河口干潟における洪水後の底生生物群集の 予測方法の適用性について

大谷 壮介¹・倉田 健悟²・東 和之³・山中 亮一⁴・上月 康則⁵

¹ 正会員 大阪府立大学工業高等専門学校助教 都市環境コース (〒572-8572 大阪府寝屋川市幸町 26-12)
E-mail: otani@osaka-pct.ac.jp

² 島根大学汽水域研究センター准教授 (〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060)

³ 正会員 阿南工業高等専門学校 技術部 (〒774-0017 徳島県阿南市見能林町青木 265)

⁴ 正会員 徳島大学大学院講師 ソシオテクノサイエンス研究部
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1)

⁵ 正会員 徳島大学大学院教授 ソシオテクノサイエンス研究部
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1)

本研究はシルト・クレイ率と地盤高さという2つの物理的な底質環境の変化から生物群集を予測する底質環境・生物群集対応関係の洪水直後の適用性について検証を行った。50地点を対象に洪水直後において干潟全体のシルト・クレイ率は増加傾向にあり、地盤高さは干潟下流部で大きく変化している地点が確認された。底生生物の個体数および種数は洪水直後に減少し、翌年には洪水前と同程度に回復していたことから、底質環境および底生生物に及ぼす洪水の影響が伺えた。底質環境・生物群集対応関係の洪水直後の適用性について、平水時の予測と比べると洪水後の一致率は大きく減少し、洪水のようなイベントに対する底質環境・生物群集対応関係を用いた底質環境の変化から生物群集を予測することが可能な地点および生物群集の特徴を抽出することができた。

Key Words : Benthic community, flood, sediment, tidal flat, Yoshino River

1. はじめに

干潟の機能は、底質環境と底生生物群集の働きの相互作用により発現しており、干潟の開発行為や台風等のイベントは、干潟を取り巻く物理化学的な環境を大きく変化させ、結果として干潟の機能の変化を引き起こす可能性がある。しかしながら、干潟環境に大きな影響を及ぼすような規模の洪水等の突発的なイベントの発生頻度は低いために、このような点に着目した研究は数少ない。これまでに干潟域を含む河口での台風や洪水による地形変化や植生の変化¹⁾²⁾、台風後の干潟の地形変化に関するシミュレーションの結果³⁾が報告されている。また、出水による底生生物への影響の把握を試みた研究として、底生生物の個体数が大きく減少したことが示されている⁴⁾。しかしながら、これらの研究例では、出水による底質環境や底生生物への影響は示されているものの、出水による底生生物の変化の予測は行われておらず、干潟生態系に対する影響評価へ適用できる事例は未だ見あたらない。

これまでに著者らは河口干潟において粒度組成と地盤高さの2つの物理的な底質環境項目から調査地点の類

型化を行い、それぞれの底質グループには特徴のある底生生物群集が形成されていることを示した⁵⁾。さらに、シルト・クレイ率と地盤高さの複数年のデータを用いて、底生生物群集を推定するための底質環境・生物群集対応モデルを作成した⁶⁾。しかしながら、この底質環境と底生生物群集の関係は平水時のデータから作成されたものであり、台風等の突発的な出水イベントに対するモデルの検証は行われていない。台風などの突発的なイベントに対する底生生物群集の応答を把握することは、環境の改変が底質環境の変化を介して底生生物群集、ひいては干潟生態系の機能に及ぼす影響を精度良く予測する上で必要不可欠である。そこで、本研究では、洪水後の大規模出水による底質環境および底生生物群集への影響を明らかにし、出水後の底質環境の変化に伴う底生生物群集の変化を予測する方法の適用性について検討を行った。

2. 研究方法

(1) 調査方法

本研究では、徳島県吉野川河口干潟(図-1)において徳

島県県土整備部東部県土整備局が実施した徳島東環状線東環状大橋(仮称)環境モニタリング調査の 2003 年から 2005 年のデータを用いた。本研究で用いた底質環境および底生生物のデータは、平水時と洪水直後の調査のデータに分けるため、以下のように期間を定めた。洪水前の平水時の調査として 2003 年 8 月 27 日から 8 月 29 日を調査 1, 2004 年 7 月 27 日から 7 月 30 日を調査 2, 突発的なイベントである洪水直後の調査として 2004 年 9 月 11 日から 9 月 13 日を調査 3, 洪水直後から 10 ヶ月後の平水時の調査として 2005 年 7 月 20 日から 7 月 22 日を調査 4 とした。

台風による流量は国土交通省水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp>)における阿波中央橋から旧吉野川の流量の差を吉野川河口干潟に流入する流量として使用した(図-2)。なお、調査 3 の調査は 2004 年台風 16 号と 21 号による出水の間に行為れ、調査 3 と調査 4 の間に 2 回(2004 年台風 21 号, 23 号)の出水が確認されている。以上の 4 回の調査結果のデータを用いて底質環境の変化に伴う底生生物群集の変化に関する予測手法の適用性について検討を行った。

底生生物調査と底質環境調査は、干潟全体を広域的に網羅した 50 地点(上流側 S: S1~S23, 下流側 N: N1~N27)において行った(図-1)。底生生物調査は、25×25 cm のコドラードを用いて 1 地点につき 20 cm の深さまで 2 回の

試料採取を行い、1 mm ふるい上に残った底生生物を同定し、個体数の計数を行った。また、各地点において深さ 5 cm までの堆積物を採取し、JIS A 1204 に従ってシルト・クレイ(0~75 μ m), 細砂(75~250 μ m), 中砂(250~850 μ m), 粗砂(850~2000 μ m) にふるいわけ、粒度組成分析を行った。

潮位変動による干出時間の違いは底質環境や生物の分布に大きな影響を及ぼすと考えられるため、地盤高さと潮位変動を用いて相対的な干出時間の指標(干出指数)を算出した⁵⁾。干出指数は各調査地点の地盤高さ(TP : 東京湾平均海面)を調査地域における年最低干潮位からの高さに換算し、その高さを各調査年の潮位差(年最高満潮位と年最低干潮位の差)で除した値である。

図-2 吉野川における流量と調査時期

図-1 調査地点および台風通過後の底質環境の分布

図-5における ●(a), □(b), ◆(c), ▲(d)

(2) 底質環境・生物群集対応関係

洪水による底生生物群集の変化の解析には、物理環境の変化に対する底生生物群集の応答を整理した対応関係(表-1)を用いた。この対応関係はシルト・クレイ率と地盤高さの2つの物理的な底質環境に着目し、6通りの底質環境と生物群集の関係から物理的な底質環境の変化に伴う底生生物群集の変化を予測するものである⁶⁾。この対応関係から生物群集の予測の検証を行った結果、実際の調査結果と65~71%の割合で一致した⁶⁾。

そこで本研究では、この対応関係を用いて、特に洪水による影響を把握するために調査1~調査4の底質環境項目であるシルト・クレイ率と干出指数から調査地点のグループ分け(表-1:グループA~F)を行い、表-1より出現するであろう底生生物群集を推定した。その後、それぞれの調査の実際の調査結果の生物群集において、優占種およびその種組成との比較を行うことで、生物群集の予測の適合性の判定を行った。

(3) 洪水後の調査地点の変化の解析

洪水後の調査結果に着目して、底質環境の変化に伴う底生生物群集の変化を予測するため、調査2の底質環境を基準に、まず調査3の底質環境の変化の解析を行った。次に、調査3の底質環境を基準に調査4の底質環境の変化の解析を行い、調査2から調査4までを通した底質環

境と底生生物群集の変化の対応関係について解析した。ここでの底質環境の変化の有無は、表-1を用いて各調査地点のシルト・クレイ率と干出指数から判断した。

3. 結果

(1) 底質環境と底生生物の変化

各調査地点の底質環境の変化を図-3に示す。シルト・クレイ率の平均は調査1の上流側Sでは48.8%，下流側Nでは15.2%，調査2の上流側Sでは50.8%，下流側Nでは10.8%，調査3の上流側Sでは54.1%，下流側Nでは14.5%，調査4の上流側Sでは42.3%，下流側Nでは7.6%と洪水直後の調査3には上流部、下流部ともに増加している傾向があった。特に、調査3の下流部の地点であるN20、N21ではシルト・クレイ率は大きく増加し、調査4では元に戻っていた。干出指数の平均は調査1の上流側Sでは0.53，下流側Nでは0.56，調査2の上流側Sでは0.45，下流側Nでは0.51，調査3の上流側Sでは0.46，下流側Nでは0.47，調査4の上流側Sでは0.56，下流側Nでは0.49であった。上流側Sでは、洪水直後の調査3の干出指数に大きな変化は認められなかったが、調査4には地盤高さが高くなったために増加していた。また下流側Nの干出指数は調査3で減少した後、調査4

表-1 底質環境・生物群集対応関係⁶⁾

グループ	シルト・クレイ率(%)	干出指数(-)	優占種や出現頻度の高い底生生物
A	0~10	0~0.75	コメツキガニ, <i>Urothoe</i> sp., トリウミアカイソモドキ
B	0~10	0.75~1.0	ヒメスナモリムシ, コメツキガニ, <i>Urothoe</i> sp.
C	10~50	0~0.5	スナウミナナフシ属, トリウミアカイソモドキ, スナモグリ属, アナジャコ属, エドガワミズゴマツボ
D	10~50	0.5~1.0	ハナグモリガイ, ドロクダムシ属, ヤマトスピオ
E	50~100	0~0.5	ヤマトオサガニ, <i>Heteromastus</i> sp., スナウミナナフシ属
F	50~100	0.5~1.0	チゴガニ, ドロクダムシ属

図-3 調査地点の底質環境の変化, S: 上流側, N: 下流側(a: シルト・クレイ率, b: 干出指数)

では増加した。

底生生物の種数、個体数および湿重量の変化を図-4に示す。洪水前の調査1における50地点の種数および個体数はそれぞれ44種類、122 ind./m²、調査2における種数および個体数はそれぞれ70種類、285 ind./m²であったのに対して調査3の種数および個体数は44種類、74 ind./m²と大きく減少していた。その翌年の調査4の底生生物の種数および個体数は60種類、277 ind./m²であった。また、湿重量については、調査1は17 g/m²、調査2は26 g/m²、調査3は21 g/m²、調査4は44 g/m²と洪水後に湿重量は減少し、翌年には洪水前より増加していた。以上のように、底生生物の種数、個体数、湿重量は洪水後に減少したが、その後に回復していたことがわかった。

(2) 洪水後の調査地点の変化の特徴

調査地点の底質環境の変化のまとめを図-5に示す。調査3の底質環境は13地点で変化しており、37地点で変化は認められなかった。洪水直後に底質環境が変化した13地点について、調査4でそのうち8地点の底質環境が調査3から変化しており(図-5, (a))、5地点の底質環境は調査3から変化していなかった(図-5, (b))。なお、底質環境に変化の認められた地点(8地点、図-5, (a))の内、1地点のみが洪水前の調査2と同じ底質環境に戻っている。

たが、その他の地点は洪水前の調査2と異なった底質環境に変化していた。

調査4で底質環境が変化した8地点の分布は干潟上流部、下流部に分布しており(図-1, ●)、調査4で底質環境が変化していなかった5地点(図-5, (b))の内、4地点は干潟下流部の地点であった(図-1, □)。調査3で底質環境の変化しなかった37地点について、調査4ではそのうち12地点の底質環境が調査3から変化していたが(図-5, (c))、25地点では調査3から底質環境の変化が認められなかった(図-5, (d))。特に、調査2から調査4を通して底質環境が全く変化していなかった25地点(図-1, ▲)中15地点は干潟下流部に位置していた。また、調査2から調査3の間では底質環境は変化しなかったが調査4に底質環境が変化した地点であるパターンcの12地点(図-1, ◆)の内、8地点は干潟上流部の地点であった。

(3) 底質環境・生物群集対応関係の一致率の検証

調査1～調査4の各地点の物理的な底質環境(シルト・クレイ率と干出指数)から底生生物群集を予測し、実際の底生生物群集と一致しているかを検証した。調査1～調査4における各底質環境グループの一致率を表-2に示す。

表-2より、調査1～調査4における各底質環境グループの洪水の影響がない調査(調査1, 調査2, 調査4)の一

図-4 底生生物の構成比の 変化, a) 種数, b) 個体数, c) 湿重量

図-5 調査地点の底質環境および一致率の変化のまとめ

表-2 各底質環境グループの一致率

グループ	A	B	C	D	E	F	合計
調査1							
○	13	2	1	0	6	5	27
×	6	3	3	2	2	1	17
-	3	2	0	1	0	0	6
一致率(%)	59	29	25	0	75	83	54
調査2							
○	12	0	7	1	5	3	28
×	2	1	2	7	4	4	20
-	1	1	0	0	0	0	2
一致率(%)	80	0	78	13	56	43	56
調査3(台風後)							
○	10	0	2	0	5	2	19
×	3	1	5	3	7	5	24
-	3	2	1	1	0	0	7
一致率(%)	63	0	25	0	42	29	38
調査4							
○	14	1	2	3	4	6	30
×	2	2	3	3	2	1	13
-	2	1	1	3	0	0	7
一致率(%)	78	25	33	33	67	86	60

○：調査結果と一致した地点数

×：調査結果と一致しなかった地点数

-：予測できなかった地点数

致率は54～60%と平水時の一致率(65～71%)⁶⁾と比べると若干低かった。また、洪水後の調査3の一致率は38%と、平水時の一致率と比べると低かった。調査4における一致率は、調査3のように一致率が0%であるグループは認められず、全てのグループの一致率が調査3より増加していた。

さらに、調査1～調査4におけるグループ別の一致率について、グループAの一致率は59～80%と洪水後の影響がある調査においても比較的高い値を示した。また、調査2と調査3のグループBおよび調査1と調査3のグループDの一致率は0%であった。グループCの一致率は調査2の78%を除いて、25～33%と低かった。グループEおよびグループFの一致率は調査3において42%、29%と低く、洪水の影響がない調査の一致率はそれらと比べると高い傾向にあった。

また、図-5より、洪水直後の調査3において底質環境が変化しなかった37地点の内、調査4まで底質環境が変化しなかったパターンdの25地点の調査4における一致率は68%であった。調査3に底質環境は変化しなかったが調査4に底質環境の変化したパターンcの12地点の調査4における一致率は58%であった。また、調査3に底質環境が変化した13地点の内、調査4にさらに底質環境が変化したパターンaの8地点と変化しなかったパターンbの5地点の一致率はそれぞれ38%、60%であった。

表-3 底質環境の変化したグループの一致率

変数	シルト・クレイ率 (%)	干出指数(-)	シルト・クレイ率 (%)と干出指数(-)
○	3	7	3
×	7	6	3
-	1	3	0
一致率(%)	27	44	50

○：調査結果と一致した地点数

×：調査結果と一致しなかった地点数

-：予測できなかった地点数

4. 考察

(1) 底質環境の変化が生物群集の予測に与える影響

各調査地点のシルト・クレイ率と干出指数から底質環境グループを確認し、底生生物群集の変化の有無を確認している。ここで、底質環境の変化した33ケース(全100ケース)について、シルト・クレイ率、干出指数、シルト・クレイ率と干出指数の両方の変化が生物群集の予測に与える影響の検討を行った。表-3より、シルト・クレイ率のみ変化した場合の一致率は27%であり、干出指数のみ変化した場合の一致率は44%であった。また、シルト・クレイ率と干出指数の両方が変化した場合の一致率は50%と高くなった。これらのことは、干出指数よりシルト・クレイ率が変化する場合の方が予測モデルによる生物群集の一致率は低く、影響は大きいことを意味している。

また、底質環境の変化した33ケースについて、底質環境がグループAに変化した地点の9ケース中8ケースの生物群集は予測が一致して対応しており、洪水後にグループAであった地点は、底質環境の変化から生物群集の予測が一致しやすいことがわかった。

(2) 洪水後の底質環境・生物群集対応関係の有効性

調査3の洪水後の底質環境・生物群集対応関係の有効性を検討した結果、表-1を次のように3つのパターンに区分できた。

- 1) 平水時、洪水後ともに一致率が高いグループA,
- 2) 平水時、洪水後ともに一致率が低いグループB, C, D.
- 3) 平水時の一致率が高いが、洪水後の一致率が低いグループE, F

ここで、グループAの一致率が高かった理由について考えると、優占種であるコメツキガニの生息が確認できた地点のシルト・クレイ率はヤマトオサガニとチゴガニの2種に比べると低く、コメツキガニは粒度組成に対して明瞭な選好性があった⁷⁾。つまり粒度組成の変化に敏感に対応するコメツキガニが優占するためグループAの一致率は高かったと思われる。またグループAに属する地点は平水時には底質環境が変化しにくいことも、底生

生物の予測の一致率が高くなった一因と考えられる。一方で、グループ E とグループ F の優占種であるヤマトオサガニとチゴガニは前述のコメツキガニより粒度組成に対する選好性が低く、生息に対応するシルト・クレイ率の範囲も広い⁷⁾。本研究においても、この 2 種は干出指数でグループは分けられているが、調査 3 の洪水後の一致率は低かった(表-2)。また、洪水後のグループ E およびグループ F ではヤマトオサガニとチゴガニが重複して出現している地点が確認されており、平水時よりもその傾向が強かったために、一致率が低くなっていることが考えられる。

一致率の低かったグループ B, C, D はヒメスナホリムシ、スナウミナナフシ属、ドロクダムシ属といった節足動物である端脚類や等脚類がグループを構成する種であった。ここで、図-4 において洪水後に節足動物の個体数は大きく減少しているが、湿重量に大きな変化はなく、湿重量の約 90% はスナガニ類であった。小型の底生生物は洪水による影響を受けやすく、洪水の攪乱により流出したことが考えられる。したがって、日和見的な底生生物が指標種となるようなグループ B, C, D では底生生物は流出するため、生物群集も変化することで底質環境と底生生物群集の一致率は低下したと考えられる。

5. おわりに

本研究では出水後の底質環境の変化に伴う底生生物群集の変化を予測する方法の適用性について検討を行ったところ、底質環境・生物群集対応モデルを平水時、洪水後から 3 つの一致率のパターンに分類することができた。また、洪水による底質環境、底生生物群集への影響を示して、予測の一致率への影響を底生生物群集の特徴

から考察することができた。なお、洪水後の底質環境や底生生物の詳細な回復過程の解明、予測するための時空間スケールおよび洪水の頻度や規模に関する検討はできておらず、これらを考慮した予測手法の適用性を検討する必要がある。

謝辞：本研究において底質環境および底生生物のデータは徳島県県土整備部東部県土整備局の東環状大橋(仮称)環境モニタリング調査のデータを使用しました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 鈴木幸一, 門田章宏, 黄国梁: 洪水による河口砂州の変形と植生域の変化について, 水工学論文集, 42, pp.1123-1128, 1998.
- 2) 宇多高明, 清野聡子, 真間修一, 山田伸雄: 台風 9719 号に伴う洪水による八坂川河口沖干潟の地形変化の現地観測, 水工学論文集, 43, pp.437-442, 1999.
- 3) 中野晋, 藤井勇, 河井祐輔, 北野利一, 三井宏: 吉野川河口地形の経年変化と大出水時の地形変動シミュレーション, 徳島大学工学部研究報告, 43, pp.45-55, 1998.
- 4) 綿谷慎一, 中野陽一, 今井剛, 中井智司, 西嶋渉, 岡田光正: 太田川放水路における汽水干潟生態系に及ぼす増水の影響, 環境工学論文集, 45, pp.59-64, 2008.
- 5) 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, 63(4), pp.195-205, 2007.
- 6) 大谷壮介, 上月康則, 倉田健悟, 山中亮一: 干潟の底質環境に対する底生生物群集予測モデルの提案, 応用生態工学, 15, pp.31-44, 2012.
- 7) 上月康則, 倉田健悟, 村上仁士, 鎌田磨人, 上田薫利, 福崎亮: スナガニ類の生息場からみた吉野川汽水域干潟・ワンドの環境評価, 海岸工学論文集, 47, pp.1116-1120, 2000.

APPLICATION OF FORECASTING METHOD FOR BENTHIC COMMUNITY AFTER FLOOD IN AN ESTUARINE TIDAL FLAT

Sosuke OTANI, Kengo KURATA, Kazuyuki HIGASHI,
Ryoichi YAMANAKA and Yasunori KOZUKI

The objective of this study is to clarify effects of changes in the physical characteristics of sediments after flood on macrobenthos using simple model easily forecasting benthic community structure in estuarine tidal flat at the Yoshino river mouth. We focused on physical characteristics of sediments such as silt clay contents and differences in elevation at the 50 stations. Prediction accuracy by sediment-benthic community model was low after flood, because the relationship between sediment group and benthic community did not correspond to that in a normal condition. However, prediction accuracy by sediment-benthic community model increased in the next year. These results indicated effects of flood on sediment and benthic community. Moreover, it was suggested silt clay affected benthic community rather than difference in elevation. It could evaluate the change of prediction accuracy and the characteristics of sediment group by the sediment-benthic community model.