

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 孫田 明忠

近年、温室効果ガスによる地球温暖化や化石エネルギー資源の枯渇の問題から、バイオマス資源が期待されている。その中で、微細藻類の *Botryococcus braunii* (以下 *B. braunii*) は炭化水素を生産することから有望なバイオマス資源として注目されている。*B. braunii* は合成する炭化水素の種類によって A race、B race、L race に分類される。合成された炭化水素は細胞外に排出され、細胞同士をつなぎとめている細胞間マトリクスの中に蓄積される。その重量は乾燥藻体に対し最大で 75 % にものぼることが報告されている。しかし、微細藻類のエネルギー利用にはまだ課題が多い。課題の一つに、従来の方法で溶媒を用いて炭化水素を抽出するためには藻体を乾燥する必要があり、その工程で多くのエネルギーを消費することがあげられている。炭化水素を溶かして抽出するヘキサン等の無極性の溶媒は水の存在により炭化水素に接触できないので、藻体を乾燥させる必要がある。

この課題に対し、Kita らは *B. braunii* の B race Berkeley 株に対して 85 °C の加熱前処理を行うことで、乾燥をしなくてもヘキサンによる炭化水素回収を高収率で行うことが出来ると報告した。しかしこの比較的低温度の加熱処理がどのような変化を *B. braunii* に与え、どのようなメカニズムで炭化水素の回収率を向上させるのかは不明であった。そこで本研究では加熱前処理によって *B. braunii* から炭化水素が抽出できる条件を明らかにするとともに、炭化水素抽出のメカニズムを解明することを目的とした。

論文は 5 章で構成されている。第 1 章では研究の背景および意義、本研究の目的を述べた。

第 2 章では B race Berkeley 株に加えて B race Kawaguchi-1 株および A race Yamanaka 株の藻体スラリーに対しても、炭化水素をヘキサンで抽出するのに加熱前処理が有効であるか否かを検証した。その結果、全ての株において加熱前処理は有効であることが分かった。またこれらにおいて、加熱前処理の効果が処理温度に強く影響されるのか、それとも保持時間の影響が強いのかを検証した結果、全ての株において処理温度の影響が強いことが分かった。また墨汁に浸した観察の結果、加熱により藻体コロニー表面の高分子物質の状態が変化した。これにより、加熱前処理が藻体コロニー表面の高分子物質を分散させることで、溶媒がコロニー内に浸入し、炭化水素が回収されるという仮説が得られた。

第 3 章では第 2 章において予測された水中に分散する高分子物質の定量を行った。その結果、50~55°C において藻体コロニーから物質が分散し始めた。70~80°C まで加熱し、冷却するとこれらの物質が再び藻体コロニーの表面に吸着した。ところが 85°C まで加熱するとこれらの物質は吸着する性質を失い、冷却しても藻体コロニーには吸着しないことが分かった。さらに加熱温度を保持したまま顕微鏡で観察することにより、65~70°C において分散し始める物質は加熱を続けている限り藻体コロニー表面から分散し続けていることから、

加熱温度を維持すればこの物質を藻体コロニー表面から除去できると予想された。この高分子物質を除去した藻体コロニーから炭化水素を溶媒抽出できれば、高分子物質の分散が藻体コロニーから炭化水素を回収できる条件であることを証明できる。

第4章では第3章で立てた仮説に基づき、藻体コロニー表面の高分子物質を洗浄し、藻体コロニー表面から除去することで、溶媒による炭化水素の抽出が可能になることを検証した。藻体スラリーの温度を70°Cに維持して洗浄操作を繰り返し、高分子物質を除去した。洗浄回数が増加するほど高分子物質の層が減少し、それらの藻体スラリーをヘキサンと振とうして炭化水素の抽出操作を行うと、洗浄回収に伴って炭化水素の回収率が上昇した。一方で60°Cに維持して洗浄操作をくり返しても、炭化水素は殆ど回収されなかった。以上の結果から炭化水素回収のメカニズムを以下のようにまとめた。①50~55°Cで藻体から物質が分散し始めるが、この温度帯で分散する物質は炭化水素の回収率を向上させない。②65~70°Cで藻体から高分子物質が分散し始める。洗浄してこれらの物質を取り除くことで炭化水素を回収出来るようになる。しかし洗浄せずに冷却すると可逆的に藻体コロニーに再吸着し、ヘキサンの藻体コロニーへの浸入を妨害する。85°C以上の処理温度では藻体コロニー表面の高分子物質が藻体へ再吸着できない物質となって完全に水中へ分散し、洗浄しなくてもヘキサンによる炭化水素抽出が可能となる。

以上のように、本研究では100°C以下の比較的低温度の加熱前処理によって、微細藻類 *Botryococcus braunii* から溶媒による炭化水素抽出が可能になるメカニズムを明らかにしたもので高い独創性を持つ。実験結果の多くは新たな知見であり、本研究は学術上貢献するところが少なくないと考えられる。よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。