

# 活性汚泥のラグ期間、酸素吸収速度に対する 重金属の影響

Effects of heavy metals on oxygen uptake rate of activated sludge

鈴木 均\* 馬場 寿\* 野村 寛\*

Hitoshi Suzuki, Hisashi Baba and Hiroshi Nomura

## 1 はじめに

今日、活性汚泥法は有機性廃水の処理法として、下水処理あるいは工場廃水処理等に広く活用されている。しかし近年、排水処理施設に流入する廃水中には、活性汚泥微生物に対して阻害効果をもつといわれる重金属等の毒性物質が、多く含まれるようになっている。

本実験では、重金属を含む廃水を活性汚泥処理する場合に、その適応性を検討するため銅とニッケルを採りあげ、これが活性汚泥微生物に及ぼす影響を、ラグ期間ならびに、酸素吸収速度の変化から検討した。

## 2 実験方法

### (1) 実験供試用活性汚泥の馴養

供試汚泥は種汚泥として茅ヶ崎市し尿処理場の活性汚泥を用い、中西式人工下水(表1)を培養液とし、BOD負荷 $0.42\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{日}$ 、MLSS約 $3,000\text{mg}/\text{l}$ 、流入空気量 $0.8\text{ l}/\text{min}$ 、曝気槽内温度 $20\pm 0.075^\circ\text{C}$ の条件で馴養した。

表1 中西式人工下水組成

組 成	濃度mg/l
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50.65
$\text{CaCl}_2$	13.85
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	24.20
Glucose	1574.10
Na-Gultamate	513.30
$\text{NH}_4\text{-Acetate}$	670.80
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	173.50

なお、表1に示した各組成を水1lに溶解した場合の性状は、BOD $1,800\text{mg}/\text{l}$ 、COD $1,450\text{mg}/\text{l}$ 、TOC $1,600\text{mg}/\text{l}$ であった。

\* 日本環境衛生センター衛生工学部  
Department of Sanitary Engineering, Japan  
Environmental Sanitation Center

### (2) 試料の調整

供試活性汚泥上澄液および活性汚泥の調整方法は、以下のようにした。前記の条件で馴養して得られた活性汚泥混合液を採取し、それを $3,000\text{ rpm}$ 、3分間遠心分離し、その分離液を $15\text{ml}$ 採り供試上澄液とした。また分離した活性汚泥を供試汚泥とした。

添加重金属は $\text{Ni}^{2+}$ として $(\text{NH}_4)_2\text{Ni}(\text{SO}_4)_2$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ は金属銅を使用した。いずれもJIS K 0102の重金属の調整法に従い、 $\text{Ni}^{2+}$ は $500\text{mg}/\text{l}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ は $1,000\text{mg}/\text{l}$ の原液を作り、それぞれ所定量をクーロメトリー法BOD自動測定装置(大倉電機(株)製作)用の培養瓶(内容約 $300\text{ml}$ )に添加し、各金属濃度に調整した。

培養液の調整は、実験に供した微生物が培養液の違いによる影響を受けないように、上記の中西式人工下水を用い、各培養瓶のBOD濃度が所定濃度になるように調整した。なお培養液は、 $120^\circ\text{C}$ 、1時間、 $1\text{ kg}/\text{cm}^2$ で高圧滅菌し、 $20^\circ\text{C}$ に冷却後、実験に供した。

### (3) 測定方法

上記の試料を所定濃度で混合し、次にpHを $7.0\pm 0.05$ に調整した後、クーロメトリー法BOD自動測定装置により酸素吸収量を測定した。なお、ラグ期間および酸素吸収速度を図1に示した曲線からそれぞれ計算して結果を求めた。

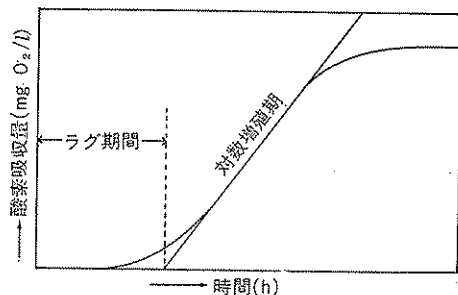


図1 ラグ期間の測定方法

3 実験結果

(1) ラグ期間について

上澄液のラグ期間に及ぼすニッケルの影響については、図2に示した。これによると、BODが600mg/lおよび900mg/lでは、ニッケル濃度の上昇によって、ラグ期間はやや延長した両者の傾向は類似した。これに対

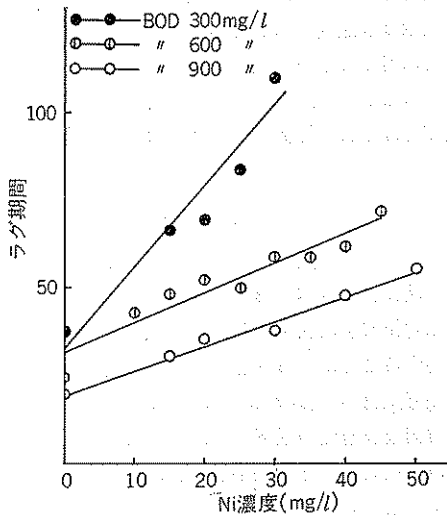


図2 活性汚泥上澄液中の微生物増殖に対するニッケルの影響

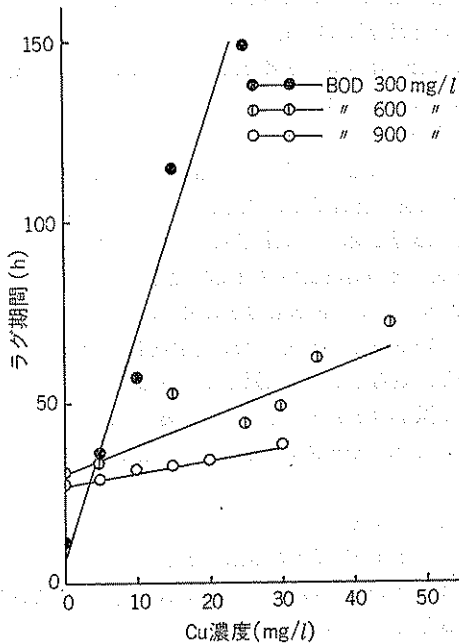


図3 活性汚泥上澄液中の微生物増殖に対する銅の影響

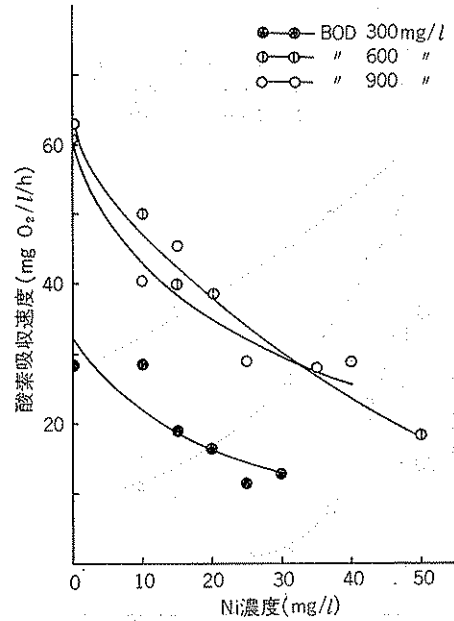


図4 活性汚泥上澄液の酸素吸収速度に及ぼすニッケルの影響

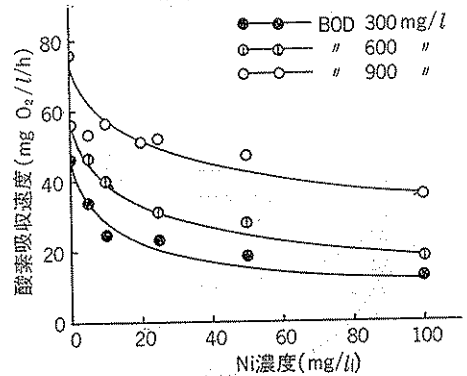


図5 活性汚泥の酸素吸収速度に及ぼすニッケルの影響

して BOD 300mg/l の場合は、前二者の場合と比較して、ニッケル濃度による影響が著しかった。

銅のラグ期間に対する影響を図3に示した。ニッケルと比較して BOD 300mg/l の場合、金属各濃度に対する影響は顕著であり、また BOD 濃度が増加するに従って、ラグ期間は短縮の傾向にあった。

(2) ニッケルによる酸素吸収速度の変化について  
ニッケルの酸素吸収速度に対する影響を、図4に上澄液、図5に活性汚泥についてそれぞれ示した。

上澄液については、BOD 300mg/l の条件で酸素吸収速度がもっとも低い。それに対して BOD 600, 900mg/l では、二者間における酸素吸収速度の差は、ほとんど認

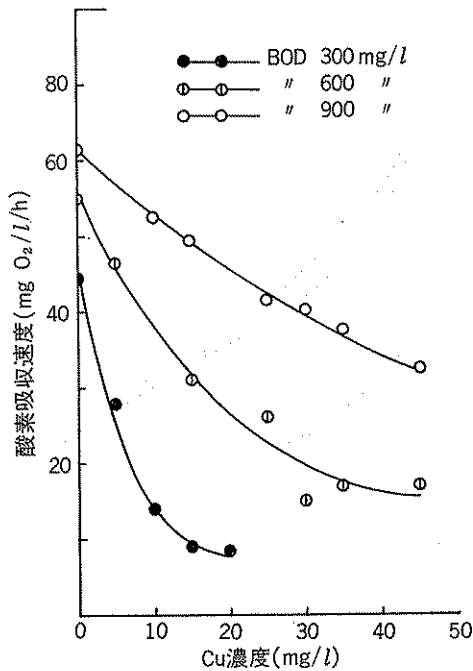


図6 活性汚泥上澄液の酸素吸収速度に及ぼす銅の影響

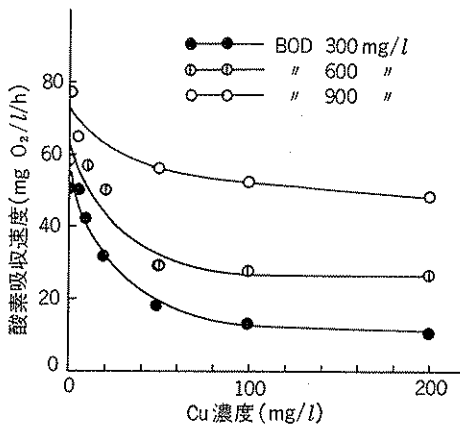


図7 活性汚泥の酸素吸収速度に及ぼす銅の影響

められなかった。しかし、ニッケルの酸素吸収速度に対する影響は、ニッケル濃度の増加に伴って酸素吸収速度が減少し、また BOD 濃度の増加に伴って酸素吸収速度が増加する傾向は三者間とも類似していた。

活性汚泥については、上澄液と同じように金属濃度の増加に伴って酸素吸収速度は減少するが、ニッケル濃度が25mg/l 付近までであり、それ以上の濃度では大きく

減少する傾向はみられなかった。

### (3) 銅による酸素吸収速度の変化について

銅については図6に上澄液、図7に活性汚泥について示した。

上澄液については銅濃度の増加に伴い、酸素吸収速度は減少し、BOD 濃度の低下に伴いその影響が顕著に現われた。

活性汚泥については、銅濃度が40mg/l 付近までは急激な酸素吸収速度の減少を示し、それ以上の濃度では、銅濃度に対して減少の傾向が40mg/l 以下の濃度に対し顕著ではなかった。また BOD 濃度が増加すると、酸素吸収速度はそれに比例して大きくなっていく傾向にあった。

## 4 考 察

金属イオンが微生物に与える阻害の機構は複雑であるが、毒性物質が生体に影響を与えるのは主としてその物質が細胞組織を破壊するか、または生体の代謝反応過程を阻害することにあると考えられる<sup>1)</sup>。したがって活性汚泥微生物への影響は、その結果としてラグ期間の延長、酸素吸収速度の低下となって現われると考えられる。伊藤<sup>2)</sup>は、重金属の活性汚泥に及ぼす影響を、ワールブルグ検圧計を用い酸素吸収量の変化から検討し、グルコースを基質とした場合 Cu, Ni, Zn の阻害の強さは、Ni<sup>2+</sup> がもっとも大きく5~10ppm に向け急激に大きな差が見られ、これ以上の濃度では大きな変化は見られないと報告している。

また金子等<sup>3)</sup>は、各種金属イオンを取り上げ濁度と生菌数の変化から金属の阻害状況を調べ、核酸量から計算して Ni<sup>2+</sup> はラグ期間の延長と対数増殖速度の変化をもたらすが、毒性としてはラグ期間延長作用の方が強く、Cu<sup>2+</sup> は他の金属イオンに比してその毒性は顕著に共在基質の影響を受け、基質濃度によって変化すると報告している。その他濁度の生菌数の変化<sup>4-5)</sup>、酸素消費量の変化<sup>6-9)</sup>、および脱水素酵素活性<sup>10)</sup>から金属の影響を検討している報告もある。それら実験結果は本実験結果と比較し、傾向としては類似している点も見受けられる。しかし微生物を使う反応は、環境条件、馴致条件に左右されるため、同一結果を得ることは難しいように思われる。

重金属が微生物に与える阻害は、その金属が解離しているか、あるいはイオン状態のときに現われることが報告されている<sup>7)</sup>。本実験での結果を、金属の形態から考察すると次のような事がいえよう。

ニッケルの活性汚泥での酸素吸収速度は、pH 7.0ではニッケルの溶解度は、銅に比べ大きいこと<sup>11)</sup>、また実験

に供した人工下水の基質の一つであるグルタミン酸が含まれていることから、ニッケルとグルタミン酸との錯化合物が形成されていると推測される。このようにニッケルは、一部は陽イオンあるいは錯イオンとして溶液中に存在していると考えられる<sup>9)12)</sup>。そしてこれらのイオンが、活性汚泥フロックに収着し、酸素吸収速度を減少させるものと考えられる。

銅については pH 7.0 における溶解度はニッケルと比較して非常に小さく<sup>11)</sup>、イオンとしてわずかにしか存在しない。その結果、銅はほとんど水酸化物となって沈殿すると考えられる。しかし、銅は基質中のグルタミン酸との錯化合物形成における安定度定数<sup>12)</sup>が大きく、一部は錯イオンを形成していると思われる。この結果、銅濃度 50 mg/l 付近までの急激な酸素吸収速度の減少は、錯イオンの活性汚泥フロックへの蓄積のためと考えられる。これに対し、銅濃度が 50 mg/l 以上になると酸素吸収速度が横ばい状態になっていくのは、水酸化物濃度が上昇していくことによるのだろう。

#### 5 ま と め

銅およびニッケルによる活性汚泥微生物の機能阻害は、基質と金属の相対的な濃度によって決まり、基質の濃度を減少させるか、または金属濃度を増加させると酸素吸収速度は低下しラグ期間が延長される。逆に基質濃度を増加させるか、あるいは金属濃度を減少させると酸素吸収速度は増加し、ラグ期間は短縮傾向にあった。

なお本研究は昭和49~51年度科学技術庁特別研究促進調整費「都市廃水に対する生物処理の適応性及び機能向上に関する研究」の研究成果と、それをふまえ、更に新たな視点から行ったものであり、研究の機会を与えられたことを科学技術庁に感謝する。

#### 引用文献

- 1) 宗宮 功, 河村清史: 活性汚泥に対する重金属の蓄積と阻害作用 (第1報), 下水道協会誌, 13 (145): 32~43, 1976.
- 2) 伊藤康市: 流入下水中の重金属が活性汚泥に及ぼす影響について, 下水道協会誌, 28: 31~35, 1966.
- 3) 金子光美, 南部敏博: 金属の活性汚泥に対する

毒性効果についての考察 (その1), 下水道協会誌, 10 (107): 2~12, 1973.

- 4) 金子光美: 金属の活性汚泥に対する毒性効果についての考察 (その2), 下水道協会誌, 10 (108): 2~11, 1973.
- 5) 金子光美, 加登修治, 中島 淳: 活性汚泥に及ぼす重金属の影響, 水処理技術, 16 (8): 37~45, 1975.
- 6) Rudolfs, W. et al.: Review of literature on toxic materials affecting sewage treatment processes, streams, and B.O.D determinations. Sewage and Ind. Wastes, 22 (4): 1157~1191, 1950.
- 7) Dawson, P. S. S. and S. H. Jenkins: The oxygen requirement of activated sludge determined by manometric methods. Sewage and Ind. Wastes, 22 (4): 490~507, 1950.
- 8) 佐藤孝彦: 溶存酸素計による活性汚泥の酸素消費測定, 下水道協会誌, 3 (28): 36~40, 1966.
- 9) 渡辺勝俊: 各種毒物の細菌に対する影響について (第1報), 第2回下水道研究発表会講演集: 105~107, 1965.
- 10) 須藤隆一, 杉本一次, 大越芳男, 秋野由成: 活性汚泥の活性度の測定, 下水道協会誌, 2 (16): 22~28, 1965.
- 11) 鈴木重之: 林 美代子: 活性汚泥への重金属の蓄積, 下水道協会誌, 10 (106): 36~41, 1973.
- 12) 上野景平: 入門キレート化学, 南江堂, 1975

#### Summary

This experiment was designed in order to investigate the susceptibility to heavy metal of activated sludge, when activated sludge treated waste water contained heavy metals. Heavy metal toxicity was estimated from oxygen uptake rate and lag time, measured by the coulometric measurement method. This was influenced by the presence of the organic compounds and heavy metals. When either the concentration of organic compounds decreased or the metal concentrations increased, the oxygen uptake rate decreased and the lag time was extended. On the other hand, when either the concentration of organic compounds increased or the metal concentrations decreased, the oxygen uptake rate decreased and the lag time was reduced.