



Title	カビpellet によるデンプン廃水处理
Author(s)	藤田, 正憲; 岩堀, 恵祐; 山川, 公一郎 他
Citation	水質汚濁研究. 1991, 14(10), p. 682-690
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/3156
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

〈論 文〉

カビ pellet によるデンプン廃水処理

藤 田 正 憲*
山 川 公一郎**岩 堀 恵 祐*
武 市 治***

Starch Wastewater Treatment Using Pellets Formed by Fungi

Masanori FUJITA*, Keisuke IWAHORI*,
Koichiro YAMAKAWA** and Osamu TAKEICHI***

* Dept. of Environmental Engineering, Osaka University, 2-1 Yamadaoka, Suita-shi, Osaka 565 Japan

** Takenaka Corporation, 13-1, 1-chome, Kachidoki, Chuo-ku, Tokyo 104 Japan

*** Mitsui & Co., LTD., 2-1, Ohtemachi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100 Japan

Abstract

Various batch and continuous experiments were carried out in order to investigate the starch wastewater treatment using pellets formed by *Aspergillus niger*. The results obtained from this study were summarized as follows:

- (1) Pellets formed by *A. niger* were effective for wastewater treatment and had good ability of starch decomposition and TOC removal.
- (2) Optimum pH ranges for 2-stage starch decomposition were determined by batch culture experiments.
- (3) During the continuous culture period, it was confirmed that the form and high intensity of pellet were maintained under aeration and/or agitation, and that its diameter became larger gradually.
- (4) From the results of continuous experiment using the 2-reactor, it was shown that over 90% of starch was decomposed and 75% of TOC was removed.

Key words: *Aspergillus niger*, pellet, starch, wastewater treatment

1. 緒 言

細菌, 原生動物, 後生動物など, 多種多様な微生物群集を用いた污水处理法として発展してきた活性汚泥法は, MRB や自己固定化活性汚泥法の開発により, 硫酸還元菌や糸状性細菌など, これまでの常識を越えた微生物を活用する段階にまで達している。このような特殊微生物を活用した廃水処理法の延長として, 真菌類の酵母による酒造廃水, 炭化水素系廃水などの処理

法^{1)~4)}が注目され, さらに, 同じ真菌類のカビをネットに付着・増殖させた自己固定化微生物による都市下水の処理に関する研究^{5),6)}が報告されている。これらとは別に, カビによる廃糖蜜の脱色⁷⁾, 2-クロロフェノールの処理⁸⁾など, 特殊廃水に適用された例がみられるが, その例は少ないので, 今後の発展が期待される。

ここでは, カビの深部培養において, 攪拌条件が不適切であれば, しばしば菌糸がボール状の pellet を形成することに着目し, これを自己造粒活性汚泥とみな

* 大阪大学工学部環境工学科 〒565 大阪府吹田市山田丘 2-1

** 株式会社竹中工務店 〒104 東京都中央区勝どき 1-13-1

*** 三井物産株式会社 〒100 東京都千代田区大手町 1-2-1

した廃水処理法の開発を試みた。カビとしては、醗酵分野で広く利用されている青カビ、クモノスカビなどの中から、デンプンの糖化力が非常に強く、かつ液体中で振盪培養すれば容易に pellet を形成する麹カビを選び、pellet によるデンプン廃水処理の効率化を検討した。

2. 実験材料ならびに方法

2.1 実験材料

2.1.1 供試菌株

Czapek-Dox 培地で継代保存した *Aspergillus niger* KCC F-0086 (ATCC 6275) を使用した。

2.1.2 培地

Czapek-Dox 培地の組成を Table 1 に示した。またデンプン培地としては、Czapek-Dox 培地のグルコースおよび寒天の代わりに可溶性デンプン（ナカライテスク(株)製，Code 321-22； $25\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ）を添加した培地を用いた。また、実験 I ではデンプン培地で、リン酸緩衝液（M/1.5 Na_2HPO_4 ，M/1.5 KH_2PO_4 ，M/1.5 H_3PO_4 ）の割合を適宜調整し、pH を 2～7 にそれぞれ設定した培地を用いた。これらの培地は、例えば pH 4 に調整したものを pH (4) 培地と略し、括弧内の数字が所定の pH の値を表すものとする。なお、リン酸緩衝液を添加しないデンプン培地（pH (f) 培地）を比較のため実

Table 1 Composition of Czapek-Dox medium

Component	Concentration ($\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)
Glucose	30.0
NaNO_3	3.0
K_2HPO_4	1.0
KCl	0.5
$\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5
$\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.01
Agar	15.0
pH (—)	5.6

Table 2 Composition of synthetic starch wastewater

Component	Concentration ($\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)
Starch	2.5
NH_4Cl	0.191
K_2HPO_4	0.0564
TOC ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	1000
T-N ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	50
T-P ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	10
pH (—)	5.0

験に供した。

2.1.3 孢子懸濁液の調製

Table 1 の Czapek-Dox 培地に孢子を 1 白金餌植菌し、1 週間後の培地表面に生育した孢子を滅菌水 10ml に懸濁させてから、滅菌水で適宜希釈して孢子懸濁液を調製した。

2.1.4 供試 pellet の作成

300ml 容三角フラスコにデンプン培地 100ml を投入し、高圧蒸気滅菌 (120°C ，20分間) 後、*A. niger* の孢子約 10^8 個を植菌して、 28°C ，120rpm で 7 日間回転振盪培養し、pellet を作成した。

2.1.5 供試デンプン廃水

Table 2 に示したデンプン廃水を実験に供した。

2.2 実験装置ならびに方法

2.2.1 回分培養実験（実験 I）

300ml 容三角フラスコに供試培地 100ml を入れ、孢子懸濁液 0.1ml を植菌したのち、 28°C ，120rpm で回転振盪培養した。培養期間中、適宜、培養液を採取し、その乾燥菌体、TOC、グルコース、糖類の各濃度と pH を測定した。TOC、グルコース、糖類の各項目は 4 μm の濾紙で濾過してから測定に供した。

2.2.2 上向流処理実験（実験 II）

(1) 実験装置

実験装置の模式図を Fig. 1 に示した。カラムは、内径 30mm，高さ 300mm の透明塩ビ製で、実容積 180ml であり、底部からデンプン廃水を流入させ、上部から流出させる上向流式を採用した。

(2) 実験方法

菌体濃度が約 $6,500\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ となるように、カラム内に pellet を充填し、Table 3 の条件でデンプン廃水を供給して実験を行った。実験は、水理学的滞留時間 (t_d)

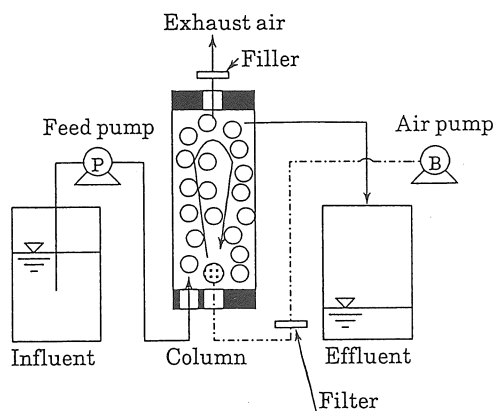


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus for experiment II

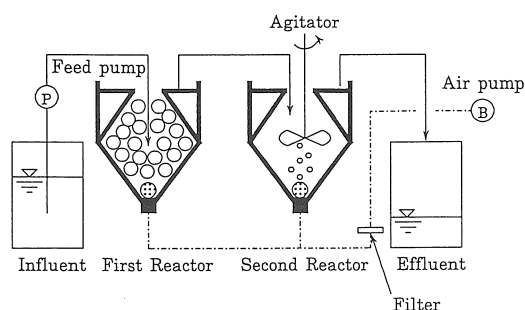


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus for experiment III

を8時間、6時間、4時間となるように順次設定して行い、適宜処理水を採取し、その乾燥菌体、TOC、T-N、グルコース、糖類の各濃度およびpHを測定した。なお、実験II-1はデンプン廃水を予め曝気した前曝気法で、またその他の実験はカラム底部の多孔球による直接曝気法で、それぞれ酸素を供給した。

2.2.3 二槽式処理実験（実験Ⅲ）

(1) 実験装置

実験装置は、Fig. 2に示したように、同一仕様の2つの反応槽（透明塩ビ製）から構成されている。反応槽は、上部円筒（直径14cm）、下部逆円錐（直径14cm、高さ8cm）の構造で、円筒部にロート型の蓋を装着して、反応部（容積：1.1l）と固液分離部（容積：0.9l）に分離されている。固液分離部を越流した処理水は、開水路を通して流出口から排出される。また、2つの反応槽は、槽内の好気状態の保持あるいはpelletの攪拌のため、底部の多孔球から曝気した。第1反応槽内には、pH計を浸し、所定のpH値を維持できるようにした。さらに、第2反応槽では、下部の逆円錐形状に合わせた翼で緩速攪拌した。

(2) 実験方法

第1反応槽の反応部には、初発菌体濃度が $2,900\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ となるようにpelletを投入し、Table 4の条件で実験を開始した。実験開始時には、第2反応槽は第1反応槽からの浮遊菌糸を貯留し、そのpellet化を行わせる造粒槽の役目としたが、実験の後半では、第1反応槽の余剰pelletを投入し、連続2段反応槽としてデンプン廃水の処理を行った。第1反応槽では、通気量は当初 $1.0\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ に設定したが、pelletの流動状況を観察して適宜調節し、また、pHは4.0～4.5に維持した。実験期間中、第2反応槽流出水を適宜採取し、その乾燥菌体、TOC、グルコース、糖類の各濃度とpHを測定した。

Table 3 Operational conditions of experiment II

Experiment No.		II-1	II-2	II-3	II-4
Item	Flow rate ($\text{l}\cdot\text{d}^{-1}$)	0.54	0.54	0.81	1.08
	TOC concentration ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	1000	1000	1000	1000
	Starch concentration ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	2500	2500	2500	2500
Hydraulic retention time (h)		8	8	6	4
Aeration method		Pre-aeration	Direct aeration	Direct aeration	Direct aeration

Table 4 Operational conditions of experiment III

Item		Setting value
Influent	Flow rate ($\text{l}\cdot\text{d}^{-1}$)	6.6
	TOC concentration ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	1000
	Starch concentration ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	2500
Hydraulic retention time (h)		4
Air flow rate ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$)		1.0～2.0

2.3 測定方法

孢子懸濁液の孢子数は、予め求めた孢子数と OD_{600} の関係から、 OD_{600} 測定で決定した。乾燥菌体、TOCの各濃度ならびにpHは下水試験方法⁹⁾に準じて、またグルコースはグルコースオキシダーゼ法で、糖類はフェノール硫酸法でそれぞれ測定した。なお、一般的には、グルコースは重合して約10%の水分が取り除かれる¹⁰⁾といわれているので、ここでは多糖類を次式から算出した。

$$(\text{多糖類}) = (\text{糖類}) - (\text{グルコース}) \times 0.9$$

3. 実験成績ならびに考察

3.1 回分培養実験（実験Ⅰ）

回分培養実験より、pHおよびTOC、グルコースの各濃度の経日変化をFig. 3～Fig. 5に示した。これらの実験成績をもとに、以下に考察を行った。

3.1.1 pellet形成に及ぼすpHの影響

pH(2)培地では、pelletが形成されず、パルプ状の白い菌体が浮遊して増殖し、またpH(7)培地では、培養期

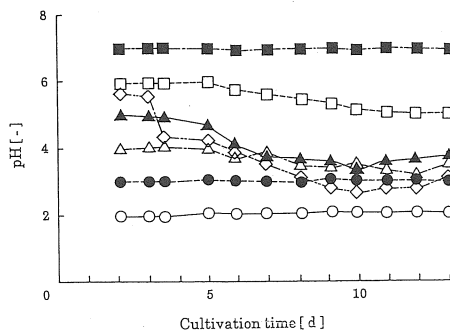


Fig. 3 Time-series variations of pH
○ pH(2), ● pH(3), △ pH(4), ▲ pH(5)
□ pH(6), ■ pH(7), ◇ pH(f)

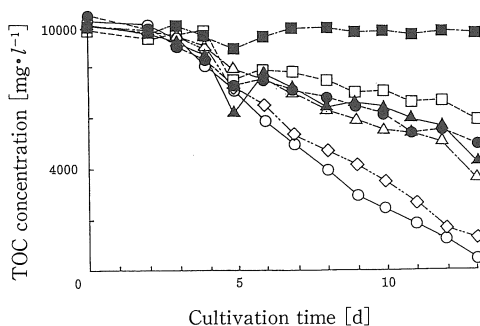


Fig. 4 Time-series variations of TOC concentration
○ pH(2), ● pH(3), △ pH(4), ▲ pH(5)
□ pH(6), ■ pH(7), ◇ pH(f)

間中、菌体の増殖がほとんど認められなかった。しかし、それ以外の pH では、Fig. 6 に示したように、すべて pellet が形成され、pH の高い培地ほど、その径が小さく、しかもその数が増える傾向が認められた。なお、リン酸緩衝液を用いたにもかかわらず、pH (4)培地と pH (5)培地では、培養終了時の pH が若干減少し、有機酸の生成が示唆された。一方、比較のため行った pH (f)培地では、初発の5.6から、培養終了時の2.8まで pH が大幅に減少し、その pellet も不均一で、pH を調整した他の培地よりも、その数が多いことがわかった。

3.1.2 デンプン分解能に及ぼす pH の影響

Fig. 5 から、グルコースは、pH (2)培地～pH (5)培地および pH (f)培地で生成され、しかも pH (4)培地でのそれがもっとも速く、大量に生成されていることがわかる。デンプンからのグルコース生成は、アミラーゼ活性、とくにグルコアミラーゼ活性に比例して行われるが、その至適 pH は、微生物によって異なり、*A. niger* では pH 4～6 である¹¹⁾といわれている。本実験の場合、pH 2 でもアミラーゼ活性を有するが、その

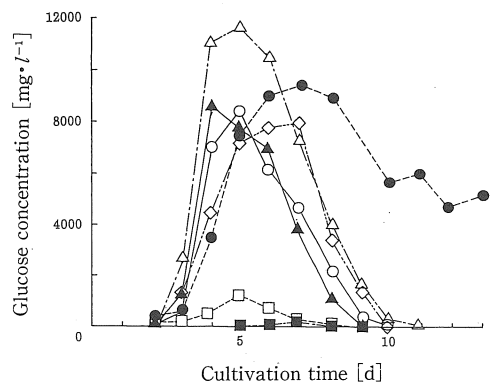


Fig. 5 Time-series variations of glucose concentration
○ pH(2), ● pH(3), △ pH(4), ▲ pH(5)
□ pH(6), ■ pH(7), ◇ pH(f)

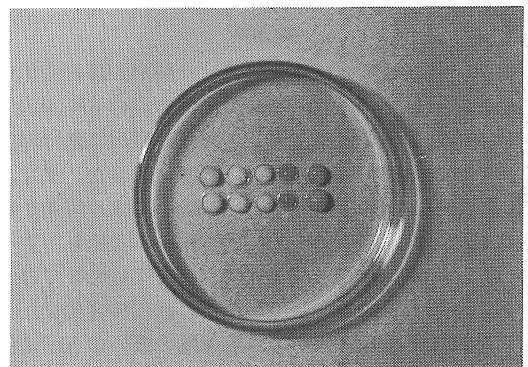


Fig. 6 Pellets of *A. niger* (Each medium of pH(3), pH(4), pH(5), pH(6), pH(f) from left)

至適 pH は 4 付近であると推定できる。また、pH (6)培地では、グルコースの生成はあまり行われなかったが、菌体の増殖が認められ、TOC も除去されていたことから、デンプンが分解・除去されたといえる。しかし、その pellet および培養液の色は、前述の培地とは異なり、濃い黄色を呈していた。

ここで、*Aspergillus* によるデンプンの分解は、グルコースの生成に着目すると、次の 3 つの過程に分けられる。

- ・グルコース増加期：グルコース生成量＞分解グルコース量
- ・グルコース一定期：グルコース生成量＝分解グルコース量
- ・グルコース減少期：グルコース生成量＜分解グルコース量

ここで、pH (4)培地ならびに pH (f)培地における多

糖類、グルコースおよび有機酸の構成比率の経日変化を Fig. 7 に示した。本図より、pH (4) 培地では、培養 3 日目からグルコースの生成が起り、その後 5 日目まで急激に増加し、2 日程度の一定期間後、徐々に減少していることがわかる。また、pH (f) 培地では、pH (4) 培地よりも 1 日遅れでその変化が現れたが、グルコースの最大構成比率は pH (4) 培地のそれよりも小さかった。本図で示さなかった他の培地での実験成績を含めて、TOC に占めるグルコース TOC の割合を、各培養日数ごとに算出したところ、pH (4) 培地では、5 日目に最も高い値 (65%) を示し、他の培地よりも速く、しかも高い割合が得られた。これより、*A. niger* の場合には、至適 pH が 4 付近であることが示唆された。

次に、デンプンからグルコースに分解される割合をデンプン分解率と定義し、次式から算出した。

$$\text{デンプン分解率 (\%)} = \frac{\text{初発 TOC} - \text{多糖類 TOC}}{\text{初発 TOC}} \times 100$$

そこで、各培地におけるデンプン分解率の経日変化を Fig. 8 に示した。本図から、酵素活性の高い pH (4) 培地では、培養 2～5 日目にデンプン分解率が急激に増加し、それ以降 90% 以上の高い分解率を保った。また、pH を調整した他の培地でも、これと同様の傾向を示したが、pH (4) 培地ほど急激な分解率の増加を示さなかった。しかし、pH (f) 培地では、培養 7 日目まではデンプン分解率が徐々に増加した。これらの変化は、デンプンからグルコースへの分解速度の違いが pH に依

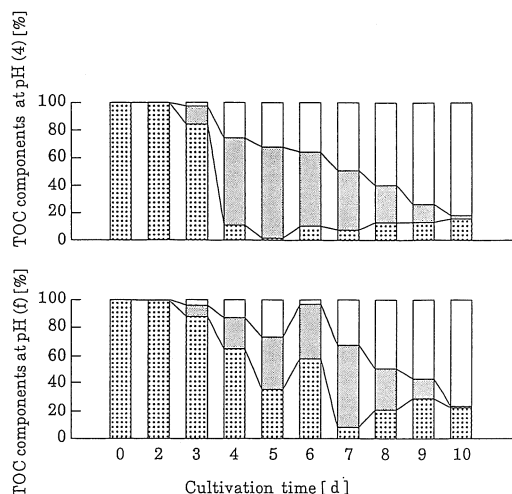


Fig. 7 Time-series variations of TOC components at different pH of medium
 ■ TOC in Polysaccharide, ▨ TOC in Glucose, □ TOC in Organic acid

存していることを示唆している。したがって、*A. niger* がデンプンをグルコースまで分解するには、pH を 4 程度に維持することが重要であるといえる。

3.1.3 TOC 除去能に及ぼす pH の影響

各培地における TOC 除去率の経日変化を Fig. 9 に示した。これより、pellet を形成したすべての培地は、培養初期にはほぼ同程度の除去率を示したが、培養終了時には、pH (f) 培地での除去率が最も高いことがわかる。これは先に述べたグルコースからの有機酸生成による pH の低下が、pH (f) 培地では顕著で、この低 pH 条件下で、有機酸の摂取が高まり、TOC 除去率が向上したものと考えられる。一方、pH (4) 培地では有機酸が生成されても、緩衝効果が強いいため、pH (f) ほど

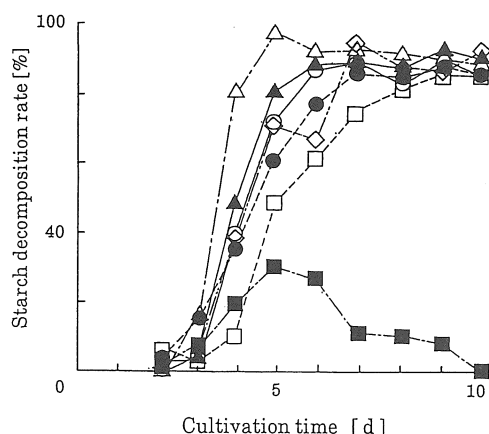


Fig. 8 Time-series variations of starch decomposition rate
 ○ pH(2), ● pH(3), △ pH(4), ▲ pH(5)
 □ pH(6), ■ pH(7), ◇ pH(f)

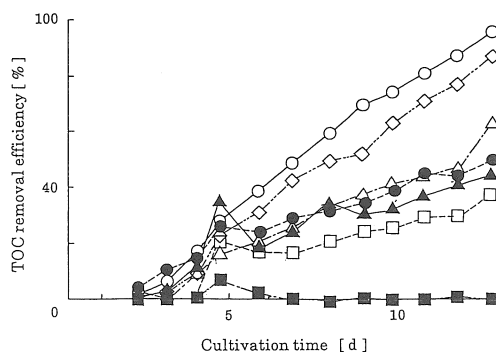


Fig. 9 Time-series variations of TOC removal efficiency
 ○ pH(2), ● pH(3), △ pH(4), ▲ pH(5)
 □ pH(6), ■ pH(7), ◇ pH(f)

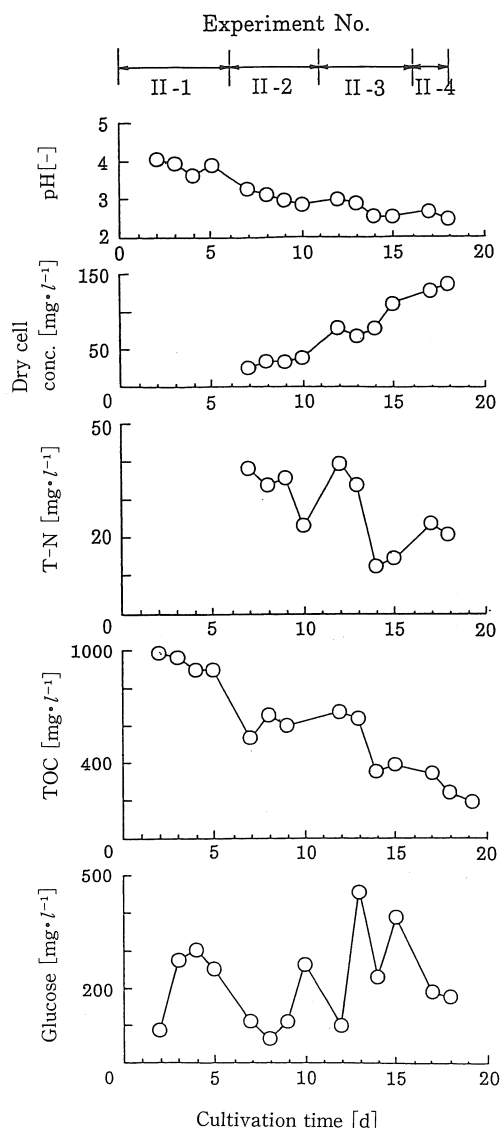


Fig. 10 Experimental results of experiment II

pH の低下が認められず、有機酸の摂取が高くならなかったと推察される。ここで、培養 9 日目における pH (4) 培地と pH (f) 培地の有機酸除去率 (TOC 基準) を算出すると、前者では 10% (pH : 3.48), 後者では 30% (pH : 2.98) であり、有機酸の摂取には、pH 3 以下が望ましいことが示唆される。一方、先に述べたように、pH (2) 培地では pellet を形成しなかったが、TOC 除去率は最も高かった。これは、pH の影響とともに、醗酵工業分野で従来から指摘されてきた pellet の基質透過能の低下¹²⁾によるものと考えられる。

以上より、*A. niger* によるデンプンの分解には、pH

4 程度で、すべてのデンプンをグルコースに分解し、その後 pH を 3 以下に低下させて有機酸の除去を促進させれば、効率的なデンプン分解が可能であるといえる。

3.2 上向流処理実験 (実験 II)

上向流処理装置による TOC, T-N, グルコース, 乾燥菌体の各濃度および pH の経日変化を Fig. 10 に示した。

各実験終了時における TOC 除去率は、実験 II-1 で 8.1%, 実験 II-2 で 29%, 実験 II-3 で 78%, 実験 II-4 で 85% となり、 t_d が短くなるにつれて、TOC 除去率が大きくなるという結果が得られた。また、培養時間の経過とともに pH が低下し、処理水の色も徐々に黄色に変わり、さらに実験 II-3 の後半以降はカラム内の培養液、処理水とも赤色となった。そこで、処理水中の浮遊物を光学顕微鏡で観察したところ、赤色酵母 (未同定) が大量に出現し、また実験 II-4 における pellet は酵母を取り込んだためにかなり赤くなっていることが確認された。

ここで、処理水が黄色に変わる原因は、グルコースの分解中間体の蓄積に起因すると考えられるが、本実験ではその詳細を特定していない。また、 t_d を最も短く設定した実験 II-4 で最も高い TOC 除去率が得られたことは、汚染菌として出現した赤色酵母の有するデンプン分解・資化能が加味された結果であると思われる。酵母は、pH が 3 以下に低下してから出現したので、これより高いカビの至適 pH を守るため、pH 制御の必要性が示唆される。

一方、実験期間中での pellet の流動状況の観察より、次のような装置上の問題点を指摘できる。実験 II-1 では、直接曝気することにより pellet が崩壊する可能性が予め考えられたので、前曝気法により酸素を供給したが、液の上向流が弱く、カラム底部に pellet が貯留・付着して、ついには全く流動しなくなった。そこで、実験 II-2 以降では、直接曝気法で酸素供給したが、pellet の形状・強度は培養終了時でも十分保持されていることが確認できた。しかし、培養時間の経過とともに、pellet は膨潤し、しかも余剰菌糸が浮遊あるいは pellet 間を架橋して、その流動を妨げ始めた。したがって、径の小さなカラムでは pellet の流動が期待できず、十分な機能が発揮できなくなるので、例えば巡回流式の反応槽などの装置上の工夫が必要であると考え、次の実験に切り換えた。

3.3 二槽式処理実験 (実験 III)

第 2 反応槽流出水の乾燥菌体、TOC, グルコース、多糖類の各濃度と pH および流入水の TOC 濃度の経日変化を Fig. 11 に示した。これらの実験成績と観察

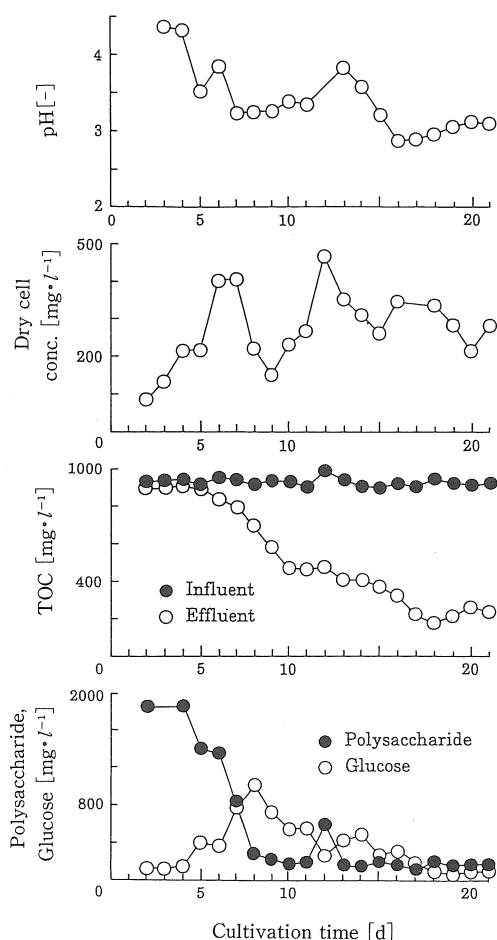


Fig. 11 Experimental results of experiment III

状況から、以下に考察した。

3.3.1 反応槽内の pellet の挙動

第1反応槽内 pellet は時間の経過とともに大きくなり、色も白色に変化し、その表面は滑らかになってきた。そこで、Fig. 12 に実験開始時と実験開始後10日目の pellet の比較写真を示した。前者の pellet の粒子径は3.3mm 程度であったのに対して、10日目には7.3 mm 程度となり、かなり膨潤したが、実験開始時と同程度の強度を保持していた。一方、連続カラム実験では、pellet の膨潤現象はあまり認められなかったことから、本実験では、反応槽底部の多孔球からの曝気流動が pellet の成長に適していたものと思われる。しかし、第2反応槽では、浮遊菌糸の pellet 化は認められず、分散増殖した菌糸が反応槽の壁面に付着していた。このため、造粒槽としての役目を果たすことができず、さらに第1反応槽からの余剰菌糸を捕捉することもできなかったため、処理水中の SS が徐々に増加する結

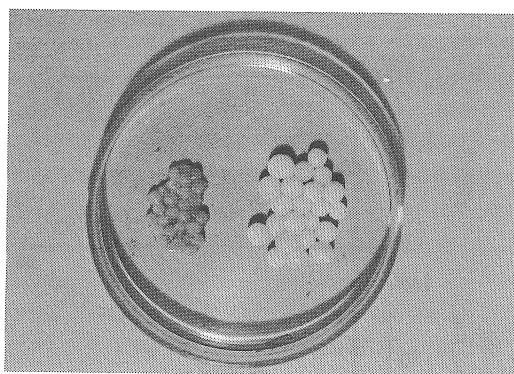


Fig. 12 Pellets at the starting and the 10th day from left

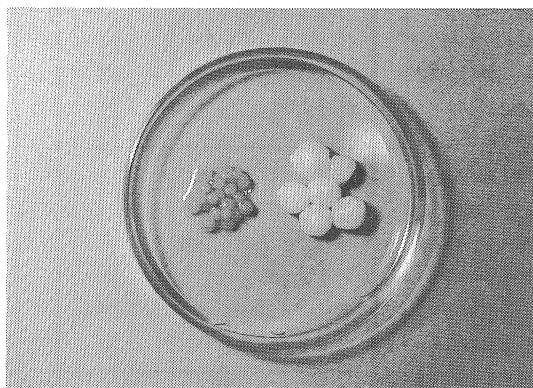


Fig. 13 Pellets at the starting and the 16th day from left

果となった。したがって、造粒槽として機能させるためには、pellet 化に適した培養条件、DO および pH などの環境条件、さらに反応槽の形状等を詳細に検討する必要があるといえる。

一方、第1反応槽内 pellet は10日目以降も膨潤を続け、通気量を高めても、その流動が困難になってきたので、第1反応槽内 pellet の半分を16日目に第2反応槽に移した。この時の pellet を実験開始時のそれとともに Fig. 13 に示した。この pellet の平均粒子径は9.8 mm 程度で、10日目よりもさらに大きくなったが、その表面状態と色には変化が認められなかった。この連続2段反応槽で5日間運転して実験を終了したが、第2反応槽内 pellet は、第1反応槽のそれに比べて、さらに膨潤し、しかも柔らかくて pellet 同士が付着することも観察された。この理由は、第1反応槽では pH を4付近に保っていたが、第2反応槽では pH 制御を行っていなかったことと、pH が3以下に低下したことが影響したものと思われる。したがって、先に考察

したように、第2反応槽における pellet の保持には、その培養特性、とくに pH が極めて重要であるといえる。

3.3.2 基質除去特性

TOC 除去率、デンプン分解率の経日変化を Fig. 14 に示した。TOC は、実験開始5日目までほとんど除去されず、デンプン分解率も低い値を示した。しかし、6日目から、TOC 除去率が高くなり、同時にデンプン分解率が急激に高まり、10日目に降約90%の一定のデンプン分解率を維持していた。また、処理水組成の経日変化を Fig. 15 に示した。本図から、6日目以降、グルコースが急激に増加し、2～3日の遅れで有機酸が生成され、それに伴って多糖類が減少していることがわかる。これらのことから、実験開始10日目には、デンプンからグルコースへの分解がほぼ完了し、それ以降は菌体量の増加とともに、TOC の除去が進行したものであると思われる。グルコース、有機酸等の TOC の主成分を効率的に除去するためには、pH を3以下に維持する必要があることを前述したが、本実験では、10日目以降になると、第2反応槽内に浮遊菌糸がかなり存在し、しかも槽内 pH が3以下になっていたことから、上記の反応を促進したものと推察される。

また、実験開始16日目に、第1反応槽内 pellet の半分を第2反応槽に移したことにより、TOC 除去率はさらに高まり、実験終了時には約75%の値が得られた。これは、各反応槽内 pellet の流動が良くなったこと

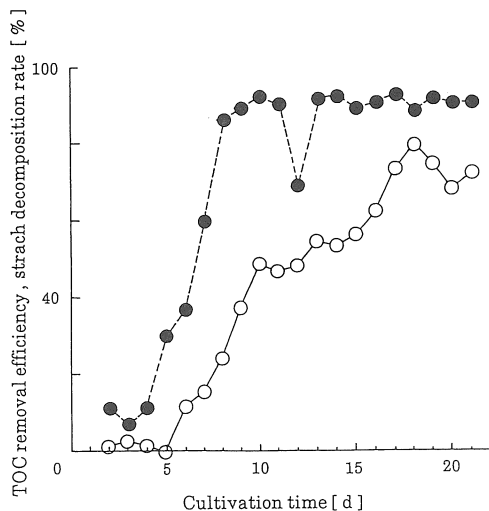


Fig. 14 Time-series variations of TOC removal efficiency and starch decomposition rate
○ TOC removal efficiency, ● Starch decomposition rate

と、先に述べた pH 条件ならびに pellet の状態によるものと考えられる。

以上のことから、本実験で採用した連続2段階反応槽によるデンプン廃水の処理は、第1反応槽の pH を4付近に保ち、ここでデンプンをグルコースに分解し、第2反応槽において、グルコースから有機酸に、さらに有機酸を摂取・分解させれば、効率的な運転が可能であることがわかった。

ここでは、カビ pellet によるデンプン廃水処理の可能性を検討し、pellet の膨化、増殖菌糸の捕捉などの問題点が明らかとなったが、おおむねデンプン廃水処理への適用の可能性を知ることができた。

4. 要 約

Aspergillus niger の自己造粒 pellet を用いたデンプン廃水処理の可能性を検討するため、各種の回分培養実験および連続培養実験を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) pellet 化した *A. niger* でデンプン廃水を処理した場合、良好なデンプン分解能および TOC 除去能を持つことを示した。
- 2) 回分培養実験により、デンプンの2段階分解における、各段階の至適 pH を示した。
- 3) 連続培養期間中、pellet は、曝気等の攪拌により形状が崩れることなく、十分な強度が確認され、その径は徐々に大きく成長した。
- 4) 2段階反応槽による連続培養から、デンプン分解率90%以上、TOC 除去率75%という結果が得られた。

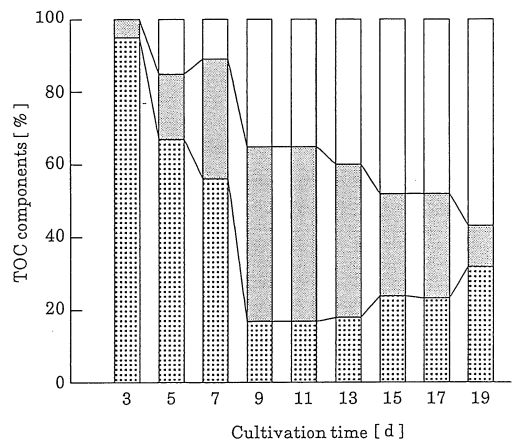


Fig. 15 Time-series variations of TOC components in effluent
▨ TOC in Polysaccharide, ▨ TOC in Glucose, □ TOC in Organic acid

なお、本研究の一部を、第28回下水道研究発表会(平成3年、於名古屋)で発表したことを付記する。

(原稿受付 1991年5月20日)

(原稿受理 1991年7月24日)

参 考 文 献

- 1) 水口純, 鈴木周一, 大橋力 (1964) 有機質廃水の利用と無害化, 用水と廃水, **6**, 291-295.
- 2) 松尾次雄, 石川不二夫, 山中正美, 西岡誠治, 小西敬 (1965) 廃糖蜜を原料とするアルコール蒸留廃液による食飼料酵母の製造について (第1報), 醸造協会誌, **23**, 320-325.
- 3) 吉沢淑, 鈴木修 (1986) 酒造排水の酵母による処理, 用水と廃水, **28**, 1016-1023.
- 4) 千種薫 (1989) 酵母による排水処理特性と適用例, 公害と対策, **25**, 1557-1563.
- 5) 小野芳朗, 宗宮功, 栗山朗 (1987) 自己固定化微生物によるバイオリアクターの処理効果に関する研究, 第24回下水道研究発表会講演集, 350-352.
- 6) 栗山朗, 宗宮功, 小野芳朗 (1989) 自己固定化微生物を用いた都市下水処理装置の開発に関する研究, 第26回下水道研究発表会講演集, 346-348.
- 7) Ohmono, S., Kaneko, Y., Sirianuntapiboon, S., Somchai, P., Attasampunna, P. and Nakamura, I. (1987) Decolorization of molasses waste water by a thermophilic strain, *Aspergillus fumigatus* G-2-6, *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 3336-3346.
- 8) Lewandowsky, G.A., Armenante, P.M. and Pak, D., (1990) Reactor design for hazardous waste treatment using a white rot fungus, *Water Research*, **24**, 75-82.
- 9) 日本下水道協会編 (1984) 下水試験方法, 日本下水道協会, 東京.
- 10) 鈴木繁男, 中村道徳編 (1979) 澱粉科学実験法, 10pp. 朝倉書店, 東京.
- 11) 上山英夫, 富金原孝, 照井堯造 (1965) *Aspergillus niger* U₂₀ 2-5 の生産する糖化アミラーゼについて (第3報), 醗酵工学会誌, **43**, 475-480.
- 12) 矢野俊正, 山田浩一 (1963) 菌糸塊内における酸素移動速度「生物化学工学 応用微生物研究所シンポジウム第5集」(東京大学応用微生物研究所編), 16-36, 財団法人応用微生物学研究奨励会, 東京.

湿地による生活排水の浄化

細見 正明* 須藤 隆一**

* 環境庁国立環境研究所水圏環境部 ** 東北大学工学部土木工学科

〈水質汚濁研究 Vol. 14 No. 10 (1991) pp.674~681〉

アシなどの抽水植物が繁茂する湿地による水質浄化法の処理性能を明らかにするため、水生植物の生育期間だけでなく、水生生物が枯死して生物活性が低下する冬期も含めて、湿地に実際の生活雑排水が流入している地域を調査対象として、1986年3月から1990年2月までの4年間にわたって湿地の水質浄化能力を調査した。湿地への流入負荷量と湿地からの流出量から得られる調査期間の平均除去率は、BOD95%, COD80%, TOC85%, T-N67%, T-P77%であった。冬期(1月~3月)における浄化能は、BOD $2.2\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, COD $0.81\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, TOC $1.1\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, T-N $0.10\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, T-P $0.023\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ とT-Nを除けば年平均値と大きな差が認められなかった。湿地における冬期の窒素浄化能が低下する理由としては、流入水中の $\text{NH}_4\text{-N}$, 流入水中の有機態窒素が湿地で無機化された $\text{NH}_4\text{-N}$ および底質から溶出した $\text{NH}_4\text{-N}$ が硝化されずに、そのまま流出したためと推定された。

カビ pellet によるデンブン廃水処理

藤田 正憲* 岩堀 恵祐* 山川公一郎** 武市 治***

* 大阪大学工学部環境工学科 ** (株)竹中工務店 *** 三井物産(株)

〈水質汚濁研究 Vol. 14 No. 10 (1991) pp.682~690〉

Aspergillus niger の自己造粒 pellet を用いたデンブン廃水処理の可能性を検討するため、各種の回分培養実験および連続培養実験を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) pellet 化した *A. niger* でデンブン廃水を処理した場合、良好なデンブン分解能および TOC 除去能を持つことを示した。
- 2) 回分培養実験により、デンブンの2段階分解における、各段階の至適 pH を示した。
- 3) 連続培養期間中、pellet は、曝気等の攪拌により形状が崩れることなく、十分な強度が確認され、その径は徐々に大きく成長した。
- 4) 2段反応槽による連続培養から、デンブン分解率90%以上、TOC 除去率75%という結果が得られた。