

# 시멘트 産業에 있어서의 에너지 문제

朴 炳 哲

〈雙龍洋灰工業(株) 常務理事〉

- ◇…… 筆者註 : 지난 6월 1일부터 6월 6일까지 6日間 日本 東京에서 「시멘트産業에 있어서의 에너지문……◇
- ◇……제」라는 主題의 심포지움이 개최되었다. 이 심포지움은 日本生産性本部(JPC)와 日本通産省(MITD)……◇
- ◇……의 후원으로 아시아生産性本部(APO)가 主擧한 것이다. ……◇
- ◇…… 이번 심포지움에는 韓國을 비롯하여 自由中國, 인도, 인도네시아, 네팔, 파키스탄, 필리핀, 스리랑……◇
- ◇……카, 泰國 등 9個國에서 12名이 참가하였으며 이들은 모두 自國의 시멘트産業에 직접 종사하고 있거……◇
- ◇……나 또는 풍부한 現場경험을 가진 사람들이었다. 또 이밖에 아시아개발은행(ADB), 국제노동기구(I……◇
- ◇……LO), UN産業개발기구(UNIDO)에서도 3名의 兪서버가 참석했으며 캐나다의 St. Lawrence Ce……◇
- ◇……ment Co. 日本의 Onoda Cement Co., Kawasaki 重工業, 東京大學 등에서도 5名의 전문가가 초청……◇
- ◇……되었다. ……◇
- ◇…… 심포지움의 진행은 먼저 各國 시멘트産業 및 에너지문제에 대한 現況報告에 이어 에너지管理 및 節……◇
- ◇……減方案에 관한 각자의 경험과 情報를 기탄없이 교환하였으며 초청演士들의 事例發表를 중심으로 한……◇
- ◇……토론에 이어 참가자들을 두 그룹으로 나누어 “企業次元에서와 國家 또는 國際的次元에서의 에너지節……◇
- ◇……減”이라는 主題로 分任討論을 하였다. 筆者는 그룹II(國家 또는 國際的次元)의 리더로 選任되었고 開……◇
- ◇……會式에서는 “Vote of Thanks”를 담당하였다. ……◇
- ◇…… 심포지움은 始終 아카데미한 분위기에서 수준높은 토론과 진지한 자세로 일관했는데, 특히 技術先……◇
- ◇……進國인 캐나다와 日本의 事例는 에너지節減方案 樹立을 위한 하나의 모델 및 方向提示가 될 수 있었……◇
- ◇……다는 점에서 큰 의의가 있었다고 하겠다. ……◇
- ◇…… 우리나라는 에너지 貧國이므로 앞으로 韓國 시멘트産業의 에너지 節減方案 모색에 참고가 되기를……◇
- ◇……바라는 마음에서 이번 심포지움 참가 結果를 요약하여 보고하고자 한다. ……◇

## I. 會員國의 現況

아시아 地域의 시멘트産業 技術水準은 日本을 선두로 韓國과 自由中國이 急成長을 하고 있다.

아시아 地域의 키른은 Long Wet Kiln이 全體의 55.6%로 主宗을 이루며 SP 18.5%, NSP가 9.6%를 점하고 있다. 시멘트 公業의 에너지 문제는 첫째 “어떤 종류의 에너지를 사용할 것인가?”와 둘째 “구체적인 에너지 效率 向上策이 무엇인가?”로 壓縮되었다.

多數의 시멘트 플랜트가 방카.C油를 석탄으

로 代替하려는 計劃을 推進 중이나 石炭 燃燒에 是 技術上의 問題, 施設改造, 輸送問題(항만, 철도, 부두) 등에 상당한 어려움을 겪고 있다는 것이 共通된 의견이었다(이미 石炭 轉換 計劃이 順調롭게 完了되었거나 進行되고 있는 나라는 日本과 自由中國을 들 수 있다).

에너지 節減을 위해서 濕式을 半乾式으로 改造時 所要費用은 플랜트 新設費用의 60% 수준 이어서 에너지 節減이라는 側面에서는 工程改造가 바람직하나 시설 투자, 기술 수준, 경제성 특히 工場規模 등을 고려할 때 키른 改造 문제는

<表-1>

**Fuel Consumption at Calcination Section**

(kcal / kg-cl)

	Oil	Coal	Oil/Coal	N. G
Wet	1547	1788 (1157 - 2240) Coal 5200 kcal/kg	1487 (1396 - 1856) Coal/Oil = 89/ 11	1573 (1368 - 1804) Oil 7760 kcal/m <sup>3</sup>
Lepol	-	1299 Coal 4820 kcal/ kg	1361 Coal 5320 kcal/kg Coal/Oil = 96/ 4	1484  Oil 7760 kcal/m <sup>3</sup>
S.P. NSP	887 (779 - 996)	1144 (890 - 1365) Coal 5400 kcal/kg	903 Coal 4375 kcal/kg Coal/Oil = 30/ 70	-

註 : 열량은 고발열량 기준임.

Ref. Japan

Type	W	DB	L	SP	NSP
Kcal/kg-cl	1336	1386	892	906	796

용이하지 않다. 특히 鐵道, 道路 등 수송설비의 취약성 때문에 10~30만톤 정도의 小規模工場 (mini-plant)에 NSP가 어떻게 適應될 수 있을 것인가에 관심이 집중되고 있다.

日本의 키른은 SP와 NSP가 대부분인데 비해 아직도 기타 아시아 國家에는 Wet와 Lepol이 상당히 많은데 日本을 제외한 其他國과 日本의 크링카 소성 열량을 表示한 것이 <表-1>이다.

또 시멘트 製造에 소요되는 電力原單位를 표시한 것이 <表-2>이다.

아시아 各國이 안고 있는 에너지 문제점에 대한 앙케이트 조사에서(각국 대표가 우선 순서대로 각각 제출) 각국 대표가 제시한 문제는 다음과 같다.

1) 자유중국

- ① 粉碎助劑의 選擇과 經濟性
- ② clinker cooler의 廢gas 活用
- ③ cooler 옆에 설치된 coal mill로부터 예열실까지 석탄 수송용 공기의 설계 기준

2) 인도

- ① 전기 사정(정전)
- ② 石炭 수송
- ③ 低質石炭과 低質石灰石의 活用

3) 인도네시아

- ① 技術情報의 不足과 先進技術의 移轉지연

<表-2>

**Power Consumption**

(KWH/t-ct)

	Raw Material	Calcination	Finishing	Others	Total
Wet	33.3 (13.0 - 57.8)	23.8 (9.5 - 48.7)	43.3 (28.0 - 77.0)	8.3 (0.7 - 23.9)	105.0 (80.2 - 139.7)
Lepol	53.2 (29.5 - 79.4)	34.2 (18.2 - 45.4)	44.1 (33.3 - 57.4)	3.6 (0 - 8.7)	131.9 (99.2 - 188.9)
SP, NSP	49.2 (29.5 - 70.9)	36.2 (21.3 - 66.9)	42.9 (30.7 - 49.4)	5.3 (0 - 20.9)	127.6 (97.5 - 167.4)
Ref. Japan (NSP)	39.6 (30.7 - 46.8)	30.5 (21.8 - 39.9)	46.6 (42.1 - 62.2)	2.8 (0.2 - 5.5)	119.5 (103.5 - 131.0)

- ② 設備의 規模(소규모) 및 노후화에 따른 에너지 소비 과다
- ③ 石炭鑛山과 시멘트工場간의 鐵道 수송 문제

#### 4) 필리핀

- ① 石炭處理施設의 不足
- ② 石炭轉換에 따른 政府投資 不充分
- ③ 設備稼動 中斷, 停電, 不充分한 計量器 機와 이와 관련된 기술 문제

#### 5) 파키스탄

- ① slurry의 水分 감소
- ② 습식 키른의 개조
- ③ cooler, excess air 과다, sealing 不充分 등에 의한 열손실

#### 6) 태 국

- ① 저질 석탄(3,000 kcal/kg 이하)의 高質 石炭(4,500 kcal/kg 이상)으로의 선광 기술 및 炭質의 均一化 문제
- ② 저질 石炭의 活用 기술
- ③ 키른 및 예열실에서의 천연 가스의 利用 技術

#### 7) 스리랑카

- ① 키른의 熱소모량 과다
- ② Mill의 電力 소모량 과다
- ③ 停電

#### 8) 네 팔

- ① 輸入 코크스(인도에서 수입)의 品質 변동 심함
- ② 停電 및 電壓 不均一
- ③ 燃料 輸送費 과다

이상 각국의 문제점을 분석하면 그 나라의 技術수준 및 경제수준(특히 政府의 社會間接資本投資)을 알아볼 수 있었으며 自由中國이 企業과 國家 側面에서 가장 앞서 있었고 그 밖의 나라에서는 다소의 차이가 있으나 先進技術移轉 및 技術情報入手·소화·改良의 문제, 設備의 소규모·기계 노후·設備保全의 문제 등 企業內部的

問題, 電力事情·수송(철도, 항만) 등의 國家的 次元的 문제를 안고 있음을 알 수 있다.

## II. 시멘트工業의 에너지 問題 改善을 위한 最新 技術의 傾向(KHI의 Mr. Suzuki 發表 要約)

1·2次 세계석유과동 以前부터 日本의 시멘트 業界는 에너지 節減에 깊은 關心을 기울여 왔다. 1963~1973년 10年間 日本의 시멘트 生産量은 2.6倍로 늘어났고 每年 10%의 生産量 增加를 보았으며 상대적으로 原價를 떨어뜨려 왔었다. 이는 日本 시멘트 業者들의 “시설 대체 정책(scrap and build policy)”에 기인되기도 했다. 그러나 石油波動 以前에는 高性能·大型化·低原價에 그 目標을 두었으나 石油波動 以後에는 「에너지 節減」과 이에 따른 設備改造 및 工程管理에 초점을 맞추고 있다.

시멘트工業에 있어 에너지 管理의 世界的 추세는 다음과 같다.

- ① 舊式 키른의 NSP化
- ② clinker cooler의 效率 增大
- ③ 습식 키른의 chain system 改善
- ④ 습식 공정의 slurry中 水分 감소
- ⑤ 폐열의 效率的 利用
- ⑥ 低質 燃料의 活用
- ⑦ 용제(flux)에 의한 低溫 燒成
- ⑧ 新型 밀(roller mill)의 開發 및 利用 擴大
- ⑨ 폐자원의 活用(윤활유, tire, 코크스, 가연성 폐기물)
- ⑩ 기존 設備의 에너지 소모율 削減(blower, 싸이크론)
- ⑪ 新型의 liner, separator 開發
- ⑫ 粉碎助劑 사용
- ⑬ 國家規格의 改定(첨가제, 과당 경쟁)

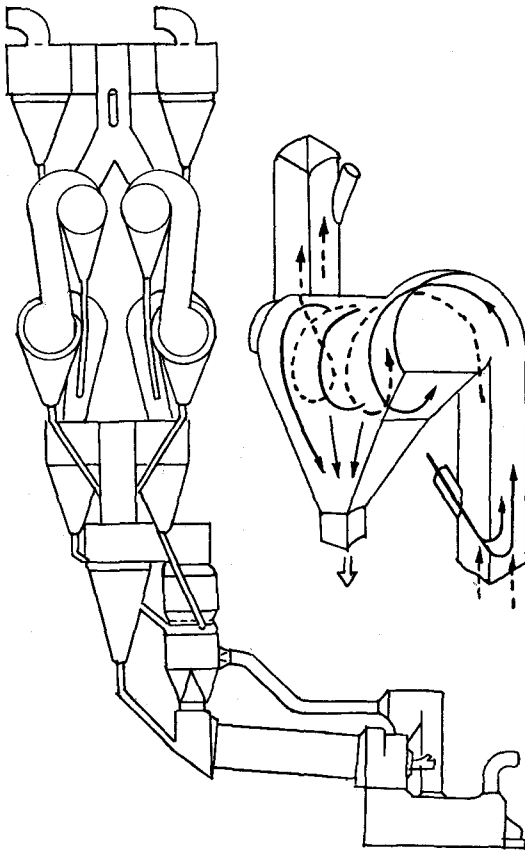
### 1. NSP化

舊式 키른의 NSP化는 NO<sub>x</sub>의 발생 감소, 生産性 增大, 耐火煉瓦 수명 연장 등의 效果가 있음은 기지의 사실이나 한가지 강조하고 싶은 것

은 NSP化는 에너지 節減 측면보다는 生産性 增大을 위하여 開發되었다는 점이다. 勿論 NSP로 改造할 때 기타 시설의 現代化, 管理方法의 改善 등으로 熱소모량 감소가 수반될 수는 있으나 NSP化 그 자체만으로는 SP에 비해 열소모량이 적다고 할 수는 없다는 것이다.

## 2. Horizontal cyclone

SP나 NSP에서는 cyclone을 5段으로 하면 熱消耗量을 절감할 수 있으나 예열기系內的 壓力 손실률이 增加되는 短點이 있다(I.D.F, motor 및 blower). 이때 壓力損失을 줄이기 위해 5段 또는 4段 cyclone 中 1段을 horizontal type으로 하여 日本에서 특히 新淸중에 있는 바



<그림-1> Construction of KS-5 system and flow of gas and meal in Horizontal cyclone

<表-3>

Process 別 IDF對比

item type	exhaust gas temp (°C)	press loss in SP (mmAq.)	specification of SP fan
horizontal cyclone (NSP)	310	550	7,000 m <sup>3</sup> /min × 1,150 kw
conventional SP (4 stage)	350	610	7,900 m <sup>3</sup> /min × 1,400 kw
5-stage SP with conventional cyclone	320	730	7,300 m <sup>3</sup> /min × 1,450 kw

<그림-1>이 horizontal cyclone이다.

Process type 別 壓力손실 關係를 표시한 것이 <表-3>이다.

## 3. Double-pass AQC와 폐열 boiler

AQC의 폐기 가스(250°C)를 집진한 후 다시 냉각용 공기로 재순환시키고 이에 따라 cooler 폐기 온도를 높여 이를 다시 폐열 보일러에 利用하고 있다. 이를 圖示한 例가 <그림-2>이다.

## 4. 분쇄工程에서의 에너지 節減

### 1) roller mill 에 의한 원료 분쇄

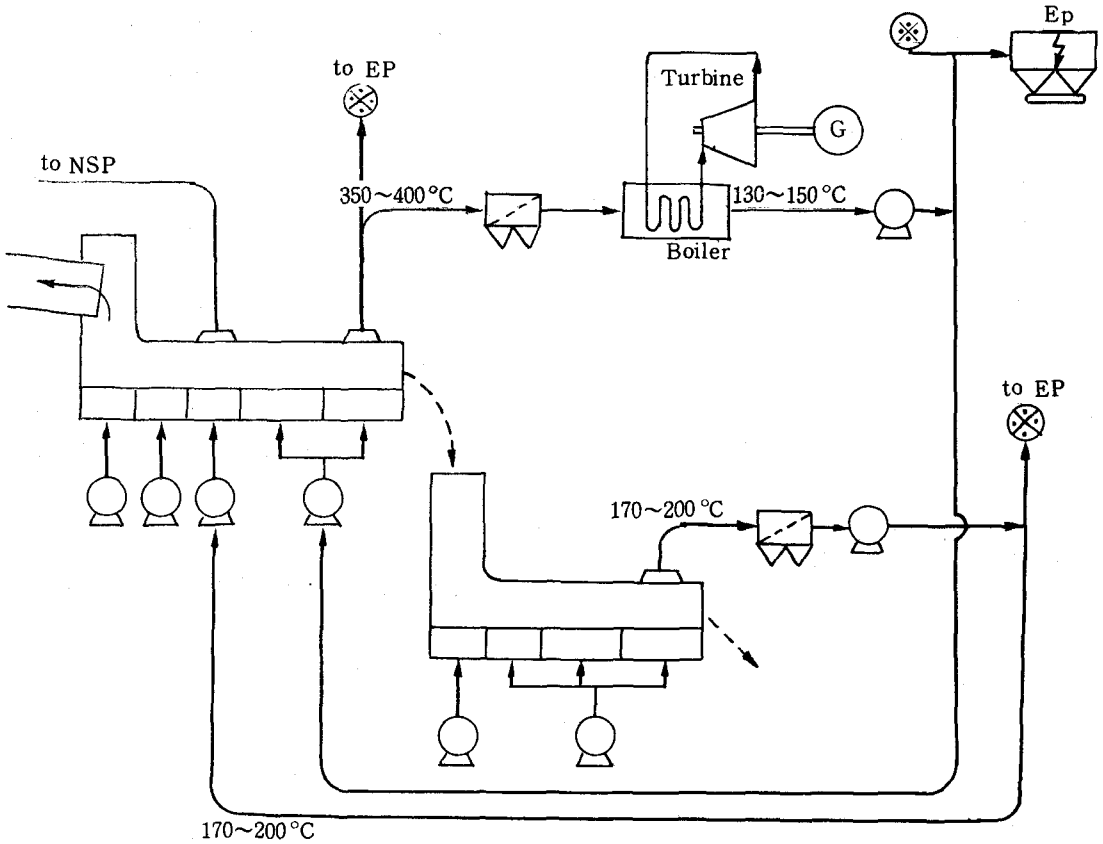
tube mill 에 비해 20~25% 정도 동력 소모가 적고 분쇄 설비나 구조물이 간단하다.

### 2) 불배열 조절 liner

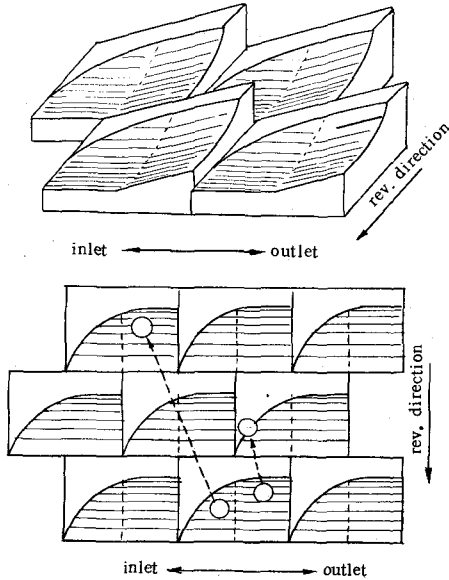
직경이 큰 ball 은 入口쪽으로 작은 것은 出口쪽으로 죽, 크기順으로 배열됨에 따라 분쇄량이 10~15% 증가하고 따라서 동력 소모량도 10~15% 감소 效果가 있음(<그림-3>).

## 5. 混合 시멘트

高爐슬래그, fly ash, 석회석, 규조토(pozzolan)를 5~15% 混合해도 보통 포틀랜드 시멘트(normal portland cement)로 간주될 수 있도록 規格을 改定함으로써 에너지를 節減(燃料)하는 나라가 늘어나고 있다.



〈그림 2〉 The heat recuperation system from clinker cooler



〈그림 - 3〉 KUC liner and principle of classifying effect

## 6. 燃料 轉換과 低質 燃料의 活用

石炭 混燒 또는 石炭 專燒로의 轉換은 긴 設  
 명이 필요없을 것이나 3,500~4,500 kcal/kg 의  
 低質 石炭을 煨燒爐(precaliner)에 活用하는 것  
 이 활발히 進行되고 있다.

## 7. 其他 可燃性 物質의 利用

페 tire, 木材 皮축, 都市 쓰레기를 시멘트 키  
 른 또는 예열기에 燃料로 活用하는 것 등을 구  
 체적인 예로 들 수 있다.

## Ⅲ. 캐나다 시멘트 業界의 에너지 節減 事例

9 個社 24 個 工場·年間 약 1,600 萬톤의 生産  
 능력을 갖고 있는 캐나다 업계의 事例를 소개한다.

# 1. 에너지 節減 事例

## 1) 工程 改造

습식 工程을 건식으로 개조, 분쇄 효율 및 분급효율 향상등을 위한 研究 개발.

## 2) 製品 變更

低 alkali 시멘트 規格 再檢討, 과당 경쟁에 의한 과다 강도(Too high C<sub>3</sub>S)와 과다 분말도(Too high Blaine)의 재검토.

## 3) 燃料 轉換

4) 有機 폐기물(Biomass, coke, 도시 폐기물)의 活用

## 5) 原料의 燒成性

용제(flux)의 利用, 高鐵分 시멘트 슬래그, 플라이 애쉬의 原料로 사용 free-CaO의 spec. 再檢討

## 6) 폐열회수

## 7) Klin shell의 열손실 감소

## 8) 산소 추가 공급

## 9) 키른 설비 관리

1次 공기량의 감소, leakage 방지, cooler의 회수열 증대.

캐나다 시멘트 업체의 최근 에너지 보고서는 <表-4>와 같다.

# 2. 캐나다의 例 중 St. Lawrence Cement Co.의 事例 소개

## 1) 廢윤활유의 燃料化

St. Lawrence 社は 1974년 폐윤활유를 原料로 사용하는 시험을 4단 SP 키른에서 실시하였는데 폐윤활유 사용으로 인한 공정 및 품질에 큰 영향이 없었다. 이에 따라 Lawrence 社は 폐윤활유를 原料로 일부 대체 사용케 되었으며 폐윤활유의 품질 특성이 <表-5>이다.

폐윤활유 회수율은 판매량의 40%선이고 1975년 1년간 Lawrence 社에서 原料로 사용된 폐윤활유량은  $12 \times 10^6$  Barrel/year로서  $420 \times$

1979 ENERGY REPORT  
CANADIAN PORTLAND CEMENT INDUSTRY

<表-4>

	1974 (Base year)	1975	1976	1977	1978	1979
<b>Production (1000 tonnes)</b>						
Clinker	9,828	10,057	9,596	9,920	10,637	12,504
Cement	9,739	9,860	9,620	9,671	10,362	11,431
Equivalent production	9,821	10,042	9,598	9,900	10,615	12,418
<b>Fuel Consumption</b>						
Gasoline (1000 litres)	1,230	1,658	1,427	1,384	1,249	1,461
Middle distillates (1000 litres)	10,476	14,221	13,812	14,491	15,292	18,411
LPG (1000 litres)	1,446	1,149	1,454	492	494	632
Residual oil (tonnes)	468,708	499,004	367,114	351,435	371,202	482,507
Coal (tonnes)	207,194	219,456	367,880	366,840	371,374	413,690
Coke (tonnes)	13,836	3,066	29,296	63,960	132,113	214,024
Natural gas (1000 cu. metres)	811,417	731,837	689,020	653,532	700,064	651,195
Electric (1000 kWh)	1,347,424	1,441,248	1,419,784	1,450,451	1,541,059	1,711,926
kWh/tonne	137	143	143	146	145	137
<b>Energy Consumption</b>						
1000 Giga Joules	61,089	60,250	57,401	56,576	60,940	67,420
MJ/tonne	6,220	6,000	5,981	5,715	5,741	5,429
% Saving from 1974		- 3.5 %	- 3.8 %	- 8.1 %	- 7.7 %	- 12.7 %

**RANGE OF PROPERTIES**

〈表-5〉 **OF USED LUBRICATING OILS**

Property	value	
	Min.	Max.
Gravity, API at 60°F	20.7	27.9
Specific Gravity	0.887	0.934
Density 1b/US gal	7.40	7.78
1b/Can gal	8.90	9.35
Viscosity, SUS at 100°F	87	837
centistokes	17.3	180.6
Pour Point °F	< -40	-30
Flash Point °F	75	415
Heating Value BTU/ 1 b	13,571	19,300
BTU/US gal	105,555	143,360
BTU/Imp gal	126,560	171,890
Neutralization Number	4.0	14.3
mg KOH/g		
B S & W %v/v	0.1	22.0
Sulphur %w/w	0.21	0.65
Ash %w/w	0.03	3.78
Silicon ppm	10	875
Calcium ppm	700	3,000
Sodium ppm	16	300
Iron ppm	50	2,000
Magnesium ppm	10	1,108
Lead ppm	800	21,700
Vanadium ppm	3	39
Copper ppm	5	348
Barium ppm	10	2,000
Zinc ppm	300	3,000
Phosphorus ppm	500	2,000
Tin ppm	5	112
Chromium ppm	8	50
Beryllium ppm	6	
Manganese ppm	5	10
Nickel ppm	3	30
Cadmium ppm	4	
Silver ppm	1	
Strontium ppm	10	30
Aluminum ppm	10	800
Boron ppm	3	20
Molybdenum ppm	2	3
Titanium ppm	5	30

10<sup>6</sup> MJ/year의 에너지 절감 효과를 거두었다.

**2) Waste chlorinated hydrocarbons**

生産性 증대, 공정 안정, 품질 向上을 위해 중

**Heat value of**

〈表-6〉 **waste chlorinated hydrocarbon**

Material	BTU/LB.	% Cl
Aliphatic	11,850	45.8
Aromatic + Complex	8,980	42.7
PCB (Estimated)	8,000	35.0

래에는 CaCl<sub>2</sub>를 첨가하여 alkali를 감소시켰다. Lawrence社는 Pilot plant 시험에서 waste chlorinated hydrocarbon(chlorine 함량 34%)을 burning zone에 毎分 1.8 gallon씩 供給한 결과 크링카의 alkali 量을 1.1%에서 0.8%로 저하시킬 수 있었다. 이에 따라 Lawrence社는 현장 plant에 waste chlorinated hydrocarbon을 사용하고 있으며 예를 들면 그 종류는 다음과 같다.

- ethylene dichloride
- chlorinated toluenes
- chlorinated benzenes
- chlorinated acetophenones
- chlorinated xylenes
- chloroform
- carbon tetrachloride
- trichloroethane
- polychlorinated biphenyls(PCB)
- pesticide residue

이들의 chlorine 함량은 35~46% 수준이며 이들의 연소시 발열량의 例가 <表-6>이다.

Lawrence社가 waste chlorinated hydrocarbon을 사봉시 크링카 중의 alkali 감소 효과를 나타낸 것이 <表-7>이다.

**3) Petroleum coke**

캐나다의 petroleum coke는 sulphur가 높고 重金屬 성분이 다소 포함되어 있어 사용에 한계가 있다. 또한 petroleum coke의 연소시는 setting time에 약간 영향을 미치는데 이는 vanadium 成分에 기인한다고 추정되고 있다. coke의 사용 비율은 70% 선이고 나머지는 B-C油 또는 石炭을 연소한다. petroleum coke의 특성치는 <表-8>과 같다.

이들 petroleum coke 연소시 ash의 分析値는 <表-9>와 같다.

크림카 중의 알카리 감소 효과

<表-7>

Burn	Average Slurry K <sub>2</sub> O %	Slurry K <sub>2</sub> O Ignited Basis	Ave. Cl-Added % Relative to Clinker	Average Clinker K <sub>2</sub> O %
Baseline I	0.91	1.42	0	1.17
Aliphatic	0.91	1.42	0.72	0.63
Aromatic + Complex	0.89	1.38	0.48	0.69
PCB	0.89	1.38	0.29	0.86
Baseline II	0.89	1.38	0	1.22

Characteristics of petroleum coke

<表-8>

Fuel Characteristics	GCOS	Bituminous	Coal (Typical)	No. 6 Fuel Oil (Typical)
Moisture (%)	2 - 10	2.6 - 12.4	-	-
Volatile Combustible Matter (%)	7 - 12	18.2 - 40.2	30	-
Fixed Carbon (%)	80 - 90	39.1 - 74.4	-	-
Ash (%)	2.5 - 4	3.0 - 9.1	8.5	-
Sulphur (%)	5 - 6	0.6 - 4.3	1	2*
Nitrogen (%)	1 - 1.5	1.0 - 1.6	1.5	1
Hydrogen (%)	3 - 4	4.8 - 5.9	5	12
Gross Calorific Value (Btu/1b)	13,000 - 15,000	11,420 - 14,550	13,000	18,700
Hardgrove Grindability Index	40 - 60	-	-	-

Ash analysis of pet. coke

<表-9>

Constituent (% by weight)	GCOS (Typical)	Bituminous Coal Ash
SiO <sub>2</sub>	36.77	46.2 - 58.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.70	22.9 - 30.6
SO <sub>3</sub>	10.08	0.9 - 8.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.26	4.2 - 7.7
CaO	5.51	2.0 - 10.1
MgO	4.58	0.4 - 1.6
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.49	-
TiO <sub>2</sub>	1.93	1.0 - 1.8
K <sub>2</sub> O	1.87	1.5 - 1.6*
Na <sub>2</sub> O	0.43	
NiO	1.16	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	-
Cl	0.04	-
MoO <sub>3</sub>	0.03	-
MnO <sub>2</sub>	0.01	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	-

### 3. 政府의 措置

에너지 절감을 위해 권고와 인센티브(advice and incentive)의 두가지 방법을 쓰고 있다. 특히 民間 관련 산업의 전문가와 정부 기관의 사람들은 여러가지 형태의 위원회, task force team 을 구성, 공동의 目標과 共同의 努力을 경주하고 있어 주목을 끈다. 세계상의 혜택, 재정지원 중 몇가지 예를 들기로 한다.

#### 1) 자원과 에너지 절감 기술의 개발 계획 (Development and Demonstration of Resource and Energy conservation Technology)

에너지 회수, 절감 등의 기술 개발을 위해서 전액 정부 부담으로 個人 기업이 示範設備를 設置하게 하고 있다.

#### 2) 에너지 연구 개발 계획 (Industry energy R & D program)

에너지 절감 및 合理化를 위한 研究開發 계획



를 심사 선정하여 정부 資源省이 開發費의 50%를 부담하고 있다.

### 3) 低에너지 소모 건물에 대한 포상제도 (Low energy building design award)

연방 정부가 에너지 절약형 구조물 개발에 포상을 한다.

## IV. 分任 討議

제 1 分任은 기업 次元의 에너지 절감 方案에 대하여, 第 2 分任은 국가 및 국제적 次元의 에너지 절감 方案에 대하여 討議하였으며 그 내용을 소개하면 다음과 같다.

### 1. 企業 内部에서의 對策

#### 1) 鑛山部門

① Portable crusher 및 portable conveyor 사용

- ② 經濟性 있는 화약 개발
- ③ 착암, 채광, 운광의 효율화

#### 2) 原料部門

- ① 原料의 水分 극소화
- ② static separator 使用
- ③ classifying liner 使用

#### 3) 燒成部門

① 집진 dust의 再投入時 吹入法(insufflation method) 採擇 施行

② 2次空氣溫度的 적정화 및 cooler의 운전 최적화

③ 1次 공기량의 극소화 및 2次 공기량의 극대화

④ Kiln shell 放散熱을 이용한 스팀 生産

#### 4) 시멘트 粉碎部門

- ① clinker breaker 使用
- ② classifying liner 使用
- ③ mill에 cooling system 설치
- ④ grinding aid 使用

### 5) 其他

- ① 工程의 自動化
- ② 産業 廢기물 活用
- ③ coal premixing
- ④ 첨가제 使用
- ⑤ air sealing 및 CO, O<sub>2</sub> 量의 적정수준화

## 2. 國際的 次元에서의 對策

① 에너지 效率 提高를 위한 국제적인 研修 program 實施 운영

② 국제간에 에너지 관련 技術 정보의 活潑한 交流

③ 에너지 절감과 關聯하여 수경성 첨가제의 첨가비, 시멘트 粉末度의 上限線 제정 또는 개정을 권장

④ 금번 참가한 사람들이 참여하는 어떤 기구를 만들어 情報交換 등을 推進

⑤ 에너지 管理 合理化를 위한 先進國과 會員國의 政府 지원, 장려유도 정책, 법률, 제도 등을 수집 제공하여 참고토록 한다.

## V. 폐회식에서 採択한 綜合 評價와 結論

1) 아시아에서의 시멘트 工業은 日本을 先頭로 해서 한국, 대만이 급성장을 하고 있다. 커튼은 습식이 主宗을 이루고 있는 바이를 점차 生産性이나 에너지 측면에서 新工程으로 대체하여야 할 것이다.

2) 아시아 各國이 工程, 施設, 生産性 등에 있어 國家別로 차이가 매우 크기는 하나 에너지 節減 및 에너지 管理 效率化는 공동의 당면 문제이다.

3) 시멘트 産業에서의 에너지 문제는 燃料節減과 燃料轉換이라는 두 「카테고리」로 大別되며 또 에너지 節減은 質的·量的 觀點에서 檢討되어야 한다.

4) 에너지 轉換(oil에서 coal로) 문제는 各國이 모두 최선의 노력을 경주하고 있으며 時限的 目標을 세워 力點事業으로 推進하고 있다. 日

本의 경우 1981년 말까지는 83%가 石炭燃焼로 전환될 전망이다. 그러나 石炭 이용에 따른 항만, 철도 등 投資는 또 다른 원가상승 요인이 되기도 한다. 이러한 요인은 석탄 가격의 비교우위를 점차 약화시키게 될 것이라는 점도 고려해야 할 것이다. 그러나 燃料를 多元化해야 한다는 필수 전제를 고려한다면 세계적으로 널리 분포되어 있는 石炭의 사용은 매우 유리하다 하겠다.

5) 아시아 各國은 自國內에 매장되어 있는 高灰分, 低發熱量의 低質炭 활용에 관한 技術開發이 시급하다. 예열기의 precalciner에 이 低質炭을 사용함에는 큰 문제가 없으나 Kiln Burner에 使用時는 다소 문제가 있다. 이는 高灰分 低發熱量에 문제가 있는 것이 아니라, 오히려 coal의 심한 品質變化에 기인된 「品質不均一」에 따른 工程管理上에 더 큰 문제가 있다.

6) 아시아의 많은 國家는 각종 部品確保 문제, 部品の 壽命·品質 등에서도 애로를 겪고 있다. 또한 개발 도상국에서는 선진국에서 開發되어 도입된 高度의 技術이 때로는 設備保全의 문제, 설계나 model의 잦은 變更 및 service 태만 등으로 충분히 활용되지 못하고 있는 실정을 지적하지 않을 수 없다.

7) 시멘트 工業의 에너지 문제 改善에는 상당한 投資와 시간이 소요되는 바 대부분의 國家에서는 改造期間中 生産中斷을 감수할 수 없는 시멘트 수급 사정도 하나의 애로점이며 政府의 시멘트 價格統制는 또한 工程改造의 장애 요인(disincentives)이 되기도 한다.

8) lignite의 사용은 圀內에 ring 또는 coating을 生成시켜 生産量 감소를 초래하므로 그 한계가 있다. 또한 生産量 增大를 위한 圀內에서의 순수 산소 공급 방법도 경제성을 고려할 때 매력적이지 않다.

9) 原料 mill에 있어 tube mill 대신 roller mill 사용이 점차 보편화되고 있으며 또 시멘트의 적정 분쇄(동력 소모와 관련하여 적정 분말도 유지)에 있어 일부 西方國家에서는 과당 경쟁에 따른 과다한 微粉碎도 再考해야 할 점이다.

10) 최근 에너지 節減과 관련하여 슬래그, 플

라이 애쉬, 석회석, 규조토 등 첨가제를 적당량 혼합할 수 있도록 국가 규격을 개정 또는 제정하여야 할 것이다. 태국은 이미 25%까지 石灰石의 混合粉碎를 허용하고 있고 인도에서는 거의 모든 공장이 슬래그 또는 규조토를 混合粉碎하고 있다.

11) 몇몇 개발 도상국에서는 工場規模가 크면 오히려 시멘트 수송과 수송비에서 문제가 생기는 경우가 있다. 이들 국가에서는 200~500 ton/day 정도의 工場이 현재로는 적정 규모가 되고 있다.

## VI. 심포지움에 대한 소감

심포지움에 참가한 소감을 들자면 첫째 첫날부터 폐회까지 매일 豫定時間을 넘기는 진지한 분위기에서 討論을 거듭함으로써 에너지 문제가 얼마나 심각한 당면 과제인가를 웅변으로 입증하고 있다 하겠다(필자는 이런 국제 모임에 여러 번 참가해 보았으나 이번처럼 점심을 거르면서까지 열띤 분위기의 심포지움은 처음이었다).

둘째 相當數의 開發途上國은 日本을 배우기에 앞서 韓國을 먼저 배우고 韓國으로부터의 技術 도입, 技術 移轉을 가장 현실적이라고 생각하고 있음을 느낄 수 있었다. 심포지움 기간 중 필자는 질문과 기술문제에 대한 협의 약속으로 여유시간을 할애해야만 하는 즐거운 비명(?)을 울려야만 했다. 특히 ASEAN을 위시한 아시아 諸國에 대한 진출(기술 이전, plant 수출)에의 분위기가 충분히 조성되었다고 볼 수 있을 것이다.

세계 先進國·經濟富國인 日本과 캐나다가 에너지 절감을 위하여 정부가 선도적 입장을 취하며 금융·재정지원, 유도·육성정책을 강력히 펴고 있다는 점을 주목해야 할 것이다. 특히 에너지 절감과 관련된 연구개발 project에는 50~100%의 소요 자금을 정부가 용자 아닌 부담을 하고 기업이 이를 집행하는 사례나 官民 協同의 전문 기구를 설치 운영하는 事例는 우리 政府에서도 면밀히 검토해야 할 것이라 생각한다.

끝으로 이번 심포지움과 같은 유익하고 보람 있는 모임이 자주 열리고 다수 전문가의 참가 기회가 더 넓혀지기를 바란다. ♣♣