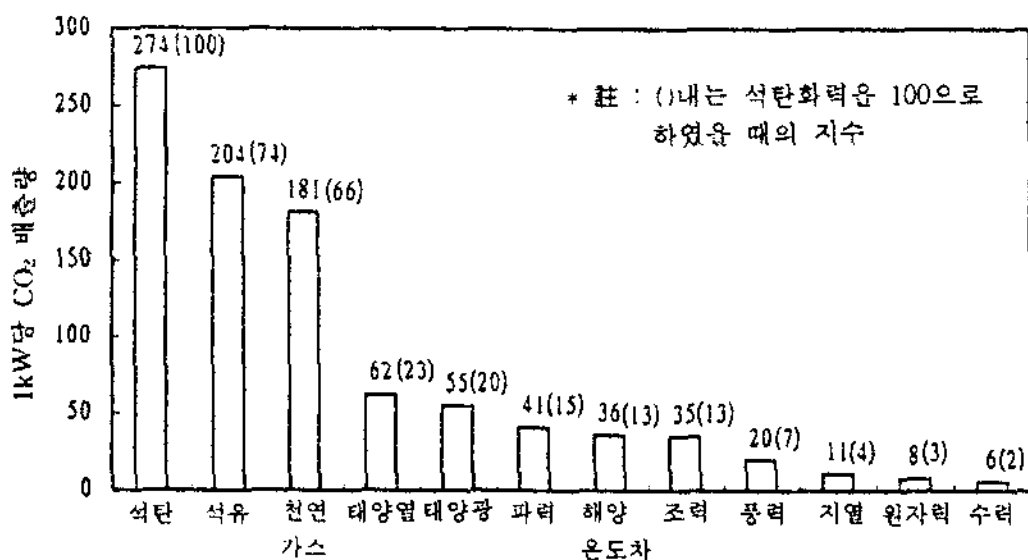


Fig. 10 發電에 따른 이산화탄소 배출량

IX. 결론

생활 수준의 향상과 산업의 발달에 따라 에너지 소비가 급속도로 증가하고 있다. 이러한 에너지 소비의 증가는 각종 유해가스의 배출을 초래하게 되고 따라서 지구 환경을 악화시키는 주범이 되고 있다. 이러한 환경 악화 요인을 줄이기 위해서는 화석연료의 사용을 가능한 줄일 수 있는 방안을 강구하여야 하며 좀 더 경제성 있고 효율적이며 안전한 자연 에너지의 이용을 위한 각종 방안들이 연구개발 및 실용화되어야 할 것으로 사료된다. 특히, 이러한 자연 에너지 이용 관련 기술들은 비교적 초기 투자비가 많이 들어가기 때문에, 건축주들이 이들의 적용을 기피하고 있는 실정이다. 따라서, 장기적인 안목에서 볼 때 선진국에서 처럼 국가적인 차원에서의 적극적인 지원책이 절실하다고 사료되며, 한편으로는 각 개인도 환경의 중요성에 대한 재인식이 필요할 것이다. 비록 자연 에너지를 유효하게 이용할 수 있는 많은 방법들을 한 번에 다 적용할 수는 없다고 할지라도 연차적으로 정부는 각종 세제혜택을 통한 지원책 등을 강구해야 할 것이며, 産·學·研의 연구자 및 실무자들은 미이용 자연 에너지에 대한 끊임없는 연구·개발 및 실용화에 박차를 가해야 할 것이다.

또한, 산업체에서도 환경의 중요성을 인식하고 당장에는 이익이 안보여도 장기적인 안목에서 많은 곳에 이러한 기술들을 적용할 수 있게 하여 조만간 적용될 것으로 예상할 수 있는 탄소稅 혹은 에너지稅에도 적극 대응하면서 쾌적한 환경을 후손들에게 물려 줄 수 있는 기반을 다져 나가야 한다. 더욱, 선진 여러 나라에서는 본론에서 살펴 본 바와 같은 각종 자연 에너지 이용 기술들을 개발·실용

화하고 있지만, 우리나라에서는 현재 이러한 많은 기법중 제일 손쉽고 간편한 방법부터 적용해 나가는 것이 바람직 하다고 사료되며 이를 종합해서 요약하면 다음과 같다.

①. 건축 설계시 건축 설비·환경 전문가의 자문을 얻어 계획 하거나, 활용 에너지에 대한 충분한 검토를 한후 시뮬레이션 기술을 개발하거나 혹은 설계도를 완성하고, 건축 법규상 자연 에너지를 최대한 이용할 수 있도록 한다. 또한, 현재 열관류율(K-value)로만 규정되어 있는 외피 단열기준을 그 외의 성능기준도 만들어 환경보호를 위한 제도적인 장치를 할 필요가 있다.

②. 꾸준히 연구·개발되고 있는 태양열 온수 급탕 시스템의 적극적인 보급과 상업화를 위한 기업체의 적극적인 참여를 유도하고 보급을 확산 시키기 위한 정책적인 지원이 필요하다.

③. 자연 에너지를 적극적으로 활용할 수 있는 각종 외피시스템의 개발(새로운 단열의 개념 및 창호시스템 등) 등에 대한 실용화 개발·연구를 적극 지원하여 자연 에너지의 유효 이용과 활용을 촉진시킨다.

④. 국내에서 이미 상당 수준에 올라 있는 태양전지를 적극 활용하여 태양광 발전을 통한 냉·난방 및 조명 등을 위한 전력을 확보한다. 또한, 태양전지를 효과적으로 이용하기 위한 계통 연계형 시스템을 법제화시켜 효과적으로 활용할 수 있게 한다.

⑤. 기타 풍력, 수력, 지열, 해양 에너지, 바이오(Bio) 가스 등의 실용화를 위한 지속적인 연구·개발을 추진해 나가야 할 것이다

참고문헌

1. 통상산업부, “제주 월령 신재생 에너지 시

범단지 조성(연구보고서)”, 1995. 2

2. 이경희, “자연에너지 이용과 환경건축을 위한 신기술 : 자연에너지와 건축”, 태양에너지 학회지, Vol. 13, No. 2~3, 1993
3. 장기현, “한국의 신·재생 에너지 기술 개발 동향 및 추진정책”, 한국에너지연구소, 신·재생 에너지 기술 워크숍(연구보고서), 1992
4. 이철형, “국내 소수력 개발의 현황 및 전망”, 한국에너지연구소, 신·재생 에너지 기술 워크숍(연구보고서), 1991
5. 최병호, 윤경훈, 송진수, “태양전지의 최근 연구 개발 동향”, 태양에너지 학회지, Vol. 8, No. 2, 1988
6. 정 창봉, “에너지통계연보”, 통상산업부 에너지경제연구원, 1995
7. 이 덕선, “21세기 원자력 사업전망 및 원자력 기술자립을 위한 산업체의 역할”, 삼성건설(주), 1995
8. 한국태양에너지학회, “태양에너지 핸드북”, 태림문화사, 1991
9. 田中俊六, “太陽熱冷暖房システム”, オ-ム社, 1977
10. 日本太陽エネルギー學會編, “太陽エネルギー-讀本”, オ-ム社, 1981
11. 森康夫, 陶山淳治, “地熱エネルギー-讀本”, オ-ム社, 1980
12. 本間逐也, 黒本敏郎, 梶川武信, “海洋エネルギー-讀本”, オ-ム社, 1980
13. 本間逐也 編, “風力エネルギー-讀本”, オ-ム社, 1980
14. 日本シオサ-モビア構想検討會, “シオサ-モビア構想の概念設計-地熱を利用した理想郷の創出を目指して”, 日本電力中央研究所委員會報告 U 92801, 1992
15. 山梨 晃一, “エネルギー-消費の現状と課

- 題”, 日本空氣調和・衛生工學會誌, Vol. 67, No. 9, 1993
16. 日本冷凍空調設備工業連合會, “光・熱ハイブリット型 太陽光發電システムの研究開發”, 日本新エネルギー・産業技術開發機構委託業務成果報告書, 1988
17. 上原・溫, “海洋エネルギーの研究開發の動向”, 日本船用機關學會誌, 21-2, 1986
18. 上原・金子, “海洋溫度差發電 : 波力發電フ란트의R&Dと國內外の動向”, OHM, 72-1, 1985
19. 下川健治ほか, “これだけは知っておきたいソーラシステムの知識”, 1982
20. A. S. Manne, “International Energy Supplies and Demands : A Long Term Perspectives”, Alternative Energy Sources - I, Hemisphere Publishing Corporation, 1979
21. Ryohei Yokoyama & Koichi Ito, “Multiobjective Optimal Unit Sizing of Hybrid Power Generation Systems Utilizing Photovoltaic and Wind Energy”, Journal of Solar Energy Engineering : Transactions of the ASME, November 1994
22. W. Sandtner, “Renewable Energy Sources and Energy Conservation in the Federal Republic of Germany”, Report of Federal Ministry for Research and Technology, Bonn, 1993. 2
23. Michael Meliss, “Erneuerbare Energien”, Bundesministerium fuer Wirtschaft, 1993

A Study on the State of the Art and the Future Utilization Prospect of Natural Energy Resources

K. S. Chung* · S. H. Yoo**

** Seoul National Polytechnic Univ., Dept. of Architectural Eng.*

*** Samsung Corporation, Engineering & Construction Group*

ABSTRACT

Most of the world's energy demand is met by fossil fuels, mainly petroleum and natural gas. Even though their production is not keeping up with the demand, there are many options before us - solar energy in its direct and indirect forms, nuclear breeders, thermonuclear power, geothermal energy, synthetic fluid fuels, and hydrogen as energy carrier to complement the nonfossil energy sources. But, before these energy alternatives can be utilized, in most cases, it is necessary to conduct extensive research and development work. In order to solve global energy and environmental issues, it is very important to develop and install energy supply systems which utilizes natural energy. The installation of these systems brings the following merits from the viewpoints of energy saving or environmental protection - (a) the positive use of natural energy reduces fossil fuel consumption; and (b) it also prevents environmental degradation.

In this paper, the types of natural energy considered is confined to the solar, wind, hydraulic, geothermal and ocean-wave energy. And, the objective of the paper is to describe the state of the art of natural energy and future utilization prospect of them.