

原子力発電과 燃料需給2025

OECD·NEA報告書에서

經濟協力開發機構·原子力機關(OECD·NEA)은 5월14일 「원자력 발전과 연료 사이클-2025년까지의 전망」이란 제목의 보고서(Yellow Book)를 발표했다. 이 보고서는 세계 각 지역의 우라늄, 토륨, 重水, 농축, 연료가공, 사용후·핵연료 저장, 재처리등의 핵연료사이클 서비스의 수급전망을 단기(현재~1990년), 중기(1990~2000년), 장기(2000~2025년)의 3기간으로 나누어서 분석하고 있어 원자력 장기계획을 검토할 때 대단히 유익한 자료가 되고있다.

短期 産業의 活力維持를 確実한 發注로 計劃達成으로

현재부터 1990년까지 期間(短期)의 원자력발전규모 신장은 주로 운전중, 건설중인 것이 중심이되므로 상당히 정확히 파악할 수 있다. 그러나 세계각국이 각자의 계획 규모를 달성하려면 建設率, 許認可率의 개선이 필요할 것이다.

세계의 1차에너지 予測

(單位: 億kW年)

地域	年	1975	2000	2030
OECD諸国		49.1	67.0-81.8	89.1-131.6
共產諸国		23.0	49.2-51.3	72.9-117.9
其他諸国		8.0	26.0-35.4	62.0-107.1
合計		82.1	135.9-168.5	224.0-356.6

OECD전체의 원자력발전규모는 현재의 1억 2천만 kW에서 1990년에는 약 3억 5천만 kW로 증가할 것이며 소련등 공산국가들에서는 1,700만 kW에서 약 7,500만 kW로, 그외의 國

家에서는 300만 kW에서 약 3천만 kW로 증가할 것으로 예측되고 있다. 中共은 이 기간중 원자력발전의 산업이용을 별로 하지않을 것으로 보인다.

이들 발전규모의 대부분은 輕水炉가 될 것이며 사용후 핵연료는 이 기간내에 재처리되지 않을 것이다. 프랑스와 영국만이 앞으로 10년내에 상업규모의 산화물연료 재처리공장 운영을 계획하고 있다. 그러나 8만톤정도의 사용후 핵연료가 OECD지역내에 集積될 것으로 보이며 계획되고 있는 저장능력은 충분한 규모이다.

原子力發電規模 予測

(單位: 億kW)

地域	年	1980年	1990年	2000年	2025年
OECD諸国		1.22	3.3-3.7	5.0-6.8	9.2-19.1
共產圈諸国		0.17	0.61-0.84	1.5-2.6	3.5-7.8
其他諸国		0.03	0.3	0.9-1.2	4.0-8.8
合計		1.42	4.21-4.84	7.4-10.6	16.5-35.8

우라늄과 重水の 공급에 대해서는 곤란을 느끼지 않는다. 또한 농축능력도 이 期間末에 0

특별기사

ECD에서 운전, 계획되고 있는 약 5만톤분리 작업단위(SWU)면 충분하며, 이 시점에서는 2배의 연료가공능력이 필요하나 이러한 플랜트는 건설리드타임이 짧다는 점을 감안하면 우려할 필요는 없다.

이번의 원자력발전규모와 연료사이클 수요의 推定値는 2년전 것보다 낮아졌으며, 10년전의 예측보다는 훨씬 낮아졌다. OECD자국의 에너지計劃立案者가 책정한 금세기말의 원자력발전 목표가 실현되기 위해서는 1억7천만kW~3억2천만kW 정도의 원자력발전소가 1980년부터 90년까지의 10년동안에 發注되어야 한다. 그러기 위해서는 進陟狀況에 근본적인 변경이 있어야 한다. 과거 10년동안에 달성된 OECD 지역의 평균원자력발전소 완성을(年間 1천만kW)과 비교하면 앞으로 10년동안에 필요한 發注率(즉, 다음 10년동안의 완성율)은 2배 또는 3배로 증대될 필요가 있으며 이 정도는 현재의 원자력산업의 능력범위내에 있다고 보여진다. 원자로와 重電製造産業 개발에는 장기간의 리드타임이 필요하나 실제의 원자력발전 伸長이 다르기 때문에 현재 이들 산업은 과잉상태에 있다. 그러나 장래를 향한 活力이라는 점에서 원자력산업은 상당히 문제를 안고 있다.

短期的 天然우라늄 年間需要와 生産能力

(單位: 1,000톤 U/年)

地域	1980		1985		1990	
	需要量	生産量	需要量	生産能力	需要量	生産能力
OECD유 럽	14	3	17	5	19-24	6
OECD아 메 리 카	11	24	17-18	38	20-23	32
OECD太 平 洋	3	2	6	4	8-10	5
OECD合 計	28	28	40-41	47	47-57	43
共産圈以外的 開發途上国	2	16	4	26	6-8	27
共産圈以外的 世界合計	30	44	44-45	73	53-65	70

發注Zero상태의 장기화는 앞으로 10년간의 수요예측에 대응하는 산업능력에 치명적인 영향을 가져올 것이다. 원자력설계·엔지니어링·제조에 필요한 고도기술자의 훈련·集約에는 20년~30년이 필요하다. 이들 人力은 장래에도 원

자력이 계속 성장한다는 기대가 없으면 다른 산업으로 급속히 轉向해 버린 것이다.

中期의 원자력계획 달성에는 短時의 확실한 원자로 발주가 필요할 것이다. 확실한 발주는 中期의 우라늄수요를 충족시키기 위해 短期期間에 우라늄 탐사와 개발을 한층더 확대하는 경제 베이스를 줄 것이다.

再処理能力的 予測(UO₂燃料)

(單位: 톤/年)

年	1980	1982	1984	1985	1988	1990	1995	2000
獨 逸	-	-	-	50	60	60		
프 랑 스	400	400	400	400	1,200	1,600	1,600	1,600
西 獨	16	16	16	16	16	350	350	1,400
英 國	-	-	-	-	1,200	1,200	1,200	1,200
OECD-유럽合計	416	416	416	476	2,476			
OECD-아메리카	-	-	-	-	-	-		
OECD-太 平 洋 (日本)	210	210	210	210	210	1,410	1,200	
OECD合 計	626	626	626	686	2,686	4,620		

중기 增大하는 原電規模

技術 制度的으로 우라늄 供給에 問題없다

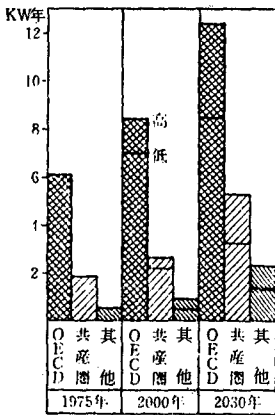
1991년~2000년까지 期間인 중기에서의 원자력발전규모는 상당히 確실해진다. 많은 나라가 이 기간동안의 원자력계획을 수립하고 있으며, 계획이 결정된 나라는 모두 원자력이 계속 확대되고 있다.

2000년의 원자력발전 규모 예측은 OECD가 5억~6억8천만kW, 공산권제국이 1억7천만~2억9천만kW, 기타 여러나라가 9천만~1억2천만kW가 된다. 그러나 기술적인 고찰범위를 넘는 정치적결정이나 국제적사건이 일어났을 때는 발전규모가 예측을 下廻할 가능성도 있다.

中期에서도 短期의 경우와 같이 대부분의 원자력발전소는 水炉(輕水炉와 重水炉)이며 많은 나라는 사용후핵연료를 재처리하지 않을지도 모른다. 몇몇나라에서는 사용후 핵연료의 원자로

부지내 및 원자로부지의(AFR)저장시설, 혹은 장기적인 처분장이 適期에 건설되지 않으면 사용후 핵연료 저장문제에 부딪칠지 모른다. 이와 같은 저장시설의 건설·운전은 그 차체로 하나의 큰 산업을 형성하는데 기술적인 문제는 예상되고 있지 않으나 제도적인 결정에 대해서는 적당한 국내기관과 국제기관이 신중히 검토할 필요가 있을 것이다.

1人当의 年間に너지 使用量 推移

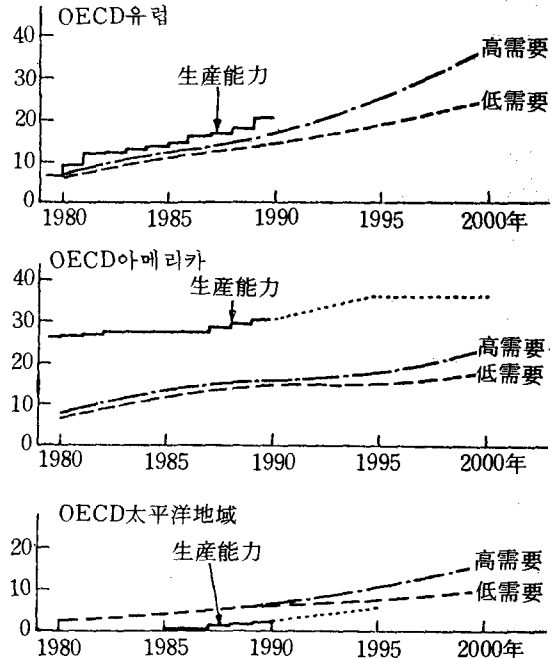


많은 나라에서는 금세기 말부터 다음세기에 걸쳐 高速增殖炉(FBR) 도입에 필요한 플루토늄을 조달하기 위해 사용후 핵연료의 일부를 재처리하게 될 것이다. 이 보고서에서는 이러한 목적에 필요한 재처리용량을 나타내고 있다. 사용후 핵연료전부를 재처리하는 것이 환경적으로 바람직하다고 생각되며 플루토늄을 熱中性子炉에서 이용하는 것이 매력적이 되었을때는 더욱 대규모의 재처리용량이 필요하게 될 것이다. 이 재처리용량 확대에 附隨하여 플루토늄과 高레벨고체폐기물(액체 또는 固化体)의 저장시설 개발이 필요하게 된다.

우라늄공급에 대해서는, 우라늄자원에 관한 NEA/IAEA 作業部会보고서와 비교검토한 결과 이 기간동안(1990~2000년)의 우라늄을 충족시키는데 있어 극복할 수 없는 기술적·제도적 문제는 없다고 결론지었다. 그러나 기술적성질 이외의 제약요인이 생겨서 우라늄의 공급능력과

OECD域内の 濃縮能力·需要

(單位: 1,000톤 SWU/年)



수요예측에 영향을 미칠지는 모른다. 장기계약 결정에 의해 안정된 수요와 경제적인 가격이 보증되고 있더라도 현재의 우라늄시장 침체경향이 우라늄광의 탐사와 산업개발을 지연시킬 우려가 있다. 장기(2000년 이후)에 걸쳐 충분한 레벨의 우라늄공급이 가능한지 여부는 단기 및 중기에서의 탐사와 개발이 성공하느냐에 달려 있다. 즉 현재의 확실한 수요예측과 바람직한 정치적, 경제적, 산업적조건이 확립되어 있는 가하는 것이다.

重水, 농축, 연료가공서비스의 공급시설개발에 대해서는 이들의 리이드타임이 원자력발전소에 비해 짧으므로 기술적문제는 발견할 수 없다. 특히 농축 분야에서는 공급자간의 경쟁이 예상된다.

OECD의 北아메리카는 현재 자신들의 수요를 상당히 상회하는 능력을 가지고 있으며 또한 그 능력을 확장중이다. OECD유럽에서는 중요한 플랜트가 운전중, 혹은 건설·계획중이다. O

ECD태평양 지역에서는 수요가 현재 계획중인 것의 능력을 상회하고 있으며 가맹국은 이지역에 주요한 농축공장건설의 실현가능성(feasibility)조사를 적극적으로 추진하고 있다.

長期 輕水炉 による 큰 不確実性 우라늄 供給에 不安

2000~2025년까지 期間인 장기에서는 전체의 원자력발전규모, 이용되는 각종炉型の 비율, 필요한 자원량에 대한 불확실성이 더욱 커진다. 다음세기는 아마 석유·가스자원고갈과 현재 인구 폭발을 일으키고 있는 개발도상국의 생활상태 개선이라는 특징을 갖게 되므로 보다 풍부한 에너지源 -원자력, 석탄 그리고 재생가능한 에너지-에 대한 요구는 더욱 커질 것이다.

이와같은 배경을 고려하면 2000년이후에도(특히 OECD域内에서) 전력사용량은 계속 증가할 것이며, 그 증가분의 상당량을 원자력에 의존할 것으로 예견된다. 또한 원자력을 직접熱源으로 이용하는 것도 특히 이 기간 후반에서 생각되나 이 보고서의 예측에는 이것을 포함시키지 않았다. 장기전망에서는, 그 큰 불확실

성 때문에 미래의 想像圖를 그리는것이 아니고 다양한 炉型戰略의 영향에 대해서 상세하게 검토하였다.

이에 의하면, OECD의 2025년도 원자력 발전규모는 19억kW에 달하며 「共產圈을 제외한 세계」(WOCA諸国)중 OECD이외의 諸国(개발도상국등)은 4억~9억kW에 달할 것이다. 공산권제국도 개발도상국등과 같은 레벨에 달하겠으나 상세한 예측은 아직 행해지고 있지 않다. 이러한 예측과 국제응용시스템 分析연구소(IIASA)의 최근 연구에의하면 OECD域内에서 원자력이 全 1차에너지에 占하는 비율은 현재의 4%에서 2025년에는 20~30%가 될것이다. 한편 WOCA諸国에서는 15~25%에 달할것이며, 2000년에는 매년 3천만~5천만kW, 2025년에는 매년 5천만~1억3천만kW의 原電이 운전에 들어갈 것이다. (耐用年數가 끝난 原電의 교체도 포함)

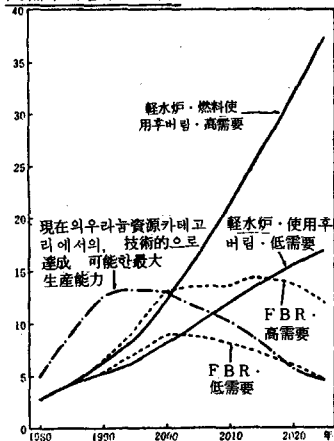
이 數值의 下限을 달성하는데는 현재로선 아무런 장애가 없으나, 上限을 달성하기 위해서는 2025년까지 제조능력을 倍增할 필요가 있다. 2000년 이후에 설치되는 各種 原子炉型의 비율에 대해서는 필연적으로 불확실성이 따른다. 주요전망에 관해서는 현재의 확인자원과 推定추가자원으로 2000년까지의 수요를 충족시키는 생산수준을 유지할 수 있으리라고 보고있다. 그러나 2025년까지의 수요를 만족시키기에는 이들 자원만으로는 충분할 것 같지 않다. (그 시점까지 運開되는 원자로의 耐用기간중의 수요는 별도로 하더라도)

따라서 우라늄과 플루토늄의 recycle을 고려하느냐, 않느냐에 관계없이 熱中性子炉가 주류를 이루는 기간은 수십년 동안으로 한정될 것이다. 앞으로 기대자원과 高コスト자원에 의한 추가공급이 있을것은 틀림없으나 NEA/IAEA의 우라늄자원 작업部會가 예측하고 있는 기술적으로 달성가능한 최대생산레벨 13만톤/年을 유지할 수 있을지는 약간 불확실하다.

낮은 발전규모예측에 따르면, 증식로나 準증식로를 사용하지 않을 경우 WOCA 제국에서의

自由諸國의 年間 우라늄 需要量

天然우라늄 (万톤年)

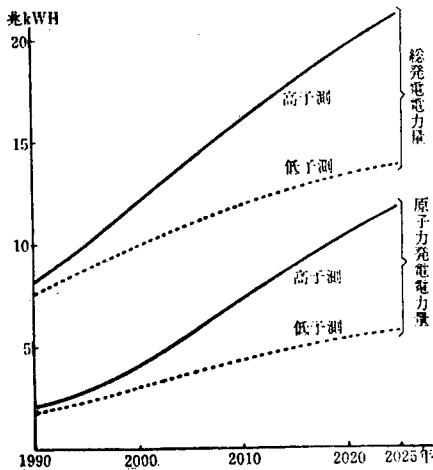


(배일농도를 0.2%로하고 재처리에서 얻은 우라늄은 사용하지 않는것으로 한다)

연간 우라늄수요는 2000년에 7만 4천~9만톤, 2025년에 9만 6천~18만 7천톤이 된다. 다른 상품과 마찬가지로 지역적인 수급의 불균형은 무역을 촉진시키나 소비자와 생산자는 공급과 시장의 유효성이 구속받지 않을까 하는 불안을 계속 가지게 될 것이다.

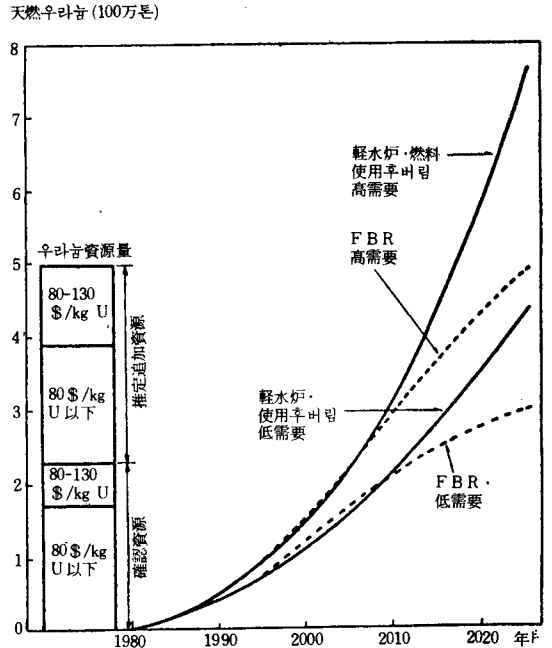
우라늄의 소비면에서 말하면, 잠재적인 우라늄부족으로 부터의 해방은 고속증식로(FBR)의 실용화에 의해서 보증된다. 고속증식로는 다수의 OECD제국과 소련에 의해서 적극적으로 개발이 추진되고 있다. 이 우라늄부족의 해소는 핵분열 원료물질인 토륨을 重水炉에서 사용하므로서도 실현할 수 있을 것이다. 그러기 위해서는 토륨연료사이클의 개발이 필요하나 현재 적극적으로 연구하고 있는 나라는 극히 소수의 나라 뿐이다. 그래서 현재로서는 크게 도움이 된다고는 생각되지 않으나 이러한 인식은 앞으로 이 분야에서의 경험에 의해 변할수 있을 것이다.

OECD域内の 総発電電力量과 原子力発電電力量予測



앞으로의 우라늄자원 발견능력, 채굴, 가격, 입수가능성의 신뢰도에 대한 인식 차이에 따라 각국은 에너지 계획에서의 원자력발전소 역할에 대해 각기 다른 의견을 갖고있으며 우라늄의 이용효율 향상에 대해 서로다른 approach를 취하게 될 것이다.

自由諸國의 累計우라늄 所要量



(비일濃도를 0.2%로하고 재처리에서 얻어진 우라늄은 사용하지 않는 것으로 한다.)

增殖炉導入은 不可欠
토륨炉 研究의 推進도

낮은 발전규모에측의 경우 우라늄수요는 현재 예측되고 있는 레벨범위내에 있을 것이다. 그러나 높은 예측의 경우, 수습하지 못할 정도의 높은 우라늄 수요를 피하기 위해서 OECD域内に 조직적인 고속증식로 도입이 필요하다.

증식로는 이 보고서에서 “純粹” 전략으로 분석되고 있을 만큼 세계의 모든 지역에서 급속하게 이용될 것으로 생각하기 어렵다. 그래서 일련의 “混合”전략이 개발되었던 것이다. 이 혼합전략에서는 특정의 원자로형이 지배적이 되는 “市場分布”를 가정하였다. 이에 의하면, 예를 들어 OECD의 유럽과 태평양지역에서 증식

로의 이용이 급속히 확대되면 장기적인 연간우라늄수요는 兩極端의 "순수"전략-輕水炉의 one through(연료를 使用후 버림)방식과 고속증식로 경우와의 거의 중간이 될 것이다.

만약 수요가 있다면 우라늄공급자는 현재 예측되고 있는 2000년 이후의 생산을 유지하거나 또는 이것을 상회하기를 바랄것이나 주요자원에 대한 현재의 推定値에 따르면 이것은 무리일 것이다. 원자로시스템의 개발과 실시, 자원의 발견과 개발에 필요한 긴 라이프타임을 생각하면 금세기말부터 필요하게 될 炉型과 자원의 實証을 더이상 연장시켜서는 안된다. 개발·이용하느냐, 않느냐, 또 언제 하느냐의 결정은 그것이 필요할때 장래의 상황을 고려해서 행해질 것이며 각 option은 현실적이고 이용가능한 것이라야 한다.

토륨과 重水의 공급은 장기적으로 보면 기술적으로 곤란한 점은 없으나, 이것들을 사용하는 炉가 대규모로 도입되면 수요는 상당히 증대할 것이다.

微농축우라늄을 사용하는 원자로가 채택되지 않으면, 농축능력(분리작업)수요는 2000년 이후의 우라늄 수요와 같은 규모로 확대될 것이다.

농축산업전체의 규모는 채택되는 원자로시스템에 따라 다르나 2000년時點의 농축능력이 그 이후에도 유지될 필요가 있음은 의심의 여지가 없다. 즉 농축수요증가분은 OECD域外로 보내질 것이다. 농축의 경우와 같이 水炉의 연료가공에 대해서도 거의 문제는 없다. 리이드 타임이 비교적 짧아 산업계는 수요에 맞추어서 생산규모를 확대할 수 있기 때문이다.

사용후 핵 연료의 산업규모 재처리와 플루토늄연료 가공이 극히 소수의 나라들에서 계획되고 있다. 이 분야의 산업은 2000년이후에 증식로(또는 토륨의 사용을 포함하는 thermal recycle)가 광범하게 이용된다면 상당히 확대되어야 할 것이다.

현재의 계획은 新型炉연료사이클기술을 21세기초에 도입하는 것을 목표로 하고 있으므로 생산의 확대를 달성하지 않을 이유는 없다.

사용후 핵 연료저장, 플루토늄저장, 폐기물의 유리固化和 저장에 대해서는 1991년~2000년과 같거나 조금 빠른속도로 규모가 확대될 것이다. 시설 건설에 기술적인 곤란은 없으나 기술이외의 면에는 주의깊은 배려가 필요할 것이다.

이달의 到着資料

- ▲ Nuclear News(美国) 7月, 8月号 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144号
- ▲ ATOM(英国) 7月号
- ▲ BULLETIN(英国) 6月, 7月号
- ▲ Nuclear Europe(스위스) 5月, 6月, 7/8月号
- ▲ Nuclear Newsletter from Switzerland(스위스) No. 56/57
- ▲ 原子力産業新聞(日本) 1136, 1137, 1138, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144号
- ▲ 原子力工業(日本) 7月, 8月号
- ▲ 原子力文化(日本) 7月, 8月号
- ▲ ATOMS IN JAPAN(日本) 6月, 7月号
- ▲ 放射線用語辞典(日本通商産業研究所刊)
- ▲ 그림으로 보는 原子力の 비밀(日本日刊工業新聞社発行)