

京都大学工学部 正会員 津野 洋
 京都大学工学部 正会員 宗宮 功
 国立公害研究所 西川 雅高

1. はじめに

下水からの磷除去法の一つとして嫌気・好気活性汚泥法が注目されている。この方法は、嫌気過程での磷の放出および好気過程での過剰の磷の摂取を利用するものであるが、生物学的作用あるいは化学的作用であるかも含めてその機構の解明が重要である。本研究は、磷放出・磷摂取過程における磷および金属元素の挙動、ならびに磷除去に及ぼす金属元素の影響について、基礎的な実験に基づき、考察を試みたものである。

2. 実験方法

各実験に用いた汚泥は、K市下水処理場の嫌気・好気活性汚泥法返送汚泥を種汚泥として、表1に示す人工下水により半回分式（嫌気1.5hr, 好気3.5hr）で増殖培養したもの（保存培養汚泥）である。実験1では、保存培養汚泥を用い

て、表1の人工下水でグルコースのみ二倍量としたものを対象とした回分式処理実験を行い、嫌気条件8時間および好気条件2時間とし、その間経時的に水質特性の追跡を行った。実験2では、保存培養汚泥を用いて表1の人工下水を対象にして嫌気条件9時間および好気条件4時間で処理実験を行い、基質添加直後、嫌気条件終了時および好気条件終了時に混合液サンプルを採取し、STS分画¹⁾を行った。実験3では、Mg, K およびMnの磷除去特性に及ぼす長期的な影響を把握するために、四つの半回分装置²⁾を用い、表2に示す各々の基質で約1ヵ月間培養して、その後に実験系(E₁~E₃)の基質も制御系(E₀)と同じものに変えて約1ヵ月間培養を行った（嫌気1.5hr, 好気3.5hr）。この培養期間中、数日おきに基質添加直後、嫌気条件終了時および好気条件終了時に

サンプルを採取し磷除去特性を把握するとともに、実験開始日、基質変換日および実験終了日のサンプルについてはSTS分画も行った。

各サンプルおよび各画分中のP, B, Na, Mg, Si, Ca, Mn, Fe, Ni, Zn, Sr, K, Al等についてプラズマ発光分光分析装置により定量分析を行った。

表3 溶液中の磷と各元素の関係

対象元素	嫌気 好気	磷に対する モル比	相関係数
Mg	A	0.37	0.937
	O	0.41	0.994
K	A	0.21	0.915
	O	0.17	0.948
Mn	A	0.0030	0.966
	O	0.0036	0.994
Ca	A	----	----
	O	0.15	0.974
Fe	A	----	----
	O	0.0014	0.840
Sr	A	----	----
	O	0.00022	0.987

----; 相関の低い場合

表1 人工下水の組成

グルコース	16.9 g
ポリペプトン	16.9
(NH ₄) ₂ SO ₄	6.3
CaCl ₂ ・2H ₂ O	3.1
FeSO ₄ ・7H ₂ O	0.22
NaCl	6.3
MgSO ₄ ・7H ₂ O	9.4
NaHCO ₃	9.4
KH ₂ PO ₄	4.4
水道水	100 リットル

BOD₅; 250, TOC; 130.7,
 PO₄-P; 12.3 mg/l

表2 実験3の人工下水組成 単位 g

	制御系		実験系 **		
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	
グルコース					16.9
ポリペプトン					16.9
CaCl ₂ ・2H ₂ O					3.1
FeSO ₄ ・7H ₂ O					0.22
NaHCO ₃					9.4
Na ₂ HPO ₄ ・12H ₂ O					6.9
MgSO ₄ ・7H ₂ O *	9.4	0	9.4	9.4	
KCl *	2.4	2.4	0	2.4	
MnCl ₂ ・4H ₂ O *	0	0	0	0.18	
(NH ₄) ₂ SO ₄	6.3	6.3	6.3	6.3	
NaCl	4.4	4.4	6.3	3.7	
Na ₂ SO ₄	0	8.5	0	0	
蒸溜水					100 リットル

注) * Mg: 9.27, K: 12.64, Mn: 0.50 mg/lに相当
 ** 11/2-11/27 の基質組成、それ以降はE₀と同じ

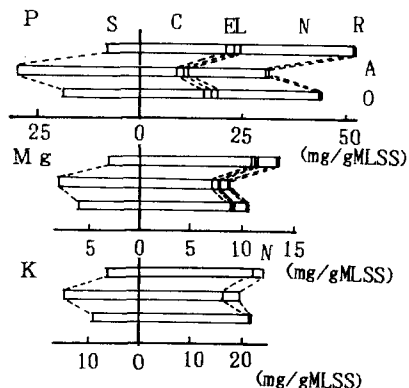


図1 STS分画結果(実験2)

S: 溶解性, C: 冷PCA, E: エタノール,
 L: 脂質, N: 核酸, R: 残渣

3. 実験結果および考察

実験1では、ろ液中の各元素の挙動について考察を試みた。燐の挙動と嫌気・好気両過程で相関のあった元素は、Mg, KおよびMnであり、好気過程でのみ相関のあった元素は、Ca, FeおよびSrであった(表3)。

実験2におけるSTS分画の結果の例を図1に示す。各分画での各元素の挙動を観ると、燐と類似の挙動特性を示したのはMgおよびKであり、Caも幾分似た挙動特性を示し、これらの污泥内外の移行は、いずれも冷PCA画分および核酸画分に関係していることが示されている。これらの元素と燐の関係を表4に示す。

実験3におけるMg, KおよびMnの影響を示す例として、嫌気過程での燐放出量および好気過程での燐摂取量の経日変化を図2に示す。Mg欠乏系(E₁)およびK欠乏系(E₂)では徐々に燐放出量も燐摂取量も低下し燐の除去が悪くなる傾向が示されており、また欠乏条件を解除すると、これらは回復する傾向も示されている。Mn添加系(E₃)では制御系(E₀)とほとんど同じ状態が示された。実験3の全系の全培養期間中のサンプルのろ液中の各元素の相互関係の例を図3に示す。燐と相関のあった元素は、Mg, K, Ca およびMnであった。また経日的な考察では、燐と欠乏元素との相関が低下していく傾向も示された。

表4 燐に対する元素のモル比

元素	分画	S	C	N
Mg	A	0.29	0.44	0.19
	O	0.22	0.36	0.12
K	A	0.29	0.45	0.013
	O	0.40	0.72	0.022
Ca	A	0.040	0.052	0.10
	O	0.010	0.11	0.018

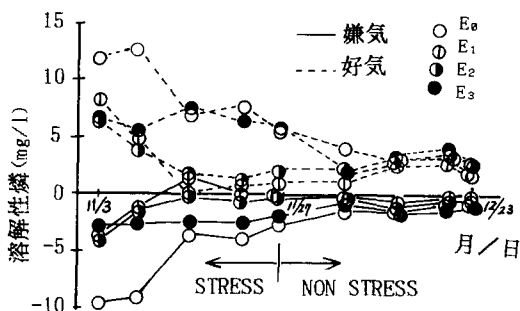


図2 燐の放出及び摂取量の変化

実験3におけるSTS分画では、Mg欠乏により、污泥中の高分子ポリリン酸の割合が低下する傾向、ならびにK欠乏により、污泥中の高分子および低分子ポリリン酸が減少する傾向のあることが観られた。STS分画による污泥内での各元素の挙動特性の考察では、燐と類似していたのは、Mg, K, Ca およびMnであり、これらは、冷PCA画分および核酸画分と関連する傾向が観られた。またMg欠乏系では、冷PCA画分のMgの割合が減少し、その後の欠乏条件の解除により、これは増加する傾向が観られた。

4. おわりに

嫌気・好気活性污泥法で燐と挙動特性が特に類似していた元素は、MgおよびKであり、污泥への出入は、冷PCA画分および核酸画分と関連があった。これらの各元素が欠乏すると燐除去能が低下した。

実験の遂行にあたり協力を得た野村和弘君に感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 味埜 下水協誌No228 図3 ろ液中の元素の相関関係の例
- (2) 津野 土木年講 39回 (実験3)

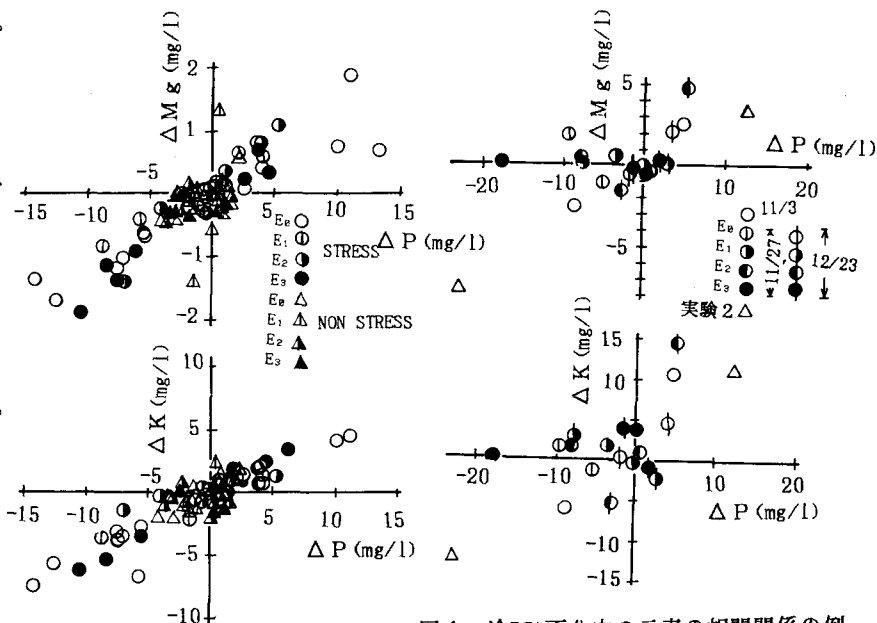


図4 冷PCA画分中の元素の相関関係の例