

ユーグレナを用いた光合成コンクリートの開発に関する基礎的研究

群馬大学大学院 学生会員 ○内川 典賢
群馬大学大学院 正会員 半井健一郎
川崎重工工業(株) 正会員 大垣賀津雄
群馬大学大学院 伊藤 司

1. はじめに

1-1 研究の背景および目的

近年、二酸化炭素(以下 CO₂)の排出量増加による地球温暖化が問題視されている。セメント・コンクリート分野においても、CO₂ 排出量削減や大気中の CO₂ 濃度の低減のため、セメント製造工程における省エネ化、フライアッシュなどの産業副産物の有効利用、コンクリートの炭酸化による CO₂ の固定化などが考えられている。

本研究では、CO₂量削減の対策として、大気中のCO₂をコンクリート内部に固定化する新たな手法の開発を試みることにした。葉緑体を持ち、光合成を行う微生物であるユーグレナをコンクリート中に混入することで、光合成によるCO₂固定を実現する可能性を検討する。

ただし、後述するように、ユーグレナの生育条件からは、pH12以上、水和熱が40℃にも達するコンクリート中に練混ぜ時からユーグレナを混入するのは難しく、何らかの工夫が必要である。また、緻密なコンクリートの空隙径はユーグレナが活動をするためには小さすぎると考えられる。そこで、基礎的検討として、ユーグレナをセメントの硬化後に滴下することとし、滴下対象とする供試体としても、セメント量が少なく、空隙径の大きいポーラスモルタルを用いることとした。すなわち本研究では、光合成の機能を有するコンクリート開発の基礎段階として、ポーラスモルタルにユーグレナを混入し、CO₂固定量やユーグレナの生存可能性を検討する。

1-2 ユーグレナ

ユーグレナはミドリムシを含む単細胞真核藻類の一種である。鞭毛により水中を移動可能であり、光に向かう性質がある¹⁾。今回実験で使用したユーグレナは、標準的な*Euglena gracilis* Z (図-1)と呼ばれ、体長は約30μmである。この種はpH5~7.5の範囲でよく生育する。また、温度28~30℃でよく生育し、34℃以上の環境では葉緑体の欠損が起こる¹⁾。

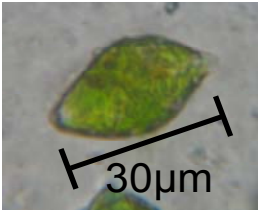


図-1 ユーグレナ

2. 実験概要

2-1 ユーグレナ培養

培養は Hunter 培地と呼ばれる培地にて行った¹⁾²⁾。液体、ゲル状の半固体、および固体(斜面培地)の三種の培地を試験管に作製

し、植付けはクリーンベンチにて行った。試験管上面は雑菌の侵入を防ぐため、特殊なラップで覆った。植付け後、室温 20℃、相対湿度 60%の環境にて、12 時間明 12 時間暗の周期で光を当て培養を行った。

2-2 ポーラスモルタル供試体の概要

(1) 配合設計

各試験用供試体の配合を表-1に示す。光合成にはCO₂と光のほかには水が必要であるため、ユーグレナの生存可能性の検討に先立ち、供試体の保水性能およびpHを検討することとした。ここで、保水性の向上を目的とし、密度1.3g/cm³、繊維長51mmの高吸水性化学繊維を保水性繊維として供試体に混入し、効果を検討することとした。また、フライアッシュの置換や養生方法によるpH変化も検討する。細骨材には豊浦砂を用いた。なお、表中のFAはフライアッシュ、Vfは繊維の単位体積質量、SPは高性能AE減水剤である。供試体名は「W/Cー繊維容積混合率(%)」の順に示している。フライアッシュを置換した供試体については、供試体名の末尾に「-FA」をつけている。

表-1 各試験供試体の配合

	供試体名	W/C	kg/m ³						%
			W	C	FA	S	Vf	SP	空隙率
吸水保水試験用	25-0	25	40	161	0	1607	0	0.8	37.7
	25-0.5		40	160		1596	6.5		36.1
	25-1		40	158		1584	13		36.7
	25-2		39	156		1561	26		41.7
	50-0	50	76	152		1520	0	0	33.9
	50-0.5		75	151		1509	6.5		33.3
	50-1		75	150		1498	13		34.0
	50-2		74	148		1477	26		37.3
	50-1		75	150		1498	13		—
	50-1-FA		75	75	75				—
pH									

(2) 吸水、保水試験供試体概要

表-1の吸水保水試験用の配合で、繊維容積混合率を0, 0.5, 1, 2%の4水準、W/CをW/C=25, 50%の2水準の計8水準を設定した。供試体はφ200×100mmの円柱供試体で、養生はすべての供試体について28日間の封緘養生とした。

(3) pH測定用供試体概要

pH測定の供試体配合は表-1のpHの配合通りである。φ100×100mmの円柱供試体で、W/C=50%、繊維容積混合率=1%と、フライアッシュをセメントに50%置換し、pH上昇を抑え

キーワード ユーグレナ、光合成、二酸化炭素、ポーラスモルタル、pH

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

る配合の2種類を設定した。養生は、供試体50-1では、28日間、および56日間の気中養生、28日間の封緘養生(のちに定水位透水試験を行い、Caを50%溶脱)、28日間の炭酸水養生を行った。供試体50-1-FAは、28日間の40℃封緘養生を行なった。

pHの測定は、イオン交換水を供試体上部の上2~4mm程度まで満たし、その表層液にpH試験紙を浸し、測定を行った。

2-3 ユーグレナ混入試験

pH測定と同配合、同一養生の供試体をそれぞれ1体ずつ作製し、それぞれに塩ビ管を継ぎ足し、ユーグレナの培養で用いた液体培地を供試体上部の上2~4mm程度まで満たした。その上面に液体培地で培養したユーグレナ混合液を15ml滴下した。滴下後、型枠上部から12時間明12時間暗の周期で光を当て、3日間、1日おきに表面から10 μ lずつサンプルを顕微鏡で観察し、ユーグレナの生存個体数、および死滅個体数を観察した。

3. 実験結果

3-1 pH 測定結果

ポーラスモルタルの供試体表層液のpHに関して、所定の養生が完了してから2週間の測定結果を図-2に示す。なお、ユーグレナの良好な生育範囲はpH5~7.5とされている¹⁾。

いずれの養生条件においても、養生終了後からの経時的な変動はほとんど見られなかった。炭酸水養生供試体では、化学的な浸食作用が働き、pHの低下が確認された。透水により、Caを約50%溶脱させた溶脱劣化供試体では、pH6.8まで低下が確認された。この結果から、透水によるCa溶脱によって、pHは大きく低下することが確認された。

3-2 ユーグレナ混入

3種類の供試体へユーグレナを滴下した翌日から3日目までの生存、および死滅個体数を図-3に示す。なお、56日間気中養生、およびフライアッシュ混合供試体については、28日間気中養生と同様に生存が確認されなかったため省略した。図中の数字は、表層液から10 μ lずつ3回採取したサンプル中の生存、死滅個体数の平均を1mlあたりに換算し、10の位を四捨五入した数字である。ここで、生存数とは顕微鏡による観察時に活動が確認できた個体数、死滅数とは活動を確認できなかった、あるいは細胞が崩れていた個体数を表している。

図-3のように、pHが低下した炭酸水養生、および溶脱劣化供試体ではユーグレナの生存が確認された。pHが低下しなかった気中養生供試体では、観察1日目の時点で生存は確認されなかった。

4. 結論

以下に本研究によって得られた知見を示す。

- (1) 気中養生によるpHの低下は見られなかった。これは、乾燥により水合が阻害されたためであると考えられる。Caを溶脱させた供試体では大きなpH低下が確認された。
- (2) pHが低下した供試体ではユーグレナの生存が確認されたが、pHの高い供試体では生存は確認されなかった。実コン

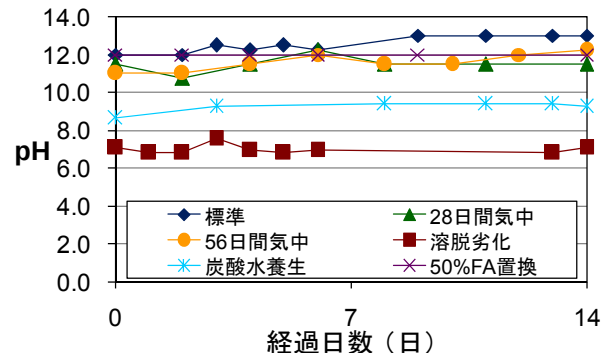
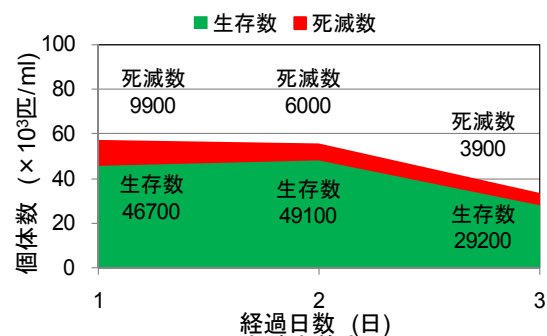


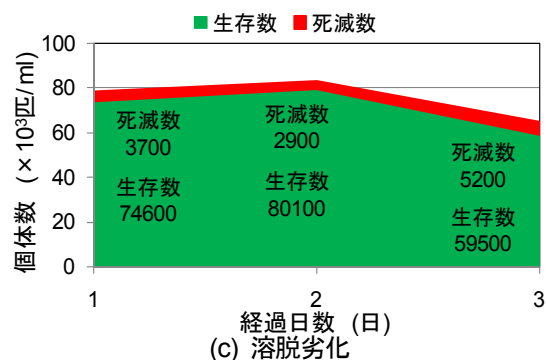
図-2 供試体 pH の経時変化



(a) 28日間気中養生



(b) 炭酸水養生



(c) 溶脱劣化

図-3 養生方法等の違いによるユーグレナ
滴下後の生存個体数と死滅個体数

クリート構造物への適用の観点からは、たとえば、中性化領域へのユーグレナの混入などの可能性があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 北岡正三郎編: ユーグレナ 生理と生化学, 株式会社 学会出版センター発行, 1989
- 2) 実験水生生物の分譲, 培地リスト, 独立行政法人 国立環境研究所