

氏名(国籍)	ウグ チャールズ ウチェンナ (ナイジェリア)		
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博甲第 3361 号		
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	農学研究科		
学位論文題目	Development of Efficient Outdoor Tubular Photobioreactor for Cultivation of Photosynthetic Microorganisms (光合成微生物細胞培養用の効率的屋外チューブフォトバイオリアクターの開発)		
主査	筑波大学教授	工学博士	田中秀夫
副査	筑波大学教授	工学博士	向高祐邦
副査	筑波大学教授	農学博士	木村俊範
副査	筑波大学助教授	農学博士	青柳秀紀

論文の内容の要旨

[目的]

光合成微生物はバイオマスやビタミンなどの有用物質生産に使われている。また、太陽光エネルギーを利用して、大気中の二酸化炭素固定にも利用することができ、廃水処理能力もある。光合成微生物はこれまで、開放型の人工池で大量生産されてきたが、この方法は培養条件をコントロールすることが困難であり、生産性は非常に低い。これらの問題を解消するため、様々な閉鎖型フォトバイオリアクターが提案されてきた。中でも、チューブフォトバイオリアクターは低コストで簡単に製作でき、スケールアップも容易であるため注目されてきたが、このバイオリアクターは、物質移動能力が低いという大きな問題点を有している。本研究では、多種類の光合成微生物培養に利用でき、しかも高い物質移動能力を有する効率的なチューブフォトバイオリアクターの開発を目的とした。

[方法および結果]

チューブフォトバイオリアクターの問題点である、低い物質移動能力を改良するために、チューブフォトバイオリアクター内部に邪魔板 (static mixers) を装備することを考案した。そこで本研究では上向きの流れを有し、邪魔板を装備したチューブと下向きの流れを有するチューブを連結した新規な液循環チューブフォトバイオリアクター (内径 38 mm, 全長 4m) を作製した。本チューブフォトバイオリアクターの通気速度、リアクターの傾斜角度、邪魔板形状やサイズのデザイン、邪魔板間の距離などのパラメータが gas hold up, K_La および混合時間に与える影響を調べた。様々な条件において、4 種類のデザインの邪魔板のうち、どれを用いても邪魔板がない場合と比べ、リアクターの液流循環が著しく改善され、gas hold up と K_La のいずれも増大した。種々検討した結果、最適な邪魔板 (V 字切り込み付き半円型) を 8 枚装備することによって、gas hold up が 65%, K_La が 140%, 混合時間は 70% 増加した。更に、本リアクターを用いて、*Chlorella sorokiniana* を培養した結果、邪魔板がない場合と比べ、1.7 培のバイオマス生産性が得られた。

次に、チューブフォトバイオリアクターのスケールアップについて種々検討した。その結果、チューブの

長さを増大させるよりもチューブの内径を増大させた方が、物質移動能力を高く維持することができ、本リアクターのスケールアップには適していることが明らかとなった。また、物質移動能力の最適化により、フォトバイオリアクターを6Lから58L（チューブの直径3.8cmから12.5cm）までスケールアップすることができた。邪魔板の有効性を異なる細胞濃度、天候、チューブの直径に関して調べた結果、高細胞濃度では低細胞濃度よりも30～60%のバイオマス生産性が増加し、邪魔板の効率は、曇りの日は晴天日より30～45%増加し、また、チューブの直径12.5cmでは3.8cmの時よりも60%の増加をそれぞれ示した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、多種類の光合成微生物の培養に利用でき、安価な効率的屋外チューブフォトバイオリアクターの開発研究である。従来のチューブフォトバイオリアクターは、微細な気泡を出すスパージャーを用いても気泡は上部に達するまでに大きくなり、チューブ内の物質移動能力が制限されるという問題があった。本研究では、チューブフォトバイオリアクターの内部に邪魔板（V字切込み付き半円型）を挿入することによって、大きな気泡が微細化され、結果として乱流が発生し物質移動能力（gas hold up, K_La および混合時間）が著しく増大した。また、邪魔板がチューブ内で上部（太陽光が到達する部分）と下部（太陽光が到達しない部分）の細胞の循環を助け、高いバイオマス生産をもたらすことがクロレラ（*Chlorella sorokiniana*）の培養をした結果明らかとなった。以上のように、本研究で開発されたバイオリアクターは独創性が高く、しかも多種類の光合成微生物を屋外で効率的に培養することが可能な広い利用性を有するバイオリアクターとして評価できる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。