

気液平衡に基づくバイオガス精製条件の検討

九里連太郎^{1*}, 関根睦実¹, 岸正敏², 戸田龍樹¹

1) 創価大学 理工学部

2) 創価大学プランクトン工学研究所

1. 序論

嫌気性処理によって生成されるバイオガスはエネルギー源である CH₄ のほかに CO₂ (25-50%) を含んでいるため、発熱量が低く、輸送コストが高い。光合成により CO₂ を同化する微細藻類の培養液へこの CO₂ を吸収させれば、微細藻類の安価な培養とバイオガスの CH₄ 純度向上が同時に達成可能となる。しかし、この方法によると光合成由来の O₂ が精製バイオガスに混入し、精製ガス中の CH₄ 純度を低下させる[1]。最適なバイオガス精製条件(高 CO₂ 除去効率および低 O₂ 混入)を確立するため、研究が進められてきたが、精製効率は pH、気温、培地組成などの様々な運転条件に依存し、適切な精製条件は報告によって大きく異なっている[2]。そのため、最適な精製条件を決定するには、様々な運転条件に応じたバイオガス精製効率を予測できるようにすることが求められる。そこで、卒業研究の目的を異なる運転条件における気液平衡下でのバイオガス精製効率の推定法の確立とした。

2. 材料と方法

有効容積 2.0 L の吸収塔を SOT 培地で満たし、ガスを吸収塔の底からエアストーンを通して供給した。

実験 1: ヘンリー一定数の算出

SOT 培地における CO₂ および O₂ のヘンリー一定数を算出した。異なる濃度の CO₂ ガスおよび O₂ ガスを培地へ供給し、pH および溶存酸素(DO)濃度が一定になったときの各成分の分圧および液中濃度をそれぞれ測定し、その結果からヘンリー一定数を算出した。

実験 2: 最大物質移動量の推定と検証

ヘンリーの平衡式と実験 1 で算出したヘンリー一定数をもとに、平衡時の培地への CO₂ 溶解量とガスへの O₂ 混入量を推定するモデルをそれぞれ作成し、実験により検証した。

実験 3: 平衡時における精製効率の推定と検証

実験 2 で作成したモデルを組み合わせ、平衡時におけるバイオガス精製効率を推定するモデルを作成した。このモデルを検証するため、培地とガスの比を変化させた条件で実験を行った。

3. 結果と考察

実験 1: ヘンリー一定数の算出

本実験の SOT 培地における CO₂ と O₂ のヘンリー一定数はそれぞれ 4.60 ± 0.09 、 $8.68 \pm 0.12 \times 10^7$ Pa L mol⁻¹ であった。

実験 2: 最大物質移動量の推定と検証

SOT 培地における初期溶存酸素 (DO) 濃度に対する平衡後のガス中の O₂ 濃度の推定値と実測値の差は 0.23~1.49% と小さくなった。また、ガス中の初期 CO₂ 濃度に対する平衡後の CO₂ 濃度の推定値と実測値の差は、初期 CO₂ 濃度が 38.9、45.9、64.5% の条件で 0.3~0.5% と僅少であった。この 2 つのモデルを二乗平均平方根誤差 (RMSE) で評価したところ、O₂ のモデルで 1.13、CO₂ のモデルで 0.437 となった。

実験 3: 平衡時における精製効率の推定と検証

培地とガスの比が 0.15~0.30 における精製ガスの CO₂ および O₂ 濃度の推定値と実測値の差は CO₂ が 0.12~0.88%、O₂ が 0.21~0.32% と概ね一致し、RMSE は CO₂ のモデルで 0.432、O₂ のモデルで 0.543 となった。このモデルを使用することで、気液比を変化させた場合や培養液の DO 濃度を変化させた場合のバイオガス精製効率の推定が可能となり、平衡時の最適バイオガス精製条件の検討が行える。

4. 結論

微細藻類培地における最大 CO₂ 除去量と O₂ 混入量を推定するモデルを確立した。本モデルを用いることで、適切なバイオガス精製条件を検討できる。

参考文献

- [1] Toledo et al. *Algal Research*.25, 237-243 (2017).
- [2] Bose et al. *Ind. Eng. Chem. Res.*60, 15, 5688-5704 (2021).