

(10) C.M. セルロースと活性汚泥処理

富山県立技術短期大学 安田 正志

1. はじめに

処理すべき物質を活性汚泥の側からみると、基本的な問題は、次の3点に集約されと考えられる。

- (1) その物質自体の処理可能性とその程度。
- (2) 他の物質の処理に対する影響とその程度。
- (3) (1)、(2)を総括するものとして、その物質が他の物質と混在する場合の処理と影響の機構。

特に難分解性物質の活性汚泥処理について考える場合、以上のような各側面にわたる検討が必要であると思われる。現在のところ最も一般的な廃水処理法の一つである活性汚泥法のより適切な利用をめざす上からも、難分解性物質に対する検討は急務の課題の一つである。

本報告は、以上のような観点から、特にCMC(カルボキシメチルセルロース)を対象として、種々の実験を行ってみたものである。

CMCの処理については、Kanamotoら¹⁾は、その分解酵素の種々の性質について調べ、またBlanchardら²⁾は、活性汚泥処理について、馴致を行うことによって20日間の培養で96%の除去率を得ているけれども、通常の活性汚泥処理におけるCMCの処理可能性や影響についての検討はほとんど行われていない。

本研究では、活性汚泥の性状を規定する基礎的条件は流入基質であるとの考えから、ベースとなる基質構成を一定とし、これにCMCが加わることによる種々の現象を把握し、それらを統一する機構について考察するという考え方をした。なお、CMCの酸素消費量は、筆者の分析によれば、COD(Cr)として平均0.92 g/g、BODとして0.016 g/gであった。

2. 連結培養実験

まず第1段階として、表-1の合成下水に対して、CMCを添加したときの影響を調べるため、連続培養の実験を行った。

2.1 実験条件および方法

実験装置は、エアレーション部2.07ℓ、沈殿部0.83ℓのケモスタットのエアレーションタンクで、これに一定の流入負荷となるように調整した合成下水が連続的に流入するようにしたものである。各実験は、まず合成下水で培養しておき、これをベースとして一定期間後さらにCMCを添加あるいは削除して、その影響がどのように現われるかを調べた。PH調整は行っていない。またCMCの添加の影響をよりよく把握するため汚泥の引抜きを行っていない。なお、実験7812の汚泥は実験開始前13日間合成下水に馴致させたものであり、さらに実験7813では、実験7812の終了後その汚泥を1日1回のfill&drawにより合成下水で培養しておいたものである。水温は実験7812では22.5〜31℃、実験7813では21℃である。また流入水量はいずれも7.7ℓ/d、エアレーション部の水理的平均滞留時間は6.5hrであった。

2.2 COD、BOD、MLSS等からみたCMCの影響

実験7812と7813の結果をCMCの添加の有無を考慮してまとめたのが表-2である。CMCの添加は、CODによって把握できるが、BODでは関知していない。さらにこれからCMC添加濃度とCOD除去率およびBOD除去率の関係を示したのが図-1である。すなわちCOD除去率は悪化しているけれども、BOD除去率には変化は認められない。これらのことは、有機物除去という観点

表-1 合成下水の構成

基 質	構成
ペプトン	6 g
肉エキス	4
尿 素	1
塩化ナトリウム	0.3
リン酸水素2ナトリウム	1
塩化カリウム	0.14
硫酸マグネシウム	0.1
塩化カルシウム	0.14
水	1 ℓ

からはBOD

表-2 実験7812および7813の実験条件と結果

実験番号	期 間	CMC 濃度(mg/l)	実験開始 時COD-SS 負荷(g/gd)	指 標	流入水 (mg/l)	流出水 (mg/l)	除去率 (%)
7812	7/20~8/9	0	0.39	COD	202	20.5	90.0
	8/9~9/17	94	0.41		306	98.5	67.8
	9/8~10/7	0	0.17		190	18.7	90.2
	7/20~8/9	0		BOD	168	3.7	97.8
	8/10~9/7	94			186	1.8	99.0
	9/8~10/7	0			182	2.2	98.8
7813a	10/30~11/29	0	0.29	COD	205	16.4	92.0
	11/30~12/21	188	0.34		358	16.2	54.7
7813b	10/30~11/29	0	0.31	COD	205	16.0	92.2
	11/30~12/21	48	0.30		247	52.6	78.7

の関係を示したのが図-2である。なお、これからCMC由来CODの除去率を示したのが、図-1中の×印である。CMC由来CODの除去はわずかに認められ、図-2の平均の傾きから約10%、図-1からは平均13.8%である。この除去された分は、BODにはかからないことから、活性汚泥に単に吸着されたものと考えられる。

図-3は、実験7812のMLSSおよびMLVSSの絶対量の経日変化を示したものである。MLSSの絶対量の1日当りの増加速度は、最小自乗法をあてはめて、CMC添加前は48.6mg/d、CMC添加後は125mg/dである。よって、このCMC添加による増大量は76.4mg/dとなる。一方、CMC由来CODの除去率は約10%であるから、流入CMC94mg/lのうち汚泥に取り込まれた量は、94mg/l $\times$ 0.10 $\times$ 7.7l/d=72.4mg/dとなり、前述の増大量とよく合っている。このことは、CMCは代謝されるのではなく、単に吸着されるだけであることを示している。

さらにCMC添加を中止した後のMLSSの減少速度は同様に約209mg/dと増加速度に比べてかなり大きく、CMCの脱着速度がかなり大きいことを示している。

2.3 ゲルろ過からみたCMCの影響

図-4および図-5は、実験7813におけるCMC添加のあるときとないときについて流出水のゲルろ過の結果の1例である。この結果、両者を比較してみると、フラクションナンバー14の付近にピークの有無がみられる。なお、同様に流入水についてゲルろ過を行ったところ、そのパターンに相異はなかった。またCMCのみのゲルろ過では特に著しい

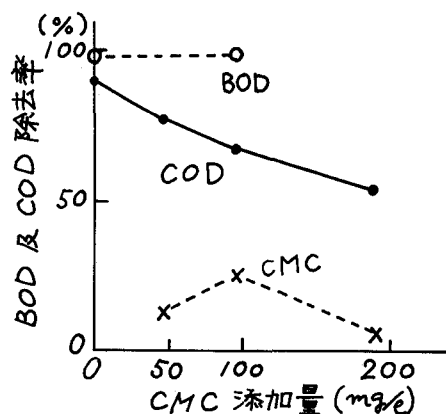


図-1 CMC添加量と有機物除去率

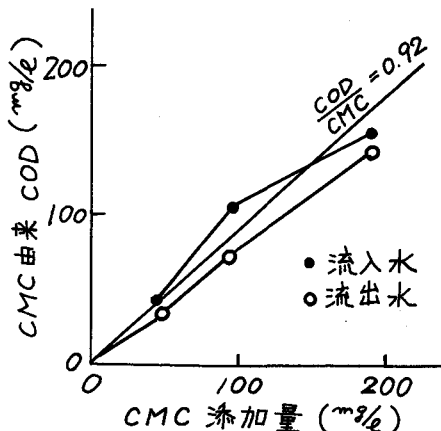


図-2 CMC添加量とCMC由来COD

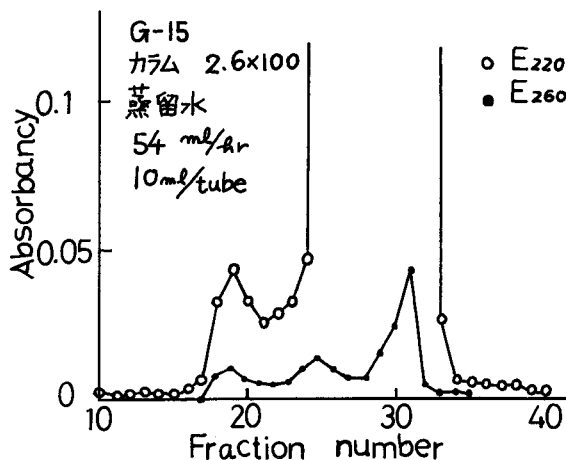


図-4 CMC無添加の流出水のゲルろ過

ピークはみられなかった。

このことは、CMCの添加によって、合成下水の一部が、高分子のまま残留することを示している。すなわち、わずかながら易分解性基質の分解を妨害しているということが示された。

2.4 生物相からみた影響

表-3は、CMCの添加による生物相の相異を++以上みられたことのある代表的種についてまとめたものである。この結果、CMCの添加によってVorticella sp.は消失し、逆にEuglypha sp.とColpoda asperaは増大している。

Epistylis sp.は何とも言えない。その他は影響は認められない。このように、原生動物の種類によっては影響をうけることが認められたが、その理由などは不明である。

3. CMCの呼吸活性に及ぼす影響

DOメータを利用した呼吸速度の測定装置を準備し、CMCの濃度が呼吸活性に及ぼす影響について調べた。表-4はその各条件であり、その結果を示したのが図-6である。この結果、実験1はCMC100mg/lまで急激に呼吸活性が低下しているが、それ以外には影響は認められない。このように1例のみにこ

表-3 CMCの生物相に対する影響

実験番号	7812			7813a		7813b	
CMCの有無	-	+	-	-	+	-	+
(細菌類)							
Zoogloea sp.	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
(原生動物)							
Euglypha sp.		+++	++	+	++++	+	+++
Vorticella sp.	+++			++		++	
Bodo sp.	+++	+++					
Spirostomum sp.	+++						
Microthrix sp.	+++	+++	+++				
Epistylis sp.		+++	+++	+++		+++	++
Colpoda aspera				+	+++	+	+++

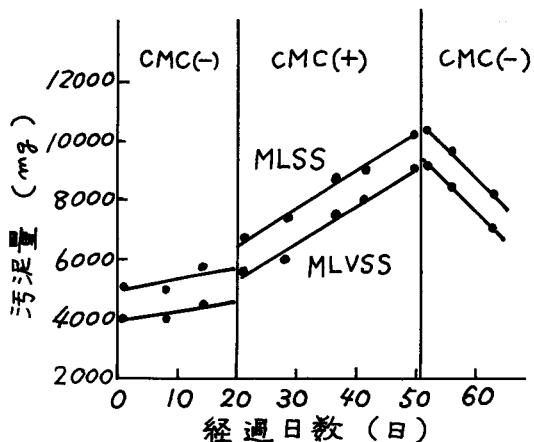


図-3 MLSSの経日変化(実験7812)

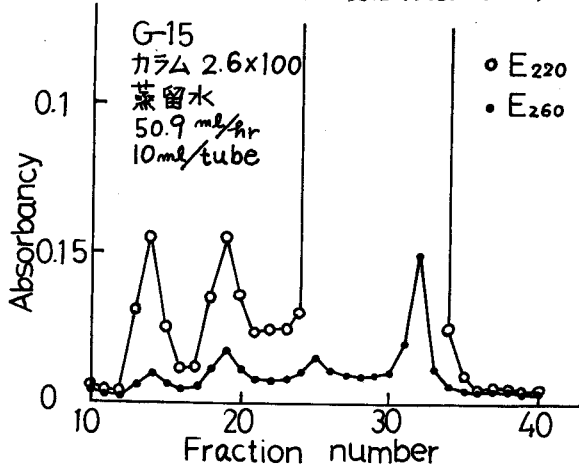


図-5 CMC添加の流出水のゲルろ過

のような結果がでた理由は不明である。現段階においては、全体的傾向として呼吸活性に対する急性の影響は認められないと言えよう。

一方、前述の連続培養の実験7812における呼吸活性の経日変化を示したのが図-7である。さらに後述の図-8にはfill&drawにおける結果を示している。これらの結果からみると、CMC添加後呼吸活性の低下傾向が認められる。

以上のことから、CMCに対して急性の影響は認められないものの、慢性的には若干の影響があると考えられる。

4. fill&draw実験

実験結果を図-8に示す。詳細は講演時に述べる。なお、CMC添加濃度に対してCMCの吸着飽和値が存在することが認められる。

5. バッチ実験

表-4 呼吸活性に関する主要な実験条件

5.1 (実験その1) CMC 処理

5ℓのエアレーションタンクを用い、合成下水のみ(実験7907、7908)、合成下水+CMC100mg/ℓ(実験7902、7903-

	期 日	基 質	基質に対する馴致	水 温 ℃	MLSS mg/ℓ
実験 1	78. 8. 7	団地下水 (初沈流出水)	馴 致	29.8	1442
2	78. 8. 7	合成下水	未 馴 致	29.0~29.3	1442
3	79. 6. 12	合成下水	馴 致	24.0~24.5	2203
4	79. 6. 12	団地下水 (初沈流出水)	馴 致	23.0~24.8	1057

CMCへの馴致なし、実験

＊ いずれもCMCには未馴致

7904-馴致あり)およびCMC100mg/ℓのみ(実験7906-馴致あり)の各条件で比較実験を行った。水温21±1℃でPH調整は行っていない。活性汚泥混合液を3000rpmで遠心分離して得られた上澄液についてCODを調べた。これらの実験における当初MLSSは1700mg/ℓ~3300mg/ℓの範囲であった。

図-9にその結果を示した。同図の下段には、2で述べたと同様な考え方でCMC由来のCODの変化を示した。この結果、CMCに対して未馴致の汚泥の場合にはCMC由来CODの低下が認められるけれども、馴致した場合には時間の経過とともに極わずかに減少するのみである。この相異は、汚泥のCMCに対する代謝に関係しているというより、吸着能の違いによると考えられる。また、同図からわかるように、CMCのいわゆる初期除去は認められない。

5.2 (実験その2) MLSSの変化

1ℓのエアレーションタンクを用い、合成下水とCMCの種々の組み合わせによって、バッチ実験を行ない、MLSSの変化を調べた。主要な実験条件は表-5の通りで、結果を図-10に示した。

MLSS分析における精度上の制約から厳密な議論はしにくいけれども、MLSSは、合成下水の吸着、代謝とCMCの吸着の総合的結果を示すと考えられる。実験7909から、合成下水の投入されているA、Bはいずれも2時間目にピークがみられるが、CMCのみのCではみられない。さらに実験7910でも同

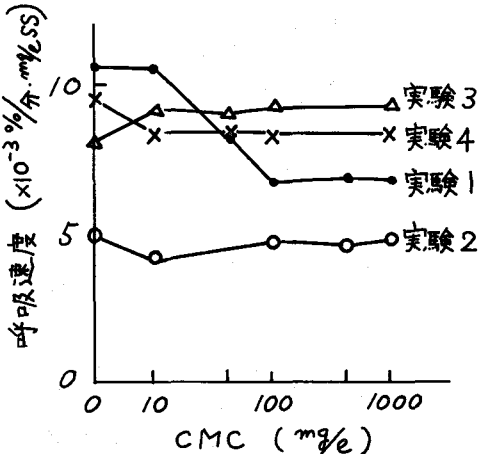


図-6 CMCと呼吸速度

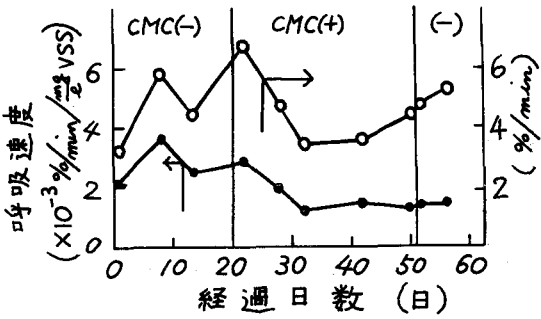


図-7 実験7812における呼吸活性

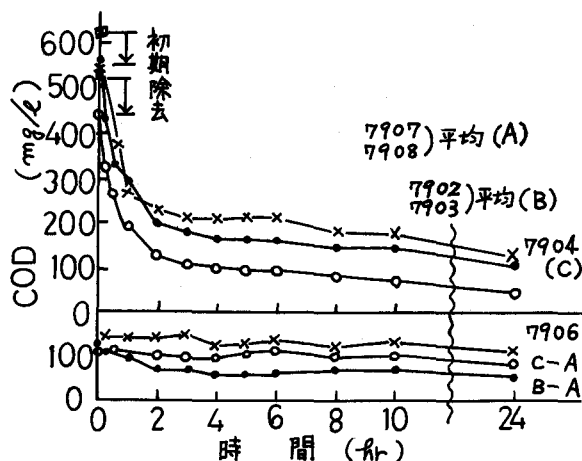


図-9 バッチ実験におけるCODの変化

様にBではピークがみられるが、A、Cではみられない。CMCに馴致した実験7911からもBのみにピークが認められる。すなわち、合成下水の投入されている場合には、比較的早い時間にピークが認められる。また、CMC添加時で未馴致の場合には、MLSSはゆっくりした増大傾向にあり、馴致されている場合には、空ばっ気の時とほとんど差はない。

以上のことは、初期のピークは合成下水のすみやかな吸着と代謝によって形成され、CMCはゆっくりと吸着されることを示している

表-5 実験7909～7911の主要実験条件

と考えられる。そして、CMCに馴致されて飽和している場合には、もはやそれ以上吸着しないことを示している。すなわち、活性汚泥の吸着の機構は、物質によって異なるのである。

なお、別にCMCを0～2000mg/lの範囲で変化させて活性汚泥に投与して振とう培養した結果から大体において、CMCの吸着はラングミュア型であることが認められた。

6. 討 論

以上の結果をまとめると次のようなことが明らかになった。(1)、CMCの活性汚泥処理は、除去率10%程度である。これはCMCの一部が吸着されるのみで代謝されない。しかし、このことはBODからは検知できず、CODによらなければならない。(2)、合成下水の処理への影響としては、ゲル過によって一部分

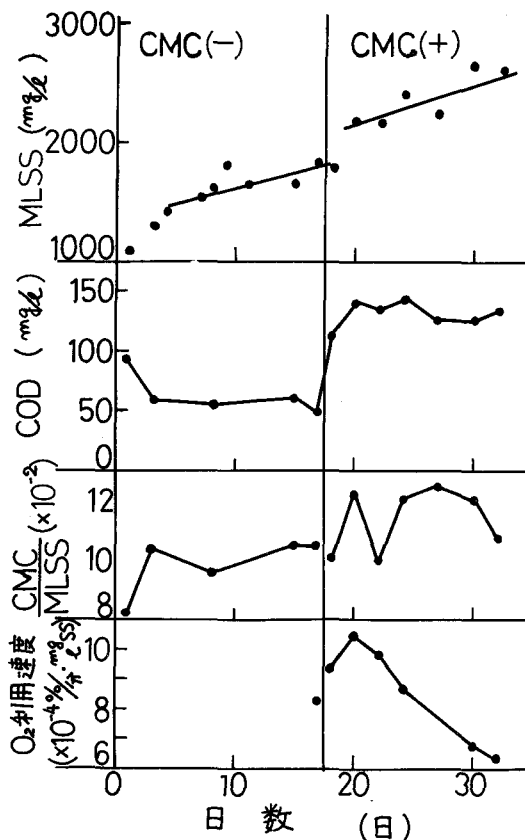


図-8 実験7901の結果

実験番号	期 日	CMCの馴致	水 温	投入CMC	合成下水COD	当 初 MLSS
			℃	mg/l	mg/l	mg/l
7909 A	79. 6. 15	な し	23.5	0	500	2900
B	"		23.5	300	500	3170
C	"		24.2	300	0	2620
7910 A	79. 6. 26	な し	26.6	0	0	1880
B	"		26.6	2000	500	1760
C	"		29.1	2000	0	2030
7911 A	79. 7. 17	あ り	23.9	0	0	1020
B	"		23.9	1500	500	1270
C	"		25.0	1500	0	990

が高分子の状態のまま残留していること、呼吸活性に対しては急性の影響はないが、長期的には低下すること、また生物相について種によっては影響していること等が認められた。(3)、これらを総括するものとして、合成下水にCMCが添加されている場合の機構として、次のような作業仮説が考えられる。
 その1は、まず汚泥表面への基質の吸着、次いで細胞内への蓄積、そして蓄積された基質の代謝の3段階より成る。そして前記のCMCはこの仮説では吸着の段階までで停まり、合成下水においては、吸着と細胞内蓄積の両段階はみかけ上区別がつかなくなると考える。脱着速度は吸着では大きく、蓄積まで達すると小さくなるであろう。その2は、吸着、代謝の2段階で考えるけれども、吸着の機構は物質によって異なると思う。CMCの場合には代謝の過程までは進まない。

この両者の仮説は、活性汚泥のバイオソープションにおいて生物学的現象とする説³⁾と物理的吸着であるとする説⁴⁾の矛盾を解決しうる。また、CMCの合成下水の処理や呼吸活性への影響は、前者にお

いては表面吸着による妨害、後者においては非代謝的吸着による妨害というように説明しうる。これらのうちいずれが有効であるか、あるいはさらに別の作業仮説が考えられるかは、今後の課題である。本研究におけるむずかしさは、CMCそのものを他の物質と区別して検出することの困難さにある。したがって、CMC以外の多くの同様物質についての知見を集積すること、別に吸着、蓄積の機構を調べることによって解明していくことが考えられる。なお、その他の課題として、本報告では、合成下水とCMCが混在することを前提として研究を進めたけれども、C源としてCMCを利用する処理も考えられるので検討の余地はある。

7. まとめ

ペプトン、肉エキス、尿素を主要基質とする合成下水にCMCを添加した場合において、CMCの処理や合成下水の処理への影響等について実験的に検討を加え、その処理と影響の機構についても若干の検討を加えた。

8. 参考文献

- 1) Kanamoto et al. ; J. Ferment. Technol., Vol.57, No.3, pp.163~168, 1979
- 2) Blanchard et al. ; Appl. and Environ. Microbiol., Vol.32, No.4, pp.557~560, 1976
- 3) 合葉ら ; 醸酵工学会誌, Vol.41, pp.380~384, 1963
- 4) 関ら ; 日醸酵, pp.73~75, 1966

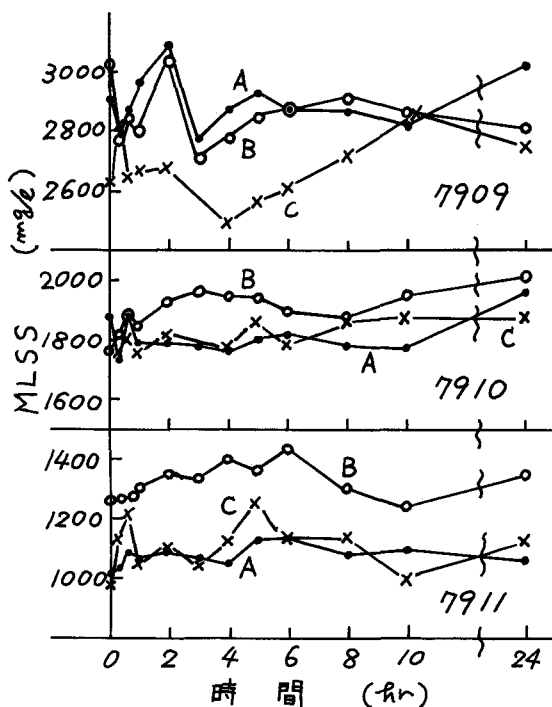


図-10 CMCとMLSSの変化