

# 濾過助劑가 混入된 低濃度炭酸칼슘

## 슬러리의 濾過抵抗에 對한 考察

朴 元 圭\*, 姜 錫 浩\*

### Study on the Filtration Resistances of the Dilute Calcium Carbonate Slurry Body-fed with a Filter-Aid

Park, Won-Kyu\*, Kang, Suk Ho\*

\*Dept of Chem Eng Chunggu College

The vacuum filtration of the dilute calcium carbonate slurries body-fed with a filter aid of American Decalite Speedplus was experimented by a filter medium, Büchner filtering funnel covered with a kind of plain-weaved nylon cloths.

In the range of slurry concentration from 0.1 to 1.0% by weight, the filtration constants  $C$  and the filter medium resistances  $R$  are gradually decreased and increased, respectively, with the increase of the solid calcium carbonate slurry concentrations. And the mean specific cake resistances  $\alpha$  are maximized in the vicinity of 0.5%  $\text{CaCO}_3$  concentration. As far as the thickness of the filter cake formed is of the magnitude below 2.0 cm, the  $R/\alpha$  ratios are linearly increased from 0.2 to 0.4 with the increase of concentrations.

The body-feed ratio " $r$ " of the  $\text{CaCO}_3$  slurry concentration to the filter aid concentration was also discussed with  $\alpha$ ,  $R$ ,  $R/\alpha$  and  $C$ , but these terms except  $C$  are not related to  $r$ , only the plots of  $\log C$  vs.  $\log r$  were, to some extent, roughly linearized, and so these relationships will be validly discussed in the closest future.

#### 1. 序 論

著者들은 precoat filter-aid 및 단일슬러리의 여과에 있어서 濾過抵抗에 미치는 영향을 調査 보고한 바 있다<sup>1)</sup>.

本 論文은 filter-aid 를 탄산칼슘 슬러리에 混入(body-feed)함으로써 濾過抵抗에 미치는 영향에 대하여 考察하였다.

Cummins 와 Weymouth<sup>2)</sup>는 數種의 砂糖溶液에 대한 濾過實驗結果를 發表하였는데, 몇가지 농도를 가지도록 濾過助劑를 precoat filter-aid 로 使用하였고 그 結果는 母液砂糖溶液의 清澄度(즉 sludge 농도)에 따라서

다른 結果를 얻었으며 濾過抵抗이 작을수록 濾液의 清澄度도 낮았다. 이러한 結果로 부터 清澄도와 濾過速度 사이에 正의적인 最適조건이 存在함을 發表하였으며 따라서 경제적으로 가장 적절히 사용해야할 濾過助劑의 當량도 各 母液의 sludge 濃도에 지배됨을 알았다. 한편 Weymouth 와 Montgomery<sup>3)</sup>는 phosphorous pentoxide 로 처리한 糖蜜을 oliver precoat filter 에 적용시켜서 濾過實驗한 結果를 發表하였다. 그에 의하면 濾過助劑의 混入(body-feed)效果는 oliver precoat filter 에는 적합치 못하여 濾過助劑의 소비량도 precoat filtration 에서 보다 많음을 발표하였다.

吉野<sup>4)</sup>는 濾過速度를 촉진시키는 濾過助劑를 사용하게 될 濾過設備의 設計에는 濾過抵抗에 미치는 인자들 중에서 母液에 대하여 다음 사항을 實驗의으로 檢討할

\*靑丘大學 化工科

필요가 있음을 報告하고 있다. 즉 濾過壓力, 濾過助劑의 종류와 량 및 母液에 濾過助劑를 混入하는 방법들이 중요함을 강조하였다. 著者들은 이상의 濾過抵抗에 미치는 因子들 중에서 우리들의 여건이 허용되는 한 가지 因子, 즉 濾過助劑의 量에 따르는 濾過抵抗에 대하여 前의 論文과 비슷한 實驗조건 하에서 考察을 시도하였다.

## 2. 實驗方法

### i) 裝置

실험에 사용된 裝置는 前論文<sup>1)</sup>의 裝置를 그대로 사용하였다.

### ii) 濾過膜

本實驗에서는 glass filter 를 이용한 實驗은 행하지 않았으며, Coors porcelain Büchner filtering funnel(外徑 51 mm, 底面直徑 41 mm, 底面に 直徑 1.5 mm의 구멍이 37개 있음) 위에 새로운 市販 Nylon 布地를 濾過膜으로 사용하였다. 市販 Nylon 布地는 平織이며

織物檢査結果는 Table 1과 같다.

Table 1. The Inspection Data of Nylon Cloths Purchased and Used as the Filter Medium

Weight:	0.0566 g/cm <sup>2</sup>
Thread Counts per inch:	139×110
Weave pattern:	plain
Twist:	none
Filament:	multifilament yarn (79 denier)
Resinized	

### iii) 試料

CaCO<sub>3</sub> 슬러리는 工業用 粉末(light calcium carbonate powder; 大建化成의 白松標)을 120~200 mesh의 것만 분리하여 사용하고 슬러리의 농도는 물 1 l 당 1 g 式으로 하여 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0 %로 하였다. 濾過助劑는 美國產 Decalite Speedplus 를 사용하였는데 CaCO<sub>3</sub> slurry 에 body-feed 하는 량은 물 1 l 에 대하여 0.5 g, 1.0 g, 2.0 g 등 즉 0.05 %, 0.10 %, 0.20 %가 되도록 여과조작 시행 전에 여과통 속에서 현탁시켰다. Table 2 는 CaCO<sub>3</sub> 粉末과 Decalite Speedplus 의 調合比를 표시한다.

Table 2. Combinations of CaCO<sub>3</sub> and Decalite Speedplus for the Mother Liquors, and Body-feed Ratios of CaCO<sub>3</sub> to Decalite Speedplus by Weight

CaCO <sub>3</sub> Slurry Conc (wt. %)	0.1	0.3	0.5	0.8	1.0
D. S. P. Conc(wt. %)					
0.05	.....○.....	2.0 .....×.....	6.0 .....△.....	10.0 .....□.....	16.0 .....●.....
0.10	---○---	1.0 ---×---	3.0 ---△---	5.0 ---□---	8.0 ---●---
0.20	—○—	0.5 —×—	1.5 —△—	2.5 —□—	4.0 —●—

### iv) 方法

① CaCO<sub>3</sub> 분말과 Decalite Speedplus 를 Table 2의 調合比로 4 l 들이 4-baffled-tank 에서 propeller 型 교반기로 현탁시켜두고 圓型 Nylon 布地를 덮은 Büchner funnel 을 濾液收集管에 연결하여 vac. pump 를 가동한 다음 filtering funnel 을 슬러리 속에 담그는 시각부터 時間과 濾液의 부피 및 압력을 측정하였다.

② 一回의 實驗에서 온도는 眞空度の 변화에 따라 약간씩 달라졌으나 그 범위는 ±1°C 이며 全體實驗을 통한 온도의 변화는 17°~20°C 였다. 濾過實驗의 초기에는 압력과 濾過速度가 各各 定壓도 定率도 아닌 현상을 보이지만 全體時間의 1/3 이 경과하면 대부분의 경우 15~30 mmHg 정도의 定壓이 되었으므로 全體實驗을 定壓濾過라고 看做하였다. 그러나 수집관에 유출되는 濾液의 흐름은 多少 간헐적 현상을 나타내므로 인하여 작은 간격의 단위時間에 대하여서는 定壓이라

고 생각할 수 없는 點도 있으나 全體實驗에 있어서는 실험오차 범위 내에서 定壓濾過로 看做될 수가 있다.

③ 減壓으로 인한 증발수분의 량은 무시하였고, 또 Nylon 布地の thread 간격으로 인하여 생기는 초기의 sludge 流出로 인한 turbidity 에 대한 고려는 하지 않았다.

④ 濾過가 끝난 후 생성된 cake 의 두께를 재고 wet cake 와 dry cake 의 무게를 측정하였다.

⑤ 모든 graph 의 수치는 5~7 회의 平均値를 取하였다.

## 3. 結果와 考察

### i) Body-feed 된 濾過助劑의 量에 따라 변하는 濾過曲線

CaCO<sub>3</sub> 슬러리의 농도를 5 種으로 定하고 각 농도에 따라서 Table 2와 같은 量대로 조제를 混入하였을 때

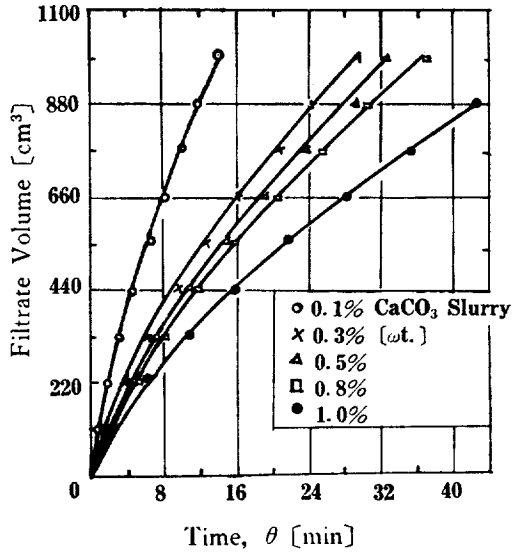


Fig. 1. Filtration Curves with Body-feedings of 0.05% (wt.) of Decalite Speedplus

관찰된 여과곡선은 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3과 같이 나타났다. 이 곡선들을 다시 분류하여, 同一한  $\text{CaCO}_3$  슬러리농도에서 여과조제의 함량에 따르는 여과곡선을 Fig. 4, Fig. 5에 표시하였다.

## ii) 여과상수 및 가상적 여과액 부피 $V_f$

이들 여과곡선으로부터 平均比 cake 抵抗値나 濾過膜抵抗値의 계산은 Kozeny<sup>5)</sup>, Ruth<sup>6)</sup>, Grace<sup>7)</sup> 등이 제안한 定壓濾過方程式 및 그 解析方法을 利用하였다. 그들의 제안에 의한 평균 비 cake 저항  $\alpha$ 와 여과막 저항  $R$ 은 각각 다음식으로서

$$\alpha = \frac{2 A^2 g c \Delta p (1 - mw)}{\rho \mu w} \cdot \frac{1}{C} \quad (1)$$

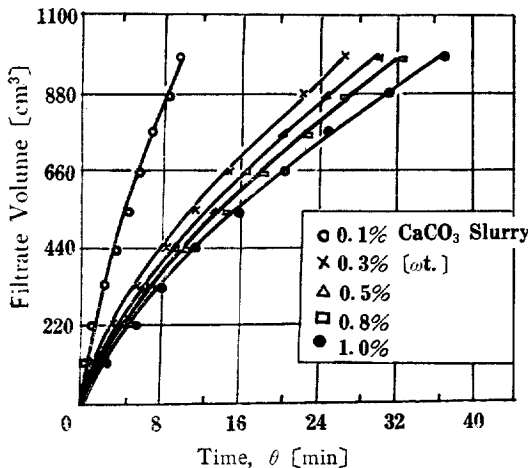


Fig. 2. Filtration Curves with Body-feedings of 0.05% (wt.) of D.S.P.

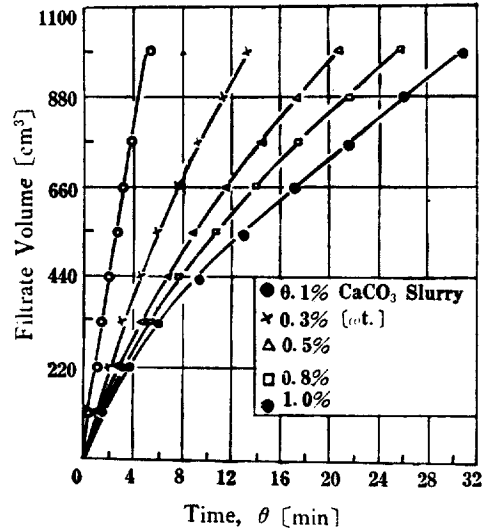


Fig. 3. Filtration Curve with Body-feedings of 0.20% D.S.P.

$$R = \frac{\rho w}{A} \cdot \frac{w a V_f}{(1 - mw)} \quad (2)$$

주어지며 우선 여과곡선으로부터 여과상수  $C$  및 가상적 濾液 부피  $V_f$ 를 구하고, 이들의 값으로부터  $\alpha$  및  $R$ 를 계산하여서 이들의 값이 주어진 슬러리 농도의 변화에 어떤 영향을 받는가를 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8 및 Fig. 9에 각각 plot 하였다.

Body-feed filtration에 있어서 濾過常數  $C$ 가  $\text{CaCO}_3$  슬러리의 농도의 증가에 따라서 감소함은 precoat filtration의 경우<sup>1)</sup>와 다름이 없으나, 0.1~0.5%의 보다 저농도 범위에서는 그 감소 경향이 급격함을 볼 수

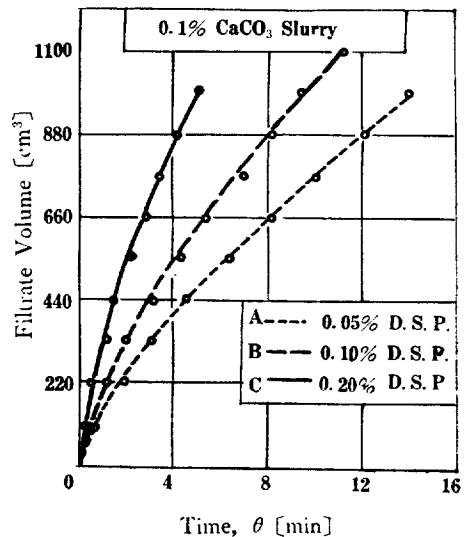


Fig. 4. Comparison of Filtration Curves for 3 Different Concentrations of Decalite Speedplus at 0.1%  $\text{CaCO}_3$  Conc.

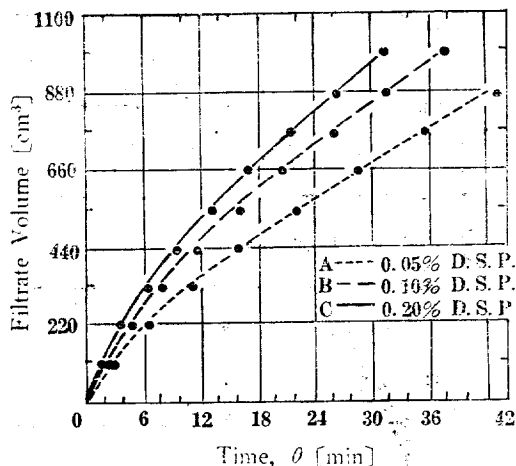


Fig. 5. Comparison of Filtration Curves for 3 Different Concentrations of D.S.P. at 1.0%  $\text{CaCO}_3$  Conc.

있고, 0.05%의 Decalite Speedplus가 body-feed된 비교적 저농도의 여과조제가 사용되는 경우에는 역시 precoat filtration에서와 차이가 없음을 보여준다. 가상적濾液부피  $V_f$ 의 값들도  $\text{CaCO}_3$  슬러리의 농도증가에 따라서 반대로 급격히 감소하는데 precoat filtration의 경우보다는 감소하는 정도가 극히 크다. 그러나 body-feed되는濾過助劑의 양에는 別로 영향을 받지 않는 것으로 看做된다. 따라서 가상적濾液부피  $V_f$ 치가濾過助劑의 混入量의 변화에는 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

### iii) 平均比Cake抵抗 $\alpha$ 및 濾過膜抵抗 $R$

濾過常數  $C$  값을 ①式에 넣어서 계산된  $\alpha$ 의 값도 역시  $\text{CaCO}_3$  슬러리의 농도에 영향을 받음을 알 수 있으나 (Fig. 8), 混入된濾過助劑의 양이 증가함에 의

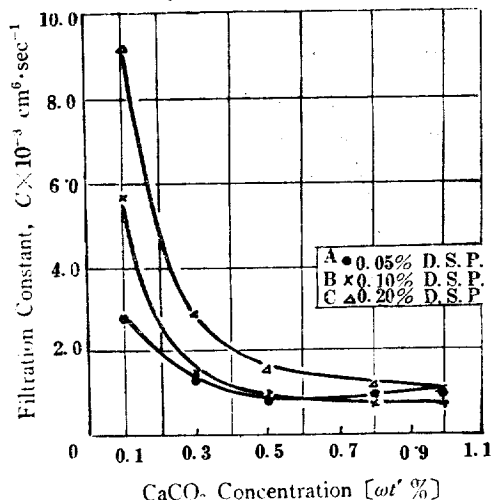


Fig. 6. Change of Filtration Constants  $C$  vs.  $\text{CaCO}_3$  Slurry Concentrations

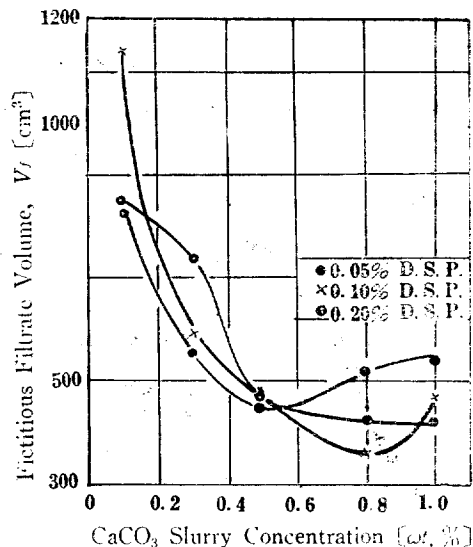


Fig. 7. Fictitious Filtrate Volume  $V_f$  Changing with  $\text{CaCO}_3$  Concentration

해서 cake 저항이 낮아짐은 당연한 귀결이라 하겠으며,  $\text{CaCO}_3$ 의 농도가 0.5% 부근에 있을 때  $\alpha$  값이 극대치를 나타냄은, 점차로 감소함을 보이는 precoat filtration의 경우와는 전혀 판이한 結果이다. 이러한 현상은濾過常數  $C$ 의 값이 0.5%부근에서부터 더 큰 농도에 걸쳐서 한 값을 유지하는 사실을 감안한다면 전혀 슬러리의 농도에만 관계됨을 나타내는 것이라고 믿어진다. 또 가상적濾液부피  $V_f$  값을 ②式에 넣어서 계산한濾過膜抵抗值  $R$ 도 역시  $\text{CaCO}_3$  슬러리의 농도에 따라서 증가함을 보여주는데 (Fig. 9), 혼입된濾過助劑의 양이 비교적 많은 경우(0.10 및 0.20% D.S.P.)에는 거의 直線의 관계에 있음을 보여준다. 다만 微

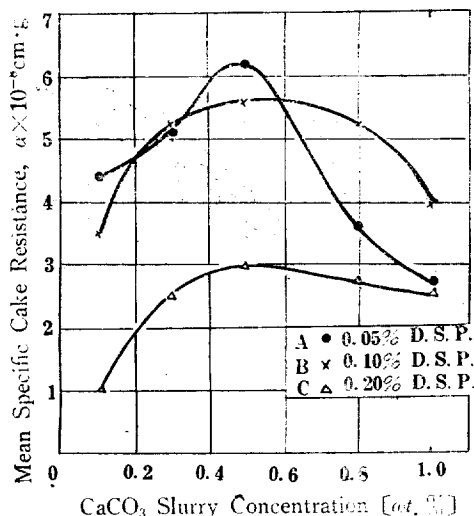


Fig. 8. Mean Specific Cake Resistances Changing with the  $\text{CaCO}_3$  Slurry Concentrations

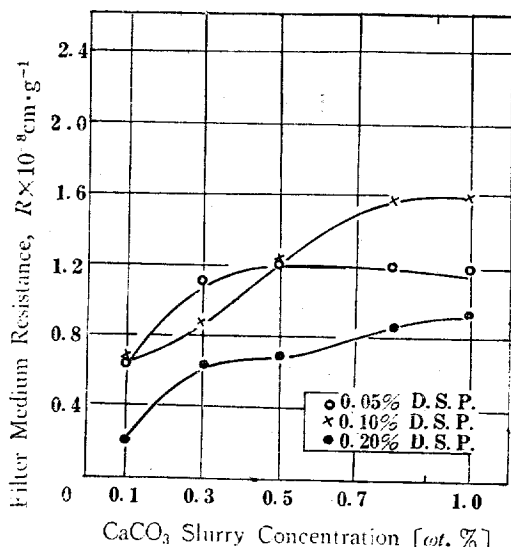


Fig. 9. Filter Medium Resistances  $R$  Changing with the  $\text{CaCO}_3$  Concentration

量的 濾過助劑가 body-feed 된 경우에는 전혀 직선적 관계를 나타내지 않으며 그 대신에  $\text{CaCO}_3$ 의 농도 증가로 인해서 영향을 받지 않고 一定値를 가지는데 이 현상은 precoat filtration의 경우와도 역시一致하지 않는 점이다.

濾過膜抵抗  $R$ 과 平均比케이크 折抗  $\alpha$ 의 比 즉  $R/\alpha$  値도 역시 슬러리의 농도에 따라서 변화하는데 그 변화는 슬러리의 농도에 대하여 직선적 관계가 있고 (Fig. 10), 0.1~1.0%의 低濃度  $\text{CaCO}_3$  슬러리에 대하여  $R/\alpha = 0.2 \sim 0.4$ 임을 알 수 있으며 precoat filtration의 경우인  $R/\alpha = 0.05 \sim 0.40$ 의 結果와 對照的이다.

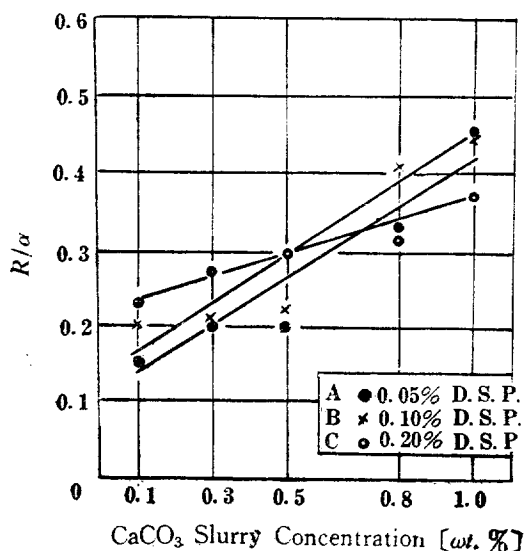


Fig. 10.  $R/\alpha$  Changing with the Concentrations of the Dilute  $\text{CaCO}_3$  Slurry

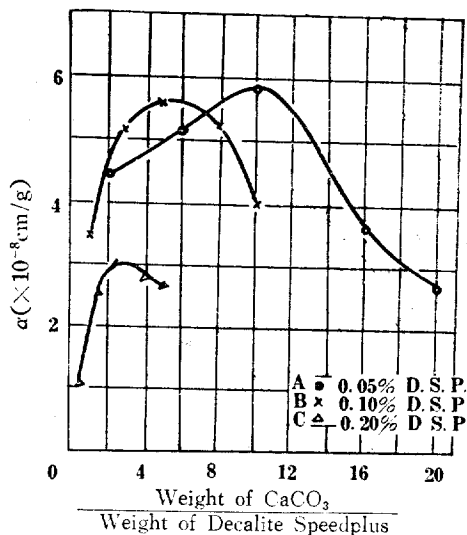


Fig. 11. Mean Specific Cake Resistance  $\alpha$  vs. Weight Ratio of  $\text{CaCO}_3$  to Decalite Speedplus

#### iv) 슬러지(Sludge)와 濾過助劑의 調合比(r)

濾過母液에 들어있는  $\text{CaCO}_3$  슬러지와 濾過助劑의 混合給與量에 따르는 濾過抵抗의 變化를 調査하기 위해서 單位量의 물에 混入, 懸濁된 Decalite Speedplus의 무게에 對한  $\text{CaCO}_3$  粉末의 무게比를 調合比(或은 混入比)  $r$ 로서 표시하고  $\alpha$ 와  $r$ 를 兩軸으로 하는 그래프를 plot하였는데 (Fig. 11),  $\alpha$  값은 濾過助劑의 混入量에 따라서 別個의 peak를 나타냈을 뿐이고 이러한 graph上에서는 어떤 傾向을 發見할 수 없었다. 마찬가지로 調合比에 대한 여과막저항  $R$ 이나 가상적 여액부피  $V_f$ 의 관계도 어떤 一致된 傾向 내지는 관계를 나타내지 않으나 다만 濾過常數  $C$ 의 對數値와 調合比  $r$ 의 對數値사이에는 定性的 直線關係가 있음을 발견하였으며 (Fig. 12), 이 경우에도  $r$ 의 값이 큰 경우,

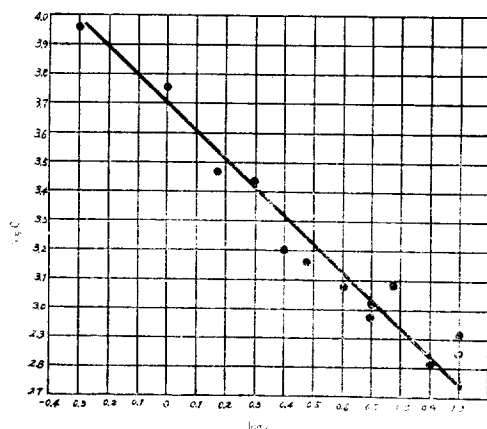


Fig. 12. Plot of  $\log C$  vs.  $\log r$

즉 여과조제에 비해서  $\text{CaCO}_3$ 의 량이 16, 20 배나 많은 경우에는 간단한 관계조차 인정할 수 없었다. 따라서 여과상수  $C$ 가 調合比  $r$ 에 영향을 받음을 추측할 수 있으나 정확하게 그 정량적 관계를 擧論하기에는 보다 稠密한  $r$ 值들에 대한 실험에 期待할 수 밖에 없었다.

#### 4. 結 論

i) 濾過助劑로서 Decalite Speedplus를 Body-feed 한 低濃度  $\text{CaCO}_3$  슬러리를 減壓濾過하였을 때 生成된 cake의 두께가 2 cm 未滿인 경우에  $\text{CaCO}_3$  슬러리의 농도증가(0.1 부터 1.0 %까지)에 따라서 여과상수  $C$ 는 감소하고 濾過膜抵抗  $R$ 은 증가하며 平均 比 cake 抵抗  $\alpha$ 는  $\text{CaCO}_3$  농도가 0.5%일 때 最大值를 나타낸다.

ii) 低濃度  $\text{CaCO}_3$  슬러리의 body-feeding filtration에 있어서 여과막저항  $R$ 는 平均 比 cake 抵抗  $\alpha$ 의 0.2 ~ 0.4 배이며 이 값은  $\text{CaCO}_3$ 의 농도 증가에 따라서 직선적으로 증가한다.

iii) 슬러리에 混入된 Decalite Speedplus의 량에 대한  $\text{CaCO}_3$  粉末의 調合比  $r$ 의 변화에 따르는  $\alpha$ ,  $R$ ,  $V_f$ ,  $R/\alpha$  등에 미치는 영향은 발견할 수 없으며 다만 濾過 常數  $C$ 만은  $r$ 에 定量的 關係가 있음을 관찰하였고  $r$  值의 區間을 보다 더 좁혀 줌으로써 그 관계식을 誘導할 수 있으리라고 期待한다.

#### 5. 後 記

調合比  $r$ 과 他事項의 관계 및 濾過理論에 대한 考察

은 다음 기회로 미룬다.

#### 記 號 說 明

A:	Cross-sectional area of the solid cake normal to the direction of fluid flow	[cm <sup>2</sup> ]
C:	Filtration constant	[cm <sup>6</sup> /sec]
$g_c$ :	Dimensional constant	[980cm·g/g·sec <sup>2</sup> ]
$m$ :	Weight ratio of wet cake to dry cake	
$\Delta p$ :	Pressure difference across the solid cake	[g/cm <sup>2</sup> ]
R:	Filter-medium resistance to the flow	[cm <sup>-1</sup> ]
$r$ :	Weight ratio of $\text{CaCO}_3$ to the filter-aid	
$V_f$ :	Fictitious filtrate volume	[cm <sup>3</sup> ]
$w$ :	Weight fraction of solid in the slurry	
$\alpha$ :	Mean specific resistance of the cake	[cm/g]
$\mu$ :	Viscosity of the filtrate	[g/cm·sec]
$\rho$ :	Density of the filtrate	[g/cm·sec]

#### 文 獻

- ① 朴, 姜; 화학공학 4, 1 (Apr. 1966)
- ② A. B. Cummins, L. E. Weymouth: Ind. Eng. Chem. 34 4, 392 (1962)
- ③ L. E. Weymouth, R. S. Montgomery: Ind. Eng. Chem. 44 2, 430 (1952)
- ④ 吉野善彌; 化學裝置 4 8, 41 (1962)
- ⑤ W. L. Badger, J. T. Banchemo: "Introduction to Chemical Engineering" pp. 579, McGraw-Hill Book CO.
- ⑥ B. F. Ruth: Ind. Eng. Chem. 27 708 (1935)
- ⑦ H. P. Grace: Chem Eng Progr. 49, 367 (1953)