有明海再生機構主催
有明海市民講座

平成27年7月22日（水）

第11回

有明海異変の解明3
シミュレーションモデルの利用
－再生策の効果－

有明海再生機構　顧問

荒牧 軍治

この有明海市民講座の実施に当たっては「福岡都市圏広域行政事業組合流域連携基金」の助成を受けて実施いたしております。

シミュレーションモデルの到達点

流動モデル

潮位・潮流速、塩分濃度、水温

九大モデル、佐大モデル
JSTモデル　鹿島モデル

観測塔での観測値とほぼ一致

時系列まで再現可能

低次生態系モデル

懸濁物輸送、プランクトン発生消失
水質　物質循環　底質　底生生物

JSTモデル　鹿島モデル

観測塔での溶存酸素(DO)観測値

時系列までは再現できていないが、傾向とオーダーは一致

生物生活史モデル

アサリ、サルボウ、スズキ等の
資源量(漁獲量)

JSTモデル

検証に用いるデータが十分に得られていない

再生策の効果予測

■再生策メニュー

1. 囲繞堤とアゲマキ増産
2. 粗朶溺工（微細粒子捕捉）
3. 海底耕耘（底質改良）
4. なぎさ線の回復
5. 水産生物利用技術（カキ礁の復元）

■再生方策の評価項目

●貧酸素水塊の低減効果

- 基準点での底層溶存酸素の変化
- 貧酸素水塊(DO<3mg)の容積
- 貧酸素化(DO<3mg)の累積時間

2001年の環境条件
(非定常)において,
再生策の効果を予測

●赤潮発生の低減効果

- 基準点での表層クロロフィルa濃度の変化
- 高クロロフィルa濃度(Chl.>20μg/L)の累積時間

●透明度上昇の抑制効果

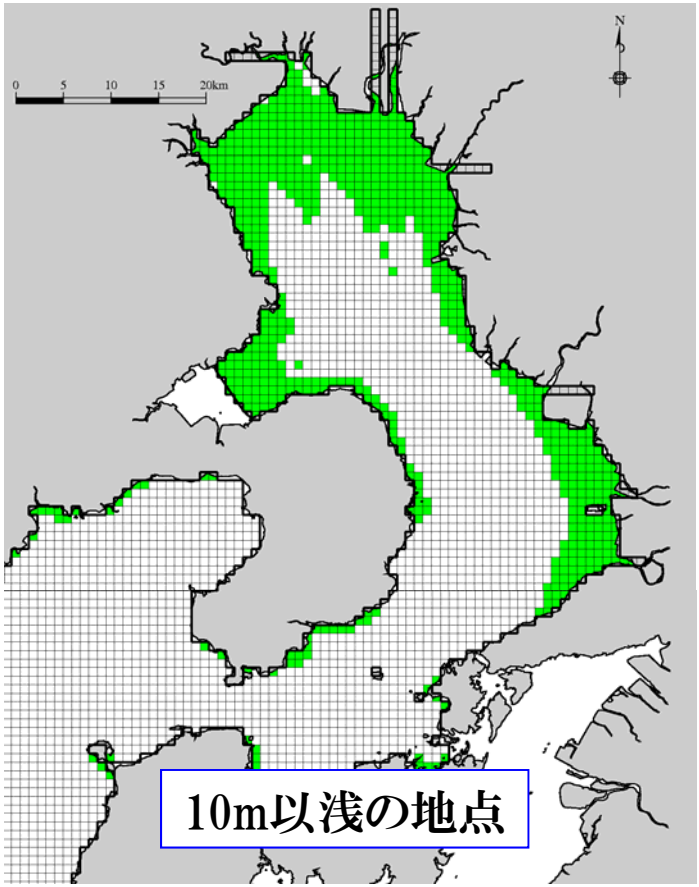
・年平均SS濃度の変化

再生方策の効果予測　　-海底耕耘-

■底質改良施策の実施

・計算条件の設定

①地形条件の設定



②底質

底質改良施策により
10m以浅の地点において、
底泥による酸素消費量が減少
すると仮定する

CASE1：酸素消費量が現況の1/2
CASE2：酸素消費量が現況の3/4

※底質濃度(有機物量等)、
　巻き上げ量は変化しないとする

再生方策の効果予測　　-なぎさ線の回復-

■なぎさ線の回復

・計算条件の設定

①地形条件の設定

②底生生物の現存量

なぎさ線での底生生物の現存量は、現況計算での沿岸部の底生生物量の平均値

- 付着珪藻　　：6.1　gC/m^2
- アサリ　　：3.9　gC/m^2
- 堆積物食者：1.8　gC/m^2

③底質

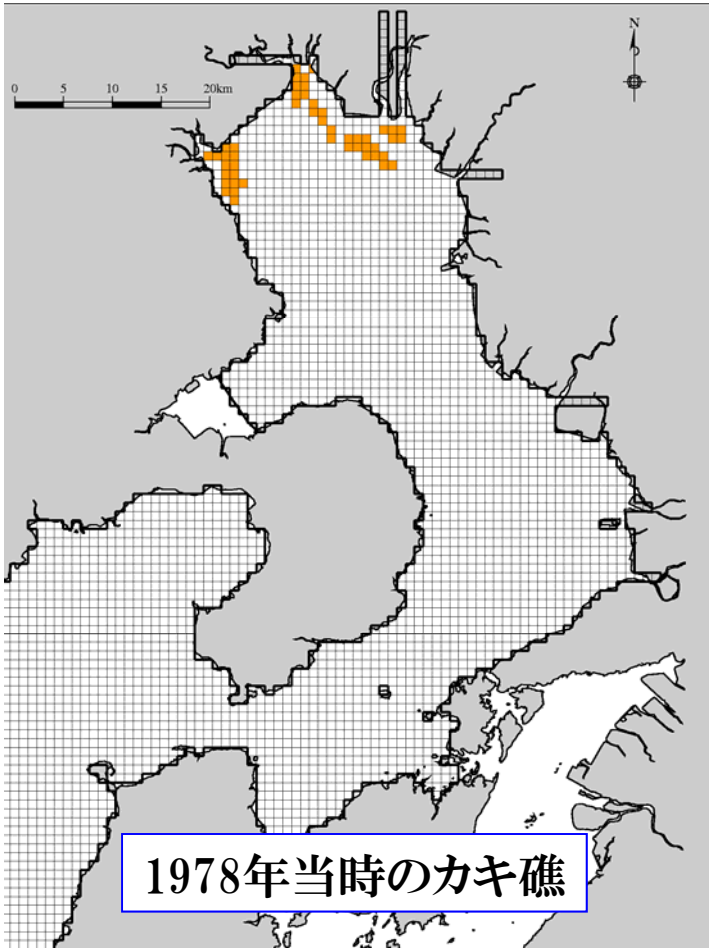
なぎさ線での底質は、なぎさ線前面の現況の底質と同じとする。

再生方策の効果予測　　-カキ礁の復元-

■カキ礁の復元

・計算条件の設定

①地形条件の設定



②底生生物の現存量

カキ礁の格子にカキの現存量を初期値として配置

・CASE1：1978年の漁獲量から推定した 0.37gC/m^2

・CASE2：塩田鹿島に残存する現存量　15.4gC/m^2

③底質

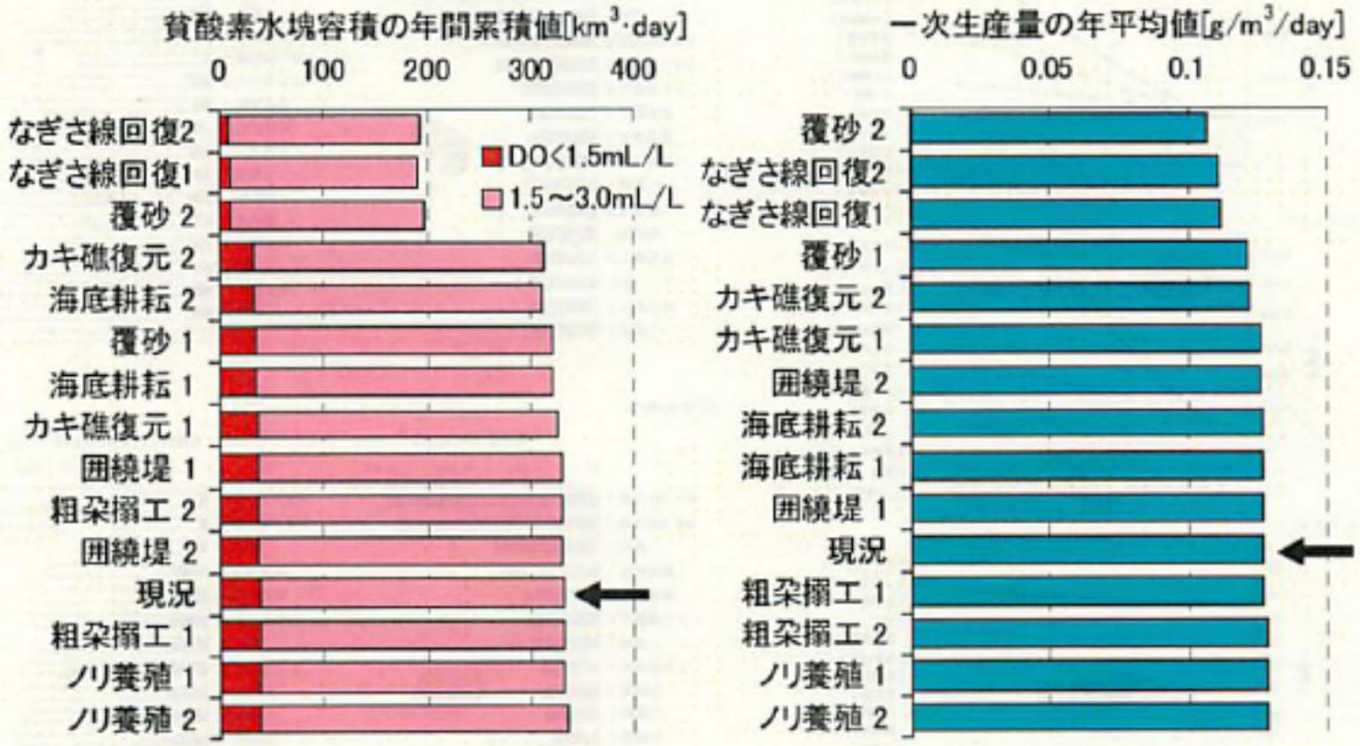
カキ礁での底質は、カキ礁周辺での現況の底質と同じとする。

各施策の施工面積

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%	アサリを5倍にした
5	海底耕耘 1	10m以浅海域	676	548	34.5%	底泥の酸素消費量を3/4
6	海底耕耘 2	10m以浅海域	676	548	34.5%	底泥の酸素消費量を1/2
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%	

JSTモデルによる解析

貧酸素水塊の発生規模と一次生産量の予測結果



JSTモデルによる解析

各再生策によるアサリ＋サルボウの10年後の漁獲量，濾水量，生産額の予測結果

JSTモデルによる解析

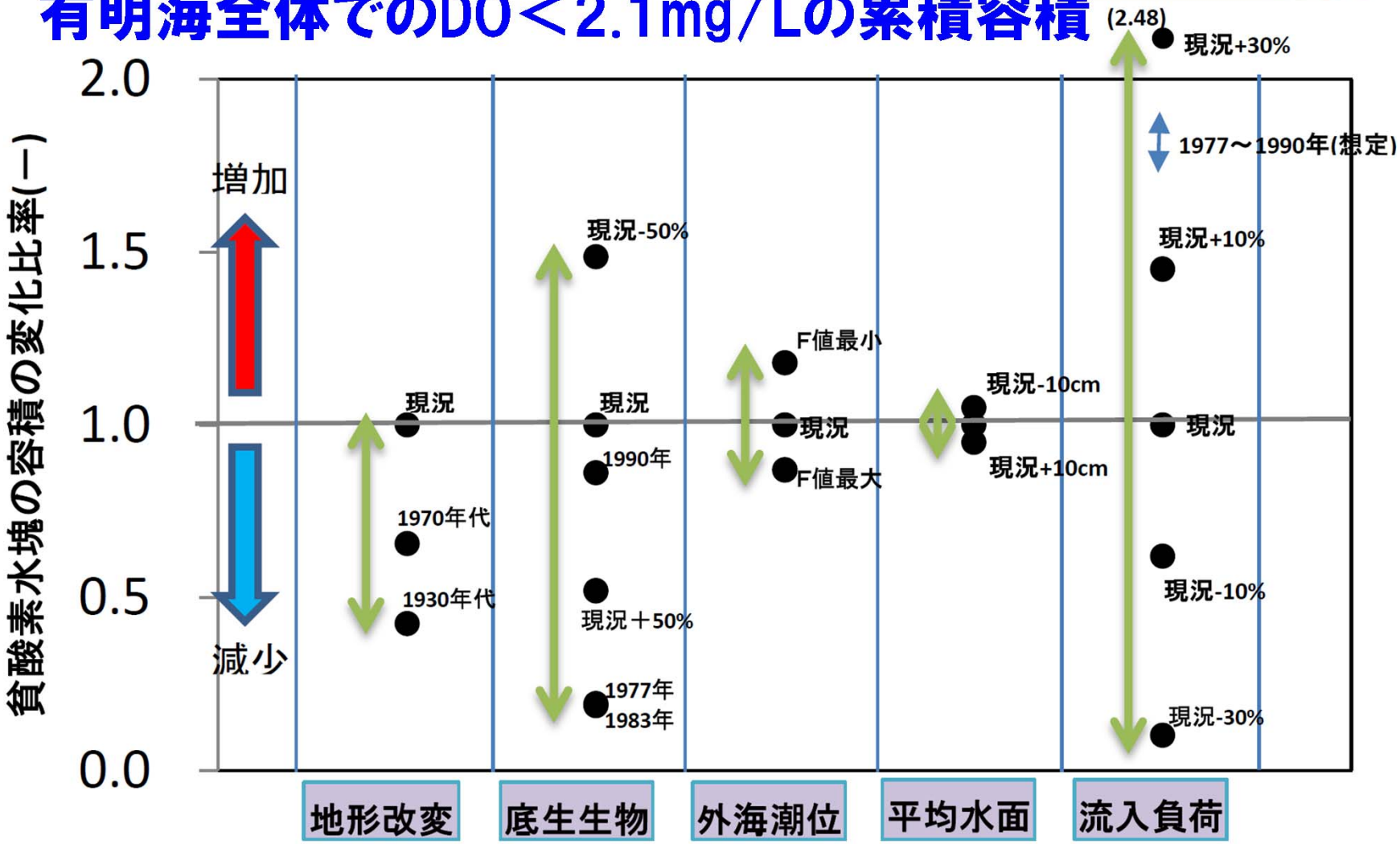
有明海再生方策の効果予測（まとめ）

再生方策	貧酸素化（DO）	赤潮（Chl.a）	透明度（SS）	備考
囲繞堤（アゲマキ）	△	△	－	覆砂（有機物ゼロ，間隙水＝直上水）の寿命は1～3ヵ月
粗朶溺工	△	△	○↓	沈降速度
海底耕耘（酸素消費速度）	△	△	－	水中懸濁物の分解が支配的
なぎさ線の回復	◎	◎	○↑	人工海岸：流動，生物量，有機物量
カキ礁の復元	○	◎	－	ノリ養殖との合意

個別要因の影響度

JSTモデルによる解析

有明海全体でのDO＜2.1mg/Lの累積容積



○環境省平成21 年度有明海貧酸素水塊発生シミュレーションモデル調査業務報告書（2010.3）（モデル名称：鹿島モデル）

指標→ 溶存酸素（DO）3mg/l以下の面積、基準点の累積時間

平成21年度有明海貧酸素シミュレーションモデル調査業務

【貧酸素水塊発生抑止対策の整理】

NO	内　容	具体的内容	結　　果
1	流入負荷削減-生活排水、産業排水、面現負荷、養殖負荷	現時点において定量可能な施策及び社会情勢を盛り込んだ2010年の計画値及び推定値を基に有明海への河川からの流入負荷削率を算定	・基準点におけるDOの変化：0.02～0.1mg/lの上昇 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間は1～18時間の減少 ・最大継続時間：2～14時間の減少 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：1.8～3.5%減少
2	生物浄化能力の向上及び底質改善-1　二枚貝（サルボウ）の資源量増加	湾奥部に現実的なレベルでの二枚貝の増加を想定し、サルボウ資源量33,000tまで増加するとした	・基準点におけるDOの変化：0.08～0.2mg/lの上昇 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間は1～36時間の減少 ・最大継続時間：2～15時間の減少 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：2.4～6.6%減少
3	生物浄化能力の向上及び底質改善-2　二枚貝（カキ）の資源量増加	湾奥部干潟域に存在するカキ礁の効果を把握するため、2007年のカキ礁の状況を再現	・基準点におけるDOの変化：0.08～0.2mg/lの上昇 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間は3～41時間の減少 ・最大継続時間：2～11時間の減少 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：3.0～11.6%減少

鹿島モデルによる解析

・現実的な範囲で設定された各対策の効果が定量的に評価された
・貧酸素水塊を完全に解消するレベルには達していないが、今後の対策立案において有用な資料になる

【仮想的な計算条件による貧酸素水塊への影響】

NO	内　容	具体的内容	結　　果
1-(a)	河川からの流入負荷量15%減少		・基準点におけるDOの変化：0.1～0.7mg/lの上昇 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間：6～101時間の減少 ・最大継続時間：1～54時間の減少 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：12.7～19.3%減少
1-(b)	河川からの流入負荷量30%減少		・基準点におけるDOの変化：0.2～1.0mg/lの上昇 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間：9～246時間の減少 ・最大継続時間：-1～32時間の減少 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：27.0～37.4%減少
2-(a)	1972年当時のアサリ・タイラギ・サルボウの状況再現	サルボウが多い年（湾奥）	・基準点におけるDOの変化：水深10mより沖側0.2～0.6mg/lの上昇 干潟縁辺部では減少、ただし貧酸素が著しい期間はDOは上昇 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間：水深約10mより沖側　9～99時間の減少 干潟縁辺部　14～40時間増加 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：8.0～21.1%減少
2-(b)	1976年当時のアサリ・タイラギ・サルボウの状況再現	アサリ（熊本沿岸・湾奥東部）・タイラギが多い年	・基準点におけるDOの変化：水深10mより沖側±0.1mg/l程度 干潟縁辺部では0.1mg/l程度減少 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間：0～23時間の増加 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：1.35～7.5%増加
2-(c)	1977年当時のカキの状況再現		・基準点におけるDOの変化：水深10mより沖側0.02～0.3mg/lの上昇 干潟縁辺部では減少する期間もあるが、貧酸素が著しい期間DOは0.2～0.6g/l上昇 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間：8～146時間の減少 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：11.0～31.5%減少
3	月の昇降点運動に伴う最大潮汐振幅値の変化		・基準点におけるDOの変化：沖側1.0mg/lの上昇 干潟縁辺部2～3mg/lの上昇 ・基準点における底層DO3mg/l以下の累積時間：11～210時間の減少 ・最大継続時間：4～83時間の減少 ・有明海奥部底層DO3mg/l以下の総面積：22.2～34.7%減少

鹿島モデルによる解析

・河川からの流入負荷と貧酸素水塊の面積については線形的な関係がある
・二枚貝の湾奥貧酸素水塊に及ぼす影響は、湾奥に生息するサルボウ及びカキの資源量が大きく影響する
・潮汐と貧酸素水塊には相関関係がある
・ここでの設定は現実的にはありえない条件であり、その解釈には十分注意する必要がある
・その注意を十分ふまえた上で、本業務で得られた知見は、今後の貧酸素水塊発生の対策に活用できる

まとめ

1. 有明海の生物生息環境として重要な貧酸素水塊の形成，赤潮の発生等を評価するために，自立した生態系の変化を評価できる数値シミュレーションモデルを開発した．

2. 1980年代を想定した条件で計算した結果，貧酸素容積は現況（2001年）に比べて，流動場（地形，潮位振幅，平均水面）の変化の影響が最も大きく，次いでベントス量の変化であった．これらに負荷量，ノリ養殖を複合すると，貧酸素容積は現況の1/2になった．

3. 各種の再生策（6案）を適用した結果，各技術の適用規模が同じではないが，貧酸素化の低減および赤潮発生の抑制には，なぎさ線の回復とカキ礁の復元による効果が大きかった．

4. 有明海再生の重要課題として，潮流速を増大させる手法の開発が重要であることが示唆された．

今後の課題

関連性の解明

環境要因の解明 ⟷ 生物・生態系の解明

水産生物・プランクトン
一定の関連づけ

- 環境因子の継続的モニタリング
  （浅海定線、観測塔）
- 懸濁物輸送（浮泥、堆積、底質）
  （短期→長期堆積）
- シミュレーション技術の精度向上

- 低次生態系（プランクトン）と高次生態系間の物質循環移動
- 非水産生物の実態解明
  （人材の確保）
- 安定的漁業技術の開発
  （持続性、環境との親和性）

●環境－生態系の相関
（観測・シミュレーション）

里海の思想

異なる分野の研究者間の交流連携

（人材確保と交流の場の確立）