

河川感潮域および河口干潟における 複数希少種の複合的保全計画の検討 -大分県八坂川・守江湾を例として-

COMPREHENSIVE CONSERVATION PLANNING OF SEVERAL RARE SPECIES
AT TIDAL FLAT OFF RIVERMOUTH AND ESTUARY
- THE EXAMPLE OF YASAKA RIVER AND MORIYE BAY
IN OITA PREFECTURE -

清野聡子¹・宇多高明²・森 繁文³・工藤秀明³・山下博由⁴

Satoquo SEINO, Takaaki UDA, Shigefumi MORI, Hideaki KUDO and Hiroyoshi YAMASHITA

¹ 正会員 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学科 (〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1)

² 正会員 建設省土木研究所河川部 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1)

³ 大分県別府土木事務所河港砂防課 (〒874-0840 大分県別府市鶴見字下田井 14-1)

⁴ オカミミガイ類保護研究会 (〒180-0003 東京都武蔵野市吉祥寺南町 1-17-7-205)

Comprehensive conservation planning of several rare species at tidal flat off a rivermouth and estuary is conducted at the Yasaka River and Moriye Bay in Oita Prefecture. The original plan mainly aimed at the conservation of the horseshoe crab *Tachypleus tridentatus*, being endangered species and the symbol of the environment conservation at the coast. Ecological civil engineering researches have been conducted on geomorphology, external forces on the tidal flat and the characteristics of the bed materials. An artificial spawning site was experimentally built. Endangered small mollusks at the tidal flat and estuary become important. Conservation planning of rare species should have the perspective for the conservation of the whole ecosystems of the related area.

Key Words : Rare species, conservation planning, river improvement,
rivermouth, tidal flat, Yasaka River, Moriye Bay

1. はじめに

近年, 生物多様性や生物量の減少から, 河川生態系が衰退しつつあるとの認識が高まっており, 生態系の保全対策が急務の課題となっている. 具体的には, ①対象地をサンクチュアリとして人の立ち入りを厳しく制限し生態系を保護する, ②損傷した生態系の復元を図る, ③将来の人為的改変に制限を加える, などいくつかの段階の対応が考えられる. 希少生物が種, 量ともに数多く生息する場所は, 原生態系の残存度が高いと考えられるから, 生物多様性の観点からすればランク①による保全が志向されるべきであろう. しかし, 現実には, わが国の河川感潮域や河口干潟は歴史的に高度に利用されてきており, それを前提とした場合, 対象地をサンクチュアリにすることは社会的合意が非常に困難である. また, ②の生態系の復元に

についても, 現存の生態系の十分な評価や, 復元目標の設定, あるいはそれを支える生態工学技術が開発途上にあるなどの理由から, 実施にはかなり多くの困難に遭遇する. ③の人為的改変への制限は, 今後の生態系管理計画に反映する道は開かれてきたものの, 公共事業として過去に意思決定された計画をゼロから見なおすような場合には, 環境保全と人間生活のトレードオフが問題となる.

国全体の河川環境政策は, 河川審議会の河川環境管理のあり方についての答申(1986), 今後の河川整備はいかにあるべきかについての答申(1991), 今後の河川環境のあり方についての答申(1995), そして河川法の改正(1997)と, 環境保全への配慮が次第に高められ, 法的整備も進められてきた. また, 河川の政策だけではなく, 生物多様性条約, ラムサール条約などのもと, 最近では河口干潟の保全問題の重要性が増大してきている. また, 国内外の環境保全を訴える市民やNGOの運動による, 湿地保全の

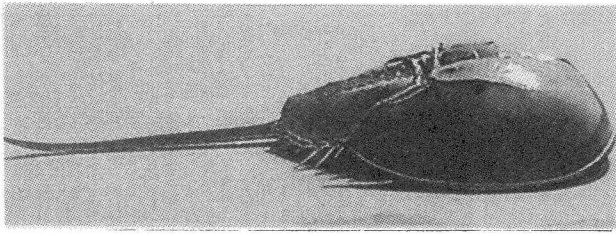


写真-1 カブトガニ

要望についても社会的認知度が高まっており、このような社会情勢の下では、地域の河川事業のありかたも地域住民の要望だけでなく、必然的に全国的な評価に耐え得るものにならなければならない。

しかしながら、各地域で進行している河川事業については、依然として国の政策との乖離が見られる。事業計画の決定と実施の間に時間がかかるだけでなく、国は全国一律的なビジョンを提示するのに対し、特定河川流域では、地域特有の個性や事情によって、地域住民や地方行政への環境保全意識の浸透に時間がかかるためである。

「希少種」保護の重要性は、一般には社会的に認知される段階に入っているが、現実の河川管理計画においては、具体策の作成は試行錯誤を伴う作業を要する。自然的条件が多様であるだけでなく、出現種の分類群や生息環境が多岐にわたる場合には、全体性を重視する意識は持っていない、実際には知名度の高い種のみを対象とした対策が取られることが多い。この結果、ピンポイントの保護は無意味、技術的基盤があいまいである、などの批判に晒されることもしばしばである。

また、過去に希少種が発見されている場所で、新たに環境調査を行う場合にもしばしば問題が発生する。すなわち、希少種生息の蓋然性が高いものの、発注者の調査によって当該希少種を発見できなかった場合、その原因が希少種を発見するための確実な調査法がなかったことに起因するにもかかわらず、むしろ調査全体が疑念的となる。一方、希少種を発見したものの、希少種の保護対策が提案できない場合、情報の提示が不十分なことも多く、結果的にその生息自体を隠匿した、との指摘を受けることもある。これに対し、事業者が反論しても希少生物の保護活動を行っている人々との間で疑心暗鬼の状態が生まれることもある。また、世論の注目の割には地元住民が無関心であること、あるいは世論と反対に希少生物の保護よりも開発願望が高い場合には、その生息自体が住民から疎まれる現象も見られる^{2) 3)}。

著者らは、このような希少生物をめぐる混迷した状況を打開するためには、希少種が報告された場合、適切に対処するための思考の整理、かつ保全計画作成における課題の明確化が重要と考えた。

本研究で対象とする大分県八坂川の河川感潮域、および河口干潟は、水生や湿地性の希少生物が数多く生息していることから、保全の危険性が高い流域である¹⁾。八坂川は流域人口約2万人で、氾濫原には農地が、また河口付

近には市街地が広がっている。中流から下流にかけての農地整備と、宅地開発による都市化が進行しており、1997年には台風19号によりこれらの地域で大洪水が発生し、田畑の被害面積210ha、床上浸水127棟、床下浸水162棟の被害が出た。下流には蛇行部が残存しているが、治水上の理由から1964年に捷水路事業が計画され、この計画は30年以上にわたり推進されてきた。用地買収と圃場整備との調整、および氾濫原の遺跡の発掘などに時間がかかった結果、現在、ようやく新河道の掘削が行われ、2000年度に新河道の建設が終了する予定である。

著者（清野）の私見として、捷水路工法は避けるべきという考え方が整理されてから10年近く経てもなお、このような事業が行われ続けていたことは遺憾と考えているが、現地の事情調査を行ったところ、環境保全のみで河道計画を考慮できない状況が判明してきた。洪水流の流下を確保するための新河道を確保しつつも、現河道を残す方策がとれないかとの提案や検討も行ったが、用地買収や蛇行部直線化に伴う圃場の換地との関係で、現在の方法を大きく改めるのは困難なことが判明した。さらに1997、1998年の大規模な洪水被害により、被災者の治水対策への要望が非常に高まり、環境保全と治水の両立が困難な事態を迎えた。このような状況の下では、河道の人為的改変を一切やめるという環境保全サイドの要求が社会的に通りにくく、工事の早期完成を望む地元の要望との調整が不可欠となった。ここでは、大分県八坂川の河川感潮域から河口干潟における希少生物保全計画を対象とし、その経緯、現状、課題について論じる。

2. カブトガニの保全計画

カブトガニ *Tachypleus tridentatus* (写真-1) は、「生きている化石」として学術的価値が高く、水生無脊椎動物としては大型で形態も特徴的なことから社会的関心の高い動物である。高度成長期以前には西日本各地で生息が報告されていたが、現在では、瀬戸内海西部と九州北部に生息地が残存しているものの、地域的にはすでに絶滅も報告されている⁴⁾。その結果、1998年には水産庁の希少生物に関するデータブック⁵⁾に、また2000年には環境庁のレッドデータリストに絶滅危惧生物として挙げられるようになった。

カブトガニは節足動物門剣尾目に分類され、クモ類に近い生物である。7～9月の大潮の満潮時を中心に繁殖個体が番となって来浜し、海岸や河口部の砂州の地表面下約15cmに産卵する。砂中での約50日間以上の発生期間を経て、地表面に達した孵化幼生は波や潮流などを利用して分散すると考えられる。幼生は、干潟で脱皮を繰り返しながら成長し、亜成体は干潟の外のアマモ場や沖合で生息する。

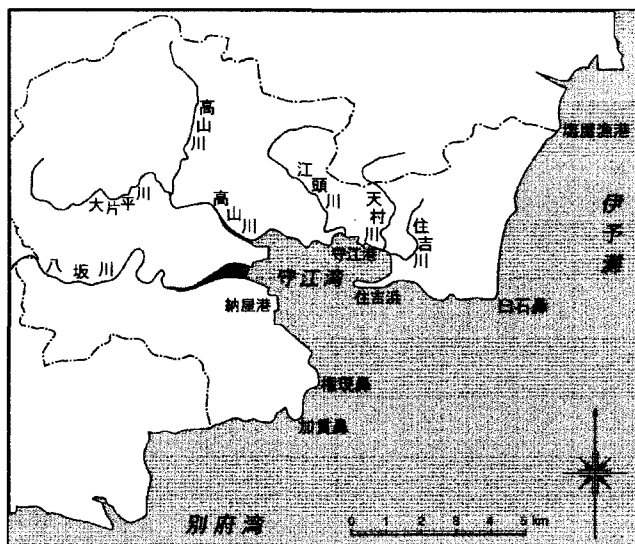


図-1 八坂川および守江湾と流入河川

大分県守江湾および流入河川の河口部には、カブトガニの野生個体群が残存する⁶⁾。八坂川は守江湾最大の流入河川で、隣接する高山川と 2.3km² の河口干潟を形成する(図-1)。1964 年、八坂川の下流蛇行部を捷水路化する改修事業が計画されたが、1996 年、守江湾ではカブトガニの生息が確認されていたために生息環境への影響が検討されることとなった。本種の生息は当地の住民には当然の事実であったが、1981 年に外来研究者によって広く報告されて以降、地元の杵築市を中心に市民や研究者による保全運動が展開されてきた^{7) 8)}。

カブトガニの保全計画において、抜本的な再考を迫られたことは、内湾と河川環境であった。従来の知見では、成体が内湾の沖合に棲み、産卵時に砂浜に来るという印象が強かったために、カブトガニは主に「海」の生物という印象が強く、産卵地も「波の静かな場所」で、幼生生息地の「干潟」も内湾環境であるという点で、保全計画も「カブトガニの海を守る」など海からの視点で考えられてきた。しかし、生息地を詳細に調べると、産卵地は流入河川を遡った場所にも多く存在しているとの知見が得られた。また、産卵が内湾奥部の砂浜だけでなく、河口砂州(八坂川、江頭川、天村川)、下流蛇行部内岸側砂州(江頭川)で確認された。さらに、幼生生息地は高山川河口沖干潟が最大であるが、守江湾内でこと類似の条件を持つ場所からも幼生が発見されたため、本種の産卵地、幼生生息地の条件は以下のように整理⁹⁾された。

①カブトガニ産卵地は、場所的に見て干潟に近い河川蛇行部内岸側砂州、河口砂州、あるいは河口に近接する海浜などで、汽水域環境として、河川水に晒される場所である^{10) 11)}。

②産卵地点と同じ標高における海浜材料の d_{50} の平均値は $0.70 \pm 0.17\text{mm}$ 、最小は 0.42mm 、最大は 0.97mm である。また、粗砂および礫の含有率は 66.6~87.9%を占める一方、シルト・粘土の割合は約 3%以下と非常に低い¹²⁾。

③産卵地の標高は T. P. $0.62 \pm 0.18\text{m}$ である。

④産卵地の砂浜や砂州から分散する幼生が到達できる干潟が河口に広がっていることが生活上不可欠である。幼生の生息地への到達可能性は、フロート追跡または潮流計算に基づく水粒子のラグランジュ的追跡¹³⁾によって可能である。

これらの条件は、いずれも内湾に流入する河川の状態に大きく依存しているため、カブトガニの生息環境に対し、八坂川の捷水路化による影響がかなり大きく出る可能性があった。そこで詳細検討を行ったところ、新河道では、カブトガニ産卵地となっている河口砂州の一部が、洪水時に流失する可能性が指摘された。同時に、新たに砂州が形成される可能性もあったが、八坂川の新河道およびその下流での地形変化の予測には不確実性が残された。そのため、ミティゲーションとして、失われる可能性のある産卵地と同等の環境を守江湾内に創造する計画を立てた。既に明らかにされている空中写真判読による干潟への作用外力の分類法¹¹⁾に基づいて、上記の条件①を満たす場所を選び、さらに現地踏査によってその場所が条件②~④を満足することを確認した。その結果、八坂川河口右岸、江頭川河口左岸がカブトガニ産卵地造成の候補地となった。現在、前者は設計中、後者は 1999 年に造成を行い、その後のモニタリング調査を実施中である¹⁴⁾。

3. その他の希少種

(1) カブトガニおよび他生物群の生息地保全

カブトガニ生息地の保全計画の作成時に留意すべき点は、当該地の生態系全体におけるカブトガニの位置付け、およびカブトガニの生息地保全と、他生物群の生息地保全との整合性である。生態系全体の中で、カブトガニは「生態的指標種」として位置付けられる⁹⁾。カブトガニは成長とともに生息場を変えるので、生活史において河川感潮域・河口・沿岸の環境要素(砂浜、干潟、沖合)のセットが不可欠である。よって、それぞれの環境要素における生態系が保全される条件が整っていないと生活史は完結せず、カブトガニの生息は、これらがセットで残されていることの間接的証拠となっている。そのため、カブトガニのみの検討であっても、結果的には、河川から沿岸に至る各種環境の保全と矛盾は起こらない。

カブトガニの産卵地造成は、その場所に現存する生態系の破壊につながる可能性が考えられる。江頭川河口左岸では、台風 9715 号時の洪水により産卵地となっていた河口砂州が流失し、河道が深く洗掘された。洪水流による攪乱後には、軟岩のテラス上に転石が散在し、部分的に砂泥が堆積した状態にあった。しかし、洪水前、河口砂州はカブトガニにより利用されていたことから、養浜による砂州の造成は「復元」に相当すると考えた¹⁴⁾。

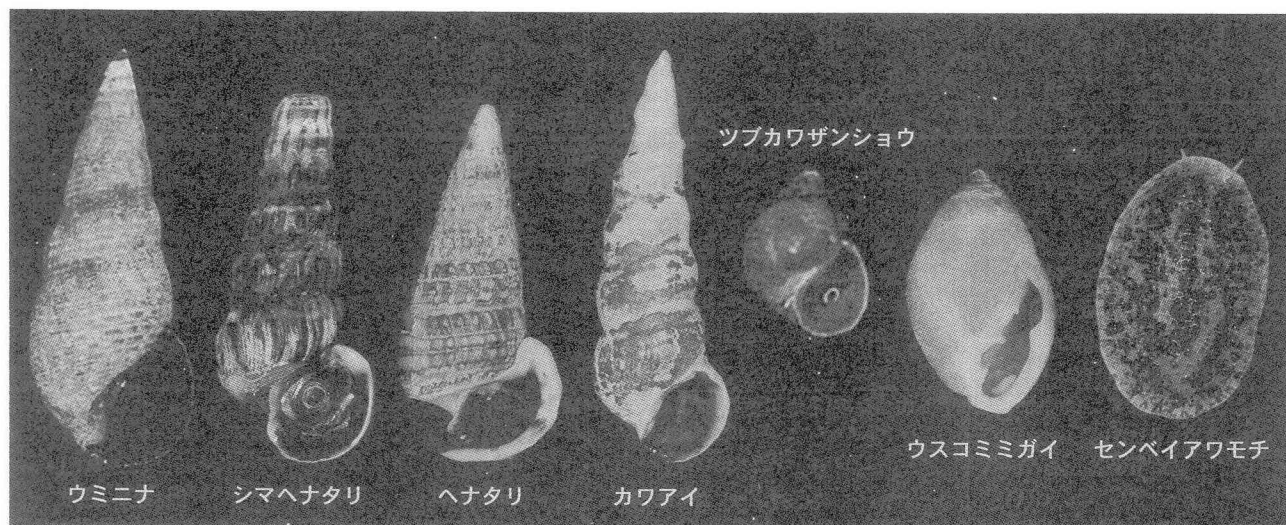


写真-2 八坂川河口・河口干潟に産する希少貝類

表-1 八坂川河川改修環境影響検討委員会の調査でリストアップされた希少種

分類群	和名	学名
鳥類	チュウサギ	<i>Egretta intermedia</i>
	ミサゴ	<i>Pandion haliaetus</i>
	ホウロクシギ	<i>Numenius madagascariensis</i>
魚類	アオギス	<i>Sillago parvisquamis</i>
貝類	エドガワミズゴマツボ	<i>Stenothyra edogawaensis</i>
	カワグチツボ	<i>Iravadia elegantula</i>
	ウミナ	<i>Batillaria multiformis</i>
	ムラクモキジビキガイ	<i>Japonacteon nipponensis</i>
	ハマグリ	<i>Meretrix lusoria</i>
	ユウシオガイ	<i>Tellina rutila</i>
	ソトオリガイ	<i>Laternula marilina</i>
甲殻類	ハクセンシオマネキ	<i>Lactea lacteal</i>
剣尾類	カブトガニ	<i>Tachypleus tridentatus</i>

八坂川河川改修環境影響検討委員会の調査（以下、委員会と略）では、八坂川の河道や守江湾の生物相リストが作成された。希少種として、鳥類では猛禽類のミサゴ、甲殻類のハクセンシオマネキ、貝類のウミナなどがリストアップされた（表-1）が、委員会での検討はカブトガニの保全策作成が中心となった。これは、本種が上述のような「象徴種」であるため、環境配慮の分かり易い達成目標として河川管理者側の優先度が高かったこと、さらに委員の専門性や関心事に依存していたためである。

(2) 希少貝類の保全

内湾の汽水域や河川感潮域に生息する貝類は、近年絶滅に瀕している種が増加している¹⁵⁾。陸上動物や魚類と比較して、貝類は発見や分類が困難であり、全国的な動態が把握しにくいと、社会的にも希少生物と認知されづらかった。その危機的な状況は、世界野生生物基金日本支

部（WWF-J）『日本における干潟海岸とそこに生息する底生生物の現状』（1996年）で警告された。また、環境庁編『日本の絶滅の恐れのある野生生物-レッドデータブック-』において2000年4月に国際自然保護連合（IUCN）のクライテリアに準じて見直された無脊椎動物のリストでも、貝類には絶滅危惧種が増えている。

また、ウミナ、ホソウミナ、フトヘナタリ、ヘナタリなどについては、現在生息している個体群が繁殖を行わない場合には、長期的には地域的絶滅が起こることが予想されている。その分散機構は、発生様式と密接に関連している。ホソウミナは沈性卵を産み、稚貝として孵化する直達発生を行い、ウミナとヘナタリはプランクトンの幼生期をもつことが知られている¹⁶⁾。プランクトン幼生期の分散過程の阻害や、着底先の喪失は、メタ個体群全体の衰退をもたらす。これらの貝類は直接発生の場合、親の個体群の周囲に生息し続けることが可能であり、プランクトン期を持つ種よりも個体群の維持が可能であろうという仮説¹⁶⁾がある。この仮説に基づく保全計画の作成時には、筆者らがカブトガニの幼生の分散調査で行ったような、ラグランジュ的な流れ場の解析が有効となろう¹³⁾。

貝類の保全策の検討では、①分布、②個体群サイズ、③個体群の年齢構成（繁殖の可否）、④生活史、⑤分散過程、などを精査する必要がある。特に⑤は、河川改修による水環境の変化を受け易い要素である。筆者らの研究¹³⁾¹⁷⁾によれば、カブトガニの孵化幼生の分散には、底質中への浸水、温度、塩分が影響を与えている。汽水性の貝類の場合には、河口から湾内にかけての潮流・海浜流だけではなく、河川感潮域での流れの観測も必要である。特に、塩水楔の密度差を利用して謂集し、塩水楔の河川への進入と後退に伴って分散を行う汽水性甲殻類の幼生も知られており、貝類の幼生においても同様の生態が観察される可能性がある。八坂川においては、現地観測とシミュレーション結果から、大潮時は強混合、小潮時には弱混合で塩水楔の先

表-2 八坂川河口、河口干潟の貝類

八坂川での生息場所	和名	学名	RDB評価	生息場所のタイプ
杵築大橋上流右岸	シマヘナタリ	<i>Cerithidea ornata</i>	希少、絶滅寸前	潮上帯
	センベイアワモチ	<i>Platevindex</i> sp.	絶滅寸前	潮上帯、壁面下、 岩礫地、泥地
	ツブカワザンショウ	<i>Assimineia estuarina</i>	危険	岩礫地
	ウスコミミガイ	<i>Laemodonta exaratoidea</i>	危険	岩礫地
	ウミナ	<i>Batillaria multiformis</i>	危険、減少傾向	岩礫地、泥地、干潟
	ヘナタリ	<i>Cerithidea cingulata</i>	危険	泥地、干潟
河口干潟右岸部	カワアイ	<i>Cerithidea djadjariensis</i>	危険	泥地、干潟
	マルウズラタマキビガイ	<i>Littorina strigata</i>	危険	潮間帯上部
	フトヘナタリ	<i>Cerithidea rhizophorarum</i>	危険	ヨシ原内
	イチョウシラトリ	<i>Tellina capsoides</i>	絶滅寸前	干潟
	ユウシオガイ	<i>Tellina rutila</i>	危険	干潟
	サビシラトリ	<i>Macoma contabulata</i>	相模湾で絶滅寸前	干潟
	オチバガイ	<i>Soletillina virescens</i>	危険	干潟
	ソトオリガイ	<i>Laternula marilina</i>	危険	干潟
	ハマグリ	<i>Meretrix lusoria</i>	減少	干潟

端は河口から5.7～6.0kmの蛇行部上端に達していることがわかっている。しかし河川改修後には混合状態は同じであるが、河川下層では高塩分の水がより上流まで遡上することから、感潮域の生態系が影響を受ける可能性が予測される。

八坂川の感潮域と守江湾干潟における貝類調査は、現在は①の分布調査を行っている段階であるが、表-2のように希少種が多く発見されている(写真-2)。そのうちハマグリ、ウミナ、ソトオリガイについては、八坂川委員会の調査でもリストアップされていた(表-1)。しかし、発見された全ての希少種への対応策を計画することは困難であった。

しかしながら、絶滅に瀕する貝類の保全策の作成には、貝類生態学において潮位や底質との関係から分布域が類型化されている(表-2)ため、前述のカブトガニの生物学と土木工学的要素の擦り合わせと同様の考察ができる可能性がある。すなわち精度としては、現在の希少貝類の生息環境に関する知見の精度は、カブトガニに関する知見と較べて低い。逆にカブトガニの生息条件を中心として表-2にリストアップされた種の生息地を重ね合わせることが可能である。すなわち、「干潟」に生息する種は、同じような干潟であってもカブトガニ幼生の生息の有無で大別される。「カブトガニ幼生の生息有り」は、河川流や波浪の影響を受けにくい泥干潟で、材料の中央粒径が0.12～0.13mmのエリアであり、ウミナ、イチョウシラトリが共存していた。「カブトガニ幼生の生息無し」は、特に波浪の影響を受ける砂質干潟で、材料の中央粒径が0.15～0.20mmであり、ソトオリガイ、ハマグリが共存していた。

また、「潮上帯」「岩礫地」「ヨシ原」は、カブトガニ産卵地の周辺に位置しており、産卵場の標高と材料との比較によってエコトーンとして連続的に確保することが可

能である。

河口環境の改変を行うときにも、エコトーンの復元が出来ることが望ましい。例えば、八坂川河口右岸は現時点でもカブトガニの産卵地になっており、養浜を行えばさらに産卵可能なエリアが増えることが期待される。八坂川河口の杵築大橋橋脚基部がコンクリートブロックで防護され、直立護岸との間にゴミが散乱しており、景観と干潟への市民のアクセスが悪い。利用面からも環境改善が考えられている。ここで養浜を行い、ブロックや直立護岸を砂で被覆し、河口のエコトーンを復元する計画がある。この場合も、造成予定地の貝類を調査したところ、マルウズラタマキビガイ、フトヘナタリが発見された。これらの生息環境の確保と環境復元計画の整合性については、八坂川右岸の同様な環境での例を参考に検討を行っている。

また、既に行ったミティゲーションを再考すると、江頭川蛇行部内岸側砂州の堆積土砂掘削の場合にはカブトガニ産卵地点付近を避けたが、これは、結果的にはその周辺に広がるフトヘナタリとハクセンシオマネキの生息場も保全したことが分かった。カブトガニ産卵地の造成には、流域や地域内の土砂を使用することを旨としているので¹⁴⁾、今後、これらの生物への影響も充分考慮することが注重点としても挙げられる。

(3) そのほかの希少生物の保全

そのほかの希少生物については、生息地の物理環境データが不十分ではあるが、保全計画のポイントを述べる。

水生生物としては、魚類のアオギス *Sillago parvisquamis*(写真-3)があげられる。本種も水産庁データブックでは絶滅危惧種に指定されており、九州の周防灘に面する大分県中津干潟、福岡県曾根干潟なども残存生息地である。内湾の河川水の影響を受ける水域に生息

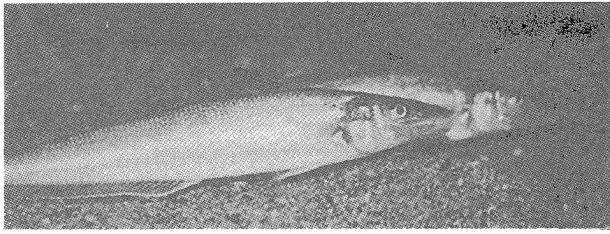


写真-3 アオギス

しており、対象地では八坂川河口部および守江湾中部で採集される。潜砂行動が観察されるが、八坂川河口の生息地では底質の中央粒径が 0.26~0.28mm であった。この底質が維持でき、かつ水質も良好であることが必要である。水質への配慮としては、本種の生息場所付近には下水道処理水が放出されることが決まっていたが、殺菌処理法を塩素から紫外線を用いることによって影響を軽減することとなった。

希少種の植物としては、木本類のハマボウ *Hibiscus hamabo* が挙げられる。八坂川下流蛇行部には 20 株程度が確認されている。いずれも河川感潮域の砂礫地に生育している。河畔林の中でも最も水際に位置しており、根元の標高は T.P. 1.1~1.3m 付近である。この生育条件もまた、潮位と材料の粒径が指標となると考えられる。草本類のハマサジ *Limonium tetragonum* は、八坂川河口部砂州近傍のワンド状地形の斜面上に生育している。ショートカット工事により、洪水時に河口砂州が洗掘などを受けることが予想されるが、ワンド部分までの影響の有無や砂州の移動と植物の応答性については今後の調査が必要とされる。

以上、複数種の希少生物の複合的保全計画について述べた。カブトガニの生息環境の調査結果を中心とした保全計画をもとに、それとの関係で他種の生息地の物理環境を地形、外力、材料の粒径、標高を中心に位置付けた。これらのパラメータは、土木工学、土木事業ともに不可欠なものであるから、保全計画の議論において共通言語となり得る。今後の保全を目的とした調査では、希少生物の種名のみが羅列的にリストされるのではなく、その発見・採集位置の物理環境の整理が重要と考える。

謝辞：本研究は、主に著者(清野)への河川環境財団河川整備基金による調査・解析の結果である。八坂川の環境調査・計画作成に際しては、大分県土木建築部河川課に多大なるご配慮とご協力を頂いた。また、九州建設コンサルタント(株)、パシフィックコンサルタント(株)九州本社、(財)リバーフロント整備センターにもご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

1) 清野聡子・宇多高明・大分県:カブトガニの棲む干潟-八坂川河

川改修と守江湾干潟-,大分県,p.57,1999.

- 2) 清野聡子:水産学における「価値」問題-カブトガニを例として-,月刊海洋,第 30 巻,第 4 号,pp.238-242,1998.
- 3) 清野聡子:絶滅危惧生物の棲息地における展示動物の採集と流通のあり方,動物園研究,第 3 巻,第 1 号,pp.15-20,1999.
- 4) 関口晃一編:日本カブトガニの現況【増補版】,日本カブトガニを守る会,岡山,1993.
- 5) 関口晃一:カブトガニ,「日本の希少な野外水生生物に関するデータブック」(水産庁編),日本水産資源保護協会,東京,pp.358-359,1998.
- 6) 川原大:杵築湾におけるカブトガニ幼生の生息状況,「日本カブトガニの現況【増補版】」(関口晃一編),日本カブトガニを守る会,岡山,pp.87-104,1993.
- 7) 廣野喜行・清野聡子・堂前雅史:生態工学は河川を救えるか?,科学,第 69 巻,第 3 号,pp.199-210,1999.
- 8) 清野聡子:河川改修を発掘する,河川,第 634 号,pp.10-17,1999.
- 9) 清野聡子・宇多高明・土屋康文・前田耕作・三波俊郎:カブトガニ産卵地の地形特性と孵化幼生の分散観測-希少生物生息地のミティゲーション計画のために-,応用生態工学(印刷中).
- 10) 土屋康文・清野聡子・宇多高明・釘宮浩三・軸丸恒宏・前田耕作:カブトガニの産卵地に配慮した河川改修,第 4 回河道の水利と河川環境に関するシンポジウム論文集,pp.171-176,1998.
- 11) 清野聡子・宇多高明・真間修一・三波俊郎・芹沢真澄・古池剛・前田耕作・日野明日香:絶滅危惧生物カブトガニの生息地として見た守江湾干潟の地形・波浪特性,海岸工学論文集,第 45 巻,pp.1096-1100,1998.
- 12) 清野聡子・前田耕作・日野明日香・宇多高明・真間修一・山田伸雄:カブトガニは何故その岸辺に産卵するのか?-産卵地の地形・堆積物・波・流れの特性-,海岸工学論文集,第 45 巻,pp.1091-1095,1998.
- 13) 清野聡子・宇多高明・前田耕作・山路和雄:守江湾内の八坂川河口沖干潟におけるカブトガニ孵化幼生の分散機構の解析,水工学論文集,第 44 巻,pp.1209-1214,2000.
- 14) 清野聡子・宇多高明・釘宮浩三・綿末しのぶ・石本利行・大久保章子・河野律子・土谷博信・森繁文・工藤秀明:大分県江頭川河口におけるカブトガニ産卵地造成と市民参加型モニタリング調査,河川技術に関する論文集,第 5 巻,2000.
- 15) H. Yamashita, M. Okamoto, M. Harato & H. Fukuda: The present status and conservation values of endangered mollusks in tidal flats and estuaries of Japan-1. *Tellina (Serratina) capsoides* (Bivalvia: Venerodidae: Tellinidae), The Yuriyagai, 5(1/2), pp.101-115,1997.
- 16) 風呂田利夫:内湾の貝類,絶滅と保全-東京湾のウミナギ類衰退からの考察-,月刊海洋/号外 No.20,pp.74-82,2000.
- 17) 前田耕作・清野聡子・西原繁朝・日野明日香:カブトガニ(*Tachyleus tridentatus*)の孵化幼生の生態と物理環境との関連,日本ベントス学会誌.(印刷中) (2000. 4. 17 受付)