

東北大学工学部 学生員 ○李 宅淳
 東北大学工学部 学生員 千葉博英
 土木研究所 正員 佐藤和明

1. はじめに 好気性消化法は、余剰活性汚泥あるいは各種有機物の処理法として研究された生物学的酸化法である。この方法は、し尿あるいは各種高濃度有機物を長い滞留時間と曝気により有機物の酸化・安定化を目的とすると共に、汚泥自身の自己分解による汚泥量の減少を図るものである。しかしながら、好気性消化の有機物浄化機構は微生物の増殖代謝反応と自己分解を利用するものであるから、その維持管理に高度の微生物学的、化学的知識と技術を要するため適正な管理は極めて難しいものとなっている。特に好気性消化の有機物浄化機構は温度によりかなり影響を受け、冬期の気温低下時には処理能力が著しく低下し、本法の技術上の向課題点となっている。以上の観点から本研究では、デンプンを単一炭素源とする人工基質を用い、好気性消化過程の基礎的な物質除去機構の解明を目的とし、特に浄化機構への温度の及ぼす影響について検討した。

2. 実験装置、材料および方法 全ての実験は図1に示すような装置を用い、消化温度を5℃間隔で5℃から35℃までの7段階、消化日数を6, 7日, 10日, 15日, 20日および30日の5段階にそれぞれ分け、35系列の実験を行なった。表1に示すようなデンプンを単一炭素源、硫酸アンモニウムを単一窒素源とする人工基質を用い、1日に1回混合液の引き抜きおよび基質の投入による半連続式で行なった。空気量は混合液1L当り1.0 L air/分と設定して、曝気球を底の端に取り付け混合液が槽内でよく循環するようにした。温度のコントロールは消化槽を恒温水槽の中に設置し、冷却装置との併用で行なった。また、本実験に用いた種汚泥は、仙台市のある下水処理場より採取した余剰汚泥を6ヶ月以上表1に示した基質で馴馴・培養させたものであり、培養温度を変化させる場合は温度昇降速度を1℃/Weekとした。なお、表1に示した流入基質は COD_{Cr} 16,540 mg/L, TOC 5,745 mg/L, BOD_5 7,770 mg/L, $T-N$ 1,033 mg/L, PH 7.66 と実測された。

表1. 基質組成

Component	Concentration (mg/l)
Starch	15,000
$(NH_4)_2SO_4$	5,000
K_2HPO_4	16,000
KH_2PO_4	2,000
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	50
$CoCl_2$	50
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	20
$NaCl$	20

3. 実験結果および考察 図2, 図3は各消化温度における上澄液の COD_{Cr} , BOD_5 と消化日数との関係を示したものである。図2, 図3より、消化温度10℃～35℃の範囲では上澄液の COD_{Cr} , BOD_5 とともに消化日数が15日以上になると有機物酸化状態は安定することがわかる。また、消化温度5℃では消化日数20日以上で酸化状態が安定し、消化日数30日で他の消化温度の状態とほぼ等しくなることが知られる。

図2より消化温度35℃の場合、消化日数15日までは上澄液の COD_{Cr} の値が減少するが、消化日数20日以上では増加する傾向が見られる。また、消化温度25℃の上澄液の COD_{Cr} の値は消化温度30℃および35℃のそれより低くなる。図2. 上澄液の COD_{Cr} と消化日数の関係 図3. 上澄液の BOD_5 と消化日数の関係

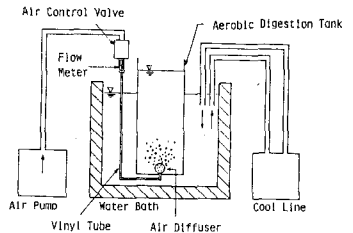
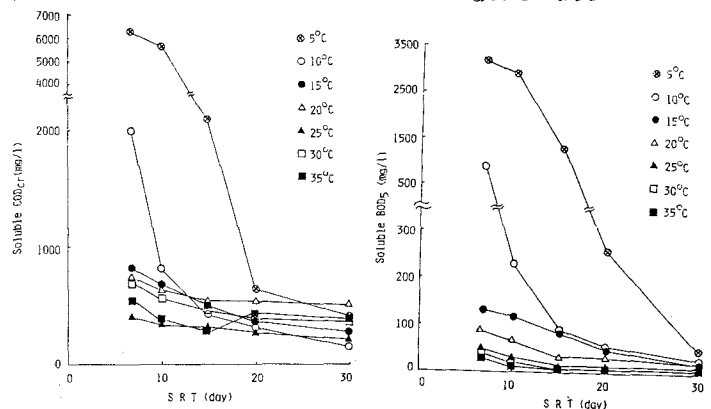


図1. 実験装置概略図



ているのがわかる。しかし、図3が示すように消化温度25℃, 30℃, 35℃の上澄液のBOD₅はほぼ同じ値を示し、しかも消化日数15日以上になるとBOD₅除去率が99.9%で一定であり、BOD₅除去率が限界に達している。基質に用いたデンプンがBOD₅として測定されるので、消化温度30℃, 35℃の上澄液のCOD_{cr}の増加分は基質以外の溶解性物質であり、これらの消化温度は効率的な好気性消化に不利な条件であると考えられる。本研究では、上澄液のCOD_{cr}/BOD₅の比率が高いほど難分解性物質を多く含んでいると定義し、その結果を図4に示す。図4より消化温度が高いほど、また、消化日数が長いほど難分解性物質が蓄積・増加する傾向が見られた。(このことは、ゲルクロマトグラフィーの分画によっても確認された。) また、消化温度では、15℃と20℃の間で増加傾向が顕著であり、消化日数では20℃以上の温度条件で10日と15日の間で増加率が高かった。図5は、各消化温度における汚泥生成速度と消化日数。消化温度との関係を3次元的に表わしたものである。消化温度10~35℃の範囲では、消化温度が高いほど汚泥生成速度の減少する傾向が見られた。しかし、消化温度5℃の時は、消化日数30日を除くと消化温度10℃の方が汚泥生成速度の高い傾向が見られる。これは消化温度10℃以上では、消化温度が高いほどBOD成分が不足になり、微生物の自己分解が活発に進行したためであり、一方、消化温度5℃ではBOD成分が十分存在したものの、微生物の増殖活性が落ちたためであると考えられる。また、各消化温度における消化日数30日のみの汚泥生成速度について見ると、消化温度5℃のそれが他の消化温度より高いのは、図2、図3からわかるように消化日数が長いほど消化温度の影響が少なくなり、微生物の増殖活性が落ちることなく、また、自己分解が最も生じにくいためであると考えられる。従来より比基質除去速度と流出基質濃度との関係式として、一次反応式とMichaelis-Menten式の2式が用いられており、本実験で得られたデータの動力学的解析を試みた結果、図6、図7のように表わされた。これらの図が示すようにCOD_{cr}比基質除去速度は、消化温度15℃以上では非生物分解性物質を考慮した一次反応式で近似でき、消化温度10℃, 15℃ではMichaelis-Menten式で近似できた。またBOD₅比基質除去速度は全ての消化温度において、Michaelis-Menten式で近似できた。COD_{cr}比基質除去速度が消化温度により2通りのモデルに分けられるのは、先に述べたように、消化温度が高いほど、消化日数が長くなるほど細胞物質の自己酸化がより活発化し、溶解性化した物質が蓄積・増加するからであると考えられる。

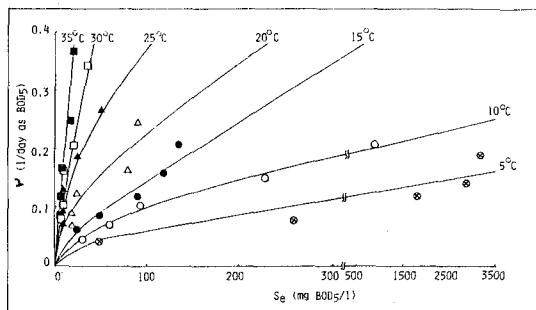


図6. BOD₅比基質除去速度と流出基質濃度との関係

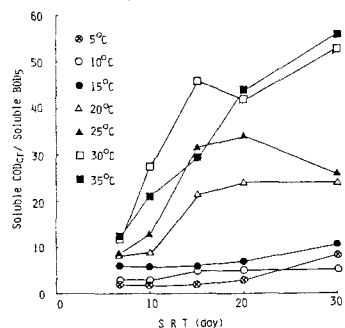


図4. 各設定温度における上澄液のCOD_{cr}/BOD₅と消化日数の関係

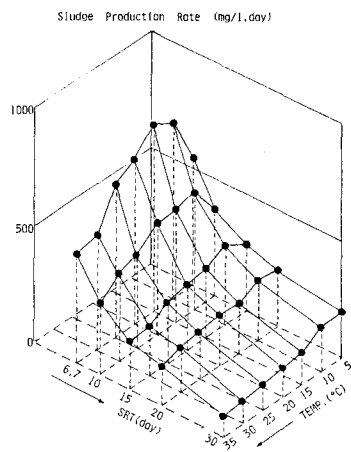


図5. 各設定温度における汚泥生成速度と消化日数の関係

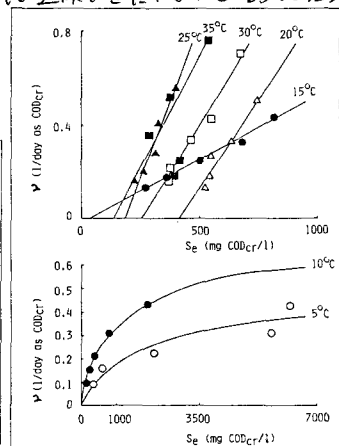


図7. V (as COD_{cr}) と S_e との関係