

宮崎大学工学部 正会員 石黒政儀

宮崎大学工学部 学生員 〇加藤善盛

1. はしがき

甘藷でん粉廃液による水質汚濁の問題は、その生産地である関東以西の各地で発生し社会問題とゞ
 発見してゐる。特に宮崎県中南部を流れる大淀川では昭和38年頃より汚濁が激しくなりその対策に
 は県民をあげて努力してゐる。しかしこの工業が零細であるため、高価高価なる処理施設は設置でき
 ず、またこの廃液の基礎的研究がなされていなかつたため適切な処理法すら見当らず、めすかに素堀
 況でん池を各工場に行政指導で設置させている現状である。われわれは昭和40年以來この廃液処理
 法を研究し、低廉、操作運転管理の簡易、高浄化の条件に最も適する方法として、回転円板接触法、
 (T.T.K; Tauchtropfkörperanlagen) をとりあげ、予備実験、半工業的実験を重ね、既に4年を経過した
 。その結果、本廃液の性質とT.T.Kに関する多くの知見を得ることができた。本報告はその総括とも
 いうべきもので、実用プラントの設計資料と設計例をも提示する。この実験は他の廃液、汚水の処理と
 異なり、甘藷自身が季節により変質するため、秋香汚濁時の廃液水質のみを対称としなければならな
 限られた期間(10月~11月)で実験を行わねばならなかつた。

2. 回転円板の所要面積

昭和41年度実験よりCOD負荷量と除去量の関係をFig-1
 に示す。これより平均的な除去曲線が求められた。したが
 った円板の所要面積、大きさについての概略的な関係は、
 100%の除去線に対するこの平均的な除去曲線の位置から
 導かれ、次の式で示される。

$$\frac{Q_a \cdot \bar{g}}{F_n} + \frac{(Q_a - Q_{ci}) \cdot \bar{g}}{F_n} = 2697 \times 10^{-3} \left\{ \frac{(Q_a - Q_{ci}) \cdot \bar{g}}{F_n} \right\}^{2.50} \quad (1)$$

$$\text{変形して } F_n = \bar{g} \cdot \frac{1.178 \times 10^3 (Q_a - Q_{ci})^{1.05}}{Q_{ci}^{0.05}} \quad (2)$$

F_n ; 全円板浸漬面積 (m^2) $\bar{g}$; 流入量 (m^3/day)

Q_a ; 流入廃水の $KMnO_4$ 消費量 (%) Q_{ci} ; 処理水の $KMnO_4$ 消費量

次に全円板浸漬部面積を F_w とし $Q_{ci}/Q_a = P_c$ とおくと、

本実験装置では $F_w/F_n = 0.342$ であるから式(2)は次式となる

$$F_w = 1.178 \times 10^3 \times 0.342 \times \bar{g} \cdot Q_a \cdot \frac{(1-P_c)^{1.05}}{P_c^{0.05}} \quad (3)$$

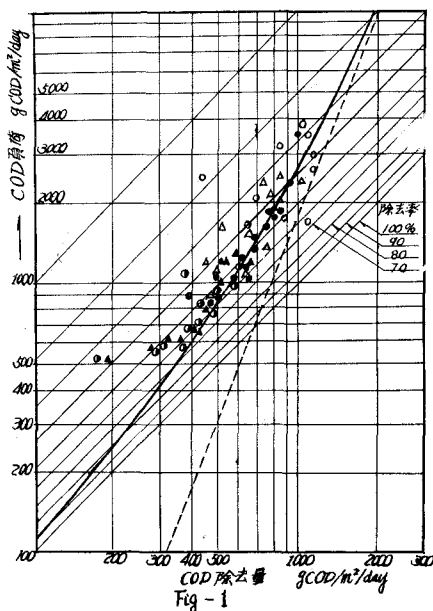
さらに、全円板面積を F とし、 $F/F_w = f(\%)$ 、 $(1-P_c)^{1.05}/P_c^{0.05} = f(P_c)$ で表わすと、所要円板面積 F は次式
 で求められる。

$$F = 4.029 \times 10^4 \cdot f(\%) \cdot f(P_c) \cdot \bar{g} \cdot Q_a \quad (4)$$

D ; 円板の直径 (m)

t ; 円板中心と水面間の距離 (m)

ここで $f(\%)$ と $\%$ の関係、 $f(P_c)$ と P_c の関係を Fig-2、Fig-3 のように図示すれば、直ちに式(4)の $f(\%)$
 $f(P_c)$ の値が求められる。次に接触時間を t_c 、槽容積を V_0 とすると、流入量との関係が $\bar{g} = V_0/t_c$ と



表わせることにより式(4)を用いて、接触時間 t と R の関係を求め、 Q_0 をパラメーターとした計算値をプロットするとFig-4のように表わされ、これより流入废水の水質と、期待する除去率が与えられれば、所要接触時間が得られる。

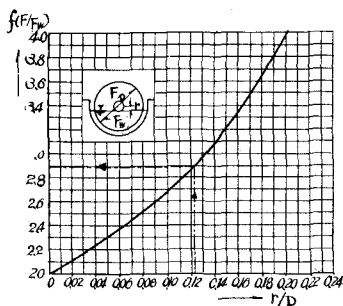


Fig-2

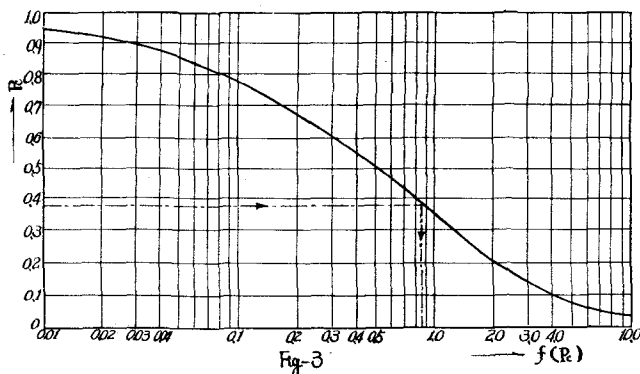


Fig-3

3. 接触槽内の反応時間

昭和42年度のバッチ試験の結果、COD除去速度が、一次反応式にしたがつてCOD濃度に比例すると考えると反応速度係数が次式から求められる。 $r = -dL_t/dt = k_1 L_t$ 積分変形して、 $t = 1/k_1 \times 2.3 \log(L_0/L_t)$ (5) t : 反応時間(hr) L_0 : 原废水のCOD(ppm) L_t : t hr後のCOD(ppm)。再考察の結果Fig-5の値を得た。これによると、初沈のある場合の方が初沈無しの場合より反応速度が速く約0.7倍で着むことが判明した。

4. 処理水の沈降特性と生成汚泥量

初沈の有無による処理水の沈降曲線はFig-6に示す通りであり、全量の $3/4$ まで沈降するに要する時間は、初沈無しで数時間要するが、初沈有りでは約1hrの滞留時間で済むことになる。初沈有りの沈降曲線より、B点からは直線的に降下すると見なすとその直線式は次式で示される。 $Q_t = 4.14 \times t^{-2/3}$ (6)

Q_t : t 分後の汚泥容積、 t : 滞留時間(min) ($t \geq 100$)

5. 回転円板付着生物相

昭和43年度の換鏡による生物相の観察は、一般の汚水中に含まれるグラム陰性の短桿菌、中等桿菌、長桿菌および、グラム陽性のアトウ球菌、長連鎖球菌を除き、*Sphaerotilus natans*、および酵母菌類を主体として行った。その結果、流入原水の近く、すなわち富栄養状態で、

Sphaerotilus の菌糸は太く、活発な分岐状態がみられ、才2段、才3段に達したがつて細く揺るが、菌体内への有機懸濁物質の吸着は多くなるようである。また本廃液では、その主体が

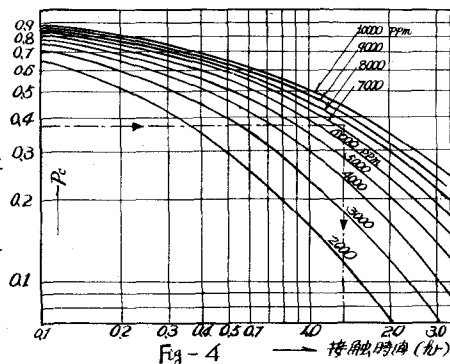


Fig-4

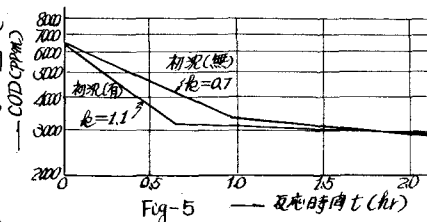


Fig-5

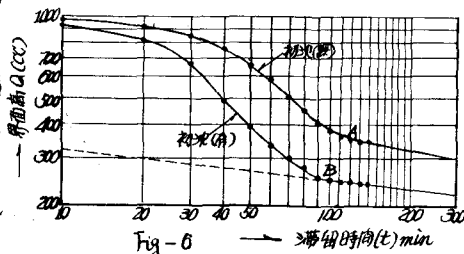


Fig-6

Saccharomyces属と Torula属であると報告されている酵母菌類は、比較的廃液の糖化が進む後段の方が量的に多くなり、季節的には、摺込みの後期に至るにしたがつてその数を増す。その他、アメーバ類、繊毛虫類の1種である Paramecium属などが発生するのは、比較的浄化効率の良好な状態で発生し、さらに良くなると鞭毛虫類(主に Oikomonas 属)が発生することが観察された。本法によつて BOD 10000 PPM 近くの廃液が浄化される原因は、酵母菌類が主体であり上述のような、各種の汚水細菌類、原生動物類が発生増殖するためと思われる。以上の実験成果を基にして次に使用プラントの設計を行う。

6. T.T.K 処理プラントの設計計算

宮崎県内の甘藷でん粉工場ではいわゆる 100 万負工場がその標準とされているので、この工場より排出される最も有機物質濃度の高いセバレート廃水につくこの処理プラントを設計する。廃液量は、摺込み甘藷重量の 5~6 倍になるので、1 操業期間につき平均的に 2650 t となり、稼働日数を 60 日とすると、日廃液量 $g = 350 \text{ m}^3/\text{d}$ となる。この廃液の COD は前期で 3500 ppm, 後期において 7500 ppm 程度である。この処理プラントでは平均流入水質を COD 7500 ppm として設計する。

i) 平均負荷に対する所要円板面積の計算

式(4)より先ず決定しなければならないのは、 γ_0 の値であるが $D=2040 \text{ mm}$ の円板を使い $r=250 \text{ mm}$ とすれば $\gamma_0 = 0.123$ 故に Fig-2 より $f(\gamma_0) = 2.9$, 最初沈でん槽で約 10% の除去が可能であるとし、 $Q_{01} = 2300$ 程度となるべく処理を行うとすれば、

$$P_c = Q_0 / Q_a = 2300 / 1500(1 - a_1) = 0.376 \quad \text{Fig-3 より } f(P_c) = 0.86$$

$$\text{式(4)より } F = 4.029 \times 10^4 \times f(\gamma_0) \cdot f(P_c) \cdot g \cdot Q_0$$

$$= 4.029 \times 10^4 \times 2.9 \times 0.86 \times 350 \times 7500 = 2640 \text{ m}^2$$

したがつて、所要円板枚数; $n = 2640 / 6.56 = 410$ (枚) となり、円板接触槽を 2 系列、3 段とすると

$$\text{各段の枚数} \quad n_i = 410 / 6 = 70 \text{ (枚)}$$

ii) 円板接触槽の設計

Fig-4 から流入廃水 COD 7500 ppm, $P_c = 0.376$ より所要接触時間は、1.4 hr となる。各系列 3 段であるから 1 段の接触時間 $t_0 = 1.4/3 = 0.45 \text{ hr}$ しかしながら回転方向が順流であることおよび、Fig-5 より $t_0 = 0.8 \text{ hr}$ により設計する。流入量; $g = 350 \text{ m}^3/\text{d} = 14.6 \text{ m}^3/\text{hr}$ 1 系列につき $g_i = 23\%$

$$\therefore \text{所要槽内実容積; } V_0 = g_i \cdot t_0 = 23 \times 0.8 = 5.84 \text{ m}^3$$

$$\text{円板浸漬部面積(1枚)} = \frac{1}{2} \pi D^2/4 - \pi r^2 = 1.125 \text{ m}^2$$

$$\text{全円板浸漬部容積} = 1.125 \times 4004 \times 70 = 0.315 \text{ m}^3$$

$$\text{槽側面積} = \pi R^2/2 - 2R \cdot r \quad \text{ここで } R = 1050 \text{ mm とする。}$$

$$= 3.14 \times 105^2/2 - 21 \times 25 = 2.257 \text{ m}^2$$

$$\text{槽巾を } b \text{ とすると } V_0 = b \times 2.257 - 0.315 = 5.84 \quad \therefore b = 270 \text{ m とある。}$$

iii) 最初沈でん槽

滞留時間 1 hr, Imhoff 槽とし、槽数を 2 とする。槽容積を V_0 とすると、 $V_0 = g \cdot t_0$ より $V_0 = 14.6 \times 1.0 = 14.6 \text{ m}^3$ 。1 槽につき $V_0 = 14.6/2 = 7.3 \text{ m}^3$ 、形状は次の最終沈でん池に準ずる。

iv) 最終沈でん槽

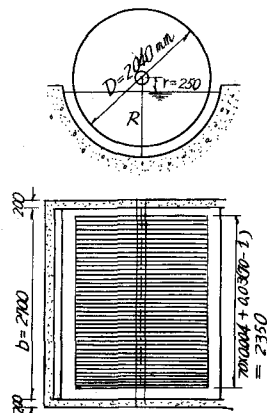


Fig-7

本設計例では Fig-6 より最初泥じん槽ありとして滞留時間を 10 hr とする。槽容積を V_1 とすると、 $V_1 = 8 \cdot t_e = 14.6 \times 10 = 146 \text{ m}^3$ 、Jankhoff 槽、槽数；3 とし 1 槽の容積を定める。 $V_{e1} = 14.6/3 = 4.8 \text{ m}^3$ 泥じん部有効容積 = $25 \times 13 \times 10 + 25 \times 13 \times \frac{1}{2} \times 13 = 536 \text{ m}^3$ (Fig-8 に形状、寸法を示す。)

次に生成汚泥量を推定する。式(7)、Fig-6 より、1 日当りの汚泥量を求めるため $t = 24 \text{ hr} = 1440 \text{ min}$ を代入すると $Q_{t=24h} = 180 \text{ cc/g/day}$ したがって 1 週当りの生成汚泥量 $Q = 350 \times 0.0018 \times 7 = 4.4 \text{ m}^3$ 。

1 槽当り $Q = 4.4/3 = 1.5 \text{ m}^3$ Fig-8 より汚泥泥じん部有効容積 = $25 \times 21 \times 10 \times \frac{1}{2} = 26 \text{ m}^3$

V. 回転円板の回転数 最小回転数を与える式は次式で示されている。 $N_{min} = 637 \sqrt{(q_1 - \frac{1}{2})_{rm}} \quad (8)$

D ；円板直径 (m) R ；空間速度 (Q/L) 但し Q ；流入量、 I ；接触槽内実容積 式(8)に本設計値 $D = 2.04 \text{ (m)}$ $1/R = 0.5$ を代入すると $N_{min} = 125 \text{ rpm}$ したがって回転数は 2 rpm とする。

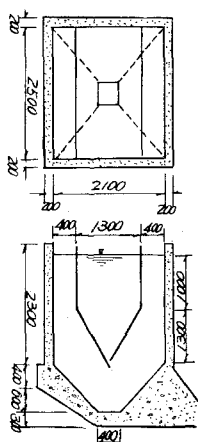


Fig-8

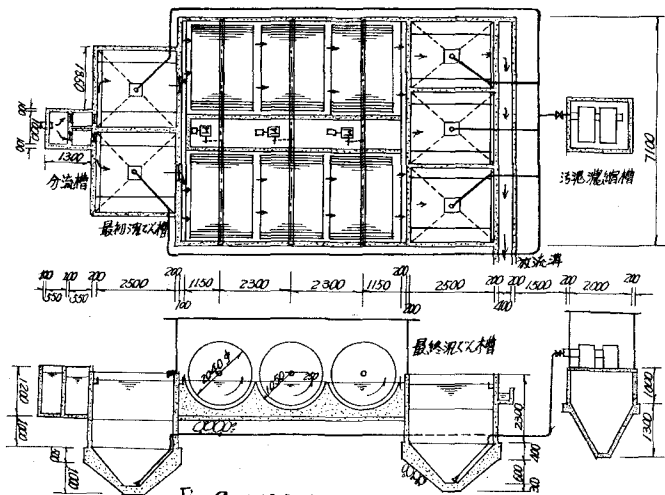


Fig-9 処理プラントの平面図および断面図

7. おわりに

甘蔗でん粉廃液の主体をなすものは蛋白と糖である。これは現在の段階では生物化学的な処理法によらねばならないが、その簡易処理法として T.T.K を用い、上述の成果を得た。しかし、この有機廃水の主体成分は蛋白、糖であるから、これを資源として回収する方向に将来は向うべきであり、その意味では T.T.K による“汚泥”、円板付着膜が、酵母あるいは蛋白菌体であり、有用な飼料源となり得るので、その方面の研究が待たれる。最後に本研究に対し、御指導、御協力を頂いた京大、岩井教授、北大神山教授、Stuttgart 工大 Popl 教授に謝意を表し、宮崎県工試との協同研究による成果であることを付記する。

参考文献 1) 神山, 井上, 高安; 馬鈴薯でん粉工場における廃水処理の問題と生物化学的処理実験, 用水と廃水 Vol. 3 No. 12, 1961

2) F. Popl; Stuttgart Bericht zur Siedlungswasserwirtschaft, 11 "Leistung Berechnung und von Tauchrohr körperanlagen" 1964, 11

3) 小林, 石黒; 甘蔗でん粉廃液による大洗川の水質汚濁について, 土木学会第 22 回衛生工学討論会論文集, 1965, 11

4) 石黒, 高畑, 中村; 回転円板接触法による甘蔗でん粉廃液処理について, 土木学会第 22 回年度研究講演会報告集, 1965, 5

5) 石黒, 大野, 都留; 甘蔗でん粉廃液処理に関する実験的研究, 土木学会西部支部 昭和 41 年度研究発表会報告集, 1967, 1

6) 石黒, 大野, 都留; 回転円板接触法による甘蔗でん粉廃液処理について, 土木学会第 22 回年度研究講演会報告集, 1967, 5

7) 石黒, 中村, 根代; 甘蔗でん粉廃液処理に関する実験的研究 (初報) 土木学会西部支部 昭和 42 年度研究発表会報告集 1968, 2