

アンモニア含有廃水の
処理方法と装置

月島機械㈱

槽の上部を硝化部、下部を脱窒部とし、原廃水を下部から導入する。硝化部と脱窒部の境には、ハニカムなどの充填材を設け、硝化部では曝気を行う。必要に応じて、下部の水をポンプで上部へ供給する。

昭57-60918
(57.12.22)

(微工研 金川貴博)

(微工研 太宰宙朗)

10. 単位操作・動力学

Unit Operation・Process Dynamics

10-1 酸素移動

液面近傍に設けたかくはん羽根で気泡を生成し、この気泡を液中のかくはん羽根で均一分散させるという気体巻き込み発酵槽を考案し、巻き込みガス量と操作変数との関係を検討した。¹⁾ ついで、この発酵槽の物質移動容量係数、気液接触面積、ガスホールドアップなどを測定し、操作変数、液物性との関係を検討した。また、既往の気液接触装置と比較し、酸素移動効率の高いことを示した。²⁾

6枚羽根 disk turbine を2段に取り付けた 1 m³ から 100 m³ の発酵槽における酸素吸収係数を亜硫酸ソーダ酸化法によって測定した。また、かくはん動力も併せて測定し、槽径、液深などの幾何学的因子および操作変数との関係を求めた。³⁾

硫酸コバルトを触媒とした亜硫酸ソーダの酸化反応速度を種々の触媒濃度、pH、温度のもとで測定し、反応速度定数に及ぼすこれらの影響を検討した。⁴⁾

亜硫酸ソーダ水溶液の液物性を変化させるためにアルギン酸ソーダおよび Tween 20 を添加した。速度論的検討から、これらの添加物は酸化反応速度定数に何ら影響しないことを明らかにした。⁵⁾

10-2 かくはん・流動

6枚羽根上側円板付タービン型翼を用いた表面かくはん式角型エアレーションタンクの所要動力を測定し、槽内液のフローパターンと併せて検討した。動力数は槽内液のフローパターンの影響を受け、槽内に軸流が形成される条件下では一定となり、円周流が形成される条件下では、(液深)/(槽幅)の比が小さくなるにつれて減少した。⁶⁾

液膜の流下により気体巻き込みを生じさせる液循環式の塔型気体巻き込み装置について、ガスホールドアップ、気泡の滞留時間分布および気体巻き込み速度を

測定した。本装置における気泡の平均滞留時間は、従来の気泡塔よりかなり大きいことを見出した。⁷⁾

10-3 発酵動力学

生物反応をモデル化するために、つぎのようなベキ関数を含んだ式を提案した。

$$\dot{X}_i = \alpha_i \prod_{j=1}^n X_j^{\alpha_{ij}} - \beta_i \prod_{j=1}^n X_j^{\beta_{ij}}$$

ここで、 X は変数で、 \dot{X} は時間による微分を示す。本式は増殖速度式としても極めて一般的な式であり、Lotka-Volterra, Monod など従来の増殖速度式の多くは本式の特殊解として表し得ることを示した。⁸⁾ また、本式を菌体の失活と溶菌を伴うエタノールの回分発酵に適用し、⁹⁾ さらにモデル設定、パラメーターの決定など本式の利用に際しての要点について解説がなされた。¹⁰⁾

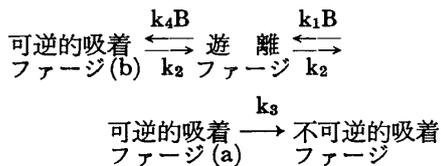
連続発酵における *Methylomonas clara* の増殖を、基質阻害と生産物阻害を含む非構造モデルで表し、供給液の基質濃度を高めた場合、系の安定性が低下することを示した。¹¹⁾

CH₃OH, HCHO, NaCOOH を単一炭素源として培養した icl⁻-serine methylotroph である *Pseudomonas* AM-1 の補欠分子族 XH₂, YH₂, NADH₂ に対する P/O 比を求めた。serine 回路と homoiso-citrate-glyoxylate cycle とが連結しているものとして理論的に求めた増殖の量論式と、実験的に求めた量論式とを比較した結果、NADH₂, XH₂, YH₂ に対する P/O 比はそれぞれ 1.2~1.7, 0.8~1.1, 0.1~0.6 となった。¹²⁾

酸素耐性水素細菌 N34 菌の O₂ 40% 培養における生育特性を、O₂ 4% 培養と比較した結果、 Y_{H_2} , Y_{O_2} は O₂ 4% 培養の約 1/2 であった。一方、 Y_{CO_2} と炭素収支については両培養の間にほとんど差がなかった。これらの知見に基づいて酸素耐性機構について考察し

た.¹³⁾ また、同一菌株をジャー培養した結果、 H_2 50% + O_2 40% + CO_2 10% のガス組成下で増殖時間 4 時間という良好な生育が得られた。¹⁴⁾

Lactobacillus casei ATCC 27092 の PL-1 フェージの宿主菌への吸着反応について検討し、PL-1 フェージの可逆的および不可逆的吸着は次のモデルにほぼ従うことを示した。¹⁵⁾



微生物が増殖中に示す熱変化曲線（増殖サーモグラム）の性質をより定量的に把握する目的で、植菌量とサーモグラムの関係を検討した。¹⁶⁾

Streptococcus cremoris H61 の菌体より精製したジペプチダーゼの反応動力学的性質を検討した。この酵素の基質として用いたジペプチド群は K_m 値に基づいて 3 グループに分類することができ、2 種のジペプチドを共存させた場合には、拮抗阻害が認められた。また、この酵素はベスタチン、EDTA によっても阻害されたが、EDTA による阻害は Co^{2+} 、 Cu^{2+} などの添加で回復した。¹⁷⁾

10-4 フェドバッチ培養

気体巻き込み発酵槽で純酸素を利用する有用性について数値的検討を行い、その有用性を確認するためにエタノール産生性菌の流加発酵を行った。全圧が 0.2 MPa になるまで純酸素で加圧した場合、1.03 kWh/kg という低い所要エネルギーで 20 kg/m³·h という高い菌体生産性が得られた。¹⁸⁾

10-5 連続発酵

エタノールを炭素源とした *Candida utilis* の連続発酵を多段塔型発酵槽で行った。通気には、塔底から空気のみを供給する方法と、発酵槽の各段に純酸素を添加する方法とを比較した。この結果、純酸素の多段供給によって、酢酸の蓄積が抑制され、菌体収率が向上した。¹⁹⁾

10-6 培養制御

培養装置および培地の殺菌工程、培養工程など発酵生産における複雑な運転操作や操作条件の制御を、マイコンによって効率よく行うシステムを試作した。²⁰⁾

フィードバックコントロールを持つ流加発酵、および指数的流加発酵でのスタートアップに対する最短時間制御の問題が検討された。Green 定理を適用して求めた最適政策は、これら流加発酵にとって有効であることを実験的に確認した。²¹⁾

種培養プロセス全体での菌体収率と全発酵時間との比を目的関数として、種培養操作の最適条件について検討した。その結果、最適操作は、従来いわれてきた培養規模を等倍率に増すという方法とは異なることがわかった。²²⁾

10-7 固体培養

皮をむいて粉碎したサトウキビを充てんした 2 本の塔を 12 時間毎に交換し、糖の抽出と発酵とを同時に行う EX-FERM という方法が試みられた。サトウキビからの糖の抽出はほぼ完全であり、4 g/l の菌体濃度で 1.5 g/l·h 前後のエタノール生産性が得られた。²³⁾

強制通気を行う *Aspergillus oryzae* の固体培養において、水分補給のために粒状化し、水分を吸収させた廃棄パルプを蒸し米または麴培地と混合した。その結果、酸素消費量と分生胞子収率は約 2 倍に増加し、アミラーゼ収率も増加した。²⁴⁾

10-8 固定化酵素・固定化微生物

低温放射線重合法により粒状固定化グルコースオキシダーゼを調製し、基礎的諸性質を検討した。重合素材としては、ポリエチレングリコールジメタアクリレート、*N, N'*メチレンビスアクリルアミドおよびアクリルアミドがすぐれていた。固定化酵素の粒径は 0.1 ~ 7 mm と小さく、保持活性は高く、かつ酵素の脱離は全く見られなかった。²⁵⁾

CoA 生産能の高い *Brevibacterium ammoniagenes* IFO 12071 をアセトン乾燥し、光硬化性樹脂 (ENT-1000) を用いて薄膜状に包括固定した。この固定化菌体をプラグフロー型の連続反応装置に組み込み、基質溶液の滞留時間を 9 時間として連続反応を行った。反応開始後 6 時間から 42 時間まで高い CoA 収率にて定常状態が維持され、その間消費 ATP の 41% が有効に CoA 生産に利用された。²⁶⁾

ATP の動的リサイクリングによる NADP の連続生産を行うために、NAD キナーゼ、酢酸キナーゼ共役酵素系について検討した。酵素はホローファイバー管内に包括固定し、ATP は基質とともに反応器に連続的に供給した。反応器の最大生産速度は 0.228 μmol/

h-ml-reactor で、このときの ATP ターンオーバーは 8.35 であった。また、酵素系の連続操作における活性半減期は10日以上値であった。²⁷⁾

octyl Sepharose CL-4B および phenyl Sepharose CL-4B のような両親媒性ゲルにリパーゼを吸着させた。これらのゲルは液状粗製脂肪酸中に容易に分散懸濁し、脂肪酸中の残存油脂を5回繰り返し加水分解することができた。また、加水分解活性が低下したゲルは、エタノール、純水、緩衝液の順に洗浄することによって再生することができた。²⁸⁾

トリプシンを2-アクリロイルアミノ-2-メチルプロパンスルホン酸-アクリル酸共重合体に共有結合法を用いて固定化した。pH-活性曲線は、イオン強度に依存してアルカリ側に移動し、最適 pH はイオン強度 3.13×10^{-2} のとき 2.2 pH 単位移動した。²⁹⁾

限外ろ過ホローファイバー内に固定化した alcohol dehydrogenase, lactate dehydrogenase の反応に Theorellchance 機構を仮定して連続共役酵素反応の定常解を理論的に求めた。補酵素 NAD は共役酵素の作用により、酸化状態と還元状態の間で動的なリサイクルをするものとし、そのリサイクル数に及ぼす固定化酵素濃度、供給 NAD 濃度、基質濃度、膜透過係数などの影響について検討した。³⁰⁾

固定化などの操作をしない天然のままの NAD を、固定化共役酵素系による連続反応の中で動的にリサイクルさせる方法について実験的に検討した。本系の操作安定性は良好で、1か月の連続操作後における活性は初期活性の70%を示した。固定化 NAD 法に比較して、動的 NAD サイクリング法は単純で、活性失活の問題も少なく実用性の高いものと考えられる。³¹⁾

ポリアクリルアミドゲルにより包括された固定化インペルターゼを用いて、固定化酵素充填塔における圧密の影響を検討した。みかけの反応速度は圧密によって著しく減少し、これは圧密による粒子表面の減少によるものとして解析した。³²⁾

10-9 殺菌

高圧電場による殺菌効果の一部が、微生物懸濁液の体積抵抗率に依存することに着目し、微生物懸濁液を電気的等価回路に見立てて、殺菌効果の理論的解析を行い、電気エネルギーの有効化率を求める式を得た。³³⁾

オゾンを経済的に利用することを目的に、33菌株の栄養細胞および胞子に対する水溶液中のオゾン殺菌作用を検討した。死滅に要する処理時間は、15秒～240

分と菌株によって異なり、またオゾン殺菌効果は低 pH、低水温ほど増加するなどの知見が得られた。³⁴⁾

オゾン殺菌における共存ジアリルジサルファイド (DADS)、ジアリルサルファイド (DAS)、硫化水素の影響について検討がなされた。胞子の発芽誘導物質である DADS、DAS の共存によりオゾンの殺菌力が著しく増大した。一方、硫化水素の共存による影響はその濃度によって異なり、殺菌促進効果または逆の保護効果を示した。³⁵⁾

10-10 分離

複合膜 (PEC) を用いたエタノール水溶液の逆浸透データの解析を行った。浸透圧の推算には、凝固点降下による方法に比べ、常温付近の水の注量の測定による方法がすぐれていること、また溶液透過係数は高压側膜面上のエタノール濃度に依存することなどが示された。さらに、輸送方程式から求めた溶液透過流速と分離率は、実測値とよく一致した。³⁶⁾

分子ふるい作用のある吸着剤のマイクロ孔内への吸着量を各成分について求める方法が示された。これは通常の選択吸着量測定に加えて液体と吸着剤を含む不均一系の密度を測定するものであり、この方法によって水-メタノール、水-エタノール、メタノール-エタノール溶液のモレキュラーシーブ 4A への吸着量が測定された。³⁷⁾

文 献

- 1) Matsumura, M., Sakuma, H., Yamagata, T., Kobayashi, J.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 457 (1982).
- 2) Matsumura, M., Sakuma, H., Yamagata, T., Kobayashi, J.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 551 (1982).
- 3) Asai, T., Kono, T.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 265 (1982).
- 4) Ogawa, S., Shimizu, Y., Tone, S., Otake, T.: *J. Chem. Eng. Japan*, **15**, 400 (1982).
- 5) Matsumura, M., Iijima, H., Kobayashi, J.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 481 (1982).
- 6) 高瀬, 海野, 明皇: 化学工学論文集, **8**, 560 (1982).
- 7) 小西, 松村, 小林: 醸酵工学, **60**, 423 (1982).
- 8) Savageau, M. A., Voit, E. O.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 221 (1982).
- 9) Voit, E. O., Savageau, M. A.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 229 (1982).
- 10) Voit, E. O., Savageau, M. A.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 233 (1982).
- 11) Lorencez, I., Puhar, E., Guerra, L. H., Fiechter,

- A.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 327 (1982).
- 12) Tsuchiya, Y., Nishio, N., Roldan, H. M., Nagai, S.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 333 (1982).
- 13) Nakamura, Y., Someya, J., Ooyama, J.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 243 (1982).
- 14) Nakamura, Y., Igarashi, Y., Kodama, T., Minoda, Y.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 529 (1982).
- 15) Watanabe, K., Takesue, S., Ishibashi, K., Nakahara, S.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 697 (1982).
- 16) Hashimoto, M., Takahashi, K.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 1559 (1982).
- 17) Hwang, I., Kaminogawa, S., Yamauchi, K.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 3049 (1982).
- 18) Matsumura, M., Umemoto, K., Shinabe, K., Kobayashi, J.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 565 (1982).
- 19) Paca, J.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 215 (1982).
- 20) 村上, 園田: 微工研報告, **58**, 43 (1982).
- 21) Dairaku, K., Yamasaki, Y., Morikawa, H., Shioya, S., Takamatsu, T.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 67 (1982).
- 22) Nagamune, T., Endo, I., Inoue, I.: *J. Chem. Eng. Japan*, **15**, 481 (1982).
- 23) Cabrera, S., Arriola, M. C., Morales, E., Micheo, F., Rolz, C.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 77 (1982).
- 24) Sato, K., Nagatani, M., Sato, S.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 607 (1982).
- 25) 川嶋, 藤野, 金, 林: 食総研報 (*Rept. Natl. Food. Res. Inst.*) **40**, 96 (1982).
- 26) Asada, M., Nakanishi, K., Matsuno, R., Kamikubo, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 1687 (1982).
- 27) Miyawaki, O., Nakamura, K., Yano, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 2725 (1982).
- 28) Yamane, T., Funeda, T., Ishida, S.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 517 (1982).
- 29) Sugimoto, S., Kawabe, S., Usami, S.: *J. Ferment. Technol.*, **60**, 611 (1982).
- 30) Miyawaki, O., Nakamura, K., Yano, T.: *J. Chem. Eng. Japan*, **15**, 142 (1982).
- 31) Miyawaki, O., Nakamura, K., Yano, T.: *J. Chem. Eng. Japan*, **15**, 224 (1982).
- 32) Furusaki, S., Okamura, Y., Miyauchi, T.: *J. Chem. Eng. Japan*, **15**, 148 (1982).
- 33) Kondo, E., Sakurauchi, Y.: *Agric. Biol. Chem.*, **46**, 627 (1982).
- 34) 内藤, 志賀: 日本食品工業学会誌 (*Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*) **29**, 1 (1982).
- 35) 内藤, 志賀: 日本食品工業学会誌 (*Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*) **29**, 63 (1982).
- 36) 大矢, 風間, 根岸: 化工論文集, **8**, 144 (1982).
- 37) 新田, 北王, 重富, 片山: 化工論文集, **8**, 334 (1982).

(筑波大 松村正利)

11. 分類

Classification

本項においては、発酵工学に関係ある微生物の分類・同定・分離に関する論文を集録した。

コリネフォルム細菌では細胞壁の主要アミノ酸、DNAの塩基組成、キノン系などが、その分類の指標として重要である。菌体脂肪酸組成もコリネフォルム細菌の分類に役立つ指標であるが、*Corynebacterium* 属細菌の不飽和脂肪酸の二重結合の位置はその生合成経路を反映していると考えられ、この面からの分類学的意義が考察された。¹⁾ *Pseudomonas* 属はグラム陰性細菌のうちでも多くの種を含む属である。この属はユビキノンの Q₈, Q₉, および Q₁₀ を有する種よりなり、いわゆる蛍光性 *Pseudomonas* は Q₉, *Pseudomonas acidovorans* などは Q₈, *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas paucimobilis* は Q₁₀ を有することが報告された。²⁾ また、*Alcaligenes* 属細菌と *Achromobacter xylosoxidans* の炭素化

合物質化性、表現形質、および DNA の塩基組成が調べられた。その結果 *Alcaligenes faecalis* に属する菌株は DNA の塩基組成から 2 つのクラスターにわかれ、*Alcaligenes faecalis* は 55.6~58.9% の GC 含量をもつ一群、また、63.8~68.6% の GC 含量を有する群は *Alcaligenes denitrificans* に相当し、*Alcaligenes ruhlandii* と *Achromobacter xylosoxidans* とは糖の資化性を除いては区別できないことが報告された。³⁾ 牛のルーメンより分離された 63 株の細菌が常法による同定結果と、菌体脂肪酸、菌体アルデヒドの分析から特徴づけられた。すなわち、*Succinivibrio* は 18:1 (ω -7), 16:0, 14:0, 16:1 3-OH-14:0 を主要酸とし、*Lachnospira* は 18:0, 16:0 と 18:1 (ω -7) を、*Bacteroides* は anteiso 15:0 と 15:0 を、未同定のグラム陰性嫌気性桿菌は iso-16:0, anteiso-17:0, 16:0 と 18:0 を、*Selenomonas* は 16:1,