

# Cement 工業의 螢光 X-ray 利用(2)

~~ 實 際 ~~

金 允 基

<星信化學丹陽工場試驗室長>

朴 秉 鎬

<星信化學丹陽工場試驗室代理>

## I. 試料問題

### 1. 표준 시료

표준 시료는 N.B.S 試料를 사용하려 하였으나  
原料 및 共存元素의 相異에서 야기되는 分析誤差

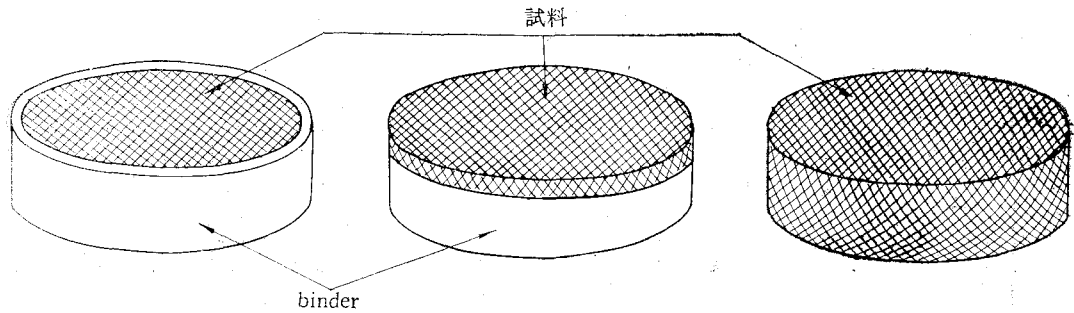
를 줄이기 위하여 raw mix, clay, limestone 및  
기타 시료는 당공장에서 사용하고 있는 原料로  
서 各成分間의 범위를 두어 同一粒度로 粉粹한  
후 5회 반복 분석 시험한 평균 data를 표준 시  
료의 data로 하였으며 그 결과는 <表-1>과 같  
다.

<表-1>

standard sample data (습식 분석)

		1	2	3	4	5	6	7	8
raw mix (%)	SiO <sub>2</sub>	16.53	14.81	14.67	13.61	14.25	14.93	15.15	15.23
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.71	3.54	3.37	2.93	3.66	3.15	2.99	3.03
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.37	2.26	2.05	1.67	2.18	2.15	2.15	2.01
	CaO	40.02	41.30	42.02	42.63	41.20	41.88	41.95	42.15
	MgO	1.82	1.64	1.49	1.82	2.15	1.62	1.56	1.37
limestone (%)	SiO <sub>2</sub>	3.52	4.50	8.63	16.46	3.38	12.53	3.97	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.75	0.83	1.09	2.77	0.83	2.01	0.80	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.39	0.40	0.48	0.44	0.98	0.47	0.70	
	CaO	50.85	51.00	47.88	42.44	33.62	45.27	42.50	
	MgO	2.10	1.40	1.75	1.33	16.41	1.53	8.80	
clay (%)	SiO <sub>2</sub>	63.18	56.09	62.95	57.27	70.93	59.85	66.46	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.58	21.85	19.80	23.20	15.57	20.94	20.40	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.05	8.43	7.30	7.08	5.06	7.58	4.06	
	CaO	1.66	1.40	0.30	0.43	0.36	0.90	0.28	
	MgO	1.65	1.48	0.91	1.71	1.05	1.07	0.20	
	K <sub>2</sub> O	3.42	2.50	2.15	4.36	1.68	2.04	2.40	

註: X-ray 5회分析 平均 data



<그림-1> powder 法 試片圖

## II. 實驗方法

迅速 및 精度考察을 目的으로 다음 2가지 方法을 實驗하여 검토하였다.

### 1. powder 方法

grinder 에서 미분쇄된 試料 2g 을 中央에 붓고 左右後面을 binder 로서 boric acid 를 사용하여 덮고 hydrolic presser 의 20톤 壓力에서 1分間 정치 후 脫型하여  $\phi 40$  m/m 의 試片을 제작하였다. 試片 제작은 순수한 powder 試料를 사용하는 方法과 前面에는 試料를, 後面에는 binder 로서 처리하는 方法을 實驗하였다. powder 단독 方法은 mould 에 試料가 부착하며 試片 표면이 탈락하는 結점이 있었고 試料에 binder 로서 結着하는 方法은 standard sample 로서 진공 중에서 몇회 사용하면 특히 검토의 경우 試料와 binder 의 탈락으로 인한 문제점이 있었다. 試料를 중앙에 두는 方法이 제일 良好하였다.

### 2. sintering 方法

raw mix 와 limestone 에 대하여 實驗하였으며 試料 4g 을 Pt crucible 에 넣고 gas burner (약  $1,300^{\circ}\text{C}$ )에서 5分間 sintering 한 試料를 미분쇄하여 上記 1. 의 方法에 의하여 試片을 製作하였다.

## III. 測定條件

cement 工場에서 사용하는 原料의 成分은 一般的으로 저원자 번호로서 Cr target 을 사용하였으므로 gas 로는 P10(A 90% + CH<sub>4</sub>10%) gas 를 사용하여 vacuum 上에서 측정하였다.

## IV. 實 驗

試料는 standard sample 과 同一한 方法으로 처리하여 製作하였고 raw mix 및 limestone 은 powder 方法과 sintering 方法으로 實驗하였으

<表-2>

各成分의 測定條件

	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
target	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr
2 $\theta$ 角	136.47	144.70	109.05	75.75	50.62	113.05	57.50
KV	55	50	45	30	30	30	30
mA	50	50	30	24	24	24	24
crystal	ADP	PET	PET	PET	PET	LiF	LiF
path	vacuum	Vac	Vac	Vac	Vac	Vac	Vac
	P.C	P.C	P.C	P.C	P.C	P.C	P.C
window	0.66	0.73	0.82	0.94	0.91	0.91	0.91
base	1.54	1.73	2.22	3.0	3.92	4.52	6.30
H. V	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850

<表-3>

powder 法과 sintering 法の pulse 비교

			1	2	3	4	5	6	7	8	平均
raw	powder 法	pulse ( $\bar{R}$ )	10.4	12.0	12.5	11.2	11.0	12.8	9.5	9.8	11.1
		pulse 오차(%)	0.3	0.37	0.51	0.41	0.40	0.42	0.32	0.32	0.38
		$\delta$	10.2	13.2	12.3	13.5	12.8	12.1	9.6	8.4	11.5
		data 오차(%)	0.038	0.040	0.043	0.040	0.040	0.041	0.037	0.037	0.040
mix	sintering 法	pulse ( $\bar{R}$ )	6.6	9.4	6.0	7.2	7.8	6.8	7.0	7.1	7.24
		pulse 오차(%)	0.14	0.22	0.14	0.19	0.19	0.16	0.16	0.16	0.17
		$\delta$	7.5	11.1	6.2	8.6	9.8	8.3	7.2	8.4	8.38
		data 오차(%)	0.026	0.036	0.025	0.029	0.030	0.037	0.029	0.029	0.029
lime-stone	powder 法	pulse ( $\bar{R}$ )	7.4	7.3	9.9	8.8	8.9	11.1	9.0	8.3	8.8
		pulse 오차(%)	1.10	1.00	0.68	0.60	10.5	0.60	0.92	0.98	0.86
		$\delta$	9.0	8.5	11.2	10.2	9.8	13.8	9.0	9.6	10.0
stone	sintering 法	pulse ( $\bar{R}$ )	6.4	5.7	8.7	7.9	8.3	6.4	8.4	6.7	7.3
		pulse 오차(%)	0.71	0.61	0.44	0.28	0.80	0.25	0.75	0.72	0.57
		$\delta$	7.2	6.5	9.1	9.7	9.6	6.9	9.5	7.7	8.5

며 再現性 實驗은 powder 方法으로 石灰石, 粘土, 原料를 비교 검토하였다.

1. SiO<sub>2</sub>

SiO<sub>2</sub>는 輕元素로서 PET crystal 에 Cr target 을 사용하여 진공중에서 측정하였으며 powder 方法과 sintering 方法의 pulse 오차는 <表-3> 과 같다.

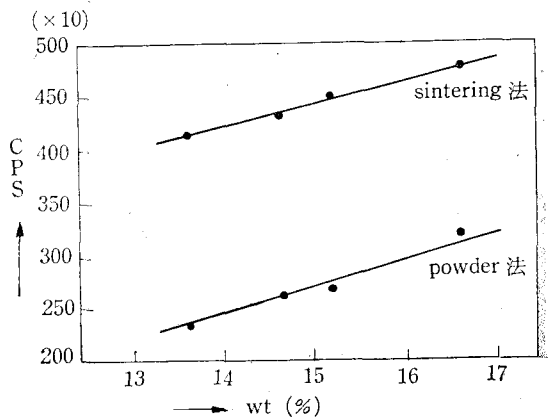
1) raw mix 및 limestone

raw mix 는 powder 方法의 pulse 오차가 0.38 %, sintering 方法이 0.17%이며 표준 편차는 11.5 및 8.38 로서 sintering 方法이 良好하였고 limestone 에 있어서도 sintering 方法이 좋았으며 검량선에서도 powder 方法에 비하여 sintering 方法이 直線性的의 검량선을 얻었다.

2) 재현성 검토

raw mix 의 powder 方法과 sintering 方法의 再現性 검토결과 powder 方法의 3회 X-ray 분석 오차가 0.16%, 화학 분석과의 오차는 0.11% 이며 sintering 方法은 0.11% 및 0.08%이다. 石灰石은 0.16%, 0.13%인데 비하여 0.09%, 0.08%로서 powder 方法보다 sintering 方法이 精度面에서 向上되었다. 그러나 powder 方法보다

시료 처리 시간이 길며 장기 사용시 진공 중에서 측정하므로 시료가 파괴되는 결점이 있었다. 그러므로 cement 工業에서 요구하는 신속 및 분석 정도면을 고찰하기 위하여 raw mix, 石灰石, 粘土 등의 시료를 powder 方法으로 처리하여 재현성 및 분석 오차를 검토하였다. raw mix 는 各成分間의 변동폭이 적으므로 표준 시료의 X-ray pulse 를 표준 시료의 data 에 고정하여 조정하면 분석 시료의 pulse 가 곧 data 가 되므로 신속한 분석이 가능하며 standard sample 의 pulse 조정은 0.1 mA 까지 細分된 mA 를 조정하므로 가능하였다.

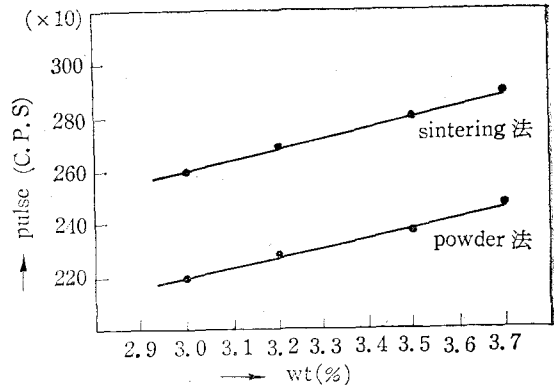


<그림-2> SiO<sub>2</sub> calibration curve(raw mix)

이상의 SiO<sub>2</sub> 分析結果 raw mix의 재현성 오차는 0.18%, 화학 분석과의 오차는 0.10%이며 石灰石은 재현성 오차가 0.16%, 화학 분석과의 오차가 0.14%로서 양호하나 粘土의 경우 재현성 오차가 0.73%, 화학 분석과의 오차가 0.58%로서 정밀도가 떨어지고 있다. 이는 含量이 많고 측정 범위가 넓으며 產地 차이에 따른 공존 원소의 영향에서 오는 오차인 듯하다.

2. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 측정 원소중 輕元素로서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量이 낮은 raw mix 및 limestone을 ADP, KAP crystal을 사용한 결과 含量에 따른 分離가 명확하지 못하였으나 PET crystal을 사용하여 良



<그림-3> R/M Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> calibration curve

好한 結果를 얻었고 含量이 많은 粘土 등은 ADP crystal을 使用하여 좋은 結果를 얻었다.

<表-4> powder 法과 sintering 法の 재현성 검토

			1	2	3	4	5	平均
raw mix (%)	powder 法	화학분석 data	14.82	13.61	14.25	14.93	15.23	14.56
		1 回	15.00	13.50	14.36	15.12	15.22	14.64
		2 回	15.05	13.66	14.47	15.07	15.37	14.73
		3 回	14.92	13.53	14.39	15.20	15.34	14.68
		平均	14.99	13.56	14.37	15.13	15.30	14.67
	R	0.13	0.16	0.11	0.13	0.15	0.14	
	화학분석과의 차이		0.17	0.05	0.12	0.20	0.07	0.12
	sintering 法	1 回	14.90	13.68	14.30	14.95	15.18	14.60
		2 回	14.84	13.75	14.35	14.88	15.15	14.59
		3 回	14.88	13.80	14.40	14.79	15.25	14.62
平均		14.87	13.74	14.35	14.87	15.19	14.60	
R		0.06	0.12	0.10	0.16	0.10	0.11	
화학분석과의 차이		0.05	0.13	0.10	0.04	0.04	0.05	
limestone (%)	powder 法	화학분석 data	3.52	8.63	3.38	12.53	3.97	6.41
		1 回	3.45	8.80	3.37	12.81	4.18	6.52
		2 回	3.25	8.70	3.27	12.50	4.20	6.38
		3 回	3.50	8.66	3.25	12.65	4.02	6.42
		平均	3.40	6.72	3.30	12.65	4.13	6.44
	R	0.25	0.14	0.12	0.18	0.18	0.17	
	화학분석과의 차이		0.12	0.10	0.09	0.16	0.06	0.11
	sintering 法	1 回	3.48	8.62	3.47	12.64	4.10	6.46
		2 回	3.51	8.72	3.45	12.66	4.15	6.50
		3 回	3.46	8.48	3.40	12.50	4.08	6.38
平均		3.48	8.54	3.43	12.60	4.11	6.43	
R		0.05	0.14	0.07	0.09	0.04	0.09	
화학분석과의 차이		0.04	0.09	0.06	0.07	0.14	0.08	

註: R=X-ray 3회 分析의 max-min 임.

<表-5>

SiO<sub>2</sub> 재현성 실험 (powder 法)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平 均
raw mix(%)	화학분석 data	15.20	15.40	15.00	14.86	14.40	14.62	14.92	14.74	14.76	14.96	14.87
	X-ray 1	15.32	15.18	15.06	14.95	14.35	14.33	14.75	14.68	14.65	14.95	14.82
	2	15.27	15.11	15.08	14.85	14.50	14.63	14.82	14.73	14.67	15.15	14.88
	3	15.20	15.29	15.15	14.74	14.53	14.35	14.77	14.57	14.92	15.00	14.85
	平 均	15.26	15.19	15.10	14.85	14.46	14.44	14.78	14.66	14.75	15.03	14.85
	R	0.12	0.18	0.09	0.21	0.18	0.30	0.07	0.16	0.27	0.20	0.18
화학분석과의 차이		0.06	0.21	0.10	0.01	0.06	0.18	0.14	0.08	0.01	0.07	0.10
limestone(%)	화학분석 data	8.37	7.65	5.51	8.40	7.30	6.95	8.20	7.38	7.23	8.10	7.51
	1	8.60	7.82	5.69	8.63	7.34	7.00	8.25	7.44	7.35	8.22	7.63
	2	8.55	7.88	5.68	8.44	7.28	7.15	8.37	7.54	7.40	8.12	7.64
	3	8.66	7.92	5.55	8.58	7.52	7.03	8.28	7.70	7.52	8.20	7.70
	平 均	8.60	7.87	5.63	8.55	7.38	7.06	8.30	7.56	7.42	8.18	7.66
	R	0.11	0.10	0.14	0.19	0.24	0.15	0.12	0.26	0.17	0.10	0.16
화학분석과의 차이		0.23	0.22	0.12	0.15	0.08	0.08	0.10	0.18	0.19	0.08	0.14
clay(%)	화학분석 data	61.40	62.48	71.76	67.52	60.72	58.34	77.56	66.64	67.20	63.64	65.72
	1	62.0	62.4	71.7	67.5	59.8	58.2	78.1	68.0	66.7	63.1	65.37
	2	61.7	61.7	71.7	66.8	59.5	57.9	77.2	67.5	65.7	64.0	65.14
	3	62.5	62.2	71.2	67.5	59.2	57.5	77.5	67.5	66.2	63.8	65.48
	平 均	62.1	62.1	71.5	67.3	59.5	57.9	77.9	67.7	66.2	63.5	65.57
	R	0.8	0.7	0.5	0.7	0.6	0.7	0.9	0.5	1.0	0.9	0.73
화학분석과의 차이		0.70	0.38	0.26	0.22	1.22	0.44	0.34	1.06	1.00	0.14	0.58

註: R=X-ray 3회分析 max-min 인.

<表-6>

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder 法과 sintering 法の pulse 비교

		1	2	3	4	5	6	7	8	平 均	
raw mix	powder 法	pulse ( $\bar{R}$ )	11	5	10	11	10	6	5	8	8.3
		pulse 오차(%)	0.52	0.23	0.45	0.48	0.45	0.27	0.22	0.35	0.37
	sintering 法	pulse ( $\bar{R}$ )	5	6	4	7	6	7	8	6	6.1
		pulse 오차(%)	0.21	0.25	0.14	0.28	0.25	0.29	0.33	0.24	0.25
lime-stone	powder 法	pulse ( $\bar{R}$ )	11	10	12	8	6	14	7	6	9.3
		pulse 오차(%)	0.65	0.42	0.55	0.40	0.45	0.62	0.66	0.50	0.53
	sintering 法	pulse ( $\bar{R}$ )	11	8	6	7	5	8	6	5	7.0
		pulse 오차(%)	0.35	0.30	0.38	0.46	0.22	0.45	0.32	0.20	0.34

1) raw mix 및 石灰石

powder 방법과 sintering 方法間의 pulse 비교는 SiO<sub>2</sub>의 경우와 같이 powder 法에 비하여 sintering 방법이 pulse의 오차도 적으며 안정을 나타내고 있으나 powder 방법에서도 양호한 결과를 얻고 있다. 이는 raw mix 및 石灰石 등은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량이 낮는데 비하여 함량에 따른

pulse의分離는 양호하며 검량선도 直線性을 나타내고 있다.

2) 재현성 검토

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 재현성 실험은 raw mix 및 clay의 2 시료를 실험하였으며 그 결과는 <表-7>과 같다.

이상의 실험 결과 raw mix의 X-ray 3회分

<表-7>

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 재현성 실험 (powder 法)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
raw mix (%)	화학분석 data	3.09	2.91	3.09	3.22	3.15	3.11	3.02	3.40	3.10	3.07	3.12
	1 회	3.05	2.99	2.98	3.14	3.05	3.08	3.06	3.25	3.12	3.09	3.08
	2 회	3.10	3.05	2.95	3.06	3.18	3.12	3.11	3.15	3.10	3.13	3.10
	3 회	3.14	3.06	3.08	3.18	3.15	3.06	3.15	3.21	3.20	3.15	3.14
	平 均	3.10	3.03	3.00	3.13	3.13	3.09	3.11	3.20	3.14	3.13	3.11
	R	0.09	0.07	0.13	0.12	0.13	0.06	0.09	0.10	0.10	0.06	0.10
화학분석과의 차이 (%)		0.01	0.12	0.09	0.13	0.02	0.02	0.09	0.20	0.04	0.06	0.08
clay (%)	화학분석 data	21.46	15.36	22.66	19.32	18.95	18.46	19.65	22.42	13.50	18.70	19.04
	1 회	21.32	15.26	21.86	18.66	18.07	18.66	19.50	21.00	13.75	18.50	18.66
	2 회	20.82	15.85	22.50	18.95	18.60	18.20	19.32	21.58	13.55	18.40	18.78
	3 회	20.75	16.00	22.32	18.80	18.50	19.21	19.55	21.62	13.42	18.72	18.89
	平 均	20.96	15.70	22.23	18.80	18.39	18.69	19.46	21.40	13.57	18.57	18.78
	R	0.57	0.75	0.66	0.29	0.53	1.01	0.23	0.62	0.33	0.32	0.53
화학분석과의 차이 (%)		0.50	0.34	0.37	0.52	0.56	0.23	0.19	1.02	0.07	0.15	0.40

註: R=X-ray 3회分析 max-min 인.

析結果의 誤差가 0.1%, 화학 분석과의 오차가 0.08%로서 양호하며 검량선에서도 直線性으로 나타나고 있다. 점토의 경우 3회 오차가 0.53%, 화학 분석과의 오차가 0.40%이며 일반적으로 화학 분석에 비하여 data%가 하락하고 있다. 이는 공존 원소의 영향으로 화학 분석에서는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 함유되는 TiO<sub>2</sub> 등이 X-ray 분석에서는 순수한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>만 측정되기 때문이다.

### 3. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 측정은 air 중에서 측정이 가능하나 pulse 를 向上시키므로 分析精度를 높이기 위하여 LiF crystal 에 vacuum 上에서 측정하였으며 powder 法과 sintering 法の pulse 비교는 <表-

8>과 같다.

powder 法과 sintering 法間의 pulse 비교는 sintering 方法이 powder 方法에 비하여 양호하나 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 cement 工業에서 使用元素中 最高의 元素로서 powder 方法의 air 上에서도 검량선은 직선성을 가지며 안정된 data 를 얻을 수 있다.

#### 1) 재현성 검토

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 重金屬元素로서 X線感度가 강하며 元素의 分離가 용이할 뿐만 아니라 재현성도 양호하고 미량 분석도 정확하게 정량할 수 있다. raw mix의 X-ray 分析 3회 오차가 0.08%, 화학 분석과의 오차가 0.06%로서 신뢰성 있는

<表-8>

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder 方法과 sintering 方法의 pulse 비교

		1	2	3	4	5	6	7	8	平均	
raw mix	powder 法	pulse ( $\bar{R}$ )	9.0	6.0	7.8	9.5	7.4	8.5	10.0	9.9	8.8
		pulse 오차 (%)	0.52	0.37	0.48	0.64	0.40	0.51	0.58	0.59	0.51
	sintering 法	pulse ( $\bar{R}$ )	7.3	5.1	7.0	5.0	7.0	7.5	7.2	7.0	6.6
		pulse 오차 (%)	0.31	0.23	0.33	0.28	0.30	0.33	0.30	0.32	0.30
limestone	powder 法	pulse ( $\bar{R}$ )	11	10	5.6	6.6	16.2	6.0	7.0	12.0	9.3
		pulse 오차 (%)	0.25	0.23	0.12	0.14	0.12	0.13	0.08	0.23	0.16
	sintering 法	pulse ( $\bar{R}$ )	10	10	5.5	6.0	10.0	5.5	6.0	8.1	7.6
		pulse 오차 (%)	0.18	0.20	0.10	0.12	0.07	0.10	0.07	0.13	0.12

<表-9>

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 재현성 실험 (powder 法)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
raw mix (%)	화학분석 data	2.13	2.41	2.21	2.12	2.21	2.17	2.16	2.18	2.20	2.30	2.21
	X-ray 1 回	1.94	2.35	2.15	2.08	2.32	2.13	1.92	2.18	2.21	2.29	2.16
	2 回	1.96	2.31	2.12	2.15	2.22	2.08	2.10	2.15	2.10	2.35	2.15
	3 回	1.98	2.36	2.18	2.15	2.30	2.10	2.12	2.20	2.16	2.34	2.19
	平 均	1.96	2.34	2.15	2.12	2.28	2.10	2.05	2.18	2.16	2.33	2.17
	R	0.04	0.05	0.06	0.07	0.12	0.05	0.20	0.05	0.11	0.06	0.08
화학분석과의 차이 (%)		0.17	0.07	0.06	0	0.08	0.07	0.11	0	0.04	0.03	0.06
clay (%)	화학분석 data	5.98	5.18	7.54	5.50	6.16	4.94	7.85	7.82	4.78	6.48	6.22
	X-ray 1 回	5.78	5.37	7.67	5.66	6.35	5.29	8.02	8.13	5.11	6.70	6.40
	2 回	6.14	5.20	7.55	5.51	6.24	4.92	7.83	8.02	4.90	6.51	6.28
	3 回	5.85	5.36	7.42	5.58	6.32	5.18	7.98	7.95	4.92	6.60	6.31
	平 均	5.92	5.31	7.65	5.57	6.30	5.13	7.94	8.03	4.98	6.60	6.34
	R	0.36	0.17	0.25	0.15	0.11	0.37	0.19	0.18	0.21	0.12	0.22
화학분석과의 차이 (%)		0.06	0.13	0.11	0.07	0.14	0.19	0.09	0.21	0.20	0.19	0.13

註 : R=X-ray 3회分析 max-min 인.

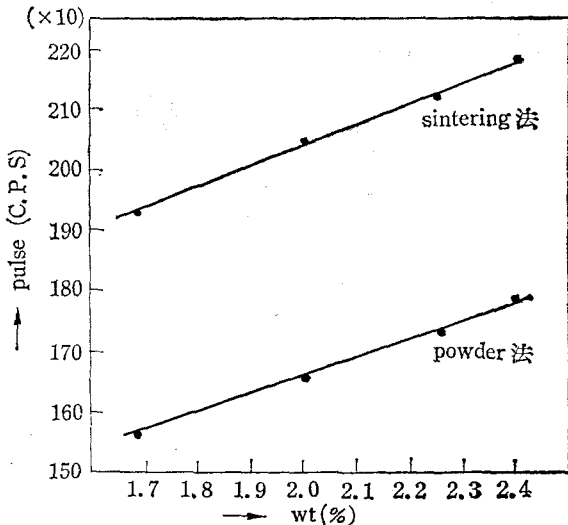
data를 얻었고 점토에서는 3회分析 오차가 0.22%, 화학 분석과의 오차는 0.13%로서 양호한 결과를 얻었으며 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량이 많을수록 X선 분석이 화학 분석에 비하여 data 상승을 나타내는 경향이 있다.

#### 4. CaO

CaO는 LiF 및 EDDT crystal에서 pulse가 양호하며 공기중의 측정은 재현성이 불량하므로

본실험에서는 LiF crystal의 vacuum에서 측정하였으며 sintering 방법과 powder 방법간의 pulse 비교는 <表-10>과 같다.

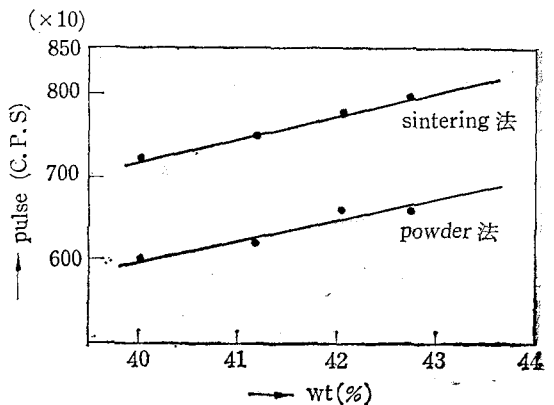
두 방법간의 오차 비교는 sintering 방법이 powder 방법에 비하여 pulse의 산포가 적었고 오차도 적었다. 그러나 powder 방법도 정밀도 및 재현성에서 양호하게 나타나며 검량선에서도 sintering 방법에 비하여 떨어지나 직선성을 나타내고 있다.



<그림-4> R/M Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> calibration curve

#### 1) 재현성 검토

재현성 실험 결과 raw mix에서는 3회分析 오차가 0.22%, 화학 분석과의 오차가 0.16%로서



<그림-5> R/M CaO calibration curve

X線分析이 化學分析에 비하여 0.16%의 data 상승을 나타내고 石灰石은 0.24% 및 0.4%의 오차를 나타내며 data 상승을 나타낸다. 검토는 CaO 함량이 미량인 관계로 0.08% 및 0.05%의 오차를 나타내고 있으며 전반적으로 CaO는 X선 분석이 함량의 상승을 나타내나 pulse의 안정 및 재현성에서 양호한 결과를 얻고 있다.

### 5. MgO

MgO는 測定할 수 있는 元素中 最低元素로서 함량에 따른 分離가 용이하지 못하며 공존 원소에 의하여 勵起되므로 data의 산포가 크고 재현성이 良好하지 않다. pulse의 強度가 약하며 MgO 함량이 증가할수록 pulse의 強度는 비례적으로 증가하지 못하므로 實用上의 문제점이 있

<表-10> CaO powder 法과 sintering 法の pulse 비교

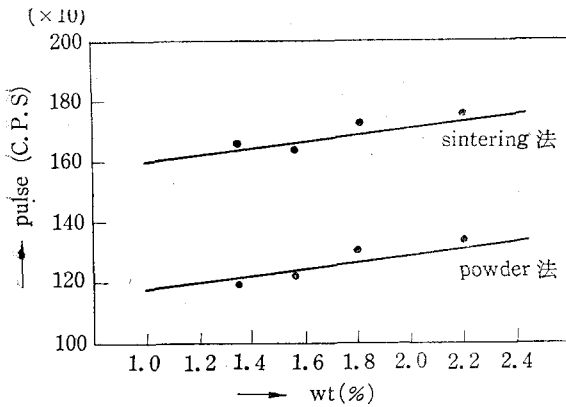
			1	2	3	4	5	6	7	8	平均
raw mix	powder 法	pulse ( $\bar{R}$ )	4.0	9.0	11.0	8.6	5.4	5.5	7.0	6.0	7.0
		pulse 오차 (%)	0.24	0.52	0.63	0.48	0.32	0.32	0.40	0.34	0.40
	sintering 法	pulse ( $\bar{R}$ )	3.6	3.0	7.0	4.5	2.0	3.5	6.0	5.9	4.4
		pulse 오차 (%)	0.20	0.16	0.39	0.28	0.12	0.20	0.32	0.32	0.27
limestone	powder 法	pulse ( $\bar{R}$ )	7.6	8.2	9.8	5.2	6.5	8.6	6.6	8.0	7.5
		pulse 오차 (%)	0.33	0.34	0.45	0.29	0.42	0.44	0.33	0.37	0.37
	sintering 法	pulse ( $\bar{R}$ )	7.4	4.0	7.4	5.2	7.5	8.5	7.3	7.5	6.8
		pulse 오차 (%)	0.21	0.14	0.28	0.26	0.38	0.37	0.31	0.29	0.28

<表-11> CaO 재형성 실험 (powder 法)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
raw mix (%)	화학분석 data	41.94	41.72	42.11	41.94	42.00	42.00	41.83	41.73	41.84	41.71	41.88
	1 회	42.07	41.96	42.22	42.02	42.16	42.28	42.20	42.08	42.06	41.94	42.10
	2 회	41.95	41.75	42.40	42.03	41.96	42.34	42.00	41.80	41.96	41.82	42.00
	3 회	42.10	41.86	42.13	42.26	42.06	42.07	42.34	41.96	41.86	41.82	42.05
	平均	42.04	41.86	42.28	42.10	42.06	42.23	42.18	41.95	41.96	41.86	42.05
	R	0.15	0.21	0.17	0.24	0.20	0.27	0.34	0.28	0.20	0.12	0.22
	화학분석과의 차이	0.10	0.14	0.17	0.16	0.06	0.23	0.32	0.23	0.12	0.15	0.16
limestone (%)	화학분석 data	48.53	48.13	49.75	47.61	47.95	47.92	47.60	47.95	48.02	47.90	48.14
	1 회	48.74	47.96	49.86	47.80	48.05	48.30	47.60	47.92	48.45	48.10	48.28
	2 회	48.90	48.09	49.80	47.83	47.90	48.16	47.60	48.00	48.17	47.90	48.24
	3 회	48.64	48.10	49.80	47.60	47.80	48.40	47.80	48.25	48.23	48.30	48.29
	平均	48.74	48.05	49.82	47.74	47.92	48.29	47.67	48.06	48.28	48.10	48.27
	R	0.26	0.14	0.06	0.20	0.25	0.24	0.20	0.33	0.27	0.40	0.24
	화학분석과의 차이	0.19	0.08	0.07	0.13	0.03	0.23	0.07	0.11	0.26	0.20	0.14
clay (%)	화학분석 data	0.42	0.34	0.55	0.28	0.28	0.20	0.34	0.28	0.78	1.28	0.48
	1 회	0.42	0.30	0.44	0.35	0.31	0.18	0.23	0.37	0.70	1.28	0.46
	2 회	0.43	0.35	0.52	0.33	0.34	0.21	0.35	0.38	0.82	1.32	0.51
	3 회	0.50	0.26	0.44	0.30	0.26	0.22	0.27	0.30	0.78	1.38	0.47
	平均	0.45	0.30	0.47	0.33	0.30	0.20	0.28	0.35	0.77	1.33	0.48
	R	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.03	0.12	0.08	0.12	0.16	0.08
	화학분석과의 차이	0.07	0.07	0.08	0.05	0.02	0.00	0.06	0.07	0.01	0.04	0.05

註: R=X-ray 3회分析 max-min 임.





<그림-6> R/M MgO calibration curve

다. powder 方法 대신 sintering 方法을 택하면 pulse 오차는 감소하나 함량에 따른 X-ray pulse 변화가 예민하지 못하며 함량 1% 이하의 粘土에서는 分離가 되었으나 raw mix 및 石灰石 등에서는 CaO 함량에 따라 MgO pulse 가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또 ADP crystal 을 사용하였으나 data 의 재현성이 양호하지 못하며

<表-12> MgO 재현성 실험 (powder 法)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
raw mix (%)	화학분석 data	1.45	2.11	2.07	1.70	1.75	1.51	1.77	1.42	1.51	1.95	1.72
	1	1.30	2.10	2.40	1.97	2.05	1.77	1.60	1.65	1.74	1.62	1.82
	2	1.44	1.85	2.15	1.78	2.00	1.58	1.56	1.60	1.81	1.55	1.73
	3	1.38	1.70	2.11	1.80	1.85	1.63	1.75	1.42	1.53	1.72	1.69
	平均	1.37	1.88	2.22	1.85	1.97	1.68	1.63	1.56	1.69	1.63	1.75
	R	0.14	0.40	0.29	0.15	0.20	0.19	0.15	1.23	0.28	0.17	0.22
화학분석과의 차이		0.12	0.23	0.15	0.15	0.22	0.17	0.14	0.14	0.18	0.12	0.16
limestone (%)	화학분석 data	1.27	1.30	1.15	1.50	1.95	1.66	1.50	2.31	1.87	1.25	1.58
	1	1.12	1.45	1.48	1.60	1.75	1.82	1.72	2.02	1.82	1.65	1.64
	2	0.82	1.52	1.45	1.67	1.68	1.55	1.48	2.21	1.48	1.23	1.51
	3	1.00	1.68	1.20	1.55	1.82	1.81	1.68	1.88	1.60	1.38	1.56
	平均	0.98	1.55	1.38	1.61	1.75	1.73	1.63	2.04	1.63	1.42	1.57
	R	0.20	0.22	0.28	0.12	0.14	0.27	0.30	0.33	0.34	0.42	0.26
화학분석과의 차이		0.29	0.25	0.23	0.11	0.20	0.17	0.13	0.27	0.24	0.17	0.21
clay (%)	화학분석 data	1.09	0.81	0.83	0.46	0.60	0.56	1.67	0.74	1.01	0.60	0.97
	1	1.40	0.74	0.93	0.36	0.67	0.62	1.58	0.85	0.90	0.68	0.87
	2	1.25	0.75	0.92	0.30	0.81	0.60	1.55	1.03	0.92	0.72	0.89
	3	1.12	0.82	0.98	0.38	0.72	0.60	1.66	1.01	0.85	0.77	0.89
	平均	1.26	0.77	0.94	0.35	0.73	0.61	1.60	0.96	0.89	0.72	0.88
	R	0.13	0.08	0.06	0.08	0.14	0.02	0.11	0.26	0.07	0.09	0.10
화학분석과의 차이		0.17	0.04	0.11	0.11	0.12	0.04	0.07	0.22	0.12	0.12	0.11

註: R=X-ray 3회分析 max-min 일.

검량선에서도 直線性을 나타내지 못하고 있다.

### 1) 재현성 검토

<表-12>의 data 결과 raw mix 에서는 3회 分析 오차가 0.22%, 화학 분석과의 오차가 0.16%이며 석회석은 각각 0.26%, 0.21%, 절토는 0.10%, 0.11%로서 분산의 폭이 크며 신뢰성 있는 data 가 되지 못하였다.

### 6. K<sub>2</sub>O

K<sub>2</sub>O 는 PET crystal 을 사용하였고 진공중에서 측정하였으며 X-ray 分析 결과는 <表-13> 과 같다.

K<sub>2</sub>O 는 검량선이 직선적이며 3회 X-ray 分析 결과 오차가 0.11%이며 화학 분석과의 오차는 0.06%로서 함량에 따른 분리가 명확하게 되므로 미량 분석도 정확하게 측정할 수 있다.

### 7. SO<sub>3</sub>

SO<sub>3</sub> 는 PET crystal 에 진공 중에서 측정하였

<表-13>

K<sub>2</sub>O 재현성 실험

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
화학분석 data	1.68	1.55	1.90	1.85	1.82	1.54	1.89	2.35	1.15	1.36	1.71
X-ray 1	1.77	1.55	1.93	1.80	1.76	1.63	1.96	2.23	1.13	1.44	1.72
X-ray 2	1.68	1.55	1.95	1.76	1.76	1.55	1.88	2.28	1.22	1.55	1.72
X-ray 3	1.85	1.63	1.80	1.87	1.88	1.65	1.95	2.35	1.20	1.50	1.77
平均	1.77	1.57	1.89	1.81	1.80	1.61	1.93	2.29	1.18	1.50	1.74
R	0.17	0.08	0.15	0.11	0.12	0.10	0.08	0.12	0.09	0.11	0.17
화학분석과의 차이	0.09	0.02	0.01	0.04	0.02	0.07	0.04	0.06	0.03	0.14	0.06

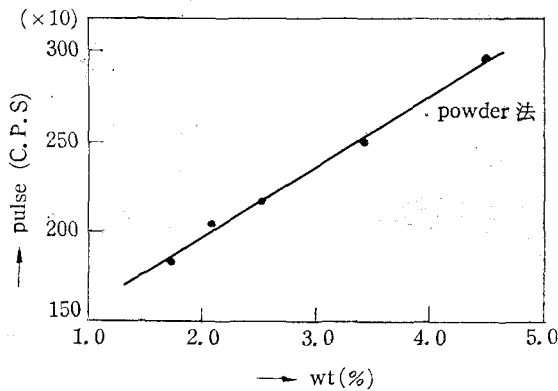
註: R=X-ray 3회分析 max-min 임.

<表-14>

SO<sub>3</sub> 재현성 실험

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
화학분석 data	2.36	2.42	2.23	2.40	2.65	2.33	2.19	2.37	2.53	1.98	2.35
1	2.46	2.47	2.20	2.44	2.58	2.40	2.25	2.37	2.57	2.05	2.38
2	2.39	2.46	2.25	2.39	2.59	2.45	2.19	2.42	2.59	1.98	2.37
3	2.44	2.51	2.26	2.44	2.64	2.39	2.28	2.45	2.52	2.02	2.40
平均	2.43	2.48	2.24	2.42	2.60	2.41	2.24	2.41	2.56	0.02	2.38
R	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07
화학분석과의 차이	0.07	0.06	0.01	0.02	0.05	0.08	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05

註: R=X-ray 3회分析 max-min 임.

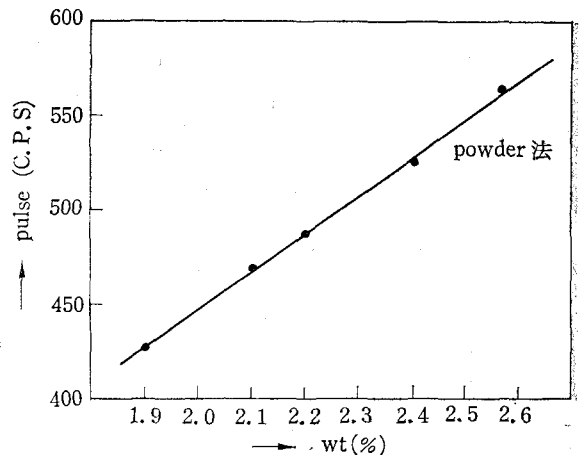


<그림-7> clay K<sub>2</sub>O calibration curve

으며 재현성 및 分析精度는 <表-14>와 같다.

data를 고찰하면 3회 X-ray 분석 오차가 0.07%, 화학 분석과의 오차는 0.05%로서 함량에 따른 分離가 용이하므로 재현 精밀도는 양호하다. 그러나 화학 분석에 비하여 0.05% data 상승을 나타내는데 이는 화학 분석에서는 검출되지 않은 유리 S분이 X-ray에서는 검출되기 때문이며 검량선은 直線의이다.

또한 SO<sub>3</sub> 分析에는 同一粒度가 철저히 요구된

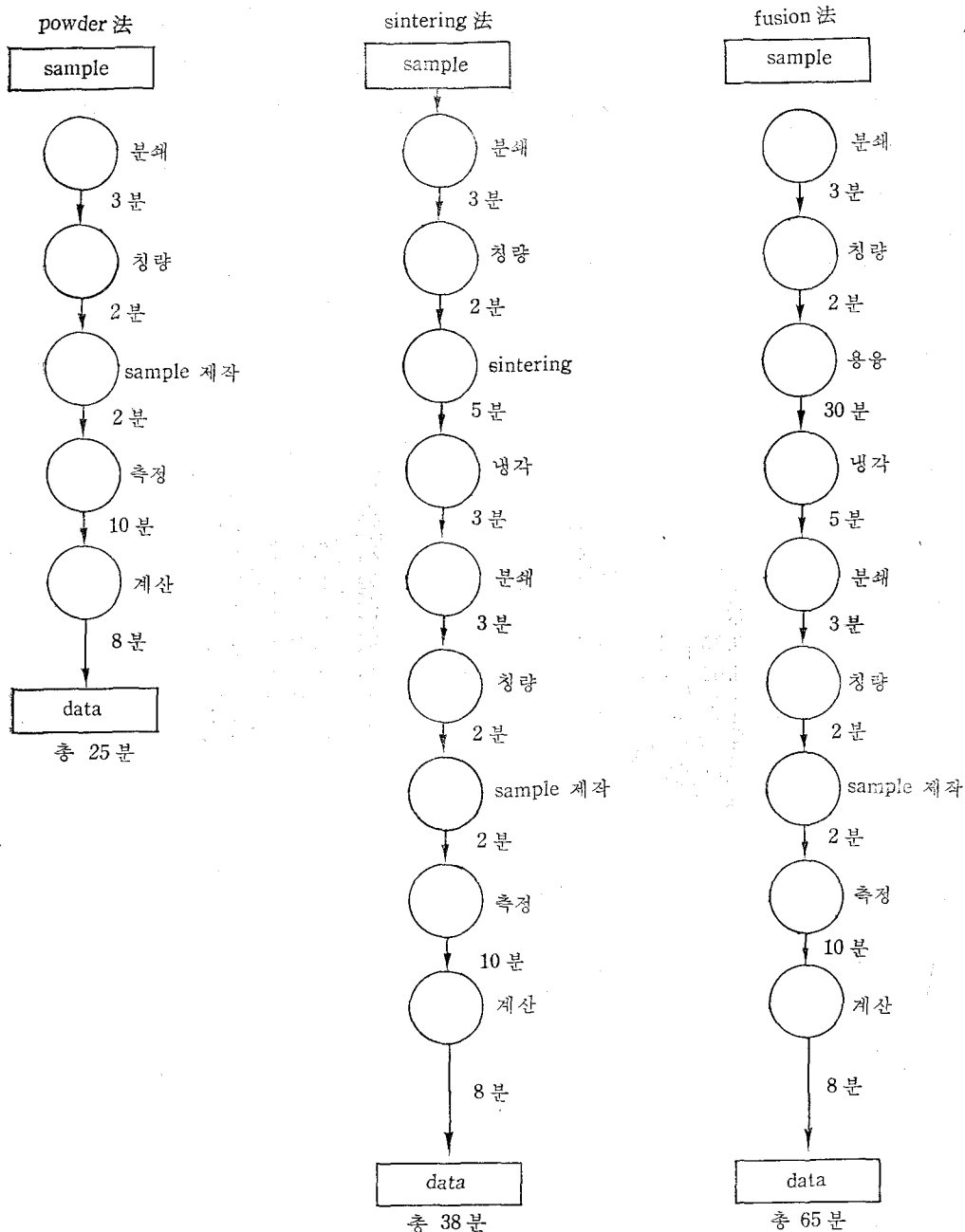


<그림-8> cement SO<sub>3</sub> calibration curve

<表-15> 粒度에 따른 SO<sub>3</sub> data 비교

Blaine No.	1	2	3	4	5	6	平均
3000~3100	2.87	3.74	2.70	2.56	2.60	2.08	2.76
3700~3800	2.96	3.92	2.78	2.63	2.68	2.16	2.85

다. 입자가 고을수록 pulse는 상승하므로 표준 시료와 同一한 粒度 조정이 필요하며 입도 변화



<그림-9> 試料處理方法과 所要時間 (5性分基準)

에 의한 분석 오차는 cement 의 경우 Blaine 700 cm/g 증가에 따라 data 는 약 0.1% 상승한다.

### V. 分析方法에 따른 所要時間

이상의 시료 처리 시간 및 data 를 검토하면

sintering 방법이 powder 방법에 비하여 pulse 의 증가 및 pulse 의 균일화를 가져 오며 분석 오차에 미치는 영향은 크지 않으나 시간은 倍가 所要된다. 또한 MgO 分離에 도움이 되지 못하며 연속 생산 공정에서 신속 분석 및 신속 조치를 요구하는 품질 관리면에서 약간의 허용 오차

가 품질 및 생산 관리에 커다란 영향을 미치지 않는다면 powder 방법이 타당하리라 믿는다.

## VI. 고 찰

powder 방법에 의한 data 고찰 및 화학 분석과 X-ray 분석을 同一 시료로서 3회 반복 시험의 오차를 검토하여 보았다.

### 1. raw mix

raw mix의 각 계수를 검토하면 LiF는 화학 분석이 89.8, X-ray 분석이 90.5로 0.7 상승하며 SM, IM은 同一하다. 분석 오차는 3회 실험 결과 화학 분석에 비하여 SiO<sub>2</sub> 0.07%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.02%, CaO 0.10%의 오차를 나타내고 있으며 MgO는 함량이 적는데 비하여 0.12%로서 큰 오차를 나타내고 있다.

### 2. limestone

石灰石은 品質特性인 CaO, MgO, SiO<sub>2</sub>에 대

<表-16>

R/M 화학 분석과 X-ray 분석의 data 및 오차 비교

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	
분석 data(%)	SiO <sub>2</sub> (%)	C	15.20	15.40	15.00	14.86	14.40	14.62	14.92	14.74	14.76	14.96	14.87
		X	15.26	15.19	15.10	14.85	14.46	14.44	14.78	14.66	14.75	15.03	14.85
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	C	3.09	2.91	3.09	3.22	3.15	3.11	3.02	3.40	3.10	3.07	3.12
		X	3.10	3.03	3.00	3.13	3.13	3.09	3.11	3.20	3.14	3.13	3.11
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	C	2.13	2.41	2.21	2.12	2.21	2.17	2.16	2.18	2.20	2.30	2.21
		X	1.96	2.36	2.18	2.15	2.30	2.10	2.12	2.20	2.16	2.34	2.19
	CaO (%)	C	41.94	41.72	42.11	41.94	42.00	42.00	41.83	41.73	41.84	41.71	41.88
		X	42.04	41.86	42.28	42.10	42.06	42.23	42.18	41.95	41.96	41.86	42.05
	MgO (%)	C	1.45	1.91	2.07	1.70	1.75	1.61	1.77	1.57	1.61	1.75	1.72
		X	1.47	1.88	2.22	1.85	1.97	1.68	1.63	1.56	1.66	1.66	1.75
	LsF	C	88.4	86.9	89.7	89.9	92.6	91.6	89.7	89.7	90.6	89.0	89.8
		X	88.5	88.1	89.8	90.5	92.4	93.2	91.1	91.0	90.9	88.8	90.5
	SM	C	2.91	2.89	2.83	2.78	2.69	2.77	2.88	2.64	2.78	2.78	2.80
		X	3.02	2.82	2.92	2.81	2.66	2.78	2.83	2.71	2.78	2.75	2.79
IM	C	1.45	1.21	1.40	1.52	1.43	1.43	1.40	1.56	1.41	1.33	1.41	
	X	1.58	1.28	1.38	1.36	1.36	1.47	1.47	1.45	1.45	1.34	1.41	
오차 비교(%)	SiO <sub>2</sub> (%)	C	0.10	0.10	0.15	0.14	0.09	0.12	0.08	0.12	0.15	0.09	0.11
		X	0.12	0.18	0.09	0.21	0.18	0.30	0.07	0.16	0.27	0.20	0.18
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	C	0.11	0.15	0.08	0.13	0.10	0.07	0.09	0.13	0.08	0.06	0.10
		X	0.09	0.07	0.13	0.12	0.13	0.06	0.09	0.10	0.10	0.06	0.10
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	C	0.10	0.11	0.02	0.04	0.02	0.05	0.09	0.04	0.08	0.04	0.06
		X	0.04	0.05	0.06	0.07	0.12	0.05	0.20	0.05	0.11	0.06	0.08
	CaO (%)	C	0.08	0.15	0.10	0.12	0.16	0.21	0.10	0.08	0.10	0.09	0.12
		X	0.15	0.21	0.17	0.24	0.20	0.27	0.34	0.28	0.20	0.12	0.22
	MgO (%)	C	0.09	0.06	0.12	0.04	0.10	0.12	0.14	0.11	0.08	0.12	0.10
		X	0.14	0.40	0.29	0.15	0.20	0.19	0.15	0.23	0.28	0.17	0.22

註: 1) 오차 비교는 화학 분석과 X-ray 분석 3회 max-min 오차임.

2) 분석 data는 3회 분석 평균 data임.

3) C=화학 분석, X=X-ray 분석

<表-17>

석회석 화학 분석과 X-ray 분석 data 및 오차 비교

성분 No.	분석 data (%)						오차 비교 (%)					
	SiO <sub>2</sub>		CaO		MgO		SiO <sub>2</sub>		CaO		MgO	
	C	X	C	X	C	X	C	X	C	X	C	X
1	8.37	8.60	48.53	48.74	1.07	0.98	0.14	0.11	0.17	0.26	0.10	0.20
2	7.65	7.87	48.13	48.03	1.55	1.43	0.04	0.10	0.08	0.14	0.11	0.23
3	5.51	5.63	49.75	49.82	1.35	1.38	0.12	0.14	0.12	0.06	0.07	0.28
4	8.40	8.55	47.61	47.74	1.50	1.61	0.08	0.19	0.15	0.20	0.12	0.12
5	7.30	7.38	47.95	47.92	1.95	1.75	0.08	0.24	0.14	0.25	0.08	0.14
6	6.95	7.06	47.92	48.29	1.66	1.73	0.15	0.15	0.11	0.24	0.06	0.26
7	8.20	8.30	47.60	47.67	1.70	1.73	0.10	0.12	0.10	0.20	0.12	0.30
8	7.38	7.56	47.95	48.06	2.01	2.00	0.08	0.26	0.18	0.33	0.18	0.33
9	7.23	7.42	48.02	48.28	1.67	1.63	0.09	0.17	0.16	0.27	0.13	0.34
10	8.10	8.18	47.90	48.10	1.35	1.39	0.10	0.10	0.08	0.40	0.05	0.42
平均	7.51	7.66	48.14	48.27	1.58	1.57	0.10	0.16	0.13	0.24	0.10	0.26

註: 1) C=화학 분석, X=X-ray 분석  
 2) 화학 분석, X-ray 분석 3회 시험의 max-min 임.

<表-18>

점토 화학 분석과 X-ray 분석 data 및 오차 비교

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
분석 data (%)	SiO <sub>2</sub>	C	61.40	62.48	71.76	67.52	60.72	58.34	77.56	66.64	67.20	63.64	65.72
		X	62.1	62.1	71.5	67.3	59.5	57.9	77.9	67.7	66.2	63.8	65.6
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C	21.46	15.36	22.60	19.32	18.95	18.46	19.65	22.42	13.50	18.70	19.04
		X	20.96	15.70	22.23	18.80	18.39	18.69	19.46	21.40	13.57	18.57	18.78
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C	5.98	5.18	7.54	5.50	6.16	4.94	7.85	7.82	4.78	6.48	6.22
		X	5.92	5.31	7.65	5.57	6.30	5.13	7.94	8.03	4.98	6.60	6.34
	CaO	C	0.42	0.34	0.55	0.28	0.28	0.20	0.34	0.28	0.78	1.28	0.48
		X	0.45	0.30	0.47	0.33	0.30	0.20	0.28	0.35	0.77	1.33	0.48
	MgO	C	1.19	0.81	0.93	0.36	0.60	0.56	1.67	0.74	1.01	0.60	0.97
		X	1.19	0.77	0.94	0.35	0.73	0.61	1.60	0.96	0.89	0.72	0.88
	K <sub>2</sub> O	C	1.68	1.55	1.90	1.85	1.82	1.54	1.89	2.35	1.15	1.36	1.71
		X	1.77	1.57	1.89	1.81	1.80	1.61	1.93	2.29	1.18	1.50	1.74
오차 비교 (%)	SiO <sub>2</sub>	C	0.42	0.18	0.40	0.36	0.48	0.52	0.44	0.35	0.48	0.42	0.41
		X	0.8	0.7	0.5	0.7	0.6	0.7	0.9	0.5	1.0	0.9	0.73
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C	0.48	0.32	0.38	0.55	0.25	0.66	0.18	0.48	0.20	0.45	0.40
		X	0.57	0.75	0.66	0.29	0.53	1.01	0.23	0.62	0.33	0.32	0.53
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C	0.17	0.21	0.08	0.10	0.15	0.30	0.11	0.08	0.05	0.12	0.14
		X	0.36	0.17	0.25	0.15	0.11	0.37	0.19	0.18	0.21	0.12	0.22
	CaO	C	0.05	0.06	0.04	0.10	0.05	0.04	0.06	0.02	0.02	0.04	0.05
		X	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.03	0.12	0.08	0.12	0.10	0.08
	MgO	C	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04	0.03	0.03	0.12	0.05	0.05
		X	0.13	0.08	0.06	0.08	0.14	0.02	0.11	0.26	0.07	0.09	0.10

註: 1) C=화학 분석, X=X-ray 분석  
 2) 화학 분석, X-ray 분석 3회 시험의 max-min 임.

하여 분석하였으며 그 결과는 <表-17>과 같다.

SiO<sub>2</sub>는 화학 분석의 3회 분석 오차가 0.10%인데 X-ray 3회 분석 오차는 0.16%이며 CaO는 0.13%, 0.24%, MgO는 0.10%, 0.26%로서 SiO<sub>2</sub>는 화학 분석에 비하여 0.06%, CaO는 0.11%의 오차를 나타내는데 MgO는 함량에 비하여 0.16%의 큰 오차를 나타내고 있다.

### 3. 점 토

점토의 화학 분석과 X-ray 분석의 3회 반복 시험의 분석 오차 및 data는 <表-18>과 같다.

화학 분석과 X-ray 분석의 3회 반복 분석 결과 화학 분석에 비하여 精度面에서는 SiO<sub>2</sub> 0.32%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.13%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.08%, CaO 0.03%, MgO 0.05%의 오차를 나타내지만 함량에 비하면 정밀도는 양호하다고 말할 수 있다. 또한 측정이 어려운 MgO의 분석도 약간의 오차를 나타내지만 함량이 적은 관계로 측정할 수 있다.

## VII. 結 言

형광 X-ray를 cement工業에 有用하게 利用하기 위하여 개략적인 原理 및 장치의 설명, 오차를 誘發할 수 있는 要因을 검토하였으며 主原料 및 raw mix를 分析項目에 따라 各種條件 및 정밀도를 실험한 결과는 다음과 같다.

1) 粒子分布에 따른 pulse의 변화는 成分에

따라 差가 나타나므로 잔사량(88 $\mu$ ) 0.2% 이하가 요구된다.

2) 시료량이 X-ray 強度에 미치는 영향은 없으나 分析 오차 要因을 제거하기 위하여 표준 시료와 同一量의 秤取가 필요하다.

3) 加壓壓力은 20톤 이상이 요구된다.

4) 加壓後 정치 시간은 1分 이상이 安定的이다.

5) 加壓 壓力은 成分에 따라 영향을 받으므로 一定하게 유지하여야 한다.

6) 모든 原料의 成分分析은 良好하게 定性·定量이 가능하며 미량 분석도 精確히 분석할 수 있으나 MgO는 재현성이 희박하다.

7) powder 方法과 sintering 方法間의 pulse 비교는 sintering 方法이 pulse 오차를 감소시키고 精度面에서도 良好하나 시료 처리 시간이 길고 pulse 오차가 분석 오차에 미치는 영향은 크지 않으므로 신속한 분석 및 조치가 요구되는 cement工業에서는 powder 方法이 타당하리라 믿는다.

本實驗은 여러 種類의 原料에 대하여 再現性 및 精密度를 고찰하였으나 raw mix와 같이 各成分의 分散幅이 좁은 原料의 調整은 標準試料의 X-ray pulse를 standard sample data에 조정하여 고정시킴으로서 測定試料의 pulse가 바로 分析 data가 되므로 신속한 分析 및 措置를 取할 수 있다.