

沿岸における自然共生型技術適用のあゆみと 干潟造成技術

APPLICATION OF COASTAL ARRANGEMENT WITH NATURE AND TECHNICAL DEVELOPMENT OF TIDAL-FLAT CONSTRUCTION

細川恭史

Yasushi HOSOKAWA

正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部長 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

This paper presents discussions on the historical development of coastal arrangement technologies with nature (nature friendly technologies). Discussions are also extended to the social acceptance of the tidal-flat construction technology. Mesocosmic experiments as well as the accumulation of field/construction experiences gave us gradual understanding of settlement of the benthic biota into new habitats. As construction works along coasts often require as long as 10-20 years, deep considerations for the future use and impacts of the facilities/sites are necessary with the understandings of long-term social trends. Adaptive management with a long-term monitoring system is one of the attractive ways for the regional application of the nature friendly technologies.

Key Words : *historical development of coastal environment policies, nature-friendly-type technologies, constructed tidal-flats, social acceptance of technologies*

1. はじめに

縄文・弥生のいにしえより、海は人や物や文化を運ぶ役割を担ってきた¹⁾。明治期以降の近代化の中でも、我が国の自然特性や天然資源の状況・加工貿易による立国の方針などを背景に、沿岸に大都市を發展させてきた。高度成長期における沿岸部の開発は、沿岸部への人口や産業の更なる集中をもたらし、沿岸海域への環境負荷を増大させた。歴史的に形成されてきた日本の経済・社会の組織化論理を、社会形成の基盤原理をそのままにして一気に改変することは難しい。

港湾は、富国強兵の時代には重要な産業基盤施設として意識され整備されてきた。しかし、戦後の港湾法の制定以降、施設整備といった側面に限定できない様々な工夫や試みが、時代背景の変化の中で多くなされてもきた。沿岸、特に港湾、における生物生息配慮型の技術的工夫は、古くから少しずつおこなわれてきている。ここでは、港湾における環境配慮の法令上の展開と時代背景を示し、実施事例を整理する。次いで、旧運輸省港湾技術研究所などにより干潟実験施設での実験や干潟造成現場での観察などを通じ、干潟造成技術が検討されてきた。その展開を概観し、技術のねらいと成果を整理する。最後に、干潟造成技術の社会的評価議論を整理し、課題

や求められている知見を考察する。

2. 港湾関連の環境関連法制度や実績のあゆみ

(1) 港湾法の制定から環境基本法以前まで

港湾の整備計画に対し地域の港湾審議会ですらまず意志決定することは、港湾法制定時(1950)からの仕組みであった。公害対策基本法(1967年)の制定後、港湾法も改正(1973)され、緑地の整備や公害防止施設・廃棄物処理施設の整備が港湾の事業となった。併せて、港湾計画の環境影響評価が導入され、計画策定時に港湾審議会の審議を受けることとなった。

昭和60年代(1985-1995)以降、親水性の高い緑地や海洋性レクリエーションのための空間の提供が進められてきた。港湾計画に関しても、物流の結節点における施設計画を超えて、「総合的な港湾空間の形成」という視点が強く意識され始めた。浚渫発生の良質砂を用い、有機腐敗底泥上に覆砂したり海浜を造成したりするシーブルー事業が実施された。水辺での広い緑地の整備、海浜の造成、覆砂による底質改善などを沿岸に展開した三河湾の事例は、当時の「環境基準値遵守型の環境政策」に対し、それとは異なる「高質な沿岸環境造成」として評価された²⁾。また、広島港五日市地区の埋立造成に際しては、計画改訂(1969年の当初計画を1981年に埋立面

積縮小、1984年緑地の追加、1986年埋立免許取得)を経て、地域の野鳥研究者との討議(1985年第1回検討会立ち上げ)により、失われる干潟と同等の面積規模の干潟を埋め立て地外縁に建設することとなった³⁾。計画アセスやミチゲーションという言葉が、社会的にほとんど知られていない時期であった。

(2) 環境基本法から港湾法の改正へ

1993年に環境基本法が制定された。環境基本法(1993)では、国・地方自治体・事業者・国民それぞれの責務が述べられ、公平な役割分担のもと、環境への負荷が少ない持続的発展が可能な社会の構築が謳われている。生物多様性や多様な自然環境さらには人と自然との豊かな触れ合いにも力点が置かれるようになった。国のあらゆる施策策定において環境配慮が要求され、「開発か保全か」と言った二者択一の議論ではなく、持続的発展概念による「より高次の社会形成」が提起された。1997年環境影響評価法が制定され、開発影響や喪失自然環境に対する代償措置が規定され、位置づけられた。瀬戸内海環境保全審議会の答申(1999年)の中では、失われた良好な自然環境を回復させるための施策の重要性が指摘され、藻場・干潟・海浜の造成など技術の活用が求められている。環境基本法の制定以後、河川法改正(1997)、海岸法改正(1999)では、「河川環境の整

備と保全」「海岸環境の整備と保全」が法目的に加えられた。

港湾環境施策としては「環境と共生する港湾<エコポート>」(1994年)が示され、沿岸の生態系への配慮・積極的な良好環境の創出・環境負荷の削減と行き届いた環境管理などが提唱された。1999年の港湾審議会答申では、従来の環境施策では「政策実行手段が不十分であったため、(中略)生物・生態系にも配慮した環境の積極的な創造を進めるには至っていない。」とし、「港湾整備の実施に当たっては、干潟や海浜をはじめとした貴重な自然環境への影響を最小限に抑制するに止まらず、自然の能力を活用した新たな干潟や浅場の造成、護岸の緩傾斜化や海水浄化機能を有する構造の採用等をはじめとした生物生息環境を創造する構造形式の採用等の取り組みを進めていくべきである。」としている。答申を受けての港湾法改正(2000)においては、法目的に「環境の保全に配慮しつつ」と書き加えられた。改正後、環境配慮の重視を含む「大臣の基本方針」が示された。

(3) 整備の実績

事業の中で実施されてきたミチゲーション的な沿岸整備事例を見てみる。開発による喪失環境の代償として整備された事例もあれば、開発行為とは関連

表一 港湾における干潟・浅場・藻場などの主要な造成事例⁴⁾
(引き続きの管理や手入れがある場合でも、大略の地形完成時期を概成もしくは完成年とした。)

地形分類	場所(港名)	規模	完成(概成)年	事業主体	主な対象生物・生息生物	
砂泥浜～泥浜干潟・浅場 前浜型干潟	五日市地区人工干潟	広島港	干潟 24ha	1990 概成	広島県	ヒドリガモ、ゴカイ類、アサリ
	船橋海浜公園	千葉港	海浜延長 1.2km (干潟40ha)	1983	千葉県	シギ・チドリ類、ゴカイ類、アサリ
	羽田沖浅場	東京湾羽田空港	浅場 250ha	継続中	東京都	マコガレイ・マハゼなどの稚魚、メバル、アサリ
	潟湖型干潟					
	大井野鳥園	東京港	公園 25ha	1978(第一次)	東京都	水鳥など100～種、ゴカイなど、植栽
大阪南港野鳥園	大阪南港	公園 19ha	1983 開園	大阪市	シギ・チドリ類、ガン・カモ類、ゴカイなど、植栽	
砂浜～砂泥浜 須磨海岸	神戸港	海浜延長 1.4km	1988(第1期)	神戸市	(築浜による海浜造成)	
	葛西海浜公園(東なぎさ、西なぎさ)	東京港	砂浜 25ha (全域 400ha)	1988 開園	東京都	鳥類20,000羽、ゴカイ類、アサリ
	金沢海の公園	横浜港	海浜 9ha	1979 概成	横浜市	アサリ
	厳島港シーブルー事業	宮島港	干潟・浅場 6ha	1991	広島県	アサリ、アマモ(覆砂による底質改善)
蒲郡地区シーブルー事業	三河港	干潟 30haなど	1998	愛知県	アサリ、クルマエビ、アマモ(覆砂による改善)	
岩礁型の護岸・防波堤や海岸 関西国際空港鳥緩傾斜護岸	大阪湾関西国際空港	護岸延長 9km (総延長11km)	1988 護岸概成 (1994 開港)	関西国際空港会社	クロメ、カジメ、ホンダワラ類、アイナメ、カサゴ、サザエ、アワビなど	
	那覇港防波堤 奥尻港海岸エココスト事業	那覇港 奥尻港	第一防波堤3km 潜堤延長 150m	建設中 造成中	国 奥尻町	サンゴ礁 コンブ、アイナメ、ウニ、アワビなど

なく意図的に高質な環境の出現を目指した事例や、開発行為の中で生物（特に水鳥）生息場が一時的に出現したものをそのまま改良・存続させた事例などもある。いずれも地元行政機関の技術者・担当者の努力なしには実現しなかったものである。

主要な事例を表一にまとめた⁴⁾。今後も、港湾整備の計画と、併せて実施される環境施策とが、港湾審議会において審議され、地域の意思が形成されることとなろう。新たな開発行為により喪失される自然環境を代償するものとしての海浜や干潟造成に限らず、港湾の管理運営や改良整備の都合に応じての種々の環境整備が引き続き行われることになろう。

3. 干潟造成技術の実験

(1) 沿岸生態系の特徴

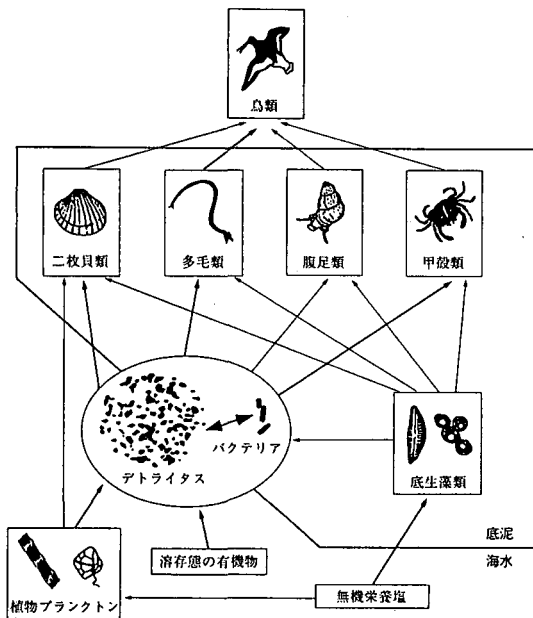
多くの沿岸の生態系は、水位の潮汐変動や波・流れの作用や気象条件による塩分変化を受ける、変動の大きい系である。また、流入負荷や沖合から上げ潮に乗って運ばれる負荷にも依存し、生物の幼生や卵は沖合からやってきたり沖合に流れたりしている。その場だけで閉じているわけではなく、外部周縁環境との行き来の上に成り立つフロー型の生態系を形成する。こうした場では、多産短寿命で復元力の強い生物（r戦略の生物）が主役となった生態系を作ることが多い。復元力の強い系では、人の手による地形の変更にも追従しやすく、人の介入の余地があるとされている⁵⁾。干潟生態系もこうしたシステムに分類されている。沿岸干潟では、潮汐変動などの攪乱に加え、台風などによる大きな擾乱を時々受けることになる。擾乱の頻度はその場所によって異なるが、内湾に直接面した前浜型の干潟では数年に

一回程度と思われる。干潟生態系に登場する主要な生物は、生産者としての底生藻類、消費者としての二枚貝類・多毛類・腹足類・甲殻類、分解者としてのバクテリアであり、来訪者として鳥や魚・プランクトンなどである。無生物の有機粒子（デトライタス）も、食物として重要である。干潟の食物連鎖の概念図を図一に示す。

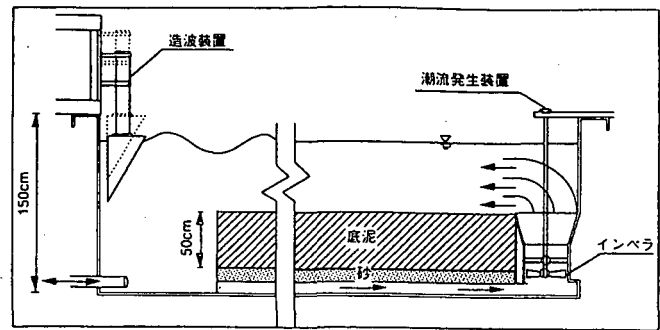
(2) 干潟生態系の形成実験

干潟地形が造成されベントスがいない干潟地形が海辺に出現した後、①干潟生物がうまく加入・定着するかどうか、②加入できたとして普通の干潟に見られるような生産者—消費者—分解者の構成を持っているか、③普通の干潟と類似の構成ができたとしてここでは普通の干潟に見られるような栄養塩や有機物のやりとりが行われているのか、④構成も活動も普通の干潟のように形成されたとして、この系（システム）が人のお世話なしに自律的に数年間（大きな擾乱の来襲期間程度）は継続してくれるか、という検討が、メソコスム実験により検討された⁶⁾。

実験室内の20m²規模の3水槽に干潟泥を敷き、東京湾口に近い久里浜湾内水を無処理で導入し、干潟を与えた。装置の断面を概念的に示したものが、図一である。敷き詰めた干潟泥は、事前に十分乾燥し物理的によく攪拌した。そのため、実験開始当初は干潟の底生生物は見いだせなかった。

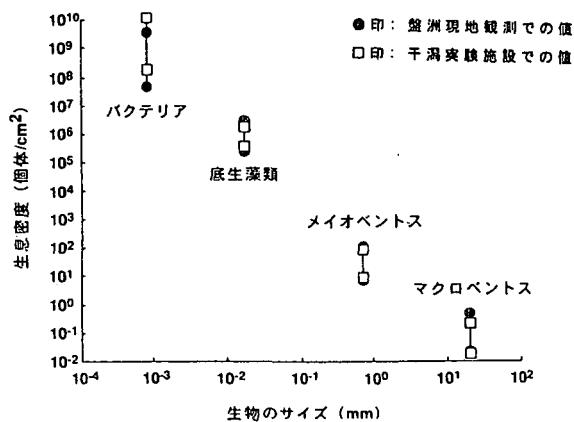


図一 干潟の食物連鎖の模式図



図一 干潟実験施設断面の概念図

運転開始後、いずれの水槽でも数ヶ月で干潟泥面に付着藻の定着が観察できた。さらに、1年経たないうちに、バクテリア・底生藻類・メイオベントス（1mmのふるいを通過する消費者を中心とした生物グループ）・マクロベントス（1mmのふるいの上に残るやや大型の消費者を中心とした生物グループ）から構成された生態系が形成された。各生物グループ毎の個体数密度も自然干潟の値によく似ている^{6,7)}。生物グループ別の生息個体密度のグラフを図一に示す。図中の□は実験施設で観察された観測値の幅を、黒丸は東京湾の自然干潟（盤州干潟）での観測値の幅を示す。自然海水とともに水槽に導入された



図—3 生物グループ毎のサイズ別個体数密度
(●: 盤州干潟1993.12~1995.12, □: 干潟実験施設1995.11~1995.12)

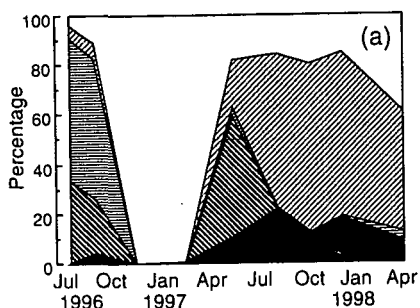
浮遊幼生や卵などが加入・定着したものと思われる。栄養塩循環の測定からは、普通の沿岸干潟で観測される値の範囲内での循環系が観測されている。この系は、人の手による日射・水温や塩分調整は全くせず、また生物の人為的搬入や取り出しは一切行っていない。丸8カ年経過しても、安定した系が維持できている^{4,8)}。図—4に示すように、ベントス種組成は変動をしながらもゆっくりと変化している⁸⁾。

地形の造成が適切で沖合海水が干潟面に導かれるのなら、1年から数年で典型的な干潟生物の加入・定着がすすみ、その系は変動しながらも自律的に維持される可能性があることが実験的に示された。

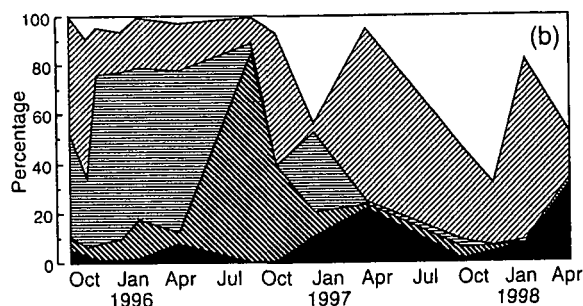
(3) 修復技術としての整理

過去にその近辺にあった自然地形を人の手で再び作り上げ、もしくは人の手を入れて地形の改変などを行い、もって、自然の中におかれたその場所がかつて見られたような沿岸生物が生息し、普通によく観察されるような物質循環系が形成されること、が現在の「修復」の主流となる行為と考えられる。米国生態修復協会 (Society for Ecological Restoration) では、「生態学的復元とは、特色を持った従来の歴史的な生態系を確立するために、特定の場所を意図的に変えるプロセスと定義される。その目標は、特定の生態系のもつ構造、機能、多様性、動態をまねることにある。」としている⁹⁾。実験結果からも分かるように、その場にはその場に見合った系が形成される。そのため、かつての生態系の形成場とは異なる境界条件下では、当然異なる系となる。社会的条件 (栄養塩負荷や人為影響の度合い) や周辺の自然条件が昔とは異なることを前提に、修復を考えるべきであろう。

また、沿岸浅場に作用する波や流れの外力と、底質粒径・ベントス相との関係に関する知見¹⁰⁾や、前浜干潟の地形変動特性に関する知見^{11,12)}が徐々に蓄積されてきている。干潟二枚貝を含んだ海域物質循環解析¹³⁾、干潟現地における実験区設置による生物加入解析¹⁴⁾、など、今後の「作りつつ学び、学びつつ作る」⁷⁾という干潟管理に役立つ手法開発も行われてきている。



■ *Ruditapes philippinarum* ■ *Batillaria cumingii*
■ *Macrophthalmus abbreviatus* ■ *Laternula marilina* □ Others



■ *Haloa japonica* ■ *Ceratonereis erythraeensis*
■ *Musculista senhousia* ■ *Capitella sp.* □ Others

図—4 盤州干潟 (上図 a) および干潟実験施設 (下図 b) における生体湿重量の種構成の経時変化

上図中の種の和名は、それぞれ、
Ruditapes Philippinarum: アサリ,
Batillaria cumingii: ホソウミニナ,
Macrophthalmus abbreviatus: オサガニ,
Laternula marilina: ソトオリガイ,
Haloa japonica: ブドウガイ,
Ceratonereis erythraeensis: コケゴカイ,
Musculista senhousia: ホトトギスガイ,
Capitella sp.: イトゴカイ。

4. 求められているもの

(1) 社会的な強い不信感

筆者らが前章の図—3を公表したのは、1997年のことであった⁶⁾。その後、1998年暮れには藤前干潟での埋立と干潟造成の検討に対し、当時の環境庁は「藤前干潟における干潟改変に対する見解について (中間とりまとめ)」¹⁵⁾という文書を事業者に渡した。この文書の中には、干潟造成技術に対して以下のような記述が見られる。「従来の自然干潟と同等の機能を再生する人工干潟の造成技術は、未だ確立されていない。」「人工干潟の機能は自然干潟と比較すれば何らかの形で必ずマイナス面が生じ、自然

の修復能力によっても回復されず、自然干潟と同等の生態系を持つ成功事例はない。」これを受け、マスコミは一斉に「人工干潟造成の技術は否定された。」と言う主旨の報道をしている。1999年6月の三番瀬埋立の1/7縮小案提示時の報道では、「人工干潟はこれまで成功した例はない」といった記述が見られる⁸⁾。技術に対し厳しい不信感がうかがえる。

(2) 社会的な要請

表一1や前章の実験事例などから類推されることは、干潟・遠浅な地形・浅海部などの形成は適切な管理のもとでは十分に沿岸生態系の修復の役目を果たすであろうし、特に極めて人工化が進んだ内湾の海岸線などの場合にはこうした努力は意味のあることと思われる。表一1の中の船橋海浜公園は、既出の環境庁「見解」¹⁵⁾の中の重要シギ・チドリ飛来地リストに含まれている。また、第2章に示した港湾施策以外でも、例えば、海域の窒素リンの環境基準値が1993年に環境庁告示で定められたが、基準の達成・維持のために「(下水道整備などとともに)人工干潟や人工海浜を造成する等」の富栄養化対策施策の推進が告示にあわせて示された。瀬戸内海環境保全審議会では、第2章に示した答申以降も、「自然浄化能力の回復に資する人工干潟等の適切な整備」「既に失われた藻場、干潟、自然海浜等の良好な環境を回復させる施策の展開」(平成12年12月答申)などの意見を具申してきている。環境庁は「自然を活用した水環境改善実証事業」として、三田尻湾での干潟造成などを1999年に実施した¹⁶⁾。生物多様性国家戦略の見直し(2002.3)の中で、藻場・干潟等の自然の再生が謳われた。社会的要請も強いものがある。学会レベルでは、種々の課題を指摘しつつも、「人工海岸造成が環境修復策として機能する可能性については、既に研究者間では理解が得られた」とまとめる論説が出てきている¹⁷⁾。

(3) 技術の評価

様々な開発に伴い、沿岸の環境影響を和らげるために干潟造成がセットになって示されることが多い。開発の目的やそれに伴う環境影響が許容できないと感じている人たちからは、「干潟造成技術が完全には解明されていないから開発が容認できない」と言う主張を聞くことも多い。あるいは、「代償措置としての干潟造成には賛成しないが、失われた自然の修復としての干潟造成は必要」といった、使われる脈絡の中で技術評価をしようとする意見も多い。

我が国沿岸は多かれ少なかれ人為影響を受けていることや、自然の中での生態系や地形の変動を理解した上で、人知の限界や技術の特性をわきまえた適用⁷⁾(例えば、セルフ・デザインングやアダプティブ・マネージメントなどの「自然の自己修復を人が手助けする手法」の適用。)が図られるべきであろう。また、自然修復の技術には、地形を大きく改変し新たな系を形成しようとする技術から、構造物な

どの素材表面に工夫をこらすことで少しでも生物生態に役立てようと言う技術まで、様々の規模・効果・役割のものがある。和らげるための色々な技術については、それぞれの技術が達成するものの理解の上で、個別の条件に応じた適切なものを現場に適応してゆくことになろう。和らげる個々の技術が「完璧な自然」「全くうり二つの自然」を作り出さないことと(ここでは「自然」概念を未整理のまま使っている。)、和らげる技術を開発の影響軽減のために適用することの可否とは、別の議論であろう。

プロジェクトの目的が間違っているから、そこに持ち出される代償技術自体が悪いというわけでも、技術が少し進展したから直ちにプロジェクトの目的が妥当になるわけでもない。「対象海域の自然」や「地域社会の将来」に加え「手持ちの技術」を考えた上で、開発をしようとする(もしくは開発はやめよう)決めるのはまずは地域の意思であろう。意思決定の仕組みに対する修正や決定内容の妥当性は、それ自体で良く議論されるべきである。

そうすると、今後社会的に求められている課題¹⁸⁾は、①自然が多く失われた内湾部では、どのように自然を回復してゆくべきかの科学的検討、②豊かな自然が残された沿岸では、自然の保全や修復を図りながらいかに地域の発展を考えてゆくのかの検討。ということになろう。いずれも、総合的でシステム的なアプローチとなる。その場に暮らす人々がどのような地域を作ってゆこうとしているのかが、最も基礎的な議論になる。技術は、現場を活用したり現場を良く知っている地域の人たちの知恵に支えられて生きてくる。様々な関係者の生産的な連携が重要と思われる。

5. おわりに

(1) まとめ

今、日本の経済・社会の組織原理が変わりつつあるのかも知れない。それに伴い従来の社会システムや意思決定の仕組みが十分に機能しなくなっている恐れはある。独り港湾に限らず、社会と都市のありようが再検討される必要がある。また、急速に進展する少子高齢化と近い未来での人口減少の予測は、私たちに成熟社会への速やかな対応への準備を要請しているように思える。他のインフラに比べ港湾の整備には長い時間が必要で、前述の広島港五日市の例からもうかがえるように10~20年かけて行われている。港湾や沿岸の整備に関しては、かつて港湾の分野で先進的な環境施策が展開されたように、将来を見通した施策検討が必要と思われる。

(2) 極めて個人的な想いですが

a) 複眼の姿勢

まじめな若手の現場港湾技術者がNGOの会合に参加した後こう言った。「自分の仕事が社会的に意味

がないと言われ、自分が何か悪いことをしているのではないかという気分になった。」彼の悩みにどう答えたらよいのだろうか。筆者は英国のNGO「王立鳥類保護協会（RSPB: The Royal Society for the Protection of Birds）」のパンフレット¹⁹⁾を見せて、その考えを説明した。

RSPBは島国英国の貨物量の将来の伸びを独自に算定し、現在の港湾施設の能力不足を確認している。さらに、港湾の貨物取扱能力の拡充と、港湾周辺の鳥の生息地保護とをどう両立させたら良いかの検討を行っている。その上で、いくつかの政策を提案している。曰く、港湾を国際貨物を扱う港と国内貨物を扱う港とに格付けをし、港格の階層化を進める。これにより多数の小さな港も一律に大きくすることを防ぐ。貨物取扱などにおける情報化を進め、既存各埠頭の能力を向上させる。どうしても生息地をつぶさなければならないときには、代償の干潟を作るなどなど。これらの政策提言には、日本の政策や技術開発の方針と極めて似たものが多く見いだせる。

港湾法の改正(2000)もなされ、我が国の港湾部門の仕事はRSPBの提言にも相通じ、国の経済や地域社会の生活を支えるとともに環境にも配慮してゆこうとしている。この若手技術者が複眼を持って再び元気に地域の方たちと議論をしてくれたらと思う。

b) 社会の動きと科学的知見

地域のあり方について意見を発信し地域づくりに反映させようとするNGOは、自己の意思の実現に向けて活動している限りにおいて不可避免的に政治性を持ってくるように思われる。「干潟造成技術が信用できないから開発自体が容認できない」と言うロジックや、「開発を阻止するまでは『貴重な干潟に手をつけるな』と主張し、開発が取りやめになった後には、『対象干潟の中にも劣化している部分があるから手を入れて修復すべき』と主張し直す」という歩みに対しては、NGO活動の目的から見てその発言の背景はよく理解できる。しかし、国の研究者の場合には、科学や技術の現状を正確に関係者に伝え、地域の意思決定に際し参考にして貰う役割があると思われる。筆者らの密やかな誇りは、干潟実験施設での実験データがそろい始めた1年目以降、干潟造成技術に関し研究成果報告や技術評価の内容がほぼ終始一貫していた点である。今後とも、独りよがりにならぬ為に、各方面から広くご意見をお聞かせいただきたい。

参考文献

- 1) 上田篤：日本の都市は海からつくられた，中公新書，中央公論社，1996。
- 2) 盛岡通：沿岸域・ベイエリア・内海地域における環境保全創造の新たな展開，瀬戸内海No.9，瀬戸内海環境保全協会，pp.5-11，1997。

- 3) 復建調査設計：広島港五日市地区人工干潟工事誌，広島県広島港湾振興局，86p.，1996。
- 4) 細川恭史：IV2 港湾整備，森本・亀山編「ミティゲーション - 自然環境の保全・復元技術 -」に収録，ソトサイエンス社，pp.250-264，2001。
- 5) 栗原康：共生の生態系，岩波新書546，pp.139-151，1998。
- 6) 細川恭史・桑江朝比呂：干潟実験施設によるメソコスム実験，土木学会誌第82巻8号，pp.12-14，1997。
- 7) 細川恭史：9 干潟生態系の保全と修復，須藤隆一編「環境修復のための生態工学」に収録，講談社サイエンティフィック，pp.191-224，2000。
- 8) 細川恭史：人工干潟・海浜の造成の可能性，沿岸海洋研究39(2)，pp.107-115，2002。
- 9) R.B.プリマック・小堀洋美：保全生態学のすすめ，文一総合出版，p.293，1997。
- 10) 古川恵太・桑江朝比呂・細川恭史：干潟環境解析 - 環境条件と生物分布 -，港湾技研資料No.947，91p.，1999。
- 11) 古川恵太：干潟の地形変化に関する現地観測 - 盤州干潟と西浦造成干潟 -，港湾技研資料No.965，30p.，2000。
- 12) 姜 閔求ら：自然および人工干潟における地盤の安定性に関する現地調査，海岸工学論文集第48巻，土木学会，pp.1311-1315，2001。
- 13) Nakamura, Y. and F. Kerciku：Effects of filter-feeding bivalves on the distribution of water quality and nutrient cycling in a eutrophic coastal lagoon, Journal of Marine Systems 26(2), pp.209-221, 2000. など
- 14) 桑江朝比呂ら：75メソコスム実験による水底質変化に対する沿岸干潟生態系応答に関する研究，平成12年度環境保全研究成果集，環境省総合環境政策局，pp.75-1~75-11，2001。
- 15) 環境庁：藤前干潟における干潟改変に対する見解について（中間とりまとめ），1998。
- 16) 今富幸也：三田尻湾における干潟再生，ECOSYSTEM ENGINEERING第6号，生態系工学研究会，pp.44-52，2001。
- 17) 和田明・杉本隆成・風呂田利夫：シンポジウム「海岸・河口域における環境修復・創造技術の現状と問題点」のまとめ，沿岸海洋研究39(2)，pp.87-89，2002。
- 18) 細川恭史：快適に憩える美しい東京湾の形成に関する研究，国総研アニュアルレポートNo.1，pp.14-17，2002。もしくは，細川恭史：快適に憩える美しい東京湾をめざして，国土技術政策総合研究所資料No.11，pp.33-51，2001。
- 19) The Royal Society for the Protection of Birds (RSPB)：Port Development and Nature Conservation，1996。