

新에너지 技術

최 수 현

(동력자원연구소 에너지절약기술센터장)

1. 머릿말

에너지기술은 개인가정으로부터 전력, 교통 및 산업에 이르는 국가전반에 관련된 복합기술로서, 에너지의 해외의존도가 극심한 우리나라의 여건하에서는 특히 중요시되는 개발분야라고 할 수 있다.

특히 국내산업이 지속적으로 발전하고 경제규모가 확대되며 생활수준이 점차 향상됨에 따라 에너지의 이용도 환경오염에서 탈피할 수 있고 사용하기에 편리한 電氣와 같은 깨끗한 에너지의 사용목구가 급격하게 증대될 전망이다.

電氣가 에디슨에 의해 발명되고 사용되기 시작한 후 100여년이 지났으나 전기생산기술(發電技術)은 계속 회전기를 돌려서 발전하는 원리에 의존하고 있는 실정으로서 다른 과학기술분야의 괄목할 만한 발전추이에 비할 때 아주 뒤떨어져 있는 분야이다. 다행스럽게 1960년대 부터 기술개발이 활발하게 추진되어온 새로운 개념의 발전분야 에너지기술들이 20세기를 마감하기 전인 1990년대에는 조금씩 실용화되어 21세기의 대변화를 예고하여 줄 것으로 기대되고 있다.

本稿에서는 2000년대의 신에너지기술로서 유력시되고 있는 燃料電池, MHD發電 및 태양광발전기술에 대하여 현재의 기술수준과 '90년대 실용화전망에 대하여 간략히 살펴보고자 한다.

연료전지와 MHD발전기술은 높은 發電效率와 저공해요인으로, 태양광발전은 천연의 자원인 태양에

너지를 이용한 기술로서 환경측면, 에너지절약측면 그리고 대체에너지원의 이용측면에서 세계 각국이 경쟁적으로 개발하고 있으며, '90년대에서 부분적으로 활용될 것으로 평가되고 있는 기술이다.

2. 연료전지기술

2.1 기술의 개념

우주선의 전원용으로 사용하던 기술을 1960년대부터 일반 發電기술로 이용하기 위하여 미국, 일본등 국가에서 적극 개발하고 있는 새로운 에너지기술이다.

발전원리는 수소와 산소를 전극에 공급하여 전기화학반응으로 전기와 열을 동시에 얻게된다. 실제응용에서는 천연가스와 같은 탄화수소계열의 연료와 공기를 사용하며 이들 속에 포함된 수소와 산소성분을 이용하도록 한다.

연료전지는 일반電池와는 다르게 발전용 연료와 공기를 적정온도 및 압력조건에서 지속적으로 공급하는 한 계속 發電하며 출력제어도 용이한 전력기술이다.

2.2 응용분야 및 기술수준

발전효율이 아주 높고 공해발생요인이 없으며 열병합발전도 가능한 특징이외에도 양호한 부하추종능

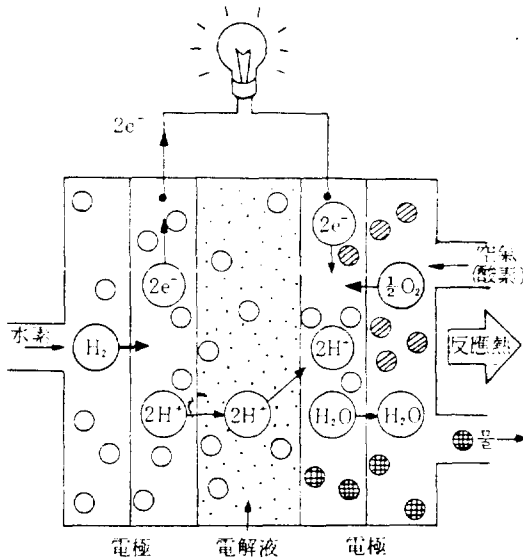


그림 1. 연료전지의 발전원리

력과 모듈화 개념에 의한 대량생산 그리고 적은 설치면적등의 장점으로 다양한 응용분야를 갖고 있다.

가. 우주·항공분야

가장 먼저 실용화되어 사용되고 있는 분야로서 신뢰도 및 전류밀도가 높은 알카리연료전지가 주로 사용된다.

이 분야의 기술개발은 미국우주항공국(NASA)에서 주관하고 있으며 사용예는 <표1>과 같다.

표 1 우주선용 연료전지

구 분	아폴로	제미니	콜롬비아
용량, Kw	1	1	12

나. 수송수단

환경오염물질의 발생이 없으며 출력제어가 비교적 용이하여 실내 작업용 지게차 및 도심지 버스의 구동전원으로서의 이용기술이 개발되고 있다.

지게차 및 소형트럭에 메탄올을 연료로 사용하는 연료전지구동차량이 실험된 바 있으며 현재 미국에서 인산연료전지와 일반전지의 하이브리드시스템이 시내버스의 구동장치로 개발중이다. 1단계로 이미 25Kw급 연료전지가 제작되었으며 일본도 이 계획에 참여하고 있다.

다. 일반전력기술

● 現地설치형 (On-site) 발전

건물에 설치되어 기존 도시가스망에 의한 연료공급으로 열과 전기를 공급하며 40-200Kw용량이 유망시 된다.

미국에서 인산연료전지를 이용한 40Kw설비가 이미 시험완료한 바 있으며 현재 실용화를 위한 200Kw급이 개발중이다.

일본에서도 최근 후지전기에서 50Kw급 열병합발전설비를 개발하여 가스회사등에 시험용으로 판매하고 있으며 NEDO프로그램으로 200Kw발전설비가 원격지 전원공급용으로 시험중에 있다.

● 분산설치형 발전설비

인구가 많은 대도시의 부하밀집지역이나 공장에 설치되어 경제적인 전력공급역할을 수행한다. 각각의 경우 열병합발전도 가능하며 1~10Mw용량의 발전설비가 적정할 것으로 판단되고 있다.

특히 도심지에의 설치는 도시가스망에 의한 연료공급이 가능하며 원격지에 건설되는 기존 발전소로부터의 송전설비의 추가건설 등에 소요되는 예산도 절감할 수 있는 장점을 갖는다.

미국에서 개발한 교류출력 4.5Mw발전소가 미국과 일본에서 각1기씩 실증시험된 바 있으며 현재 미국과 일본이 공동으로 11Mw 출력의 인산연료전지발전소를 일본에 건설중에 있다. 11Mw발전소는 현재까지 개발된 가장 대용량의 설비로서 1991년초에 일부하에 전력을 공급할 계획이며 연료전지기술의 실용

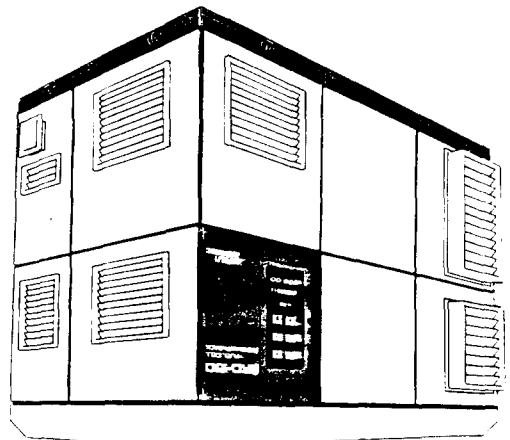


그림 2. 후지전기(일본)의 50Kw 연료전지

화에 커다란 기여를 할 것으로 판단된다.

● 화력발전 대체용

수백Mw급의 발전설비도 가능하며 600-800°C의 작동온도를 갖는 용융탄산염 연료전지기술의 실용화시에 기존 증기터빈과의 복합발전시스템으로 응용될 전망이다. 상용화시에는 고속증식로 및 MHD발전기술등과 경쟁적으로 전력계통에 투입될 것으로 예측된다.

● 에너지저장수단

저렴한 가격의 물전기분해기술과 수소저장기술이 개발되면 심야시간대에 수소를 발생시켜 저장한 후 낮시간에 연료전지로 발전하게 된다.

● 군사용 및 특수분야

군용 비상발전기, 통신분야의 전원 그리고 특수수송수단의 구동전력원으로서의 이용이 개발되고 있다. 주로 알칼리연료전지와 고체전해질 연료전지가 응용된다.

2.3 '90년대 기술전망

과거 20여년에 걸친 기술개발결과가 '90년대에는 부분적으로 상용화 단계까지 도달할 것으로 전망된다. 특히 미국과 일본에 의해 주도될 인산연료전지기술은 200Kw급 현지설치형의 완벽한 개발과 함께 동경전력에서 건설중인 11Mw발전소의 운전을 통한 기술적, 경제적 평가를 통한 전기사업용 연료전지기술의 상용화가 시도될 전망이다.

용융탄산염 연료전지기술은 미국, 일본 및 네델란드에 의해 기술개발이 주도될 것으로 전망된다. 일본의 경우 전지성능 150mA/cm², 0.75V에서 500시간 이상 시험성공한 바 있으며 세계적으로 90년대 초반에 100Kw스택, 중반에 500Kw스택의 개발이 이루어지면서 후반에는 실증시험용 발전설비가 개발될 것으로 전망된다.

아직은 개발초기단계에 있는 고체전해질연료전지도 미국과 일본의 대학, 국립연구기관 그리고 일부 기업에서 지속적인 개발이 수행될 전망이다. 현재까지 미국에서 3Kw급 스택을 개발한 것이 가장 대용량으로서 발전효율 50%이상인 장점에 비해 1000°C의 높은 온도에서의 작동으로 재료개발이 계속되어야 한다. 90년대에는 100Kw급 규모의 스택개발이 이루어 질 전망이다.

국내의 경우도 '90년대에는 인산연료전지를 주축으로 하여 본격적인 기술개발과 실용화 이용을 위한 노력이 이루어질 전망이다. 과학기술처의 국책사업과 동력자원부의 대체에너지 개발사업으로 90년대 초기에 2Kw급 설비와 중반에 40Kw급 발전설비의 개발이 이루어질 계획이며 한국전력공사에서도 40Kw급 발전설비를 도입하여 운전특성에 대한 연구를 수행할 계획인 것으로 보고되고 있다.

'90년대는 국내외적으로 새로운 에너지 기술인 연료전지기술이 우리 생활에서 이용되기 시작될 역사적인 시점이 될 것이다.

3. MHD發電技術

3.1 기술의 개념

강력한 磁場이 형성된 도관속에서 전기적으로 傳道性을 갖는 플라즈마나 액체금속을 통과시켜 發電하는 기술로서 높은 발전효율을 얻을 수 있다. 이때 발생되는 전류밀도는 다음과 같다.

$$\vec{J} = \sigma(\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}) - \frac{\omega\tau}{B}(\vec{J} \times \vec{B})$$

여기서 $\omega\tau$ 는 Hall계수이며 전류밀도(\vec{J})는 유체의 속도(\vec{V}), 전도도(σ) 및 자장(\vec{B})에 관계된다.

2500~3000°K의 높은 온도의 연소가스를 사용하는 방식에서는 전기전도성을 높이기 위하여 Cs, K와 같은 알칼리금속을 소량 첨가하며 그림3에서 보는 바와 같이 MHD발전후의 배가스 熱을 이용하여 증기터빈발전에 복합시키는 기술이 실용화에 가장 유망시 되고 있다.

3.2 기술개발수준 및 전망

MHD發電技術의 기초원리인 Farady법칙은 아주 오래전부터 알려진 사실이나 효율이 높은 대형발전 기술로서의 연구는 1940년대 초기에 미국의 웨스팅 하우스회사에서 최초의 설비가 제작되면서 시작되었다. 현재까지 여러종류의 발전개념이 개발되었으나 高溫운전과 대용량전자석개발에 따른 재료개발이 계속 요구되고 있다.

가. Open Cycle MHD발전

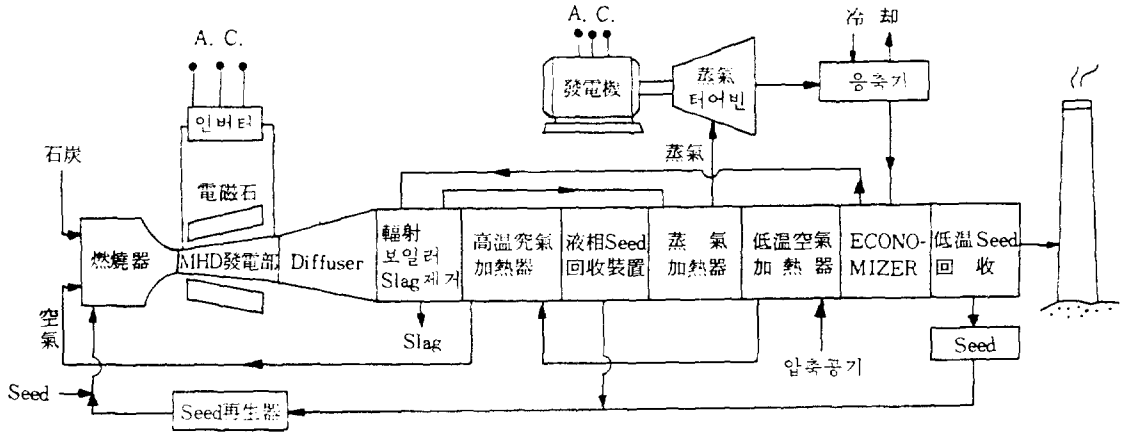


그림 3. MHD-증기터빈 복합발전

고온(2500~3000°K)의 연소가스에 알카리금속(Cs, K)을 첨가하여 작동유체로 사용하는 방식으로서 발전연료로는 석탄(미국), 천연가스(소련) 및 석유(일본)가 사용되나 석탄연소방식이 가장 경제적이며 실용화에 근접된 것으로 판단되어 최근에는 각국에서 석탄연소 MHD-증기터빈복합발전소의 건설을 목표로 하고 있다.

미국의 경우 석탄연소복합발전소의 실용화를 위하여 1987년부터 5개년계획으로 에너지성 주관하에 연소기, MHD덕트, 초전도자석, 열회수기, 예열기, 시드회수기 및 집진기등 각 주요구성요소들의 개발을 추진하고 있다. 이들은 각 구성요소에 따라 기존의 열입력 50Mw의 CDIF(Component Development and Integration Facility)와 열입력 28Mw 규모의 CFFF(Coal Fired Flow Facility)에서 장시간(최소 1,000시간)성능시험된 후 기존 석탄화력발전소를 개조하여 실증시험될 계획이다.

소련은 비교적 초기부터 전시스템을 개발하여 성능을 개선시키는 추세로서 1960년대 초반부터 高温 연구소를 중심으로 적극 개발하였으며 현재 매초당 1kg의 유량을 갖는 \bar{u} -02와 열출력 25Mw의 \bar{u} -25가 각각 석탄연소방식으로 개조되어 운전중이다. 또한 전기출력 500Mw급의 MHD복합발전소가 모스크바 근교에 건설중이며 현재로서는 세계에서 가장 큰 상업발전소로서 1990년대 초기에 계통에 투입될 계획으로 있다.

일본에서의 기술개발은 1960년대부터 추진되어 출

력 1Mw급의 Mark II에 의한 발전특성연구와 출력 2Kw급의 MarkIII에 의한 구성품의 장시간 성능시험 등이 집중적으로 수행된 바 있으나 1988년 정부의 지원이 중단되고 있다.

나. Closed Cycle MHD발전

알곤, 헬륨가스와 같은 불활성가스에 알카리금속을 첨가하여 작동유체로 사용하며 이들을 회수하여 재사용하는 기술로서 일본이 기술을 주도하고 있다.

일본 동경공대를 주축으로 수행된 연구에서 열입력 6Mw의 디스크형 MHD발전기로 1988년에 출력 밀도 70Mw/m²에 성공한 바 있으며 4.5T 규모의 초전도자석을 사용하고 있다. FUJI-1으로 불리우는 본 발전장치는 현재까지로는 MHD발전에서 가장 좋은 효율을 얻고 있다.

이외에도 액체금속(Liquid Metal)MHD발전방식이 개발되고 있으나 다른 방식에 비하여 전기전도성은 우수하나 경제성면에서 불리한 입장이다.

3.3 '90년대 기술전망

석탄연소 MHD-증기터빈 복합발전소가 1990년대에 상용화 발전을 이룩할 것으로 미국과 소련에서 추진하고 있으나 구성요소의 부분적 문제와 경제성 문제로 다소 지연될 것으로 전망된다.

즉, 미국의 30Mw발전소 및 소련의 500Mw급 발전소가 계획대로 건설될 경우 대형발전소로서 고속

중식로나 연료전지와 경쟁될 것으로 예측되는 MHD 발전기술도 90년대에는 우리생활 주변에 또하나의 신에너지기술로 등장할 것이다. Closed Cycle MHD 발전기술은 지속적인 기술개발단계로 전망되며 특히 타방식과의 경쟁을 위하여 기존의 가스터빈복합발전 에 디스크형 MHD발전을 복합시키는 기술이 집중 개발될 것으로 예측된다.

4. 태양광발전기술

4.1 기술의 개념

태양광발전에서 전기발생의 기본요소인 태양전지는 일반적으로 p-n접합 구조를 가진 반도체소자이며, 이러한 p-n접합에 태양광이 비추면 표면에서 빛의 반사를 억제하는 반사방지막을 통과하여 n형과 p형반도체는 빛을 흡수, 전자(electron)와 정공(hole)을 발생시킨다. 이때 발생하는 광기전력효과(photovoltaic effect)에 의해 음의 성질을 띤 전자는 n형 반도체로, 양의 성질을 띤 정공은 p형 반도체로 각각 분리, 이동하게 되며, 외부에 연결된 부하에 전기가 흐르게 된다.

발생된 직류전기는 축전지에 저장되며 필요시 직·교류변환기에 의해 교류전원으로 변환시켜 사용하게 된다.

4.2 기술수준 및 개발동향

태양광발전 기술은 태양전지 재료 및 제조공정, 주변장치, 시스템의 이용기술 분야로 구분될 수 있으며 태양광발전의 실용화를 위하여 기존 발전방식과 기술적, 경제적으로 경쟁 가능한 고효율화, 저가화 기술개발이 궁극적 목표이다. 태양광기술의 주도 역할을 담당해온 미국은 에너지성(DOE)이 5개년 연구계획하에 값이 싼 규소재료와 간편한 제조공정을 개발하였다. 또 비정질규소(amorphous silicon)와 화합물 반도체를 활용하는 고효율 태양전지도 개발한 바 있으며 6~12Mwp급 대규모 태양광 발전소의 건설단계까지 이르고 있다.

일본의 경우에는 통상산업성이 주축이 되어 '선샤인계획'(Sunshine Project)을 수립, 태양광발전 기술

의 분야에 걸쳐 광범위한 연구성과를 거두었다.

한편 유럽에서도 CEC(Commission of the European Communities)를 중심으로 4년단위의 연구개발 계획을 제시하고 있으며 서독, 프랑스, 영국 등은 자체 연구개발계획을 수행, 도서지역 전원, 有無人 등대, 해수 담수화 설비 및 관개용 펌프 전원 등에 응용하고 있다.

국내에서의 연구는 1970년부터 시작되어 비정질규소와 화합물반도체 태양전지의 개발이 진행되고 있으며 정부출연 연구기관에서의 태양전지개발 및 태양광발전시스템의 설계 및 운전을 통한 실용화추진도 주목할 만하다.

특히 최근에는 대학, 연구소 및 기업의 적극적인 참여와 정부의 지원으로 「범국가적연구사업」계획하에 장기개발이 추진되고 있다.

현재까지 개발된 태양전지는 우주용의 경우 GaAs, 단결정규소 태양전지, 지상용의 경우에는 결정질 및 비정질규소, CdTe, CuInSe 등 화합물반도체 태양전지가 실용화되고 있으며, 국내에서도 단계적 개발목표에 따라 1991년까지 결정질 규소 태양전지 및 주변장치의 국산화를 달성하고 점차적으로 低價 高効 率의 비정질규소 태양전지 및 화합물 태양전지를 실용화할 계획이다.

4.3 '90년대 기술전망

가격면에서 비싸기는 하지만 이미 사용되고 있는 태양전지는 1989년에도 작년에 비하여 세계적으로 수요면에서 25~30%가 증가되는 것으로 전망되어 총규모가 42~45MW에 이를 것으로 보고된 바 있으며 1990년대는 태양광발전이 더욱 보편화될 것으로 전망된다.

실용화에 가장 문제가 되던 가격문제도 각 제작회사의 가격절감을 위한 기술개발로 1996년경에는 5~10¢/Kwh로 감소되어 원격지전원용, 통신용, 전자기기 및 농업분야등에 다양하게 확대보급될 것으로 전망된다.

국내의 응용 및 보급현황은 1972년 해운항만청에서 국내 최초로 무인등대 전원용 소형시스템을 설치한 이후 1988년말까지 국내에 설치된 태양광 발전시스템은 1천2백65개소, 총 3백86Kwp에 이르고 있다. 응용대상은 주로 계통전원이 공급되지 않는 곳인

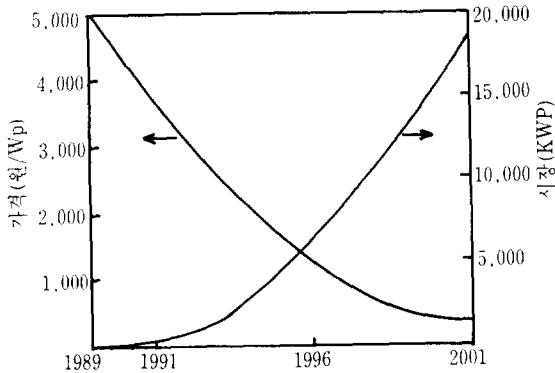


그림 4. 국내의 태양전지 가격목표 및 시장전망

유·무인등대(전남 칠발도등), 통신전원(전남 수락도등), 낙도지역 전원(전남 하화도, 강화 아차도) 등이 되고 있으며 전남 하화도의 경우 20Kw급 태양광 발전설비로 40여가구의 소요전력을 공급하고 있다.

현재 범국가적 연구사업으로 추진하고 있는 연구가 1단계로 끝나는 1991년말에는 Wp당 태양전지가격이 2,300~3,500원, 2단계 종료기간인 1996년에는 840~1,200원, 그리고 3단계 완료기간인 2000년에는 350~560원으로 저렴한 국산태양전지가 생산될 것으로 계획되고 있다.

그림4는 국내의 태양전지 가격목표 및 시장전망을 나타낸 것이다.

이러한 목표는 초기단계에는 선진국가와 3~5년의 기술 및 가격격차가 있으나 2000년대에는 동등한 수준까지 접근될 것으로 '90년대에 많은 진전이 기대된다.

이러한 연구개발 목표가 달성되면 국내 태양광산업 또한 활성화될 전망이며 기존 디젤발전방식을 탈

피한 도서지역 전화 및 주택용전원 확대 등으로 2000년대에는 약 2Mw의 시장 수요가 예상된다.

5. 맺는말

급격하게 증가하는 전력수요의 합리적인 충당을 위해 원자력에 많은 비중을 두고 있는 현실이다. 회전을 사용하지 않고 직접변환방식으로 전기를 생산하는 연료전지, MHD발전기술들이 '90년대에 첫선을 보이면서, 그리고 이미 여러분야에서 사용중인 태양전지기술이 더욱 대형화되면서 2000년대에는 이들 새로운 기술들이 주요 에너지기술로서 기여할 것임을 확신하며 이 분야에 대한 연구개발에 적극적인 지원이 이루어지기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] K.Fueki, Fuel Cell-Past Trends and Future Prospects, Interim Report, WEC Committee on Fuel Cells, 1989.
- [2] R.R.Woods, Status of Fuel Cell Technologies in the U.S.A., WEC Fuel Cell Committee Meeting, Netherland, Feb. 20-22, 1989.
- [3] S.H.Choi, Present Status of Fuel Cells in Korea, WEC 3rd Fuel Cell Committee Meeting, Canada, Sept. 15, 1989.
- [4] U.S.Department of Energy, MHD Program Plan FY 1988, Apr. 1988.
- [5] U.S.Department of Energy, MHD Contractors' Review Meeting, Pittsburgh, Jan. 26-28, 1988.
- [6] 송진수, 태양광발전기술, 대한전기학회지, 37권 6호, p53, 1988.