

論文

アミノ酸を含有したコンクリート用被膜養生剤の 海水中での付着微細藻類増殖効果に関する研究

Experiment on the Effect of Algae Proliferation in the Sea Using Concrete Curing Compound Containing Amino Acid

鶴江 智彦*・山中 亮一**・飯干 富広*・赤平 大典***・上月 康則**
Tomohiko TSURUE Ryoichi YAMANAKA Tomihiro IIBOSHI
Daisuke AKAHIRA and Yasunori KOZUKI

要旨：近年では、環境配慮を目的としたコンクリートの開発が進められている。コンクリート中にアミノ酸を混和したアミノ酸コンクリートを水中に沈設すると、藻類などの一次生産機能の活性化、水生生物の蝸集効果が報告されている。本研究ではこのアミノ酸の効果を応用し、アミノ酸入りコンクリート用被膜養生剤を提案し、その環境機能のひとつである付着微細藻類増殖への効果の定量化を行うこととした。海水掛け流し式水槽に、養生剤を塗布したブロックを沈設して付着微細藻類を培養し、剥ぎ取り試験を実施した。また、ブロックからのアミノ酸溶出試験も併せて実施した。この結果、養生剤にアミノ酸を混和すると、混和しない場合に比べて最大で約3.9倍のChl.a+Pheo.量がブロック表面で確認された。

キーワード：アミノ酸コンクリート、養生剤、付着性藻類、Chl.a、溶出試験

1. 結論

コンクリートはその機能性と経済性のために、優れた建設材料として、社会資本の整備の担い手としてこれまでに大量に使用されてきた。しかし同時に、セメント製造に伴う二酸化炭素排出や、コンクリート構造物建設による景観の悪化¹⁾、埋立てに伴う生物圏の消失²⁾など、様々な環境問題³⁾を引き起こし、世間一般にはマイナスのイメージを持たれているのが現状である。

近年では、このような環境問題に対応するために、環境配慮を目的としたコンクリートの開発が進められている。本研究で取り扱うアミノ酸コンクリート（以下AC）もその一つである。ACはアミノ酸の一種であるL-アルギニンをコンクリート中に混和させたものである。河川や海域においてACを水中に沈設すると、コンクリート表面からアミノ酸が徐々に溶出し、付着微細藻類の増殖効果（一次生産機能の活性化）の他に、様々な水生生物がアミノ酸に味覚嗅覚応答し、ACに蝸集する効果が報告されている⁴⁻⁸⁾。本研究では、アミノ酸が有するこれらの環境機能に着目し、AC以外のアミノ酸の利用方法として、コンクリート用被膜養生剤への利用を考えた。一般的に、コンクリート用被膜養生剤は脱型後のコンクリート表面に塗布することで、乾燥収縮によるひび割れ防止

など表面保護のほかに、水中養生に近い最適な条件下で水和反応が進行するので、気中養生期間の短縮により、港湾工事などにおいて早期にブロックを水中に設置できるなどの利点がある。本研究では、アミノ酸を混和したコンクリート用被膜養生剤を普通コンクリート（以下OC）に用いることで、気中養生後のブロックを水中に沈設した場合に、ACと同様の環境機能を有することが出来ないかと考えた。予備実験として、アミノ酸入り養生剤を塗布したコンクリートブロックを製作し、数ヶ月の間、水中に沈設を行った。この結果、OCと比較して、アミノ酸入り養生剤を塗布したコンクリートブロック表面に、多くの付着微細藻類の繁茂が視認された。

そこで本研究では、アミノ酸入り養生剤を用いてブロックを製作した場合の、ブロック表面への付着微細藻類の増殖効果の定量化を目的に試験を実施し、効果の継続期間やアミノ酸溶出量などについて検証を行った。

2. 実験内容

2.1 剥ぎ取り試験

2.1.1 施設概要

アミノ酸を混和した養生剤の付着微細藻類の増殖効果について、本研究では、海水掛け流し式水

*正会員 日建工学（株） **正会員 徳島大学 環境防災研究センター ***非会員 日建工学（株）

槽(図-1, 写真-1)を用いて, 藻類の培養試験を実施した。以下に水槽内の条件を示す。①海水掛け流し式水槽: 徳島港内に位置し, 表層水を常時汲み上げた。汲み上げた海水は図-1a)に示すように板で仕切られた複数の水槽に配水した。②流入条件: 各水槽内への流入量は $48 \pm 2 \text{ ml/s}$ (水交換時間は約0.5時間)とした。各水槽の寸法は, 図-1b)に示すとおり幅0.61m×奥行0.39m×深さ0.39mである。③照度条件: 試験建屋への外光の入射はほとんど無いため, 各水槽上部に昼白色蛍光灯を設置後, 12時間毎に消点灯を繰り返した。なお, 蛍光灯は各水槽内での光量の分布が均一になるように調整を行い, 水中光量子束密度 $4.0 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ 以上を確保した。

各水槽内への生物の侵入を防止するために, 吸水口には目合いの細かいガーゼを取り付け, 定期的に交換した。図-2に, 実験に供した試験体寸法を示す。試験体の寸法は, 幅0.25m×長さ0.30m×厚さ0.05mである。養生剤を塗布した試験体は各水槽内に2枚ずつ配置し, 水槽内では5cm程度の間隔を持たせて並べ, 検査面を上面にして沈設した。約1ヶ月間は1週間毎に試験体に繁茂した付着微細藻類のサンプリング(N=5)を行った後(表-3), DMF法, Lorenzen法を用いて付着微細藻類が含有するクロロフィルa(Chl.a)量及びフェオフィチン(Pheo.)量を算出した。なお, サンプリング方法は, 川島ら⁸⁾の方法を参考に, 剥ぎ取り面3cm×3cmの穴をあけたプラスチック板を試験体に押し当て,

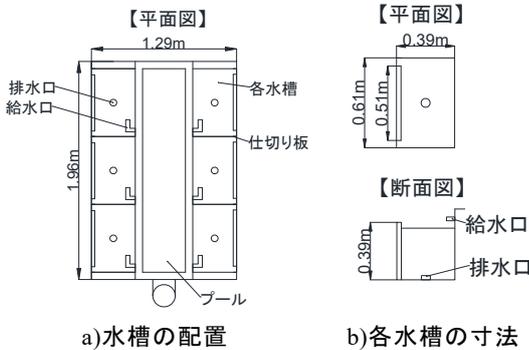


図-1 屋内掛け流し水槽概要



写真-1 屋内掛け流し水槽

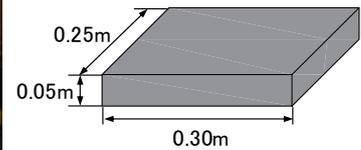


図-2 試験体寸法



写真-2 剥ぎ取り状況

表-1 試験体一覧

名称	略称	アルギニン量	試験A	試験B
普通コンクリート	OC	0%	○	○
アミノ酸コンクリート	AC	3%		○
普通コンクリート(養生剤A)	養生剤A	0%	○	
普通コンクリート(養生剤A+アミノ酸)	養生剤A15	15%	○	○
	養生剤A7.5	7.5%		○
普通コンクリート(養生剤B)	養生剤B	0%	○	
普通コンクリート(養生剤B+アミノ酸)	養生剤B15	15%	○	○

※養生剤A: アクリル系 養生剤B: ワックス系

表-2 アミノ酸入り養生剤の塗布量と

アミノ酸含有量の関係

	主成分	養生剤塗布量	アミノ酸含有量
養生剤A15	アクリル系	0.100~0.150kg/m ²	0.023kg/m ²
養生剤A7.5			0.012kg/m ²
養生剤B15	ワックス系	0.100~0.200kg/m ²	0.030kg/m ²
AC			0.183kg/m ²

表-3 サンプリング実施日

サンプリング	実施日
1回目	設置1週間後
2回目	設置2週間後
3回目	設置3週間後
4回目	設置4週間後
5回目	設置5週間後
6回目	設置6週間後
7回目	設置7週間 or 2ヵ月後
8回目	設置3ヵ月後

ブラシを用いて開口箇所を縦、横方向に50回ずつストロークして剥ぎ取った(写真-2参照)。また、試験体における藻類の剥ぎ取り箇所は、試験体上の藻類が概ね均一に繁茂していたことから、作業性を勘案し横並びに5ヶ所を毎回の調査で試験体の端から順に剥ぎ取ることとした。

2.1.2 アミノ酸による効果の検証(試験 A)

試験Aでは、養生剤にアミノ酸を混和した場合とアミノ酸を混和しない場合の付着微細藻類増殖効果の違いを明らかにすることを目的とした。表-1に試験体一覧を示す。養生剤の選定には、公共事業での採用事例が多数あるアクリル系とワックス系の2種類の養生剤を本試験で使用することにした。養生剤には、主成分がアクリル系の養生剤Aとアクリル系養生剤にアルギニンを生養生剤液量の15%を混和したものを養生剤A15、主成分がワックス系の養生剤Bとワックス系養生剤にアルギニンを養生剤液量の15%を混和したものを養生剤B15として使用した。ここで15%としたのは、養生剤へのL-アルギニンの溶解度が約15%であったためである。

これらアミノ酸入り養生剤をコンクリートブロック表面に塗布することで試験体を製作した。また、試験体は養生剤の塗布後、約2週間の気中養生を行い、実験に供した。なお、アミノ酸入り養生剤の塗布量とアミノ酸含有量の関係は表-2に示す通りである。養生剤の塗布量は、製品毎に適正量が存在するため、養生剤Aと養生剤Bではアミノ酸混和量を同じにした場合、単位面積当たりの塗布量とアミノ酸含有量が異なっている。試験は2017年8月～11月に実施した。試験期間中の平均海水温は約25℃であった。

2.1.3 アミノ酸コンクリート(AC)との比較(試験 B)

試験Bでは、アミノ酸を混和した養生剤の付着微細藻類増殖効果について、従来技術であるコンクリートにアミノ酸を含有したACと比較した場合の効果の違いを明らかにすることを目的とした。

表-1に試験体一覧を示す。剥ぎ取り試験にはAC(アルギニン混和量は対セメント質量比3%)の他に、養生剤A15と養生剤A7.5(アルギニン混和量が養生剤液量の7.5%)、養生剤B15を塗布した試験体を使用した。試験は2017年12月～2018年3月に実施した。試験期間中の平均海水温は約10℃であった。

2.2 溶出試験

試験体からのアルギニン溶出特性⁹⁾を把握するために溶出試験を実施した。養生剤を塗布した試験体を幅50mm×長さ50mm×高さ50mmに切断し、溶出面以外は耐水性樹脂塗料を塗布した溶出試験用の試験体を製作した。この試験体を100mlの人工海水(30psu)を注入した容器内(φ100mm×高さ130mm)に沈設した。溶出速度測定の際は海水交換後、24時間静置を行い、海水中に溶出したアミノ酸由来の溶存無機態窒素(DIN)濃度を分析した(図-3)。また前述の実験Aと実験Bを想定し、25℃及び10℃設定の恒温器内にて試験をそれぞれ実施した。恒温器内の温度と海水温は定期的に計測し、設定温度になっていることを確かめた。また、コントロールとして、OCからのアミノ酸溶出量を計量したものの、アミノ酸由来の窒素の溶出は検量限界以下であった。既往の研究¹⁰⁾においてもOCからのアミノ酸溶出は報告されていない。

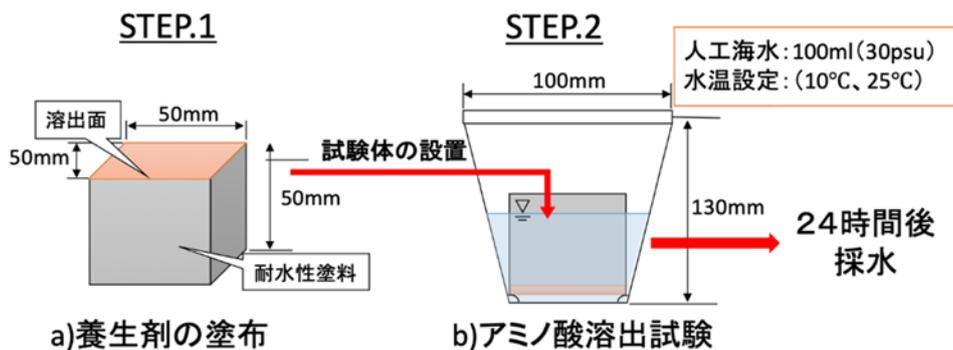


図-3 溶出試験実験イメージ

3.結果

3.1 剥ぎ取り試験

3.1.1 アミノ酸による効果の検証（試験 A）

図-4a)に、各試験体表面に繁茂した付着微細藻類量の指標として Chl.a と Pheo. の合計量の経時変化量を示す。図の横軸は経過日数、縦軸は単位面積あたりの Chl.a と Pheo. の合計量を表している。また、写真-3、写真-4 に調査時の試験体への藻類の繁茂状況を示す。図-4a)より、試験期間中、養生剤 A と養生剤 B を塗布した試験体表面に繁茂した付着微細藻類量は、OC に繁茂したものと比較して同程度、もしくは少なくなる傾向が認められ

た。養生剤 A15 の場合には、OC とアミノ酸を混和しない養生剤 A の場合よりも、多くの付着微細藻類が繁茂することが確認された。また、養生剤 A15 は、養生剤 A と比較して最大で約 3.9 倍多くの付着微細藻類の繁茂が確認された（試験 28 日目、 $2.8 \div 0.7 \div 3.9$ ）。養生剤 B15 の場合では、養生剤 B よりも最大で約 2.3 倍多くの付着微細藻類が繁茂していた（試験 49 日目、 $2.8 \div 1.2 \div 2.2$ ）。また、図-4a)より養生剤 A15 と養生剤 B15 の藻類量を比較すると、養生剤 A15 の方が養生剤 B15 よりも、多くの付着微細藻類が繁茂し、特に増殖期において有意差が顕著に現れた（Steel-Dwass, $p <$

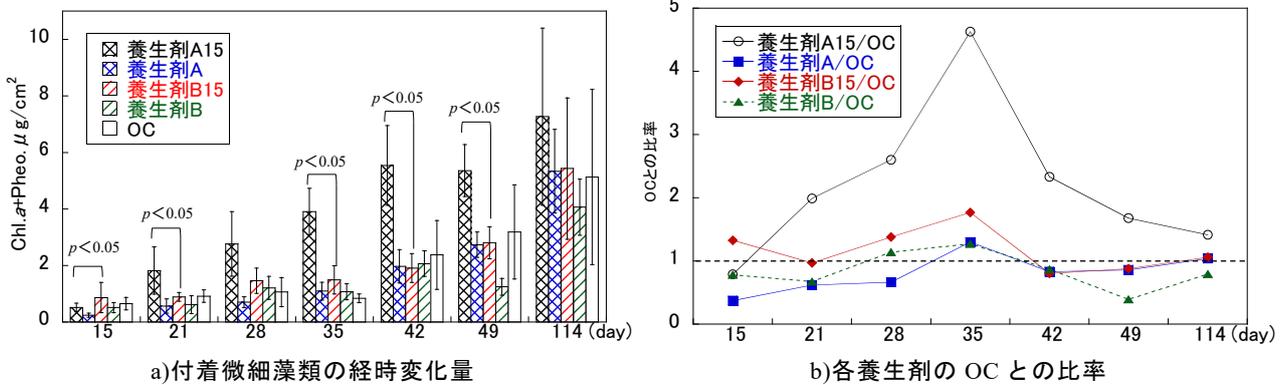
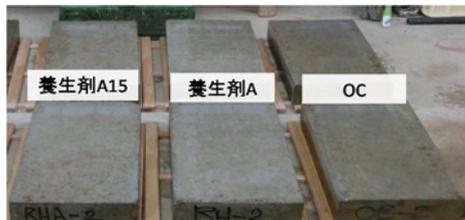
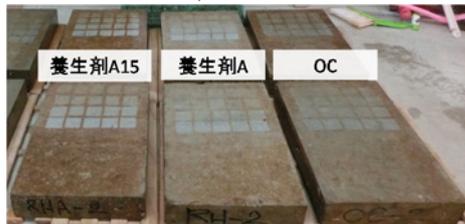


図-4 試験 A 結果 (2017 年 7 月 18 日～11 月 9 日)

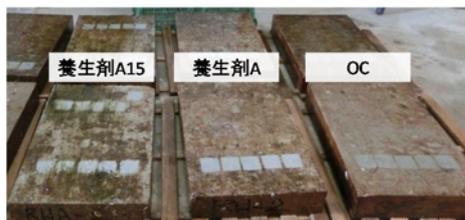
※ 試験体上面の四角は剥ぎ取り跡



a)14 日目

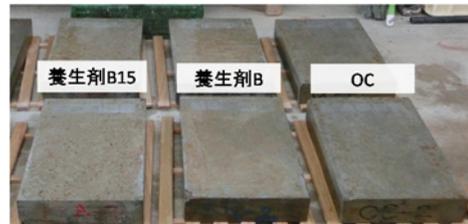


b)35 日目

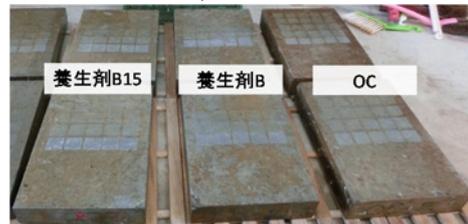


c)114 日目

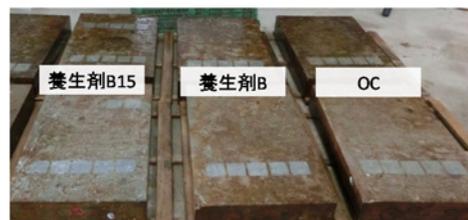
写真-3 試験 A_養生剤 A (アクリル系)



a)14 日目



b)35 日目



c)114 日目

写真-4 試験 A_養生剤 B (ワックス系)

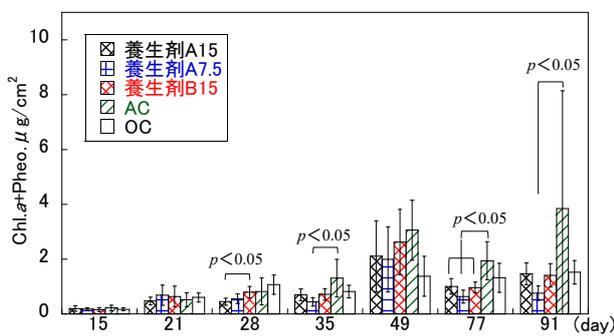
0.05) . また養生剤 A15 には他の養生剤よりも緑藻が多く着生している様子が観察された.

図-4b)に、各試験体表面に繁茂した付着微細藻類が含む Chl.a と Pheo. の合計量の経時変化量について、平均値を OC との比率で表したものを示す. 図の横軸は経過日数、縦軸は OC との比率を表しており、比率が 1 以上になる場合には OC よりも多くの付着性微細藻類が繁茂したことを意味している. それぞれの試験体表面に繁茂した付着微細藻類について、OC との比率が 1 以上になる期間は、養生剤 A15 では約 100 日間、養生剤 B15 では

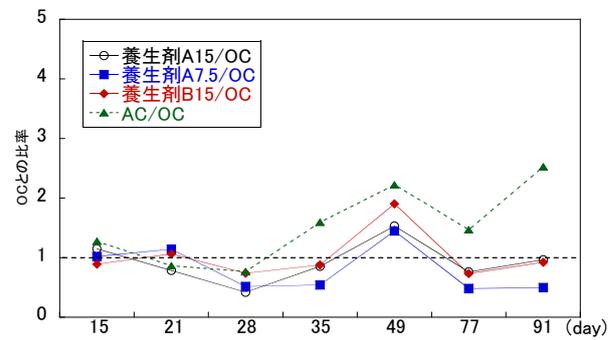
約 35 日間となり、アミノ酸入り養生剤による藻類増殖効果は養生剤の種類によって異なることがわかった. 各試験体の付着微細藻類の繁茂量が最大となったのは、養生剤の種類には関係なく、試験開始から約 35 日後であった. アミノ酸を混和しない養生剤の場合、OC との比率が 1 以上にならないことから、養生剤のみでは付着微細藻類の生長が抑制される可能性が示唆された.

3.1.2 アミノ酸コンクリート(AC)との比較 (試験 B)

図-5a)に、各試験体表面に繁茂した付着微細藻



a)付着微細藻類の経時変化量



b)各養生剤の OC との比率

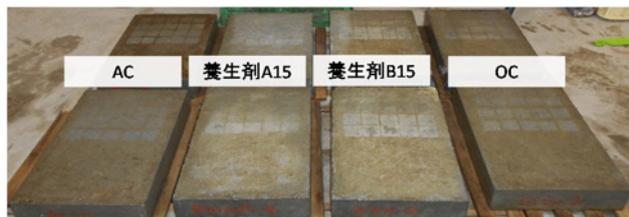
図-5 試験 B 結果 (2017 年 12 月 7 日~2018 年 3 月 8 日)



a)15 日目



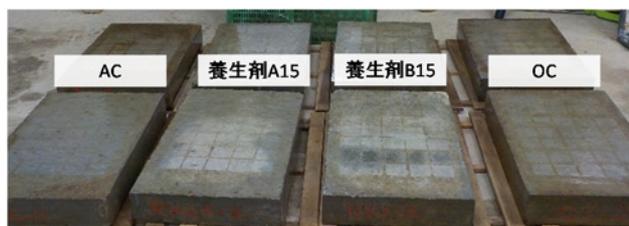
a)14 日目



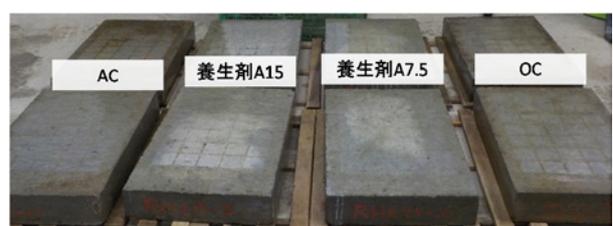
b)35 日目



b)35 日目



c)91 日目



c)91 日目

写真-5 試験 B_養生剤の種類比較

写真-6 試験 B_アミノ酸濃度の比較

類量の指標として Chl.a と Pheo. の合計量の経時変化量を示す。図の横軸は経過日数、縦軸は単位面積あたりの Chl.a と Pheo. の合計量を表している。また、写真-5、写真-6 に調査時の試験体への藻類の繁茂状況を示す。図-5a)より、試験 A の場合と比較して、試験体表面に繁茂した付着微細藻類は全体的に少なかった。また、養生剤 A15 と養生剤 B15 との間にほとんど違いは認められず、有意差が認められたのは 28 日目のみであった (Steel-Dwass, $p < 0.05$)。試験期間を通して最も付着微細藻類の繁茂量が多いのは AC であった。AC は 35 日目の養生剤 A7.5, 77 日目の全ての養生剤, 91 日目の養生剤 A7.5 との間にそれぞれ有意差が認められた (Steel-Dwass, $p < 0.05$)。

AC 表面の付着微細藻類量が多くなった理由としては、表-2 に示す通り、含有アルギニン量は AC と養生剤の系で異なり、その差が AC の方が 6.1~7.9 倍程度多かったためであると推測した。後述するが、アミノ酸の溶出量でも AC からの溶出量が最も多かった。また、AC の場合はコンクリー

ト表面に微細藻類が付着するのに対して、アルギニン入り養生剤は養生剤膜を介して微細藻類が試験体に付着している。このため、養生剤膜が水中で試験体表面から剥離した場合には、微細藻類も一緒に剥がれてしまう可能性が考えられた。

図-5b)に、試験Bにおいて、各試験体表面に繁茂した付着微細藻類が含む Chl.a と Pheo. の合計量の経時変化量について、平均値を OC との比率で表したものを示す。試験Aと比較して、試験Bではいずれの試験体も付着微細藻類の増殖速度が遅く、49 日目で繁茂量が最大となった。試験期間中、養生剤 A15, 及び A7.5, 養生剤 B15 の藻類繁茂量は、OC と同程度か少なくなる傾向が確認された。また、試験期間を通して最も付着微細藻類量が多いのは AC であった。AC は、試験開始 28 日目に OC との比率が 1 を下回るものの、それ以外では OC との比率は 1 以上となり、一定の藻類増殖効果が確認された。

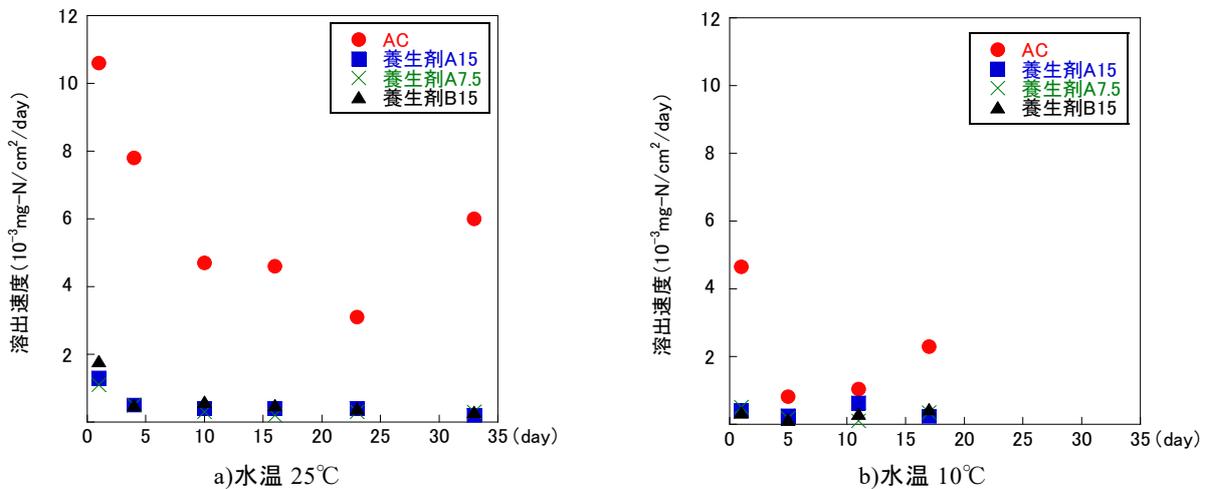


図-6 アミノ酸溶出速度の経時変化

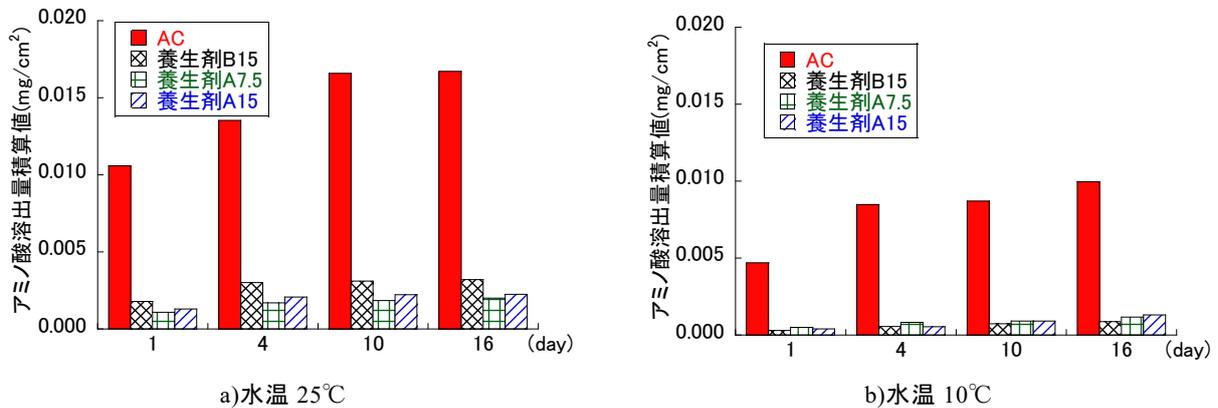


図-7 アミノ酸溶出量の積算値

3.2 溶出試験

図-6a)に、水温 25°Cにおける AC, 養生剤 A15, A7.5, 養生剤 B15 からのアミノ酸溶出速度と経時変化の関係を示す。AC は沈設直後、数日間はブリージングに由来すると思われる激しい溶出を示し、溶出速度は $4 \times 10^{-3} \sim 10^{-2} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ であった。その後 30 日目以降まで $4 \times 10^{-3} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ 程度の溶出が継続した。既往の研究⁹⁾によると、AC (アミノ酸混和量はセメント質量に対して 3%) は沈設から数日間の溶出速度は Phase I : $10^{-2} \sim 10^{-1} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ から、約 2 か月間で Phase II : $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ まで溶出速度が減少し、その後 Phase III : $10^{-3} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ 程度の穏やかな溶出が続くことが報告されている。また、AC からのアミノ酸の溶出傾向として、特に Phase I から Phase II へ移行する際に、溶出速度が減少した後に増加することが報告されている。原因については明らかではないが、計測量がおそらく少量であるために、ばらつきがあったものと考えられた。本試験による AC からのアミノ酸溶出速度と溶出傾向はこれら既往の文献とほぼ同じであることが確認された。また今回の試験では、AC に含有されたアミノ酸のうち、この期間では 0.02%~0.05%が水中に溶出したものと考えられた。

養生剤 A15 の場合、実験開始直後の溶出速度は $1.3 \times 10^{-3} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ を示し、その後は $0.2 \sim 0.5 \times 10^{-3} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ の範囲で実験終了時まで溶出速度が推移した。養生剤 A15 に含有されたアミノ酸のうち、この期間では 0.02%~0.06%が水中に溶出したものと考えられた。また、養生剤 A7.5 の場合では、養生剤 A15 の場合よりも、アミノ酸溶出速度がわずかに少なくなることが確認された。養生剤 B15 の場合、実験開始初日の溶出速度は $1.8 \times 10^{-3} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ であり、その後は $0.3 \sim 0.6 \times 10^{-3} \text{mg-N/cm}^2/\text{day}$ の範囲で溶出速度が推移したことから、溶出速度は養生剤 A15 とほぼ同じであった。また、養生剤 B15 に含有されたアミノ酸のうち、0.02~0.06%が水中に溶出したものと考えられた。

図-6b)に、水温 10°Cにおける AC, 養生剤 A15, A7.5, 養生剤 B15 からのアミノ酸溶出量を示す。水温 10°C の場合では、いずれの試験体もアミノ酸溶出速度は、水温 25°C の場合よりも少なくなった。AC からの溶出量が最も多くなり、養生剤 A15 と A7.5, 養生剤 B15 の溶出量はほぼ同じであることが確認された。

以上より、水温 25°C の場合、アミノ酸の溶出速度では AC からの溶出量が最も多いが、それはアミノ酸含有量が養生剤 A15, 養生剤 B15 よりも多いためであると考えられた。各試験体のアミノ酸含有量あたりの溶出量で比較した場合、いずれの試験体もアミノ酸含有量に対して試験期間中に 0.02~0.06%の溶出があったものと考えられる。

4. 考察

4.1 アミノ酸の溶出量と付着微細藻類の関係

図-7a)b)に、各試験体からのアミノ酸溶出量について、積算値を算出したものを示す。横軸は経過日数、縦軸は単位面積あたりのアミノ酸溶出量の積算値 (mg/cm^2) を表している。積算値の算出方法は、各試験日の 1 日あたりのアミノ酸溶出量の結果から、試験日以外のアミノ酸溶出量について予測値を求め、試験期間中の全てのアミノ酸の溶出量を積算した。

水温 25°C の場合、実験開始日から 16 日目までに溶出したアミノ酸の積算値は、AC では 0.0167mg/cm^2 、養生剤 A15 では 0.0023mg/cm^2 、養生剤 A7.5 では 0.0020mg/cm^2 、養生剤 B15 では 0.0032mg/cm^2 となった。これらの結果より、試験体に含有されているアミノ酸量 (表-2) が多い程に溶出量が多くなる傾向が確かめられた。

水温 10°C の場合では、いずれの試験体も水温 25°C の場合と比較してアミノ酸溶出量が少なくなった。また、AC からのアミノ酸溶出量が最も多く、他の試験体よりも約 7~11 倍多くのアミノ酸溶出があったものと考えられた。同じ試験体でも、水温によってアミノ酸溶出量が異なることについては、アミノ酸 (L-アルギニン) の温度による溶解度の違い¹¹⁾によるものと考えられた。

剥ぎ取り試験の結果では、特に試験 A において、養生剤 A15 の方が養生剤 B15 よりも、多くの付着微細藻類が繁茂した。一方、溶出試験におけるアミノ酸溶出量の推定値は B15 の方が A15 より多く、アミノ酸溶出量と付着微細藻類量の関係が逆転する結果となった。この理由は、養生剤 A と養生剤 B は主成分の違いがあり、前者は主成分がアクリル系で、後者は主成分がワックス系であり、主成分の違いも影響因子であることが考えられた。

4.2 養生剤の種類と付着微細藻類の関係

表-4に、主成分の違いによる養生剤比較表を示す。養生剤の材料物性に着目したところ、主成分がアクリル系である養生剤Aは平均的な性能であるのに対し、主成分がワックス系の養生剤Bは、他の養生剤よりも塗料自体の付着性に劣ることが既往の研究¹²⁾により報告されていることが分かった。つまり、剥ぎ取り試験において、養生剤Bを塗布した試験体に繁茂した付着微細藻類は、養生剤自体が付着性に劣るため、試験体表面から脱落していた可能性が考えられた。また試験期間中、試験体表面より脱落したと思われる養生剤の跡が目視により観察されている(写真-7参照)。写真より試験体表面からの養生剤の剥離が生じ始めた時期を判別したところ、約40日後であった。

試験結果とこれらの材料物性の比較から、養生剤にアミノ酸を混和する場合には、養生剤の種類によって藻類増殖効果が異なるため、最大限に効果を発揮するためには、養生剤との組み合わせが重要であることが示唆された。なお、本試験において用いた養生剤はアクリル系とワックス系の2種類のみであったことから、今後はさらに別の種類



写真-7 養生剤B（ワックス系）の脱落・浮き

の養生剤を用いた場合の藻類増殖効果の検証を実施していく必要がある。

4.3 アミノ酸入りコンクリート養生剤の利用

本研究において、コンクリートの養生期間短縮や、ひび割れ防止などの目的でコンクリート用被膜養生剤を使用した場合、水中へ投入した後の数ヶ月間は、コンクリート表面への付着微細藻類の増殖が抑制される傾向が確認された。そのため、早期にコンクリート構造物と自然環境との連続性を確保するためには、河川や海洋土木の現場においてアミノ酸を混和したコンクリートを使用するといった配慮が望ましいと考える。ただし、建設コストの関係から実施が難しい場合には、本研究で取り扱ったアミノ酸入りコンクリート養生剤を使用するなどの環境配慮も有効であると考えられる。

5. 結論

本研究では、コンクリートブロック表面に塗布したアミノ酸入り養生剤が有する環境機能の定量化のため、付着微細藻類の剥ぎ取り試験と、アミノ酸の溶出試験を実施した。以下に結果を示す。

1) 付着微細藻類の剥ぎ取り試験

- ・アミノ酸による効果の検証(試験A)において、養生剤のみを塗布した試験体では、藻類の生長が抑制された。しかし養生剤にアミノ酸を添加した場合は藻類の増殖効果が確認された。
- ・養生剤A15(アクリル系)の方が養生剤B15(ワックス系)よりも多くの藻類が繁茂した。
- ・付着微細藻類の繁茂量が最大となったのは、養生剤の種類に関係なく、試験開始から35日後であり、養生剤A15は約100日間、養生剤B15は約35日間にわたり藻類の増殖効果が継続した。

表-4 主成分の違いによる養生剤比較表

養生剤	成分	水分揮発抑制	付着性(塗料)	備考
無散布	(養生剤を使用しない)	×		
1	アクリル系	△	○	性能的には平均
2	酢酸ビニル系	△	○	使用実績が多い
3	塩化ビニリデン系	△	○	被膜の変色性が大きい
4	スチレン・ブタジエン系	○	△	性能的には平均
5	ワックス系	○	×	塗料の付着性に劣る
6	塩化ゴム系	○	○	唯一油系で溶媒に溶剤を含む
7	ロジン系	○	○	湿潤時の滑り抵抗が低い
8	シリコン系	×	○	使用実績が少ない
9	ケイ酸塩系	×	○	使用実績が多い。コンクリートの効果促進が目的

(注) ○: 良い △: 普通 ×: 劣る

・AC との比較（試験 B）では，試験 A の場合と比較して，試験体表面に繁茂した付着微細藻類は全体的に少なかった．

・試験期間を通して最も付着微細藻類の繁茂量が多いのは AC であった．

・AC 表面の付着微細藻類量が多くなった理由としては，含有アルギニン量は AC と養生剤の系で異なり，その差が AC の方が 6.1~7.9 倍程度多かったためであると推測した．

2) 溶出試験

・各試験体から溶出したアミノ酸量は，多い方から AC，養生剤 B15，養生剤 A15，養生剤 A7.5 となった．これは，試験体に含有されるアミノ酸量が多い程，アミノ酸溶出量が多くなるためだと考えられた．また，水温による溶解度の違いにより，アミノ酸溶出量が変化することが確認された．

・剥ぎ取り試験との結果より，アミノ酸の混和量と養生剤の材質が藻類増殖効果に影響すると考えられる．

以上より，アミノ酸を混和した養生剤は，コンクリートブロック表面に繁茂する付着微細藻類に対して増殖効果を有していることが確認できた．ただし，その効果は AC の場合よりも小さいものとなる．

今後は，主成分の違いによるアミノ酸入り養生剤の付着微細藻類増殖効果を検証するために研究を進める必要がある．また，山中ら¹³⁾の研究グループでは，AC の付着微細藻類増殖効果のみでなく，水域中の生物相への効果や生物浄化機能についても検証しており，アミノ酸を混和した養生剤でも同様の効果が得られるのか検証していく必要がある．また，環境配慮の観点から，AC を用いるのが難しい場合にはアミノ酸入り養生剤を用いるなど，利用方法についても検討をしていく必要がある．

謝辞

本研究は徳島大学博士前期課程の上田敦史氏，瀧口裕己氏，藍澤夏美女氏，建設工学科の宮内尚輝氏，戸田涼介氏，ニタコンサルタント（株）のご支援，科研費 JP17H01921 の助成を受けて実施しました．ここに謝意を表します．

引用・参考文献

- 1) 関文夫：コンクリート構造物の表面形状の変化に対するデザイン的工夫について，景観・デザイン研究講演集，No.1，pp.121-126，2005
- 2) 小倉紀雄，高田秀重：東京湾-100年の環境変遷，安全工学，Vol.34，No.55，pp.325-331，1995
- 3) 堺考司：コンクリートと環境問題，コンクリート工学，Vol.43，No.9，pp.60-pp64，2005
- 4) 上月康則，中西敬，佐藤和博，多良千鶴，西村博一，山口奈津美，岩城嘉宏，山中亮一：アミノ酸混和コンクリート表面上での付着微細藻類の生長特性に関する研究，海洋開発論文集，Vol. 26，pp.111-116，2010.
- 5) 上月康則，佐藤和博，中西敬，西村博一，多良千鶴，田保橋建，石田達憲，中田紘子，水口祐太，野上文子，山口奈津美，山中亮一：アミノ酸混和コンクリート上の遷移初期の付着生物相に関する考察，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.67，No.2，pp.1126-1130，2011.
- 6) 川島大助，西村博一，中西敬，田中実，佐藤和博：ウナギが蝟集するアミノ酸混和コンクリートの紹介，日本水産学会大会講演要旨集，p40，2011.
- 7) 川島大助，西村博一，濱田学，村瀬暢利，福田鐘行：手長エビが蝟集するアミノ酸混和コンクリートの紹介，日本水産学会大会講演要旨集，p37，2012.
- 8) 川島大助，田中実，佐藤和博，多良千鶴，西村博一，倅熊公子，森川裕之，中西敬：アミノ酸混和コンクリートによる付着微細藻類の生長特性及びアユの蝟集効果に関する研究，河川技術論文集，第17巻，pp.509-512，2011.
- 9) 佐藤和博，上月康則，多良千鶴，西村博一，中西敬，上田隆雄，山中亮一：コンクリートに混和したアルギニンの存在形態と溶出機構，日本材料学会論文集，Vol. 64，No.5，pp.417-423，2015.
- 10) 坂井ら：セメント・コンクリートからの微量成分の溶出と水和物の溶脱，コンクリート工学，Vol41，No.12，pp.18-pp.22，2003
- 11) 国立研究開発法人産業技術総合研究所，安全データシート，6017-b，<https://unit.aist.go.jp/mcml/rgbm/aminoacid.html>，(参照2019-01-12)

- 12) 豊福ら：コンクリート構造物の初期ひび割れ発生予測とこれに対応した被膜養生剤の開発，テクニカルレポート，Vol.44, No.4, 2006
- 13) 山中良一，上月康則，中西敬，大熊康平，鶴江智彦，瀧口裕己，上田敦史，一色圭佑，森紗綾香，谷口大太郎：尼崎運河での環境活性コンクリートによる生物浄化水路への効果，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol.73, No.2, pp.1387-1392, 2017.

著者紹介

鶴江 智彦（正会員）

日建工学（東京都新宿区西新宿 6-10-1 日土地西新宿ビル 17F），平成 5 年 7 月 22 日生まれ，平成 30 年 3 月徳島大学博士前期課程修了，平成 30 年 4 月日建工学入社，土木学会正会員。

E-mail: tsurue.t@nikken-kogaku.co.jp

飯干 富広（非会員）

日建工学（東京都新宿区西新宿 6-10-1 日土地西新宿ビル 17F），昭和 53 年 11 月 29 日生まれ，平成 15 年 3 月愛媛大学大学院博士前期課程終了，平成 15 年 4 月日建工学入社，平成 28 年 3 月岡山大学大学院博士後期課程修了，博士（環境学），土木学会正会員。

山中 亮一（正会員）

徳島大学環境防災研究センター講師（徳島県徳島市南常三島 2-1），昭和 48 年生まれ，平成 14 年 3 月大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻博士後期課程修了，博士（工学）。

E-mail: ryoichi_yamanaka@tokushima-u.ac.jp

赤平 大典（非会員）

日建工学（東京都新宿区西新宿 6-10-1 日土地西新宿ビル 17F），平成 5 年 9 月 5 日生まれ，平成 29 年 3 月早稲田大学卒業，平成 29 年 4 月日建工学入社

上月 康則（正会員）

徳島大学環境防災研究センター教授（徳島県徳島市南常三島 2-1），徳島大学大学院理工学研究部教授，昭和 39 年生まれ，平成 6 年 3 月徳島大学大学院工学研究科生産開発工学専攻博士後期課程修了，博士（工学）。

Experiment on the Effect of Algae Proliferation in the Sea Using Concrete Curing Compound Containing Amino Acid

Tomohiko TSURUE Ryoichi YAMANAKA Tomihiro IIBOSHI
Daisuke AKAHIRA and Yasunori KOZUKI

ABSTRACT: In recent years, the development of concrete aimed at environmental consideration is underway. For example, when concrete containing amino acids (AC) is submerged in water, activation of the primary production function of algae, the effect that aquatic organisms gather around AC are reported. In this study, we applied the amino acid effect, suggested an amino acid-containing coating film curing agent for concrete, and quantified the effect of primary production function. In the aquarium that continues to flow seawater, test blocks were sunk and algae were cultivated. In addition, the elution amount of amino acids from the test block was measured. As a result, when amino acids were mixed in the curing agent, about 3.9 times more algae flourished in the test block than when not mixing.

KEYWORDS: Concrete containing amino acid, Curing agent, Algae, *Chl. a*, Elution test of arginine