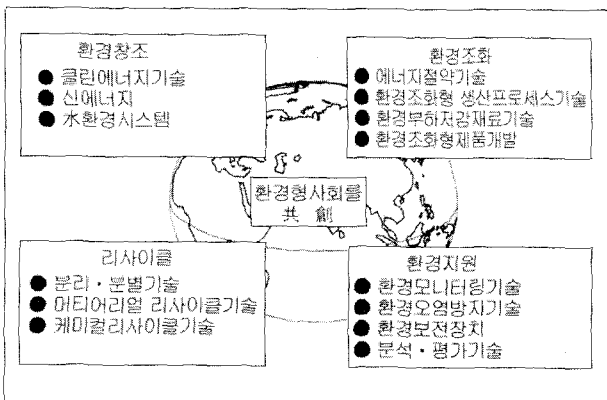


## 환경에 관한 연구개발 동향과 전망

### 1. 머리말

21세기에 요구되는 본격적인 자원절약·에너지절약의 순환형사회(循環型社會) 시스템의 실현은 “지속가능한 발전”을 위하여 필요불가결한 것이 되고 있다. 연구개발 활동에 있어서도 환경에 대한 고려는 뺄 수 없는 부분이며 기업의 존망을 좌우한다고 하여도 과언은 아니다.

본고에서는 순환형사회를 함께(공동으로) 창조해 나가기 위한 4개 분야에서의 미쓰비시電機의 연구개발활동을 소개한다(그림 1 참조).



〈그림 1〉 순환형사회를 “함께 창조”하기 위한 연구개발

### 2. 環境 創造

#### 가. 클린에너지 및 에너지節約

지구온난화 방지를 위한 온실효과가스의 배출 삭감을 위해 클린에너지의 도입과 에너지절약의 추진이 중요해지고 있다. 1997년 12월 교토(京都)에서 있었던 지구온난화방지회의 COP3에서 일본은 2010년까지 이산화탄소의 1990년대비 6% 삭감 등을 국제공약으로 내걸었다. 한편 고도정보사회의 진전에 따라 전력수요는 해마다 증가하는 경향인데, 원자력발전소의 신규입지난과 전력사업의 규제완화 등으로 각 전력회사의 설비투자는 억제되고 있어, 증가하는 전력수요에의 대응은 낙관할 수 없다.

이와 같은 환경보전과 에너지 수급안정의 확보라는 에너지정책을 실현하기 위하여 신에너지발전과 부하평준화 시스템에 대한 기대가 높아지고 있다. 구체적으로는 풍력, 태양광 등의 재생가능에너지의 개발과 병행하여 클린에너지자동차, 코제너레이션, 연료전지, 전력저장용전지 등이 주목받고 있다. 특히 분산전원으로서 클린에너지인 수소를 연료로 하는 유해 배출물이 없는 연료전지와 고효율로 전력을 총방전하는 2차전지로 이루어지는 전력저장용전지가 중요시되고 있으며 동사에서도 연구개발을 시

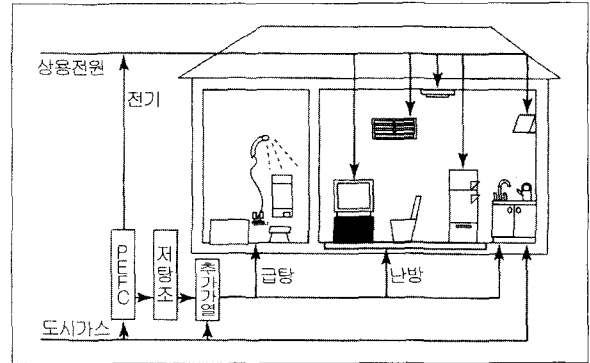
행하고 있다. 이들 분산전원을 사용하면 발전·송전설비 운용의 효율화, 이산화탄소 삭감의 효과가 있다. 전력저장용전지는 Demand Side Management의 일환으로 최대전력이 아니라 평균전력 수요에 따라 발전소의 설비 투자가 가능하게 되고 또 부하변동에 관계없이 일정출력으로 발전기를 운전할 수 있다는 메리트가 있다.

한편, 가정전화(家庭電化) 제품에 있어서는 '99년 4월에 절약에너지법이 개정되어 "톱러너방식"이 도입되었다. 이 법에서는 현재품으로서의 최고의 에너지절약 성능을 기준으로 설정하여 동종의 제품이 가중평균으로 이 효율 이상이 되도록 의무화하고 있다. 가전제품으로는 공기조, 냉장고, 형광등, 텔레비전, 비디오가 대상으로, 에너지소비효율을 8~30% 향상시키는 내용이다. 에너지절약분야에서는 신재료의 채용, 인버터기술, 센싱·제어기술, 대기전력 저감, 고효율모터 등의 요소기술 개발로 에너지절약 시스템을 제공하고 있다.

(1) 연료전지

연료전지는 종래의 내연기관보다도 높은 발전효율을 실현할 수 있는 가능성이 있으며 배열을 스팀이나 온수로 변환시켜 유효이용할 수 있고, NOx 등의 유해물질의 배출하지 않으며 소리가 조용하다는 점에서 도시에 밀착한 분산형전원, 그리고 가정용전원과 전기자동차의 전원으로 기대되고 있다. 그중에서도 고체고분자형 연료전지(PEFC)는 소형빌딩용, 가정용과 전기자동차용의 전원으로로서의 실용화에 기대가 높아지고 있으며, 밀레니엄 프로젝트(NEDO: 日本가스협회, 일본자동차연구소가 주로 수탁)나 전기메이커, 자동차메이커, 재료메이커 등에서 활발하게 연구가 추진되고 있다.

미쓰비시電機에서는 '96년도부터 메타놀을 연료로 하는 10kW급의 가반형(可搬型)전원의 개발을 추진하고 있으며 페이즈2 프로그램의 최종연도인 2000년도에는 10kW급 가반전원시스템을 시작(試作)함과 동시에



<그림 2> 가정용 PEFC 전원 이미지

(주)스바르연구소의 협력을 얻어 '삼바'에의 탑재시험을 실시하였다. 또한 독자적으로 1kW급의 도시가스개질기(改質器)를 개발하여 가정용 PEFC에 대해서도 1kW의 운전시험을 실시하고 있으며, 가정용 PEFC시스템의 실용화를 위한 개발도 추진할 예정이다.

그림 2에 가정용 PEFC 전원의 이미지를 나타내었다.

(2) 전력저장용 2차전지

2차전지는 부하평균화용 전지로서 값싼 심야전력을 충전하여 주간에 전력으로 사용하는 것을 생각할 수 있다. 주간의 사용형태로는 전기자동차, 하이브리드자동차, 조명, 공조 등이 있다. 이와 같은 부하평균화를 시행하면 주간의 최대전력의 피크컷트를 할 수 있어 차후 예상되는 전력소비량의 증가에 대응할 수가 있다. 전력저장용 2차전지 중 실용화가 기대되고 있는 것으로는 나트륨유황전지, 리튬이온전지 등이 있다.

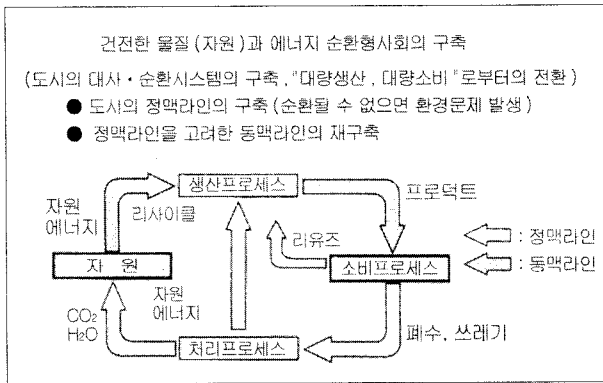
동사에서는 전기자동차용 등을 목표로 한 "이동체용" 전지를 개발하고 있다. 동사는 대형 리튬이온전지 실용화의 열쇠가 되는 전지안전성과 전극재료, 전지 시뮬레이션 기술 등의 요소기술을 개발하고 있다. 전지로서는 이미 3kW·h 모듈로서 질량에너지밀도 140W·h/kg, 출력밀도 770W/kg을 달성하고 있다.

이들 2차전지 기술은 경합하는 기술, 예를 들면 병축열

등과 공존하든가 경쟁에서 반드시 이기든지 코스트저감, 수명향상이 과제가 되고 있다.

### 나. 21세기의 環境技術이 지향하는 것

금년 4월부터 일본에서는 순환형사회형성추진기본법이 시행되었다. 21세기의 사회시스템, 생산시스템은 그림 3에 표시하는 것과 같이 순환형, 지로이미션형으로 더욱 더 변혁을 이루어갈 것이 틀림없다. 동사에서는 풍요로움과 편리성을 제공하면서 환경을 배려한 새로운 사회시스템, 즉 “순환형도시대사(循環型都市代謝)시스템”과 환경조화형 지로이미션공장 “그린 팩토리(Green Factory)”를 지향하는 환경기술의 개발에 주력하고 있다.



〈그림 3〉 21세기의 순환형사회의 컨셉트

### 다. 環境創造를 위한 淨化技術

20세기까지의 일본은 “물은 거저”, “물에 흘려버려”의 문화가 남아 있었다. 그때문인지 환경호르몬 및 농약, 병원성미생물 등에 의한 수원수질 악화, 만성적 갈수, 폐쇄수계(閉鎖水系) 상황은 심각하다. 건전한 수환경의 유지는 21세기의 가장 중요한 과제의 하나라고 할 수 있다.

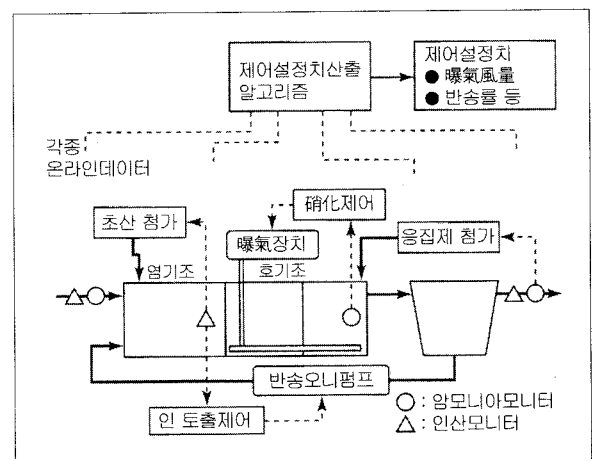
동사에서는 오존의 강한 산화력을 이용한 상수·하수·배수의 소독·탈취·탈색과 환경호르몬의 분해무해화, 또한 과산화수소와 오존을 병용한 촉진산화법에 의한 난분해유해물질의 분해, 하수중유기물의 고도분해에 의

한 재이용 등의 기술·장치를 개발하고 있다.

부영양화(富栄養化)의 원인인 하수처리장의 질소와 인의 제거에 대해서는 그림 4에 표시하는 것과 같이 고정도(高精度)의 암모니아모니터와 인산모니터의 개발과 뉴럴네트를 사용한 제어설정치 산출알고리즘의 개발에 의한 폭기풍량(曝氣風量), 반송오니량(返送汚泥量), 초산(酢酸)첨가량, 응집제(凝集劑)첨가량을 제어하여 방류수의 질소농도, 인농도를 수질기준치 이하로 유지하고, 또한 에너지 투입량 최소화로 운전할 수 있는 시스템을 개발하였다.

수질감시에 대해서는 유기막(有機膜)의 센서를 사용한 상수수원의 기름(油)오염감시장치와 대장균, 형광기질(基質)의 반응을 이용한 하수처리제어용 대장균균계 측정장치 등의 개발을 진행하고 있다.

대기오염에 대해서는, SOx는 세계의 선진국 중에서도 극히 저농도로 되어 있으나 NOx는 자동차에 의한 것이 많이 차지하고 있어(도쿄도에서 51%('98년)), 특히 주택인접 간선도로, 도심의 교차점, 터널, 지하도, 지하주차장 등에서는 그 제거장치의 개발을 기다리고 있다. 이러한 배경 하에 동사에서는 방전에 의한 질소라디칼을 이용한 농축된 NOx를 분해하여 질소로 환원하는 기술·장치를 개발하고 있다.



〈그림 4〉 하수처리장의 초화제어 인 토출제어시스템

토양오염 중에서도 최근 중요시되고 있는 것은 유기염소화합물 등의 유해물질에 의한 지하수 오염이다. 여러 가지 방법이 제안되어 있는데 유기물 분해와 할로젠은 염(塩)으로 하여 제거한다는 본질적인 정화방법으로서 동사에서는 오존과 과산화수소, 또는 오존과 자외선을 병용한 촉진산화법에 의한 정화기술·장치의 개발을 추진하고 있다. 이 방법에 의하면 폐기물처리장 침출수로부터의 난분해성물질의 무해화(無害化)도 가능하다.

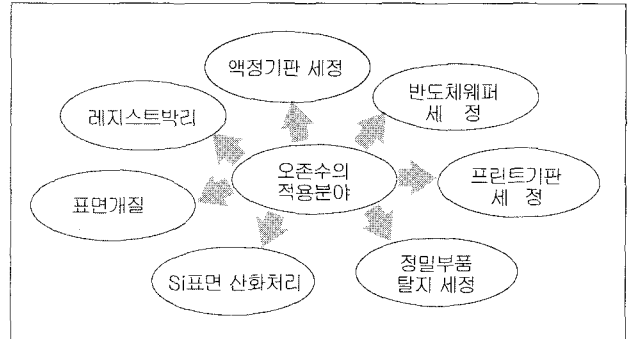
또 최근에는 쓰레기소각장의 다이옥신 생성이 문제가 되고 있으며 고속액체 크로마토그래프에 의한 고정도 분화(分畫)와 고분해능 가스 크로마토그래프 질량분석에 의하여 단시간(전 1주간) 고정도(검출감도 0.2pg 이하)의 검출기술을 개발하였다.

### 3. 環境調和

#### 가. 環境調和型 生産프로세스(지로이미션技術)

공장내 지로이미션의 노력도 중요하며 “공정내 로스무(無)” “폐기물 무(無)”를 위해 연구개발을 계속하고 있다. 반도체 제조에서의 세정(洗淨), 리지스트박리(剝離), 현상(現象), 표면처리 등의 프로세스에서는 유기용제(有機溶劑), 강산(強酸), 강(強)알카리 등의 화학물질이 많이 사용되고 있다. 그중에는 프레온계, 중금속산염수 용액 등의 환경부하가 큰 물질을 사용하는 프로세스도 있다.

동사에서는 오존수로 대체하는 시스템을 개발하여 액정 표시소자 제조프로세스의 리지스트 박리장치로 장치화하여 환경친화적인 웨트프로세스로서 기대하고 있다. 이 프로세스에서는 종래 알칼리와 용제의 혼합액이 사용되고 있었는데 오존과 물을 사용함으로써 환경부하의 저감(1/10), 런닝코스트의 저감(1/5), 프로세스바닥(마루)면적의 저감(1/2)을 기대할 수 있다. 오존수(水)는 리지스트박리 외에도 그림 5에 표시하는 것과 같이 정밀부품 등의 세정이나 표면개질 등 유해약액의 대체로서 용도는 많다.



〈그림 5〉 오존수의 적용분야

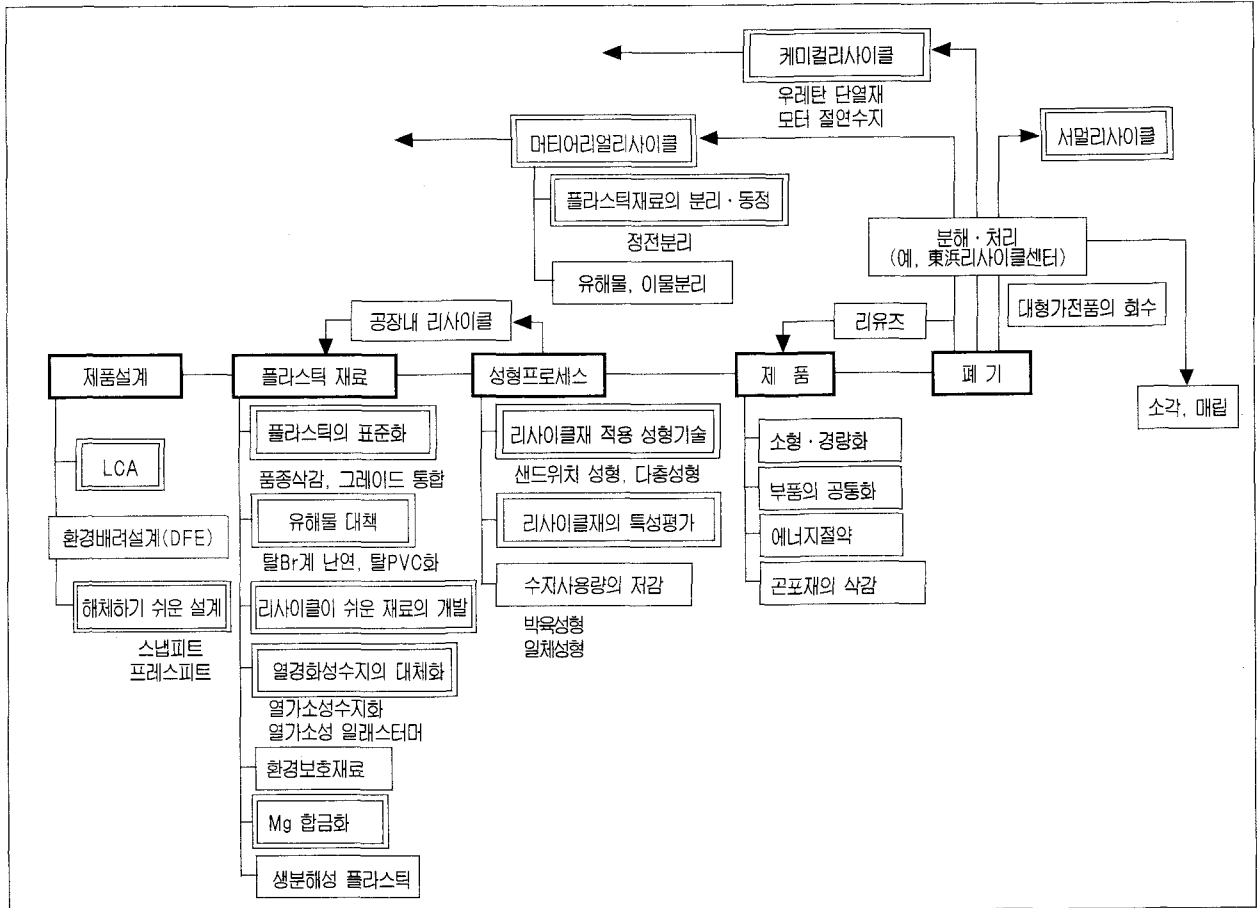
또 반도체제조 프로세스에서는 RIE(Reactive Ion Etching)의 에칭가스, CVD(Cheical Vapor Deposition)의 세정가스로서 CF<sub>4</sub>와 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> 등으로 대표되는 PFC(Perfluoro Compounds)가 많이 사용되고 있다. PFC는 수명이 긴 지구온난화가스로 4월부터 방출이 규제되어 그것의 분해제거가 요구되고 있다. 동사에서는 PFC를 대기압 플라즈마로 분해하여 불산(스크라버로 회수, HF)과 CO<sub>2</sub>로 무해화하는 장치를 개발하고 있다.

#### 나. 環境調和型製品的 개발

순환형사회를 구축하기 위해서는 환경보호, 자원보호의 개념을 적극적으로 도입한 제품의 개발이 중요하다. 미쓰비시電機 그룹에서는 기본이념으로서 MET (Material : 자원의 유효활용, Energy : 에너지의 효율적 이용, Toxicity : 유해물에 의한 오염 회피)를 내걸고 환경행동목표를 정하여 환경계획을 추진하고 있다.

그림 6에 플라스틱재료의 에코머티어리얼화에 대한 대처를 표시하였는데, LCA(Life Cycle Assessment)에 의해 제조·수송·사용·폐기시의 환경부하를 정량적으로 구하여 제품의 전(全)라이프사이클에서의 환경부하를 최소로 하는 개선활동을 추진하고 있다.

유해물질에 대해서는 전기제품은 세계 각국에서 사용되기 때문에 일본국내뿐만 아니라 세계의 규제에 대응하



〈그림 6〉 플라스틱의 예코머티리얼화 대처

지 않으면 안된다. 최근에는 납 등의 중금속, 환경호르몬이라 불리는 내분비교란물질을 함유하는 유기계재료, 연소시에 다이옥신류를 발생할 가능성이 있는 할로젠계 난연재료 등의 삭감이 요구되고 있기 때문에 대체기술 개발을 추진하고 있다. 또한 유해물질의 회피를 위해서는 극미량으로 함유되는 유해물질의 분석도 중요하다. 분석 필요감도를 상회하는 극미량 분석기술을 실현하기 위하여 클린룸에서의 농축기술과 콘타미네이션프리 분석기술의 개발을 추진하고 있다.

신뢰성이 우수한 전기배선의 접합기술로서 일반적으로 사용하고 있는 뿔납에는 연(鉛)이 포함되어 있기 때문에

탈연(脫鉛) 뿔납접합기술의 개발을 추진, 일부제품에 적용을 개시하였다. 탈연 뿔납접합기술의 개발에서는 프로세스의 최적화와 함께 신뢰성평가가 중요하며, 신뢰성평가시험과 병행하여 재료조성해석, 접합부의 미세구조해석 등의 재료분석 및 해석을 시행, 종합적인 평가를 실시하고 있다.

#### 4. 리사이클

금년 4월부터 일본에서는 가전(家電)리사이클법이 시행되어 냉장고, 에어컨, 텔레비전, 세탁기의 대형가전제

〈표 1〉 가전리사이클법 대상제품의 재생품화율

(질량 %)			
에어컨	텔레비전	냉장고	선종기
60%	55%	50%	50%

품 4품목의 리사이클이 의무화되었다. 재생품화(再商品化)율은 표 1에 표시하는 바와 같이 제품에 따라 다르나, 금속, 글라스 등의 이미 리사이클기술이 확립된 재료를 중심으로 머티어리얼 리사이클을 시행하고 있다. 앞으로 더한 규제강화로 재생품화율은 높아짐과 동시에 대상제품의 증가가 예상되며, 가전제품에서 많이 사용되고 있는 플라스틱의 리사이클기술의 확립이 중요시되고 있다.

가전제품에서는 주로 PP(폴리프로필렌), HIPS(충격개량 폴리스틸렌), ABS(아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌) 수지 등의 범용플라스틱이 사용되고 있는데, 현재 회수되는 폐가전제품에서는 재료명이 표시되어 있지 않아 머티어리얼 리사이클에서는 플라스틱의 분리·분별기술이 중요하다. 정전분별(靜電分別)기술은 건식이고 필터 등을 복합한 플라스틱계 재료도 분리가 가능하기 때문에 다른 분별방식보다도 유효한 것으로 생각되어, 분별능력의 고도화기술 개발을 추진하고 있다. 한편 고도로 선별된 리사이클재에 있어서도 미량의 이물질이나 다른 재료의 혼입을 막기는 곤란하여, 이들의 혼입을 상정한 물성의 열화를 보상하는 리사이클재에의 새로운 재료와 충격특성 개량재의 배합 등의 재료개발기술과 표층에 신재료를, 코어층에 리사이클재를 사용한 샌드위치성형 기술의 개발도 아울러 추진하고 있다.


냉장고의 단열재인 우레탄폼은 냉장고 질량의 약 10%를 점하는데 제조시에 열로 경화반응을 시키고 있기 때문에 일반 플라스틱과 같은 머티어리얼 리사이클은 할 수 없다. 이 때문에 원료인 폴리올로 분해하는 케미컬 리사이클기술의 개발을 추진하고 있다. 또 거의 대부분의 가전제품에서 사용되고 있는 모터의 절연수지에 대해서도 케미컬 리사이클기술의 개발을 추진하고 있다.

리사이클의 용이성은 제품 설계시에 결정된다고 하여도 과언이 아니다. DFE(Design for Environment)의 생각은 앞으로의 제품설계의 키이며, 환경대책의 노하우를 정리한 “三菱電機환경적합설계요람”을 책정하여 제품어세스먼트의 고도화를 도모하고 있다.

## 5. 맺음말

미쓰비시電機에서의 환경과 관련된 연구개발에 대한 대처에 대하여 그 개요를 기술하였다. 개별적인 상세한 것에 대해서는 별도로 기술하였으며, 지면의 제약으로 모든 것을 망라하여 취급하지는 못하였다. 예를 들면 R&D 테마로서는 유취감시(油臭監視)센서를 비롯한 각종 센서를 사용한 모니터링기술 개발, 환경호르몬물질 등의 극미량물질의 분석기술 등 폭넓은 연구개발활동을 하고 있음을 부기해 둔다. 또한 여기서는 에너지절약 기술에 관해서는 상세한 것을 생략하였으나 개정 省에너지法에서는 공조기는 2003년, 냉장고는 2004년부터 에너지절약기준 달성이 의무화되는 등 지구온난화방지를 위해서는 지속적인 기기의 고수준의 에너지절약 기술의 추구가 필요하다.

21세기의 조류인 환경저부하(Reduce, Reuse, Recycle, 에너지절약 등)에 필요한 요소기술의 개발과제를 시장·사회·법규제 등의 동향을 보아 설정하고 기술의 Integration으로 계속적으로 수행하여 환경형사회시스템의 실현에 공헌하고자 한다.

본고에서 소개한 “고체고분자형 연료전지의 연구개발”, “분산형 전지전력저장기술 개발” “우레탄의 리사이클에 관한 기초기술의 개발”의 일부는 新에너지·産業技術總合開發機構(NEDO)로부터 위탁받아 실시하고 있다. 

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전제한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.