

대체에너지를 이용한 동력발생장치의 개발현황

이 철 형

한국동력자원연구소 유체기기연구실



● 1954년생
● 항공공학을 전공하였으며, 풍력터빈 및 공기기계의 성능해석에 관심이 있다.

1. 머리말

대체에너지란 아직 개발 및 보급이 일반화되지 않은 자연에너지와 새로운 이용방법의 화석에너지로써, 이용기술이 본격적으로 개발되어 보급될 경우 에너지 자급도를 높일 수 있는 유력한 에너지를 의미한다.

1970년대의 두차례에 걸친 석유파동을 겪으면서 전 세계적으로 에너지원의 부존 한계성이 그 근본 원인을 인식하고, 화석에너지에 대한 의존도 감소가 에너지 파동의 해결책이 될 수 있다는 인식하에 대체에너지 개발을 주요과제로 연구개발하여 왔다.

국내에서는 1980년대에 들어서면서 정부의 제도적인 지원을 받아 본격적으로 대체에너지에 대한 연구개발이 시작되었다. 석유의 전량을 수입에 의존하는 우리나라는 석유 의존도 감소가 가장 중요하고도 시급한 정책과제가 되었으며, 이에 대처하기 위한 방법으로 장기적으로 석유 대체에너지를 개발하여야 한다는 것이 확실해지게 되었다.

이를 뒷받침하기 위해서 정부에서는 “대체에너지 개발 촉진법(1987. 12)” 및 “동법 시행령(1988. 5)”을 제정, 공포하고 정부 주도로 대체에너지의 연구개발을 적극 권장, 지원하기에 이른 것이다. “대체에너지 개발 촉진법”에서 정의된 대체에너지는

- 태양 에너지
- 바이오 에너지
- 풍력
- 소수력
- 연료전지
- 석탄 액화, 가스화
- 해양에너지
- 폐기물 에너지
- 기타 대통령령이 정하는 에너지

로써 대통령령이 정하는 에너지에는 지열 및 수소에너지가 포함되어 있다.

이와 같이 대체에너지로 분류되는 에너지원은 많은 종류가 있으나 본 글에서는 대체에너지를 이용하여 직접 동력을 발생시키는 태양에너지, 풍력, 소수력, 연료전지, 해양에너지 및 지열에 대한 국내 연구개발현황에 대해 고찰하기로 한다.

2. 국내 연구개발현황

2.1 태양에너지

태양에너지를 이용하여 동력을 발생시키는 방법은 크게 태양열 발전과 태양광 발전으로 구분된다. 태양열 발전에 관한 연구는 1980년 한국과학기술원에서 전라북도 옥구군 미성읍 개야도에 10kW급 태양열 발전장치를 설치 운영 연구를 수행한 기록이 있으며, 1981년 한국동력자원연구소에서 태양열 발전에 관한 기초연

구가 수행된 바 있으나, 이후 이에 대한 연구가 중단되었고, 현재에는 향후 연구계획을 수립 중에 있다.

국내에서의 태양광 발전과 기술에 관한 연구는 1970년부터 학계와 연구소를 중심으로 이루어져 왔으며, 1986년 까지 전문학술지와 보고서에 발표된 태양전지에 관한 논문은 약 150편에 달한다.

1970년대 초반에는 대학을 중심으로 II~VI족 원소의 화합물 반도체 및 이종접합의 태양전지에 관한 기초연구가 수행되었으며, 최근 한국과학기술원 연구팀에 의해 고효율, 저가격 CdTe박막 태양전지 제조에 관한 연구결과가 발표되어 주목을 끌고 있다.

또한 1975~1976년에는 diffusion, epitaxial growth, ion implantation의 접합형성기술에 의한 단결정 Si 태양전지 제작 및 특성 측정결과가 발표됨으로써 국내에서의 태양전지에 관한 연구가 추진되기 시작하였으며, 이후 대학과 국가출연 연구소에서 단결정 또는 다결정 태양전지의 고효율화, 저가격화를 위한 설계 및 제조공정에 관한 연구가 지속되고 있다.

비정질 Si의 경우 1977년에 박막의 전기적, 광학적 특성 연구결과가 발표된 이후 비정질 Si 태양전지에 관한 많은 연구결과가 발표되고

있으며, 최근에는 대학, 연구소 뿐만 아니라 기업도 참여하여 연구하고 있다.

국내에서의 태양광 발전 시스템의 응용분야는 무인등대, 통신, 증계소, 수위 측정장치 등의 전원용으로 소규모 시스템이 주로 보급되었으며, 최근에는 유인등대 전원, 실험설비, 주택용 전원 등 중규모 시스템이 보급되었다. 1972년 '해운항만청에서 국내 최초로 무인등대 전원용 소형 시스템을 설치한 이후 1988년 말까지 국내에 설치 보급된 태양광 발전 시스템의 현황은 표 1과 같다.

2.2 풍력

풍력발전은 1974년 한국과학기술원에서 경기도 화성군 송산면 엇섬에 수평축 2kW급 풍력발전 시스템을 설치 운영한 것을 효시로 하여 꾸준히 연구가 진행되어왔다.

1970년대 풍력발전에 관한 기술개발은 주로 미전화 도서지방에서 사용할 수 있는 독립전원 공급용으로 대부분 외국제품에 대한 모방설계 등을 통하여 수행되었으며, 이와 병행하여 풍력자원의 이용방안 등에 대해서도 연구를 수행하였다.

풍력발전에 관한 연구도 다른 대체에너지와 마찬가지로 제2차 석유파동 이후인 1980년대부

표 1 태양광 발전 시스템 설치 현황

응용 분야	설치 기관	용도	규격	수량
해상전원용	해운항만청	무인등대	10~40W	442
		유인등대	6.4~8kW	10
통신전원용	전기통신공사 방송공사 국방부 내무부	도서전화	30W~10kW	579
		증계소	100W	12
		비상통신	1.53~3kW	2
		도서통신	30~400W	44
측정전원용	산업기지개발공사 한강홍수통제소	수위, 우량측정	5.8~36W	86
		수위, 우량측정	4.3~33W	48
낙도전원용	한국동력자원연구소	실증실험	4~20kW	2
실험용	한국동력자원연구소 한국과학기술원	이용기술개발	2.2~6kW	3
		복합시스템	2.4kW	1

표 2 풍력발전 시스템 설치 현황

주 관 기 관	용량 및 대수	설치장소	설치년도
한국과학기술원	2kW×1	엇섬	1974
한국과학기술연구소	2kW×4	제주도	1975
한국과학기술원	3.5kW×1	엇섬	1976
한국과학기술연구소	2kW×3	제주도	1977
한국과학기술원	5kW×1	죽도	1979
한국과학기술원	10kW×1	개야도	1979
한국동력자원연구소	2kW×1	대전	1982
제주도청	2kW×3	제주도	1983
한국과학기술원	5kW×2	제주도	1983
한국과학기술원	10kW×1	제주도	1984
	14kW×1	-	-

터 연구가 원활하게 진행되었으며, 한국동력자원연구소와 한국과학기술원이 주축이 되어 연구를 진행하였다.

한국동력자원연구소는 1981년부터 부존자원인 풍력자원을 이용하기 위해, 국내에 산재되어 있는 풍력가용량을 산정하여 서해안 및 남해안에 80~160W/m²의 풍력자원이 산재하여 있음을 평가하였다.

또한 이를 기본으로 하여 국내 미전화도서지방에 보급할 수 있는 소형 풍력발전시스템 개발을 위해 풍력터빈의 공기역학적 설계기술 및 성능특성을 분석하고 모형실험을 시스템 설계에 관한 기술을 축적하였으며, 시스템의 운영특성을 분석하기 위해 2kW급 풍력발전 시스템을 1982년 대전에 설치하여 현재까지 운영하고 있다.

한국과학기술원은 독일과의 공동연구 사업인 풍력-태양 복합발전 시스템 기술개발을 위해 제주도에 복합발전소를 건설하여 국내 풍황특성에 적합한 시스템을 국산화하고 이에 대한 운영기술을 계속적으로 축적하여 왔다. 또한 이와 병행하여 5kW급 시스템을 국산제작하여 제주도에서 운영 중에 있다.

대한항공기술연구소는 자동차 폐품을 이용한 풍력발전시스템을 설계 제작하여 실험을 수행하였으며, 이 외에 대학에서 풍력터빈에 관한

풍력 특성 분석에 관한 연구가 간헐적으로 수행하여 왔다.

현재까지 풍력발전에 관한 연구를 위해 설치된 풍력발전시스템의 현황은 표 2와 같으며, 현재 풍력발전에 관한 기술을 향상시키기 위해 소형 풍력 발전시스템(10~20kW급)의 국산화 연구와 미전화 도서지방에서의 풍력자원 재평가 사업이 진행 중에 있고 중형 풍력발전시스템(100kW급)의 운영 특성에 관한 연구계획이 수립되어 있다.

2.3 소수력

국내에서 소수력 자원을 활용하고자 한 것은 1970년대 초반 제1차 석유파동 이후로써 1974년 과학기술처와 한국에너지연구소에서 “소수력 발전 입지 조사”를 수행하였고, 이어 1975년에는 “시범 소계곡 발전소의 설계 연구”를 수행한 바 있으며, 또한 이를 기본으로 하여 강원도 안흥에 설비용량 450kW의 소수력 발전소를 건설하여 현재 가동중에 있다.

그러나 이후 소수력 발전에 대한 관심과 정부의 지원 등의 부족으로 인하여 소수력 자원은 거의 개발되지 않다가 제2차 석유파동 이후 이에 대한 관심이 고조되면서, 동력자원부와 한국동력자원연구소는 1982년부터 1984년까지 국내에서 개발 가능한 유망후보지점에 대한 자

표 3 소수력발전 시스템 설치 현황

발전소명	설치 기관	용량(kW)	설치년도
안 홍	한국전력	450	1978
추 산	한국전력	1,400	1971
연 천	현대건설(주)	6,000	1985
포 천	삼정수력	450	1986
임 기	대동기업	1,100	1986
정 읍	운화산업(주)	2,000	1987
방우리	서우수력(주)	2,150	1987
소 천	한 여 울(주)	2,400	1987
금 강	현대건설(주)	1,350	1988
단 양	한라건설(주)	2,100	1989
봉 화	현대건설(주)	2,000	1988

원 실측을 통하여 소수력 자원 개발 유망지점으로 총 116개 지점에 설비용량 86,400kW임을 평가하였다.

한국동력자원연구소는 1984년 후반부터 실측된 국내의 소수력 자원의 특성에 적합한 "S-형 튜브라 수차"의 설계기술 및 성능향상 연구를 수행하여 이에 대한 기술을 축적하여 왔으며, 최근 축적된 기술을 소수력 발전소 건설업체에 기술이전을 시도하였다. 또한 이와 병행하여 계절적으로 유량변화가 심하고 저낙차의 소수력 자원을 효과적으로 추출하며, 저가격의 보수·유지가 편리한 횡류수차의 성능해석 및 설계기술을 개발하였다.

한편 1983년 정부의 소수력 발전소 건설 활성화 방안이 발표된 이후 국내의 건설업체, 엔지니어링 회사 및 개인 사업자들의 연구를 통해 전국의 수계에 대하여 소수력 발전소들이 건설 운영되고 있으며, 현재까지 운영되고 있는 소수력 발전소의 현황은 표 3과 같다.

2.4 해양 에너지

우리나라의 조력자원에 대한 관심은 해방 이전부터 있어 왔으며, 기록에 의하면 1932년에 이미 조선전업회사가 인천 부근 해역에 대해 조력발전 계획을 수립, 설계도를 작성한 바 있다. 해방이후 1950년대와 1960년대에는 상공

부, 건설부 등에 의해 서해안 일대의 조력발전 후보지에 대한 부분적인 현장조사 및 출력계산이 수차에 걸쳐 실시되었다.

1970년대에는 해양연구소에 의해 충청남도의 가로림만과 천수만에 대한 조력발전 기초조사 및 예비 타당성 조사가 실시된 바 있으며, 특히 1978년에는 해양연구소와 캐나다의 Shawinigan Eng. Co. 공동으로 서해안에 대한 조력발전 후보지별 개발 가능성을 조사하고 개발 우선순위를 결정하였다.

1980년과 1981년에는 해양연구소와 프랑스의 Sogreah사 공동으로 가로림만에 대한 조력발전 정밀 타당성조사 및 기본연구가 실시되었고, 1986년에는 미국의 EPD Co.에 의해 1981년의 조사결과를 검토한 바 있다.

1986년에 실시된 사업의 내용은 가로림만 조력발전의 기술적 검토 및 경제성 검토의 두가지 부분으로 되어 있으며, 검토 결과 기술적 타당성은 입증되었으나, 경제성은 입증되지 못하였다. 이때의 경제성 검토는 장래 유가 상승률은 0%로 가정하고, 사업에 대한 적용 할인률은 10%로 하여 조력발전의 수익성을 분석하였다.

그러나 최근의 고유가 상승전망, 적용 할인률의 변동 및 건설기술 향상에 따른 공사비 절감 가능성 등 조력발전의 경제성 상승요인이

표 4 조력발전 단계별 사업추진 계획

단 계	추 진 계 획	기술 개발 목표
1단계 1990~1993	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시험 조력 발전소 입지선정 및 조사 ○ 시험 조력 발전소 건설 기본 계획 ○ 시험 조력 발전소 실시 설계 및 착공 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대수심 연안 구조물 설계 및 시공기술 ○ 수차발전기 설계 및 제작기술 ○ 발전 계통 기술
2단계 1993~1996	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수차 발전기 제작 설치 ○ 시험 조력 발전소 건설운영 ○ 상업 조력 발전소 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발전 시스템 자동 제어 기술 ○ 해수 방식 소재 기술

발생함에 따라 조력 발전의 경제성을 재검토해야 할 필요성이 대두되고 있으며, 또한 향후 조력발전에 관한 기술축적을 위해 표 4와 같은 연구계획을 수립하고 있다.

2.5 연료전지

국내에서의 연료전지 기술개발은 초기단계로써 1980년 한국동력자원연구소에서 동력자원부의 연구비 지원으로 수행한 “연료전지 발전 기술에 대한 타당성 조사”를 효시로 하여 연구가 부분적으로 수행되기 시작하였다.

1985년 12월부터 한국동력자원연구소는 한국 전력공사 기술연구원과 공동으로 3개년 계획의 인산형 연료전지 발전에 관한 기초실험 연구를 시작하였으며, 1987년 5.9kW급 인산형 연료전지 본체를 일본에서 도입하고 주변기기 등 모든 설비를 국내 기술진이 제작, 설치하여 각종 전력특성에 관한 실험을 수행, 국내 최초의 5.9kW급 인산형 연료전지 개발에 성공하였다. 이 실험설비는 1988년 6월 최초의 시험운전에 이어 1989년 1월 중 두차례의 50시간 연속운전을 기록하였고, 119시간 15분에 359.8kWh의 발전을 기록하였으며, 시스템의 성능개선 연구는 계속적으로 수행될 전망이다.

1986~1987년 한국과학기술원은 과학기술처의 연구비 지원으로 연료전지의 산소 전극 성능 개선을 위한 기초연구를 2년간 수행하였다.

한편 1986~1989년 기간 중에 한국과학재단의 목적기초 연구사업으로 여러 대학에서 연료전지에 관한 연구, 전극재료의 부식특성 연구

및 연료전지용 수소제조연구가 수행되고 있다.

선진국의 기술보호속에 있는 최첨단 발전 기술 중의 하나인 연료전지 기술의 국산화 및 실용화를 위한 연구는 연료전지 기술개발에 관한 국가 계획을 수립하고 본격적인 연구개발의 지원을 계획하고 있다.

2.6 지열

국내의 경우 지열자원을 이용하기 위한 연구는 매우 미흡하며, 1989년 한국동력자원연구소는 “지열자원의 평가 및 개발방안 연구”를 통하여 국내의 부존 지열자원을 평가하고 이를 개발하기 위한 기초연구를 수행하고 있다.

지열자원을 이용하여 동력을 발생시키기 위해서는 동력변환장치가 필요하게 되며, 이러한 장치로는 유기랭킨사이클 시스템(organic rankine cycle system)이 사용된다. 유기랭킨 사이클 시스템은 저온 동력 사이클로써 지열발전, 태양열 병합발전, 해양온도차 발전 등의 대체에너지를 이용한 동력발생장치로 사용될 수 있으며, 한국동력자원연구소는 과학기술처의 지원으로 1988년부터 이에 대한 연구를 수행하고 있다.

3. 향후 전망

대체에너지 개발의 궁극적인 목표는 실용화 보급을 통한 에너지 공급원으로서의 역할이라고 할 수 있으며, 이를 위한 향후 연구개발 계획을 각 분야별로 요약하면 다음과 같다.

3.1 태양에너지

1996년까지는 1MW급의 태양열 발전기술을 개발하여 집열기 등 각종 태양열 이용 기자재의 대부분을 국산화할 수 있는 기술을 확립하고 2001년까지는 경제성 있는 태양열 이용 시스템을 개발할 전망이다.

태양전지는 주택용 및 특수 용도의 독립전원으로 이용하는 기술을 개발하고, 경제단위 발전원으로 개발, 태양전지와 주변장치의 국산화 및 효율을 향상시키고 발전시스템의 설계, 이용기술을 확립하여 저가격의 전기를 공급할 수 있는 기술을 개발할 전망이다.

3.2 풍력

풍력발전기술은 2001년까지 100kW급 이상의 중형 시스템에 대해 신뢰성이 높고 표준화된 설계 및 제작기술을 개발하여 미전화 낙도 및 오지에 독립전원으로 이용할 전망이다.

3.3 소수력

국내 소수력자원을 최대한 활용할 수 있는 여건을 조성하고 소수력발전 시스템의 국산화 보급과 최적 시스템의 설계 및 운영기술을 확립하여 저가격의 전기를 생산할 계획이다.

3.4 연료 전지

연료 전지는 전해물질에 따라 인산형, 비인산형으로 구분되며 인산형 연료전지는 200kW급, 비인산형은 5kW급의 발전 기술을 개발

실용화할 계획이다.

3.5 해양에너지

해양에 부존하는 파력, 조력, 온도차 등의 자원에 대해 정밀 탐사, 분석기술 각종 발전시스템의 설계·시공, 최적 운전기술 및 관련기자재 등을 개발하여 해양에너지 이용을 극대화할 수 있는 기술기반을 확보할 전망이다.

4. 맺음말

대체에너지 개발의 필요성은 세계 각국에서 모두 공감하는 사실이다. 특히 우리나라와 같이 자원이 빈약한 경우에는 대체에너지 개발에 더욱 박차를 가하여 에너지 자립도를 향상시켜야 한다.

국내에서의 대체에너지에 관한 연구개발은 1970년도 이후 대학과 연구소를 중심으로 이루어져 왔으나 제한된 여건으로 연구가 지속적으로 수행되지는 못하여, 실용화를 위한 체계적인 연구에는 미흡하였다.

대체에너지 연구개발의 궁극적인 목표달성과 실용화를 위해서는 정부의 정책 및 지원 뿐 아니라 관련분야의 산·학·연이 모두 연구개발에 적극적으로 참여하고 이에 관한 기술, 정보, 인력의 상호교류가 유지되어야 할 것으로 판단된다.

