

# 洪水に伴う河口干潟環境と生物生息の変化

## LIVING HABITAT AND ENVIRONMENTAL VARIATION IN THE ESTUARY AFTER FLOODING

日比野忠史<sup>1</sup>・保光義文<sup>2</sup>・福岡捷二<sup>3</sup>・水野雅光<sup>4</sup>  
Tadashi HIBINO, Yoshifumi YASUMITSU, Shoji FUKUOKA and Masamitsu MIZUNO

<sup>1</sup>正会員 工博 広島大学助教授 大学院工学研究科 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山一丁目4番1号)

<sup>2</sup>広島市環境サポーターネットワーク河川部会 (〒730-8586 広島市中区国泰寺町一丁目6番34号)

<sup>3</sup>フェロー会員 工博 中央大学研究開発機構教授 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

<sup>4</sup>正会員 中国地方整備局 太田川河川事務所事務所長 (〒730-0013 広島市中区八丁堀3番20号)

As for the necessity of evaluating of tidal flat environment against floods, the Before-After-Control-Impact-Pared-Series for flooding is desired. Accumulation of a result of biological and physical investigations may become an evidence to evaluate the flooding, but it is not easy to on the living organisms variation for the flooding. In this study, a usage of biological findings is examined and the relation between the peripheral environment and variation of living organisms are studied. From this study it is found that despite a large change of tidal flat environment, the living habitat does not suffer crushing damage.

**Key Words :** evaluation, environmental variation, BACIPS, Ohtagawa flooding channel

### 1. はじめに

干潟や藻場を見かけ上自然と同様な生態系を人工的に再生することは可能となってきた。また、適切な造成場所の選定や環境条件を人工的に整備することにより、自然と同等な干潟や藻場を再生することもある程度可能である。しかし、これらの生態系が5~10年に一度程度は必ず受ける洪水や高潮のような大きな自然攪乱によってどの程度ダメージを受けるかについては明らかとなっていない。

河口干潟は海と河川の環境変動を強く受けており、平水時には海水の遡上量が大きいため、平常時は塩性の強い干潟が形成されている。したがって河川流量の増大が干潟環境に及ぼす影響は尽大であると考えられる。太田川放水路では2005年に概応最大の洪水によって膨大な土砂の供給があった。また、2004年には概応最大の高潮を受けているが、土砂の流下や波浪によって生物の棲息数がどのように変わったかを推定することはできていない。さらに、干潟環境は単に流れや水温・塩分状態のみに依存するのではなく、流れによって変化する干潟材料や水環境が形成する植生・地形によって大きく変化する。洪水による一時的な浸食や堆積のみならず、その後の地形変動や干潟に浸入する水塊特性によっては植生が変化し、

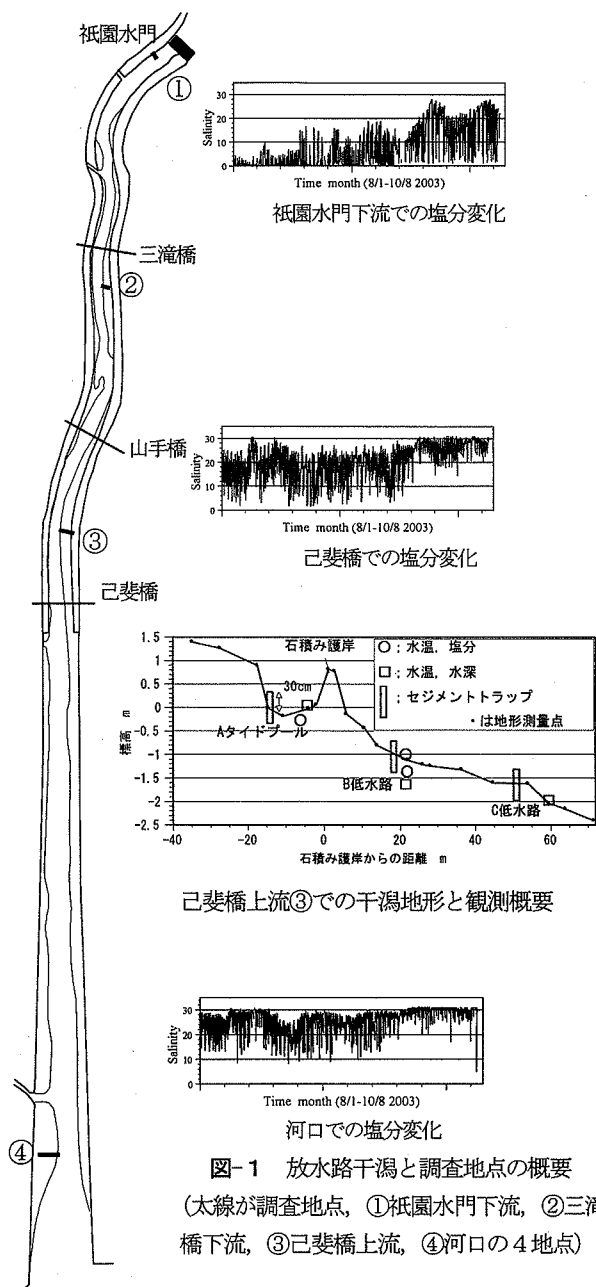
干潟材料が変わることで、生物相が変化することも考えられる。生物は環境の変化に敏感で個体数・種類数の変化は大きいと言われているが、場の変化を考慮しなければ、妥当な評価はできない。

本研究では、生物の棲息状況と洪水等による干潟材料の変化との関係を明らかにして、河口干潟の擾乱によって受ける生態系のダメージを明らかにすることを目的としている。このため、太田川放水路の上・中流・河口における生物と土壌調査、および広島湾奥海域~感潮域において水温・水位(または塩分)の連続観測と河岸に沈降する流砂泥量が測定された。これらの関係から、洪水や高潮による生物の生息状況との関連について検討した。

### 2. 太田川河口干潟での生物棲息環境

#### (1) 放水路干潟の特性

太田川デルタは、河口から約10kmで放水路と市内派川(天満川, 本川, 元安川, 京橋川, 猿猴川の総称)に分岐している。太田川放水路には、低水路干潟, タイドプール等, 良好な干潟地形が発達している。図-1に太田川放水路に形成された低水路干潟の状況と調査地点を示した。図中の太線(①祇園水門下流, ②三滝橋下流, ③己斐橋上流, ④河口)が生物調査地点である。図中に



は、放水路での海水の遡上状態および己斐橋上流調査地点での断面図が併せて示してある。

低水路干潟は三滝橋～山手橋, 山手橋～己斐橋, 河口付近に発達しており, 1980年初期からの干潟形状の変動量は小さい<sup>1)</sup>。低水路干潟は海域の塩分状態を有する砂干潟に位置つけられる。放水路には主に砂分で構成される河床泥とシルト分を50%程度含む泥の2つのタイプの材料が堆積しており, シルト分を多く含む泥は高水敷にできた窪地や低水路護岸の捨石付近に多く堆積している。高水敷側に石積み護岸によってできた窪地には, 満潮時になると25psuを超える海水が流入し, 塩性の強いタイドプールが形成されている。己斐橋上流にあるタイドプールにはシルト分が多く堆積し, カニ類が優先し, ゴカイ等の生物棲息密度も高い<sup>2)</sup>。

低水路干潟には二枚貝が優先しており, 山手橋付近が淡水系のヤマトシジミと塩水系のイソシジミの棲息境界

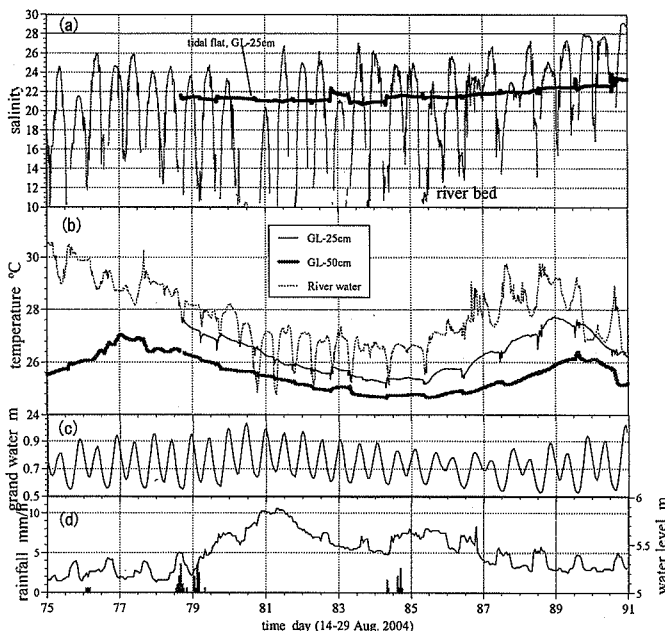


図-2 放水路での水温・塩分変動とそれに伴う干潟地盤内での塩分・水温変化

となっている<sup>3)</sup>。甲殻綱では, チゴガニ, シロスジフジツボ, イワフジツボの個体数が多い。チゴガニは三滝橋付近～河口まで広く分布し, 護岸付近や干潟の発達する高水敷に棲息している。シロスジフジツボは放水路の全域の護岸等で見られる。イワフジツボは河口付近の潮間帯最上部のみに棲息し, 潮あたりの良いところが棲息域で, 上部にイワフジツボ, それより下側がシロスジフジツボといった棲み分けができています。

## (2) 放水路干潟の棲息環境

底生生物の多くは酸素の供給される地盤表面から数cm～数10cmの表層付近に生息している。本節では, 己斐橋上流干潟地盤内(地下)での水質(水温・塩分等)が河川水から受ける影響についてまとめている。

図-2には2004年8月14～29日の15日間に測定された己斐橋上流干潟における(a)低水路床, 干潟地盤下25cm, 50cm(センサー設置深は設置時)での塩分, (b)河床, 低水路地盤下25cmと50cmでの水温, (c)太田川デルタ(大芝, 三滝橋東側約0.7km地点)での地下水位, および(d)日降水量, 矢口第一(分派前, 非感潮域)での河川水位が示されている。低水路床に設置した水温・塩分センサーが計測する水温・塩分は満潮時には海水, 干潮時には陸水(上流河川水)の値を示している。

干潟地盤内(GL-25cm)では, 大潮干潮時においても水位が保たれており, 保水状態が良いこと, 間隙水の塩分は21～23で変動しており, 半日周潮の影響を受けていない(図-2)ことがわかる。GL-50cmにある水塊の水温は表層水(海水, 河川水)よりも低くなっていることから, 干潟地下への河川水の浸透は小さく, 地下水温の低下は表層水以外の水塊流出によるものと考えられる。

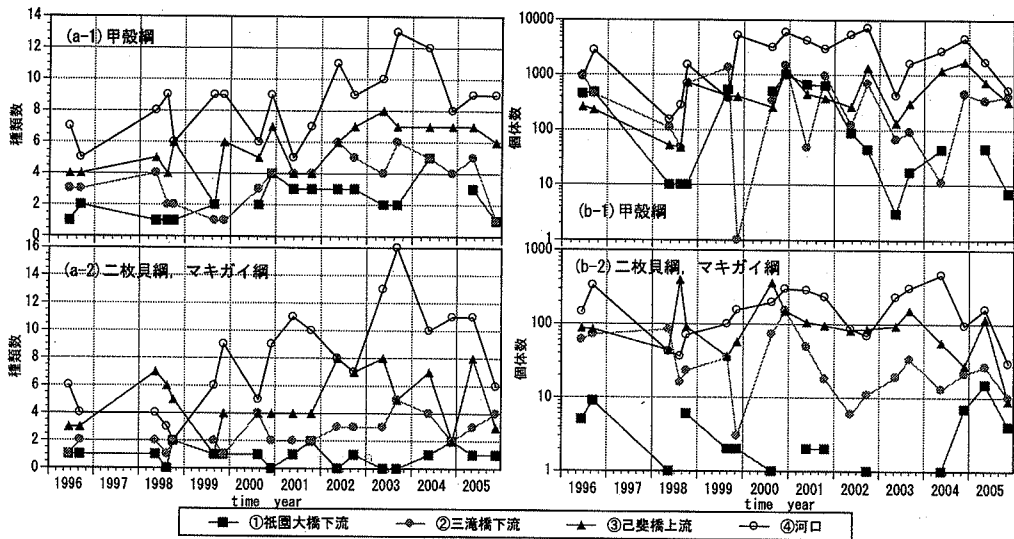


図-3 太田川放水路上流～河口に棲息する生物の年変動

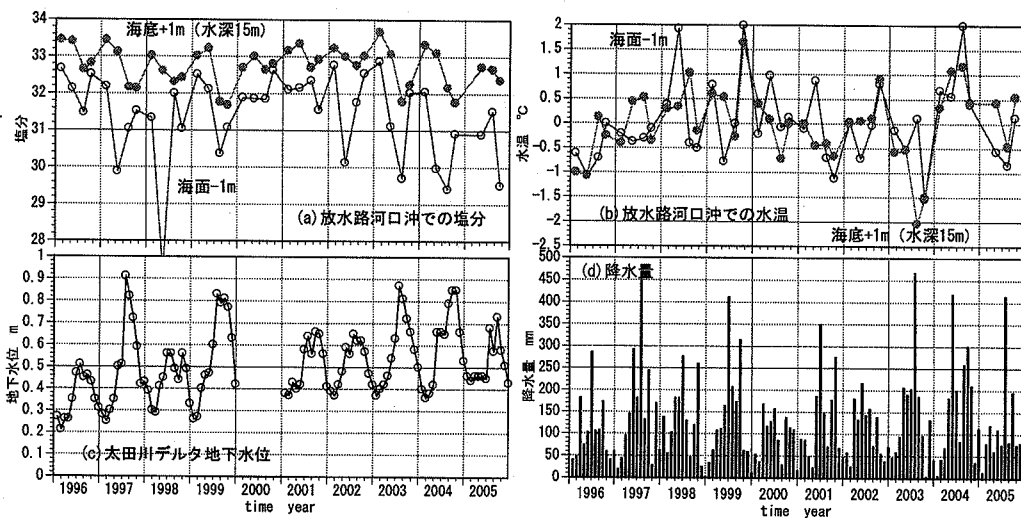


図-4 干潟周辺環境（海域塩分・水温、太田川デルタ地下水位、降水量）の年変動

### 3. 生物生息数の年変動

#### (1) 水域環境との関係

図-3には太田川放水路上流の河口に棲息する生物（甲殻綱、二枚貝・マキガイ綱）の(a)種類数、(b)個体数の年変動、図-4には河口沖での(a)塩分、(b)水温、(c)デルタ地下水位、(d)降水量の経年変動が示されている。放水路に棲む生物は種類数、個体数とも河口に近づくほど多くなっている。図-3から河口～己斐橋では生物種が増加傾向にあること、個体数は季節的な変動に比べて年の変動量が大きいことがわかる。デルタ地下水位は1996年以降平均水位は上昇しており、降水量の増大による地下水位上昇も顕著である（図-4）。甲殻類、二枚貝・マキガイ綱の種類数はデルタ地下水位の上昇との対応が良く、デルタ地下水の河口域への流出が生物の多様性を向上させていることが考えられる。デルタ地下水位の上昇は河口干潟に水温変動の小さい水塊の供給を増加させることが要因の1つとして考えられる。

カニに代表される甲殻綱および二枚貝・マキガイ綱の個体数は河口～祇園大橋で大きく異なっているが、個体数の変動は各調査点で類似の傾向を示している。河口～祇園水門では海水の遡上状態により生物相が異なっているにも関わらず類似の傾向にあることから、海水温や地下水量等に関わる現象によって放水路の河口～上流の全域で水環境が同時期に変化していることが考えられる。甲殻綱の個体数の減少は1998年、2003年、2005年に現われている。二枚貝・マキガイ綱も甲殻綱と同時期に個体数の減少が見られるが、2003年には顕著な減少はなく、2002年に減少している。

1998年と1999年は顕著な海水温上昇が起きている。逆に2003年は水温の低下が起こっている。水温の上昇は2004年にも起こっているが、甲殻綱の顕著な減少はない。1998、1999年と2004年ではデルタ地下水位が異なっており、水位の高い2004年には地下水流出によって地盤内水温が低く抑えられていたことが考えられる。

数℃の水温変化は底生生物に与える影響は限定されると考えられるが、藻類の生育に与える影響は大きい。

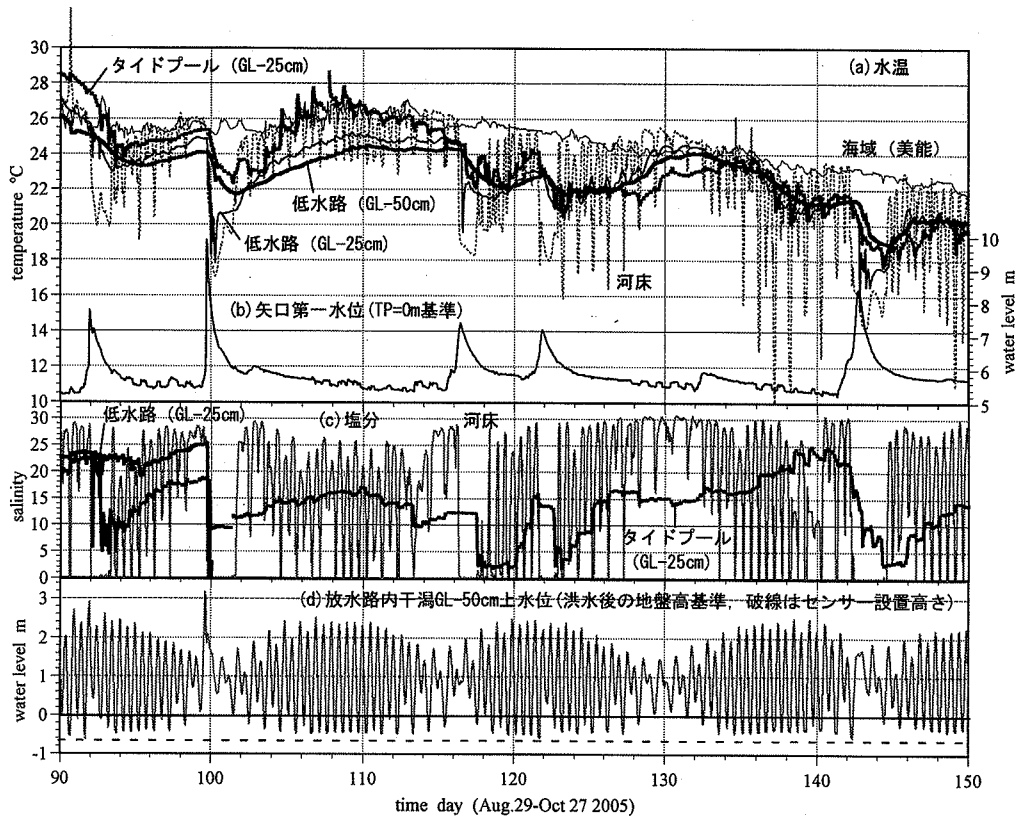


図-5 太田川放水路での洪水に伴う河口干潟地盤における塩分・水温変化

数°Cの水音変化は干潟に藻類を繁茂させ、場の環境を変化させる。このことが個体数の減少を促進させたとも考えられる。2002年と2003年は、藻類の繁茂が顕著であった。2002年にはタイドプールや護岸近くにアナオサが繁茂した。アオサは層状に繁茂するために、下層で枯死したアオサは周辺環境を還元的にし、タイドプール泥内の水塊を無酸素化させる。タイドプールで無酸素化された水は低水路干潟に浸透していくことから、二枚貝綱の減少は地下水の貧酸素化が原因と考えられる。2003年は水温低下により低水路にオゴノリが繁茂し、低水路内が泥化（3～5月にILが約4%上昇<sup>2)</sup>）したことで、干潟環境が大きく変化している。これによりスナモグリ、アナジャコ等の甲殻類の減少が顕著に現れている。干潟環境は単に流れや洪水による地形変動、それらに伴う水環境（水温・塩分状態）の変化のみに依存するのではなく、周辺環境によって変化する干潟材料や水環境が形成する植生・地形によって大きく変化することを理解していく必要がある。

2004年と2005年の種類数、個体数の低下は既往最大の高潮・洪水によるものと考えられる。これらの低下が起こった機構とその回復について次章で検討する。

#### 4. 洪水による干潟の環境変化

##### (1) 干潟地盤内の水質変化

図-5には(a)海域（美能、河口沖約10km）と己斐橋

上流干潟における低水路床、低水路干潟地盤下（GL-25cm, GL-50cm）とタイドプール地盤下（GL-25cm）での水温、(b)矢口第一での河川水位、(c)河床塩分、低水路とタイドプールでの地盤下（GL-25cm）における塩分、および(d) GL-50cmに設置したセンサー上の水深が示されている。水位の基準は矢口第一ではTP+0m、低水路干潟では洪水後の地盤高を基準（TP+0.95m, GL-75cm）としている。

9月7日(99日)には洪水（矢口第一でのピーク流量2700m<sup>3</sup>/s）と高潮（潮位2.8m）によって低水路地盤下25cmでは淡水が満たされたことがわかる（塩分が0で水温の急激な低下がある）。これに対し、8月31日(92日)の出水では淡水の流入は起こっていない。

図-5に示した5回の出水ではいずれも河床は塩分と水温の急激な低下があるが、出水が大潮期にある時には、GL-25cmにおいて河床上水温と同様の急激な水温低下がない。すなわち、大潮期には淡水が-25cm層まで達していないことがわかる。また、小潮期の急激な水温低下が起った後には半日周潮に伴って水温の回復がみられる。これらのことは、少なくとも朔望周期である15日以内には洪水に伴った大きな環境変化が来ないことを示している。出水による干潟地盤内の連続的に長期にわたる水環境の変化がないことが生物の壊滅的な被害を起こさない条件の一つとして考えられる。

平時時、タイドプール地下においては低水路地下に比べて塩分濃度が低いことから、流入する海水の塩分は小さいこと<sup>2)</sup>、また、河川水の地盤内への浸透能は、地下

水温・塩分の変動がタイドプールで大きいことから、低水路に比較してタイドプールで高いことがわかる。ただし、出水時には低水路（GL-25cm）での水温低下（陸水浸入）が大きく現れているのに対し、タイドプールでの変化は小さい。これらのことは、洪水に対する土壌内の環境変化がタイドプールでは低水路に比較して小さいことを示している。

## (2) 干潟への土砂の堆積

2004年8～9月には20～30cm（ピーク流量約2700m<sup>3</sup>/s）、2005年9月には50cm以上（ピーク流量約7200m<sup>3</sup>/s）の干潟への砂供給があり、干潟地盤高が大きく変化している。図-6には既往最大の2005年9月7日洪水に伴う太田川での沈降土砂量が示されている。図中の太線は容器の深さを表わしている（祇園下流は河床上に設置）。己斐橋上流の放水路干潟最先端（図-1に示した③-C地点）と河口ではセジメントトラップが流され、測定できなかった。

放水路・市内派川ともセジメントトラップに捕捉された土砂量と同程度の堆積が起こっている。己斐橋上流低水路では60cm以上の土砂が捕捉され（60cmの深さのトラップが満杯）、低水路干潟には50cm以上の土砂が堆積していた。タイドプールへの土砂の輸送量も大きく、石積護岸周辺には約40cmの土砂の堆積があり、タイドプールからの排水が悪くなっている。

## (3) 洪水（土砂堆積）と生物量の変化

図-7に2004年と2005年に起こった洪水前後での優先生物の個体数の変化を示した。2004年の出水では顕著な生物の減少は見られないが、2005年の出水ではすべての生物において個体数の減少が確認できる。チゴガニは高水敷側に干潟（タイドプール、湿地等の冠水域）が発達する中流域での生息数が多い。干潟地形が発達する高水敷には塩生植物が繁茂しており、洪水後もこれらの植物の減少は限定的であり、土砂の堆積も少ない。カニ類はこれらの植物周辺に多く棲息している。カニ類の減少は土砂の堆積した低水路に近い高水敷上で見られているが、土砂が数10cm堆積してもカニ穴が崩壊するわけではなく、壊滅的な状態になるわけではない。また、河口域においてイワフジツボの減少が顕著であるが、洪水後に海域からの流着が期待でき、洪水によって絶滅することは考えられない。また、この洪水により旧太田川では生後2～3年のヤマトシジミが大量に流下しているが、洪水後3ヶ月経過した12月時点ではヤマトシジミは平年並みの棲息量を確認できている。

図-8には、洪水後6ヶ月経過した3月に己斐橋上流低水路干潟（1m×1m×1m）において確認されたイソシジミの貝長毎に整理した個体実数が示されている。イソシジミは地下水（潮下帯）の50cm～80cmに高密度に棲息していた。イソシジミの生長速度1～2mm/日程度（細粒分含有量によって異なる<sup>4)</sup>）を考えれば、洪水によって

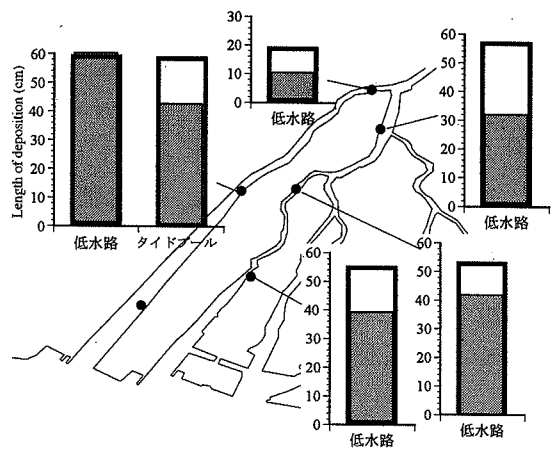


図-6 洪水（矢口第一でのピーク流量約7200m<sup>3</sup>/s）に伴う太田川での沈降土砂量（●は観測地点、□は容器の深さ）

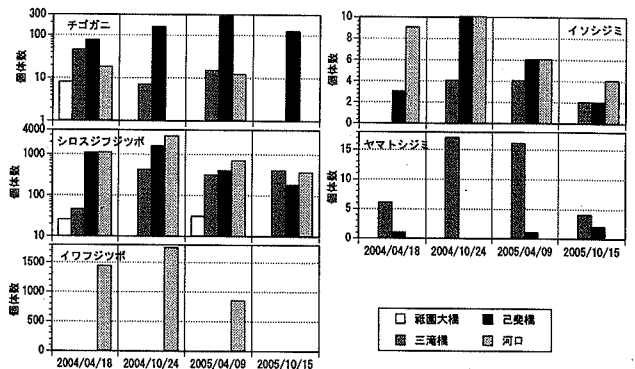


図-7 2004年と2005年の洪水前後での優先生物個体数の変化

イソシジミが減少したとは言えない。これらのことから底泥内に棲息する二枚貝への洪水による土砂堆積の影響は小さいと言える。ただし、本結果ではイソシジミの繁殖活動については考慮できていない。

放水路における土砂の輸送は、図-6の結果や出水後の土砂の堆積状態から、主に放水路内で侵食が起き土砂の堆積位置が変化するのではなく、上流から運ばれた土砂が新しく干潟に堆積していると推測できる。さらに、1980年代から現在まで干潟地形の大きな変動はない<sup>1)</sup>ことから、干潟前面は洗掘・堆積との堆積位置が変化するのではなく、上流から運ばれた土砂が新しく干潟に堆積していると推測できる。図-7に示したように生物量の低下は顕著であり、新しい土砂の堆積は底生生物にとって好ましい状態ではないが、洪水後も底生生物の棲息が確認されており、壊滅的な要因とはならないことがわかる。また、干潟が発達していない護岸付近においても、フジツボ類の減少がみられるが、カニ類の顕著な減少はなく、洪水の影響は限定されている。

## (4) イベントによる有機泥分布の変動

図-9に河川流量（矢口第一）の変動に伴う己斐橋での塩分および放水路、市内河川低水路に堆積した底泥の強熱減に含まれる有機物量（II）分布を示した。図では1500m<sup>3</sup>/s以上の洪水量はカットして示している。放水路

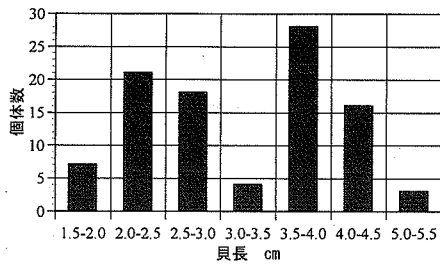


図-8 洪水後6ヶ月経過した3月に己斐橋上流低水路干潟 (1m×1m×1m) において確認されたイソシジミの貝長毎に整理した個体数

では本川～天満川に比較して河川に堆積する有機物量 (シルト・粘土) の数分の1であることがわかる。本川～天満川では河口に近づくにつれ、ILが高くなっているのに対し、放水路では、局部的にILが高くなっている。さらに、放水路では河川流量が大きくなった後に有機物量が少なくなる傾向にある。有機物量の増大は塩分濃度の上昇とともに起こっている。これらのことは、洪水が河道内の有機物を掃流あるいは土砂を堆積させることによって河床表層の有機物量を変化させるが、河床上へは海域 (河口) から輸送された有機物が堆積することにより洪水後1ヶ月程度で河床上の有機物量は回復していることを示している。2004年9月下旬の調査において旧太田川でILが小さくなっているのは、高潮 (TY0418) によるものであり、有機物の掃流は洪水よりも高潮の影響が強いことが考えられる。

## 5. おわりに

- (1) 太田川放水路では1980年代から現在まで干潟地形の大きな変動はないことから、干潟前面は洗掘・堆積との堆積位置が変化するのではなく、上流から運ばれた土砂が既存の干潟上に堆積していると推測できる。
- (2) 干潟環境は単に流れやその場の水環境 (水温・塩分状態) のみに依存するのではなく、流れによって変化する干潟材料や周辺水域の水環境が形成する植生・地形によって大きく変化する。洪水による地形変動や、干潟に浸入する水塊によって植生が変化し、干潟材料が変化することで、生物相が変化している。
- (3) 出水による干潟地盤内への浸透が大潮期に起こらないとすれば、出水に伴った大きな環境変化は15日以内には来ないことになる。短期間に連続した出水による干潟地盤内の水環境の大きな変化がないことが生物の壊滅的な被害を起ささない要因の1つとして考えられる。
- (4) カニ類は高水敷に干潟が発達する中流域での棲息数が多い。干潟地形が発達する高水敷には塩生植物が繁茂し、洪水後もこれらの植物の減少は限定的であり、土砂の堆積も少ない。カニ類の減少は土砂の堆積した低水路に近い高水敷上で見られているが、土砂が数10cm堆

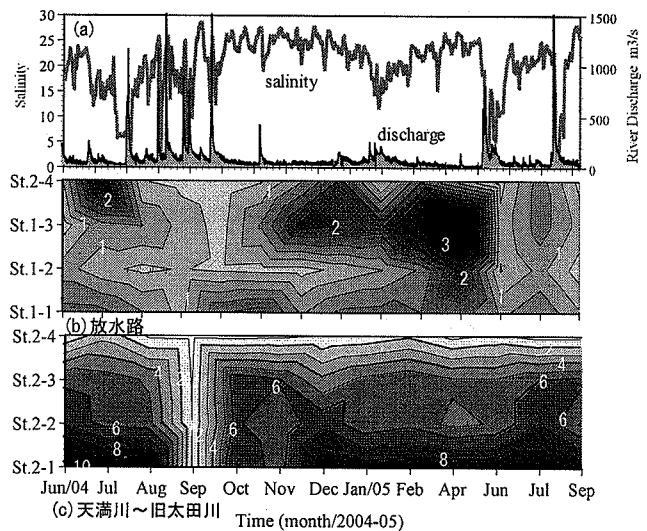


図-9 河川流量の変動に伴う放水路中流での塩分と放水路、市内河川低水路に堆積した底泥の強熱減量値分布 (洪水量は1500m<sup>3</sup>/s以上の値はカットして示している)

積してもカニ穴が崩壊するわけではない。また、河口域においてイワフジソボの減少が顕著であるが、洪水後も海域からの流着が期待でき、洪水によって絶滅することは考え難い。

(5) イソシジミは50cm以上の土砂の堆積下においても生息可能であり、土砂の堆積による個体数の減少は見られなかった。ただし、棲息のためには地下水流がある等の条件が必要である。

謝辞：本研究は科学研究費補助金基盤研究(A)「自然的攪乱に対する人工干潟・藻場生態系の自律的再生・維持管理技術」(代表 広島大学、岡田光正)の援助を受けている。記して深く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 稲葉明彦, 平野義明, 新川英明: 太田川河口域におけるベントスの分布と環境, 「環境科学」研究報告書B-304-R01-2, pp.135-148, 1984.
- 2) 日比野忠史: 河口域での有機物の循環と生物棲息場の形成, pp.2-2-1~2-2-12, 「第1回中国現地ワークショップin広島」水系環境の保全と創造-自然再生に向けて-講演集, 応用生態工学会, 2004.
- 3) 広島市環境サポートネットワーク 河川部会: 1996年~2004年 広島市太田川放水路におけるベントスの動態と環境について, 2005.
- 4) 伊藤絹子, 加賀敏樹, 佐々木浩一, 大森迪夫: 干潟二枚貝の生産過程と餌料環境, 水産総合研究センター研究報告別冊3, pp.1-16, 2005.
- 5) 富田智, 長戸宏樹, 日比野忠史, 西牧均, 松本英雄: 太田川河口における有機物の挙動に関する研究, 水工学論文集, 第49巻(2), pp.1411-1416, 2005.

(2006. 4. 6受付)