

ばっき式ラグーン法におけるBOD負荷の微小動物相および 処理水質への影響

誌名	日本獣医畜産大学研究報告 = The bulletin of the Nippon Veterinary and Zootechnical College
ISSN	03738361
著者	柿市, 徳英 福富, 友子 小林, 茂
巻/号	35号
掲載ページ	p. 104-109
発行年月	1986年12月

ばっ気式ラグーン法における BOD 負荷の 微小動物相および処理水質への影響

柿市徳英・福富友子・小林 茂・鎌田信一・内田和夫

日本獣医畜産大学 獣医衛生学教室

要 約 活性汚泥に対する BOD 容積負荷が微小動物相と処理水質にどのような影響を示すかについて検討したものである。

ばっ気式ラグーン法は豚糞を供試汚水として BOD 容積負荷 0.08, 0.30 および 0.90 kg/m³/day の 3 段階で運転した。また, 3 区ともに回分式の 5 日滞留とした。その結果, BOD 負荷が高いほど処理水質は悪化するとともに, 非活性汚泥性生物 (*Colpidium*, *Tetrahymena*, *Chlorella*, *Mastigamoeba*, *Bodo*) が優勢化した。処理水中に残存する生物数は BOD 負荷が高いほど多かった。さらに, 後生動物の出現は 0.90 kg/m³/day の負荷において全くなく, 汚泥の増殖も極端に高い値を示した。

以上より, ばっ気式ラグーン法の適正負荷は 0.3 kg/m³/day 附近と思われた。

キーワード: ばっ気式ラグーン, BOD 負荷, 微小動物相, 日獣畜大研報, 35, 104~109, 1986.

一般に活性汚泥法を含む好気性生物処理施設では維持管理の一手段として, 微小動物である原生動物や後生動物が観察され, その優勢種を調べることにより, 処理状況が判断される。

筆者らは豚舎汚水をばっ気式ラグーン法⁹⁾により処理した場合の微小動物相について調査してきた。その中で, 処理水質の悪化につながる生物は, 処理水中に残存する分散細菌, 比重の小さい原生動物および自由遊泳型の原生動物であるとの成績を得た^{7,8,9,10)}。一方, 活性汚泥法などの運転操作条件のうちで処理効率に影響を及ぼす因子として BOD 容積負荷がある。そこで, ばっ気式ラグーン法において, BOD 容積負荷がどのように影響するかについて, 微小動物相と処理水質を検討したので報告する。

実験材料および方法

1. 供試汚水

供試汚水は配合飼料給餌の繁殖豚の糞を水で 3 倍希

Table 1. Analysis of waste samples

	pH	BODmg/l	CODmg/l
Run-1	6.7	415	246
Run-2	6.5	1,540	655
Run-3	6.4	4,650	2,130

釈し, ミキサー攪拌後, 32 メッシュ¹⁾ 通過したものを目的濃度に希釈して作製した。その性状は Table 1 に示すとおりである。

2. 活性汚泥

供試活性汚泥は前報⁸⁾と同様に発生馴養したばっ気式ラグーン汚泥である。

3. 実験装置

実験装置は前報⁸⁾と同様な有効容積 20 l のばっ気式ラグーン装置を 3 槽使用した。

4. 運転条件および方法

運転条件は Table 2 に示すとおりである。

実験区は BOD 容積負荷 0.08, 0.30 および 0.90 kg/m³/day で運転する区を設け, 各名称を実験区の 1, 2 および 3 とした。また, 3 区ともに回分式の 5 日滞留とした。

5. 水質および汚泥の試験方法

BOD, COD および汚泥沈殿率 (SV) の測定は下水試験方法¹³⁾によった。処理水の透視度は日立 100-10 型分光光度計を使用し波長 600 nm における吸光度 (OD) を測定した¹⁾。

6. 原生動物および後生動物の検査方法

エアレーションタンク混合液の 10 ml を中試験管に採取し, 30 分間沈殿後の汚泥の 0.1 ml をプランクトン計算盤上にとり, カバーガラス (36×24 mm) を載せ, 鏡

Table 2. Operating conditions

	Run-1	Run-2	Run-3
BOD volume loading (kg/m ³ /day)	0.08	0.30	0.90
BOD MLSS loading (kg/sskg/day)	0.03	0.10	0.30
Detention time (days)	5	5	5
Aeration time (hours)	22	22	22
Settling time (hours)	2	2	2
Water temperature (°C)	20±1	20±1	20±1

検計数し、沈殿汚泥 1 ml 当りの生物数に換算した。また、上清(処理水)についても同様に 0.1 ml をとって測定した。

実験成績

1. 処理水の COD および OD 値の比較

処理水の COD 値は Table 3 に示す如く負荷の高いほど高い値を示し、各実験区間に有意差 (p<0.01) を認めた。OD 値については実験区 1 と 3 および 2 と 3 の間にそれぞれ有意差 (p<0.01) を認めた。

2. 汚泥沈殿率の変遷

汚泥沈殿率 (SV) の変遷を Fig. 1 に示す如く調べた

Table 3. Values of COD and OD

	Run-1	Run-2	Run-3
COD	15.04 ± 1.89*	23.48 ± 3.77	77.00 ± 13.24
OD	0.034 ± 0.03	0.05 ± 0.04	0.34 ± 0.13

*: M±SD

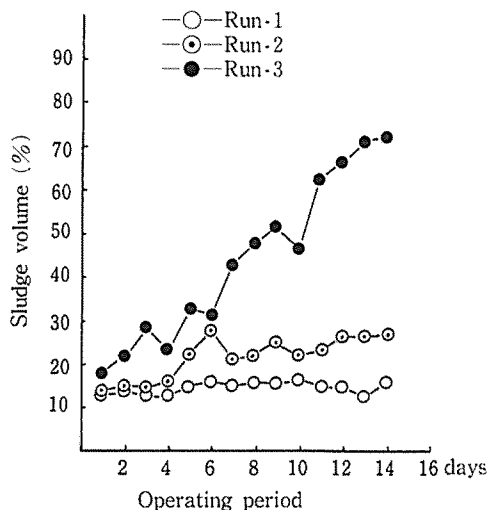


Fig. 1. Changes of sludge volume.

ところ、実験区 1 では常に初期の値すなわち 13% を示し、汚泥の増加を認めなかった。実験区 2 では 16 日間約 15% の増加であったが、実験区 3 においては約 57% の増加が認められた。

3. 微小動物の出現率と平均個体数の比較

微小動物の出現率と平均個体数は Table 4 および 5 に示した。

繊毛虫類の優勢種を比較すると実験区 1 および 2 ともに *Aspidisca* が優勢であり、その出現率は 100% で平均個体数 10⁴ 個/ml であった。しかし、実験区 3 においては *Aspidisca* の出現率および平均個体数はそれぞれ 43% および 3×10³ 個/ml となり前 2 区に比べ小さい値であった。*Vorticella* および *Carchesium* の出現率は実験区 1 と 2 ともにそれぞれ 100% および 71% であったが、実験区 3 ではそれぞれ 86% および 43% と前 2 区に比べ若干劣っていた。また、自由遊泳型の繊毛虫の *Colpidium* および *Tetrahymena* は実験区 3 が最も高い出現率および個体数を認めた。

鞭毛虫類の合計を比較すると実験区 1, 2 および 3 の各個体数はそれぞれ 5.7×10², 2.1×10⁴ および 4.1×10⁵ 個/ml となり最も負荷の高い実験区 3 で最も高い個体数を認めた。

肉質虫類については、大型の有殻アメーバである *Centroplexis* の出現率および個体数が実験区 3 で最も劣っていた。また、小型の有殻アメーバの *Trinema* でも同様に実験区 3 が最も劣っていた。

後生動物は実験区 1 で 4 属、実験区 2 で 3 属が出現したものの実験区 3 では全く出現しなかった。

4. 処理水中の原生動物数と処理水の OD 値との関係
処理水中に残在した原生物数を常用対数値に換算したものと処理水の 600 nm における OD 値との関係を示したのが Fig. 2 である。

処理水の OD 値が 0.1 を超えると処理水中に残存する生物数は 10³ 個/ml 以上であった。また、処理水中に残存する生物数は実験区 3 が最も多かった。

Table 4. Number of organisms and rate of appearance

	No. of organisms/ml		
	Run-1	Run-2	Run-3
<i>CILIOPHORA</i>	21,990(100)*	21,560(100)	9,710(100)
<i>Aspidisca</i>	17,960(100)	13,100(100)	3,270(43)
<i>Vorticella</i>	3,280(100)	310(100)	1,110(86)
<i>Carchesium</i>	4,340(71)	10,160(71)	2,430(43)
<i>Trachelophyllum</i>	400(71)	620(86)	140(14)
<i>Trachelocerca</i>	175(57)	—	140(14)
<i>Euplotes</i>	140(14)	140(28)	10,800(14)
<i>Oxytricha</i>	—	140(28)	2,720(43)
<i>Glaucoma</i>	420(43)	260(71)	760(86)
<i>Cyclidium</i>	—	260(71)	—
<i>Colpidium</i>	—	430(14)	3,790(57)
<i>Tetrahymena</i>	—	—	5,840(57)
<i>MASTIGOPHORA</i>	570(100)	21,320(100)	408,000(100)
<i>Chlamydomonas</i>	140(14)	3,130(43)	970(86)
<i>Chlo murina</i>	260(86)	15,900(86)	313,300(100)
<i>Heterochlo murina</i>	—	—	12,960(14)
<i>Monas</i>	—	720(14)	280(28)
<i>Synura</i>	280(14)	5,530(43)	1,400(57)
<i>Mastigamoeba</i>	140(14)	1,520(86)	6,040(100)
<i>Bodo</i>	260(100)	2,570(100)	99,600(86)

*: In parentheses is shown the rate of appearance.

Table 5. Number of organisms and rate of appearance

	No. of organisms/ml		
	Run/1	Run-2	Run-3
<i>SARCODINA</i>	13,620(100)*	9,490(100)	6,950(100)
<i>Amoeba</i>	1,090(100)	1,400(86)	3,910(100)
<i>Centropyxis</i>	2,200(100)	2,150(100)	900(71)
<i>Arcella</i>	250(57)	140(14)	190(43)
<i>Diffugia</i>	140(14)	220(28)	140(14)
<i>Euglypha</i>	6,100(100)	4,490(100)	1,640(100)
<i>Trinema</i>	4,010(100)	1,550(100)	1,140(57)
<i>METAZOA</i>	490(100)	360(86)	—
<i>Macrobotus</i>	180(57)	430(14)	—
<i>Aeolosoma</i>	190(43)	180(57)	—
<i>Colurella</i>	250(100)	220(28)	—
<i>Philodina</i>	420(43)	—	—

*: In parentheses is shown the rate of appearance.

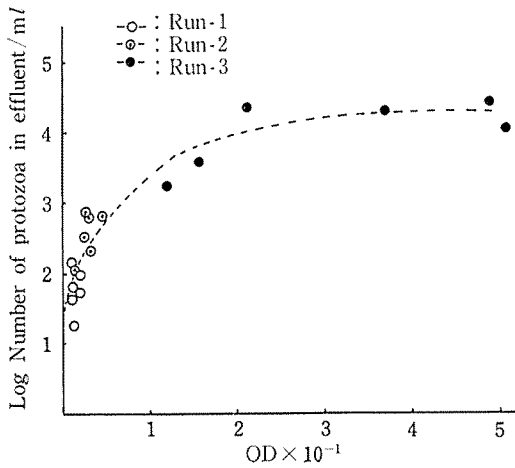


Fig. 2. Relationship between OD and protozoa in effluent.

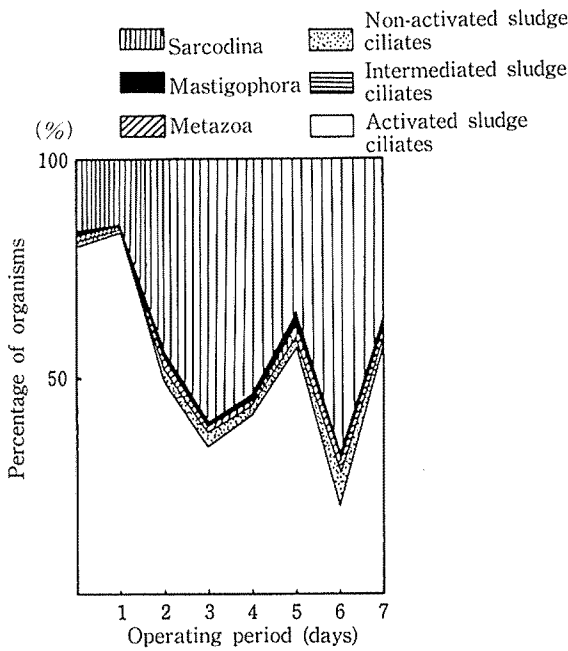


Fig. 3. Composition of organisms in run-1.

5. 各実験区における微小動物の構成比の変遷

実験区 1, 2 および 3 の微小動物の構成比はそれぞれ Fig. 3, 4 および 5 に示した。ただし, その構成比は肉質虫類, 鞭毛虫類, 後生動物, 活性汚泥性繊毛虫, 中間汚泥性繊毛虫および非活性汚泥性繊毛虫の計 6 グループとして表わした。

実験区 1 では肉質虫類と活性汚泥性繊毛虫が常に90%を占めていた。実験区 2 では2~4日目の間に鞭毛虫類が50%以上の出現を認めたもののそれ以降では実験区

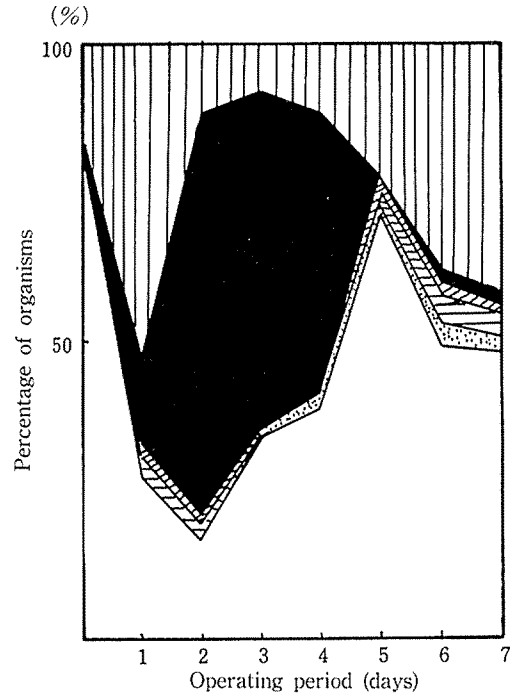


Fig. 4. Composition of organisms in run-2.

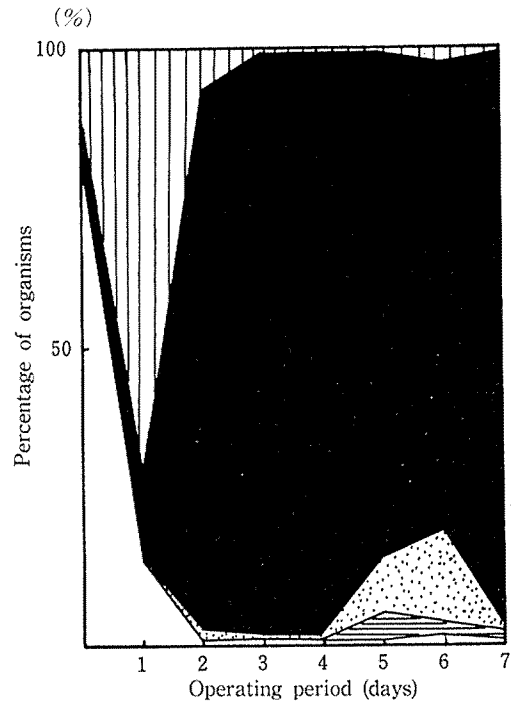


Fig. 5. Composition of organisms in run-3.

1 とほぼ同様に肉質虫類と活性汚泥性繊毛虫が優勢であった。一方、実験区 3 は 2 日目以降に鞭毛類が 90% を占めるとともに 5~6 日目には非活性汚泥性繊毛虫が 10~15% を示した。

考 察

活性汚泥中の微小動物相は種々の運転操作条件により影響を受ける。例えば、攪拌強度や滞留時間などの物理学的条件、流入汚水の化学的条件あるいは、これら物理化学的条件に基づく細菌叢などの生物学的条件が挙げられる^{3,4,11,12,14)}。

著者らは既に処理水中の残存細菌数と処理水質^{8,9)}あるいは残存原生動物数と処理水質^{7,10)}との各関係を調査し報告した。今回はばっ気式ラグーン法により豚糞を処理した場合の BOD 負荷と微小動物相について検討を試みた。

処理水の COD 値は負荷の高い程悪化する傾向が認められ、透視度 (OD 値) においても同様であった。特に、BOD 負荷 0.9 kg/m³/day の条件での COD 値および OD 値はそれぞれ平均 77 mg/l および 0.34 となり、例えば東京都条例での COD 規制値の最大 80 mg/l、日間平均 60 mg/l を超える危険性がある。しかし、0.08 および 0.3 kg/m³/day の両区における COD 値はそれぞれ平均 15 および 23 mg/l で前述の規制を十分に満足した。次に、負荷と汚泥増殖との関係を調べたところ、当然ながら負荷の高いほど増殖量も多いが、BOD 負荷 0.9 kg/m³/day では他の 2 区に比べ極度に高い増殖を示し、その 16 日間の汚泥沈殿率の増加は 57% であった。すなわち、高負荷では汚泥の引き抜き作業を考慮すると、前述した COD 値を含め、適切な負荷限界は 0.3 kg/m³/day 前後と思われた。この汚泥増殖は一般に細菌の増殖曲線から説明される。負荷が高く、滞留時間が短いと対数増殖相から減衰増殖相となり、汚泥は急速に増加する。しかし、負荷が低く、滞留時間が長いと内生呼吸相 (自己酸化相) となり、汚泥増殖は極度に小さくなるといわれる⁶⁾。以上の如く、0.08 および 0.3 kg/m³/day の負荷では内生呼吸相における運転となるために汚泥増殖が少なかったのであろうと考えられた。また、後生動物は汚泥を捕食するために汚泥増殖の抑制に役立つといわれる¹⁶⁾。Table 5 に示す如く負荷が高い方が後生動物の出現は少なく、BOD 負荷 0.9 kg/m³/day では全く後生動物が出現しなかった。このことも極端に高い汚泥増殖の一因と考えられた。

一方、負荷と原生動物相との関係について調べたところ、Table 4 に示す如く、繊毛虫類のうち、活性汚泥性

繊毛虫に区分される *Aspidisca*, *Vorticella*, *Carchesium* の 3 属は 0.08 および 0.3 kg/m³/day の両区間に大きな差は認めなかったが、0.9 kg/m³/day の高負荷では他の 2 区に比べ少数であった。鞭毛虫類については負荷が高いほど多数出現し、その平均出現個体数は BOD 負荷 0.08, 0.3 および 0.9 kg/m³/day のそれぞれで 5.7 × 10², 2.1 × 10⁴ および 4.1 × 10⁵ 個/ml であり、Fig. 3, 4 および 5 でも明らかにした。このことは BOD 負荷が高いと、汚泥の分散に伴い、それを捕食しやすい生物である速く泳ぐ自由泳遊型の原生動物の出現に有利となる結果と推察される。すなわち、Curds ら³⁾、須藤¹⁵⁾、盛下¹²⁾の報告と一致した。

処理水質と微小動物相との関係は Fig. 2 に示す如く、負荷の高い程、処理水の OD 値と処理水中に残存する原生動物数が高い傾向を認めた。このことは、著者らが調査した処理水中の大腸菌群数や一般細菌数と処理水質との関係^{8,9)}、処理水中に残存する微小動物と処理水質との関係^{7,10)}、あるいは Curds ら¹²⁾、須藤¹⁵⁾らの報告に一致するとともに、非活性汚泥性の生物群の出現を抑制するには負荷を適切にコントロールすべきであろうと思われた。

以上より、BOD 容積負荷が高いほど、非活性汚泥性生物が優勢化し、処理水質が悪化するとともに、後生動物が出現しなくなり、余剰汚泥の増加も高くなることが明らかとなった。また、ばっ気式ラグーン法に対する適切な BOD 負荷は 0.3 kg/m³/day 附近が限界と考えられた。

文 献

- 1) CURDS, C. R., COCKBURN, A. and VANDYKE, J. M. (1968). An experimental study of the role of the ciliated protozoa in the activated-sludge process, *Wat. Pollut. Control*, **67**, 312-329.
- 2) CURDS, C. R. and FEY, G. J. (1969). The effect of ciliated protozoa on the fate of *Escherichia coli* in the activated-sludge process, *Water Research*, **3**, 853-867.
- 3) CURDS, C. R. and COCKBURN, A. (1970). Protozoa in biological sewage-treatment processes-I. A survey of the protozoan fauna of british percolating filters and activated-sludge plants, *Water Research*, **4**, 225-236.
- 4) CURDS, C. R. and COCKBURN, A. (1970). Protozoa in biological sewage-treatment processes-II. Protozoa as indicators in the activated-sludge process, **4**, 237-249.
- 5) CURDS, C. R. (1973). The role of protozoa in the activated-sludge process, *Amer. Zool.*, **13**,

- 161-169.
- 6) ECKENFELDER, JR. W. W. (1976). 廃水の生物学的処理, 生物学的酸化の原理, 岩井重久訳, 13~75, コロナ社, 東京.
- 7) KAKI-ICHI, N., KAMATA, S., KOBAYASHI, S., UCHIDA, K. and IMAI, S. (1983). Characteristics of the fauna of protozoa and metazoa in aerated lagoon. Proc. The Vth World Conference on Animal Production, 2, 839-840.
- 8) 柿市徳英・鎌田信一・小林 茂・内田和夫 (1984). ばっ気式ラグーンによる家畜ふん尿処理に関する研究, 風量の相違による大腸菌群と一般細菌の除去特性, 日獣畜大研報, 33, 112~117.
- 9) 柿市徳英・鎌田信一・小林 茂・内田和夫 (1984). ばっ気式ラグーン実験装置による豚糞処理での大腸菌群と一般細菌の除去特性について, 日畜会報, 55 (12), 940~946.
- 10) 柿市徳英・小林 茂・鎌田信一・内田和夫 (1985). 回分式活性汚泥法による豚糞処理での原生動物の処理水質への影響, 日獣畜大研報, 34, 88~93.
- 11) MCKINNEY, R. E. and GRAM, A. (1946) Protozoa and activated sludge, Sewage and Industrial Wastes, 28, 1219-1231.
- 12) 盛下 勇 (1971). 活性汚泥棲原生動物の生態学的研究, 原生動物群集の挙動 (その2), 用水と廃水, 13, 440~448.
- 13) 日本下水道協会 (1984). 下水試験方法, 東京, 87~296.
- 14) 須藤隆一, 大越芳男 (1964). 活性汚泥生物の季節的变化, 水処理技術, 5 (2), 43~49.
- 15) SUDO, R. and AIBA, S. (1970) A relationship between the sedimentation rate of activated sludge and the quality of effluent, J. Ferment. Technol., 48 (6), 342-349.
- 16) 須藤隆一・稲森悠平 (1983). 生物相からみた処理機能の診断, 250~269, 産業用水調査会, 東京.

Effect of the Fauna of Protozoa and Metazoa and the Effluent Qualities on BOD Volume Loading in Aerated Lagoon

Norihide KAKI-ICHI, Tomoko FUKUTOMI, Shigeru KOBAYASHI,
Shin-ichi KAMATA and KAZUO UCHIDA

Department of Veterinary Hygiene,
Nippon Veterinary and Zootechnical College

ABSTRACT

A study was carried out on the effect of the BOD volume loading to the fauna of protozoa and metazoa and the effluent qualities. Three aerated lagoons were operated in 0.08, 0.30 and 0.90 kg/m³/day of the BOD volume loading. In every apparatus, the batch experimental method was performed. The detention time used was 5 days. The results obtained were as follows.

1. According as higher BOD volume loading, the effluent qualities became worse and the number of non-activated sludge organisms increased.
2. The higher BOD volume loading, the more survival level of protozoa in the effluent.
3. In 0.90 kg/m³/day of the BOD volume loading, sludge accumulation was apparently high and no metazoa was observed.

In conclusion, the suitable BOD volume loading of aerated lagoon was presumed to be in the neighborhood 0.30 kg/m³/day.

Key words: Aerated lagoon, BOD loading, Protozoa and metazoa.

Bull. Nippon Vet. Zootech. Coll., No. 35, 104~109, 1986.