

汚泥の好気性消化に関する研究

川原 浩 土田 稔 遠藤 郁夫

(早稲田大学理工学部教授)

1 まえがき

水質汚濁問題は世論の高まりとともに、大きな社会問題としてとりあげられ、発生源に対する監視、規制は年ごとにきびしくなっている。

こうしたなかで、水処理技術、なかんずく工場排水の処理技術の研究開発も着実に進められているが、工場排水の複雑さもあって、かなりの問題点があげられる。とくに、排水処理方法は固液分離方法がとられているため、水処理によって発生する汚泥の処理、処分が、立地条件によっては、大きな問題になろうとしている。

たとえば、有機系の工場排水処理汚泥の処分によって、悪臭や地下水汚染が、無機系工場排水処理汚泥の処分によって、地下水や環境汚染あるいは土壌汚染などの問題が発生するおそれがある。

一般に、有機系汚泥の処理については、好気性消化法、嫌気性消化法があり、その後脱水、焼却という方法がとられている。

このなかで好気性消化法は、臭気が発生しない、処理施設の管理が比較的容易である、などの利点を有しながら、かわずかの研究報告はあるが、系統的な研究がなされていない。これは好気性消化法について、まだ、十分明らかにされていない点があるためと考えられる。

本報告は水産加工工場、乳製品工場、及び食肉加工工場を対象とし、排水処理汚泥について好気性消化法を中心として研究を行なったものである。

2 実験方法

本実験で使用した装置を図1に示した。エアレーションタンクは塩化ビニール製で容量6ℓのものを使用した。消化日数は5、10、15、20、30及び40日とし、毎日1回投入を行なった。生汚泥は水産加工、乳製品、及び食肉加工工場排水処理施設(活性汚泥処理法)からの余剰汚泥を用いた。その性質は表1のとおりである。

3 実験結果と考察

各消化日数のエアレーションタンク内の混合液のBODを図2に示した。水産、乳製品及び食肉加工工場排水処理施設からの各種余剰汚泥は、好気性消化では、BODの減少率からみて、少なくとも15日以上の消化滞留日数が必要であると思われる。また、表2に汚泥日令を示し

図1 エアレーションタンク

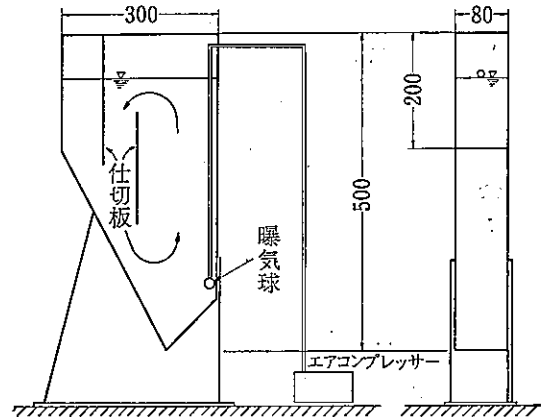


図2 混合液 BOD と消化日数

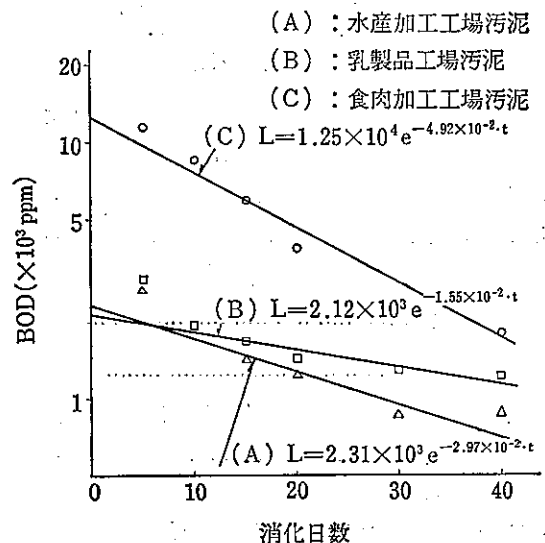


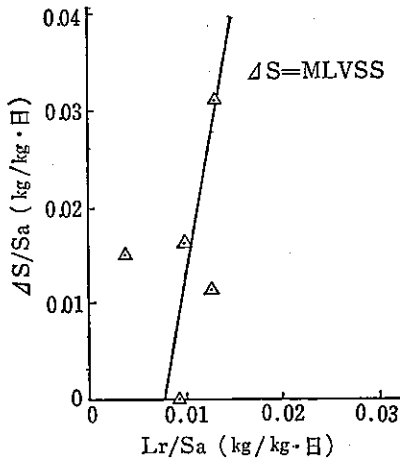
表1 生汚泥の性質

生汚泥の種類	pH	蒸発残留物(ppm)	強熱減量(ppm)	浮遊物質(ppm)	浮遊物質強熱減量(ppm)	COD(消)(ppm)	COD(吸)(ppm)	BOD(ppm)	NH ₄ -N(ppm)	NO ₂ ⁻ -N(ppm)	NO ₃ ⁻ -N(ppm)
水産加工工場の生汚泥	6.35	5,549	5,037	5,128	4,814	2,562	694	2,102	24.3	0	2.6
乳製品 "	6.2	14,092	11,950	13,394	11,708	7,736	1,610	2,660	30	0	—
食肉加工 "	6.29	20,258	18,261	19,227	17,621	8,228	3,411	11,907	244	0	15.3

表2 各種汚泥の好気性消化における汚泥日令

消化日数	水産	乳製品	食肉
5(日)	6.0	7	5.6
10	9.8	9.6	7.31
15	12.9	10.7	10.3
20	12.7	20.8	16.6
30	18.4	29.6	19.9
40	25.6	39.4	24.8

図3 除去されたBODとΔSの関係



た。図2と表2を照合すれば、汚泥のBODが減少して比較的安定した領域は、汚泥日令10日以上となる。また、混合液のBODと消化日数との間では、図2に見られるように単分子反応型の関係が認められた。したがって、反応速度係数(k)を(1)式によって求めた。

$$\frac{dL}{dt} = -kL \dots\dots\dots(1)$$

$$L = L_0 e^{-kt} \dots\dots\dots(2)$$

好気性消化における各種汚泥の反応速度係数は、食肉加工工場からのものが最も大きく、乳製品工場の場合の3倍に相当した。

エアレーションタンク内の好気性消化汚泥の変動量は

一般には活性汚泥の場合と同様(3)~(4)式で示されるが、図3に見られるように、全く(3)と(4)に適合しないことが認められる。これは、好気性消化におけるエアレーションタンク内のMLVSSが生物学的に非分解性物質の挙動に大きく左右されるからであろう。

$$\Delta s = aLr - b s_a \dots\dots\dots(3)$$

Δs: 1日当りの汚泥増減量 (MLVSSkg/kg・日)

a: 除去されたBODから合成されて活性汚泥となった部分

aLr: kg/kg・日

Lr: 1日に除去されたBOD

b: 細胞内呼吸の平均速度

s_a: タンク内の活性汚泥濃度

b s_a: kg/kg・日

$$\frac{\Delta s}{s_a} = \frac{a}{s_a} Lr - b \dots\dots\dots(4)$$

しかしながら、ΔsにMLSSを採用して、新たな解釈をすることによって、(3)、(4)式と同様に(5)、(6)式を考えることができる。すなわち

$$\Delta s = aL_0 - b s_a \dots\dots\dots(5)$$

Δs: MLSSの1日当りの汚泥の増量 (MLSS kg/kg・日)

a: 投入汚泥中の生物学的非分解性物質の割合

L₀: 投入生汚泥のBOD

aL₀: kg/kg・日

b: 細胞内呼吸の平均速度

S_a: タンク内の活性汚泥濃度

b s_a: kg/kg・日

$$\frac{\Delta s}{s_a} = \frac{a}{s_a} L_0 - b \dots\dots\dots(6)$$

となる。

(6)式を各々の場合に適用したものが図4である。

図5はエアレーションタンク内の混合液BOD除去率とS_atとの関係である。

図4 汚泥増量とBOD負荷

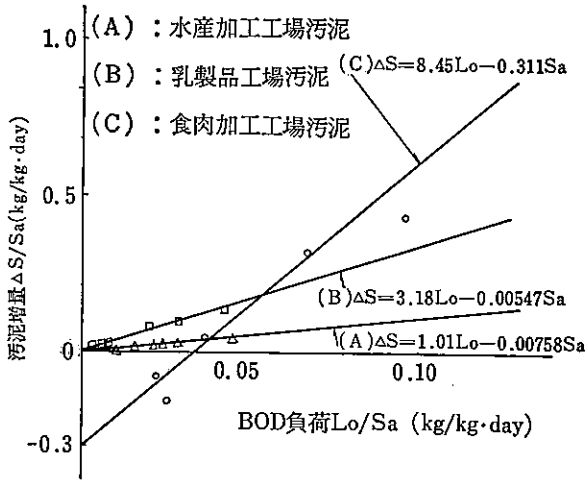
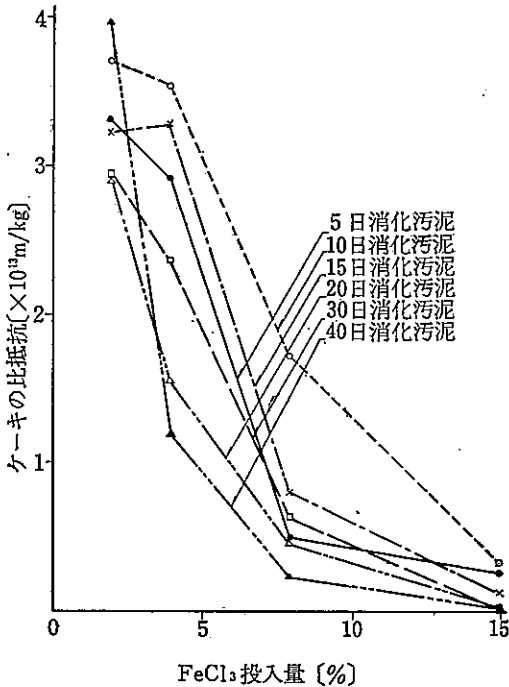


図6 好気性消化汚泥（食肉）の抵抗



ここで、 L はエアレーションタンク内の混合液 BOD (kg)であって、 L/L_0 が1.0より大きいことはエアレーションタンク内の混合液内に BOD が徐々に蓄積したことを示す。汚泥消化の見地よりすれば、嫌気性あるいは好気性を問わず濃縮性、脱水性、消化汚泥の臭気の問題を含め、総合の見地より、 $L/L_0 \leq 1$ であることが必要であ

図5 $sa \cdot t$ と L/L_0 の関係

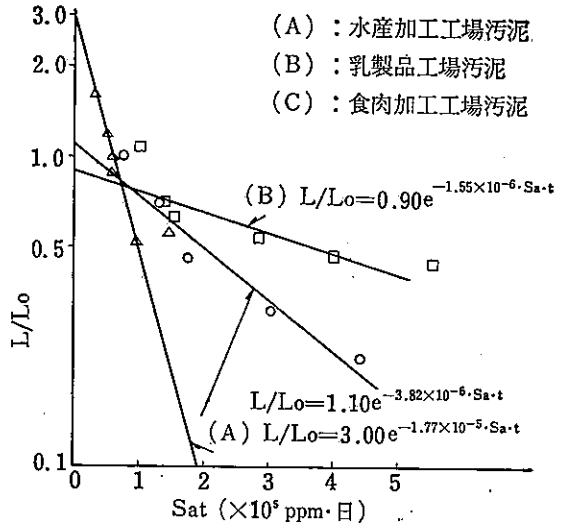
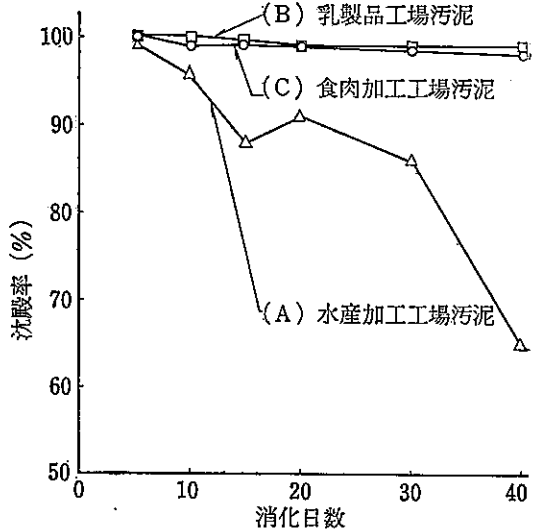


図7 沈殿率と消化日数



る。図5より $L/L_0=1.0$ における $sa \cdot t=6.25 \times 10^4 \text{ ppm}$ 日となる。 $sa=5,000 \sim 10,000 \text{ ppm}$ とすると、 $t=6.3 \sim 12.5$ 日となる。実際上からは15日の滞留日数があれば十分ではないかと考えられる。

エアレーションタンク内混合液を濃縮して、5倍の水水道水で水洗を行ない、スッチェによる真空脱水試験を行なった。水産加工工場汚泥は水洗だけで、あるいは乾燥固形物に対して $\text{FeCl}_3 0.5\%$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2 1\%$ の添加によって著しく脱水性を改善することが認められた。しかしながら食肉及び乳製品工場汚泥では、水洗だけで

は、ほとんど脱水が困難であった。図6は食肉加工工場の場合の好気性消化汚泥について、 $FeCl_3$ とケーキの比抵抗との関係を示したものである。凝集剤の添加量は乾燥固形物当り5~8%の範囲で消化汚泥の脱水性を著しく改善することができた。

水産、乳製品及び食肉加工工場からの活性汚泥の返送汚泥は多くの場合、脂肪が付着しているかあるいは含んでおり、きわめて沈殿性がわるく、5,000~6,000ppm以上濃縮することが非常に困難であった。このような汚泥について好気性消化を行なって沈降性を調べたのが図7である。好気性消化を行なっても、水産加工工場汚泥の場合若干沈降性が改善されたにすぎず、他の2つは全く固液分離ができなかった。

4 総括及び結論

水産加工工場、乳製品関係工場及び食肉加工工場の各排水処理施設からの余剰汚泥について、好気性消化法を適用し、処理検討を行なった。総括すると次のような結論が得られた。

(1) 水産、乳製品、及び食肉加工工場の排水処理施設からの余剰汚泥について好気性消化を行なう場合には、BOD除去率、汚泥増加量及び脱水性などから総合的に考慮すると消化日数は少なくとも150日以上が必要であ

る。

(2) 好気性消化法における汚泥増加量は次の一般式で表わすことができた。

$$\Delta s = aL_0 - bsa$$

① 水産加工工場

$$\Delta s = 1.01L_0 - 0.00758sa$$

② 乳製品工場

$$\Delta s = 3.18L_0 - 0.00547sa$$

③ 食肉加工工場

$$\Delta s = 8.45L_0 - 0.311sa$$

(3) エアレーションタンク内の混合液 BOD 除去率と $s_a \cdot t$ の関係を求めることができた。

① 水産加工工場

$$L/L_0 = 3.00e^{-1.77 \times 10^{-5} s_a \cdot t}$$

② 乳製品工場

$$L/L_0 = 0.90e^{-1.55 \times 10^{-6} s_a \cdot t}$$

③ 食肉加工工場

$$L/L_0 = 1.10e^{-3.82 \times 10^{-8} s_a \cdot t}$$

以上総括すると水産、乳製品、及び食肉加工工場排水処理施設からの余剰汚泥は好気性消化法で処理することができる。また、消化汚泥の増加量、及びエアレーションタンク内混合液 BOD 除去率と $s_a t$ の関係を確立し、基礎的設計諸元を求めることができた。