

微細藻類の屋外培養試験とその性能評価

(株)大林組 正会員 ○山本 縁, 正会員 大島 義徳
 フェロー会員 千野 裕之, 正会員 緒方 浩基

1. 目的

微細藻類は生産できる製品が健康食品や飼料, 化学品, 燃料など多岐にわたっているため, 有用物質の生産などで注目されている. これら微細藻類の工業化には, 有用な藻類の選択や培養条件の決定など多くの検討が必要である. 特に大量培養技術の検討は, 生産する藻類に合う最適な培養法を選定することで, コストの削減に繋がることから重要である. そこで, 我々は日本であまり例がない, 粗放的な培養法でかつ, 効率よく光を利用することができる薄層の液体培養法について検討したので報告する.

2. 薄層液体培養法による性能評価

薄層の液体培養法は主にチェコで検討され, より高い収量と体積生産性の向上を目指した培養法である. チェコでは, 斜面材質にガラスを用いた装置で良好に培養できることが報告されているが¹⁾²⁾, 我々はコストの削減と扱いやすさを考慮し, 斜面材質にステンレスを採用した.

製作した薄層液体培養槽を写真1に示す. 雨避けるため, 培養槽には開け閉めができる蓋を設置した. 培養液は斜面上部から均等に流れるように設計し, 流れた水を下方タンクに集め, 再びポンプで上部に供給して循環させる方式とした.

試験は5~7月にかけて当社研究所内の屋外で実施した. その結果を試験1~試験3に示す.

試験1: 試験方法と結果 上記の薄層培養槽を用いて緑藻の *Parachlorella kessleri* (NITE 2152) (以下, *P. kessleri*) を培養した. 藻体増加量の日常観察は, 図2に示す吸光度(Abs. 680)の経時変化で行った. 藻体濃度の経時変化を図3に示す. また, 図4, 図5に培養液中のDTN及び $PO_4\text{-P}$ の経時変化を示す.

図3より, 初期藻体濃度 0.08 g-dry/L が培養 16 日目に 1.9 g-dry/L となり, その後減少した. この減少理由として, 図4のDTN及び, 図5の $PO_4\text{-P}$ の濃度変化より, 15日目以降の溶液中の窒素, リンが殆ど検出されていないことから, 栄養塩の枯渇が原因と予想した. そこで, 培養 20 日目に試験開始時の 1/2 量の栄養塩を追添加して状況を確認した.

図4, 図5より, 追添加後のDTN及び $PO_4\text{-P}$ の濃度変化はともに僅かであったが, 図2, 図3より栄養塩添加直後に藻体濃度が急激に増加しており, 栄養塩は直ちに使われたと予想される. 栄養塩添加 3 日後の培養 23 日目にピークを迎え, 2.9 g-dry/L まで増加した.

試験2: 試験方法と結果 次に, 写真1の薄層液体培養槽と写真2の一般的な培養タンクで比較試験を行った. その結果を図6に示す. なお, 図7は図6の培養タンク結果の縦軸スケールを拡大した図である. 培養液中のDTN及び $PO_4\text{-P}$ の濃度変化を



写真1 薄層液体培養槽

写真2 培養タンク

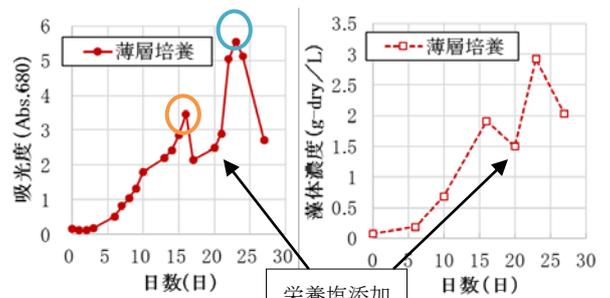


図2 吸光度の経時変化 (試験1)

図3 藻体濃度の経時変化 (試験1)

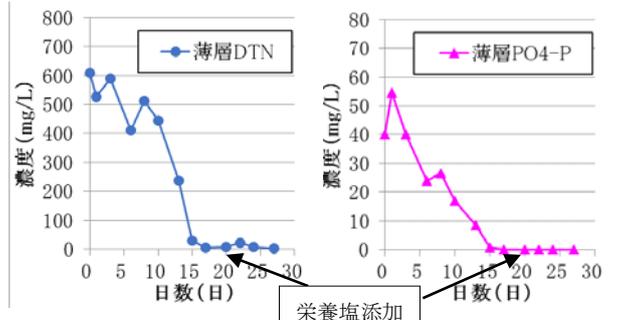


図4 培養液中 DTN の経時変化 (試験1)

図5 培養液中 $PO_4\text{-P}$ の経時変化 (試験1)

キーワード 微細藻, 薄層培養, 薄層カスケード

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL042-495-1068

図8に示す。図6と図8より、薄層液体培養槽は藻体の増加とともにDTN及びPO₄-P濃度が減少し、培養16日目に栄養塩が枯渇したため、試験開始時の1/2量の栄養塩を追添加した。

その結果、藻体濃度が急激に増加し、培養21日目にピークを迎えた。この時の藻体濃度は3.9 g-dry/Lであった。これに対し、写真2の一般的な培養タンクでは、図8の白抜き点線で示すように、DTN及びPO₄-Pが溶液中に存在しているにもかかわらず、図7を見ると、10日程度で生育が止まっており、最大濃度は0.6 g-dry/Lであった。

以上、試験1及び試験2より、*P. kessleri*を一般的な培養タンクで培養した場合、0.6 g-dry/L程度しか増加しなかったのに対し、光を充分利用することができる薄層液体培養槽では、1.9 g-dry/Lまで増加し、更に培養液を追添加することにより、野外培養においても3.9 g-dry/Lまで高密度に培養できることを確認した。

試験3：試験方法と結果 当社が取得した緑藻の*Scenedesmus*属や*Coelastrella*属と近縁種の新規微細藻³⁾による培養結果を図9に示す。培養条件は先の*P. kessleri*と同条件で行った。なお、栄養塩の追添加は行っていない。

図9より一般的な培養タンクでは、初期濃度1.4 g-dry/Lが、培養8日目で最大濃度1.8 g-dry/Lになったのに対し、薄層液体培養槽では初期濃度1.1 g-dry/Lが培養16日目で5.0 g-dry/Lまで増加した。

以上により、新規微細藻は、薄層液体培養槽との相性がよく、*P. kessleri*と同等以上に高密度に培養できることを確認した。

3. 電気伝導度による培養管理の検討

藻を生産する際に、藻体濃度が最大になる時期を予想できれば、効率的な培養管理が行える。しかし、そのタイミングを見極めることは難しい。そこで、電気伝導度を測定することで、その時期を予想できないか検討した。

図10に(試験1)の電気伝導度の変化を図11に(試験2)の電気伝導度の変化を示す。図10より、13日目と21日目にピークがあり、図11より、培地添加後のピークが17日目にあった。

図2の吸光度と図10の電気伝導度の変化及び図6の吸光度と図11の電気伝導度の変化を観察すると、電気伝導度のピークから2~4日後に藻体濃度が減少していた。電気伝導度は水中に含まれる懸濁物質や無機イオンが多いと高い傾向を示すことから、上記の電気伝導度の変化は、藻体の増加とともに高くなり、その後、無機栄養塩を使い切ったことにより、減少したと考えられる。

以上により、藻の回収タイミングを電気伝導度のモニタリングにより予想できることがわかった。

謝辞 研究に関して、河野重行先生(東京大学FC推進機構)並びに竹下毅先生(㈱アルガルバイオ)に多くのご助言をいただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献 1) Doucha J, Livansky, et al.: Productivity, CO₂/O₂ exchange and hydraulics in outdoor open high density microalgal (*Chlorella* sp.) photobioreactors operated in a Middle and Southern European climate. *J Appl Phycol* 18:811-826, 2006 2) Jir'ı Masoj'ıdek, et al.: Productivity correlated to photobiochemical performance of *Chlorella* mass cultures grown outdoors in thin-layer cascades, *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, Vol.38, pp.307-317, 2011 3)山本緑他：新規微細藻の培養条件とカロテノイド生産性，土木学会第73回年次学術講演会概要集，II-170, pp.399-340, 2015

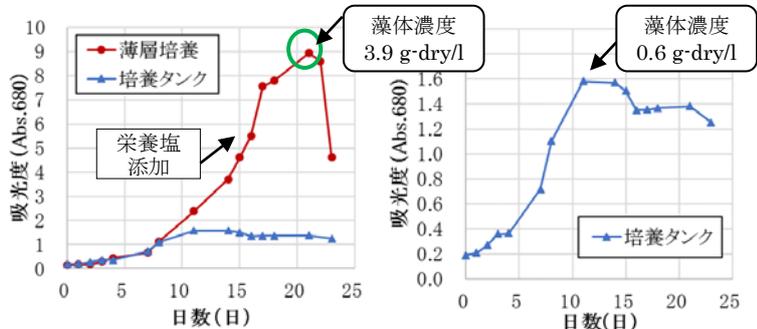


図6 吸光度経時変化(試験2) (薄層培養槽及び培養タンク)

図7 吸光度経時変化(試験2) (図6の培養タンク拡大表示)

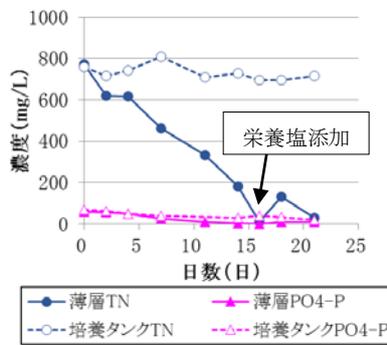


図8 DTN及びPO₄-Pの経時変化(試験2)

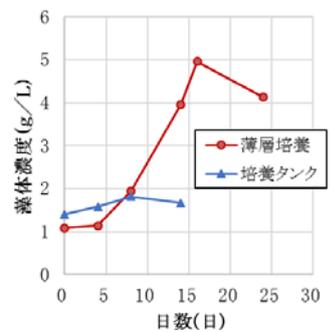


図9 藻体濃度の経時変化(試験3)

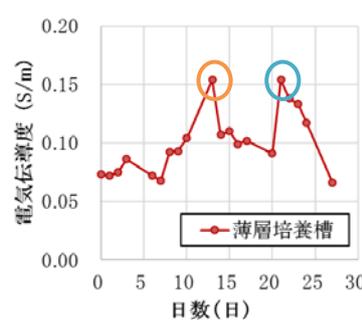


図10 電気伝導度の経時変化(試験1)

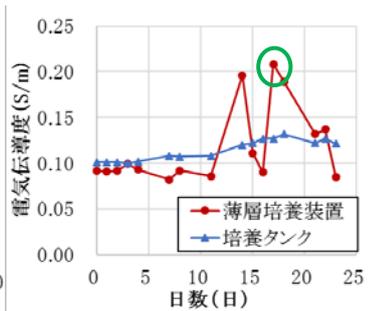


図11 電気伝導度の経時変化(試験2)