

# 省에너지(Energy Conservation)와 시멘트

崔 權  
崔 康 淳 譯  
〈雙龍洋灰(株)中央研究所〉

최근 시멘트 製造技術은 눈부시게 진보하여 燒成플랜트의 새로운 타입 즉 SF, RSP, Prepol, Gepol, KSV, 등이 개발되었고 플랜트의 大型化에 의해 日産 6,000톤에 이르게 되었다.

이러한 시멘트 燒成플랜트의 프로세스 開發, 大型化 및 自動化로의 方向은 오일쇼크 이후 그 어느것도 省力化, 省에너지와 關係하지 않는 것이 없다. 이는 시멘트 産業이 大量 에너지 消費 産業이기 때문이다.

世界各國의 최종 에너지 消費者에 근거한 北大西洋條約機構의 CCMS(Committee on the Challenges of Modern Society)의 데이터 (<表-1> 參照)를 보아도 總 에너지의 1/3 以上(30~60%)

<表-1> 에너지 最終消費者의 類形別 比較(%)

Country	Industry	Transport	Buildings	Data source
Belgium	51.7	10.5	37.8	a
Denmark	26.2	17.2	56.5	a
France	48.5	16.1	35.4	a
FRG	41.2	18.3	40.5	b
Ireland	34.4	18.9	46.7	a
Italy	49.5	17.2	33.3	a
Luxembourg	81.2	5.6	13.2	a
Netherlands	41.3	13.5	45.2	a
U. K.	45.9	14.4	39.7	a
EUR-9	42.0	16.2	41.8	a
Canada	31.6	28.6	39.8	c
Greece	40.0	42.0	18.0	d
Japan	61.0	17.8	21.2	e
Sweden	51.8	5.1	43.1	f
U. S.	40.0	30.7	29.3	g

이 産業用으로 쓰여지고 있음을 알 수 있으며, 이 産業用 에너지의 대량 消費産業으로 CCMS가 選定한 事實과 美國의 경우 시멘트 産業이 에너지 소비순위 6위를 占하고 있다는 事實로서도 産業用 에너지 消費中 시멘트 産業이 차지하고 있는 比重이 큰 것을 實感할 수 있다.

本稿는 1976年 美國 시카고에서 열린 “12次 國際 시멘트세미나”(12th International Cement Seminar)에서 다루어진 主要內容과 1974年 北大西洋條約機構 傘下 CCMS(1969年 NATO 外相會議에 의해 創設된 機構로서 國際的 이슈의 問題解決을 目的으로 한다)의 報告書 “The Cement Industry”를 中心으로 시멘트 産業에서의 에너지 重要性을 紹介하고자 한다.

## 1. 代替 에너지의 必要性

우리나라 石灰石 및 石炭의 可用年數와 動力資源部의 “長期에너지對策”을 먼저 調査하여 보면 將來 시멘트 産業에서의 代替 에너지에 대한 心配이 쉽게 認識될 것이다.

우리나라 地下資源中 무진장 묻혀있는 石灰石은 그 推定埋藏量이 자그마치 400億톤에 이르고 있다. 77年の 石灰石 生産量이 2천2백7만2천여 톤이었으므로 아무리 需要가 急增한다해도 거의 1千年 동안은 걱정없을것 같다. 한편 우리나라 國民 80%가 쓰고 있는 「生活의 불」 石炭의 採炭可能 埋藏量은 약 6億톤, 새로운 炭鑛을 發掘하면 약 10億톤에 이를 것으로 推定된다. 供

給이 需要를 따라가지 못하지만 78年 豫想需要 1920萬톤에서 每年 5, 6%가 需要가 增加될 것으로 計算할 때 앞으로 50年은 採炭하여 使用할 수 있을 것이다.

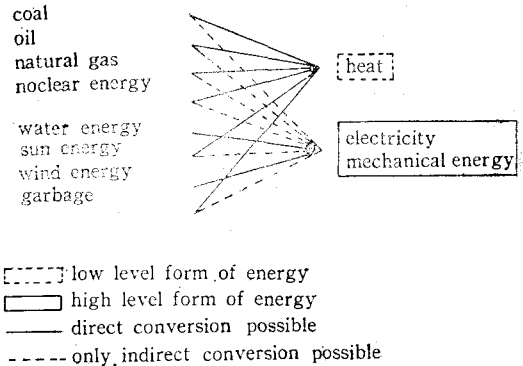
그리고 政府(動力資源部)가 淸정한 長期에너지對策의 基本方向은 石油依存度를 淸대한 줄이고 대신 原子力과 輸入有煙炭比重을 크게 높이고도록 되어 있다. 政府의 이런 施策은 주로 美國 MIT의 “代替에너지戰略 위어크숍”(WAES) 報告書에 근거하고 있는 바 이 WAES는 石油의 可用年數를 20~40年, 우라늄 可用年數를 60~120年 특히 石炭은 200年으로 보고 있다. 이러한 化石燃料의 高갈에 따라 1995年頃에 큰 危機가 초래될 것으로 이 報告書는 淸상하고 있다. 이러한 제 2의 에너지 危機에 대처하기 위한 政府의 長期에너지對策 즉 發電源 및 産業用燃料를 輸入資源인 우라늄과 有煙炭으로 주도한다는 데도 一抹의 불안이 없지 않다.

以上에서 언급한 여러가지 사실에 立脚한 시멘트 産業에서의 代替 에너지 필요성은 그리 먼 將來의 일이 아닌 매우 긴박한 일로 부각되고 있다

## 2. 代替 에너지의 可能性 및 結果

에너지源을 論할때, 1次 에너지와 消費者 에너지 그리고 高品位 에너지와 低品位 에너지에 관한 差異가 종종 엄격히 區分되고 있다. 液體狀態의 熱에너지 즉 原油와 같은 天然資源 形態인 것을 1次 에너지라고 하며 실제 사용상 熱 또는 電氣와 같은 다른 形態로 轉換된 效果의인 에너지를 消費者 에너지라 한다.

에너지의 質은 어떤 一定量의 에너지가 機械的 에너지로 완전히 사용될 수 있느냐에 따라 좌우된다. 그러므로 電氣는 高品位 形態의 에너지이다. 그러나 熱은 어떤 工程(예를들면 蒸氣터 어빈)에 의해서만 機械的인 에너지로 바뀔 수 있다. 이와같은 工程은 熱力學 第2法則에 支配를 받고 있기 때문에 供給熱의 一定比率만이 高品位 에너지形態로 전환될 수 있으며 나머지는 損失熱이 된다. <그림-1>은 主要 에너지源 즉 1次 에너지에 대한 最終 消費者 에너지로의 轉換類型을 各各 나타내고 있다.



<그림-1> 1次에너지源의 最終 消費者 에너지로 轉換類型

### 1) 시멘트産業의 에너지 需要

현 時點에서의 시멘트 1톤 生産에 必要한 에너지 量은

高 品位	$100KWH=3.6 \times 10^2 MJ$
低 品位	$8 \times 10^5 Kcal (=2.8 \times 10^6 Btu/st)$ (or $930KWH$ ) $=33.5 \times 10^2 MJ$

合計 약  $36 \times 10^2 MJ$

실제로 低品位 形態의 에너지는 電氣形態와 같은 高品位 에너지에 의해 얻어질 수 있다. 예를 들면 炭素 電極의 放電에 의해 熱이 發生되는 것이다. 한편 2次 世界大戰 동안 스위스 Holderbank의 Gygi 博士에 의해 에너지 轉換이 技術的으로 可能하다는 것을 입증하기 위한 研究가 수행되었다.

그러나 알려진 바에 의하면 실제로 모든 電氣는 熱에너지로 만들어지고 있으며 이때 熱損失은 65~70%에 이르고 있다. 누구나 이런 方法은 위에 언급한 930KWH를 얻는데 3배에 가까운 熱 에너지를 더 必要로 하기 때문에 經濟的으로 불가능하다는 것을 알 수 있을 것이다. 물론 Gygi 博士 역시 이러한 事實을 알고 있었다. 이 研究의 理由는 戰爭 동안 外國의 政治 움직임에 관계 없는 發電만이 스위스가 利用可能한 에너지였기 때문이다.

以上の 檢討結果 시멘트 製造에 低品位 에너지 形態는 항상 매우 큰 比重을 차지할 것이라고 말할 수 있다.

2) 低品位 形態 에너지 : 에너지源과 生産量

다음 段階로, 低品位 에너지 形態의 使用可能한 에너지源과 그 生産量에 관한 問題가 檢討되어야 한다. 에너지源은 <그림-1>에 나타나 있다. 우리가 실제 고려하고 있는 에너지源은 石炭, 가스, 石油, 廢燃料, 그리고 原子力 뿐이다. 이러한 1次 에너지들 中 시멘트 工場에 어떠한 것이 使用可能한지에 대하여 擧論될 것이다.

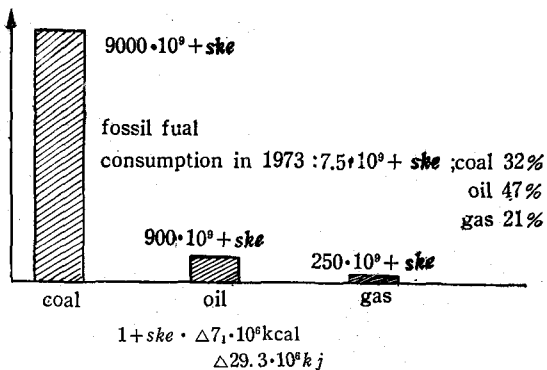
<그림-2>는 알려진 石炭, 石油 및 가스 埋藏量에 관한 要約이다. 우리가 正確히 언제 가스와 石油을 다 써버릴 것인가라는 假設的인 理論에 근거를 두고 計算하는 것은 時間浪費일 것이다. <그림-2>의 數値에서 다음과 같은 사실을 推測할 수 있다.

① 天然가스의 生産은 一時的 일 것이다.

② 石炭, 石油, 가스는 현재와 같은 消費率로 계속된다면 石油埋藏量이 石炭埋藏量보다 15倍 短縮될 것이다.

위 事實의 重要한 結果로서 石油은 石油産業의 原料로서 점점 比重이 증가되어 石炭利用으로의 轉換壓力이 커질 것이다. 天然가스의 제한된 供給은 가능한 한 産業用에서 家庭用으로 위축될 것이다. 이것은 社會形態學的 觀點에서 더욱 그러하다.

이러한 여러가지 觀點에서 볼 때 시멘트 産業은 使用燃料을 石炭으로 반드시 轉換해야 할 것이다. 그러므로 우리는 소수의 産油國, 앞으로 닥칠 에너지危機, 그리고 石炭使用을 강요할 價格政策뿐만아니라 단순한 長期的 1次 에너지 狀況에 좌우될 것이다.



<그림-2> 化石燃料資源

3) 廢燃料

여기서 廢燃料란 用語는 可燃性物質을 포함하고 있는 가스狀, 液狀 또는 固體狀態의 物質로서 일반적으로 한 두가지 이유때문에 産業用 燃料로 사용되지 않는 것을 가리킨다.

대개의 가스狀燃料은 固體, 液體 또는 氣體燃料로 만든다. 예를들면 코오크 오븐가스(製鐵産業用 코오크 生産에 따른 副産物), 熔鑛爐 가스, 石油가스, 石炭가스 등 이러한 가스 대부분이 廢燃料로 分類될 수는없다.

獨逸 Reinstahl—Hüttenwerke의 Mülheim 工場에서 코오크 오븐가스를 고급연료와 혼합하여 成功的으로 사용한 예가 있다. 鹽素物質 製造工場 같은 化學工場의 副産物 그리고 廢潤滑油 등의 液體 廢燃料은 시멘트 産業에 있어서 매우 重要한 意味를 갖는다.

이에 관하여 Holderbank 그룹의 여러공장에서 廢鹽素 燃料 뿐만아니라 廢潤滑油의 사용이 여러해동안 성공적으로 시행되었음이 注目되고 있다.

넓은 意味의 固體 廢燃料로서 우리는 亞炭, 油頁岩, 타르샌드, 歷淸物質, 泥炭, 木炭, 쓰레기 등과 같은 物質을 생각한다. 東유럽 國家의 여러 시멘트 工場에서 亞炭을 燃料로 사용하고 있으며 또한 뉴질랜드의 Burn-side 工場에서도 亞炭을 성공적으로 사용하고 있다.

油頁岩과 타르샌드는 全世界的으로 散在되어 있다. 美國과 브라질의 埋藏量이 가장 많은 것으로 報告되고 있다. 시멘트 産業에서의 利用은 獨逸 Portland Zementwerke Rudolf Rohrbach의 Dotternhausen 工場에서 실시되었는데 여기서 큰 熱消耗의 20% 이상을 油頁岩으로 충당하고 있다.

泥炭은 이끼, 나무, 그리고 여러 植物이 部分的으로 分解되어 생기는 水分含量 85~95%의 黑褐色 또는 검정색 殘溜物이다. 乾燥된 泥炭의 代表的인 分析値는 다음과 같다.

—濕分	25.6%
—灰分	4.6%
—揮發分	48.5%
—固定炭素	21.3%

- 硫黃 0.25%
- 發熱量 3900Kcal/kg

틀리는 바에 의하면 아일랜드의 한 시멘트 工場이 泥炭의 燃燒裝置를 設計하여 操業하고 있다고 한다.

우간다의 한 시멘트 工場도 상당량의 木炭燃料을 사용하고 있는 것으로 알려져 있다.

쓰레기의 主要 各 成分은 物理的, 化學的 特性值에 따라 크게 나누어진다. 廢棄物중의 比率은 자주 변한다. 廢棄物의 代表的인 組成, 熱量, 產出比率은 아래와 같다(벨지움 統計)

- 종이類 32.7%
- 有機物 22.6%
- 유리 7.1%
- 플라스틱 6.1%
- 鐵金屬 4.2%
- 灰分, 鑛物 21.4%
- 其他 5.9%
- 低 發熱量 2100Kcal/kg
- 產出比率 1~2Kg/day, per capita

英國의 어떤 시멘트 工場에서 쓰레기를 燃料로 사용하는 試驗이 成功的으로 수행되었다.

廢燃料을 키른 시스템에 導入하는 데는 根本的으로 세가지 可能性이 있다; 燒成帶로의 供給, 프리히터의 適當한 位置로 供給, 原料와의 混合供給 등

이러한 세가지 可能性 모두가 實驗되었다. 그러나 첨가될 수 있는 廢棄物의 量에 약간의 제약이 따르는데 이 제약에 대한 理由는

- ① 쓰레기 添加가 火焰溫度를 낮춘다.
- ② 燒成帶에 燃燒物質以外 것이 導入되면 링을 形成하게 한다.
- ③ 이러한 不燃燒物質은 크링카에 包含되어 그 品質을 낮춘다.

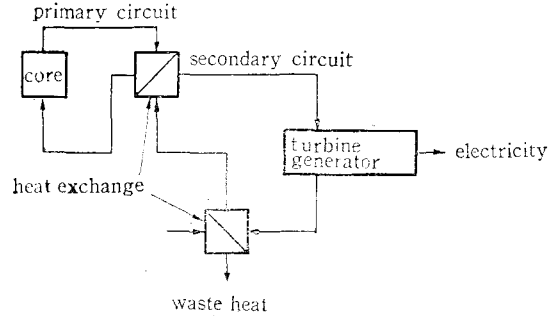
결론적으로 우리는 廢燃料 燃燒가 시멘트 産業에 알맞다고 말할 수 있다. 앞으로 工程과 要件에 따른 條件이 일치하면 그리고 價格이 받아들여 질 수 있다면 에너지源으로서 쓰레기의 사용은 확실하다.

#### 4) 핵 에너지

시멘트 産業에 있어서 세번째로 가능한 에너지

源은 핵 에너지이다. 어느 정도로 핵 에너지가 效果的인 熱源으로 현재 또는 장래에 고려될 수 있는지가 간단하게 論議되었다 (<그림-3>에 原子爐의 原理를 表示하였다).

核分裂과 核融合爐 사이에는 큰 差異가 있다. 즉 거의 全部 原子核이 한개의 핵原子核으로



<그림-3> 原子爐의 原理

消散 에너지에 의해 融合되는 核融合爐는 아직 研究段階 조차 이르지 못하는 反面에 核分裂爐

<表-2> 原子爐의 種類

type	cap MWel	temp °C	remarks
light water	1200	≤290	tested, beginning of standardization type for the next 20 years, only for electricity
heavy water	750	≤290	natural Uranium as fuel, in Canada and England, only for electricity
high temp. gas cooled reactor	670	800 (950)	under development, He as cooling gas, no date for the first plant, for electricity and /or process heat
fast breeder	250	≤290	under development, liquid Na as cooling medium, first plant not before 1995, only for electricity

의 特定 타입은 상당한 技術水準에 이르렀다.

<表-2>는 核融合爐의 여러가지 타입과 開發段階를 나타내고 있다.

가장 높은 開發水準은 輕水反應爐에 의해 이루어졌다. 이러한 反應爐는 성공적으로 實驗되었으며 규격화되었다. 앞으로 20年內에 가장 普遍的으로 사용될 反應爐 타입이다. 重水反應爐

는 캐나다에서 처음 사용되었으며, 최근에는 英國에서도 사용되고 있다. 高速增殖爐는 아직 開發段階에 있으므로 1995年前에 輕水反應爐의 技術水準에 이르지 못하는 것이다. 이러한 타입이 갖는 長點은 消費하는 燃料보다 더 많은 燃料(플루토늄 239)를 增殖하는 것이다.

위에 언급한 세가지 타입은 모두 最高온도가 300°C 以下인 共通點을 가지고 있다. 이러한 낮은 溫度는 燃料成分에 관한 技術, 冷却方式, 사용되는 減速材에 기인한다.

우리는 熱源을 기대하지만, 이러한 세가지 타입은 溫度水準이 적당치 못하기 때문에 더 이상 거론할 필요가 없다.

溫度를 고려하면 얼핏보기에 소위 “가스 冷却 高溫 反應爐”라고 하는 것이 더 좋을 것 같다. 이 反應爐 타입은 아직 開發段階에 있지만, 900°C 以上の 가스온도를 冷却하는 것이 1次 싸이클에서 일정 기간동안 이루어졌다. 앞으로 20 年안에 連續運轉中에 900°C의 溫度를 갖는 反應爐가 될 가능성이 있다.

현재 이런 程度의 發生熱을 發電에 사용해야 할 것인지 또는 工程熱源으로 직접 이용되어야 할 것인지가 論議되고 있다. 시멘트 産業에서 이와같은 熱源의 利用은 2次 또는 3次 싸이클을 통해서만 가능하기 때문에 실제 使用溫度는 800~850°C로 낮아질 것이다. 그러므로 직접적인 熱源으로서 이러한 反應爐의 發生熱 이용은 크링카 生産 또는 煨燒에 불가능하다.

그렇지만 工程 熱源으로서 앞서 언급한 高溫 反應爐의 사용은 시멘트 産業에 間接적으로 중요한 意味를 갖는다. 현 時點에서 反應爐의 熱을 이용하기 위해 開發段階에 있는 가장 중요한 工程은 石炭의 蒸氣氣化和 水素化合 氣化이다. 이 두 工程에서 우리에게 가장 興味를 끄는 製品은 인공가스인 메탄이다.

메탄의 사용은 앞에서 언급한 바 있는 천연가스와 같다. 우선 이것은 家庭煖房과 化學工場의 基本原料로서 사용될 수 있다. 그러므로 메탄은 制限된 1次 에너지源으로 생각해서는 안되기 때문에 시멘트 産業에서 메탄의 사용을 더 이상 排除할 필요는 없다. 현재로서는 크링카 生産에 反應爐의 직접응용은 불가능할 것 같다.

反應爐熱로 原料의 완전한 煨燒조차도 앞으로 40~50年 동안 생각할 수 없다.

인공메탄의 燃燒에 의한 工程熱로의 間接使用은 가능하지만 아마도 經濟性이 없을 것이다.

모든 타입의 廢棄物 燃燒에 의한 熱發生은 가능하므로 급속히 研究되어 사용될 것이 확실하다.

長期的으로 石炭은 시멘트 産業에 주요 熱에너지源이다. 그러므로 長期計劃立案에 이러한 사실은 반드시 고려되어야 한다.

### 3. 에너지에 관한 認識

12차 세계 시멘트 세미나에서는 주로 에너지 消費節減을 위한 技術應用이 論議되었다. 그러므로 여기서는 시멘트 利用과 製造에 관한 工程, 技術을 改善하기 위하여 傾注하여온, 해야할 重要 研究 開發努力을 특히 強調할 것이다.

1973年末 에너지 危機 이후 시멘트 産業에는 많은 文獻이 副産되었다. 3年이라고 하는 짧은 기간 동안 우리는 시멘트 製造工程에서의 에너지 關聯 技術論文이 數世代의 革新에 상당함을 보아왔다. 美國의 경우 시멘트 工場에서의 省에너지에 관한 文獻 檢討는 다음과 같이 3段階로 나눌 수 있다.

- ① 유럽·日本 등과 같은 에너지 인식 國家에서 사용중인 工程, 裝置의 電力 및 熱量 消費가 美國에서 실제 操業中인 것과 큰 差異가 있음을 認識했다.
- ② 美國 시멘트協會(PCA)의 報告書(Energy Conservation Potential in the Cement Industry)와 一連의 세미나(1975年 10·11月 샌프랜시스코에서 열린 Energy Management in the Cement Industry에 관한 세미나)가 FEA(Federal Energy Administration)의 督勵에 의해 이루어졌다.
- ③ NATO에서 결성한 CCMS의 報告書 CCMS 報告書에서는 美國, 西獨, 英國, 이태리 등 시멘트 産業의 에너지 소비패턴이 요약되어 있으며, 에너지의 좀 더 나은 善用을 위해 研究 努力을 필요로 하는 분야가 合意되어 있다. 專門家들은 24個의 研究·開發테마를 확정하였는데 이들 각 테마는 시멘트 製造에 필요한 에

너지의 절감을 보장하거나 기대하는 것이다.

各 研究·開發테마의 성공여부는 裝置 製造業者, 시멘트 工場 實務者, 시멘트 콘크리트 使用者, 關係當局(規格協會 등과 같은) 사이의 相互協助에 크게 좌우된다. 研究所 등에서 1~3年間에 걸친 實驗에 의해 技術的인 어려움이 解決되더라도 關係當局과 實需要者들이 어떻게 그결과를 받아들일지는 불확실하다. CCMS에서는 이러한 研究가 完結되는데 5~10년이 소요될 것으로 추정하고 있다.

CCMS가 選定한 24個 研究·開發테마중에서 우선순위가 높은 9個 테마는 다음과 같다.

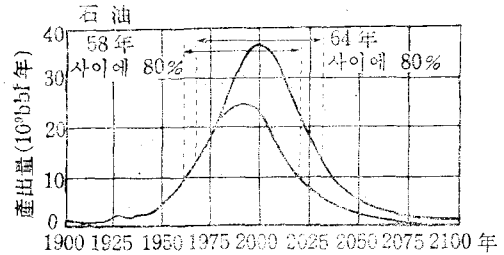
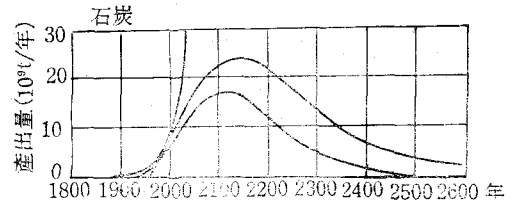
- ① 混合 시멘트의 特性和 制限
- ② 시멘트 粒度와 分布가 콘크리트에 미치는 影響
- ③ 크링카 粉碎助劑가 시멘트 性質에 미치는 影響과 粉碎助劑의 規格制定
- ④ 原料의 粒度, 粒子 分布가 시멘트 製造에 미치는 影響
- ⑤ 알카리 骨材 反應에 관한 研究
- ⑥ 알카리 含量이 많은 原料를 사용하여 低 알카리 시멘트를 製造할 때 4段 프리히터를 프리칼시너로서의 使用
- ⑦ 키른 다스트중의 알카리 固定
- ⑧ 黃酸鹽 含量이 크링카 粉碎能力에 미치는 影響
- ⑨ 시멘트에 石膏 添加의 制限規格과 添加劑로서 石膏의 代替可能性

#### 4. 새로운 技術革新과 實現 可能性

새로운 技術의 가능성을 살피고 그 실현가능성에 대해서 檢討하기 위해 우선 에너지 形態에 대해서 생각해 보기로 한다.

##### 1) 새로운 에너지源 出現可能性

에너지資源으로서 石油의 可用年數를 檢討한 報告는 많지만, 埋藏量發見水準 및 消費量의 增加比率에 따라 상당한 차이가 있다. 그러나 M. K. Hubbert는 <그림-4>에 나타난 바와 같이 1990~2000년 경에 產出 피크가 올 것으로 推測했다. 石炭은 埋藏量의 絶對值가 많아서 產出 피



<그림-4> 石炭 및 石油의 產出사이클

이크는 2100~2150년일 것으로 시사하고 있다. 政府가 확정한 長期에너지 對策의 基本方向은 石油依存度를 최대한 줄이고 대신 原子力과 輸入 有煙炭의 比重을 크게 높이도록 되어 있다. 石油의 의존도는 76년의 56%에서 (81년에는 64까지 增加 豫想) 오는 91년에게는 50% 水準으로 낮추고 原子力과 有煙炭은 76년의 4%에서 91년에는 40%로 대폭 늘린다는 것이다. 無煙炭과 水力 등 國內資源 依存率은 76년의 40%에서 91년에는 10%로 대폭 줄어든다. 石油는 물론 有煙炭도 國內에는 거의 없고 우라늄 역시 長期的으로 輸入에 의존해야 한다. 따라서 石油의 消費節約 그리고 有煙炭과 核燃料의 장기안정 확보는 불가피하다. 石油 消費節約의 한 方案으로 멍커-C油 燃燒設備를 有煙炭設備로 바꾸고 이를 새로 짓는 工場부터 段階的으로 誘導해나감에 현재 設備를 有煙炭設備로 바꿀 경우 필요한 金融 및 稅制支授도 고려한다는 것이다. 기름만을 때는 發電所는 현재 建設中인 것을 제외하고는 더 이상 建設하지 않으며 82年으로 油類 專燒 發電所建設은 중지부를 찍게 되어 있다.

이러한 에너지源 및 政府施策에 따라 앞으로 짧은 기간동안은 시멘트 產業에서도 계속 重油를 주로 사용할 것으로 쉽게 생각되지만 이후에는 에너지 形態가 製造工程을 支配하여 에너지源의 轉換은 革新的 技術의 出現을 가능케 하고, 시멘트 製造技術도 크게 변할 것이다.

## 2) 새로운 技術展開 可能性

중래 새로운 技術革新의 發展經緯를 보면 이 것이 널리 사용되기 전에 반드시 誘導期間인 것이 있다. 그 期間은 技術內容에 따라 다르지만 시멘트 産業과 같이 比較的 單純하지만 大型化되어 있어 投資額이 큰 것에서는 比較的 長期間을 요한다. 따라서 현재 技術의 延長線上에서 바로 응용가능한 것을 별개로 하면 10~20年後에 예상되는 미래의 技術은 시멘트 産業에 相關한 技術分野의 特許 및 技術進捗狀況을 보면 그 萌芽를 豫測할 수 있다.

시멘트 製造原價의 50% 이상을 電力 및 燒成用 벵커-C油 費用이 점하고 있다. 따라서 에너지 消費節減은 중요한 課題인데 이에 대한 對策으로 粉碎 및 燒成 프로세스中에서 가까운 장래에 檢討될 項目을 列擧하여 보면,

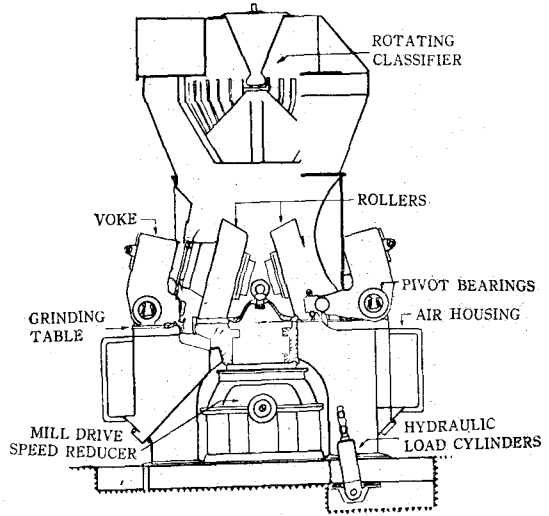
### (1) 粉碎 프로세스

에너지 利用率과의 관련으로도 확실하듯이 금후 技術開發餘地가 많다.

#### a) 롤러 밀 (roller mill)

최근 시멘트 原料의 粉碎에 중래 밀과는 전혀 構造가 틀린 롤러 밀이라고 불리는 것이 사용되고 있다. 이 種類의 밀은 주로 獨逸에서 開發된 것으로 Loesche 밀, Pfeiffer 밀, Pollysius 밀 등의 形式이 있다. <그림-5>에서 보는 바와 같이 高速으로 回轉하는 水平圓板에 1개 또는 2개의 롤러가 스프링 또는 油壓에 의해 눌리게 되어 있으므로 原料는 圓板과 롤러에 끼어서 분쇄된다.

本體의 下部에서 熱風을 불어 넣어, 粉碎된 原料는 乾燥되면서 上部 클래시파이어로 불어올린다. 이 밀의 特徵은 裝置의 重量, 設備費 및 차지면적 등이 현저히 작다고 하는 것 외에 電力消費量도 대폭 낮출 수 있다. 그러므로 原料粉碎로의 採用은 더욱 增加할 것이다. 세파레이타를 포함한 風(fan)의 動力消費 低減, 보다 廣範圍한 粒度, 硬質原料의 對策, 機械의인 信賴性 向上 등이 金후 도모되어야 할 것이다. 크링카 粉碎의 應用에 대해서도 研究되어 一例로서  $30\mu$  잔사 85%, 브레인  $2700\text{cm}^2/\text{g}$ 에  $29\text{Kwh}/\text{t}$ 로 報告되고 있으므로 粒度 粗成을 시멘트品質에 적합하



<그림-5> 로슈-밀

게 하기 위한 研究가 필요하다.

#### b) 豫備 粉碎機와 볼 밀의 組合

原料 밀에 대해서는 金후 實績에 따라서 採用狀況이 변한다. 그러나 動力面에서는 롤러 밀에 떨어지기 때문에 信賴性, 設備投資, 처리된 原料의 性狀 등과 관련해서 新設의 경우 어느정도 採用될 것인가 金후 주목해야 할 것이다.

#### c) 기타의 方式

高壓蒸氣로 충격을 주는 슈나이더方式, 臨界速度보다 빨리 回轉시키는 超臨界 밀, 斷面이 圓形과는 달리 四角으로 하는 밀 등 여러가지가 提案되고 있지만 現 時點에서의 實現可能性은 적다 粉碎機構에 대한 提案中에서 유망한 것은 거의 없는데 大型化를 前提로 하면 더욱 그러하다. 그러나 세파레이타에 대해서는 合理的인 分級機構를 바탕으로 한 더욱 效率的인 開發이 行하여질 것이다.

### (2) 燒成 프로세스

大量生産, 低  $\text{NO}_x$  등의 問題 때문에 金후 增設 또는 改造는 當分間 NSP 타입만이 可能할 것이다. 1975年 日本 시멘트 生産量의 약 70%가 SP 및 NSP에 의해 製造되었다. SP 化率(NSP 包含)은 金후 더욱 上昇할 것이므로 앞으로 開發될 新技術은 NSP 보다 더 우수한 經濟的 效

果를 갖지 않으면 안된다. 이 NSP의 特徵은 SP와 키른 中間에 煨燒裝置가 設置되어 있는 것으로서 프리히터에서 豫熱된 組合原料는 煨燒裝置에서 補助燃料에 의해 더욱 강하게 가열된다. 이때문에 原料中の 石灰石 主成分인 炭酸칼슘이 分解되는 比率(脫酸率)이 從來 30~40%이었으나 90% 前後까지 높아지므로, 그 결과 키른의 燒成能力은 內容積當 약 2倍로 增大한다. 開發된 NSP를 나열하면 FLS(F. L. Smith), SF(石川島播磨重工) KSV(川崎重工), MFC(三菱重工), RSP(川崎重工) 등이 있다.

a) 豫熱 및 燒成裝置

우선 SP 및 NSP의 改良型이 고려될 수 있다. 이를 위해서는 로타리 키른을 사용하지 않거나, 또는 대폭 작게 하는 것이 생각되는데 F.L. Smith社의 아이디어도 이것에 屬한다. 다만 화염의 길이 및 크링카 反應에 필요한 溫度와 時間을 생각하면 로타리 키른의 길이는 現在의 30%가 限度일 것이라고 推定된다. 로타리 키른을 사용하지 않는 방식에는 流動層, 噴流層 등이 있으며 이에 관련된 아이디어 特許도 많아 몇가지 實施 例도 報告되고 있다.

이중 하나는 佐成氏 등의 펠레트(pellet)를 이용한 流動層 燒成으로서 燃燒室 熱負荷는  $1.5 \times 10^7 \text{Kcal/m}^3\text{h}$ 로서 200ton/d까지 設計를 마친 상태이다.

流動層에 있어서 전혀 새로운 아이디어로서 Thermo Electron Corp의 though calciner kiln과 로타리 키른을 組合한 것, 階段狀으로 흘러내리는 Harrop Ceramic Service Co의 Hoc calciner 등도 報告되고 있지만 어느 것도 未知數이다. 극히 高溫에서 짧은시간 동안 燒成을 종료시키든가 또는 容融狀態로의 反應을 행하든가 크링카를 燒成하는데 있어서 지금까지와는 다른 관점에서 研究를 진행하기도 한다. 原子力에 의한 에너지 응용에는 상당한 시간 이 걸릴 것이다. 鐵鋼 등에는 具體적으로 應用研究가 進行되고 있는 상태이다. 시멘트 燒成에 있어서도 근본적으로 發想을 轉換한 研究가 進行될 때가 언젠가는 도래할 것이다.

b) 冷却裝置

현재 많이 이용되고 있는 쿨러는 熱效率이 60~70%이지만 충분하다고 말하기는 어렵고 剩餘空氣와 紛塵處理를 위한 設備 投資도 크고 종종 長期連續 安定運轉을 妨害하는 요인도 있다. 이러한 問題點을 해결하기 위한 여러가지 흥미 있는 方法이 提案되어 實績도 發表되고 있다. 이런 方法中 하나인 空氣 循環式 그레이트 쿨러는 剩餘空氣를 回收해서 재순환시키는 방식으로서 쿨러 效率의 上昇과 排出空氣量 減少도 가능하다. 쿨러의 排熱利用은 石炭, 原料 또는 混合材 스톱의 乾燥 등에 실제 應用되지만 무엇보다도 排出量을 減少하는 것이 바람직하다.

다음으로 고려되는 것은 그레이트 中間에 粉碎機를 갖는 Combination Stage cooler로서 이것은 冷却效率이 높다. 더우기 第1段 쿨러의 剩餘空氣를 減少시키는 것으로서 1段 쿨러는 400°C 程度까지 冷却하여 이것을 粉碎해서 소위 g-쿨러에 넣어 여기서 2~3時間에 걸쳐서 空氣와 크링카를 非接觸 狀態 100°C 以下까지 冷却하는 前·後段 쿨러 組合 크링카 冷却裝置가 있다. 動力消費는 第1段 쿨러와 합쳐서 5Kwh/t 크링카이다.

사태라이트 쿨러는 使用動力이 적고, 運轉이 容易, 剩餘空氣 設備도 불필요하다고 선전되어 全世界에서 사용되고 있으나 실제 서서히 냉각하는데에 따른 크링카 品質 低下, 耐火物 損傷, 크링카 冷却 不充分, 驅音 등 問題點이 많다. 그러나 우수한 特徵도 있기 때문에 더욱 개량되어 갈 것이다.

앞으로 시멘트 産業에 있어서 技術革新의 方向은 省에너지, 省力, 環境과의 調和에 있다. 그러나 單位 生産量當 消費에너지를 현재보다 더 줄이는 問題는 設備投資에 대한 제약 때문에 그 可能性은 매우 적다. 그렇지만 현재의 우리나라 시멘트 業界에서는 항상 海外先進技術의 進歩狀況을 調査·推測하여 效率의인 研究와 開發을 행하므로써 새로운 에너지源으로의 轉換, 產油國을 포함한 開發途上國의 시멘트 生産設備 需要, 現 製造技術의 向上 등에 能動的으로 대처해 나가야 할 것이다.