

II-390

活性汚泥微生物による高分子および複合有機物の除去機構について

都立大学・工・土木 正会員 生方 悠
都立大学・理・化学 落合 正宏

下水中の溶解性有機物には有機酸などの低分子有機物の他、物質名が不明な高分子有機物が多数存在している。高分子の有機物を微生物が取り込むには細胞壁を通過できる低分子有機物にまで加水分解する必要がある。従って下水中の有機物が活性汚泥微生物により代謝される場合には、有機物の加水分解の過程が律速となっている可能性は多分にある。しかしこの過程についての研究例はいたって少ない。

活性汚泥微生物によるグルコースやグルタミン酸などの低分子の単一有機物の除去は零次反応式ないし飽和定数の小さいMonod式で、また都市下水などの複合有機物の除去は一次反応式で示されることはよく知られた事実である。複合有機物の除去過程が一次反応式で示されることについては、単一有機物の零次反応式が多数の有機物に対しても成立し、複合有機物ではその総和として一次反応式になるものと説明されている。ここでは特定の有機物を除去する微生物とその有機物との関係は他の有機物に対して独立であると仮定されている。しかしこの仮定を妥当とする実験例は多くはない。

そこで、微生物による高分子有機物の加水分解の過程が有機物除去に及ぼす影響と複合有機物における微生物と有機物間の相互作用の関係を調べるため、有機物としてペプトンならびにペプトンと同一組成のアミノ酸混合物を用いて活性汚泥処理実験を行ったところ、廃水処理の動力学に関して重要な情報が得られたのでここに報告する。

なおペプトン中のアミノ酸およびアミノ酸混合物中の各種アミノ酸の定量には高速液体クロマトグラフィを用いた。

実験結果

《実験 1》 ペプトン除去実験（ペプトン 300mg/l、MLSS 800mg/l）

実験結果を図-1(a)に示す。有機物の除去過程を一次反応式と仮定すると低濃度域において除去係数が大きくなる傾向が見られるが、有機物除去率がCODで95%、TOC・BOD・総アミノ酸で80%までは除去係数は一定であると見せる（スキムミルクの場合には一次反応式の成立する範囲はより広い）。総アミノ酸の除去速度は時間とともに減少するが、0~2時間において $762 \mu\text{mol/g}\cdot\text{h}$ を示した。

各種アミノ酸濃度は時間の経過につれ順次減少したが、PHE・LEU・LYSは実験終期に極く微量増加した（図-2）。実験初期に全体の挙動から見てやや不規則なアミノ酸濃度の変化が見られるが、これはペプトン中に遊離のアミノ酸が25~30%含まれていることによるものと考えられる。

残存アミノ酸の組成比は時間によりあまり変化していないから、微生物に取り込まれたアミノ酸の組成比もペプトンのそれとほぼ同一であり時間的にはあまり変化していないことになる。種々の有機物量の測定値から除去ペプトンに対する活性汚泥微生物のみかけの収量係数（Y）の時間変化を図-3に示すが、実験初期に高く後期に低く0.54位を示した。タンパク質系の貯蔵物質はないであろうから、実験初期における活性汚泥の収量係数の増加は汚泥表面へのペプトンの物理的な吸着に基づくものと考えられる。なお有機物がほとんど消失するまでに利用された累積酸素消費量は添加基質のBOD値に対して0.55を示し、グルコースなどの糖類のそれに比較してかなり高くなっていた。

《実験 2》 アミノ酸混合物除去実験（総アミノ酸 約400mg/l、MLSS 800mg/l）。

ペプトン 500mg/lに相当するアミノ酸混合物の除去結果を図-1(b)、図-4に示す。

総アミノ酸が約 1m mol/l 以上においては、総アミノ酸の除去率はほぼ零次式で表わせ除去速度は $1325 \mu\text{mol/g}\cdot\text{h}$ を示した。実験1、2における実験条件は同一であり、唯一の相違点は基質が高分子有機物のペプトンであるか遊離のアミノ酸であるかだけである。微生物による高分子有機物の加水分解の過程がなくなるだけで、実験初期における有機物の除去速度は約1.7倍に増大し、反応次数も一次から零次に変化していた。

有機物除去がほぼ零次反応式で表わされるアミノ酸の種類も半数以上あったものの、他のアミノ酸が

消失ないし低濃度になってから除去速度が増大したものもあった。HIS(2.1)、GLY(1.3)、THR(1.5)、VAL(1.7)、PHE(1.5)、LYS(3.1)（カッコ内は初期値に対する倍率）。この実験結果から、特定の活性汚泥微生物が特定のアミノ酸を利用しているのではないことが推定される。

そこでペプトン培養活性汚泥微生物による単一のアミノ酸の除去速度をいくつか測定した。実験1におけるペプトン中のアミノ酸（A）、実験2におけるアミノ酸（B）、単一アミノ酸（C）、の各々の除去速度を表-1に示す。B/Aは加水分解によるアミノ酸の利用し易さ、又C/BないしC/Aは他の微生物によるアミノ酸の利用され易さを示す指標と考えることができる。他の微生物によるアミノ酸の利用し易さは、LEUのようにあまり変化しないものからGLY、GLUのように大きく変化するものまで種々であった。これらのことから、微生物による有機物の取り込みについては、各種の微生物と各種の有機物の間に複雑な相互作用の関係が存在するものと考えられる。

結 論

1. 各種のアミノ酸を有機物源とした活性汚泥処理において、特定の微生物のみに利用されるアミノ酸もあれば、種々の微生物に利用されるアミノ酸もあることが明らかになった。従って複合有機物の除去は単一有機物除去の結果を重ね合わせたものとはならない。

2. 高分子有機物であるペプトン及びそれと同一組成のアミノ酸混合物の除去過程において、ペプトンは一次反応式でまたアミノ酸混合物はほぼ零次（Monod）反応式で除去された。活性汚泥微生物による有機物除去においては微生物による高分子有機物の加水分解の過程が律速となっており、その結果として高分子有機物の除去速度は低分子有機物のそれに比べて低くなり、更には反応次数も零次から一次に変化しているものと考えられる。

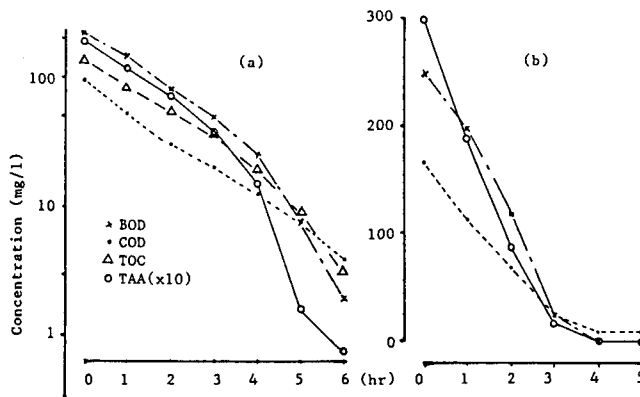


Fig-1 Substrate Removal in Pepton (a) and AA Mixture (b)

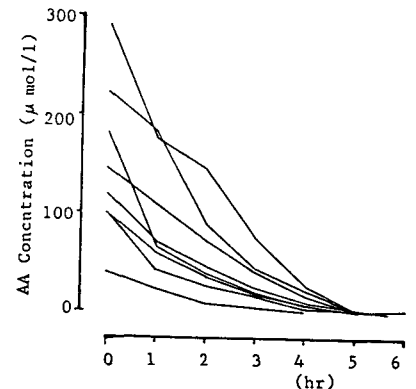


Fig-2 AA Concentration in Pepton

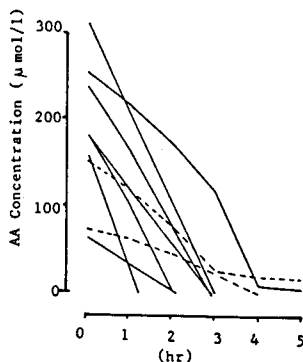


Fig-4 AA Concentration in Mixture

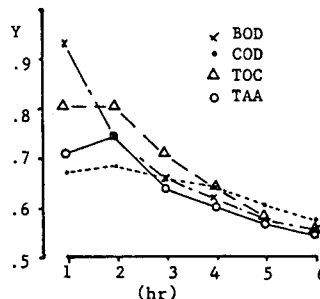


Fig-3 Yield Coefficient

Table-1 Substrate Removal Capacity

	A	B	C
GLU	161	329	461
GLY	45	94	535
PHE	47	43	85
LEU	143	136	173
	B/A	C/A	C/B
GLU	2.0	2.9	1.4
GLY	2.1	11.9	5.7
PHE	.91	1.8	2.0
LEU	.95	1.2	1.3