

2005년의 Uranium需給 展望

本稿는 영국 Uranium 協會에서 發表한 2005년의 우리 需소요량을 예측한 報告書로서 ATOM誌 11/ 12月號에서 옮긴 것이다.

신규원자로의 주문이나 이에 따른 신규원자로 건설의 침체상태는 아직도 계속되고 있다. <표 1>은 1989~2005년 사이의 서방세계와 중국의 원자력발전용량의 동향을 나타내고 이를 1989년과 비교한 것이다.

<표 1> 원자력 발전용량 (단위 : GWe)

Area	1989	1990	1995	2000	2005
North America	107.9	112.5	117.4	117.2	115.3
Western Europe	113.7	116.0	112.4	126.9	131.0
Far East*	40.4	42.5	54.3	66.1	73.7
Other	5.4	6.3	9.4	13.1	15.2
Total	267.4	277	304	323	335
Total 1989 forecast	278	285	312	338	347
Difference	-10.6	-8	-8	-15	-12

*중국포함

1989년의 상업용원자로의 총용량은 1988년에 278GWe로 예상했었으나 실제로 267.4 GWe에 머물렀다. 약 11GWe(4%)의 이같은 차이는 약간의 변동은 있겠지만 2005년까지 지속될 것으로 보인다.

우라늄 소요량

열효율, 이용률, 연소율, 농축도, 폐기물 농도 등의 계수는 대부분의 나라에서 1989년의 예상치와 달라진 것이 없으나 원자로 소요량은

낮은 예상설비용량을 감안해 이를 수정해서 <표 2>에 나타냈다.

1989년 보고서에서 부터 재처리연료를 재순환으로 인한 신연료의 절약분으로 간주하지 않고 이를 원자로 소요량에 포함시켜 왔다. 일부 전력회사에서는 신연료와 재처리 연료를 선택 사용하고 있으나 여기에서는 재처리연료를 대체공급원으로 간주해 원자로 소요량에 포함시켰다.

전체적인 원자로 소요량은 1990~2000년 사이에 연간 45,700~52,000톤/우라늄으로 계속 증가되고 그후로는 대체적으로 안정세를 유지할 것으로 보인다. 이것은 1989년도 보고서 보다는 줄어든 예상치다.

원자로발전용량이 감소됨에 따라 원자로 예상 소요량을 1990~2005년 사이에 연간 1,500~

<표 2> 원자로 소요량 (단위 : MTU/년)

Area	1989	1990	1995	2000	2005
North America	16192	16940	16488	17059	16792
Western Europe	17391	18702	18277	19382	19735
Far East*	8443	9212	11341	13249	14365
Other	594	847	1420	2068	1691
Total (rounded)	42600	45700	47500	51800	52600
Total 1989 forecast	42400	47200	51100	55000	56000
Difference	+200	-1500	-3600	-3200	-3400

*중국포함

3,600톤 우라늄(3~7%)정도 감소되는 것으로 수정했다. 1989년 원자로 소요량은 연소률, 이용률, 농축도, 폐기물 농도 등에 관한 최신 데이터를 사용해 재집계되었다. 1989년도 보고서의 예상치 보다 용량은 11GWe 낮아졌으나 전체적인 예상치는 1989년의 예상치 보다 약간 달라졌을 뿐이다. 1989년의 경우 실적치를 토대로 계산해본 결과 예상치 보다 4% 증가한 것으로 나타났다.

우라늄 구매량

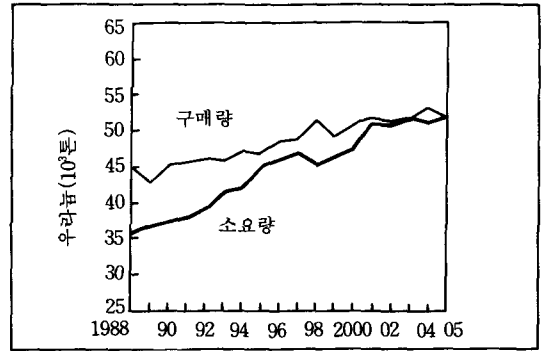
전력회사들이 공급량 부족시에 필요한 양 보다 더 많은 우라늄 재고량을 가지고 있다고 믿고 있을 때는 원자로에 필요한 양 보다 더 적은 양의 우라늄을 구입하게 될 것이며 여분의 재고량을 줄이려고 할 것이다. <표 3>은 과거와 미래의 전력회사 구매량을 나타내고 있다.

<표 3> 지역별 구매량 (단위: 100tU/년)

Area	1989	1990	1995	2000	2005
North America	11.3	12.6	19.0	19.5	19.8
Western Europe	16.5	16.7	16.1	16.8	17.2
Far East*	9.0	8.3	10.5	9.6	14.3
Other	0.7	0.9	1.4	2.0	1.6
Total	37.5	38.5	47.0	47.9	52.9
Total 1989 forecast	36.6	39.5	48.3	50.1	53.8
Difference	-0.9	-1.0	-1.3	-2.2	-0.9

*중국포함

<그림 1>은 소요량과 구매량의 차가 2000년 말까지 줄어든다는 것을 보여주고 있다. 이러한 차는 실제적으로는 재고량의 감소를 의미하는 것으로 이것이 매우 빠른 속도로 진행되고 있음을 보여주고 있다. 1990년대 초기에는 미국 전력회사에서 재고량이 많이 줄어들 것으로 예상된다. 1990년대 중반 미국회사들의 구매량은 소요량에 가까워질 것으로 보인다. 과잉재고량을 줄이려는 유럽 및 극동의 전력회사들의 노력은 장기간 계속될 것으로 보이며 특히 1995~2000년 사이에 이러한 노력의 결과가 가



<그림 1> 구매량과 소요량의 변화

장 크게 나타날 것 같다. 이것은 전력회사들의 장기공급계약을 보아도 알 수 있다. <그림 1>은 다음 세기초에 가서 구매량과 공급량이 균형을 이루게 될 것이라는 것을 보여주고 있다.

구매량 및 소요량 실적

최근 수년간의 구매량은 잘 알려져 있고 연도별 소요량도 원자로별로 원자로와 연료의 특성에 관한 최신 데이터를 입수해 사용할 수 있어 예상 소요량 보다 더 정확하게 계산할 수 있게 되었다.

<표 4>는 1987~1989년 사이에 연도별 우라늄 예상소요량과 동기간중의 전력회사들의 전체적인 구매량을 비교한 것이다. 이 표에 나타나 있는 1987~1989년 3년간의 소요량과 구매

<표 4> 원자로 소요량과 구매량 (단위: tU/년)

Reactor requirement	1987	1888	1989
North America	14968	17514	16192
Western Europe	17091	18651	17391
Far East*	8615	7912	8443
Other	598	936	594
Total (rounded)	41300	45000	42600
Utility procurements	37600	36100	37500
Difference	+3700	+8900	+5100

*중국포함

량과의 차 17,700톤/우라늄은 기존 재고량을 사용한 것으로 신규로 구매된 것이 아니다.

이 집계표는 불확정된 요소 등이 아직도 많이 남아있지만 과거 3년간의 재고량감소 경향을 잘 나타내고 있다.

우라늄 공급

1989년과 1990년초 사이에 시장가격 하락으로 주요우라늄 생산업자들이 생산을 계속할 수 없었으며 많은 생산계획들이 잠정적으로 또는 무기한으로 중단되는 사태가 일어났다. 미국과 캐나다에서만 작년에 연간 7,100톤/우라늄의 생산감소가 예상되었었다.

프랑스와 남아공화국과 같은 나라들도 마찬가지로 1990~91년 사이에 공장의 조업중단이 예고되었다. <표 5>에서 보는바와 같이 약 35,800톤/우라늄의 1989년도 생산량은 1988년

도 수준 보다 2,500톤이 낮고 1989년 보고서에 실린 예상생산용량 보다 13,800톤이 낮은 것이다. 이러한 생산량감소 추세는 1990년에도 계속될 것으로 예상되었다.

우라늄 생산용량

1989년 보고서에서 연간 3,600톤/우라늄의 생산용량 증가를 예상했지만 1990년과 2005년의 연간 생산용량은 각각 43,700과 44,700톤/우라늄으로 이 값은 1989년 당시의 예상치 보다 각각 4,200톤과 1,100톤이 낮은 것이다. 이것은 효과적이고 계획적인 공장운휴와 공장시설확장을 연기한데 원인이 있다.

<중국과 소련>

중국과 소련의 잠재적인 공급량도 이 공급량 집계에 포함시켰다. 이 두나라는 연간 4,000톤

<표 5> Uranium 공급량 실적 및 예상

(단위 : tU /년)

Country	1987	1988	1989	1990	1995	2000	2005
<i>Production</i>	<i>actual production</i>			<i>production capacities</i>			
North America	17271	17492	16498	23107	21282	21282	13855
West Europe	3637	3901	3733	3866	3312	1862	1402
Africa	11291	11258	9856	12672	13470	13470	13470
Australia	3781	3568	3710	3464	3464	4144	4144
Other	493	467	396	580	510	560	560
Sub-total	36473	36686	34193	43689	42038	41318	33431
<i>Planned operations</i>							
North America	-	-	-	230	9745	9745	9745
West Europe	-	-	-	-	638	638	638
Other	-	-	-	-	1080	1080	1080
Sub-total	-	-	-	230	11463	11463	11463
Interim total	36473	36686	34193	43669	53501	52781	44704
<i>Potential supply from other sources</i>							
China and USSR	800	800	800	1300	3000	4000	4000
Mox fuel*	200	235	235	255	1356	1856	2523
REPU+	508	508	508	1854	3487	4353	3686
Sub-total	1508	1543	1543	3409	7843	10209	10209
Total	37981	38229	35736	47328	61344	62990	54913

* Mox 연료에 함유된 우라늄 당량.

+ 재처리 제품에 포함된 우라늄 당량. 단, Mox연료에 함유된 플루트늄 제외.

의 우라늄을 서방국에 공급할 것으로 예상되는데 연료종류는 U_3O_8 또는 농축연료가 될 것으로 예상되며 이 양은 서방의 생산용량 감소를 보상하고도 남을 양이다.

〈재처리 연료〉

앞서 말한바와 같이 잠재적인 재처리 연료는 1989년 보고서에서는 우라늄 신연료를 대체할 수 있는 잠재적인 공급량으로 집계되었었다. 가공된 MOX연료에 함유된 플루토늄은 재처리 용역계약을 맺은 전력회사의 원자로에서 재순환시킬 것으로 보이는데 그 이유는 생산된 플루토늄을 장기간 저장하면 劣化되기 때문이다. 이러한 현상은 가스확산공장에서 회수한 우라늄을 재농축하기가 어렵다는 데에도 그 원인이 있다. 가스확산공장에서는 모든 Cascade과정에서 U-236이 오염되기 때문에 우라늄 신연료도 오염되기 때문이다. 그러나 프랑스에서는 회수한 우라늄의 재순환이 검토되고 있으며 영국에서는 Magnox원자로의 사용후연료로 부터 회수한 우라늄이 개량형 가스냉각로(AGR)에 재순환 사용되고 있다.

〈생산계획용량〉

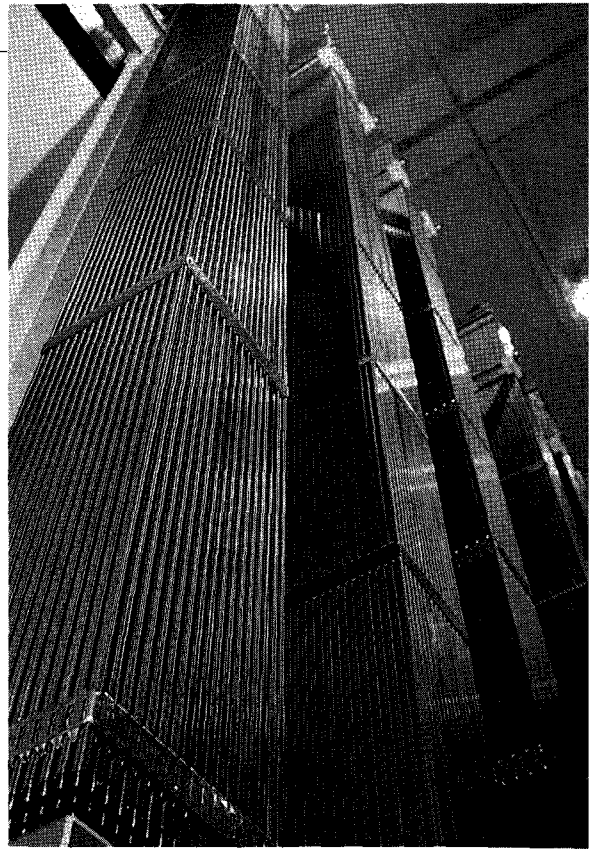
1995~2005년 사이의 11,500톤의 연간 생산용량 추가계획분중의 4분의 3은 캐나다의 것으로 예상된다. 1989년 보고서에서는 이 기간중의 최대 추가계획분은 연간 7,800톤/우라늄에 지나지 않았다.

〈표 5〉는 1987~1989년 사이의 연도별 공급량과 2005년까지의 다른 공급원으로 부터의 예상생산용량과 공급량을 나타낸 것이다.

우라늄의 수급상황

〈서방국〉

과거의 우라늄 생산량, 전력회사 구매량, 원자로 수요량 등에 관한 데이터는 최근 몇년간의 것은 상당히 신빙성이 있는 것이므로 이러한 자료를 비교해본다는 것은 상당히 의미있는

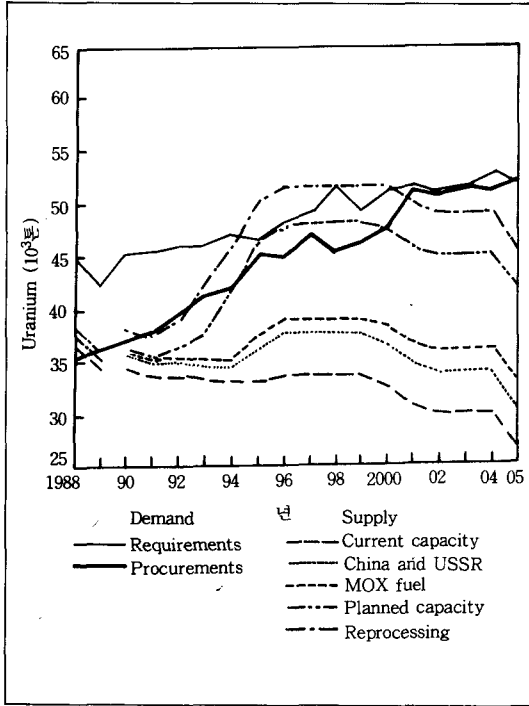


일이다. 상정시에 사용된 데이터는 이 만큼 정확한 것은 아니었다.

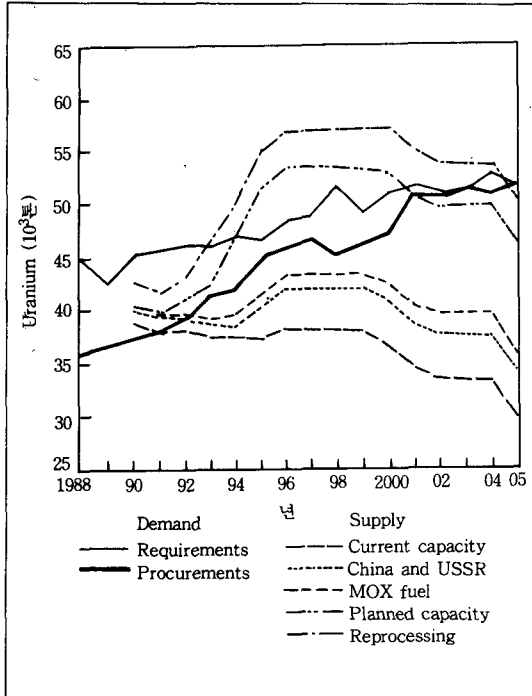
예를 들어 불확실한 몇가지 가정하에 이루어진 미래에 대한 예상생산용량들을 비교하려면 생산용량 이용도의 변동율을 감안하지 않으면 안된다.

이 변동율은 1974~1989년 사이에 67~92%로 바뀌어 평균 77.9%의 변동율을 기록했다.

〈그림 2, 3〉은 생산용량 이용도가 80~90% 넘을 때의 우라늄 공급량을 나타내는 동시에 이것을 전력회사 구매량 및 원자로 소요량과 비교한 것이다. 이 도표를 보면 앞으로 10년간은 생산용량 이용도가 90%가 되었을때 공급량이 전력회사 구매량 보다 많아질 것으로 보인다. 그러나 생산용량 이용도가 80%인 경우는 생산업자들은 1994년 까지 앞으로 4년간 재고량을 줄일 수 있겠지만 그후 2000년까지는 재고량이 다시 늘어날 것으로 보인다. 생산용량 이용률이 수요량에 따라 적절히 변동한다는 것은 과거의 예로 보아 분명한 사실이므로 변동하지 않고 고정된 이용률에 바탕을 두었기 때문



〈그림 2〉 생산용량 이용률 80%때의 수급상황



〈그림 3〉 생산용량 이용률 90%때의 수급상황

에 앞서 말한 두가지 경우는 모두 가능성있는 시나리오를 보여준다고 할 수 없다.

〈동구권 국가〉

서방과 동구권의 수요공급체제를 과거와 같이 뚜렷하게 구분할 수 없게 됨에 따라 1989년과 1990년에 소련과 그의 동구권 국가들에서는 극적인 변화가 일어났다. 따라서 영국 우라늄 협회는 이러한 변화에 대응하기 위해 동구권 국가를 대상으로 한 실무반을 구성했다. 앞으로의 시장정보보고서에는 수요/공급 분석에서 가능한 한 이들 국가를 포함시킬 것이다. 그 첫 단계로 1989~1990년 사이의 중국과 소련의 서방국가들에 대한 잠재적인 공급량을 포함시켰다.

소련은 다량의 우라늄을 비축하고 있는 것으로 알려져 있다. 소련의 우라늄수출기관은 1990년대 중반까지는 서방시장에서 흡수할 수 있을 것으로 보이는 연간 약 3,000톤의 우라늄을 공급할 수 있을 것이라고 전망했다. 중국의 경우도 이와 비슷한 불필요한 다량의 비축량을 갖고 있다. 중국은 서방시장에 연간 약 1,000톤의 우라늄을 공급할 것을 희망하고 있다.

재고량 분석

전력회사, 생산업자, 가공업자, 정부 및 중개업자들은 여러가지 목적과 여러가지 형태로 우라늄을 보유하고 있다. 재고가 불필요하게 많다고 생각될 때는 언제라도 그들은 재고량을 줄이려고 할 것이며 앞으로 공급부족사태가 오리라고 예상할 때는 재고량을 늘릴 것이다. 생산업자와 전력회사들은 그들의 재고량을 나타내기를 꺼리고 있는데 이는 공급계약 협상과정에서 불리할까 우려하기 때문이다. 그러나 일부 중개업자와 자문회사들은 이러한 데이터를 재고소유자들로 부터 직접 얻으려 하고 있으며 이러한 자료들을 입수하지 못하면 데이터의 예상치로 보충하고 있다.

이러한 회사들이 추산한 1988년 12월 31일 현재의 전체재고량은 160,000~210,000톤/우



라늄이다.

OECD/NEA와 IAEA에서는 재고량을 약 140,000톤/우라늄으로 추산하고 있다.

우라늄 탐사/개발 투자

1990년초에 우라늄협회는 우라늄 탐사 및 개발을 위한 과거의 투자와 생산업자들의 앞으로의 동향을 조사한바 있다. 이 조사에서 얻은 결론은 최근 몇년간 더 많은 우라늄을 채굴했지만 새로운 우라늄광을 발견해 채굴한 양 보다 더 많은 양을 원자로에서 소모했다는 것이다. 이러한 사태는 가까운 장래에도 계속될 것으로 보이는데 이는 대부분의 회사들이 충분한 개발 예산을 확보하지 못하고 있기 때문이다. 이러한 상황은 우라늄산업의 침체를 가져온다고도 볼 수 있지만 단기적으로 보아 원자력발전사업에 지장을 초래하는 것은 아니다.

현재의 우라늄광 개발 속도로 보아 지금과 같이 인센티브가 결여된 상태에서는 현재의 개발자금이 2000년대에 필요한 자원을 확보하기에 불충분한 것으로 보인다. 현재 알려져 있는 중국, 체코, 동독의 우라늄자원도 현재의 전세계 소비량의 6년분에 불과하다. 현재 미지수로 남아있는 것은 소련의 자원규모와 소련의 개발

능력이다.

결론

1989년에는 재고량이 계속 줄어들고 우라늄 수요도 약세였는데 이러한 추세는 우라늄산업의 통폐합을 가져왔다. 그러나 1990년대에 새로운 생산공장이 조업을 시작할 가능성은 매우 높으며 소련과 중국으로 부터의 공급과 MOX 연료의 플루토늄 재순환으로 인해 1990년대에 공급부족사태는 일어나지 않을 것으로 보인다. 2000년대초에는 현재 계획돼있는 것 외에 더 많은 우라늄자원이 개발될 것이다.

개발도상국과 미국의 고가의 자원이 다시 빛을 보게 될찌, 호주의 우라늄개발정책에 변화가 올찌, 서방세계의 생산량 감소를 보충할 만큼 동구권 국가들이 공급량을 느낄 수 있을찌, 현단계에서는 단언할 수 없다.

현시점에서는 개발자금이 너무 적어 이미 채굴이 끝난 우라늄광이 새로 발견되는 우라늄광으로 대체된다는 보장이 없다. 이러한 상황은 잘 알려진 많은 우라늄 산지에서 좋은 우라늄광을 발견할 가능성이 높다는 것과는 관계가 없는 것이다.