3) 海洋投棄

海岸に近い団地では、海洋投棄も考えられるが、漁業や潮流などを考えると、安全な棄て場所は遠くなり、また1か所から出る汚泥量は少いので余程、団地数が増加しない限り、公団自身で船を持ち棄てるわけにはいかず、結局地方自治体の海洋投棄に便乗せざるを得ないと考えられる。特に内陸部にある団地では運搬面からみてこの方法は困難である。

4) 焼却

燃料費から汚泥水分は60%以下でないと、処分費が高くなると思われるが、住宅団地から出る脱水汚泥は70~80%以上もあるので汚泥の単独焼却は無理である。ゴミと混焼をするならば、出来ない事はないが、公団住宅の場合、団地内に焼却炉を建設するのは、なおさら困難と思われる。結局住宅団地では、海洋投棄、焼却は、

大団地で特殊な立地条件をもつもの以外無理ではないだろうか。

おわりに

今や汚泥の処理、処分は、日本のみにとどまらず、世界的な問題となりつつある。特に我が国では、四面海に囲まれた、いわば恵れているが、海洋投棄も意のままに行なわれず、まして狭い国土の中で埋没投棄の棄て場もない。近い将来必らず最大の課題となって、社会公害問題ともあわせて、我々を悩ますであろう。人類も月を散歩する時代になった今日、自らの生活環境から出た廃物に地球を占領されないうちに解決せねばならないと思うしだいである。

酸素吹込による微生物培養*

黒 沢 慶 二**

1. はじめに

著者は、活性汚泥法による廃水処理の装置に関する研究において、液深を大きくすることが、酸素の分圧を高くし、気泡の液中滞留時間を長くする結果、液中の溶存酸素濃度をいちじるしく大きくし、かつ、吹込空気中の酸素の利用効率もまたいちじるしく増大することに着目してきた。従来の深さ3~5mのエアレーションタンクと著者の開発した深さ10~20mのたて型エアレーションタンクとを比較すると、BOD処理量あたりの動力消費はたて型の方がすくない結果となり、たて型の方が高いMLSSで濃厚な廃液を処理する場合にはむしろ有利であることを確認した。

しかし深さが30m以上になると、空気圧縮の動力は増大し、酸素の利用効率の上昇はタンク上部において逆に酸素の分圧を低下する結果となり、また工事費の増加が敷地面積節節約による利益を上回って来る。

廃水処理の場合には、原液のBOD濃度は通常最高1000~1500ppm程度であり、吹き込み空気量は滞留液量に対して1~5 vvH (空気容積/液容積/1時間)程度に過ぎないが、より濃厚な廃液の処理、たとえば亜硫酸

パルプ廃液やアルコール蒸留廃液を原料として酵母を培養する場合について、従来発表されている諸データを検討して見ると、空気の吹込量は10~60 vvH あるいはそれ以上にも達し、培養槽の全容積に対する張込液量の比は1/3~1/5に過ぎない。培養槽容積の2/3~4/5は、大量の空気吹込みによるホールドアップ、いいかえれば気泡によって占められる。空気中の酸素の利用効率を計算して見ると、僅に7~16%である¹⁾。

最近脚光をあびている石油蛋白製造においても、培養槽の形式としてはほとんど従来の形式が踏襲されているようであるが、著者は、その莫大な酸素必要量から見て、培養槽の形式に革新的な新技術を適用しない限り、石油蛋白製造は経済的に成立し得ないであろうと考えた。

以下に記述するのは、著者がこのような観点から実験に着手した、酸素を吹き込む酵母培養について極めて初歩的な実験結果と、その将来性についての検討である。読者になにか御参考になれば幸いである。

2. 酸素による酵母培養実験

培養液に酸素を直接吹き込めば、液中の溶存酸素が空気吹きこみの場合よりはるかに大きくなることは容易に想像出来る。溶存酸素が極端に大きい場合、酵母が順調

* 昭和44年8月8日 受理

** Keiji Kurosawa 三菱化工機株式会社 川崎製作所研究部

図1 通気倍率と溶存酸素濃度の関係

に繁殖するか、あるいは酸化によって減少するか、を確認するために最初にこの実験をおこなった。

糖蜜を基質とし、適量の成分を加えた培地を調製し、通気量は空気の場合 10vvm 、酸素の場合 1vvm とした。培養条件は液量 1.5l 、 25°C 、8時間とし、菌株は *Candida utilis* をもちいた。

スタート時の菌数は両者共に $2.3 \times 10^4/\text{cc}$ であったが、8時間後の菌数は空気の場合 $5.4 \times 10^8/\text{cc}$ 酸素の場合 $3.8 \times 10^8/\text{cc}$ となった。

培養液中の溶存酸素も追跡したが、8時間後には空気の場合は 1ppm 以下になった。酸素の場合は溶存酸素 5ppm を維持し得た。

3. 酸素吹きこみにおける K_{La}

図1は通気倍率 (vvm) と液中の溶解酸素量 (DO) の関係を追跡したもので、亜硫酸ソーダを添加して脱酸素した状態 ($\text{DO}=0$) から、10分間通気後の DO をしめした。エアレーションタンクは直径 150mm 、水深 9m のたて型試験装置で、ガス吹込ノズルは 3mm 径1個をもちいた。DOの値は、深さ 4.5m の位置において DO メータの指示によった。

図2は実測 DO 飽和濃度を用いて計算した K_{La20} 、図3は酸素移動速度 N_m (単位: $\text{gO}_2/\text{l液/hr}$) をそれぞれ通気量 vvm に対してプロットしたものである。

K_{La} の数値としては約20%の差に過ぎないが、飽和濃度に大きな差があるため、 N_m には大きな差となつてあら

図2 通気倍率と $K_{La \cdot 20}$ の関係

図3 通気倍率と酸素移動速度 (N_m) の関係

われる。

合葉²⁾によれば、好気発酵における酸素移動速度を決定する因子は

- i) 気液界面のガス境膜抵抗
- ii) 気液界面の液境膜抵抗
- iii) 培養液中の拡散抵抗
- iv) 菌体周辺の液境膜抵抗
- v) 菌体内 (あるいは細胞壁) における抵抗

に分析できるが、結局気泡周辺の液境膜抵抗 i) と、細胞壁における抵抗 v) が酸素移動における律速因子である。上記の結果は気泡から液中への酸素移動を約10倍

図4 たて型酸素吹き込み培養槽系統図

に増大し得ることを示したものであって、菌体内の抵抗による酸素消費速度に即応したDO供給が可能であることを示すものといえよう。

酸素の分圧を高くすることは濃度勾配を大きくすることであって、抵抗が同じならば移動速度が大きくなることは明らかであり、液深を深くすること、酸素の純度を上げること（空气中酸素21%、工業用酸素純度99%）は分圧を上げるために最も有効な手段である。

4. 酸素吹きこみによるたて型培養槽の構想

石油蛋白製造における培養槽の基本条件として

- i) 乾燥酵母生産量 6万t/年 $\approx$ 180t/日 $\approx$ 8t/時
(年330日)(22.5時/日)
- ii) 培養液に対する乾燥酵母収率 20kg/m³

を仮定すると、培養槽から生産物として取り出す培養液量は400m³/時となる。

酵母の培養に要する時間を4時間とすれば

の関係が成立し、培養槽の滞留液量は800m³/時 $\times$ 4時間=3200m³となる。

Waldhof型培養槽を適用するものとすれば、培養槽の全容積は滞留液量の5倍、すなわち合計16000m³が必要であろう。これは1槽300m³とすれば、約54基、1槽500m³とすれば32基が必要となる。

Waldhof型300m³培養槽に吹きこむ空気量は、発表された実績によれば6000m³/hrとなるが、炭化水素を基質とする場合は酸素消費量が酵母重量当り3倍余といわ

れているから、おそらく10000m³/時が必要であると考えられ、攪拌動力は300kWと推定される。すなわち、乾燥酵母1kgに対し2kWhの動力が必要と推定されるのである。

酸素を使用する場合の利点は

- 1) 無効な窒素がないから、気泡が少なく、培養槽の容積に対し張込む培養液の量が数倍になる。同じ300m³の培養槽で240m³を張込むことができよう。
- 2) 酸素の分圧が高いから酸素の溶解効率はずこぶる良好であり、槽内のDO濃度は吹きこむ酸素量で任意に調節することが出来る。
- 3) 気泡がすくないので攪拌効果は気泡の多い空気吹きこみの場合とくらべると遙かに良く、液1m³当り1馬力、すなわち約0.4kWで十分と考えられる。300m³培養槽の張込み液量240m³に対し100kWとなる。
- 4) 液深を深くし、菌体濃度と酸素吹き込み量を適当に調節すれば、酸素はほとんど利用され、液面に脱出するガスは炭酸ガスが大部分となる可能性が考えられる。

このような可能性を考えて、著者は、図4のたて型酸素吹き込み培養槽を企画した。酸素製造用の動力が培養槽の攪拌動力節約を上回るようでは、この計画は成立しないが、上記のWaldhof型で8000kg/時の乾燥酵母を生産する場合の攪拌動力は16000kWと推定され、これに対し、有効酸素の必要量は24000kg/時、容積20000m³/時（乾燥酵母1kg当り酸素3kg）、99%の酸素1m³当りの動力消費は0.4kWhであって、20000m³/時に対しては8000kWとなり、培養槽の攪拌動力を加えても酸素使用の全動力は約10000kWで済む計算である。

動力6000kWの節約は電力単価を5円/kWhとするとき年間約2億円の節約となり、乾燥酵母年間6万tの生産に対しt当り3300円の原価低減となる。

なお、建設費は培養槽基数の減少と酸素製造装置のコストがほぼ匹敵するので、大差ないと予想される。

本研究の工業化には莫大な設備と研究費が必要であるゆえ、現在は予備的実験に着手したに過ぎない。しかし今までに得たデータからだけでも、本方式の将来性は大きな期待を持たせるに十分である。この小文が有能な諸子の興味を喚起し、一日も早く本格的な工業化研究がおこなわれることを願望して筆をおくしだいである。

なおたて型酸素吹き込み培養槽については特許出願中である。

文 献

- 1) 黒沢：石油と石油化学，13，No.7，p.102~107，幸書房（1969）
- 2) 合業：新化学工学講座「発酵工学」，日刊工業新聞（1960）
三浦：化学工学，33，No.1，p.42（1969）
- 3) 黒沢：工業用水，No.120，p.45~50（1969/9月）たて型エアレーションタンクについて
- 4) 黒沢，中塩：化学工学，33，927（1969）

[特集 おわり]