

2. 沿岸域の計画・管理の視点

2.1 沿岸域環境と生態系の関係

2.1.1 海辺の再生に向けた4つの視点

日本の海辺は、多様な環境要因と地質学的背景から、磯や砂浜、藻場・干潟と変化に富んでいる。その海辺に足を踏み入れると、アクセスの悪さ、海岸線の侵食、ゴミの漂着、赤潮や濁りによる水色の変化、貧酸素水塊や青潮による生物の大量死、生物生息場（そして生息生物）の減少など、身近な環境が劣化してきている様子が見てとれる。地球温暖化や種の多様性の保全といった地球規模の環境問題への対応や津波・高潮に対する防災・減災といった緊急の問題とともに、日々我々のそばにある海辺の環境の変化について知り、「できること」を「できるところ」から取り組んでいくことも大切な取り組みであると考え。それを実現するための方法論のひとつが、土木工学的なアプローチであり、その可能性について検討した。

土木工学は、人の活動を中心とした社会基盤整備を目指し、土地造成（埋立、宅地開発）、水資源管理（ダム建設、河川改修、下水道整備）、交通施設整備（鉄道、道路、橋、港湾）、防災施設整備（防波堤、水門、護岸、土地改良）等を行うための実学として、多くの技術を開発し、社会に適用されてきた。その結果として、地形改変（浚渫・埋立）や、周辺の土地や海域利用の変化、水利用の変化に伴う水循環の変化等が生じ、その都度、個別の大規模開発については環境影響を評価し軽減・回避する努力をしてきたものの、その改変の積み重ねが長期的・総体的に累積して前記の海辺の環境の変化を引き起こす原因の一つとなってきたということは否めない事実である。しかし今一度、土木工学に蓄積されてきた地形改変、水資源管理、各種施設整備の経験や技術を見直し、活用することで、海辺の環境を再生する糸口がつかめるのではないかと考えている。

再生といっても、一度損なわれた海辺の環境やその環境が持つ機能を取り戻すことは簡単ではない。そこには、本来の状況に戻すことを促す努力と、現状に則した改善を図る方向での努力を含む広い意味での再生に対する認識が必要である。また、海辺の自然の複雑さや連関の深さを考えれば、その努力は画一的・狭い視野であってはならず、包括的な目標を掲げ、可能な限り自然に委ね、その力を発揮してもらうように適材適所な手助けを、その効果を確認しながら徐々に適用していくような順応的な取り組みが必要である。

例えば、国土交通省・海上保安庁が中心になって進めている、『全国海の再生プロジェクト』では、閉鎖性海域の水環境の改善を図るため、関係省庁や地方自治体等と連携した取り組みがなされており、海域毎に包括的な目標を掲げ、それを実現するための行動計画（図-2.1）や、順応的に取り組むための見直しの制度が示されている。その構造を「東京湾再生のための行動計画」を例にして、順応的管理の取り組み方にあてはめて図示すると、図-2.2のようになっている。すなわち、包括的な目標として、現状の把握・分析に基づき、多くの関係主体の合意を得た「快適に水遊びができ、多くの生物が生息する、親しみやすく美しい「海」を取り戻し、首都圏にふさわしい「東京湾」を創出する」が設定され、その実現のために、下水道整備などを中心とした陸域負荷削減策の推進、海面の浮遊ゴミの回収や、藻場干潟の再生・創出などをメニューとする海域における環境改善対策の推進、東京湾のモニタリングが3つの柱として位置づけられている。さらに、これらを効率的・効果的に実施していくために、東京湾のうち特に重点的に再生を目指す千葉港－東京港－横浜港を包括する湾の北岸から西岸のエリアを重点エリアと定め、その中に、7つのアピールポイントを選択し、改善施策を講じた場合の、それぞれの場所における改善イメージ、さらにはこれに相当する指標及び目安が記述された。この行動計画は、平成15年3月に10カ年の計画として発表され、毎年度フォローアップを行うとともに、3年目と6年目の終了時（平成18年度、平成21年度）には総合的に進捗状況を評価する中間評価を行うこととなっている。こうした、取り組み等を参考に、海辺の自然再生に向けた視点として、以下の4つが重要である（図-2.3）。

- ・目標設定：場の理解に基づき、多くの関係者が共有できる包括的な目標設定
- ・場の理解：科学的な環境だけでなく、社会的・歴史的背景なども含めた理解
- ・手法開発：目標を実現するためのメニュー作り、技術開発

- ・システム化：目標を達成する手法を実現化する仕組み、順応的管理手法の適用等

東京湾再生のための行動計画

(行動計画策定 H15.3.28)
(中間評価 H19.3.14)

快適に水遊びができ、多くの生物が生息する、
親しみやすく美しい「海」を取り戻し、首都圏に
ふさわしい「東京湾」を創出する。

○陸域負荷の削減

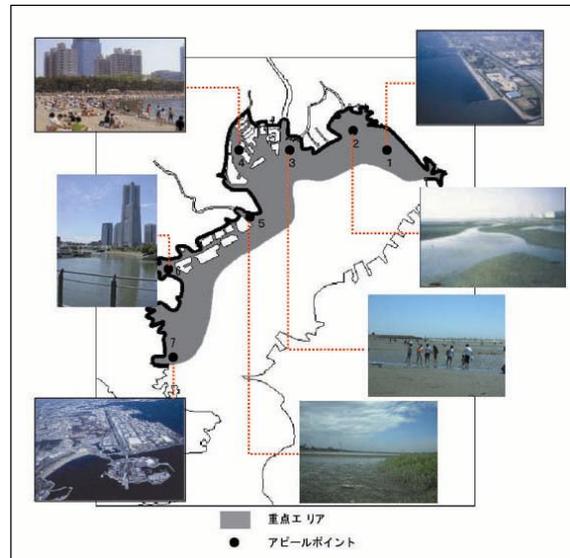
- ・各種生活排水処理施設等の整備
- ・河川浄化や湿地や干潟の再生等
- ・森林の整備や保全等

○海域における環境改善対策

- ・底質の改善等
- ・海面や海浜・干潟等の清掃活動等
- ・良好な生物の生息環境を構築するための干潟、浅海域のネットワーク化

○東京湾のモニタリング

- ・各機関の連携協力によるモニタリングデータの整理、活用
- ・モニタリングデータの情報収集や発信の充実



重点エリア及びアピールポイントの設定
施策による改善の効果を体感・実感出来るような
場所の設定及び改善施策のイメージ化

図-2.1 東京湾再生のための行動計画

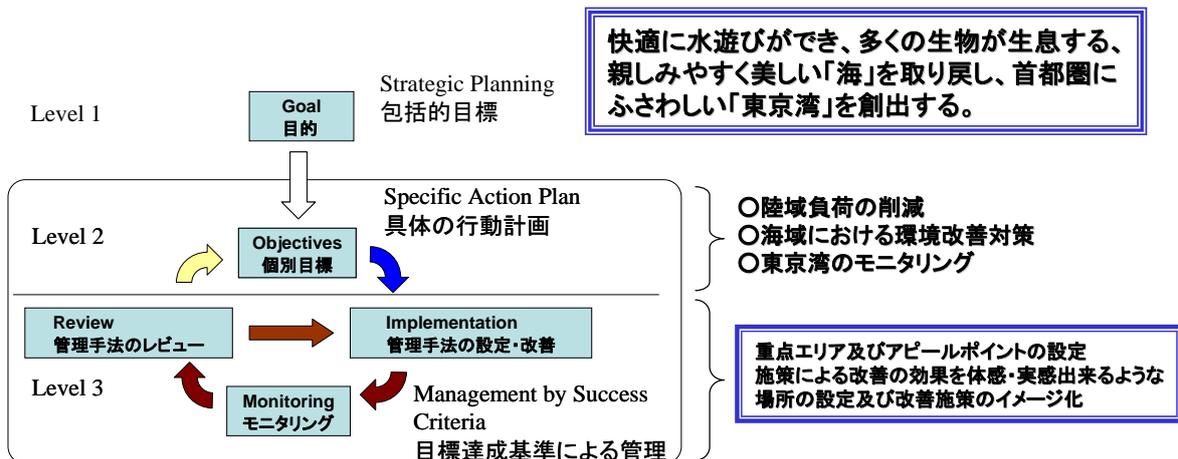


図-2.2 東京湾再生のための行動計画における順応的管理の構造

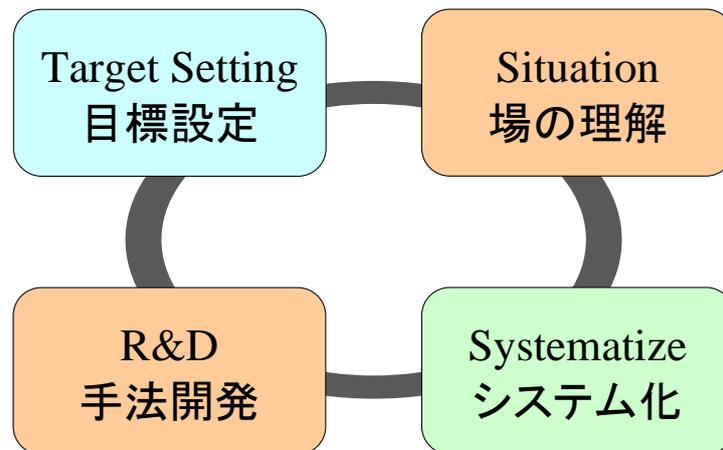


図-2.3 海辺の再生に向けた視点

2.1.2 生態系ネットワーク

アサリ (*Ruditapes philippinarum*) は日本各地の干潟や浅場に生息する代表的な食用二枚貝であり、濾過食者としての高い海水浄化能力により、環境改善の面からも着目される種である。しかし、アサリの資源量は全国的にも、東京湾でも激減しており、その主な原因は、外来種との競合、乱獲、水質環境の変化、生息場の消失・劣化等とともに、アサリの浮遊幼生の行き来による生息場間のつながり（生態系ネットワーク）の欠落や分断も生態系の劣化の一因でないかと考えられている。

このように、生態系ネットワークは、生き物の量と多様性を確保するために重要な機構の一つと考えられている。その実態を把握するために東京湾におけるアサリ浮遊幼生による干潟間の連携や、海域における移流過程を実証する試みが行われた。2001年8月の結果から、孵化後間もないと考えられる殻長100 μm 以下の幼生は、盤洲、富津、三枚洲～羽田、横浜そして市原周辺の海域に多く分布し、自然の干潟や浅場だけではなく、港湾域もアサリ幼生の供給場所として機能していることが推定された。また、その後、同じ個体群と考えられる個体群の出現密度の水平分布を比較した結果、分布の中心は羽田～三枚洲および盤洲周辺の海域から、湾中央部に移っていることが明らかとなった。当該の日の東京湾では、強い北風により引き起こされた湧昇フロントが湾中央部に観察されたことから、アサリ浮遊幼生の水平分布には物理的な収束機構が作用していることも示唆されている。こうした観測結果を数値計算で再現することにより、東京湾の各海域間のネットワークの強さを推定したところ、富津－木更津間の強い相互方向のネットワークと、東京－川崎－横浜を北から南につなぐ一方向のネットワークの存在が確認された（図-2.4）。

相互方向のネットワークでは、ある生息地に異変が起こっても、もう一方からの供給により回復されるという、一種の恒常性が期待できる。一方、一方向（非可逆的）のネットワークでは、上流側の生息地に異変が起こるとその影響は下流側の生息地に及び、脆弱性を秘めたネットワークであると推定される。そこで、「東京湾の再生のための行動計画」においては、この一方向のネットワークしか持たない場や、ネットワークのつながりが弱いと判断された千葉－東京－横浜を結ぶ広い海域が重点領域として選択されている。これは、場の理解に対応した行動計画の設定がなされたひとつの例である。

こうした生態系ネットワークを通して海域の環境を把握することは、海域の環境を局所的・瞬間的な水質や物理環境だけで判断するだけでなく、周囲との連関や連続した時間の中で生物の中に蓄積される環境条件の情報を読み解くという意味をもつ。今後、場の理解の方向性のひとつとして着目されるべきであるし、その評価手法の開発は急務であると考えている。

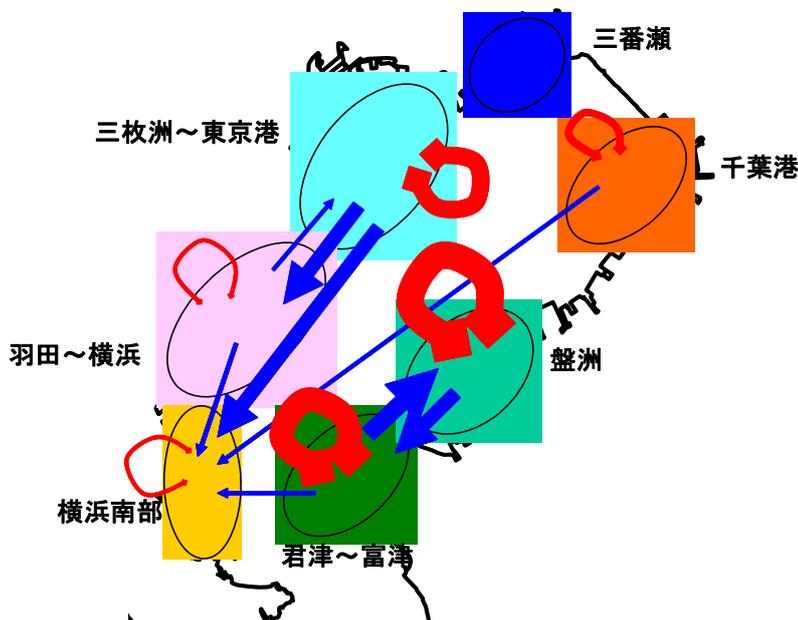


図-2.4 数値計算で推定されたアサリ浮遊幼生のネットワークの例
(線の太さが、幼生の移流量をあらわしている)

2.1.3 生き物の棲み処

環境を生物によって評価する試みとして、指標生物による海底環境区分や、7都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善部会の提唱した「東京湾における底生生物等による底質評価方法」がある。後者については、東京湾における底質の環境評価区分を5段階に分け、底生生物の総出現種類数など4項目で評点をつけ、評点の合計で底質環境を評価する方法である。生物を指標とすることにより、場の特性が物理化学特性値としてだけではなく、感覚的に理解できることが利点である。

東京湾再生のための自然再生事業の適地選定に利用できる基礎的資料の作成を目的として、東京湾内湾域の14箇所の護岸において同一時期、同一手法で調査を行い、空間的な生物分布特性の解明を試みた調査結果を紹介する。なお、今回調査対象とした護岸は、外力条件を揃えるために全て直立護岸とし、港外もしくは港外に近い場所に位置する場所から選定した。2006年3月に行った結果をまとめると、図-2.5に示すような付着生物の水平分布が得られた。付着生物の総種類数は、比較的水質が悪いと考えられるG4~G6付近に極小値を持っていた。他の結果も参照すると、付着動物は、水質の空間的分布特性に大きく依存し、水質の時間的な変動による影響は小さいと推察され、付着植物は、水質の空間的分布特性とともに、時間的な変動による影響により、その生息範囲の制限を受けていると推察された。

こうした結果を元に、「空間的な分布特性は加入を支配し、時間的な変動特性は生き残りを支配している」と大胆な仮説を立てるとすれば、東京湾をマクロな視点で見たとき「動物・植物ともに、東京湾の環境において加入が可能であるが、植物は夏季の貧酸素や濁り、冬季の風浪などにより生息が制限されている」というような評価が考えられるかもしれない。科学的な仮説立案としては乱暴な論理であるが、こうした評価を与えることで、行動計画への指針（どこで、どんな自然再生をすべきか）が得られるのである。土木工学的なアプローチを進めるためには、こうした評価・理由付けが不可欠である。もちろん、こうした評価は事業の中で検証していかなければならないし、検証結果を真摯に受け止め柔軟に事業を実施・変更するシステムが必要である。先に紹介した「順応的管理」は、まさに行動計画策定の根拠として採用された仮説を、継続的なモニタリングの中で、その真偽を確かめながら自然再生を進めて

いくという管理手法を手順化したものである。

生物についての知見を漏れなく明らかにすることは大変難しい。生き物の棲み処という視点で海域の環境を把握するためには、不確定要素・仮定が多く入っていることを理解すべきであり、それを明らかにする調査・研究の努力を怠ってはならない。それと同時に、得られた知識を汎用化・一般化した仮説に集約し、順応的管理で確認しながら場の理解と行動計画の実施を同時に進行させるやり方（順応的管理）への理解も求めたい。

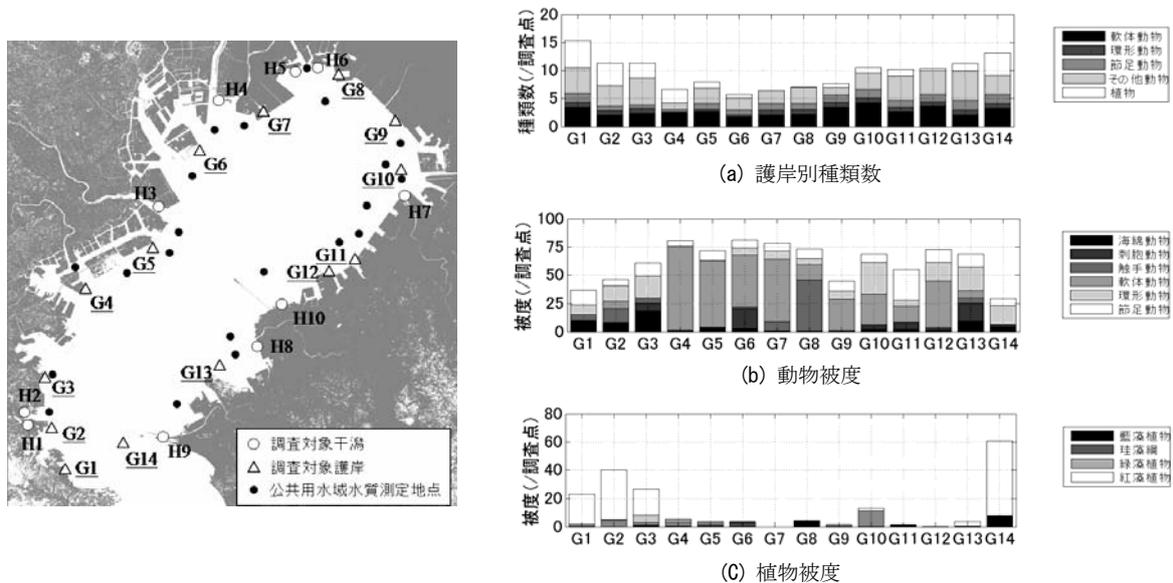


図-2.5 東京湾をとりまく護岸に付着する生物の状況（2006年3月）
 (a) 付着生物種類数, (b) 付着動物の被度, (c) 付着植物の被度

2.2 沿岸域環境に今後求められる視点

2.2.1 海辺の自然再生のための管理技術に関する研究

都市臨海部で実施された自然再生の場での市民協働による事業評価に対応する調査手法を検討することを目的とした。検討は、東京都港区（芝浦アイランド）に位置する芝浦運河内に造成されたテラス型護岸の潮だまり（4×8m, 2箇所）で実践的に行った（図-2.6）。

研究の目標は、市民協働での一般市民また子供達が、自主的に継続して行える調査手法の開発で、現在一般的に行われている調査手法への考え方の転換とそれに伴う手法の改新をも狙った。

マハゼ、ウナギ、テナガエビを対象にした採集は、潮が引いて独立した潮だまりの溜水を排水しかいぼりを行い、干出したり集積した対象をいためずに拾い、種別に分けて集める方法で行った（図-2.7）。

集まった対象を適量、スケールを入れたバットに収容し、その上方からデジタルカメラで画像収録した。収録が終った対象は、潮だまりの溜水に再び戻し、対象を継続的に生息させる方法をとった。この拾ってから戻す一連の作業での対象の致死は5%以内であった。収録した画像はコンピューターのディスプレイ画面でスケールを基本に全長と個体数を計測し、個体群の体長組成を得た。体重は現場での画像収録と同時に計測した対象個体群の各体長段階の個体体重を直接計測し、その資料を基に体重組成を求むることができた（図-2.8, 図-2.9）。

事例を支えるものは、一般に普及しているデジタルカメラやコンピューターの活用で、これによって測定作業の時間短縮が、対象の致死低減につながり、対象を生息場所に戻すことで、同じ対象個体群の継続した調査を可能にした。今まで一般的に行われてきた対象の致死を考えない計測作業や、ホルマリン固定をして後日計測するなど、個体群の維持を無視する方法とは異なることを示した。

野生動物の調査では、現在、世界の方向は「致命的な方法を用いるのは必要不可欠の場合に限られる」

とし、本事例は、小さな潮だまりであるがこの方向に沿うものである。



図-2.6 芝浦アイランドにおけるテラス型護岸に設けた潮だまりの現況写真(全景)



図-2.7 かいぼり調査



図-2.8 画像による採取生物の記録

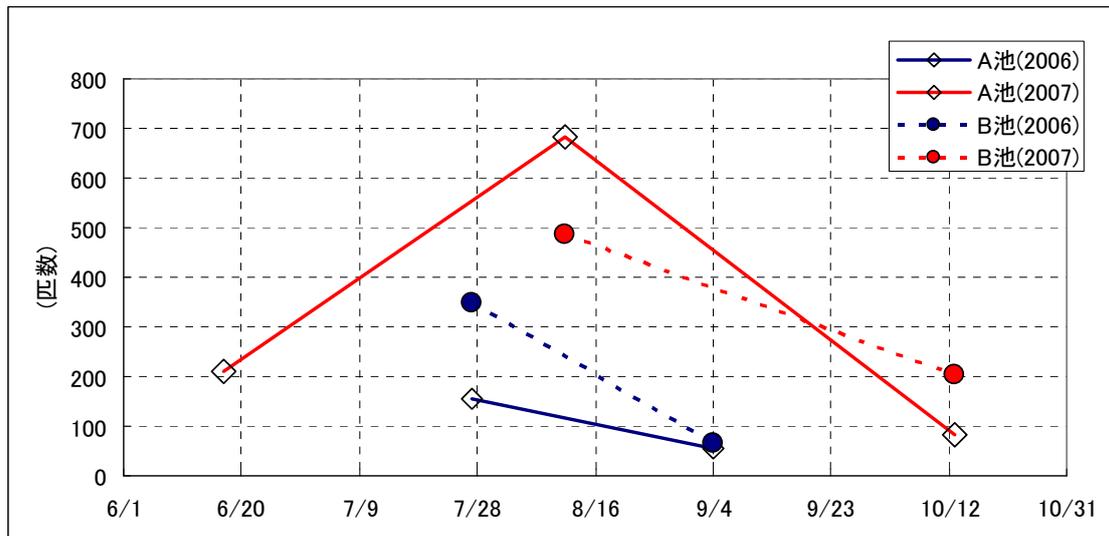


図-2.9 各潮だまりにおけるハゼの個体数

調査手法を工夫すれば、経験がない一般市民また子供達であっても、専門家の協力の下、場造り、調査、教育を含む自然再生に協働できることが判った。ただし、計画の立案、調査の申請、安全対策は官・専門家の助言が必要である。今後、調査内容の充実および市民による主体的な管理の実現に向かって、調査の継続実施および勉強会の充実が不可欠である。また、維持管理方法を構築する上で、公的管理と市民による管理の役割分担などについても議論をしていく必要があることが判った。

2.2.2 海辺の自然再生のための計画立案に関する研究

干潟・浅場を中心とした生物生息場の創出は、海洋環境の改善、生物多様性・生産性の向上といった効果が期待され海辺の自然再生において有効な対策と考えられる。社会資本整備計画(H21.3)の中でも積極的な湿地・干潟の再生が謳われ、平成24年度までに失われた湿地・干潟(約7000ha)の約3割の回復を目指している。

そうした事業の事例を収集し、場所毎・対象の生態系毎に再整理するとともに、実践の主体となる組織、そしてそれを支える調査研究といった軸から見た「自然再生の実践に向けたシステムづくり」をテーマに海辺の自然再生事例について取りまとめた。

収集した102の事例について、海域毎に干潟・湿地・浅場、藻場、築磯・共生護岸、その他に分類し、事例の実施主体(だれが)、実施時期(いつ)、対象の場(どこでなにを)、事例の特徴(得たもの)について分析した(図-2.10)。

(1) 6海域に分類される63事例を対象として整理した結果

・東京湾(29事例)

実施主体が多岐にわたり、多くの主体が連携した取り組みも数多くみられた。場の理解のための環境データベース、情報マップ等の事例も数多く存在する。

・伊勢湾・三河湾(9事例)

干潟・湿地・浅場の事例が七割を占め、平成以前からの取り組みがみられることも特徴である。早くから自然再生への取り組みが積極的になされてきたことがうかがえる。

・大阪湾(5事例)

パイロット事業、研究プロジェクト等、民間企業や行政、大学が連携した手法開発の取り組みが6割(3事例)を占めていた。築磯・共生護岸の事例は関西国際空港における藻場造成の取り組みなどが先駆例である。

・瀬戸内海（10事例）

主に国土交通省、民間企業によるパイロット事業、個別技術開発としての干潟、浅場、藻場の再生事例が数多くみられる（6事例）。

・有明・八代海（5事例）

いずれも平成11年以降の取り組みが収集された。干潟・湿地・浅場の事例で8割（4事例）を占めており、それらはいずれも研究プロジェクト、個別技術開発の取り組みであった。

・沖縄（5事例）

沖縄ならではの、サンゴ礁の再生事例などが収集された。こうした取り組みは昭和55年代に始まっており、マングローブ植栽という沖縄特有の事例も存在する。

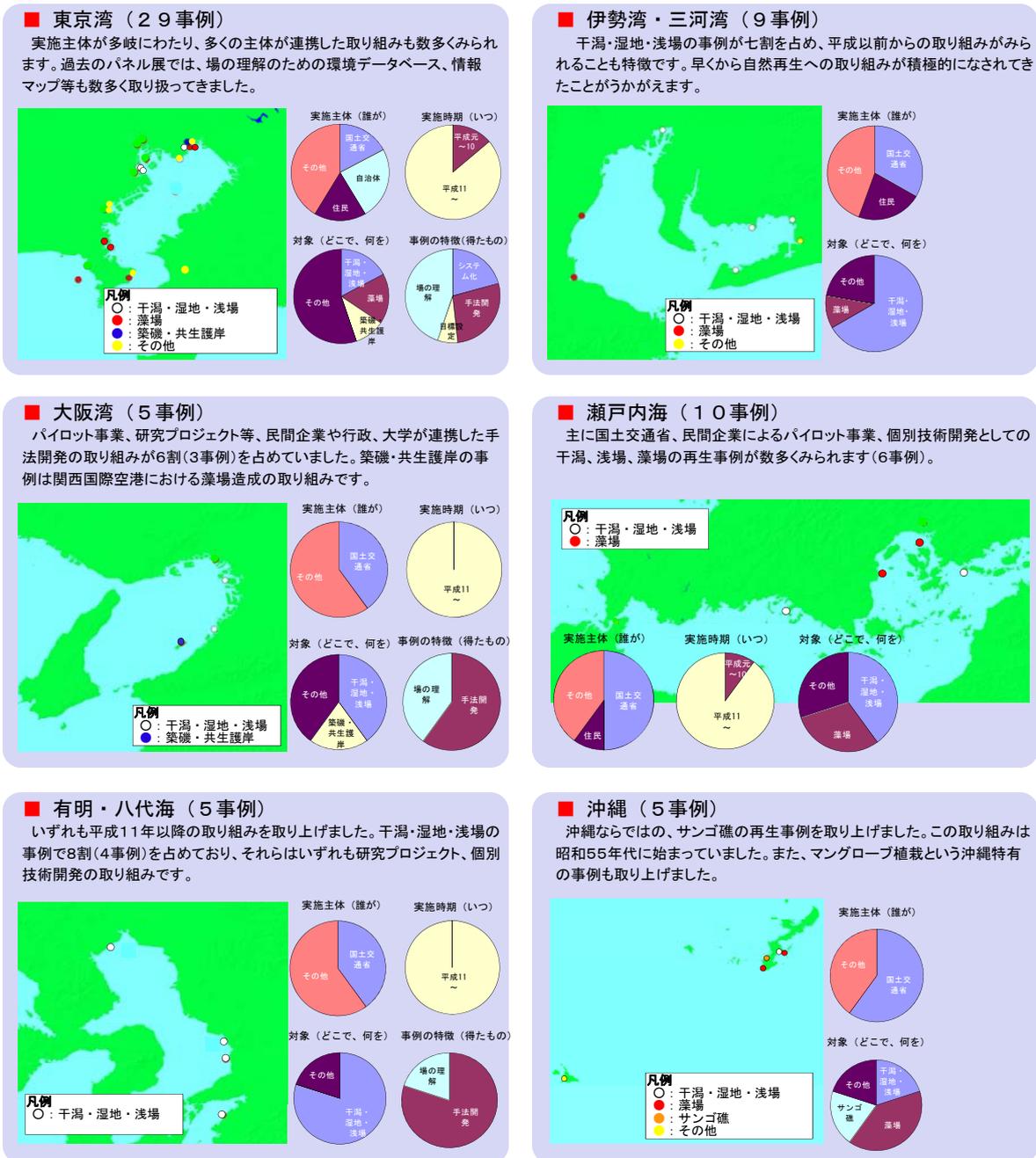


図-2.10 収集事例の整理結果

(2) 生態系毎の整理

・干潟・湿地・浅場（26事例）

干潟・湿地・浅場の事例は関東以南の閉鎖性海域で数多く取り上げてきた。自治体や住民が主体となった，地域に根ざした取り組みが多い。

・藻場（20事例）

藻場に関しては，各省庁や自治体，住民，大学，協働団体等，実施主体が多岐にわたっている。特に，大学，民間企業を中心に，アマモの研究開発の事例が数多くみられる。

・築磯・共生護岸（6事例）

防波堤や護岸等，港湾・空港施設，海岸保全施設に環境配慮を盛り込んだ事例が数多くみられた。

・サンゴ礁（1事例）

内閣府沖縄総合事務局開発建設部が実施主体となった，那覇港，石垣港，平良港における港湾整備方策としての取り組み事例が収集された。また，事業ではないが干潟，藻場，サンゴ礁にまたがる情報マップ「中城湾港泡瀬地区生物ハンドブック」の取りまとめなどの取り組みもなされている。