

# 기존 공정 석회석 모니터링 시스템 설치 사례

유영호\* · 허홍기

최중섭

<동양시멘트 삼척공장> <동양시멘트 연구개발팀>

## I. 서 론

당사는 IMF 이후 건설경기의 침체로 국내의 시멘트 수요가 급감하면서 미주지역 수출을 모색하게 되었고 수출물량의 확보로 공장 가동률을 일정 수준 이상으로 유지할 수 있었으나 까다로운 수출 조건을 맞추기 위하여 석회석의 선별 채광과 고가 부원료의 사용량 증가로 인하여 제조원가의 상승이라는 부담을 동시에 안게 되었다. 뿐만 아니라 수출을 위한 석회석의 선별 채광은 내수 생산에 사용되는 석회석의 품질저하를 동반하였고 석회석의 품질저하는 다시 공정 불안정의 한 가지 요인으로 작용하게 되었다. 당 공장은 한정된 석회석 자원을 최대한으로 활용하고 안정적인 품질을 유지하기 위하여 보다 철저하고 체계적인 자원의 관리가 요구되었으나 내수용 제품의 생산을 위한 혼합치장으로 공급되는 석회석의 품질을 관리할 수 있는 모니터링 시스템이 설치되어 있지 않아 관리 기준을 벗어나는 석회석이 혼합치장에서 원료 분쇄공정으로 투입되어 공정 및 제품의 품질에 영향을 미치게 되는 경우 이에 대처하는데 많은 시간과 노력이 필요하였다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 광산에서 혼합치장으로 공급되는 석회석의 품질 모니터링 시스템을 구축하게 되었으며 혼합치장 내의 석회석의 적정 품질을 확보 함으로서 공정 및 품질의 안정을 기할 수 있게 되었다.

## II. 본 론

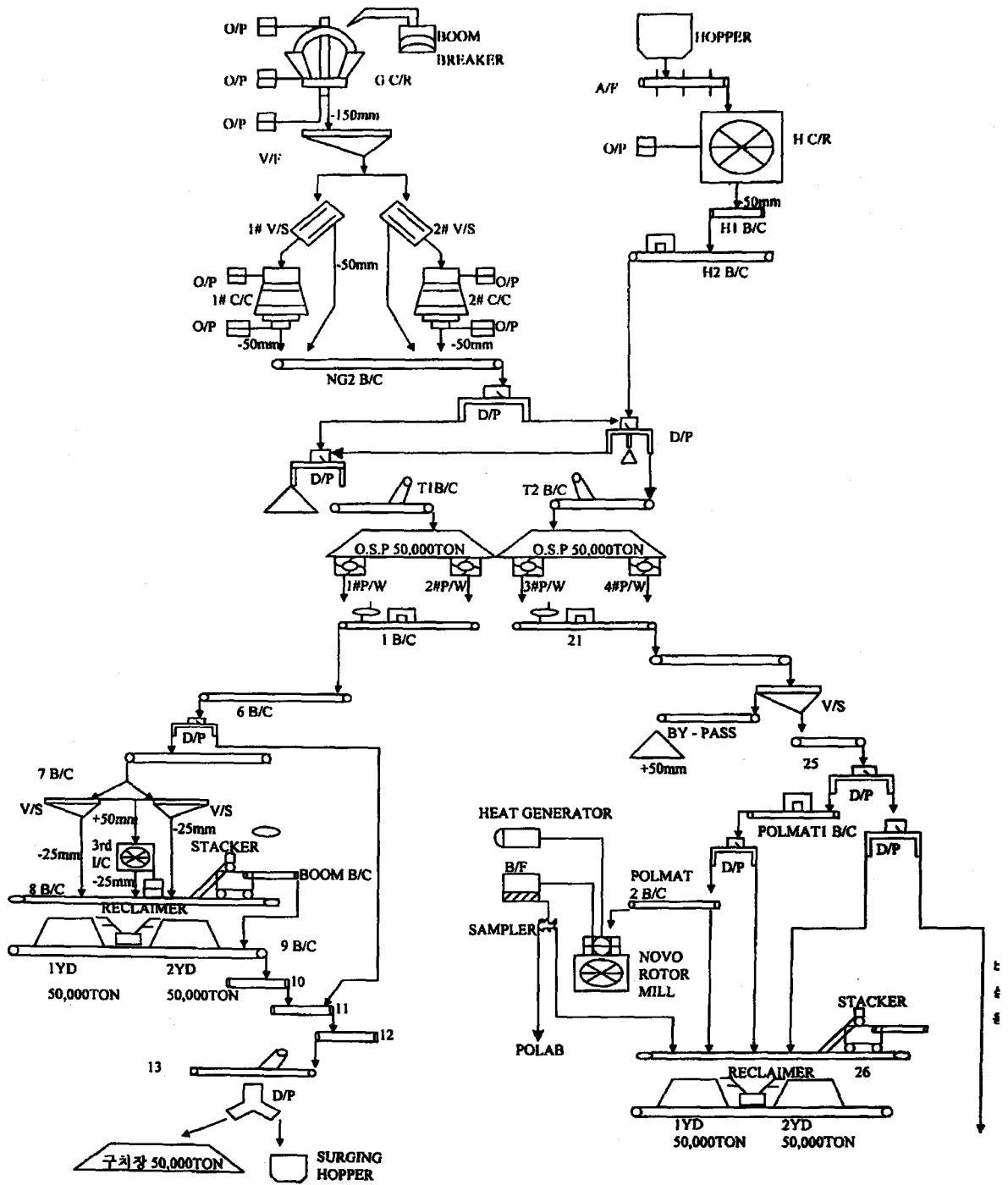
### 1. 공정의 소개

일반적인 석회석의 품질관리 계통은 암분 채취, 화학분석, 채석 계획 수립, 발파, 조쇄, 석회석 모니터링, 혼합치장, 원료 밀의 순으로 이루어지고 있다. 혼합치장의 누적 품위에 따라 채석 계획이 변경되고 목표로 하는 설계품질기준을 달성하게 된다.

당사 삼척공장은 석회석 생산/수송/저장 시설이 기존라인(#1~5K)과 신설라인(#6, 7K)으로 구분되어 관리되고 있으며 신설라인은 설비 도입 시 석회석 품질 모니터링 시스템(POLMAT system)이 설치되어 안정된 품위의 석회석 공급에 크게 기여하고 있다. 그러나 기존 라인의 경우 원료분쇄기(Raw Mill) 투입직전 계량공급기(Weighing Feeder)에서 수동(근무자 샘플링)으로 석회석 품질이 판정되고 있어 약 50,000톤에 이르는 석회석 혼합치장의 평균품위에 대한 아무런 정보도 없이 석회석이 공급되고 있는 실정이다.

### 2. 기존라인(#1~5K) 공정 현황

현 광구의 채굴여건이 악화되어가고 있는 상황에서 미주지역 수출시멘트 생산을 위해 양질의 석회석이 대부분 신설라인(#6, 7K)으로 선별 공급되고 있고 기존라인(#1~5K)의 경우 석회석 자원이 점차 고갈 되어감에 따라 미량 성분(특히 K<sub>2</sub>O, MgO)이 공정에 미치는 영향이 점진적으로 커지고 있으며 석회석의 파일별 품질편차 관리가 계획적으로 이루어 지지 않은 경우 소성 공정 및 제품의 품질에 영향을 주는 것으로 관찰 되고있다. 또한 기존라인(#1~5K)에 집중적으

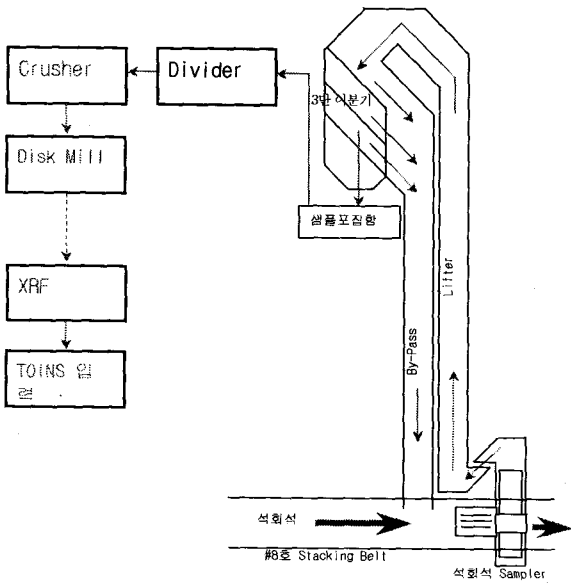


<그림 1> 석회석 생산 공정 Flow

로 투입되고 있는 다양한 폐자원과 저 품위(고 알칼리) 부원료의 양을 효율적으로 관리할 필요 성이 대두되고있다.

### 3. 석회석 모니터링 시스템의 구성

시스템 구성은 자동 샘플러, 리프트, 3단 이분기, 시료 포집함, 이분기, Jaw Crusher, Disk Mill, XRF 분석, TOINS 시스템 정보 입력의 순으로 이루어지도록 구성하였다. 석회석의 이송이 진행되는 동안 스택킹 벨트에 설치된 자동 샘플러는 10분 간격으로 석회석을 채취하여 3단 이분기를 거쳐 시료 포집함에 저장되어 4시간 동안 포집함에 저장된다. 수집된 석회석을 다시 이분기를 이용하여 2회 이분하여 약 3kg의 석회석을 Jaw Crusher와 Disk Mill을 이용하여 분쇄하고 이것을 XRF를 이용하여 분석한 후 결과를 정보시스템에 입력하여 관련 부서에서 확인하고 공정관리에 활용할 수 있도록 구성하였다.



<그림 2> 석회석 모니터링 시스템 흐름도

### 4. 설치 일정 및 주요 작업 내용

석회석 샘플러 및 리프트, 이분기 등 모든 설비는 유휴 자재 등을 활용하여 자체 제작하고 분쇄 공정은 여분의 Jaw Crusher와 Disk Mill을 설치하여 사용하는 것으로 하여 진행하고 시운전 기간을 충분히 활용하여 개선해 나가는 것으로 계획하였다

<표 1> 설치 일정 및 작업내용

구 분	실 행 일 자
Sampler, Lifter, 이분기 제작	12/1~12/15(2001년)
토목 및 기초 공사	12/16~12/17
기자재 설치	12/18~12/24
전기 공사	12/26~12/28
시운전	12/29~2002년 4/14

### 5. 초기 석회석 모니터링 시스템의 설치 개요

#### 5.1 석회석 자동 샘플러

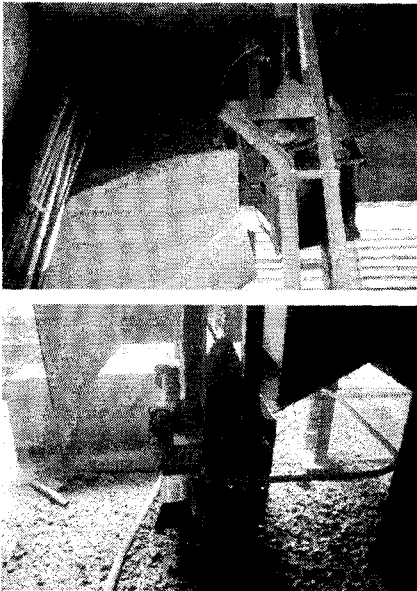
샘플러의 타입은 벨트의 구동부와 종동부 사이의 벨트 윗부분에 설치가 가능한 로타리 스크루 샘플러를 선정하여 자체 제작하였다. 최초 스크루는 1회전 후 무게중심 추에 의하여 항상 위쪽에서 정지하도록 설계하였으나 자동 운전 시 탄력에 의한 회전력으로 인하여 1회전 운전이 불가능하여 브레이크가 장착된 감속기 모터로 교체하였다.



<그림 3> 자동 샘플러

### 5.2 샘플 리프트

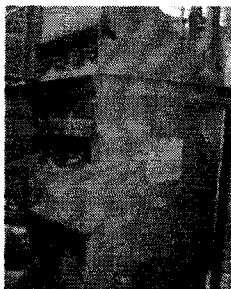
자동 채취된 시료를 3단 이분기로 올리기 위한 버켓과 와이어를 이용한 설비로 샘플러가 1회 작동하면 시료가 담긴 버켓은 3단 이분기가 설치된 상층으로 이동하여 이분기에 시료를 자동으로 투입하도록 설계하였다.



<그림 4> 샘플 리프트



<그림 5> 3단 이분기



### 5.3 3단 이분기

1회 샘플링에서 얻어진 7 ~ 10kg의 석회석을 3회 연속으로 이분하여 채취된 시료의 양을 1 ~ 1.5kg으로 줄여 전처리를 용이하게 할 수 있도록 하였다.

### 5.4 On-Line 데이터 관리

채취된 시료를 전처리 후 XRF를 이용하여 분석하고 그 결과를 TOINS에 입력하여 관련 부서에서 활용할 수 있도록 하였다.

시퀀스번호	중량(kg)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
4	3.346.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	5.017.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	1.300.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	4.177.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	4.900.000	5.35	1.95	0.88	47.70	2.14	0.55	0.01
24	4.870.000	4.26	1.97	0.87	48.36	2.77	0.44	0.01
계	22.600.000	4.71	1.92	0.77	48.06	2.48	0.47	0.01

날짜	중량(kg)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
2002-10-07	22.600.000	4.71	1.92	0.77	48.06	2.48	0.47	0.01
2002-10-08	5.000.000	5.35	1.95	0.88	47.70	2.14	0.55	0.01
2002-10-08	1.300.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

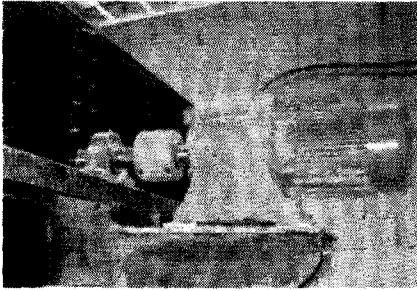
<그림 6> TOINS 시스템

## 6. 모니터링 시스템의 보완

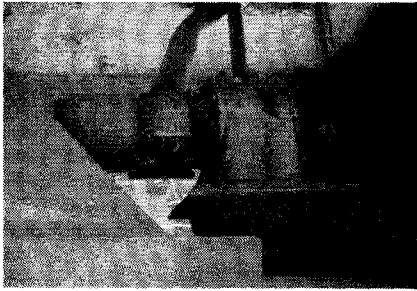
### 6.1 스쿠프 구동 모터의 보완

- 개선 전 : 최초 설계는 스쿠프가 항상 위쪽에서 정지하도록 무게중심 추를 부착하였으나 이 방식은 회전수의 조절이 불가능하였다.
- 개선 후 : 일반 모터의 회전축에 디스크 브레이크를 추가로 장착하여 1회전 후 정지하도록 개선하였으나 원하는 위치에 정확히 정지하지 못하고 브레이크 패드의 마모가 심하여 자체에 브레이크가 내장된 것으로 교체하였다.

△  
개선 전  
▽



△  
개선 후  
▽

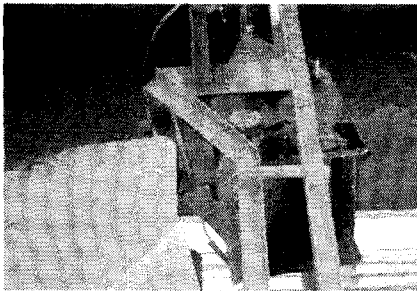


<그림 7> 개선 전후의 스쿠프 구동 모터

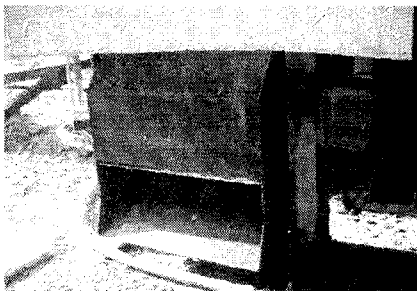
**6.2 샘플 이송 버킷의 보완**

- 개선 전 : 초기에 설계된 버킷은 셔터의 하중에 의하여 열리고 닫히도록 제작하였으나 롤러의 탈선 등 문제점이 발생하였다.
- 개선 후 : 리프트의 상승에 의하여 좌우측 암을 내리면 자동으로 열리고 하강하면 뒤쪽의 스프링에 의하여 닫히도록 개선하였다.

△  
개선 전  
▽



△  
개선 후  
▽

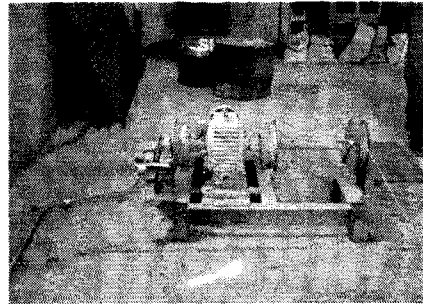


<그림 8> 개선 전후의 샘플 이송 Bucket

**6.3 버킷 리프트의 보완**

- 개선 전 : 버킷에 두 줄의 와이어 로프를 연결하여 사용하였으나 양쪽 로프의 감김 상태가 불 균등하면 버킷이 탈선 되거나 로프가 휠에서 이탈하여 에러가 발생하였다.
- 개선 후 : 두 줄의 로프를 한 줄로 줄이고 와이어 로프가 휠에 역으로 감기지 않도록 감지기를 장착하였다

△  
개선 전  
▽



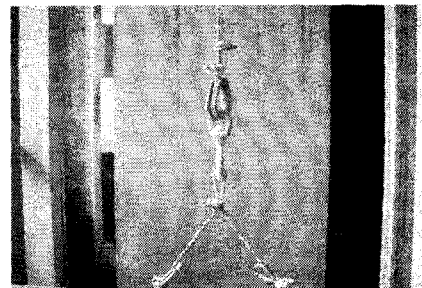
△  
개선 후  
▽



<그림 > 개선 전후의 Bucket 리프트

**6.4 에러방지 및 안전장치의 보완**

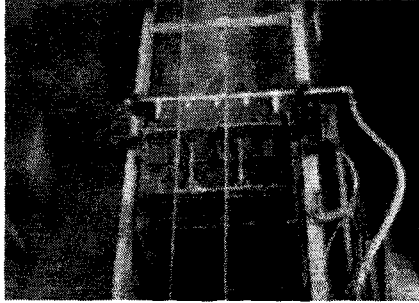
- 와이어 로프 꼬임 방지 고리  
버킷과 연결된 와이어 로프가 꼬였을 경우 자동으로 풀릴 수 있도록 회전 고리를 사용하여 버킷과 연결하였다.



<그림 10> 버킷 와이어 로프 연결 고리

### ● Air Clean System

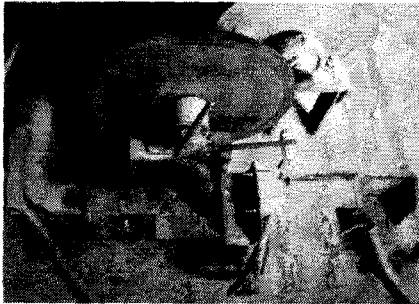
샘플 버킷이 상부에 도달하면 자동으로 air가 분사되어 시료의 배출을 용이하게 하고 토분의 부착을 방지하여 적분을 예방하였다.



<그림 11> 버킷 클리닝 노즐

### ● 와이어 로프의 역 감김 방지

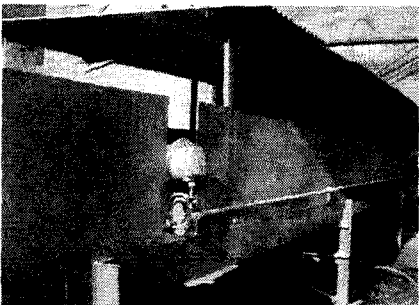
버킷 위치 감지기가 작동되지 않아 와이어 로프가 완전히 풀린 후 역으로 감겨 리프트 및 버킷이 파손되는 것을 방지하였다.



<그림 12> 와이어 로프 역 감김 방지 장치

### ● 스택커 벨트 보호장치

벨트의스피드 및 높이를 감지하여 스택커가 운전되는 상태에서만 샘플러가 작동되도록 하였다.



<그림 13> 스택커 벨트 보호 센서

## 7. 시스템의 운영 및 활용

- 1) 샘플 주기 : 석회석 Stacking 및 직송 시 1회/10분 석회석 자동 Sampling 실시 (10kg/1회 샘플하여 3단 이분기를 거친후 최종 약 1.5kg 샘플)
- 2) 샘플 회수 및 분석 : 4시간동안 샘플링 된 석회석 약 35kg을 이분기로 3회 이분하여 4.5kg 채취 건조기에서 건조 후 전처리·XRF 화학분석
- 3) Feed Back : 분석된 석회석 성적 및 송석량을 TOINS 생산시스템에 입력하여 석회석 pile의 누계성적을 참조하여 주요항목(특히 MgO, K2O) 기준 초과시 자원팀 연락하여 조치 & 자원팀 송석시 성적 활용

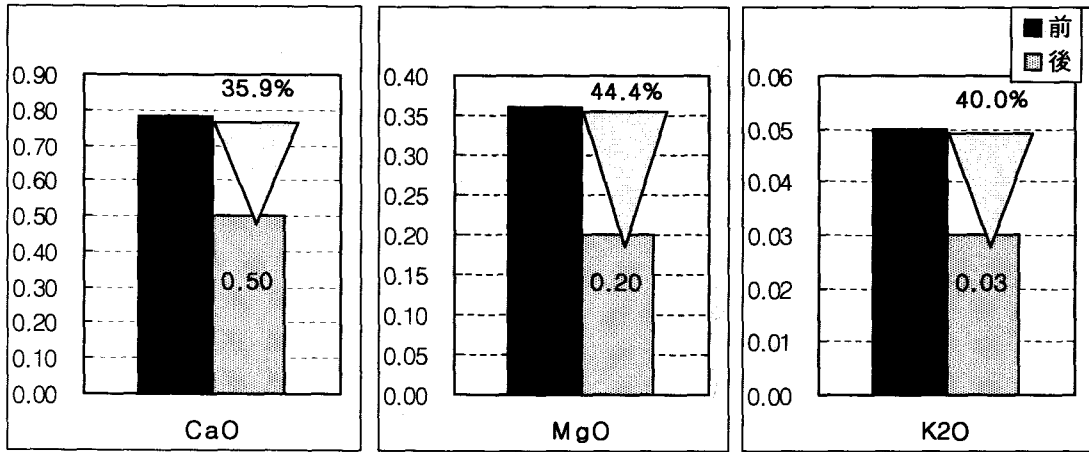
## 8. 모니터링 시스템 설치 효과

- 1) 석회석의 안정적 공급에 따른 품질편차 감소  
- 운전 전·후 석회석 표준편차 감소

<표 2> 운전 전·후 석회석 표준편차

구 분	CaO	MgO	K2O
운전 전	0.78	0.36	0.05
운전 후	0.50	0.20	0.03
차 이	0.28	0.16	0.02
감소율	35.9	44.4	40.0

- 2) 원료분쇄기(R/M) 및 Kiln의 공정안정 및 생산성 향상
- 3) 석회석 MgO 적정관리로 자원이용 효율화
- 4) 석회석 pile성적 모니터링으로 합리적인 폐기물 운영 : MgO, K2O 평균품위 파악으로 폐기물 자원화
- 5) 근무자 업무 loss 감소  
: 석회석 품질 변화시 구치장 인출로 인한 잔업/대근 Zero



<그림 14> 운전 전·후 표준편차 감소율

### III. 결 론

석회석 성분에 대한 사전 정보를제공함으로써 균일한 품위의 석회석을 공급할 수 있게 되었고 그 결과 석회석의 품질편차 감소와 공정의 안정에 효과를 보았으며 사용할 수 있는 자원의 품

위 폭을 넓힘으로써 제한된 자원을 효율적으로 이용할 수 있게 되었다. 또한 석회석 파일 성적을 사전에 모니터링함으로써 공정에 미치는 영향을 최소화 하는 범위에서 폐기물의 투입량을 조절하여 폐기물 처리 운영을 합리화 하여 폐기물 자원화에 크게 기여하였다.