

アミノ酸混和コンクリートによる付着藻類の生長特性及びアユの蝸集効果に関する研究

CHARACTERISTICS OF GROWTH PROMOTION OF PERIPHYTIC ALGAE AND ATTRACTIVE EFFECT ON AYU BY CONCRETE CONTAINED AMINO ACID

川島大助¹・田中実²・佐藤和博³・多良千鶴⁴

西村博一⁵・倅熊公子⁶・森川裕之⁷・中西敬⁸

Daisuke KAWASHIMA, Minoru TANAKA, Kazuhiro SATO, Chizuru TARA,
Hirokazu NISHIMURA, Kimiko KASEGUMA, Hiroyuki MORIKAWA, Takashi NAKANISHI

¹ 日建工学株式会社 技術部 (〒564-0051 大阪府吹田市豊津町1-31 由武ビル3階)

² 榎野川漁業協同組合 (〒753-0831 山口県山口市平井340-1)

³ 味の素株式会社 バイオ・ファイン研究所 (〒104-8315 東京都中央区京橋1-15-1)

⁴ 味の素株式会社 バイオ・ファイン研究所 (〒104-8315 東京都中央区京橋1-15-1)

⁵ 日建工学株式会社 技術部 (〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-10-1 日土地西新宿ビル17階)

⁶ 正会員 日建工学株式会社 技術部 (〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-10-1 日土地西新宿ビル17階)

⁷ 日建工学株式会社 技術部 (〒564-0051 大阪府吹田市豊津町1-31 由武ビル3階)

⁸ 正会員 日建工学株式会社 顧問 (〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-10-1 日土地西新宿ビル17階)

Coastal structures built to conserve the shape of land have been added a new contribution to conserve environments. As one of such contributions, growth promotion effect on periphytic algae by concrete contained amino acids in actual sea area has been previously demonstrated. Thus aim of this work was confirmation of the effect in river region. The concrete block contained amino acid (AC) was installed in Fushinogawa River, Yamaguchi, with Ordinary concrete (OC) and field stone. Chlorophyll a in periphytic algae on AC remarkably increased than OC. And *Homoeothrix janthina* which was good for growth of Ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* dominantly covered on each blocks. Species composition of Periphytic algae on AC was similar to OC and field stone. In addition, AC and OC were installed in outdoor aquarium stocked with Ayu. The consumption frequency of algae on AC was larger than others. With all these results, this test demonstrated the growth promotion effect in river region.

Key Words : Amino Acids, Arginine, Concrete, Ayu *Plecoglossus altivelis altivelis*, *Homoeothrix janthina*,

1. はじめに

河川においては、環境に配慮した様々な形状のコンクリート構造物が研究開発され、全国の河川で導入されている。一方、実海域実験及び室内水槽実験では、コンクリートにアミノ酸を混和させ、コンクリートそのものに環境機能を付加させたアミノ酸混和コンクリートの研究により、藻類の生長促進効果等が明らかになっている¹⁾。

アミノ酸の魚介類の応答に関する研究事例は少ないが、魚介類がアミノ酸に味覚あるいは臭覚応答することが知られている^{2, 3)}。

本研究では、河川におけるアミノ酸混和コンクリートの有効性を確認するために、付着藻類生長特性並びにアユの蝸集効果の把握を目的に実証実験を行い、河川におけるアミノ酸混和コンクリートの利用可能性について考察した。

2. 研究手法

(1) 場所

実証実験は、図-1に示すアユが自然分布する榎野川の中流域（山口県山口市）の瀬で実施した。また水槽実験は、写真-1に示す榎野川漁業協同組合の野外水槽（面積60m²，榎野川の伏流水1.6L/s）で実施した。

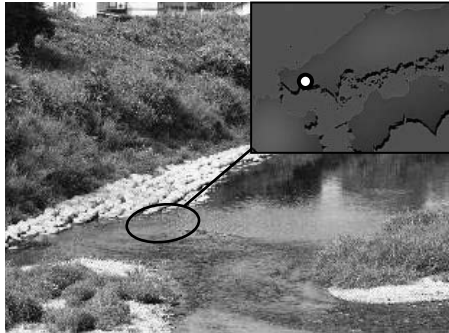


図-1 榎野川の調査地点位置及び写真



写真-1 榎野川漁業協同組合の野外水槽

(2) 材料

アミノ酸混和コンクリート（以下「AC」）は、Lアルギニン（分子式： $C_6H_{14}N_2O_2$ ，分子量：174.20g/mol，示性式： $H_2NC(=NH)NHCH_2CH_2CH_2CH(COOH)NH_2$ ）をセメント重量比10%混和させたコンクリートである。Lアルギニンは、農作物由来原料から発酵法により生成される天然に存在するアミノ酸の一種で、余剰アンモニアの除去や免疫力の向上などの生理機能を有するものである。

ACは、写真-2に示す供試体（45cm×18cm×18cm）とし、比較対照として普通コンクリート（以下「OC」）も同形状で製作した。各供試体とも実験前には2週間水中で馴致させた。また、コンクリートの比較対象として、河川中の自然石（粒径約30cm）を採取し、石の表面の藻類等をブラシで可能な限り剥ぎ取り、自然石も供試体とした。



写真-2 供試体

(3) 実験方法

(a) 付着藻類の採取

2010年8月20日に榎野川のアユが生息する平瀬の礫帯（粒径が主に2～10cmの礫）の水深43～45cm，底層流速18.6～20.2cm/sの箇所に，AC及びOC，自然石をほぼ同一条件下で設置した。設置13日後，41日後に，各供試体の表面の付着藻類を5cm×5cm×2箇所の面積について，ブラシを用いて付着藻類を剥ぎ取った。その後，室内において単位面積当たりのクロロフィルa量及び種毎の細胞数の計数を行った。

(b) アユの摂餌回数の比較

2010年9月17日に野外水槽の水深50cm，底層流速24.6～26.6cm/sの箇所にAC及びOCを同一条件下で設置し，アユ成魚を300個体放流した。設置14日後に，ビデオカメラを設置し，AC及びOCを同時撮影した（設置位置を入れ替えても実施）。写真-3に示すように，アユがコンクリート上面を摂餌（喰む）する回数を映像より計数した。

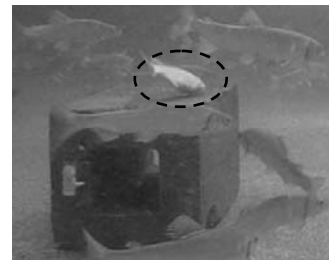


写真-3 摂餌回数の計数方法

3. 結果

(1) 付着藻類

(a) クロロフィルa量（付着藻類量）

図2に示すように，各供試体及び自然石表面の付着藻類量は，設置13日後及び41日後ともに，ACはOCに比べて高い値を示した。また，ACと自然石を比較すると，ACは，13日後，41日後とも自然石とほぼ同様の値を示した。

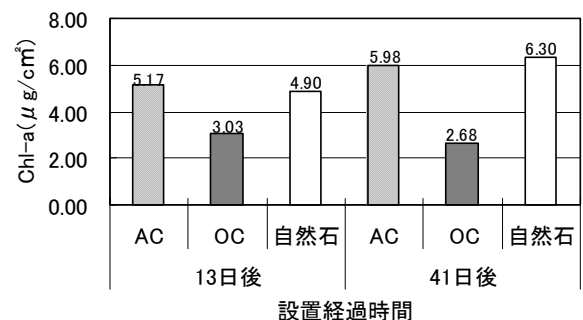


図-2 供試体及び自然石表面のクロロフィルa量の比較

(b) 種組成

表1に示すように、各供試体表面の付着藻類の種組成は、設置13日後、41日後とも、藍藻綱のピロウドラソウ *Homoeothrix janthina* が優占した（全体の80%以上）。また、図3に示すように、分類群別（綱別）についても、設置13日後、41日後ともに各供試体ともに、藍藻綱（主のピロウドラソウ）が優占し、珪藻綱及び緑藻綱はわずかの出現であった。

表-1 付着藻類の種組成（細胞数）

綱名	種名	13日後			41日後		
		AC	OC	自然石	AC	OC	自然石
藍藻綱	<i>Entophysalis lemaniae</i>	52,000	34,560				
	<i>Calothrix</i> sp.						10,800
	<i>Homoeothrix janthina</i>	1,944,000	1,836,000	3,240,000	2,160,000	421,200	2,376,000
	<i>Lyngbya</i> sp.				3,240		
	<i>Phormidium favosum</i>		540		75,600		43,200
	<i>Phormidium</i> sp.				17,280		
	<i>Chamaesiphon minutus</i>		6,480				
紅藻綱	<i>Audouinella chalybea</i>					240	
珪藻綱	<i>Cyclotella meneghiniana</i>			286		46	158
	<i>Melosira varians</i>	127	2,212	429	424	368	395
	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>pumila</i>	1,143		2,431	1,060	322	395
	<i>Fragilaria pinnata</i>			1,716			158
	<i>Synedra rumpens</i> var. <i>familiaris</i>				848		
	<i>Synedra ulna</i>	254	1,106	286	212		237
	<i>Eunotia minor</i>	127					
	<i>Amphora copulata</i>		553		212		
	<i>Amphora pediculus</i>		1,106	143	424	92	
	<i>Cymbella lacustris</i>			143			
	<i>Cymbella tumida</i>			143			
	<i>Cymbella turgidula</i>	1,270	12,166	2,288	1,060	230	316
	<i>Encyonema minutum</i>		553				79
	<i>Encyonema silesiacum</i>					46	
	<i>Gomphonema biceps</i>				424	46	5,530
	<i>Gomphonema clevei</i>	254		1,859	212	46	158
	<i>Gomphonema parvulum</i>	1,524	29,309	429	1,484	552	158
	<i>Navicula bacillum</i>		553	143		46	79
	<i>Navicula confervacea</i>			429	424		
	<i>Navicula cryptocephala</i>				636	46	
	<i>Navicula cryptotenella</i>	254	1,106	1,001	848	230	79
	<i>Navicula decussis</i>	381	12,719	858	636	276	
	<i>Navicula elginensis</i>			143			
	<i>Navicula gregaria</i>		553		212	46	79
	<i>Navicula minima</i>	127	4,977	3,861	1,908	68,172	632
	<i>Navicula mutica</i>	127					
	<i>Navicula notha</i>	127					79
	<i>Navicula pseudoacceptata</i>	254	553				
	<i>Navicula pupula</i>	127			212		
	<i>Navicula radiosa</i> f. <i>nipponica</i>				212		
	<i>Navicula rostellata</i>	381	1,659	286	212		
	<i>Navicula saprophila</i>	3,048	13,272		11,448		
	<i>Navicula seminulum</i>	508					
	<i>Navicula subminuscule</i>	2,032	3,318		12,720	276	
	<i>Navicula subrostellata</i>		553	572		92	158
	<i>Navicula suprinii</i>					46	
	<i>Navicula tripunctata</i>	127	553				
	<i>Navicula yuraensis</i>	381		143			
	<i>Stauroneis japonica</i>			143	212	322	
	<i>Achnanthes delicatula</i>					46	
	<i>Achnanthes exigua</i>	1,143	553	143			
	<i>Achnanthes hungarica</i>						79
	<i>Achnanthes japonica</i>	4,191	553	44,330	3,180	3,220	74,023
	<i>Achnanthes lanceolata</i>	127	553			46	
	<i>Achnanthes minutissima</i>	6,223	13,272	1,001	17,384	1,518	33,575
	<i>Achnanthes rostrata</i>	1,778	11,060	858	424	460	553
	<i>Achnanthes subhudsonis</i>	254	2,212	4,576	2,120	2,024	1,343
	<i>Cocconeis placentula</i>	635	1,106	715	212		474
	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	254					79
	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1,016	4,977	3,432	636	598	1,343
	<i>Nitzschia amphibia</i>	127	1,106		424	138	
	<i>Nitzschia dissipata</i>	127					
	<i>Nitzschia fonticola</i>	2,286	7,189		1,484		79
	<i>Nitzschia frustulum</i>					92	
	<i>Nitzschia inconspicua</i>	2,794	7,189	2,717		8,326	2,370
	<i>Nitzschia palea</i>	10,160	50,323	429	15,052	230	948
	<i>Nitzschia paleacea</i>	254	14,378		65,296	184	1,106
	<i>Nitzschia perminuta</i>	9,906	89,586	2,002	636	506	
	<i>Nitzschia pusilla</i>	254					
	<i>Surirella minuta</i>		553				
	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	2,160	12,960				1,620
	<i>Scenedesmus acutus</i>			4,320			
	<i>Scenedesmus quadricauda</i>			8,640			1,080
	<i>Scenedesmus</i> sp.		8,640	6,480			
	<i>Stigeoclonium</i> sp.	127,400	17,280	41,040	30,240	1,440	86,400
出現種数		41	40	36	38	35	34

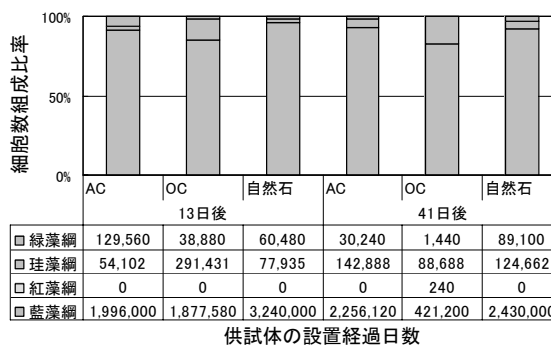


図-3 付着藻類の分類群毎の細胞数組成比率(%)

(2) アユの摂餌回数

写真-4に示すように、多くのアユがACに蟻集した。

摂餌回数は、図-4に示すように、1, 2回目及び3, 4回目ともにACが顕著に多く、ACが21.5回/分、OCが0.25回/分であった。

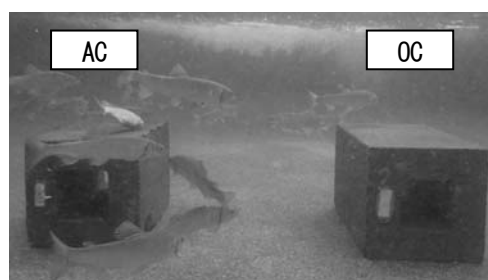


写真-4 アユの摂餌状況

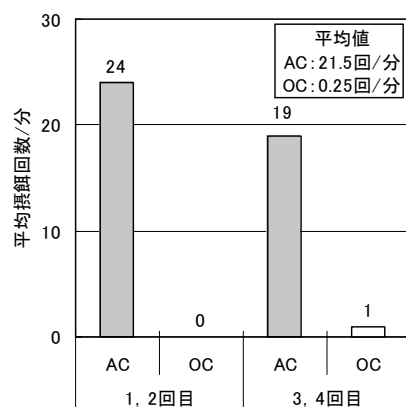


図-4 アユの摂餌回数の比較

4. 考察

(1) 付着藻類の生長促進効果と種組成

アミノ酸混和コンクリート(AC)は、普通コンクリート(OC)と比較して、付着藻類量（クロロフィルa量）が多かった。ACの藻類中のアルギニン濃度はOCよりも高く

(未発表), アルギニンは他のアミノ酸の吸収を促進する働きや緑藻類の生長を促進させる作用があることが知られている⁴⁾。またコンクリートにアルギニンを添加したことによる高pHの抑制が知られている¹⁾。これらによりACはOCに比べて藻類の生長促進効果が大きかったものと考えられる。

種組成はAC及びOC, 自然石ともほぼ同様で, 本研究ではアユの餌として有効なピロウドラソウ *Homoeothrix janthina*⁵⁾ が優占した。

以上のことから, ACは特定の藻類に対して, 生長促進効果があるのではなく, 生育する藻類全体の生長促進効果があると考えられる。

(2) アユの蝟集効果

アユがAC表面の藻類を摂餌する回数は, OCよりも顕著に多かった。アユはアルギニンに味覚応答することが知られている⁶⁾。また, ACの藻類中のアルギニンの濃度はOCに比べて高い(未発表)ため, コンクリートから溶出するアルギニン, あるいは藻類中に含まれるアルギニンに, アユが味覚あるいは臭覚応答し, ACに多くのアユが蝟集したことなどが考えられる。

(3) 今後の展望

ACの藻類の生長促進特性を利用することで, アユを含む藻類食動物の餌環境は, 従来のコンクリートと比較し, 良好になると考えられる。またACにアユが蝟集する特性を利用して, アユが遡上・降河回遊する際の魚道への誘導効果等が期待される。その他, 回遊魚であるサケの母川回帰は, 河川水に含まれるアミノ酸の濃度が関係すること⁷⁾, ウナギやコイ, モツゴ, タイリクバラタナゴ, ナマズ等もアミノ酸に臭覚あるいは味覚応答することが知られている^{2,3,8)}。さらにザリガニやカワニナ, ゲンジボタルの幼虫についてもアミノ酸に応答することが知られている^{3,9)}。以上のことから, アミノ酸混和コンクリート(AC)を従来の防護機能を重視した護岸構造物や根固めブロックなどへ付加することで, 防護と環境のバランスのとれた質の高い護岸整備の実現が期待される。

5. 結論

(1) 付着藻類の生長促進効果

アミノ酸の一種, アルギニンを混和させたコンクリート(AC)は, 普通コンクリート(OC)に比べて, 付着藻類量が多く, 藻類の生長速度が大きいことが明らかになった。要因として, 海域の研究同様でコンクリートにアルギニンを添加したことによる高pHの抑制効果やアルギニンそのものが藻類の生長を促進させたことなどが考えられた。

(2) 生長促進効果のある藻類の種

ACの付着藻類の種組成はOC及び自然石ともほぼ同様の種

組成で, アユが餌として主に利用するピロウドラソウが優占した。従ってACは, 特定の種の生長を促進させるのではなく, 生育する藻類全体の生長を促進させる効果があると考えられた。

(3) アユの蝟集効果

アミノ酸混和コンクリート(AC)は, 普通コンクリート(OC)に比べて, コンクリート表面の付着藻類を摂餌する回数が顕著に多かった。要因として, コンクリートから溶出するアルギニン, あるいは藻類中に含まれるアルギニンに, アユが臭覚・味覚応答し, ACに多くのアユが蝟集したことなどが考えられた。

謝辞: 本研究は, 榎野川漁業協同組合代表理事組合長の徳永義光氏, ならびに同組合の方々のご協力により行われたものであり, ここに深謝の意を表す。また, 本研究において有意義なご助言を下された徳島大学の上月康則教授, 独立行政法人水産大学校の池田至准教授, 竹下直彦准教授, 東京農工大学の松原創講師に感謝する。

参考文献

- 1) 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, 第26巻, pp.111-116, 2010.
- 2) 日本水産学会編: 水産学シリーズ37 魚類の化学感覚と摂餌促進物質, pp66-70, 1981
- 3) 日本水産学会編: 水産学シリーズ101 魚介類の摂餌刺激物質, pp9-33, 55-65, 1994.
- 4) Arnoe, P., Oleson, J.J. and Williams, J.: The effect of Arginine on the nutrition of *Chlorella Vulgaris*, American Journal of Botany, Vol40, pp 10-15, 1953.
- 5) 阿部信一郎: アユが自ら創る生活空間 アユと付着藻類の相互作用を通して, 中央水研ニュースNo.28, 2002.
- 6) Taishaku, H., Kobara, J. and Hidaka, I.: Gustatory Response in Wild and Cultivated Ayu *Plecoglossus altivelis altivelis*, The bulletin of the Faculty of Bioresources, Mie University, No.24, pp9-21, 2000.
- 7) 上野宏: サケの感覚機能と母川回帰, バイオメカニズム学会誌, Vol.31(3), pp.123-129, 2007.
- 8) Kawanabe, K., Tubaki, K., Tazaki, T. and Ikeda, S.: Sexual Behavior Induced by Amino Acids in the Rose Bitterling *Rhodeus ocellatus ocellatus*, Nippon Suisan Gakkaishi, 58(5), pp839-844, 1992.
- 9) 大内紘三: ゲンジボタル幼虫はどんな食餌に魅かれるか(第2報)―飼材の水抽出液の糖質及びアミノ酸について, 全国ホタル研究会誌, No.38, pp30-33, 2005.

(2011.5.19受付)