

遠賀川中島自然再生のモニタリング成果と 順応的管理の試案

眞間修一¹・遠山貴之¹・山下健作¹・石坪昭二²・原田佐良子²・梅田真吾²・柴田みゆき²

Shu-ichi MAMA, Takayuki TOYAMA, Kensaku YAMASHITA,
Shoji ISHITSUBO, Sayoko HARADA, Shingo UMEDA and Mivuki SHIBATA

¹正会員 八千代エンジニアリング株式会社大阪支店（〒540-0001 大阪市中心区城見 1-4-70）

²国土交通省九州地方整備局遠賀川河川事務所（〒822-0013 福岡県直方市溝堀 1-1-1）

Wetland of Nakashima has been almost completed by the three years digging project started in 2008. The present nature restoration capability is evaluated in terms of both wetland configuration and generation of flora and fauna. The major conclusions are as follows. A shoal area suitable for inhabitation of fishes and wetland plants was increased by the collapse of riverbank during the flood. Assumed elevation (i.e. comparable height difference from ordinary-water level) and evaluation community of wetland plant were estimated by Jacobs selectivity index. Consequently, elevation assumed in the design phase was validated. 70% of fishes live in floodplain of Onga River. Adaptive management was proposed that minimizes the digging for the designed wetland shape if the area of comparable height difference is balanced.

Key words : *nature restoration , Wetland Restoration, adaptive management*

遠賀川・中島の自然再生は、生物多様性を支える基盤となる湿地環境再生により、遠賀川全体の生物資源供給源となること、また失われつつある地域と河川のつながりの再生、外来種対策を目的としている。湿地再生については、水路部分と池部分を組合せ多様な水域環境を確保し、植生に基づくランドスケープ毎に生物指標(植物、魚類など)として評価種を設定した。湿地形状(標高)は、リファレンスサイトの湿地性植物の生育標高を参考に決定した。平成20年より掘削を開始し、平成24年3月末でほぼ完成している。

本編では、自然再生事業開始以降の物理、生物モニタリング成果を用いた自然再生の評価、及び今後の順応的管理の方向性について報告する。

(1) 中島の概況

遠賀川では、古くは江戸時代より河道改修が行われてきた。その結果、生物多様性の源であった中下流部の河道内湿地は204ha(S. 23年)から13ha(H. 17年)に激減した。

遠賀川中流（河口から 11.4km～12.4km 付近）に位置する中島（図-1 参照）は、約 28ha に及ぶ広大な面積を有し、島内にはヨシ・オギの草地、タブノキなどの樹林、その他貴重な植物が存在し、豊かな自然環境を有してい

る。ヨシ等の湿地面積は近年縮小傾向が見られるため、中島での湿地再生は、遠賀川中下流域における生物の生息・生育空間確保として重要性が高い。



図-1 遠賀川と中島の位置

(2) 自然再生計画の目標¹⁾

中島の自然再生目標は、「流域・河川の多様な景観を復元・創出し、自然と人々のふれあいを育む遠賀未来の川づくり～遠賀流域の生き物のゆりかご・バイオダイバーシティ（Bio(生物が)→Diver(多様に住む)→City(まち))～」である。具体的な整備方針は次の3点である。



写真-1 中島の整備状況と目的別配置

表-1 段階的整備およびモニタリング状況

年度	H20	H21	H22	H23	H24	H25～
ステップ	1	2	3			
整備内容	湿地域A					・完成
	湿地域B	・池の掘削	・掘削	・掘削	・完成	
	湿地域C	・掘削	・完成	・浅場改良		
	その他	・橋脚完成	・橋梁完成	・自転車道、テラス、船着場完成		・連結水路完成
モニタリング内容	植物調査	←				→
	魚類調査	←				→
	定点撮影	←				→
	水位計測	←				→
	横断測量	←				→
【参考】主要出水		H21.7出水	H22.7出水		H24.7出水	

- ・多様な景観の創出と生物の多様化
- ・外来種対策
- ・人と川との絆の再生（地域連携）

中島では「多様な景観の創出と生物の多様化」のために、全体で約 28ha の中に次の3つの景観特性を有する 8.5ha の湿地域を形成する方針とした（写真-1 参照）。

- ・湿地域 A（0.2ha）：流域の氾濫原景観
- ・湿地域 B（6.2ha）：河川の多様な水際環境（水路と池）
- ・湿地域 C（2.1ha）：広大なヨシ原の景観（水路）

また「人と川との絆の再生」のために、中島中央を通る自転車道の整備も進められている。

3. 湿地形成の経緯とモニタリング状況

(1) 湿地形成の経緯

1) 整備状況

中島の自然再生事業は、表-1に示すように平成20年度から掘削工事等を開始しており、平成24年度末の時点で湿地域B、C（面積約8ha）は、ほぼ完成した状況となっている。

2) 浅場改良の実施

平成23年度に、湿地域Cの水路河岸斜面の一部（写真-2）を50cm切り下げ、浅場を形成する改良を実施した。これは中島自然再生計画検討委員会における指摘事項（水路河岸の勾配が1:2と急であり安全なアクセスが困難、水際線が単調）に対する改善策として実施したものである。

施工1年後の状況を写真-2に示すが、浅場と水際の植物繁茂により、魚類が多く確認される良好な環境が形成さ



写真-2 浅場改良の変遷

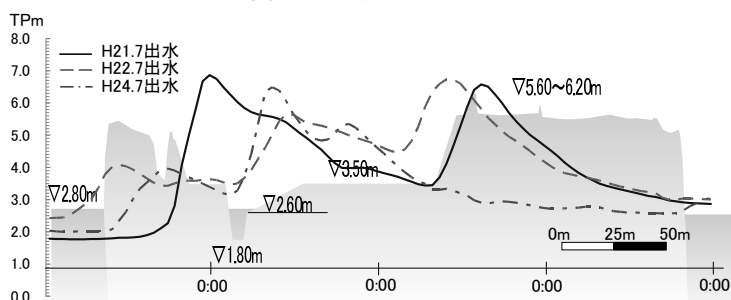


図-2 3出水のハイドログラフ（横断図12.2km）

表-2 モニタリングの概要

項目	頻度	対象範囲
植物調査	年2回（春・秋）	湿地域B・C
魚類調査	年1回（春）	〃
定点撮影	3～4ヶ月に1回	湿地域B・Cの9地点
水位計測	10分間隔	橋梁地点（12.4km付近）
横断測量	-	100m間隔、池、浅場改良

れるなど、今後の湿地域改良の方向性を確認することができた。

3) 出水による形状変化

湿地域は、図-2に示すように、H24年7月出水を含め、近年の既往最大クラスの出水を3回経験した。ピーク水位は3出水とも同程度であり、中島全域が冠水した。目視においては、著しい堆積・洗掘箇所やゴミの堆積は確認されず、湿地形状は概ね安定した状況にあった。

よって、これらの規模を下回る中小規模出水においては、これより大きな形状の変化は起こらないと推定できる。なお、出水後に実施した簡易横断測量結果による検討結果は、「4. 湿地形状のモニタリング」に記載する。

(2) モニタリングの実施状況

自然再生事業の各整備段階で、自然再生の目標に向けた進捗状況を確認するためにモニタリングを実施している（表-1 参照）。表-2には、モニタリングの概要を示す。

- ・植物、魚類調査：湿地性の評価種（動植物）を確認するために、事業当初から実施
- ・定点撮影：全9箇所で行った
- ・水位計測：中島上流部仮橋で10分間隔の水位を計測
- ・横断測量：定期横断測量の測線を基本にH24年7月出水後の湿地形状の変化を把握（H24年度のみ実施）

なお、水位計測の結果、図-3に示すように中島水位と中島から約1.3km上流に位置する唐熊観測所の水位に正の相関があることが確認できた。計測開始（H22年度）以前の中島水位についても相関式を用いて唐熊水位から推定し、中島の標高別の冠水頻度を算定した。このデータは「5. 生物のモニタリング」で用いる。

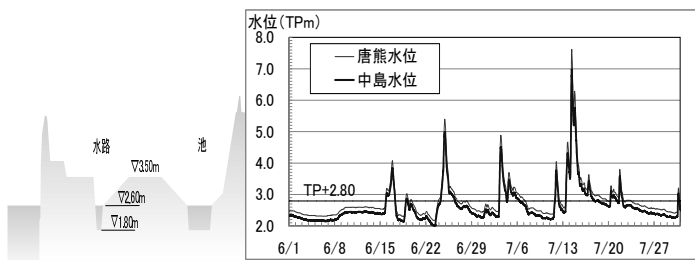


図-3 中島水位と唐熊水位の関係（横断図 12.15km）

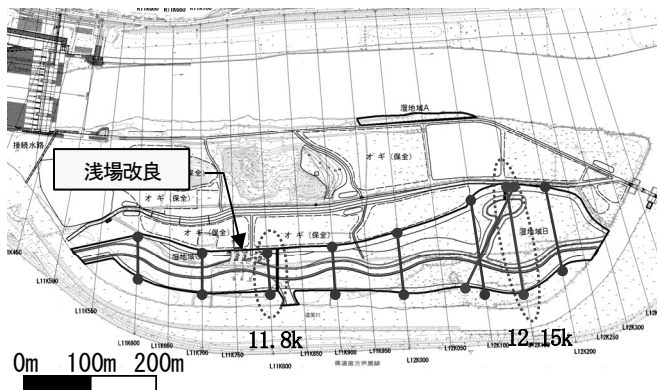


図-4 測線位置図

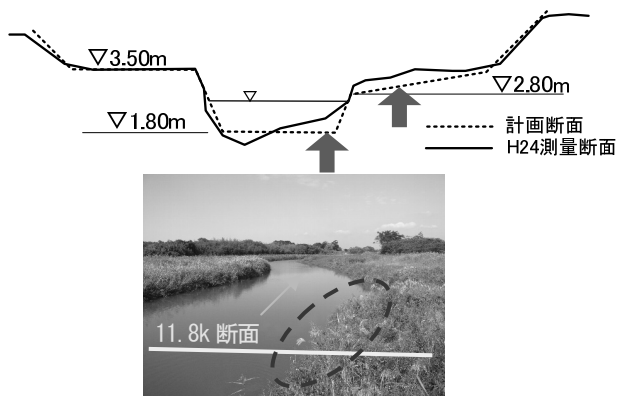


図-5 湿地域C・11.8kの横断図と写真（水路）

4. 湿地形状のモニタリング

(1) 湿地水路の堆積状況の把握

1) 簡易横断測量の実施

複数回の湿地冠水後の土砂堆積・洗掘状況を簡易測量し、計画時からの形状変化傾向を把握した。測量は、湿地域の水路を対象に、定期横断測量線と合わせた7測線、湿地域Bの池で2測線、湿地域Cの浅場改良箇所で3測線の計12測線で実施した。図-4に測線位置図を示す。

2) 水路形状の変化

形状変化に特徴的が見られた2断面（水路部、池部）を示す。図-5に示す湿地域C・11.8kでは、水路右岸側の水際に土砂が堆積し、左岸側は少し洗掘した。水路右岸は、河川の営力により河岸が掘削時の1:2から1:5～1:7に緩勾配化し、浅場が形成されるなど湿地の質的改善がみられた。一方、水路右岸の緩傾斜面は、約0.2mの堆積により湿地高が計画時点より陸化傾向となった。図-6に示す湿地域B・12.15k右岸の池では、底面や緩傾

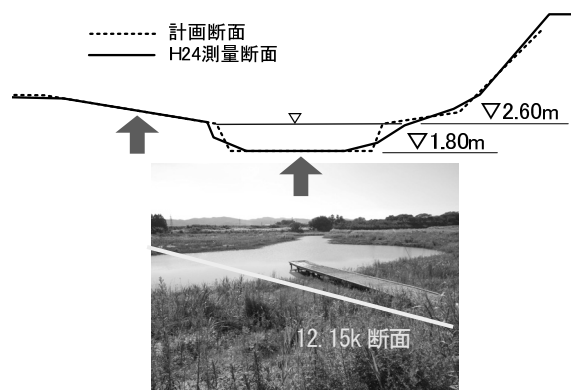


図-6 湿地域B・12.15kの横断図と写真（池）

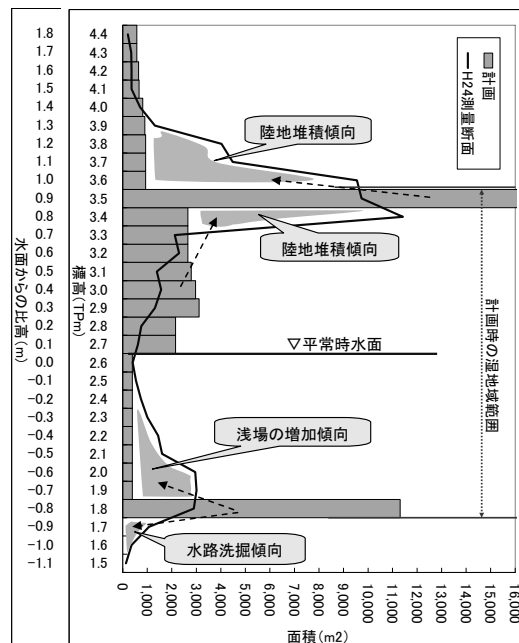


図-7 湿地域B,C比高面積分布（計画と現況比較）

斜面での変化はなく堆積・洗掘傾向はみられなかった。出水時には、中島を越える流れは水路を主流とするため、池は死水域となる。よって、池は水路に比較し上流からの土砂供給も少なく形状変化も微小であったと考えられる。ただし、水路と同様に河岸の緩勾配化がみられた。

(2) 平水位からの比高面積による湿地機能の評価

湿地域B,C(写真-1参照)での簡易測量結果を利用し、出水（特にH22.7出水、H24.7出水）後の堆積・洗掘を反映した比高別面積を計画時（上限はヨシの生育範囲よりTP3.5mに設定）と比較した（図-7参照）。

計画時との比高別面積の乖離状況に基づいて、湿地機能の維持状況を判断した。

- ①全体的に堆積傾向であるが、水路断面積（＝現平常時水位TP2.6m以下の面積）は、計画値より約10%（1.45→1.60ha）増加しており、水路は維持されている。
- ②水深0.5m未満（＝TP2.1～2.6m）浅場が計画値より50%以上増加（0.24→0.57ha）した。
- ③既往研究²⁾よりヨシの生育限界を水深0.5mと仮定すると、その範囲の面積増加により、今後はヨシの生育面積拡大とこれに伴う複雑な水際環境創出が期待できる。

表-3 湿地域B,Cの植生推移行列 (H.20年度からH.24年度)

群 落 名	H24年度(掘削後約1年経過)に確認された群落							平成20年度の群落面積合計
	ヤナギタデ群落	ヨシ群落	その他湿性群落 ※2	オオイスタデーオオクサキビ群落	オギ群落	セイトカアワダチソウ群落	その他乾生群落 ※4	
単位:m ²								
ヤナギタデ群落								
ヨシ群落	2	42			119			235
その他湿性群落 ※1	1,028	1,521	151	4,610	2,896	1,092	587	16,401
オオイスタデーオオクサキビ群落								
オギ群落	2,188	9,217	1,019	12,600	8,357	2,353	3,243	49,120
セイトカアワダチソウ群落	188	325	398	3,861	301	370	765	8,089
その他乾生群落 ※3		514	161	2,154	1,041		1,150	6,893
裸地・構造物・水面等	258	40	155	20	170		25	955
平成24年度の群落面積合計	3,664	11,659	1,884	23,245	12,884	3,815	5,770	81,693

※1 オオタチヤナギ群落、ヌルデ・アカメガシワ群落(低木林)、ムクノキ・エノキ群落
 ※2 ヒシ群落、イ群落、キシュウズメノヒエ群落、オオタチヤナギ群落、ムクノキ・エノキ群落
 ※3 カナムグラ群落、メダケ群落、スギ・ヒノキ植林
 ※4 メシバエ・エノコログサ群落、オオバクサ群落、アゼトウガラシ群落、セイバンモロコシ群落、シナダレスズメガヤ群落、チガヤ群落、メダケ群落、スギ・ヒノキ植林等

5. 生物のモニタリング(陸域)

(1) 植生の経年変化

陸域のモニタリングは、掘削の段階整備に合わせて平成20年度より植生及び植物相調査が実施されている。

湿地域内の植物群落は、平成24年度時点で23群落を確認された。そのうち、評価群落は10群落中3群落(ヤナギタデ群落、ヨシ群落、オオタチヤナギ群落(低木林);出現率30%)が確認された。植物の評価種であるヒシの群落も平成24年度に初めて確認された。

湿地域B,C(写真-1参照)について、掘削前の平成20年度及び掘削後の平成24年度に出現した群落の推移行列を表-3に示す。掘削前は、比較的乾燥した環境に成立するセイトカアワダチソウ群落やオギ群落が優占する環境であったが、平成24年度には評価群落であるヤナギタデ群落やヨシ群落の面積が増加している。特にヨシ群落は平成20年度から24年度にかけて群落面積が約50倍と大きく増加(235m²→11,659m²)した。このうち約80%に相当する9,217m²が平成20年度のオギ群落から変化したもので、湿地化傾向が順調に進んでいると判断できる。外来性のセイトカアワダチソウ群落は、平成20年度から24年度にかけて群落面積が約53%減少(8,089m²→3,815m²)し、他群落へ変化した。その大半は裸地や開放水面、先駆性のオオイスタデーオオクサキビ群落へと変化しており、掘削による直接改変とその後の遷移が主因と考えられる。

(2) 植物相の経年変化

植物相調査結果によると、評価種の確認種数は年々増加し、平成24年度時点ではミゾソバ、ヒシ、ヒメガマ、カンガレイ、タコノアシ、ミゾコウジュ、カワヂシャ、ヤガミスゲなど30種中22種(出現率約73%)が確認されており、多様な湿地環境が成立していると判断できる。

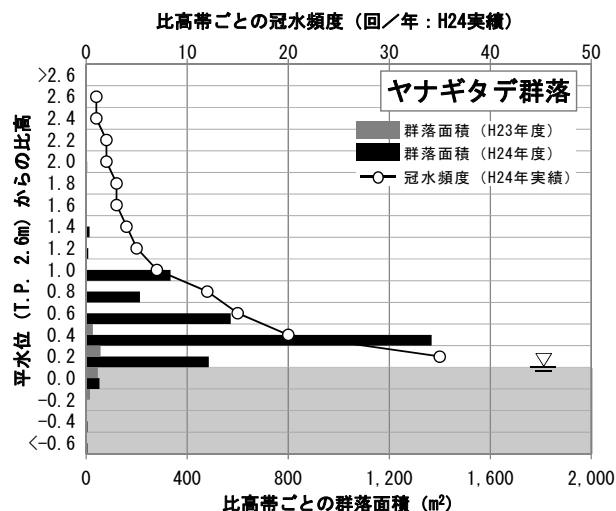


図-8 湿地域B,Cの比高帯ごとのヤナギタデ群落の分布面積



写真-3 水路右岸側の水際に帯状に分布するヤナギタデ群落

(3) 平水位からの比高・冠水頻度と植生分布の関連性

湿地域造成後の物理環境要因の変化(標高、冠水頻度)と植生分布の関連性について検討した。

検討手順は、まず湿地域内(湿地域B,C)を内包する1m角のメッシュデータを作成し、掘削後の標高(平水位T.P. 2.6mからの比高)や冠水頻度、平成21年度～24年度の各時点での植生を入力した。標高データは掘削完了時の設計値を用いたため、検討範囲は各調査年度の掘削済み範囲のみとし、未掘削箇所は除外した。次に、整備したメッシュデータを基に各植生の比高帯別のメッシュ頻度(分布面積に該当する)を整理し、水位変動特性との関連性を検討した。さらに、対象植生の比高帯別の分布面積割合と、その比高帯が湿地域全体に分布する割合(期待値)からJacobsの選好度指数(D)を算出し、水位変動に係わる物理環境要因の選好性について検討した。なお検討に用いたメッシュデータの整備はArcGIS 10.0及びSpatial Analyst (ESRI社)を使用して行った。

検討の結果、一年生草本群落であるヤナギタデ群落は河川の水際など増水による攪乱を受けやすい環境に成立するといわれ、中島でも平水位からの比高が0.0m～0.6m付近、冠水頻度が年に15回以上と攪乱を受けやすい水際を中心に分布していた(図-8)。なお、平成24年度の冠水頻度実績は、確率評価による試算値と概ね同様であった。

ヨシ群落は、当初は水路左岸側の比高の高い範囲(平水位からの比高が1.0m付近)が分布の中心であったが、時間経過に伴って平成24年度には水路右岸側の低標高部にも分布域を拡大し、平水位からの比高が0.0m～0.8m付

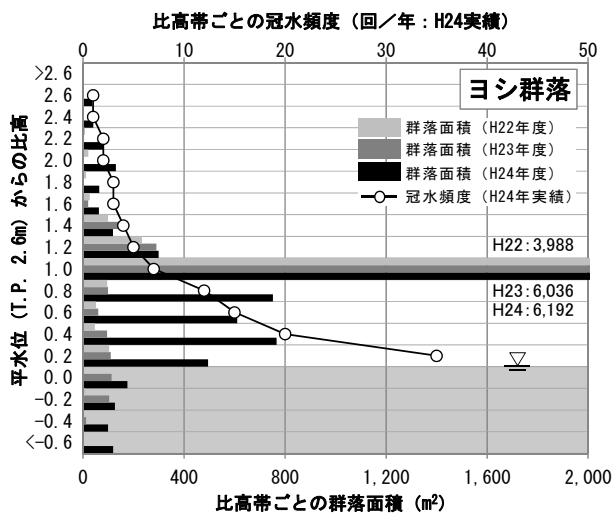


図-9 湿地域B,Cの比高帯ごとのヨシ群落の分布面積

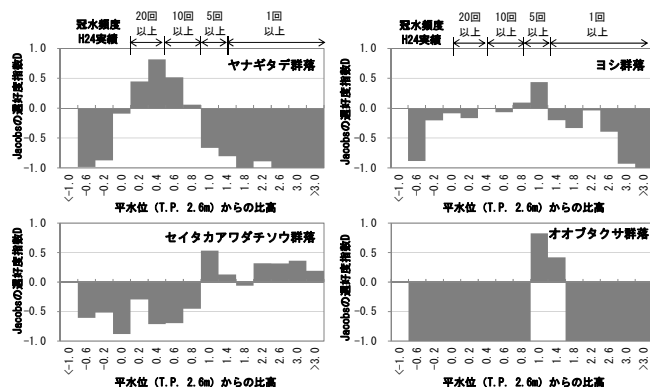


図-10 湿地域B,Cの各植生の比高に対する選好度指数

近、冠水頻度が年に10回以上の範囲における分布面積が大きく増加した(図-9)。水路左岸側に早くからヨシ群落が増えたのは、掘削前時点で一部にヨシ群落が存在しており、掘削により根茎が出現したためと考えられる。

図-10は、評価群落または外来性草本群落の比高に対する選好度指数を示す。ヤナギタデ群落は、比高が0.4m付近で冠水頻度が年20回以上の水際に近い環境を選好していることが伺える。ヨシ群落は、平水位からの比高が1.0m程度の水路左岸側の分布面積が大きいため、その範囲の選好性が高くなったが、上述したとおり今後の植生遷移によって選好する比高も0.8m以下へ変化すると考えられる。セイトカアワダチソウ群落やオオブタクサ群落は、平水位からの比高が0.8m以下、冠水頻度が年10回以上の範囲では生育が抑制されていることが伺える。

湿地標高設定時に参考とした平水位からの比高と比較した結果、下記のとおりヤナギタデについては概ね合致している。現時点では乖離のあるヨシ群落についても、今後の低標高部での生育が期待される。

ヤナギタデ：計画時 ±0.0 m	：今回調査 +0.0～0.6 m
ヨシ：計画時 -0.7～+0.7 m	：今回調査 +1.0 m

以上の結果を踏まえると、平水位から比高0.8m付近までの面積を増加させることで、湿地性植物の生息域拡大と外来性草本の繁茂抑制が可能となると考えられる。

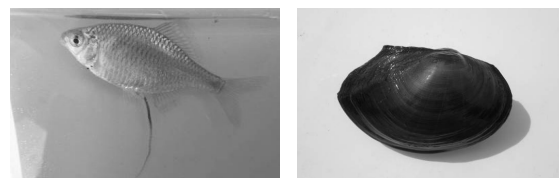


写真-4 ニッポンバラタナゴの雌(左)及びドブガイ(右)

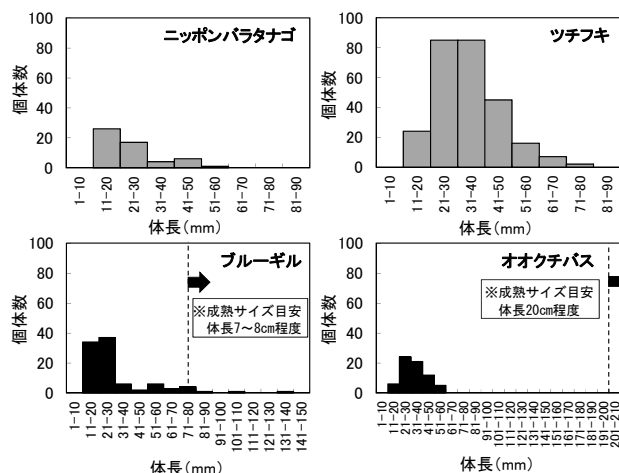


図-11 魚類の種別体長組成(平成24年度調査分)

6. 生物のモニタリング(水域)

水域のモニタリングは、掘削の段階整備に合わせて平成21年度より魚類調査が実施されている。

平成24年度時点で26種が確認されており、フナ類やタナゴ類、モツゴ、典型性の評価種であるツチフキなど、遠賀川の氾濫原的地形に生息する魚類の約70%が確認されている。

評価種は10種中8種が確認(出現率80%)されており、湿地再生は順調に推移していると判断できる。典型性の評価種であるゼゼラやナマズ、希少性の評価種であるニッポンバラタナゴやメダカ南日本集団などは湿地域内の分布範囲が拡大し、個体数も増加傾向にあり、水際植生の発達も寄与していると考えられる。なお、タナゴ類の産卵母貝となるイシガイやドブガイ(評価種)も湿地域Bの池やその周辺にて確認されており、今後中島がこれらタナゴ類の重要な生息場となる可能性がある。

図-11は、重要種や外来種の体長組成を示す。いずれも幼・稚魚が多く出現しており、中島の水路及び池がこれらの生息に適した止水的環境であることを示している。湿地域内の在来種に対する影響が懸念される外来種は、幼・稚魚は多く出現しているものの成熟した大型個体の確認例は少なく、在来種の生息数に減少傾向はみられないため、現地点では食害による影響は大きくないものと考えられる。中島は中間堰の湛水域に隣接し、外来魚が進入しやすい環境にある。そのため在来種の保全を図る上では、捕獲による駆除対策よりも、外来魚成魚からの稚魚の避難場となり得る浅い水域(浅場)が確保されることが重要である。従って、今後のモニタリングにおいては魚類の生息状況と合わせて、浅場の分布といった生息場の物理環境指標にも着目していく必要がある。

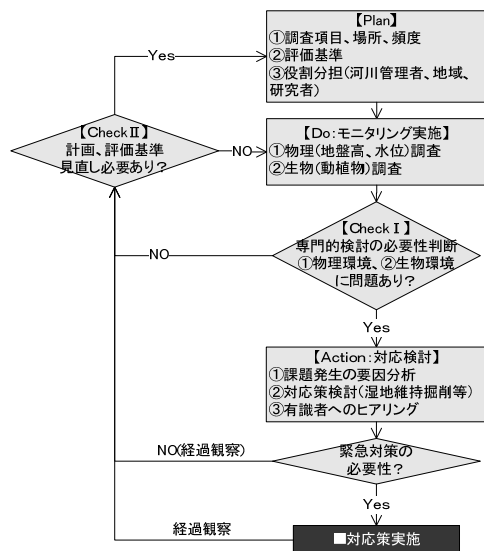


図-12 湿地モニタリング維持管理のPDCA

7. 順応的管理の試案

(1) モニタリング成果による湿地遷移の評価

湿地域の T.P. 3. 5m 付近に出水で土砂が堆積しやや陸化した一方で、水路河岸の法崩れで平水位から水深 0. 5m までの浅場面積が約 50%増加した。また、浅場や池でタナゴ類やツチフキの稚魚が多く確認されている。これより、出水に伴う地形変化は、対象とした魚類の生息域拡大にも寄与する状況となっている。また、ヨシ、ヤナギタデなど湿地性の植物が選好し生育する比高は、平水位から +0. 0~0. 8m であることが統計的に確認された。

(2) 順応的管理の視点

1) 基本方針

湿地性の植物や魚類稚魚の生育好適環境の形成には、平水位-0.5m～+0.8mの比高面積確保が重要となる。順応的管理の基本として、この範囲に計画時面積が確保されれば、目標とする湿地機能は維持されると考え、局所的な堆積・洗掘は許容し維持掘削を行わないとした。また生物調査は、2ヶ年の変動傾向を見る方針とした。

2) モニタリング評価の考え方

環境遷移の計画との適合性、維持掘削の必要性を判断するモニタリング案として、図-12 に示すPDCAサイクルを設定した。【Check I】の物理、生物環境について、専門の見地から対策検討の必要性を判断するものとした。

【Check I】の判断基準には、湿地機能維持に関する条件を抽出したが、%数値は当面の仮値とし順次見直す。

物理環境:①平水位から水深 0.5m までの比高面積が計画時の(70)%未満である。②平水位から+0.8m までの比高面積が計画時の(70)%未満である。③水路河岸勾配が1/10～1/100の範囲にない。

生物環境：①魚類評価種出現率が2回の調査連続で減少傾向を示す。②タナゴ類の産卵床となる2枚貝類個体数が2回の調査連続で減少傾向を示す。③景観形成するヨシ群落面積が2回の調査連続で減少傾向を示す。④植

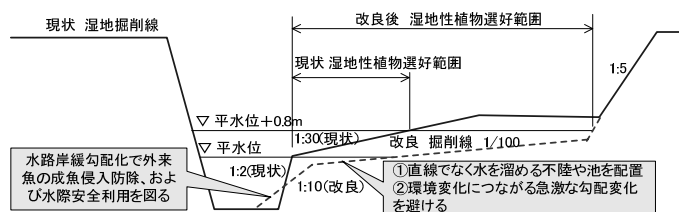


図-13 湿地を維持掘削する場合の留意点

物評価種出現率が2回の調査連続で減少傾向を示す。

(3) 湿地形状改良の視点

湿地の維持掘削に際しては、計画形状への復元ではなく、モニタリングで得た知見を反映させる方針とする。

目標：①水域：魚類、貝類の生息、産卵場となる浅場面積を拡大し水際線も複雑化、②陸域：湿地性植物生育環境改善のため冠水頻度年 10～20 回の比高面積を拡大

方策：水際から陸域にかけての河岸勾配を緩勾配化し、さらに水を溜める不陸や池も配置する (図-13)。

(4) モニタリングの役割分担

複数の研究者が、中島を湿地再生の研究フィールドとしている。H. 23 に設立した中島自然再生研究会という枠組みの中で、研究成果の計画・維持管理への反映、水位観測、測量データの研究者への提供などが進みつつある。

8. まとめ

(1) 比高と植生分布の関係

本調査において、今後の湿地形状設定、改良の基準となる「平水位からの比高と植生分布」の関係について、統計的裏付けを得た。ただし、基準とした標高が掘削設計時のデータであるため、今後の出水で大幅な堆積・洗掘が生じた場合は、植生遷移の原因が標高変化にあるか判断するには標高データ更新が必要となる。

(2) モニタリング・維持管理PDCAの評価基準

湿地形状変化の許容範囲の目安とする平水位からの比高別面積のモニタリングには、横断測量の定期実施が不可欠であり、定期横断測量との調整などが必要となる。また、経年的な調査結果を踏まえ、【Check I】で例示した%数値基準についても検討が不可欠である。

謝辭

本成果は、遠賀川中島自然再生計画検討委員会の議論を踏まえたものであり、小野委員長、島谷九州大学大学院教授から貴重なご助言をいただきました。また、遠賀川中島自然再生研究会として、現地での調査研究に基づいたアドバイスを頂いた、熊本大学の皆川准教授、九州大学の鬼倉助教、林助教には改めてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 遠賀川河川事務所：遠賀川中島自然再生進行計画書
- 2) 淡海環境保全財団：琵琶湖のヨシ再生に向けた植栽条件に係る調査研究報告書

(2013. 4. 4 受付)