

報告

Ecosystem Approach (生態系手法) を取り入れた 港湾計画案の検討

Implementation of a Long-term Port Construction Planning with Ecosystem Approach

古川 恵太*・加藤 博之**

Keita FURUKAWA and Hiroyuki KATOU

要旨: 三河港は、国際的な自動車物流港湾であるとともに、全国有数のアサリ稚貝の資源量を誇る六条潟や港湾区域の奥に存在する汐川干潟といった貴重な自然環境が多く残っている港でもある。三河港港湾計画改訂に際し、環境影響を軽減するために埋め立ての縮小計画が提案されるも生態系への影響が懸念され合意に至っていなかった。そうした中、生態系手法 (Ecosystem Approach) として六条潟の総合的環境保全やアサリの生活史を考慮した影響把握、複合的な環境緩和対策、局所的な海水循環への配慮などを適用することにより生態系への影響を把握し、軽減策の有効性が示された。

キーワード: 沿岸域環境, 生育場適正指標, アサリ浮遊幼生ネットワーク, 環境緩和策, 合意形成

1. はじめに

愛知県三河港は、国際的な自動車貿易の拠点であり、完成車の輸出入額ともに全国第1位、総貿易額で全国7位の港である。(H18年実績) また、全国有数のアサリ稚貝の宝庫となっている六条潟や汐川干潟といった貴重な自然環境が多く残っており、近年の全国的なアサリ漁獲量の減少¹⁾や水質浄化などの観点から、環境のホットスポットと考えられるようになった²⁾。

三河港の六条潟周辺は、平成11年4月の地元漁協解散後、漁業権が消滅し、補償対象者以外の者によるアサリの採捕が可能となったが、資源保護等の観点から「アサリ禁漁区」として管理され、アサリ稚貝が発生した場合、特別採捕許可で採捕し、県下の漁場に供給している³⁾。

愛知県では、三河港が富栄養化した閉鎖性水域であることに鑑み、水質改善や干潟や浅場の再生のため、これまで覆砂事業⁴⁾を積極的に実施する

など、開発と環境保全を両輪とする方針を持って事業を進めてきた。

三河港は平成7年に現行の港湾計画が策定され、合わせて、全国始めてとなる港湾環境計画を策定した港である。その後、約10年が経過し、一般の海に対する意識と見識は一層高まってきた。こうした中、平成15年度より港湾計画の改訂作業に着手、平成16年度より学識経験者・港湾利用者・漁業者・住民代表らで構成される「三河港港湾計画検討委員会・幹事会」を設置し、将来像と基本方針、整備の方向性、空間利用計画などの検討が進められてきた⁵⁾。

当初、埋め立て面積約500haを約200haに縮小するものの浅場域を埋め立てる計画案で議論を進めていたが合意形成に至らず、開発促進と環境保全をいかに調和させるかが大きな課題となった。特に、埋め立てによる六条潟のアサリ成育環境への影響、あるいは潮流への影響により六条潟へ着

* 正会員 国土技術政策総合研究所 海洋環境研究室, ** 愛知県 豊田加茂建設事務所 河川整備課

底する幼生が減少しないか等が懸念されていた。

その後、浅場域を出来る限り保全した新たな埋め立て計画案（図1）を基に、アサリ浮遊幼生への影響検討を行うことが提案・承認され、学識経験者・研究者から構成される「港湾開発環境計画検討会」が平成19年4月に設置された⁵⁾。

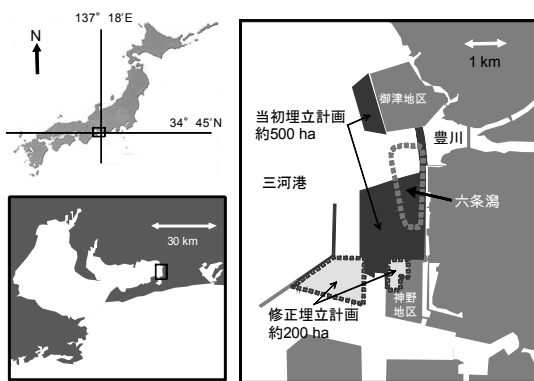


図1 三河港港湾計画改訂の検討時に示された修正埋め立て計画案

2. 研究の目的

港湾開発環境計画検討会においては焦点となっていた生態系手法（Ecosystem Approach）を用いた影響検討を行うこととした。本論文では、その具体的な検討内容である、六条潟の総合的環境保全（3.1）やアサリの生活史を考慮した影響把握（3.2）、複合的な環境緩和対策（3.3）、局所的な海水循環への配慮（3.4）などについて報告し、生態系手法の適用例を示し、その適用の有効性や、活用のあり方などに言及することを目的とする。

3. 生態系手法の適用の実際

3.1 生態系手法①：場の総合的な評価

埋め立て計画による六条潟の環境の変化を検討するにあたり、場の総合的な環境保全が図られることを確認するために、指標生物を用いた生息場適性として環境を評価することとした。

指標生物としては六条潟における優占種であり、

水産資源としても社会的に注目されているアサリを選定した。アサリ成貝は、移動性も小さいことから六条潟の典型性を示す種としても適していると考えられた。

アサリの生育場適正は、様々な生息環境を定量的に評価できる HSI（Habitat Suitability Index：生息場適性指標）を用いて検討を行った。HSI は、対象生物の生育量と複数の物理的な環境要素との関係を個別の SI（Suitability Index：選好曲線）として整理し、それらを任意の関数として総合化して生物生息場としての適正度を評価する手法である⁶⁾。適切な生物場としての総合的な環境を評価することを狙った。

すなわち、HSI により地形改変前後で変化する生育場としての適性に、その面積を乗じることで対象とする場全体での影響を定量的に把握することができることを期待しての試みであった。

3.1.1 個別 SI（選好曲線）の作成

アサリの SI に用いる物理量の検討に際し、これまでにアサリの成育に関係が深いと考えられる環境要素を整理した⁷⁻¹⁰⁾。抽出された環境要素としては、水温・塩分・溶存酸素・中央粒径・泥分率・強熱減量・酸化還元電位・淘汰指数・TOC・COD・酸化層の厚さ・浮泥厚の厚さ・シーلز数・底面摩擦速度・渦度・干出時間・地盤高・グリコゲン含有量等である。

これらの中から、アサリ生育量の主たる制限要因と思われる水質環境・生息基盤環境・餌環境・外的かく乱などの代表性¹¹⁻¹⁶⁾、埋め立て計画の有無による環境変化を把握するため浅場上の平面分布を推計することが可能であることなどに配慮し指標を選択した。その結果、塩分・強熱減量・シーلز数（平常時）・溶存酸素（南風時、東風時）を選定することとし、現地調査結果またはシミュレーションの結果をもとに SI を作成した（図2）。SI の作成にあたっては、実測された選好域を包括

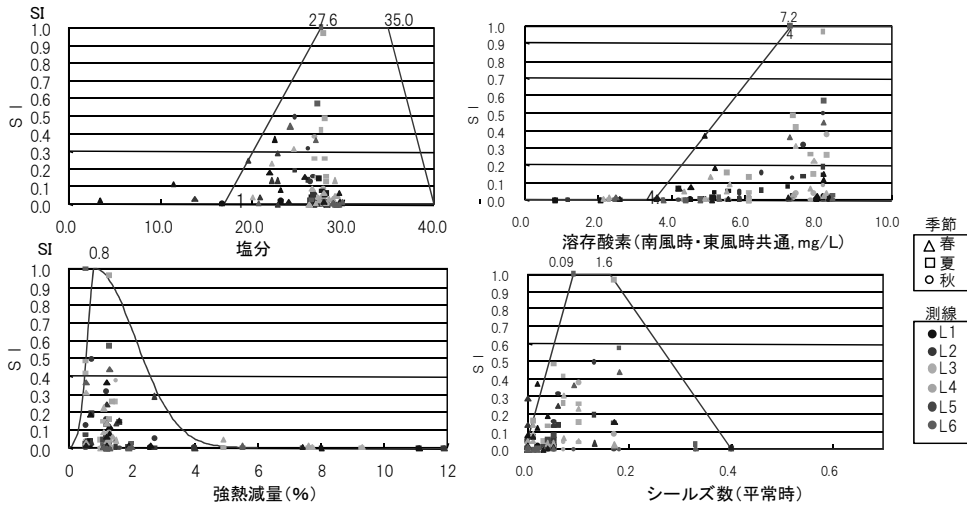


図2 選好曲線図 (塩分, 強熱減量, シールズ数, 溶存酸素: 実線が選好曲線を表し, プロットは場所・季節の異なる実測データを表す: 測線は図4参照)

する単純な形態となるよう配慮した。

3.1.2 HSI の作成

各個別 SI を統合し, HSI を計算した。HSI の計算式は, 各季でアサリの成長段階が異なることなどを考慮し, 季節別に構築することとした。本来, HSI と SI の決定は不可分であり, 合理的な決定方法については更なる検討が必要であるが, 本論文では, 図2に示されるように, SI の季節変動性が明らかでなかったために, 便宜的に各季節共通の SI を用いることとした。

HSI の現況再現にあたって選定した物理量に指数による重み付けを行い, 各季のアサリ存在量との相関を指標に繰り返し計算を行い, 最も相関が高くなる値を設定した。

春の HSI については式 (1), 秋の HSI については, 式(2)となり, それぞれ相関係数として, 0.67, 0.87 を得た。秋季における HSI の相関および, 平面分布を図3, 4に示す。

なお, 図4において HSI が計算されている領域を評価対象としている。

$$\begin{aligned} \text{HSI} &= \text{塩分 SI}^{0.1} \times \text{強熱減量 SI}^{1.0} \\ &\times \text{シールズ数 (平常時) SI}^{2.9} \\ &\times \text{溶存酸素 (南風時) SI}^{0.7} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{HSI} &= \text{塩分 SI}^{0.1} \times \text{強熱減量 SI}^{0.9} \\ &\times \text{シールズ数 (平常時) SI}^{0.4} \\ &\times \text{溶存酸素 (東風時) SI}^{6.5} \end{aligned} \quad (2)$$

3.1.3 埋立計画の有無による六条潟への影響把握

図4に示された計算対象領域の HSI を面積毎に積算することで, 場としての総合評価 (HU: ハビ

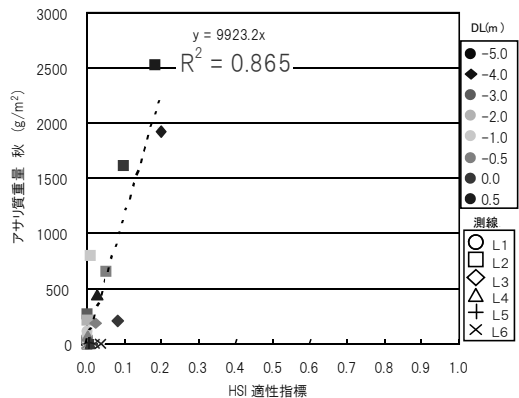


図3 秋季 HSI 相関図 (測線は図4参照)

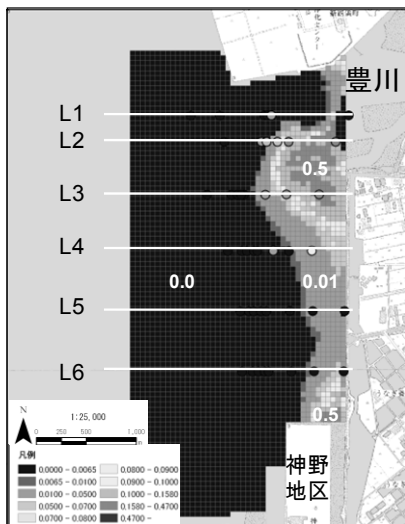


図4 秋季 HSI 得点の平面分布（沖合が 0、沿岸部で 0.5 となる分布となっている）

タットユニット) が可能と考え、現況及び埋め立て後における将来の環境条件を与えて HU を比較した。その結果、春季に現況 120.7 から将来 121.7 (変化率+0.8%) となり、秋季に現況 30.7 から将来 31.9 (変化率+4.0%) となった。これらは、地形造成によるシールズ数の変化や、DO の分布の変化によるものであるが、いずれの季節も変化は局所的であり、大域的影響は試算されなかった。

3.2 生態系手法②: アサリの生活史を考慮した影響把握

六条潟がアサリ稚貝の宝庫といわれているが、着底する幼生がいつどこで産卵してどこを經由するのか、動向メカニズムに関する包括的な報告はなされていない¹⁷⁾。潮流調査、幼生発生源となる周辺の干潟調査、成熟度調査、アサリ浮遊幼生調査、連続稚貝調査などを行い、アサリの生活史について幼生の発生時期や成長速度、浮遊期間や経路、着底時期、浮遊幼生のネットワークなどを明らかにすることで、六条潟に着底・生育するアサリの生活史を考慮した影響把握を試みた。

3.2.1 アサリ浮遊幼生調査

図 5 に示す三河港内約 3km 間隔に配置された 25 地点において、平成 19 年 10 月 4 日、7 日、10 日、13 日の 4 日間、上・中・下層におけるアサリ浮遊幼生の浮遊量・殻長分布の一斉調査を実施した。調査方法は東京湾アサリプロジェクト^{18, 19)}を参考とし、船上からのポンプ採水をプランクトンネット（目合い 50 μ m, 100 μ m）でろ過採取し、免疫学的手法を用いてアサリのみを染色し²⁰⁾ 検鏡した。

サンプリングされた全データを用いて幼生の成長速度を推定すると平均 12 μ m/日となった(図 6)。

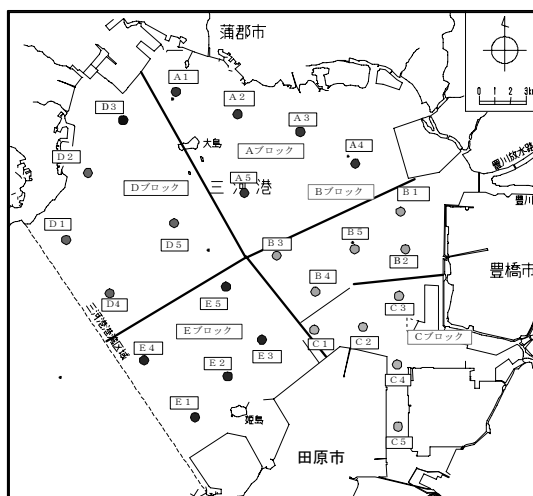


図5 三河港のアサリ浮遊幼生調査地点

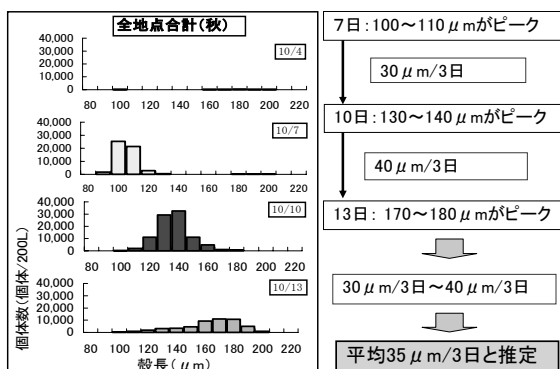


図6 浮遊幼生調査結果（平成 19 年 10 月、全調査地点での殻長分布および成長速度の推定）

3.2.2 アサリ成貝の成熟度調査

アサリ浮遊幼生の産卵時期を確認するため、成熟度調査を、六条潟において平成19年9月21日、26日、10月2日、6日、10日、15日の6日間、以下の手法で連続的に調査した。

成貝10個体を採取し、解剖して生殖巣比重の算定と成熟度の判定を行った。成熟度の判定は、大分県海水研事業報告²¹⁾の判定基準を参考に実施した。成熟度0はやせており、成熟度1.0は生殖巣がふっくらしており切開時に生殖巣がにじみ出るもの、にじみ出ないものは成熟度0.5とした。調査位置及び成熟度判定イメージと調査結果を図7, 8に示す。放卵の判定には、生殖巣の重量比も

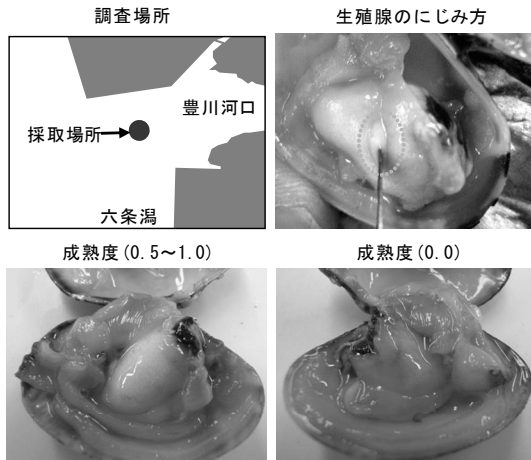


図7 成熟度調査位置及び成熟度判定イメージ

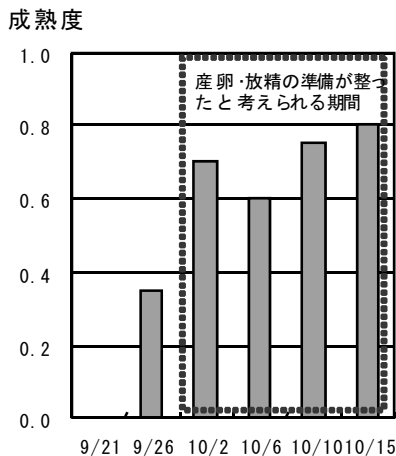


図8 成熟度調査結果

合わせて参考にした。

3.2.3 連続稚貝着底調査

アサリ浮遊幼生の着底時期を確認するため、連続稚貝着底調査を、六条潟において平成19年10月4日、7日、10日、13日、22日の5日間、連続的に調査した。

調査の結果、10月4日から13日では、ほとんど着底稚貝は確認されなかったが、22日には多くの着底稚貝を確認した。13日から22日の期間において稚貝の着底が行われたと考えられる。また、22日の稚貝の大きさは260-280 μ mをピークとした分布となっていた(図9, 10)。

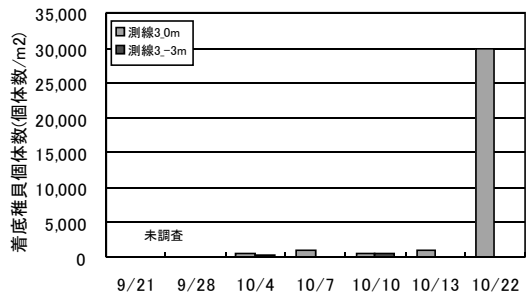


図9 連続着底稚貝調査結果

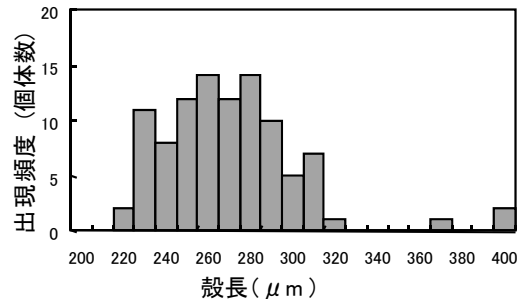


図10 着底稚貝殻長分布

3.2.4 幼生の産卵, 成長, 着底の推定

成熟度が減少している、10月2日と6日の間が産卵時期であると推定できる。アサリ浮遊幼生の調査結果では、10月4日には幼生の出現がほとんど無く、7日には100 μ m程度の幼生が多数発生し

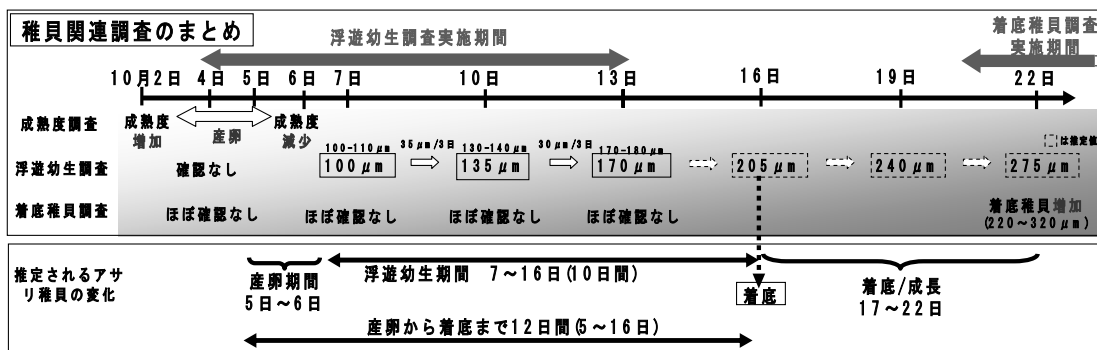


図 11 アサリ浮遊幼生の産卵，成長，着底の推定

ており、成熟度からの産卵推定時期と矛盾しない。

アサリ浮遊幼生の調査結果から、幼生の成長速度を推定すると平均 $12\mu\text{m}/\text{日}$ となる。これを用いて、22 日の殻長を予測すると $275\mu\text{m}$ となり、 $260\text{-}280\mu\text{m}$ ピークとなっている 10 月 22 日の連続着底稚貝調査の結果とも整合する。

また、三河港内の海中で採取できた幼生の殻長は大きいもので概ね $200\mu\text{m}$ であることを考慮し、成長速度から着底想定日を推定すると 10 月 16 日となる。

以上から、三河港の平成 19 年 10 月発生群における生活史を概説すると、アサリ浮遊幼生の発生時期は 5 日頃、成長速度は $12\mu\text{m}/\text{日}$ 、浮遊期間は 10 日間、着底日は 16 日と推定された (図 11)。

3.2.5 アサリ浮遊幼生ネットワークの推定による六条潟の影響把握

アサリ浮遊幼生調査の結果を再現するパッシブトレーサの移流モデルを用いて、浮遊幼生ネットワークを推定することで、現況及び将来地形におけるアサリ浮遊幼生の加入状況を比較することで埋め立て計画による六条潟への広域的な環境影響を把握する試みを行った。

まず、三河港内および、外部から発生・移流してくるアサリ浮遊幼生量を現地調査結果から推定した。それを 10 月 7 日の浮遊初期の幼生分布の初期値として与えて、漂流計算を実施し、9 日後の

10 月 16 日を着底日として定着先を推定した。その結果を用いて、各干潟の間を行き来するアサリ浮遊幼生の数を推定し、ネットワーク図を描いた (図 12, 13)。

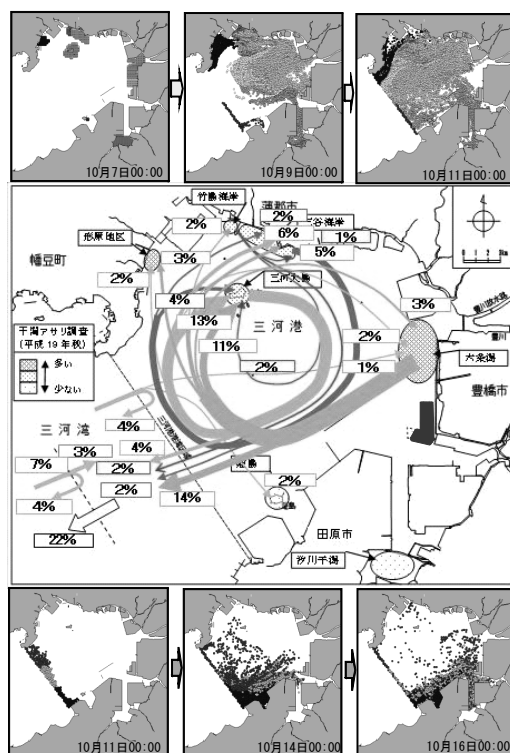


図 12 パッシブトレーサの漂流解析により推定されたアサリ浮遊幼生ネットワーク (現況、上段：湾内発生幼生の浮遊状況、下段：港口から流入する幼生の浮遊状況、中段：全漂流トレーサに対する移流量を数値で示し、その移流経路の概略を矢印で表した。矢印は視認性を上げるため濃淡が付けてある)

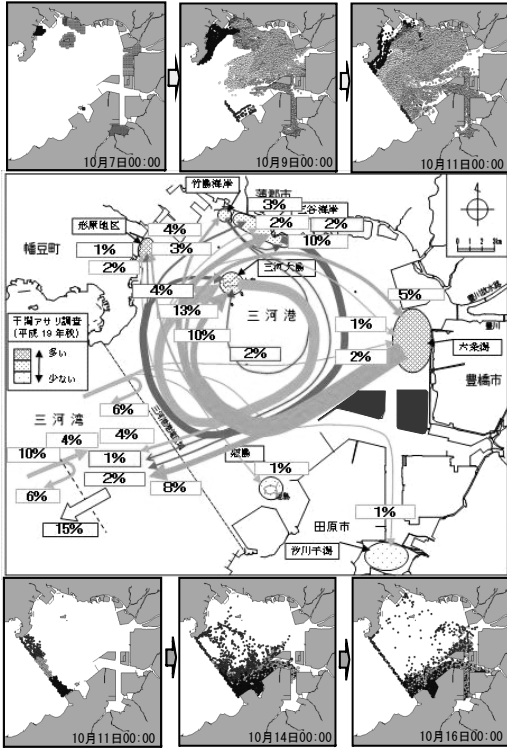


図 13 パッシブトレーサの漂流解析により推定されたアサリ浮遊幼生ネットワーク (将来地形：神野沖埋立地あり，上段・下段・中段：図 12 のキャプション参照)

用いた数値モデルは、潮汐・密度勾配・河川水の流入・海上風を駆動外力とするマルチレベル流動モデルであり、海水を粘性非圧縮性流体とし、鉛直方法に静水圧分布、Knudsen の状態方程式による密度の推定を行い、コリオリのパラメータは、計算領域で一定とした。伊勢湾全体を水平 1km・鉛直 6 層、三河港周辺を水平 200m・鉛直 10 層に分割し、解析対象となる 10 月 4 日～13 日の計算結果を得るために、9 月 1 日から、主要 4 分潮 (M2, S2, O1, K1)、観測された気象条件 (風速・気温)、河川流量 (上流域：実測水位から h-q 式を用いて推定+下流域：流域降水量からの推計) の経時変化を境界条件として与えて計算した。

これらの計算結果を見ると、港内の広域的な流動の変化やそれに付随するアサリ浮遊幼生ネット

ワークの大幅な変化は現れていない (表 1)。なお、計画されている埋め立て地が六条潟を南から囲うように立地している影響とみられる変化が、六条潟周辺にトラップされる量の微増として計算されている。別途、各種条件設定の感度解析などを行った結果、この変化量を有意な増加と判断する根拠がなく、「埋め立てによる影響はほとんどない」と判断できると考えられた。

表 1 浮遊幼生粒子数の到着数

(単位: 10^6 個)

	港湾区域内	港口境界から流入			小計	合計	
		北部	中央部	南部			
特別採捕エリアへの到着数 (重み付け後)	現況	23.0	1.9	2.2	0.0	4.1	27.1
	将来	25.4	2.6	2.9	0.0	5.6	31.0
将来/現況	110%	137%	132%	—	137%	114%	

3.3 生態系手法③：複合的な環境緩和対策

三河港周辺の生態系には、アサリだけではなく、多様な生物が生息し生態系を形作っている。したがって、開発 (埋立) と隣接する環境 (六条潟) の緩衝区間を中心に、多様な生物相の回復や親水性確保のために複合的な環境緩和策を計画することとした。

六条潟および浅場域に近接する神野地区北護岸部分 (図 14, A) には、傾斜型の護岸と人工海浜を計画し、海浜の持つ海水浄化機能に期待するとともに、水辺へのアクセスに配慮した。

神野沖北護岸背後 (図 14, B) には、人と自然のふれあいの場の創出のための緑地を計画した。

神野沖と神野地区に挟まれた航路 (図 14, C) においては、港内の利用とも共存できるように直立護岸を活用した環境配慮施設を計画し、護岸内の空隙に生物生息場を創出し、生息生物による物質循環の活性化、水質浄化効果を期待した。

神野沖北護岸 (図 14, D) においては、既設の直立護岸前面の水深が深く、波あたりが強いことなどを勘案し、護岸前面に藻場造成と一体となるテラス状のマウンドを計画し、海藻の栄養塩貯留

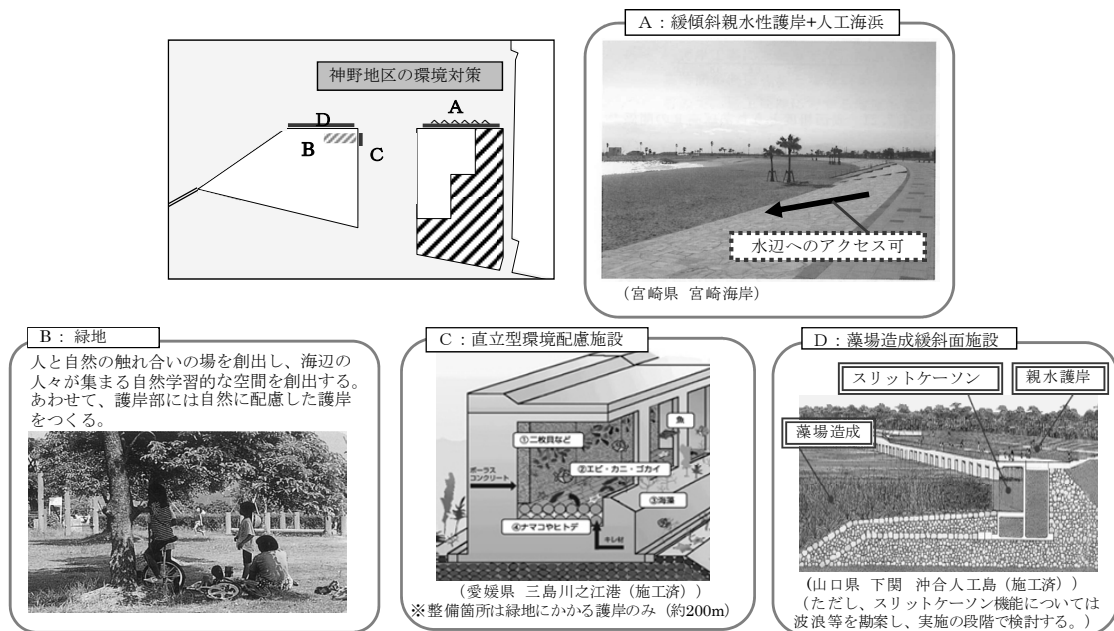


図 14 埋め立て計画部分の環境緩和対策計画

効果による水質悪化への緩衝作用や、稚子魚の養育場としての生物生息機能を期待した。

3.4 生態系手法④: 海水循環を視野に入れた局所的な生態系環境の改善

前節 (3.3) で示されたような環境対策の実施においては、局所的な生態系環境の改善をセットで考える必要がある。特に、海水循環が滞留すると浮遊ゴミの集積や底質の泥化などを引き起こす可能性もあるので注意が必要である。

港湾域周辺の海水循環の確保を目指して、新たに計画される埋め立て地のコーナー部を曲線にするなどの対策を計画した。

微細な地形変化を再現できるように、3.2.5 で用いた流動モデルの水平計算メッシュを 10m とし、図 15 に示す部分モデルの各境界に水位差を与え、定常流れを駆動し、流れやすさを比較した。流れやすさは、評価領域の長さ L の上流側・下流側の水位 (H_u, H_d) と、評価ラインに発生する流速 u から、マンニングの平均流速公式を用いて粗度 n を

逆算することで比較した (図 15, 式 (3))。

$$u = \frac{1}{n} \left(\frac{Hu + Hd}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Hu - Hd}{L} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

計算ケースとしては、神野沖埋立地の北東端と南東端の曲率や曲線部の開始点・終点を離れたケースを想定し、3つの評価ラインにおいてその流れやすさを粗度 n で比較した (図 16)。

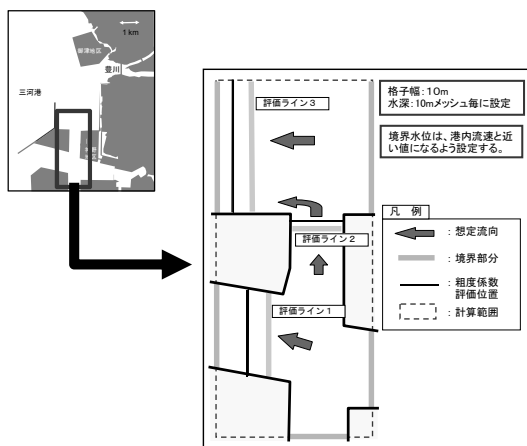


図 15 局所的流れ環境の比較計算の評価領域と評価ラインの概念図

ここでは、代表的な4例について計算結果を示す(図16, 表2)角を丸めた効果は、顕著に表れ、埋め立て地周辺での流動環境の改善のためにコーナー部を曲線にすることは、有効であると判断された。

表2 粗度 n で示した流れ易さの比較 (括弧の中は n の逆数で表した流れやすさの相対値)

	評価ライン1	評価ライン2	評価ライン3
ケース1	0.049 (1.0)	0.020 (2.5)	0.034 (1.4)
ケース2	0.048 (1.0)	0.014 (3.5)	0.029 (1.7)
ケース3	0.050 (1.0)	0.027 (1.8)	0.032 (1.5)
ケース4	0.050 (1.0)	0.024 (2.0)	0.027 (1.8)

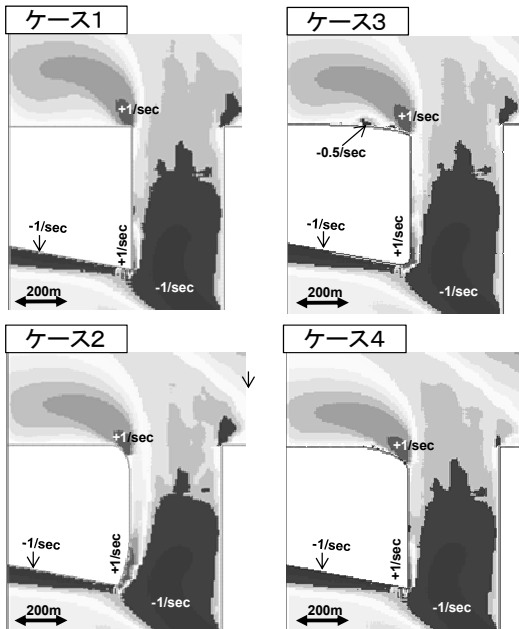


図16 埋立地形検討ケース毎の渦度分布

4. 考察

三河港は、主に北西から西風が卓越しており、六条潟の南に位置する埋め立て計画は六条潟に対してあまり影響を与えないと考えられていた。生態系手法を適用することにより以下のような状況が明らかになってきた。

場の総合的な評価 (3.1) からは、地元で言われ

てきた「六条潟が貧酸素化しやすくなる場合は、東風が卓越した場合」という条件を加味した HSI (生育場適正指標) を用いて評価することで、埋め立て地の有無が、優先種であり典型種であるアサリの生息に大きな影響を与えない、すなわち六条潟の生態系としての場の変化は小さいことが示唆された。

アサリの生活史を考慮した影響把握 (3.2) では、三河港における産卵・浮遊・着底の一連の生活史が観測により確認された。また、発生群が明瞭に区分されたことから、これらの産卵は常に行われているものではなく、何らかの刺激によって一斉に産卵が行われたものと示唆された。これは、成熟度調査結果とも整合している。なお、刺激については、調査期間中にあった2回の大潮と同調した放卵・放精は見られず、具体的な機構は未解明のままである。

こうしたアサリの生活史を追跡した検討は、ほとんど報告されていない現状であるが、東京湾での検討例と今回の例と比較した場合、幼生の成長速度は、日 $12\mu\text{m}$ で成長していることが確認でき、着底は $200\mu\text{m}$ 前後、10日間で起こることが観察された。これらは、東京湾アサリプロジェクトで行われた報告結果^{18, 19)}や、アサリの成長速度予測曲線²²⁾とも整合していた。これらのことは、アサリの生活史を考慮した検討が他海域にも展開できる可能性があることを示唆していると考えている。

特に、アサリ浮遊幼生ネットワークの推定による六条潟への影響把握は、広域的な生態系への環境影響を把握する手法として有効であることが示された。この手法自体は、東京湾アサリプロジェクトで得られた結果を解析した手法¹⁹⁾を踏襲しているが、将来地形での検討を含めた影響を推定・評価する計算として実施されたのは初めてである。境界から流入してくるアサリ浮遊幼生量の推定方法・アサリ幼生の動態をパッシブトレーサ

としてモデル化したこと等、推定精度向上に関わる検討の余地を残しているものの、埋め立て計画の広域影響がほとんどないことが示された。

複合的な環境緩和対策の検討として、局所的な海水循環の改善方策（3.4）や、水質浄化や生物生息機能を付加した環境対策（3.3）を検討し、その有効性が示唆された。今後、その実施に当たっては目標の明確化とともに、順応的管理手法の適用により、その目標に向かって関係者と連携しながら実施に当たることが必要と思われる。

本論文で示されたような、生態系手法の適用により、以下のような説明・検討が可能となることが示唆されたと考えている。

- ・局所的な流動や、生物生息の適正度などを指標とすることで、港湾開発に関わる直接的な影響だけでなく、間接的な影響についても客観的な説明をすること。
- ・アサリ浮遊幼生ネットワークという広域の場の認識手法により、効果的な保全対策の検討をすること。
- ・さらにその考えを発展させ、開発可能エリア、保全エリアといったゾーニングの考え方を導入すること。

5. おわりに

生態系手法（Ecosystem Approach）^{24,25）}そのものが、明確な定義もないままに用いられている状況ではあったが、新たに調査手法を開拓しながら、環境影響の総合評価、生息生物の生活史の考慮、生物の多様性へ配慮することで、質と量のどちらの変化にも対応した環境影響の検討を行ったことは、港湾計画改訂のための調査・検討として画期的なことだと思われる。

その結果、海域環境にとって貴重な干潟域・浅場域の埋め立てを回避する提案に科学的な評価を与えることができたことは有意義であったと考える。

今後も、三河港が開発と環境の共生を目指して

いくためには、全国に先駆けた技術的な見識が求められる。本研究成果を活用し、さらなる研究成果に期待したい。

謝辞

本検討は、港湾開発環境計画検討会での検討結果や議論を中心に記しています。同検討会の委員として参画された、青木伸一教授、中村由行博士、野原精一博士、日向野純也博士、水谷法美教授に甚大なる謝意を表します。また、調査の実施にあられた調査会社の方々、調査にご協力いただいた関係各位、事務局として尽力された愛知県港湾課の方々に謝意を表します。本論文の提出にあたり、匿名の査読者からの的確かつ配慮あるご指摘を受け改善がなされました。記して心より感謝いたします。

引用・参考文献

- 1) アサリ資源全国協議会提言検討委員会・水産庁・独立行政法人水産総合研究センター：提言 国産アサリの復活に向けて、政策パンフレット, <http://www.jga.maff.go.jp/panf/>, 31p., 2007
- 2) 伊勢湾再生推進会議：伊勢湾再生行動計画, http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/isewan_saisei/, 77p., 2007
- 3) 愛知県：愛知県漁業調整規則, 昭和 26 年 11 月 1 日制定, 規則第 85 号, 2006
- 4) 西村大司・岡島正彦・加藤英紀・風間崇宏：浚渫砂を用いた干潟造成による環境改善効果について, 海洋開発論文集, Vol.18, pp.25-30, 2002
- 5) 愛知県：三河港港湾計画検討委員会について, 港湾課, <http://www.pref.aichi.jp/>, 2008
- 6) 古川恵太・Stephanie Wallace：生息場適性指標（HSI）による沿岸域の統合的環境評価の試行, 海洋開発論文集, Vol.22, pp.229-234, 2006

- 7) 海の自然再生ワーキンググループ：順応的管理による海辺の自然再生，環境配慮の標準化のための実践ハンドブック，国土交通省港湾局，294p.，2007
- 8) 俵佐方人：愛知県におけるアサリ増殖場造成事例，水産工学，Vol.29, No.2, pp.113-118, 1992
- 9) 石岡宏子・浜口昌巳・薄 浩則・立石 健・山本 翠・井手尾 寛・岩本 哲二：アサリ育成漁場の環境特性，瀬戸内水研報，No.1，pp.15-37, 1999
- 10) 沼口勝之：アサリ漁場における底層水，セジメントおよび底泥のクロロフィル a とフェオ色素量，養殖研究所研究報告，18 号，pp.39-50, 1990
- 11) 市村康・藤崎奈緒美・角野浩二・鈴木英治：HSI モデルを用いた人工干潟の生物生息場の評価，第 31 回環境システム研究論文発表会講演集，pp.537-541, 2003
- 12) 柴垣太郎・畔柳昭雄：里海における干潟生態系の価値評価に関する研究，日本沿岸域学会論文集，No.16, pp.39-48, 2004
- 13) 新保裕美・田中昌宏・池谷毅・川越義功：アサリを対象とした生物生息地適正評価モデル，海岸工学論文集，No.47, pp.1111-1115, 2000
- 14) 村上和男・田中章・久喜伸晃・林永悟・明瀬一行・宮本由郎・市村康：HSI モデルの構築と干潟の生物生息環境評価，海岸工学論文集，No.52, pp.1146-1150, 2005
- 15) 鈴木誠・磯部雅彦・佐々木淳：アサリの生息密度の推定法に関する研究，海岸工学論文集，48, pp.1391-1395, 2001
- 16) 島多義彦・袋昭太：静岡県浜名湖，干潟再生による生物生息環境改善効果の定量的手法に関する研究，フジタ技術研究報告，pp.57-61, 2004
- 17) 松村貴晴・岡本俊治・黒田伸郎・浜口昌巳：三河湾におけるアサリ浮遊幼生の時空間分布 -間接蛍光抗体法を用いた解析の試み-，日本ベントス学会，Vol.56, pp.1-8.，2001
- 18) 粕谷智之・浜口昌巳・古川恵太・日向博文：夏季東京湾におけるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) 浮遊幼生の出現密度の時空間変動，国土技術政策総合研究所研究報告，第 8 号，pp.1-13, 2003
- 19) 粕谷智之・浜口昌巳・古川恵太・日向博文：秋季東京湾におけるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) 浮遊幼生の出現密度の時空間変動，国土技術政策総合研究所研究報告，No.12, pp.1-12, 2003
- 20) 浜口昌巳：瀬戸内海アサリ漁場生態調査における適用方法の開発，魚介類の初期生態解明のための種判別技術の開発，農林水産省農林水産技術会議事務局，東京，pp.66-76, 1999
- 21) 平澤敬一・金澤健：豊前海重要貝類漁場開発調査 (2) アサリ漁場環境調査，大分県海水研究事業報告，第 47 号，pp.225-230, 2004
- 22) 鳥羽光晴：アサリ幼生の成長速度と水温との関係，千葉県水試研報，50, pp.17-20, 1992
- 23) 日向博文：東京湾におけるアサリ幼生の移流過程の数値計算，水産総合研究センター研究報告，第 14 号，別冊第 3 号，pp.55-62, 2005
- 24) JNCC: The Ecosystem based approach, Web 文書，<http://www.jncc.gov.uk/page-1576>
- 25) US Fish and Wildlife Service : Conserving the Nature of America, Web 文書，<http://www.fws.gov/ecosystems/>

著者紹介



古川 恵太 (正会員)

国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部 (神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1), 昭和 38 年生まれ，昭和 63 年 3 月早稲田大学大学院理工学研究科建設工学専攻修了，工学博士，土木学会会員。

E-mail: furukawa-k92y2@ysk.nilim.go.jp



加藤 博之

愛知県豊田加茂建設事務所 河川整備課（愛知県豊田市常磐町3-28），昭和45年生まれ，平成6年3月岐阜大学工学部土木工学科卒，平成20年3月まで愛知県建設部港湾課勤務。

Implementation of a Long-term Port Construction Planning with Ecosystem Approach

Keita FURUKAWA and Hiroyuki KATOU

ABSTRACT : Mikawa Port in Ise-Mikawa Bay, Japan is now revising its original port development plan. To assess direct and indirect impacts on a rich short-necked clam habitat by additional 200 ha reclamation, “Ecosystem Approach” had been employed. Dynamics of environment such as life-stage of the clam, its larvae transport network (Ecosystem network), multi-phased impact (water quality, sediment quality, and physical condition), and multi-scale impact by small eddies generated around reclaimed lands were determined. These scientifically sounds ecosystem approach enabling integrated mitigations for impact of port development with sustainable use of tidal-flat ecosystem.

KEYWORDS : *Coastal ecosystem, habitat suitability index, short-necked clam larvae network, environmental mitigation planning, consensus building*