

II-94

微細藻類を用いた連続培養システムによる二酸化炭素の固定除去

岩手大学大学院 学生員 ○富高英典 毛利雄一

岩手大学工学部 正 員 相沢治郎 海田輝之 大村達夫

1. 研究背景および目的

地球上における人類の技術革新は急速な進歩を遂げてきた。人間活動の拡大には環境汚染が伴い、その一つである地球温暖化現象が今日における大きな問題となっている。この地球温暖化の防止・抑制の手段として、その原因の一つである二酸化炭素を微細藻類の光合成能力を利用して固定除去する技術がある。

本研究ではこの除去法を連続培養システムにより確立する事を目的とし、緑藻 *Chlorella vulgaris* (*C.vulgaris*) と藍藻 *Microcystis aeruginosa* (*M.aeruginosa*) を用いた場合の二酸化炭素の除去及び藻体成分などに及ぼす水理学的滞留時間(HRT)の影響について検討した。

2. 実験方法

2-1. 培養装置および条件

C.vulgaris と *M.aeruginosa* は国立環境研究所より提供された株を用い、Fig. 1に示す連続培養システムにより実験を行った。これは培養槽(Liquid volume: 9l, Gaseous volume: 4l, Diameter: 200mm)、培地貯留槽、藻体回収貯留槽、照明装置(4000lux)、循環通気装置、pHコントローラ(*C.vulgaris*: pH7.5, *M.aeruginosa*: pH8.6)、ガス回収装置等から構成されたモスクァト型の培養装置である。培養は恒温室内(25(±1)℃)において、12/12時間の明暗培養系で行った。培地にはTable-1に示すような炭素を制限因子とし、窒素・リン・微量元素等を強化した改変Chu培地を選択した。HRTは *C.vulgaris* で1.6, 3.3, 5.4, 8.4(day)の4通りを、*M.aeruginosa* で5.0, 9.5(day)の2通りである。なお、今回は主に *C.vulgaris* について検討した。

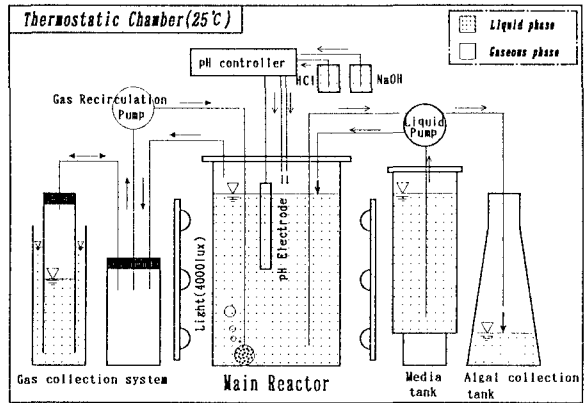


Fig.1 連続培養システム

2-2. 分析方法

以下の(a)~(c)について経日的に測定を行い、培養槽内の無機炭素量及びChl. a量を定常状態の判断に用いた。

(a) 現存量

- ・Chlorophyll a (色素量) : 75%抽出法
- ・藻体乾燥重量: 75℃, 2h

(b) 炭素量

- ・IC、IC_{in}、TOC: SIMAZU TOC-5000

(c) 藻体成分

- ・タンパク質: Lowry法
- ・炭水化物: アナソフ-硫酸法

Table-1 改変Chu培地の組成

CO ₂	100mg-C(±5%)	1) PIV 金属混液	
Ca(NO ₃) ₂ ・4H ₂ O	200.0mg	FeCl ₃ ・6H ₂ O	196.0mg
K ₂ HPO ₄	100.0mg	MnCl ₂ ・4H ₂ O	36.0mg
MgSO ₄ ・7H ₂ O	125.0mg	ZnCl ₂	10.5mg
Na ₂ SiO ₃ ・9H ₂ O	125.0mg	CoCl ₂ ・6H ₂ O	4.0mg
FeCl ₃	8.0mg	NaMoO ₄ ・2H ₂ O	2.5mg
PIV 金属混液 ¹⁾	5.0ml	Na ₂ EDTA	1000mg
Distilled water	1000ml	Distilled water	1000ml

pH 7.5 (*C.vulgaris*), 8.6 (*M.aeruginosa*)

3. 実験結果及び考察

3-1. 連続培養の過程

培養の一例としてFig. 2に *C.vulgaris* のHRT1.6日における流入IC濃度と培養槽内のIC濃度、藻体濃度およびChl.a濃度の変化を経日的に示した。連続培養開始後、培養槽内のIC濃度は21.4mg-C/lであったが徐々に増加し、約67mg-C/lで定常状態となった。また、この時のIC除去率は約32%となった。藻体濃度は連続開始時に177mg-dry/lであったが、連続開始直後に大幅に減少し、約65mg-dry/lで定常状態となった。Chl.a濃度については4400μg/lから約2000μg/lへと緩やかな減少をして定常状態となった。なお、定常状態までの日数は約4日間を要した。また、他の実験において定常状態に要する日数は各HRTの2~4日程度を必要とした。なお、定常状態における培養槽内のIC濃度は、*C.vulgaris* のHRT3.3日で38.0mg-C/l、HRT5.4日で10.6mg-C/l、HRT8.4日で0.4mg-C/l、*M.aeruginosa* のHRT5.0日で49.8mg-C/l、HRT9.5日で21.7mg-C/lであった。以下では、定常状態におけるHRTの影響についての検討を行った。

3-2. 定常状態の無機炭素の除去について

Fig. 3-1に *C.vulgaris*、Fig. 3-2に *M.aeruginosa* のICの流入量、除去量及び除去率の関係を示した。Fig. 3-1より、HRT1.6日では32.4%であった除去率が、HRT8.4日までには99.6%と顕著な増加(約3倍)を示した。また、Fig. 3

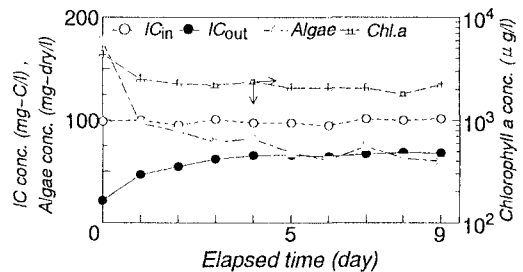


Fig.2 *C.vulgaris* (HRT1.6)の培養槽における流入IC濃度、藻体濃度、Chl.aの経日変化

-2の *M.aeruginosa* においてもHRT5.0日では47.2%であるが、HRT9.5日では77.8%と増加傾向を示した。*C.vulgaris* は *M.aeruginosa* よりICの除去量、除去率が大きい、両藻類ともにHRTが長いほど除去率が大きくなることが明らかになった。しかし、*C.vulgaris* の除去量においては、HRT8.4日で101.9mg-C/day、HRT5.4日で157.0mg-C/day、HRT3.3日で168.1mg-C/day、HRT1.6日で183.5mg-C/dayとICの除去量が増加していることから、実験範囲内のHRTでは、HRTが短いときに大きな除去量が得られた。次に希釈率: $D[d^{-1}]$ とChl.aを基準とした比基質消費速度: $\nu_1[mg-C/mg-Chl.a/day]$ 、藻体量を基準とした $\nu_2[mg-C/mg-Algae/day]$ の関係をそれぞれFig. 4-1とFig. 4-2に示した。これより *C.vulgaris* に関しては本実験の範囲内では希釈率と比基質消費速度の間には直線的な関係があり、 $D=0.625(d^{-1})$ の時に最大値 $\nu_1=9.85[mg-C/mg-Chl.a/day]$ 、 $\nu_2=0.31[mg-C/mg-Algae/day]$ となった。*C.vulgaris* と *M.aeruginosa* を比較すると、藻体量基準の ν_2 の差はあまり見られなかったが、Chl.a基準の ν_1 は *C.vulgaris* より *M.aeruginosa* の方が高く、このことは、藻体中のChl.a量が *C.vulgaris* では約3.1%であるのに対し、*M.aeruginosa* は約1.8%と少ないことによるものと考えられる。

3-3. *C.vulgaris*の藻体量及び藻体内有機物

Fig. 5に *C.vulgaris* の藻体濃度と藻体回収量の関係を示した。*C.vulgaris* の藻体濃度は、HRTが長くなるにつれ増加したが、藻体回収量はHRT1.6日では369.0mg-dry/dayに対し、HRT8.4日で250.8mg-dry/dayへと減少した。Fig. 6(a)に培養槽内における藻体のタンパク質と炭水化物の濃度を、Fig. 6(b)にそれぞれの藻体中の含有率を示した。タンパク質と炭水化物の濃度は藻体濃度の増加に対応して増加した。しかし、タンパク質の藻体含有率は、HRT1.6日で60.3%であるのに対し、HRT8.4日では49.5%と減少した。また、藻体中に占める炭素割合についてもHRT1.6日で49.7%、HRT8.4日では40.6%へと減少していることから、増殖速度が高い時の藻体は固定したICを藻体内にタンパク質として多く蓄えると考えられる。なお、炭水化物の藻体含有率は各HRTで18%前後と大きな変化は観測されなかった。

4. おわりに

以上の結果をまとめると本実験では① *C.vulgaris* のHRT1.6日で183.5mg-C/dayとICの除去量が最大で、 $\nu_1=9.85[mg-C/mg-Chl.a/day]$ 、 $\nu_2=0.31[mg-C/mg-Algae/day]$ であった。②実験の範囲内ではChl.a基準の比基質消費速度 ν_1 は、*C.vulgaris* より *M.aeruginosa* が高いが、藻体量基準の比基質消費速度 ν_2 はほとんど変わらない。③ *C.vulgaris* において固定されたICは、増殖速度が高い時ほど藻体内にタンパク質として多く蓄えられる。また、炭水化物に関してはHRTの影響は観測されなかった。

今後の展望として、藻体回収後の有効利用や二酸化炭素の除去だけでなく、栄養塩の窒素、リンに関する除去についても検討していく予定である。

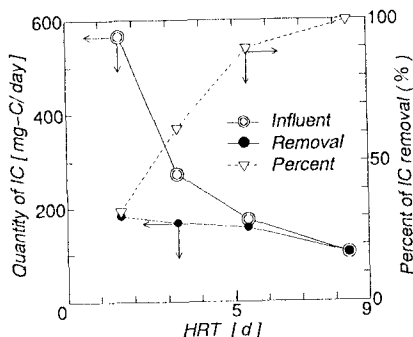


Fig. 3-1 無機炭素の流入量、除去量及び除去率の関係 (*C.vulgaris*)

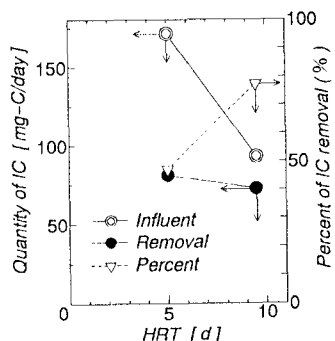


Fig. 3-2 無機炭素の流入量、除去量及び除去率の関係 (*M.aeruginosa*)

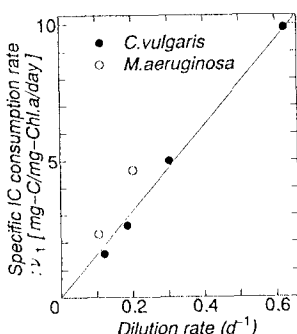


Fig. 4-1 希釈率とChl.aを基準とした比基質消費速度: ν_1 の関係

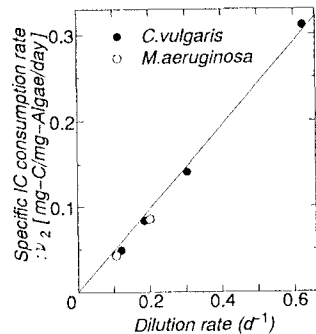


Fig. 4-2 希釈率と藻体量を基準とした比基質消費速度: ν_2 の関係

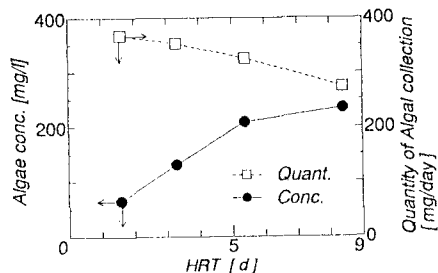


Fig. 5 藻体濃度と藻体回収量の関係 (*C.vulgaris*)

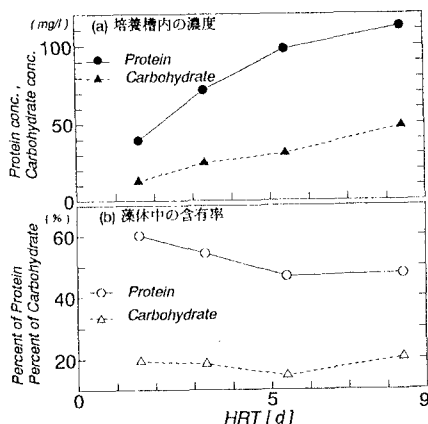


Fig. 6 タンパク質と炭水化物の変化 (a)培養槽内の濃度 (b)藻体中の含有率