

太田川放水路における河口干潟の生態工学研究

－ 5年間の中間とりまとめと実証実験計画－

Ecological engineering study of estuary tidelands in the Ohta River Floodway
- Interim report for five-year study and demonstration experiment planning-

研究第四部 主任研究員 石井 正人
研究第四部 次 長 内藤 正彦
研究第三部 研 究 員 後藤 勝洋
研究第四部 部 長 前田 諭

太田川放水路は人工の放水路であるが、整備後40年近く経る中で、河口に干潟が維持されている良好な汽水域の環境が成立している。今後の河川整備において、緊急用河川敷道路の整備と汽水域の環境保全の両立が求められている中で、太田川生態工学研究会では河川の自然環境を河川工学と生態学の両方の視点から総合的に研究を行ってきている。研究会の実施体制は8つの専門分野のワーキンググループで研究を進めてきており、さらに得られた成果をもとに、干潟環境の再生を行うための検証として実証実験を行うこととしており、そのためのワーキンググループを設け検討を進めてきている。本稿ではこれまで研究を行ってきた現況把握についての5年間のとりまとめと、実証実験計画案について報告を行うものである。

キーワード：生態工学、干潟生態系、河口干潟、放水路、実証実験計画

The Ohta River Floodway, which is an artificial floodway constructed about 40 years ago, has formed a favorable brackish-water environment in which estuary tidelands have been conserved. As future river development projects are expected to achieve a balance between the development of emergency riverbed roads and environmental conservation of brackish-water regions, the Ohta River Ecological Engineering Research Group has been conducting a comprehensive study on the natural environment in rivers from the perspective of both river engineering and ecology. The research group consists of 8 working groups which pursue research in each specialized field. These working groups conduct demonstration experiments to verify, based on their research results, whether research programs can be applied to restoration of the tideland environment, and to review them. This paper aims to summarize existing conditions that have been studied for five years, and to make a report on a draft plan of demonstration experiments.

Key words : ecological engineering, tideland ecosystem, estuary tideland, floodway, demonstration experiment planning

1. はじめに

広島デルタとして知られる一級河川太田川の下流域には、治水対策としてすでに40年以上が経過している太田川放水路が整備され(図-1)、現在は、干潮時に砂質干潟が多く見られ、アサリ漁やシジミ採りなどに利用されている。また、広島湾域では唯一まとまった塩生植物群落が残っているなど、良好な汽水域の環境が拓がっている。

太田川の河川整備については、平成19年に河川整備基本方針が策定され、現在、今後20年～30年の具体的な整備メニューを定める河川整備計画を策定しているところである。この方針の中で、太田川放水路では、災害被害軽減のための緊急用河川敷道路の整備と良好な汽水環境の保全の2つに取り組むこととしており、治水と環境が両立した河川整備をしていく予定としている。

これまでの河川の汽水域における調査・研究をみると、基礎的調査、人為的改変とレスポンスの連関及びその調査・分析手法について物理・化学的観点から体系的に整理された手引き書が作成されている。また、河川汽水域の生物やその生息・生育基盤となる環境特性について、広く河川汽水域の管理・研究が行われている。一方、検討事例として、東京湾を対象に河口干潟の保全・再生の方向性について工学、生物学の専門家からなる検討はみられるものの、一つの河川において総合的に研究している事例はほとんどみられない(汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会、平成16年10月;河川環境管理財団編、平成18年12月;東京湾河口干潟保全検討会、平成16年3月)。

以上の背景から、太田川河川事務所では、生態学および河川工学の観点から太田川の生物環境と物理環境の関係を理解するために、平成16年に太田川生態工学研究会を設立し研究活動を行ってきた。本報告では、研究会における平成16年から20年にわたる研究活動の成果を取りまとめ中間報告として報告するものである。

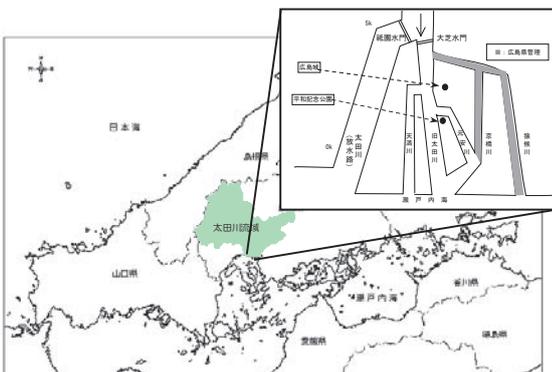


図-1 太田川放水路の位置

2. 研究会の目的と実施体制

2-1 研究会の目的

研究会では次の3つを目的として設定している。

- ①太田川放水路の環境や有する機能の実態把握
- ②治水事業等のインパクトを与えた時に生じるレスポンスの把握
- ③これらをまとめた河口域で河川事業を行う際の手引書の作成



写真-1 河口干潟(上)と塩性植物群落(下)

2-2 研究の実施体制および研究テーマ

太田川放水路の汽水環境が把握できるよう、河川工学、生態学など多分野の研究を推進するために、それぞれの分野に精通している学識経験者からなる8つのワーキンググループを構成し研究を実施した。

研究会の構成員は、研究を実際に行う学識委員、学識委員の下で研究を支援する研究協力者に加えて、行政委員で構成した。

研究会の各ワーキンググループ(以下「WG」という。)及び研究テーマは次のとおりである。

表-1 ワーキンググループ(WG)と研究テーマ

WG	研究テーマ
物質収支	河口域での物質の輸送と河川干潟の変動・機能把握
物理環境	太田川における河口干潟の物理環境の形成
水質	水質浄化に果たす干潟の役割
干潟水質	流動場の変化に対する河口干潟生態系の応答とその持続性
底生生物	河口域における底生生物群集の多様性および生産性機能
付着生物	マガキによる懸濁物の濾過能力の推測
水生植物	河口域における塩性湿地植物の保全生態学的研究と河川水中の微細藻類の動態
陸生動物	塩生植物群落の陸生節足動物群集

3. 研究成果の概要

これまでの5年間で太田川放水路の汽水環境について、実態把握を行ってきた。各WGにおいて明らかにされた研究成果の概要を次に示す。

3-1 河口域での有機泥の挙動、物質の輸送と河岸干潟の変動及び機能把握

物質収支WGの研究では、放水路内の水と物質の流れと海のつながりに着目して研究をすすめ、次の成果が得られた。

- ・新たに開発した次世代超音波流速計により、物質輸送を考える上で必要不可欠な分派流量の連続自動観測が可能となり、同時に断面平均塩分も推定可能となった。
- ・平成17年の大洪水の際に観測された水面形の時間変化を検証に用いて、洪水流と河床変動を一体的に扱い、洪水時の水理量と河床の変動状況を求める方法を開発した。
- ・汽水域の淡塩水の流動を予測するための三次元モデルの開発を行った。
- ・長期にわたる多点連続観測から、塩水遡上、浮遊土砂及び懸濁粒子の輸送の主な要因である、潮差、河川流量及び風の影響とそのメカニズムが明らかになった。
- ・浮遊土砂濃度が一定の周期で変動していること、浮遊土砂は水路中央で巻き上げられて河岸方向に輸送されることなどを確認した。
- ・放水路の中流域では洪水時に最大60cmを超える土砂堆積と最大4日間継続する河川水の淡水化などの攪乱を受けるが、1996年の調査開始以降、安定した生物相が形成されていることがわかった。
- ・洪水により河川水が淡水化して低水路干潟地盤内の塩分が低下した場合に、低水護岸背面に形成された潮だまり（タイドプール）やデルタ地盤が起源の地下水の流れによってその塩分が速やかに回復することが明らかになった。

3-2 河口干潟の物理環境の形成

物理環境WGの研究では、干潟の形成と維持について研究をすすめ、次の成果が得られた。

- ・太田川放水路の干潟は3つ（直線2タイプ、直線3タイプ、湾曲内岸タイプ）に類型化できた。
- ・直線3タイプ干潟は、塩生植物、ヨシ等の植生と標高との相関が高いことがわかり、盛土による干潟の造成によって、塩生植物が繁茂する環境を創出できる可能性が考えられた。

- ・直線2タイプ干潟の安定性の要因は、耐侵食性を付与する粘着性の存在（静的安定）、洪水時の浮遊土砂の供給（動的安定1）、平常時の潮汐による細流土砂の再堆積（動的安定2）に区分された。

3-3 水質浄化に果たす干潟の役割

水質WGの研究では、水質浄化に果たす干潟の役割について研究をすすめ、次の成果が得られた。

- ・河川水中DOの超過飽和現象は干潟の付着藻類による酸素供給（光合成）が主要因であることがわかった。
- ・干潟堆積物の窒素浄化能を捉えるため脱窒活性及び硝化活性について検討し、特にタイドプールの存在する1.8k地点で両活性が高いという知見を得た。
- ・ NO_3-N 負荷は陸域からの流入に、 NH_4-N 及び PO_4-P 負荷はむしろ河口付近の底泥からの溶出によることが示唆された。

3-4 流動場の変化に対する河口干潟の生態系の応答とその持続性

干潟水質WGの研究では、流動場の変化に対する河口干潟生態系の応答とその持続性についての研究をすすめ、次の成果が得られた。

- ・増水に伴い、干潟表層から土壌が流出すること、その後回復し、ほぼ元通りになることが確認された。
- ・出水に伴いマクロベントス生物量は著しく減少するが、その後回復することが確認された。
- ・増水に伴うマクロベントスへの影響は、増水の規模とパターンにより異なることがわかった。

3-5 河口域における底生生物群集の多様性および生産性機能

底生生物WGの研究では、河口域における底生生物群集の多様性及び生産性機能について研究をすすめ、次の成果が得られた。

- ・太田川放水路における底生生物の砂泥性及び岩礁性生物群集の多様性及び生産性は、塩分勾配の影響を強く受け、両群集とも河口部から上流部にかけて低下傾向にあることがわかった。
- ・河口部付近での調査により、アサリの生残率と成長速度の双方が相対的に大きい生息適地は中央粒径値が約1mmで含泥率が20%程度であることがわかった。

3-6 マガキによる懸濁物の濾過能力の推測

付着生物WGの研究では、放水路の浄化機能に寄与するマガキについて懸濁物の濾過能力の推測に関する研究をすすめ、次の成果が得られた。

- ・マガキを材料とした実験系を構築し、水温、塩分濃度、酸素飽和度等の環境要因と濾過水量の関係を把握した。

3-7 河口域における塩性湿地植物の保全生態学的研究と河川水中の微細藻類の動態

水生植物WGの研究では、河口域における塩性湿地植物の保全生態学的研究と河川水中の微細藻類の動態について研究をすすめ、次の成果が得られた。

- ・太田川放水路に見られる塩性湿地植物の分布特性(経年変化、環境条件と分布の関係など)が明らかになった。
- ・遺伝子解析の結果、シオクグは河川の縦横断方向の遺伝的交流がなく、全体として遺伝的多様性が低下していることが確認された。
- ・太田川放水路で見られる微細藻類は、上流から流下してくる淡水由来のものと潮汐によって遡上する海産のものがあり、これらは放水路内でしばらくは光合成活性を維持していることがわかった。

産のものがあり、これらは放水路内でしばらくは光合成活性を維持していることがわかった。

3-8 塩性植物群落の陸生節足動物群集

陸生動物WGの研究では、塩生植物群落に生息する節足動物群集について研究をすすめ、次の成果が得られた。

- ・陸生節足動物群集の特徴として、植食者では咀嚼型口器の昆虫やハダニが種数・個体数ともに少なく、その捕食者のアリが少ないこと、双翅目昆虫(ハエ類)が多く、捕食者の造網性クモが少ないことなどがわかった。
- ・太田川放水路の塩生植物群落に生息する陸生節足動物の動物相は他地域に比べて決して豊かではなく、その要因としては放水路周辺が市街化されたことにより孤立していることが考えられた。

以上から、太田川放水路の自然環境の現況把握と機能の評価の全体に関し、各WGで得られた成果の関連を踏まえ図-2に研究成果をとりまとめた。



図-2 太田川放水路の自然環境の現況把握と機能の評価に関する研究成果

4. 干潟再生実証実験に向けての取組み

本研究会の設立時に掲げた治水事業等のインパクトを与えた時に生じるレスポンスを把握するという目的を果たすために、太田川放水路で実施が想定されるインパクトとして、河川事業として計画されている「緊急用河川敷道路の造成とそれに伴う干潟の再生」を設定して、小規模の実験サイトによる干潟再生実証実験（以下「実証実験」という）を行い検証することとした。

4-1 実証実験の目的と基本方針

(1) 実施目的

- 干潟再生実証実験の実施目的は次のとおりである。
- ・太田川生態工学研究会で得られた、太田川放水路に成立している汽水域生態系の実態解明に関する知見について、干潟や浅場の保全・再生の視点から検証する。
 - ・実証実験は、太田川生態工学研究会の活動の一環として実施し、得られた知見は、河川改修に伴う汽水域生態系の適切な環境保全対策の技術指針の確立（手引書の作成）に役立てる。

(2) 基本方針

- 実証実験の実施にあたっての基本方針は次のとおりである。
- ・段階的な実証実験とし、復元しやすいよう小規模な試験を行う。
 - ・これまでの研究成果を検証する場とする。
 - ・干潟の再生・創出に係るインパクトを想定し、そのレスポンスを検証する。
 - ・検証では、まず生物の生息場となる物理環境、物質収支の変化を評価し、次に生息場に依存する生物の変化を評価する。
 - ・メンテナンスフリーとなる維持管理を視野に入れる。

4-2 干潟再生実証実験ワーキンググループ (WG) における検討

実証実験の検討にあたっては、既往研究での成果を整理し、実証実験区での検証事項について検討を行い、実証実験区のデザインおよび調査・研究からなる計画素案を作成した。さらにその計画素案については、試験区の場の整備が先にあることから、物理環境面からの検討が先に必要になると考え、物理環境関係の学識委員による干潟再生実証実験ワーキンググループ（以下「実証実験WG」という）を設け、検討を重ね計画の熟度を高めた。

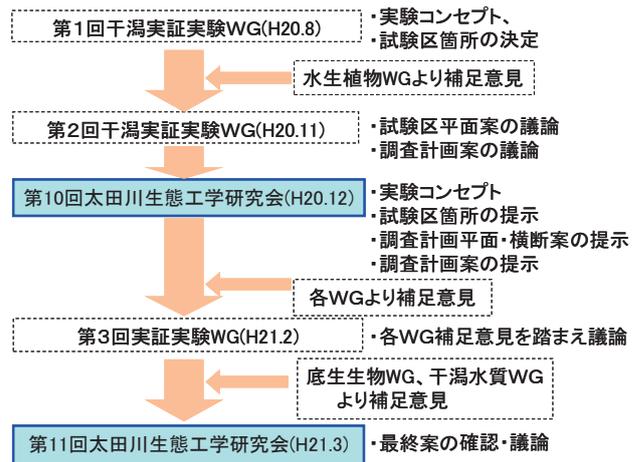


図-3 干潟再生実証実験WGによる検討フロー

4-3 実証実験における検証課題

これまでの研究成果をふまえ、表-2に示す検証課題を整理した。

表-2 実証実験における検証課題

WG	検証課題
物質収支	・人工干潟における地下の水循環や懸濁物質輸送特性の把握 ・流動予測モデルの精度アップ（各WGの検討を支援） ・汽水生物の生息環境の形成に関わる河川構造物の生態工学的機能の詳細な把握
物理環境	・人工干潟における形状安定に係る機構（粘着力、浮遊砂、人工構造物の存在等）の実態解明 ・人工干潟の形状変化の追跡
水質	・人工干潟における窒素浄化能、付着藻類による酸素供給能及び水質浄化に果たすタイドプールの役割の把握
干潟水質	・人工干潟における、洪水（開門）時に生じるマクロベントス群集の変化の把握 ・人工干潟造成における目標とする干潟生態系の創出に必要な干潟物理化学的特性の検討するため、調査地点を追加し、物理化学的・生物学的特性の蓄積を図る。
底生生物	・主にアサリに着目した、人工干潟に成立する砂泥性底生生物群集の特性把握
付着生物	・懸濁物の影響について、種類及び濃度に関する実験による、精度の高い修正値の把握 ・マガキ以外の2枚貝について濾過能力把握のための室内実験の展開
水生植物	・人工干潟における塩生植物の定着状況と標高、定着立地の傾斜との関係
陸生動物	・塩生植物群落が出来た場合に成立する陸生節足動物群集の特性把握 ・人工干潟に成立するカニ類等の節足動物群集の把握

4-4 試験区において目標とする干潟と実施箇所

実証実験WGでの議論から、試験区の造成にあたり、目標とする干潟を次のように定めた。

河岸寄りに捨石護岸構造がありタイドプールを有した良好な干潟（左岸1k400付近に現存する干潟を想定）を創出する。

上記目標を設定しうる試験区として旭橋直下流部の左岸0k0付近を予定箇所とした。



写真-2 実証実験予定箇所

4-5 実証実験のインパクト-レスポンスの想定

試験区の造成と実証実験における検証課題との関係を整理するため、まず、試験区に想定されるインパクトを次のように想定した。

- ①盛土施工による試験区干潟盛土の出現
- ②捨石施工による捨石の出現とタイドプールの出現
- ③出水による攪乱

これら想定したインパクトに対し、検証課題を考慮しレスポンスを想定した。さらに関連する調査項目を抽出しインパクト-レスポンス図として図-4にまとめた。

試験区の造成により、干潟盛土、捨石、タイドプールが出現し、まず基盤となる物理環境の変化が生じる。これらの変化を把握するため、地形調査や底質調査が必要となる。

基盤となる物理環境の変化から生物環境の変化として生物の定着が見られるようになり、干潟に定着する砂泥性の底生生物、捨石に定着する岩礫性の底生生物、盛土により定着可能となる塩生植物がみられると想定される。さらに塩生植物にはこれまでの研究から節足

動物が定着するようになると想定される。

一方で、捨石付近では節足動物、大型甲殻類等の動物も定着すると想定される。これらから、生物環境として底生生物調査、水生植物調査（塩生植物群落）、陸生動物調査（節足動物等）の調査が考えられる。

また、出水による攪乱によるインパクトの評価についても同様な調査項目で評価する必要がある。

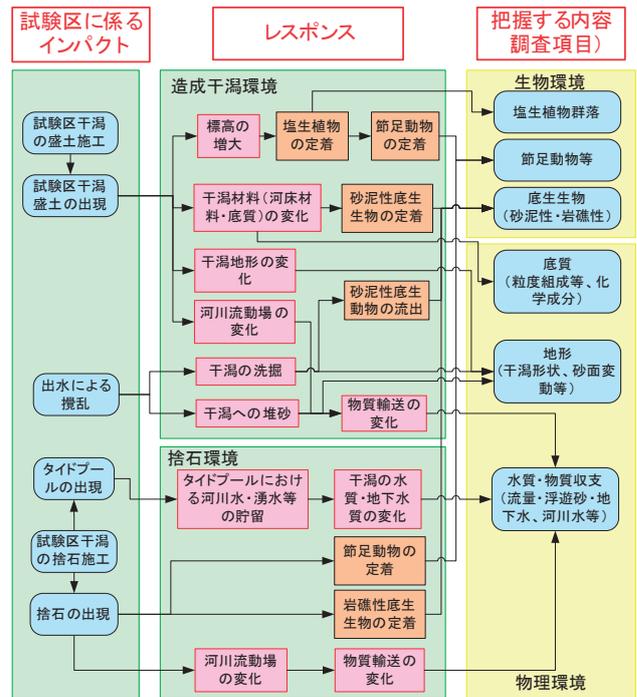


図-4 実証実験におけるインパクト-レスポンス図

4-6 試験区のデザインの検討

以上のインパクト-レスポンス、調査項目の整理とあわせ、試験区の平面形及び横断形のデザインの検討を行った。

実証実験では、「盛土により創出する干潟の変化を把握し、これまで得られてきた現象の検証を行う。」ことを主眼としている。したがって、砂を盛土することにより干潟形状がどのように変化するかを検証する斜面区を中心とし、その他個別WGからの意見、これまでの研究成果を踏まえてデザインを行った。

個別WGからいただいた意見のうち試験区デザイン案に採用したものは以下のとおりである。

①塩生植物群落の観点

良好な塩生植物群落が成立する1k200付近で明らかになった知見をもとに以下の観点を考慮した。

- ・標高: T.P. 0.4 ~ 1.3mの斜面部、T.P.1.3 ~ 1.5mの平坦部に植物群落が成立していることから高さを変えた区を設定。

- ・1k200付近の塩生植物群落が生育する状況から勾配は1:9から1:10程度であること。
- ・1k200付近における調査結果より、平坦部の方が斜面部より芽生えは1桁、2桁ぐらい高く発生し、平坦部の方が種が流出しにくく波浪の影響があっても残りやすいと想定されるため、斜面部だけではなく、平坦部も整備し、実験区は平坦部と、傾斜部をもつ2つ以上の区を設けること。

②底生生物の観点

底生生物の観点から、潮干狩りが行われアサリが生息する右岸C3K0付近が良好な干潟であるとして、そこで把握された底質の条件を検証するため次の観点を考慮した。

- ・底質の改善について、現状の干潟高さを変えず、材料の改善だけでどの程度干潟改善効果があるかの検証を実施。

表-3 実証実験試験区の考え方

試験区	考え方
斜面区	・捨石護岸構造がある1k400付近左岸を模倣した形状を盛土により創出し、造成以降の自然状態の変化を検証する区。造成時にタイドプール部は設置せず、自然の変化にまかせる。
平坦区	平坦区1 ・塩生植物群落の観点より、塩生植物群落が分布する1.3mまでの斜面を修正し平坦部を設ける区。タイドプール部は造成時に設置
	平坦区2 ・平坦区1より平坦部を低くすることで緩傾斜とし平坦区1との比較を行う区。タイドプール部は造成時に設置
現況高区	底質処理区 ・底生生物の観点から底質の改善のみ行うこととし、干潟の盛土は行わず現況の地盤高を維持する区。
	未処理区 ・底質処理区の対照区として底質処理はせず、かつ地盤高も変えない区。
緊急道路既設区	・緊急道路の整備がすすんでいる箇所、比較を行う。

以上の観点を加味し、表-3に示す試験区を設定した。試験区の平面・縦断面図(案)を図-5に示す。

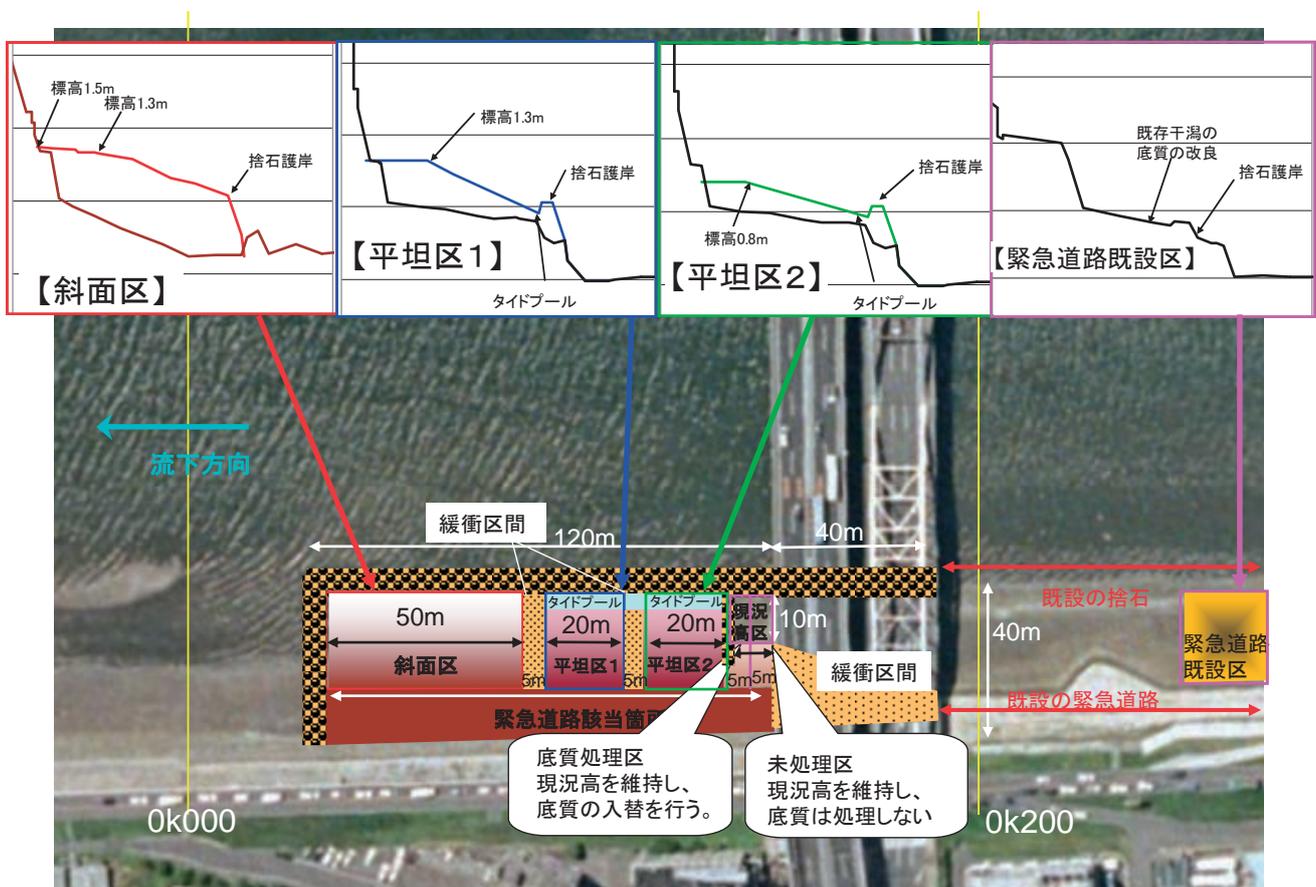


図-5 干潟実証実験試験区の平面・縦断面図(案)

表-4 実証実験における事前・事後調査計画(案)

	項目	調査内容	整理・評価内容	事前調査		事後調査	
				時期	考え方	時期	考え方
物理環境	地形	地上型3Dレーザー測量による詳細調査、横断測量	現況の地形洪水を挟んだ場合はその地形変化	6月下旬(大潮干潮)	・実験区全体で取得 ・測定後に大規模な洪水が発生して地形が変化した場合は再調査を検討 ・3Dレーザー測量の精度確認 ・横断面の作成	造成直後より1回/年	大規模な洪水(開門)があった場合は、追加実施
	砂面変動	リング法、色砂法	砂面変動について施工前後、実験区間の比較	冬季	・リング法により砂面の数ヶ月の変化量 ・色砂法により2潮汐~2週間程度の短期間の変化量を把握	実験開始時、洪水後および数ヶ月おき	
	粘着力	ペーンせん断試験、土壌硬度、水路実験	粘着力について施工前後、実験区間の比較	冬季	特に季節は問わない	実験開始時	
	底質	河床材料調査	粒度組成、代表粒径について施工前後、実験区間の比較	夏季・冬季	・干潟盛土材の粒度把握 ・各WGも生物調査時に個別に実施	1回/年	
	底質	強熱減量、COD、硫化物、酸化還元電位、窒素、りん、Chl-a	左記の調査項目の数値について施工前後、実験区間の比較	夏季・冬季	・旭橋下流(定期調査地点)で資料採取し実験区の現況を把握 ・各WGも生物調査時に個別に実施	1回/年	・事前調査の状況で夏・冬の実施を決める ・実験区及び実験区下流の状況を把握
	間隙水・地下水・水質	地下水井戸の敷設による地下水調査、地下水位及び塩分・水温、DO、窒素化学種(NH ₄ ⁺ 、NO ₂ ⁻ 、NO ₃ ⁻)	左記の調査項目の数値について施工前後、実験区間の比較	年間の連続観測(毎時)	・デルタ地下水位が季節的に変化しているため、1年間の連続観測 ・浄化能(硝化・脱窒)の検討、付着藻類による酸素供給能の検討	年間の連続観測	造成後についても連続的に実施する
	河川水	生活環境項目、健康項目、富栄養化項目、その他(マンガン、アンモニア態窒素等)	左記の調査項目の数値について施工前後の比較	定期調査に準じる	河川水は事務所定期調査を基礎データとする	定期調査に準じる	定期実施
生物環境	砂泥性底生生物	定性採取、定量採取	種類数、個体数、湿重量、多様度指数について施工前後、実験区間、上下流地点との比較	冬・春・夏・秋季	季節変化や過去実績から考えて、各季、1回実施し、可能な限り他項目と同時期に実施	春・夏・秋・冬季	事前調査と同様に実施
	岩礫性底生生物	定性採取、定量採取	種類数、個体数、湿重量、多様度指数について施工前後、実験区間、上下流地点との比較	冬・春・夏・秋季	季節変化や過去実績から考えて、各季、1回実施し可能な限り他項目と同時期に実施	春・夏・秋・冬季	事前調査と同様に実施
	節足動物(干潟石下の昆虫類および大型甲殻類)	定性採取、定量採取	種類数、個体数、多様度指数について施工前後及び実験区間の比較	春・夏・秋季	・H2O調査で満潮時に水没する石下に、トビムシ類等が周年採れている ・カニの巣穴も季節的に大きく動くことはないと考えられ、各季に1回程度	春・夏・秋季	事前調査と同様に実施
	塩生植物群落	塩生植物の個体群動態調査	種類、分布密度、分布範囲、生残率、結実率について実験区間及びリファレンスサイト(1k200地点)との比較	実施しない	造成前には調査対象(塩生植物群落)がない	毎月1回(6~10月)、2~3ヶ月に1回(11~3月)	

実証実験区の造成

4-7 試験区の前・事後調査計画案

実証実験では表-3に示した検証課題を検証するために試験区の施工前の事前調査および試験区造成後の事後調査を実施することとしている。調査計画案はインパクト-レスポンスで整理した項目を中心とした表-4に示す内容である。

5. おわりに

今後は試験区における実証実験を通じて検証を行い、今後の干潟再生の整備を行う上での物理環境、生物環境の条件を明確にして、技術的指針を取りまとめることとする。

最後に、本報告をまとめるにあたり、太田川生態工学研究会の代表である福岡捷二中央大学教授をはじめ研究会メンバーの諸先生方には多大なご指導、ご助言をいただいた。また、太田川河川事務所の阿部徹所長

をはじめとする事務所職員の皆様にご指導、ご助言をいただいた。ここに深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 太田川生態工学研究会：太田川放水路における生態工学研究-太田川生態工学研究会 中間とりまとめ-, 2009
- 2) 汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会：汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書-汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法-, 平成16年5月
- 3) (財)河川環境管理財団編：河川汽水域の水環境と生物環境に関する研究, 平成18年12月
- 4) 東京湾河口干潟保全再生検討会：東京湾河口干潟保全再生検討報告書, 平成16年3月