

カブトガニ産卵地造成ミティゲーション手法に係わる 指針案の提案

清 野 聡 子*・宇 多 高 明**

1. ま え が き

一般に, 海岸事業における海岸防護施設の設計においては, 波浪場の計算などによって基準化された数値目標を満足するように施設諸元が定められる。これに対し環境保全, 特に海岸の生物の生息地保全については, 海岸法改正などにより環境保全が法律に位置付けられたにもかかわらず, 対象生物の生息環境の何をどのように保全すればよいのかの具体的, 定量的目標が明確ではない(鳥居ら, 2000)。例えば海岸事業で行われているエコ・コースト事業でも, 「施設の配置や構造等に積極的な工夫を行うことにより, 生態系や自然景観等周辺の自然環境に配慮した海岸の形成に努めるものとする」と述べられているのみである(建設省河川局, 2000)。すなわち, 現実の海岸保全計画では, 方法論とその達成目標が十分把握されないまま工事が行われ, 工事後に市民や生物研究者などから環境保全と銘打った事業が環境破壊目的であったとの誤解をしばしば受ける。実際, 「対象生物に配慮する」と明記した事業が海岸生物の生息空間, 特に繁殖地を破壊することにつながるケースも数多く見られる。本研究は, 海岸域に生息する各種生物の生息環境についても, 従来の海岸事業が目的としてきた「防護」と同等レベルの数値目標を設定するとともに事業実施に際しての配慮事項を明らかにし, 事業の具体的指針を作成することを目的とする。

日本の海岸生態系は, 1960 年代以降急速に進んだ海岸堤防の建設によって大きな影響を受けている。海岸のなお 4 割近くが自然海岸である(環境庁, 1995)としても, そのほとんどは磯であり, 砂浜や干潟で堤防がない海岸は稀である。既に日本の海岸は二次自然となっている。このため, 本研究は二次的自然の更なる改変時の構造物計画が主な対象となる。ここでは絶滅危惧種カブトガニ(写真-1)を対象としてこのような視点から論じる。

本種は, 海岸事業では生態系指標種であると同時に象徴種という特性を持つ。生態系の指標種とされる理由は,



写真-1 カブトガニの成体

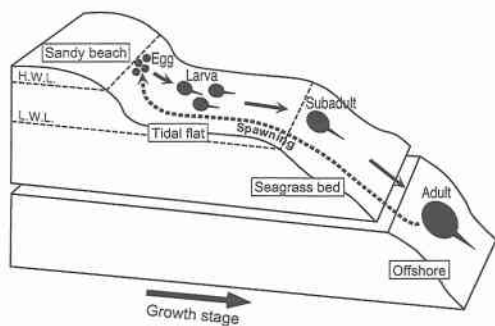


図-1 カブトガニの生活史の模式図

生活史において図-1 に示すように産卵地として砂浜を, 幼生生息地として干潟を, 成体生息地として沖合を利用するため, 沿岸環境の要素がセットで健全な状態で残されていない限り生息ができないことによる(清野ら, 2000a)。また象徴種としては, ①学術的に生きている化石として認知度が高く, カブトガニという名の通り特徴的な形態を有するために研究者だけでなく一般市民にも判別が容易なこと, ②歴史的に小中学校での理科教育や課外活動での自然保護教育の対象となってきたこと, ③水生生物として比較的大型であるため産卵時に海岸や河岸に姿を見せて理解が容易なこと, ④繁殖時に雄が雌を鉄脚で捕まえて番となる特異的な行動, など多くの要件をもっている(清野, 1999)。

カブトガニは前述の海岸事業においても具体的な種名が挙げられているが, 上記の視点からもその意味を再考することは, 稀少種のみ守ればよいとの誤解を是正すると同時に沿岸環境保全にとってこの生物種を守ることが長期的にいかなる意味を持つかなどについて考える上で役立つと考えられる。また, ミティゲーションでは, 概念的に回避, 最小化, 代替, 創造のカテゴリーがあるが,

* 正会員 農修 東京大学大学院助手 総合文化研究科広域システム科学科

** 正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 研究総務官

生息地に対して本来の意味での人為改変を与えないという「保全」の観点からすれば最悪の選択肢である「創造」の場合であっても対応できるような配慮事項を具体的に提示する。

2. カプトガニ産卵地保全に関する既往の研究

カプトガニは稀少生物、あるいは絶滅危惧生物として海岸事業においては配慮すべき動物とされており、日本の海洋生物保護史においても特筆すべき存在である。国の天然記念物として1928年に岡山県笠岡市の生江浜が繁殖地として指定された。同地は、1970年代に国営干拓事業が始まり天然記念物指定地自体や、幼生の生育地の干潟、成体の生息地のアマモ場が大規模に埋め立てられることになった。その際、地元のカプトガニ保護団体と全国的な文化人やマスコミの応援によって保護が強力に要請され、それを受けて干拓工事中に用地内の成体の捕獲と、用地外への放流が干拓事務所によって行われた経緯がある。

しかしながら、カプトガニの研究は発生学などの生物学的研究が大半であり、野外生態や生息環境の詳細については立ち遅れた状態であった。そのため、土木事業などの環境改変時に何を配慮すべきなのか明確にされない状態が続いた。環境収容力などの視点が欠如した放流事業や生活史の視点がいないままの産卵地対策などの場当たりの対応に終始していた。

従来のカプトガニに関する野外生態研究(川原, 1993)においては、カプトガニの産卵地を単に「波の静かな内湾の砂浜であって、河口にも産卵する」としたのみであり、地形特性の具体的記述はなされていない。また、河川・海岸において作用している流れや波浪との関係に基づいた記述や、産卵地の系統立った整理も行われていない。

カプトガニ産卵地の修復や造成においては、カプトガニの生態的知見と、産卵地の物理特性の照応が大事である。また、産卵地の人工造成の際には、設定条件を長期間維持可能とするための配慮が必要である。例えば、産卵地の構成材料の流出が危惧される場合には、堤堰などをを用いた砂礫の流出防止策が必要であり、逆にシルト・粘土質化が起こらないように波浪や河川流の作用が適度に及ぶよう、過度に閉鎖的な産卵地造成は避けるべきである(清野ら, 2000a)。さらに、対象種の生態を生活史から見る事が重要であって、成長段階に応じた場の存在と、それを保っている外力場がその種の存続を保障する。カプトガニの初期生活史においては、産卵地のみならず孵化幼生が分散するための流れや、分散後に着底し、その後の生育が保障できる干潟が存在しなければならぬ(清野ら, 2000a; 清野ら, 2000b; 前田ら, 2000)。

生態系保全においては、カプトガニ1種のみを対象にする是非、他の生物生息地の保全とのトレードオフがしばしば問題となる。カプトガニは、その生活史において沿岸の環境要素(砂浜、干潟、沖合)をセットで必要とし、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わないと生活史が完結しないので、「生態的指標種」として位置付けられる(清野ら, 2000a)。よって本種の生息地の保全は、当該地の生態系全体に資すると考えられる。

カプトガニ個体群の減少は産卵地の局所的問題ではなく、生活史を通じた生息地全体の環境が悪化を遂げていることが問題である。しかし、これらの環境の悪化要因を全て取り除くことは困難な場合がほとんどである。それでも生息地に人工的改変が加えられる場合、ミティゲーションとして代替地を造ることが可能になれば、生息地が少しでも残存することは生存の可能性を高めるという意味がある。こうした場合、代替地の条件が十分に検討されなければならない。以下では、孵化幼生の分散の視点も含めつつ、複数産卵地の地形特性に基づいて、産卵地造成のミティゲーションを行う場合の基本的な考え方を要約する。

3. カプトガニ産卵地造成計画の指針

カプトガニの産卵地造成では、図-2に示すように既往のカプトガニの生息環境をスケールごとに区分し、それぞれの把握に適した手法によって特性把握に努め、計画作成を行う必要がある。その場合大スケールから小スケールへのフローに従うことが理解を促す。以下には図-2中の大中小スケールの区分を示す。

(1) カプトガニ産卵地および幼生生息地の地形特性の把握(大スケール)

カプトガニ産卵地は、内湾奥部の砂浜、河口域の河岸の砂浜や砂州、河川感潮域蛇行部内岸側砂州にある。産卵地造成は、これら既存の産卵地と似た環境条件を持つ場所より選定することが必要である。この場合、地形図や空中写真をもとにしたマクロ的判断が役立つ。例えば図-3は守江湾におけるカプトガニ産卵地と幼生生息

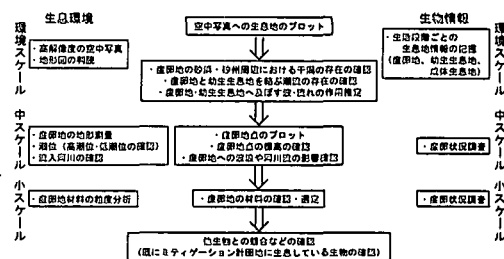
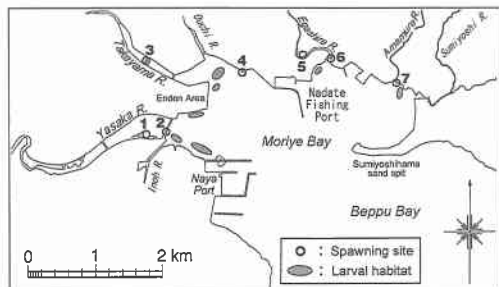


図-2 カプトガニ産卵地造成のフロー



- 1: Rivermouth bar of Yasaka River
2: Kitsuki Bridge
3: Eitai Bridge
4: Kubihineri Breakwater
5: Inner bar of the river bend
6: Mouth of Egashira River
7: Mouth of Amamura River

図-3 守江湾内における既往の産卵地，幼生生息地



写真-2 守江湾に流入する江頭川河口部の空中写真（1996年7月18日撮影）

地を地図上にプロットしたものである（清野ら，2000a）。また写真-2は低高度で撮影した江頭川河口部の空中写真である。河口から上流約500mの湾曲部内岸側の砂州（カプトガニ産卵地）と、河口右岸沖干潟（幼生生息地）の対応関係が見て取れる。

（2）産卵地と幼生生息地の干潟の位置関係と幼生分散の条件（大スケール）

産卵地と幼生生息地の干潟が潮流や河川流によって結ばれていなければならない。産卵地から孵出した幼生が潮流に乗って到達可能な干潟が近傍にあることが必須条件である。写真-2では湾曲部の砂州から孵出した幼生は河川内の入退潮流により河口付近の干潟に到達できる。幼生の生息地への到達可能性については、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によって予測できる。とくに人工構造物の建設によっては、数値シミュレーションが有効である（清野ら，2000b）。

（3）洪水流や波浪の作用（大・中スケール）

産卵地は、砂中に産みつけられた卵塊が流出しないように、洪水流や高波浪の作用によって著しい地形変化が生じない場所、河川流や波浪起源の漂砂によって砂が流出しにくい場所、あるいは突堤や防波堤などの施設によって投入砂の安定性が確保された場所である。図-3や写真-2によれば、干潟内の位置関係から幼生生息地や産卵地に対する河川流や波浪外力の程度を推定できる。

（4）産卵地の標高（中スケール）

守江湾（H.W.L. 0.88 m, M.W.L. 0.00 m, L.W.L. -1.42 m）の場合、産卵地の平均標高は図-4のように T.P. 0.62±0.18 m であった（清野ら，2000a）。これより、守江湾周辺と潮位条件が類似する場所での産卵地造成においては、砂州高を産卵が多くみられた T.P. 約 0.8 m 以上とすることが望ましい。このように潮位と産卵地の地盤高が非常に重要である。

（5）産卵地の砂浜・砂州の地形特性の把握（中スケール）

産卵地は波浪や河川流によって形成されたマウンド状の輪郭を持つ緩勾配の砂浜、砂州上の著しい地形変化が生じない場所であり、かつ表面に細粒物質が沈積しないような環境条件が必要である。図-5は守江湾内の首捻り防波堤の産卵地の例である（清野ら，2000a）。このように既往産卵地の測量を行えば、産卵地の規模が分かるので養浜土砂量が概算できる。

（6）産卵地への洪水などによる堆積厚（中スケール）

江頭川での実測によれば、産卵地においてカプトガニの生息に影響しない土砂の限界堆積厚はそれぞれ約 10 cm であった（清野ら，2000a）。産卵地はもともと河川流や波による著しい地形変化が生じない場所であるが、土砂がかぶる場合は約 10 cm 程度を目安とする。

（7）水環境（流入小河川の確認）（中・小スケール）

産卵地は汽水域環境として河川水に晒される場所である。完全な海水、淡水の場所は適さない。雨水流入などによる数日間の淡水への浸漬は卵や胚の生存のリミット

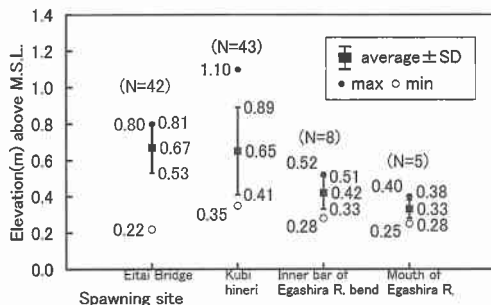
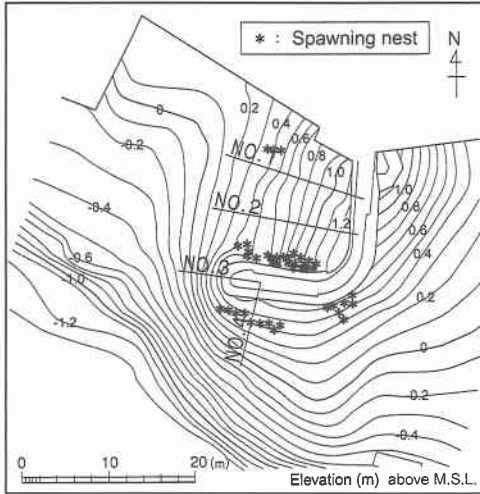


図-4 産卵地の標高



図一5 産卵地の平面図（守江湾の首撿り防波堤の例）

として許容され得る。

(8) 産卵地の材料（小スケール）

守江湾での観測データによれば、産卵地点の標高における海浜材料の中央粒径の平均値は 0.70 ± 0.17 mm、最小は 0.42 mm、最大は 0.97 mm であった（図一6 参照）。また分級度のよい材料が透水性もよく適している。粒度組成は、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（清野ら、2000a）。

(9) 候補地の造成前時点の材料（小スケール）

産卵地は河川流や波浪の作用によって砂州構成材料上にシルトや粘土が沈積しないよう、物理的攪乱を受ける必要がある。したがって、単に潟土上に砂を敷いた場所は表面に潟土が付着するので産卵地として適さない。

以上のフローによって産卵地造成の絞り込みを行う。そのほか、産卵地造成に際しては、使用土砂は同じ湾内もしくは湾に流入する河川の流域から採取するのが望ましい。産卵地として利用する可能性のあるカプトガニの

同じ個体群の生息範囲内であることが重要である。厳密に同じ個体群かどうかの判別は一般的な環境調査では費用的・時間的に困難であるため、現実的には地理的判断をもとに岬などで分断された湾内などを産卵場（エリア）とするとよい。また、養浜材料の入手先を沿岸の砂州や河道内の砂州とした場合、そこではカプトガニのみならず他の多くの底生生物が生息しているため、上記の配慮を行うことによって人為的土砂移動に起因する生物的攪乱を最小限にすることができる。

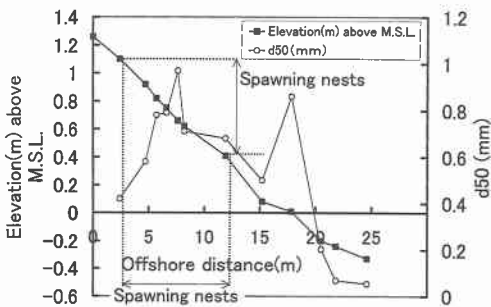
4. 維持管理とモニタリング

カプトガニ産卵地造成を計画する場合の基本原則は自然の営力に任せることであり、そのような変動の余地をあらかじめ与えた設計を行うことである。例えば、突堤などで過度に閉塞された産卵地を造らず波による砂面の変動は許すことは、過剰な浮泥の堆積の防止に役立つ。

写真一3 には江頭川河口で造成された産卵地を示す（清野ら、2000c）。

適応的管理として、モニタリングしながら上記の条件が満たされているかをチェックする。養浜砂の粒度を適合させるために、篩で選別するなどを行えば経費の増大を招くので、概ね適切と思われる土砂を養浜砂として使用し、波による淘汰によって分級度が向上する自然の作用を活用すればよい。この場合、細粒分は流出し産卵地に適した粗砂が残る。その際概ね適切と思われる土砂を用いるのであれば、養浜後の濁りの発生量は少ないと考えられる。

一方、波浪や河川流の作用が弱い場所では細粒分が残存するため、産卵だけでなく卵発生のために不適な粘土・シルト分が多い土砂が搬入時と同様のまま留まることもある。そのような場合には、産卵地の土砂をより適切な粒度組成の砂と交換することが必要となる。事例としては、大分県江頭川河口における産卵地の養浜材料の入換えがある（清野ら、2000c）。ここでは当初の養浜材料は江頭川の下流から 0.6 km 地点の蛇行部内岸側砂州



図一6 産卵地材料の粒度分析結果



写真一3 守江湾内の江頭川河口におけるカプトガニ産卵地造成

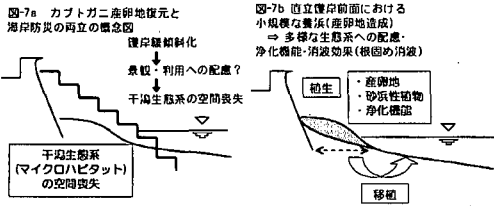


図-7 カプトガニ産卵地復元と海岸防災の両立の概念図

と一部は湾内の浚渫土を用いた。しかし湾内の浚渫土の中に粘性土が含まれており、産卵地の材料として不適であることが判明した。そこで同じ砂州であってもより上流に堆積した粗砂を多く含む土砂を交換時の材料とした。

5. 考 察

日本の海岸には原始的な自然は残されておらず、いずれも人手が入った二次自然である。また、ほとんどの場所には堤防・護岸などが設置されている。したがって現在の海岸事業は二次的な改築・改良に主眼が置かれている。例えば、老朽化した護岸の補修や、直立護岸の緩傾斜堤化などの事業である(図-7参照)。図-7aのように老朽化した護岸の補修を景観・利用への配慮目的で緩傾斜堤とする方法は、直立護岸前面に小規模ではあっても線的、点的に残存するマイクロハビタットをコンクリートの斜面によって埋め立ててしまうことから海岸生態系にとっては致命的なインパクトを与えると考えられる。これに対して、図-7bのように護岸前面に小規模な養浜(産卵地造成)を行うことは多様な生態系への配慮、砂浜による浄化機能、さらには根固め消波効果が期待される。この場合養浜によって干潟生態系が傷つくという指摘に対しては生物の移植を行う対策がある。また単に砂浜を造成するのではなく、後浜には植生の繁茂が可能なように設計することが多様な生物の生息空間を創出する上で望ましい。写真-3に示した江頭川河口のカプトガニ産

卵地がその例である。

6. あとがき

カプトガニ産卵地に関する本研究の提案は、原自然の改変が対象というより、むしろ二次自然のさらなる改変に備えてのものである。現在わが国ではそのような条件にある海岸が大部分と考えられるのでそのような場合について特に考察した。カプトガニ産卵地のミティゲーションでは、対象種の保護にのみ焦点を当てるのではなく、持続的な生存の保障すなわち生息場の環境保全、さらにカプトガニを生態系指標種、象徴種とした海岸・沿岸環境の全体的な保全が重要なことは言うまでもない。

参 考 文 献

- 川原 大 (1993): 杵築湾におけるカプトガニ幼生の生息状況, 「日本カプトガニの現況【増補版】」(関口晃一編), 日本カプトガニを守る会, 岡山, pp. 87-104.
- 環境庁・生物多様性センター (1995): 第4回自然環境保全基礎調査報告書(抜粋は生物多様性センターのホームページ <http://biodic.go.jp/>).
- 建設省河川局海岸室(監修)(2000): 海岸関係法令例規集 2000年版, 全国海岸協会, p. 1250.
- 清野聡子 (1999): 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, Vol. 3, No. 1, pp. 15-20.
- 清野聡子・宇多高明・土屋康文・前田耕作・三波俊郎 (2000a): カプ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, Vol. 3, No. 1, pp. 7-19.
- 清野聡子・宇多高明・前田耕作・山路和雄 (2000b): 守江湾内の八坂川河口干潟におけるカプ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.
- 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 (2000c): 大分県江頭川河口におけるカプ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6巻, pp. 203-208.
- 鳥居謙一・加藤史訓・宇多高明 (2000): 生態系保全の観点から見た海岸事業の現状と今後の展開, 応用生態工学, Vol. 3, No. 1, pp. 29-36.
- 前田耕作・清野聡子・西原繁朝・日野明日香 (2000): カプトガニ *Tachypleus tridentatus* (Leach) 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, Vol. 55, pp. 15-24.