



일본의 기후 변화 대책

朝倉一雄

일본 (재)전력중앙연구소 기획부 환경추진담당부장

일 본은 97년 12월 기후변화협약 제3차 당사국 총회(COP3)에서 채택된 교토 의정서에서 온실 가스 배출을 2010년까지 90년 대비 6%를 감축하기로 하였다.

COP3 이후 일본 정부·지방자치단체·산업계 및 시민들은 CO₂ 배출을 감축시키기 위한 많은 활동을 해오고 있으며, 전력산업계는 96년 11월에 「환경 보호 행동 계획」이 발표된 이후 CO₂를 감축시키기 위한 자발적인 활동을 해오고 있다.

지구 기후 변화를 저감시키기 위한 범세계적 노력

본 논문은 일본에서의 기후 변화에 대한 정부 및 전력 산업계의 대책 현황, 특히 CO₂ 감축을 위한 원자력의 중요 역할에 초점을 맞추어 살펴보고자 한다.

1. 제3차 당사국 총회(COP3)

97년 12월 일본 교토에서 개최된 COP3 회의에서 온실 가스 배출량의 저감 목표를 포함하는 역사적인 의정서가 채택되었다.

교토 의정서는 지구 기후 변화를 완화시키기 위한 세계 여러 나라들의 첫 번째 행동 강령으로서, 2008년부터 2012년까지 선진 38개국(소위 Annex I 국가)들에 의한 온실 가스 배출량을 90년 대비 평균 5%를 감축시키는 데 합의하였다. Annex I 국가들은 옛 소련 및 동유럽 국가들을 포함한 선진 산업국들이다.

일본은 가스 배출량을 6% 감축시키는 데 목표를 두었으며, 대상 온실 가스는 CO₂·CH₄·N₂O·HFCs·PFCs·SF₆ 등 6종이다.

산림은 이용에 따라서 온실 가스의 근원일뿐만 아니라 온실 가스의 배출구로서도 취급된다. 인류가 직접적으로 야기시킨 토지 이용의 변

경 및 영림(營林), 제한적인 조림(造林), 90년 이후의 재조림 및 벌목은 온실 가스 배출량을 변화시킬 수 있는 요인으로 고려될 것이다.

의정서는 국제 협력을 통한 가스 배출 저감 목표를 달성하기 위하여 배출권 거래 제도, 공동 이행 제도(Joint Implementation) 및 청정 개발 체제(CDM)와 같은 여러 신축성 있는 메커니즘을 포함하고 있다.

3가지 신축성 메커니즘(flexibility mechanism)에 대한 정의가 의정서 조항에 명시되었고, 세부 규칙과 시행 절차에 대한 협의는 COP4로 넘겨졌다.

2. COP4

98년 11월 아르헨티나의 부에노스 아이레스에서 개최된 COP4는 교토 의정서에서 취급된 온실 가스 배출을 감축시키기 위한 신축성 메커니즘에 관한 첫 번째 회의로 간주된다.

COP4 기간 동안 해결된 주요 문제들은 배출권 거래 제도와 청정 개발 체제와 같은 신축성 메커니즘에 대한 합의 도달에 관련된 것이다.

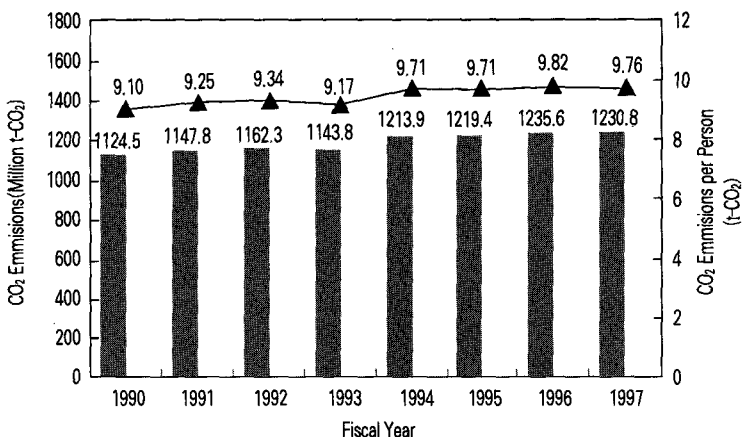
선진국과 개발 도상국간의 뜨거운 논쟁 끝에 COP6에 의해 발효된 교토 의정서의 시행 절차를 수행하기 위한 부에노스 아이레스 행동 계획(Buenos Aires Plan of Action)이 채택되었다.

COP6를 통한 신축성 메커니즘의 규약을 결정하기 위한 구체적인 프로그램은 부에노스 아이레스 행동 계획에서 채택되었다.

공동 이행 제도의 시행(AIJ), 재정 기능, 기술의 개발과 이전, 적용 방법 및 지구 온난화에 대한 배상, 발효된 교토 의정서 이후의 당사자간 첫 번째 회의(COP/MOP1) 등이 부에노스 아이레스 행동 계획에서 취급되었다.

개발 도상국의 온실 가스 배출 문제에 관한 아르헨티나의 「기후변화에 관한 UN 협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)」에의 자발적 참여에 대한 발표는 하나의 돌파구였다.

온실 가스 감축에 관한 논의는 「기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)」의 특별 보고서가 2000년에 발간될 때까지로 연기되었다.



〈그림 1〉 일본의 CO₂ 배출 현황

일본의 기후변화협약 대응 종합 대책

1. CO₂ 배출 현황

일본의 총 CO₂ 배출량은 96년까지 꾸준히 증가되어 왔다. 97년의 CO₂ 배출량은 낮은 경제 성장률과 에너지 보존의 증가로 96년의 수준보다 약간 낮았다.

총 CO₂ 배출량은 97년에 있어서 12억 3천만 이산화탄소 환산 톤(t-CO₂)에 달했으며 90년의 수준에서 9.4%를 초과하였다. 97년의 인구 1명당 CO₂ 배출은 9.76 t-CO₂로서 90년 수준의 7.2%를 초과하였다(그림 1).

총 CO₂ 배출량의 내역을 보면, 수송 부문에서의 CO₂ 배출은 매년 증가되었고 97년에는 90년도보다 21%를 초과하였다.

주거 및 상업 부문에서의 CO₂ 배출은 평형 상태를 유지하고 있으나 97년에는 90년에 비해 각각 13% 및 14%씩 증가되었다.

산업 부문에서의 CO₂ 배출은 총 CO₂ 배출량의 40%를 차지하고 있으나 97년에는 90년 수준보다 단지 0.6%밖에 되지 않았다.

이는 수송·주거 및 상업 부문에서의 CO₂ 배출을 감축시키기 위한 노력이 필요함을 의미하는 것이다.

2. 온실 가스 감축을 위한 국가 정책

COP3 이후 정부 및 지방자치단체별로 온실 가스 감축을 위한 많은 조치가 시행되어 왔다.

일본 정부는 98년 6월에 6% 감축 목표를 이룩하기 위한 대책에 초점을 맞추어 「지구 온난화 방지 대책에 대한 지침」을 채택하였다.

이 지침에서 CO₂ 감축을 이룩하기 위한 정부 정책을 다음과 같이 정하였다.

① 2010년의 CO₂·CH₄ 및 N₂O의 총배출을 2.5% 감축시킨다. 2010의 CO₂ 배출은 증가되지 않은 상태(0%)가 된다.

② 2010년의 HFC·PFC 및 SF₆의 총 배출량은 2% 증가를 유지한다.

③ 토지 이용과 조림 활동에 의한 환경 정화는 3.7% 감축으로 고려한다.

④ 공동 이행 제도와 배출권 거래 제도 등과 같은 국제 협력으로 1.8%를 감축시킨다.

지침의 채택에 앞서 「에너지의 합리적 이용에 관한 법률」이 98년 6월에 개정되었다.

일본 정부는 자동차·가전 제품 및 사무 자동화 설비를 위한 Top Runner Approach를 도입함으로써, 에너지 효율 기준을 강화시킬 것이다.

이러한 접근하에서 에너지 효율 기준은 현재 상업화된 제품 가운데에서 얻어진 최고치의 에너지 효율에 해당되거나 초과하는 목표를 설정해 놓을 것이다. 정부는 공장과 사업 부문에서의 에너지 이용의 합리화를 고취시키고 있다.

그 당시 에너지 공급과 수요를 위한 통상산업성(MITI)의 자문위원회는 「2010년까지의 에너지 소비

및 CO₂ 배출에 관한 전망」을 검토하였다.

이에 따르면, 2010년의 에너지 자원은 90년도 수준의 30%를 초과하는 4억 5,600만 원유 환산 킬로리터가 될 것이며, 2010년의 에너지 자원으로부터의 CO₂ 배출은 자연 증가 예측치(BAU : Business As Usual)의 시나리오를 가정할 때 90년 수준에서 20% 증가된 3억 4,700만 탄소 환산 톤이 될 것이다.

2010년의 CO₂ 배출을 90년도 수준으로 안정화 시키기 위해서 2010년에 계획된 수준의 20%씩(6천만 탄소 환산 톤) CO₂ 배출을 감축시키는 것이 필요할 것이다(그림 2).

에너지 보존의 최대 증진과 원전 20기의 추가 건설은 그러한 목표를 달성하기 위한 주요 정책이다.

또한 재생 가능한 에너지 폐기물, 태양·바람 등은 중요한 에너지 선택으로 인정되었다.

「CO₂ 처분 및 고착 기술」 등과 같은 에너지 및 환경 기술에 관한 혁신적인 기술은 통상산업성(MITI)의 후원하에 수행되며 다른 온실 가스를 감축시키기 위한 대책은 CFCs 대체 물질(HFC, PFC 및 SF₆)과 다른 산업가스(CH₄와 N₂O)의 배출 억제에 초점이 맞추어지고 있다.

조림·재조림 및 벌목의 억제와 같은 환경 정화는 CO₂ 배출을 감축시키기 위한 중요 선택 사항이다.

국제 협력을 증진시키기 위해 공동 이행 제도 등에 관한 가능성 연구가 통상산업성의 후원하에 수행될 예정이다(그림 3).

「지구 온난화 대응 대책 증진을 위한 법률」은 98년 10월에 제정되었고 99년 4월 이후에 시행되었다.

그러한 법률을 위한 근본적인 정책 중에 원자력 발전이 열린 논쟁 끝에 지구 온난화를 저감시키는 주요 에너지 선택의 하나로 평가되었다.

기후 변화 대책과 원자력 발전의 역할

1. 경제단체연합회(經團連)의 자발적 행동 계획

일본 정부는 산업계가 온실 가스 배출을 감축시키기 위한 주도적 역할을 자발적으로 발전시켜 나갈 것을 권유하고 있다.

일본의 주요 산업계와 에너지 전환 산업계가 회원인 經團連은 91년에 「經團連 지구 환경 헌장」의 발표 이후 환경 보호를 위한 자발적이고 능동적인 노력을 추구하고 있다.

그들은 산업계와 에너지 전환 부문에서의 CO₂ 배출을 2010년까지 기준 연도인 90년도 수준 이하로 감축시키기 위하여 97년도에 「환경에 관한 행동 계획」을 발표하였고 매년 후속 조사를 실시해오고 있다.

첫 번째 후속 조사 보고서는 행동

계획에 참여하고 있는 산업계 및 에너지 전환 부문에서의 90년도 CO₂ 배출이 일본에서의 총 CO₂ 배출의 약 42%를 나타내고 있음을 보여주고 있다.

행동 계획에 참여하고 있는 산업계 및 에너지 전환 부문에서의 90년도 CO₂ 배출은 일본의 총산업계 및 에너지 전환 부문에 의해 발생된 CO₂ 배출의 약 75%를 나타내고 있다.

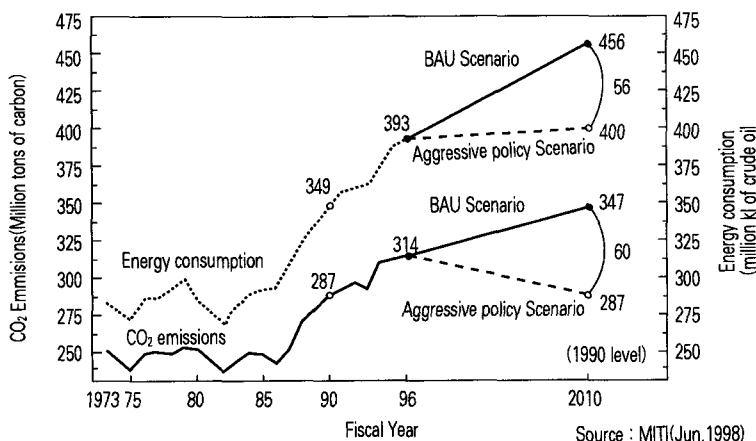
산업계와 에너지 전환 부문에서의 97년도 CO₂ 배출은 1억3,300만 이산화탄소 톤이며 이것은 90년도 수준의 3.3%를 초과한 것이다.

에너지 전환 부문과 개인 기업별 에너지 보존의 노력에도 불구하고 이러한 증가는 주로 생산 규모의 증가에 기인하고 있다.

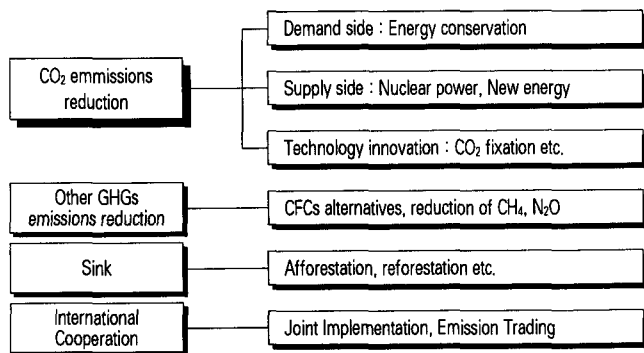
일본은 에너지 보존을 위한 대책의 견지에서는 선진국이지만 그 이상의 에너지 보존 대책은 어려운 실정이다.

그러나 각 산업계는 자신의 목표(총 CO₂배출 또는 단위 출력당 CO₂ 배출)를 달성하고 전반적으로 2010년까지 산업을 위한 목표를 충족시키는 데 기여하기 위하여 발표된 대책을 수행하기 위해 노력하고 있다.

지구 온난화를 억제하기 위한 대책을 보다 더 강화시키기 위해 98년 10월 30일에 「환경에 관한 經團連의 자발적 행동 계획」의 첫 번째



〈그림 2〉 일본의 에너지 소비 및 CO₂ 배출 전망(2010년)



Source : MITI(Jun.1998)

〈그림 3〉 지구 기후 변화에 대한 일본의 대책

후속 조사의 개요」라는 제목의 문서의 결론에서 원자력의 축진이 권유되고 있으며, 다음과 같이 명시되어 있다.

“지구 온난화 대책으로서 매우 중요한 것은 원자력의 축진이다. 이미 다른 나라들에 비해 에너지 보존 대책이 잘 되어있고 정책 선택이 그렇게 제한된 일본을 위하여 교토 의

정서에 의해 세워진 목표를 충족시키려는 도전은 원자력에 기초한 대책 없이는 어렵게 될 것이다. 언제나 원자력의 문제를 둘러싸고 있는 방사능에 대한 국민의 걱정과 원자력 폐기물 대책에 관한 의심을 효과적으로 다루고 있는 한 원자력 개발에서의 공공 및 민간의 공동 부문을 위한 필요성이 있다.”

2. 전력 산업계의 자발적 행동 계획

일본의 전력 수요는 70년대의 제 1차 석유 파동 이후 지난 25년간 약 3배가 증가된 반면에 CO₂ 배출 수준은 단지 약 2배가 증가되었다. 이는 CO₂ 배출(단위 출력 CO₂ 배출)의 약 40% 이하의 감소를 의미한다.

이것은 최적의 전원 구성의 관점에서 주로 발전소에서의 액화 천연가스의 광범위한 사용, 화력 발전의 향상된 효율 및 원자력의 도입에 기인하였다.

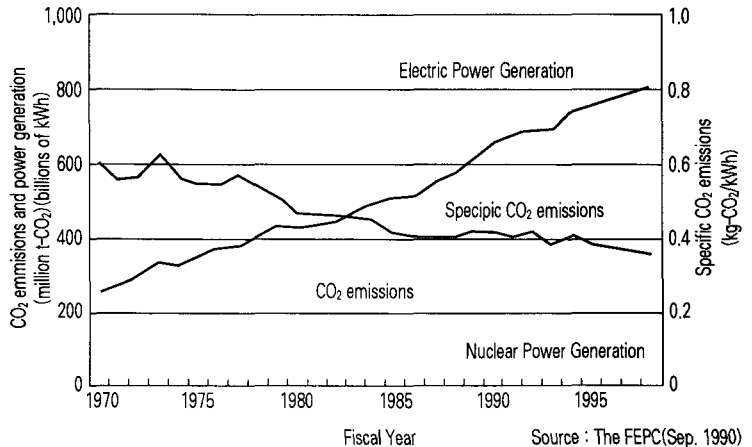
원자력 발전은 꾸준히 증가되어 31억 9천만kWh의 발전 수준에 도달하였으며, 97년도 총 발전량의 약 36%에 해당한다(그림 4).

전기사업연합회는 96년 11월 「일본 전력 산업계의 환경 행동 계획」을 발표하고 매년 행동 계획을 검토하였다.

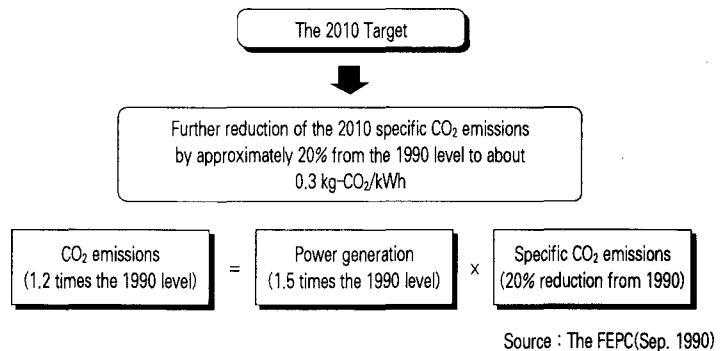
99년 9월에 보고된 가장 최근의 검토 결과는 98년의 전력 산업계에서의 CO₂ 배출은 산업계의 총발전량이 97년도에 비해 80억kWh가 증가되었음에도 불구하고 CO₂ 약 5백만톤씩 감소된 것으로 나타났다.

그 결과 98년에 있어서 CO₂ 배출은 97년에 비해 0.01kg-CO₂/kWh에서 0.36kg-CO₂/kWh로 감축되었다.

이것은 주로 원자력 발전의 도입



〈그림 4〉 일본의 전력 발전에서의 CO₂ 배출



〈그림 5〉 일본 전력 산업계의 CO₂ 배출 저감 목표

을 통한 최적화된 전원 구성의 효율과 원자력발전소의 높은 가동률에 기인한다.

전력산업계의 2010년 목표는 CO₂ 배출을 90년 대비 약 20%인 0.3kg-CO₂/kWh만큼으로 좀더 감축하는 것이다.

그 결과 2010년에서의 CO₂ 배출량의 예상치는 전력 발전 수요가

90년 수준의 1.5배로 증가될 것이기 때문에 90년도 수준의 1.2배이다(그림 5).

전력 산업계에 의한 CO₂ 배출을 감축시키기 위한 행동 계획은 전기 공급 측면 대책과 전기 수요 측면 대책의 2가지 그룹으로 분류된다.

- 공급 측면
- 원자력 발전과 재생 가능 및

기타 에너지 자원에 기초한 최적의 전원 구성

- 혼합 주기 시스템에 의한 화력 발전의 도입과 고효율 석탄 화력발전소와 같은 설비 효율의 향상

○ 수요 측면

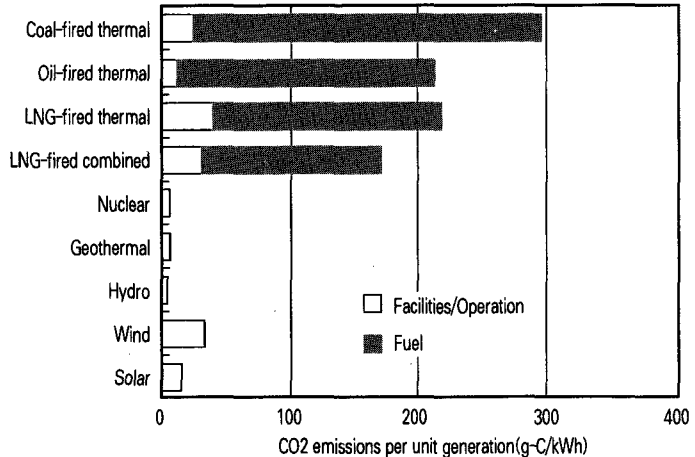
- 소비자들간의 에너지 보존의 증진과 같은 에너지 보존, 에너지 절약 또는 히트 펌프 등과 같은 고효율의 전기 설비의 개발
 - 열 저장 시스템 등의 폭넓은 사용을 통한 부하(load) 조절
- 전력 산업은 위에서 명시한 바와 같이 현재 진행중인 대책들에 의해 CO₂ 배출 감축을 위해 노력하고 있다.

3. 원자력 발전의 역할

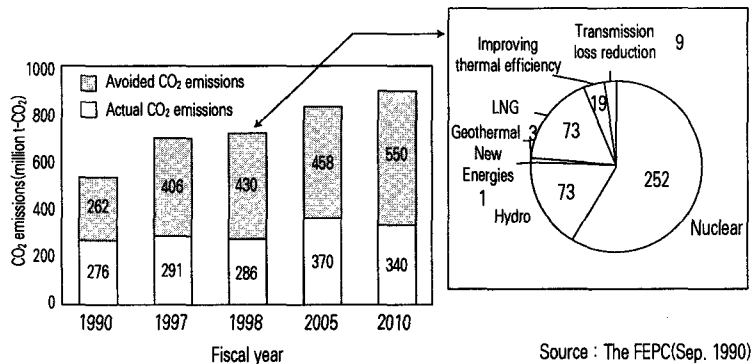
원자력 발전은 다른 에너지 자원들에 비해 여러 가지 이점을 갖고 있다. 원자력은 안정된 연료 공급, 안정된 발전 단가 및 최소의 환경 영향을 갖고 있다. 원자력은 또한 일본에서의 에너지 안보 관점에서 안정된 전력 공급에 크게 기여하고 있다.

우라늄 자원은 범세계적으로 폭넓게 배분되고 있으며 사용후 연료를 통하여 준국산 에너지 자원이 될 수 있다.

원자력의 발전 단가는 kWh당 9 엔(¥)으로서 다른 발전 시스템에



〈그림 6〉 발전 시스템의 라이프 사이클 평가



Source : The FEPC(Sep. 1990)

〈그림 7〉 최적의 전원 구성에 따른 전력 산업계의 실제 CO₂ 배출량과 감축량

비해 비교적 저렴한 편이다.

전력중앙연구소(CRIEPI)는 원료의 추출로부터 건설·수송·발전 및 유지 관리에까지 여러 유형의 발전 시스템으로부터 발생된 CO₂의 라이프 사이클(Life Cycle) 평가 분석을 하였다.

그 결과 태양력과 풍력과 같은 새

로운 에너지 자원은 화력보다 CO₂를 덜 배출하는 것으로 나타났다. 또한 원자력 발전은 새로운 에너지 자원보다도 훨씬 더 적게 CO₂를 배출하는 것을 발견하게 되었다.

원자력 발전은 다른 에너지 자원에 비해 CO₂를 적게 배출하는 에너지 자원으로 평가되었으며, 따라서

지구 기후 변화의 저감에 기여하고 있다(그림 6).

전력 산업계에서 배출된 실제의 CO₂량과 전력 자원의 최적의 전원 구성과 기타 대책에 기인한 CO₂ 배출 감축량은 전기사업연합회에 의해 산출되고 있다.

예상 CO₂ 배출 감축량은 액화 천연 가스 이외의 화력 발전(non-LNG fossil fuel-fired thermal generation)이 같은 양의 전력을 생산하기 위해 사용되었다면 CO₂ 배출에 있어서의 차이를 결정함으로써 산정된다.

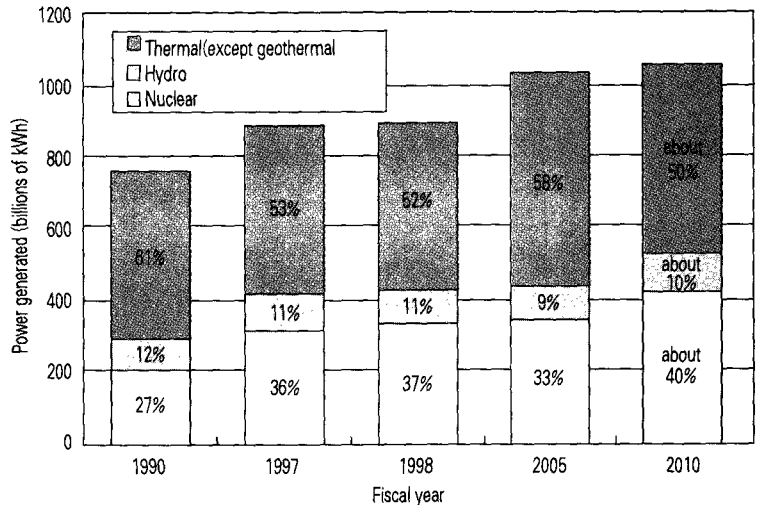
향상된 열 효율과 감소된 전송 손실로 인하여 산정된 CO₂ 배출 감축량은 기준 연도로서 70년 수치를 이용하여 산정된다.

98년도에서의 원자력발전소, 액화 천연 가스 화력발전소 및 수력발전소 등에서의 CO₂ 배출 감축량은 약 4억3천만 t-CO₂이었다.

특히 원자력 발전의 이용에 의한 CO₂ 배출 감축량은 97년도에 있어 일본의 총 CO₂ 배출량(12억3천만 t-CO₂)의 약 20%인 2억5,200만 t-CO₂에 해당한다.

또 다른 배출 감축 요소는 수력 발전 이용에 의한 7,300만 t-CO₂의 감축과 액화 천연 가스 화력 발전 이용에 의한 7,300만 t-CO₂의 감축이다(그림 7).

98년 3월 현재, 총 44,917MW 용량의 51기의 원자력발전소가 일



Source : The FEPC(Sep. 1999)

〈그림 8〉 일본의 에너지원별 전원 구성

본 전역에서 운전중에 있다.

97년도에 있어서 원자력 발전은 총 319,100GWh로서 일본 총발전량의 약 36%를 나타내고 있다.

온실 가스에 대한 국가적 감축 목표를 달성하기 위해서는 2,500만 kW급 용량의 원자력발전소 20기가 추가로 요구된다.

따라서 2010년에는 7,000만kW 용량의 원자력발전소가 필요하게 될 것이다.

그 결과 원자력 발전은 총발전량의 약 40%를 점유하게 될 것이다(그림 8).

일본은 부존 자원이 풍부하지 못한 반면 전력 수요는 계속 급증하고 있음에 따라 원자력은 지구 온난화

를 저감시키는 환경 친화적인 에너지 자원과 마찬가지로 준곡산 에너지 자원으로서의 계속적으로 중요한 역할을 다할 것으로 기대되고 있다.

그러나 일본 뿐만 아니라 세계 어느 나라에 있어서도 새로운 원자력 발전소 건설 부지를 구하는 것은 매우 어려운 상태에 있다.

일본의 전력 산업계는 원자력발전소의 안전 운전과 방사성 폐기물의 안전 처분을 보충하기 위하여 가능한 최대의 노력을 다하고 있는 중이다.

원자력의 개발과 이용을 위해서는 국민의 원자력에 대한 이해와 협력이 필수 요건이다. 88