

전력 소비형태 분석과 절전기술

5

卞 鍾 達

韓國電力技術(株) 委屬技術役

다. 소비자측의 절전

(1) 간접적인 절전

수입에 의존하여야 하는 에너지자원의 절약은 물론이지만 그중에서도 전기는 가장 사용하기 간편하고 효율적일 뿐만 아니라 다용도로 사용되고 있는 가장 뛰어난 형태의 최종소비 에너지로서 이제 공기나 물과 같이 일상생활에서 없어서는 하루가 아니라 순간도 생활하기 불편한 존재가 되어버렸다.

그러나 이와 같은 전기를 생산하려면 화력발전소는 5년, 원자력발전소는 10년이라는 오랜 기간과 발전소당 1조원이 넘는 막대한 투자를 필요로 하게 된다. 또한 발전소에서 전기를 발생시키려면 환경을 파괴하는 생성물을 배출하게 된다.

그러므로 절전은 자기 자신이 전기요금을 적게 부담해도 되는 것 이외에 2중 3중의 파급 효과를 수반하게 되는 것이다.

간접적인 또는 소극적인 절전은 가옥의 단열시공, 햇빛의 최대 이용, 자연 통풍이 잘되는 구조 등 여러 가지가 있을 수 있다. 이와 같은 자연환경의 이용은 인위적인 조명, 인위적인 공기순환 방식에 비하여 우리에게 더 친근할 뿐만 아니라

건강에도 훨씬 좋다.

선진국들은 이미 주택의 근본적인 에너지절약을 위해 단열 등 관계규정과 검사기준을 강화해 오고 있다. 영국은 각 주택에 에너지 효율 등급을 1~10등급으로 부여하여 매매과정에서 첨부시키게 함으로써 절약형 주택 구매를 유도하고 있다고 한다. 덴마크도 모든 주거용 건물 소유자에게 정부가 발급한 에너지증명서를 소지하도록 의무화시키고 있는 것으로 알려져 있다.

미국 캘리포니아주에서는 주택매매시 주정부가 정한 최저 에너지효율기준을 충족하는 검사기관 인증서를 매매계약서에 첨부토록 하고 있으며 일본은 주택설계-시공지침과 단열재 성능치를 공표하여 건축시 이를 준수토록 하고 있다.

대부분의 선진국들은 주택단열이나 에너지절약 공사에 용자나 조세혜택 등을 주고 있다고 한다. 우리나라의 경우 단열시공이나 전기설비 등을 건축법규칙으로 의무화하고 있으나 아직 형식적인 수준에 머물고 있는 실정이다.

(2) 고효율 기기의 사용

에너지 절약형 전기기기를 사용함으로써 소비자측에서 근원적으로 절전을 할 수 있다. 또한

정부에서는 소비자들이 가전제품이나 자동차를 구입할 때 에너지를 적게 쓰는 제품을 골라 살 수 있도록 이들 제품의 전면 또는 포장물에 에너지효율 등급 라벨을 의무적으로 부착하도록 하고 있다. 이 라벨은 효율이 가장 좋은 1등급에서 효율이 가장 낮은 5등급까지를 저울 눈금식으로 분류, 제품이 해당되는 등급을 적색으로 표시한다.

특히 에너지 소비비중이 큰 조명기구나, 에어컨 등은 전기를 적게 소모하는 고효율 제품을 선택하는 것이 중요하다. 근래에 절전형 전구 등 에너지 절약형 기기가 개발되고 있다. 한국에너지기술연구소는 에너지절약형 환풍기를 개발하였다고 발표하였는데 이 환풍기는 냉·난방이 가동되는 밀폐된 실내 공간에서 환기를 원활하게 해주면서 바깥으로 에너지 유출을 막는 열회수환풍기라고 한다.

이 장치는 일반 중-소 건물안에서 냉·난방 가동중 환기때 환기팬만을 이용, 내부공기가 그대로 빠져 나가고 온도차가 심한 외부공기가 그대로 유입됨으로써 빚어지는 에너지(열) 손실을 줄이고 건물의 에너지 비용을 크게 절감해 주는 효과를 갖고 있다고 한다. 연구소측 실험 결과 열회수환풍기를 가동했을 경우 환기팬만으로 환기하는 것보다 18% 정도 에너지 절감효과가 있는 것으로 나타났다고 한다.

현대자동차는 모든 생산라인에 설치되어 있는 범용 모터를 새로운 에너지절약형 모터인 ES 모터로 모두 교체키로 했다고 발표한 바 있다. 현대자동차는 현재 0.5~50마력짜리 갖가지 범용 전동기 1만6천여대를 모두 ES 모터로 교체할 경우 연간 전력비 9억원과 모터수리 등에 따른 간접비용 3억원이 절감될 것으로 기대하고 있는 것으로 알려졌다.

(3) 플러그 뽑기

전기기기를 사용하지 않을 때 플러그를 뽑는 것도 좋은 습관이다. 사용하지 않는 전기기기의 플러그를 뽑는 것은 전기안전에도 기여할 뿐만

아니라 전기절약에도 기여하게 된다.

또한 1,000만 가구가 TV를 보지 않을 때 플러그를 뽑으면 연간 22억7천만원이 절감된다고 한다. 그리고 하루에 TV 시청을 2시간씩만 줄이면 연간 210억원이 절감된다고 하니; 사소한 일이라도 노력을 하면 전국적으로는 그 영향이 큼을 알 수가 있다.

필요없는 곳은 조명을 끄는 습관도 중요하다. 필요없는 곳의 조명을 켜놓지 않기 위하여 타이머스위치 또는 센서스위치를 사용하여 사람이 없을 때에는 조명이 꺼지도록 하는 방법도 좋을 것이다. 호텔 같은 곳에서는 방에 들어가면서 룸키를 키박스에 꽂으면 전등을 켤 수 있고, 방에서 나갈 때 룸키를 키박스에서 뽑아내면 몇 초내에 방 전체의 전원이 끊어지도록 되어 있는 것도 절전효과가 큰 것으로 생각된다.

(4) 조명기기의 손질

조명기기의 전구 또는 램프는 자주 닦아서 밝게 사용하도록 한다. 물론 장소에 맞게 조명기기의 밝기를 선정하여야 하며, 과도한 조명은 하지 않도록 한다. 조명기구에는 반사갓을 사용하면 더 밝게 사용할 수 있으며, 남은 조명기구는 제거하면 조명기구에 의한 열의 발생이 줄어들어 그만큼 냉방부하가 경감되는 2중의 효과를 얻을 수 있는 것이다.

어떤 외국인 알뜰 주부는 『물자나 에너지절약이 곧 환경보전 아닙니까』라고 말하면서 방의 밝기 정도는 필요에 따라 전구를 바꾸어 끼운다고 한다. 이와 같은 세심한 합리적인 조명분위기는 정신건강에도 좋을 것으로 생각된다. 전문가들이 추천하는 가장 적합한 밝기를 선택하는 것이기 때문에 가장 능률적일 것이며, 눈에도 좋을 것이다.

또한 전구식 형광등을 사용하여 절전을 할 수가 있다. 전구식 형광등은 전구속에 안정기가 내장되어 있어 백열전구보다 전구 자체의 값이 비싼 것이 흠이지만 백열전구의 6배 이상인 6천시

간 동안이나 사용이 가능하며, 3분의 1 정도의 전력을 절약할 수 있으며, 또 열이 나지 않는다는 것도 장점이다.

(5) 전기 사용시간의 조정

꼭 필요한 경우를 제외하고는 전력을 가장 많이 사용하는 수요 첨두 시간을 피해서 사용하는 것도 전력의 첨두수요를 충당하기 위하여 추가로 건설해야 하는 발전소를 건설하지 않아도 되도록 하기 때문에 결과적으로 전기요금의 상승요인을 없애는 효과가 있어 훌륭한 절전기술이다.

특히 심야전력을 사용함으로써 직접적인 전기요금의 경감 혜택을 받을 수도 있을 것이다. 축열식 냉방 시스템 등은 좋은 사례라고 할 수 있겠다.

(6) 물자 절약과 폐품의 재활용

모든 물자는 그 생산에 에너지를 소비하게 된다. 수도물의 경우 그 원가의 35%가 전기요금이라고 한다. “물같이 쓴다”는 것은 옛날 이야기이다. 인구는 많아지고 물의 자원도 유한한 것이므로 불필요한 경우에는 사용하지 않음으로써 필요할 때 요긴하게 사용할 수 있게 되는 것이다. 갈수록 많아지는 물의 수요와 수자원의 효율적인 활용을 위하여 상수도 하수도의 중간 개념인 중수도가 도입되고 있다. 즉 한번 사용한 물을 다시 정화해서 재사용토록 하는 것이다.

사무실 빌딩에는 중수도 시설을 갖춘 곳이 여럿 있지만 이제 아파트 단지에도 중수도가 탄생하게 되었다고 한다. 산본 신도시 주공아파트 5단지내 어린이 놀이터 지하에 10m×6m×8m의 수조를 만들어 세숫물과 목욕물을 따로 모아서 정화하여, 이것을 수세식 양변기 세척수로 재활용하도록 하는 것이다. 1억3천만원이 소요되는 이 산본주공의 중수도는 7~8년만에 시설비와 환리비를 회수할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 주택연구소는 5천가구 이상의 아파트단지에서는 중수도 설치가 효과적이라는 분석이 나왔다고 말

한다.

종이의 경우를 보자. 종이는 반영구적으로 재활용이 가능한 자원이다. 우리나라의 1인당 종이의 연간 사용량은 112.5kg로 이탈리아(117.1kg) 등 선진국에 버금가고 있다. 특히 우리나라는 1970년 11.1kg이던 1인당 연간 종이소비량이 20년만에 무려 9배가 넘게 급증한 것이다. 당국의 발표에 따르면 우리나라의 폐지 재활용률은 43% (1991년기준) 수준에 불과하다. 신문지 1년치를 고스란히 모으면 전기는 210kWh, 석유 75l, 물 1.4t을 아끼는 셈이 된다는 계산이 나온다.

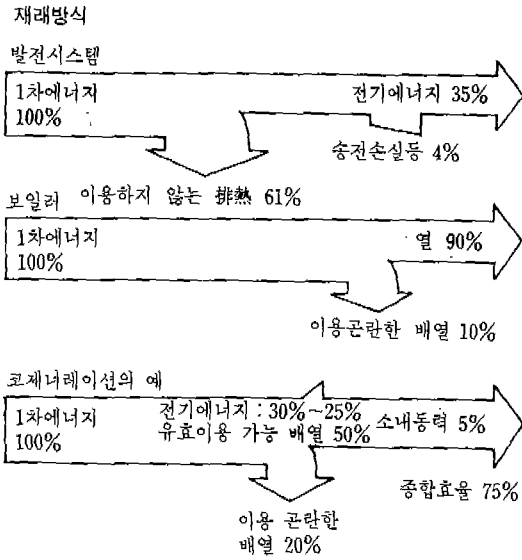
산림청 임업연구원의 발표에 의하면 1인당 종이소비량을 1인당 국민소득으로 나눈 값인 종이소비지수가 우리나라는 18.1로 일본의 9.5보다 1.9배 미국의 14.3보다는 1.3배 높은 것으로 나타나고 있다. 한편에서는 쓰레기 매립장이 없다고 난리인데 외화를 주고 종이를 사다 땅에 묻고 있는 우리나라의 현실은 아이러니가 아닐 수 없다.

라. 코제너레이션 시스템

코제너레이션 발전 시스템은 복합화력 발전 또는 열병합 발전 등 여러 가지로 불리우고 있는 시스템으로서 1차 에너지를 2차 에너지로 전환시키는 과정에서 전기만 발생시키는 것이 아니라 생성된 열을 추출하여 산업공정 또는 지역난방으로 사용토록 하는 것이다. 이 때 전기와 열공급은 양쪽 모두 주생산품으로서 공급량은 상호 보완적이다. 주된 출력을 공정용 스팀 또는 전기로 필요에 따라 생산을 조정할 수 있다.

복합발전은 가스터빈 또는 내연기관 구동 발전소에서 배기 또는 사이클의 다른 곳에서 쓰레기의 연소열을 회수하여 이것을 이용하도록 함으로써 열과 전기를 복합적으로 얻는 경우도 있다. 이 경우의 공급열은 부산물이다.

이와 같은 열병합발전은 전력의 안정적 공급과 에너지 효율 향상을 기대할 수 있는 것으로서 공



〈그림 8-1〉 재래방식과 코제너레이션 시스템의 효율 비교

단등지에서 그 보급이 확산되고 있다. 현재 열병합발전시설을 갖추고 있는 곳은 구미 제1공단을 비롯하여 울산석유화학공단, 여천공단, 대구염색공단, 반월공단, 대산공단, 이리공단 등 7개 공단과 조선호텔, 신라호텔, 상공회의소, 롯데쇼핑, 롯데월드, 무역협회, 대한생명 등 7개 대형업무용 빌딩들이다.

정부에서는 이와 같은 열병합 발전방식을 전국 33개 공단으로 확대하기 위하여 석유사업기금에서 초기 설비투자자금을 대폭적으로 지원할 계획으로 있는 것으로 알려지고 있다.

마. 콤바인드 사이클 시스템

가스터빈 발전 유닛에서 배기가스를 폐열 보일러로 보내어 보일러에 집결된 스팀으로 스팀터빈 발전기 구동에 사용토록 구성된 시스템이다. 이와 같은 콤바인드 사이클 시스템의 특징은 아래와 같다.

○정격점 뿐만 아니라 부분부하를 포함하여 열효율이 높으며, 운용 열효율에 뛰어나다.

○소용량을 조합하여 구성되기 때문에 기동·정지 또는 출력조정이 용이하다.

○연소방식의 개선, 탈초장치의 채용 등에 의하여 종래의 기력과 동등 이상까지 환경성능이 향상되었다.

LNG 연료 사용이 특히 그 운전신뢰도가 높으며, 귀중한 클린 에너지인 LNG를 유효하게 활용할 수 있는 우수한 발전방식이다. 도시 근교에 설치함으로써 급격한 변동을 시험하는 첨두수요에 대응토록 하는데 적격이다.

바. 빙축열 냉방 시스템

(1) 개 황

빙축열 시스템은 값싼 심야전력을 이용하므로 냉방비용을 일반 전기식에 비해 절반 수준으로 줄일 수 있을 뿐만 아니라 축열에 의존하므로 건물 전체중의 일부 냉방이나 이용시간이 각각 다른 곳의 냉방공급이 자유로워 점차 다양화, 전문화되어 가는 사무용 건물에 적합한 것으로 나타나고 있다.

또한 첨두 전력수요를 선도하고 있는 하절기의 피크 수요를 전력의 공급여력이 있는 심야 시간대로 옮김으로써 첨두부하 억제에 크게 기여하게 되는 것이다.

(2) 시스템의 종류

빙축열 냉방시스템은 여러 가지 기준에 따라 분류될 수 있으나 제빙방식에 의한 분류는 대체로 다음과 같다.

○관외 착빙형 (Ice on Coil)

축열조 내에 코일을 설치하여 저온의 브라인액을 순환시킴으로써 코일 주위에 얼음을 생성하여 저장하고 축열조에 냉수를 순환시키거나 코일 내부의 브라인액을 순환시켜 공조

○빙박리형 (Ice Harvest)

특수 제빙판 주위에 6mm 정도 두께의 얼음 생성후 냉매가스의 역순환으로 얼음을 냉동기 아래

에 있는 축열조에 떨어뜨려 저장-20분 제빙, 55초 박리사이클 반복하고 축열조에 냉수를 순환시켜 저장된 얼음을 녹여 공조

○캡슐형(Ice Ball Type)

축열조에 Ice Ball을 채우고 그 주위에 저온의 브라인액을 순환시켜 Ice Ball내에 얼음을 생성, 저장하고 Ice Ball 주위에 브라인액을 순환시켜 열교환하여 공조

○캡슐형(Ice Lens Type)

축열조에 Ice Ball 대신 Ice Lens를 채우고 같은 원리로 Ice Lens내에 얼음을 생성하여 저장하고 Ice Lens 주위에 브라인액을 순환시켜 열교환하여 공조

(3) 시스템의 운전 형태

빙축열 냉방 시스템은 외기온도, 냉방부하량, 냉방시간 등에 따라 다음과 같은 형태로 운전하게 된다.

○제빙운전(Ice Making)

축열조 내에 얼음을 얼리는 운전형태로서 냉동기는 저온냉동 상태로 설정되어 냉각탑, 브라인펌프와 함께 가동된다. 이 때 열교환기측으로는 브라인이 흐르지 않는다.

심야시간에 얼음을 생산·저장하는 경우에 이용된다.

○해빙단독운전(Ice Melting Only)

심야전력으로 얼린 얼음을 녹여 냉방하는 형태로서 브라인펌프와 냉수펌프가 가동되며, 냉동기는 가동되지 않는다.

냉방부하량이 적거나 외기온도가 비교적 낮은 경우 등 축열량만으로도 냉방이 가능한 경우의 운전형태로서 주로 초여름, 초가을에 이용된다.

○해빙, 냉동 병렬운전(Parallel)

축열조와 냉동기를 동시에 가동하여 냉방하는 형태로서 냉동기, 냉각탑, 브라인펌프 등 모든 기기가 작동된다.

냉방부하가 큰 여름철 한낮에 주로 이용될 수 있다.

○냉동기 단독운전(Chiller Only)

축열조의 해빙을 지연, 보류시킬 때와 축열조의 해빙이 완료되었을 때 가동되며 축열조로는 브라인이 흐르지 않는다.

여름철 오전 이른 시간 및 오후 늦은 시간에 주로 이용된다.

(4) 지원 제도

빙축열 냉방시스템을 설치하는 수용가에 대해서는 설치비의 일부를 다음과 같이 한국전력에서 무상으로 지원을 하고 있다.

○지원금액

감소전력에 대한 특별 부담금으로서 감소전력 처음 100kW까지 특별부담금 24만원/kW, 다음 100kW까지 특별부담금 13만원/kW, 200kW초과분 8만원/kW이며, 감소전력은 축열조 용량 및 냉방시간을 기준으로 산정하게 되며, 한도액은 호당 1억원으로 되어 있다.

사. 대체 에너지

(1) 태양광 발전

태양 에너지는 지상에서는 에너지 밀도가 1평방미터당 1kW 정도로 낮으며, 자연조건에 좌우되는 등의 문제는 있으나 청결하고 고갈의 우려가 없으며, 또한 지구상에 쏟아지는 양은 한 시간으로 전 인류의 연간 에너지 사용량의 약 2배가 될 정도로 방대한 것으로서 대체에너지 개발 과제 중에서도 가장 기대되는 에너지이다. 이용 형태로서는 태양열을 이용하는 솔라시스템과 태양광을 이용하는 태양광발전 등이 있다.

태양을 열원으로 이용하는 솔라시스템은 냉난방, 급탕 또는 산업용 열원으로 이용되며 주택용 태양열 온수기 등의 형태로 많이 보급되고 있다.

앞으로 저코스트화, 고성능화가 도모됨으로써 산업용을 포함하여 그 도입량도 증가할 것으로 예상되고 있다.

태양광 발전은 태양에너지를 직접 전력으로 변

환하는 시스템으로서, 가동부분이 없으며, 보수가 용이한 것 그리고 모듈 구성을 하기 때문에 수요나 지형에 맞게 설계할 수 있는 메리트가 있다.

태양전지는 전력용으로는 등대 전원, 가로등 등에 이용되고는 있으나 대규모의 전력용으로서 보급되려면 코스트 절감이 불가결한 것이다. 경제성이 향상되면 도서 등의 디젤발전의 대체, 공공시설용 전원 더 나아가서는 일반주택용 전원으로까지 점차 시장이 확대되어 갈 것으로 기대된다.

우리나라의 경우 태양열을 이용한 온수기의 국산화개발이 이루어져 전국적으로 15,000기 규모의 온수기가 보급되었으며 또한 태양전지 국산화 및 태양광 발전시스템 개발로 충남 호도에 100 kW급 발전설비 시설로 운용기술 개발에 착수한 것으로 알려져 있다.

(2) 풍력 발전

풍력은 청결할 뿐만 아니라 고갈되지 않는 자연에너지로서 옛날부터 세계 각처에서 풍차, 범선 등의 형태로 이용되어 왔다. 현재 풍력의 이용으로서 풍력발전이 실용화를 향하여 검토가 진행되고 있다.

그러나 평균 풍속이 장소에 따라 다르며, 또한 풍향·풍속변동도 크기 때문에 풍력발전은 입지조건이 중요한 관건이 되는 에너지원이다.

제1차 석유파동 이후 미국, 네덜란드, 덴마크, 스웨덴, 캐나다 등지에서 다수의 풍력발전기의 개발과 설치가 국가적 지원하에 활발하게 진행되고 있으나 풍력 부존상황이 양호한 지점에 설치되는 경우 경제성도 가질 수 있는 것으로 판단되고 있다.

예를 들면 미국에서는 캘리포니아주를 중심으로 1990년까지 발전기가 약 19,000대 설치되어 설비능력 약 190만kW가 가동중에 있다. 덴마크에서는 1990년 현재 발전기 약 3,000대의 설치로 설비능력 30만kW이다.

우리나라에서도 제주·부산 등 4개 지역에서 풍력자원을 조사한 바 있으며 제주 월령단지에 20 kW급 국산 풍력발전기를 설치한 실적을 가지고 있으나 아직까지 일반 상용화를 전제로 한 최적 풍력발전 시스템의 설계나 개발이 미흡한 실정인 것으로 보고 있다.

(3) 조력 및 해양 발전

해양은 지구 표면적의 약 7할을 점하고 있으며, 방대한 에너지를 보유하고 있어 해류, 조석(潮汐), 파력, 해양 온도차 등을 이용한 발전이 오래전부터 시도되었다. 그러나 에너지 밀도가 낮기 때문에 효율적으로 발전에 이용하기 위한 갖가지 기술개발이 행하여지고 있다. 주요한 발전방식으로는 조력발전, 파력발전, 조류발전, 해양온도차발전 등이 있다.

○조력발전

바다의 썰물 밀물 현상에 의한 해수의 흐름의 에너지를 발전 등에 이용하는 것으로서 프랑스의 랑스강 하구에서 24만kW의 조력발전소가 가동하고 있다.

우리나라의 경우 충청남도 서산군의 가로림단

<표 8-5> 세계 조력발전 현황 및 후보 지점

위 치 (국명)	평균 간만 조차m	내만 면적 km ²	설치 용량 MW	설계 출력 GWh	가동일 또는 현 황
La Rance (프랑스)	8	17	240	540	1966
Kislaya (구소련)	2.4	2	0.4		1968
Jiangxia (중 국)	7.1	2	3.2	11	1980(1호)
Annapolis (캐나다)	6.4	6	17.8	50	1984
Severn (영 국)	8.3	520	8,000	14,400	검토중
A 8 (캐나다)	9.2	90	1,400	3,420	1984검토
B 9 (캐나다)	11.0	240	4,864	14,004	1981검토
Garolim (한 국)	5.1	85	400	800	검토중
Kutch (인 도)	5.0	170	600	1,600	검토중
Secure Bay (오스트레일리아)	5.2	94	740	1,400	검토1991
Walcott Inlet (오스트레일리아)	5.5	264	1,750	3,310	검토1991
Mersey (영 국)	6.5	60	700	1,390	검토중

자료: WEC

과 천수만은 세계적으로 알려진 조력발전 지점이다. 가로림만의 경우 간만의 차가 5.1m로서 연간 발전가능 전력량을 0.8TWh, 그리고 천수만의 경우 간만의 차가 4.5m로서 연간 발전가능 전력량을 1.2TWh로 각각 추정하고 있다.

세계 최초이며 아직까지 세계 최대인 프랑스의 랑스 조력발전소는 시설용량 240MWe로서 1990년도 전력생산량은 511GWh이었다. 우리나라에서도 이에 대한 관심을 가지고 여러가지 새로운 공법으로 공사비의 절감이 기대될 때 대망의 조력발전의 경제적 타당성을 도출할 수 있도록 태세를 갖추어 나가야 할 것이다.

○파력발전

파동에 의한 해면의 상하운동에 의하여 밀려나오는 공기로 터빈을 회전시켜 발전을 하는 것으로서, 소규모의 것은 이미 바다의 항로등표용 부이로서 실용화되고 있다.

○해양 온도차 발전

해양 표층의 온수(예를 들면 25~30°C)와 해심 500~1,000m 정도의 심층의 냉수(5~7°C)와의 온도차를 이용하는 것이다. 온수 그 자체를 기화시켜 발생한 증기로 터빈을 회전시켜서 발전을 하게 되며, 역할을 끝낸 증기를 심해의 냉수로 응축시키는 시스템이다.

(4) 메탄올

메탄올은 발전용의 연료 등에 대체될 수 있는 가능성을 가지고 있을 뿐만 아니라, 연소시에는 화석연료보다 질소산화물(NO_x)의 배출이 적으며 유황산화물(SO_x)도 발생시키지 않는 등 청결한 액체연료이므로, 현재 석유대체연료로서 기대되고 있다.

그러나 단위당의 열량이 적어(1kg당 발열량은 4,800kcal로서 석유의 약 반 정도임), 자동차용으로 사용하였을 경우 주행거리가 짧아지는 등의 문제가 있다.

화력발전에서의 이용은 그 가격이 석유가격과 경

합할 정도로 내려가고, 대량 사용에 대한 환경안전성이 확인되면, 유력한 전환연료로 될 가능성이 있는 것으로 생각된다. 다만 메탄올의 이용으로 발전효율이 저하하기 때문에 복합사이클 발전 등에 의한 고효율의 발전기술 개발이 필요하다.

우리나라에서도 기존 자동차 엔진을 개조하지 않고 연료로 사용할 수 있는 자동차 연료용 알코올(가소홀)의 시험생산 공장이 준공된 바 있다.

가소홀은 감자 타피오카 사탕수수 옥수수 등에서 알코올 발효를 이용해서 생산한 무수 메탄올을 기존의 무연휘발유에 15%를 섞어 만든 대체 에너지인데 기존 자동차 엔진을 개조하지 않고 사용할 수 있다고 한다.

이미 미국에서는 지난 1978년 가소홀 판매제도가 법제화되었으며 브라질도 자동차 연료에 반드시 22%의 알코올을 혼합한 가소홀 사용을 의무화하고 있다고 한다.

가소홀 연료를 사용할 경우 1992년 원유수입 기준으로 연간 6270만 달러의 수입대체 및 에너지절약효과가 있고 기존 휘발유보다 일산화탄소는 25%, 이산화탄소는 8%씩 배출량을 줄일 수 있다고 상공자원부는 추정하고 있다.

(5) 연료전지

물의 전기분해는 수소와 산소를 발생시킨다. 이것과 역의 전기화학적 반응으로 수소와 산소로부터 물과 전기를 만들어 내는, 연료를 연소시키는 일 없이 직접 발전을 하는 기술이 연료전지이다.

19세기부터 아이디어는 있었으나 아폴로 우주선의 전원으로서 실용화되어 그 후 상업용의 개발단계에 온 것이다.

연료전지는 전기화학 반응을 이용하고 있기 때문에 발전효율은 40~60%로 높으며, 배기를 이용하면 종합효율은 80%에 달한다.

더욱이 질소산화물(NO_x)의 배출량이 적으며 진동이나 소음도 적어 환경상의 입지제약이 적다. 연료전지는 전해질의 차이에 따라 알칼리형,

인산형, 용융탄산염형, 고체전해질형 및 고체고분자형으로 분류되고 있다.

연료전지는 발전의 규모에 관계없이 고효율이라는 것, 환경에의 영향이 적을 뿐만 아니라 전자동 운전이 가능하다는 것 등의 우수한 특성을 가지고 있어 커뮤니티 사이즈의 로컬 에너지 스테이션이나, 또는 도시근교의 화력발전소의 대체 시설로서 최적의 시스템이다.

또한 병원, 빌딩 등의 열전병급(熱電併給)이 가능한 온사이트형 전원을 비롯하여, 도시내에 설치하는 커뮤니티 전원 에 이르기까지 코제너레이션 시스템으로서 널리 이용될 것으로 기대되고 있다.

(6) 바이오매스 에너지

바이오매스 에너지란 생물체를 구성하는 유기물을 이용하는 에너지이다. 인류는 지금까지도 수천년에 걸쳐 장작이나 목탄을 연료로 그리고 가축의 배설물을 연료나 비료로 사용하여 왔다. 이와 같은 것 이외에 탄화수소를 함유하는 것으로 에너지 식물이라고 불리는 것도 있다.

이와 같은 바이오매스 에너지는 태양 에너지가 식물에 의해 변환되어 생물체에 축적된 것이기 때문에 화석자원과는 달리 재생가능한 에너지이다. 현재 지구상의 바이오매스의 부존량은 약 2조 톤으로 알려져 있으며, 이 중 매년 2,000억 톤이 광합성에 의하여 재생산되고 있는 것이다.

따라서 바이오매스를 연소시켜 에너지로서 이용하여도 원래 대기중의 이산화탄소가 고정된 것이기 때문에 대기중의 이산화탄소 밸런스를 붕괴시키지 않는다.

바이오매스의 에너지 이용법으로서는 직접연소, 열분해·부분 산화에 의한 가스화, 미생물을 이용한 발효에 의한 메탄, 에탄올화, 더 나아가서 직접 액화하는 방법 등이 있다. 브라질에서 국가 알코올 계획에 의하여 발효 알코올을 자동차 연료로서 사용함으로써 가솔린의 절약을 도모하고 있는 것은 잘 알려져 있는 사실이다.

(7) 수소 에너지

수소는 수력 등의 재생가능 에너지를 사용하여 물을 전기분해함으로써 무진장으로 얻을 수 있으며, 연소시에 물로 되돌아 가기 때문에 지구온난화의 원인의 하나로 생각되고 있는 이산화탄소를 발생시키지 않는다. 더욱이 연소온도가 극히 높기 때문에 열역학적으로 높은 열효율을 얻을 수 있는 가능성 등 궁극의 클린 에너지로서 여러 가지의 특징을 가지고 있다.

장래의 수소 공급원으로서 원료가 고갈될 염려가 없으며, 고효율의 제조기술로서 유망한 것은 고체고분자수소전해법 등이 있으나 싼 값의 수소 공급을 가능하게 하기 위하여는 전력단가가 저렴하여야 한다는 것이 전제조건이다.

(8) 초전도

초전도 현상이란 어떤 물질을 극저온으로 냉각했을 때 전기저항이 제로가 되는 현상으로서, 일단 흐르기 시작한 전류는 감쇠하는 일 없이 영구히 흐르게 된다.

그러나 초전도재료를 극저온까지 냉각시키는데 필요한 액체 헬륨이 자원적으로 빈약할 뿐만 아니라 매우 고가이기 때문에 초전도의 이용은 일부의 특수용도에 한해서 사용되어 왔다.

그런데 1986년 봄에 지금까지의 임계온도를 크게 상회하는 세라믹 고온초전도 물질이 추리히의 IBM연구소에서 발견되어 이것을 계기로 세라믹계 초전도 물질의 연구가 급속히 진전되어 광범위한 분야에서의 이용에 기대가 높아지고 있다.

에너지 분야에서는 전력 손실이 없어지는 것이므로 전력분야에 큰 임팩트가 예상되며 초전도 발전기는 효율향상 뿐만 아니라 전력계통 안정도의 향상에 큰 효과를 발휘할 것으로 예상된다. 또한 송전 손실이 없는 초전도 송전, 대규모 전력저장을 가능케 하는 초전도전력저장도, 전력의 효과적 이용을 도모하는 데 있어서도 개발이 기대되고 있다.

장래에는 냉각이 필요없는 상온 초전도재료의

개발도 기대되고 있어 혁신적인 경제성의 향상과 이용확대가 예상된다. 이와 같이 초전도기술은 전기에너지 이용의 시스템 기기에 혁명적인 변화를 가져오게 될 실로 미래를 여는 키 테크놀로지이며, 앞으로의 연구개발의 진전에 크게 기대되는 것이다.

(9) 기 타

이 외에도 석탄의 청결화, 지열, 고효율 가스 터빈 그리고 최적화 에너지 시스템 등을 들 수 있다.

국제 에너지기구(IEA)가 작성한 1991년도 각국의 에너지 정책자료에 따르면 지난 1990년 대체에너지 개발에 각국 정부가 지원한 금액이 한국은 950만달러에 불과한 반면, 미국은 그보다 12배나 많은 1억1330만달러, 일본은 10배가 많은 9600만달러에 달했다.

또 독일은 1억520만달러, 이탈리아는 5550만달러, 영국은 2900만달러를 각각 지원하고 있으며, 다른 선진국들도 대체에너지 개발을 활발히 벌이고 있는 것으로 조사되었다.

아. 전력 에너지의 저장

(1) 개 황

최근의 전력수요는 산업의 고도화, 정보산업의 발달 및 국민 생활수준의 향상으로 주야간의 전력수요차는 커지고 부하율은 점점 하락하는 추세에 있다. 한편 전력수요 증가를 충족시키기 위한 수단으로 대용량 원자력·화석연료 화력발전소 건설이 불가피해짐에 따라 발전원가가 저렴한 이물 대용량 발전소의 이용률을 높이기 위한 에너지 저장기술이 큰 관심을 끌게 되었다. 더욱이 최근의 지속적인 업무용 빌딩의 전력수요 증가, 산업체 주간부하 증가 및 하계철 냉방부하 증대에 따른 계절별 주야간의 격차는 확대 추세에 있다. 이러한 전력수요측면을 고려한 부하평준화 효과와 이에 부수하여 계통안정도 측면, 즉 도심지

근방의 집중적인 부하증가에 따른 정전압, 정주 파수유지, 무효전력보상 및 전력계통 안정화를 위하여 대책이 필요하게 되었다.

이와 같은 필요성에 따른 에너지 저장설비 즉, 전력저장 장치는 부하응답특성이 빠르고 높은 에너지 저장능력을 가지고 있어 심야의 값싼 전기를 저장, 주간 철두부하시에 공급함으로써 안정적인 전력공급이 가능하고 발전설비의 효율향상을 기할 수 있기 때문에 발전원가를 낮출 수 있게 되는 것이다. 또한 이와 동시에 투자비가 많이 소요되는 발전설비의 추가 건설도 지연시킬 수 있어 가장 이상적인 절전대책의 하나라고 할 수 있으며, 전력수급계획 수립시에도 탄력적으로 대응가능한 것 등의 장점을 가지고 있다.

우선 전력저장기술을 에너지 저장형태 별로 분류하면 아래와 같다.

- 전기 에너지 초전도 저장
- 위치 에너지 양수 발전
- 화학 에너지 축전지 저장
- 운동 에너지 플라이휠 저장
- 압력 에너지 압축공기 저장

현재로서는 이중에서 양수발전만이 실용화되어 사용중에 있는 형편으로 입지환경상의 제약이 있고, 원거리에 설치됨에 따른 송전손실, 송전설비비의 문제점이 있어 이에 대신하는 에너지 저장 기술개발이 필연적으로 대두된 것이다.

(2) 축전지

1960년대부터 시작된 축전지 전력저장에 대한 연구는 양수발전소 건설의 입지가 부족한 미국에서 시작되어 큰 관심을 모으게 되었다. 축전지는 이미 100여년 전부터 우리 일상생활에 사용되어 왔으나 그것의 대부분은 연축전지 및 니켈-카드늄계의 알칼리 전지로서 에너지 밀도 개선 및 가격저렴화에 한계가 있기 때문에 대규모적인 전력저장용으로 이용하기 위하여 개발되고 있는 것이 신형전지로서 그 대표적인 전지는 나트륨-유황전지, 아연-염소전지, 아연-취소전지 및 에дук

스플로 전지 등이 있다. 이들 4종의 신형전지는 기존의 연축전지에 비해 이론 에너지 밀도가 3~4배 높고 사용재료가 풍부하며 값이 저렴한 장점을 갖추고 있다. 그러나 신뢰성 및 경제성에 대한 지속적인 연구개발이 필요하며 현재로서는 신뢰성면에서 가장 우수한 특성을 가진 전지는 개량형 연축전지이다.

우리나라에서도 한국에너지 기술연구소에서 200kW용량의 전기저장 시스템을 개발하였다고 발표된 바 있다. 이 시스템은 2V짜리 연축전지 222개를 연결한 것으로서 100가구에 필요한 전력을 4시간 동안 공급할 수 있는 용량이라고 한다.

이 전력저장 시스템을 개발한 연구팀은 이 시스템을 5배 정도로 확충하여 1MW짜리로 만들어 주요 변전소에 30개 정도 설치할 경우 전력수요가 높은 여름철 피크수요 때의 전력예비율을 1% 정도 높일 수 있다고 주장하고 있다. 1992년도 여름철 피크 때의 전력예비율은 4.5% 정도였다. 연구팀은 이에 소요되는 비용을 약 210억원으로 추산하였다.

연구팀이 개발한 시스템은 건설단가가 kW당 70만원 정도로 양수발전시설의 110만원에 비하여 저렴하고 에너지 효율은 78%이며 수명은 10년으로 추정되는 것으로 보도된 바 있다.

(3) 초전도 저장

초전도 에너지 저장장치의 기본원리는 극저온에서 초전도현상이 일어나는 도체를 이용한 초전도체의 대전류와 영구전류 모드의 특성을 이용하여, 초전도 코일에 전기에너지를 저장하는 새로운 개념의 저장장치이다. 이 장치는 전기에너지를 직접 저장하기 때문에 효율이 높고, 응답속도가 빠르며, 유효 및 무효 전력을 동시에 제어할 수 있는 특징을 가지고 있다.

이 시스템은 주로 미국, 일본 그리고 구소련을 중심으로 많은 연구가 추진되어 오고 있다. 미국의 경우 에너지성(DOE) 주관하에 위스콘신 대학, 벡텔, 전력연구소(EPRI) 등에서 시스템 설

계, 설치, 적용 기술 등을 수행해 왔으며 최근에는 레이저빔용 전원(400MW-100초)과 전력저장용 전원(10MW-2시간)이라는 2중용도로 설계하여 실증시험을 하는 것으로 추진중이라고 한다.

(4) 압축공기

압축공기 저장이란 야간전력을 이용하여 압축기를 구동하여 공기를 60~80kg/cm² 정도로 압축하여 두었다가 주간의 전력수요 피크시에 저장해둔 압축공기와 함께 LNG 등의 연료를 연소시켜 가스터빈을 돌려서 발전을 하는 방식이다. 종래의 가스터빈과 다른 점은 가스터빈 발전기는 발전기와 공기압축기를 동시에 회전시켜 압축된 공기를 연료와 함께 연소시켜서 발전하는 반면, 이 시스템은 야간에 전동기로 압축기를 가동하여 압축공기를 저장해 두었다가 주간에 압축공기와 함께 연료를 연소시켜 발전하는 것이다.

가스터빈 발전은 이미 확립된 기술이기 때문에 이 새로운 발전 시스템에서는 압축공기를 저장하기 위한 공동(空洞)의 건설기술과 그 경제성이 주요한 과제로 되어 있다.

(5) 플라이휠 저장

플라이휠(Fly-wheel)은 우리 주변에서 어린이 장난감에서부터 증기기관차에 이르기까지 널리 이용되고 있으며, 최근에는 이를 이용한 에너지 저장기술이 개발중에 있다. 이 에너지저장방법은 에너지저장장치는 입력 에너지(전기)를 에너지 변환장치를 통해서 회전 에너지로 바꾸어 플라이휠에 저장하고, 에너지 방출시에는 그 회전에너지를 역으로 전기에너지로 변환시켜 사용하게 된다. 따라서 주요 기기구성은 발전/전동기, 플라이휠, 진공장치 시스템으로 되어 있다.

(6) 전력저장의 효과

전력저장은 양수발전소의 입지가 부족하고 대용량 화력 및 원자력발전의 비중이 증가하고 있는 현실에서 필수적인 기술이라 할 수 있다. 이

기술이 개발되어 전력계통에 활용되면 부하평준화 효과에 의한 전발전 시스템의 효율향상과 원가절감을 기할 수 있음은 물론, 전력계통 안정화에도 크게 기여할 수 있을 것으로 전망되고 있다. 또한 타분야에의 과급효과로는 초전도 발전기, 초전도 코일, 전기자동차 및 고속전철 등에 확대적용될 수 있어 그 활용분야는 대단히 넓다고 할 수 있겠다.

자. 에너지 절약 전문업체의 출현

세계적으로 에너지절약-환경보호의 목소리가 더욱 높아가고 있는 가운데 국내에서 처음으로 에너지절약 전문관리 업체가 등장하였다. 중앙개발(주)와 벽산개발(주)의 두 기업은 정부의 에너지절약 전문기업 등록제도 시행에 따라 1992년 10월말에 나란히 전문기업으로 등록을 마치고 본격적인 영업활동에 들어갔다.

이 뉴비즈니스는 대형 빌딩이나 공장건물에 대한 에너지진단을 해주고 그 결과에 따라 시설을 개·보수하거나 완전 교체해 에너지비용을 최소로 줄이는 일을 전문 대행하는 것이다.

선진국에서는 제 2차 오일쇼크 여파로 1980년대초부터 도입되기 시작하였다. 건물관리비에서 에너지비용이 30% 이상 차지하는데도 주먹구구식 관리에서 벗어나지 못했던 점에 착안하게 되어 전문인력과 최신 기법·기자재로 무장한 회사들이 등장해 에너지절약과 건물관리업무를 대행하기 시작한 것이다.

이 업종은 곧 건물관리에 속을 썩이던 일반 빌딩, 공장주들에게 각광을 받기 시작했으며 선진국 정부들이 에너지절약 정책적 차원에서 보조금을 지원하자 더욱 선호도가 높아지게 되었다. 에너지절약 시스템을 구축하는 데 드는 비용을 정부가 먼저 용자해주고 기업들은 시설설치로 과거보다 절감된 에너지비용으로 용자금을 갚아나가는 제도로 발전된 것이다. 기업들은 자기 돈 들이지 않고 에너지절약 시설을 갖추고 에너지비용

도 줄이는 일석이조의 효과를 거두게 된 것이다.

중앙개발은 원래 삼성그룹 소유 건물을 비롯한 부동산을 전문관리해 오던 업체이다. 지난 1990년 1월 삼성본관 사옥의 에너지절약사업을 성공적으로 수행한 경험도 가지고 있어 에너지관리 대행업체의 자질을 갖추고 있는 셈이다. 중앙개발은 당시에 투자비 4억4800만원 중 절반 이상을 그동안 절약된 에너지비용으로 회수하였다.

이에 자신을 얻은 중앙개발은 세계적 에너지절약 전문회사인 캐나다의 이코놀러사와 기술 제휴를 맺고 본격적인 건물진단, 에너지관리 사업을 벌이게 되었다. 중앙개발은 특히 심야전력을 이용한 빙축열 시스템 설치에 일가견이 있다. 국내 최대규모의 빙축열 시스템(1천 RT급)을 미도파상계점에 설치하기도 하였다.

벽산개발은 이리공단 열병합발전 설비공사와 같은 대형 집단에너지공급시설을 전문적으로 설치하면서 건물뿐 아니라 공장 등 산업체 에너지관리사업에도 뛰어들게 되었다. 계열사인 벽산엔지니어링은 에너지진단기관으로 이미 지정된 바 있다. 에너지관리대행시장은 앞으로 더욱 커질 것으로 전망된다.

에너지 절약전문기업이란 에너지절약만을 기업활동의 목표로 설립 운영된 기업으로서 투자 가치가 있다고 판단되는 에너지 사용자 기업의 에너지시설에 대하여 대부분의 투자를 자신의 비용으로 하고 그것의 운영, 유지, 관리까지를 책임지는 대가로 에너지 절약액의 일정부분을 수익으로 얻는 기업인 것이다.

다시 말하면 사용자의 위탁에 의해서 에너지절약시설을 대리 투자하고, 또한 시설투자에만 그치지 않고 설치, 운영, 관리까지 책임지며, 시설 투자 및 운영관리에 대한 대가는 그로 인한 에너지 절약액 범위내에서 회수하는 성격의 기업인 것이다.

또한 정부는 에너지절약전문기업의 사업수행에 필요한 투자자금을 석유사업기금과 에너지이용합리화 기금에서 지원하여 소요자금의 70~90%까

지를 연리 5% 이내의 금리로 3년 거치 5년분할 상환조건으로 지원하고 있다. 또한 절약기업의 육성을 위하여 에너지관리 대상업체의 사용실태 및 정보제공, 정부가 시행하는 에너지관리 진단 사업의 사업수행자 지정 및 중앙행정기관, 지방자치단체, 기타 공공기관의 에너지절약 시설투자에 참여할 수 있도록 하기 위한 행정지원 및 외국 기업과의 기술제휴 지원, 정부 주관의 에너지절약 연구 개발사업에 참여를 지원해 줄 방침인 것으로 알려져 있다.

9. 결론

가. 절약하는 마음가짐

절전에 있어서 무엇보다도 중요한 것이 마음가짐이다. 절전하지 않으면 못건디는 상태가 되면 더욱 좋을 것이며 이와 같은 습성은 어릴 때부터의 교육이 중요할 것이다. 절약이 미덕이라는 생각이 뿌리박혀 있으면 절전하지 않고는 못건디기 때문이다.

철저한 절약정신이 몸에 배도록 조기교육을 하여야 할 것이다. 푸짐한 마음가짐, 넉넉한 마음가짐 등도 좋지만 철저한 절약정신이야말로 우리가 더 살기좋은 사회로 가는 수단인 것이다.

과소비에 따른 쓰레기의 대량생산은 환경오염에 직결된다. 또한 과소비에 종당하기 위한 모든 생산활동과 과소비에 필수적으로 수반되는 과다하게 배출되는 쓰레기 등 모든 것을 처리하기 위한 과정에서 에너지가 필수적으로 과다하게 소비되는 것이다. 음식물의 무분별한 낭비는 1회용품 등까지 합치면 그 연간 비용이 물경 8조원에 이른다고 하니 이렇게 해도 되는 것인지 문제가 아닐 수 없다. 절약정신이 너무나 아쉬운 것이다.

나. 기술 개발

절전 기술의 개발, 신 에너지, 대체 에너지 등

의 개발에 몰두하여야 할 것이다. 모든 지혜와 노력을 결집하여 에너지를 절약하여야 할 것이다.

무공해 재생가능 에너지자원인 서해안의 조력발전 지점에 대하여는 국가적인 차원에서 그 개발에 대비하고 새로운 공법을 연구해서 경제적 타당성이 도출되도록 노력하여야 할 것이다.

다. 건축물에 대한 에너지 등급제

모든 건물 특히 대형건물에는 철저한 에너지 사용계획을 심의하여 허가를 해야 할 것이다. 우리나라의 최고층을 자랑하는 서울 여의도의 63빌딩이 1991년 한해 동안 소비한 연료는 석유로 환산하여 건평 m^2 당 26.3kg, 전기는 m^2 당 254.4 kWh였던 반면 같은 여의도의 럭키금성 쌍둥이빌딩의 1991년의 연간 연료소비는 m^2 당 7.7kg, 전기 소비는 185.9kWh였다.

빌딩의 기능과 구조가 달라 직접 비교가 어려운 측면이 없는 것은 아니지만 쌍둥이빌딩이 연료소비면에서 3배, 전기소비는 30% 이상 63빌딩보다 효율이 높다. 에너지 절약을 위하여는 장기적인 안목에서 설비부하의 평준화 노력과 더불어 충분한 투자를 함으로써 결과적으로 이득을 얻게 된다는 것을 인식하고 전문 엔지니어링업체로 하여금 계획을 수립토록 하여 에너지절약에 기여하여야 할 것이다.

라. 에너지 절약 시간(서머타임)의 시행

서머타임 제도는 일조시간이 긴 여름기간 동안 단 시간을 표준시간보다 일정시간을 앞당겨서 주간의 시간을 유효하게 사용하려는 제도이다. 조명 등의 에너지절약이 되기 때문에 일본과 아이슬란드를 제외한 모든 OECD 회원국들이 채택하고 있고 중국에서도 시행중이라고 한다.

서머타임 그 자체의 에너지절약 효과는 그렇게 큰 것은 아니더라도 에너지절약에 대한 국민의식

의 고취라는 관점에서 그 시행여부를 신중히 검토하여야 할 것으로 생각된다.

일본의 경우 1991년에 성에너지센터에서 검토한 바에 의하면 서머타임 도입으로 1차 에너지 총공급의 0.02%가 절감되는 것으로 추정하였다.

마. 에너지의 종합관리

근원적인 절전을 위하여는 국내 1차 에너지로

부터의 에너지 전환과 에너지의 소비단계에 있어서 종합적인 시스템방식으로 접근함으로써 총체적인 에너지이용의 최적화를 구축할 수 있다. 각종 1차 에너지와 이의 변환과 각 단계에서의 소비형태 등 지역사회와 여건에 알맞게 시스템을 구축하기 위하여는 강력한 통제기능을 갖는 「종합에너지 조정회」(가칭)를 두어 국가적인 차원에서 가장 효과적인 에너지 시스템이 구축되도록 하여야 할 것이다.

◀ 참고문헌 ▶

[국 내]

1. 『전기연감 1993』 대한전기협회 1992. 11.
2. 『경영통계』 한국전력공사 1993. 3.
3. 『한국제조업의 에너지 이용 효율성분석』 산업연구원 1991. 9.
4. 『한국전력통계』 1992. 한국전력 1993. 4.
5. 『한전』 각권 한국전력
6. 조경해 「전력저장」 『대한전기협회지』 대한전기협회 1992. 7.
7. 『1990년도 에너지 총조사 보고서』 동력자원부 1990. 12.
8. 『에너지 절약편람 1991년도판』 에너지관리공단 1991. 12.
9. 김성곤 「전력수급현황과 대책」 『전력수급에 관한 세미나』 대한전기협회 1991. 4.
10. 정규재 「수요관리정책추진관련 법령·제도 현황과 개선방향」 에너지경제 연구원 1992. 12.
11. 김봉진·정창봉 「에너지 절약 및 이용에 관한 의식구조 실태조사결과」 에너지경제연구원 1992. 4.
12. 이병훈 「앞으로의 전력수요관리추진방향」 『전력수요관리와 전기소비절약에 관한 세미나』 대한전기협회 1993. 7.
13. 양영철 「하계 전력수요 저감을 위한 대책」 『전력수급에 관한 세미나』 대한전기협회 1991. 4.
14. 김봉진·정창봉 『최근의 가정에너지 소비구조와 이용행태』 에너지경제 연구원 1992. 2.
15. 김종덕·강광규 『건물부문 에너지 절약 강화 방안』 에너지경제 연구원 1991. 9.

16. 장명철 「전력수요관리」 『대한전기협회지』 대한전기협회 1992. 9.
17. 유영택 「에너지절약 전문기업의 현황과 전망」 『대한전기협회지』 1993. 4.
18. 「빙축열 냉방시스템」 한국전력공사 1992. 5.
19. 「'91 과학기술연감」 과학기술처 1992. 2
20. 「전기절약의 지혜」 20분 93년판(비디오 테이프) 한국전력공사

[국 외]

1. 「에너지 데이터 취급법」 마쓰이 게이찌 전력신보사 1991. 1.
2. 「에너지 '93」 통상산업성 전력신보사 1993. 6.
3. 「Global Energy Prospectives 2000~2020」 WEC 1992.
4. 「1992 Survey of Energy Resources」 WEC 1992.
5. 「Special Report DSM Growing acceptance increased utility spending」 Walter Henry 『Electrical World』 Jan. 1993.
6. 아라이 야쓰오 「에너지를 둘러싼 지구환경 문제의 새로운 시점」 『OHM』음사 1992. 12.
7. IEA-OECD 「Conference on Advanced Technologies for Electric Demand-Side Management Proceedings」, Italy, April 1991.
8. UN 「1990 Energy Statistics Yearbook」 United Nations 1991.
9. 「ENERGY DICTIONARY-1992」 WEC 1992.

<연재 끝>

대한전기협회지 1994. 10