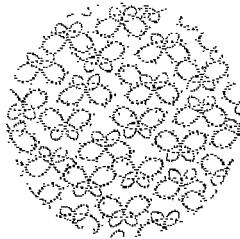
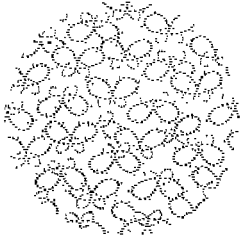


活用資源의 限界와 技術開發

An Aspect to the Mineral
Resources and Technology



李 京 漢

動力資源研究所 資源情報室長

日常으로 우리가 쓰고 있는 物件의 大部分이 鉍物資源을 原料로 하여 만들어지고 있지만 이러한 事實을 認識하고 지내는 사람은 드물다.

또한 資源은 땅속에 무진장하게 묻혀 있어 언제까지나 쓸 수 있는 것으로만 쉽게 생각할 뿐 이를 찾고 우리가 쓸 수 있는 형태까지 만드는데 드는 努力이 얼마나 큰지는 생각하지 못하는 것이 一般的인 바 여기서는 資源이 과연 무진장한 것인가.

만약 그렇지 않으면 技術發達로 問題點을 解決하며 持續的인 文明發展을 이루어 나갈 수가 있는지 資源問題에 관하여 생각해 보기로 하겠다.

가. 資源開發 技術動向

資源을 開發하려면 먼저 땅속에서 鉍床을 찾아내야만 한다. 鉍床을 찾아내는 일은 생각처럼 쉽지 않은 鉍아 이를 극단적으로 비유하면 모래밭에 떨어진 동전 몇개를 찾는 것과 비슷하다고 말할 수 있을 정도로 쉬운 일이 아니다.

過去에는 망치나 들고 다니면 쉽게 地表에서 鉍體를 찾을 수 있었지만 이제는 地下深部 鉍體를 對象으로 해야 하므로 努力은 많이 드는데 比해 成果는 적은 實態이다.

그러나 電子 機械等 연관産業의 發達은 資源探査法의 發展을 이룩하여 人工衛星을 통한 探査도 可能的인 時代에 와 있다.

또한 深部鉍體 發見을 爲해 보다 강한 에너지를 땅속에 전파시켜 이를 探知하려는 努力도 기울이고 있어 技術發展에 따른 鉍量 追加는 더욱 많아질 것으로 展望된다.

한편 採鉍 및 加工分野도 處理單位를 大規模로 하고 機械比率를 높혀 生産性을 向上시켜 原價切減을 기하는 方向으로 나가고 있다.

實例로 美國에서는 20세기 初만 해도 銅品位가 2~3%는 되어야 採算性이 있었으나 요즘은 平均 0.8%로 크게 品位가 낮아졌고, 最近의 에너지價格 上昇에 따라 製鍊工程의 合理化를 爲한 研究가 活潑히 進行되고 있다.

이와같은 움직임들은 모두 우리의 앞날을 밝게 해주는 것들로서 자칫하면 技術萬能만을 생각하기 쉬우나 技術의 進步가 需要增加를 못따라 오거나, 量的으로 絶對量이 不足할 경우, 결코 樂觀의일 수

만은 없다고 본다.

나. 資源의 限界

사실 文明의 發達과 人口增加는 資源消費를 기하급수적으로 늘려왔다. 이는 비단 量的인 消費增加 뿐만 아니라 新素材의 開發에 따라 더욱 많은 種類의 資源을 必要케 되었고, 現在에도 이러한 일은 계속되고 있다.

美國의 例를 보면 所得當 資源消費額은 1870年을 基準으로 할 때 1915년에 5.05, 1957년에는 9.84로 늘어났다.

이를 主要鉅種別로 보면 表1과 같이 60~70年代의 消費增加는 그 以前을 2~5배나 증가하는 급속한 伸張率을 보이고 있어 주목을 끌게 한다.

70年代 初半에 發表된 Rome Cluf 의 「成長의 限界」는 이러한 點에 着眼하여 資源의 限界를 全世界에 알린 것으로 비록 그 報告書에서 提示한 資源의 壽命에 對해서는 異論이 많지만, 그때까지 안이한 생각을 갖고 있던 우리에게 그후 닥쳐온 第1次 石油波動과 더불어 資源에 對해 새로운 覺悟를 불러 일으켰다는 點에서 그 의의는 매우 컸다.

그러면 과연 地球上에는 얼마나 많은 量이 賦存되어 있는 것이고 그중 얼마만큼을 우리가 使用할 수 있는 것인지는 매우 重要한 일의 하나이다.

이러한 問題를 다룬 資料들은 모두 資源量 推算을 地殼內의 元素含有量에 근거하여 그중 몇 퍼센트가 鉅床을 이루고 그 深度는 어디까지로 할 것이냐 하는 커다란 몇개의 假定에 依해 行해 假定值의

着에 따라 鉅量差異는 30배에 까지 이르는 경우도 있다.

勿論 地殼內에 包含되어 있는 모든 元素를 다 쓸 수 있으면 더욱 바람직한 일이지만 活用을 爲해서는 필연적으로 費用이 들어가게 되므로 우리의 關心은 얼마만큼이 經濟性이 있느냐 하는 데로 쏠리게 된다.

一般적으로 鉅量은 品位가 낮아질수록 기하급수적으로 늘어나게 되어 技術만 發展되어 低品位鉅을 經濟적으로 開發할 수만 있다면 可用鉅量은 거의 潛在鉅量에 가까워질 수도 있지 않을까 하는 생각도 갖게 되나 이를 가로막는 要素들은 상당히 많다 樂觀적으로만 볼 수는 없다.

이들 要因들로는 自然的인 分布狀態와 에너지費用 上昇에 따른 抽出限界品位를 들 수가 있다. 이들을 다시 說明하면

1) 分布의 不均質性

地殼內에 含有되어 있는 元素中 鉄, 알루미늄, 티타늄 등은 比較的 豊富한 便이나 銅, 鉛, 亞鉛, 水銀 등은 相當히 貧弱한 含有值를 보이고 있다.

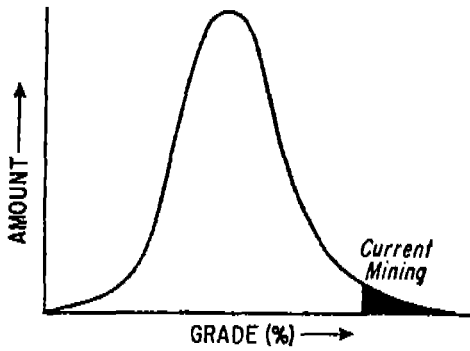
이들 두가지 그룹은 品位에 따른 賦存量의 分布狀態가 서로 다른 樣狀을 보여 地化學적으로 豊富한 元素가 正規 分布曲線을 보이는데 비해 貧弱한 그룹은 두개의 山 모양의 分布曲線을 나타내 주고 있다.

이는 일단 富鉅體가 探査되면 必수록 稼行對象이 될만큼 큰 鉅體의 賦存可能性이 낮아지고 相對적으로 低品位 鉅體나 小規模 鉅體만 남게 되어 經濟性

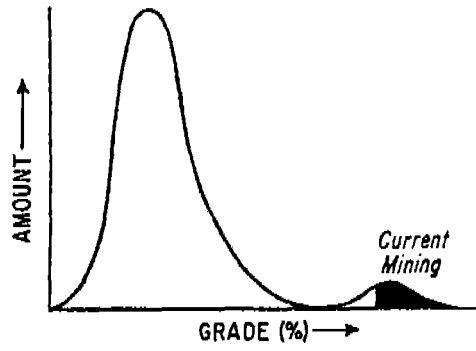
〈表-1〉 世界의 主要鉅種 消費推移

區 分 鉅 種	消 費 量			對 比		年平均增加率(%)		
	1889 (A)	1963 (B)	1979 (C)	B/A	C/B	A~B	A~C	B~C
鉄鉅石(百萬屯)	9	153	888.8	17	5.8	3.9	5.0	11.6
有煙炭(百萬屯)	58	459	2,965	8	6.5	2.8	4.5	16.6
石油(百萬배럴)	30	2,753	23,400	90	8.5	6.3	7.7	14.3
銅(百萬 Ib)	92	2,426	21,750	26	9.0	4.5	6.3	14.7
磷鉅石(百萬屯)	0.3	20	126	60	6.3	5.7	6.8	12.2

資料源: ① Mineral Resources ② Mining Annual Review ③ 資源總覽



鐵, 알루미늄, 티탄等 地化學的으로 豊富한 金屬



銅, 鉛, 亞鉛, 水銀等 地化學的으로 貧弱한 金屬

〈그림-1〉 元素含有量의 型態

이 떨어지는 것을 의미한다.

2) 에너지費用

現在 稼行되고 있는 銅, 니켈, 亞鉛의 品位는 地殼內 含有量보다 56倍, 100倍 및 370倍가 높은 것들로 그 以下는 價格이 안맞아 開發을 못하고 있다.

地殼內에는 有用元素들이 酸化物, 硫化物, 硅酸鹽 따위의 型態로 들어가 있으며 우리는 여기서 製鍊을 通해 金屬을 뽑아쓰고 있다.

그러나 自然狀態에는 硅酸鹽型態가 보다 많이 存在하고 있으며 이들에서 金屬을 뽑아내려서는 硫化物이나 酸化物에 比해 100~1000배나 많은 製鍊費가 所要되어 이들을 活用한다는 것은 事實상 不可能에 가깝다.

따라서 現在의 技術開發研究가 모두 여하히 에너지費用을 줄일 수 있느냐 하는데 焦點을 맞추고 있는 것도 이러한 理由 때문이다.

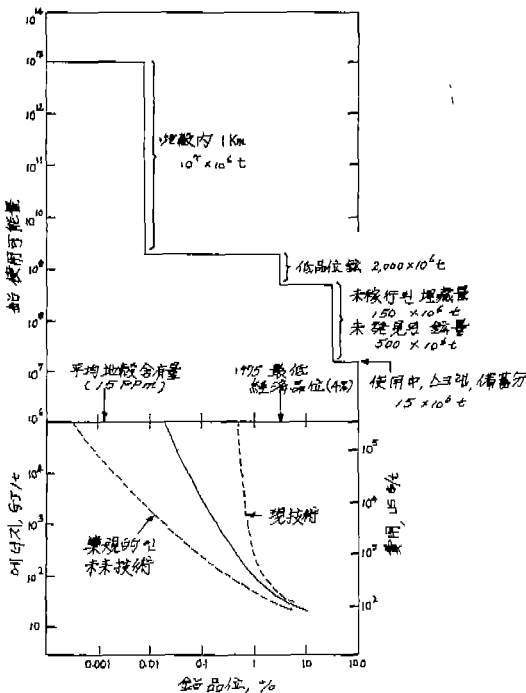
그림 2는 에너지費用과 技術發達 및 使用可能한 資源間의 關係를 鉛을 例로들어 나타낸 것이다.

地殼內 1km까지의 總量은 $10^7 \times 10^6$ 톤이나 되지만 現在로는 단지 665×10^6 톤을 쓸 수 있을 뿐이며 앞으로 可能性 있는 技術發達을 고려하더라도 불과 2000×10^6 톤으로 全體의 0.02%밖에 쓸 수 없을 것임을 나타내 주고 있다.

이와같이 賦存資源을 우리가 모두 쓰기에는 분명히 限界가 있다고 보는 것이 妥當하다. 또한 우리는 每年 3,500萬톤에 達하는 地化學的으로 貧弱한 資源群을 消費하고 있고 그중의 一部는 他材料로의 代替費用이 너무 높거나 獨特한 性質을 갖고 있어 代替가 不可能한 것들도 있어 언젠가는 이러한 것들이 새로운 資源問題를 야기할 可能性도 있다고 본다.

그러나 이러한 일이 가까운 將來에 發生될 것으로는 결코 豫상이 안되는 바 아직은 人類의 經濟活動을 뒷받침해 줄만큼 充分한 量의 可採鎂量이 남아있고 또 이의 몇배나 되는 潛在量도 保有하고 있기 때문이다.

過去의 例를 分析해 보면 鎂石의 供給은 價格變



〈그림-2〉 技術과 使用可能量과의 關係

〈表-2〉自由世界 埋藏量 및 可採年數

(單位: 百萬噸)

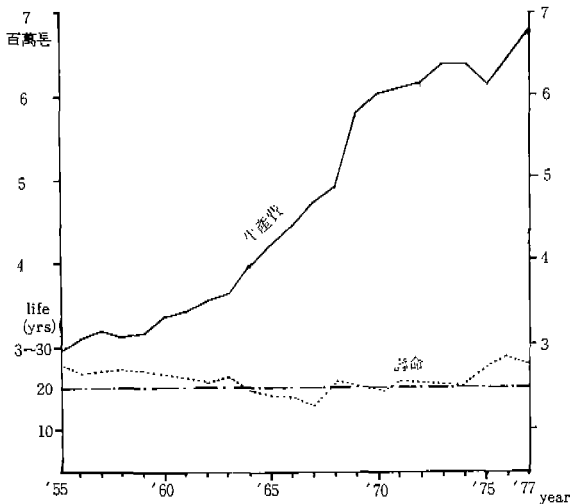
區分	區分	潛 在 量	可 採 量	生 產 量 (81)	可 採 年 數	備 考
鐵	鉍 石	217,000	103,000	863.6	119	鐵鉍石은 共產圈도 인용시킴
	銅	1,400	430	6.4	67	
	鉛	235	100	2.5	40	
亞	鉛	290	142	4.4	32	
알	미 늄	8,400	5,000	16	312	
니	켈	189	49	0.5	98	
重	石	2.6	1	0.025	40	

化와 밀접한 關係를 갖고 움직여 全体的인 均衡을 이루고 있다.

다시말해 供給不足으로 價格이 오르거나 또는 價格自体가 上昇될 때는 활발한 投資가 이루어져서 新探採鉍도 行하고 새로 開發도 하여 4~6年前에 그 영향이 供給量 增加 및 埋藏量 增加로 나타나는 傾向을 보여와 充分한 鉍量이 있는한 資源의 과다 소비로 인해 발생될 수 있을 鉍量減少 現象은 나타 나지를 않는다.

그림3 과 그림4는 이러한 것을 보여주는 것으로 그림3은 年生産量은 크게 增加했지만 資源의 壽命은 대략 20年 水準을 계속 유지하고 있음을 나타내며 그림4는 크롬을 除外하고 대부분의 鉍種의 壽命이 10年에서 100年間의 범위내에 들고 있음을 나타내고 있다.

이외에 資源의 壽命을 늘리는 役割을 하는 것으



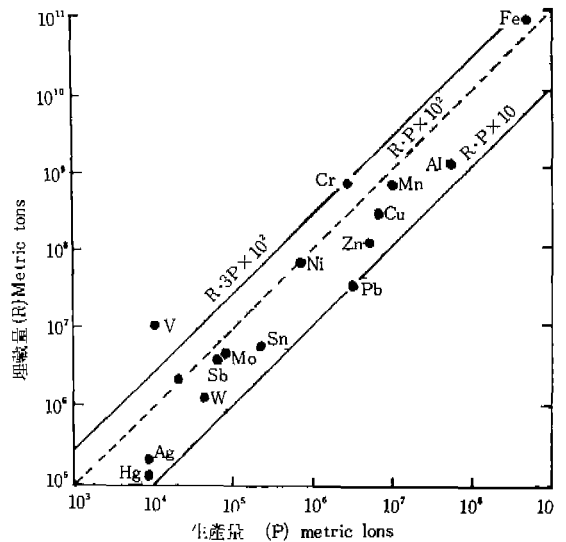
〈그림-3〉生産量과 可採年數의 推移

로는 金屬使用時 發生되는 스크랩의 再使用量 增加와 素材革命을 통한 代替材開發, 또한 技術革新을 통한 小型化 傾向을 들 수 있다.

電子工業의 發達로 金의 消費量은 엄청나게 늘어날 것으로 初期에는 豫想했으나 그간의 發展에도 불구하고 小型化 및 技術開發로 인해 現在는 오히려 過去보다도 電子産業에 쓰이는 金의 量은 줄어들고 있다. 또한 스크랩 再使用量의 增加로 鉍山에서의 新規供給은 많은 影響을 받고 있다.

아직 우리나라는 스크랩發生단계에 겨우 들어와 있는 실정이지만 外國의 경우는 産業化가 일찍 일어나 스크랩의 位置는 確固하다.

스크랩에서 다시 金屬을 精鍊하는 것은 鉍石에서 金屬을 새로 抽出하는 것보다 經費面에서 훨씬 싸다. 表4는 이를 對比한 것으로 最大 1/48까지 經



〈그림-4〉埋藏量과 鉍量의 關係

〈表-3〉英國의 再使用率

種類	알루미늄	銅	鉛	亞鉛	니켈	鋼鐵
%	48	61	42	14	40	26

費를 절약할 수가 있다.

따라서 産業化에 발맞춰 스크랩使用量도 점차 늘어가는 경향을 보여 銅은 75年度에 10.6%가 79년에는 13.6%로, 鉛은 26.5%에서 31.6%로 각각 總消費에서의 占有率이 높아졌고 이러한 추세는 더욱 加速化될 것으로 展望된다.

한편 品目間의 代替는 앞으로 상당히 重要な 位置에 있게 될 것으로 展望되는 바 技術의 發達로 新素材가 계속 개발되어 전통적으로 쓰이던 品目이 他素材로 代替되어 需要樣相의 變化가 招來되기 때문이다.

이미 알루미늄은 銅線과의 代替를 비롯해 輕量化에 발맞춰 鐵鋼과 競争을 하고 있으며, 礫石에서 뽑은 光섬유도 銅케이블의 地位를 위협하고 있는 實情이다. 게다가 플라스틱類는 既存 金屬素材를 多方面에 걸쳐 代替하는 추세에 있어 未來의 素材 패권이 어떻게 變할런지 짐치기 어려운 實情에 있다.

다. 結 言

以上에서 본 바와 같이 資源은 量的인 限界를 가지고 있으나 우리는 技術開發을 통해 이에 슬기롭

〈表-4〉礫石과 스크랩에서의 抽出費
(單位: kWh/t)

	礫石(A)	스크랩(B)	B/A
알루미늄	51,000	2,000	1/25
銅	13,500	1,700	1/8
鐵鋼	4,000	1,500	1/3
마그네슘	91,000	1,900	1/48
티타늄	126,000	52,000	1/2.4

게 對處할 수 있는 能力을 가지고 있어 資源고갈로 인한 人類文明의 終末은 없다고 생각할 수 있다 그러나 技術開發은 短期間에 이루어지는 것이 아닌 만큼 우리는 미리미리 이에 對處해 나가야만 한다.

또한 우리나라는 工業化에 必要的인 礫物 資源이 不足한 만큼 더욱 알뜰하게 이를 活用하도록 技術開發은 물론 모든 制度를 確立치 않으면 안 된다고 믿는다.

또한 資源問題는 앞서 말한 바와 같은 量的인 問題에 덧붙여서 配分의 問題, 即偏在로 인한 人爲의 障壁도 內包하고 있느니만큼 우리 모두가 資源 外交에도 앞장서서 安定供給先 確保에 最善을 다하도록 努力해야만 한다.

이와 더불어 資源이 갖고 있는 問題들을 우리 모두가 깊이 認識하고 節約과 再使用을 生活化할 때 우리 모두가 잘살 수 있다고 다시 強調코자 한다.

〈表-5〉素材間 代替

	Al	Pb	Cu	Zn	Sn	Fe	플라스틱	多様な 素材
케이블피복재 電線材	←						→	
骨 材	←							
活 字	←						→	
	←						→	
車 輻							→	
엔진	←							
내부 장식물	←						←	→
차체	←							
철도 차량								→
建物창틀기타	←							
	←							
포장재								
포장재	←							
강재	←							