

國產우라늄 原鑛의 經濟性 檢討



李 剛 一

(韓國에너지研·遮蔽材料開發室長)

1. 國內 우라늄資源 現況

우리나라는 1969년부터 우라늄 資源에 대한 장기적인 探查計劃을 세워 沃川系岩層의 槐山 지역을 중심으로 鑛床의 탐사를 계속하여 왔다.

沃川系岩層이라함은 忠州에서 全州 북부까지 남서방향으로 길게 帶狀으로 분포하는 變質堆積層을 말하며 주로 泥岩, 砂質泥岩, 砂質岩 및 含礫泥岩의 초기단계 變成岩으로 되어 있다. 泥岩中 일부층은 有機物質을 다량 함유하여 黑鉛質粘板岩으로 變成되어 있다. 高黑鉛質岩은 오래전부터 無煙炭으로 개발되어 왔는데 이에 우라늄 및 기타 重金屬이 異常含有되어 있음이 大田 부근 地質調査 과정에서 확인되었다.

韓國動力資源研究所 주관으로 수행된 탐사활동 결과, 槐山 지역에 우라늄 原鑛기준으로 약 1,250만톤, 錦山 지역에 약 3,000만톤이 매장되어 있음이 確認되었는데, 表1에서 보는 바와 같이 原鑛中 우라늄의 品位가 약 0.04%에 지나지않아 世界的으로 經濟性이 있다고 인정되고 있는 品位인 0.1%에는 미치지 못하고 있는 실정이다. 이외의 加平-楊平鑛床, 金化-鐵原 및 華川鑛床, 鎭川鑛床, 平海鑛床, 公州鑛床 등에 低品位 우라늄 資源이 매장되어 있는 것으로 알려져 있으며 계속적인 탐사활동이 수행중에 있다.

2. 國內 精鍊研究 現況

1970년대 중기 에너지 危機를 맞이한 이후 1980년대 초에 걸쳐 國際 우라늄 거래 가격은 暴騰勢를 기록하였다. 즉, 이 기간 동안에 우라늄 거래가격은 \$6/lb-U₃O₈에서 \$43/lb-U₃O₈으로 치솟았다.

國內에서는 이에 자극을 받아 國內產 低品位 原鑛의 精鍊處理研究가 본격적으로 착수되었었다. 물론 이전에도 國內산 原鑛을 대상으로 하는

〈表1〉 國產 우라늄 原鑛의 地域別 組織

成 分	槐 山	錦 山
U ₃ O ₈	410ppm	340ppm
Mo	430ppm	350ppm
V	0.4%	0.1%
Fe	4.9%	1.1%
SiO ₂	48.6%	28%
P ₂ O ₅	0.6%	1.2%
CO ₃	0.2%	0.4%
SO ₄	4.4%	3.1%
S	0.2%	0.4%
Comp · H ₂ O	2.7%	
Ig · loss	30.7%	21.3%

우라늄精鍊研究가 各급 연구기관에서 實驗室的 규모로나마 지속되어 왔었다.

韓國에 너지研究所에서는 1976년부터 국내산 우라늄 原鑛의 最適處理工程에 대한 基礎研究를 수행함과 동시에 日間原鑛處理能力 3.6톤규모의 우라늄精鍊試驗施設을 이용한 본격적인 연구를 장기간 수행한 바 있다. 또한 이 試驗運轉을 통하여 확인된 조건을 토대로 日間原鑛處理能力 2,000톤 규모의 商用施設에 대한 經濟性도 검토한 바 있다. 검토된 우라늄精鍊工程의 概略圖는 그림 1과 같으며 주요공정의 最適條件은 각각 다음과 같다.

가. 浸出工程(Leaching Process)

- 粒 度 : -420M(-35mesh)
- 溫 度 : 65℃
- 黃酸 消費量 : 100kg-H₂SO₄/t, ore
- 酸化劑 消費量 : 5kg-NaClO₃/t, ore
- 浸出時間 : 2hrs
- 効 率 : 95%

나. 精製工程(Purification Process)

- 溶 媒 : Alamine 336 + Tride canol + Kerosene

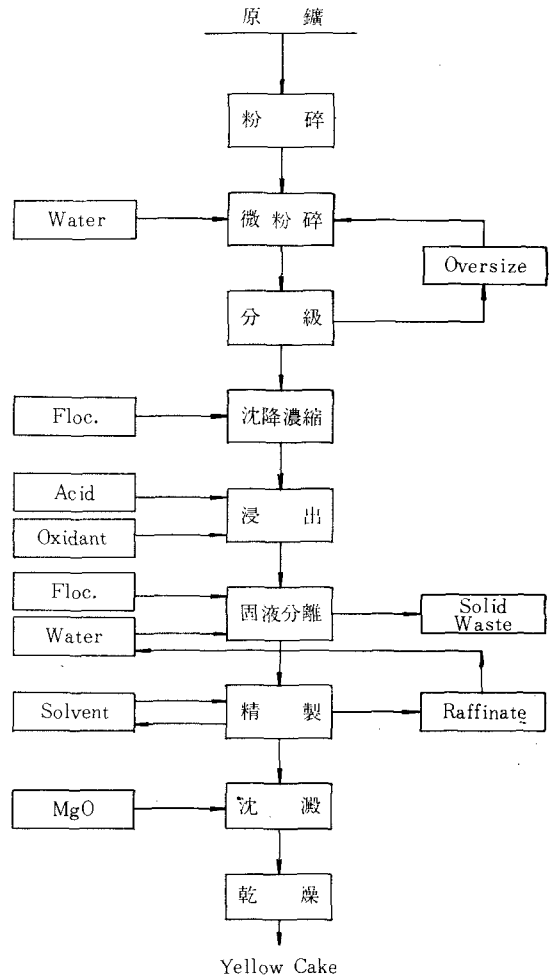
- 有機相 / 液相比 : 1.25/1
- 有機相 / 液流量比 : 8/1(溶媒抽出)
- 有機相 / 液相流量比 : 1/10(逆抽出)
- 酸 度 : pH 1.2~1.5
- 逆抽出劑 : NaCl

다. 沈澱工程(Precipitation Process)

- 溫 度 : 40℃
- 時 間 : 4 hrs
- 酸化마그네슘 消費量 : 10kg/m³, eluate
- 製品의 化學的組成 : MgU₂O₇

한편, 韓國動力資源研究所에서도 日間原鑛處

〈그림 1〉 國產 우라늄 精鍊工程의 概略圖



理 3톤 규모의 精鍊試驗施設의 試驗運轉을 수행하였는데 韓國에너지研究所에서 수행된 결과와 공정상 약간의 차이점이 있으나 黃酸으로 우라늄을 抽出하는 점에 있어서는 큰 차이가 없다(그림 1 참조).

3. 經濟性 檢討

가. 投資費 推算

日間原鑛處理能力 2,000톤 규모 우라늄 精鍊 施設의 基本設計를 통하여 산출된 主工程裝置費는 약 740만弗이었는데, 여기서는 工程設計過程에서의 裝置目錄은 省略한다. 기타 항목은 主工程裝置費에 대한 비율로 추정하였고 運轉資金은 자금 회수 기간을 3개월로 가정하여 연간 直接生産費의 약 25%로 계산하였다. 그 결과 表2에서 보는 바와같이 總投資費는 약 5,600만弗이었다.

나. 副原料의 年間所要量 및 經費

副原料(연료비 포함)의 연간 소요량 및 경비

는 表3에서 보는 바와 같다. 副原料中 國內에서 생산되지 않는 품목은 수입 가격으로 산출
(表2) 2,000톤-原鑛/日 규모 精鍊施設의 推定投資費 綜合

(單位 1,000 \$)

項 目	金 額	備 考
1 主工程裝置費	7,400	
2 設置工事費	2,960	主工程裝置費의 40%
3 計裝 및 制御裝置	1,110	" 15%
4 配 管 費	2,220	" 30%
5 配管設備費	740	" 10%
6 建 物 費	2,220	" 30%
7 周邊整理費	1,110	" 15%
8 附帶設備費(유틸리티)	4,070	" 55%
9 工場敷地費	370	" 5%
10 採鑛設備資	8,220	
直接投資費 小 計	30,420	
11 Eng. and supervision	2,590	主工程裝置費의 35%
12 Construction expense	2,590	" 35%
13 Off-site cost	7,600	直接投資費의 25%
間接投資費 小 計	12,780	
14 豫 備 費	6,480	直·間接投資費의 15%
15 Constructor's fee	2,160	" 5%
固定投資費 小 計	51,840	
16 運 營 費	4,060	年間直接投資費의 25%
總 投 資 費	56,000	

(表3) 副原料 산출 결과 綜合

(單位. US \$)

項 目	原 單 位	單 價	年間所要量	年間經費
1 Sulfuric acid	100kg/t, ore	39/ton	59,620tons	2,325,180
2 Sodium carbonate	5kg/t, ore	1,250/ton	2,908tons	3,725,000
3 Magnesium oxide	0.89kg/kg-U ₃ O ₈	400/ton	192tons	76,800
4 Kerosene		0.8/ℓ	127,400ℓ	100,920
5 Alamine336	0.5gal/1,000gal 14ag.)	1.3/ℓ	5,500ℓ	7,150
6 Tridecanol		1/ℓ	5,500ℓ	5,500
7 Flocculant	0.06kg/t, ore	4/kg	35tons	140,000
8 Sodium chloride		110/ton	1,150tons	126,500
9 Sodium carbonate		204/ton	1,310tons	267,240
10 Barium chloride	15g/m ³ , acid	350/ton	10tons	3,500
11 Lime	0.04lt/m ³ , acid	40/ton	30,000tons	1,200,000
12 Filter aids			150tons	8,600
13 Steel balls	0.2kg/t, ore	1.4/kg	120tons	168,000
14 Diesel fuel	104ℓ/hr	0.25/ℓ	749,430ℓ	187,000
15 Bunker-C oil		0.221/ℓ	2,304,000ℓ	506,880
Total				8,860,000

〈表 4〉 直接生産費 綜合

項 目	年間經費 1,000 \$	生産原價 US \$/kg- U ₃ O ₈	備 考
1 事務室・實 驗室員 賃金	343	1.59	25名
2 工場運轉員 賃金	615	2.85	57名
3 電 力 費	1,065	4.93	平均電力消費: 2,900KWH
4 副 原 料 費	8,860	41.0	
5 維持・補修費	315	1.46	補修員 賃金の 1.5倍
總 計	11,198	51.83	

〈表 5〉 總 生産原價 綜合

項 目	生産原價 \$/kg-U ₃ O ₈	備 考
1 直接生産費	75.15	表 4 參照
(主工程運營費)	51.83	
(採 鑛 費)	23.02	
2 固 定 費	15.03	直接生産費의 20%
3 Plant Overhe- ad Cost	3.55	總 賃 金 的 80%
生産費 小計	93.73	
4 行 政 經 費	1.11	運轉員賃金の 25%
5 販 賣 費	4.99	總生産費의 5%
總 生産 費	99.83	

하였는데, 副原料가 우라늄 가격에 미치는 금액은 우라늄(U₃O₈ 기준) 1kg당 약 41弗로 산출되었다.

다. 總生産原價 試算

直接生産費中 採鑛費는 地域, 地形 및 採鑛方法(open pit 또는 underground mining)에 따라 차이가 크기 때문에 평균값으로 主工場運營費(表 4)의 45%로 가정하였다. 他項目은 비교적 정확한 계산이 가능한 主工場運營費에 대한 비율로 계산하였다.

總生産原價의 산출 결과는 表 5에서 보는 바와 같으며, 현재까지의 국내산 우라늄 原鑛을 대상으로 수행된 연구 결과를 토대로 산출된 것이므로 研究開發費는 제외하였고, 固定投資費, 運營費 등의 각종 이자는 固定費 항목이 포함

시켰다.

라. 經濟性 檢討 結果

공장의 原鑛處理能力을 日間 2,000톤 규모로 할 경우 投資總額은 약 5,600만弗로 추산되었다. 製品을 U₃O₈으로 환산하면 生産原價는 Yellow Cake 1kg당 약 100弗(약 \$45.5/lb-U₃O₈)로서, 현재의 국제 우라늄 가격을 고려할 때 국내산 우라늄 原鑛의 개발은 留保되어야 할 것으로 판단된다. 한편, 副原料中 黃酸 및 염소 산소다 등이 생산 원가에서의 비율은 약 28%로써 가장 높은 비율을 차지하고 있다.

4. 結 言

1970년대 中期에 일시적으로 急騰했던 우라늄 거래 가격은 1980년대에 들어와서 하락을 거듭, 현재에 이르러서는 생산 원가를 밀도는 바닥 시세를 유지하고 있다. 이런 현상은 우라늄 가격의 仰騰에 편승한 過剩生産 및 備蓄, 새로운 高品位資源의 발견 또는 발견의 기대감에 의한 購買留保, 주춤하는 새로운 원자력발전소의 注文斷絶, 주문된 발전소의 建設遲延 또는 取消 등의 複合的인 要因에 의하여 우라늄이 과잉비축되어 있기 때문이다.

이러한 國際市場事情이 당분간 계속된다고 볼 때, 국내산 低品位 우라늄 原鑛으로 부터 核燃料의 공급은 생산 가격이 너무 높기 때문에 도저히 經濟性을 맞출 수 없는 것으로 판단된다. 또한 국내賦存 우라늄 原鑛을 전량 처리하여 우라늄을 회수한다 하여도 약 2만톤에 불과한 실정이고 보면, 이 물량은 단지 100만KW급 輕水爐 4기를 30년간 運轉할 수 있는 정도에 불과하다. 따라서 현재로써는 국내산 우라늄 資源의 개발은 留保되어야 하고 국내 원자력발전소에 소요되는 核燃料는 전량 海外資源에 의존하는 것이 보다 타당하다는 결론에 도달하게 된다.