

(10) 溶解性高分子有機物(ペプトン)の除去過程における律速因子と
活性汚泥の基質選択性

HYDROLYSIS OF PEPTONE BY ACTIVATED SLUDGE AND
SELECTIVITY OF AMINO ACIDS

生方 悠* 落合 正宏**
Yuu UBUKATA* Masahiro OCHIAI**

ABSTRACT; In order to make clear the rate determining step of the activated sludge process, the batch reactor experiments were operated. Peptone and mixture of free amino acids (the compositions of amino acids were arranged so as to be same as of peptone) were selected as primary substrate. Each of substrates was supplied to the activated sludge which was preliminarily acclimated to peptone in the batch reactor and the changes of the substrate concentration were traced.

The removal of peptone followed first order reaction kinetics, however that of amino acids mixture followed zero order kinetics. The requisite time for 90% removal of peptone was more than twice of that of amino acids mixture. It was, therefore, concluded that the hydrolysis process of peptone was the time determining step.

The amino acids were classified into two groups. The first group was composed of the essential amino acids, the maximum removal velocities of which were not influenced by the state of substrate (monomer or polymer). The second group was composed of the amino acids which were deaminated to the intermediates in the TCA cycle, that velocities of which were higher in amino acids mixture than in peptone.

KEYWORDS; Activated sludge, Kinetics, Hydrolysis, Rate determining step,
Metabolic passway.

1. 緒言

活性汚泥による有機物除去に関する研究は、主に単糖類やアミノ酸などの有機物(モノマー)を基質に用いて実験している。これらの有機物は活性汚泥による酸化率・栄養要求・代謝・基質の選択性などを研究するうえでは適当な物質であったであろう。

一方、実際の処理場流入下水には浮遊性の有機物が多く、一次沈澱を経た曝気槽流入水においても浮遊性($>1\mu m$)および溶解性($<1\mu m$)の有機物の割合はほぼ等しいことが宗宮ら¹⁾により報告されている。浮遊性の有機物は活性汚泥により急速に吸着除去されるが、溶解性の有機物は活性汚泥により徐々に取り込まれるので曝気槽容量を決定する上でも重要な因子となりうるであろう。

* 東京都立大学工学部土木工学科 (Dept. of Civ. Eng., Fac. of Tech., Tokyo Metrop. Univ.)

** 東京都立大学理学部化学科 (Dept. of Chem., Fac. of Sci., Tokyo Metrop. Univ.)

さて、流入下水中の溶解性有機物の成分に関して、村上ら²⁾は、都市下水と家庭下水では若干差があるものの、炭水化物よりタンパク質の方がかなり多いことを、また液体クロマトグラフィを用いてアミノ酸を分析し、結合型のアミノ酸を28.6mg/l検出したものの遊離のアミノ酸はほとんど存在していないことを報告している。丹保ら³⁾は、別な視点から活性汚泥処理場の流入水および処理水の溶解性有機物についてSephadex G-15を用いて分子量分画を行い、活性汚泥処理は分子量 数百から2千程度の有機物を除去していることを明らかにしている。

村上ら、丹保らの研究から下水中の溶解性有機物はモノマー有機物でなく高分子（ポリマー）有機物であることが推定される。一般的に細菌は細胞膜を通過できる低分子の有機物しか利用できないので、高分子有機物を利用する場合には加水分解し低分子の有機物にする必要がある^{4)、5)}。したがって活性汚泥が溶解性の高分子有機物を除去する場合には、高分子有機物の加水分解の過程が有機物除去の律速因子となっている可能性がある。しかしこれに関する研究例はまだない。そこで今回の研究目的の一つは、活性汚泥による高分子有機物の加水分解の過程が有機物除去の律速因子になっているか否かについて検討することにある。高分子有機物には下水中の溶解性有機物成分に近いと思われるペプトンを用いた。

ペプトンは加水分解するとアミノ酸になる。加水分解して生成するアミノ酸には低分子のアラニン、分岐鎖を持つロイシン、フェニル基を持つフェニルアラニンなどがあり、性質の異なった有機物の複合体とみなすことができる。活性汚泥による複合有機物の除去機構はEckenfelderら⁶⁾、Chudobaら⁷⁾により研究されている。そこにおいては微生物と有機物は1対1の関係で結び付けられており、ある微生物は特定の有機物のみを基質として利用し、その他の有機物は基質として利用できないことが前提となっている。したがって複合有機物の除去は単一有機物除去を重ね合わせたものとなる。しかしグルコースのような単糖類は種々の微生物により利用されるから複合有機物の除去において重ね合わせの法則が成立するとは考えられない。好気性細菌がアミノ酸を利用する場合、最小必要量は窒素源として利用するが過剰なアミノ酸は脱アミノ化しエネルギー源として利用する。ほとんどのアミノ酸は脱アミノ反応により α -ケト酸になる⁵⁾。そこでペプトン中のアミノ酸を用いて活性汚泥の基質選択性を明らかにすることが第2の研究目的である。

今回の研究により、活性汚泥による溶解性高分子有機物の除去における律速因子と複合有機物除去における活性汚泥の基質選択性について基礎的な情報が得られたので報告しておく。

2. 実験法

2・1 活性汚泥実験 ペプトンおよびアミノ酸の除去実験に用いた活性汚泥は、都市下水を処理する活性汚泥処理場の返送汚泥をペプトンで3ヶ月以上馴致・培養したものである。処理場活性汚泥の有機物の除去速度は低く零次反応であった。しかしペプトンの除去速度 (mgTOC/g・MLSS・h) はグルコースのその1.2倍を示していた。汚泥の培養は回分法で行い、有機物負荷は0.1~0.15gBOD/gMLSS・日である。汚泥の培養および有機物除去実験は20℃の恒温槽で行った。有機物除去実験におけるMLSS濃度は約1000mg/lとした。活性汚泥混合液をWhatmanGF/Fのグラスファイバーフィルタでろ過し、そのろ液を溶解性有機物試料とした。

2・2 測定法 試料中の有機物量はTOCを主に測定したが、一部分は各種アミノ酸とBODも測定した。TOCは島津TOC-500を用いて測定した。試料1mlとアミノ酸分析用塩酸1mlを10mlのアンブルに入れ封管し、100℃で20時間加水分解を行ってから、ペプトン中のアミノ酸を分析した。アミノ酸混合物はアミノ酸が遊離状態であるので加水分解の過程を省略した。アミノ酸の測定は蛍光試薬としてオルトフタルアルデヒド (OPT) 溶液を加え高速液体クロマトグラフィにて定量した。高速液体クロマトグラフィは日立655液体クロマトグラフ、日立655-61プロセッサ、F1000蛍光光度計、カラムにはBIO-RAD社HPLC・Reverse Phase Column OD S-5S 内径4mm 長さ25cmを用い、クエン酸ナトリウム、酢酸ナトリウム、メタノールの3液グラジェントにより行った。アミノ酸自動分析用アミノ酸混合液を標準として用い、15種類のアミノ酸を分離定量した。しかしメチオニンとチロシンは加水分解時に失われる部分が多いので定量は行わなかった。

2・3 有機物 溶解性の高分子有機物として極東製薬工業KK製のペプトンを用いた。アミノ酸混合物はキシダ化学KKの特級試薬を用い、13種類のアミノ酸をペプトンのアミノ酸相対組成になるように混合調整した。各アミノ酸はタンパク質の加水分解産物になるようすべてL型のアミノ酸を用いた（Glyは除く）。

表-1に各アミノ酸の分子量と理論TOC値（gTOC/gアミノ酸）ならびにペプトン500mg中の各アミノ酸の分子数と重量を示す。各アミノ酸の実測TOC値は理論TOC値と、またアミノ酸混合物のTOC値も計算TOC値と一致していた。ペプトンには測定上検出されないアミノ酸が5種類あり、またタンパク質以外の有機物も若干含まれている。そのため混合調整したアミノ酸混合物のTOC値はペプトンTOC値の83%を示した。なおペプトン300mg/lの実測TOC、BOD値は各々129、210(mg/l)であった。

本文においてはアミノ酸はすべて略号を用いる。Asp-アスパラギン酸、Glu-グルタミン酸、His-ヒスチジン、Ser-セリン、Arg-アルギニン、Gly-グリシン、Thr-トレオニン、Ala-アラニン、Val-バリン、Phe-フェニルアラニン、Ile-イソロイシン、Leu-ロイシン、Lys-リジン

3. 実験結果および考察

3・1 ペプトンおよびアミノ酸混合物除去実験の比較

高分子有機物を細菌が取り込むには、細胞膜を通過できる低分子の有機物に高分子有機物を加水分解することが必要である。したがって高分子有機物が活性汚泥に利用される場合には、高分子有機物の加水分解の過程が有機物除去に関して律速となっていることが推定される。そこで溶解性高分子有機化合物の一例としてペプトンと、そのペプトンと同一アミノ酸組成のアミノ酸混合物の活性汚泥処理実験を行い比較した。初期有機物濃度が有機物除去の過程に影響を及ぼすものと考えられるので、活性汚泥に対する初期有機物濃度すなわちF/M比を変化させた場合のペプトンおよびアミノ酸混合物の除去実験の結果を図-1に示す。

アミノ酸混合物除去実験においてTOC残存率20%以下では除去速度がやや低下するがこれについては3・3で説明する。この実験におけるアミノ酸混合物の除去はほぼ零次反応式とみなすこともできるし、また飽和定数の小さいMonod式でも表現できる。有機物除去速度は75~80mgTOC/gMLSS・hであった。

ペプトン除去においては、実験初期1時間の有機物除去速度は65~70mgTOC/gMLSS・hとアミノ酸混合物のそれとほぼ同様の高い値を示したものの、有機物濃度が低くなるにしたがい有機物除去速度は急激に減少した。ペプトン除去の過程を片対数グラフに書くとほぼ直線となり有機物除去は一次反応式で表現することもできる。しかし厳密な一次反応式ではなく初期有機物濃度が高くなるにともない一次反応の除去係数は小さくなっている。

図-1の実験(3)、(7)はアミノ酸の初期濃度は同一である。TOC除去率が90%になるまでに、ペプトンでは6時間の時間を要したがアミノ酸混合物では3時間に短縮していた。アミノ酸混合物の除去所要時間がペプトンのその約半分ですむ傾向は他のF/M比でも同様である。

ペプトンとアミノ酸混合物の基質としての相違は有機物を加水分解しているか否かの差である。ペプトンに比べて有機物除去に要する時間がアミノ酸混合物で半減していることは、活性汚泥による高分子有機物の

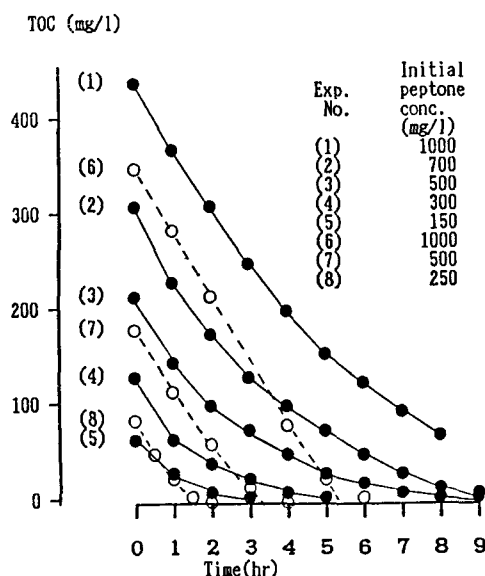


Fig. 1 The TOC concentration in the removal of amino acids mixture (○-○) and peptone (●-●)

加水分解の過程が有機物除去に関して律速となっているものと考えてよからう。

なお実験（3）において、活性汚泥の収量係数（mg SS/mg ペプトン）は実験初期の1～2時間では0.8を示し、TOC除去率90%の6時間では0.55に減少していた。タンパク質系の貯蔵物質がこの短時間のみ生じたとは考えにくいので、この収量係数の増加は高分子有機物であるペプトンが活性汚泥表面に吸着したことによるものと考えられる。したがって、ペプトンの初期有機物除去速度は活性汚泥による有機物の取り込みだけでなく活性汚泥への吸着作用をも含んだ速度になっているものと考えられる。

ペプトンおよびアミノ酸混合物の活性汚泥除去実験を比較することにより、溶解性高分子有機物であるペプトンの除去においては、活性汚泥による高分子有機物の加水分解の過程が有機物除去に関して律速となっていると判断してよい実験結果が得られた。アミノ酸混合物の除去は零次反応式ないし飽和定数の小さいMonod式で、またペプトンの除去は一次反応式ないし飽和定数が高いMonod式でみかけ上表示できる。活性汚泥による高分子有機物の加水分解の過程に関しては、酵素反応式における飽和定数 K_m の高いことが予想されるが、この過程の厳密な動力学は次の研究課題としておく。

3・2 ペプトン除去過程における各アミノ酸の挙動

ペプトン培養活性汚泥によるペプトン除去過程における各アミノ酸の挙動を図-2に示す。実験条件は実験（4）に相当する。図-2において、初期値のアミノ酸の組成比は表-1と同じことを予想していたが、Gly・Thrは低く、一方Valは高くなっていた。他のアミノ酸の組成比はほぼ同じであった。これはペプトンが天然タンパク質を部分的に加水分解したものであるもので、この程度のバラツキは仕方ないものと考えられる。また処理時間が0～1時間にかけてアミノ酸の濃度変化が全体の傾向と一致しないものもあるが、これは先に述べた品質上のバラツキにも関係するが、ペプトン中には遊離のアミノ酸が20%程度存在していることによるものと考えられる。

ペプトン除去過程における残存アミノ酸の相対組成比は、アミノ酸混合物におけるアミノ酸のそれに比較してそれほど急激な変化はなかった。しかし初期値での存在量の少ないHis・Argは比較的急速に減少し、一方Glu・Val・Serの相対組成比は時間が経るにつれやや増加していた。アミノ酸の相対組成比はやや変化するものの処理時間4時間で92%、5時間では99%以上のアミノ酸が除去されていた。なおこの実験におけるアミノ酸総量とBOD、TOCはよく比例しており、またこれらの有機物量の除去も一次反応式で示された。

表-1のA欄に処理時間0～1時における各アミノ酸の除去速度を示す。ただし、この値は先に述べたように活性汚泥への取り込みのほかペプトンの活性汚泥への吸着をも含んだものであるが、図-1の実験（1）で示すようにこのペプトン実験系における最大の除去速度でもある。図-2における単位は分子数を表わす μmole であるが、表-1では他の実験との比較がしやすいようにTOCmgに

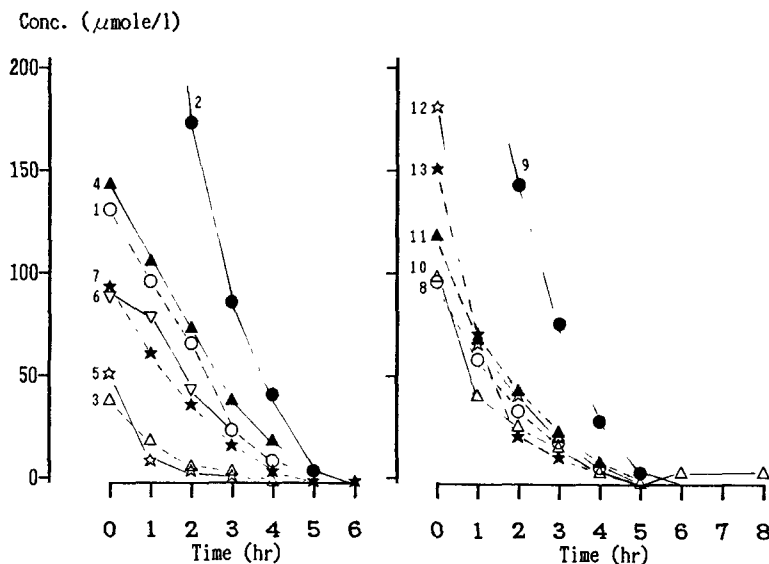


Fig.2 The concentration of the amino acids in the removal of peptone
1-Asp 2-Glu 3-His 4-Ser 5-Arg 6-Gly 7-Thr
8-Ala 9-Val 10-Phe 11-Ile 12-Leu 13-Lys

換算してある。

3・3 アミノ酸混合物除去過程における各アミノ酸の挙動

ペプトン培養活性汚泥によるアミノ酸混合物除去過程における各アミノ酸の挙動を図-3に示す。実験条件は実験(7)に相当する。Phe・Lysは処理時間が4～8時間においても若干残存していた。アミノ酸が消失するまでの時間は種々であり、Ala・Serではほぼ1時間であったがHis・Phe・Lysでは4時間もかかっていた。各アミノ酸濃度をTOCに換算し、時間毎のアミノ酸混合物のTOCを計算したところ除去速度は73mgTOC/gMLSS・hとなり、図-1のアミノ酸混合物除去におけるTOC除去パターンと一致した。したがって実験後期におけるTOC除去速度が低下するのはHis・Phe・Lysが残存すること起因する。

大部分のアミノ酸はほぼ零次反応式で除去されていたものの、His・Phe・Lysは他のアミノ酸が消失したり低濃度になってから除去速度が増加していた。ペプトン培養活性汚泥によるアミノ酸混合物中の各アミノ酸の平均除去速度を表-1のB欄に示す。表-1のB/A値はペプトンを加水分解したことによるアミノ酸の除去速度の増加した割合を示しており、ペプトン培養活性汚泥の各アミノ酸除去に対する潜在能力を表しているこ

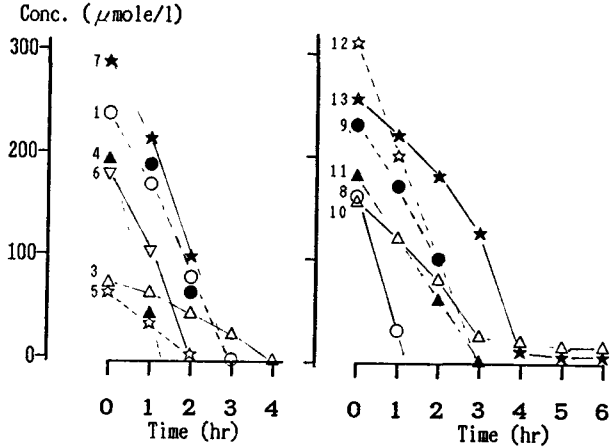


Fig.3 The concentration of the amino acids in the removal of amino acids mixture (symbol refers to Fig.2), (Glu×2)

Table-1 The concentration of amino acids in peptone, the removal rates of each amino acids and the ratios of the removal rates

	MW	(1)	mole*	mg*	TOC*	A	B	C	B/A	C/B	C/A
Gly	75	.320	190	14.3	4.6	0.67	2.62	13	3.9	5.0	19.4
Ala	89	.405	176	15.7	6.4	1.44	5.73	38	4.0	6.6	26.4
Ser	105	.343	236	24.8	8.5	1.58	6.77	35	4.3	5.2	22.2
Thr	119	.403	299	35.6	14.3	3.36	5.75	4.9	1.7	0.84	1.4
Asp	133	.361	226	30.1	10.9	1.97	2.40	25	2.4	5.3	12.7
Glu	147	.408	558	82.0	33.5	10.14	19.37	32	1.9	1.6	3.2
Val	117	.513	250	29.3	15.0	5.46	5.82	6.2	1.07	1.07	1.14
Leu	131	.550	338	44.3	24.4	6.58	9.29	12	1.4	1.3	1.8
Ile	131	.550	196	25.7	14.1	3.46	5.48	6.5	1.6	1.2	1.9
Lys	146	.493	286	41.8	20.6	5.83	5.47	4.7	0.94	0.86	0.81
His	155	.465	70	10.9	5.1	1.51	1.64	4.7	1.09	2.9	3.1
Arg	174	.414	81	14.1	5.8	2.16	2.59	20	1.2	7.9	9.5
Phe	165	.655	150	24.8	16.2	5.08	5.84	9.6	1.15	1.6	1.9
Total			3075	393	179						

(1) Theoretical TOC (g/g) A:Maximam removal rate in peptone (mg・TOC/g・MLSS・h)
* In peptone 500mg B:Average removal rate in amino acids mixture (")
C:Average removal rate in single amino acids (")

となるものと考えられる。B/A値が4前後のものは低分子の中性アミノ酸のGly・Ala・Serであり、また2前後のものは酸性アミノ酸のAsp・Gluである。一方分岐鎖アミノ酸のVal・Leu・Ileと塩基性アミノ酸のLys・His・Argと芳香族アミノ酸のPheおよび中性アミノ酸のThrにおいてはB/A値が0.9~1.7であった。B/A値が一定でなくアミノ酸の分子量および構造と特定の関係が示された。

3・4 ペプトン培養活性汚泥による単一アミノ酸の除去

3・3においてペプトンを加水分解するとアミノ酸の除去速度が増大するものがあったので、各アミノ酸の最大除去速度を求めた。最大除去速度はペプトン培養活性汚泥による単一アミノ酸の除去速度とした。添加アミノ酸濃度は、ペプトン中のアミノ酸量と処理時間を考慮して200、400、500mg/lの3段階とした。初期吸着を示すアミノ酸も若干あったものの各アミノ酸の除去は図-4、5に示すように零次反応式で表示できた。実験は数回行ったのでその平均値を表-1のC欄に示す。

表-1のB欄はアミノ酸混合物での各アミノ酸の平均除去速度であり、C欄は同一活性汚泥による単一アミノ酸の除去速度である。したがってC/B値は各アミノ酸の活性汚泥による利用しやすい指標とみなすことができる。分子量の低いGly・Ala・Ser・AspはC/B値が5.0~6.6であり、Val・Leu・Ile・Thr・Lys・Pheでは0.8~1.6の間にありアミノ酸が二分された形となっている。これらの傾向はB/A値においても更にはC/A値においても同じである。C/B値がほぼ1.0であるVal・Leu・Ile・Thr・Lys・Pheは必須アミノ酸である。この概念は細菌には必ずしも当てはまらないが、これらのアミノ酸は有機物として複雑な構造をしているので、これらのアミノ酸のみを基質として利用する特定の細菌がペプトン培養活性汚泥中に存在しているものと考えられる。

Gly・Ala・Serは分子量も小さく構造も他のアミノ酸に比べて簡単であり、種々の代謝経路の前駆体（Ala・Serは脱アミノ反応によりグルコースの中間代謝産物のピルビン酸になる）および最終産物として活動しているの、種々の微生物に利用される可能性がある。また酸性アミノ酸のAspは脱アミノ反応によりオキサロ酢酸を生じTCA回路に連結しているので、種々の細菌による利用度は高いものと考えられる。またGluはアミノ酸の異化・同化に重要な位置を占め生体内での濃度も高く、また脱アミノ反応により α -ケトグルタル酸を生じてTCA回路に連結している。GluのC/B値は1.6とそれほど高くないが、ペプトンおよびアミノ酸混合物中での除去速度は他のアミノ酸とは比較できないほど高い。その結果種々の細菌に利用される量はかなりあるものと考えられる。

3・5 活性汚泥の基質選択性について

3・4においてC/B値がほぼ1.0であるアミノ酸が6種類もあった。アミノ酸混合物および単一アミノ酸の除去における除去速度が同じであることは、これらのアミノ酸を基質として利用するアミノ酸酸化細菌は他のアミノ酸を基質として利用できないことによるものであろう。したがって、これら特定のアミノ酸酸化細菌の基質選択性は強いことになる。

ある細菌が特定の有機物のみを資化し、他の有機物は資化できなくなると、複合有機物の除去は単一有機物除去を重ね合わせたものとなる。この場合有機物の資化にともなう呼吸速度も重ね合わせたものとなろう。

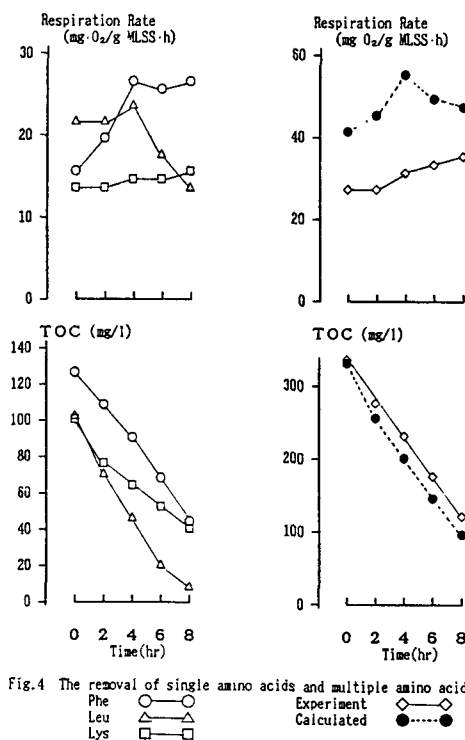


Fig.4 The removal of single amino acids and multiple amino acids
Phe ○ ○
Leu △ △
Lys □ □
Experiment ◇ ◇
Calculated ● ●

基質除去の重ね合わせは次のような方法で行った。各々のアミノ酸除去を別個の反応槽で行い単一アミノ酸の除去とした。この実験における時間毎の残存アミノ酸量（TOCで測定）を加え合わせたものが複合アミノ酸除去の重ね合わせ値である。なお複合アミノ酸の除去実験においては単一アミノ酸除去実験で加えたアミノ酸量を各々混合し活性汚泥に添加した。

好気性細菌がアミノ酸を利用する場合、最小必要量は窒素源として利用するが、過剰なアミノ酸は脱アミノ化しエネルギー源として利用する。ほとんどのアミノ酸は脱アミノ反応により α -ケト酸となる。したがってこの実験系における各アミノ酸は種々の性質の有機物を代表しているものと考えることができる。

活性汚泥の基質選択性の強さは選択性指数で表現するものとする。選択性指数は単一アミノ酸の除去速度は重ね合わせができるものとし、その速度に対する複合アミノ酸の除去速度の比で表わすものと定義する。すなわち完全に重ね合わせのできる基質間においては選択性指数は1.0であり、他の有機物をも資化できる細菌の割合が大きくなる程基質間の選択性指数は小さくなる。

実験結果を表-2、図-4、5に示す。性質の異なる分岐鎖アミノ酸のLeu、塩基性アミノ酸のLys、芳香族アミノ酸のPheの3種のアミノ酸を用いた実験結果では、選択性指数が0.90となり基質選択性の強いことが示された。図-4に示すように呼吸速度はそれぞれのアミノ酸の除去過程における呼吸速度を重ね合わせたものにほぼ近い値となっていた。

分岐鎖アミノ酸のVal・Leu・Ileの3種のアミノ酸における選択性指数は0.69となり、アミノ酸の構造が似ている場合には同じ酵素が有機物の代謝分解に作用しているために類似の他のアミノ酸をある程度利用できる可能性が示された。

図-5には、種々の細菌に利用される可能性の大きいGlu・Ser・Glyの3種の複合アミノ酸除去の結果を示す。処理時間4時間までの選択性指数は0.62と低い値を示していた。有機物除去の重ね合わせが可能な場合には、TOC除去は片対数グラフで直線の一次反応式に近づくは

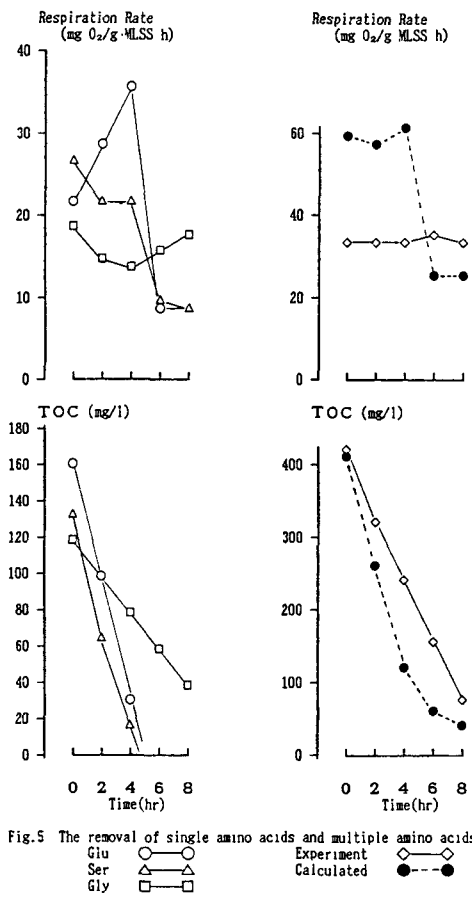


Fig.5 The removal of single amino acids and multiple amino acids

Table-2 The substrate selectivity indexes of activated sludge in multiple amino acids removal

Amino acids	Index	Amino acids	Index
Phe + Leu	.99	Val + Leu	.71
Phe + Lys	.84	Val + Ile	.69
Leu + Lys	.92	Leu + Ile	.66
Phe + Leu + Lys	.90	Val + Leu + Ile	.69
Glu + Ser	.75	Ala + Asp	.77
Glu + Gly	.80	Ala + Ser	.64
Ser + Gly	.75	Asp + Ser	.73
Glu + Ser + Gly	.62	Ala + Ser + Asp	.55

ずであるが⁶⁾、実験結果は零次反応式になっていた。呼吸速度も重ね合わせが成立せず、零次反応式を裏付けて一定であった。同様にAla・Ser・Aspの3種のアミノ酸の選択性指数は0.55であった。

4. 結論

1. ペプトンとアミノ酸混合物(ペプトンと同一組成)をペプトン培養活性汚泥で処理した結果を比較することにより、ペプトンを例とする溶解性高分子有機物の除去においては、活性汚泥による高分子有機物の加水分解の過程が有機物除去の律速因子になっていることが明らかとなった。見かけ上のことであるが、アミノ酸混合物の除去は零次反応式ないし飽和定数の小さいMonod式で、一方ペプトンの除去は一次反応式ないし飽和定数の大きいMonod式で表示できる。

2. ペプトン、アミノ酸混合物、単一および複合アミノ酸をペプトン培養活性汚泥で処理した結果を比較したところ、活性汚泥には基質選択性の強い細菌が存在することが明らかになった。基質選択性の強い細菌は分子量も比較的高く、分子構造も複雑で、かつ必須アミノ酸でもあるVal・Leu・Ile・Lys・Phe等を資化する細菌である。これらのアミノ酸混合物を除去する場合には有機物除去の重ね合わせがほぼ成立する。

一方、分子量が最も低く分子構造も簡単なGly、脱アミノ反応によりピルビン酸を生じるAla・Serと脱アミノ反応によりTCA回路の物質となるAsp・Gluは種々の細菌に基質として利用されている。これらのアミノ酸混合物の除去においては有機物除去の重ね合わせは成立しない。

本研究を遂行するに当たり、常日頃御指導・御鞭撻を賜った東京都立大学工学部 川口士郎教授に深謝申し上げます。また具体的な研究方法について御助言を頂いた国立公衆衛生院工学部 真柄泰基部長にも深謝申し上げます。さらにTOC計の使用について御配慮頂いた東京都下水道局技術開発課 田中康男主事に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 宗宮 功・河村清史：都市下水中の有機物について，水処理技術，Vol.21，No.1，pp3～12，1980.
- 2) 村上 健 他：下水処理および公共用水域における有機汚濁物質の分解過程に関する研究，昭和54年度 環境保全研究成果集，pp113-1～113-29，1979.
- 3) 丹保憲仁・亀井 翼：マトリックスによる都市水代謝の水質評価，水道協会誌，No.502，pp2～24，1976.
- 4) 山口辰良：一般微生物学，技報堂，1974.
- 5) G.Gottschalk：Bacterial Metabolism，Springer-Verlag，1986.
- 6) L.F.Tischler and W.W.Eckenfelder,Jr.：Linear substrate removal in the activated sludge process，Adv. Wat. Poll. Res.，Proc. 4th. Int. Conf.，pp361～383，1969.
- 7) P.Grau et.al：Kinetics of multicomponent substrate removal by activated sludge，W.R.，Vol.9，pp637～642，1975.