

環境保全・修復材 ーコンクリート護岸パネルの試みー IMPROVES CREATURES LIVING ENVIRONMENT BY USING A NEW TYPE OF CONCRETE PANEL

柵瀬信夫¹・林 文慶¹・越川義功¹・内川隆夫²・唐木裕志²

Nobuo SAKURAI, Boon Keng LIM, Yoshinori KOSHIKAWA, Tatsuo UCHIKAWA, Yushi KARAKI

¹正会員 鹿島建設技術研究所 葉山水域環境研究室 (〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色 2400)

²ジオスター株式会社 (〒108-0014 東京都港区芝 4-2-3 いすゞ芝ビル)

We considered that decreasing of the coastal area resources was due to concrete coastal structures that are unable to provide a sustainable habitat for living creatures. To overcome this problem, we have invented a new type of concrete which could suck and maintain plenty of water in it, and keeps the concrete surface under moisture condition. The current paper describes process of the invention as well as trial of the concrete applied to bank panel which may provides living spaces for crabs and eel.

Key Words : Coastal area, bank, concrete panel, habitat, crab, eel

1. はじめに

我国の水辺は、コンクリート構造物で固められ、そこで生活する生物のうち、コンクリートの特性に適応出来ないものは、減少するか消失し、生物資源に大きな影響を与えている。この問題に対し、何らかの改善は唱えられてはいるが、現状では有効な方法は少ない。

本報告は、海から河川上流まで生活する身近なカニ類とウナギを指標生物に、現状をより良くする手段のひとつとし、コンクリート製品の改善改良によるコンクリート護岸パネルの開発とその試行を紹介する。

2. 食物連鎖とカニ

沿岸の全ての生物資源をささえているのが食物連鎖である。この連鎖がどこかで切れれば、生物資源全体、特に我国では食糧としている大型の魚介類の減少につながり、現在それが起きている。

内湾の代表種であるマハゼを中心にした食物連鎖を図-1 に示した。連鎖の中心でマハゼの成育を司る

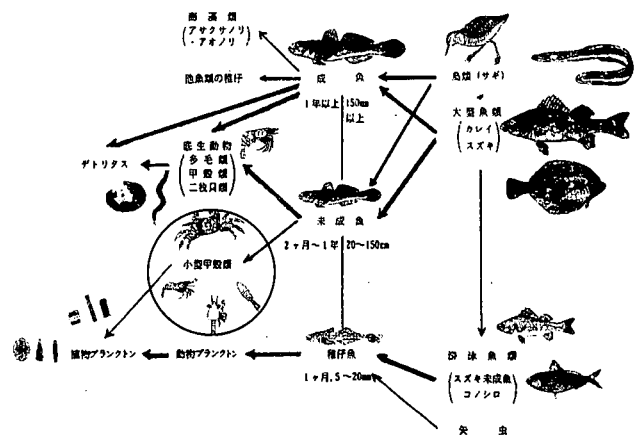


図-1 マハゼの発育段階に伴う捕食関係¹⁾

のが、稚仔魚期の餌料になる動物プランクトン、エビ・カニ類を代表する甲殻類とその幼生達である¹⁾。この動物プランクトンの数がマハゼ資源の増減を左右するひとつになっている。近年、東京湾など内湾のマハゼやウナギが減少している。その原因は生活の場とする干潟やワンドなどが消失したことと、ウナギや餌の元になるカニやエビの成体が住みやすい石積などの護岸がコンクリートに変えられたことにある(写真-1)。特に身近にいたカニ類、岩礁などに住むイソガニ類、干潟などに住むスナガニ類、そ

表－1 カニの存在と生息状況

項目 カニ	護岸形態 (個所)		護岸材料 (個所)				日射 (個所)		生息状況			護岸 合計
	直立	緩傾斜	石積	コンクリート	レンガ	サンドバック	日向	日陰	放射温度 (℃)	湿度 (%)	明度	
居る	20	1	12	8	-	1	9	12	平均 29.0 25.7～33.1	平均 74.0 51～90	平均 31 11～49	21
居ない	7	3	7	2	1	-	7	3	平均 42.4 33.7～59.2	平均 55.9 38～76	平均 38 38～49	10

調査時の気温および湿度の範囲は 29～35℃、51～76% 明度：黒＝0 白＝100

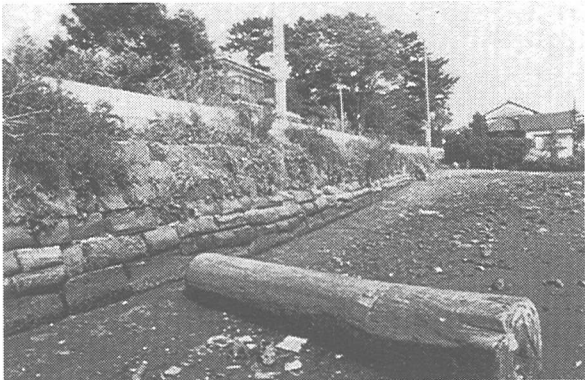
して水際から陸域に入り込んだベンケイガニ類など各地でその減少が見られ、昔はたくさんいたけれど、今は、いなくなったと言う住民の声がある。

3. 護岸とカニの関係

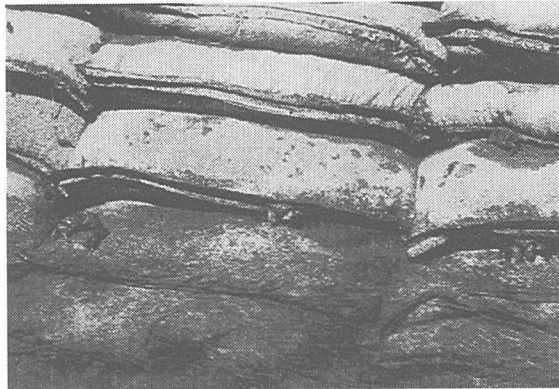
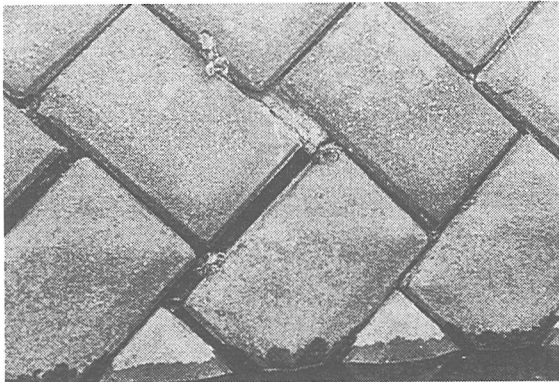
1992 年神奈川県逗子市田越川の護岸を対象に、そこに住むベンケイガニ類との関係を調査した²⁾。加えて 1998 年には同様の調査を、同地と鎌倉市稲瀬川、1999～2000 年長崎県佐世保ハウステンボス内の各種護岸で実施した^{3, 4)}。これらの調査結果を基にカニが生活している場所と居ない場所の比較検討を行った(表-1)。調査は夏期の高温下の状況で、カニが居る場所では、その周辺の放射温度は 25～33℃と気温に近い値を示し、湿度は 50～90%と大気と同

様かそれ以上で、照り返しが低い 50 以下の明度で、カニが好む条件が示された。

1992 年の調査では、カニを採って楽しんでいる子供達から「コンクリート護岸にもカニはいるよ」と知らされ、それを探った²⁾。そして、1998 年の調査でさらにコンクリートでもサンドバックでもカニが好む条件が整えば生活することが明確になった(写真-2)。これらのコンクリートを調べると、コンクリート表面が荒れて凹凸が著しく、その凹凸内にカニの餌料となる藻類が増殖し、この増殖による緑色の色彩が護岸の色調を生み出し、明度を低くしていた。また、施工が不備で、沈下で生じたずれによって空間があった。この空間は石積の目地や穴と同等のもので、気温が低下するとカニは、この空間を利用し、裏込め部分に巣穴を作り、冬眠して春を待つ(図-2)。



写真－1 護岸改修による干潟と石積護岸
(上段)が消失した(横浜市金沢区平潟湾)



写真－2 カニが生活するコンクリートと
サンドバックの護岸(逗子市田越川)

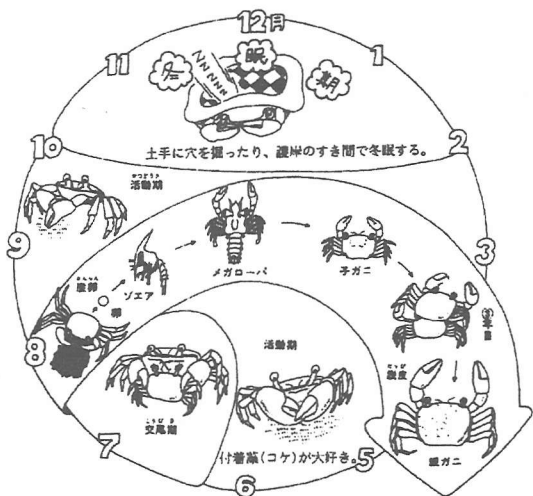


図-2 クロベンケイガニの生活暦⁵⁾

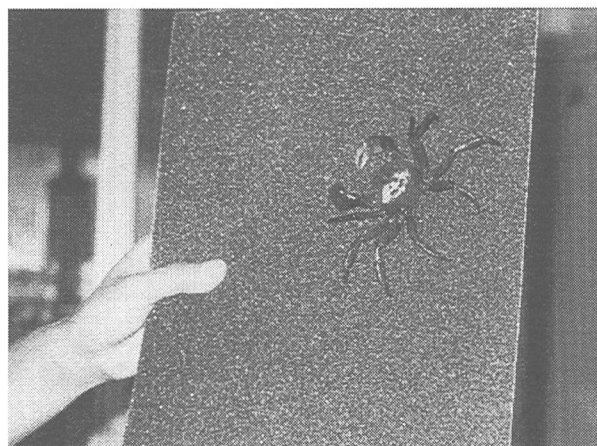


写真-3 紙ヤスリの歩行試験

4. コンクリートカニパネル飼育試験

(1) カニパネルの製作

現場調査の結果から、コンクリートの構造物でも条件を整えば、カニが生活する可能性がうかがえた。そこで、簡易的な護岸の改善を行う方法として、既存の護岸前面にコンクリートパネルを化粧板として直接張り付ける方法や、既存の護岸とパネルとの間に空間を設け裏込め部分を形成する方法など考案し、それに必要なカニが好むコンクリートパネルの試作を始めた(図-3)。試作条件のなかで、現場調

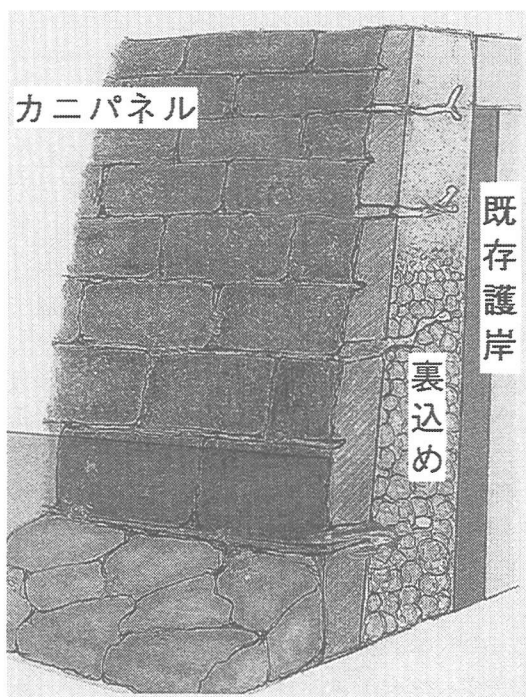
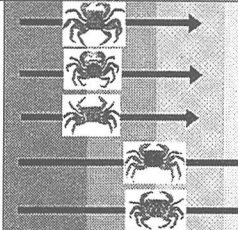


図-3 コンクリートカニパネルの想像図

表-2 カニが登れる凹凸

検体	カニパネル	紙ヤスリ					平板	
凹凸 (mm)		30号	40号	100号	120号	180号		
		2.0	1.0	0.7	0.5	0.4	0.2	0.1
クロベンケイガニ								
アカテガニ								
フタバカクガニ								
カクベンケイガニ								
イワガニ								
ナムシ								

査で正確な資料が得られなかったコンクリート表面の凹凸は、実物のカニを用いて紙ヤスリ上で、垂直面の歩行試験を行い、歩行可能な凹凸を2mmとした(写真-3、表-2)。また、色調は江戸城外堀の常磐橋にある石積に似せて、黒灰色にし明度を50以下とし、太陽光直射の50cm上空の照り返し率を15%以下に設定した。目地の巾と深さを3cm以上とし、巢穴用の穴は直径3cm以上にし、パネル表面から裏面まで裏込めと連結するために貫通させた。コンクリートの圧縮強度は 30N/mm^2 とし、鉄筋を配置し強度の対策を行った。一枚のパネルの大きさは、 $2.4\text{m} \times 0.7\text{m}$ 、厚さ 0.13m でこれを3枚組んで全体で $2.4\text{m} \times 2.1\text{m}$ の大きさにした。穴はタテ目地の交点に全体6個設け、底部のものは、ウナギが使用することを前提にした⁶⁾。試作の状況と試作したパネルを写真-4に示した。

(2) パネル組立と試験装置

パネルの組立は、 3.6t FRP水槽内にパネルを設置し、パネルの裏側に木製の枠を設け、その内側に底部より1.2mの高さまで碎石を詰め、その上に砂を入れ、さらに上部30cmは土を入れて、裏込め部分をつくった。水槽は、同型の貯留槽と連結し、水中が

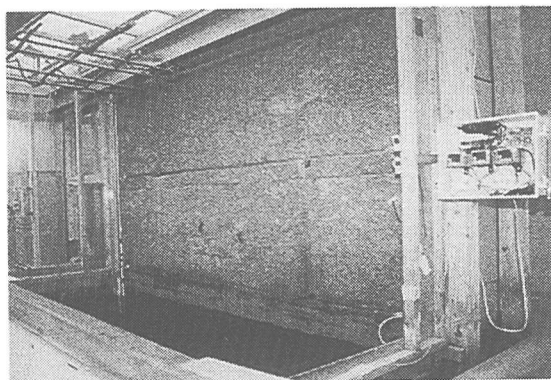
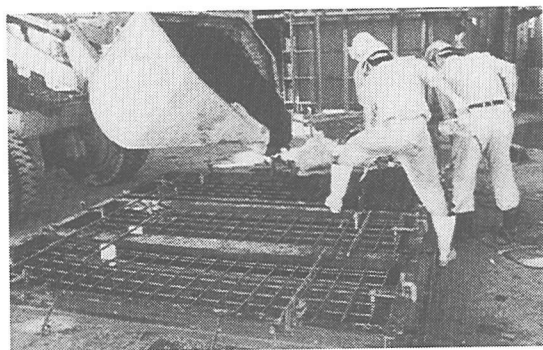


写真-4 コンクリート打設と組立たコンクリートカニパネル

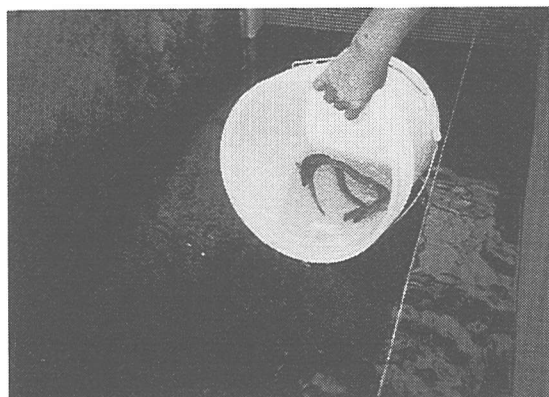


写真-5 試験に用いたクロベンケイガニとウナギ

ンプを使用して、6時間間隔で潮位変動にならった1mの水位変化をつけた。パネルと水槽からなる試験装置は、空調を施した屋内に設置し、試験装置を収容した建物は太陽光を取り入れるため、透明板を屋根と側壁に用いた。試験装置は、鹿島建設葉山水域環境研究室の敷地内に設置した⁶⁾。

1998年11月1日にウナギ3個体、クロベンケイガニ20個体を指標生物としてパネルを中心にした試験装置に収容し、2000年11月までの1年間両種の行動を観察した(写真-5)。

(3) 観察と評価項目

試作したパネルの有効性を確認するために、ウナギとカニの行動を観察し、評価する項目を設定した。

- 1) カニがパネルを歩けるか
- 2) カニが目地を利用するか
- 3) カニが穴に入って巣穴を作るか
- 4) カニが縄張りをつくるか
- 5) カニが脱皮し成長するか
- 6) カニが摂餌活動をとるか
- 7) カニの餌料になる藻類が増殖するか
- 8) ウナギが穴に入るか
- 9) ウナギが餌を食べるか
- 10) ウナギが成長するか

これらの観察には目視で観察する方法、パネル前方に設置したモニターカメラを用い、VTRで録画する方法、さらに電光管のセンサーでカニの行動を回数で計測する方法などを用い、これらの観察記録を合わせて検討し、最終的にはパネルと水槽の解体時に、そこに残ったカニとウナギの個体数を確認した。

(4) パネル飼育試験結果

観察項目1～10に関し、おおむね満足するものであった。ウナギは底部にある穴にすぐに入り込んで昼間はその内に潜み、夜間摂餌のため穴から出てきた。しかし、試験開始時に収容した20個体のカニは、いつのまにか逃げ出し、最終的には、水面に接する穴と水中の穴に生活する8個体になった。

試験開始時より6ヵ月間は、パネル上部の土部分の植物を育成することを目的に、水道水の散水を毎日定期的に行い、裏込めの土を湿潤させていた。6ヵ月後、この散水を停止し、その停止一週間後に、パネル上部の穴で営巣していたカニは、下方の水際へ移動し、その後、上方の穴は土砂がくずれ穴をふさぐ状況になった。このカニの行動には、散水停止によって上方の穴の湿度(60～75%)が45～50%に低下し、乾燥によって湿気に含まれる水分から鰻で酸素を得るカニが呼吸障害を起こしたためであろう。

現状での色調, 歩くための凹凸, 巣穴用の穴など, 形態を重視した普通コンクリートのパネルは, 水分の吸収率が重量比で 3% 以下のため, 乾燥が進みやすく, 散水停止によってカニが満足する湿潤した状態ができなかった。

この結果と、護岸調査の資料を合わせて検討すると, カニが満足するコンクリートパネルは, パネル自体が適度に湿潤し, 例えば, 毛管作用を持ち, 10～30%の吸水・保水機能を備えたコンクリートが必要になった。

5. ウェットコンクリートのカニパネル飼育試験

(1) 湿潤するコンクリートの開発

普通コンクリートのパネルの試験結果から, 吸収・保水・毛管作用の機能を持つコンクリートの必要が生じた。基本には砂岩系の護岸材料に準じる湿潤するコンクリートのパネルを目指し, 吸水・保水率が 10～30%を設定し, コンクリート強度も通常のものと同様, 圧縮強度で $30\text{N}/\text{mm}^2$ 曲げ強度で $5\text{N}/\text{mm}^2$ を目標に, コンクリート材料から検討を始めた。土壌が持つ吸水・保水能力を司る植物繊維を添加した試作品を製造し, 吸水・保水・強度を調べた。この結果, 10～30%の吸水・保水力があり, 強度も目標に達するものが得られ, これをウェットコンクリートと称した (写真-6)。

(2) 新たなカニパネルの製作と試験方法

4 (1) で示したカニパネルの製作と同様の条件と方法で, ウェットコンクリートを用いて新たなパネルを用意した。パネルは, カニが逃げ出すことの防止と, 全体を観察できるようにアクリル水槽内に設

置し, 潮位変化をつけず一定水位で, 屋外で雨水が浸入しない方法で, 飼育試験を実施した (写真-7)。

カニの観察は目視で行い, 評価は前記した飼育試験 4 (4) に準じた。2000 年 10 月にクロベンケイガニ 10 個体とウナギ 2 個体を収容し, 試験を開始した。試験装置はジオスター(株)東松山工場内に設置した。

6. パネル飼育試験結果

試験開始時点から, パネル全体と裏込め土砂部分は湿潤し, カニが必要な 60%以上の湿度が保たれた。この状態のなかで, 気温低下が始まった 10 月下旬からカニは, 裏込め部分に冬眠用の穴掘を始め, トンネルを拡大していった。12 月中旬にはカニはトンネルの最奥部に入り, 全く活動を停止し, 冬眠を始めた (写真-8)。このトンネルは, 記録されているクロベンケイガニのトンネルと同様の形状があり⁷⁾, 人工物のなかで, 自然状態と同等の生活をしていることが判明し, 湿潤したコンクリートパネルが必要であることが示された。

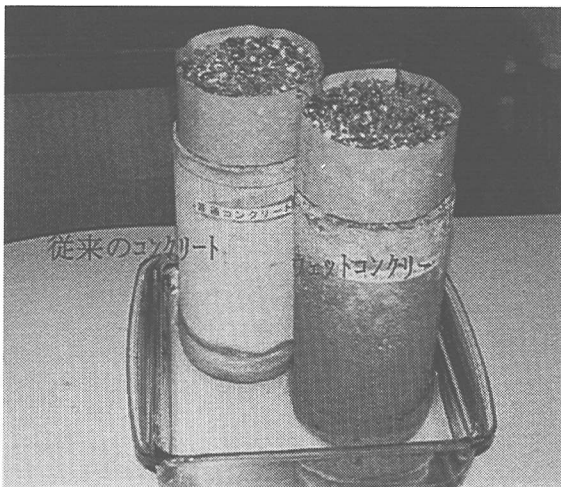


写真-6 ウェットコンクリート（手前）と普通コンクリート（後方）

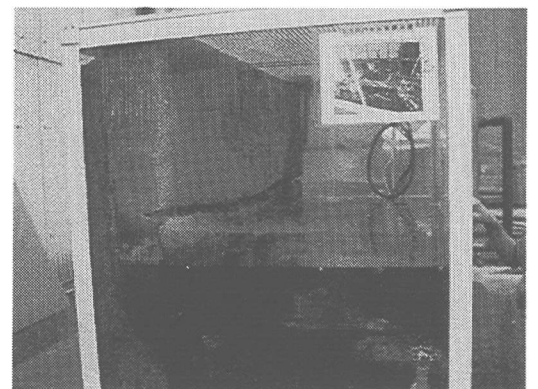
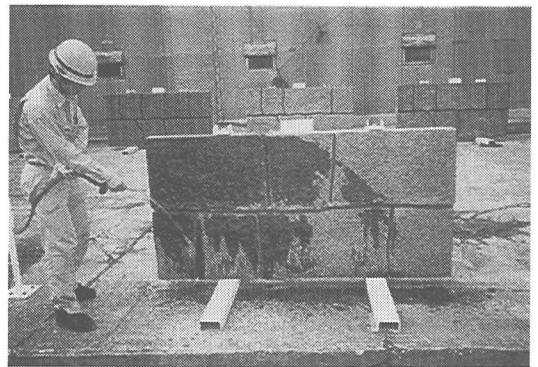


写真-7 ウェットコンクリートカニパネルと飼育試験状況

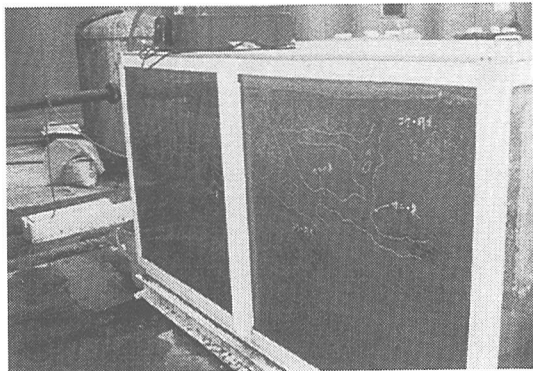


写真-8 裏込め部分につくったカニの
巣穴

7. 東京港での試行

東京都港湾局では1999年より、目地やカニ達が隠れる穴を設けた木製板に、裏込めを土砂と砕石でほどこした模型を、東京港中央防波堤に設置し、生物の生息状況の調査を行った。一ヵ年間設置したものには、多数のカニの生息が確認でき、この結果から実海域でカニ等に適した形態と機能を備えれば、人工物でも生息できることを証明したと新聞が報じた⁸⁾。そして、近い将来コンクリートパネルでの新しい護岸造成が始まると聞いている。

8. おわりに

海水浴で体の露出部分を何かに刺されることがある。その多くが、通称チンクイと呼ばれ、カニ類のゾエア（幼生）のトゲに刺される事故で⁹⁾、それが1980年頃から減少した。これは、ゾエアの出現が少なくなったことを示している。この現象は本当に良いことなのであろうか。

白く照り返しの大きい、表面が平滑で、吸水や保水をしない一般的に使用されているコンクリート、それに対し、全く反対の照り返しが小さく、生き物が伝ってあがれる凹凸のある表面と、吸水と保水をする新しい機能を持ったコンクリート。この両者の機能を組み合わせることで適材適所でのコンクリートの使用が可能になり、使用範囲が広がる。そして、自然界の必須物資である水分、水を構造物のなかでどのように扱うかが、新しい環境保全技術になるだろう。

参考文献

- 1) 桑原連, 武内博治: 生活史から見たマハゼの環境保全, 横浜市立大学総合研究第4号, 1987.
- 2) 柵瀬信夫, 永田慧, 坂田昇: カニと護岸形態の関係, コンクリート構造物の緑化に関するシンポジウム論文報告集, pp. 103-110, 1993.
- 3) 柵瀬信夫, 林文慶, 石井浩, 龍修一郎: ハウステンボス石護岸が生物にやさしい要因を探る, ハウステンボス環境研究会, 知新 vol.6, pp. 14-19, 2000.
- 4) 柵瀬信夫, 林文慶, 龍修一郎: ハウステンボス石護岸が生物にやさしい要因を探る2000年調査報告, ハウステンボス環境研究会, 知新 vol.7, pp. 15-18, 2001.
- 5) (財) 日本自然保護協会: いその自然かんさつ, 自然観察学入門シリーズ No.5, p16.
- 6) 柵瀬信夫, 芹澤伸一: カニが生息できるコンクリート護岸の開発, セメント・コンクリート, No.641, pp. 48-51, 2000.
- 7) 小野勇一: 干潟のカニの自然誌, pp. 166-183 平凡社・自然叢書 29, 1995.
- 8) 日本経済新聞: 自然と創れ, 護岸ブロック, 11月9日夕刊, 2000.
- 9) (財) 日本自然保護協会: 野外における危険な生物, p. 83, 思索社, 1982.