衛生化学
EISEI KAGAKU
25 (1) 19-23 (1979)

し尿処理に関する研究 (第10報¹⁾) し尿消化脱離液の活性汚泥による処理効果²⁾

石川哲也, 小瀬洋喜, 佐藤孝彦

岐阜薬科大学³⁾

Studies on the Treatment of Night Soil. X.¹⁾ Treatment Effects of Digested Night Soil by Activated Sludge²⁾

TETSUYA ISHIKAWA, YOUKI OSE and TAKAHIKO SATO

Gifu College of Pharmacy³⁾

(Received June 5, 1978)

Digested night soil was treated with activated sludge and changes in the components were examined. In the actual plant, the BOD values decreased by the treatment, but the COD, protein, and carbohydrate contents did not. In the batch examination, oxygen uptake decreased but TOD and TOC values scarcely decreased, and COD values rather increased by the examination. From this evidence, it was assumed that the increase of COD values will be due to the presence of non-biodegraded substances and to the increase of the carbohydrate and non-carbon substances, especially NO₂-nitrogen and self-digested substances of the sludge.

Keywords—activated sludge; treatment; digested night soil; non-biodegraded components; COD; carbohydrate; protein; TOD; TOC; oxygen uptake

は し が き

し尿処理法には各種の方式があるが、一次処理としての嫌気性分解をした後、その脱離液を希釈し、二次処理として活性汚泥処理する方式が一般に行なわれている。

し尿消化脱離液の活性汚泥処理に関する研究は武藤ら⁴⁾の研究にはじまり、2, 3の研究^{5, 6)}があるが、施設の普及にもかかわらず、除去メカニズムはほとんど明らかにされていないので、著者らはし尿の消化脱離液の活性汚泥処理による浄化機構を解明するため処理過程の物質収支を知ることが目的として本研究を行なった。

実験材料および実験方法

1. 処理施設 岐阜市・羽島郡組合立衛生センター
し尿処理場：汲取りし尿 100 kl/day の処理能力を有し、3 槽 (直列) からなる嫌気性消化槽で消化処理後、消化

脱離液を20倍希釈し、8時間活性汚泥処理をして放流している。活性汚泥槽の BOD-MLSS 負荷は約 0.2 kg-BOD/kg-MLSS である。

2. 実験材料 1) 処理施設の処理効果測定——流入水：消化脱離液を20倍希釈後活性汚泥槽へ流入する入口で採取した。

放流水：沈殿槽通過後塩素滅菌前で採取した。

採取した試料は氷冷し、実験室へ持ち帰り、13000×g で15分間遠心分離した上澄液を検体とした。

2) 消化脱離液の活性汚泥処理実験——① 活性汚泥：活性汚泥は曝気槽中間地点で採取し、一昼夜基質を与えずに曝気して用いた。

② 基質：消化脱離液を pH 7.2, リン酸緩衝液 (K₂HPO₄ 0.2175 g + Na₂HPO₄·2H₂O 0.446 g/l) で約 7.5

1) 第9報：石川哲也, 小瀬洋喜, 佐藤孝彦, 衛生化学, **24**, 235 (1978).

2) 第32回日本公衆衛生学会総会, 広島, 1973年10月, 一部発表.

3) Location: 5-6-1 Mitahorahigashi, Gifu (岐阜市三田洞東5-6-1).

4) 武藤暢夫, 矢込堅太郎, 林 秀, 角本義明, 井出哲夫, 遠矢泰典, 神奈川県衛研年報, **8**, 99 (1958).

5) 矢込堅太郎, 大野 茂, 神奈川県衛研年報, **10**, 56 (1960).

6) 本多淳裕, 井上善介, 近藤 潔, 水処理技術, **6**, 37 (1965).

倍希釈した液を基質とした。

3. 消化脱離液の活性汚泥処理実験法 10 l の活性汚泥を曝気を止めて1時間静置後、上澄液約5 l を捨て、捨てた量と同量の基質を加え充分攪拌後、直ちに試料を採取する。これを0時間とし、以後空気量4 l/min で曝気しながら8時間まで経時的に、また、24時間後に採取し、これを試料とした。

採取試料の30分間静置上澄液 (SV 上澄と略称する) および 800×g, 15分間遠心分離した上澄液 (遠心上澄と略称する) を検体とした。

実験中、曝気液の pH は7付近であった。

4. 測定項目と測定方法 ① SV——100 ml のメスシリンダーで測定。

② MLSS——ろ紙法。

③ COD ($K_2Cr_2O_7$ 法)——JIS K 0102-1971年版。

④ COD ($KMnO_4$ 法)——JIS K 0102-1971年版。

⑤ TOC——東芝ベックマン製。

⑥ TOD——湯浅電池KK製。

⑦ 蛋白質——採取液をそのまま銅—フォリン法⁷⁾により測定し、卵白アルブミン等量に換算した。

⑧ 炭水化物——フェノール硫酸法⁷⁾により定量し、glucose 当量に換算した。なお、亜硝酸の妨害を除くため、0.2% スルファミン酸 1 ml を添加し、100° の水浴中に10—15秒間入れ加温した。

⑨ 亜硝酸性窒素——スルファミン・ナフチルエチレンジアミンによる定量法⁸⁾。

⑩ 酸素吸収量——ワールブルグ検圧計を用い、主室に遠心活性汚泥をリン酸緩衝液 (pH 7.2) に懸濁した液 1.5 ml, 側室には基質 0.5 ml, 副室には 20% KOH 0.3 ml をセットした。恒温槽温度は 25° とした。基質のかわりに蒸留水 0.5 ml 加え同様にセットし内生呼吸を測定した。基質としては batch 法による遠心および SV 上澄液, NO_2 溶液を用いた。酸素吸収量はその増加割合が急に減少する点を内生呼吸への変換点とし、その点の酸素吸収量より内生呼吸を引いて表わした。

⑪ Sephadex G-25 によるゲルろ過パターン——採取試料を 40° 以下で5倍濃度に減圧濃縮し、濃縮液を東洋ろ紙 No.2 でろ過し、ろ液 5 ml につきゲルろ過を行った。溶出液は蒸留水を用い、カラム 2.5 cm×80 cm, 流速 0.5 ml/min 流出液は 7 ml ずつ分取し、10 mm 厚のセルを用い 280 nm における吸光度を測定した。

実験結果

1. し尿処理施設の処理効果

各処理過程ごとに採取した試料を 13000×g, 15分間遠心分離した上澄液の水質の平均値 (2—3 回) を Table I に示す。

TABLE I. Water Quality of Each Treatment Tank (Mean Value)

	Digested night soil	Influent	Effluent
COD _{Cr}	3510	112	110
COD _{Mn}	1147	47	54
BOD	763	30	8
Protein	2548	121	119
Carbohydrate	984	179	170

n=2-3

Fig. 1. Elution Diagram of Influent and Effluent from Activated Sludge Treatment Tank on Sephadex G-25

Solvent: distilled water.
Bed dimension: 2.5×80 cm.
Flow rate: 0.5 ml/min.
—: OD₂₈₀.
.....: carbohydrate.

7) 赤堀四郎, 舟橋三郎編, “実験化学講座23巻, 生物化学 I,” 第3版, 日本化学会編, 丸善, 東京, 1968.

8) 日本薬学会編, “衛生試験法注解,” 1973年版, 金原出版, 東京, 1973, p.705.

活性汚泥処理によって遠心上澄液中の可溶性成分のうち BOD は減少し、除去率 73% であったが、 COD_{Cr} 、 COD_{Mn} 、炭水化物、蛋白質はいずれも活性汚泥処理により減少はほとんどなかった。

活性汚泥槽への流入水、放流水を濃縮後 Sephadex G-25 でゲルろ過し、 OD_{280} 、炭水化物を測定した溶出パターンを Fig. 1 に示す。

流入水の溶出曲線では、高分子部分の 189 ml 付近に 0.068, 224 ml 付近に 0.102 と 2 つのピークが存在し、低分子部分は 385 ml 付近に 2.03 のピークを認めた。放流水においては高分子第 2 ピークは 0.10 とほとんど変化はなかったが高分子第 1 ピークが増加し、また低分子部分のピークも増大した。し尿の着色成分は主に低分子部分に溶出し、活性汚泥によって除去され難いことが認められた。高分子第 1 ピークの増大は SS の可溶化または汚泥の自己消化を推定させる。

炭水化物の溶出曲線は流入水に比し、放流水の低分子部分の増大が認められた。

$\text{NO}_2\text{-N}$ の測定結果を Fig. 2 に示す。

$\text{NO}_2\text{-N}$ は流入水中にはほとんど検出されなかったが、曝気槽では平均 10 ppm と増加し、放流水中では平均 4 ppm 存在していた。

図には示さなかったが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の酸素吸収量は 12.5—100 ppm の範囲では内生呼吸との差は認められなかったが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 12.5 ppm は COD_{Mn} として 14.7 ppm を

Fig. 2. Changes of $\text{NO}_2\text{-N}$ in Each Treatment Tank in Night Soil Treatment Plant (Mean of 7 Samples)

示した。

2. 消化脱離液の活性汚泥実験

し尿処理施設で認めた現象を確かめるため、batch 実験を行ない、活性汚泥処理による水質の経時変化を測定した。

1) SV, MLSS 測定結果を Fig. 3 に示す。

SV は実験期間中 32—43% で変化は認められなかった。MLSS は 4—5 時間目まで漸増した後減少したが 8 時間までは 2700—2800 ppm で汚泥の状態は良好であった。24 時間目では 2500 ppm に減少したが汚泥の状態に変化はなかった。

2) COD 測定結果を Fig. 4 に示す。

0 時間目の COD_{Cr} は SV 上澄 265 ppm, 遠心上澄 238 ppm であったが、3—4 時間目からともに増加しはじめ、8 時間後にはそれぞれ 296 ppm, 275 ppm となり、活性汚泥槽での 8 時間処理により COD が増大することを認めた。この値は 24 時間後もほぼ同様であり、SV 上澄と遠心上澄との差は 20 ppm 程度であった。 COD_{Mn} は COD_{Cr} より約 100 ppm 低く、ほぼ同じ傾向を示している。

3) TOC 測定結果を Fig. 5 に示す。

SV 上澄での TOC は減少傾向を示しており、COD 値の増大は炭素化合物以外のものが原因であると考えられる。遠心上澄では 6 時間目までは TOC と COD は同様な傾向を示したのち TOC は減少している。TOC 除去率は 6—8 時間目においても低く、値も変動した。特に遠心上澄は 24 時間目でも除去率は 25% と低く、可溶性有機炭素が除去されていないことが認められる。

Fig. 3. Time Course of Sludge Volume and Mixed Liquor Suspended Solids

Digested night soil was treated by activated sludge.

—△—: SV, —○—: MLSS.

Fig. 4. Time Course of COD_{Mn} and COD_{Cr}

Digested night soil was treated by activated sludge.

- : COD_{Cr} } supernatant of treated water, standing for 30 min.
- : COD_{Mn} } supernatant of treated water, standing for 30 min.
- △—: COD_{Cr} } supernatant of treated water, centrifuged at 800×g.
- ▲—: COD_{Mn} } supernatant of treated water, centrifuged at 800×g.

Fig. 5. Time Course of Total Organic Carbon

Digested night soil was treated by activated sludge.

- : supernatant of treated water, standing for 30 min.
- △—: supernatant of treated water, centrifuged at 800×g.

4) 炭水化物 測定結果を Fig. 6 に示す。

炭水化物は活性汚泥処理により SV 上澄では 0 時間目 399 ppm であったが、2 時間後から増加し始め、以後経

時的に増大し、8 時間目に 939 ppm を示した。遠心上澄では 0 時間目 170 ppm であったが、経時的に増加を示し、8 時間目 716 ppm に至った。24 時間後には遠心上澄は 8 時間後とほぼ同じであったが、SV 上澄では 8 時間後に比べて減少し、遠心上澄に類似した値となった。

5) 蛋白質 測定結果を Fig. 7 に示す。

Fig. 6. Time Course of Carbohydrate

Digested night soil was treated by activated sludge.

- : supernatant of treated water, standing for 30 min.
- △—: supernatant of treated water, centrifuged at 800×g.

Fig. 7. Time Course of Protein

Digested night soil was treated by activated sludge.

- : supernatant of treated water, standing for 30 min.
- △—: supernatant of treated water, centrifuged at 800×g.

蛋白質の変動は SV 上澄、遠心上澄とも 3-5 時間後にはやや増加傾向を示したのち減少し、6 時間以後はほぼ同じレベルの残存を示し、約 82% であった。

6) 酸素吸収量 測定結果を Fig. 8 に示す。

0 時間目に SV 上澄 95 μ l, 遠心上澄 116 μ l であった

Fig. 8. Time Course of Oxygen Uptake

Digested night soil was treated by activated sludge.

- : supernatant of treated water, standing for 30 min.
- △—: supernatant of treated water, centrifuged at 800 $\times$ g.

Fig. 9. Time Course of Total Oxygen Demand

Digested night soil was treated by activated sludge.

- : supernatant of treated water, standing for 30 min.
- △—: supernatant of treated water, centrifuged at 800 $\times$ g.

酸素吸収量は処理時間とともに減少し、SV 上澄では 8 時間目に 17 μ l となり、0 時間の値に比べ約 20% にまで減少しているが、遠心上澄では 60 μ l で約 50% の減少にとどまった。

7) TOD 測定結果を Fig. 9 に示す。

0 時間目に SV 上澄 585 ppm, 遠心上澄 550 ppm であった TOD は SV 上澄、遠心上澄とも同様なパターンで経時的に減少し、8 時間後にはいずれも 0 時間目の約 58% になり、この値は 24 時間後もほぼ同じであった。

考 察

し尿の消化脱離液を活性汚泥法によって処理すると BOD の低下は著しいが、COD はほとんど減少せず、蛋白質、炭水化物についても同様であることを処理施設の実態から認めた。そこでその詳細を知るために実験室的に検討を行なった結果 6-8 時間で SV 上澄、遠心上澄とも TOD 値で表わされる被酸化性物質は約 40% 程度の低下を示すことを認めた。酸素吸収量は遠心上澄で約 45%, SV 上澄で約 75% の減少を認め、生物化学的に不安定な物質は活性汚泥処理によって安定化し、処理施設における BOD 除去の大きいことと一致した。TOC の減少は SV 上澄で約 30% であり、有機性炭素除去にそれほど大きな役割を果していないことが認められた。COD は 4 時間目まで変動が少なく、以後増大の傾向を示していた。

COD 増大の原因としては NO₂-N などの非炭素系化合物が一因として考えられる。また 4 時間目頃より MLSS の減少傾向が認められるとともにゲルろ過パターン的高分子第 1 ピークが増大していることより SS の可溶化や自己消化も一因と考えられる。さらに炭水化物が処理時間とともに増加しており、炭水化物と COD の相関が SV 上澄の炭水化物-COD_{Cr}, 炭水化物-COD_{Mn}, 遠心上澄の炭水化物-COD_{Cr}, 炭水化物-COD_{Mn} においてそれぞれ相関係数 0.7776, 0.8066, 0.8423, 0.8203 であり、いずれも危険率 5% で有意であることより、炭水化物も COD 増加原因物質として関与していることを認めた。

結 論

し尿の消化脱離液を活性汚泥処理し、成分変化を検討した。実際のプラントでは生物学的に分解され易い物質は減少するが、COD, 蛋白質, 炭水化物はほとんど減少しなかった。実験室的にも酸素吸収量は減少するが、TOD, TOC の減少は少なく、COD はかえって増大した。これは生物学的に分解しにくい物質の存在や、炭水化物、非炭素系化合物とくに NO₂-N, および汚泥の自消化などの増加が考えられる。