〈論 文〉

活性汚泥沈降指標とその光学的自動測定

Proposal of new activated sludge sedimentation indices and their automatic measurements by optical method.

山 本 純 雄* 佐 藤 啓 仁* 箱 守 京次郎** 鎌 田 治***
Sumio YAMAMOTO Keijin SATO Kyojiro HAKOMORI Osamu KAMADA

Abstract

The typical sedimentation index of activated sludge is SVI(Mohlman index). It is true that this index has been used for a long in spite of its application restriction. For this reason, some indices are proposed to replace SVI.

In this study these indices, including SVI, have been reconsidered on the basis of the results of our experiments. At the same time an attempt has been made to grasp them accurately. Our reconsideration points out that SVI is an approach on the basis of monopunctual evaluation. We have made an analysis of SVI which is different from what has been made so far. Our analysis shows that standard SVI is a monomial approximation of SV_{30} -MLSS curve. In order to replace SVI we propose to use linearized SVI as sedimentation index for normal operation and as a more exact index, to use LSVI, β or LSVI, β , $MLSS_{1.0}$.

Finally it must be said that we have developed a system to measure the sedimentation indices automatically with the aid of the microcomputer and optical instruments.

Key words: activated sludge, sedimentation indices, SV_{30} -MLSS curve, polynomial approximation, automatic measurement.

1. ま え が き

近年、活性汚泥処理プラントは公共下水処理場のみならず、工場廃水処理施設などにおいても広く用いられている。またプラントの管理・運転の高度化にともない、より高負荷・高濃度の条件下での運転も必要となっており、より適切な活性汚泥の沈降指標が求められている。

沈降指標として代表的なものは、SVI(モールマン指標)¹⁾であるが、同指標はその有用性ととも適用限界や欠点が指摘され、種々の議論がなされてきた。

Dick *et al.*²⁾は、SVIについて否定的な評価を下した。また Fitch *et al.*³⁾は、新しい指標として SQI を提案し、それに対し Pipes⁴⁾が批判を行っている。さらに河野⁵⁾は、SSVI を提案している。また処理施設によっては、バルキングが生じている場合、あるいは高濃度

汚泥の場合など基準となっている30分間ではほとんど沈降しない汚泥について、SVI の代りに長時間 SV 値によって沈降特性を評価している。測定時間は1~24時間と幅があり、個々の処理施設で経験的に決められている。

本論文では、これらの沈降指標を再考察するとともに、著者らの実験結果も合わせて、より明確な把握を試みた。次に、基礎的な沈降指標を抽出し、さらに抽出した指標を簡単に求めるために光学的自動計測システムの開発を行った。

2. 活性汚泥沈降実験

2.1 実験方法

活性汚泥の沈降曲線は、汚泥の濃度および性状により大きく変化する。ここでは公共下水処理場および食

* 宇都宮大学工学部精密工学科 〒321 宇都宮市石井町2753, Department of Precision Engineering, Utsunomiya University, 2753 Ishii-machi, Utsunomiya-shi, 321 Japan

** 東北大学工学部精密工学科 〒980 仙台市荒巻字青葉, Department of Precision Engineering, Tohoku University, Aoba, Sendai-shi, 980 Japan

*** 東北大学科学計測研究所 〒980 仙台市片平2, Research Institute for Scientific Measurements, Tohoku University, 2 Katahira, Sendai-shi, 980 Japan

品工場廃水処理プラントから汚泥試料を採取して沈降実験を行った。その際、正常汚泥からバルキング汚泥に至るまで、できるだけ広い範囲にわたる汚泥を採取するようにした。

一方比較のため、スキムミルクを基質として実験室で順養した汚泥についても実験を行った。さらに人工的に調整した非生物フロックについても沈降実験を行い、活性汚泥の沈降特性と比較検討した。すなわち塊状菌 (*Zoogloea* など) のモデルとして珪藻土と凝集剤によるフロックを、糸状菌 (*Sphaerotilus* など) のモデルとしてグラスファイバを用いたモデル実験も行った。グラスファイバ (太さ $1 \sim 5 \mu\text{m}$) と糸状菌では剛性や比重などに大きな違いがあると考えられるが、試料作製の再現性に富み、取り扱い易いことから採用した。

使用したメスシリンダの容量は 1 L であり、沈降界面は目視により判断した。

2.2 実験結果

活性汚泥濃度 (MLSS) を変えた時の沈降曲線の一例を Fig. 1 に示す。同図 (a) の試料は食品工場廃水処理プラントから採取した汚泥であって、塊状菌のみから構成された、いわゆる正常汚泥である。曝気槽から採取した時の汚泥濃度は、 12.48 g/L であり、通常下水処理プラントで用いられる濃度と比べ、かなり高濃度での運転がなされている。沈降曲線を求める際、ここでは水道水 (20°C) で希釈して濃度調整を行った。曲線において点線部は沈降界面があいまいである部分を示す。

糸状性バルキングが生じている食品工場廃水処理プラントから汚泥を採取して、同様に水道水で希釈して沈降曲線を求めた。結果の一例を同図 (b) に示す。

また珪藻土 (3.75 g/L) に凝集剤として硫酸アルミ (10 g/L) を注入して緩速攪拌することによってフロックを形成させ、それにミキサーで分離・破碎したグラスファイバ (0.75 g/L) を混入させたのち、同様に希釈して各濃度の沈降曲線を求めた。結果を同図 (c) に示す。なお便宜上 (c) のような非活性汚泥試料濃度も MLSS で表示する。

Fig. 1(a) において、 $\text{MLSS} = 4.40 \text{ g/L}$ の場合と 4.24 g/L の場合、汚泥濃度の違いが小さいにもかかわらず、曲線の形が大きく異なっている。同様のことは同図 (b), (c) においてもみられる。

Fig. 1(c) に示したように、沈降曲線は一般に三つの区間に分けることができる。区間 I は初期遅れ区間、区間 II は定速沈降区間、区間 III は圧密区間である。

区間 I は、最初一様な連続体として沈降していた汚泥コラムが、その沈降途中において局所的に凝集・分

Fig. 1 Sedimentation curve.

- specimen
- a: activated sludge (normal)
 - b: activated sludge (filamentous bulking)
 - c: model sludge (diatomite + coagulant + fiberglass in water)

離が進行して、自立強度が不足となり構造的にくずれ現象を起し、急速に定速沈降区間に移行するため現われると考えられる。汚泥の性状・濃度によっては、区

間IIが現われずIからIIIに直接つながって圧密区間のみが観測される場合、またIの区間が短く、ほぼ最初からIIが現われる場合がある。

2.3 SV_{30} —MLSS 曲線

前節の実験結果にもとづいて、活性汚泥の30分間におけるSV値(SV_{30})と活性汚泥濃度(MLSS)の関係を求めたのがFig. 2の曲線である。これを以後 SV_{30} —MLSS 曲線と称する。

Fig. 2の曲線1は食品工場廃水処理プラントの試料であり、Fig. 1(a)の沈降曲線から求めたものである。曲線2は公共下水処理場の試料であり、沈降性は良好である。この場合採取時のMLSSが低いため、希釈だけでなく濃縮した場合についても沈降実験を行っている。顕微鏡下では、試料1には糸状菌はみられない。試料2は、塊状菌が優占しているが糸状菌が少し混在している。曲線3および5は、試料1とは別の食品工場廃水処理プラントから、それぞれ異なる時期に採取した汚泥でバルキングが生じており、糸状菌が優占している。曲線3はFig. 1(b)の沈降曲線から求めた。なお SV_{30} —MLSS 曲線中に記した二重丸印は各処理プラントの動作点(プラントの定常運転時のMLSS)である。

Pipes⁴⁾は、長期間にわたって実プラントの観測を行い、そこから SV_{30} とMLSSの関係を求めている。図中において曲線6, 7, 8がPipesの実験結果である。

曲線6はバルキング汚泥、曲線7, 8が正常汚泥の観測例と思われる。

図から明らかなように、 SV_{30} —MLSS 曲線は一般にはS字状になり、三つの相に分けることができる。沈降曲線の場合と区別するために、曲線1に付したようにそれぞれをa, b, c相とする。定速沈降区間(区間II)を経て、沈降開始後30分の時点で圧密区間(区間III)に入っている汚泥濃度ではa相が生じる。また沈降開始直後から圧密区間に入る濃度の場合、c相が生じる。b相は、試料によって明瞭に現われる場合とそうでない場合がある。b相が生じる濃度付近においては前述の通り小さい濃度差で汚泥沈降曲線の形が大きく異なってくる。したがって SV_{30} —MLSS 曲線のb相の形を明確に把握するためには、b相付近の汚泥濃度を細かく変えて沈降実験する必要がある。

どのような場合にb相が現われるかをより明確にするために、前述の珪藻土ブロックとグラスファイバから成る塊状菌と糸状菌のモデルを用いて沈降実験を行った。結果をFig. 3に示す。曲線1は珪藻土(3.75g/L)と凝集剤(10g/L)を用いて珪藻土ブロックを作製し、それにファイバ(0.15g/L)を加えた試料の SV_{30} —MLSS 曲線であり、ほぼ直線状になってb相が現われず、きわだった非線形性はみられない。

しかし曲線1と同量の珪藻土ブロックに対し、糸状菌のモデルであるファイバの混入量を0.75g/Lに増

Fig. 2 SV_{30} —MLSS curve for samples of activated sludge.

1,3,5: sludge from industrial waste treatment plant

1...normal, 3,5...filamentous bulking

2: sludge from sewage waste treatment plant

4: laboratory acclimation sludge

6,7,8: experimental results by Pipes⁴⁾

Fig. 3 SV_{30} —MLSS curve for model sludge.

- 1: diatomite 3.75g/L + fiberglass 0.15g/L
 2: diatomite 3.75g/L + fiberglass 0.75g/L
 3: diatomite 3.75g/L + fiberglass 1.50g/L

やすと、曲線 2 となり b 相が現われ始める。この時の沈降曲線は Fig. 1(c) に示されている。さらにファイバの混入量を増やす (1.5g/L) と曲線 3 となり b 相がより明瞭になる。

このことを沈降曲線でみると、糸様体が少量しか存在しない場合、区間 I は現われない。ところが混入量が増えたと Fig. 1(c) に示すように、ある MLSS 近傍において区間 I が明瞭に現われる。

以上のことより次のことが言える。(1) 活性汚泥では糸状菌が混在すると b 相が現われ易い。しかし塊状菌のみであっても Fig. 2 の曲線 1 のように b 相が明瞭に生じることがある。これは塊状菌自体の凝集性が強いと生じたと思われる。(2) SV_{30} —MLSS 曲線の b 相は必ずしも活性汚泥特有のものではなく、非生物である珪藻土フロクにおいて、糸様体の混入量を増すにつれて b 相が現われる。

3. SVI とその問題点

従来の SVI は $SV_{30}/MLSS$ と定義されている。これを以下慣用 SVI という。この定義は本来 SV_{30} と MLSS が線形関係にあることを前提にしなければならない。すなわち Fig. 2 の SV_{30} —MLSS 曲線において a 相の領域に対して適用できる関係である。このとき慣用 SVI は a 相である直線部分の勾配に相当し、MLSS の値に無関係に汚泥固有の沈降指標として用いることができる。

通常、公共下水処理場の場合、その動作点はほぼ a 相内におさまっている。したがって慣用 SVI が意味をもつ。しかしバルキングが生じると c 相での運転を強いられることになり、また食品工場廃水処理施設では

Fig. 2 の曲線 1 にも示すように常時 c 相で運転されることも多い。

しかし SVI の評価点 (慣用 SVI ではプラントの動作点となる) が、a 相ではなく b 相あるいは c 相にある場合には、慣用 SVI では沈降性の評価が困難になる。

そこで慣用 SVI に代る指標として、Fitch *et al.*³⁾ は、b 相の勾配が一点に集まるとし、そこから SQI という指標を導出した。しかしながら一点に集まるという前提に対しては Pipes⁴⁾ が批判しているところであり、著者らの実験結果からも一点に集中するとは考えられない。また河野⁵⁾ は標準 SVI (SSVI) を提案している。同指標は、 $SV_{30}=500\text{cm}^3/\text{L}$ における SVI として定義している。なお Fitch *et al.*³⁾ も河野とは別に標準 SVI について言及しているが、 SV_{30} を $600\text{cm}^3/\text{L}$ にとっている。このように SSVI を定義する場合、基準となる SV_{30} 値をどうとすべきかは必ずしも明確ではない。

4. SV_{30} —MLSS 曲線の多項式近似

活性汚泥の沈降指標としては、任意の汚泥濃度における沈降特性を物理的意味が明確であり、できるだけ少ないパラメータで表示することが望ましい。汚泥の沈降特性は SV_{30} —MLSS 曲線によって示される。同曲線をできるだけ少ない指標で評価するために多項式近似⁶⁾を行う。

SV_{30} —MLSS 曲線は、一般に

$$SV_{30} = f(MLSS) \dots\dots\dots (1)$$

と表わせる。以下 MLSS を x , SV_{30} を y で表示する。いま (1) 式の関係を満たす p 組のデータを

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_p, y_p) \dots\dots\dots (2)$$

とする。また SV_{30} —MLSS 曲線は常に原点を通ることと、常用の SVI が $SV_{30}/MLSS$ で定義されることを考慮し、 m 次多項式で近似して (3) 式のように表わす。

$$g(x) = a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 $m \leq p$ とする。この時、(2) のデータを (3) 式で置き換えるには、

$$\sum_{i=1}^p v_i^2 = \sum_{i=1}^p \{y_i - (a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_mx_i^m)\}^2 \quad (4)$$

が最小になるように $(a_1, \dots, a_m)$ を求めればよい。いま

$$X = \begin{pmatrix} x_1^1 & \dots & x_1^m \\ \vdots & & \vdots \\ x_p^1 & \dots & x_p^m \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_p \end{pmatrix}, A = \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_m \end{pmatrix}, V = \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_p \end{pmatrix}$$

とおくと、(4) 式は

$$V^T V = (Y - XA)^T (Y - XA) \dots\dots\dots (5)$$

となる。このとき $V^T V$ を最小にする $\hat{a}$ は、

$$\frac{dv^T v}{da} = -2X^T(y - Xa) = 0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

を満たす。すなわち正規方程式は

$$(X^T X)\hat{a} = X^T y \quad \dots\dots\dots(7)$$

となる。したがって $\hat{a}$ は

$$\hat{a} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad \dots\dots\dots(8)$$

より求められる。

Fig. 3 の SV_{30} —MLSS 曲線 1, 2, 3 を(8)式を用いて多項式近似してみる。一次式から三次式までの近似を行った場合の各パラメータ a_1, a_2, a_3 の値をTable 1 に示す。また曲線 2 の場合について、一次、二次および三次多項式による近似曲線を Fig. 4 に図示する。

Fig. 4 からわかるように、一般にパラメータが複数個の方が、より良く SV_{30} —MLSS 曲線を近似できる。しかし一次式

$$y = \hat{a}_1 \cdot x \quad \dots\dots\dots(9)$$

で近似させるとパラメータは 1 個ですむ。(9)式は SV_{30} —MLSS 曲線の最小二乗誤差近似直線である。この時、パラメータ $\hat{a}_1$ は SV_{30} —MLSS 曲線を線形化した場合の沈降指標とみることができる。

Table 2 に、いくつかの活性汚泥について、SSVI と(9)式にもとづく結果との比較を示した。SSVI に付した数字は基準となる SV_{30} を示す。表からわかる通り、SSVI と一次式による近似結果はかなりの程度一致する。このことより、標準 SVI は、 SV_{30} —MLSS 曲線を

Table 1 Polynomial approximation to SV_{30} —MLSS curve shown in Fig. 3

degree	parameter	curve 1	curve 2	curve3
1st	$\{ a_1$	0.1202	0.1482	0.2030
2nd	$\{ a_1$	0.1270	0.2009	0.2336
	$\{ a_2$	-0.0009	-0.0083	-0.0070
3rd	$\{ a_1$	0.0560	0.0458	-0.0261
	$\{ a_2$	0.0242	0.0535	0.1439
	$\{ a_3$	-0.0020	-0.0055	-0.0197

Fig. 4 1st, 2nd, 3rd polynomial approximation to SV_{30} —MLSS curve (2) shown in Fig. 3.

一次式で近似した場合の係数 $\hat{a}_1$ に他ならないことがわかる。

5. 新たな沈降指標

慣用 SVI は評価点が動作点のみである単点評価法である。一方 SV_{30} —MLSS 曲線を用いて沈降性を評価するのは多点評価法といえ、汚泥沈降特性のより普遍的な評価法である。

前章において、多項式近似を使って SVI について従来とは別の側面からの解析を試みた。しかしその議論の過程においてもわかるように、本来非線形性の強い SV_{30} —MLSS 曲線全体を単一のパラメータで表示するには無理がある。

Fig. 5 に示すように SV_{30} —MLSS 曲線は三つの折線で近似できる。そこで活性汚泥の沈降特性を図に示すような $\alpha, \beta, MLSS_{1.0}$ の三つの指標群で表わすことにする。すなわち

$$\text{沈降指標} = (\alpha, \beta, MLSS_{1.0}) \quad \dots\dots\dots(10)$$

ここで α, β はそれぞれ a 相, b 相の直線の勾配を表わ

Table 2 Comparison of values of SVI, SSVI, and $\hat{a}_1$ about activated sludge shown in Fig. 2

sample	SVI	SSVI ₅₀₀	SSVI ₆₀₀	$\hat{a}_1$
4	30	—*	—*	—*
8	—+	50	50	50
1	80	120	140	130
7	—+	140	150	140
2	170	170	—*	—*
6	—+	330	330	320
3	250	740	830	750
5	360	1,430	1,580	1,450

+ Operating MLSS is not specified.

* Data of phase "b" are not given in Fig. 2.

Fig. 5 Approximation by straight lines.

し、 $MLSS_{1.0}$ は SV_{30} が $1000\text{cm}^3/\text{L}$ の時の値である。

ただし、沈降性を評価するのに三つの指標は同じ重みをもつとはいえない。a相、b相の直線の交点は、河野⁵⁾の実験結果ではほぼ $300\sim 400\text{cm}^3/\text{L}$ となっており、著者らの実験でも $300\sim 500\text{cm}^3/\text{L}$ 内におさまる。もしそうであるとすると、

$$\text{沈降指標} = (\alpha, \beta) \dots\dots\dots (11)$$

で表示してよい。

さらに、活性汚泥の沈降特性を単一の指標で比較する場合は評価点がa相にある時の慣用SVIを包含する α を沈降指標として用いるのが良い。この意味でのSVIを以下線形化SVI (LSVI)とよぶことにする。LSVIは多点評価法による指標であり、広範囲にわたる汚泥間の沈降特性の比較が可能である。またその数値自体も30分間におけるかさ密度の逆数となっており物理的意味も明確である。

このように、通常の管理・運転に用いる沈降指標には(LSVI)を、汚泥コラムの自立強度なども考慮したより精密な沈降指標には(LSVI, β)、さらには(LSVI, β , $MLSS_{1.0}$)を用いることを提案したい。

6. 光学的自動測定システム⁷⁾

6.1 装置および方法

沈降指標を求めるには、 SV_{30} — $MLSS$ 曲線を知っておく必要がある。同指標を日常の管理・運転で用いるためには、できるだけ手間のかからない簡単な操作で済む測定法が良い。またプラントの制御に用いるためにも測定システムの自動化を行う必要がある。

Fig. 6 Newly developed automatic measuring apparatus of sedimentation curve.
1: graduated cylinder, 2: activated sludge, 3: fluorescent lamp. 4: bellows, 5: photovoltaic cell, 6: scanning plate, 8: amplifier, 9: wave filter, 10: multiplexer, 11: A/D converter, 12: microcomputer, 13: D/A converter, 14: X-Y recorder, 15: console

Fig. 6 に自動測定システムの概略を示す。1 が 1 L メスシリンダであり、シリンダの長さは300mm である。No. 1～No. 5 のメスシリンダに濃度を変えて試料 2 を入れる。次にシリンダ内を弱く曝気しておき、試料が凝集あるいは沈降しないようにする。曝気の停止とともに沈降が始まる。光源として蛍光灯(20W) 3 を使い、走査盤 6 を上下に走査させながら透過率を測定する事によって沈降界面を検出する。3 には蛇腹 4 を被せてスリット状の光が 6 とともに移動するようにして余計な光が漏れないようにする。走査区間長さは液面より260mm とし、走査の時刻は、0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30分とした。走査はシンクロナスマータ(4 W)で行い、時間間隔はプログラムによって任意に設定できる。メスシリンダを透過した光は、 S_1 光電池 5 で検出する。入射光量に比例した電流信号を増幅器 8 で増幅する。蛍光灯によるノイズはローパスフィルタ 9 で除去している。増幅された信号はマルチプレクサ(8 チャンネル、切換時間 $t_s=0.5\mu\text{s}$) 10 に入り、A/D コンバータ(8 ビット、変換時間 $t_c=2.8\mu\text{s}$) 11 を通ってマイクロコンピュータ(8080A, RAM 9 kB) 12 に読み込まれる。そこでデータ処理したのち、D/A コンバータ(8 ビット、 $t_c=0.3\mu\text{s}$) 13 を通して X-Y レコーダ 14 に表示させる。また同時にコンソール 15 に印字させる。

6.2 データ処理と測定結果

沈降曲線測定モードの時のフローチャートを Fig. 7 に示す。1 回の走査毎に読み込まれるデータ回数は100 個であるので検出限界はおおよそ2.6mm である。読み

Fig. 7 Data processing flowchart.

込んだデータにもとづき、界面の判定をする。蒸留水の透過度を1とした時、界面判定の閾値 γ は0.08とした。この値は種々の汚泥について目視による界面測定を行い、それとの比較によって最適な閾値を定めたものである。図に示したように透過光量の強さと γ を比べて界面を定め、各汚泥濃度における沈降曲線を表示する。

次に、シリンダに蒸留水を入れて走査した結果をFig. 8(a)に示す。たて軸に透過度をとり、横軸はシリンダの高さを示す。300mmの高さが液面に対応する。図からわかる通り、走査の全域にわたって、ほぼ一定の出力を示している。工場廃水処理プラントから採取した汚泥について沈降開始後30分において走査した例を同図(b)に示す。MLSSは5.0g/Lである。本試料では界面が明瞭に現われている。

次に本測定装置を用い、沈降曲線測定モードを選定して、食品工場廃水処理プラントの汚泥(Fig. 2の1に相当、採取時期は異なる)の沈降曲線を求めた結果の一例をFig. 9に示す。前述の通り、30分間の測定点の数は10個であるので沈降曲線が階段状になるため平滑化の操作をして表示してある。

SV₃₀-MLSS曲線を求めるには、沈降曲線の全体を知る必要はなく、本装置では動作モードをSV₃₀と指定することにより同値のみを印字させることができる。Fig. 9の汚泥を用いて各濃度におけるSV₃₀値を測定

Fig. 8 Examples of transmittance change for scanning stroke.

specimen a: distilled water
b: activated sludge

Fig. 9 Sedimentation curve display on X-Y recorder by means of the automatic measuring apparatus.

MLSS=3.3g/L

Table 3 Determination of SV₃₀ by the automatic measuring apparatus

MLSS (g/L)	2.6	3.3	4.0	4.6	5.3	5.5	5.9	6.6
SV ₃₀ (cm ³)	220	272	350	393	540	662	844	922

した結果を、Table 3に示す。このデータを用いて沈降指標は、

$$(\text{LSVI}, \beta, \text{MLSS}_{1.0}) = (87, 470, 6.3)$$

と求まる。LSVI, β の単位はcm³/L/g/L(=cm³/g)であり、MLSS_{1.0}の単位はg/Lである。

なお参考のため、Fig. 2のデータにもとづいて沈降指標を計算した結果を、Table 4に示す。

7. む す び

(1)従来の沈降指標を比較・検討し、慣用SVIは単点評価法であることを指摘した。また多項式近似を用いてSVIについて従来とは別の側面からの解析を試み

Table 4 Computation of sedimentation indices about activated sludge shown in Fig. 2

sample	LSVI	β	MLSS _{1.0}
4	28	—*	—*
8	38	230	13.1
1	93	2,900	4.4
7	100	330	5.2
2	165	—*	—*
6	333	800	2.3
3	420	2,400	0.9
5	1,200	2,500	0.5

*Data of phase "b" are not given in Fig. 2.

た。これにより標準 SVI は, SV_{30} —MLSS 曲線を一次式で近似した場合に相当することがわかった。

(2) 多点評価法の一つである (LSVI) を通常の管理・運転の沈降指標として用い, さらに精密な指標として (LSVI, β) あるいは (LSVI, β , MLSS_{1.0}) を用いることを提案した。

(3) 珪藻土と凝集剤によるフロックにグラスファイバを混入させたモデル実験も行い, SV_{30} —MLSS 曲線の非線形性 (b 相) がどのような場合に現われるかを示した。

(4) SV_{30} —MLSS 曲線さらには本論文で提案された沈降指標を求めるために, 光学的自動測定システムを開発した。

(原稿受理 昭和59年10月11日)

引用文献

- 1) Mohlman, F.W. (1938) The Sludge Index. *Sew. Works Jour.*, **6**, 1.
- 2) Dick, R.T. and Vesilind, P.A. (1969) The Sludge Volume Index—What is It?. *Journal of Water Pollution Control Federation*, **41**, 8, 1285—1291.
- 3) Fitch, B. and Kos, P. (1976) Toward a more meaningful index of sludge quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, **48**, 8, 1979—1987.
- 4) Pipes, W.O. (1977) Discussion. *Journal of Water Pollution Control Federation*, **49**, 3, 503—505.
- 5) 河野哲郎(1976) 標準汚泥容量示標の提案とそれの合理的な使い方, 下水道協会誌, **13**, 144, 17—25.
- 6) 赤坂隆(1971) 数値計算, p.61, コロナ社.
- 7) 山本純雄, 箱守京次郎, 鎌田治(1977) 沈降透過度法による活性汚泥の凝集・沈降特性の計測, 52年度日法醸酵工学会講演要旨集, 197—198.