

II-403 包括固定化担体を用いた廃水処理に関する一考察

清水建設(株) 正真 丹羽 千明

1 はじめに

近年高分子材料を用いた微生物の包括固定化担体の有機性廃水処理への応用について研究がはじめられ、処理速度が速い反面、有効に処理出来る廃水にかなり条件が付きたり、生理特性の解明が不十分であるなど検討すべき課題も多い。ここでは生分解性のカラギーナンで包括後アクリルアミドゲルで包括した微生物担体(以下単に包括体という)を用いて、主として人工下水と処理し、実用上処理に重要な影響を及ぼす酸素消費速度、処理特性、未重合モノマーの溶出の有無などについて、その知見を得たので報告する。

2 微生物固定化担体(包括体)製造法と未重合モノマーの溶出

活性汚泥等微生物をホリマーゲル内に包括固定するに際し、モノマー、架橋剤、重合開始剤等の微生物への薬害が生じ、包括体製造後の活性にかなりのバラツキが生じる。今回は包括体使用段階で微生物によって分解出来る物質(ここではKCl入り混合カラギーナン)使用により一旦ゲル状に固定し、その外側をアクリルアミド(AA)で固定することにより、前述の化学薬品による薬害を防止すると同時に、使用段階での気阻率の増加、有効菌数の増大をわらった。製造工程を図-1に示す。表-1には包括体製造後20日目培養後の酸素消費速度のAA単用の場合等との比較を示した。

図-1の手法により製造した包括体に肉エキス、ペプトン系人工下水(BOD250 mg/l)を包括体みかけ容量が全液量の10%になるようにfill & draw法で毎日添加し、溶出する未重合のアクリルアミドの濃度をFID型ガスクロで定量した。図-2にガスクロの条件とチャート例を示す。アクリルアミドは1日目のみ検出限界値(約5%)程度のピークが観察されたが、それ以後は全く検出されなかった。

3 種々な条件下での酸素消費速度試験と基質除去特性

表-2に処理実験及び酸素消費速度試験に用いた人工下水の組成と、また図-3には酸素消費速度試験に用いた測定装置を示す。

まず、培養条件及び負荷条件による呼吸速度及び酸素消費速度の差異並びに除去反応の律速因子について検討した。

図-4はfill & draw法による培養条件が異なる包括体について酸素消費速度の差をとったものである。肉性呼吸は、0.6g BOD/m²・日以上の培養条件であればそれ程大きい変化はないが、基質と負荷したときの酸素消費速度は2g BOD/m²・日附近にピーク値が存在する。また、人工下水による種々の負荷条件で培養した包括体から得られるカーブ上に人工下水で培養した活性汚泥及び生活廃水処

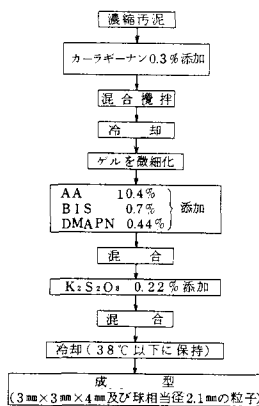


図-1 包括体製造工程

表-1 酸素消費速度の比較

アクリルアミド単用	二重炭素包括体	粒子を有する包括体	
酸素消費速度	100	154	228

注1. BOD容積負荷0.5kg/g日でFill & draw法で培養
注2. 懸濁液中の製造時仕込み生物濃度を等しくしたBOD200mg/l添加時の酸素消費速度の相対値(DO6%での比較)
* 3mm x 3mm x 4mm成形体を使用
* 無菌性粒子を併とした2重炭素包括体、粒子径1mm

表-2 人工下水の組成

成分	濃度	成分	濃度
ペプトン	100g	塩化ナトリウム	5g
肉エキス	66.7g	塩化カルウム	2.5g
尿素	16.7g	硫酸マグネシウム	1.7g
リン酸ナトリウム	16.7g		

上記は1ℓ中への溶解量; BO D10 mg/l, 所定濃度に稀釈して使用した。

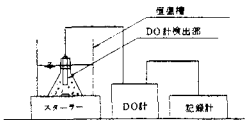


図-3 酸素消費速度測定装置

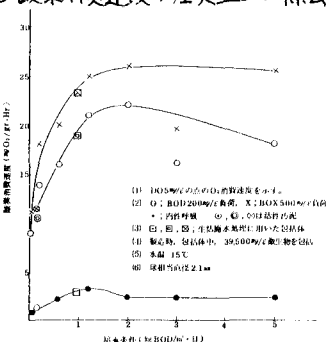


図-4 培養条件の異なる包括体の酸素消費速度

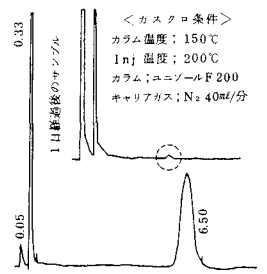


図-2 ガスクロチャート例

理に用いた包括体もほぼのって行くことかわかる。1.2⁵BOD /m³日以上の培養条件では包括時(39,500mg/l)の約2倍量まで微生物の増殖が進行しているものと推定される。包括体を実装置で使用するに際し低負荷から高負荷への急変に対する順応性に関しては注意が必要であることを示している。

除去反応が包括体内への酸素拡散律速になる場合は、図-5に示すように酸素消費速度はDOの空乗に比例して行く。図-6に前述の各条件の培養した包括体(1=BOD 200mg/l, 500mg/l負荷)の場合の液中DOと、酸素消費速度の関係を示す。これから各条件とも液中のDOが3~4 mg/l以下で包括体内へのDO拡散律速になっていることが分かる。①と⑤においては6~7mg/lといふ高いDOからDO拡散律速になった原因は、BOD 200mg/l添加後、約15分してさらにBOD 300mg/lを添加したため酸素消費速度試験開始時より十分包括体内部まで基質が浸透していたことによると考えられる。一方3kgBOD/m³日培養の包括体をつりつぶした⑦、⑧についてはDO拡散律速は観察されず、包括体の有効係数としてDO 4mg/l以上で約70%が得られたが、DO拡散律速となる低DOにならざるを得なかった。

除去反応が酸素の包括体への拡散律速になるのを防止するためには液中のDOを高く保つ必要があることが解るが、包括体の場合は活性汚泥法に比べMLSSが高くて酸素吸収効率も低下しにくい点があることが流動床型処理槽で確かめられた。

図-7は実装置における負荷の急変及び運転条件と律速因子の関係を明確にする目的でBOD負荷を人工下水により10 mg/lから図示した条件で段階的に600 mg/lまで増加した場合の酸素消費速度を検出したものである。BOD負荷100 mg/l以上において基質拡散律速の領域がやはりDO 3mg/l以下において存在し、それ以下のBOD負荷ではDO消費は基質濃度及びその拡散に左右されることがわかる。図-8は包括体20%を用いて人工下水を対象として、各々反応時間を変え、所定時間反応後反応液を排除して、所定量まで基留水で満ち酸素消費実験を行った結果を示す。また図-9は反応時間別の処理結果を示す。1時間以下の反応時間では包括体中への吸着、摂取量が大きく、反応液が経過後も徐々に約1時間をかけて代謝されていることが分かる。反応液中には一部基質が一旦Sに酸化し、反応液中の残留CODの約1/2を占め、反応時間の経過と共にそれも減少して行く。

4 おわりに

- (1) 微生物包括体を製造する際、生分解性のカラギーナンで一旦包括し、その後アクリルアミド(AA)で包括することによりAA単用と比べ薬害が防止出来た。
- (2) 製造後のAAモノマーの包括体からの溶出は1日程度でガスクロ検出限界以下まで低下した。
- (3) 球相当径2.1mmの包括体を用いた人工下水による曝(参考文献) 千畑一郎編：固定化酵素

包括体細孔内の酸素の物質収支は、条件下では、 $x = \delta a$ まで酸素が浸透したとすると
 $Do \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} - \frac{dC}{dt} - R_0 = 0 \dots \dots \dots (1)$
 内性呼吸及び基質除去に伴う酸素消費速度 $C = 0$ で $C = C_0$ } の種族条件で
 の和を R_0 とし基質除去を0次反応とすると、 $x = \delta a$ で $\frac{dC}{dx} = 0$ }
 R_0 は一定値となり、定常状態では(3)となる。 $C = \frac{R_0}{2D_0} x^2 - \frac{R_d}{D_0} \delta a x + C_0 \dots \dots \dots (4)$
 $R_0 = (r_0 + b)S \dots \dots \dots (2)$; 表面から $x = \delta a$ で $C < C_0$ 故に(4)式より
 の距離 $Do \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} = R_0 \dots \dots \dots (3)$; 内性呼吸 $(\frac{2D_0 C_0}{R_0})^2$ 酸素が浸透したところ
 呼吸、 Do ; 包括体内の酸素の分子拡散係数、 δa ; 包括体半径、
 C_0 ; 液中のDO濃度、 S ; 微生物濃度、 R_d ; 基質消費速度、
 基で酸素消費が起ると、酸素消費速度
 質の浸透係数に比べ酸素の浸透が不完全な
 $R_d = R_0 - La - (C_0)^2$

図-5 包括体細孔内の酸素の拡散

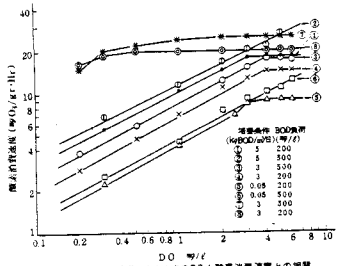


図-6 基質を急増としたときのDOと酸素消費速度との関係

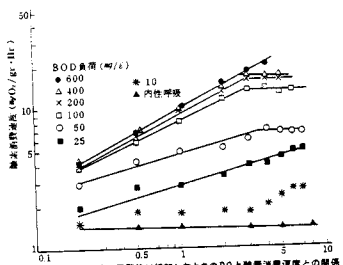


図-7 BOD負荷を段階的に増加したときのDOと酸素消費速度との関係

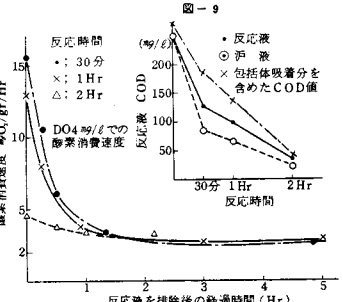


図-8 吸着した基質の分解に伴う酸素消費

素消費実験ではBOD 100 mg/l以上かつDO 3~4 mg/l以下で包括体中への酸素拡散律速となつた。
 (4) 回分反応において、初期程包括体へ吸着摂取される基質量が多く、それらに徐々に代謝される。