

八坂川河川改修における環境保全計画

前業務部 参事 眞間 修一

1. はじめに

大分県杵築市を流れる二級河川八坂川では、度重なる洪水に対処するため、ショートカット方式による改修を進めている。平成9年度にも台風19号を原因として洪水被害が発生したことから早急な事業実施が望まれている。一方、八坂川の注ぐ守江湾には、「生きている化石」と言われるカプトガニや様々な生物が生息する肥沃な干潟が広がり、河川改修における河川から干潟へかけての環境保全が課題となっている。

ここでは、改修に伴う河川と湾内の水理特性の変化による干潟環境、および干潟に生息する生物への影響を把握し、必要なミティゲーション（代償措置）を検討した結果について報告する。



図 - 1 八坂川・守江湾の位置

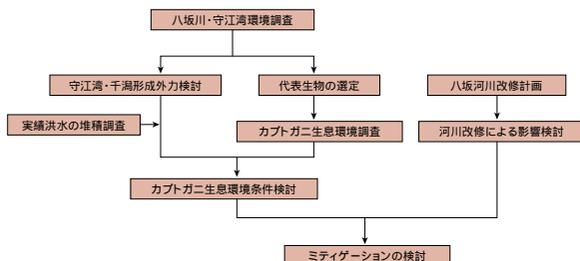


図 - 2 調査のフロー

2. 調査検討の基礎条件

2 - 1 河川改修計画

河川改修は、洪水時に氾濫原となる八坂川の河口から3k000m～6k600mの蛇行区間で実施されるもので、流路を3.5kmから1.7kmにショートカットし、合わせて利便性の高まる用地は農地として利用される計画である。

八坂川下流部における洪水対策は、さらに溢水箇所となる上流狭窄部の改修実施により完成する予定である。

2 - 2 代表生物の設定

本調査では以下の2つの理由から、カプトガニを守江湾の守るべき環境を代表する生物として取りあげた。ただし、あくまでもカプトガニは地域環境の代表生物としての位置づけであり、検討の結果必要となるミティゲーションは八坂川の河川改修により影響を受ける恐れのある環境要素を対象とすることとし、検討の目的を単に希少生物であるカプトガニの保護とはしていない。

カプトガニが必要とする環境条件は成長段階毎に異なり、一つの生物の生活史が多様な干潟・内湾の環境に依存し、また環境要素を代表していること。(図 - 3 参照)

環境保全において地域住民の協力は不可欠である。地域の自然環境において、シンボル性のあるカプトガニを対象とすることで、守江湾・干潟の環境保全の必要性を住民に周知する効果が期待できること。

表 1 杵築市のカプトガニ保護の取り組み

平成3年8月	カプトガニ産卵について市課長会議で報告
平成4年6月	産卵地調査実施
平成5年4月	杵築市保護対策委員会設立
7月	産卵地整備工事実施
平成7年4月	保護対策委員会を保護推進委員会に
6年	カプトガニシンポジウム開催
平成8年5月	杵築市カプトガニを愛する会設立



写真 1 杵築のカブトガニ（成体）
（撮影：土屋雅之）

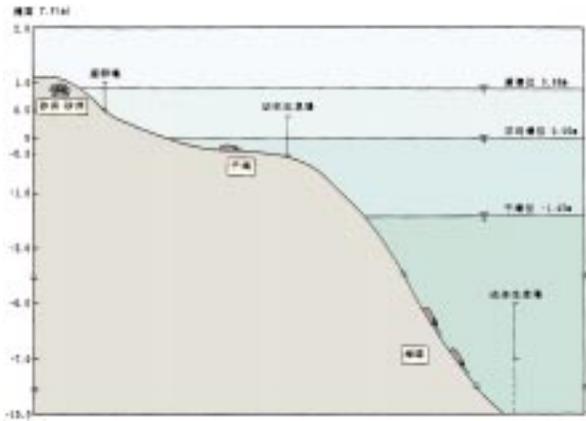


図 - 3 カブトガニ成長段階別の生息場

3 . 八坂川・守江湾環境調査

3 - 1 守江湾の環境変化把握

河川改修による環境変化を予測するために、過去から現在に至る守江湾、および干潟の環境変化を調査した。調査項目は、守江湾環境、流域社会環境および代表生物としたカブトガニの生息数動向とした。

(1) 守江湾環境

現在の干潟は、主として八坂川、高山川から供給される土砂と守江湾外から供給される沿岸漂砂が、八坂川の河川流、守江湾内の波浪などの外力による再配分を受け堆積したものである。干潟の形成には数千年を要したものと推定されるが、今後の動向については十分見守る必要がある。写真 - 2 による、1960年代から1990年代の守江湾及び干潟環境の変遷を見ると、守江湾への漂砂の上手側に位置する奈多海岸での、構造物建設などに起因する沿岸漂砂の供給

量の減少は明らかである。これに対し、守江湾に注ぐ河川からの供給土砂量の変化動向は確認されていない。

一方、守江湾の海岸線は、1960年代までは大部分が自然状態であった。1970年代以降に埋め立て、構造物の建設など人為的な改変が段階的に加えられた結果、湾内水域面積は減少し、砂浜延長は1956年当時の約30%に減少した。このようにしてカブトガニの生息に必要な環境要素である砂浜、干潟は種々の改変に伴い、縮小傾向にある。

(2) 流域社会環境

先の守江湾の環境変化とほぼ同時期の八坂川流域の変化を概観すると、

流域人口：23,000人から15,000人へ減少

産業構造：1次から3次産業へ移行

流域開発：1960年代にみかん栽培用の山林開墾700ha

河川：守江湾流入河川における改修工事

などが主たる変化である。流域から流入する負荷については、人口減に伴い減少傾向にあると推定されるが、生活様式の変化、農薬その他の化学物質の影響は把握されていない。

3 - 2 カブトガニ生息の状況

(1) 日本のカブトガニ概説

カブトガニの生息域は、古くは西日本各地の沿岸干潟域に見られたが、現在では瀬戸内海及び九州北部の一部沿岸に限られ、各地の生息密度も低くなっている。杵築湾も日本におけるカブトガニの数少ない自然繁殖地の一つである。また、表 2 に示した様に岡山県笠岡湾の一部が繁殖地として天然記念物指定されているが、生物としてのカブトガニはその限りではない。

表 2 カブトガニに関わる指定等

繁殖地天然記念物指定
岡山県笠岡湾 生江浜（昭和3年）が指定されるがその後埋め立てにより神島水道を追加したが、現在自然産卵は未確認
絶滅危惧種 「日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 1994（財）日本水産資源保護協会」
危険種 「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 1996WWF JAPAN」



写真 - 2 守江湾の変遷（空中写真）

現在得られている知見では、生活の場は波の穏やかな内湾干潟とされ、産卵は砂浜で行われ全長約50～60cmの成体へ成長するのに10年程度要するとされているが、必要とする環境は科学的に明らかにされていない。

(2) カブトガニ生息数の推移

カブトガニは図 - 3 に示した様に成体は主として海底を生活の場とするので調査が困難である。そのため、守江湾では干潟を生活の場としている幼生の調査が行われている。

カブトガニ計数における課題

図 4 の、熟練者が同一の調査区（図 6 のI+Gエリア）

で実施した調査結果では、幼生の成長と調査時期の関係で出現数が変化している。この結果から、同一条件でない（調査者も調査方法も異なる等精度管理が成されていない）調査データの比較が困難であることが理解できる。同時に、幼生の成長速度を表す貴重なデータでもある。

生息数の推移

カブトガニ幼生生息数の最も古い記録に川原（1981：大分生態水族館）の調査がある。先に示した同一条件での比較ではないが、この調査に近年の結果を加えたものを表 3 に示すと、最近10年で幼生の日最大発見数が1オーダー低減していることが分かる。

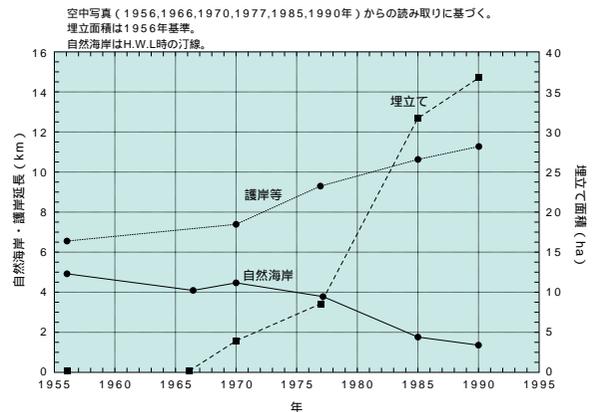


図 4 守江湾内の水際線の変化

表 3 カブトガニ幼生数の調査

地点	1) 1981	2) 1994	3) 1995	3) 1996	3) 1996	4) 1997	4) 台風後
A	0	-	-	-	-	-	-
B	0	-	-	-	-	-	-
C	26	-	-	3	20	20	20
D	11	-	-	33	20	5	5
E	53	-	-	17	3	3	3
F	1	-	-	8	-	-	-
H	95	-	-	-	-	-	-
I+G	364	36	28	38	53	29	29
J	124	-	-	5	8	-	-
K	0	-	-	0	6	-	-
L	8	-	-	20	-	-	-
M	0	-	-	0	-	-	-
N	0	-	-	0	-	-	-
O	50	-	-	14	-	-	-
P	4	-	-	79	-	13	13
Q	0	-	-	-	-	-	-
R	0	-	-	-	-	-	-

- : 調査を実施していない年数
 1)川原大(1981)
 2)梓嵐市カブトガニ保護推進委員会(西原健)
 3)西原、日野、濱野、大分県による
 4)日野、大分県による

注：調査地点は図 6 に対応する。

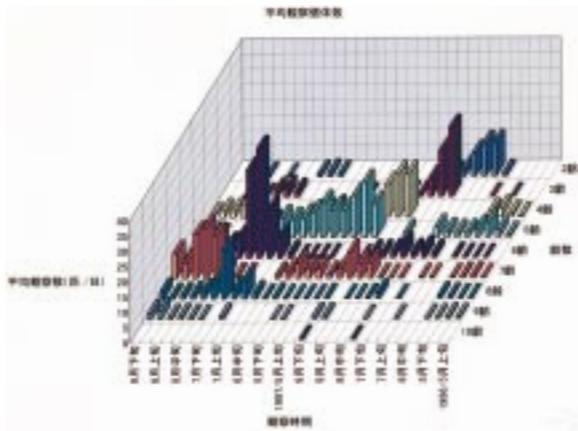


図 5 幼生調査時期と確認数の推移

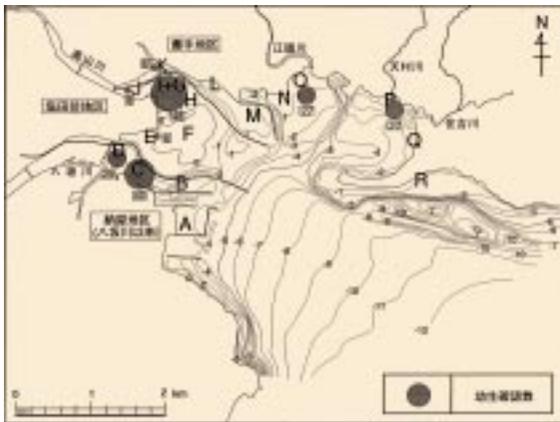


図 6 カブトガニ幼生の分布調査

(3) カブトガニ生息数減少の要因

カブトガニ生息数減少については、聞き取り調査によっても最近30年程度の間に激減したことが見いだされた。この減少傾向を守江湾環境変化の一つの指標として、守江湾及び流域変化に関わる複数の要因を調査したが、多く事象が同時に生起しているため原因を特定することはできなかった。しかし、先に示したようにこの期間に守江湾を囲む環境が、山林開墾、生活排水の流入、河川改修、港湾整備などにより大きな変化を生じたことは事実である。

4. カブトガニの生息環境

代表生物としたカブトガニの生息環境を、産卵時、幼生生息時それぞれの段階について物理的特性を中心に、現地調査、数値解析などから検討した。成体の生息環境は主た

る調査対象としなかった。その理由は、生息域が主として海域となり、河川改修の影響が直接的に及ばないと考えられること、移動能力も高くなることにある。

この結果は、産卵地造成などのミティゲーションを行う場合の物理特性把握、適地選定における基礎情報とした。

4-1 守江湾・干潟の形成外力

守江湾・干潟地形の形成外力を空中写真から判読し、同時に洪水流実績及び波浪の影響解析により妥当性を検証した。

(1) 守江湾・干潟の地形判読

1996年干潮時空中写真の流水痕やリップルマークを判読し、干潟地形形成に影響度の高い外力を八坂川河川流と波浪に大まかに区分し、図 8 に示した。主要な幼生生息場(図 6 のI+Gエリア)や主要な産卵場(図 7 のA,B)は八坂川洪水流や波浪の影響が著しい範囲から外れている。



図 7 カブトガニ産卵地の分布

(2) 洪水流の影響

1997年9月16日の洪水は、100年に1回程度発生する規模であった。洪水後の状況は、八坂川河口付近の干潟には、洪水流が乗り上げた痕跡が確認され、堆積土砂の最大厚は84cm、50%粒径は0.4mmと大きかった。一方、高山川河口付近の干潟では、堆積土砂の厚さ10cm弱、50%粒径は0.1mmと小さく、痕跡と合わせて八坂川洪水流の影響が直接的に及ばなかった領域である。高山川河口付近の干潟(図 6 のI+Gエリア)は、守江湾の主要な幼生生息場である。洪水後の生息数に変化が小さかったことは、幼生が生息場として安定した領域を選択している可能性を示す一つの根拠である。

(3) 波浪の影響

守江湾について、砂浜を形成する漂砂移動の主要な外力である波浪の状況を以下の条件から波浪変形シミュレーションにより推算した。

入射方向：守江湾での漂砂を考える際の代表波は吹送距離の長くなるSE系と考える。

入射波：波高H0=1.1m、周期T=4s

図10に示した波高分布から、干潟内部及び沿岸部の波高は20cm以下に減衰し、静穏な状態となっている。図8の地形判読における波浪の影響が大きい範囲は、波浪が減衰していく領域に対応している。

4-2 カプトガニの生息環境

生息環境の物理的特性を、標高（潮位との関係）、河川流・波浪などの外力に対する安定性、材料の粒径、産卵場と幼生息場相互の位置関係などにより表現することができた。

(1) 産卵場

産卵場は主として砂れきで形成される砂浜、砂州などにある。表4に示す様な特性を満たせば、産卵場は海岸部に限定されず、感潮区間であれば河川内にも存在する。

図11に示すように、産卵が満潮時標高周辺に分布する

のは、カプトガニが大潮満潮時に産卵を行うことにより説明できる。成体が満潮とともに遡上し、この標高に産卵することで卵は常時水没することのない適当な環境を得ることができる。また、卵が流されないように河川流、波浪に対して比較的安定した場所であることが、図7の産卵場と図9（堆積厚の少ない範囲）、図10（波高の低い範囲）の対比により推定できる。

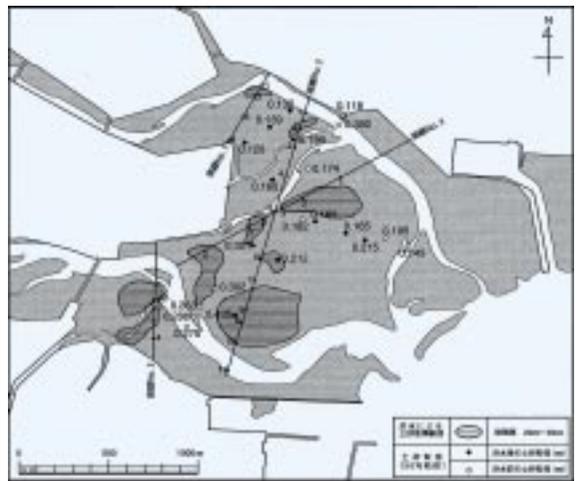


図-9 1997年9月16日洪水後の干潟堆積状況（空中写真判読、横断測量による）

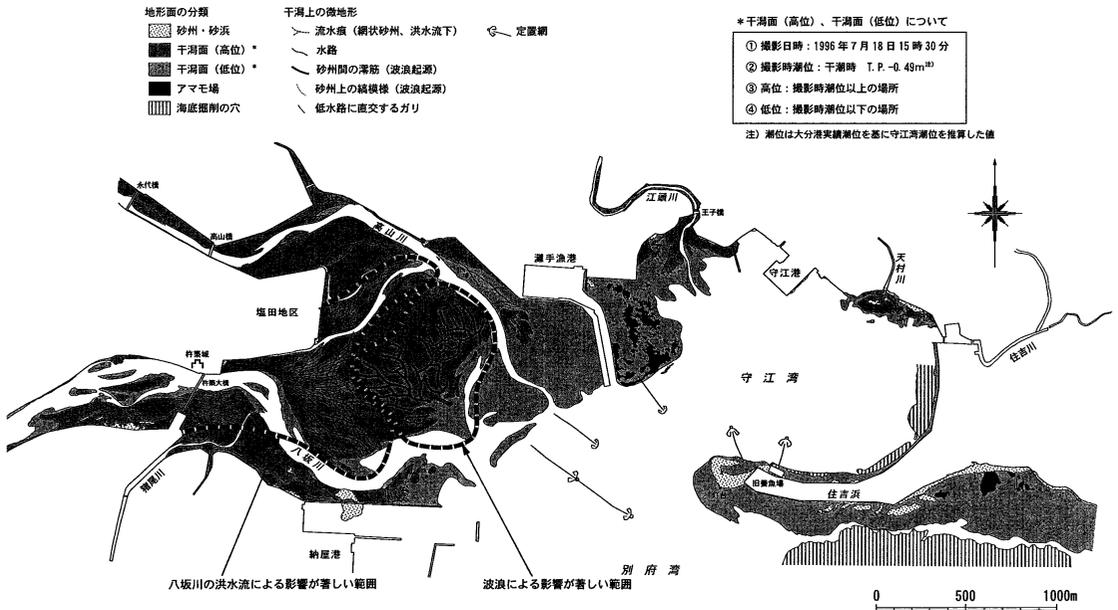


図 8 守江湾内の地形判読図

表 4 産卵場の環境条件

必要条件	要素	環境条件	
基礎的条件	総合的知見	<ul style="list-style-type: none"> ・地理的には内湾湾奥部で、河口部の感潮区あるいは湾内における河川の滞筋沿い。 ・外力的には、洪水流や波浪の影響を直接受けにくい安定した場所。 ・材料は粗砂及び砂礫で浸透性が高く、間隙水の交換が行われやすい場所。 ・産卵地点直上の地表面の標高は大満潮時には海面下となり、かつ平均潮位よりも高い位置。 ・幼生の生息場となり得る干潟へ到達できる流れがある場所。 	
	地形等	標高(潮位)	T.P.O.5 ~ 1.3m (H.W.O.88m、M.W.K.0.00m、L.W.L - 1.42m) ^{注1)}
物理的条件	産卵場前浜付近の勾配	1/21 ~ 1/18 ^{注1)}	
	材料(粒度)	粗砂+礫 (上層)	36 ~ 77%
		(下層)	42 ~ 79%
	50%粒径値(上層)	(下層)	0.4 ~ 2.0mm
		(下層)	0.4 ~ 1.2mm
安定性(波浪及び河川流)	波浪場の数値シミュレーションにより、産卵場はいずれも高波浪が直接侵入しない静穏な領域にあることが判明した。その波高は年間に発生する浪高の上位10日の頻度に相当する入射浪高1.1mの荒天波に対して、波高15cm ~ 5cm程度以下にあった。その中にはほとんど波が来ない河川上流部も含まれている。 これにより、産卵場は波浪や河川流の影響が少ないところであることが条件だと考えられている。		
幼生生息との位置関係	産卵場付近では、幼生生息地に向かって潮流が流れる場合があり、孵化した幼生は、その流れによって生息地となる干潟に分散していると思われる。		
化学的条件	水質	DO	5.8 ~ 7.3mg/l
		COD	3.1 ~ 4.5mg/l
	底質	DO (上層)	0.7 ~ 7.2mg/g
		(下層)	0.1 ~ 6.2mg/g
		COD (上層)	1.3 ~ 1.9mg/g
		(下層)	1.1 ~ 3.4mg/g
		T-S (上層)	ND ~ 0.03mg/g
(下層)	0.01 ~ 0.02mg/g		
含水率 (上層)	11 ~ 25%		
(下層)	10 ~ 25%		

注1) 首捻防波堤、高山川氷代橋データによる

上層、下層の定義

(上層): 表層より 0 ~ 10cm
(下層): 表層より 10 ~ 20cm

(2) 幼生生息場

幼生生息場は、主としてシルト、細砂で形成される干潟上にあり、表5に示すような環境特性を持つ。干潟を生息場とするのは、数mmから数cm程度のサイズでしかない幼生が、豊富な有機物や底生生物を餌とすることが可能となるからと考えられる。

また、産卵場と同様に移動能力の小さい幼生が流されないように河川流、波浪に対して比較的安定した場所であることが、図6の生息範囲と図9(堆積厚の少ない範囲)図10(波高の低い範囲)の対比により推定できる。

表 - 5 幼生生息場の環境条件

材料の50%粒径は0.2 ~ 0.4mmで主としてシルト、細砂で構成される。
幼生はT.P. - 0.3 ~ 0.4mの平均潮位前後の常に湿潤状態にある干潟に分布する。
波浪や河川流による直接的影響を受け難い安定した場である。(図 - 5, 8, 9, 10参照)
産卵場から分散してこれる河川や潮の流れが近傍にある。

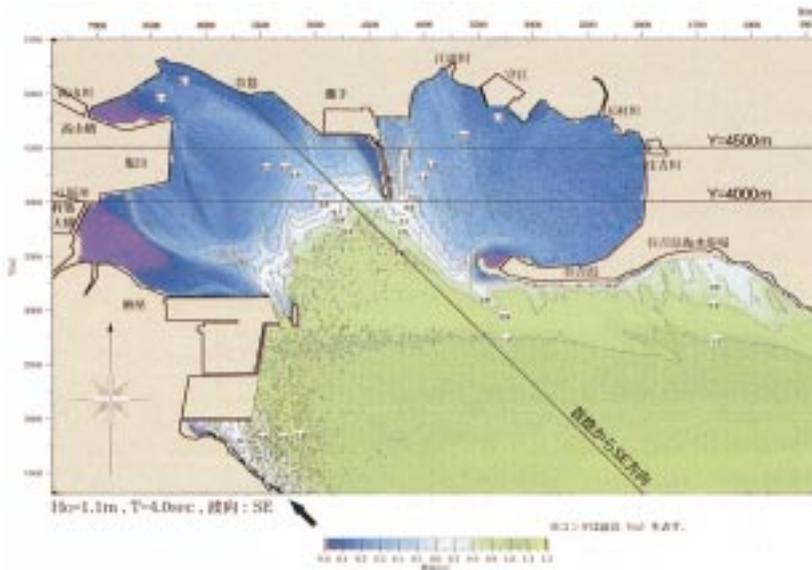


図 10 波浪推算結果（満潮時の波高分布）

5 . 河川改修による影響

河川改修計画のショートカットにより河道形状の諸元は表 6 の通り変化する。

表 6 河川改修による河道形状の諸元変化

河道延長	4,800 m	（改修前の72%）
河道容量	659,000 m ³	（改修前の83%）
水面面積	786,000 m ²	（改修前の99%）

上記データは、改修後の河口0k000m～4k800m区間で、平均潮位時（T.P. 0.0m）を想定して算出

この結果生じる河川空間に関わる影響は、次の3点に分けられる。

ショートカット工事により消失する河川空間とこの環境に依存していた生物群への影響

ショートカットによる水理条件の変化で生じる、河口から干潟の堆積環境への影響

ショートカットによる水理条件の変化で生じる、汽水域塩分への影響

は影響が明らかたため、 、 について検討した。

5 - 1 堆積環境への影響

ショートカットに伴い河床勾配の変化、洪水時流速増加が生じる。その結果として、堆積環境が変化する。堆積環境の変化は、大きく100年に1回程度発生する規模の洪水時と10年に1回程度発生する規模の中小洪水時に分けて検討した。堆積環境の変化は流速分布変化として捉え、平面2次元不定流モデルにより推算した。モデルの検証は、1997年9月9日16日実績洪水後の現地堆積材料の代表粒径から求めた掃流力により行った。

（1）100年に1回規模の洪水

100年に1回規模に相当する1997年9月9日16日の台風19号後の堆積状況調査で、堆積環境に大きな変化を生じる事が確認されている（図 9 参照）。

改修の有無に関わらず、100年に1回規模の洪水で生じる堆積環境の変化は非常に大きい。この規模の洪水に対処し、生息地を保全する水理条件を満足する対策を講じることは現実的には困難である。また、洪水後の時間経過とともに干潟が洪水前の状態に復元しつつあることが確認されている。さらに、何らかの対策を講じるにしても、対策自体が大規模なものとなるため副次的影響も生じると予想される。

以上の理由から、本検討では100年に1回規模の洪水で

の堆積環境変化についてはミティゲーションの対象外と考えた。補足として、河口から2 km区間については現況断面と計画掘削断面の2 ケースについて計算を行った。この結果では、現況断面でも計画高水位以下で計画高水流量が流下可能であることが確認された。

(2) 10年に1回規模の洪水

10年に1回規模の洪水では、改修による流速分布の変化は小さいが、産卵場や幼生息場付近における流速は現状より増加する傾向を示した(図-12参照)。そのため、堆積環境も変化し、定性的にはより粒径の大きい材料が堆積しやすくなるため、対策を検討する。

5 - 2 汽水域塩分への影響

八坂川では潮止め堰まで(現況河道で河口より6k500m地点)塩水が遡上する。改修に伴う河道諸元の変化による汽水域塩分の変化を実測塩分に基づき、鉛直2次元モデルにより推算した。

混合状態は、ショートカット上流端付近においても改修前後いずれの場合も強混合と考えられ、変化は小さい。塩分は、河口からショートカット下流の区間において、変化は見られるが小さい。ショートカット区間では、法線が変化するため改修前後で同一地点を比較することは不可能である。改修後は遡上距離の関係で上流部の塩分が上昇したように見えるが、上限値は同程度である。

河口での塩分の変化が小さいことまた、ショートカット区間においても、上限値に変化がないことから、海域や河道内植生への影響は少ないものと考えられるため現時点で対策は必要としない。

6 . ミティゲーションの検討

八坂川河川改修に伴いミティゲーションを考慮すべき環境は、ショートカットにより消失する八坂川現河道内の生物の生息空間、および八坂川の流速増により影響を受けると予想される八坂川河道内のカプトガニ産卵地とした。

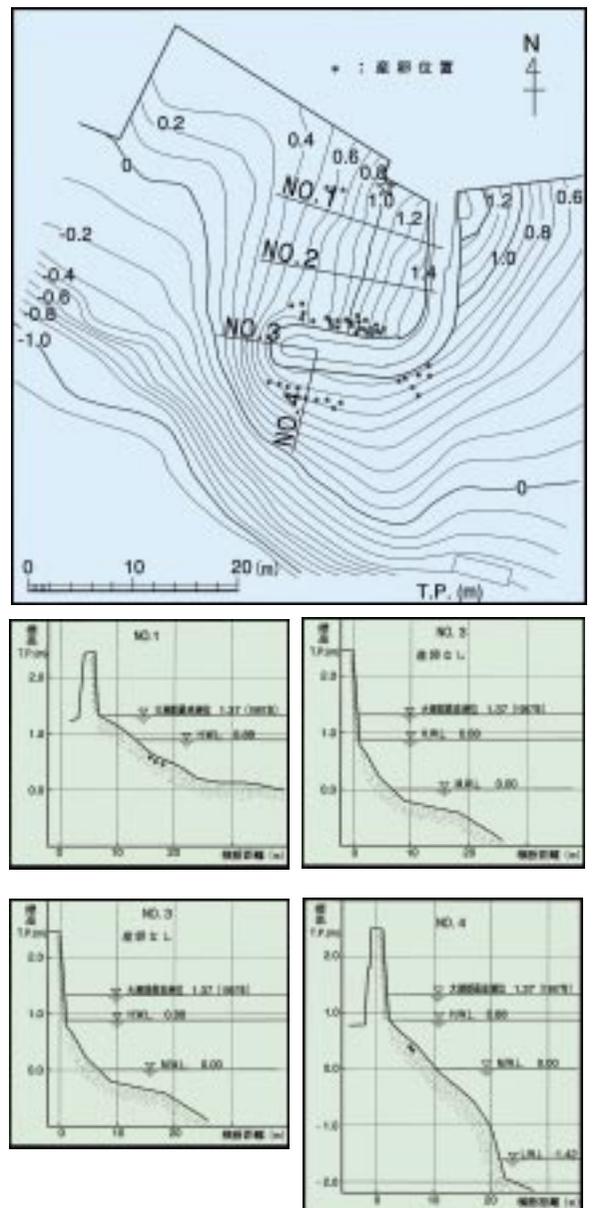
6 - 1 多自然型川づくり

ショートカットで生じる新たな河道は、多自然型川づくりを基本とすることで、失われる環境を復元するように努

める。

(1) 基本的事項

計画河床以下の低水路の変形は自然の営力に任せることとし、不自然な形状の水路を人工的に造成する工事、特にコンクリートがむき出しとなった護岸工事を避ける。自然に形成される砂州については、現存植生の回復を待ち、移



(前田他 1997)
図 - 11 産卵場の平面・横断面図(首捨防波堤)

潮位条件 干潮 (T.P.-1.42m) 計画規模 1/10

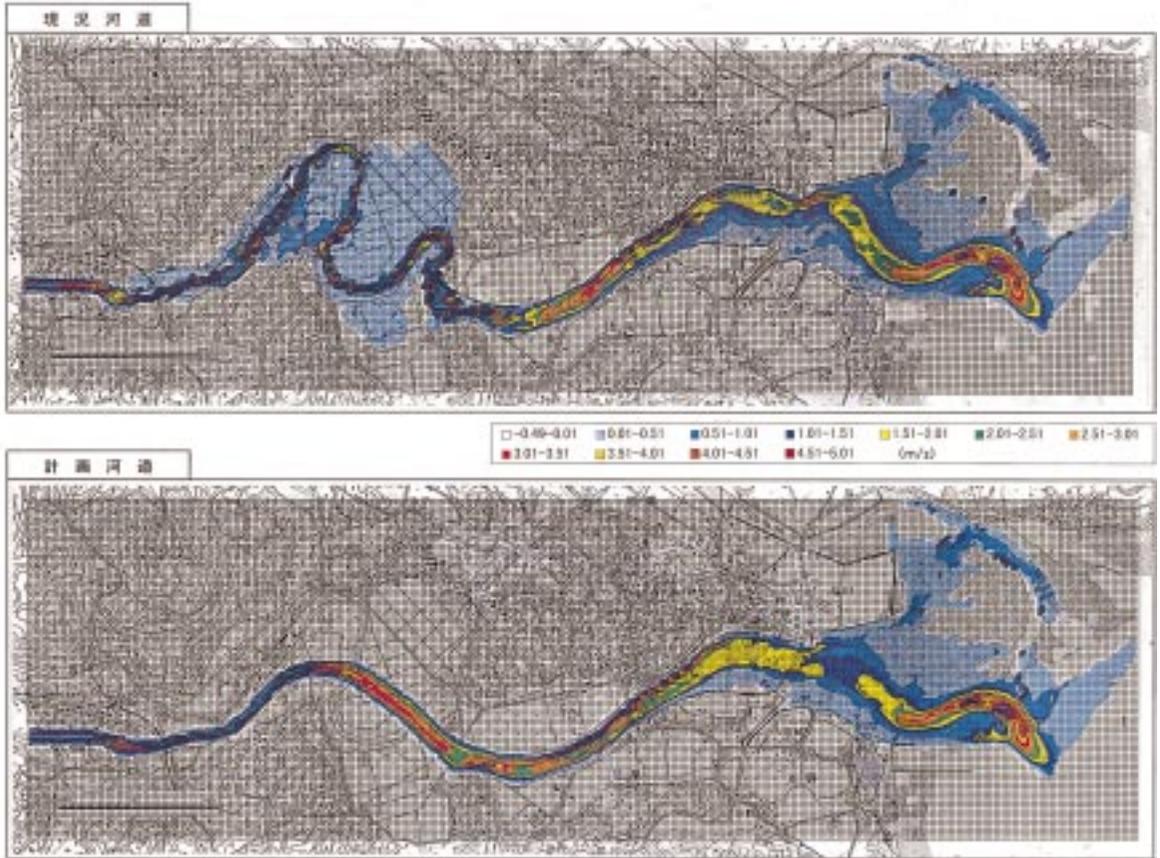


図 - 12 河川改修による流速分布の変化 (計画規模1/10、潮位条件：干潮T.P. 1.42m)

植は遷移の経過を見ながらハマボウなどの特定種に留める。現在ある河畔林の樹種の内、砂州への繁茂が期待できない高木類については、可能な範囲で堤防側帯などへの移植を考慮する。

また、河口部での河床掘削は生態系保全、維持管理面で課題が多いが、現況断面で計画高水流量を流下可能であることが確認されたため、河口部での掘削を回避することが可能と思われる。

(2) ワンドの創生、淵の保全

河川空間が量的に減少するため、質的な多様性を持たせることを目的に、旧河道の一部を利用したワンド創生や淵の保全を図る。

6 - 2 カプトガニ産卵地のミティゲーション

堆積環境の変化は幼生生息場となる干潟にも生じる。しかし、河川流、波浪の影響を強く受ける範囲の干潟を人為的に改変し維持することは不可能である。また、最も重要度の高い幼生生息場は高山川河口付近にあるため八坂川改修の影響を受けない。産卵場のミティゲーションにより、産卵、分散の場所、機会を増強することで幼生生息場の確保を間接的にも図る。

(1) 適地選定

産卵場のミティゲーションの適地選定は八坂川河川区域に限定せず、守江湾内全体を対象とした。これは、八坂川河川区域内に適地が少ないこと、また近年の守江湾環境変

化の原因者が河川工事だけに限定されないことを理由とする。

表 4 の産卵場の環境条件から候補地を選定し図 13 に示した。さらに、表 7 に示す条件からランク付けを行った。

表 7 産卵場適地選定における優先条件

<p>幼生の生息場が近い。</p> <p>幼生の生息場への分散を可能とする、河川流・潮流が存在する。</p> <p>産卵場を造成する地域が、河川流、波浪に対して安定している。あるいは安定化が容易である。</p> <p>過去に産卵が確認され、その時と周辺の条件が大きく変化していない</p>
--

である江頭川河口の産卵場 2 箇所（図 13 の ①、②）のミティゲーションにおける留意事項を示す。

必要に応じて、導流堤築造により砂浜を安定化させる。導流堤は、やや大型の捨て石を利用した簡易な構造とする。

砂浜の整形は最終形状を想定して実施する必要はなく、投入した土砂を波に再配分させる。ただし、産卵場環境条件を参考に、最後部の標高がT.P.1.38m（朔望平均満潮位T.P.0.88m + 余裕高0.5m）を確保するように最終的に調整する。

投入する土砂粒径は、首捻防波堤地点（図 13 の ③）の粒径を参考に決定する。

(2) ミティゲーションの方策

一例として、表 7 の条件を満たし優先度が AA ランク



図 13 産卵地ミティゲーションの候補地と重要度



図 - 14 江頭川河口の産卵場ミティゲーション

7. 課題

7 - 1 今回検討の適用範囲

ミティゲーションはあくまで代表種としてのカブトガニと、カブトガニの生息環境と同じ条件下で生息する生物種の生息環境保全という視点でなされたものである。環境が一致しない生物に対するミティゲーションは既存調査の精度、調査期間などを原因として考慮されていない。今後の課題として残されている。

7 - 2 環境モニタリングの実施

ミティゲーションの機能確認、予測されなかった環境変化の監視を目的として環境モニタリングが必要である。モニタリングにおいて留意すべき事項は、観測項目とそれによって得られるであろう成果を予め明らかにしておくこと、簡易な調査を基本として必要に応じて詳細な調査を加える方法を取ることで、観測計画を滞り無く実施すること、モニタリング結果を評価し、必要に応じて改善策の提案を行える体制を考慮しておくこと、得られた調査結果を地元で公開し、環境に対する理解を深めてもらうこと、である。

8. おわりに

本調査は、九州大学の楠田哲也教授を委員長とする委員会を開催し検討を進め、八坂川改修にともなうミティゲーションとして一定の成果を示すことができた。幸いにして、本調査の意義が理解され、地元市民団体、杵築市、県の土木事務所が協力してカブトガニを中心とした環境保全に取り組む関係が醸成されつつある。今後も関係各位の協力を得て、良好なミティゲーション実現のために、調査・検討を進めていきたい。

最後に、委員であった東京大学大学院広域システム科学科助手の清野聡子氏、建設省土木研究所河川部長の宇多高明氏には、委員会以外に多くの現地調査、解析に携わっていただいた。この結果得られた貴重な研究成果を活用することで、この調査を進めることができたことを感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 「絶滅危惧生物カブトガニの生息地として見た守江湾の地形・波浪特性 清野、前田、日野、宇多、山田、他 海岸工学講演会論文 1998」
- 2) 「カブトガニは何故その岸辺に産卵するのか? - 産卵場の地形・堆積物・波・流れの特性 清野、前田、日野、宇多、山田、他 海岸工学講演会論文 1998」
- 3) 「日本カブトガニの現況[増補版] 日本カブトガニを守る会平成5年」
- 4) 「川原 カブトガニ調査記録1981」
- 5) 「日野、西原他 日本海洋学会講演要旨1998」
- 6) 「日本の海岸侵食 宇多高明 1997」
- 7) 「保全活動におけるカブトガニへの価値観の変遷 清野聡子 1998」
- 8) 「守江湾のカブトガニ 西原繁朝 1996」
- 9) 「カブトガニ産卵地の再検討 土屋康文 他 1998」