

有明海・八代海等総合調査評価委員会
海 域 再 生 対 策 検 討 作 業 小 委 員 会
今後の進め方について(2)
－ 環境特性の把握 －

〔目 次〕

1 再生方策の検討.....	1
1.1 再生方策の考え方.....	1
1.2 順応的管理の視点からの再生技術体系.....	1
1.3 本業務における再生方策の検討方針.....	5
2 環境特性の整理例.....	7
3 再生方策のケーススタディ.....	19
3.1 国土交通省の事例.....	19
3.1.1 検討の進め方.....	19
3.1.2 再生方策の検討.....	21
3.2 有明海生物生息環境の俯瞰的再生と実証試験について.....	23
3.2.1 設定した計算条件.....	23
3.2.2 有明海再生にむけてのシステムの方策.....	24
3.2.3 なぎさ線について.....	27

1 再生方策の検討

1.1 再生方策の考え方¹

閉鎖性海域の環境は「地圏・水圏・気圏」の3つの環境基盤と、これに人を含めた「生態圏」の4圏により構成され、互いが相互に関連し合っており、海域環境の変化の要因・原因については物理・化学的環境および生物生産過程を視野に入れた総合的な解析が必要であり、環境変動のメカニズムの解明が大きな課題とされている。また、海域環境の改善・再生に当たっては、このような海域環境変動のメカニズム解明を基本としながらも、海域再生策の基本は、人が制御可能な事項として、①底質環境の改善技術、②水質環境（負荷を含む）の改善技術、③人為的負荷の削減技術であるとされている。さらに、これら3つの技術目標に対して、物理・化学・生物学的技術の開発・適用、それらの組合せ技術が効果的であるとしている。

1.2 順応的管理の視点からの再生技術体系

再生方策に必要な再生技術について、順応的管理の視点から技術体系として整理した(図 1.1)。これは、滝川ら¹が示した順応的管理の視点からの技術体系を引用した。

ここでは、全体目標は、熊本県「委員会報告」(有明海・八代海干潟等沿岸海域再生検討委員会、平成18年3月)の有明海・八代海干潟等沿岸海域の再生のあり方における基本理念・基本方針に基づき設定されている。これによると、干潟等を含む海域は、水質浄化機能、生物生息・生育の場として重要な役割を有しており、有明海・八代海を「豊かな海」として再生するためには、漁業対象の生き物を含む多様で豊かな生態系を回復・維持させるという考え方が必要であると謳われている。

先に示したように、有明海・八代海等の再生のための全体目標の検討は次年度以降に行われるものの、検討を進めて行くためには目標像がイメージする必要がある。そこで、本小委員会では、現時点での全体目標を「有明・八代海における環境特性に応じた生物多様性のある海域環境」として再生方策の検討を進めたいと考えている。

全体目標の「有明・八代海における環境特性に応じた生物多様性のある海域環境」を実現するためには、環境全体のプラン、その中に海域全体と海域別のプラン、地域ゾーニングプランを考える必要がある。

海域全体と海域別のプランでは、海域全体と海域別の基本理念・基本方針が設定され、地域ゾーニングプランには個別目標が各地区別に設定される。これらのプランを達成するためには、

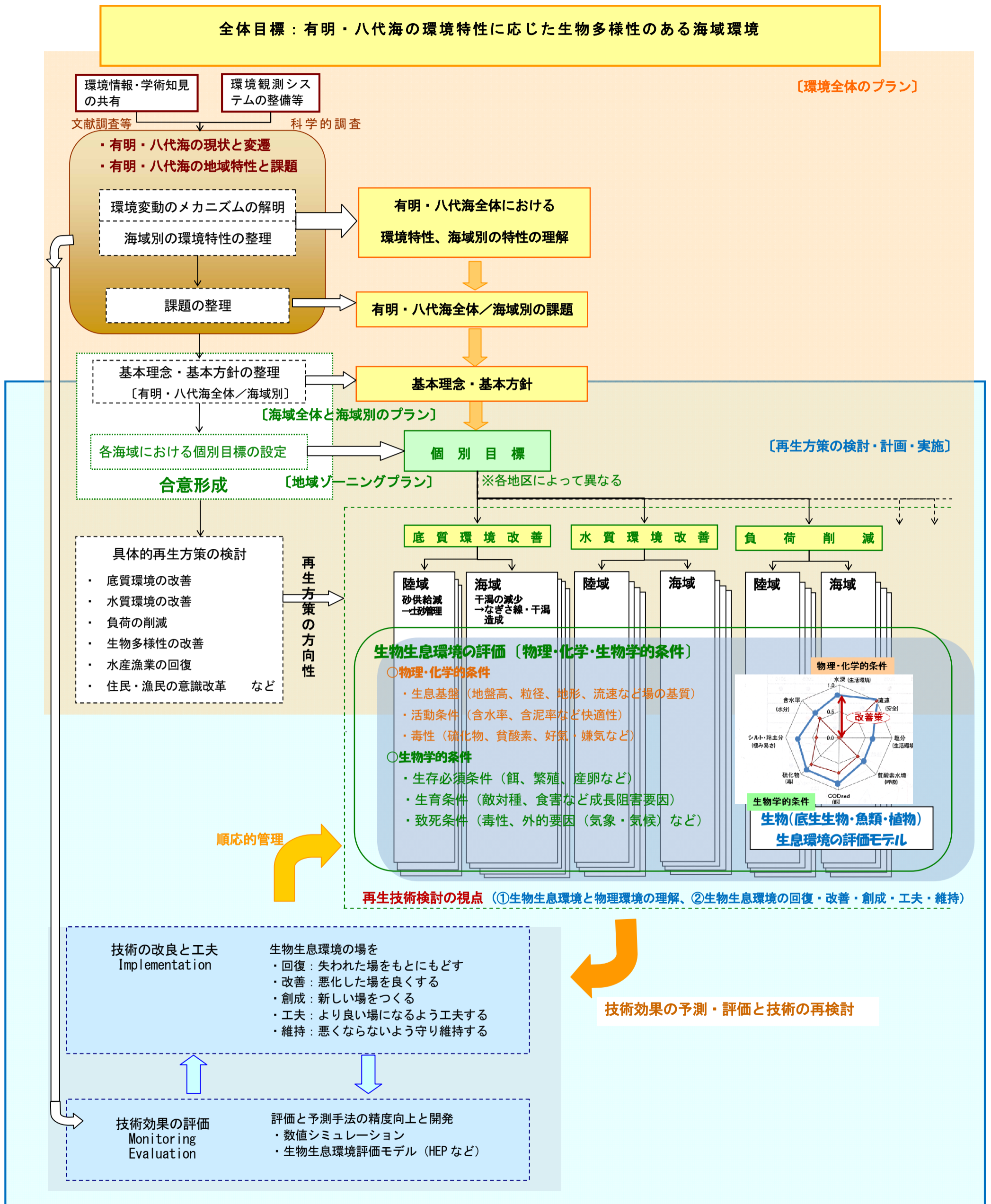
- 第一に「有明・八代海全体における環境特性、海域別の特性を理解」し、これらが抱える「課題を整理」することが必要である。
- 第二に、整理した課題から有明・八代海全体、海域別の全体目標を達成するための「基本理念・基本方針」を設定し、これらの基本理念・基本方針を基に、海域全体や各海域における「個別目標」を決めることとなる。

¹滝川清・増田龍哉・五明美智男・五十嵐学, 順応的管理の視点からの閉鎖性水域における環境改善の技術体系—有明海を例に—, 海洋開発論文集 第26巻, 2010年6月

「基本理念・基本方針」や「個別目標」は、各海域や各地区における漁業者や住民との合意形成で設定されるものであり、それは各海域や各地区によって異なるものとなる。

次に、個別目標を達成するための具体的な再生方策を検討する。再生方策の方向性として底質環境改善、水質環境改善、負荷削減等が挙げられる。これらの方策を検討する際は、海域の環境特性、地域特性を踏まえることが重要である。また、再生方策に適用する技術を検討する際は、従来の実施されている技術のみならず、複数の技術の組み合わせた新規の技術を含め最も効果のある再生技術を適用することが重要である。

さらに、個々の技術に対しては「技術の改良と工夫」、「技術効果の評価」が必要である。「技術の改良と工夫」では、生物生息環境の回復、改善、創成、工夫、維持の観点からの技術改良・工夫が重要とされている。一方、「技術効果の評価」では、再生技術実施後のモニタリング結果を通じての数値シミュレーションやHEPなどの評価手法により一層の精度向上と開発が必要であるとされている。このような、技術検討を重ね、効果的な技術の進展を図ることが重要であるとされている。



※滝川清・増田龍哉・五明美智男・五十嵐学、順応的管理の視点からの閉鎖性水域における環境改善の技術体系 —有明海を例に—、海洋開発論文集 第26巻、2010年6月を基に作成

図 1.1 海域環境改善・再生の技術体系と順応的管理(素案)

1.3 本業務における再生方策の検討方針

有明・八代海の環境変化について、環境省に設置された「有明海・八代海総合調査評価委員会」において議論され、環境悪化の原因は様々な要因が複雑に関係し合っており十分な調査・研究が必要であるとしつつ、海域における物質収支のバランスが崩れた直接的な要因の1つとして、

- ・ 底質の悪化や干潟消失等によって底生生物の生息環境が悪化し、底生生物が減少している。
- ・ 底生生物が減少したため、物質循環における有機物分解過程の機能が低下(例えば、二枚貝類の減少に伴うろ過機能の低下等)している。
- ・ また、海水中の有機物の増加(赤潮抑制機能の低下)や底質中の有機物の蓄積(底層水の酸素消費促進、沈降中の有機物分解による酸素消費促進)によって貧酸素化が起きている。

などが指摘されている。

また、有明・八代海のような閉鎖性海域における環境改善・再生に当たっては、以下のような留意点が述べられている。

- ・ 海域特性を十分に把握の必要性(海域ごとの環境特性に応じた環境改善・再生を考える必要がある)および海域全体への影響考慮とマスタープランの必要性。
- ・ 大気、水、底質およびこれらの間の物質収支を把握する必要がある(赤潮や貧酸素水塊は物質循環が良好でないために頻発するようになっており、特に水、底質およびこれらの間の物理的・化学的・生物的物质循環を把握することが必要である)。
- ・ 特産種や希少種を数多く有している点に特に留意して知見の蓄積を確保すること、それらに配慮した環境改善・再生を検討することも重要である。

そこで、本小委員会では、前述の考え方を踏まえて、「底生生物の生息環境」の観点から再生方策の検討を進める。

再生方策の検討方針を以下に示す。

【再生方策の検討方針】

- ① 有明・八代海全体における環境特性、海域別の特性を理解する。
⇒環境特性の把握と課題の整理
- ② 各海域の特性に応じた基本理念・基本方針と個別目標を掲げる
⇒各海域の合意形成を図る
- ③ 個別目標を達成するための具体的再生方策を検討する。
⇒各海域における再生方策の方向性、再生技術の検討

2 環境特性の整理例

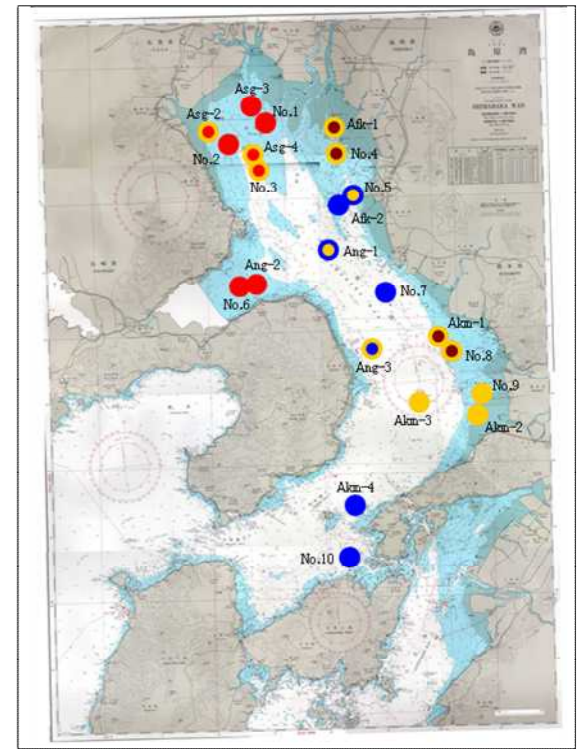
表 2.1 (1) 有明海における環境特性のまとめ

底質区分	底生生物区分	細区分	地点名	水深(m)	底質(2003~2010)	底生生物(2003~2010)				水質・負荷(1987~2004)	流況等(2002)	
						種類数・個体数・湿重量	個体数優占種①	個体数優占種②	個体数優占種③			
A	II	A-II (●)	Asg-2	2	泥質で、有機物、栄養塩の堆積量が最も多い底質環境	種類数、個体数が少なく、湿重量も少ない	Corophium sp.	ヒラタヌマダキガイ	カワグチツホ	COD、PO ₄ が最も高く、夏季DOが最も低い	残差流が弱く、海水が停滞しやすい環境である。 底質区分は泥分や有機物が蓄積しやすい区分であることから、底層の流れも遅い場所と考えられる。	
			Asg-4	6			ホソツツムシ	ホトトリア科	ダルマコカイ			
			No.3	10			ダルマコカイ	ホソナキサケマ	クビナガサガメ			
	III	A-III (●)	Asg-3	1		種類数、個体数が最も少なく、湿重量が最も多い	サルボウガイ	シズクガイ	トウクガイ科	COD、PO ₄ が最も高く、夏季DOが最も低い	残差流が弱く、海水が停滞しやすい環境であり、泥分や有機物が蓄積しやすい	
			No.1	5			Heteromastus sp.	イトコガイ科	トゲイカリナマコ			
			No.2	6			ヒメノコアサリ	シズクガイ	ハラブリオノスピオ属(B型)			
			Ang-2	8			Corophium sp.	シズクガイ	ヒメノコアサリ			
	No.6	8	クビナガサガメ	シズクガイ		イトエラスピオ	底質区分がAsg-3、No.1、No.2と同様のAグループに属していることから、残差流が弱く、海水が滞留しやすいと考えられる。また、大川は流入していないが、調整池内からの流入があることから、有機物量や栄養塩類は高いと考えられる	底質の泥分、有機物量が多いことから、底層の流れは遅い場所であると考えられる				
	B	II	B-II (●)	Afk-1		3	種類数、個体数が少なく、湿重量も少ない	Sigambra tentaculata	Glycinde sp.	Heteromastus sp.	水温、塩分、夏季DO、COD、DIN、透明度、PO ₄ は中間程度	筑後川沖東海底水道付近の地点であり、湾奥西部よりも残差流が南向きに大きいため、湾奥西部よりも泥分が少ない可能性が考えられる
				No.4		7		ルンブリネリス ロンキ フォリア	ケンサキスピオ	カタマカリキホソイソメ		
Akm-1				11	シズクガイ	ヒサシソコエビ科		ウメノハナガイ				
No.8				10	シズクガイ	Prionospio sp.		エウコネ属				
C	I	C-I (●)	No.5	10	砂泥質で、栄養塩、有機物の堆積が少ない底質環境	種類数、個体数が最も多い	Photis sp.	スナクモヒデ科	Corophium sp.	水温、塩分、夏季DO、COD、DIN、透明度、PO ₄ は中間程度	筑後川沖東海底水道付近の地点であり、湾奥西部よりも残差流が南向きに大きいため、湾奥西部よりも泥分が少ない可能性が考えられる	
			Ang-1	23			Prionospio sp.	ハラオニス科	Corophium sp.			
	II	C-II (●)	No.9	4		種類数、個体数が少なく、湿重量も少ない	フクロサガメ	チヨノハナガイ	クダオソコエビ	DIN、PO ₄ が低く、その他の項目は中間程度	恒流の分布をみると、近傍のAkm-1、No.8付近では流れが不規則で弱く、近傍のNo.9、Akm-2と比較すると、泥分等が堆積しやすい環境であると考えられる	
			Akm-2	4			カイルシ目	モロコカイ	Mediomastus sp.			
			Akm-3	42			ハラオニス科	Photis sp.	Sigambra tentaculata			
D	I	D-I (●)	Afk-2	8	砂質で、栄養塩、有機物の堆積が最も少ない底質環境	種類数、個体数が最も多い	Corophium sp.	ホソツツムシ	タナイス目	水温、塩分、夏季DO、COD、DIN、透明度、PO ₄ は中間程度	残差流が南向きに比較的大きく、底質の泥分、有機物量が少ない区分であることから、底層の流れが速く、泥分、有機物が堆積しにくい環境であると考えられる	
			No.7	17			スナクモヒデ科	Corophium sp.	クダオソコエビ			
			Akm-4	50			Gammaropsis sp.	ホソコエビ	クモヒデ綱			
			No.10	14			Gammaropsis sp.	Corophium sp.	Photis sp.			
	II	D-II (●)	Ang-3	30		種類数、個体数が少なく、湿重量も少ない	Gammaropsis sp.	ハラオニス科	カザリコガイ科	冬季水温、塩分、夏季DO、透明度が高く、夏季水温、COD、DIN、PO ₄ が低い	残差流が大きく、底質の泥分、有機物量が少ない区分であることから、底層の流れが速く、泥分、有機物が堆積しにくい環境であると考えられる	

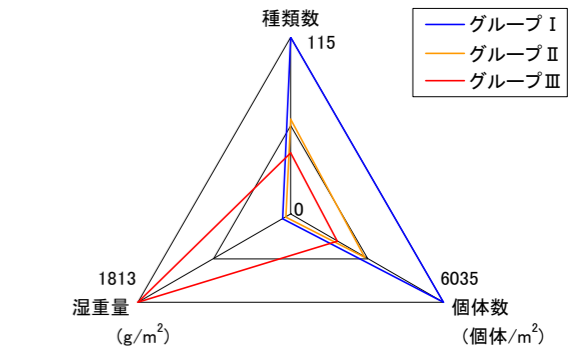
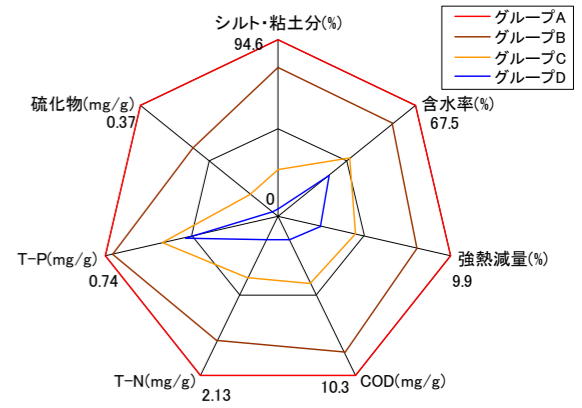
※ 項目の括弧内は整理した調査データの年代を示す
 ※ 個体数優占種の網掛けは、●：軟体動物門、○：環形動物門、□：節足動物門、◇：その他を示す。
 ※ 水深の基準面は略最低低潮面
 ※ 黒字は既存調査による結果、既存資料による報告を、赤字は詳細不明、及び可能性を示した。

表 2.1(2) 有明海における環境特性のまとめ

底質区分	底生生物区分	細区分	地点名	水深(m)	懸濁物の挙動	水塊構造(2004~2011)		赤潮		貧酸素水塊(2004~2011)
						水温・塩分	濁度	確認状況(1986~2005)	構成種(2004~2009)	
A	II	A-II (●)	Asg-2	2	堆積傾向にある区域内の地点	近傍に塩田川が流入しており、貧酸素水塊の発生頻度も高いことから成層構造が形成されていると考えられる	干潟前面で水深が浅く、上げ潮時に底層で高濁度の水塊が発生している可能性が高い	発生延日数が増加しており、長期化する傾向	珪藻のSkeletonema costatumの確認日数が多い	貧酸素水塊の発生頻度が高く、南北方向に移動空間的な挙動については不明
			Asg-4	6	侵食傾向にある区域内の地点					
			No.3	10	侵食傾向にある区域内の地点					
	III	A-III (●)	Asg-3	1	堆積傾向にある区域内の地点	近傍に塩田川が流入しており、貧酸素水塊の発生頻度も高いことから成層構造が形成されていると考えられる	干潟前面で水深が浅く、泥分が高いことから上げ潮時に底層で高濁度の水塊が発生している可能性が高い	発生延日数が増加しており、長期化する傾向	珪藻のSkeletonema costatumの確認日数が多い	貧酸素水塊の発生頻度が高く、南北方向に移動空間的な挙動については不明
			No.1	5	堆積傾向にある区域内の地点					
			No.2	6	堆積傾向にある区域内の地点					
			Ang-2	8	侵食傾向にある区域内の地点					
				No.6	8	侵食傾向にある区域内の地点	河川流量の増加時期に、湾奥部から諫早湾奥部にかけて水温躍層、塩分躍層の形成が報告されている ⁷⁾ 。	発生回数、発生延日数が増加しており、頻発化、長期化する傾向	渦鞭毛藻のCochlodinium polykrikoides、ラフィット藻のChattonella antiquaの確認日数が多い	貧酸素水塊の発生頻度が高く、東西方向に往復空間的な挙動については不明
	B	II	B-II (●)	Afk-1	3	侵食傾向にある区域内の地点	夏季に水温・塩分層が形成される	水深が浅く、泥分も比較的高いことから上げ潮時に底層で高濁度の水塊が発生している可能性が高い	発生延日数が増加しており、長期化する傾向	珪藻のSkeletonema costatumの確認日数が多い
No.4				7	侵食傾向にある区域内の地点					
Akm-1				11	詳細は不明					
No.8				10	詳細は不明					
C	I	C-I (●)	No.5	10	堆積傾向にある区域内の地点	近傍のAfk-2において水温、塩分層が確認されていること、残差流が筑後川や矢部川からNo.5に向かってことから、水温・塩分層が形成されると考えられる	詳細は不明	発生延日数が増加しており、長期化する傾向	珪藻のSkeletonema costatumの確認日数が多い	調査地点の近傍で貧酸素水塊が発生している本調査地点で発生しているかどうかは不明
			Ang-1	23	詳細は不明					
	II	C-II (●)	No.9	4	詳細は不明	白川、緑川からの河川流入があり、沖合のAkm-3でも成層構造が確認されていることから、水温・塩分層は形成されると考えられる	詳細は不明	発生回数、発生延日数が増加しており、頻発化、長期化する傾向	珪藻のSkeletonema costatum、渦鞭毛藻のCochlodinium polykrikoides、ラフィット藻のChattonella antiquaともに確認日数が多い	調査地点の近傍で貧酸素水塊が発生している本調査地点で発生しているかどうかは不明
			Akm-2	4	詳細は不明					
			Akm-3	42	詳細は不明					
D	I	D-I (●)	Afk-2	8	堆積傾向にある区域内の地点	夏季に水温・塩分層が形成される	泥分が少ないため、海底泥の巻き上がりによる高濁度水塊は発生しない可能性が高いと考えられる	発生延日数が増加しており、長期化する傾向	珪藻のSkeletonema costatumの確認日数が多い	調査地点の近傍で貧酸素水塊が発生している本調査地点で発生しているかどうかは不明
			No.7	17	詳細は不明					
			Akm-4	50	詳細は不明					
			No.10	14	詳細は不明					
	II	D-II (●)	Ang-3	30	詳細は不明	詳細は不明	泥分が少ないため、海底泥の巻き上がりによる高濁度水塊は発生しない可能性が高いと考えられる	発生回数、発生延日数が増加しており、頻発化、長期化する傾向	渦鞭毛藻のCochlodinium polykrikoides、ラフィット藻のChattonella antiquaの確認日数が多い	底質が砂質であり、有機物量の堆積が少ないことから貧酸素水塊は発生していない可能性が考えられる



凡例	区分名	地点数	地点
●	A-III	5	Asg-3、No.1、No.2、Ang-2、No.6
●	A-II	3	Asg-2、Asg-4、No.3
●	B-II	4	Afk-1、No.4、Akm-1、No.8
●	C-II	4	No.9、Akm-2、Akm-3
●	C-I	2	No.5、Ang-1
●	D-II	1	Ang-3
●	D-I	4	Afk-2、No.7、Akm-4、No.10



赤潮の出典：「九州海域の赤潮」水産庁九州漁業調整事務所、各県(福岡：福岡県水産海洋技術センター有明海研究所、佐賀：有明水産振興センター、長崎：長崎県水産試験場、

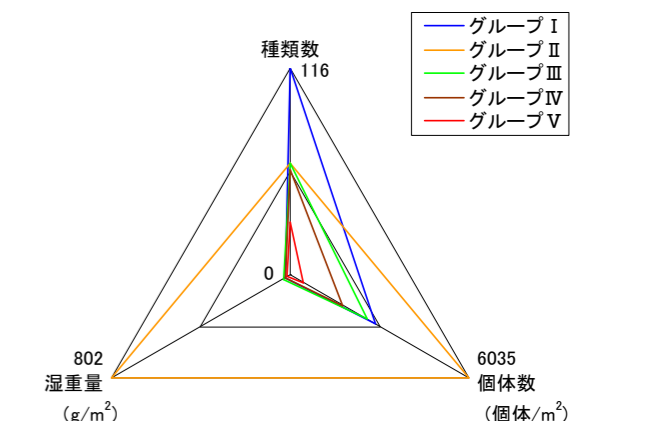
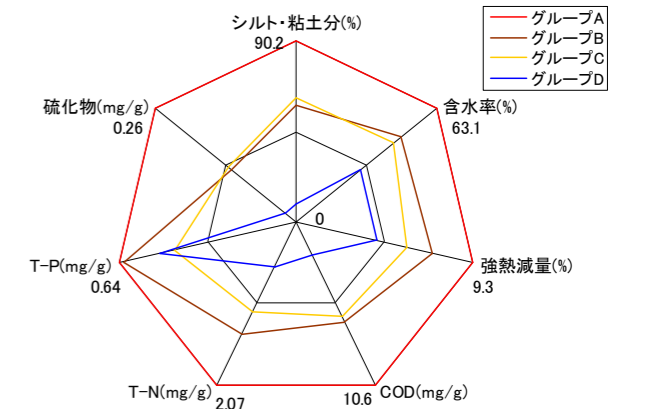
熊本：熊本県水産研究センター、鹿児島：鹿児島県水産技術開発センター)からの提供資料及びホームページ資料

- ※ 項目の括弧内は整理した調査データの年代を示す
- ※ 個体数優占種の網掛けは、●：軟体動物門、●：環形動物門、●：節足動物門、●：その他を示す。
- ※ 水深の基準面は略最低低潮面
- ※ 黒字は既存調査による結果、既存資料による報告を、赤字は詳細不明、及び可能性を示した。

表 2.2 (1) 八代海の環境特性のまとめ

底質区分	底生生物区分	細区分	地点名	水深 (m)	底質 (2003~2010)	底生生物(2003~2010)				水質・負荷 (—)	流況・海底地形等 (2001~2002)
						種類数・個体数・湿重量	個体数優占種①	個体数優占種②	個体数優占種③		
A	III	A-III (●)	No.11	8	泥質で、有機物、栄養塩の堆積量が最も多い底質環境	種類数はグループII、IVと同程度であり、個体数が比較的多い特徴を有する生息状況	ホトキスカイ	シズ'カイ	ダルマコカイ	平均流が弱く、水質が滞留する可能性があること、湾奥部の大野川、大瀬川等のCOD、T-P、T-Nが高いことから有機物、栄養塩類濃度が高い可能性がある	平均流が湾中央から湾奥部に向かっているため、泥分、有機物等が堆積しやすい環境であると考えられる
			Ykm-2	9		種類数はグループII、IIIと同程度であり、個体数、湿重量が比較的小さい特徴を有する生息状況	シズ'カイ	リソソホ科	Corophium sp.	平均流が弱く、水質が滞留する可能性があること、湾奥部の大野川、大瀬川等のCOD、T-P、T-Nが高いことから有機物、栄養塩類濃度が高い可能性がある	平均流が湾中央から湾奥部に向かっているため、泥分、有機物等が堆積しやすい環境にあると考えられる。
	V	A-V (●)	No.14	24		種類数はグループII、IIIと同程度であり、個体数、湿重量が比較的小さい特徴を有する生息状況	ルンブリネリス ロキフオリア	Mediomastus sp.	シズ'カイ	近傍に養殖場が存在していることから、その影響により水質・底質が悪化している可能性がある	閉鎖性が高く、平均流が遅いことから泥分、有機物等が堆積しやすい環境にあるとともに、養殖の影響による底質悪化も考えられる
			No.13	25		種類数、個体数、湿重量ともに少ない	Sthenolepis sp.	イトコカイ科	シズ'カイ	比較的岸側の地点が多く、平均流は比較的遅いことから泥分、有機物等が堆積しやすい環境にあると考えられる	平均流は、上層、下層とも八代海の中では遅いわけではなく、No.13は湾奥部や湾中央西部よりも泥分、有機物等は堆積しにくいと考えられることから、泥分・有機物が多い原因は他の要因によると考えられる
			Ykm-4	21			シズ'カイ	Sthenolepis sp.	Sigambra tentaculata		
			No.17	25			ナリウロコムシ科	ハナオカカコカイ	—		
Ykm-5	38	シズ'カイ	ヒサシソコヒ科	Sthenolepis sp.							
No.15	10	モロコカイ	シズ'カイ	—							
B	II	B-II (●)	Ykm-1	3	砂泥質で、有機物、栄養塩の堆積量が多く、T-PがグループCよりも多い底質環境	種類数はグループIII、IVと同程度であり、個体数、湿重量が最も多い特徴を有する生息状況	ホトキスカイ	トウカ'カイ科	Corophium sp.	平均流が弱く、水質が滞留する可能性があること、湾奥部の大野川、大瀬川等のCOD、T-P、T-Nが高いことから有機物、栄養塩類濃度が高い可能性がある	平均流が湾中央から湾奥部に向かっているため、細粒分が堆積しやすい環境にあると考えられる。No.11やYkm-2よりも砂分が多いのは、氷川の河口部に近いことが可能性として考えられる。
	IV	B-IV (●)	Ykm-6	34	種類数はグループII、IIIと同程度であり、個体数、湿重量が比較的小さい特徴を有する生息状況	Lumbrineris sp.	イトコカイ科	Sigambra tentaculata	平均流が比較的弱く、近傍に養殖場が多いことから、水質・底質の有機物、栄養塩類が高い可能性がある。底質のT-Pが高いことは養殖の影響による可能性がある	平均流は比較的遅いことから泥分、有機物が堆積しやすい可能性がある。	
C	II	C-II (●)	No.12	7	砂泥質で、有機物、栄養塩の堆積量が多く、T-PがグループBよりも少ない底質環境	種類数はグループIII、IVと同程度であり、個体数、湿重量が最も多い特徴を有する生息状況	シズ'カイ	モロコカイ	ダルマコカイ	球磨川からの流入負荷の影響を最も受けやすい	平均流は比較的遅いため、泥分、有機物が堆積しやすい可能性がある。球磨川河口部に位置しているため、砂分の供給量が多いことが湾奥部との違いと考えられる
	III	C-III (●)	Ykm-3	7		種類数はグループII、IVと同程度であり、個体数が比較的多い特徴を有する生息状況	シズ'カイ	モロコカイ	ダルマコカイ	球磨川からの流入負荷の影響を最も受けやすい	平均流は比較的遅いため、泥分、有機物が堆積しやすい可能性がある。球磨川河口部に位置しているため、砂分の供給量が多いことが湾奥部との違いと考えられる
			No.16	13		カエツネ属	シズ'カイ	カタマカリ'ホシソメ	下層の平均流は比較的遅いため、泥分、有機物が堆積しやすいと考えられる。		
	IV	C-IV (●)	Ykg-2	32		種類数はグループII、IIIと同程度であり、個体数、湿重量が比較的小さい特徴を有する生息状況	Terebellides sp.	イトクス'ホシシ属	Lumbrineris sp.	下層の平均流は比較的遅いため、泥分、有機物が堆積しやすいと考えられる。	
Ykg-3			13	シズ'カイ	Sigambra tentaculata	Chaetozone sp.					
D	I	D-I (●)	Ykm-7	56	砂質で、栄養塩、有機物の堆積が最も少ない底質環境	種類数が最も多く、個体数も比較的多い	Caprella sp.	Pseudopolydora sp.	Urothoe sp.	平均流が速く、底質の泥分、有機物量が少ないことから、水質も良好である可能性があると考えられる	平均流によると、流速が早く、泥分、有機物等が堆積しにくい環境であると考えられる
			Ykg-1	36		ヒツメスガメ	Paraprionospio sp.(CI型)	線虫綱			

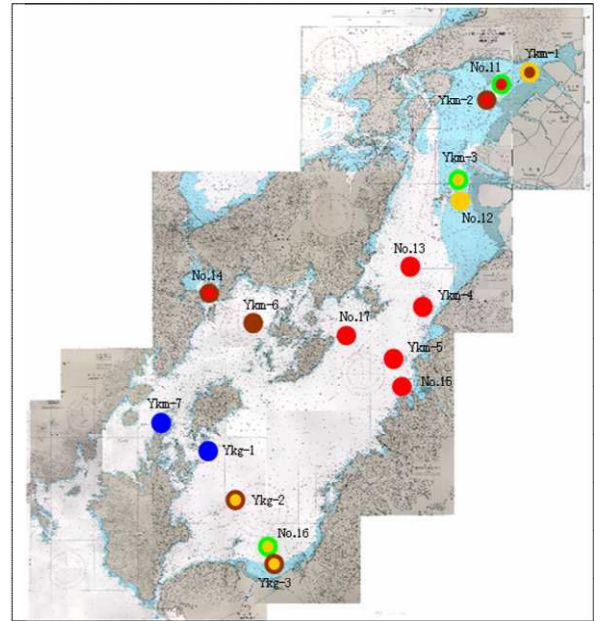
凡例	区分名	地点数	地点
	A-III	1	No.11
	A-IV	2	Ykm-2, No.14
	A-V	5	No.13, Ykm-4, No.17, Ykm-5, No.15
	B-II	1	Ykm-1
	B-IV	1	Ykm-6
	C-II	1	No.12
	C-III	2	Ykm-3, No.16
	C-IV	2	Ykg-2, Ykg-3
	D-I	2	Ykm-7, Ykg-1



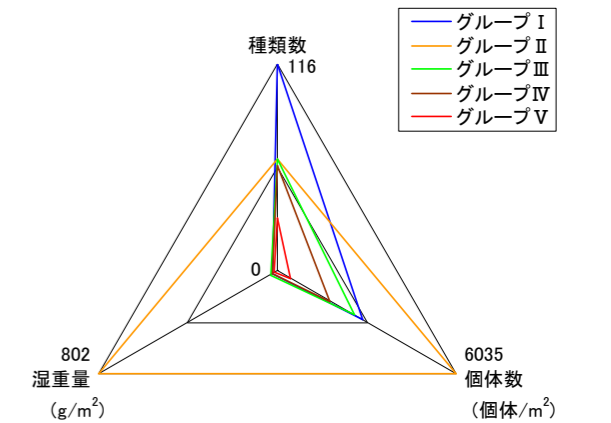
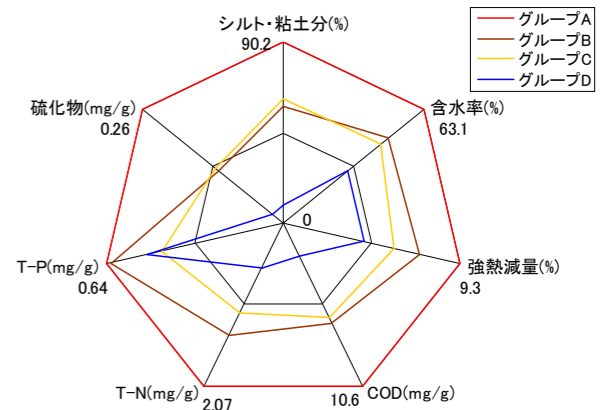
- ※ 項目の括弧内は整理した調査データの年代を示す。
- ※ 個体数優占種の網掛けは、●：軟体動物門、■：環形動物門、■：節足動物門、■：その他を示す。
- ※ 水深の基準面は略最低低潮面
- ※ 黒字は既存調査による結果、既存資料による報告を、赤字は詳細不明、及び可能性を示した。

表 2.2(2) 八代海の環境特性のまとめ

底質区分	底生生物区分	細区分	地点名	水深(m)	水塊構造(2004~2011)		赤潮		貧酸素水塊(2004~2011)
					水温・塩分	濁度	確認状況及び構成種(2004~2009)		
A	III	A-III (●)	No.11	8	夏季に水温・塩分成層が形成される	上げ潮時に高濁度の水塊が発生	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Skeletonema costatumが多い		調査地点の近傍で貧酸素水塊が発生している
			Ykm-2	9	夏季に水温・塩分成層が形成される	上げ潮時に高濁度の水塊が発生	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Skeletonema costatumが多い		既存の調査結果(「海輝」水塊構造調査)では貧酸素水塊は確認されていない
	IV	A-IV (●)	No.14	24	詳細は不明	詳細は不明	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaが多い		底質は泥分、有機物量が多い区分であり、閉鎖性の強いことから底層のDOが低くなる可能性が考えられる
			No.13	25	夏季に水温・塩分成層が形成される	高濁度水塊は発生しない	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Skeletonema costatumが多い		既存の調査結果(「海輝」水塊構造調査)では貧酸素水塊は確認されていない
	V	A-V (●)	Ykm-4	21	詳細は不明	詳細は不明			底質は泥分、有機物量が多い区分であり、閉鎖性の強いことから底層のDOが低くなる可能性が考えられる
			No.17	25	海輝による水塊構造調査結果では近傍地点において夏季に水温・塩分成層が確認されていることから、同様の成層構造が形成されている可能性が考えられる	詳細は不明	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaが多い		
			Ykm-5	38	詳細は不明	詳細は不明			
			No.15	10	水深が浅く、泥分も比較的高いことから底層で高濁度の水塊が発生している可能性が考えられる	詳細は不明			
	B	II	B-II (●)	Ykm-1	3	海輝による水塊構造調査結果では近傍地点において夏季に水温・塩分成層が確認されていることから、同様の成層構造が形成されている可能性が考えられる	水深が浅く、泥分も比較的高いことから底層で高濁度の水塊が発生している可能性が考えられる	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Skeletonema costatumが多い	
IV		B-IV (●)	Ykm-6	34	詳細は不明	詳細は不明	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaが多い		詳細は不明
C	II	C-II (●)	No.12	7	海輝による水塊構造調査結果では近傍地点において夏季に水温・塩分成層が確認されていること、球磨川からの流入があることから、同様の成層構造が形成されている可能性が考えられる	水深が浅く、泥分も比較的高いことから底層で高濁度の水塊が発生している可能性が考えられる	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Skeletonema costatumが多い		球磨川河口部沖で貧酸素水塊の発生が確認されている
	III	C-III (●)	Ykm-3	7	海輝による水塊構造調査結果では近傍地点において夏季に水温・塩分成層が確認されていること、球磨川からの流入があることから、同様の成層構造が形成されている可能性が考えられる	水深が浅く、泥分も比較的高いことから底層で高濁度の水塊が発生している可能性が考えられる	Skeletonema costatum, Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaともに確認されるが、Skeletonema costatumが多い		球磨川河口部沖で貧酸素水塊の発生が確認されている
			No.16	13	詳細は不明	詳細は不明	Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaの確認日数が多い 平成17年以降は珪藻のSkeletonema costatumはほとんど確認されていない		詳細は不明
	IV	C-IV (●)	Ykg-2	32	夏季に水温・塩分成層が形成される	高濁度水塊は発生しない	Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaの確認日数が多い 平成17年以降は珪藻のSkeletonema costatumはほとんど確認されていない		既存の調査結果(「海輝」水塊構造調査)では貧酸素水塊は確認されていない
			Ykg-3	13	詳細は不明	詳細は不明			詳細は不明
D	I	D-I (●)	Ykm-7	56	詳細は不明	泥分が少ないため、海底泥の巻き上がりによる高濁度水塊は発生しない可能性が高いと考えられる	Cochlodinium polykrioides, Chattonella antiquaの確認日数が多い 平成17年以降は珪藻のSkeletonema costatumはほとんど確認されていない		底質の有機物量が少ないうえに酸素消費量が小さく、貧酸素水塊は発生していない可能性が考えられる
			Ykg-1	36	詳細は不明	泥分が少ないため、海底泥の巻き上がりによる高濁度水塊は発生しない可能性が高いと考えられる			



凡例	区分名	地点数	地点
 底質分類 底生生物分類	(●)	A-III	1 No.11
	(●)	A-IV	2 Ykm-2, No.14
	(●)	A-V	5 No.13, Ykm-4, No.17, Ykm-5, No.15
	(●)	B-II	1 Ykm-1
	(●)	B-IV	1 Ykm-6
	(●)	C-II	1 No.12
	(●)	C-III	2 Ykm-3, No.16
	(●)	C-IV	2 Ykg-2, Ykg-3
	(●)	D-I	2 Ykm-7, Ykg-1



赤潮の出典：「九州海域の赤潮」水産庁九州漁業調整事務所、各県(福岡：福岡県水産海洋技術センター有明海研究所、佐賀：有明水産振興センター、長崎：長崎県水産試験場、熊本：熊本県水産研究センター、鹿児島：鹿児島県水産技術開発センター)からの提供資料及びホームページ資料

- ※ 項目の括弧内は整理した調査データの年代を示す。
- ※ 個体数優占種の網掛けは、●：軟体動物門、■：環形動物門、■：節足動物門、■：その他を示す。
- ※ 水深の基準面は略最低低潮面
- ※ 黒字は既存調査による結果、既存資料による報告を、赤字は詳細不明、及び可能性を示した。

(1) 有明海

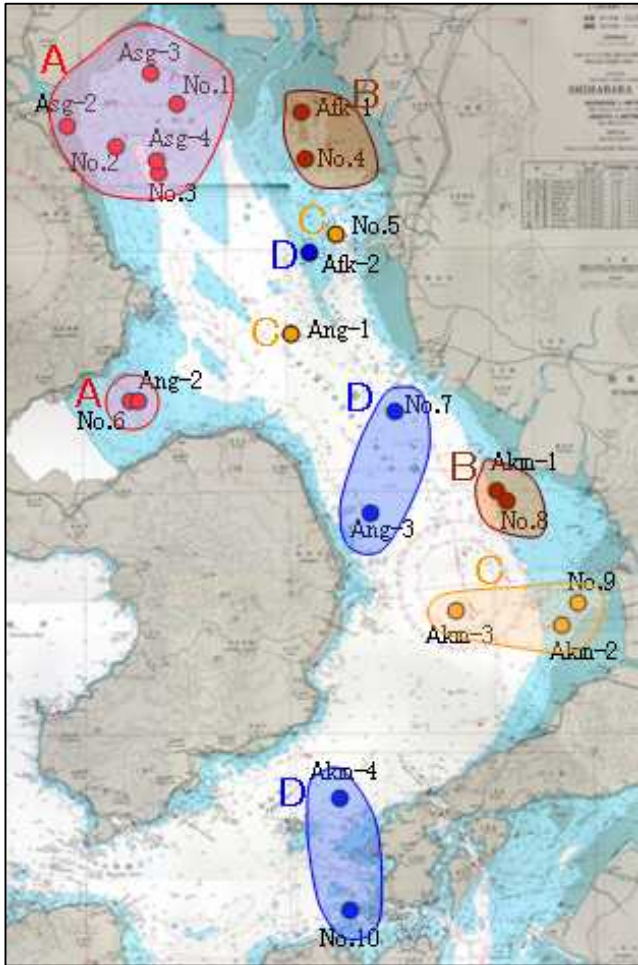
表 2.1に示す底質によるクラスター解析結果と、底生生物の門別個体数を用いてクラスター解析を行った結果を図 2.1に示す。

これによると、底質のシルト・粘土分、有機物、硫化物が高いグループであるグループ A に属する地点では、底生生物は軟体動物門が多く、節足動物門が比較的少ない区分であるグループ 4、5 に属する場合が多かった。また、底質のシルト・粘土分、有機物、硫化物が低いグループであるグループ D に属する地点では、節足動物門、環形動物門が多く、軟体動物門の比率が低いグループ 1 に属していた。

表 2.3 クラスター解析による分類毎の特徴（有明海）

項目		グループの特徴	
グループ名	地図上の凡例		
底質	グループ A	A	泥質で有機物、栄養塩の堆積量が最も多い底質環境
	グループ B	B	泥分、有機物、栄養塩の堆積量が多く、グループ A よりも泥分が少ない底質環境
	グループ C	C	砂泥質で、栄養塩、有機物の堆積が少ない底質環境
	グループ D	D	砂質で、栄養塩、有機物量の堆積が最も少ない底質環境
底生生物	グループ 1	①	軟体動物門の割合が低く、節足・環形動物門の割合が高い
	グループ 2	②	軟体動物門の割合が低く、節足動物門の割合が高い
	グループ 3	③	軟体動物門の割合が低く、環形動物門の割合が高い
	グループ 4	④	3 門の比率が概ね同等
	グループ 5	⑤	軟体動物門の割合が高く、環形・節足動物門の割合が低い

【クラスター解析による底質区分】



【クラスター解析による底生生物(門別個体数組成)区分】

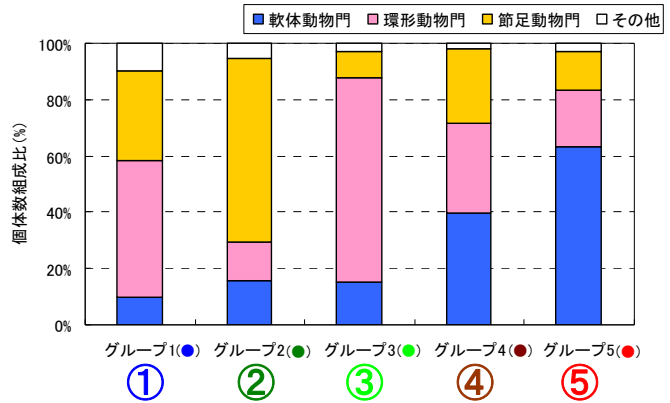
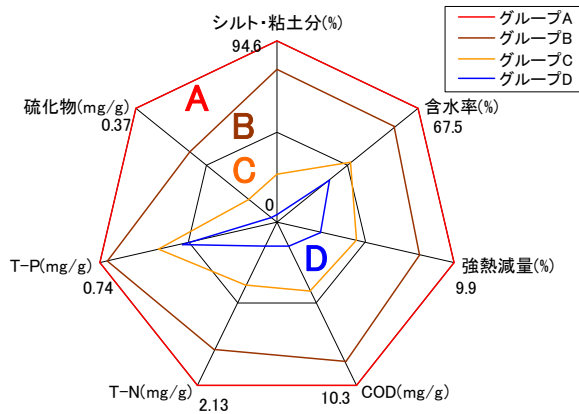
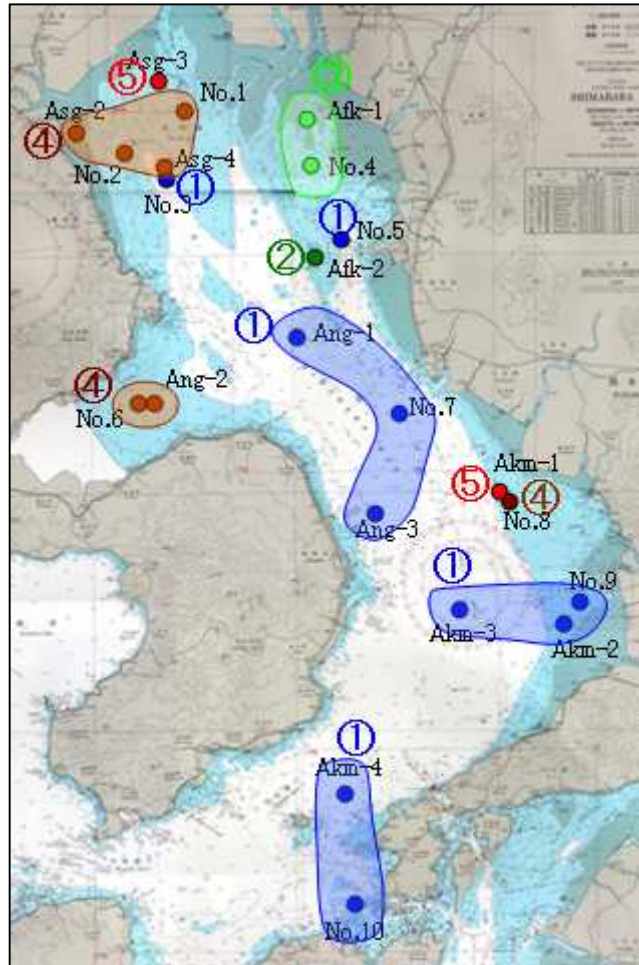


図 2.1 クラスター解析による底質と門別個体数の分類結果 (有明海)

(2) 八代海

表 2.2に示す底質によるクラスター解析結果と、底生生物の門別個体数を用いてクラスター解析を行った結果を図 2.2に示す。

これによると、底質のシルト・粘土分、有機物、硫化物が高いグループであるグループ A に属する地点では、底生生物は環形動物門、軟体動物門が多く、節足動物門が少ない区分であるグループ 2、3、4、に属する場合が多かった。また、底質のシルト・粘土分、有機物、硫化物が低いグループであるグループ C・D に属する地点では、節足動物門、環形動物門が多く、軟体動物門の比率が低いグループ 1、2、3 に属していた。

これより、底生生物の生息は、底質環境によってどの門に属する種が多いのかが異なっており、評価を行う場合は少なくとも門別に分類して評価する必要があると考えられる。

表 2.4 クラスター解析による分類毎の特徴（八代海）

項目		グループの特徴	
グループ名	地図上の凡例		
底質	グループ A	A	泥質で有機物、栄養塩の堆積量が最も多い底質環境
	グループ B	B	泥分、有機物、栄養塩の堆積量が多く、グループ C よりも T-P が多い底質環境
	グループ C	C	泥分、有機物、栄養塩の堆積量が多く、グループ B よりも T-P が少ない底質環境
	グループ D	D	砂質で、栄養塩、有機物量の堆積が最も少ない底質環境
底生生物	グループ 1	①	軟体動物門の割合が低く、節足・環形動物門の割合が高い
	グループ 2	②	環形動物門の割合が高く、次いで節足動物門の割合が高い
	グループ 3	③	環形動物門の割合が高く、次いで軟体動物門の割合が高い
	グループ 4	④	軟体動物門の割合が高く、環形・節足動物門の割合が低い

【クラスター解析による底質区分】

【クラスター解析による底生物(門別個体数組成)区分】

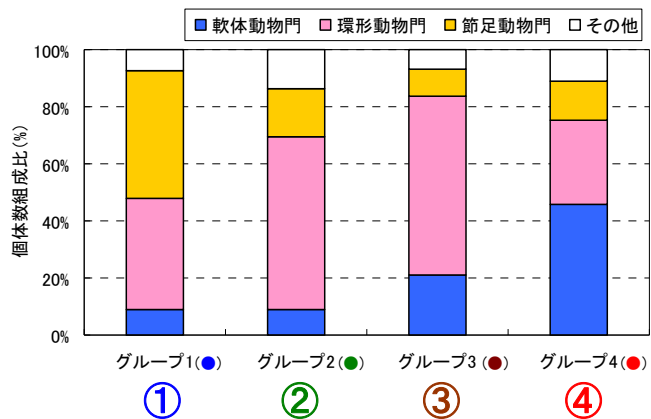
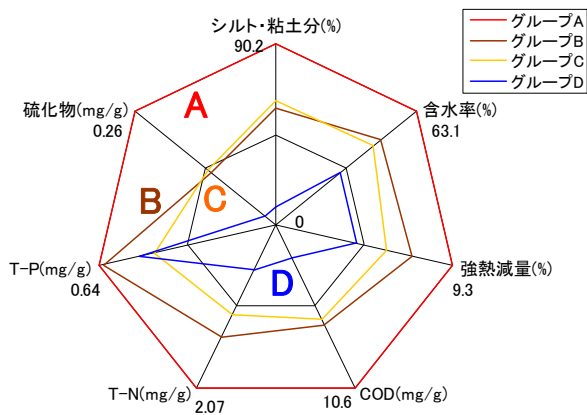
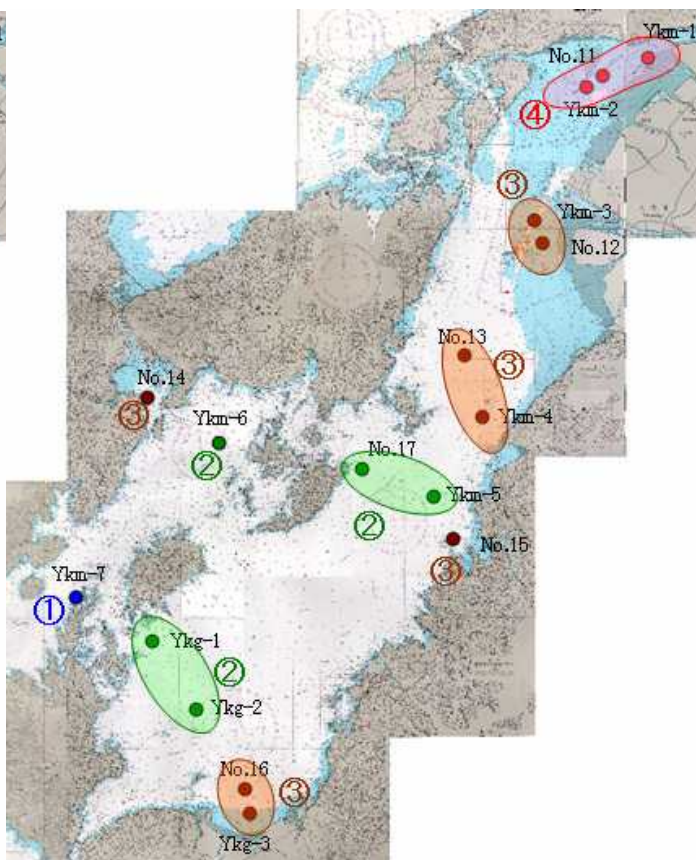
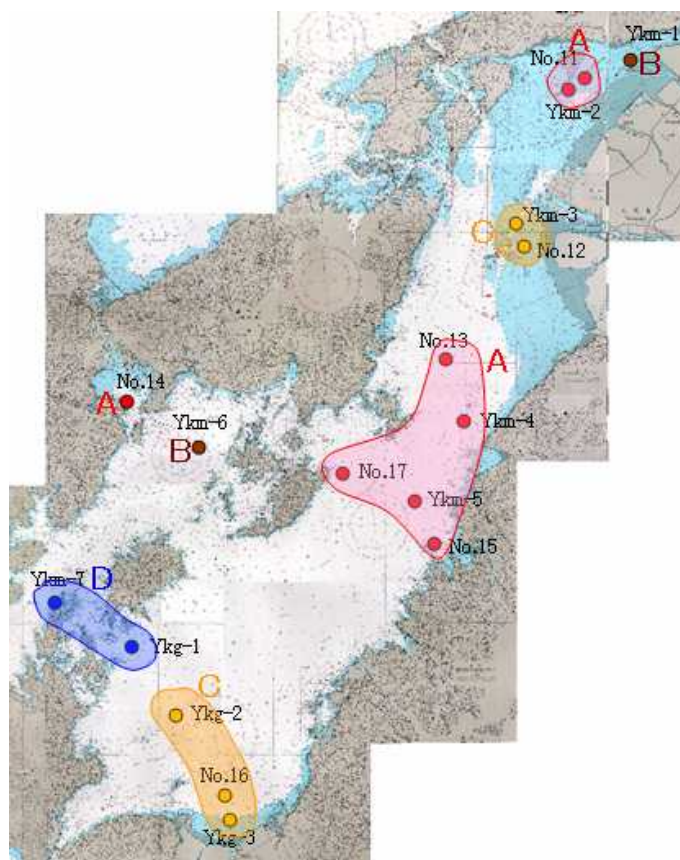


図 2.2 クラスタ解析による底質と門別個体数の分類結果 (八代海)

3 再生方策のケーススタディ

3.1 国土交通省の事例

環境整備船「海輝」による調査において得られたモニタリング調査の課題を踏まえ、有明・八代海における再生方策を適用するために必要となる未解明事象の解明を目的として、平成22年度から有明・八代海において新たなモニタリング計画で「海輝」による環境調査を実施するとともに、再生方策の実施に向けた検討に取り組んでいる。

3.1.1 検討の進め方

検討の進め方を図 3.1に示す。

全体目標：有明・八代海の環境特性に応じた生物多様性のある海域環境

【環境全体のプラン】

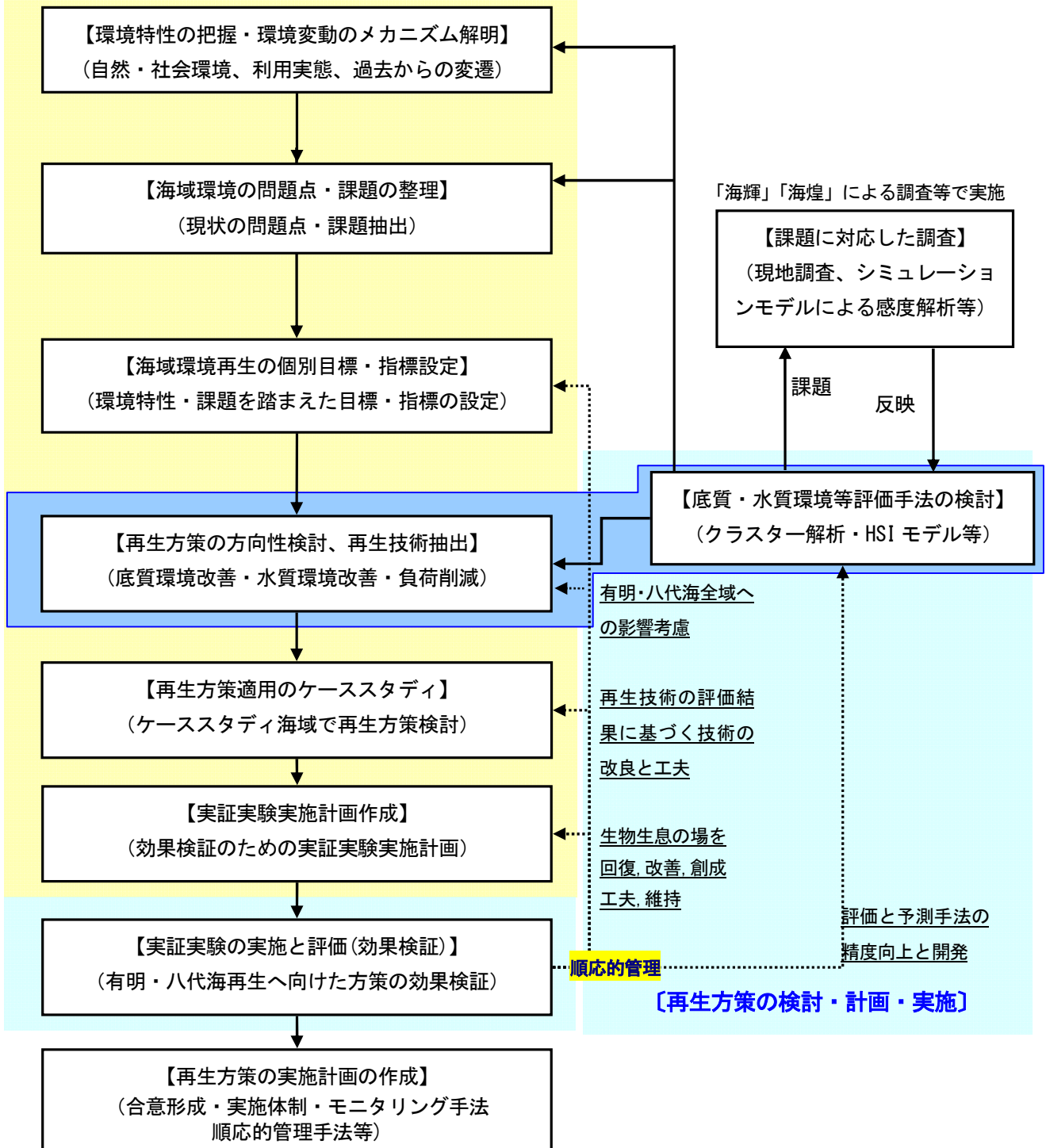


図 3.1 検討の進め方

3.1.2 再生方策の検討

再生方策の検討は、再生の目的である「有明・八代海における環境特性に応じた生物多様性のある海域環境」を踏まえ、底生生物の生息環境からみた底質環境、水環境の評価結果及び有明・八代海の環境特性から、高い効果が期待できる再生技術を抽出する。

以下に適用する再生方策検討の考え方を示す。

(1) 再生技術のあり方

有明・八代海の環境変化は、前述のとおり海域における物質収支のバランスが崩れており、その直接的な要因の1つとして底生生物の減少が挙げられる。そのため、再生の目的を有明・八代海における環境特性に応じた生物多様性のある海域環境とした場合、底生生物の生息環境を回復し、多様性を向上させることが重要であると考えられる。

底生生物の生息環境を構成している要素としては、底質環境と水環境が挙げられ、底生生物の生息環境再生方策の検討は、底質環境と水環境（効果の持続性）の両面に対する総合的な再生方策を検討していく必要がある。その中でも底質環境は、底生生物の生息環境に最も強く影響を与えていると考えられることから、適用する再生技術は、底質の悪化が進行し、底生生物の多様性が減少している海域において底質改善に関する再生技術を適用することが有効と考えられる。また、底質改善に関する再生技術の中には、水質浄化、流況制御などの水環境への改善も期待できる技術もあることから、水環境に対する改善技術（効果の持続性に対する改善技術）も必要と考えられる海域では、底質環境と水環境の両面に効果が期待できる技術を適用することや、複数の技術を組み合わせることを検討する。さらに、再生方策の適用箇所は、環境特性を踏まえて効果が比較的早く実現することや、水面利用状況を踏まえて、環境特性からその場に応じた望ましい対策案を底質環境と水環境の評価結果を基に抽出し、効果の持続性も考慮して選定する必要がある。

(2) 再生方策適用箇所の考え方

再生方策の適用箇所については、以下の点について検討を行う。

① 環境特性から課題や問題点を整理し、科学的立場から箇所を検討する。

有明海、八代海の海域、地域の環境特性から課題や問題点を整理し、底質環境、水質環境、生物生息環境の科学的立場から再生方策が必要と考えられる箇所について検討する。

② 将来的に事業を展開することを考慮し、地元住民や漁業者の合意を得ながら箇所を検討する。

有明海、八代海では、海域によっては貝類・魚類・ノリ養殖や漁業の場として利用されている地域が存在していることから、再生方策を適用する地区については、以下の点に留意する。

- ・ 再生方策の適用による水面利用への影響
- ・ 再生方策の適用が妨げられない
- ・ 効果の低下、持続性の低下を引き起こさない

③ 上記の方針を総合的に勘案し再生方策の適用箇所を選定する。

(3) 適用する再生技術の考え方

適用する再生技術は、以下を踏まえて選定する。

- ① 底生生物生息環境に対する底質環境等の評価結果を踏まえる。
生物生息環境の評価結果(HSI モデル等)から得られた再生方策適用の方向性を踏まえて、既存の再生技術の中から最も効果が得られる技術について検討する。
- ② 再生技術の効果の持続性を考慮する。
再生技術の適用技術は、再生技術の効果の持続性についても考慮して選定する。
環境特性、及び水質環境等の評価結果から効果の持続性が低いと考えられる海域で再生技術を適用する場合は、効果の持続性に対しても効果が期待できる底質改善技術を選定する、もしくは底質改善技術に効果の持続性を高める技術を加えた複数の技術の組み合わせを検討する。
- ③ 経済性を考慮する。
再生方策適用箇所の課題に応じた再生技術のうち、経済面において適用可能である技術を検討する。

(4) 再生技術抽出フロー

再生技術の選定方法について、検討フローを図 3.2に示す。

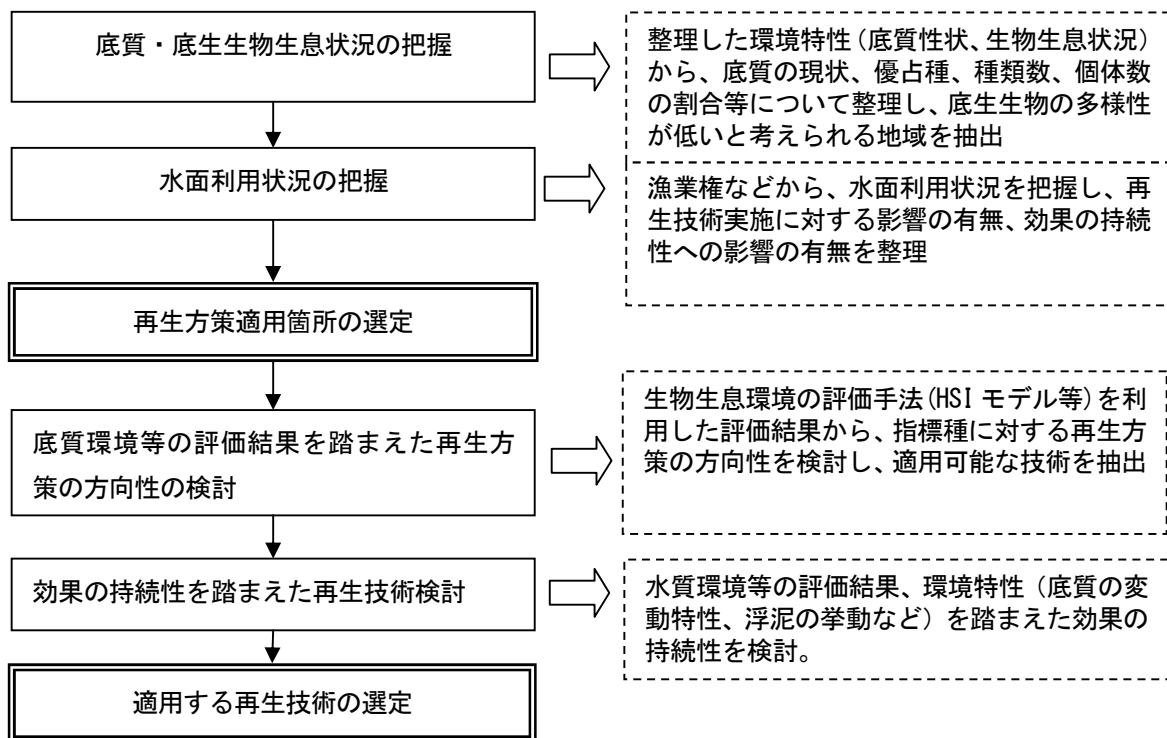


図 3.2 再生技術の選定方法

(5) 実証実験の実施

再生方策を実施するにあたり、選定した技術の効果を検証する実証実験を実施する必要がある。効果の検証は、選定した再生技術を実施することで海域全体にどの程度効果があるのか、どの程度の範囲に実施すれば効果が得られるのかについて検証する必要がある。また、モニタリング調査結果から底生生物生息環境を評価、予測することに加え、統計学的手法、数値シミュレーションなどの手法を活用し、定性的・定量的に効果の検証を行う。

また、実証実験において得られた結果から、実施体制、合意形成、モニタリング手法等について検討し、再生方策の実施計画として作成する必要がある。

3.2 有明海生物生息環境の俯瞰的再生と実証試験について

楠田哲也編(2012)蘇る有明海—再生の道程—,恒星社厚生閣,361p.から、現地実証されている再生技術を適用したときの生物生息環境の変化を予測し(低次生態系モデル)、指標の資源増大を評価した(生活史モデル)結果について以下に示す。

検討対象技術は底質改善のための囲繞堤の設置(アゲマキ放流)・覆砂・海底耕耘、なぎさ線の回復、微細懸濁物捕捉技術としての粗朶搦工、水産生物利用栄養塩系取り出し技術としてのカキ礁の復元およびノリの養殖の適正管理であり、それぞれの施工規模の異なる2ケースを設定している。これらは主に湾奥部の環境改善を重視した施策である。囲繞堤、なぎさ線の回復(直立護岸の緩傾斜化)、粗朶搦工、カキ礁およびノリ養殖は施設を設置あるいは削減したものであるが、覆砂と海底耕耘は2001年1月1日に施工した想定になっている。各技術の評価は、2001年の環境条件(非定常)において、貧酸素化の低減効果(底層DO)、赤潮発生の低減効果(クロロフィルa)、透明度上昇の抑制効果(SS)とし、これらを含む環境変化に伴う指標種への影響を漁獲量の変化で評価している。なお、指標種は2001年の環境変化を毎年与え15年計算している。

3.2.1 設定した計算条件

各施策の施工箇所を図3.3に、施工面積を表3.1に示す。

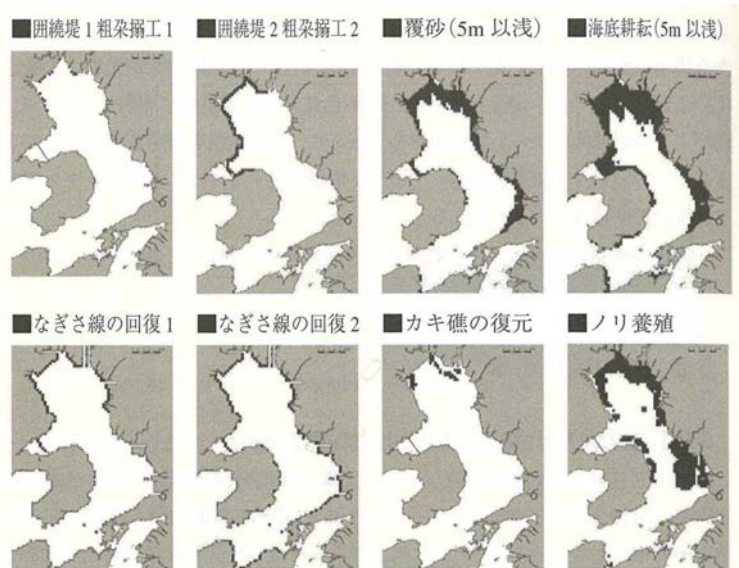


図 3.3 再生技術の施工箇所

表 3.1 再生策の対象海域と施工面積

No.	再生策	対象海域	格子数	面積(km ²)	備考	
1	囲繞堤1	湾奥部のかつてのアゲマキ漁場	15	12	0.8%	
2	囲繞堤2	湾奥部および諫早湾沿岸全域	92	75	4.7%	
3	覆砂1	5m以浅海域	370	300	18.9%	
4	覆砂2	5m以浅海域	370	300	18.9%	
5	海底耕耘1	10m以浅海域	676	548	34.5%	
6	海底耕耘2	10m以浅海域	676	548	34.5%	
7	なぎさ線の回復1	人工海岸(湾奥部、諫早湾のみ)	62	50	3.2%	
8	なぎさ線の回復2	人工海岸	123	100	6.3%	
9	粗朶搦工1	湾奥部沿岸の一部	15	12	0.8%	
10	粗朶搦工2	湾奥部と諫早湾の沿岸全域	92	75	4.7%	
11	カキ礁の復元1	1977年のカキ礁	48	39	2.5%	1977年のカキ現存量
12	カキ礁の復元2	1977年のカキ礁	48	39	2.5%	上記の5倍
13	ノリ養殖1	現況のノリ養殖場	493	399	25.2%	ノリ養殖を1/2
14	ノリ養殖2	現況のノリ養殖場	493	399	25.2%	ノリ養殖を0
有明海			1,957	1,585	100.0%	

*各施策とも2ケース設定し、ケース1よりケース2の再生規模が大きい。

3.2.2 有明海再生にむけてのシステムの方策

有明海の生物生息環境として貧酸素水塊の発生・拡大、赤潮の発生（夏季の有毒赤潮、冬季の珪藻赤潮）、透明度の上昇、底質変化（細粒化）が重要であると考えられている。現地実証された各再生策が有明海全体の貧酸素化の低減および指標種の資源増大に果たす効果の大きさを表 3.2にまとめた。貧酸素以外の生物生息環境については指標種の評価モデルで取り扱われている。貧酸素化は“酸素救急＜酸素消費“の結果であり、流動場を回復させ酸素供給を増やすなぎさ線の回復と底泥や水中での酸素消費を減らす覆砂による効果が大きいことが定量的に示された。また、酸素消費を減らすカキ礁の復元や海底耕耘も有望な再生策であることが確信された。さらに重要なのは、これらの施策によってサルボウやアサリが増え、懸濁有機物を摂食することによって酸素消費の減少を助長していることである。見方を換えれば、貧酸素に曝露される漁場の存在が漁獲量に影響していることにもなる。図 3.4は、再生策から生物生息環境および指標種への影響伝達の要点をまとめたものである。大型二枚貝の生息環境の再生と貧酸素化の解消は双方向の関係にあることから、これららの正のスパイラルを誘導するような再生技術の組み合わせが効果的であると考えられる。

有明海は湾奥部や諫早湾の泥質干潟・浅海域から東部沿岸の砂質干潟まで環境傾度が大きい。環境再生もそれぞれの地域特性に応じたものでなければ持続しない。貧酸素水塊が発生しやすい湾奥部や諫早湾では、流動・密度成層の改善と酸素消費の大きな POM を低減させることが重要である。かつて湾奥部の干潟にはアゲマキ、その前面にはカキ礁があり、両種とも水質浄化能が高いので、これらを活用した再生策も有効である。東部沿岸域は全国一のアサリ漁場が形成されているが、この海域では貧酸素化していない。アサリ資源の回復対策として覆砂が多用され、覆砂はアサリの資源回復に一定の効果を発揮していることは数多く実証されている。覆砂の効果分析にはいくつかの説があるが、新鮮な砂が供給されること、地形が平坦でなく多様にあることにより稚貝着床が促進されることなどは共通している。したがって、当該海域では緊急策として覆砂や作濡が有効であり、持続的には流域からの健全な土砂供給が欠かせない。湾奥部や島原湾沿岸に形成されるアサリ漁場では貧酸素水に曝露されているので貧酸素化の低減が重要な再生要件となる。また、アサリの資源回復には漁獲サイズ大きくする漁業管理やナルトビエイの駆除も併用すればより有効である。

表 3.2 再生策の効果予測（まとめ）

No.	再生策	有明海全体の 貧酸素化の低減	アサリ	サルボウ	スズキ
1	囲繞堤1	△	—	△	—
2	囲繞堤2	△	—	△	—
3	覆砂1	○	◎	○	—
4	覆砂2	◎	◎	◎	×
5	海底耕耘1	○	△	○	—
6	海底耕耘2	○	△	○	—
7	なぎさ線回復1	◎	○	◎	—
8	なぎさ線回復2	◎	○	◎	—
9	粗朶掘工1	—	—	—	—
10	粗朶掘工2	△	—	×	—
11	カキ礁復元1	○	△	○	—
12	カキ礁復元2	○	△	○	—
13	ノリ養殖2	—	○	○	○
14	ノリ養殖1	—	○	○	○

◎:効果が非常に大きい,○:効果が大きい,△:一定の効果がみられる,
—:大きな変化はない,×:再生の逆効果である.

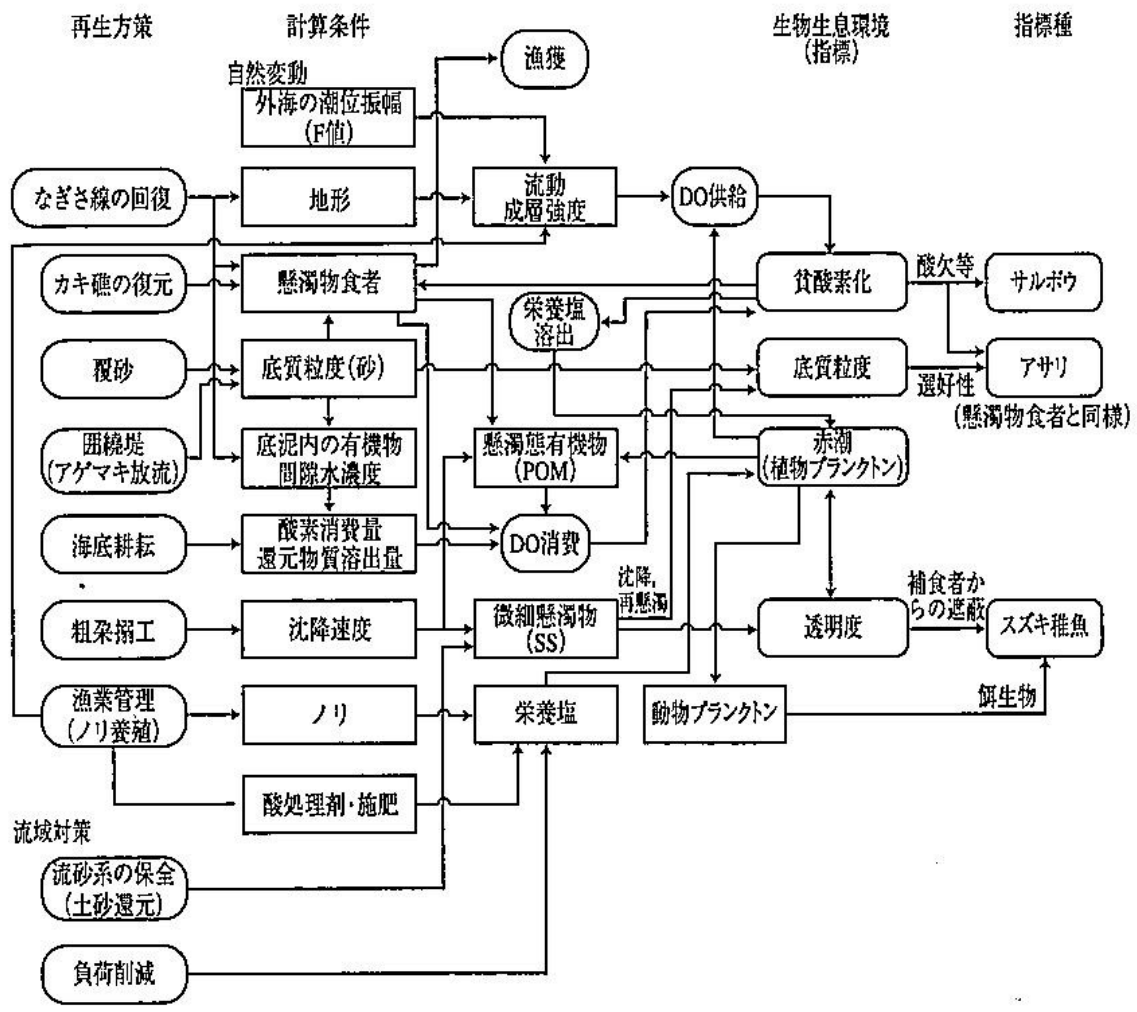


図 3.4 各再生策による生息環境から指標種への主要な影響伝達経路

3.2.3 なぎさ線について

(1) なぎさ線の定義とその役割

自然の干潟や塩性湿地は、陸域から供給される土砂が潮汐や潮流・波などによって、長い年月をかけて浸食や堆積を繰り返すことで形成される。また、陸と海をつなぐ境界であるため、陸と海の生態系が交わるエコトーンとして、生物多様性の高い貴重な場所となっている。この陸と海をつなぐ境界に存在する地盤標高の高い干潟から水辺までの連続した地形の存在する場所をなぎさ線という。

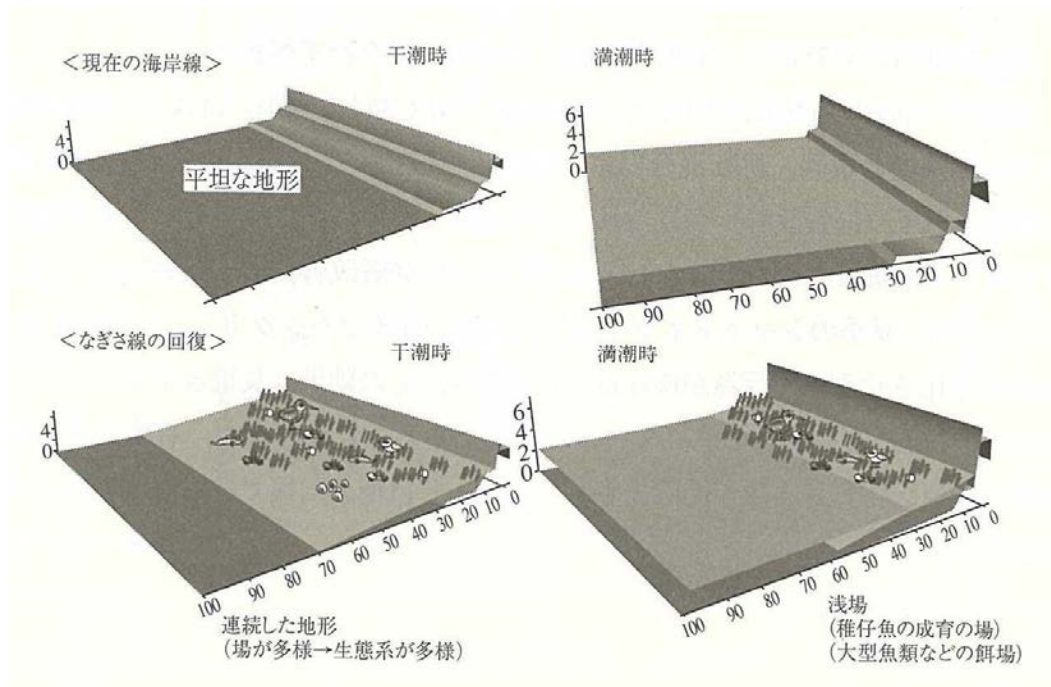
なぎさ線は多様な環境条件の下で高い一次生産を持つ場所であり、その一次生産に支えられて底生生物や魚類、鳥類といった多種多様な生物が生息・来訪し、産卵、摂餌、稚仔魚の生育の場としても利用されている。さらに、このような生物活動の下、食物連鎖を通じた物質循環がバランスよく効率的に行われることで高い浄化機能を有している。

(2) 現地実証試験結果

干潟生態系が有している自己再生機能（浄化機能）を回復（復元）させるために、図 3.5 のように本来海岸線に存在していたなぎさ線を人工的に回復させる対策工法の現地実証試験が行われた。

1) 現地実証試験地の位置

なぎさ線の回復技術実証実験場の有明海の湾中央部東側に位置する熊本港の東側に「東なぎさ線」、北側に「北なぎさ線」が造成された。また、熊本港の東側に位置する沖新海岸に「改良型なぎさ線（エコテラス護岸）」が造成された。造成されたなぎさ線の位置と写真を図 3.6 に、構造・規模を表 3.3に示す。以下、これらの実証試験地における実証試験結果を紹介する。



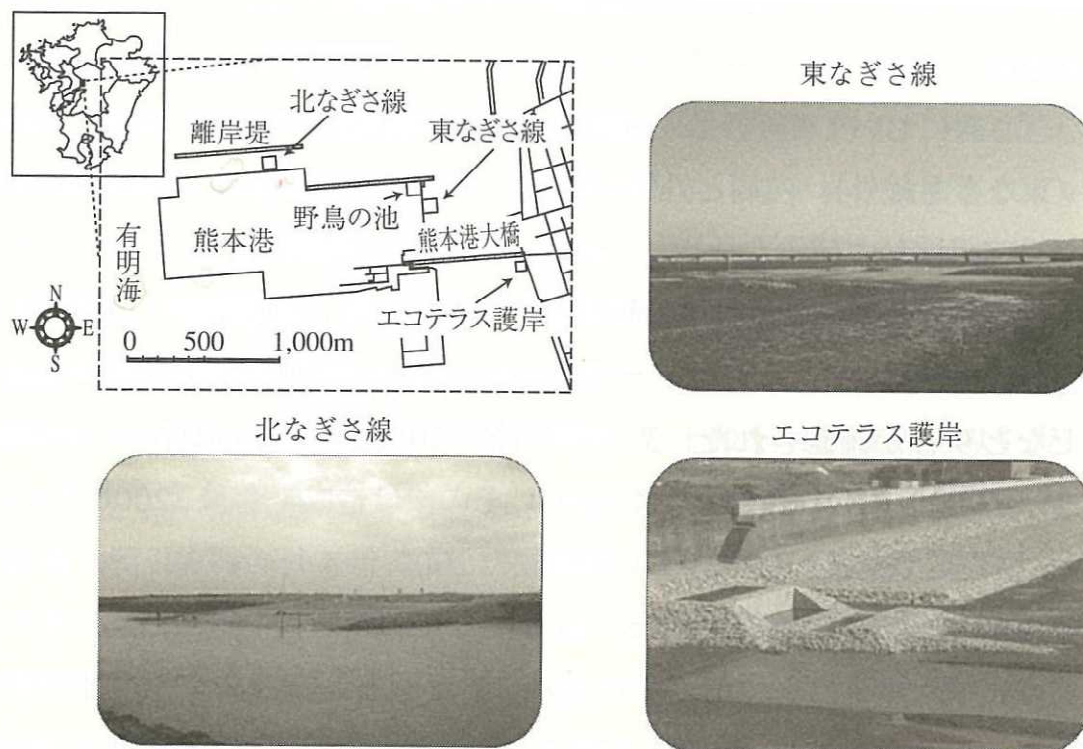


図 3.6 「なぎさ線の回復」現地実証試験地の位置と写真

表 3.3 造成なぎさ線の構造・規模

名称	東なぎさ線	北なぎさ線	エコテラス護岸
造成完了年	2005年10月	2006年9月	2007年9月
底質	砂質	砂泥質	砂質・泥質
幅×奥行き	100m×100m	40m×60m	10m×20m
地盤高(T.P.)	±0.0m～+2.0m	-2.0m～+2.0m	-0.2m～+2.0m
勾配	1/30	1/12	-
特徴	自然干潟と連続した地形や生態系を創造するため、覆砂の流出を防ぐための潜堤をカテナリー曲線形に設定し、ちどり状に配置してある前浜干潟。	熊本港近傍の航路浚渫土砂を有効活用して造成した前浜干潟。波当たりが強く、干潮時の汀線付近に造成するなど、東なぎさ線とは異なる条件となっている。	上段のテラス干潟は塩生植物の生息に適した高さに設定してあり、中段は潮溜りにして稚魚などが逃げ込めるように、下段は粒度組成の異なる土砂を入れている。

2) 熊本港「東なぎさ線」

東なぎさ線が造成された熊本港東護岸前面は、地盤高が約 T.P.±0.00m、中央粒径が約 0.06mm の泥質干潟で、対岸の干拓地まで平坦な干潟が広がっている。ここに H.W.L.から現地盤の T.P. ±0.00m まで、幅 100m×奥行 100m の範囲で潜堤がカタナリー曲線形に設定され、千鳥状に配置された。この場所が中央粒径約 0.79mm の有明海産海砂で勾配約 1/30 に覆砂され、護岸の前面には潮上帯付近の覆砂の流出を防ぐための突堤が 2 本、中央部には生物の生息環境に多様性をもたせるための島堤が 3 ヶ所設置された。

東なぎさ線において確認された底生生物を、千鳥状潜堤の内側（東なぎさ線内）、外側（東なぎさ線外）、内側と外側で共通して確認された数種、調査区域で確認された総確認種および熊本県レッドリスト（2004）や環境省レッドデータブックなどに記載されている注目種の種数を図 3.77 に示す。造成前の 2005 年 8 月の調査ではアラムシロ、テリザクラガイ、ゴカイ鋼の一種、ヤマトオサガニ、トビハゼなど 9 種が確認された。造成半年後の 2006 年 4 月の調査では、確認種が 14 種で造成前の種数を大きく上回り、その後は造成 1 年後（2006 年 10 月）まで 15 種程度で推移した。造成後 1 年半後の 2007 年 5 月の調査以降、強化された定量調査により、環境省レッドデータブックで準絶滅危惧種に指定されているクチバガイやウネナシトマヤガイなどの二枚貝鋼といった内在性の種が新たに多数確認された。さらに、造成 2 年後の 2007 年 10 月の調査では東なぎさ線内で 29 種とその年の調査で最も多くの種が確認された。しかし、2008 年 1 月の調査では東なぎさ線内外ともに確認種数は減少した。これは冬季による生物活動の低下が原因と考えられる。その後、2008 年 5 月の調査では種数は 2007 年 10 月と同程度に戻り、造成 3 年後の 2008 年 10 月の調査では、東なぎさ線内で 30 種と全調査中最も多くの種が確認された。

東なぎさ線の造成から 3 年後までの調査で、巻貝鋼 13 種、二枚貝鋼 18 種、ゴカイ鋼 12 種、軟甲鋼 33 種、硬骨魚鋼などその他 11 種の計 87 種が確認されている。その中には、熊本県レッドリストに記載されているイチョウシラトリやハクセンシオマネキなどの希少種も 18 種確認された。

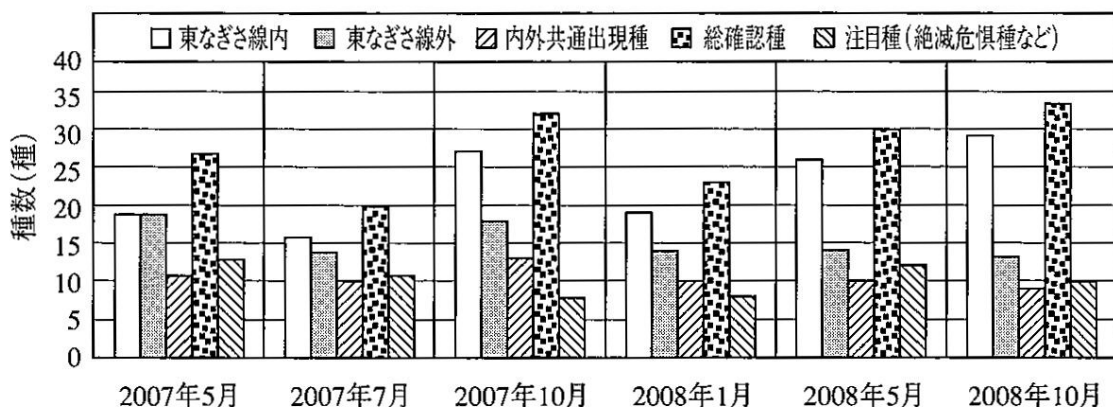


図 3.7 調査区域で確認された総種数や注目種の種数

3) 熊本港「北なぎさ線」

北なぎさ線が造成された熊本港北護岸前面は、地盤高が約 T.P.-2.00m、中央粒径が約 0.04mm の泥質干潟で、100m ほど沖に離岸堤が設置されている。ここに、H.W.L.から現地盤の T.P.-2.00m まで、土砂流出を防ぐための長さ 50m の突堤を 40m 間隔で 2 本配置し、その間を、中央粒径が約 0.02mm の熊本県近郊の航路浚渫土砂を下層（現地盤から T.P.-1.50m まで）、浚渫土と中央粒径 0.18mm の海砂を 50%ずつ混合した土砂を中層、海砂のみを表層（厚さ 0.5m）として 3 層構造としている。勾配は約 1/12 で、軟弱な浚渫土砂の流出を防ぐため、護岸から約 40m 沖に中仕切堤が設置されている。

北なぎさ線においても東なぎさ線同様徐々に生物種数が増加し、造成から 2 年後までの調査で、巻貝綱 13 種、二枚貝綱 15 種、ゴカイ綱 16 種、軟甲綱 27 種、ナマコ綱などその他 9 種の計 80 種が確認され、その中には、熊本県レッドリストに記載されているマルテンスマツムシやサキグロタマツメタなどの希少種も 12 種確認された。また、北なぎさ線では東なぎさ線よりも現地盤の標高が 2m ほど低いため、アサリなどの二枚貝が優占している。さらに、造成 1 年半後の 2008 年 4 月には図 3.8 に示すリシケタイラギの生息が多いところでは 9 個体/m² 確認され、現在も成長を続けている。



図 3.8 北なぎさ線で確認されたリシケタイラギ

4) エコテラス護岸

エコテラス護岸が造成された熊本港東側の沖新海岸は、飽託海岸の高潮対策として1958年より海岸保全設備整備事業が行われている場所で、約 T.P.+7.00mの護岸堤防が構築されており、前面は地盤高が約 T.P.-0.20m、中央粒径が約 0.06mm の泥質干潟となっている。

この護岸堤防の前面に、生物生息場を再生するために、捨石でマウンドを設けた後、幅 9.5m、奥行き 2.5m のコンクリート製側溝を現段状（テラス状）に3段並べ、2007年9月に造成が完了している（図 3.9参照）。上段の天端を H.W.L. (T.P.+2.05m) とし、前面の泥を入れた後、熊本県沿岸に自生しているハマツナ、ホソバノハマアカザ、ハマサジ、フクド、シオググの5種類の塩生植物が植栽された。また、ハマツナやハマサジなどの一年草や二年草は種子によって繁殖し、潮汐などで種子が流されることにより分布を拡大することができるために、種子の留まりやすさが種の存続と大きく関わっている。そこで種子を留めるために、植栽後に一部砕石を撒くという工夫がなされている。中段は天端を T.P.+0.75m に設定した潮溜まりとなっており、側溝の壁面に多孔質パネルを使用している。また、潮溜まりには多孔質ブロックを入れることで、生物の隠れ処を作っている。下段は天端を T.P.+0.55m に設定し、4等分に仕切りをした後、前面の干潟底泥と中央粒径が約 0.17mm の海砂をそれぞれ別区画に入れて、粒度組成が異なるテラス干潟となっている。

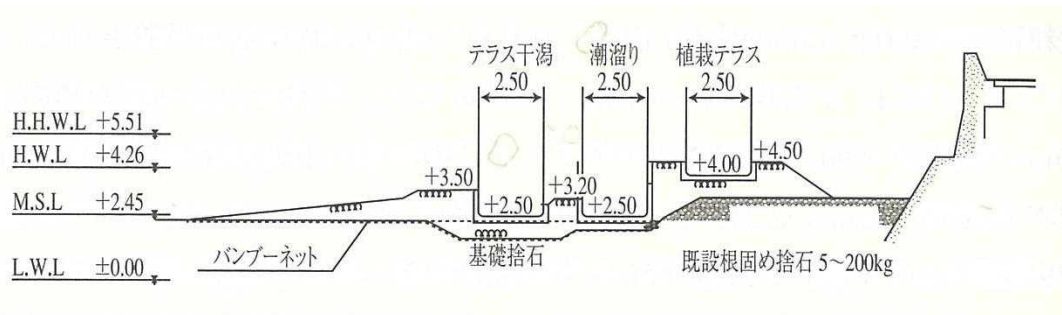


図 3.9 エコテラス護岸の横断面

植栽テラスの状況を図 3.10に示す。植栽した塩生植物は一年草や二年草であるため、植栽2ヶ月後の2007年12月には全て枯れてしまった。ハマサジやフクドなどの二年草、地下茎で繁殖するシオググが枯れてしまった理由として、標高や底泥が適していなかったためか、植栽時期の影響と考えられる。その後、植生半年後の春に砕石をまいた場所では撒かない場所に比べてハマツナの種子が多く留まり、植栽1年後の2008年9月には再繁茂させることができた。また、2009年2月には砕石を撒いた場所で新たに新芽が出てきていた。

潮溜まりには造成直後からシラタエビやハゼ類の生息が確認され、その後も季節によって若干種組成は異なるものの年間を通じて生物が生息し、造成1年目までにボラの稚魚やシモフリシマハゼなどの魚類やガザミやシバエビなどのエビ・カニ類などの生物が計20種確認された。

泥質のテラス干潟は前面の干潟底泥に生息していたヤマトオサガニやムツハリアケガニが造成直後から生息しており、造成1年後も大きな変化はみられなかった。砂質のテラス干潟には造成半年後にコメツキガニやハクセンシオマネキの稚ガニが確認され、造成1年後には泥質・砂質テラス干潟合わせて計18種の生物が確認された。

有明海の海岸堤防前面には、円弧すべりを防ぐために押え盛石が施してあり、生物の生息場が失われているが、植栽テラス・テラス干潟では生物生息場が回復され、潮溜まりでは魚類やエビ類の新たな生物生息場が創成されている。

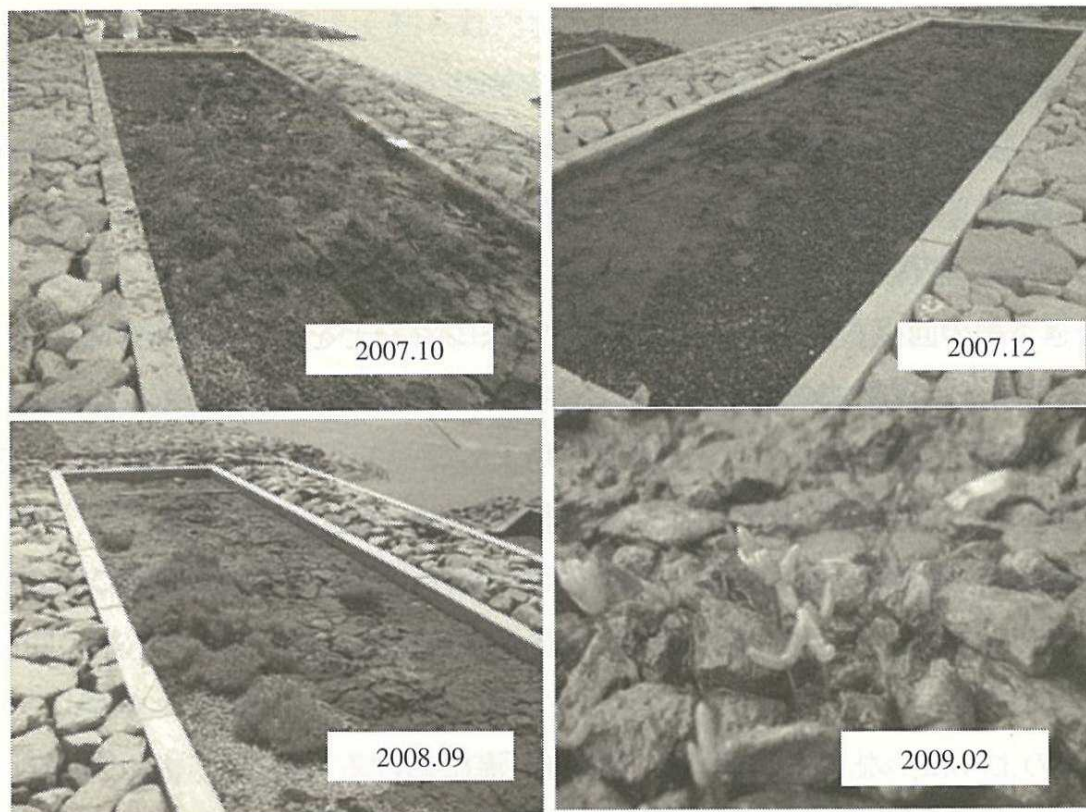


図 3.10 植栽テラスの状況

(3) 今後の展開

「なぎさ線の回復」効果や維持管理のタイミングなどを予測・評価するために、環境アセスメント手法の一つである HEP (Habitat Evaluation Procedure) の HSI (Habitat Suitability Index) を応用することで、なぎさ線の再生による生息生物種および生物量の予測手法の考案・検証も進められている。また、熊本県は、環境学習や潮干狩りなどの干潟交流機会の増大や海域環境の保全および改善を目的として、熊本港の北側に位置する百貫港においてなぎさ線の回復を進めている。

以上のように、なぎさ線の再生は、有明海における生物生息環境の再生技術として実用化されつつある。また、有明海の生物の生息場さえ存在すれば、それに応じた生物も生息し、豊かな生態系が再生できる潜在能力を有していることが実証されていることから、今後も積極的になぎさ線の再生を行っていくことが望まれる。