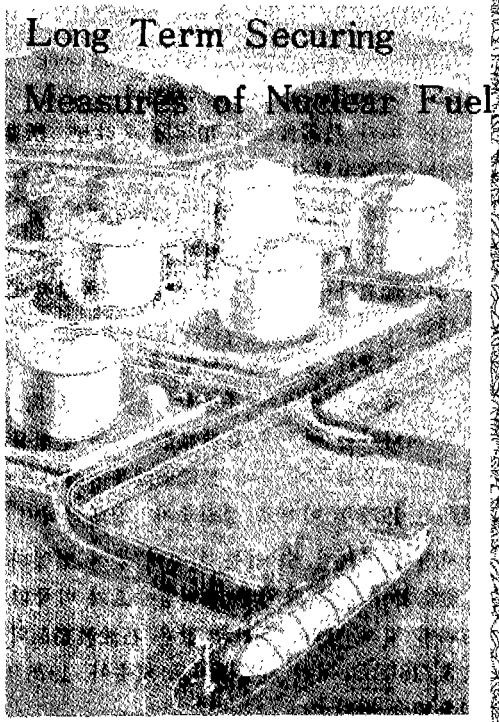


# 核燃料의 長期 確保對策



Long Term Securing  
Measures of Nuclear Fuel

李昌健

한국에너지연구소 安全研究部長

## 1. 머릿말

우리나라는 원자력을 主宗으로 하는 電源開發計劃을 추진하고 있으며, 1991년에는 原子力이 總發電量의 50% 이상을 占有할 것으로 豫상된다. 이에 따라 원자력발전이 소요되는 막대한 量의 核燃料의 長期 安定確保는 신뢰성 있는 電力供給을 위하여 필수적인 과제가 된다.

국내에서는 忠南北 一帶의 沃川系에 低品位(약 0.04%) 우라늄鑛 埋藏이 확인되었으나 그 양이 1萬톤 밖에 안되고, 採鑛의 經濟性이 입증되지 않은 상태이어서 우라늄 全量을 상당기간 海外에서 輸入하여야 하는바 이에 대한 적절한 확보對策을 수립하여 차질없는 供給에 努力하여야 한다.

핵연료는 우라늄精鑛을 變換, 濃縮, 成型加工의 製작과정을 거쳐 原子爐에 裝填하며, 燃燒後에는 연소중에 생성된 플루토늄과 아직 타지않은 우라늄을 回收하기 위하여 再處理를 하는데, 이러한 일련의 과정을 核燃料週期라 한다.

여기에서는 核燃料週期 成分中 原料物質인 우라늄精鑛의 需給展望, 市場動向 및 確保對策 등을 살펴보기로 한다.

## 2. 우라늄 精鑛 需給展望

현재 kgU당 130 \$ 이하로 생산할 수 있는 自由世界의 우라늄 確認埋藏量은 약 230萬屯U이며, 推

(註-1) 自由世界의 우라늄 埋藏現況(精鑛기준).  
(單位: 千屯U)

國 別	確認埋藏量		推定埋藏量	
	\$ 30/lb U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> 이내	\$ 50/lb U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> 이내	\$ 30/lb U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> 이내	\$ 50/lb U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> 이내
美 國	362	605	681	1,097
캐 나 다	230	258	358	402
濠 洲	294	317	264	285
南 阿 聯	247	356	84	175
니 제 르	160	160	53	53
나미비아	119	135	30	53
其 他	335	462	135	655
計	1,747	2,293	1,605	2,720

[資料] Uranium(1982.2 IAEA/OECD 發行)

定埋藏量은 약 270萬屯U으로 이 두가지를 가지면 적어도 2010年 이후까지 自由世界の 需要를 충족할 수 있을 것으로 예상된다. 표 1은 자유세계 우라늄 매장 현황을 보여주고 있다.

OECD/IAEA에서 1982. 2 발간한 자료에 의하면 이밖에도 6.6百萬~14.8百萬屯U의 追加推定埋藏可能量(Speculative Resources)이 있을 것으로 발표하고 있고 또한 磷酸비료의 副產物, 金副產物, 구리副產物로 손쉽게 생산할 수 있는 우라늄도 있다. 바닷물 속에도 42億屯의 우라늄이 함유되어 있으나 아직도 回收費用이 너무 많이 들어 경제적이고 이상적인 抽出技術을 몇나라에서 개발중에 있다.

自由世界の 1981年 우라늄 생산량은 44천톤U으로 所要量 20천톤U를 훨씬 상회하고 있다. 이와 같은 공급과잉 상태는 상당기간 지속될 것으로 예상된다.

1985年の 豫想生産量은 72,600톤U, 소요량은 44천톤U이고, 1990年の 豫想生産量은 70천톤U, 所要量은 53천톤U으로서 在庫가 계속 누적하여 1990년에는 累積在庫가 240천톤U이나 되어 자유세계 우라늄 所要量의 6.3年분에 해당할 만큼 많은 양이 남아 있을 전망이다.

核燃料 小요는 爐型에 따라 많은 차이가 있다. 특히 현재 개발중인 高速增殖爐가 보편화된다면 우라늄은 數世紀동안 人類에게 값싸고 安定된 에너지를 供給할 수 있을 것이다.

### 3. 우라늄의 市場動向

우라늄 産業은 1940年代와 1950年代에 美·英의 核武器 生産計劃에 따라 開發되고 育成되었다. 그러나 美國政府는 1960年代 中半부터 우라늄 精鉍 輸入을 줄이기 시작하였는데 이러한 조치는 미국에의 우라늄 主供給國이던 캐나다와 南阿연방 등에 심각한 영향을 미쳤다.

미국은 1959年 캐나다에서 13,500톤의 우라늄을 구입했으나 1962년에는 7,730톤, 1967년에는 255톤으로 급격히 줄었다. 남아연방도 미국의 구입 축소계획의 영향을 받아 1959년에는 6천톤을 생산하였으나 1965년에는 1959年度의 稼行광산중 약 60%가 문을 닫고 생산량도 2,650톤에 그쳤다.

새로운 需要는 創出되지 않고, 종래의 需要도 급

降下하자, 既存鉍山은 속속 폐쇄되고 새로운 우라늄鉍의 探查活動은 현저하게 줄어들었다. 美國이 기침을 하자 全世界의 우라늄業界가 감기에 걸려 앓아 눕게 된 것이다.

美國은 1964年 商用爐에 사용하는 核物質을 民間 所有로 許容하는 법안을 통과시켰으며, 1970年 12月엔 우라늄精鉍을 政府가 民間에 貸與하는 것을 금지하였다. 또한 1969年 부터 政府所有의 濃縮施設을 民間이 이용할 수 있도록 농축계약을 開放하였다. 1960年代末에서 1970年代初에 이르는 기간은 우라늄市場이 政府主導에서 商業市場으로의 轉換期였다.

1973年은 우라늄市場에 결정적인 영향을 미치는 사태들이 일어난 해였다.

美國은 필요할 때마다 濃縮우라늄을 美國政府에 요구하여 發電所에 사용할 수 있도록 된 종래의 濃縮契約制를 中止하고, 10年分 所要量을 契約時에 확정해야 하는 長期固定 濃縮契約(Long-Term Fixed Commitment)을 提示하였다.

이에 따라 發電會社의 10年分 우라늄 所要量이 확정되고 발전회사들은 長期所要 우라늄확보에 박차를 가하게 되었다. 또한 1973年末에 石油波動이 일어나자 각국은 다투어 원자력발전소의 건설계획을 樹立推進하게 되어 우라늄需要는 폭발적으로 증가하였다.

오랜 沈滯의 늪에 빠져있던 우라늄市場은 갑자기 늘어난 새로운 수요에 부응할 수 없었고 雪上加霜으로 캐나다는 새로운 核非擴散條件의 關切을 위하여 日本, 유럽국가 등에 禁輸措置를 취하였으며, 濠洲는 1972年 이래로 생산중지 상태이어서 우라늄시장에 기여할 수 없는 처지에 놓여 있었다.

假需要까지를 포함한 우라늄수요가 미국의 現物市場에 밀려 닥쳐, 우라늄 값은 石油波動前의 6~8 \$/16U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>에서 천정부지로 치솟아 1976년에는 40 \$線을 넘어섰다.

이에 따라 長期契約은 論議도 할 수 없었으며 現物市場에 나도는 小量의 物量은 販賣者의 入札에 購買者가 応札하여야 하는 엄격한 販賣者市場(Seller's Market)이 1978年初까지 계속되었다.

우라늄값의 急騰에 따라 우라늄 探查활동이 활발히 추진되기 시작하였으며, 石油財閥을 비롯, 일부

발전회사도 탐사에 投資를 시작하였다.

1978년에 접어들자 우리나라시장은 安定勢를 회복하여 現物市場價도 파운드당 42~43 \$線에서 保合勢를 유지하였다.

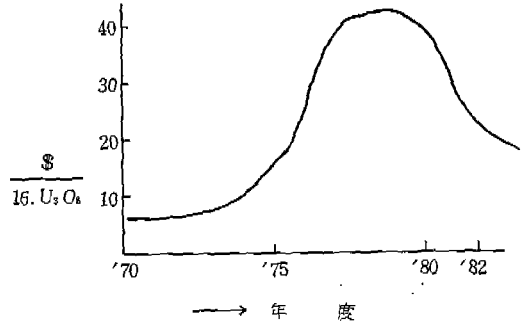
長期供給契約도 활발히 논의되었으나 販賣者는 계약물량에 대한 一定比率의 先拂金을 요구하며 최소한 生産費를 보장받는 價格條件을 제시하였다.

1980年代에 접어들자 세계적인 경기침체에 따라 전력수요증가가 둔화되고, 선진국에서는 反核運動이 격화되었고, 미국의 TMI 事故後 原子力 規制가 강화되어 원자력발전소의 建設期間이 장기화하는 등의 理由로 새로운 원자력발전소의 受注는 거의 없게 되었다. 뿐만 아니라 發注分의 취소는 물론 건설이 상당히 진행된 발전소까지도 건설을 중단하는 사태가 발생하였다.

이에 따라 우리나라 수요는 당초 예상보다 현격히 감소되었고, 발전소 建設이 연기 또는 취소된 發電會社는 이미 확보한 우리나라 精鉍 處分에 부심하게 되었다. 또한 미국에서 高金利政策이 계속되자 財務構造惡化로 자금압박을 받기 시작한 발전회사는 그간 備蓄하였던 우리나라 精鉍을 現物市場에 放賣하기 시작하였다.

새로운 수요는 없고 막대한 量의 在庫가 現物市場에 쏟아져 나오자 現物市場價는 무너지기 시작하였다. 1981年 下半期에는 파운드당 30 \$ 벽이 무너지고 1982年度엔 파운드당 20 \$의 벽도 무너져 '82. 8 현재 파운드당 18~19 \$에 머물러 있다. 우리나라 값은 계속 떨어지는 반면 물가상승 및 既存鉍山의 鉍品位의 저하에 따라 생산비는 일반 물가상승을 초과하여 상승함에 따라, 채산성이 맞지 않아 폐광을 하거나 조업을 단축하는 광산이 속출하고 있다. 또한 경제성이 有望한 신규광산도 販賣先을 확보하지 못하여 開發計劃을 늦추고 있다. 우리나라 탐사활동도 활기를 잃고 企業家들은 신규투자를 꺼리고 있다.

이러한 우리나라 市場의 침체현상은 상당기간 지속될 것으로 예상되며, 現物市場價도 당분간 오를 전망이 없다. 그림 1은 우리나라 現物市場價 추이를 보여주는 것이다. 현재 發電會社는 購買者市場(Buyer's Market)을 한껏 즐기고 있으며 아주 좋은 契約條件을 받아들일 수 있으나, 현재와 같은 우리나라 産業界의 침체가 계속되면 1990年代에는 우리나라 供



〈그림-1〉 우리나라 精鉍의 短期現物市場價

給不足사태가 필연적으로 도래할 것이라고 우려하는 사람도 있다.

#### 4. 우리나라의 確保對策

우리나라는 현재 1機의 發電爐가 상업 운전중이며, 1機는 核燃料裝填을 마치고 試運轉中이고, 또 다른 1機는 '82. 12에 핵연료를 장전할 예정이다. 이밖에 建設中에 있는 것이 6機이어서 1984年 부터는 해마다 1機씩 상업운전에 들어가게 될 것이다.

또한 1991年 까지 13기의 원자력발전소를 건설하여 總發電量의 50%를 원자력으로 충당할 계획이다. 물론 이 계획은 電源開發計劃의 再調整에 의하여 수정될 것이다.

앞으로 소요되는 우리나라 精鉍所要量은 1990年代에 연간 약 2,000톤에 이를 것으로 예상되며 이 全量을 海外에 의존하지 않을 수 없다.

우리나라 精鉍공급의 안정확보를 위하여 첫째 신뢰성 있는 공급자와 계약을 체결하고, 둘째 공급중단에 대비 공급원을 多邊化하며, 셋째 최악의 사태에 대비키 위해 일정량을 備蓄하는 것이 필요하다.

發電會社도 영리를 목적으로 하는 企業인 이상 價格條件은 꼭 중요하지만, 核燃料의 供給 中斷으로 말미암아 발전에 차질을 가져오게 되면 그 결과적인 피해는 엄청날 것이므로 무엇보다도 供給者의 信用度를 철저히 확인 후 계약해야 한다. 비록 가격조건이 다소 유리하더라도 신용이 확인되지 않은 회사와의 거래는 보다 큰 위험에 봉착케 될 가능성이 있음을 염두에 두어야 한다.

질지 않은 우리나라 市場변를 살펴 볼 때 政治的인 이유로 공급중단사고가 몇차례 있었다. 특히 우리

높은 항상 전쟁목적으로 轉用될 우려가 있다 하여 資源保有國의 核非擴散과 관련 國策적인 規制對象이 되고 있으며, 強大國의 國家目的과 이익을 위한 수단으로 逆利用되어 供給中斷될 가능성이 常存한다.

따라서 이에 대비하여 供給源을 多邊化함으로써 그 충격을 최소화하는 것이 바람직하다. 공급선은 國別로도 다원화하여야 하지만, 동일 國家에서도 몇개 회사와 계약을 체결하여 상업적인 不可抗力사태로 야기된 공급중단의 충격에도 處處할 수 있어야 한다.

확보방법도 장기계약과 開發輸入을 병행하여 보다 안정된 확보책을 강구하는 것이 현명하다. 우리나라의 경우 현재 발전회사에서 南美 파라과이와 아프리카 가봉에서 외국회사와 공동으로 우라늄 탐사를 실시중이며 일부 종합상사도 우라늄 탐사를 추진하고 있으나 민간기업의 보다 적극적인 해외개발투자가 요청된다.

우라늄 탐사는 그 성공율이 크지 않으므로 政府次元에서의 지원이 필요하며 (예: 일본, 서독 등은 成功拂 응자방식을 도입하고 있음), 단독으로 투자할 경우엔 실패위험부담이 크므로 발전회사를 포함한 여러 業체가 해외 우라늄자원 共同開發會社를 설립하여 탐사를 추진하는 것이 바람직하다.

공급중단에 대비한 가장 좋은 대책은 비축량을 늘이는 방법이다. 동남아와 유럽 여러나라들은 천연우라늄은 물론 加工된 핵연료의 비축을 계획하고 또 실제로 비축하고 있다.

所要量의 전량을 해외에 의존하여야 하고, 남북 分斷국가로서의 위험이 常存하는 우리나라는 더욱 에너지 자원의 備蓄의 필요성이 강조된다. 핵연료는 저장에 특별한 문제점이 없으므로 천연우라늄과 가공核燃料을 적절한 비율로 비축하는 것이 바람직하다.

현재 국내자원의 개발은 경제성이 의문시 되나, 1990年代 이후 우라늄가격이 상승할 때의 개발을 위하여 精鍊 技術開發이 요청되고 있다. 또한 海水에 함유된 우라늄 抽出技術도 美, 日, 英, 佛 등에서 開發하고 있으므로 그 研究개발 현황도 항시 추적하여 놓아야 한다.

그리고 磷酸肥料 副産物로서의 우라늄回收는 核燃料의 확보는 물론 沃畜에의 放射性汚染防止와 外

貨流出 억제라는 一石三鳥의 效果를 기대할 수 있다는 점에서 적극 권장되어야 할 것으로 본다.

## 5. 결 론

1. 우라늄이 주로 核武器의 原料로 취급되던 시절에는 자유세계의 우라늄價가 美國政府의 告示價로 결정되었다.

2. 그러다가 發電用우라늄 需要가 武器用을 훨씬 上廻하고 美國政府가 우라늄去來를 市場技能에 一任키로 하자 우라늄은 買占賣惜行爲로 一時的인 品貴현상이 있었다.

3. 그러나 우라늄은 金, 石油, 不動産처럼 需要供給의 原則에 따른 自由市場기능으로 조절될 것이다.

4. 우라늄은 현재 輕水爐를 위시한 일반 商用爐의 建設計劃과 특히 高速增殖爐의 投入率과 그 投入時期에 크게 左右될 것이다.

5. 플루토늄 利用은 우라늄의 供給難을 결정적으로 完化할 것이나 세계적인 高速增殖爐의 實用化 지연으로 플루토늄의 寄與度는 대단치 않을 것이고 또한 熱中性子爐에서의 플루토늄使用도 經濟性 때문에 그 普及이 활발치 못할 것이다. 특히 플루토늄은 核擴散禁止策의 우선순위 項目이 되어 있으므로 經濟外的인 要因에 의해 商用化가 제한을 받게 될 것이다.

6. 당분간 우라늄需給樣相은 需要者에게 유리한 쪽으로 기울어지겠지만 自由市場에서의 週期的인 上昇下落현상을 감안하여 이에 대한 장기대책이 요청된다.

