

# 三元配置法によるアルミニウム フロック体積の一解析\*

海老江 邦雄\*\*

(昭和47年9月30日受理)

## An Analysis of Aluminum Floc Volume by Three Way Classification Method

by Kunio EBIE

This is an analytical study using the three-way classification method on the bulk volume of aluminum floc particles after 24 hrs. settling following to coagulation and flocculation.

As the three factors in the three-way classification, turbidity of kaolinite suspension, coagulant dosage and added volume of 0.1N-NaOH solution were selected, and then experiments were performed in 1-liter beaker, using the 6-series jar tester.

From the analyses of variance of the experimental values, the author obtained two orthogonal polynomials on the bulk volume of floc particles, which contained the significant main effects and two-factor interactions and showed to conform to the data of the experiments.

Some observations on the results of the experiment are presented also.

### 1. ま え が き

凝集・フロック形成過程で生ずるフロック量を精確に予測することは、その後の沈殿・ろ過・汚泥処理などの固液分離施設の設計および効率的な運転操作を行なう上に重要である。

この形成されたフロック量に関しては過去にいくつか報告例がある。すなわち、ろ過理論式の解析に際し、Eliassen と Camp<sup>1)</sup> は Fe 1 ppm あたり  $250 \times 10^{-6}$  (Vol/Vol), Ives と Fox & Cleasby<sup>2)</sup> は同じく Fe 1 ppm あたり  $230 \times 10^{-6}$  (2% solid) ~  $40 \times 10^{-6}$  (12% solid) (Vol/Vol), さらに Deb<sup>3)</sup> は Fuller  $\pm 1$  ppm あたり  $45 \times 10^{-6}$  (Vol/Vol) なる数値を用いた。Baylis<sup>4)</sup> は実際の砂ろ過池について検討の末、濁度 1 度あたりのフロック量は  $15 \times 10^{-6}$  (Vol/Vol) に相当するとした。一方、最近の汚泥処理の分野ではフロック乾燥量  $S_0$  が処理濁度  $t$  と凝集剤量  $C$  により影響されるとして、重量基準の  $S_0/Q_0 = (\alpha t + \beta c)$  なる一般式<sup>5)</sup> を採用している。ここで、 $Q_0$  は処理水量、 $\alpha$ ,  $\beta$  は係数である。

\* 第23回全国水道研究発表会で一部発表 昭和47年6月22日、北海道釧路市にて

\*\* 北見工業大学土木工学科

しかし、かが国で多用されているアルミニウム系凝集剤である液体硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウムに関する報告例がなく、さらに、フロック発生量が本質的にはフロック物性に影響を及ぼす複数の水質因子によって大きく左右されるにもかかわらず、上記の諸数値はこの点に対して十分に考慮が払われていない。

本論では、凝集剤として液体硫酸アルミニウム (LAS) とポリ塩化アルミニウム (PAC) を使用し、その両者についてあらかじめ設定された条件で Jar-Test を行ない、その結果得られたフロック体積を実験計画法<sup>6),7)</sup>の繰り返し 2 回の三元配置法により解析を行ない、各要因の寄与率を求め、さらに F 検定により有意となった主効果および 2 因子交互作用を直交多項式に組み込み、発生したフロック体積に関する一つの予測公式を提示した。

## 2. 実 験

### 2.1 実験要因と水準値

凝集・フロック形式に影響する因子として、通常、原水濁度、凝集剤量、系の pH またはアルカリ度、水温などが取り上げられる。

実験設計法に従って個々の実験条件を組む場合、原水濁度と凝集剤量については要因として採用し、水準値を定める際なら問題は生じない。しかし、水温と系の pH またはアルカリ度については、これらを実験的に任意の値に固定することが容易ではない。そこで、前者については原水として利用する本学水道水をほぼ室温になった時点 (24 時間放置) で使用するとすれば水温変動による結果への影響は微少になるとみなして、今回は要因として取り上げない。また後者については、その変動量の一つの尺度となる上、実験的に値をコントロールできるものとして、一定濃度の NaOH 溶夜の注入値を用いることとした。

各要因の水準値については、使用する 2 種類の凝集剤について予備実験を行ない、凝集剤不足による未凝集、凝集剤過剰による解膠現象の起らない領域内に、しかも等間隔となるように選択した。さらに、精度を高める意味で繰り返し 2 回の実験を行なった。以上の結果を表 1 に示す。

表 1 実験計画表

Table 1. Table for Design of Experiment

要 因	凝 集 剤 (ppm)										濁 度 (度)				0.1N-Na·OH (cc/l)	
	L (LAS)				P (PAC)						T				N	
水 準 値	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	
		30	50	70	90	10	30	50	70	90	log <sub>10</sub> 25	log <sub>10</sub> 50	log <sub>10</sub> 100	log <sub>10</sub> 200	0	3
水 準 間 隔 (h)	20				20						log <sub>10</sub> 2				3	
水 準 数 (k)	4				5						4				2	
繰 り 返 し 数 (r)	2										回					

## 2.2 実験方法と手順

表2の水質を持つ本学水道水に先に設定された量の0.1 N-NaOH 溶液, カオリン懸濁液, 凝集剤を加えて全量を1 lとし6連 Jar-Tester により急速かくはん (150 rpm) 5分間, 緩速かくはん (40 rpm) 10分間の凝集・フロック形成を行なう。さらに, ひき続いて30分間の沈殿を行なったのち, ホールピペットで上澄水を濁度測定用に50 cc (これを(a)とする), pHとアルカリ度測定用に100 cc (b)を採水した。次に残余の上澄水を傾斜法により別の容器に移し, 底部に沈殿したフロックを駒込めピペットで10または20 ccのメスシリンダーにとり全量を10または20 ccとする。これを約12°Cの水中に24時間静置しその圧縮後の体積  $V_f$  (cc/l) を読み取った。一方, 残余の上澄水中に残留したフロックについては, 再び Jar-Tester にて一様に分散させた後50 cc (c)を採水した。(a), (c)の試料については精密積分球式濁度計で濁度を測定した。

当初添加したカオリン懸濁度 (濁度  $T$ ) に対するフロック量を求めるにあたっては, 採取されずに残留したフロック量 ((a), (b), (c)中のフロック量) を  $V_f$  に補正して加えなければならない。この場合, フロック体積が近似的に濁度に比例すると仮定した。

したがって, 最終フロック体積  $V_f$  (cc/l) は(1)式で示される。

$$V_f = \left( \frac{T}{T - T'} \right) \cdot V_f' \quad (1)$$

ここで,  $T'$  は濁度の補正総量であって (a) と (b) は等しく, これを  $T_s$  とし, (c) の濁度を  $T_R$ , フロックを移し入れたメスシリンダー内の上澄水濁度を0度とすれば

$$T' = 0.15T_s + 0.84 \text{ (または } 0.83) \cdot T_R \quad (2)$$

となる。なお, (b) の試料の pH 4.3 アルカリ度の測定<sup>8)</sup>にあたっては終点判定に pH メーターを用いた。

## 3. 結果の解析と考察

## 3.1 三元配置法による分散分析

前記の実験で得たフロック体積  $V_f$  を表3, 表4に示した。はじめに, 採用した要因の主効果および交互作用のすべてについて分散分析を施し F 検定を行なった。その結果を表5, 表6に示す。ここで, F 検定の判定欄の \*\* 印は1% 有意, \* 印は

表2 水道水の水質

Table 2. Characteristics of Tap Water Quality

水 温	9.5°C
pH	6.9
濁 度	1 度以下
電 気 伝 導 度	94.1 $\mu S/cm$
COD as O <sub>2</sub>	0.91 mg/l
硬 度 as CaCO <sub>3</sub>	30.5 mg/l
4.3 アルカリ度 as CaCO <sub>3</sub>	57 mg/l
Ca <sup>2+</sup>	8.43 mg/l
Mg <sup>2+</sup>	2.26 mg/l
Mn <sup>2+</sup>	0.08 mg/l
Fe <sup>2+</sup>	0.10 mg/l
Fe <sup>3+</sup>	0.06 mg/l
Cl <sup>-</sup>	4.18 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	16.60 mg/l
SiO <sub>2</sub> (比色)	32.8 mg/l

表 3 実験結果 (PAC)

Table 3. Result of Experiment (PAC)

	$N_1$				$N_2$			
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
$P_1$	0.92	0.85	0.94	1.08	1.05	0.93	0.93	1.24
	0.90	0.78	0.87	1.06	1.06	0.95	0.87	1.11
$P_2$	3.26	2.79	2.47	2.17	3.46	3.11	2.41	2.14
	3.03	2.68	2.30	2.34	3.08	2.78	2.68	2.32
$P_3$	4.69	4.09	3.72	3.42	5.78	5.50	4.08	3.84
	5.02	4.70	3.70	2.93	5.90	4.71	4.27	3.58
$P_4$	6.98	5.48	5.04	4.44	8.08	7.50	5.84	5.10
	7.15	6.35	5.39	4.42	8.32	6.83	6.31	4.50
$P_5$	7.98	8.02	6.10	5.96	10.41	9.79	7.81	6.15
	8.26	7.60	6.86	5.01	10.15	8.74	7.99	5.76

表 4 実験結果 (LAS)

Table 4. Result of Experiment (LAS)

	$N_1$				$N_2$			
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
$L_1$	1.18	1.04	1.09	1.14	1.15	1.02	0.97	0.89
	1.38	1.24	1.03	1.14	1.31	1.06	0.90	1.10
$L_2$	1.46	1.20	1.36	1.50	1.39	1.76	1.28	1.40
	1.63	1.50	1.26	1.25	1.30	1.35	1.29	1.34
$L_3$	1.66	1.71	1.34	1.83	2.16	2.20	2.13	1.76
	1.92	1.60	1.78	1.48	1.86	1.83	1.59	1.80
$L_4$	2.22	2.17	1.70	1.82	2.76	2.66	2.58	2.24
	2.18	1.72	1.95	1.89	2.37	2.23	2.03	2.38

表 5 分散分析 (PAC)

Table 5. Analysis of Variance (PAC)

要 因	自由 度	変 動	分 散	分散比	判 定
$P$	4	451.485	112.871	1254.123	**
$T$	3	38.604	12.868	142.978	**
$N$	1	8.039	8.039	89.323	**
$P \times N$	4	4.738	1.184	13.159	**
$P \times T$	12	20.529	1.711	19.008	**
$T \times N$	3	1.066	0.355	3.949	**
$P \times T \times N$	12	1.064	0.089	0.984	*
$e$	40	3.603	0.090		
総 変 動	79	529.128			

表 6 分散分析 (LAS)

Table 6. Analysis of Variance (LAS)

要 因	自由 度	変 動	分 散	分散比	判 定
$L$	3	10.623	3.541	95.439	**
$T$	3	0.486	0.162	4.367	*
$N$	1	0.348	0.348	9.383	**
$L \times T$	9	0.079	0.009	0.235	
$L \times N$	3	0.759	0.253	6.817	**
$T \times N$	3	0.058	0.019	0.523	
$L \times T \times N$	9	0.071	0.008	0.213	
$e$	32	1.189	0.037		
総 変 動	63	13.613			

5% 有意を表わすものとする。凝集剤の主効果による変動が著しく大きいことが注目される。また、PAC によるフロック量が LAS に比べて非常に過大であり、今度の実験範囲内で 2.1~3.9 倍になっている点は実用にあたり十分に留意すべきであろう。

次に、先に記した諸氏の数値との比較を行なってみる。Al 1 ppm あたりのフロック体積を (Vol/Vol) 単位に換算して計算してみると、LAS については  $N_1$  において、 $446 \times 10^{-6} \sim 1086 \times 10^{-6}$ 、 $N_2$  において、 $534 \times 10^{-6} \sim 1031 \times 10^{-6}$ 、PAC については  $N_1$  において  $1052 \times 10^{-6} \sim 2046 \times 10^{-6}$ 、 $N_2$  において、 $1207 \times 10^{-6} \sim 2246 \times 10^{-6}$  となり Fe に対する Al のフロック体積はほぼ 10 倍の値を示した。一般的傾向としては、凝集剤量の多くなるにつれて値は小さくな

り、PAC においてのみ濁度の高くなるほどやや値が低下している。ただし、この計算では凝集剤中の  $Al_2O_3$  量を LAS で 8%、PAC で 10% であるとし、これらより Al 量をそれぞれ 4.24%、5.29% と求めて使用した。

濁度 1 度あたりのフロック体積を同様に計算してみると、LAS については  $N_1$  において、 $5.7 \times 10^{-6} \sim 88.8 \times 10^{-6}$ 、 $N_2$  において、 $4.4 \times 10^{-6} \sim 110.4 \times 10^{-6}$ 、PAC については  $N_1$  において、 $5.3 \times 10^{-6} \sim 330.4 \times 10^{-6}$ 、 $N_2$  において、 $5.6 \times 10^{-6} \sim 416.4 \times 10^{-6}$  となり、Baylis の示した値<sup>4)</sup> は LAS で  $T_3 \cdot L_3$ 、PAC で  $T_4 \cdot P_3$  の実験条件の値に近い。

表 7 分散分析 (PAC)

Table 7. Analysis of Variance (PAC)

要因	自由度	変動	分散	分散比	判定	寄与率 (%)
<i>Pl</i>	1	451.349	451.349	5291.311	**	85.3
<i>Tl</i>	1	38.564	38.564	452.100	**	7.3
<i>Nl</i>	1	8.039	8.039	92.245	**	1.5
<i>Pl</i> × <i>Tl</i>	1	19.403	19.403	227.471	**	3.7
<i>Pl</i> × <i>Nl</i>	1	4.499	4.499	52.471	**	0.8
<i>Tl</i> × <i>Nl</i>	1	1.042	1.042	12.220	**	0.2
<i>e</i>	73	6.231	0.085			1.2
総変動	79	529.127				100.0

先の F 検定によって 5% までで有意となった要因についてさらに進んだ分散分析を行なうこととして、その際、直交多項式に組み込む要因の基準として、主効果については F 検定の判定が 1% で有意となった次数、交互作用についてはそれぞれの要因の 1 次の組み合わせのみを採用することにした。計算結果を表 7、表 8 に示すが、主効果の 2 次以降の成分はどれも有意とならなかったためそれらの変動は全て誤差変動に含めた。

表 8 分散分析 (LAS)

Table 8. Analysis of Variance (LAS)

要因	自由度	変動	分散	分散比	判定	寄与率 (%)
<i>Ll</i>	1	10.571	10.571	394.422	**	77.5
<i>Tl</i>	1	0.373	0.373	13.903	**	2.5
<i>Nl</i>	1	0.348	0.348	12.989	**	2.4
<i>Ll</i> × <i>Nl</i>	1	0.739	0.739	27.582	**	5.2
<i>e</i>	59	1.582	0.027			12.4
総変動	63	13.613				100.0

さらに、各要因が変動の原因の何 % を占めているかを示す寄与率<sup>脚註 1</sup> を求めた。PAC、LAS をそれぞれ用いたグループの誤差変動の寄与率は LAS の場合やや大きな値を示した。これは、LAS の場合にフロック体積が小さいにもかかわらず、実験手法の精度を PAC と同一にとったため相対的に変動が大きく出たものと推測される。

こうした誤差変動に対する一つの処理法としてデータの対数変換処理があげられるが計算による精度の上昇が 0.68 db であったので不採用とした。

### 3.2 直交多項式と予測値の信頼限界

表 7、表 8 の F 検定の結果、1% で有意となった要因を全て傾向変動を表わすものとしてフロック体積の予測値を示す直交多項式に組み込むと、PAC については (3) 式、LAS につい

脚註 1 (寄与率) =  $\frac{(注目する要因 X による変動) - (X の自由度) (誤差分散)}{(総変動)}$



ては (4) 式のようになる。

$$V_f(\text{PAC}) = A_0 + A_1(P - \bar{P}) + A_2(\log_{10} T - \overline{\log_{10} T}) + A_3(N - \bar{N}) \\ + A_4(P - \bar{P})(\log_{10} T - \overline{\log_{10} T}) + A_5(P - \bar{P})(N - \bar{N}) \\ + A_6(\log_{10} T - \overline{\log_{10} T})(N - \bar{N}) \quad (3)$$

$$V_f(\text{LAS}) = B_0 + B_1(L - \bar{L}) + B_2(\log_{10} T - \overline{\log_{10} T}) \\ + B_3(N - \bar{N}) + B_4(L - \bar{L})(N - \bar{N}) \quad (4)$$

ここで、 $A_0, B_0$  は PAC, LAS それぞれのグループのデータの相加平均値、 $A_1 \sim A_6, B_1 \sim B_4$  はそれぞれの主効果または 2 因子交互作用の 1 次成分の方向係数<sup>脚註 2</sup>である。さらに、 $\bar{P}, \bar{L}, \overline{\log_{10} T}, \bar{N}$  はそれぞれ各要因の水準値の相加平均値である。実際に計算されたこれらの値を (3), (4) 式に代入することにより当初より目的としていた予測公式が決定する。

$$V_f(\text{PAC}) = 4.359 + 0.084(P - 50) - 2.063(\log_{10} T - 1.849) \\ + 0.211(N - 1.5) - 0.052(P - 50)(\log_{10} T - 1.849) \\ + 0.006(P - 50)(N - 1.5) - 0.226(N - 1.5)(\log_{10} T - 1.849) \quad (5)$$

$$V_f(\text{LAS}) = 1.617 + 0.018(L - 60) - 0.227(\log_{10} T - 1.849) \\ + 0.049(N - 1.5) + 0.003(L - 60)(N - 1.5) \quad (6)$$

さらに、予測値の信頼限界は一般に  $\pm \sqrt{(F \cdot V_e) / n_e}$  で示される。ただし、 $F$  は  $F$  分布表<sup>6)</sup>における分子の自由度が 1、分母の自由度が誤差分散  $V_e$  の自由度を持つ場合の分散比、 $n_e$  は有効繰り返し数であって、直交多項式中に (3), (4) 式に示すように要因を組んだ場合には (7), (8) 式のようになる。

PAC については、

$$\frac{1}{n_e} = \frac{1}{k_P \cdot k_T \cdot k_N \cdot r} + \frac{(P - \bar{P})^2}{r \cdot k_T \cdot k_N \cdot S_P \cdot h_P^2} + \frac{(\log_{10} T - \overline{\log_{10} T})^2}{r \cdot k_N \cdot k_P \cdot S_T \cdot h_T^2} \\ + \frac{(N - \bar{N})^2}{r \cdot k_P \cdot k_T \cdot S_N \cdot h_N^2} + \frac{(P - \bar{P})^2 (\log_{10} T - \overline{\log_{10} T})^2}{r \cdot k_N \cdot S_P \cdot h_P^2 \cdot S_T \cdot h_T^2} \\ + \frac{(P - \bar{P})^2 (N - \bar{N})^2}{r \cdot k_T \cdot S_P \cdot h_P^2 \cdot S_N \cdot h_N^2} + \frac{(N - \bar{N})^2 (\log_{10} T - \overline{\log_{10} T})^2}{r \cdot k_P \cdot S_N \cdot h_N^2 \cdot S_T \cdot h_T^2} \quad (7)$$

LAS については、

$$\frac{1}{n_e} = \frac{1}{r \cdot k_L \cdot k_T \cdot k_N} + \frac{(L - \bar{L})^2}{r \cdot k_T \cdot k_N \cdot S_L \cdot h_L^2} + \frac{(\log_{10} T - \overline{\log_{10} T})^2}{r \cdot k_N \cdot k_L \cdot S_T \cdot h_T^2}$$

脚註 2  $A_1 \sim A_6, B_1 \sim B_4$  のうち、 $A_1 \sim A_3, B_1 \sim B_3$  までは主効果の 1 次成分の方向係数 ( $\hat{b}_1$ ) であり、 $A_4 \sim A_6, B_4$  は 2 因子交互作用の 1 次成分の方向係数 ( $\hat{b}_{11}$ ) である。

要因  $X$  の水準を  $a$ 、水準間隔を  $h$  とすれば前者の一般式は、 $\hat{b}_1 = \frac{1}{r(\lambda S)h} \cdot \sum_{n=1}^a W_n X_n$

水準  $a$ 、水準間隔  $h_A$  の要因  $X$  と水準  $b$ 、水準間隔  $h_B$  の要因  $Y$  との 2 因子交互作用とすれば、後

者の一般式は、 $\hat{b}_{11} = \frac{\sum_{m=1}^a W_m \left\{ \sum_{n=1}^b W'_n (X_m Y_n) \right\}}{r(\lambda S)_A \cdot h_A \cdot (\lambda S)_B \cdot h_B}$

ただし、 $r$  は繰り返し数、 $(\lambda S), W$  は実験計画数値表<sup>6)</sup>によって与えられる。

$$+ \frac{(N-\bar{N})^2}{r \cdot k_L \cdot k_T \cdot S_N \cdot h_N^2} + \frac{(L-\bar{L})^2 (N-\bar{N})^2}{r \cdot k_T \cdot S_L \cdot h_L^2 \cdot S_N \cdot h_N^2} \quad (8)$$

ここで、 $r$ は繰り返し数、 $k$ は水準数、 $h$ は水準間隔、 $S$ は今考えている要因の水準数とその次数によって異なり実験計画数値表<sup>6)</sup>によって与えられる値である。また、サフィックスとして用いた  $L, T, P, N$  はそれぞれ各要因を示す。個々の凝集剤について諸数値を求め、あるいは計算の結果を示すと次の通りである。

PAC については、 $(F'_{73})_{0.01}=6.995$ ,  $(F'_{73})_{0.05}=3.974$ ,  $V_e=0.085$  であり、

$$\begin{aligned} \frac{1}{n_e} &= \frac{1}{80} + \frac{(P-50)^2}{64,000} + \frac{(\log_{10} T - 1.849)^2}{9.062} + \frac{(N-1.5)^2}{180} \\ &+ \frac{(P-50)^2 (\log_{10} T - 1.849)^2}{7,249.525} + \frac{(P-50)^2 (N-1.5)^2}{144,000} \\ &+ \frac{(N-15)^2 (\log_{10} T - 1.849)^2}{20.389} \end{aligned} \quad (9)$$

LAS については、 $(F'_{51})_{0.01}=7.088$ ,  $(F'_{51})_{0.05}=4.004$ ,  $V_e=0.027$  であり、

$$\begin{aligned} \frac{1}{n_e} &= \frac{1}{64} + \frac{(L-60)^2}{32,000} + \frac{(\log_{10} T - 1.849)^2}{7.249} + \frac{(N-1.5)^2}{144} \\ &+ \frac{(L-60)^2 (N-1.5)^2}{72,000} \end{aligned} \quad (10)$$

となり、有効繰り返し数が要因の水準値により変化するため、信頼限界幅もそれにとまって変動することとなる。(5), (6) 式をもとにフロック体積を計算した結果を図1~図4に実線で示す。また、図中の●印の値は実験データの繰り返し2回の平均値である。式(5), (6) 式よりの計算値と実験データとが非常によく適合していることがわかる。

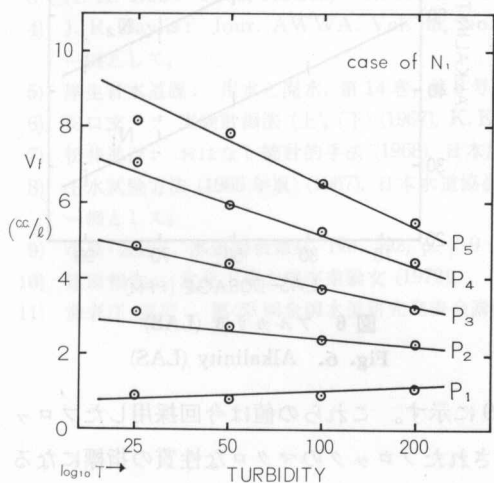


図1 フロック体積 (PAC, N<sub>1</sub>)

Fig. 1.  $V_f$  (PAC, N<sub>1</sub>)

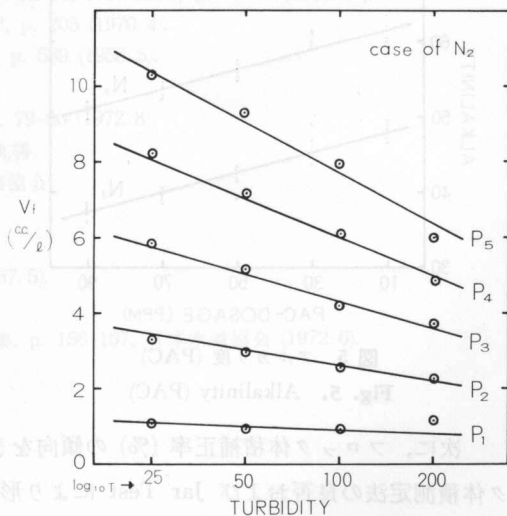


図2 フロック体積 (LAS, N<sub>2</sub>)

Fig. 2.  $V_f$  (LAS, N<sub>2</sub>)

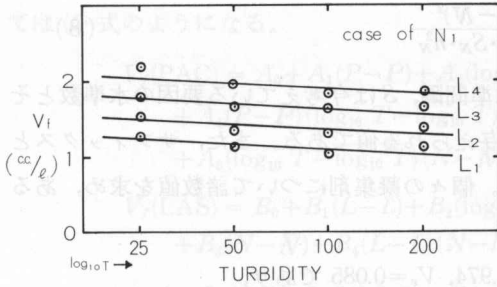


図 3 フロック体積 (LAS, N<sub>1</sub>)

Fig. 3.  $V_f$  (LAS, N<sub>1</sub>)

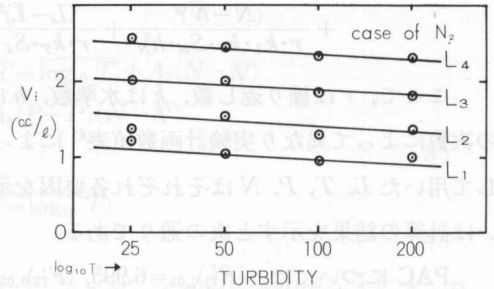


図 4 フロック体積 (LAS, N<sub>2</sub>)

Fig. 4.  $V_f$  (LAS, N<sub>2</sub>)

### 3.3 アルカリ度とフロック体積補正率の動き

実験要因としてアルカリ度を取りあげなかったが、30分沈殿後の上澄水については pH 4.3 アルカリ度の測定をした。(5), (6) 式の実用にあたっての参考とするべくその結果を図 5, 図 6 に示す。PAC, LAS のどちらの場合にも濁度による変化はほとんどなく凝集剤量の増加によるアルカリ度の減少傾向が見られた。このことは一般に言われているように、凝集剤は水和反応を起す過程で水中のアルカリ度成分と結合するものと判断される。また、NaOH 溶液の添加の有無によりグラフの直線の勾配に変化が見られないことから、凝集剤により消費されるアルカリ度成分の量はアルカリ不足にならない限り、原水のアルカリ度の高低には関係ないようだ。さらに、アルカリ度を低下させる傾向は、LAS の方が PAC よりも大きく、これは一般の測定結果<sup>9)</sup>と合致している。

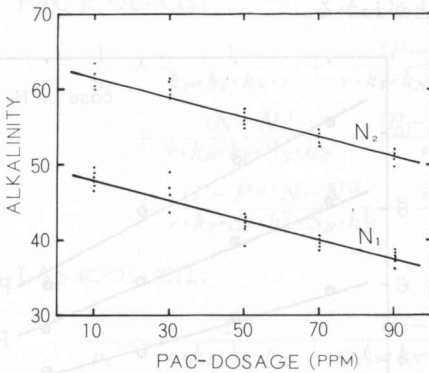


図 5 アルカリ度 (PAC)

Fig. 5. Alkalinity (PAC)

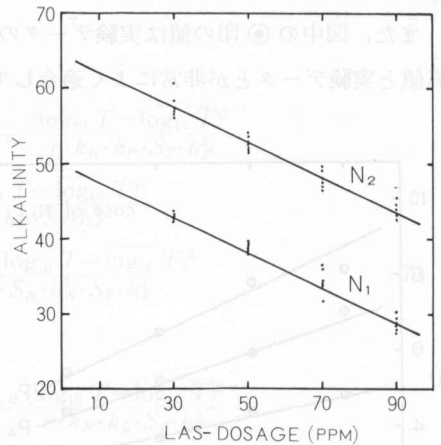


図 6 アルカリ度 (LAS)

Fig. 6. Alkalinity (LAS)

次に、フロック体積補正率 (%) の傾向を表 9 に示す。これらの値は今回採用したフロック体積測定法の良否および Jar Test により形成されたフロックのマクロな性質の指標になると考えられる。一般的傾向としては、原水濁度の低くなるにつれて補正率が高くなっており、濁度 25 度においては測定値の 4 割程度が 10% 台を示した。これは、 $Al \cdot T$  比が小さいため形



成されたフロック密度が低く、特に残余の上澄水の分離の際に浮上流出したフロック量が多かったことを示していると推測される。

#### 4. あとがき

実験計画法の繰り返し2回の三元配置法を用いて、Jar Testにより1lビーカー内に形成されたフロックの24時間沈降後の体積を解析し、その予測公式としての直交多項式を提示した。

要因の水準値の選択範囲に制約があり、フロック体積の測定法が定まっていなかったため、その決定に日時を費やしたが、得られた結果を総合的に判断するならば当初の目的は達せられたと考える。

最後に、本実験のデータ採取にあたった本学三期生・遠田和夫君（現・大林組）の協力に感謝の意を表する。

表9 フロック体積補正率 (%)  
Table 9. Correction Percentage of Floc Volume

		$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
$P \times N_1$	平均値	8.2	4.8	3.3	2.2
	標準偏差	5.5	2.2	1.4	1.0
$P \times N_2$	平均値	6.8	6.1	3.3	2.1
	標準偏差	2.8	2.1	1.1	0.7
$L \times N_1$	平均値	11.8	6.6	3.3	2.8
	標準偏差	2.5	2.3	1.6	1.6
$L \times N_2$	平均値	8.6	3.9	3.0	3.9
	標準偏差	2.9	1.5	1.4	3.4

#### 文 献

- 1) T. R. Camp: Proc. ASCE., Vol. 90, No. SA 4, p. 24 (1964. 8).
- 2) D. M. Fox & J. L. Cleasby: Proc. ASCE., Vol. 92, No. SA 5, p. 78-80 (1966. 10).
- 3) A. K. Deb: Proc. ASCE., Vol. 96, No. SA 2, p. 205 (1970. 4).
- 4) J. R. Baylis: Jour. AWWA, Vol. 48, No. 5, p. 589 (1956. 5).  
一例として、
- 5) 厚生省水道課: 用水と廃水, 第14巻, 第8号, p. 79-80 (1972. 8).
- 6) 田口玄一: 実験計画法(上), (下) (1967), K. K. 丸善.
- 7) 松井進作: おはなし統計の手法 (1968), 日本規格協会.
- 8) 上水試験方法 (1965年版) (1967), 日本水道協会.  
一例として、
- 9) 小島・渡辺: 水道協会雑誌, No. 392, p. 2-9 (1967. 5).
- 10) 遠田和夫: 北見工業大学卒業論文 (1972).
- 11) 海老江・遠田: 第23回全国水道研究発表会講演集, p. 156-157, 日本水道協会 (1972. 6).

#### II. 濁水河地形現象の野外資料

1974年3月までに得られた観測、調査の野外資料は、対比に採った4ヶ所を以て、それらの図表の資料をここに収録した。

表中、地質下層の地層構造としてあるのは、その下の地質図から判明するまで詳