

太田川放水路における河口干潟の生態工学研究

Ecological engineering study of estuary tidelands in the Ohta River Floodway

水循環・まちづくりグループ 研究員 後藤 勝洋
水循環・まちづくりグループ グループ長 柏木 才助
研 究 部 門 主席研究員 渡邊 茂

太田川放水路は人工の放水路であるが、整備後 45 年以上を経る中で、河口には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。一方、太田川放水路では、災害時の緊急輸送経路を担う緊急用河川敷道路の整備が計画されており、河口干潟の再生を含め、治水と環境の保全が両立した河川整備が求められている。太田川生態工学会（平成 16 年度設立）では、将来の緊急用河川敷道路の整備に対して、より良好な干潟環境を保全・再生するための知見を得るため、太田川放水路内に造成された「干潟再生試験区（人工干潟）」（平成 22 年 3 月竣工）を主要な研究フィールドとして、調査・研究を進めている。本稿は、太田川生態工学会でのこれまでの研究成果を踏まえ、太田川放水路の河口干潟の形成・変化に関する総合的な評価を行うものである。

キーワード：応用生態工学、干潟生態系、河口干潟、放水路、干潟環境保全

The Ohta River Floodway, which is an artificial floodway constructed over 45 years ago, has formed a favorable brackish-water environment in which estuary tidelands have been maintained. However, the development of emergency riverbed roads for transportation during disasters is planned in the Floodway. Accordingly, a river management that is compatible with both flood control and conservation of the environment, as well as restoration of estuary tidelands is required. The Ohta River Ecological Engineering Research Group (established in FY 2004) conducts survey and research principally in “The Experiment Site for Tideland Restoration (artificial tidelands)” (constructed in March 2010) within the Floodway. This paper comprehensively evaluates the formation and change of estuary tideland of the Ohta River Floodway, based on the research results by the Group.

Key Words: applied ecological engineering, tideland ecosystem, estuary tideland, floodway, conservation of tideland environment

1. はじめに

広島市内を流れる一級河川太田川の下流域では、治水対策として太田川放水路(図-1)が整備され45年以上が経過している。現在、その河口部は、アサリやシジミ、牡蠣などの漁場として利用され、広島湾域では唯一まとまった塩生植物群落が生育しているなど、良好な汽水域環境を呈している。一方、太田川放水路では、災害時の緊急輸送経路を担う緊急用河川敷道路の整備が計画されており、河口干潟の再生を含め、治水と環境の保全が両立した河川整備が求められている。そのためは、海水と淡水が混ざり合う複雑な汽水域環境を、河川工学と生態学の両方の視点から総合的に理解した上で、河口の整備・管理を行う必要がある。

以上の背景から、国土交通省では、平成16年度に太田川生態工学研究会(研究会代表:福岡捷二 中央大学研究開発機構教授)を設立し、太田川放水路の汽水域・干潟環境について研究活動を行ってきた。平成22年3月には、将来の緊急用河川敷道路の延伸整備に対して、より良好な干潟環境を保全・再生するための知見を得るため、太田川放水路内に「干潟再生試験区(人工干潟)」を造成し、モニタリングを進めている。

本稿は、太田川生態工学研究会での活動を通じたこれまでの研究成果を踏まえ、太田川放水路の河口干潟の形成・変化に関する総合的な評価を行うものである。評価に当たっては、干潟の物理環境の形成・変化に関わる要因として、「太田川放水路整備」、「潮汐」、「地下水流れ」、「洪水」、「干潟の造成」に着目し、それぞれの要因に対する干潟の物理環境の変化と干潟生物の応答関係を分析・整理した。

2. 太田川放水路における生態工学研究

2-1 緊急用河川敷道路の整備計画

広島市内は軟弱地盤の上に発展しているため、地震時の地盤の液状化による地盤沈下や建物等の倒伏等により交通網が遮断され、救援物資の輸送や緊急車両の通行に支障をきたすことが想定される。このため太田川放水路では、そのような災害時の緊急輸送路となる緊急用河川敷道路の整備が、祇園大橋から庚午橋までの左右岸で計画された。現状で、左右岸共に祇園大橋(国道183号)から旭橋(国道2号)までの区間で完成しており、今後、左岸の旭橋から西飛行場までの区間(0k200~C1k500)を整備することとなっている。

緊急用河川敷道路の整備に当たっては、計画区間に干潟が現存しているため、同道路整備が干潟環境へ与える影響に配慮した環境保全措置が求められる。

2-2 太田川生態工学研究会

太田川生態工学研究会は、太田川放水路の汽水域・干潟環境を物理・化学・生物の多分野から評価できるよう、8つの専門分野(物資収支、物理環境、水質、干潟水質、底生生物、付着生物、水生植物、陸生動物)のワーキンググループで構成される(表-1)。

本研究会の成果は、良好な干潟環境の保全・再生に向けた河川管理へ反映させることを目標とし、第1期研究会(平成16~20年度)では現状の太田川放水路の汽水域・干潟環境の実態把握と機能評価を、第2期研究会(平成21年~24年度)では干潟造成に伴う干潟環境の変化の把握を主な目的として活動し、平成25年3月に「太田川放水路河口干潟における生態工学研究-太田川生態工学研究会 報告書-」をとりまとめた。



図-1 太田川放水路位置図

表 - 1 太田川生態工学研究会 WG と研究テーマ

WG	代表	平成 24 年度の研究テーマ
物質収支	福岡 捷二 中央大学教授	河口域での有機泥の挙動・物質の輸送と河口干潟の変動・機能・地下水環境形成機構の把握
物理環境	藤田 光一 国土技術政策総合研究所 河川研究部長	河口干潟の物理環境形成機構に関する調査
水質	清家 泰 島根大学教授	水質浄化に果たす干潟及びタイドプールの役割に関する調査研究
干潟水質	岡田 光正 広島大学名誉教授	太田川放水路汽水域における人工干潟の造成に向けた干潟生態系の把握とその持続性の評価
底生生物	今林 博道 広島大学教授	干潟再生にともなう河口域底生生物および生息環境の時空間的变化
水生植物	國井 秀伸 島根大学教授	河口域における塩性湿地植物の保全生態学的研究
陸生動物	鶴崎 展巨 鳥取大学教授	人工干潟形成にともなう感潮性陸生動物の出現種と分布の変化
付着生物	山元 憲一 水産大学校教授	懸濁物の濾過能力に対する塩分濃度の影響

3. 干潟の物理環境の基盤としての基本的河床の成立

3 - 1 太田川放水路の整備

太田川放水路は、福島川と山手川を掘削、浚渫して整備され、昭和 42(1967)年に概成した。同放水路は、全川にわたり複断面河道として計画され、高水敷が潮間帯の高さに設定されたことから、河岸沿いに干潟が形成されている。0k200 ~ 2k200 区間では高水敷前面に低水護岸が設置されているが、0k200 より下流では設置されておらず、これが後述する干潟のタイプの違いを規定している。

3 - 2 干潟環境の基盤となる基本的な河床形状の形成

太田川放水路に形成された干潟は、その基盤となっている基本的な河床形状から、“湾曲内岸タイプ”、“直線 2 タイプ”、“直線 3 タイプ”の三つのタイプの干潟に分類される(各タイプの干潟の区間は図 - 1 参照)。

湾曲内岸タイプの干潟(1k200 ~ 5k200)は、蛇行区間の湾曲内岸に形成される砂州に対応する干潟である。この砂州は固定砂州として存在し、砂州高が潮間帯にあることから干潟となっている。

直線 2 タイプの干潟(C2k800 ~ 0k200)は、放水路整備以前に流れていた福島川の河床に起因するものである。この区間では、河道中央部付近を浚渫して低水路として通水しているが、河岸沿いは高水敷として残され、この高水敷状の河床部分が潮間帯に位置していたことから干潟となっている。直線 2 タイプの干潟は、後述の直線 3 タイプの干潟と異なり、高水敷状河床と低水路との間に護岸が設置されていないため、洪水な

どによる侵食・洗掘作用を受ける。実際、直線 2 タイプの干潟の幅は全体として減少してきている(図 - 2)。

直線 3 タイプの干潟(0k200 ~ 2k200)は、山手川を開削して放水路を整備した区間であり、直線 2 タイプの干潟と同様に、高水敷高が潮間帯に位置していたことから干潟が形成されている。直線 3 タイプの干潟が存在する区間は、高水敷前面に低水護岸が設置されていることから、侵食・洗掘作用による干潟の減少が防がれている(図 - 3)。また、低水護岸の近傍では、洪水時に流速が大きくなるため、干潟が洗掘を受け護岸天端よりも低い溝となり、そこにタイドプール(潮だまり)が形成されている箇所も見られる。

直線 2 タイプ、直線 3 タイプの干潟がある直線区間には、低水路に交互砂州が形成されているが、下流側の直線 2 タイプの干潟の区間の砂州の高さは潮間帯より低いため砂州は干出ししない。低水路に形成された交互砂州は洪水流により流下し、低水路河床高が変化することで、低水護岸が設置されていない直線 2 タイプの干潟形状も変化している。

このように、放水路整備は、干潟が形成しうる河床高として設定された初期条件(潮間帯との高さ関係)や、砂州形成を起こす流れと土砂流送の境界条件(低水路や堤防法線の蛇行平面形状)を規定するものであったと考えられる。

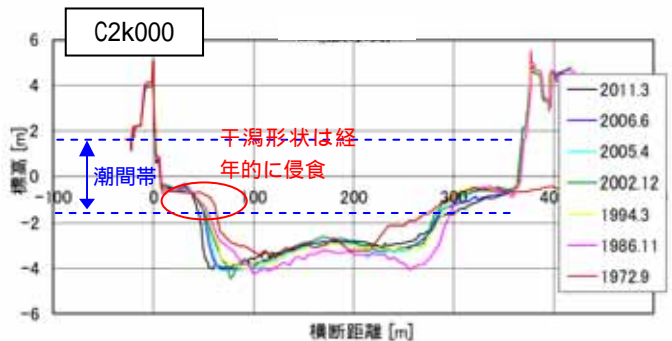


図 - 2 直線タイプ 2 の干潟 (C2k000) の断面形状の経年変化 (定期横断測量結果)

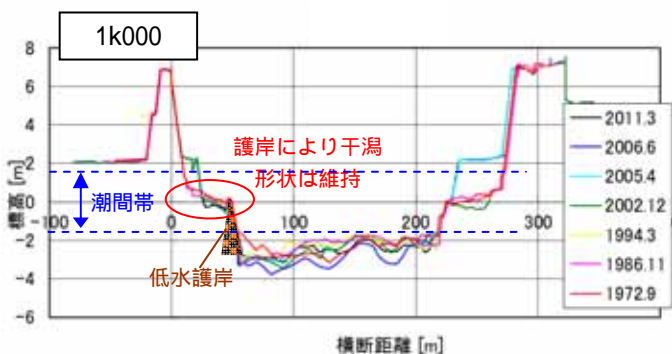


図 - 3 直線タイプ 3 の干潟 (1k000) の断面形状の経年変化 (定期横断測量結果)

4. 潮汐によって形成される干潟環境

4-1 干潟環境形成における潮汐の特徴

太田川放水路河口の潮位差は約4mと大きく、この潮位差と前述の多様な河床形状によって、大潮最干時に約63 ha(平成18年計測)の干潟が干出する。祇園水門、大芝水門によって太田川放水路への淡水の流入が操作されており、潮汐に依存して放水路と市内派川への分派量は変動するが、平水時には放水路へ1割程度の河川水が通水されている。太田川放水路の河川汽水域(感潮区間)は、大潮満潮時には祇園水門を越えて、河口から12km地点まで到達する。

4-2 潮汐に伴う干潟の物理環境の変化

(1) 潮汐に伴う河川水中の塩分変化

太田川放水路では、塩分濃度が0~30 psuの範囲で変動しており、塩水は祇園大橋地点(5k400)まで到達する(図-4)。祇園大橋地点(5k400)に比べて、河口に近い旭橋地点(0k000)の方が高い塩分濃度で変動しており、淡水化(洪水)に対しても速やかに回復している。また、潮位差の大きい大潮期ほど潮流の影響が大きく、密度流によって塩水遡上が妨げられるため、塩分の変動は小さい。

(2) 潮汐に伴う浮遊土砂、有機泥輸送

太田川放水路河口(C0k600 右岸)では、平水時に浮遊土砂が縦断的には上流方向、横断的には河岸方向へ

輸送されており(図-5)、特に大潮の上げ潮期に卓越する。一方、有機泥の沈降量は、太田川放水路全域で夏期に多く、8割以上がシルト・粘土分であった。

4-3 潮汐と干潟生物の生息・生育

(1) 塩分環境、干出時間と干潟生物の関係

1) 底生生物

太田川放水路では、ドロフジツボ、マガキなどの岩礫性底生動物が、大潮平水期の一潮汐毎の平均値で塩分濃度16.4~29.4 psuおよび干出時間1.0~9.0時間の範囲で出現している(図-6)。祇園大橋(5k400)では、干出時間が3.2時間を越えると岩礫性底生動物は出現しないなど、底生生物の生息条件は、塩分、干出時間(地盤高)に大きく関係している。

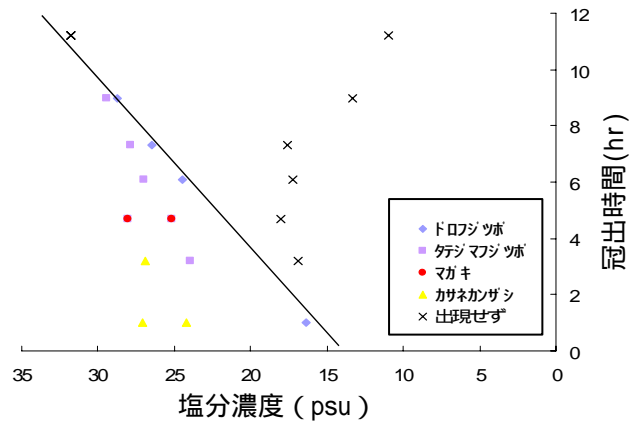


図-6 塩分と干出時間による岩礫性底生動物の出現の関係(庚午橋、己斐橋、祇園大橋橋脚での調査結果)

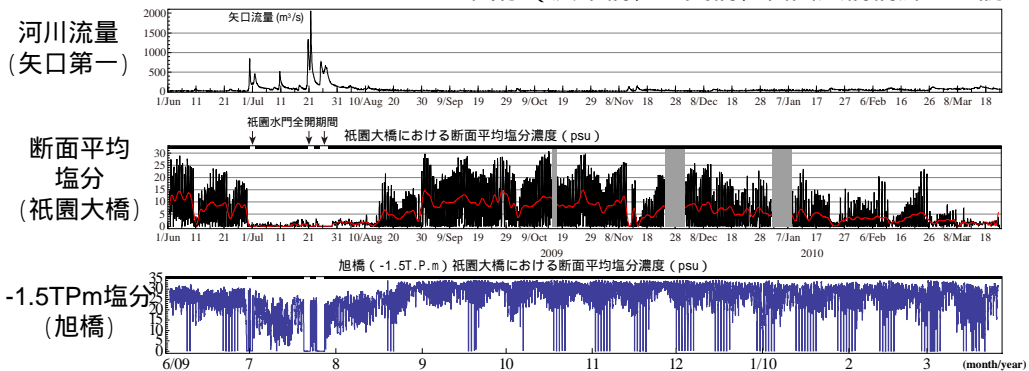


図-4 祇園水門操作と矢口流量、祇園大橋塩分、旭橋塩分の時間変化(2009年6月~2010年3月)

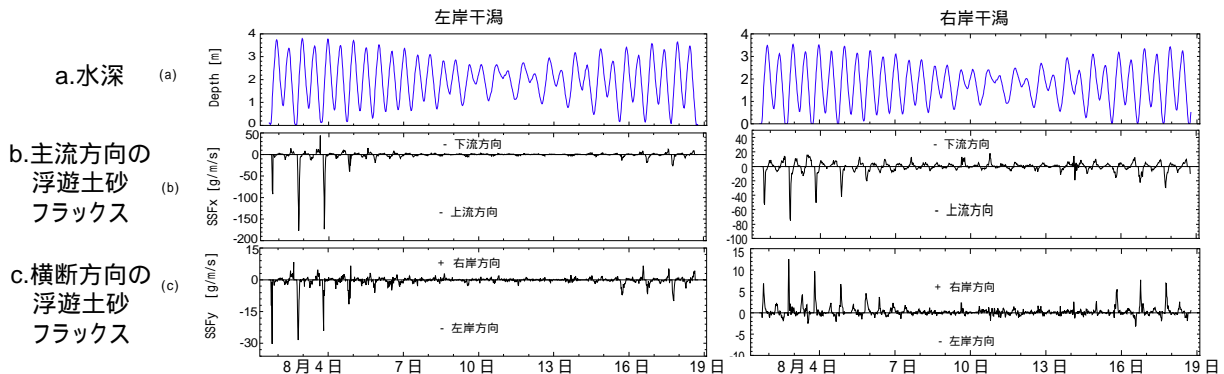


図-5 -0.6k 兩岸の干潟における水深、主流・横断方向の浮遊土砂輸送量の経時変化(2008年8月)

2) 塩生植物

塩生植物群落の主要な生育地となっている太田川放水路 1k200 左岸付近では、分布限界と地盤高に明確な関係が見られ、ハマサジの生育可能な地盤高が T.P.0.4 m (平均干出時間約 13 hr/day)、フクドで T.P.0.5 m (平均干出時間約 14 hr/day) であった。また、種子の発芽率についても塩分の影響を受け、ハマサジの場合、海水の塩分に相当する 35psu では 15% と低いものの、35 psu の塩水中に長期間浸っていた種子を 8 psu の塩水中に移すと 80% 以上が発芽した。このことから、海水中を漂流した種子でも、漂着、降雨によって塩分条件が好転すると発芽可能と考えられる。

(2) 河床材料と干潟生物の関係

干潟の材料は、日常の潮汐の作用、放水路整備時に設定された基盤、経年的な洪水の作用、日常的な小さな波の作用などの要因が複合して形成、変化する。ここでは、種々の物理的要因により規定される干潟底質と干潟生物との関係について示す。

1) 底生生物

太田川放水路におけるカニ類の生息場所は、干潟と高水敷に大きく区分される。干潟では、砂質にコメツキガニ、砂泥質にチゴガニ、泥質にヤマトオサガニなどが分布し、転石の下には空気中を好まないタカノケフサイソガニが見られる。一方、高水敷では、アカテガニ、ユビアカベンケイガニ、カクベンケイガニ、フタバカクガニが確認され、ヨシ原が発達した場所ではアシハラガニが多く生息する。

アサリの良好な生息地となっている太田川放水路河口 (C3k000 周辺) の干潟底質は、中央粒径値で 0.1 ~ 1.0 mm、シルト・粘土分で 2.8 ~ 49.4% の範囲にあった。アサリ稚貝 (殻長 10 mm 未満) は、中央粒径値で 1.0 mm、シルト・粘土分で 12.4% の地点で最も多く出現したが、シルト・粘土分が 38.7% 以上の地点では出現しなかった。

2) 塩生植物

太田川放水路で塩生植物が生育する場所の多くは、中砂 ~ 極粗砂 (粒径 0.25 mm ~ 2 mm) を中心とした砂質の干潟である。実生の出現は粒度分布との関係が見られ、実生の出現が少ない場所は、中砂 ~ 中礫 (粒径 0.25 mm ~ 4.75 mm) の割合が特に多く、干潮の間に乾燥しやすい土壌である。一方、実生の出現が多い場所は、多様な粒径を含む、極細砂 ~ シルト・粘土 (粒径 0.125 mm 以下) の割合が 5 ~ 15% 程度で、干潮の間も適度な湿り気が残る土壌であると考えられる。

5. 地下水流れによって形成される干潟環境

5 - 1 太田川における地下水流れ

太田川河口域では、潮汐に起因する河川水とデルタ (堤内地) 地下水の水位差によって、デルタ地下と干潟地盤との間には地表下数 m での地下水流れが生じている。河川堤防や護岸には、安定性を確保するために鋼矢板が打設されており、鋼矢板が不透水層 (粘土層) まで達する場合、デルタ地下と干潟地盤間の地下水循環が妨げられ、干潟環境への影響が懸念される。

一方、太田川放水路の中流部 (1k600 付近) では、低水護岸背面の窪地にタイドプール (潮だまり) が形成されており、低水路干潟 ~ タイドプール ~ 高水敷干潟間に様々な水位勾配が生じる。そのため、満潮付近にタイドプールに溜まった河川上層水 (低塩分水) が護岸内や地盤内を通り、低水路干潟へ流出する地表下数十 cm における地下水流れが生じている。

5 - 2 地下水流れによる干潟の物理環境の変化

(1) デルタ地下水の流れと干潟の地下水環境

鋼矢板が打設されていない 0k000 左岸付近の干潟では、上げ潮時に河川水位がデルタ地下水位よりも高くなると、地表面付近の河川水が地盤内へ浸透する。下げ潮時には河川水位がデルタ地下水位よりも低くなると、地盤内の地下水が河道方向に流出するが、地下水の供給があるため干潮時でも地下水位が地表下 20 cm 程度に維持されている。一方、鋼矢板が不透水層まで打設されている 0k270 左岸の干潟では、鋼矢板によってデルタ地下水との水循環が制限されるため、上げ潮時の河川水の地盤内への浸透量は少なく、下げ潮時には河川水位の低下に伴って地表下 1m まで地下水位が低下する。

(2) タイドプールに起因する地下水流れ

低水護岸背面にタイドプールが存在する 1k600 左岸と存在しない 1k450 左岸における低水護岸前面の低水路干潟にできる地下水面勾配を比較すると、1k600 の方が大きく、タイドプール方向からの地下水流れにより地下水位が高く保たれている。

タイドプールや、タイドプールを低水護岸背面に持つ低水路干潟では、潮汐に起因する地下水流れにより、溶存酸素などが活発に干潟地盤内へ輸送され、脱窒活性を向上させている。平成 23 年に測定したタイドプール内の脱窒活性は、27.8 mgN/m²/day (8 月) 及び 7.6 mgN/m²/day (10 月) であり、放水路全地点の平均値 (8 月 : 7.5 mgN/m²/day、10 月 : 9.9 mgN/m²/day) と比べると、8 月は平均値の 4 倍程度高く、活発な脱窒反応が生じている。

5 - 3 地下水流れと干潟生物の生息

干潟堆積泥は地下水流れの影響を受け、地下水が高く保たれている0k000左岸の干潟（矢板なし）より、地下水位が大きく変動する0k270左岸の干潟（矢板あり）の方が細粒分（シルト・粘土分）が沈着しやすく、細粒分含有量や強熱減量が高い。さらに、0k000の地表下20cmで細粒分含有率は3%程度であるのに対し、0k270の鋼矢板前面では地表下1mでも8%と高い値を示していることから（図-7）、地下水流れはそこに生息する底生生物の基盤となる底質環境に大きく影響する。

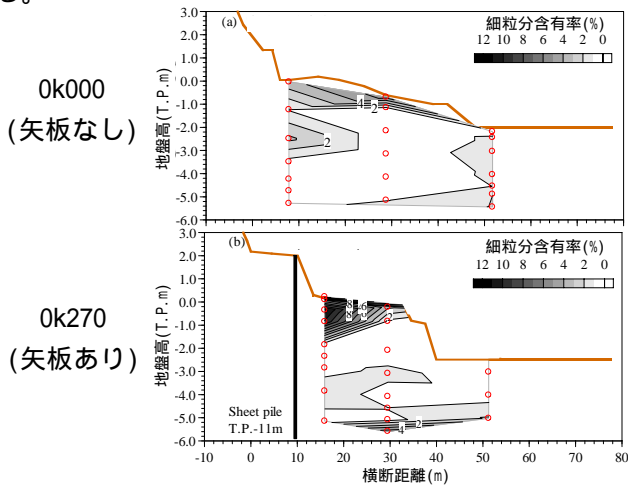


図-7 鋼矢板の有無による干潟の細粒分含有率の違い

また、タイドプールを低水護岸背面に持つ低水路干潟（1k600左岸周辺）では、地下水流れに伴う細粒分などの輸送・流出が活発に生じ、干潟土壌の間隙率が50%程度と高く維持されることにより、多くのイソシジミが生息している（図-8）。二枚貝の生息には土壌内に含まれる有機物量のほかに地盤内の間隙率が重要であり、地盤内への微細藻類の輸送や間隙の保持には地下水流れが重要な役割を果たしている。

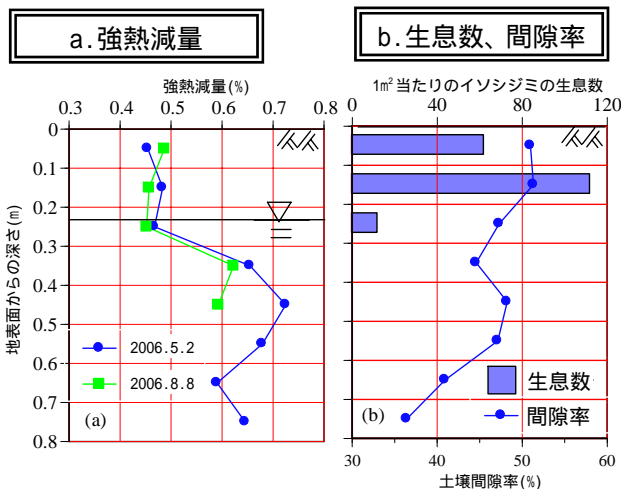


図-8 低水路干潟(1k600)における(a)強熱減量、(b)イソシジミの生息数と土壌間隙率の鉛直分布

6 . 洪水による干潟環境の変化

6 - 1 太田川放水路での洪水

太田川放水路に設置された祇園水門は、矢口第一観測所の流量が約400 m³/s以上になると、ゲートを全開にし、洪水流を放水路に流下させる。放水路完成以降、7,000 m³/s規模の洪水が昭和47年7月、平成17年9月に発生し、4,000~5,000 m³/s規模の洪水は5~6年に1回程度の頻度で発生している。近年では、平成22年7月に、矢口第一観測所（14k600：放水路分派前）におけるピーク流量約4,200 m³/sの洪水が発生した。

6 - 2 洪水による干潟の物理環境の変化

(1) 洪水による干潟地形の変化

太田川放水路2k200付近より下流の直線区間の低水路には交互砂州が形成されており、洪水によって砂州の上流側が洗掘を受け、下流側で土砂堆積が生じることにより、全体的にやや下流に移動しながら安定した河床形状を保っている。太田川放水路の河床高変動量の縦横断的な平均値は1洪水あたり約20~30cmであり、この変動の幅の中で安定している。

干潟上の洪水時および平水時の河床変動量について、直線タイプ2の干潟（C0k200~C2k800）における平成22年7月洪水の前後（洪水時）とその後12月まで（平水時）の2期間を対象にしたリング法の結果（図-9）より、洪水時・平水時ともに安定している地点、洪水時に数cm程度の堆積が生じ平水時に数cm~数10cm程度低下する地点（全体としては低下）、洪水時に数cm~数10cm程度低下し平水時に数cm程度堆積する地点（全体としては低下）の三つのパターンに分類された。洪水時にやや土砂堆積が生じる地点は比較的下流側の干潟に多く、洪水時に河床低下する地点は河積の相対的に小さい上流側や干潟前縁付近（低水路との境界近く）に多い傾向が見られた。

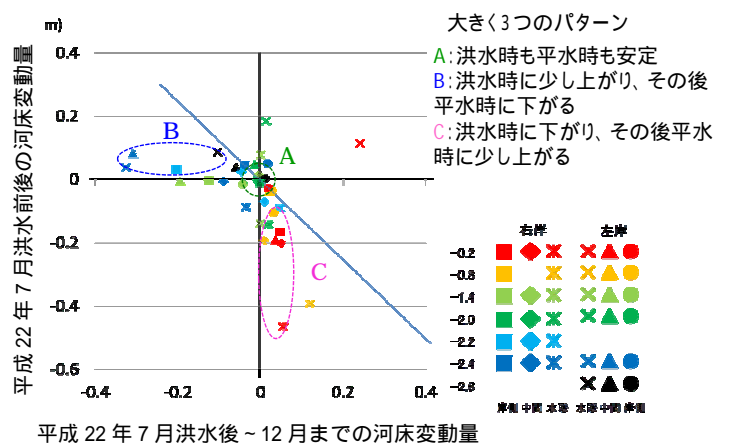


図-9 C0k200~C2k800干潟における平成22年7月洪水前後及び洪水以降の河床変動量

(2) 洪水による塩分環境の変化

平成 21 年 7 月の洪水（矢口第一ピーク流量約 2,100m³/s）において、祇園大橋地点（5k400）では、祇園水門が全開となっている期間中は、潮汐位相に関わらず底層塩分濃度は 0 psu となっており、満潮時でも己斐橋（1k400）まで塩分は到達しない。また、祇園水門が平常操作に戻った後、河口からの距離が潮汐の流程（潮汐半周期間の潮流による海水の移動距離：約 6km）より短い旭橋地点（0k000）では、上げ潮流によって速やかに底層塩分が回復するが、潮汐の流程より上流に位置する祇園大橋地点では、塩分が回復するのに 20 日程度を要する（図 - 4）。

6 - 3 洪水が干潟生物の生息に与える影響

(1) 河床高・河床材料の変化による干潟生物の変化

太田川放水路下流域（C2k000）周辺の干潟では、平成 17(2005)年 7 月 3 日～6 日の洪水によりマクロベントスの個体数は 50%に減少した（図 - 10）。これは、洪水によって土壌表面に生息していたベントスが土壌とともに持ち去られたと考えられる。洪水後の平成 17(2005)年 10 月から 12 月までは多毛類と甲殻類の個体数は増加しており、洪水によって一時的に個体数が減少しても短期間で回復している。

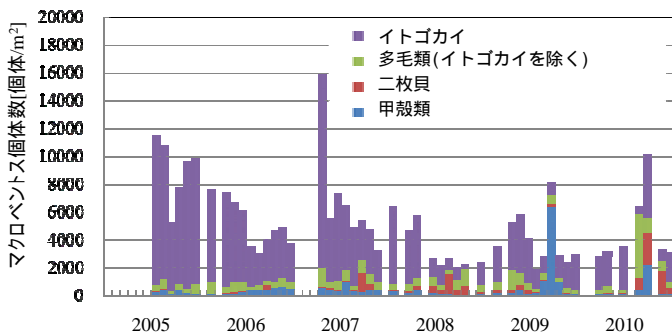


図 - 10 マクロベントスの個体数の経年変化（C2k000 における調査結果）

(2) 塩分環境の変化による干潟生物の変化

イトゴカイ等のマクロベントス類は、塩分濃度が海水の 25%程度の 8 psu の環境下では、24 時間後に約 2 割が失活した（図 - 11:イトゴカイの実験結果を例示）。また、5 psu では投入から 20～22 時間経過後に全ての個体に応答が認められなくなった。イトゴカイ等の生息が認められている太田川放水路 C2k000 地点では、平成 22 年 7 月 13 日～15 日の洪水時に、干潟直上の塩分濃度が 49 時間連続して 5 psu を下回り、干潟土壌内の塩分濃度も 5 psu 以下に至ったことが確認されている。これは、洪水の規模と持続時間、潮汐の条件によっては、干潟土壌内の塩分低下に伴う干潟生物への影響が生じることを示唆する。ただし、洪水に伴う影響が一時的に生じても、その後は干潟環境に応じて新たな生態系が形成され、持続している。

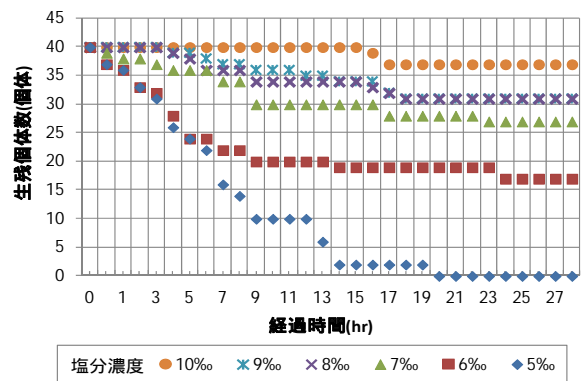


図 - 11 イトゴカイの低塩分耐性（室内実験結果）

7 . 造成した干潟（干潟再生試験）の干潟環境

7 - 1 太田川放水路における干潟造成

新たに干潟を造成した場合の干潟環境の形成・変化過程を把握するため、太田川放水路旭橋下流左岸の干潟上に、1 m以上の盛土を行い、縦断長 110 m（0k050～0k160）× 横断長 40 m で地盤高 T.P.0 m～1.5 m の干潟（干潟再生試験区：図 - 12）を造成した（平成

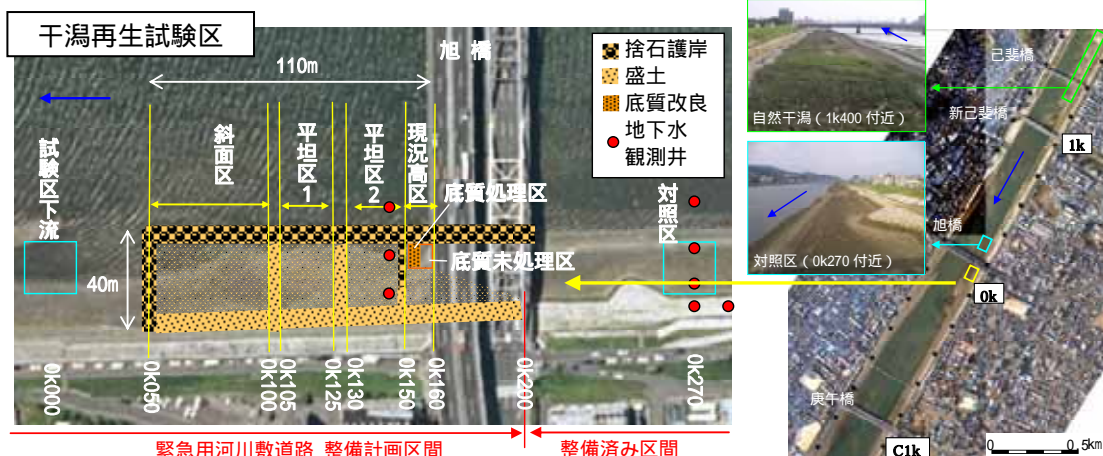


図 - 12 造成干潟（干潟再生試験区）位置図

22年3月完成)。干潟造成においては、造成干潟の諸元と安定性および多様な生物の定着との関係を幅広く把握し、干潟造成の方法に関する評価・技術判断を行うための知見が多く得られるように、四つの異なる断面形状を持つ区域(斜面区、平坦区1、平坦区2、現況高区)を設定し、それぞれでモニタリングを行った(干潟再生試験区の詳細については、「太田川放水路における河口干潟の生態工学研究 - 干潟再生試験 1年目の環境調査結果報告 - 、リバーフロント研究所報告 第22号、平成23年9月」を参照)。

7-2 造成後の干潟の物理環境の変化

(1) 造成干潟(干潟再生試験区)の地形変化

造成干潟の地形は、完成以降、平成22(2010)年7月洪水で大きく侵食したが、それ以降は大きな洪水が発生しておらず、概ね安定している(図-13:0k080断面(斜面区)の測量結果を例示)。また干潟の造成により、放水路河道の断面形を狭めることとなったため、洪水時に造成干潟(試験区)前面で洗掘を受け、試験区下流(0k000付近)の河道急拡部に土砂が堆積し、砂州が形成されている。

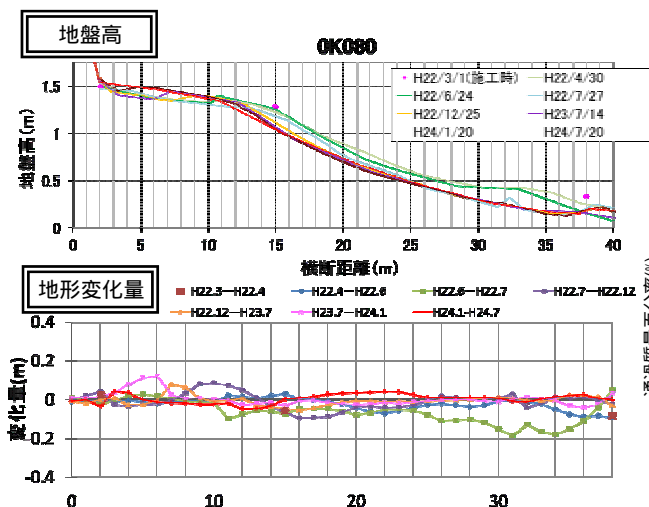


図-13 造成干潟の地形変化(0k080:斜面区)

(2) 造成干潟の微地形・河床材料の変化

造成干潟の表層では、冠水および流れ・波の作用による河床材料の変化と微地形形成が生じている(図-14)。平水時には、小規模の波により斜面区と平坦区の勾配の変化点付近に帯状の砂の堆積(バーム)が形成される。平成22年7月洪水によりバームの大部分は消失し、全体的に表層の砂・シルト分が流出、礫を含む粗い材料が露出した。その後、バームが再び形成され、徐々に堤防側に移動している。バームの背後では干潮時にも河川水が溜まっており、表層に泥が堆

積している。

また、造成干潟の底質(粒度分布(図-15)、化学成分)は、徐々に干潟造成前の状態に近づく傾向にある。



図-14 造成干潟の表層材料の変化(定点写真)

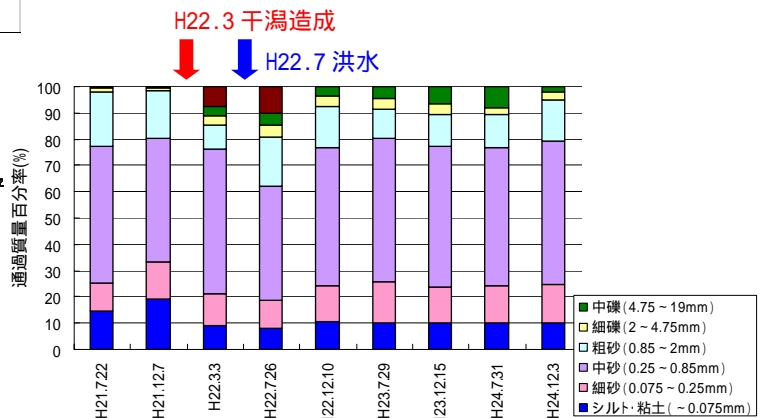


図-15 造成干潟の表層の粒度分布の変化(斜面区:0k075)

7-3 造成干潟の物理環境と生物の生息・生育状況の関係

造成干潟における生物の生息・生育状況を以下に示すが、干潟造成から3年経っていない期間での調査結果であり、干潟の物理環境の変化とともに、干潟生物の生息・生育状況も遷移段階であることが想定される。

(1) 底生生物の生息状況

二枚貝類(図-16)、干潟造成前の調査ではアサリ、ユウシオガイ、オキシジミ、ソトオリガイおよびホト

トギスガイなどの生息が確認された。干潟造成後の調査では、現況高区で平成 22(2010)年 5 月～11 月の間に確認された二枚貝類は干潟造成前と変わらなかったが、平坦区 2 ではソトオリガイやアサリが出現したものの、7 月～11 月は出現しなかった。これは、平坦区 2 では底質の中央粒径値が、平成 22(2010)年 5 月から 7 月の間に発生した 3 回の洪水により 0.18 mm から 1.08 mm と大きく変化していることから、底質の攪乱による影響と考えられる。その後、平坦区 2 の底質粒径は細粒化傾向にあり、現況高区の底質粒径に近づき、両地点ともソトオリガイを優占種とする二枚貝相になるなど、経年的に変化している。

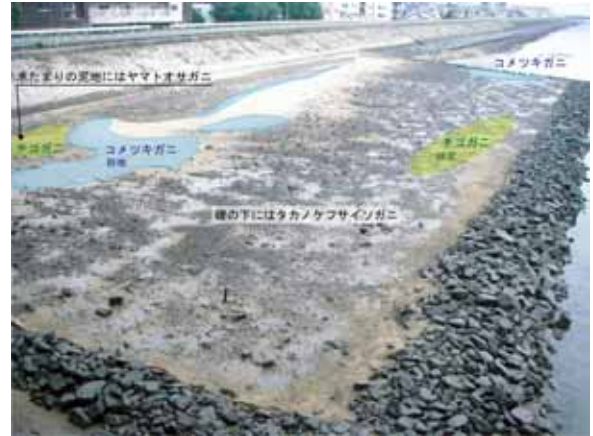


図 - 17 造成干潟におけるカニ類の分布状況

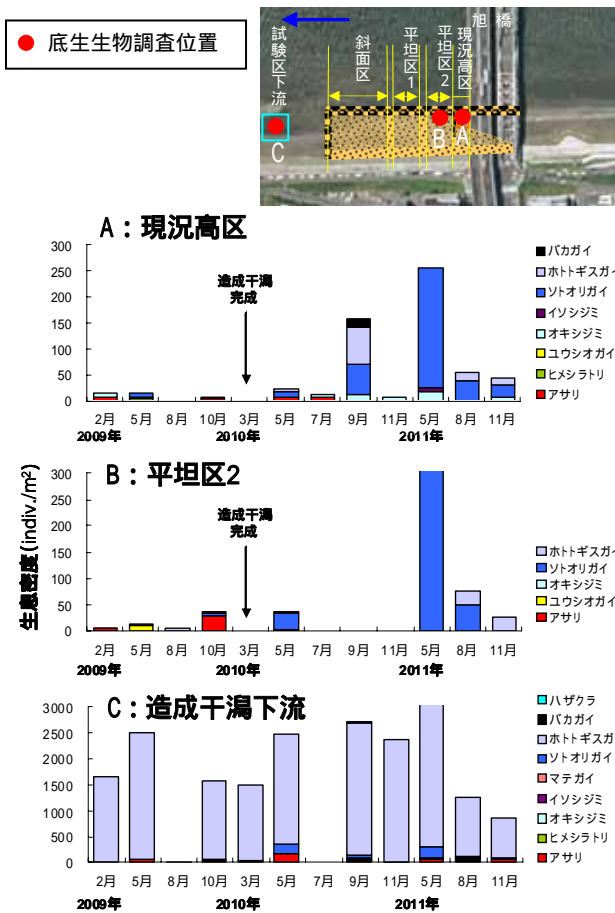


図 - 16 造成干潟周辺における二枚貝類の生息密度の経年変化 (2009 年～2011 年調査結果)

カニ類は、造成直後の平成 22 年の調査で 5 種、平成 23 年の調査で 8 種と、種数は増加しており、ハクセンシオマネキやスナガニなど希少種も確認されている。表層の底質や地盤高に応じてカニ類が分布している傾向が確認され、コメツキガニは砂が多い所、チゴガニは比較的泥分の多い所、タカノケフサイソガニは礫の下、ハクセンシオマネキは高潮線寄りの砂地、スナガニは高潮線のやや上の後浜に見られた (図 - 17)。

(2) 塩生植物の生育状況

干潟造成により、塩生植物が生育可能な地盤高 (上流の既存塩生植物群落において、T.P0.4～1.5 m) の干潟が創出された。その後も地盤高は維持されており、塩生植物の個体数は経年的に増加している。特に、斜面区、平坦区 1 の平坦面で個体数が多く、斜面にも少数出現するなど (図 - 18) 上流の既存塩生植物群落で得られた知見を踏まえ設計した区域で生育数が多い傾向が確認できた。

塩生植物の分布・生育はバームや潮だまりなどの微地形の影響を受ける。バーム上は砂の移動による種子の埋没や干潮時の土壌の乾燥のため植物の定着は少ないが、バームの後背部の平坦面には波の作用によって種子が集中し、多くの実生が出現した。ただし、バーム形成によって凹地となった平坦面の一部では干潮時も水が残るため、実生の水没時間の長期化に加え、粘土・シルト分の増加によって土壌水分が過剰となり、植物の成長は悪く、生存率も低下した。

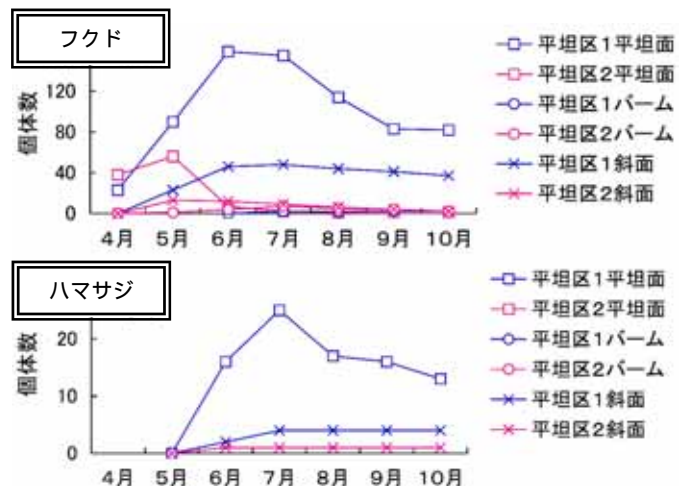


図 - 18 造成干潟 (平坦区 1・2) で確認された塩生植物個体数 (2011 年調査結果)

(3) 魚類の生息状況

造成干潟には捨石護岸が設置されているため、遊泳力の弱い仔稚魚の来遊量は捨石外（低水路）と比較して少ない傾向が見られた。一方、仔稚魚期よりも遊泳力のある未成魚の個体は敷石に移動を阻害されることはなく、未成魚の胃の内容物は、造成干潟の多毛類の種構成とほぼ一致していることから、造成干潟が魚類の給餌の場所としての役割を果たしている。

(4) 陸生節足動物の分布状況

干潟造成前に優占種であったカキガラダニが干潟造成後に消失し、トビムシ2種も生息密度が著しく減少した。これは水深の減少（地盤高の増加）や餌となる海藻類の付着した転石が減少したことによると考えられる。一方、塩生植物の分布域の拡大に伴い、昆虫・クモが確認されるようになった。また、環境省版や広島県版のレッドリストに掲載種となっているキバナキバナガミズギワゴミムシやキバナガゴミムシなど、干潟造成後に確認された種もある。

8. おわりに

本研究では、太田川生態工学研究会でのこれまでの研究成果を踏まえ、「太田川放水路整備」、「潮汐」、「地下水流れ」、「洪水」、「干潟の造成」に着目し、太田川放水路の河口干潟の形成・変化に関する総合的な評価を行った。以下に主な知見を、図-19に総合的な評価のまとめを示す。

太田川放水路に存在する三つのタイプの干潟（直線2、直線3、湾曲内岸）の形成には、何れも放水路整備が関係しており、放水路整備は、干潟が形成しうる河床高として設定された初期条件（潮間帯との高さ関係）や、砂州形成を起こす流れと土砂流送の境界条件（低水路や堤防法線の蛇行平面形状）を規定するものである。

全川にわたり感潮域となる太田川放水路では、最大潮差が4mと大きく、潮汐に応じて塩分濃度も0~30psuで変動しており、そこに生息する生物相もそのような環境変化に耐えうる種、あるいは回避できる種が定着している。塩分濃度（河口からの距離）や干出時間（地盤高）の変化に加えて、放水路の基盤、経年的な洪水や潮汐の作用によって形成される底質環境（粒度、粘土・シルト含有率等）などの複合的な要因によって、干潟生物の棲み分けがなされている。

太田川放水路では、陸域のデルタ地下水と河川水の水位関係に起因する地表下数mの深い層での地下水流れと、タイドプールに起因する地表下数十cm

の浅い層での地下水流れが生じており、それぞれで良好な干潟環境の形成に寄与している。

洪水の規模や場所にもよるが、1洪水あたりで数cm~数10cmのオーダー河床高変化が生じており、底生生物の多くが干潟の表層から深さ5cm程度の中に生息していることを踏まえると、洪水の干潟生物への影響は無視しえない。しかし、洪水後は短期間で生物の個体数が回復しており、干潟生態系は、イベント的な洪水や日常的な潮汐の影響を受け変化を繰り返しながら持続している。

造成干潟（干潟再生試験区）に生息・生育している生物は経年的に多様化しており、種によっては地盤高や表層材料等の物理環境要素に依存して分布する傾向が見られた。また、干潟造成前に確認されなかった貴重種が出現し、塩生植物の個体数の増加に伴い昆虫類が移入、魚類が豊富な餌環境を求めて遊泳しているなど、新たに造成した干潟環境が良好な干潟生物の生息・生育場として機能している。

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とする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宮川勇二前所長をはじめとする事務所職員の皆様に調査検討にあたってのご協力、ご指導をいただいた。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年3月)
- 2) 国土交通省中国地方整備局：太田川水系河川整備計画【国管理区間】-, (2011年5月)
- 3) リバーフロント研究所：太田川放水路における河口干潟の生態工学研究-干潟再生試験1年目の環境調査結果報告-, (2011年9月)
- 4) 太田川生態工学研究会：太田川放水路河口干潟における生態工学研究 - 太田川生態工学研究会 報告書 -, (2013年3月)

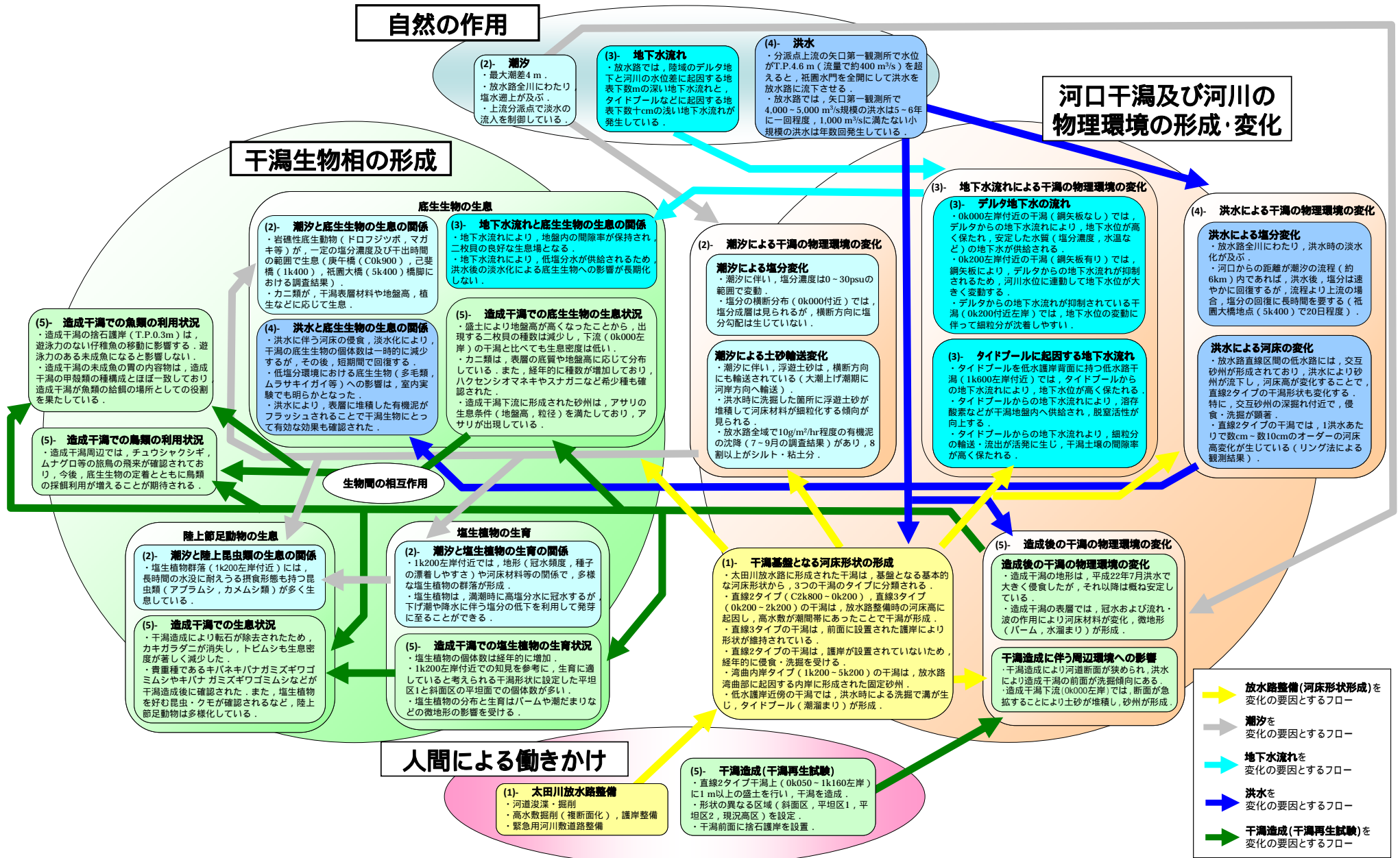


図 - 19 太田川放水路の河口干潟の形成・変化に関する総合的な評価まとめ