

# 에너지 節減을 위한 未利用資源의 活用

森 田 昭 三

<日本 三菱鑛業시멘트>

方 漢 佑 譯

<雙龍洋灰生産管理部代理>

○ 編輯者註：本稿는 1974年 12月 3日 日本大阪에  
 ○ 서 개최된 第31回 시멘트 製造技術 symposium  
 ○ 에서 발표된 課題로서 시멘트 製造工程에서의  
 ○ 에너지 節減對策으로 未利用資源의 活用에 대  
 ※ 해 發表한 것이다. 本稿를 參考로 우리나라 시  
 ※ 멘트 工業도 이와 類似한 未利用資源의 活用  
 ※ 에 대해 檢討할 價値가 있다고 생각되어 이에  
 ※ 轉載한다. ○

## 1. 序 言

73年末부터 발생한 石油危機 이래 energy 消費型産業으로 되어 있는 시멘트 業界는 심각한 영향을 받고 있다. 重油를 비롯해서 電力 등 energy cost의 急騰은 앞으로 계속 상승의 기미를 보이고 있어 各社의 노력에도 불구하고 原價의 急上昇은 피할 수 없는 정세에 놓여 있다.

資源이 빈약한 日本에 있어서 energy 節減對策은 企業의 이익은 물론 國際收支面에서 國家的 要請으로 강력히 추진을 요하는 긴급 課題로 되어 있다. energy 面에서 그래도 풍부하다고 할 수 있는 美國에서도 energy 節減對策을 강력히 추진하여 energy 廳은 시멘트協會에 대해 시멘트 製造方式에 있어서 energy 節減方案의 推進 協定을 맺어 활발히 활동하고 있는 現況인 만큼 日本에서도 가일층 노력이 必要하다고 하겠다.

三菱시멘트(株)의 경우 既存 SP方式을 대부분 NSP方式으로 代替하여 크링카 噸當 重油消費量은 最低水準을 保持하고 있지만 製造方式面에서 불매 重油의 節減은 대단히 곤란하므로 이러한 危機에 대처하는 방안으로 73年末 未利用資源의 이용에 의한 重油量의 節減方案에 대해서 연구를 시작하여 74年初에 各工場이 일제히 實操業에 應用하여 好成績을 얻고 있으므로 그 概要

를 보고한다.

## 2. 未利用資源

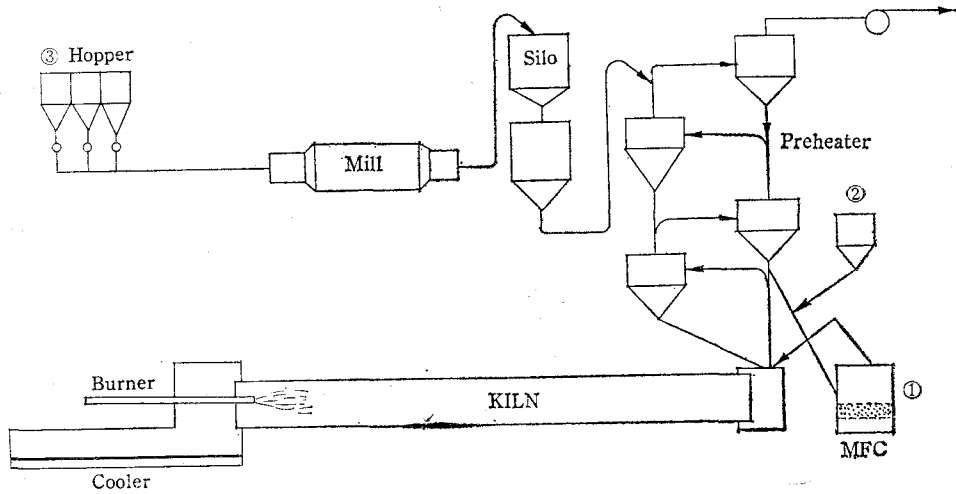
우리 주변에는 종래까지의 經濟常識 및 技術面에서 使用價値가 없다고 버려두고 있는 天然資源 또는 폐기물이 山積되어 있다. 이와 같은 것중에는 energy 節減對策에 이용할 수 있는 未利用資源도 있는데 그 自體로는 主燃料가 될 수 없는 低品位의 可燃性物質을 함유하고 있거나 粉碎性 또는 易燒性을 촉진하는 것으로서 시멘트 製造工程에 있어서 경제적으로 사용 가능하며 또한 最終製品인 시멘트 品質에 惡影響을 미치지 않는 것을 말한다.

이런 것들로는 一例를 들면 泥炭, 亞炭, 草炭, 炭質頁岩 및 油母頁岩 등이 있는데 三菱(株)에서는 이와 같은 未利用資源을 「MFC 附 kiln系」에 사용하여 有効한 活用方法을 개발하였다. 本報告에서는 이것을 總稱하여 未利用資源이라고 부르는 기로 한다.

## 3. 未利用資源의 使用法

<그림-1>은 原料 mill系 및 kiln系의 process로서 그림 중의 ①, ②, ③은 未利用資源의 feed 位置를 나타낸 것이다.

① 및 ②와 같이 MFC系에서 feed 할 경우는



〈그림-1〉 製造工程에 있어서 未利用資源의 feed 位置圖

- ① MFC 流動層內로의 未利用資源 feed 를 표시함.
- ② MFC 流動層上으로의 未利用資源의 feed 를 표시한 것으로 이 경우는 未利用資源의 殘餘組成에 좌우되므로 어느 정도까지 塊狀으로 feed 하는 것도 가능하다.
- ③ mill系에서 原料와 같이 feed 하는 것으로 당연히 他原料와 같이 mill에 넣어 mill에서 微粉碎되어 preheater를 거쳐 kiln에 들어 가도록 된 것이다.

運轉中 問題가 전혀 없지만 ③과 같이 mill系에서 feed 할 경우에는 feed量 및 「未利用資源」의 性狀 등에 의해 preheater의 cyclone이 막히거나 垂直部, 導管部에 coating附着이 증가되어 trouble이 발생된다. 이러한 경우에도 MFC를 併用한 kiln에서는 거의 이러한 trouble發生 없이 正常的인 運轉이 가능하다.

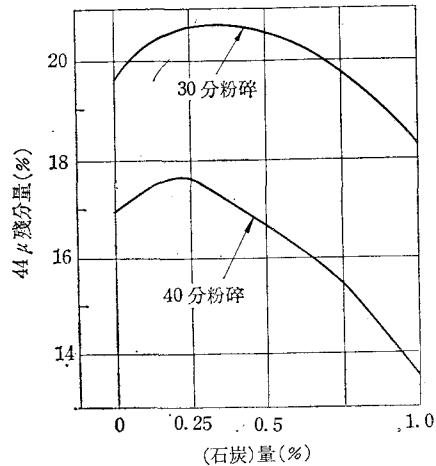
이와 같이 ①, ② 및 ③의 feed 방법은 單獨 또는 併用使用이 可能하지만 未利用資源의 性狀 등에 의해 검토하는 것이 효과적이라 하겠다.

以下 本報告에서는 ③의 方法에 의한 炭質頁岩의 利用에 대해서 記述코자 한다. 炭質頁岩은 石炭分을 약간 함유하고 있으며 그 칼로리는 수백칼로리 以下の 頁岩으로서 일반적으로 燃料로는 經濟性이 없지만 粘土原料로 이것을 사용함으로써 그 칼로리를 有效하게 이용할 수가 있다.

#### 4. 運轉狀況 및 效果

##### 4.1 原料 mill 關係

carbon block이 粉碎助劑로 有效하다는 것은 다 알고 있는 사실이지만 石炭의 粉碎助劑로서의 有效性에 대해서는 test mill에서의 試驗結果를 〈그림-2〉에서 보는 바와 같이 市販의 粉碎助劑



〈그림-2〉 石炭添加量과 原料中の 44μ 殘分

〈表-1〉 炭質頁岩使用前後의 粉碎電力量比較表

使用前	使用後					備考
	74/6月	7月	8月	9月	平均	
100	96.8	96.8	96.0	95.9	96.4	

註: 1) 使用前의 實績 6個月分의 平均을 100으로 하여 使用後의 實績을 比較함.

2) 原料精粉의 細度에 따라 粉碎電力量이 달라지므로 종래 實績에 의해 작성된 細度~電力量의 換算表로 補正했음.

<表-2>

炭質頁岩使用前後의 kiln 全系의 熱精算 對比表

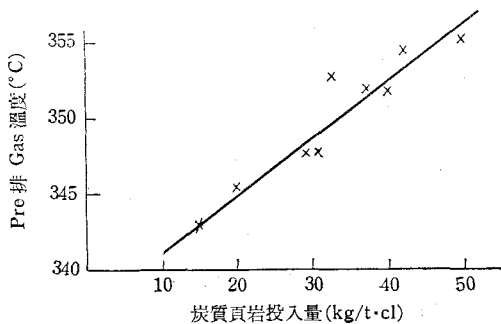
入 熱					出 熱				
項 目	使用 前		使用 後		項 目	使用 前		使用 後	
	kcal/ kg·cl	%	kcal/ kg·cl	%		kcal/ kg·cl	%	kcal/ kg·cl	%
重油의 燃燒熱 <sup>1)</sup>	791.6	96.5	738.7	91.4	크링카 燒成用熱	437.6	53.5	433.5	53.6
炭質頁岩의 燃燒熱			44.5	5.5	크링카 持去熱量	18.8	2.3	17.0	2.1
原料의 顯熱	13.0	1.9	12.9	1.6	콜라 排氣熱量	112.0	13.7	107.0	13.2
重油의 顯熱	3.4	0.4	3.2	0.4	原料附着水分의 蒸發熱	1.6	0.2	0.9	0.1
吹込空氣의 顯熱	9.8	1.2	8.9	1.1	preheater 排 gas 持去熱	157.8	19.3	165.2	20.5
					preheater 排 gas dust 持去熱	6.5	0.8	7.8	1.0
					燒成設備 放射熱量	48.3	5.9	47.1	5.8
					기타 熱量	35.2	4.3	29.7	3.7
合 計	817.8	100.0	808.2	100.0	合 計	817.8	100.0	808.2	100.0

註: 1) 入熱中 重油의 燃燒熱量은 kiln main burner 와 MFC burner 의 燃燒熱인.

이상으로 有効하다. 石炭分을 數 % 含有하고 있는 未利用資源을 사용한 實機의 成績은 <表-1>에서와 같이 3~4%의 mill用 電力을 節減시키고 있다.

4.2 kiln 關係

炭質頁岩을 이용했을 때의 kiln 運轉은 MFC 에 使用했을 경우는 操業이 安定化되는데 이는 燒成帶의 coating 이 대단히 견고하게 固着되며 coating 着脫이 상당히 줄어들고 燒成帶에서의 coating 附着 zone 이 길어짐으로써 燒成帶 煉瓦의 壽命이 延長된다. 앞에서도 말했듯이 MFC 를 사용하지 않은 경우 原料 mill 系에서부터의 炭質頁岩의 이용은 preheater 에서의 coating 附着 등 trouble 에 留意를 要한다.



<그림-3> 프리히타 排 gas 溫度와 炭質頁岩 混入量의 關係

4.2.1 炭質頁岩의 熱量消費狀況

炭質頁岩이 kiln 系에 持込하는 熱energy 의 소비는 <表-2> 및 <그림-3>에 表示되어 있으며 preheater 排gas 溫度 上昇分만 原料 mill 系의 乾燥에 이용되고 나머지 熱量은 kiln main burner 및 MFC burner 에서 燃燒되는 重油의 燃燒熱量과 함께 有効하게 活用되고 있다고 하겠다. 炭質頁岩이 갖고 들어 오는 熱量과 節減熱量과의 比를 <表-2>의 熱精算表의 數値에 의해 計算하면 아래와 같다.

$$\frac{\text{節減熱量}}{\text{持込熱量}} = \frac{817.8 - (808.2 - 44.5)}{44.5} = 1.22$$

이 값은 熱精算 結果에 의한 것이지만 실제로 月間運轉結果로 算出해도 1.0~1.3 으로서 月마다 약간의 차가 있으나 炭質頁岩의 持込熱量으로 보아 그 이상의 效果를 나타내고 있다.

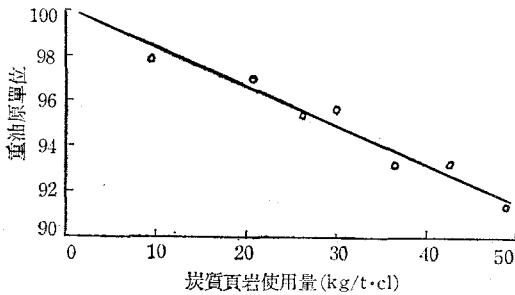
<表-3> cyclone 各段의 鍛燒率 比較表

頁岩 使用量	cyclone No.			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
0 kg/t-cl	100	100	100	100
20 "	103	121	98	101
30 "	120	118	98	100
40 "	126	120	100	103

이 사실은 炭質頁岩 사용에 의해 preheater 排 gas 溫度가 상승하게 되면 理論적으로 오히려 逆 效果를 가져 올 것 같지만 실제로 炭質頁岩을 使用함으로써 <表-3>에서 보는 바와 같이 preheater No. 1 cyclone(最下段 cyclone)의 煨燒率 이 상승되어 앞에서도 記述한 바와 같이 kiln의 安定運轉이 가능하게 되고 原料가 湧치는 現象이 라는가 浮석浮석한 코팅의 脫落 등에 의해 일시 적으로 重油使用量을 증가시키는 頻度가 減少되 는 것으로 推測된다.

#### 4.2.2 炭質頁岩과 重油使用量의 關係

炭質頁岩 使用量과 重油原單位의 關係는 <그림-4>에서 보는 바와 같이 直線的 比例關係를 갖 고 있으며 炭質頁岩의 증가에 따라 重油原單位는 저하한다.



<그림-4> 炭質頁岩 使用量과 kiln 重油原單位

#### 4.2.3 重油節減量

炭質頁岩 使用後의 重油節減量은 <表-4>의 月別實績數值로 表示한 바와 같이 使用後는 使用前에 비해 6~8% 저하되고 있다.

<表-4> 炭質頁岩 使用前後의 重油原單位比較

使用前	使用後				
	74.6月	7月	8月	9月	平均
100	91.8	93.5	93.6	92.2	92.7

#### 4.3 cement mill 關係

cement mill 系의 生産工程은 clinker 를 所定의 Blaine 值까지 粉碎하는 것으로 炭質頁岩의 사용에 의한 運轉上의 變化는 전혀 없다. 다음은 炭質頁岩 使用前後의 clinker 粉碎性 및 品質이 약간 變化하는데 대해서 記述한다.

##### 4.3.1 clinker의 粉碎性

炭質頁岩의 使用에 의해 clinker 粉碎性의 變

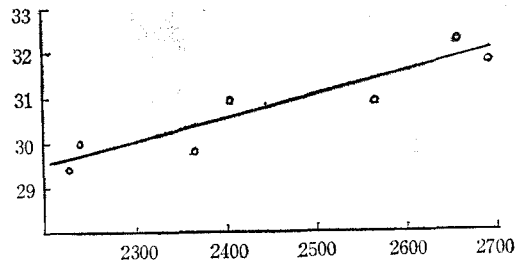
화는 전혀 豫想되지 않으나 結果적으로 粉碎性이 改善되는 것으로 判明되었다. 本實驗에서는 clinker 粉碎性의 難易를 하나의 指標로 하여 test mill의 回轉數(test mill에서 試料 clinker를 目標 Blaine 值까지 粉碎하는데 要하는 回轉數)를 알아 본 結果 <表-5>에서와 같이 活用前後의 差가 8%를 나타내고 있다.

$$\frac{\text{使用後 回轉數}}{\text{使用前 回轉數}} \times 100 = \frac{2,428}{2,645} \times 100 = 92\%$$

<表-5> 炭質頁岩 使用前後의 test mill 回轉數

使用前	使用後				
	74.6月	7月	8月	9月	平均
2,645	2,460	2,380	2,390	2,480	2,428

參考로 test mill의 回轉數와 噸당 粉碎電力과의 關係를 <그림-5>에 表示하였다.



<그림-5> test mill 回轉數와 噸당 粉碎電力

cement mill에 있어서 炭質頁岩의 利用前後의 cement 噸당 粉碎電力指數를 <表-6>에 표시했는데 이를 보면 利用後 電力은 利用前 電力에 비해 약 6% 低下되고 있다.

<表-6> 炭質頁岩 使用前後의 噸당 粉碎電力比較

使用前	使用後				
	74.6月	7月	8月	9月	平均
100	92.2	92.2	95.5	94.6	93.6

註: 시멘트 Blaine 值에 따른 噸당 電力差는 原料 mill의 경우와 같이 補正했음.

이상과 같이 粉碎性이 好轉되었는데 今後 理論적으로 밝혀 볼 하나의 課題라고 하겠다. 그러나 종래에도 kiln 運轉狀態가 매우 安定된 경우의 크 링카는 cement mill에서 粉碎效率이 향상되는 것으로 나타나고 있다. 炭質頁岩과 같은 類를 MFC에 活用함으로써 安定運轉을 할 수 있는 範

면 二次的인 効果로 粉碎性이 良好해지는 것으로 생각한다.

#### 4.3.2 시멘트 品質

炭質頁岩 使用前後의 clinker 品質을 수시로 試驗해 보았으나 특별한 변화는 없고 오히려 強度面에서 使用後가 약간 良好한 것으로 나타났다.

### 5. 結 論

以上과 같이 에너지 節減對策으로 未利用資源의 활용에 대해서 개략적으로 記述했는데 이것을 요약하면 다음과 같다.

1) 현재 활용중인 炭質頁岩은 熱에너지를 절감할 수 있으며 原料 mill에서 粉碎助劑的인 역할을 하게 됨으로써 原料 mill系의 費消電力을

3~4% 節減할 수 있다.

2) 燒成工程에서는 炭質頁岩이 갖고 들어오는 熱에너지 이상의 重油를 節減하게 되며 현재까지의 實績으로는 종래의 重油原單位를 7~8% 節減할 수 있었다.

3) 炭質頁岩 活用時의 clinker 粉碎性은 더 良好하며 따라서 cement mill의 粉碎動力은 약 6% 節減된다.

以上과 같이 豫想 이상의 效果를 얻음으로써 MFC에 활용할 경우 kiln의 燒成能力增大와 長期安定運轉 그리고 에너지 節減에 有効하다는 것이 證明되었다.

以上 energy 節減對策으로 未利用資源의 一例를 들어 개략적으로 記述하였는 바 이것이 큰 참고가 되기를 바란다.