

木曾三川河口部における干潟再生の一考察

CONSIDERATION FOR THE RESTORATION OF TIDAL FLAT IN THE KISO-SANSEN ESTUARY

渡辺昭彦¹・浅野和広²・塚本吉雄³・恩藤真⁴・壺岐信二⁵

Akihiko WATANABE, Kazuhiro ASANO, Yoshio TUKAMOTO, Makoto ONDO and Shinji IKI

¹正会員 国土交通省中部地方整備局木曾川下流河川事務所 (〒511-0002 三重県桑名市大字福島 465)

² 前国土交通省中部地方整備局木曾川下流河川事務所 (〒511-0002 三重県桑名市大字福島 465)

³正会員 アジア航測株式会社社会基盤システム開発センター (〒215-004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2)

⁴ アジア航測株式会社中部コンサルタント部 (〒462-0825 愛知県名古屋市中区大曾根 3-15-58)

⁵ アジア航測株式会社環境部 (〒215-004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2)

In the estuary of Kiso-sansen in Ise Bay, where once there was a good fishing ground with abundant shellfish, the fisheries resources fell off along with decreasing of tidal flats and shallow waters due to land subsidence and reclamation activities. Under those circumstances, two artificial tidal flats have been created in the estuary from 1993, as a part of effective usage of construction sediments at Nagara Estuary Barrage.

Topographic survey, bed material and benthos monitoring have been continued in the artificial tidal flats since 1993. Analyzing results from the monitoring, it was verified that the purpose of initial design, restoring shellfish habitats, was almost achieved. The functions of tidal flats such as purifying of water and providing fisheries resources were ensured.

These monitoring projects were conducted with cooperation from the local fishermen, and monitoring results were shared. It is expected that these results will be effectively utilized for sustainable fisheries of this local area.

Key Words : Restoration of tidal flat, estuary of large rivers, monitoring shellfish,
cooperation with fishermen

1. はじめに

伊勢湾奥に位置する木曾三川(木曾川, 揖斐・長良川)河口部は古くから漁業の盛んな地域で, 桑名の焼きハマグリの名は全国的にも知名度が高い。しかし全国の浅水域同様, 木曾三川河口部でも埋立や地下水の過剰なくみ上げによる地盤沈下により浅水域は減少の一途をたどり, 漁業資源も減少していった¹⁾。一方で近隣で実施された長良川河口堰建設事業では大量の浚渫土が発生したが, この活用方策の一つとして漁業者から木曾三川河口部への人工干潟の造成が提案された。この人工干潟の造成にあたって多くの技術的な検討がなされ, また事業の進捗に併行して環境のモニタリングが実施された。

干潟をはじめとする浅水域は環境の浄化, 水産資源の確保, 生物多様性の保全をはじめ多様な機能をもつ空間²⁾であるが, 人工干潟に関しては造成後の地形の変化による干潟面積の縮小, 表層からの細粒分の流出による砂浜化, 生態系の形成が不良など問題点も指摘されている³⁾。一方で, 河口部に人工的に創出された大規模な空間に対

して長期にわたってモニタリングデータが蓄積された事例は少ない。このため, 当初の目的とモニタリングで得られた調査結果をもとに人工干潟の環境等の変遷に関するアウトラインの把握と現段階での評価を行い, 河川技術者の知見として共有する。

2. 木曾三川河口域の変遷

伊勢湾奥の木曾三川河口部にはかつて広大な干潟が存在し, 豊かな自然環境が展開していた。この地域はとくに古くから貝類を主体とする良好な漁場として知られていた。

木曾三川下流部は明治時代からの改修で作られた人工河川であるが, デ・レーケのケレップ水制に代表されるように, 河川の中に生態系が共生できる構造や, ワンド等大水の時に魚が隠れ, 貝が留まる場所を作っている⁴⁾。一方で, 高度経済成長時代の埋立や広域の地盤沈下により河口部の浅海域の減少が顕著に進行し, 自然環境への影響や漁業の基盤に大きな変化をもたらした(図-1)。

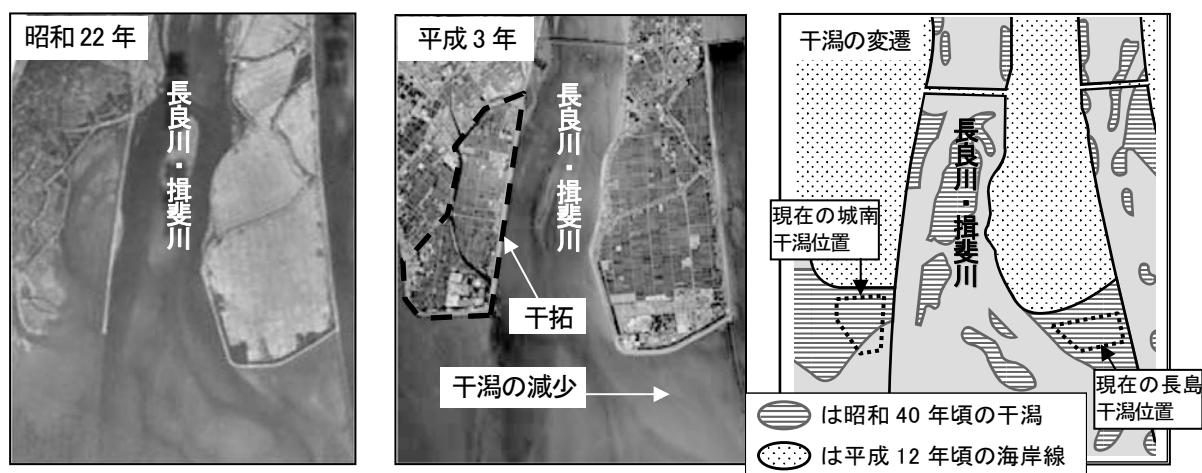


図-1 木曾三川河口部の航空写真（左・中図）と干潟の変遷（右図）

3. 人工干潟造成に関する検討

(1) 人工干潟の検討経緯

木曾三川における人工干潟造成の検討は桑名漁連が人工干潟の造成を申し入れた昭和53年8月にさかのぼり、これ以降技術的な検討が開始された。平成元年には長良川河口堰建設事業の進行にあわせて桑名漁連が事業主体、水資源開発公団が協力者となって人工干潟造成事業が計画された。検討事項は造成・盛土場所の選定、水産業や自然環境への影響を低減するための工事・工法の検討、干潟造成計画書の作成、関連する調査（海底地形測量、底質、塩分・潮汐、流動量、貝類の生息分布等）である（表-1）。

(2) 干潟検討委員会での議論

人工干潟造成事業の技術的事項の検討のため、水産工学、海岸工学、水産学の有識者からなる「干潟検討委員会」（中村中六広島大学名誉教授ほか6委員）を設け、ハマグリ（ハマグリ）の蓄養試験及び人工干潟造成の具体化を図った。検討手順として、まず水産上の目標生物であるハマグリ（ハマグリ）の生息条件を整理し、これを実現する造成の基本方針を設定した。

a) ハマグリ（ハマグリ）の生息条件の整理

ハマグリ（ハマグリ）の生息条件として、底質は細砂・粗砂が主体で表層にシルト、粘土、有機物の堆積が少ないことが重要である。また、適度の潮の流れがあり、酸素の供給が豊かで、硫化水素の発生が少ないことが重要であると整理した。

b) 造成の基本方針

a)の方針をふまえ造成の基本方針を設定した。

- ・干潟造成場所の選定（海没民地を避け、河川・海岸管理上の課題を考慮し、城南沖、長島沖を選定）に加え、投入する土砂はシルト分の多いものは回避（事前調査からのシルト・粘土分は5.4～6.5%）。

- ・波浪によりシルト、有機物の堆積が妨げられ、乾燥により干潟表面の浄化、酸素の供給が十分得られる地盤高の設定。
- ・潮通しのよい滞筋の斜面が稚貝、母貝の良好な生息環境と推定されるため、施工上可能な範囲で滞筋が出現するよう土砂を盛り立て、斜面は自然勾配とすること。干潟上の潮の流れが主として滞筋上に発生し、底質が良好な状態に保全されやすい形状とすること。また、潮流変化による海苔養殖への影響を考慮すること。

表-1 人工干潟造成にあたっての検討課題と対策

課題	対策
・事業地の選定（海没民地、河川管理、海岸管理等）	・古図等による海没民地の特定 ・法務局等と取扱方針の検討 ・河川管理者と調整
・干潟の安定性（潮流、波浪、風波、洪水等に伴う土砂流出及び流出土砂の堆積可能性）	・時系列的な土砂の流動状況の把握 ・潮汐流動量等の調査にもとづくシミュレーション
・海苔養殖業、小型定置網漁、自然環境への影響可能性	・干潟の形状（滞筋の存置等）等の工夫 ・工事濁水の流出防止対策
・事業効果等	・土砂の選定 ・干潟の形状等の工夫
【実施した調査】	
・海底地形測量 ・貝類の生息分布調査・底質調査 ・潮汐流動量・水質等の調査とシミュレーション ・工法等の検討 ・許認可関係手続きの把握	
*シミュレーションは、波浪、流況、海底地形変化（底質移動計算）、25m不等間隔格子、1.5km方形区域	

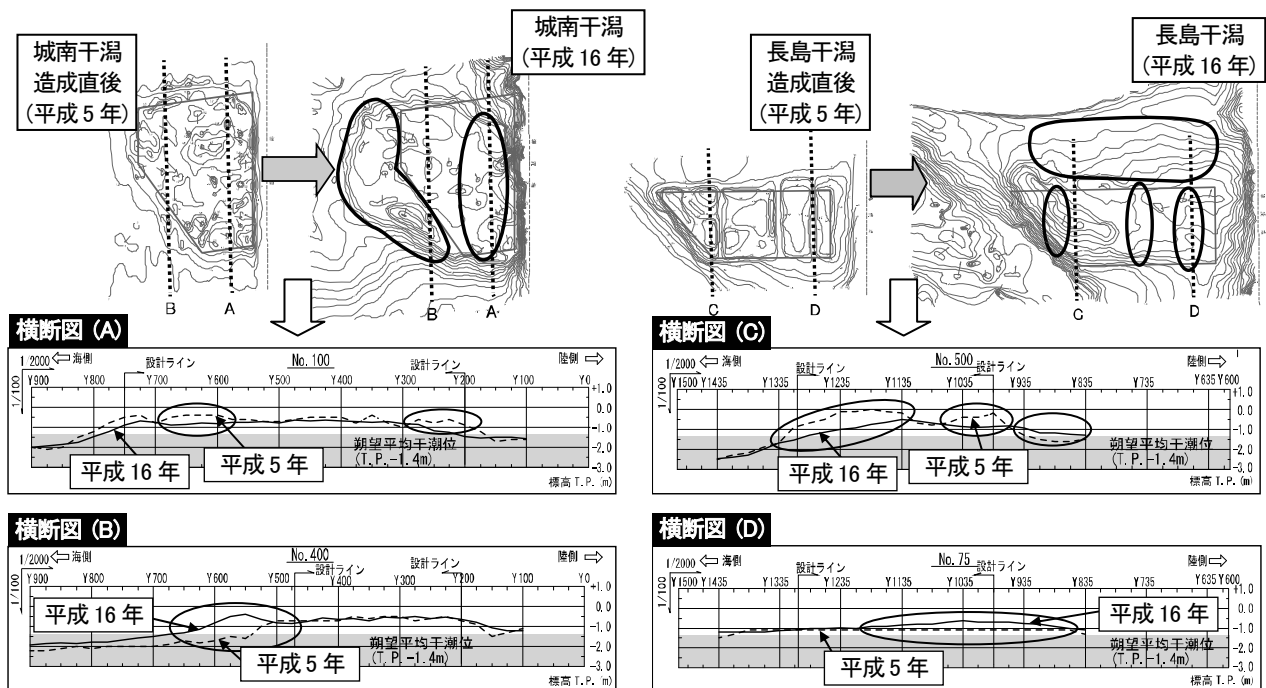


図-2 干潟の断面形変化 (造成直後→平成16年)

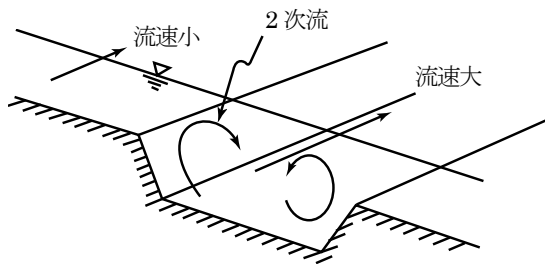


図-3 作れい (滞) 工

ため干潟に水の流れを作り出す工法として作れい (滞) 工を採用することとした (長島沖に設置) 5)。

作れい (滞) 工は、干潟浅海域に滞筋を掘削することで滞方向の流速を増大させ、海水交換促進や底質の改良を狙った工法である。発生する二次流は幼生の沈着や稚貝の生育に寄与する (図-3)。

4. モニタリング調査結果からみた地形、環境等の変化

c) 主な技術的検討事項

主な技術的検討事項は人工干潟の地盤高の設定と海水の流れに着目した干潟の構造である。

・人工干潟の地盤高

＜他事例からの検討＞

ハマグリ増殖に係る大分県豊前海地先での事業を参考に干潮時3～4時間干出する標高が望ましいと整理。

＜潮位曲線からの検討＞

近傍名古屋港の潮位表から5年間の朔望平均干潮位であるT.P. -1.20mの潮位曲線を作成し、干出時間4時間の標高を推定 (T.P. -70cm)。

＜潮位頻度からの検討＞

近傍河川基準点 (揖斐川4km) での10年間の時刻潮位頻度から年間を通しての干出頻度が17% (4/24=0.17) の標高T.P. -50cmを河口の値に補正 (T.P. -70cm程度)。以上から干潟上面平均標高をT.P. -70cmに設定した。

・海水の流れに着目した干潟の構造

事前調査から木曾三川河口域ではとくに木曾川導流堤の滞付近でハマグリ稚貝が多く発生しており、滞が稚貝の沈着に重要な関係をもっていると考察された。この

(1) モニタリング調査の概要

人工干潟は、城南沖は平成5年、長島沖は平成6年に造成された。その後「干潟検討委員会」での検討結果をうけた環境等のモニタリングが継続された。

一連の調査は、長良川河口堰の建設にともなう事後調査として行われ、平成6年度から平成18年度までは水資源開発公団 (現在は (独) 水資源機構)、平成19年度以降は国土交通省により実施された。主な調査項目は地形、底質、底生動物調査である。

・地形調査は、造成直後 (平成5年：城南沖、平成6年：長島沖)、造成後約5年 (平成11年)、造成後約10年 (平成16年) に深浅測量を実施。

・底質調査は、人工干潟の代表地点で採泥し、JIS、底質調査方法等による室内分析により粒度組成、COD等を整理。

・底生動物調査は底質調査とあわせて実施し、定量的な坪刈法 (50cm×50cm×20cm) で採集し、種、個体数を整理。底質調査、底生動物調査は周辺の海域についても実施し、干潟評価の参考としている。

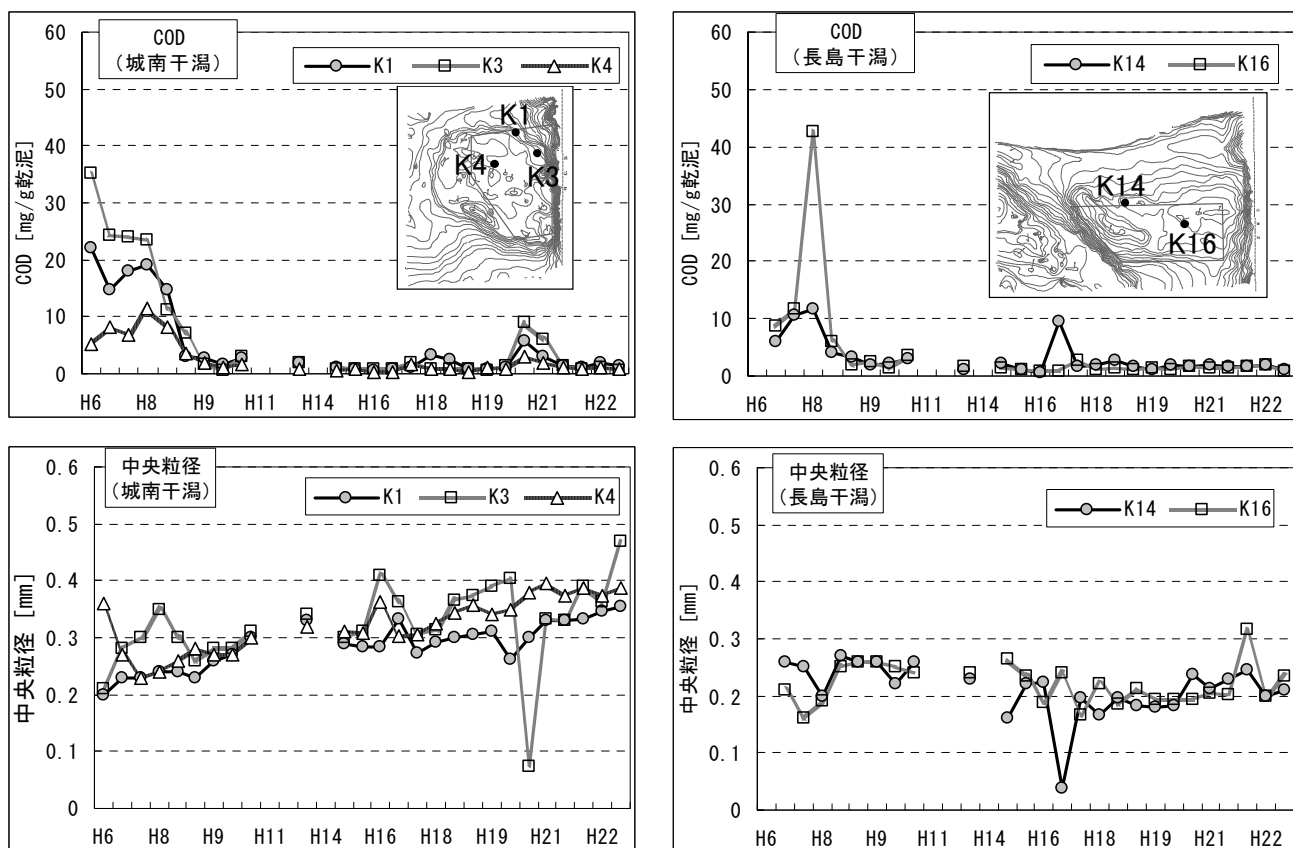


図-4 底質の変化 (COD, 中央粒径)

(2) 環境の変化 (地形・底質)

a) 地形

地形調査 (測量) による等深線図, 断面図を図-2 に示す。造成直後は, 干潟面全体に緩やかな凹凸が見られ, 長島干潟では作れい (霽) 工が施されているが, 造成約 5 年後 (平成 11 年) には波浪や流水による土砂の拡散, 流出が進み, 干潟の平坦化, 干潟域の拡大が進んだ。長島干潟の作れい (霽) 工はこの間に完全に埋そくした。この後の変化量は少なく, 2 つの干潟とも造成後約 10 年 (平成 16 年) で当初に比べ平均 0.1~0.2m 程度地盤高が低下した状態で安定していた。これは「干潟検討委員会」で検討したシミュレーション結果と概ね一致した。

b) 底質 (COD, 中央粒径, 粒度組成)

連続してデータが得られた干潟上の代表地点での COD, 中央粒径の経年変化を図-4 に示す。COD は造成直後は投入した土砂の有機物量が多い状態で, 城南干潟では 5~35mg/1, 長島干潟では 8~9mg/1 と高い値を示したが, 約 3 年程度で顕著に減少した。中央粒径は造成直後は城南干潟では 0.2~0.4mm, 長島干潟では 0.2~0.3mm であったが, その後城南干潟ではやや粗粒化が進む傾向が見られ, 長島干潟ではほぼ横ばいの傾向で推移した。河川の流況や導流堤との位置関係の違いから, 中央粒径でみた粗粒化の程度が 2 つの干潟で異なる結果が得られてい

る。

(3) 環境の変化 (底生動物)

a) 種組成, 個体数

底生動物の種数, 個体数の経年変化を図-5 に示す。城南干潟, 長島干潟とも造成後しばらくは底生動物の種数, 個体数の増減が激しく種組成も安定しなかった。個体数からみた優占種はホトトギスガイ, シオフキガイ (城南), シオフキガイ, アサリ (長島) などが入れ替わっており, 貝類のほかには節足動物, 環形動物が優勢な時期もあった。2 つの干潟とも造成後数年で底生動物が定常的に生息する場となり, 平成 13 年以降は貝類主体の群集構成を示した。城南干潟ではアサリが優占することが多くなり, 一方, 長島干潟ではシオフキガイ (時にアサリ) が優占する構成となることが多くなったが, 近年はハマグリが定着し総個体数が少ない時期には優占種となることもある。中村⁹⁾は汽水域の主要な二枚貝について淡水に強い順にヤマトシジミ, サルボウ, アサリ, ホトトギスガイとしているが, 2 つの干潟における底生動物の生息状況の違いも河川の流量や潮汐による塩分濃度や底質の違いを反映していると考えられる。なお, 2 つの人工干潟はその造成位置から前浜干潟と河口岸潟の性質を併せ持っているが, 生物相からみると砂質の前浜干潟と共通することがわかった。

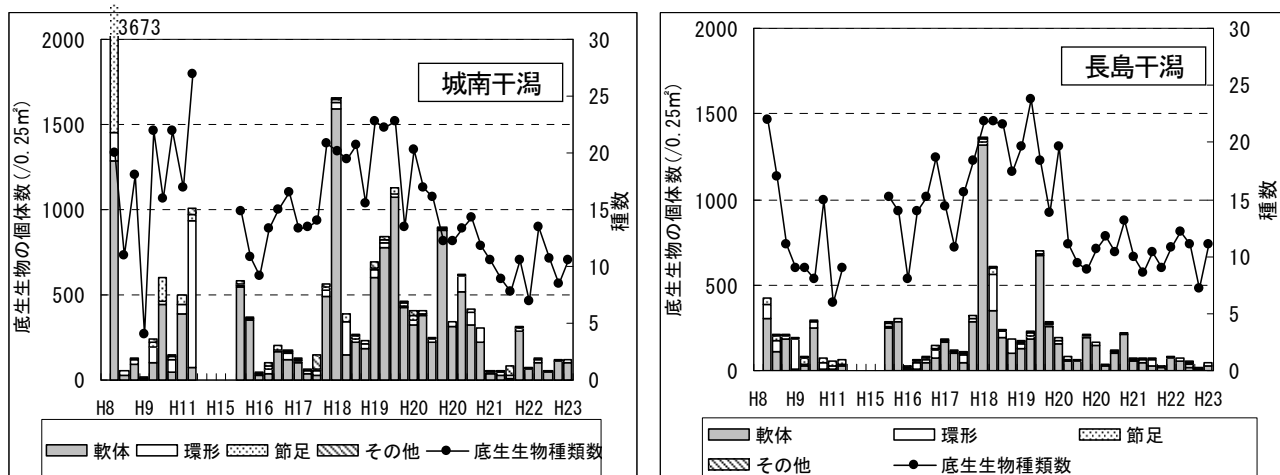


図-5 底生動物の種数、個体数変化 (左：城南干潟、右：長島干潟)

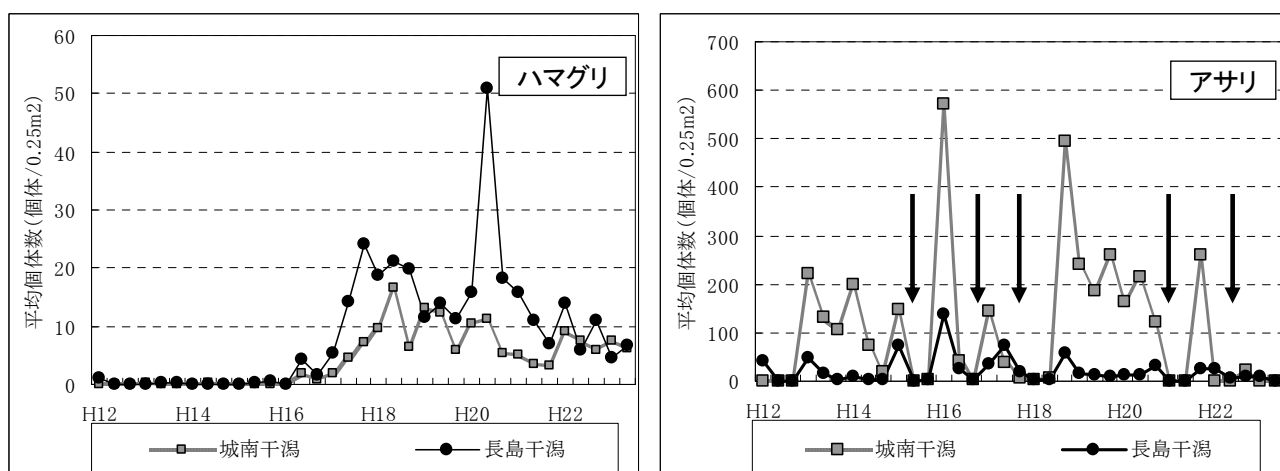


図-6 貝類の生息密度の推移 (左：ハマグリ、右：アサリ、矢印は出水)

また、造成直後のモニタリングから作れい工施工場所を含めて二枚貝類が採集されており、作れい工が貝類の生息環境形成に一定程度寄与したと考えられる。

これまでのモニタリング調査で確認された底生動物は、周辺海域を含め約 150 種類（うち貝類 47 種類）であり、特に近年ではフジノハナガイ、マゴコロガイ、ムギワラムシ、ヒガタスナホリムシなど干潟特有の重要種を含む生物相となっている。

b) 貝類生息の場

人工干潟造成の大きな目的として漁業資源の確保があった。この間赤須賀漁協、三重県等の研究によりハマグリ種の育苗生産技術の確立が行われ、人工干潟は貝類の育成場として活用されるようになった。一方で、河口干潟は淡水の影響を受けやすい場である。河川の出水は干潟の生物に大きな影響を与え、とくに淡水の暴露に弱いアサリへの影響が大きい。一連のモニタリング調査では出水後一定の時間をかけて資源が回復する様子が整理された（図-6）。

(4) その他得られた知見

生物の利用する場としての干潟の調査として平成 18 年に魚介類調査を実施した。干潟上はコノシロ、シラウオ、スズキ、マハゼ、シロギスなど多くの魚種の稚魚やカニ類が確認され、干潟が魚介類の育成場として機能していた。また、抱卵の確認からエドハゼ、ビリンゴ、モクズガニなどが産卵場として利用していると考えられた。

5. 現時点での人工干潟の評価と今後の展開

人工干潟の設計意図としたハマグリをはじめとする貝類の生息の場、自然環境への影響低減は、一連のモニタリング調査によってほぼ当初の目的に近付きつつあることが把握された。よって、この干潟を造成するための技術的検討事項であった造成場所の選定、造成方法（浚渫土の盛土形状、地盤高、滞筋の設置）も有効であったことが整理された。

できあがった人工干潟の評価について検討してみる。



図-7 人工干潟での開催した体験学習会

桑江 (2005)⁷⁾は、時間経過に伴う干潟生態系の発達過程を理解することが重要とした上で、まず、さまざまな生物が定着し生態系の構造が成立、干潟の諸機能が発揮される段階、次に、生態系の構造や機能が破たんせず自立安定する段階、最後に自然の生態系と類似した生態系をもつにいたる段階があるとしている。そして、土木工学的に必要な「自立安定」の目安として、地形学的なパラメータの急激な変化の解消、つぎに日和見種や小型ベントスから大型、長寿のベントスの生息する生態系の成立をあげている。モニタリング結果から2つの人工干潟は造成後概ね5年後(平成11年)には地形的にほぼ安定し、底生動物相も概ね平成13年以降は優勢な種の変動はあるものの貝類主体の種構成となっていた。

また、細川 (2010)⁸⁾は、干潟に求められる機能として、①地域の代表的な海辺の姿(景観形成)、②漁獲漁業資源、③多様な生きものの生息・産卵や育成、水鳥の生息の場、④浄化作用、⑤炭酸ガスの貯留、⑥遊びや勉強、文化と歴史の6項目をあげている。一連の調査により②、③が把握され、懸濁物食性の二貝類主体の生物群集構成は④にも大きく寄与していると考えられる⁹⁾。また、人工干潟は海に浮かぶ特異な景観を提供し、漁業協同組合が中心となって貝類の放流や自然観察、環境学習の場としても活用されている¹⁰⁾(図-7)。このように人工干潟は、期待される多くの機能が発揮される場となっている。

今後の展開として、底質の粗粒化や地盤高の低下に対する対処の検討、漁業と連携した干潟の活用等への対応等、人工干潟の機能目標を定め、順応的管理の考え方をもとに整備、管理メニューを検討する段階にあると考えている。

6. おわりに

2つの人工干潟は、配置計画において、かつて自然の干潟が存在した場所、河川の顕著な影響を受けない場所を選んだこと、導入し淘汰された土砂が貝類の生息に好適なものであったことなど、多分に良い条件が重なるこ

とで各種機能を有する場に育ってきたと考えられる。また、周辺海域での調査結果からも、人工干潟は伊勢湾全域への貝類資源の供給拠点としての役割を果たしつつあると考えられるが、貝類の安定した生息には幼生を供給する場とともに安定した着底場となる広域の浅場のネットワークが必要¹⁰⁾と考えられる。

木曾三川河口部の人工干潟は漁業協同組合の発案で事業化されたものであり、一連の調査は漁業者の多大な協力の下で実施され、調査結果のフィードバックによる情報の共有が図られてきた。調査結果の共有が持続可能な漁業につながるならば、これも大きな成果と考えられる。

謝辞：本報告にあたり水資源開発公団(現(独)水資源機構)には人工干潟造成以前からのものも含め多くの資料を参考とさせていただいた。赤須賀漁業協同組合には干潟調査にあたってご協力いただくとともに、秋田清音組合長にはモニタリング調査に関するヒアリング等の機会を通じて多くの有用なご教示をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 未来に生きる赤須賀編集委員会：赤須賀地区複合施設竣工記念誌—未来に生きる赤須賀—、赤須賀漁業協同組合、2010。
- 2) 海の自然再生ワーキンググループ：海の自然再生ハンドブック—その計画・技術・実践—第2巻干潟編、ぎょうせい、pp. 107, 2003。
- 3) 花輪伸一、古南幸弘：人工干潟の問題点と課題、海洋開発論文集、第18巻、pp. 43-48、2002。
- 4) 秋田清音：漁師町赤須賀の今・昔—桑名の蛤の復活をめざして、河川文化を語る会講演集(その三十)抜刷、2009。
- 5) 栗原康：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー、東海大学出版会、pp. 232-233、1988。
- 6) 中村幹雄：宍道湖及び中海産二枚貝類4種の環境耐性、水産増殖45、pp. 179-185、1987。
- 7) 桑江朝比呂：造成された干潟生態系の発達過程と自立安定性、土木学会論文集、No790、2005。
- 8) 細川恭史：干潟の再生技術の状況、(社)自然環境共生技術協会特別講演会講演資料、2010年9月16日開催、2010。
- 9) 西條八束・奥田節夫編：河川感潮域—その自然と変貌—、名古屋大学出版会、pp. 112-114、2006。
- 10) 日向野純成：アサリを増やして豊かな海に！、第3回みえ水産フォーラム講演資料、平成23年12月18日開催、2011。

(2012.4.5受付)