

신 에너지의 개발 동향

신요섭<(주)안양티이씨 부사장/기술사> · 정용기<(주)의제전기설비연구원 원장/공학박사>

1 에너지의 수요와 정책

1.1 개요

최근 들어 우리나라를 비롯한 세계 각국의 에너지 수요량은 점점 늘어나고 있으며, 이 수요는 필연적으로 지구환경에 나쁜 영향을 주게 된다. 그러나 에너지 수요의 증가는 선진 산업국으로의 도약에 필수적이나 만큼 산업 부문에서 이에 대한 절감은 제한적일 수밖에 없다. 따라서 민간부문의 에너지 절약의 유도가 필수적이며 이에 대한 사항도 강제적인 정책에 의하는 것은 한계가 있으므로 또 다른 유도방안을 제시해야 하는 시점에 이르게 되었다.

이에 대한 사항을 정리하여 보면 다음과 같다.

첫째, 최근의 국내외적 경기불황에도 불구하고 민간부분의 에너지 소비는 급증되고 있으며 앞으로 에너지 절약 추진을 지속하여 민간 부분의 수요억제 방안이 필요하게 되었다.

둘째, 민간분야의 사용 에너지의 특징은 말단 개체에서는 에너지 소비밀도가 낮고, 개인의 생활 스타일이나 기업에서는 경영 방침에 영향적이며, 국가에서의 규제적 방법에 한계가 있으며, 비용의 국가 적으로는 인센티브제도 등을 활용한 자발적인 유도 방법을 해야 한다.

셋째, 민간부문은 과거 실적에 근거하여 볼 때 가

격에 의한 수요억제 효과를 크게 기대하기 어려운 분야로서 에너지 수요의 경제적인 영향과 이에 따른 시각적인 홍보를 통해 에너지 절약 의식이 향상되어야 경제적인 인센티브제도에 의한 에너지절약이 진전될 것이다.

넷째, 전략적인 에너지 절약 방향의 지속과 이를 정착 시킨 후 기술적, 경제적인 한계성에 도달함에 따라 정보통신기술과 프로젝트에 대한 금융지원 기술의 다각적인 발달에 따라 ESCO (Energy Service Company)사업과 같은 신규 사업이 가능하게 되었다.

다섯째, 각각의 에너지 수용가마다 에너지 절약 메리트의 성취를 유도하고 에너지절약으로 창출된 비용을 환경으로의 재투자하여 생활수준의 향상을 구현하는 방향으로 되고 있다.

1.2 검토의 방향성

민간분야에 있어서 새로운 에너지 절약을 추진하기 위해 미래의 에너지 소비기기나 시스템 제조업자 등의 에너지 관련 공급자 측에 대한 대규모의 지원 대책과 에너지 수용가 측에 대한 유도정책을 연구한다. 즉, 에너지 수요의 정량화(비용화·시각화)를 실현하고, 에너지 수요가의 비용의식, 환경의식에 호소함으로써 한층 강도된 에너지 절약을 추진하며, 발달이

기술해설

바른 정보통신기술이나 금융지원 기술을 에너지 분야에 적극적으로 도입해, 새로운 생산의 시발을 창출함으로써 비즈니스로의 에너지 절약의 좋은 순환을 형성토록 한다.

1.2.1 에너지 절약 의식의 향상

각 가정에서의 일상생활이나 사업주와 종업원, 빌딩오너와 테넌트, 경영자와 주주, 지방자치단체와 주민의 관계 속에서 지금까지 충분히 의식되지 않았던 에너지 수요와 이를 비용화, 시각화하여 에너지절약에 대한 인식향상을 도모한다.

1.2.2 에너지 절약 기능의 시스템화

에너지 소비 패턴이 복잡화되는 가운데 에너지 수용가에 과도한 부담을 주지 않고 에너지 절약 의식을 기초로 하고, Network & System에 의하여 자연적으로 에너지 절약 행동이 실행되는 Hard-ware면으로의 전기·기계 설비적인 환경을 만든다.

1.2.3 에너지 활동인력의 다양화

에너지 절약을 추진할 때 에너지 수용가를 파악할 수 있는 인적, 물적(시스템기술과 도입비용)인 문제 해결을 정보통신기술 향상과 금융지원 기술 등을 접목하는 새로운 사업의 개발을 통해 에너지절약 시설을 지원하는 전략을 세운다.

1.3 대책 방향

1.3.1 에너지 절약 의식의 향상

① 감시, 계측 (Monitoring)

• 일반 주택에는 모니터링 기기의 본격적 보급하여, 간단하게 에너지절약 방법의 비용대 효과분석이 가능한 에너지 평가시스템을 도입한다.

• 오피스 빌딩은 경제적인 메리트를 높일 수 있는 빌딩 에너지관리소프트웨어(EMS)의 개발과 전기요금 부과와 세분화적 모델 등, 공공시설로서의 모니터링 시스템을 우선적으로 도입한다.

② 환경 비용계산을 통하여 에너지 절약과 관련한 비용 대비 환경비용 효과의 객관적 파악과 에너지 절약 활동에 대한 정보제공 등 이와 관련된 가이드라인을 제정한다.

③ 에너지 절약의 지속적인 홍보를 시행한다.

1.3.2 에너지절약 기능의 시스템화

1) 에너지사용기기 제어시스템

기술인증 까지를 포함하는 대규모 보급방안, 기술 도입 촉진사업의 시행과 네트워크 기술의 전반적인 표준화로.

2) Co-Generation 등과 같은 시스템을 에너지수용가에서 활용할 경우 에너지 유효활용에 대한 공적인 에너지 관련 기술자제도와 전기안전관리자 제도 등의 활용 방안을 적극적으로 검토하여 에너지사용실적의 모니터링과 기기의 제어시스템의 보급하고 이를 종합적이고 체계적인 에너지 비즈니스 Network를 형성토록 한다.

3) 에너지절약형 건축물로의 유도

① 주택은 미래형 에너지절약기준을 제시하여 보급하고, 온수의 수요, 가전기기 대기전력 소비절약을 위한 근본적인 대책을 구성하며, 대규모 아파트 등 신축 주택에 대한 성능표시를 실시하고, 기존의 주택에 관하여는 주택성능 평가 도구를 사용한 자료 수집과 개선 방안을 제시한다.

② 빌딩은 미래형의 에너지절약기준을 보급하는 동시에 구조체 축열시스템과 같은 새로운 에너지절약 기술의 도입시 에너지 절약 효과의 시뮬레이션, 실증 또는 평가를 시행하여 이를 실천하는 방향으로 유도한다.

1.3.3 에너지 활동인력의 다양화

1) ESCO 사업

에너지 절약기기의 보급활동, 개발과 추진과 건설한 ESCO사업자를 선정, 육성하기 위한 환경을 정비하고, ESCO사업자의 자금조달 방안의 다양화를 위한 파이낸스 제도의 정비 및 공적부분 ESCO 사업의 활발한 실시와 입찰제도 및 예산제도의 개선방안을 마련한다.

2) 에너지 이용 효율화 및 요금체계의 다양화 시행

① 전력에너지 분야

전기 이용효율화 와 에너지절약형 관리활동의 전개하고 에너지절약형 관리 프로그램을 기존의 전통적 에너지공급원에 대한 대책과 옵션을 평가하는 통합자원계획으로의 구상을 하며 에너지절약형 관리활동과 이와 관련한 비용의 정량적 평가로서 적절하게 도입한다.

또한, 전력요금의 단계적 비용부과 등의 다양화 체계로서 에너지관련 기술자가 지금까지 진행되어 온 에너지 절약의 다양한 효과를 입증하게하고, 기술동향을 확인하면서 시스템 도입의 방향성과 그 스케줄을 명확화 할 수 있도록 한다.

② 가스에너지 분야

가스의 이용효율화 정책으로 이에 따른 가스기와 시스템 보급 등이 가속화 되며, 요금의 단계적 부과 등 다양한 체계로서 기술자가 가스의 효율적 이용과 최적시스템의 선택을 가능케 하며, 시스템의 진전방향성 예측과 스케줄의 명확화가 가능토록 한다.

3) 정부기관의 노력

에너지에 대한 교육의 충실화를 유도하고, 이를 지원하는 교육소재로서의 에너지절약 활동을 활용 하여야 하며, 이에 따른 에너지 절약비용을 에너지절약 교육과 활동에 피드백 되도록 한다.

2. 태양에너지

2.1 개요

지구로부터 약 150,000,000(km) 거리에서 지구면에 도달하는 태양방사 에너지는 매우 크기 때문에 인류가 받는 혜택이란 것은 헤아릴 수 없다. 지상에 내리는 태양에너지의 이용에 대해 가장 영향을 받는 것은 기후라고 하겠지만, 각 지역마다 태양 에너지 활용 방법을 연구하여 전기와 열 양쪽을 결합시킨다면 지역적 편중이 작은 에너지의 유효이용이 가능하다. 자연에너지인 태양에너지를 이용할 수 있는 기술이야말로 인류의 새로운 문명을 일으키는 자원이 될 수도 있을 것이다.

태양에너지의 이용방법은 크게 나뉘 빛 이용과 열 이용으로 나눌 수 있으며 이에 따른 태양에너지의 이용, 특히 태양광 발전 시스템의 보급 도입에 큰 영향을 주고 있다.

2.2 태양빛의 이용

2.2.1 일반사항

태양에너지 빛 이용의 대표적 예는 태양전지에 의한 태양광 발전이다. 태양전지란 태양광에너지를 직접적으로 에너지로써 이용범위가 넓은 전기에너지로 변환하는 것이다. 태양전지를 이용한 시스템으로는 보통 독립시스템과 계통 연계시스템의 두 가지로 나눌 수 있다. 태양전지는 당초 우주에서의 인공위성 전원, 산간벽지나 바닷가의 등대 전원으로 이용되기 시작하였으며, 80년부터 90년에 걸쳐 개발도상국에서 도서벽지 전화사업 이나 관개용 펌프시스템 으로 사용되었고, 90년 이후에는 발광형 도로표지, 태양광 가로등, 솔라 계산기 나 솔라 시계와 같은 민간용기기 뿐만이 아니라 연계시스템을 이용한 일반주택 과 공

기술해설

공시설용 자가용 발전시스템 등 폭넓은 분야에서 활용화를 시도하고 있다.

2.2.2 태양광 발전시스템의 기술동향

태양광 발전시스템에 대해서는 현재 계통연계시스템을 많이 선호하고 있다.

계통연계시스템이란 태양광으로부터 발전된 직류를 전력회사와 같은 교류로 변환해 기간의 계통에 직접 접속하는 시스템을 말한다. 최근 태양광 발전시스템의 보급발전과 더불어, 보다 규모가 큰 시스템 설치를 계획하고 있으며, 도심에서도 많은 실시할 수 있는 방안을 연구하고 있다. 그 예를 들어보면,

- ① 하수도 시설의 맨홀 뚜껑위에 태양전지를 설치해 발전설비로 이용하는 방안
- ② 정수장에서 수원지의 미생물발생을 억제하는 차광 시설로 태양전지를 설치하고 이것을 발전설비로 이용하는 방안
- ③ 비상 재난용으로 태양광발전시스템을 이용하는 방안
- ④ 코제너레이션, 풍력발전과 연료전지 등을 조합한 하이브리드시스템에 의한 서로 보완적 시스템으로 이용하는 방안

등으로서, 단순한 발전설비로서만이 아니라 설치 장소에서 시스템 전체의 기능성, 에너지 효율적 이용을 고려한 시스템 이용 방안으로 계획이 이루어지고 있으므로, 미래에는 계통연계 시스템 자체 이용 방법뿐만 아니라 전기-열 병합시스템(Co-Generation system)으로서 보다 종합적이고 최적의 에너지 병합시스템으로 진보 해갈 것이다.

태양전지 모듈자체의 기술동향을 정리하면 다음과 같다.

- 용도개발에 따른 부착소재 다양화(건축자재 일체형, 고층용과 light through 모듈 등)
- 효율향상(텐덤 소자와 새로운 소자 개발을 통한 효율향상)

울향상)

- 경제화(소자의 박형화, 박막태양전지의 개발)
- 신뢰성 향상(10년이상 보증성능)

최근에는 특히 경관을 중시한 건물이 많아지고 있으므로, 세계적으로는 경제성, 작업성 등을 고려한 새로운 건축자재(유리, 지붕동판 등)와 일체형의 태양전지를 개발하고 있다.

2.3 태양열의 이용

2.3.1 일반사항

태양열의 대표적 예는 태양열 온수기이다. 즉 지속적으로 이용해온 시스템으로서 태양열 시스템을 구성하는 주요 기기로는 태양열을 효율성 좋게 모으는 집열기, 야간이나 우천시 등 태양열을 이용할 수 없는 경우에 이용할 수 있는 축열탱크 및 배관의 열수송계와 열교환기 등이다.

또한, 이용형태로서는 산업용 솔라시스템과, 냉난방·급탕시스템, 태양열 발전시스템과 태양열-광 복합시스템이 있다. 태양열을 적극적으로 이용하는 액티브솔라 시스템과 비교해 태양광을 자연스런 형태로 건물에 도입하고 흡수 및 축열하여 쾌적한 주거공간을 창설하는 패시브솔라 시스템이 있다.

2.3.2 태양열의 이용상황

태양열의 단독적인 이용은 태양열 온수기와 솔라시스템 설치대수 변화를 통해 알 수 있다. 설치대수는 현재는 그 수가 점차 감소하고 있다.

그렇지만, 앞으로 노령화 사회로 향하는 세계적인 추세와 우리나라의 경우도 노인을 대상으로 한 실버주택, 노인병원, 노인 간호시설 등과 같이 온수 및 난방부하가 많은 시설에 태양열 시스템이 보급되어 갈 것으로 생각된다.

2.3.3 태양열의 기술동향

태양열 시스템의 기본적 기술은 거의 확립되어 있다고 보지만 산업용으로는 좀더 기술개발이 요구되고 있다. 구체적으로는 액티브솔라 시스템의 경우 케미컬 히트펌프 기술을 이용한 승온 기술과 수소이온 합금을 이용한 냉.열원 취득기술, 패시브솔라 시스템의 경우 전기적으로 착-탈색 하는 창유리 개발에 힘쓰고 있다.

3. 풍력에너지

3.1 개요

바람이란 태양에 의해 덥혀진 공기가 상승한 뒤 차가운 공기와 합쳐져 생긴 대기가 하향하며 순환하는 것이다. 이 순환은 지구와 태양이 있는 한 영구적으로 반복되는 열 매커니즘(Mechanism)이고, 이것이 풍력에너지가 재생가능 에너지고 불리는 이유이다. 그러나 풍력에너지는 에너지밀도가 적고 불규칙(간헐)하기 때문에 풍력발전은 항상 수요에 맞도록 안정된 전력을 공급하기 위한 에너지원으로는 낮은 평가를 받는 것이 사실이다.

이처럼 풍력에너지를 이용한 발전은 영구적으로 고갈하지 않는 에너지원이면서 깨끗하고 환경에 대한 부하가 적다는 장점을 갖는 반면, 바람의 강도에 의존하는 불안정한 에너지원이자 소음 발생 등 단점도 더 붙어 가지고 있다.

3.2 풍력발전의 도입상황

최근에 풍력발전은 북.남미와 유럽에서 많이 도입되고 있다. 1999년말에 세계적인 풍력 발전설비의 용량(추정값)은 표1에 나타낸 바와 같이 약 14,292[MW]이다. 그 중 유럽이 약65(%), 북남미가 약 17(%를 차지한다. 세계에서 풍력발전도입량이 가장 큰 국가는 독일이라 평가한다.

3.3 풍력발전의 기술과제

3.3.1 설비의 내구성

풍력발전설비에 있어 피로를 가장 받기 쉬운 부분이 바람의 힘을 회전 토크로 변환하는 날개이다. 특히 평균속도가 높고, 풍속이 큰 시간변화(난류)가 있는 지점인 경우, 풍속의 수직성분이나 돌풍에 기인하는 과대 응력이 날개의 피로수명을 단축시킨다.

우리나라에서는 토지이용의 목적상 풍차가 기복이 심하고 복잡한 지형에 설치하는 경우가 있다. 복잡한 지형이란 난류발생 요인 중 하나이며 그러한 지점에 바람의 상황을 어떻게 파악하는가가 중요한 과제이다.

이웃나라 일본의 한 업체에서 연구한 결과 실제 프로젝트에서 날개에 작용하는 응력 실측값으로부터 추정하여 날개의 피로수명을 약12년이라는 예측결과를 구했다.

표 1. 세계의 풍력발전설비 용량

지역 · 국가명		설비용량(MW)
미 주		2,492
유럽	독 일	4,445
	덴 마 크	1,742
	스 페 인	1,530
	네 델 란 드	410
	영 국	356
	이 탈 리 아	211
	스 웨 덴	220
	그 리 스	87
	아 일 랜 드	73
	포르 투 갈	60
기 타	173	
계		9,307
아시아 · 오세아니아	인 도	1,095
	중 국	182
	일 본	68
	뉴 질 란 드	37
	오스트레일리아	11
	기 타	10
계		1,403
기 타	1,090	
합 계		14,292

3.3.2 설비의 낙뢰대책

겨울철에 발생하는 “겨울철 뇌”는 “여름철 뇌”에 비해 에너지가 커서 풍력발전설비에 낙뢰한 경우 그 피해는 막대해진다.

이에 대하여 일본에서는 “전력중앙연구소”의 협력을 받아 인공뇌를 이용한 풍력발전설비에 대한 뇌격 실험을 실시하여 다음과 같은 사실을 확인하였다.

- ① 절연물체 날개(GFRP)에도 낙뢰한다.
- ② 풍력발전설비 상부에 설치한 피뢰침은 어느 정도의 피뢰효과를 기대할 수는 있다.

현재 구체적인 낙뢰대책으로는

- ① 풍차 타워 연결부 전체를 접지선으로 연결(등전위화)하여 바이패스를 통한 타워자체 접지저항을 감소시킨다.
 - ② 피뢰침 접지선의 충분한 이격에 의한 전용선화를 시행하여, 전력 및 제어회로에 대한 뇌 전류 침입방지를 실시하고, SPD(Surge Protection Device)를 설치한다.
- 등을 실시해, 뇌전류 측정과 함께 피뢰효과를 검증 실시한다.

3.3.3 출력변동 억제

앞으로 풍력발전의 도입과 연구가 더욱 진행되고 전력 계통에 대한 연계용량이 증대되면 풍력발전의 출력변동이 전력계통에 나쁜 영향을 미칠 가능성이 있다. 이 문제는 기술적, 제도적인 관점에서 보아 국

가, 지방자치단체 와 여러 연구기관이 검토하고 있다.

순간적인 출력변동의 억제방법 중 하나로는 가변속도 풍력발전설비를 들 수 있다.

가변속도 풍력발전설비란 풍속에 따라 로터축의 회전속도를 바꿔 로터가 최대 효율을 얻을 수 있도록 운전하는 것이고 아래와 같은 장점을 갖는다.

- ① 가변속도 발전설비는 돌풍 등에 의한 순간적 토크의 증대를 로터 회전수를 늘려서 그 관성력을 로터에 비축할 수 있기 때문에 전기적 출력변동이 작아진다.
- ② 풍속이 낮은 때에는 로터 회전수를 낮춤으로써 소음이 작아진다.

그림 1 에는 가변속도 풍력발전설비의 구성(예)를 나타내었다. 가변속도 발전기의 주파수는 계통 주파수와 다르기 때문에 양 계통의 동기를 만들기 위해 인버터를 설치하여 교류-직류-교류 변환방식이 주로 이용된다.

가변속도 풍력발전설비와 고정속도 풍력발전설비의 출력을 비교하여 보면, 고정속도 운전의 유도발전기 타입인 풍력발전장치의 경우 시간적인 풍속변화에 대해 날개 피치각 제어를 추종할 수 없고, 순간적으로 출력이 상승한다. 한편 가변속도 풍력발전설비의 경우는 정격출력 이상의 영역에서 날개 피치각 제어와 가변속도 운전 조합을 통해 거의 일정한 출력으로 운전되고 있다.

앞으로 정격출력 이상의 영역에서 출력변동, 장주기 변동 등에 주파수 변동 등을 적절히 평가하면 보다 효과적이고 경제적인 출력변동제어 방법을 검토할 필요가 있다고 생각한다.

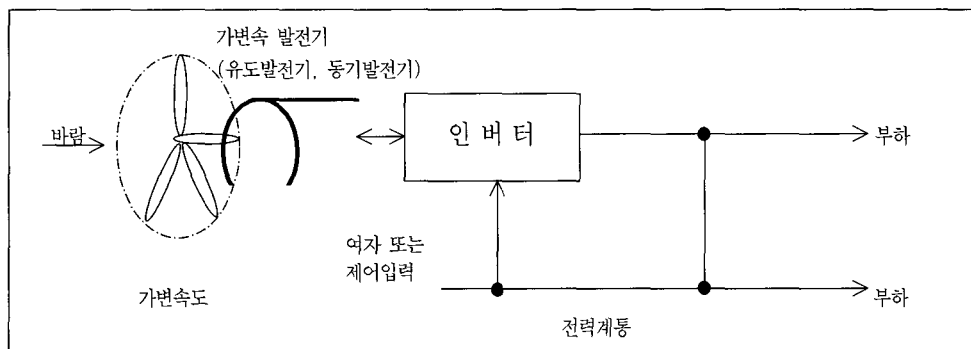


그림 1. 가변속도 풍력발전설비의 구성(예)

3.3.4 출력의 예측

앞서 설명한 대로, 풍력발전의 출력에는 불규칙성이 있지만 수 시간에서 수일 후 바람상황을 예측하여, 풍력발전설비의 출력을 정확히 예측할 수 없다면 사전에 계통이나 전원의 운용상 풍력발전과 기타 다른 전원과의 최적 조합을 계획해야 한다.

세계적으로 풍력발전의 출력예측은 현재 유럽을 중심으로 활발한 연구가 진행되고 있다.

4. 해양에너지

4.1 개요

해양에너지는 바닷물 그 자체가 가진 에너지로서는 조석, 해류, 조류, 파도, 해수열 과 염분의 농도가 있다. 또한 해양 공간을 이용하는 해상 풍력이나 태양 에너지의 변환이용, 바닷속의 생물자원 육성 등도 광의의 해양에너지에 해당한다.

이외에 해양 관련 에너지로는 바닷물에 용존된 성분이나 해저에 매장된 에너지 자원이 있다.

4.2 해양에너지의 이용 수단

해양에너지를 기계적 에너지로 변환하는 과정을 1차 변환이라고 하고, 일단 1차 변환된 기계적 에너지를 열이나 전기에너지로 변환하는 과정을 2차 변환이라고 한다. 현재 해양에너지 이용 방법으로는 여러 가지로 존재하는 에너지를 실용적인 에너지로 이용하기 쉬운 전기에너지로 변환(발전)하고자 하는 것이 일반적이다.

4.2.1 조력발전

조력발전이란 지구, 달 그리고 태양의 상대적인 천체운동에 기인하기 때문에, 대부분의 예상이 가능하다. 그러나 만조와 간조의 간만의 차가 10(m)이상 나지 않으면 경제성을 구현 할 수 없는 것으로 되어 있고, 현재 세계적으로 유일하게 전력 계통에 전력을 공급하는 조력발전소는 프랑스의 "랑스조력발전소"이다. 이것을 그림 2 에 대략적인 구조도를 나타내었다.

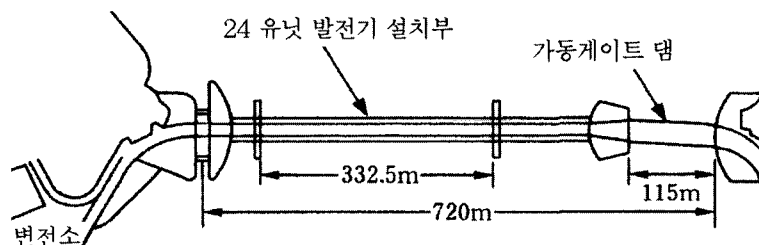


그림 2. 랑스 조력발전소의 구조도

이 조력발전소는 프랑스 북서부의 영불해협 방향으로 흘러가는 강의 하구 쪽에 위치하고, 최대 13.5(m), 평균 8.5(m)의 간만의 차를 이용해, 1966년부터 현재까지 발전을 하고 있다. 또한 똑운 주요한 간선도로의 다리로 이용하고 있다. 조력발전의 경우, 만조 시에 댐에 저수된 물을 간조시가 가까워지면 바다 측에 방수하는 물을 이용해 수차를 돌리

고, 간조에서 만조로 가까워지면서는 바다 측으로부터 하구의 댐으로 흘러 들어가는 물의 낙차와 수량을 이용해 수차를 돌려 발전시킨다. 그 때문에 조력발전소용 수차는 양방향 흐름으로 회전하는 수차가 필요하다. 그 외에 캐나다, 러시아, 중국에는 실험적 규모의 소규모의 조력발전소가 있으며, 우리나라의 서해안도 간만의 차가 높으며, 조력발전소 건설에도 유리

한 조건을 갖추고 있다.

4.2.2 해류발전

해류는 주로 태양으로부터의 열에너지 입력이 고르지 못해 발생하는 대류작용에 기인하는 열 유체 운동이다.

흐름을 갖는 운동에너지 P 는 유속 V , 유량 Q , 최대 유속 $2.5[m/s]$ 의 조건에서 계산을 하면 약 $1,872 [GW]$ 가 된다. 그러나 해류는 연안부로부터 멀리 떨어져있고, 발전설비에 대한 설치기술이 미개발된 상태이므로 대규모의 해류발전 실적은 세계적으로 전무하다. 그렇지만 앞으로의 연구, 개발은 기대 된다.

4.2.3 조류발전

조류는 조석현상에 기인한 주기적 해수의 흐름이다. 조석과 마찬가지로 조류는 대양에서는 약하고, 해안 부근에서는 강해지며, 특히 만 입구가 좁은 장소나 육지 사이에 긴 해협, 바닷물의 통로 또는 좁은 해협에서 유속이 빨라진다. 그러므로 조류가 빠른 지역 분포는 앞의 조력발전 지역인 조석 간만의 차가 큰 지역과 일치한다.

조류로부터 에너지를 회수하는 데는 수차를 이용하는 것이 일반적이고, 양방향 흐름에 대해 항상 동일 방향으로 회전하는 수차가 시스템을 간단히 만드는데 적합하다. 이 특성을 갖는 수차로서 “서보니우스 수차”와 “다리우스 수차”가 있다. 조류발전의 경우 조력발전과는 달리, 댐이나 둑을 만들지 않고 자연적인 바닷물의 흐름 속에 직접 수차를 넣어 에너지를 추출하기 때문에 특성상 수차효율이 큰 요소로 간주하고 있다. 그런 관점에서 “서보니우스형 수차”보다도 효율이 좋은 “다우리스형 수차”가 유효하다. 조류발전의 실용화에 가장 근접한 것으로서 항로표지용 부이용 전원으로서의 사용이 적합하다고 할 수 있다.

4.2.4 파력발전

현재 실용화를 앞두고 연구가 지속적으로 이루어지

는 것이 진동수주형으로 공기실 상부에서 공기의 흐름에 따라 터빈을 운전시키는 방법이다. 파도에 의한 공기실내 수면의 상하운동에 의해 공기 흐름 방향이 반전하기 때문에 왕복 공기류 속에서 항상 일정방향으로 회전하는 “웨일즈 터빈”이 사용되고 있다.

이러한 파력발전은 해안가에 설치가 가능하기 때문에 세계적으로는 기술적, 경제적으로도 실용화가 가능한 단계에 있다. 파력 발전의 실용하는 노르웨이에서 운전 중인 정격출력 $500[kW]$ (진동수주형)이 있다.

4.2.5 해양온도차 발전(Ocean Thermal Energy Conversion)

해양온도차 발전은 바다의 표층해수($25[^\circ C]$ 전후)로 해수면아래 $800[m]$ 부근의 심층해수($1\sim 6[^\circ C]$)와의 온도차를 이용해 발전하는 발전 방식이다. 현재 주로 연구, 개발이 진행되고 있는 클로즈드-사이클식(Closed cycle system)은 증발기 속 $13\sim 25[^\circ C]$ 에서 증발하는 열매체(암모니아가스 또는 프레온가스)를 표층해수의 열로 증발시켜 터빈으로 보내고 발전기를 돌리며, 터빈에서 운동에너지 변환 후의 동작매체는 응축기 속에서 심층해수를 통해 냉각되어 액체 상태로 되돌아가며, 순환펌프에서 다시 증발기로 보내지게 된다. 이것은 화력발전소의 랭킨-사이클(Rankine cycle)과 같다. 그림 3에 나타낸 오픈-사이클 방식(Open-cycle system)으로는 증발기, 터빈, 응축기 내부를 진공 펌프로 압축하여 표층의 온 해수를 증발기로 일부는 공기로 증발시키고, 대부분의 덩어린 물은 바다로 되돌린다. 터빈에서 에너지를 이용한 증기는 응축기에서 냉각되어 증류수가 되므로 식 음료수나 산업용수로서 이용될 수 있다. 하이브리드-사이클 방식은 이 두가지들을 결합한 것이다. 현재까지의 실험적 플랜트로서는 하와이의 $210[kW]$ 급이 최고이며, 현재 인도의 연구소 내에서 $1,000[kW]$ 급을 건설 중이다.

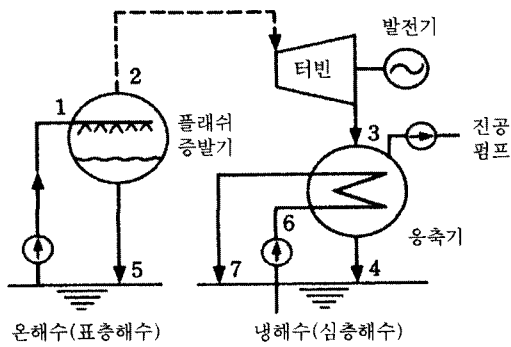


그림 3. 오픈 사이클식 해양 온도차 발전

4.3 해양에너지의 장점

바다에 부존하는 조력, 조류·해류, 파력, 온도차 등의 에너지는 다른 자연에너지에 비해 다음과 같은 장점이 있다고 본다.

- ① 바다는 지구 전체 적으로 지리적 편차가 거의 없다.
 - ② 역학적인 에너지의 형태 면에서 볼 때에 변화효율이 높다.
 - ③ 자연에너지 중에서는 밀도가 비교적 높다.
- 한편, 우리나라도 3면이 바다이고 여러 가지 여건에서 바다에서 에너지를 얻는데 있어 유리한 조건에 있으며, 에너지 부존량도 풍부한 것으로 W사 됨으로 이의 이용을 적극적으로 연구·발전해야 한다.

5. 코제너레이션 시스템

5.1 개요

“코제너레이션”이란 일반적으로 열과 전력을 함께 (Co-) 발생(Generation)시킨다는 것이다.

현재 에너지를 이용하는 입장으로 볼 때에 말단에서의 유용한 이용형태로서의 에너지는 전기(Electric)와 수소(Hydrogen)라고 할 수 있지만, 에너지의 전송과 보존, 평균화를 키워드로 한 에너지의 공급 형태적인 면과 ‘코제너레이션 발전시스템(이하

CGS)’과 같은 에너지원으로서의 1차 에너지 교환기술의 전반적인 발전에 대한 것이 현재 우리들에게 부과된 명제와 같은 것이다.

더욱이 넓은 의미로 파악하면 에너지를 포함한 환경문제, 인구문제, 식료품 문제가 정치, 경제로서 과제화 하여 범지구적으로 전개된 것으로 생각된다.

이러한 관점에서 CGS를 보면, 현행 기술에서 발전설비 효율이나 배기가스보일러의 효율, 배기가스의 청정화, 시스템의 운용기술 등의 모두는 미래와 연결되는 기술로 자리매김하고 있다. 이런 것들은 가능한 빨리 연료전지와 같은 환경친화적인 에너지사이클형의 차세대기술을 도입하면서 다른 한편으로는 화석연료의 의존으로부터 탈출하는 것이 바람직할 것이다. 이런 관점에서 CGS를 에너지의 절약적인 관점을 중심으로 소개한다.

5.2 타당성 검증방법

코제너레이션의 도입을 검토할 경우 일반적으로 열원 과 전원설비의 비교 기준을 이루는 시스템에 대하여 부하의 패턴, 유지관리 비용을 산정하고, 코제너레이션을 채택하고자 하는 시뮬레이션에 이용되는 표준적인 계산근거에 따라 대략적인 비용의 검토를 실시한다. 그 결과 도출된 단순 감가상각년수가 주요한 매개변수로서 평가된다.

코제너레이션의 경제성 검토에 있어서는 기존의 계산근거를 검토하고, 표 2 과 같이 현실적인 결과를 얻을 수 있도록 다음의 요점에 따라 보정을 해야 한다.

- ① 부하패턴의 상정은 해당물건의 전력, 열부하의 연간과 시간마다 부하패턴을 상정하여 작성해야 한다.
- ② 비교 기준이 되는 열원시스템은 기존 채택된 표준시스템과의 비교뿐만이 아니라, 해당 프로젝트의 계획에 적합하다고 생각되는 현실적인 시스템과도 비교를 병행해야 한다.
- ③ 전력시스템에 대해서도 구체적으로 계획내용을

기술해설

검토하고, 정전시에 요구되는 비상용 발전용량에 대해서 상정함으로써 검토의 정확성을 높인다.

④ 운전비용(Running-cost)에서 큰 비중을 차지하는 유지관리비의 산출근거에 대해 운전시간마다 유지관리 항목 과 비용을 상정하여 보다 현실적인 비용을 채택한다.

5.3 도입 분기점

일반적으로 코제너레이션의 내용수명(Life cycle)를 감안한 후에 검토해야 할 요인으로는 물리적 열화, 기능적 열화, 경제적 열화의 세 가지를 들 수 있다.

5.3.1 물리적 열화에 대해

시간이 경과할 때마다 유지관리 내용을 살펴보면 약40,000시간(약8년 연속사용)으로 케이싱을 제외한 코제너레이션 주요 부분의 거의 전체적인 교체 및 교환이 발생하므로 기기류의 물리적인 내용수명은

40,000시간 정도로 볼 수 있다.

또한 메이커의 부속품 공급의무는 장비의 생산중지 후 8년 정도이므로 그로부터 수년 후에는 재고가 소진될 우려가 높다. 그러므로 이들 부속품들의 조달에 필요한 시간·비용 증가가 예상된다.

기관(Engine)의 내용수명도 15년정도이지만, 계속적으로 운전되는 경우에는 운전시간이 대폭 길어지기 때문에 이에따른 수명이 단축되어 교체되는 예가 있다.

5.3.2 기능적 열화에 대해

시간이 경과됨에 따라 기기류의 효율 감소가 진행되고, 경제성을 감소시키는 원인이 된다. 한편 새로운 기기류는 성능이 향상되어, 발전효율, 환경부하대책 등 개선을 생각할 수 있다. 40,000시간을 경과할 즈음에는 그러한 상황이 될 가능성이 있다.

또한 앞으로 환경적인 부하의 절감 기준이 강화되리라 보는 경우가 대부분이므로 현재의 기준값에 의한 배기가스 대책으로는 대응할 수 없게 될 우려가 있다.

표 2. 타당성 비교표 (참고예)

구 분	기 존 방 식	CGS	비 고
		0000(kW)×0대	
C G S 발 전 량	-		
매 전 량			
설 치 면 적			설치공간의 증가분을 계상한다.
비상용발전기 용량		-	
C G S 종 합 효 율	-		
C G S 설 비 비 용	-		
비상용발전기 설비비용		-	
설 비 배 관 비 용			
계 통 연 계 비 용	-		
감 시 · 제 어 비 용			CGS감시, 전력감시의 비용증가를 예상한다.
건 축 비 용			공간 증가분을 계상한다.
가 스 요 금			
전 기 요 금			
수 도 연 료			
유 지 비			
단순 감가상각년수			

5.3.3 경제적 열화에 대해

40,000시간은 맞은 시점에서 기능적 열화, 노후화를 생각하면 교체하는 것이 경제성이 높아지는 것으로도 생각할 수 있다. 부속품류의 교환비용 상승이나 성능 감소에 따른 유지관리비용 증대가 10년후 경부터 발생할 우려가 있다.

이러한 관점에서 보면, CGS의 운용조건에서 경제적으로 현실적인 내용수명(Life-cycle)은 8~12년 정도이고, 더욱이 운용상 위험성을 고려하면 충분히 경제성을 얻을 수 있는 단순 감가상각년수는 7년 이하가 되어야 할 것으로 보인다.

5.4 도입계획의 패턴

일반적으로 코제너레이션을 도입하게 되는 동기는 다음과 같이 구분된다.

- 1) 계약전력이 10,000(kW)를 넘어선 수전시스템에서 CGS를 도입함으로써 초고압(154(kV)) 수전설비를 특별 고압(22.9(kV))으로 수전이 가능해져서 CGS 도입 비용이 거의 부담되지 않는 경우
- 2) 비상용발전기의 설치용량이 CGS 최적용량의 1/2에 가까운 경우에 비상용발전기를 겸용함으로써 CGS 도입 비용을 감소할 수 있는 경우 (그림 4)

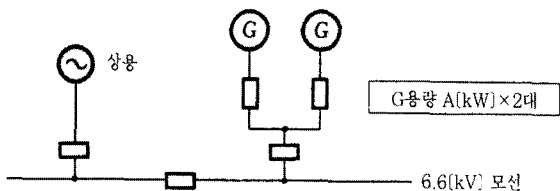


그림 4.

- 3) 비상용 발전기의 설치용량이 CGS 최적용량의 2/3에 가까운 경우에 비상용 발전기를 겸용함으로써 CGS 도입 비용을 현저히 감소할 수 있는 경우.

이 경우는 2)에 비해 운전 패턴이 증가한다는 점과 계약전력이 줄어든다는 큰 장점이 있다.

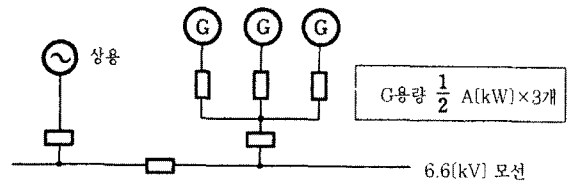


그림 5.

- 4) 상기의 어느 쪽도 해당하지 않지만 규모, 용도에 있어 결과 전력의 수요가 연간이나 밤낮을 통틀어 안정한 CGS 도입에 의한 비용증가를 충분히 운전비용(Running-cost)의 장점으로 회수할 수 있는 경우.

이 4)경우가 전항 3에서 설명한 단순 감가상각년수가 7년 이하이면 도입효과가 있는 것으로 판정하지만, 1), 2), 3)의 예로는 실제 회수비용 이상이 되어 시스템적인 부가가치가 금액 과 건축면적으로 대단하기 때문에 단순 감가상각년수가 2~3년 이내로 되는 경우가 많다.

비상용 발전기 겸용형 으로서는 디젤기관(DE)을 이용한 방식이 채택된 경우가 많다. 환경적 면에는 다소 문제가 있지만 연료의 공급적인 신뢰성을 우선시 하는 것으로 볼 수 있다.

가스엔진(GE)을 비상용발전기 겸용형 으로 하는 경우는 호텔 등에서 사용되는 경우가 있으나 공급가스관의 신뢰성은 높지만, 연료 공급의 기반시설 모든 구간이 신뢰성이 있는지는 의문이고, 외적 요인으로 사고시 복구대응이 전력설비에 비하면 장기간이 걸리기 때문에, 병원과 같이 신뢰성이 요구되는 빌딩에 대해서는 저장성이 있는 액체연료에 의한 디젤기관이나 가스터빈(GT)을 비상용 발전기 전용기로 설치할 것이 바람직하다.

그렇지만 여기에서도 지역에 따른 연료에 의한 환경규제 등을 검토해야만 한다.

- 5) 비상용발전기를 겸용기로 이용하는 경우

5.5 종합평가와 운용상 과제

에너지 유효활용을 할 수 있는 것은 지구적인 규모로 보면 환경친화적인 기술임에는 틀림없다. 그러나 분산화 전원의 경우, 수용가 모두가 계통과 연계하여 발전을 하는 경우에는 도시 전반수준의 환경은 악화될지도 모른다. 이런 점은 도시생활자의 자아의식에 따른 것도 있지만 이런 의견에도 정면적으로 돌파할 필요가 있다. 또한 전력관리의 정책과 원자력 발전에 대해 어떠한 정책을 입안 하느냐에 따라서 CGS의 중요성이 달라질 것이다.

또한, 전력의 공급시스템 운용상에 큰 과제로는, CGS 운전은 일반적인 자동차에 비유할 때, 수동식 운전 차량과 같은 것으로서 노련한 보수. 관리자가 없는 경우, 특히 전기 기술자가 없는 경우에는 불의의 사고에 대해 복구 작업이 지연될 수가 있다.

6. 연료전지 발전시스템

6.1 개요

각종의 내연기관이 연료로 열을 만들어 증기를 발생시키거나 그 가스로서 로서 기기를 회전시켜 동력을 얻고 그 동력에 의해 발전하는 방식인데 대하여, 연료전지는 연료에서 직접 열과 동시에 직류전기를 얻어내는 시스템이다.

연료전지는 기존의 내연기관보다도 높은 발전 효율을 실현할 수 있는 가능성이 있으며 배출되는 열을 증기나 온수로 변환하여 유용하게 이용할 수 있다는 점과 SOx, NOx 등 유해물질을 거의 배출하지 않고 소음이 없다는 점에서 도시에서 사용 가능한 분산형 전원, 가정용 전원 및 전기자동차 전원으로 주목받고 있다. 우리나라 뿐만 아니라 세계적으로 국가 연구소, 전력회사가 주체가 되어 개발이 추진되어오고 있다.

연료전지로는 장비의 동작온도가 낮은 순으로서 고

체-고분자형 연료전지(PEFC), 고체-산화물형 연료전지(SOFC) 등이 개발되고 있다.

이 중에서 PEFC는 소형빌딩용, 가정용이나 전기자동차의 전원으로의 실용화에 대한 기대가 높다.

다음에서는 이 연료전지들의 특징이나 개발과 관련해 최근 주목받고 있는 PEFC를 중심으로 소개한다.

6.2 연료전지의 원리

연료전지는 연료극 측에 수소, 공기극 측에 산소를 공급해 발전하는 활성물질 공급형 전지로 어느 측이든 한쪽의 공급이 중지되면 발전할 수 없게 된다. 한 개의 연료전지(단셀이라 한다)마다 추출할 수 있는 전압은 0.7[V] 전후로 낮으므로 직류전압으로 사용하는 전압인 최소 100~200[V]가 되기 위해서는 다수의 셀을 직렬로 적층할 필요가 있다. 따라서 적층한 셀 모두에 대해 항상 일정한 수소와 산소의 공급을 유지해야만 한다.

그림 6 는 연료전지의 이론효율과 내연기관의 카르노-사이클(Carnot's cycle) 효율의 온도 특성을 나타낸 것이다. 내연기관에서는 고온일수록 높은 효율을 기대할 수 있지만 연료전지의 경우에는 저온일수록 이론효율이 높아지게 된다. 현재는 1,000[°C]를 넘으면 연료전지보다도 내연기관 쪽이 이론 효율면에서 우위에 있다.

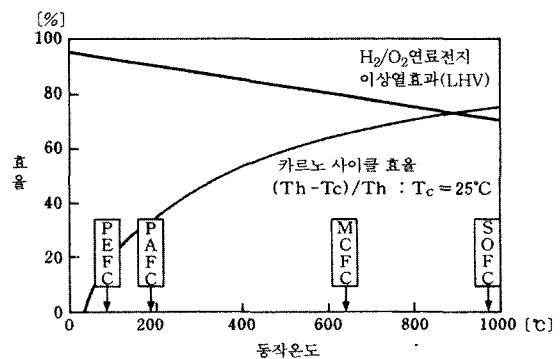


그림 6. 내연기관과 연료전지의 효율. 온도 특성

6.3 각종 연료전지의 특징

표 3 에 각종 연료전지의 특징과 용도를 나타내었

다. 저온형의 PEFC와 PAFC는 운전온도가 200 [°C]이하이다.

표 3. 각종 연료전지의 특징 비교

구 분	저온형 연료전지		고온형 연료전지		
	고정고분자형 (PEFC)		인 산 형 (PAFC)	용융탄산염형 (MCFC)	고체산화물형 (SPFC)
	이 동 형	고 정 형			
운 전 온 도 (° C)	실내~90	60~120	80~200	550~700	750~1000
코제너레이션(스팀)	X	X	O	-	-
코제너레이션(온수)	X	O	O	-	-
배출열 이용 발전	X	X	X	O	O
대표적인 출력규모	90(kW)이내	90(kW)이내	50~200(kW)	1(MW)	1(MW)~
용 도	비상용 전원 휴대가능	가정용 소형빌딩용	코제너레이션 전원 바이오가스 이용	분산전원 석탄가스이용	분산전원 석탄가스 이용

PEFC는 단일 수소형인 경우에는 실내온도에서도 좋은 성능을 유지해 운전할 수 있다. 그러나 개질가스가 포함된 경우에는 운전온도가 60[°C]아래이면 개질가스에 포함된 산화수소로 인해 성능이 크게 감소된다. 따라서 일반적으로는 60~80[°C]에서 운전된다. PEFC의 경우 100[%] 정도의 온도를 가온을 해야 하기 때문에 고온에서의 운전은 곤란하다. 그러나 가압함으로써 운전온도를 120[°C] 정도로까지 상승시킬 수 있다. PEFC 장비 자체는 기동하여 실온에서의 운전온도까지 온도주기(Thermo-cycle)가 간단하고, 셀 교체도 간단히 할 수 있다. 그러나 배출되는 열의 이용이 어렵고 개질에 필요한 증기나, 개질열에 연료전지의 배출열을 이용할 수 없는 단점이 있다.

PAFC는 80[°C] 정도에서도 운전이 가능하지만, 200[°C] 정도까지 운전온도를 높일 수 있으므로 일반적으로 약200[°C] 동작온도로 운전 한다. 이렇게 함으로써 배출열에서 고압의 증기를 얻을 수 있으며, 100(kW)이상의 출력규모가 되면 흡수식 냉동기를 이용해 냉방을 할 수도 있다.

운전온도가 650[°C]의 MCFC 와 1000[°C] 정도인 SOFC 의 고온형 연료전지의 경우는 고온의 배출열을 이용해 연료개질을 할 수 있으며 Bottoming-

cycle로 고온의 배기가스로부터 에너지 회수를 손쉽게 할 수 있으므로 높은 발전효율을 기대할 수 있다. 그러나 운전온도까지의 온도주기가 어렵고 기체와 기체간의 열교환기가 필요하며 배관으로부터의 배출열 손실이 커지지 않도록 해야 하는 기술과제가 있다.

6.4 저온형 연료전지

PEFC는 캐나다의 메이커(BPS사)가 앞섰지만 우리나라 나 일본의 여러 전기연구소, 자동차 회사에서 분산형 전원과 전기자동차용 전원으로 PEFC 개발이 한창 진행되고 있다.

PEFC의 셀로는 전력으로 교환할 수 없던 반응저항과 같은 손실분은 발열을 하는 것이므로, 셀을 냉각해 적절한 온도로 유지할 필요가 있다. 따라서 연료가스, 공기와 함께 냉각수를 흘려보내 냉각하게 된다. 그러나 어느 온도까지 냉각수를 데울 수 있을지는 연료전지의 운전온도에 달려 있으며, 냉각수를 열교환해 열 이용설비에 사용할 수 있다. PEFC의 배출열은 온수로 이용되지만 PAFC의 경우에는 증기로 추출해 이용할 수 있으며 흡수식 냉동기를 이용하여 냉방부하에도 이용할 수 있다.

그림 7 은 도시가스를 연료로 하는 연료전지(PEFC) 코제너레이션(가정용)의 개념도이다. PEFC의 배출열은 급탕 외에 패널히팅 등에 이용되므로, 에너지의 유효한 이용을 실현할 수 있다. 그러나 열 이용에 있어서는 계절요인이 크게 작용하므로, 일일 이내라도 시간대가 단기간에 집중되므로 급탕 기능을 갖춘 급탕탱크에 보관하는 시스템이 필요해진다. 또한 야간에는 도시가스보다 심야전력 요금 쪽이 더욱 저렴한 경우가 있으므로 야간에는 정지를 하는 것도 검토해야 할 것이다.

PAFC는 운전온도를 높게 유지할 수 있으므로 170(°C) 정도의 고압 증기를 쉽게 추출해 흡수식 냉동기에 공급하여 냉방에 이용할 수 있다. 따라서 그 특징을 살려서 도심의 소비 장소에 가까운 계통연계형 코제너레이션 시스템으로서 이용도가 높다.

연료전지가 가스엔진이나 마이크로 가스터빈에 비해 발전 효율이 높다는 것이 큰 장점이지만 마이크로 가스터빈이 등유와 같이 저렴하고 편리한 연료를 이용할 수 있는데 반해 연료전지는 도시가스, 메탄가스 등이나 가격이 높은 프로판가스를 사용하므로써 연료의 경제성과 편리성에서 불리하다. 이런 관점에서 최근에는 빌딩, 공장이나 하수처리장 등에서 메탄을 발효하여 생성한 바이오가스(메탄가스)를 연료로 이용하는 방법과 같이 경제적인 연료를 목표로 한 것을 연구 중이다.

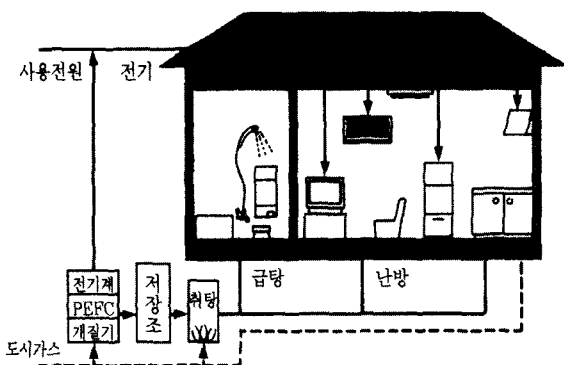


그림 7. 연료전지(PEFC)코제너레이션(가정용)

6.5 고온형 연료전지

MCFC형 연료전지에 대해 외부 개질방식으로서 이 시스템의 개발 초기에는 천연가스를 연료로 하는 수 MW 급의 중규모전원과 대규모 화력발전 대체를 목표로 하였지만 최종적으로는 석탄가스를 연료로 사용하는 화력발전소 대체의 대형전원을 목표로 하고 있다.

한편, 연료개질을 연료전지 기기의 내부에서 하는 내부 개질방식에 대해서는 동작검증을 실시하여 상용화 단계에 있다.

이 외에 SOFC형 연료전지는 800(°C) 이하에서 운전하는 저온형 SOFC 개발도 진행 중이다. 고온형에 비해 성능은 다소 감소되었지만 재료적인 여유를 갖을 수 있다.

7. 미이용 에너지의 활용

7.1 개 요

사용하지 않는 이용에너지(이하 '미이용 에너지')의 정의는 명확하게 이야기할 수는 없지만, 일반적으로는 바닷물, 하수 와같이 주변온도와 차별된 온도로서 에너지가 저장된 "온도차에너지"와 쓰레기소각장 열에너지 등과 같은 "재생에너지"를 말한다.

구체적으로는 온도차 에너지란 하수, 중수, 하천수, 지하수, 바닷물, 얼음 및 눈 등이며 이에 대하여 재생에너지란 변전소, 송전선, 지하철 및 공장 등으로부터 각종의 배출되는 열 등과 쓰레기 소각장 등의 폐기물처리 에너지 이다.

7.2 활용의 과제

미이용 에너지를 활용하고자 하는 경우에 문제가 되는 것은 에너지 수급에 관한 시간, 공간, 온도의 부정합성 이다. 현재 실시되고 있는 미이용에너지를 활용하기 위한 기술이나 조직체는 이 부정합의 해결을 목적으로 하고 있다고 할 정도이다.

7.2.1 시간의 부정합성

사용자측에서 열을 필요로 하는 시간에 미이용 에너지가 발생하지 않는 경우가 많다. 이 과제를 해결하기 위해서는 발생한 열을 비축해두는 축열 기술이 필요하다.

또한 쓰레기소각장 뿐만 아니라 일반 공장에서는 보수를 위해 정기적으로 배출열원의 운전을 중지하는 기간이 있으며 이때를 대비한 백업용 시설이 필요한 경우도 있다. 시간적인 부정합의 해결을 어렵게 하고 있는 것은 배출열의 발생자와 그 이용자가 다르다는 점이다. 또한 배출열원이 사고로 정지한다든지, 프로세스가 변경되어 배출열을 발생시키지 않은 경우의 문제점 해결 방안 등의 제도면이나 운용면에 관한 과제도 크다.

7.2.2 공간적인 부정합성

미이용 에너지가 발생하는 장소와 거리적으로 떨어져 있음을 의미한다.

기존의 지역에 있어 멀리 떨어진 장소의 배출열을 이용하고자 하는 경우, 경제적으로 효율적인 에너지 이송기술이 필요하다. 이 과제의 본질적인 해결을 위해서는 열의 캐스케이드 이용을 고려한 도시개발이 필요해진다. 결국, 고온의 열이 배출되는 시설 주변에 그 배출열로 충분히 공급할 수 있을 정도의 열을 필요로 하는 시설을 유치하고 시설 주변에는 그것을 가능한 반복하며, 마지막에 남는 저온의 폐열은 주택용 급탕이나 난방에 이용하는 최적의 열이용을 가능하게 하는 도시기반조성이 필요하다.

7.2.3 온도의 부정합성

열을 버리는 측의 배출열 온도레벨과 이용하는 측의 온도레벨이 잘 맞는 경우가 많다.

민간용의 열수요에 이용되는 미이용 에너지는 온도레벨이 낮은 배출열일 때가 많지만 이러한 열을 효율적으로 이용하는 기술이 히트펌프이다. 최근에는 고성능 히트펌프의 실용화 시대에 들어섰다고 할 수도

있다. 그러나 온도레벨이 낮은 미이용 에너지의 사용을 확대하기 위해서는 효율이 높고 사용하기 쉬운 히트펌프 개발과 50~80(°C) 정도의 온수를 구동원으로 하여 직접 냉수를 발생시키는 보다 효율이 높은 단효용 흡수냉동기와 흡착냉동기 등의 저온열원구동 냉동기의 개발이 요구된다.

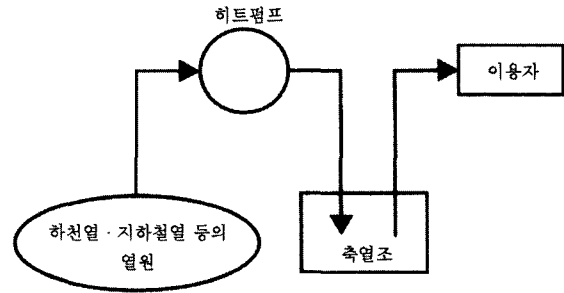


그림 8. 히트펌프에 의한 활용시스템 (예)

7.3 기반 기술

앞의 부정합 문제를 기술적으로 해결하기 위해서는 낮은 온도레벨에서 열을 추출하여 높은 온도레벨로 올리는 히트펌프 기술, 폐기된 배출열을 회수해 이용하는 열회수 기술, 지역레벨에서의 열 공급을 네트워크화 하는 지역배관 기술 등 기술혁신과 이를 바탕으로 한 도시 규모의 기술 적용이 필요하다. 현재 미이용 에너지가 가장 많이 활용하는 분야는 지역열 공급 사업이다. 지역열 공급사업이란 복수의 열수용가에 대해 냉, 난방과 급탕의 열원을 집중적으로 발생시키고, 지역배관을 이용해 각 수용가에 필요한 열을 공급하는 것이고 특히 에너지의 유효이용에 효과가 있다.

또한 시설이 대형이고 공공성도 있기 때문에 미이용 에너지를 이용하기 쉬운 측면이 있다.

7.4 종류별 이용 기술

대표적인 미이용 에너지에 관해 열에너지로서의 특성, 이용기술의 주요사항, 에너지 부존사항 등을 알아 본다.

7.4.1 하천수

일반적으로 하천수의 수온은 대기 온도에 비해 동절기에는 높고 하절기에는 낮은 특성을 갖는다. 수온과 기온의 온도차가 없는 경우에도 히트펌프를 이용함으로써, 공기를 열원으로 이용되는 히트펌프에 비해 고효율로 운전할 수 있다. 그러나 하천수는 유량의 계절변화가 크고 강우 등 기후의 영향에 따른 온도 변화가 크다는 점에서 주의해야 한다.

취수에 관해서도 물사용 권리문제에서부터 신규의 취수가 어렵다는 점도 있지만 도시부를 관류하는 하천의 경우에는 활용여지가 크다고 보며 비교적 취수가 쉬운 하류지역, 하구부근 등에서 이용이 예상된다. 이용할 경우는 부유물의 유입을 막는 필터의 설치, 생물의 부착방지가 필요하다.

7.4.2 바닷물

바닷물은 양적으로 풍부하다는 점과 동결온도가 $-1.9(^{\circ}\text{C})$ 로서 하천수에 비해 낮다는 점에서 히트펌프 열원으로 우수하다. 그러나 바닷물은 열교환기 등의 기기를 부식시키기 쉽고, 생물의 부착에 의해 배관의 폐쇄나 열전도율의 감소를 초래할 우려가 있기 때문에 주의해야 한다.

기초기술은 임해 화력발전소의 바닷물에 의한 냉각기술을 통해 알 수 있듯이 거의 확립된 상태이기 때문에 적절한 대책을 실시할 수 있고 앞으로 활용 확대가 기대된다.

7.4.3 지하수

지하수는 연간 통틀어 수온이 $10(^{\circ}\text{C})$ 이상으로 안정되어 있다. 이 때문에 히트펌프의 열원으로 우수한 성능을 갖추고 있지만 지하수 이용시 동반되는 정기적으로 환경에 대한 영향을 충분히 조사할 필요가 있다. 여기에는 동절기와 하절기에 걸친 장기 축열에 이용하는 기술의 발전이 필연적이다.

7.4.4 하수

도시부분을 중심으로 유출되는 하수도는 가정의 욕

실이나 취사에 이용하는 급탕 열의 일부도 같이 운반되기 때문에 가정 내 폐열의 집약시스템 이라고도 볼 수 있다. 하수펌프장이나 처리장에 유입되는 하수는 동절기에도 $15(^{\circ}\text{C})$ 정도, 하절기에는 $25(^{\circ}\text{C})$ 정도로 하천수보다 바닷물에 가까운 온도 특성을 가지고 있으며, 특히 겨울철의 온도가 높아 히트펌프 열원으로 우수하다.

그러나 하수의 유량은 인간 활동에 따라 변동하기 때문에 일일 시간 변동이 적고 안정되며, 하천수와는 달리 기후의 영향이 비교적 적은 편이다. 하수의 열 이용에 관해서는 각 하수처리장의 수온, 수량, 수질 등을 충분히 파악하여야 한다. 또한 유입수는 물론 처리수에 서도 열교환기 등에 생물이 부착해 효율을 감소시키기 때문에 이에 대한 대책이 필요하다. 하수 처리 후에 남은 오니는 하수처리량 $1(\text{m}^3)$ 당 약 $600(\text{kcal})$ 의 열량을 갖고 있고 소각시에는 발전이나 열회수 이용이 가능하다. 하수의 처리과정에서 발생하는 생성가스는 천연가스와 마찬가지로 메탄이 주성분이다. 이산화탄소의 함유량이 많은 천연가스보다는 단위량마다 발열량은 $500(\text{kcal}/\text{Nm}^3)$ 정도로 낮지만, 취급이 쉬우므로 연료로서 발전 등 다목적으로 이용된다.

7.4.5 쓰레기 소각장

쓰레기 처리는 최종처분자의 확보난 등 소각에 의한 감량처리가 실시되고 있다.

많은 소각처리장에서는 소각시에 발생하는 배기가스로부터 회수한 열을 이용해 고압 증기를 만들어 발전에 이용한다. 쓰레기 소각시에 발생하는 배기가스는 평소 연료를 연소시키는 경우와는 달리 다양한 물질이 혼합되어 염화수소가스 등 부식성 가스가 포함되어 있기 때문에 회수증기온도는 $300(^{\circ}\text{C})$ 정도 이하로 제한되어 발전효율은 그다지 좋지 않다. 그러나 최근 대규모의 소각장에서는 가스터빈을 병설해 회수 증기를 과열시켜 공급하는 슈퍼쓰레기 발전이 도입되어 발전효율의 향상을 이루고 있다.

소규모 시설의 새로운 쓰레기처리설비로는 폐기물

의 고품연료(RDF: Refuse Derived Fuel)화가 주목받고 있다. 분산하여 설치된 RDF화 시설에서 제조된 RDF를 모아서 RDF전용보일러에서 연소시켜서 발전과 열 공급에 이용하는 시스템이 연구되고 있다. 이처럼 쓰레기소각가스의 폐열은 비교적 고품격이기 때문에 발전으로의 이용으로 적합하다.

7.4.6 지하철, 지하가

도시부에서 공기 중으로 배출되는 폐열 중에서 지하철 구내나 지하가와 같은 공간은 비교적 열 밀도가 높고 공기의 배출구도 제한되어 있기 때문에 히트펌프의 열원이용이 가능하다.

특히 지하철 구내는 열차, 승객, 조명등으로부터 다량의 발열이 있어 우리나라 전국의 지하철역에 부존하는 미이용 에너지의 이용이 기대된다.

7.4.7 변전소, 지중송전선

변압기의 효율은 상당히 높지만 변전 손실분은 열로 변환해 기기의 온도를 상승시키기 때문에 냉각시킬 필요가 있다. 또한 도시부를 중심으로 설치된 고압 지중전선은 송전효율을 높이기 위해 상시 냉각수로 냉각된다.

이러한 배출열도 히트펌프의 열원으로서 유효하게 이용할 수 있다.

7.4.8 공장 배출열

공장 배출열은 공장에서 생산 활동에 동반되어 발생하는 폐열이고, 공장에 따라서는 상온에서 수백 [°C]에서 여러 가지 온도레벨의 것이 있다. 고온폐열은 자가발전 이용되는 것, 폐열의 온도레벨이 낮은 등 공장 내 프로세스에서의 재이용이 어려워지고, 100[°C] 정도의 폐열은 수십 도의 열 이용의 주체인 민간의 용도에서 보면 상당히 높은 온도임에도 불구하고 대량으로 폐기되고 있다. 히트펌프 열원으로 보면 충분한 온도이지만 공장 내에 분산하는 기기에서 모으는 것이 곤란하다든지 소요장소로 부터 떨어졌기

때문에 저온 폐열의 이용은 추진되지 않고 있는 형편이다.

화력발전의 연료와 도시가스의 원료가 된 LNG는 -160[°C]의 저온액체이며 이용시에 가스화 시킬 때 다량의 열을 주위로부터 흡열한다. 이 차가워진 폐열의 이용은 LNG 플랜트의 냉각발전의 대부분을 차지한다. LNG 냉열은 본래 일반의 냉동기의 운전 효율 면에서는 낮은 효율밖에 기대할 수 없는 마이너스 수십 °C이하의 저온에서 이용해 에너지 소비의 절약효과가 커진다. (碧海)

참 고 문 헌

- [1] 전설기술(한국판) 2002.5월,6월,7월호-특집-, (주) 의제전기설비연구원, 일본전설공업회.
- [2] 최신판 신인교육전기설비, 1998, 정용기, 신호섭 공역, 도서출판 의제.
- [3] 신전기설비사전, 2000, 의제편집위원회역, 도서출판 의제.

◇ 저 자 소 개 ◇



신 효 섭(申孝燮)

1957년 3월10일생. 1979년 명지대학교 전기공학과 졸. 1997년 서울산업대 산업대학원 안전공학과 졸(석사). 문유현전기설계 근무. 현재 (주)한양티씨 부사장. 건축전기설비기술사, 조명디자이너. 본 학회 평의원. 편수위원.



정 용 기(鄭龍基)

1952년 3월5일생. 1995년 숭실대 대학원 전기공학과 졸(석사). 2003년 숭실대 대학원 전기공학과 졸(박사). 미국 R.M Parson Engineering 사 근무. 내무부공무원 근무. 현재 (주)의제전기설비연구원 원장. IEC-TC64, TC-8 1한국대표위원. 전기/소방기술사. 조명디자이너. 본 학회 재무이사.