河川感潮域に整備された緩勾配河岸の 底生生物による評価

EVALUATION BY BENTHOS OF THE GENTLE SLOPE REVETMENT
WHICH WAS PROVIDED IN A TIDAL RIVER

高比良光治¹・島谷幸宏²・深津慎司³・金原絵理子⁴・中島淳⁵
池松伸也⁶・河口洋一⁷

Koji TAKAHIRA, Shimatani YUKIHIRO, Shinji FUKATSU, Eriko KINBARA,
Jun NAKAJIMA, Shinya IKEMATSU and Yoichi KAWAGUCHI

¹学生会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

²フェロー会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

³非会員 東京都建設局 (〒163-8001 東京都新宿区西新宿2-8-1)

⁴非会員 無職

⁵非会員 農博 福岡県保健環境研究所 (〒818-0135 太宰府市大字向佐野39)

⁶正会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

⁷正会員 学術博 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 (〒770-8506 徳島市南常三島2-1)

In order to grasp the effect of the gentle slope revetment works to exert on the biodiversity at a tidal river, we surveyed at the tidal area in the Gokase River in Miyazaki Prefecture about the distributions of physical environments (ground levels, grain diameter and ignition loss of bed material) and the benthic communities at both of the soil-covered gentle slope revetment (A), and the vertical dry stone pitching revetment (B).

As the results, the physical environments were similar in a transverse direction at the B section but the A section were successively varied. The kinds, and rare species of benthos, especially insects were rich at the A section rather than the B section. The results suggested that the gentle slope revetment works had improved biodiversity.

Key Words : *gentle slope revetment, tidal river, benthos, Gokase River*

1. はじめに

多自然型川づくりは、1990年に始まって以来、日本全国において実践されてきたが¹⁾、その一方で画一的な標準横断形で水際部に工夫がみられないなどの課題が残るものも多くみられていた²⁾。そのため、2006年に「多自然川づくり基本指針」が新たに定められ、抜本的見直しが行われた³⁾。この指針では、実施の基本として、自然の特性やメカニズムの活用、生物の生息・生育・繁殖環境の保全・創出、河川全体の自然の営みや地域の暮らし・歴史・文化及び河川管理全般を視野に入れた川づくりなどが挙げられ、中長期的に解決すべき課題として、水際の適切な河岸工法に関する技術開発の必要性などが提言された³⁾。

島谷ら⁴⁾は、河川改修による直線化が、瀬・淵構造の変化、植生の減少、河床の単純化等の生物生息空間の単純化をまねき、魚類の生息に影響を及ぼすことを報告している。他にも河川水際（水辺エコトーン）の形状や植生の違いが魚類・底生生物の生息に及ぼす効果等の研究事例が近年多くみられるようになり^{5),6)}、水際環境の多様性が生物の生息空間及び生息する生物の多様性に大きく貢献していることが明らかになってきている。しかし、これらの研究は河川の中・上流域を対象にしたものがほとんどである。河川感潮域においては、水質、地盤高、底質などと底生生物の分布についての研究事例はあるものの^{7),8),9),10)}、河岸の整備手法に着目して、底生生物の生息実態から評価を行った事例は我が国では見当たらない。

そこで本論文では、河川感潮域に覆土によって整備された緩勾配の河岸と従来型の急勾配の石積護岸を対象に

(図-1)，それぞれの物理環境と底生生物の特性及びそれらの相互関係を解析し，緩勾配河岸の多自然川づくりにおける効果を評価した。

2. 調査方法

(1) 調査対象地区の概要

調査対象地区は，図-2に示す宮崎県延岡市を流れる五ヶ瀬川の河口から3.4～4.1km地点に位置する感潮域である。本地区は延岡市の中心街にあたり，2005年9月の台風14号による浸水被害を受け，五ヶ瀬川激甚災害特別緊急事業による河道掘削及び護岸改修等が行われた。

右岸側は北町・本小路地区と呼ばれ，周囲に城跡や歴史的な施設である畳堤や水神があり，高水敷きでは流れ灌頂（灯籠流し）や大祓式（神事）などの行事が行われていた。そのため，地域の風土・文化に配慮した親水空間の整備が行われた¹⁾。

整備区間には，図-1に示したような石積護岸を覆土した緩勾配河岸と，覆土をしていない従来型護岸の整備手法の異なる2区間がある。緩勾配河岸の前面は干潮時には底泥の一部が干出して干潟となるが，石積護岸では水深が浅くなる程度で底泥は干出ししない。

(2) 調査地点

従来型護岸区間の調査ラインとして，岸際の水深が深く，河床の横断形状が平坦であるという従来型護岸の特徴が明瞭な上・下流の水制間のほぼ中央にB1ラインを設定した（図-3）。

緩勾配河岸区間では，水制Aがある上流側と水制Bがある下流側では河岸の横断勾配と河床材料に外観上の違いが認められたため，それぞれに調査ラインを設定した。各調査ラインは，潮間帯が横断方向に長いという緩勾配河岸の特徴が明瞭な水制周辺とし，水制の影響で地盤高や河床材料が複雑に変化する水制近傍の特異点を除いた中から，代表的なA2及びA3ラインを選定した（図-3）。

各ラインにおいて調査地点を一定の間隔で9～12点設定した（図-3）。ただし，調査時期はA2-4～A2-8，B1-6～B1-9，A3-3～A3-7は冬季と夏季の2回，その他の地点は夏季のみである。B1-1～B1-5は石積部で，地盤高はそれぞれA3-1～A3-5に対応させて設定した。

(3) 調査方法

a) 物理環境調査

各地点の中央部（図-3の拡大図の中の②列）で河床材料を深さ10cm採取し，持ち帰って粒度組成，有機物量の指標となる強熱減量をそれぞれJIS-A1204，JIS-A1226に従い分析した。また，各地点の地盤高を水準測量した。

調査日は冬季が2008年12月8日，夏季が2009年6月17日，18日で，いずれも干潮時（最干潮位 T.P.-0.26m）に調査

図-1 調査対象地点における河岸の横断形状概略

図-2 調査対象地区の位置

図-3 調査ライン及び調査地点

した。

b) 底生生物調査

物理環境調査と同日に各地点の3箇所（図-3の①，②，③列）に30cm×30cmのコドラートを設置し，コドラート内の深さ約10cmまでの底生生物を河床材料とともにスコップで採取した。水没部では，底生生物の流失を防止するために網目1mm×1mmのサーバーネット付のコドラートを用いた。採取試料は70%のエタノールで固定して実験室に持ち帰った後，種類別個体数を計数した。このほか，夏季調査では，従来型護岸の岩上や岩の間に

潜んでいる生物を冬季と同様にコドラートを用いて定量採取した。こうして得られた採集箇所別の計数結果を各ラインの①, ②, ③の列ごとに集計し, ライン別の平均種類数, 平均個体数, 及び多様度指数として個体数による変動が小さいとされる森下の β 指数¹²⁾を計算した。

(4) 解析方法

緩勾配河岸と従来型護岸における物理環境の違い, 及び底生生物相と物理環境との関係を明らかにするために統計解析を行った。解析には, 以下のクラスター分析と正準対応分析を行った。

a) クラスター分析

各地点の物理環境の特性を把握するために, 調査した地盤高, 中央粒径, 強熱減量によるクラスター分析をユークリッド平方距離に基づくウォード法により行った。分析にはCRANのWebサイト (<http://www.r-project.org/>) からダウンロードできるフリー統計ソフトRを使用した。地盤高, 中央粒径, 強熱減量の各データは, 標準化(平均値0, 標準偏差1)して使用した。

b) 正準対応分析 (CCA)

物理環境と底生生物の2つのグループ間の関係を調べるために, 正準対応分析 (Canonical Correspondence Analysis) を行った。使用したデータは2009年夏季調査の結果(石積部のB1-1~B1-5を除く)で, 独立変数として強熱減量, 中央粒径, 地盤高の各地点の測定データを, 従属変数として3地点以上で出現した底生生物23種の地点別個体数を対数変換 ($\log(x+1)$) して与えた。解析には統計処理ソフトのPC-ORDver.5を使用した。

3. 調査結果及び考察

(1) 物理環境調査結果

各ラインの横断形状を比較すると, 図-4に示すように従来型護岸のB1ラインは護岸際から平坦河床となっていた。緩勾配河岸のA2ラインは, A3ラインに比べて傾斜が緩やかであった。潮間帯は, その範囲を朔望平均満潮位から朔望平均干潮位までとすると, A2ラインは護岸から15m, A3ラインは護岸から10m付近までで, B1ラインは護岸の石積部のみで干潟は出現しない。

河床材料をライン間で比較すると, 図-5に示すように平坦河床のB1ラインは, 夏季のB1-9の結果を除けば石積部直下から沖側に強熱減量の高い, 中央粒径1mm以下の細粒土が広がっていた。A2ラインは潮間帯が主に礫床で, 潮下帯が細粒土となっていた。A2より勾配の大きなA3ラインは全地点が概ね礫床で, 地点による粒径の差が大きいのが特徴であった。緩勾配河岸のA2及びA3ラインは, とともに従来型護岸のB1ラインに比べて地盤高, 中央粒径, 強熱減量が横断方向に連続的に変化していた。

図-4 地盤高調査結果

図-5 河床材料の中央粒径・強熱減量の横断分布

図-6 底生生物の調査ライン別出現状況

(2) 底生生物調査結果

種類数は, 図-6に示すように各ラインとも夏季が冬季に比べて多かった。また, 両季とも緩勾配河岸のA2ライン及びA3ラインの種類数が, 従来型護岸のB1ラインの河床部に比べて多かった (t検定, $p<0.05$)。しかし, B1ライン河床部の夏季に石積部の結果を加えると, 夏季の種類数にライン間の差はみられなかった (t検定, $p>0.05$)。夏季の緩勾配河岸における種類の多さは主に

昆虫類，B1ライン石積部における種類の多さは主に甲殻類によるものであった。

ライン別平均個体数は，A2ラインがA3ライン及びB1ライン河床部に比べて少なかった（t検定， $p<0.01$ ）。これは主に多毛類の個体数の差によるものである。

多様度指数は，両季ともB1河床部がA2及びA3ラインに比べて低い傾向がみられたが，有意差が認められたのは冬季のみであった（t検定， $P<0.01$ ）。

(3) クラスタ分析結果

クラスタ分析の結果，図-7に示すように各地点は大きく4つのグループに分類できた。これらをtype1～type4として，地盤高，中央粒径，強熱減量の平均値を表-1に示す。各typeの特徴をみると，type1は地盤高が低く中央粒径が小さい。type2は地盤高が高く中央粒径が大きい。type3は地盤高が低く中央粒径が小さい。type4は地盤高が低く，中央粒径が大きい。type1とtype3の違いは，type1は強熱減量がtype3より大きいことである。また，従来型護岸の河床部のB1-6～B1-10は，B1-9を除くとすべての地点がtype1に属していることから，横断方向に物理環境が類似していることがわかる。

従来型護岸の河床部からなるtype1は，図-8に示すように主に緩勾配河岸からなるtype2～4と比較して多毛類の種類数が多く，昆虫類が少ない。一方，主に緩勾配河岸の潮間帯部から構成されるtype2は，その沖側の河床部から構成されるtype3，4と比較して昆虫類が多く，多毛類・甲殻類が少ない。また，それらの差はtype1との差よりも大きい。したがって，底生生物相からみると，主に河床部からなるtype1，type3，type4は主に潮間帯部からなるtype2に比べて類似性が高いと考えられる。

(4) 正準相関分析結果

正準相関分析（CCA）の結果を図-9に示す。A2及びA3ラインの地点は図中に散らばって位置しており，物理環境の多様性が高いことを示している。一方で，B1-6～B1-10は河川横断方向に物理環境の変化が小さいため，強熱減量が高く中央粒径が小さく地盤高が低い，という図の右上に集中して位置している。A2ラインの潮下帯に位置する地点のA2-7～A2-12も，B1-6～B1-10に比べて強熱減量は小さいものの，中央粒径が小さく地盤高が低いという右上に位置している。

図上にプロットされた底生生物は，大きく①～③の3つのグループに分けられた。グループ①はカワゴカイ属やヘテロマス属などの多毛類及びニッポンドロソコエビやカマコエビ属などの甲殻類からなる。これらは地盤高が低い場所で中央粒径が小さく強熱減量が多い場所に主に生息しているものと考えられる。グループ②は主に昆虫類からなり，地盤高の高い潮間帯を主な生息場としているものと考えられるが，潮間帯の中では図-9に示すように地盤高の軸に沿って散らばって分布し

図-7 物理環境による調査地点のクラスタ分析結果

表-1 物理環境のtype別平均値

	type1	type2	type3	type4
強熱減量(%)	5.54±0.72	3.27±0.55	2.6±0.14	2.86±0.76
中央粒径(mm)	0.37±0.07	15.32±4.79	0.45±0.07	24.97±6.65
地盤高(T.P.+m)	-0.95±0.08	0.58±0.46	-0.72±0.2	-0.81±0.28

図-8 物理環境type別の底生生物種類数

図-9 CCA分析結果

ており，種類によって好む地盤高が異なるものと考えられる。グループ③は中央粒径が大きく強熱減量が少ない場所を好む種類が生息しているものと考えられ，一般に

砂泥質から泥質を好む多毛類が少ないのが特徴である。

以上のことから、河川の底層を生息場として利用する底生生物も、種によって好むマイクロハビタットスケールの生息環境が異なることがわかる。

(5) 緩勾配河岸の底生生物による評価

緩勾配河岸のA2, A3ラインが従来型護岸のB1河床部より種類数が多かった(図-6)。この要因は、図-9に示すように地盤高の高い潮間帯の礫床、物理環境の分類ではtype2に昆虫類が多く生息していたためと考えられる。中でもトビムシ目、コウチュウ目に属する地表性昆虫の種類数が昆虫類全体の約半数を占めていた(表-2)。

新井ら¹³⁾によると、地表性昆虫の中では、トビムシ目やコウチュウ目で潮間帯に進出した種類が多いとされており、潮間帯に進出した地表性昆虫の生息場として緩勾配河岸が重要であることが示唆される。

本調査で確認された表-2に示す昆虫類の中には、絶滅危惧種3種が含まれていた。そのうち1種はキバナガミズギワゴミムシであり、埼玉県で絶滅、大阪府ほか1道5県で絶滅危惧種等の希少種に指定されている。本種は、従来型護岸の河床部でも確認はされているが、緩勾配河岸の潮間帯部での個体数が多かった。また、大阪府の絶滅危惧Ⅰ類を初めとして合計5県で希少種に挙げられているウミミズギワゴミムシは、緩勾配河岸の潮間帯のみで採取されている。残る1種で緩勾配河岸の潮間帯のみで採取されたクロシオガムシは、環境省のレッドリストで準絶滅危惧種に指定されている。これらの種は、いずれも河口や海岸などの潮間帯に生息する種である^{14),15),16)}。キバナガミズギワゴミムシは、満潮時には水没する小石や礫の下に潜み、干潮時に干潟上に現れて活動するとされ¹⁵⁾、減少原因として護岸工事等の河川改修、干潟の縮小や水質汚濁の影響が挙げられている^{14),15),16)}。中島ら¹⁷⁾も同じ五ヶ瀬川水系の支川である北川感潮域の人工ワンドで、クロシオガムシとキバナガミズギワゴミムシを確認しており、両種が造成された1/5勾配の斜面に生息していたことから、傾斜角をつけた掘削の重要性を指摘している。このほかハネカクシ科及びハサミムシ目の成虫が緩勾配河岸のみで確認された。海外では、同じハネカクシ科のナギサハネカクシ属の一種が、干潮時に干潟の砂の上や石の下、岩礁の砂の隙間から発見され¹⁸⁾、干潮時に砂の表面に現れてヨコエビを捕食することなど¹⁹⁾、潮間帯を隠れ家や餌場などの重要な生息場の一部として利用していることがわかっている。

以上のように、潮間帯の緩勾配部は昆虫類、とりわけ潮間帯に進出した地表性昆虫類にとって重要な生息場であり、護岸工事などにより全国各地で減少しているものと危惧される。

従来型護岸のB1石積部では、緩勾配河岸の潮間帯に比べて甲殻類の種類数が多く、石積部を含めると、従来型護岸と緩勾配河岸との間に種類数及び多様性指数に差

表-2 底生生物調査結果(夏季・冬季の平均)

分 類 群		緩勾配河岸				(個体/m ²)	
		A2		A3		従来型護岸 B1	
		潮下帯	潮間帯	潮下帯	潮間帯	河床部	石積部
多毛類	サンバコカイ目	155	2	232	0.5	205	16
	スズビオ目	3		2		16	
	イトゴカイ目	50	2	218	4	461	0.4
	オフェリアゴカイ目						
貝類	イシタミガイ			0.6			
	アマオプネガイ目	1	0.4	67	0.6	1	10
	盤足目	0.5		4			
	イガイ目	3	4	3	24	0.4	7
	ホトケシガイ			0.1			
	コウロエンカワヒバリガイ			4		1.11	5
甲殻類	マルスダレガイ目	9	2	4		2	
	タナイス目		0.7	23	0.6		74
	クレー目	1		0.1		0.1	
	ヨコエビ目			0.3			4
	ニッポンドロソコエビ	19	0.3	32		126	3
	トゲドロクダムシ				2		
	トンガリドロクダムシ		0.4				0.4
	ドロクダムシ属		0.7				0.4
	ホソコエビ			0.3			
	カマカヨコエビ属	19	0.7	6	0.6	49	
	カマキリヨコエビ属					0.4	
	メリタヨコエビ科	6		9	4	31	0.4
	イソコエビ	0.7		0.6			
	ヒメハマトビムシ	1	18	8	74	0.1	3
	ハバヒロコツツムシ			0.3			
	イソコツツムシ	0.2	0.3	1	6		
	アミ目					0.9	
	エビ目					0.1	
	ヨシエビ						0.4
	テナガエビ						
	カワスナガニ			0.1			
	ベンケイガニ(稚ガニ)		1		0.6		3
	クロベンケイガニ						0.4
	ベンケイガニ						2
	モクズガニ(稚ガニ)			0.4			
	モクズガニ			0.1			
	ヒメヒライソモドキ			2			
	タイワンヒライソモドキ			2			
	オオヒライソガニ			0.1			
トビムシ目	トビムシ目	1		6			0.4
ハサミムシ目	アヤトビムシ科		0.4				
カメムシ目	ハサミムシ目成虫		2			5	
	カメムシ目幼虫			0.3		9	
	ゲンバムシ科成虫					3	
ハエ目	ハエ目成虫	19	7	1		2	
	ハエ目幼虫	0.8				3	
	ガガンボ科幼虫	1	6	2		8	1
コウチュウ目	コウチュウ目成虫	3	0.7			3	
	オサムシ科幼虫		1			3	
	キバナガミズギワゴミムシ成虫	0.3	4	0.9		1	0.4
	ウミミズギワゴミムシ成虫		0.3			1	
	クロシオガムシ成虫					2	
	ハネカクシ科成虫	4	4	0.6		2	
	コメツクムシ科成虫			0.6		0.6	
ハチ目	ハチ目成虫	0.5	0.4				
	アリ科成虫		3	0.3	1	0.4	
その他	節足動物門	0.5					
	クロシオニ科(ヒル綱)	1	0.7			0.4	
	クモ目(クモ綱)			0.6	2		1
	ヒナハゼ(環着虫綱)			0.3		0.3	

はみられなかった(図-6)。石積部のみで出現した甲殻類は、テナガエビ、ベンケイガニ、クロベンケイガニなどである(表-2)。テナガエビは礫下や礫間に日中隠れ、夜間にはい出て餌をとる²⁰⁾。ベンケイガニ類2種は、土手の堅い泥地に巣穴を掘って生活する習性があり²¹⁾、石積護岸の石の間から土手に巣穴を形成しているものと考えられる。ベンケイガニは6県で、クロベンケイガニは3県で希少種となっており、護岸のコンクリート化などが減少原因と考えられている²²⁾。したがって、これらの従来型護岸石積部での生息は、コンクリート化していない空石積護岸の効果と類推される。

潮下帯では、図-9に示したCCA分析結果によると、底生生物は底質の粒径及び強熱減量の大小によってグループ①と③に分けられた。これは既存研究^{7,8)}などで示されているように底生生物の分布が底質環境と関係が高いためと考えられる。表-2に示した底生生物の出現状況からみると、A3ラインでは他のラインと比べて礫またはコンクリート護岸に付着するイシマキガイが多い。礫間や礫下に生息するカワスナガニ、オオヒライソガニ、タイワンヒライソモドキ、ヒメヒライソモドキ、モクズガニもA3ラインのみで出現しており、礫の存在がA3ラインの生物相を特徴づけている。これらカニ類のうち、カワスナガニが環境省の準絶滅危惧に指定されているほか、オオヒライソガニを除く4種とも2~6県で希少種に指定されている。このことは、適度な緩勾配河岸の整備に

よって、河床材料の多様性と失われた希少種の生息環境の創出が可能であることを示唆する。

以上のことから、緩勾配河岸は、従来型護岸河床部よりも物理環境、生物相ともに多様性に富み、希少種にとっても重要な生息場であると推察される。

4. 結論

本研究では、覆土によって整備した緩勾配河岸と、従来型の石積み護岸における物理環境(地盤高、河床材料の粒径・強熱減量)と底生生物を調査し、両整備手法における底生生物相の特性と物理環境との関係、及び多自然川づくりにおける緩勾配河岸の効果を検討した。研究結果は次のとおりである。

- ・ 緩勾配河岸は、従来型護岸に比べて地盤高、中央粒径、強熱減量が横断方向に連続的に変化していた。
- ・ 緩勾配河岸は、従来型護岸の河床部に比べて底生生物の種類数が多かった。特に昆虫類が多かった。
- ・ 緩勾配河岸で昆虫類が多かったのは、これらが好む地盤高の高い潮間帯が存在したためと考えられる。
- ・ 底生生物の種類によって好適な物理環境条件が異なっており、緩勾配河岸における底生生物の種類の豊富さは、物理環境の連続した変化にともなう多様性の高さによるものと考えられる。
- ・ 緩勾配河岸のみで確認された希少種も多く、潮間帯における緩勾配河岸の重要性を示唆するものと考えられる。
- ・ 従来型護岸の石積部では、エビ・カニなどの甲殻類が多種類生息し、希少種もみられるなど、空石積工法の効果が類推される。

以上のことから、緩勾配河岸の方が従来型護岸河床部よりも多様な底生生物を育む河川環境になっており、河川感潮域における多自然川づくりの整備手法の一つとして、横断方向に連続性を持たせた水辺エコトーンの整備は底生生物の多様性や希少種の保全の面から効果が期待できるものと考えられる。ただし、従来型護岸の空石積部のみで確認された生物もいることから、このような生物についても配慮し、両整備手法をバランス良く配置することが望ましいと考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、底生生物の分類等についてご指導いただいた福岡大学工学部社会デザイン工学科の伊豫岡宏樹助手、(財)九州環境管理協会の宇野潔氏、道山晶子氏、城内智行氏に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 島谷幸宏：河川環境の保全と復元 一多自然型川づくりの実験一、鹿島出版会、東京、2000。
- 2) 多自然川づくりレビュー委員会：多自然川づくりへの展開、国土交通省河川局記者発表資料、2006。
- 3) 国土交通省河川局：多自然川づくり基本指針、記者発表資料、2006。
- 4) 島谷幸宏、小栗幸雄、萱場祐一：中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化、水工学論文集、第38巻、pp.337-344、1994。
- 5) 内田朝子、洲崎燈子、山本敏哉、白金晶子、藤井泰雄：準用河川太田川自然環境調査報告一多自然型川づくりを用いた河川整備の評価一、矢作川研究、No.8、pp.187-217、2004。
- 6) 河口洋一：水辺の植物が河川性魚類の生態に及ぼす影響、海洋と生物、25(6)、pp.452-459、生物研究社、2003。
- 7) 土屋誠、栗原康：宮城県蒲生干潟における底生生物の分布と微細粒子の挙動に関する研究、生理生態、17、pp.145-151、1976。
- 8) 大谷壮介、上月康則、倉田健悟、仲井薫史、村上仁士：河口干潟潮間帯の物理的な底質環境と底生生物群集との関係、土木学会論文集G、Vol.63、No.4、pp.195-205、2007。
- 9) 品川汐夫、多部田修：河口域干潟における底生動物群集の経年変化についてのRsn法による解析、日本水産学会誌、64(5)、pp.796-806、1998。
- 10) 山下俊彦、菅沼剛、宮下将典、吉田徹、桜井泉：石狩湾新港から石狩川河口の周辺海域における底質特性とマクロベントスの群集構造、海岸工学論文集、第47巻、pp.1201-1205、2000。
- 11) 塚本剛好：五ヶ瀬川激甚災害対策特別緊急事業の進捗状況、九州技報、第45号、2009。
- 12) 森下正明：種多様性指数値に対するサンプルの大きさの影響、日本生態学会誌、46、pp.269-289、1996。
- 13) 新井志保、吉富博之、丸山宗利：日本の潮間帯性甲虫、昆虫と自然、39(12)、pp.21-24、2004。
- 14) 大阪府：大阪府における保護上重要な野生生物、2000。
- 15) 香川県：香川県レッドデータブック、2004。
- 16) 岡山県：岡山県版レッドデータブック2009、2010。
- 17) 中島淳、江口勝久、乾隆帝、西田高志、中谷祐也、鬼倉徳雄、及川信：宮崎県北川の河川感潮域に造成した人工ワンドにおける魚類、カニ類、甲虫類の定着状況、応用生態工学、11(2)、pp.183-193、2008。
- 18) Moore, I. Legner, E. F. & Chan, T. : A review of the genus *Bryothimusa* with description of three new species (Coleoptera : Staphylinidae) , *Entomological News*, 84, pp.73-81, 1973.
- 19) Moore, I. & Legner, E. F., *Bryothimusa chain*, a new species of marine beetle from Hong Kong (Coleoptera : Staphylinidae), *Coleopterists Bulletin*, 25, pp.107-108, 1971.
- 20) 奥田重俊、柴田敏隆、島谷幸宏、水野信彦、矢島 稔、山岸哲：川の生物図典、財団法人リバーフロント整備センター編、山海堂、東京、1996。
- 21) 小野勇一：干潟のカニの自然史、平凡社、東京、1995。
- 22) 愛媛県：愛媛県レッドデータブック、2003。

(2010. 9. 30受付)