

일본 반도체 업계의 에너지절약 대책

유 경 훈 | 한국생산기술연구원 에어로졸필터연구실
수석연구원

E-Mail : khyoo@kitech.re.kr

1. 머리말

최근 2005년 2월 16일에 교토의정서가 발효되었다. 1997년 12월의 지구온난화 방지 교토회의에서 교토의정서가 채택되고 나서 7년 남짓 흘렀고 온실 효과 가스의 배출저감에 의한 지구 온난화 방지를 향한 중요한 발걸음이 시작되었다. 온실효과 가스는 대부분 에너지 사용의 결과로 발생하므로 에너지 사용량을 줄이기 위한 에너지절약 및 합리적 이용이야말로 기후변화를 완화시킬 수 있는 기본적인 방안이라고 볼 수 있다.

교토의정서 발효의 의의로서 다음의 세 가지를 들 수 있다. 첫째는 의정서에 근거하는 저감 약속이 현실로 된 것이다. 교토의정서에서는 선진국에 대해 법적 구속력을 가진 온실효과 가스의 배출 저감 목표를 정하고 있다. 교토의정서의 발효에 의해 의정서를 비준한 선진 각국은 이 목표를 달성할 의무가 생긴다. 일본의 목표는 기준년인 1990년에 비해 2008년부터 2012년의 1차 의무이행 기간 동안 온실 효과 가스 배출량의 6%(한국의 경우 5.2%)를 저감하는 것이다. 즉, 2008년부터 2012년의 온실효과 가스 배출량의 5년분의 합계가 (1990년의 배출량) $\times 5$ 년분 $\times 0.94$ 를 밑돌아야 한다.

둘째는 교토의정서로 정해진 교토메커니즘의 조치가 본격적으로 가동되는 것이다. 의정서에는 목

표 달성을 위한 시장 메커니즘을 이용하는 조치로서 공동 이행(JI, Joint Implementation), 청정개발 메커니즘(CDM, Clean Development Mechanism), 배출권 거래(ET, Emissions Trading)를 정하고 있다. 공동 이행은 선진국간, 청정개발 메커니즘은 선진국과 개발도상국간으로 투자국이 배출 저감 프로젝트나 흡수량 증대 프로젝트에 자금이나 기술을 제공해서 그것을 담보로 배출 저감 크레디트를 얻는 것이다. 이 크레디트는 의정서의 목표 달성에 이용될 수 있고 또 각국 정부뿐만 아니라 민간기업도 교토메커니즘에 참가할 수 있다. 의정서의 발효에 의해 교토메커니즘의 대상이 되는 프로젝트로의 투자가 가속화될 것이다.

셋째는 교토의정서가 정하지 않은 2013년 이후의 지구 온난화 대책의 골조를 논의하는 것이 가능하게 된 것이다. 지구 온난화 문제는 100년 이상의 시간 스케일을 가지는 문제이며, 그 대책은 의정서의 약속 기간이 종료하는 2013년 이후도 계속될 필요가 있다. 의정서의 다음 골조를 어떻게 구축해 나갈지 향후 국제 교섭을 하게 된다.

한편, 국제적인 에너지 절약에 대한 대처로서 반도체 국제회의(WSC)에서는 일찍이 온난화 물질 PFC 저감에 대해 일본을 중심으로 COP3(제3차 당사국총회, 교토회의)의 수치목표를 달성하는 성과를 이루었으며, 에너지 절약에 있어서도 국제적인

수치목표의 설정을 위해 EU를 중심으로 활발한 검토를 하고 있다. 연 2회 개최되는 ESH-TF(태스크포스)의 에너지 절약 워킹 그룹(Energy-Saving Working Group)은 반도체장비 메이커에 대한 화이트 페이퍼를 작성해서 장비에너지 파악의 평가방법에 대한 요망사항을 제시하여 SEMI와 공동의 화이트 페이퍼를 작성하였다. 또, 이것과 관련해 SEMI에서는 「반도체장비의 에너지 및 용력(用力)의 관리에 대한 가이드라인(S23-0305)」을 발행중에 있다.

이상과 같은 배경 하에서 과거 그리고 현재에 활발히 대처하고 있는 일본 JEITA(일본전자정보기술산업협회, Japan Electronics & Information Technology Industries Association, 전신은 일본전자기계공업회(EIAJ))의 에너지 절약 활동에 대해 본 지면을 통하여 소개하고자 한다.

2. 교토의정서 목표달성계획의 책정

2002년도의 일본의 온실 효과 가스(CO₂, 메탄, N₂O, HFC류, PFC류, SF₆)의 총배출량은 13억 3100만 톤(CO₂ 환산, 이하 동일)(한국의 경우 4억 5155만 톤)이다. 한편, 기준년인 1990년의 배출량은 12억 3700만 톤이며, 6 % 저감 목표를 달성하기 위해서는 의무이행기간 동안의 배출량의 평균을 11억 6300만 톤으로 해야 한다. 이것은 2002년도의 상황으로부터 기준년인 1990년 대비로 13.6 %의 저감을 의미하므로 결코 쉬운 일이 아니다. 이 목표를 확실히 달성하기 위해서 일본정부는 2005년 4월 28일 「교토의정서 목표달성계획」을 확정하였다. 교토의정서 목표달성계획(이하 목표달성계획)은 2002년에 책정된 지구 온난화 대책 추진 대강(大綱)의 평가 및 재검토의 결과로서 책정된 것이다. 목표달성계획은 일본의 온난화 대책이 목표로 할 방향인

6 % 저감 목표의 확실한 달성과 함께, 지구 규모로의 온실효과 가스의 한층 더 장기적이고 지속적인 배출 저감을 내걸고 있다. 그리고 지구 온난화 대책의 기본적인 개념으로서 다음의 6 가지를 들고 있다.

(1) 환경과 경제의 양립

환경과 경제의 양립에 이바지하는 구조의 정비 및 구축

(2) 기술 혁신의 촉진

장기적이고 지속적인 배출 저감을 진행시키기 위한 기술 혁신의 가속

(3) 모든 주체의 참가 및 제휴의 촉진과 그것을 위한 투명성의 확보, 정보의 공유

(4) 다양한 정책 수단의 활용

자주적 수법, 규제적 수법, 경제적 수법, 정보적 수법 등 다양한 정책 수단의 유효한 활용

(5) 평가 및 재검토 프로세스의 중시

2007년도에 대책의 진척 상황이나 배출 상황을 평가해서 필요에 따른 시책의 강화

(6) 지구 온난화 대책의 국제적 제휴의 확보

모든 나라가 참가하는 공통 물의 구축을 위한 계속적인 노력

이러한 기본적인 개념에 근거해서 목표달성계획에서는 의무이행기간의 중간년인 2010년을 대상으로 각 온실효과 가스 및 에너지 기원 CO₂의 부문마다의 목표를 표 1과 같이 설정하였다. 기존의 대책 만으로 2010년의 온실효과 가스 배출량이 약 13억 1100만 톤(기준년 1990년 대비 약 6% 증가)으로 전망되어 흡수원이나 교토메커니즘의 활용을 포함해 추가적인 대책을 강구하는 것으로 기준년인 1990년 대비 약 12 %를 저감하는 것으로 하고 있다.

또, 일본의 온실효과 가스 배출량의 9할 이상을 차지하는 에너지 기원 CO₂에 대해서 산업 부문의

표 1 온실효과 가스의 배출 억제·흡수량의 목표

구 분	목 표		2010년도 상황 대책 케이스(목표에 비해 +12%※)로부터의 감량 ※2002년도 실적(+13.6%)으로부터 경제성장 등에 의한 증가, 현행 대책의 지속에 의한 저감을 예상한 2010년 목표
온실효과 가스	2010년도 배출량 (백만 t-CO ₂)	1990년도 대비 (기준년 총배출량 대비)	
에너지 기원 CO ₂	1,056	+0.6%	▲4.8%
비에너지 기원 CO ₂	70	▲0.3%	
메탄	20	▲0.4%	
N ₂ O(일산화이질소)	34	▲0.5%	
대체 프론 등 3 가스	51	+0.1%	
삼림 흡수원	▲48	▲3.9%	▲3.9%
교토메커니즘	▲20	▲1.6%*	▲1.6%
합 계	1,163	▲6.0%	▲12%

*저감목표(▲6%)와 일본국내 대책(배출 저감, 흡수원 대책)의 차분

배출량을 기준년 1990년으로부터 4100만 톤을 저감하고 가정 부문, 업무외의 부문, 운수 부문의 배출증가를 각각 1990년 대비 800만 톤, 2100만 톤, 3300만 톤으로 억제하는 것 등에 의해 에너지 기원 CO₂ 전체로 800만 톤 증가(기준년 대비 +0.6%에 상당)로 억제한다는 목표를 가지고 있다. 가정 부문, 업무외의 부문, 운수 부문은 기준년에 대해서는 배출량이 증가하지만, 현재의 상태와 비교하면 대폭적인 배출 저감이 된다.

3. 반도체 업계의 에너지절약 목표와 실태

JEITA의 에너지 절약 활동은 활동목표인 「기준년도(1990년도) 대비 생산량 原단위로 25% 저감」을 위해 전신인 EIAJ(일본전자기계공업회)에서 1998년에 발족한 지구 온난화 대책 특별 위원회

(CPGW)에서 1999년 5월부터 시작되었다. 이후 오늘에 이르기까지 반도체 메이커의 에너지 및 CO₂ 原단위에 대해서 실태 추이를 파악하고 있다. 초기부터 지금까지 생산량 原단위의 분모에 해당되는 생산량(매출액)은 명목 생산량을 이용해 왔지만, 제품의 판매 단가 하락으로 분자의 에너지 소비량의 저감 효과가 상쇄되어져 原단위로는 개선 효과가 나타나지 않았다. 그림 1에 웨이퍼 완성 매수 당의 CO₂ 배출량을 나타내지만, 기술 고도화의 영향으로 原단위는 악화되고 있다. 그동안 JEITA 내부의 에너지 절약 노력이 정당하게 평가되는 原단위의 검토를 진행하고 있고 상호 납득할 수 있는 것을 얻었다고는 말할 수 없지만, 일본 경단련(経団連)의 실질 생산량의 도입이 제품 판매단가 하락을 보정하는 유효한 평가방법이라고 보고 있다.

한편, 반도체 국제회의(WSC)에 있어서 각국의 경

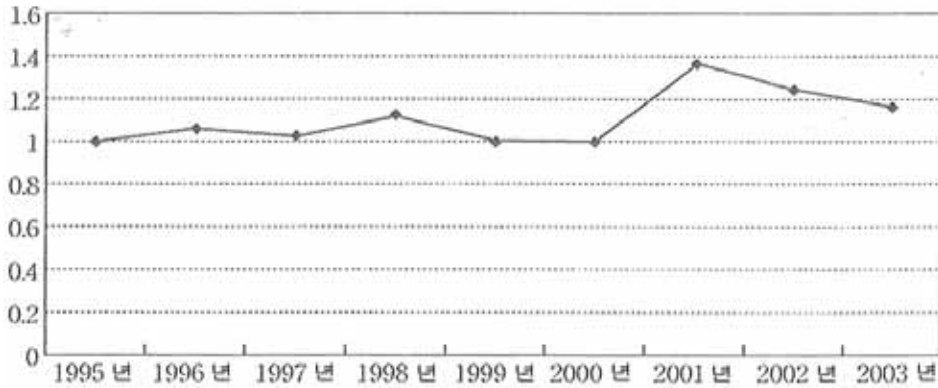


그림 1. 웨이퍼 완성 매수당 CO₂ 배출 原단위지수 [t-CO₂ / 매] <1995년기준>

제 배경의 차이로부터 생산량을 도입하지 못하고, 생산 웨이퍼 매수, 마스크 매수 등에 의한 보정의 제안들이 있지만, 현재 JEITA에서 IC의 기능 原단위의 하나로서 트랜지스터 수, IC구동 주파수 등의 보정을 고려한 제안을 하고 있다. 이것은 산업의 기반 제품으로서의 반도체가 세상의 모든 제품의 부가가치 향상에 밀접하게 관련되어 있어 제품 기능과의 관련이 큰 트랜지스터 수와 환경 부하인 CO₂(에너지)를 관련짓는 것이 중요한 지표라고 생각하고 있다.

4. 에너지 절약 WG의 종래 활동

JEITA의 에너지 절약 WG은 반도체 업계의 CO₂ 原단위 실태 조사 외에 반도체 회사의 에너지 절약이 원활히 진행되기 위한 추진 환경을 만들기 위한 배경으로 1998년에 발족했다. 이 에너지 절약 WG이 일본 경단련 자주행동계획의 feasibility study와 화이트 페이지의 작성을 목표로 활동한 내용에 대해 간단하게 소개한다.

(1) 전력 측정 기준

SEAJ(일본 반도체 제조장비 협회)의 에너지 절

약 부문위원회와 협력하여 반도체 제조장비의 전력 측정시 업계에서의 전력 데이터의 공유를 도모하기 위해 작성하여 SEAJ에서 「반도체 제조 장비의 전력 측정 기준」으로서 제정한 것이다. 당초 반도체 공장 건설 시에 장비의 정격 전력으로 기초 설비 전력 용량을 견적하기 위하여 장비 메이커가 가동시의 전력을 측정해 장치 카탈로그에 넣기 위한 것이지만, 오늘까지 그 상태에는 이르지 않았다.

(2) 에너지 환산계수

반도체 공장 전체의 소비 에너지의 구성은 일반적으로 반도체 제조장비의 전력이 45%, 나머지가 퍼실리티이며, 반도체 장비는 전력의 소비와 함께 퍼실리티의 에너지에도 관련되어 있으므로 장비 전력 이외의 用力이 어느 정도로 반도체 공장의 에너지에 관련하고 있는지를 파악하는 것이 중요한 관점이기 때문에 用力(배기, 공기압축, 생산 냉각수, 공장 진공, 放熱, 純水) 사용량의 공장 에너지로의 기여도를 전력 환산 계수로서 정한 것이다. 이 계수는 공장마다 다르므로 업계에서 공통으로 평가하기 위해서 공장의 전제조건을 0.18 μm 8인치 웨이퍼 2만매/월 생산으로 정하여 작성했다. 이것은 공장

건설 메이커의 업계 단체인 일본공기청정협회(JACA)의 협력에 의해 작성하였고 SEAJ의 표준 「반도체 제조 장비와 유틸리티의 에너지 산출 가이드라인」으로 제정했다. 이 환산 계수를 사용해서 장비의 에너지 절약 평가를 하는 장비 메이커도 많아지고 있다.

또, 이 환산 계수는 SEMI 표준의 「반도체 장비의 에너지와 用力の 관리에 대한 가이드라인(S23-0305)」에도 인용되어 국제적으로 사용되는 양상으로 되고 있다.

(3) 화이트 페이퍼

상기 이외에도 장비 에너지 절약 사례집(SEAJ와 JACA의 협력), 공장 소비 에너지 간이 적산 프로그램(JACA 작성) 등을 행해 왔지만, 그러한 성과를 2003년에 「반도체 업계의 한층 높은 에너지 절약 활동 추진을 향한 제언」으로서 에너지절약 화이트 페이퍼를 관련 업계 단체에 제시했다. 내용적으로는 2000년도 대비 2010년도까지 에너지 공급 사이드(10%), 반도체 메이커(10%), 장비 메이커(20%), 공조기 메이커(10%)를 각각 달성해 주기를 요망하고 있다.

또, 에너지 절약 시책의 요망사항으로서는 다음을 제시하고 있다.

① 제조 장비 메이커의 요망사항

- 비가동시의 소비 에너지의 철저한 저감화(대기 전력의 저감 또는 삭감).
- 조건 변경시 순서를 변경하여 시간의 철저한 단축
- 진공 펌프, chiller 등의 개개의 component의 에너지절약 사례의 적극적인 도입(소프트웨어 변경 등의 대응).
- 소비 에너지 지표를 SEAJ 제정의 에너지 환산

계수를 이용하여 나타내고 에너지절약 개발의 수준을 디바이스 메이커에 어필.

- 200 mm 장비로부터 300 mm 장치로의 이행 시에 장비 가동 에너지 효율의 유지 또는 한층 높은 향상. 또, 300 mm 장비로 개발된 에너지절약 기술의 200 mm 장치로의 적용.
- 디바이스 메이커로부터 에너지절약 대책 제안에 대한 적극적 협력.

② 공조 기기 메이커의 요망사항

- 반도체의 생산 형태가 소량 다품종 생산으로 비중이 옮겨지는 것에 수반하는 라인 가동에 대응한 CR 공조 및 부대기기 시스템의 한층 높은 효율의 향상.

③ 반도체 메이커의 요망사항

- 프로세스 공정 개수의 단축(장치 대수의 절감)
- 에너지절약 디바이스 기술의 채용 및 개발(기능수에 의한 純水 사용량의 저감 등)
- 국소 클린 기술의 채용
- 에너지 절약형 제조 장비의 적극적 채용 및 에너지 절약형 CR의 요구 사항의 명확화에 의한, 장비 메이커의 에너지 절약형 장비의 개발 촉진.

5. 에너지 절약 활동의 업계 제휴

에너지절약 시책은 개별의 기기, 개별의 시스템의 대응이라고 하는 부분적인 대책만이 아니고, 장비와 퍼실리티와의 관계, 반도체의 오퍼레이션과 장비의 가동과의 관계, 또 퍼실리티에 대해서도 공장 전체 에너지 흐름에 있어서의 손실의 발견과 대책, 반도체 공장의 에너지 전체 최적화 얼마나 실현되는가이다. 에너지절약 활동을 진행시키는데 있어서, 반도체 제조와 제조 장비, 퍼실리티와의 관련성

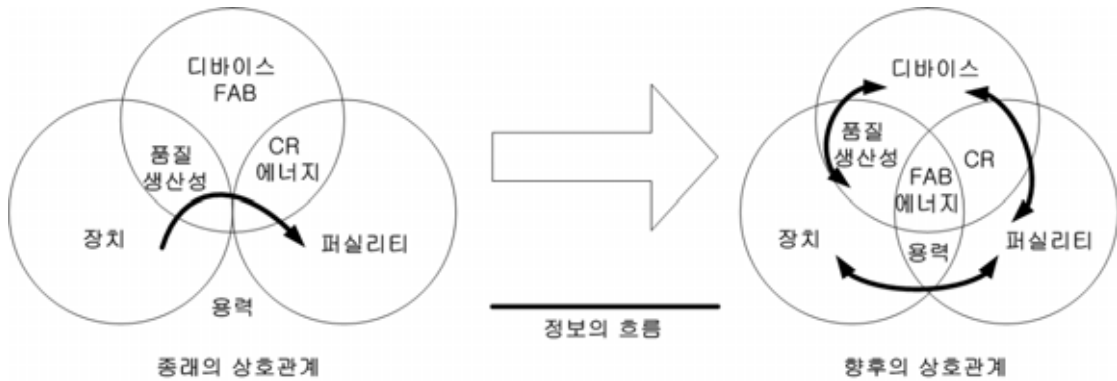


그림 2. 향후의 업계제휴

을 중시하여 관련 업계 단체로서 일본 반도체 제조 장치협회(SEAJ), SEMI 저팬, 일본공기청정협회(JACA)와 JEITA에 의한 에너지절약 추진 협의회를 결성해서 이 제휴 내에서 추진하고 있다.

종래에는 퍼실리티를 중심으로, 반도체 제조, 제조 장비의 각 분야 내에서 에너지 절약 활동을 진행시켜 오고 있었지만, 향후 한층 높은 에너지 절약을 실현하려면 그림 2와 같이 하드웨어·소프트웨어·노하우의 모든 관점에서 공장 에너지 전체 최적화의 어프로치가 필요하고, 디바이스, 장비, 퍼실리티 상호 관계를 중시한 활동 전개 필요성이 커지고 있다. 일시적으로 활동이 침체되고 있던 에너지절약 추진 협의회이지만, 교토의정서의 발효와 국제적인 활동의 확대에 대응하고 보다 구체적인 효과적 활동을 위해 2004년 11월부터 활동을 재개하고 있다.

6. 향후의 에너지절약 WG 활동

현재의 에너지절약 WG의 활동으로서 2003년에 제시한 화이트 페이지는 에너지절약의 시책 및 그 방향을 관련 업계에 마크로적인 요망으로서 제시하

는 것에 머물러 업계로부터 제언의 테두리를 벗어나지 못하고 있어 보다 구체적인 것이 필요하다. 이에 따라 현재 에너지절약 추진 협의회에서는 에너지절약 가이드라인의 검토를 시작하고 있다. 여기서의 가이드라인은 주로 생산·장비·퍼실리티 상호간의 관련성에서 존재하는 제약에 의해 실현될 수 없는 에너지절약 시책에 대해서 그 제약을 상호간의 관계에서 해제하여 현재의 상태를 타파하고자 하는 것이다. 예를 들면 공장 에너지의 주된 담당자로 인식되어져 온 퍼실리티 관계자가 공장 건설이나 설비 증설 등에 생산이나 장비의 사양을 일방적으로 흡수해야하는 것으로 강요되어 온 경위를 재검토함으로써 상호 관계의 모순이나 불합리성이 밝히는 것이다.

「생산」과 「퍼실리티」, 「퍼실리티」와 「장비」, 「장비」와 「생산」간의 상호 관계 내의 제약 조건에 주목하고 있다. 여기서 지향하고 있는 가이드라인이란 이 상호 관계 중에서 서로 밝히지 않은 제약 조건이 존재해서 에너지절약 기술·노하우의 적용을 막고 있는 이 제약 조건을 개방하는 것이 생산과 장비, 퍼실리티의 기술 지침이다. 구체적인 예를 들면, 장치의 용력(배기, 냉각수, 공기압축) 등에서 부분

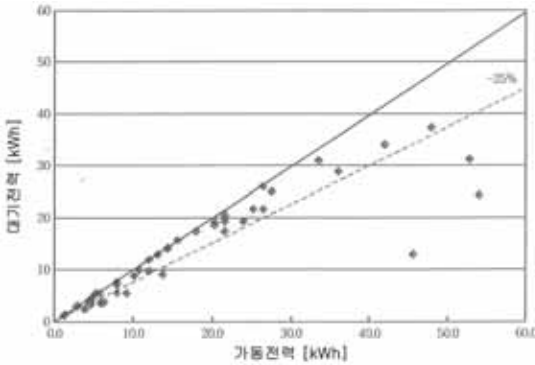


그림 3. 8인치 장비 가동시 / 대기시 전력 대비

적으로 요구가 높은 장치가 있을 시에 퍼실리티는 부분적으로 높은 요구에 전체를 맞추지 않을 수 없고, 전체에 있어서는 과잉인 능력을 가지게 되어 소비 에너지가 증대하게 된다. 여기에서는 부분적으로 높은 사양의 장치가 제약이며, 이것을 해결하기 위해서 가이드라인으로서 퍼실리티의 에너지절약에 있어 유효한 규격의 폭을 업계표준으로서 설정해서 장비 설계의 지침으로 한다면, 장비 메이커는 개발 단계에서부터 이것을 고려해 설계할 수 있어 최종적으로 공장 퍼실리티의 최적 능력이 실현되어 현재 상태 이상의 에너지절약 공장을 실현할 수 있을 것이다. 장치 메이커에 있어서는 제약이 반대로 되지만 공장 에너지의 전체 최적을 실현하기 위한 유효한 제약으로서 이해를 해야 한다.

다른 예로서는 그림 3과 같이 종래 장비의 대기 전력 저감을 말한 지 오래 됐지만, 전혀 저감되는 기색이 없는 이유를 생각해 볼 때, 대기전력을 내리는 요구를 하는 동시에 언제나 제품이 와도 곧바로 처리하여 우량 제품을 만들 것을 요구하고 있는 것 자체에 무리가 있다. 또, 이전의 처리가 종료되고 처리시간에 비해 짧은 대기시간으로 다음의 처리를 개시한다면, 그로 인해 대기 전력을 저감하는

효과는 적다. 달성하고자 하는 상황은 반도체 생산의 특징으로부터 장비의 실가동률이 높지 않고 제품 대기시간이 긴 가운데 대기 전력을 저감하는 것이다. 여기서, 생산 사이드로부터 대기시간을 사전에 제시받을 수 있으면 장비도 대기 전력을 저감하는 여지가 생긴다고 생각된다.

또, 그림 4와 같이 장비 자체도 대기시간의 길이에 따라 대기 전력을 저감하기 위해 장비 자체가 부분적으로 전력을 떨어뜨려 제품의 도착에 맞추어 자동적으로 재가동해서 가동상태의 확인까지 실시하는 기능은 현재 가지고 있지 않다. 그와 같은 생각 자체가 아직 존재하지 않는 것이 실태이다. 그러나 여기서 제시하는 것은 종래 기술로 가능한 내용을 많이 포함하고 있다고 생각되어 이것을 저해하고 있는 요인을 배제하기 위해서 생산측과 장비측이 대기 전력 저감을 향한 운용이나 기술개발의 여지가 있다고 생각된다.

현재, 생산, 장비, 퍼실리티에서는 서로 어떻게 기술개발·설계·운용을 하면 반도체 공장의 에너지절약으로 연결되는가의 기술지침은 불명확한 상태이며, JEITA의 에너지절약 WG에서는 업계에 걸친 에너지절약 추진협의회에 대하여 이 가이드라인의 구축을 향한 논의와 조사를 시작하고 있다.

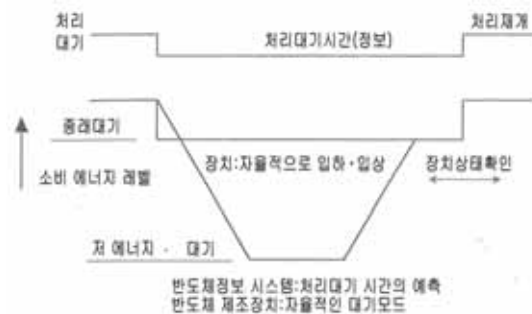


그림 4. 반도체 생산기술과 반도체 장비 메이커의 제휴에 의한 대기 전력 저감안(합작예)

6. 맺음말

일본에 있어서의 반도체 공장의 에너지절약 활동의 상황과 JEITA 및 에너지절약 추진 협회와의 에너지 절약 추진 활동에 대해 간단히 소개했다. 한국의 경우 2차 이행의무기간의 시작인 2013년부터 에너지 절약 목표를 달성하려면 기존 공장의 에너지 절약 없이는 달성할 수 없다고 생각된다. 기존 공장에서는 현장의 에너지 해석과 개선·개혁이 요구된다. 한편 에너지절약은 반도체 환경부문만의 활동이라는 소리가 아직도 외부적으로 큰 것 같다. 회사에 따라서 상황도 다르겠지만, 앞으로의 기존 반도체공장 에너지 절약 추진, 그 중에서도 장비 관계의 에너지 절약 추진에 있어서는, 장비·퍼실리티 관계부문의 협력이 없으면 진행되지 못할 것은 명백하다. 반도체 업계의 생산·장비·퍼실리티 상호간의 제

휴에 대한 의식이 높아지고 있는 만큼, 반도체 업계 내부의 의식 향상 및 제휴를 이상적으로 강화해 나가는 것이 향후의 에너지절약 목표를 달성해 나가는 데 있어서 중요한 일이라고 본다.

- 참고문헌 -

1. 權口 博明, 2005, “京都의정서의 발효와 CO2 삭감대책”, *クリーンテクノロジー*(클린테크놀로지), 2005년 7월호, pp. 1-2.
2. 遠峰 徹, 2005, “JEITA의 CO2 저감대책과 방침에 대해”, *クリーンテクノロジー*(클린테크놀로지), 2005년 7월호, pp. 3-6.
3. 고규용, 2005, “교토의정서 발효와 에너지산업부문 대응방안”, *공기청정기술*, 2005년 9월호, 한국공기청정협회.