

平成19年5月29日  
中央環境審議会  
生物多様性国家戦略小委員会

# 港湾分野における生物多様性に 関連する研究の取り組みについて

国土技術政策総合研究所  
沿岸海洋研究部長

樋口嘉章

# 問題意識と研究のターゲット

- 生物多様性確保を目指した港湾・沿岸域のあり方は何か？

港湾域・沿岸域の物理・化学的特性をふまえた視点(静穏性・閉鎖性、塩分など陸域と海域の結節点)。

1. 沿岸環境と生物生息の関係に関する基礎的研究

外来種の移入が生じやすい場所(バラスト水など)

2. 外来種移入の現状とリスク評価研究

- 今後、沿岸域の生態系回復に必要なものは何か？

総量規制によって汚濁負荷は減少したが、同じ負荷レベルにあった当時の生態系には回復していない(干潟・浅場・藻場の量的・質的な差、海底地形の変化(大規模窪地など)が大きい)

その差を縮める努力が必要、また、環境をモニタリングして評価することが必要

3. 干潟浅海域生態系と環境修復に関する研究

4. 自然再生における順応的管理手法に関する研究

5. 海底窪地の埋め戻しによる修復研究

6. 底泥中有害化学物質の生態系影響に関する研究

# 1. 沿岸環境と生物生息の関係に関する基礎的研究

## 河川流域・マングローブ林・海草藻場・サンゴ礁との栄養塩の循環 作業仮説

局所的な開発による、周辺の生態系への波及効果予測する手法への応用

石垣島吹通川周辺



河川上流域

栄養塩・懸濁物

**マングローブ林**: 懸濁物の沈降

栄養塩類

**海草藻場**: 栄養塩の吸収

サンゴ礁

<例: マングローブ林を消滅させると>

河川流域から直接藻場に懸濁物流出  
光量低下 藻場の消滅 栄養塩のサンゴ礁への流出 富栄養化によるサンゴ礁へのダメージ

研究体制

港湾空港技術研究所と  
産業技術総合研究所の共同研究

# 調査水域： 石垣島吹通川河口域



図16 気球に搭載したニコン製クールピクス5000とワイドコーパーターで撮影した上空300mの合成画像と係留母船大画像



図56 吹通川河口付近の景観（上：2001年7月、下：2002年2月）



図18 係留気球を人力で持ち運び吹通川マングローブ林を空撮した結果

上流のマングローブ



(藻場は産総研：山室博士撮影)

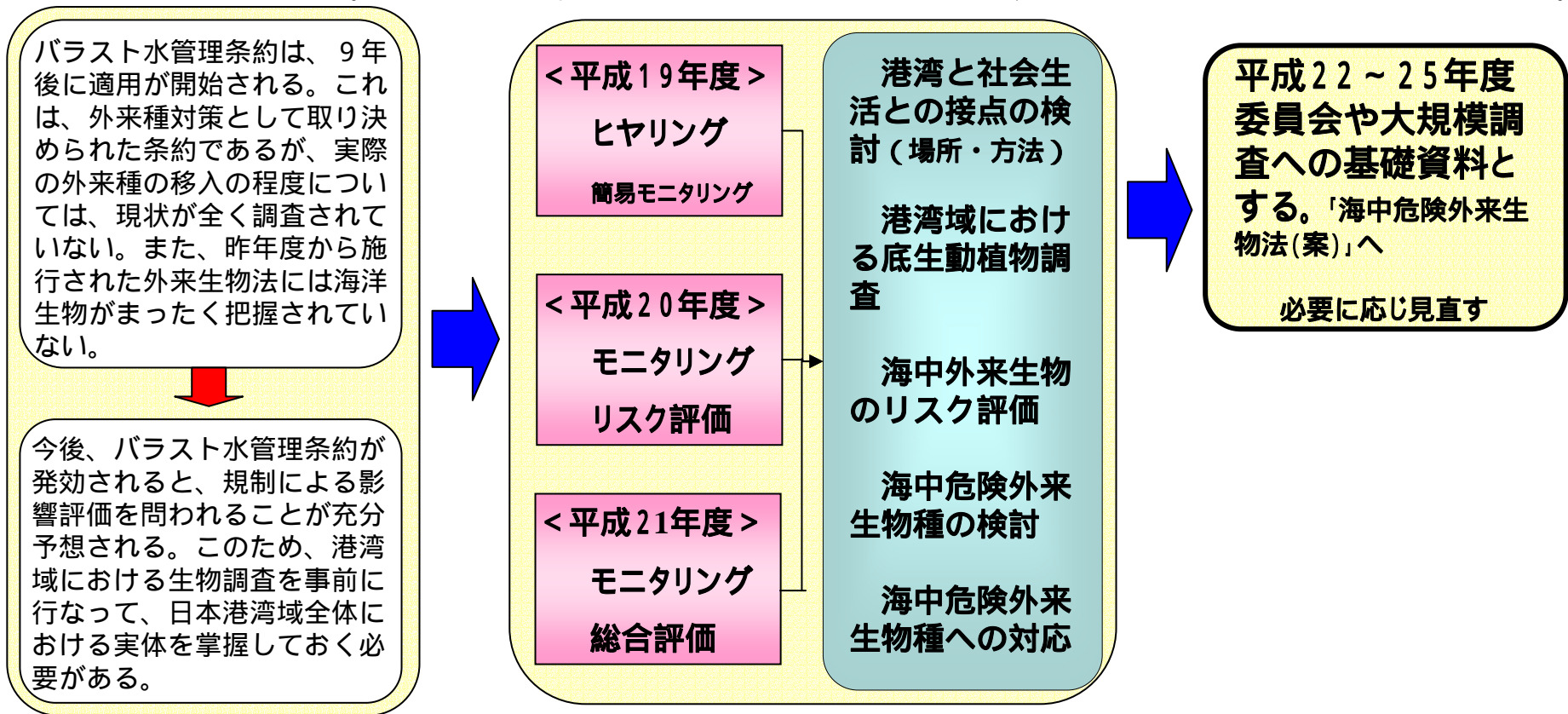
# 2. 外来種移入の現状とリスク評価



キラ-海藻  
イチイツタ

## 港湾域における外来種（底生動植物）の生育現状把握 および、在来種や従来生態系への影響評価

バラスト水管理条約は、バラスト水によって外来種が移入する危険を無くすために決められたもので、適用されるのは平成27年度からである。また、生物多様性国家戦略においても、「将来的に日本国の生物多様性を守っていくためには、外来種に対して一番効果のある方法としては、早期発見とすばやい対応が必須である。」と書かれている。外来生物法の中で指定外来生物が明記されているが、海洋生物はまったく手付かずとなっている。



調査予定期間 H19～21年度(継続)

注) 20年度以降は予定

# 3 . 干潟浅海域生態系と環境修復 に関する研究

- 3 - 1 自然干潟・浅海域における調査研究
- 3 - 2 干潟実験生態系における、物理的・化学的攪乱に対する生態系の応答
- 3 - 3 現地造成干潟における調査研究
- 3 - 4 干潟の地盤工学的研究

# 干潟浅海域生態系と環境修復

## 背景

- ①開発による干潟・浅場の急激な消失  
→内湾・沿岸域の水質悪化・富栄養化の進行の一因とされている
- ②環境アセスメント法によるミティゲーションの制度化  
→開発による生態系への影響を軽減・代償する技術が要求されている



新たな干潟の創造・劣化した干潟の環境修復技術の確立が求められている

## 目標

干潟環境修復技術の確立をめざす

## 波及効果

- ①劣化している沿岸環境の改善効果が期待される
- ②ミティゲーションに有効なオプションを提供する

## 研究の方法

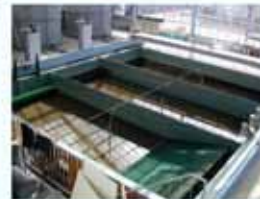
### 現地干潟における観測

- ・干潟生態系の成り立ち方の基本的理解
- ・環境機能（浄化機能）が有効に発揮される条件の抽出
- ・環境条件の変化と生物生息条件の関係の整理

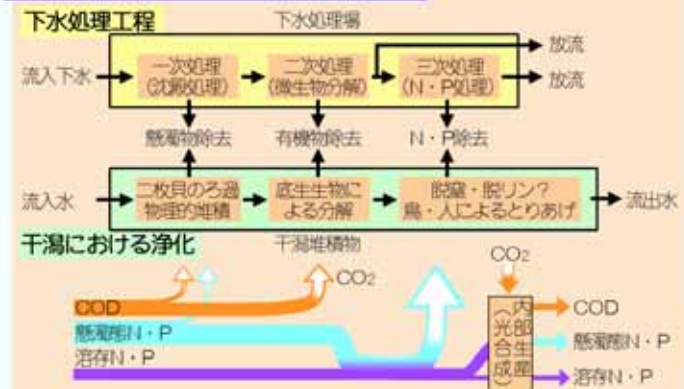


### 干潟実験施設による実験的研究

- ・実験的に環境条件をコントロールする仕組みの工夫
- ・環境条件（流れ・溶存酸素濃度など）の変動と生物・物質循環量の応答



### 干潟における浄化とは？



- 干潟においても、下水処理場と類似したプロセスで浄化が進行している。
- 相違点
- 下水処理場では、管理された一定環境条件（水温・溶存酸素濃度など）のもと、閉じた系内で処理が進行する。
- 干潟は、干出・水没、日照など日周期の変動・季節変動が大きく、開放系である。環境条件の変動が生物生息・物質循環に及ぼす影響、および周辺海域との相互作用を調べるのがキーとなる。

### 現地造成干潟でのモニタリング

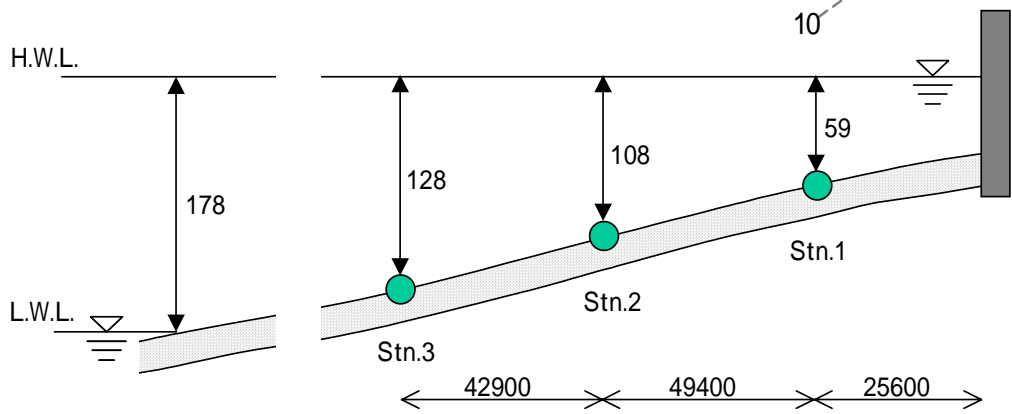
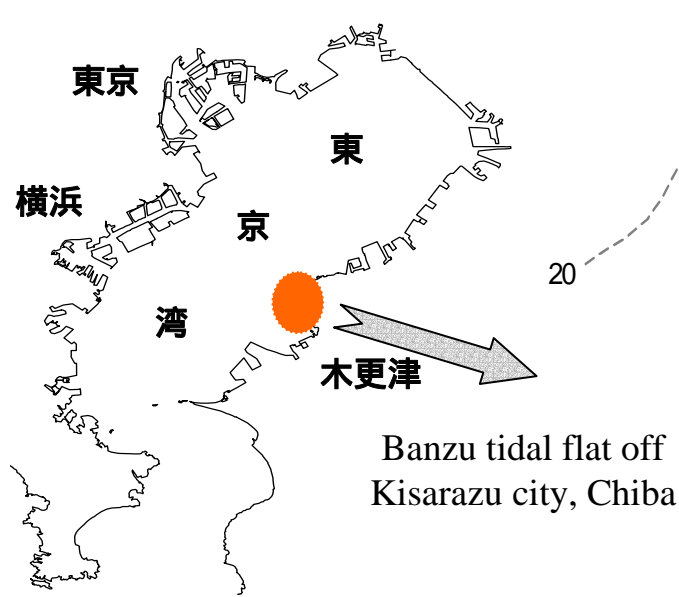
- ・人工干潟づくりの課題の抽出
- ・速やかに環境機能を回復させる条件の整理



独立行政法人 港湾空港技術研究所  
海洋・水工部 沿岸生態研究室

# 3 - 1 自然干潟・浅海域における調査研究

水質と生態系に関する研究

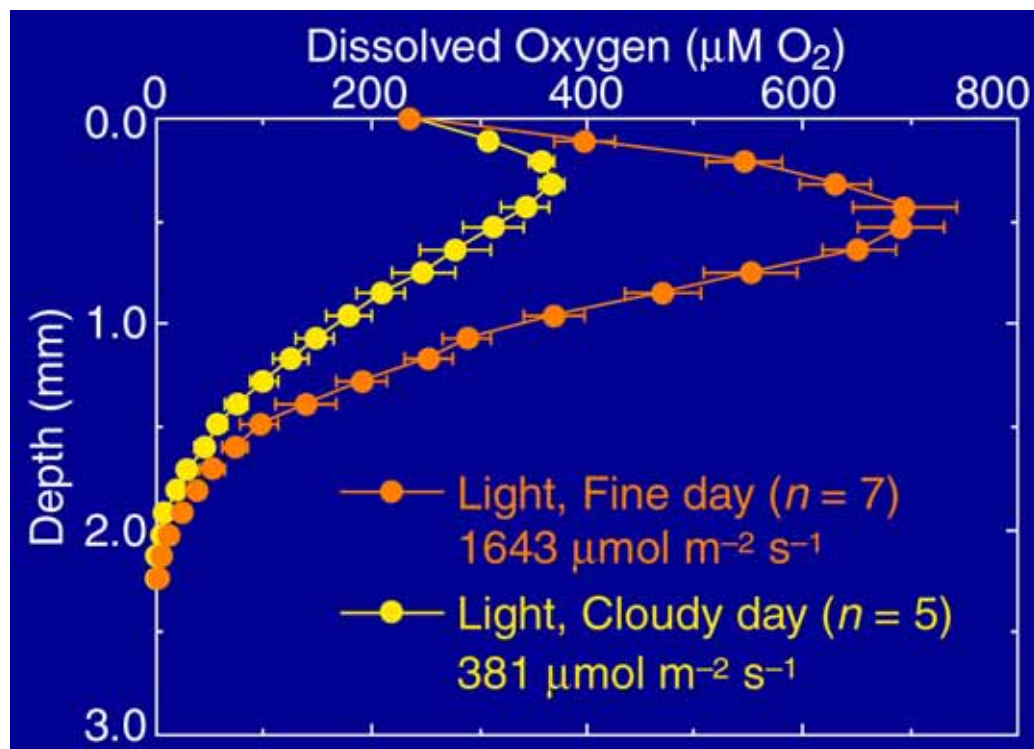


High and low water level on August, 30, 2000. (unit: cm)



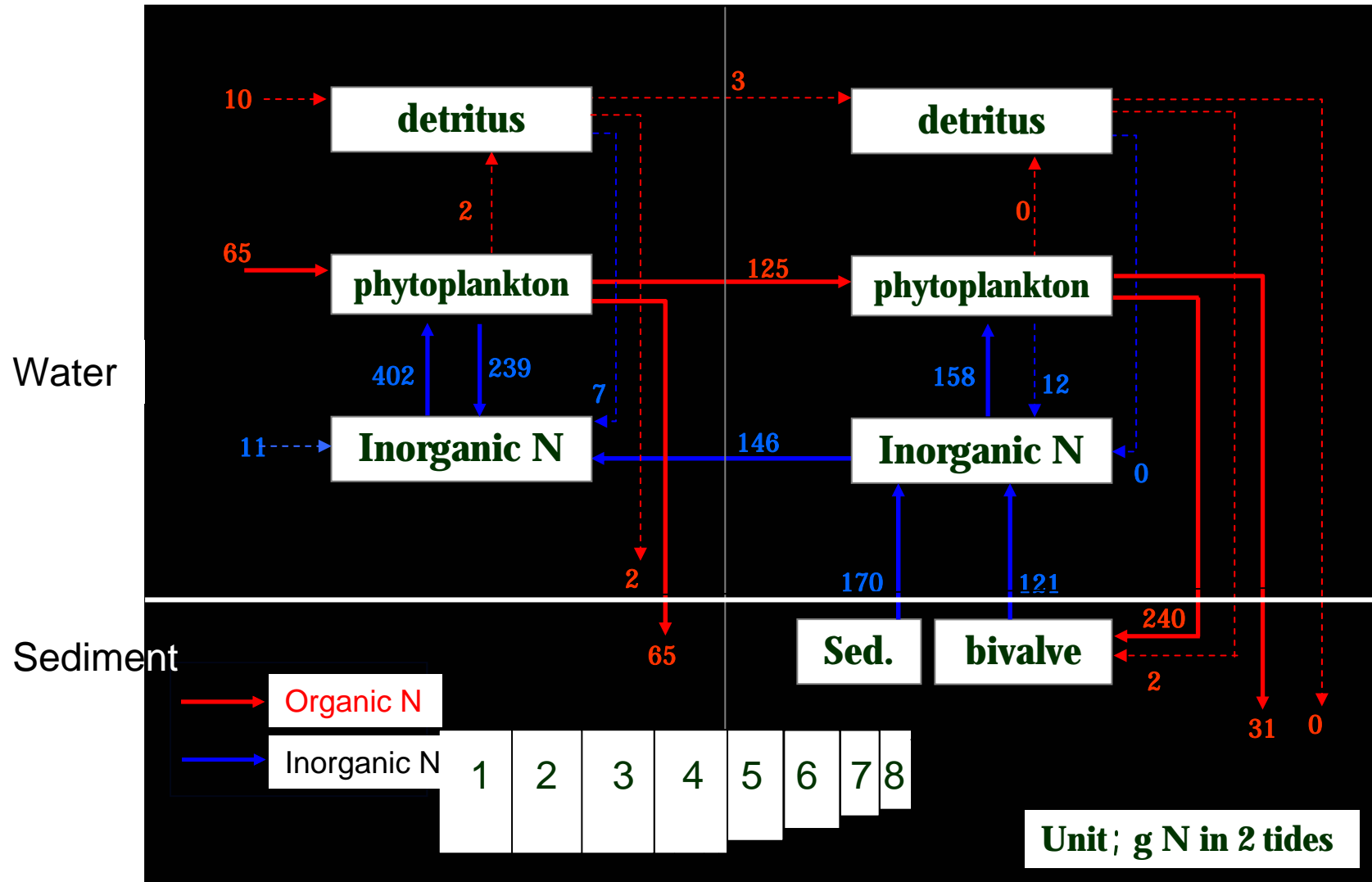
# 干潟における計測例: 微小酸素電極を用いた、底生 微細藻類による一次生産速度・ 酸素循環過程の推定

Example of DO micro-profile under light conditions



沖合の海域

干潟潮間帯及び地先



東京湾盤洲干潟及びその周辺海域における、夏期の典型的な窒素循環  
(底生系・浮遊系のカップリング)

## 3 - 2 干潟実験生態系における、物理的・化学的攪乱に対する生態系の応答

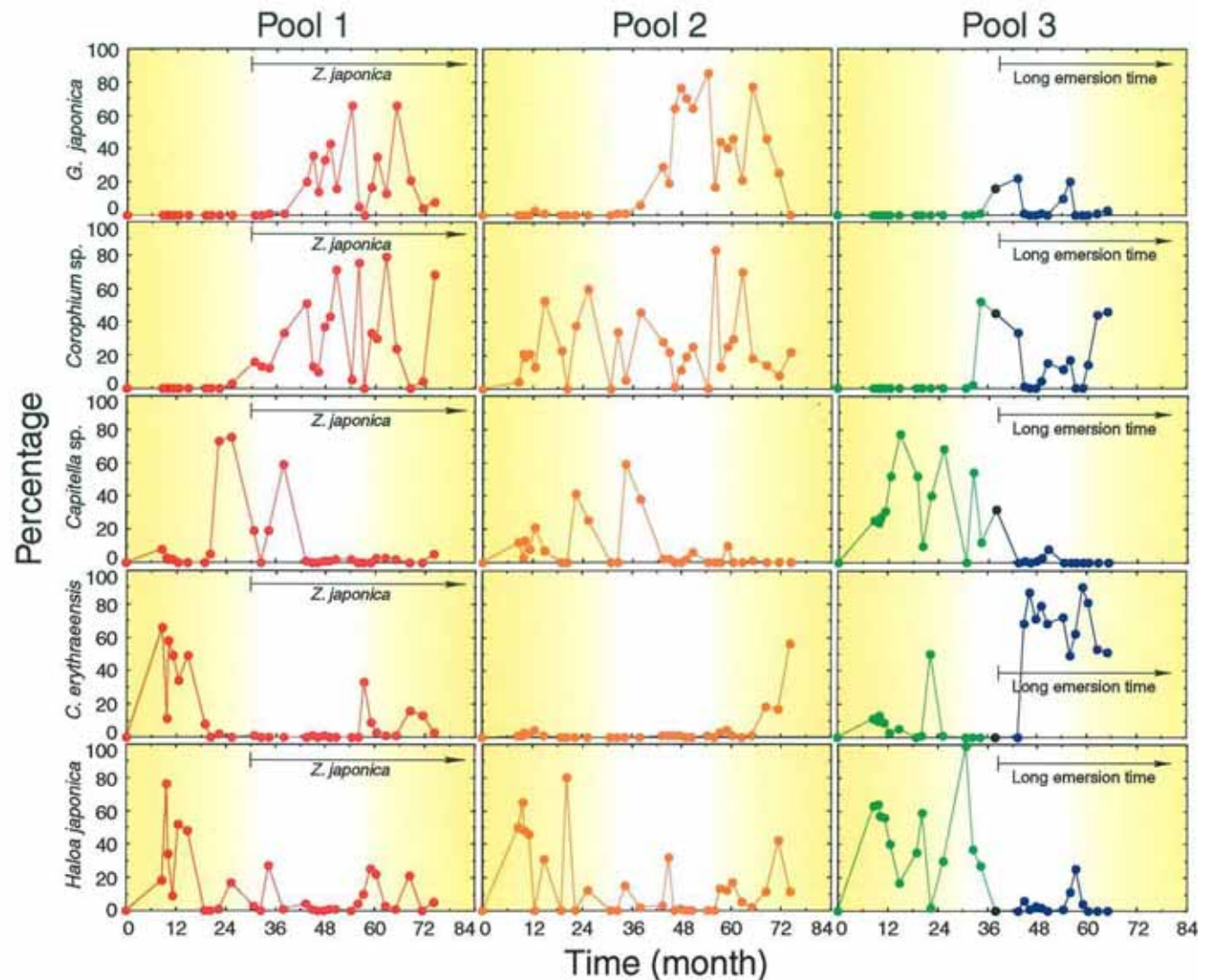
- ・Largest tidal flat facility in the world constructed in PARI for experimental use
- ・tidal motion simulated
- ・sea water is introduced periodically into the facility



- ・sediments taken from Banzu tidal flat were dried up to kill all organisms before used.

Succession of  
five dominant  
macrobenthic  
species in  
IFEF

Gradual shift  
of dominant  
species was  
observed



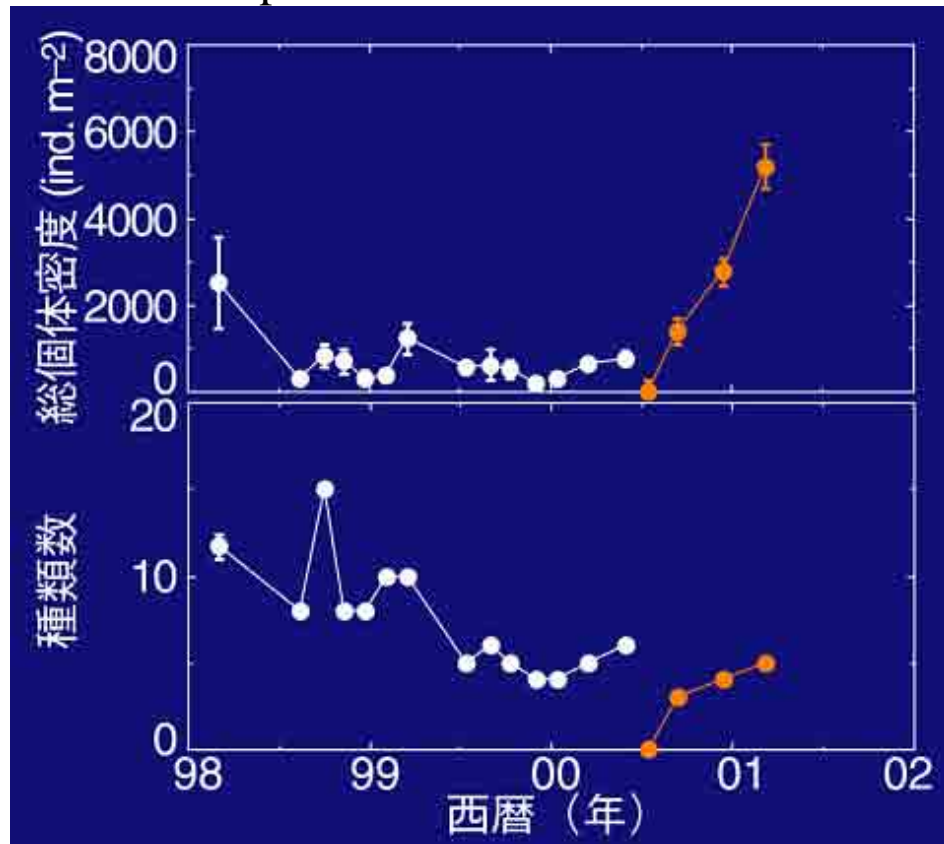
Succession of dominant macrobenthic species in IFEF

# 短期的物理かく乱の影響

- Surface sediments up to 30 cm in Pool #3 were agitated and mixed



- Monitor macrofaunal density and species after the disturbance

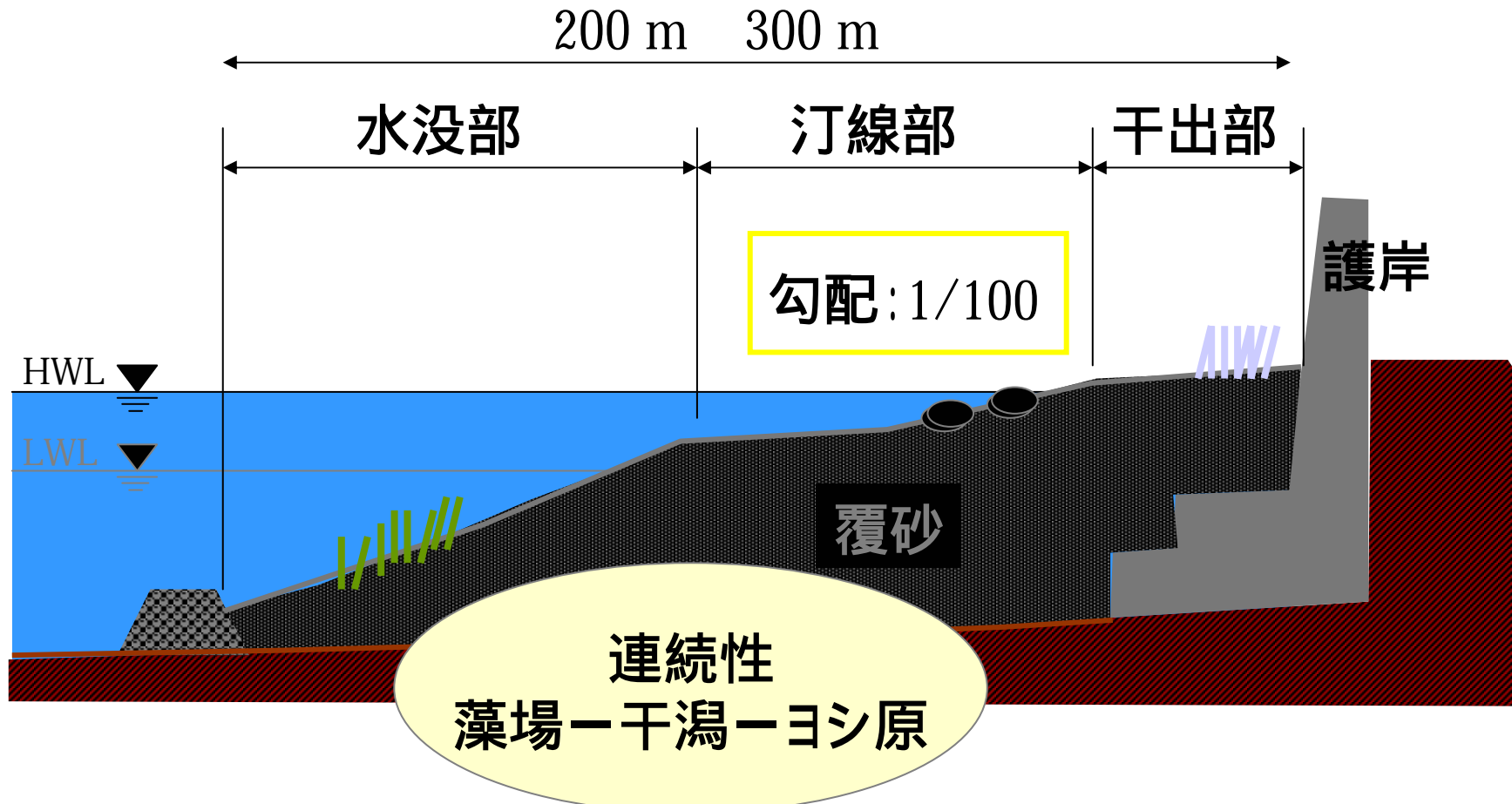


Simulating strong events  
such as storm surge

Rapid recovery found in around 6 months. R-strategic species dominated

### 3 - 3 現地造成干潟における調査研究

- 都市部における沿岸域の自然再生
- 場作りのための技術開発



# 大阪湾における 共同実験の概要



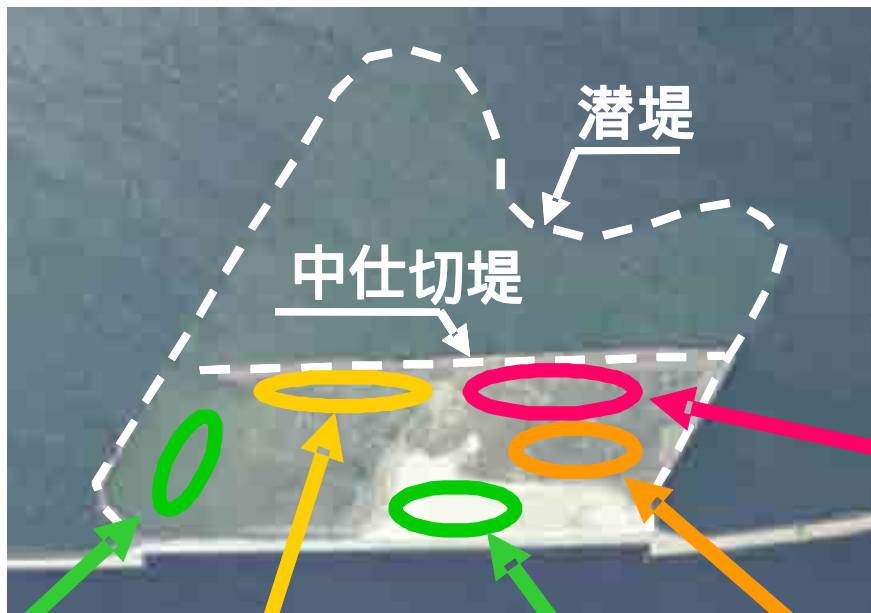
鳥類調査



水生生物調査



アマモ造  
成実験



流動・地形・水  
質調査



干潟地形安定  
化実験



波浪・土質によ  
る干潟性能実験



ヨシ移植  
実験



各種材料による  
地形変動調査

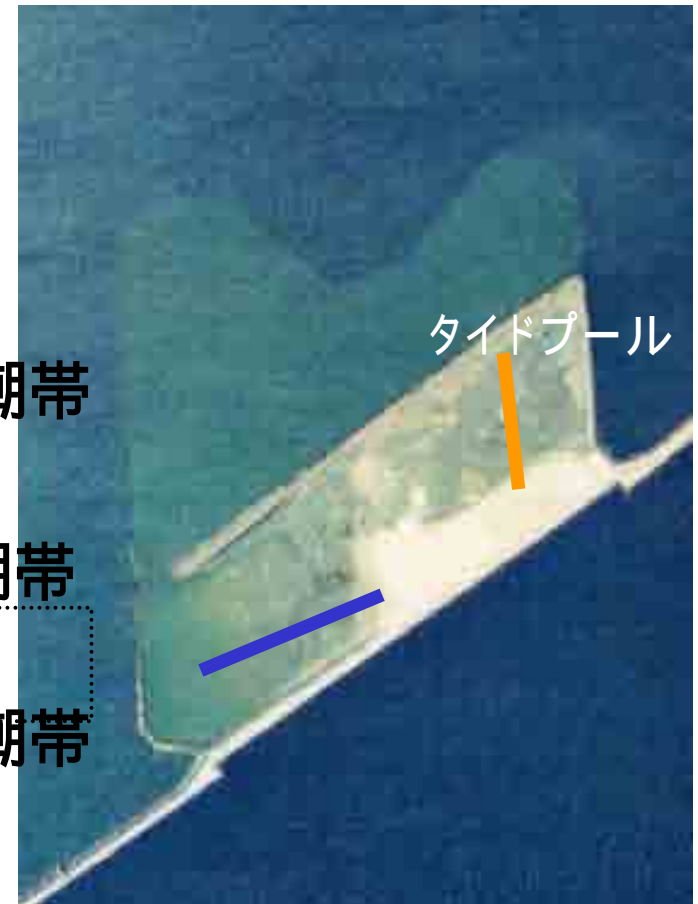
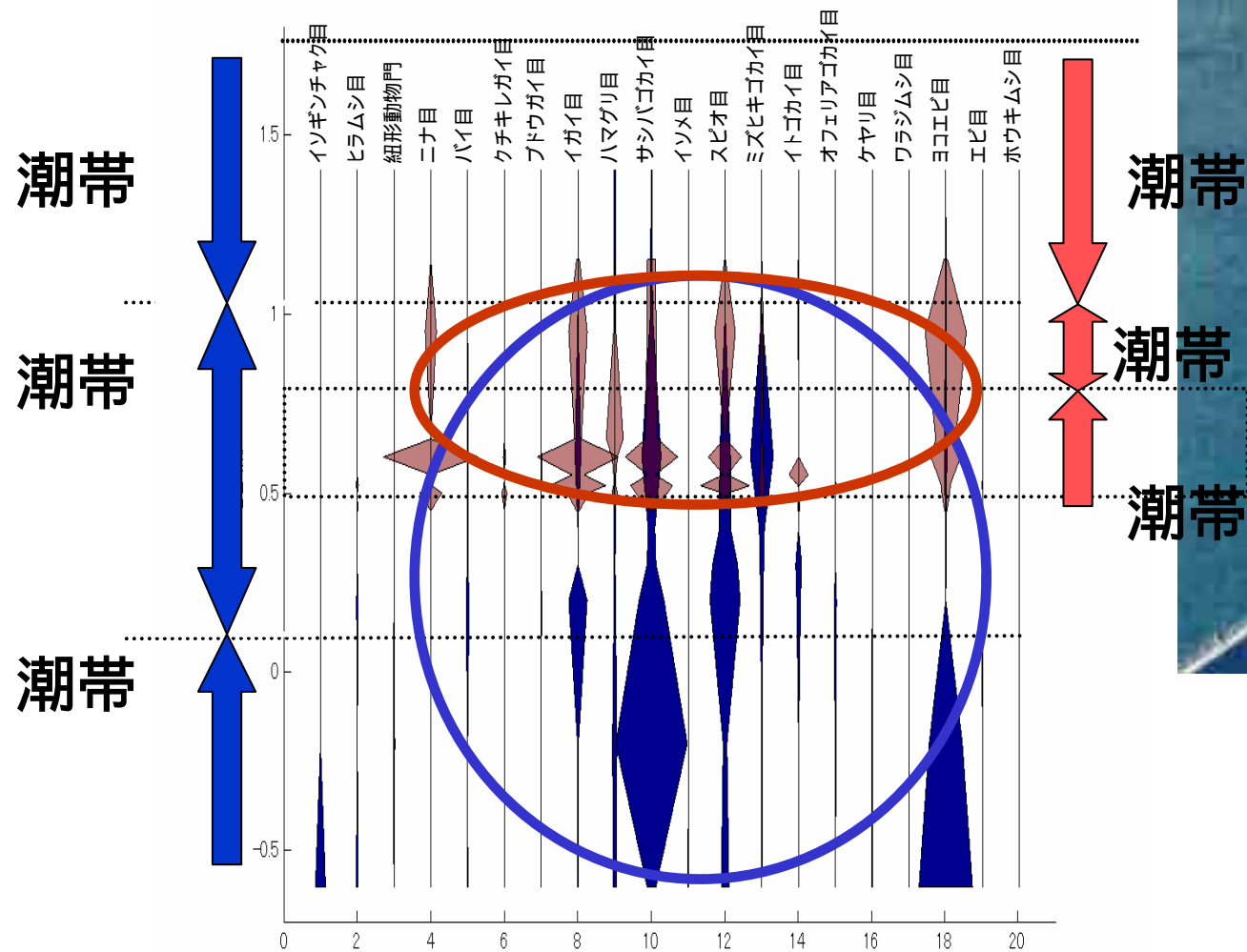
# ベントス標高分布(グループ別)



■ L1干潟  
■ L2干潟



# ベントス標高分布 (グループ別)



■ L1干潟  
■ L2干潟

# 多様な生物の生息



ガザミ  
(ワタリガニ)



クルマエビ



マハゼ

## 3 - 4 干潟の地盤工学的研究

これまでの干潟研究は**生態系**や**水質・水理環境**に終始し、「干潟」地盤が対象にも拘わらず**地盤環境学的視点**に欠けていた。**干潟環境動態**(**地形形成**のみならず、底生生物の**棲み心地**とも関連)を予測・評価するためには、

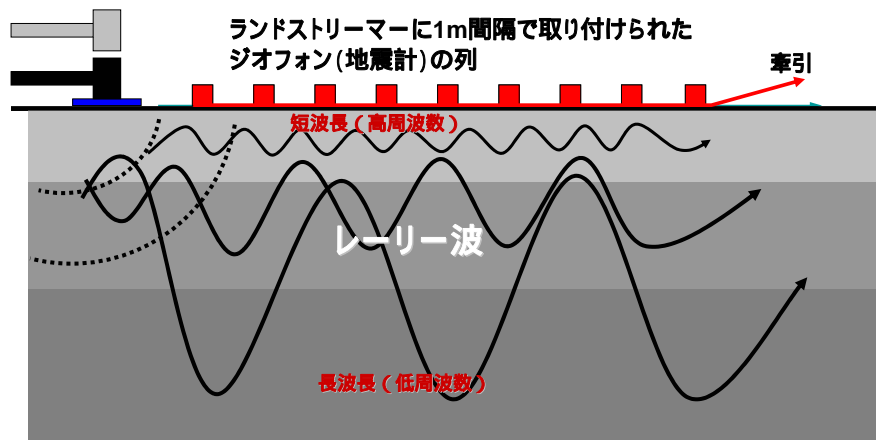
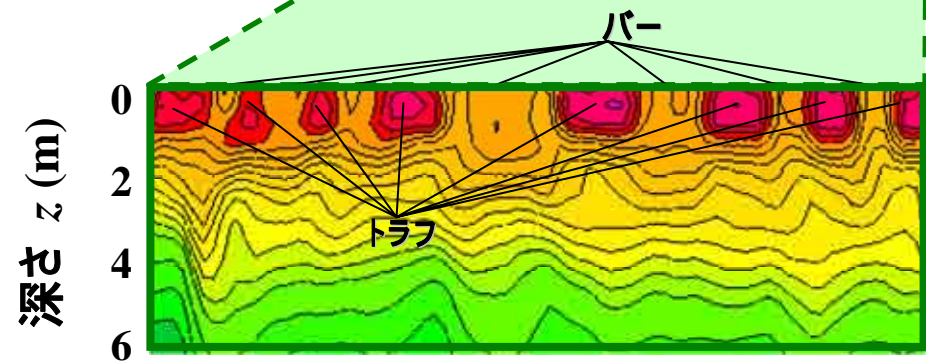
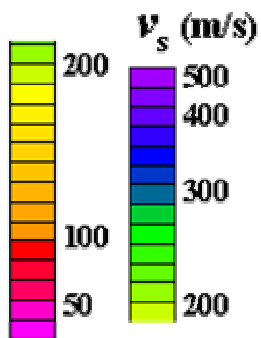
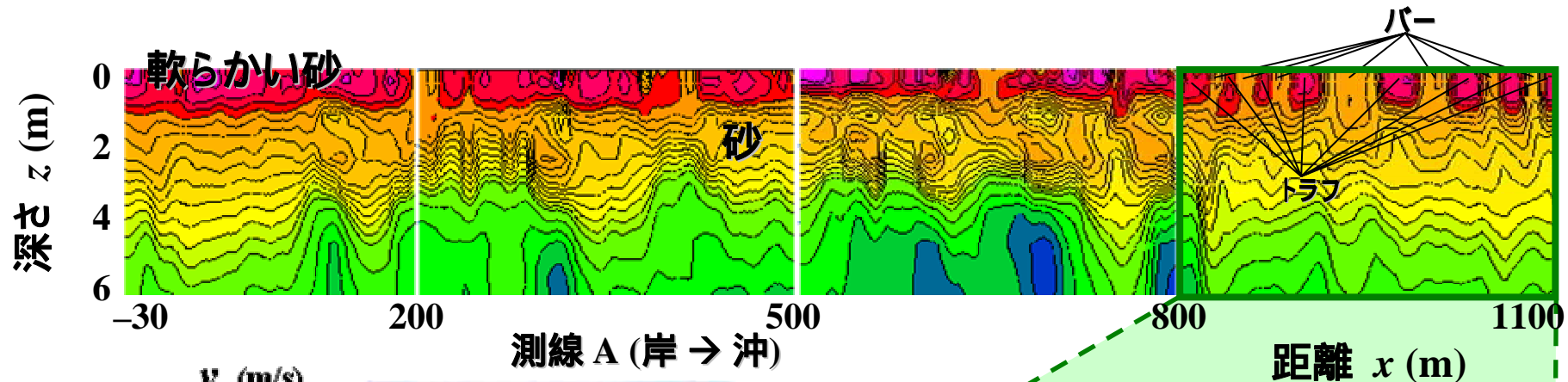
- ・干潟地盤環境がどのようなになっているか(理解)
- ・どうなるのか(予測)

を評価できる**地盤環境学からのアプローチ**が、従来からの研究との共同の下に、必要不可欠であると思われる(**地盤工学からの貢献**)。干潟地盤環境の評価・設計技術を確立することを目標として、

- (1)干潟地盤構造の把握、
- (2)干潟地盤環境の動態観測とモデル化、
- (3)干潟地盤堆積構造の解明(1と2のリンクにより実現)

そして、これらを総合的に活用した

(4)干潟地盤環境(人工干潟)の創出技術(評価・設計・施工)  
の4つを研究の柱として位置付けている。



地球物理学手法  
「表面波探査」の適用(お手軽)

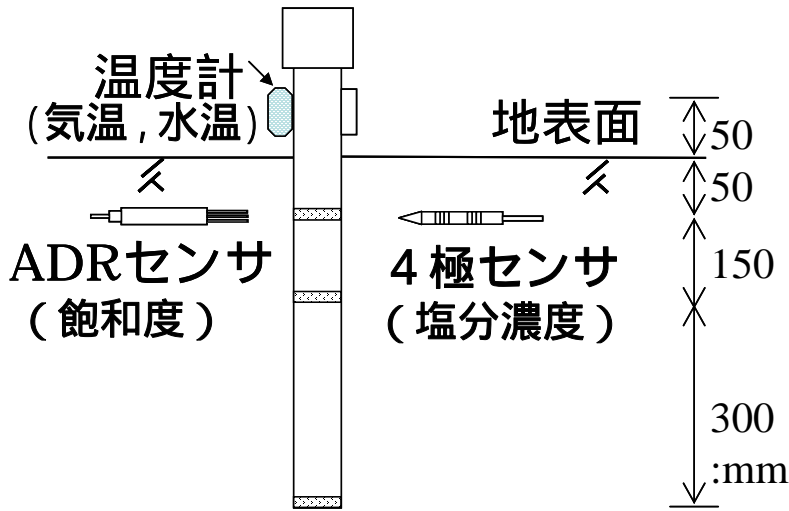


干潟土砂環境場のゾーニングと  
堆積形成過程の把握に有効!

# 干潟土砂環境動態の評価

## 目的: モデル化と現象の記述

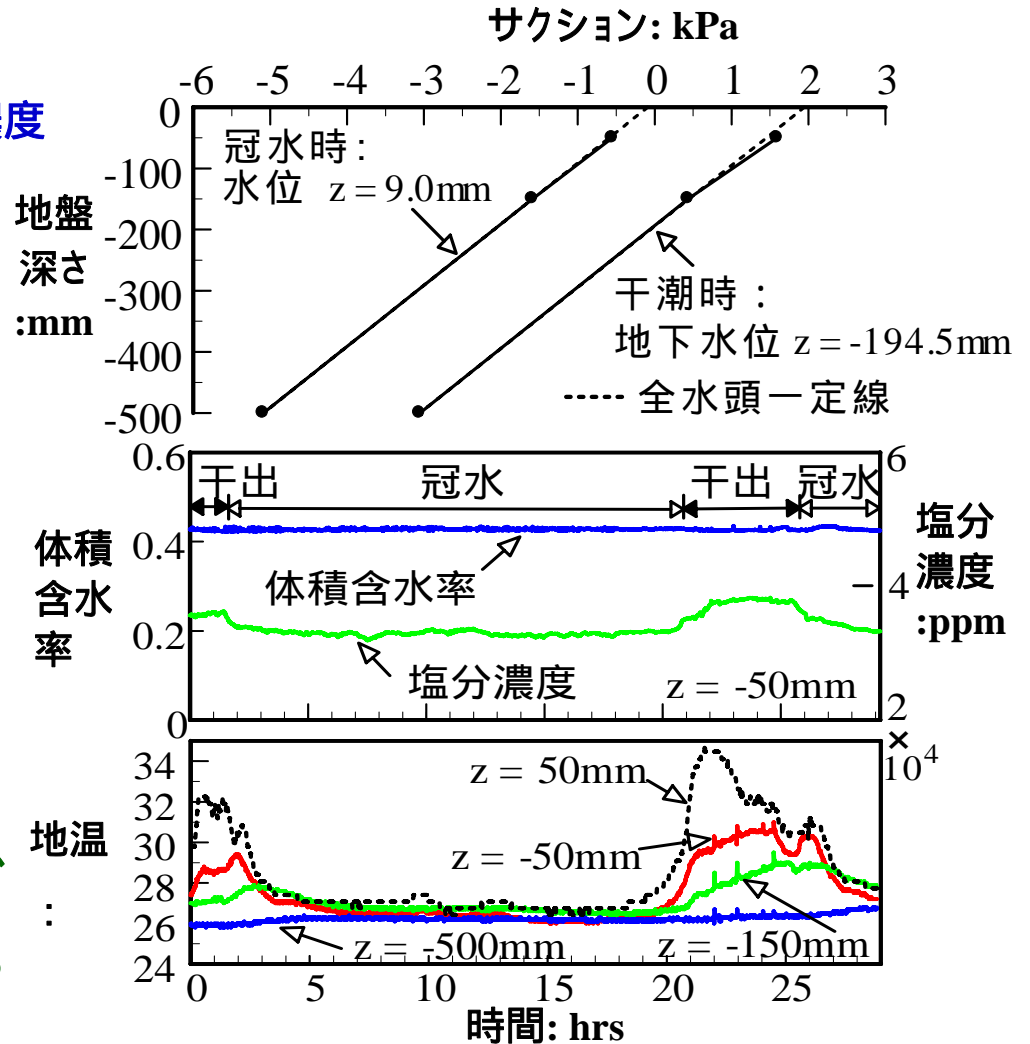
地下水位、サクション、飽和度、温熱場、塩分濃度



熱電対付テンシオメータ

(地中温度, サクション, 地下水位)

サクション: 干潟地盤の多相系ダイナミクスのキーとなる物理量 → 間隙空気圧  $u_a$  と間隙水圧  $u_w$  の差  $u_a - u_w$  で定義される



⇒ 干潟地盤内のサクションを核とした土砂物理環境の連動を評価・把握 → モデル化を目指す

→ 干潟土砂の硬軟は, サクションに起因する有効応力変化によって生じる土骨格の塑性圧縮変形の蓄積として説明される → 堆積構造形成要因の解明(土質力学の貢献!)

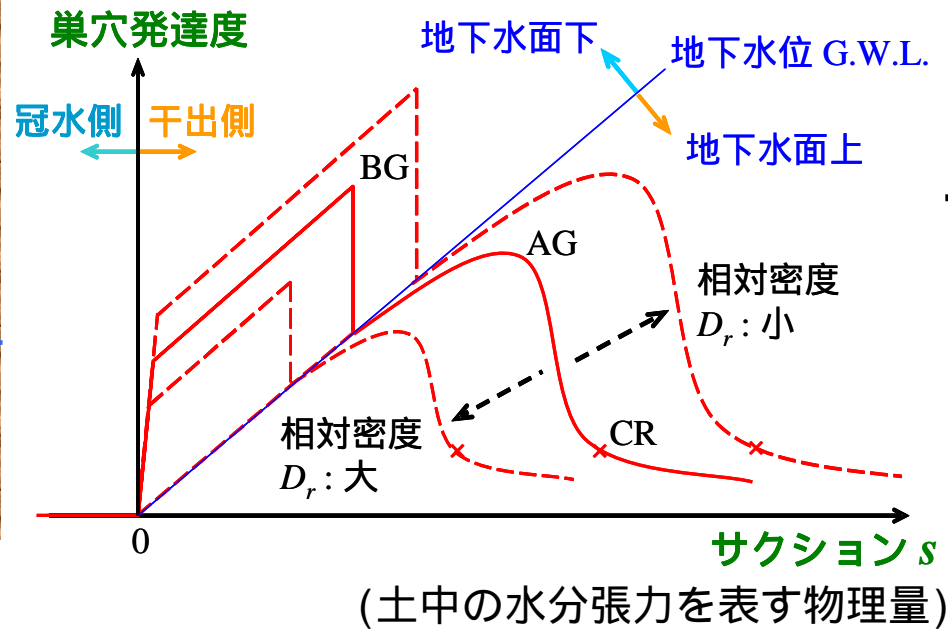
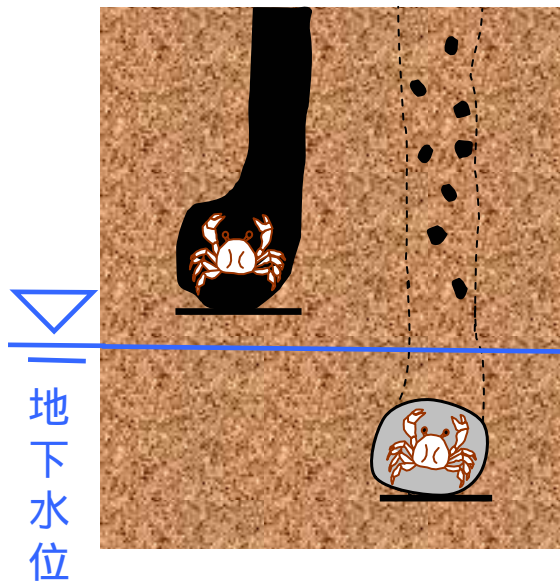
# 底生生物の巣穴住活動 / 土砂環境場のリンクモデル

## コメツキガニによる砂団子と巣穴の形成



コメツキガニの巣穴掘り。2 ~ 3 kPaのサクシオンとはいえ、なければ砂団子はできないし、巣穴も保持できない。

潮が満ちると、砂団子は跡形もなく崩れ去る。



干潟土砂の  
保水動態  
機構

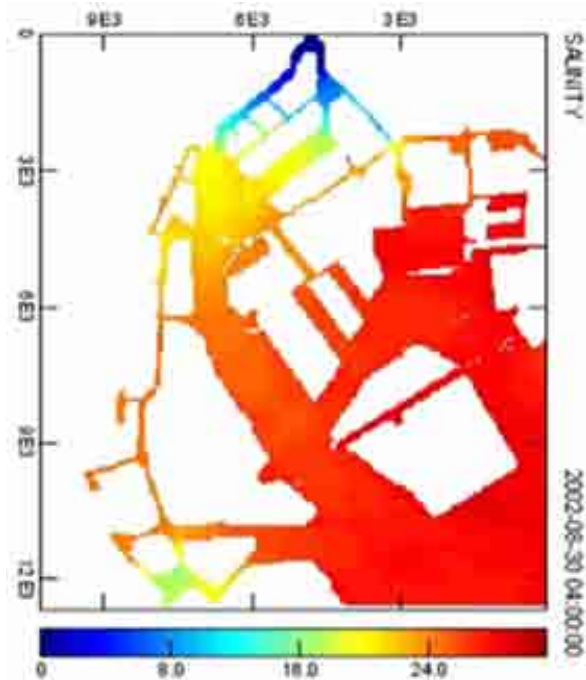


生態土砂環境  
の性能評価・  
設計指針

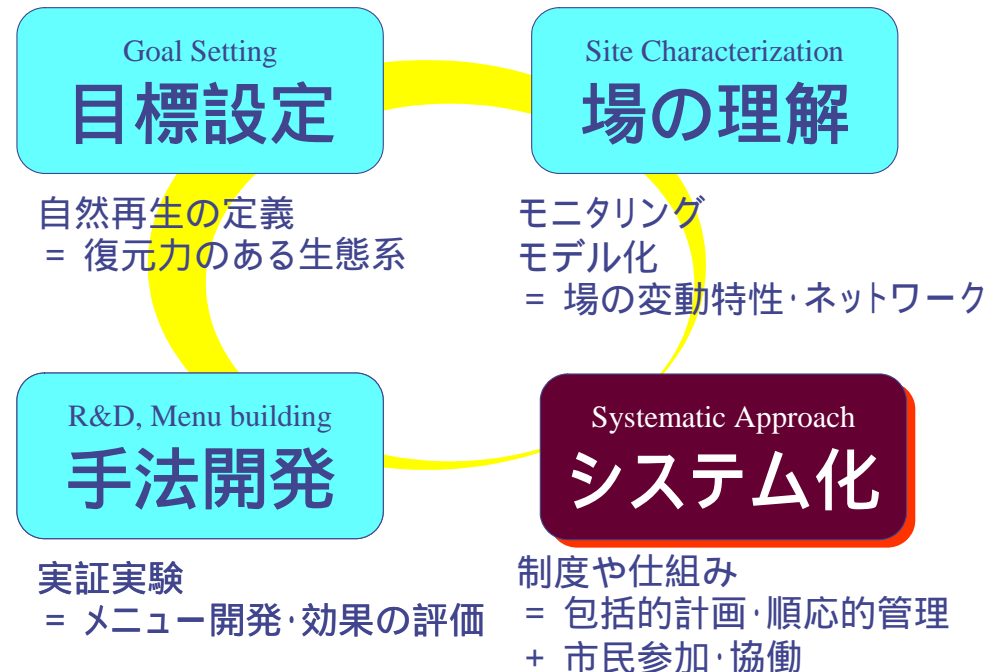
干潟生物の住活動の性能も土質力学で定量的に説明できる！

# 4. 自然再生における 順応的管理手法に関する研究

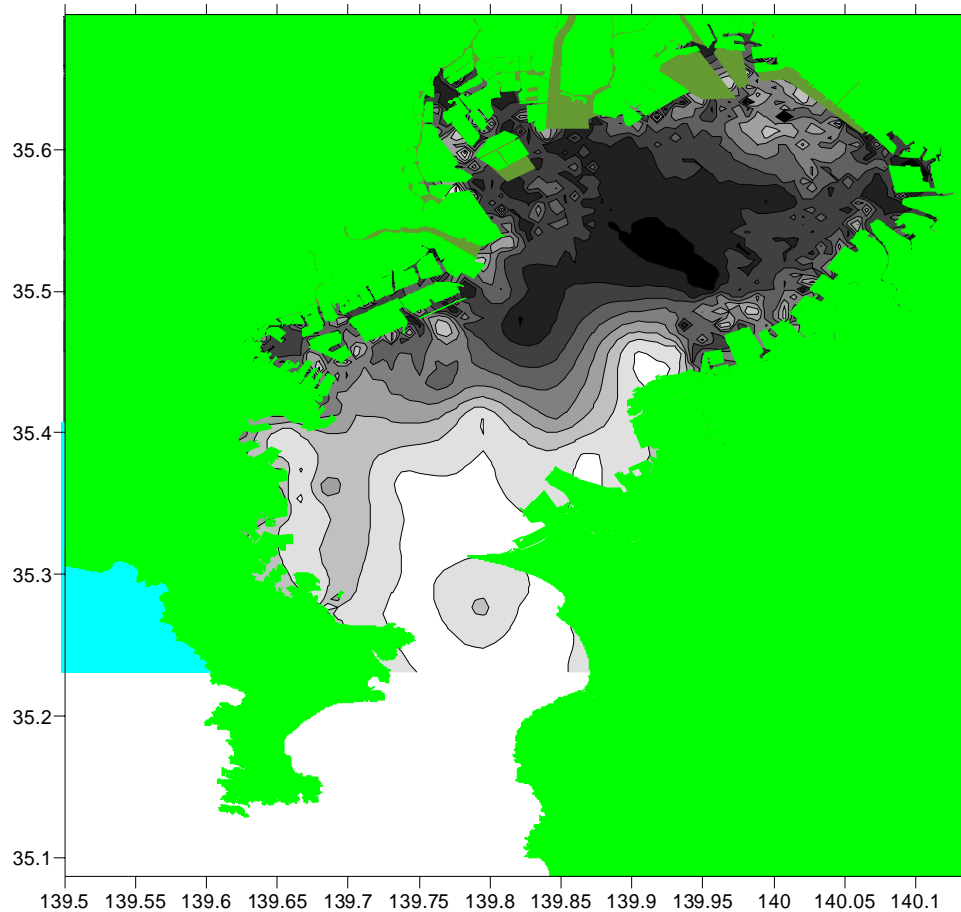
- 海辺の自然の変動や影響伝播についての場の理解に基づく目標設定
- そのための仕組みづくり(包括的計画・順応的管理)



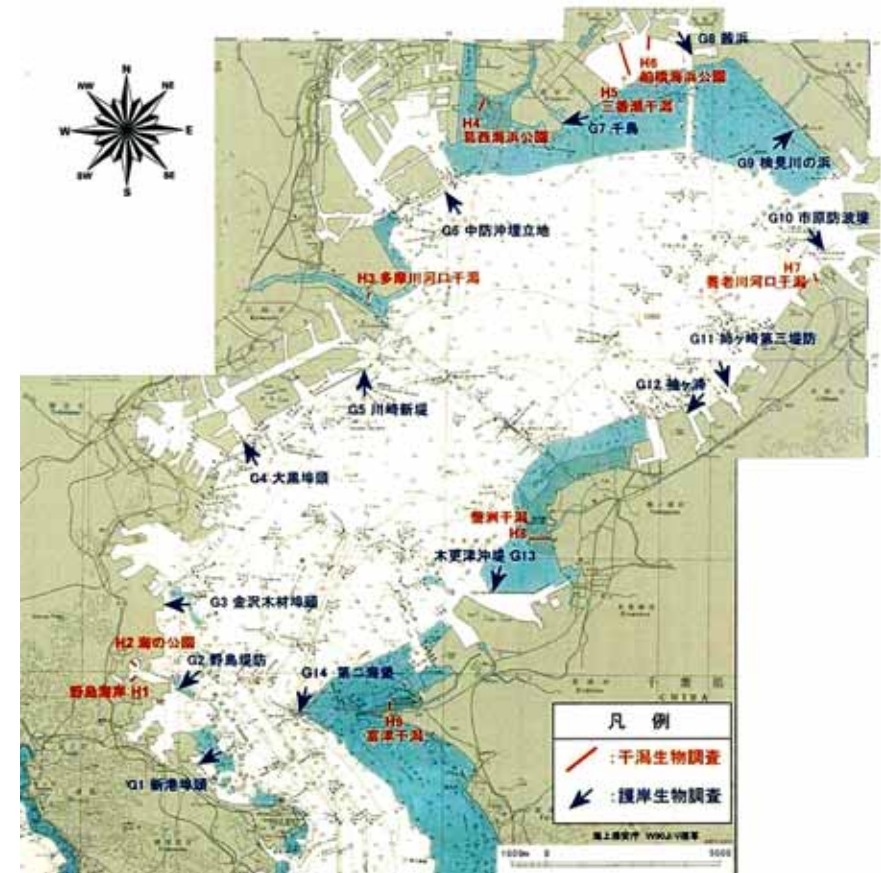
運河ネットワーク内の影響伝播のモデル化



# 東京湾環境マップ



音響探査による詳細な底質マッピング



護岸と干潟の生息生物のセンサス



# 東京湾環境マップ

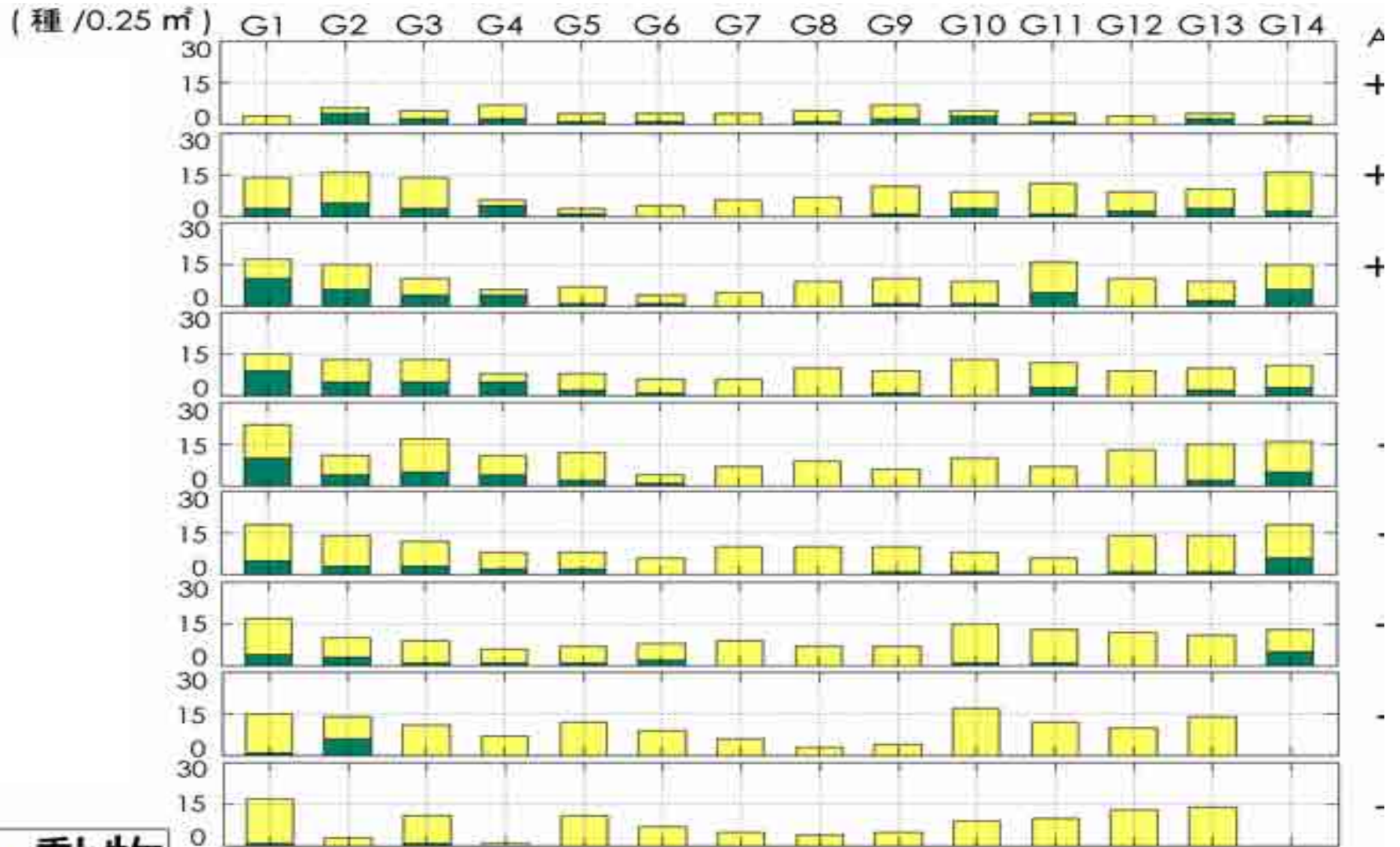


図 -4 動物・植物種類数 25

# 東京湾環境マップ

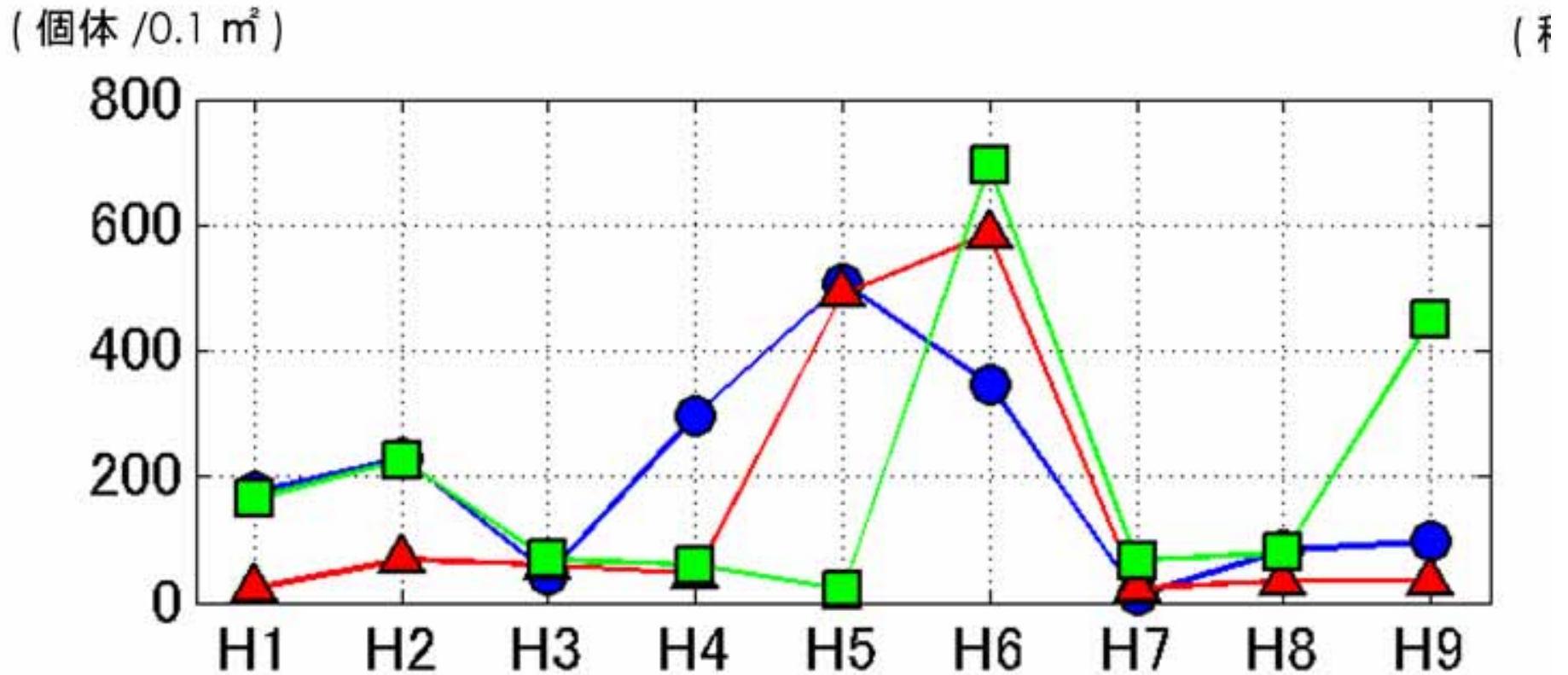


図 -1 採泥点別個体数

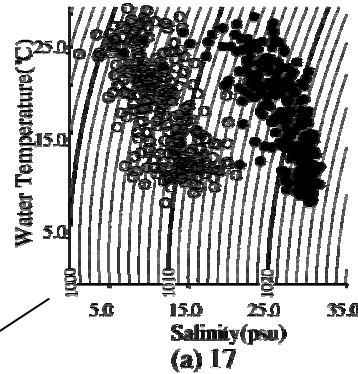
# 京浜運河環境調査

都市臨海部において自然環境を復元・再生する試みが進められている。周辺に良好な自然環境がなく周辺全域がコンクリートで囲われているような都市臨海部において自然再生を行う場合，その自然再生を実施する場所は事前に十分検討される必要がある。

そこで本研究では，背後に東京を抱え，周辺は京浜工業地帯である典型的な都市臨海部である京浜運河を対象として，自然再生の可能性，及び，自然再生の場として留意すべき点に対する検討を行った。

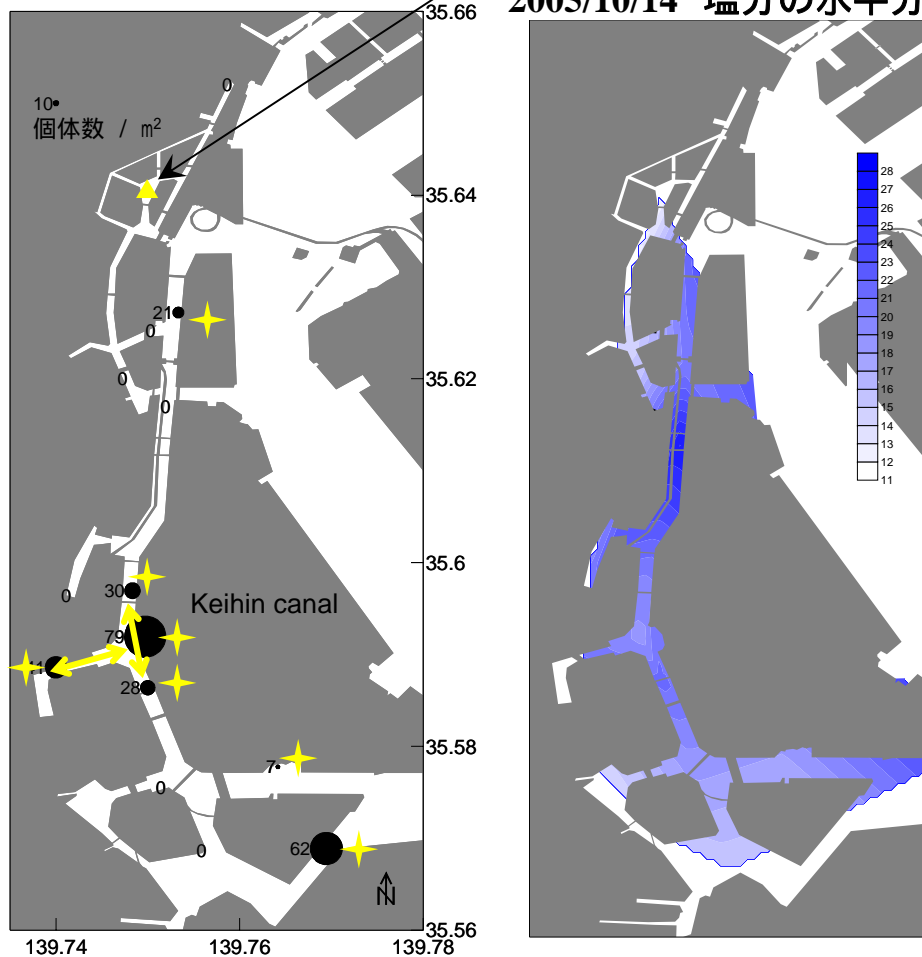


# アサリのみられた 測点について



Stn.2、6、8、9、10、13、A

2005/10/14 塩分の水平分布

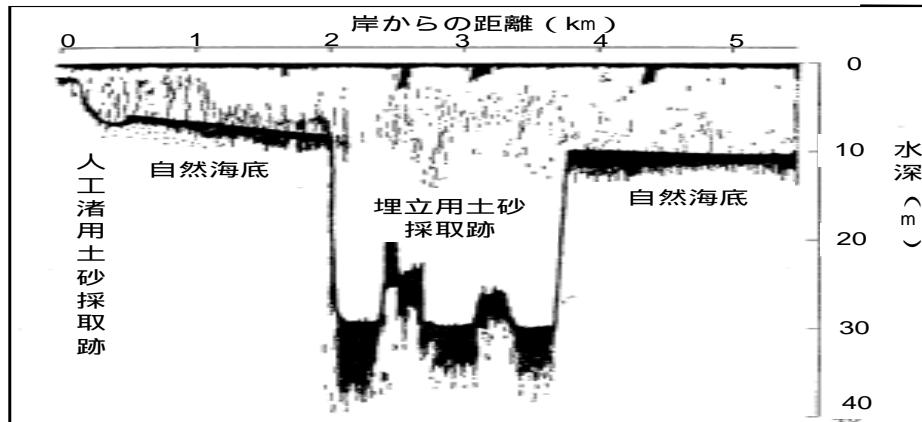
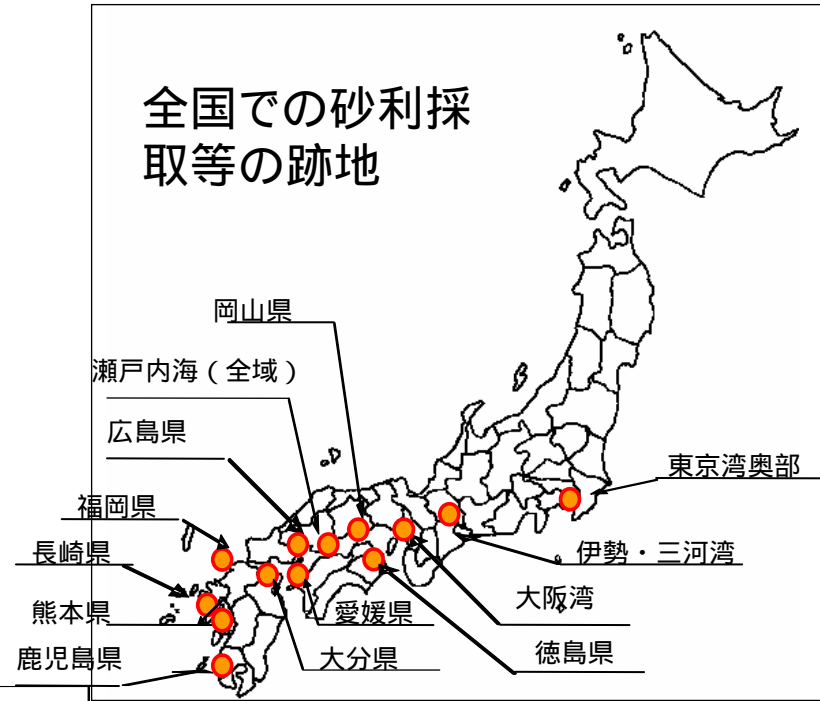


アサリはStn.Aの周辺  
(Stn.6, 8, 9)に多く  
みられた。

運河部特有の移流・滞留  
機構？

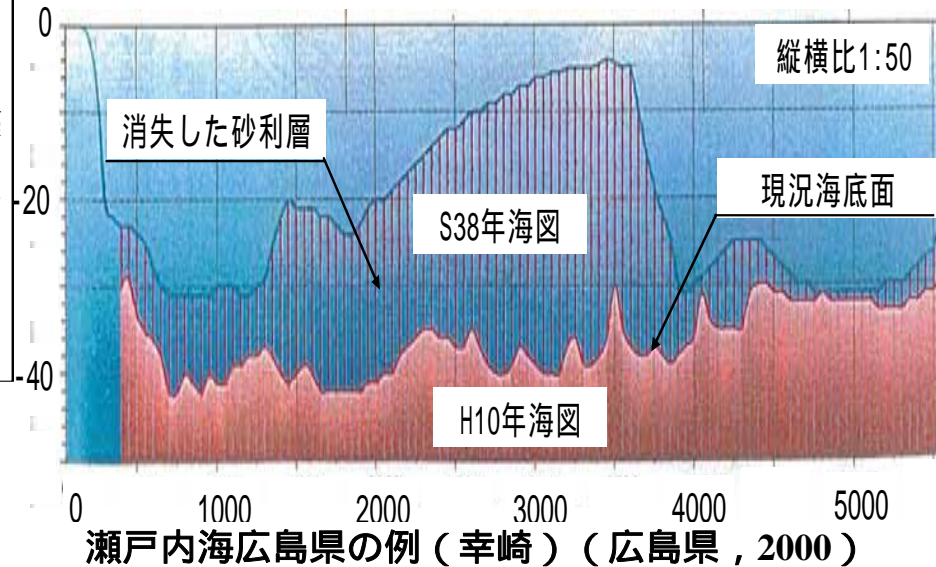
運河部における自然再生  
の可能性を考える上で、  
運河部の水平・鉛直に分  
布する水塊構造を考慮す  
る必要がある

# 5. 海底窪地の埋め戻しによる修復研究



東京湾の例 (幕張沖)  
(沼田・風呂田, 1997)

窪地タイプ(東京湾・三河湾など)



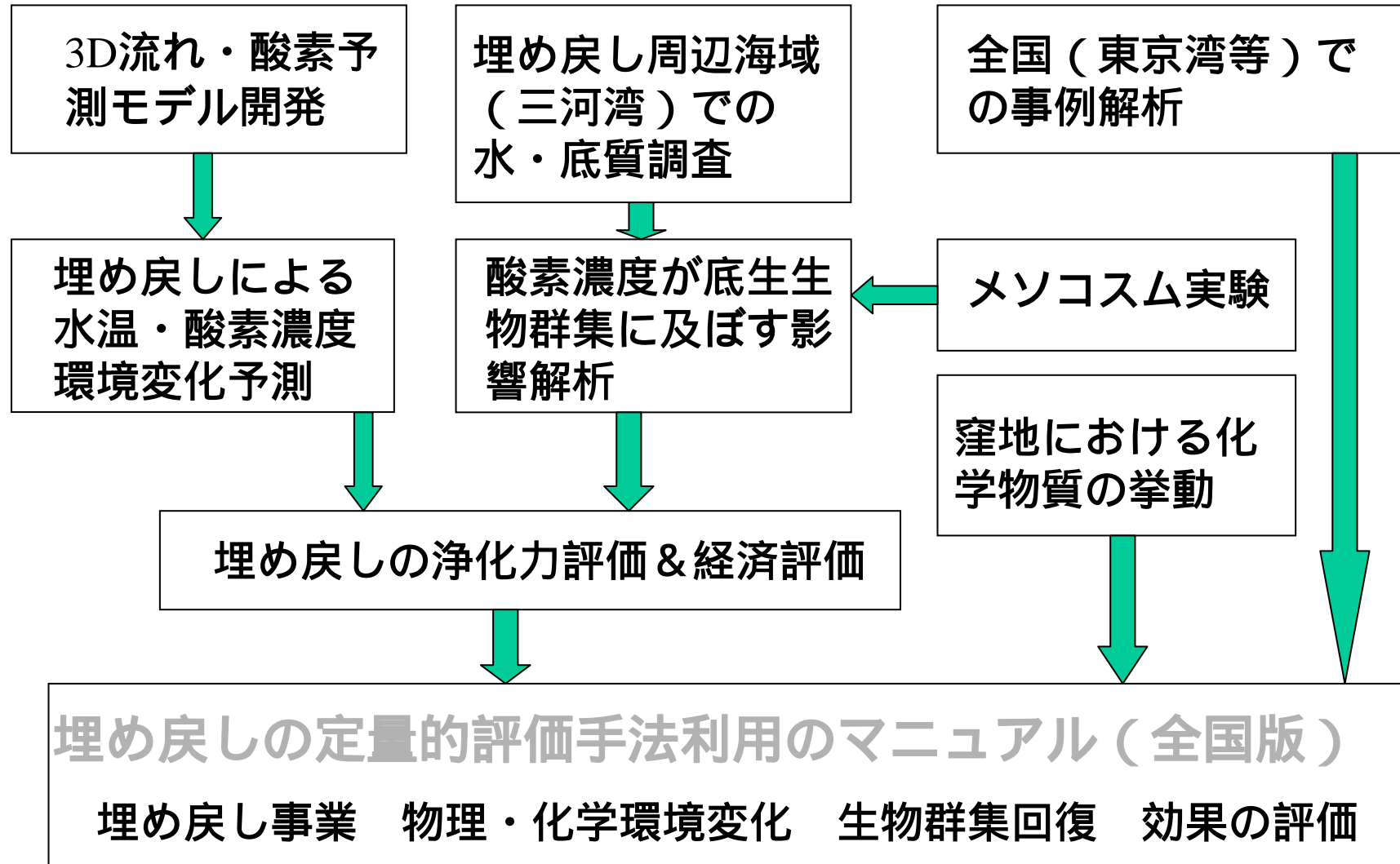
平滑化タイプ(瀬戸内海など)

# 港湾における浚渫土砂を有効利用した 沿岸窪地修復(三河湾)に関する共同研究(H17-19)

東海大学ほか民間1社

愛知県水試ほか民間1社

港湾空港技術研究所



# 修復予測手法マニュアルの作成 (実施機関: 港湾空港技術研究所ほか全機関)

埋め戻し事業に対して効果の予測  
手順を示す

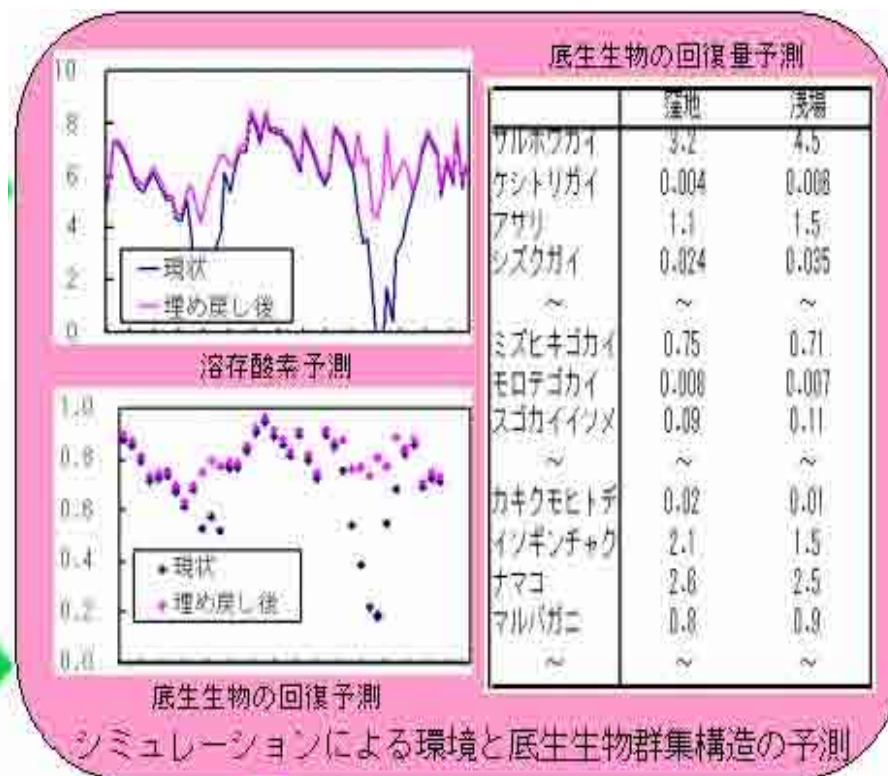
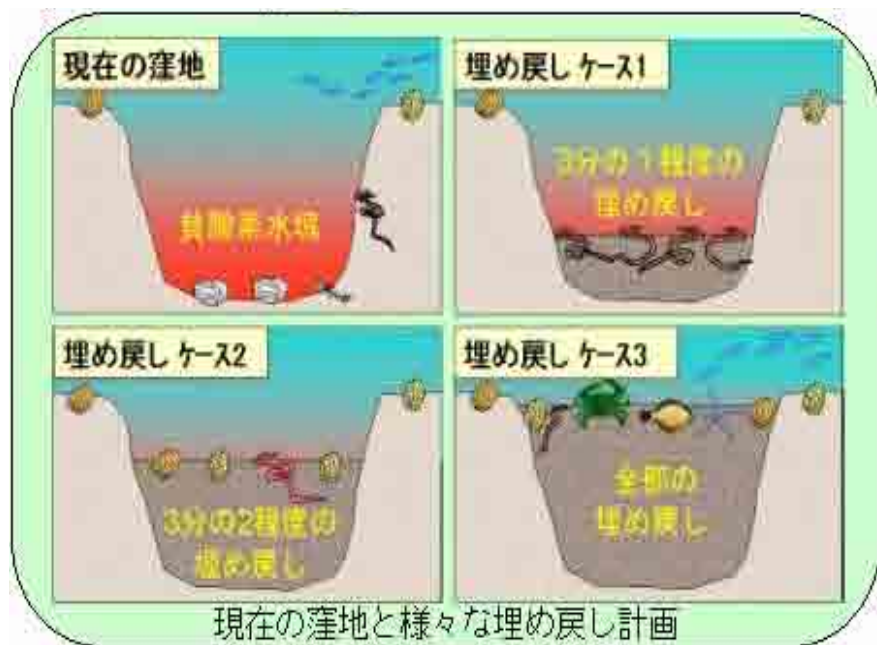
埋め戻しの方法

窪地周辺海域観測の手法

水温・酸素環境の予測

底生生物群集構造の予測

浄化力予測と経済評価



ケース1～3の埋め戻し計画による  
効果の比較検討 & 経済性評価

埋め戻し計画  
の決定

# 底泥中有害化学物質の生態系影響 に関する研究

(港空研・横浜国大・横浜市大・東工大の共同研究)

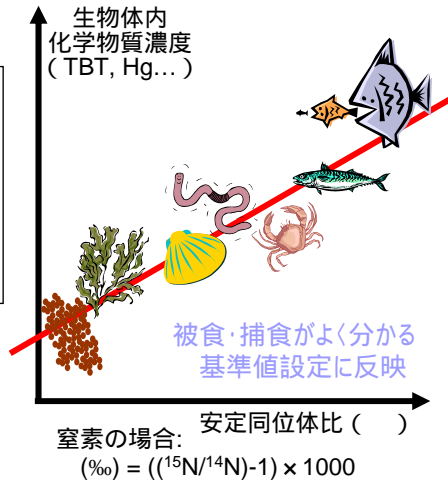


沿岸化学物質メソコスム実験施設  
(LACE: Laboratory for Coastal Ecotoxicology)

## 分析



安定同位体測定装置

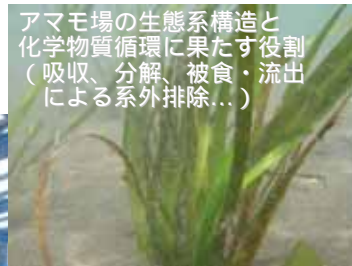


ICP-MS(超微量元素測定器)



ヨコエビを用いた  
バイオアッセイ系の構築  
生態系への影響を考察

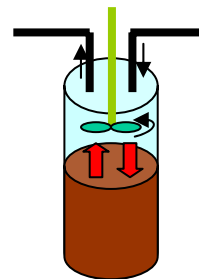
## 実験



アマモ場の生態系構造と  
化学物質循環に果たす役割  
(吸収、分解、被食・流出  
による系外排除...)



メソコスム実験水槽を用いた実験生態系実験



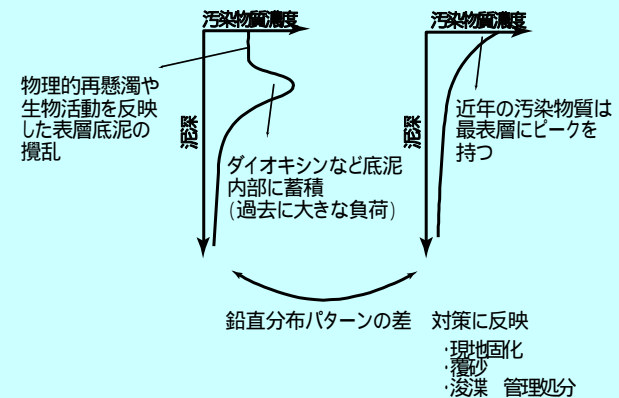
現場に近い条件での  
底泥溶出実験  
(巻き上げ、貧酸素  
状態などでの化学  
物質溶出を再現)

## 現地観測

- ・内湾・港湾内において
- ・底泥内化学物質分布(水平方向・深さ方向)
- ・移流・拡散・沈降・巻き上げ・化学物質溶出

## 解析

堆積物中の化学物質の  
分布予測モデル



## アウトカム

- ・生態系・生物濃縮の構造を明確化
- ・干潟・藻場造成と化学物質問題との関わりを考察
- ・内湾・港湾での有害化学物質対策に貢献