

名古屋工業大学 正会員 酒井清太郎
豊田工業高等専門学校 正会員 ○山本広次
豊田工業高等専門学校 正会員 大野俊夫

1 ま え が き

粉塵処理の沈でん槽について、実験と実施についての報告である。製鋼所では、1屯の鋼を主産するのに、その1%に当る10Kgの粉塵が発生するといわれる。粉塵の粒径は、1~200μで、20μ以下は空気中に浮遊する。粉塵処理は、集塵してサイクリン・フィルター・電気集塵機などの乾式処理と、噴霧塔で洗浄してシクナーなどの湿式処理の2方法がある。乾式は、施工と管理がむづかしく工事費も高いが多数おこなわれ、湿式は、簡単で費用も安い、微粒子の処理がむづかしく、排水の2次公害をおそれてあまり採用されない。

$$1\mu = \frac{1}{1000} \text{ m}$$

ここに報告をする沈でん槽は、新湊市にある日本高周波富士工場が、公害防除のために設けた湿式粉塵処理の、水室式沈でん槽についての実績と、その水理実験についての報告である。

2 単 粒 子 の 沈 で ん

液体中の懸濁粒子の沈降速度は、粒子の大きさ・形状・密度・液体の温度・粘性係数に關係する。

ρ : 液体の密度 g/cm^3 ρ' : 粒子の密度 g/cm^3
 D : 粒子の直径 cm C_d : 粒子の抵抗係数
 μ : 液体の粘性係数 $\text{g/cm} \cdot \text{s}$

材 質	比 重	粒 径	沈 降 速 度
鉄 粉	7.00	1 μ	$2.8 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$
砂 粒	2.65	2 μ	$3.0 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$
スラッジ	1.10	4 μ	$7.4 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$

とすれば、単粒子の沈降速度 v_0 は

層流および乱流の領域は Newton 式により

$$v_0 = \sqrt{\frac{4g(\rho' - \rho)D}{3C_d\rho}} \quad (1)$$

層流で粒子の直径が小さい場合は Stokes 式より

$$v_0 = \frac{1}{18} \frac{(\rho' - \rho)gD^2}{\mu} \quad (2)$$

(1), (2) 式による粒径・密度と沈降速度の關係は、図-1 コロイドの極限値は 表-1 で、かなりの微粒子でも沈降させることができる。

理想沈でん槽の除去率 E は

$$E = v_0/Q/A \quad (3)$$

100% 沈でんさせるための水槽所要面積 A は

$$A = Q/v_0 \quad (4)$$

Hazen は、1池で連続作用の沈でん除去率は

$$\left. \begin{aligned} E &= 1 - x \\ x &= 1/(1 + a/x) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

多池で直列連続作用の場合は

$$x = 1/(1 + a/nt)^n \quad (6)$$

表-1 沈でん物の極限値

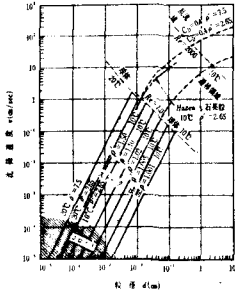


図-1 粒子の沈降速度

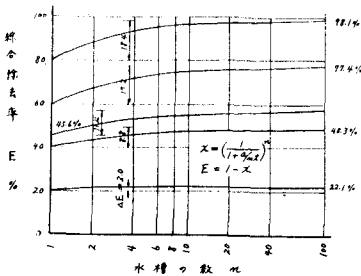


図-2 Hazen 式による多池除去率

を示した。

(5)、(6)式による沈でん除去率 E と池数 n の関係は、図-2のとおりである。図-2より n による除去率の上昇値 ΔE は容易に判定される。その極限值が間けつ沈でん槽の除去率である。

3、最近の沈でん槽の実験

Manchester 大学の D. M. Thompson 博士は、1969年に矩型沈でん槽の実験について発表されたが、その概要は 図-3 において

いかなる場合も (a) のごとく単純流型はおこらない。清水のときは (b) のごとく表面流型である。

密度流の場合は (c) のごとく還元流がおこり、突入点が現れた。突入点の位置 x は Froude 数の関数で示され、水槽長の 9~42% である。流入速度が大きく関係する。沈でん効果は Hazen の法則により、 Q/LB に左右される。

九州大学の栗谷陽一博士は、大型水槽で温度と粘性係数もとり入れて実験をおこない、濁流の密度差が大きくなると、潜流がおこり、死水域が生じやすくなると発表された。

以上2つの実験で明らかなことは

- 密度流は、沈でん槽に流入すると降下して潜流となる。
- 水槽の上面に還元流がおこり、水面の上流部に突入点が発生する。
- 密度潜流と稀釈還元流の間に界面が生じる。
- 流入水深 H が大きいと、沈でん効果が大きい。
- 沈でん槽の水深や密度流の濃度は、沈でん効果にあまり関係がない。

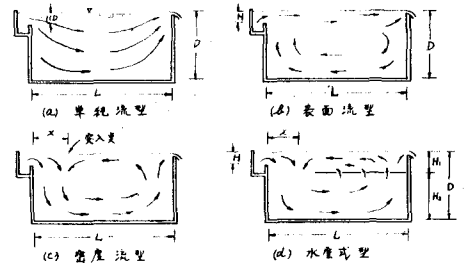


図-3 沈でん槽の流型

4、水室式沈でん槽の水理

水室式沈でん槽は、これらの論文発表以前に実施されたが、上記の実験成果はすべて含めて設計されている。

沈でん槽の、潜流と還元流間の緩流で広い死水域の中間に、人工の界面 例へば床版を設け、その床版のオリフィス開度を適当な値にすれば、水槽内の密度流の運動はオリフィス開度で抑制されると同時に、人工界面付近の対流は大きくなり、死水域は解消し、底面付近の水の動きはより遅くなる。

図-3 (d) に示すように、沈でん槽内に床版を設けて水室式とする。

床版の高さは、潜流と還元流の界面付近、水槽水深の 0.2~0.3 D とし、床版の長さは、Thompson 実験の突入点付近、水槽長の 0.6~0.8 L とする。

オリフィスの開度は、算定も可能と考えるが、水理実験により最も効果的なもの(多分潜流と還元流の運動が抑制されない限度)は実験によりきめることができる。

床版を、適当な位置におき、オリフィスを良好な開度に働かせると、沈でん域が拡がり、沈でん除去率は非常に良くなると推定される。

5、実施例

水室式沈でん槽は、昭和43年6月設計し、同年12月に操業を開始した。その構造は、図-4、図-5に示すとおり、長さ12m・深さ3m・巾5mの小型なもので、計画流量は80t/hである。

第1沈でん槽は、普通の矩型沈でん槽とし、沈でん粒径は10 μ 以上、第2沈でん槽は水室式とし、6 μ 以上を

捕捉する構想である。水室は鋼板を張り、水室内の径深をを小さくするために鋼板を吊つた。
床版用の12枚の鋼板間は2cm開け、床版端末に12cmのすき間を設けた。オリフィス開度は6.1%

第1沈でん槽
 $Q = 80 \text{ m}^3/\text{h} = 0.022 \text{ m}^3/\text{s}$, $B_1 = 5 \text{ m}$, $H_1 = 3 \text{ m}$
 $L_1 = 7 \text{ m}$, $A_1 = 35 \text{ m}^2$, $V_1 = 105 \text{ m}^3$, $v_1 = 0.18 \text{ cm/s}$

第2沈でん槽
開水路
 $B_2 = 5 \text{ m}$, $H_2 = 1 \text{ m}$, $S_2 = 7 \text{ m}$, $R_2 = 0.715 \text{ m}$
水室
 $B_3 = 5 \text{ m}$, $H_3 = 2 \text{ m}$, $S_3 = 20.2 \text{ m}$, $R_3 = 0.37 \text{ m}$
 $V_2 = 75 \text{ m}^3$, $A_4 = 1.22 \text{ m}^2$ (オリフィス)

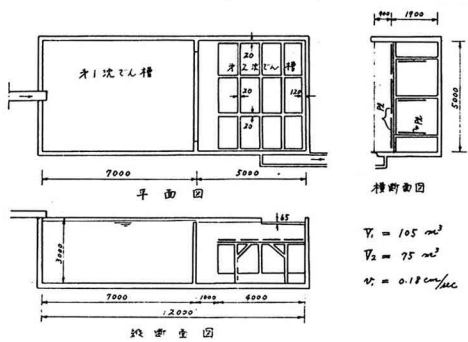


図-4 沈でん槽 実施図

昭和44年3月、操業中の沈でん槽から、流入口・第1沈でん槽の越流部・第2沈でん槽の排水口、の3箇所から資料を採取し、各種の測定をおこなつた。

原液の様子は、図-6の写真で判る。各点の120倍顕微鏡写真は、図-7~9で写真の外径が1.0mmである。

測定の結果は 表-2に示すとおり、第1沈でん槽で8μ以上の粒子86.2%を除去、第2沈でん槽で3μ以上のもの13.6%を沈降させ工場の粉塵の99.8%を処理したことになる。

特に長さ5mの第2沈でん槽が、大きな作用を行なっている。

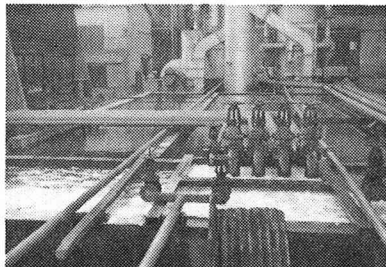


図-5 沈でん槽の全景

写真	位置	密度	濁度	含有量	粒径	測定方法
一	一	P	度	PPM	μ	濁度 JISKO 10/81一般法 懸濁物質 JISKO 102/10.2 ガラスろ過器/G4 粒径は写真より判定
図-7	流入口	1.011	950	1895	30~1	
図-8	越流部	1.002	110	258	8~1	
図-9	排水口	1.000	18	21	3~1	

表-2 水室式沈でん槽の測定値

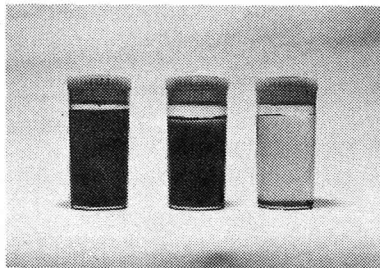


図-6 各点の採取原液

6 実験

水室式沈でん槽を検討するため、現在水理実験を行なっている。

実験の概要は

寸法 $L=70 \text{ cm}$ $D=33 \text{ cm}$ $B=15 \text{ cm}$
流量 1.0 l/min 地下水 $16 \sim 2500$
 $v=0.03 \text{ cm/s}$
濁質 フライアツシュとシルト 400 PPM/m^3
粒度 $1 \sim 60 \mu$ 粒径分級曲線は図-10のとおり
濁度 $36 \sim 96 \text{ N} \cdot \text{K}$ 社 光電濁度計

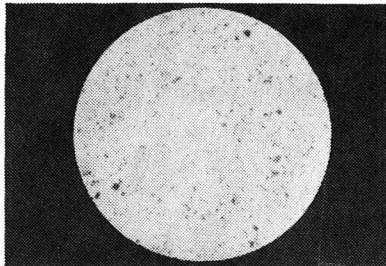


図-7 流入口の顕微鏡写真

×120 外径が1mm

方 法 原水と排水を 10分おきに採取

30分おきの排水濁度と対比した

実験は、水平板・傾斜板・堰止板・開孔板（等寸法と異寸法漸拡）および鉛直孔整流板の組合せでおこない、矩型沈でん槽との沈でん除去率の変化 ΔE について比較した。

水理実験は、現在90回程度で、まだ結論には到達しないが、次のことが判定される。

- 1、矩型沈でん槽に、何等かの施設を加えると、沈でん効果は上昇する。
- 2、床版のオリフィス開度に大きく左右されるが、床版の位置にも相関がある。
- 3、オリフィス開度は、8～12%がよい。
- 4、床版の高さは、0.1～0.3Dがよい。

実験の結果のうちで、統計的に明確なものを表示すれば図一12のとおりである。実施例は実験ともかなり合致する。

フ む す び

実験の濁度測定のと都合で、かなり低い濃度で水理実験を行なった。実験水槽は、突入点より下流に流速があり、下流ほど早い。したがって、沈でん槽の各断面について、流水の動向を示すと、図一12のごとく潜流と還元流、および下流表面に前進流があるように考えられる。

その場合、床版の配置は、図一12（b）のような水平開孔板のみでなく、（c）・（d）のような傾斜開孔板の漸拡型のものも考えられ、実験は複雑になる。

この水理実験で、矩型沈でん槽の平均除去率は、45.6%であるから、沈でん極限除去率との差 ΔE は、図一2より11.4%である。

現在の水理実験は、図一12に示すとおり ΔE は9%程度でいまだしの研究を要する。

構造はできるだけ簡単なもので、Hazenが夢に描いた完全沈でん槽を1日も早く完成し、公害防止と小型化に尽したい。

参 考 文 献

広瀬孝六郎：都市上水道 技報堂 1964

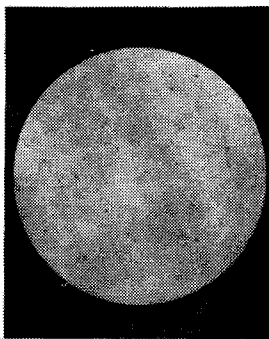
D. M. Thompson: Proceedings Vol 43 1969

栗谷陽一、楠田哲也：く型沈でん池における密度流と死水 土木学会論文集/63 1969

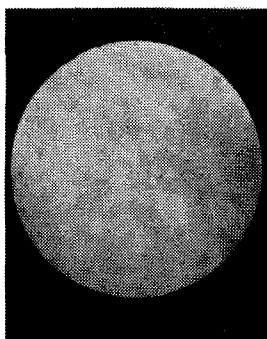
酒井清太郎：常流式沈でん池における微細粒子の濃度分布と除去率についての解析的研究 名工大学報/954

山本広次：水室式沈でん槽について 土木学会第14回水理講演会 1969

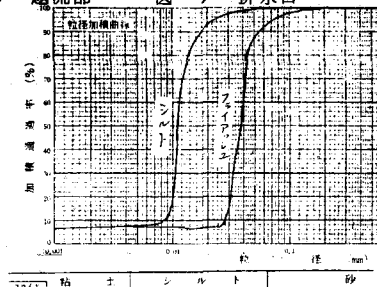
山本広次：公害防除のための水室式沈でん槽 土木施工/1巻/1号 1970



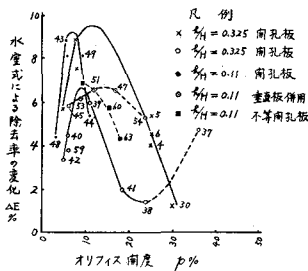
図一8 流流部



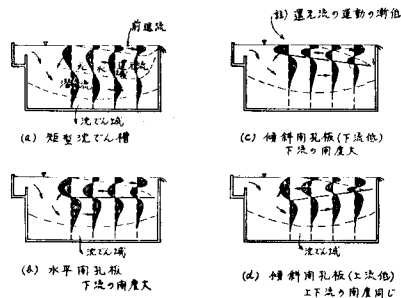
図一9 排水口



図一10 粒径沈下曲線



図一11 沈でん槽の実験結果



図一12 沈でん槽の水の動き