



シミュレーションベースのハビタット評価 による戸田御浜環境再生案の検討

東京大学 新領域創成科学研究科
海洋技術環境学専攻
修士二年

久松力人

指導教員: 多部田茂

1



目次

1. 背景・目的
2. 戸田湾の環境観測
3. 数値モデル
4. モデルの検証
5. HEPについて
6. 流況と貝類生息場評価
7. 複数の事業案の検討
8. まとめ

2

環境再生修復の現状

自然再生推進法(平成15年施行)

- ・過去に失われた生態系その他の自然環境を取り戻すことを目的
- ・生物多様性の保全のために重要な役割



Fig. Restoration sites in Tokyo bay

☆計画期間: 10年

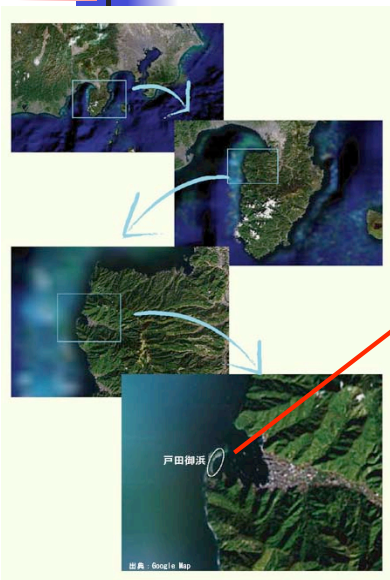
スケールの大きい事業は、実施把握、コスト面、合意形成の面から事業開始までに非常に時間がかかり、効果を評価するにはさらに時間がかかる。



小スケールの事業で知見や経験を積み重ねることが有効

3

戸田湾の現状



出典: yahoo地図

戸田御浜の選定理由

- ・場の大きさ
- ・過去の生物相情報の確かさ
(日野,2008)(土,1964)
- ・住民との協働が可能

Fig. Heda bay and Heda-Mihama

4

評価方法の選定

目標・・・貝類の再生(生物に着目)、定量的・簡便
シミュレーションベースで評価

→ 円滑な合意形成

	HEP	WET	HGM	IBI	BEST
生息場の評価	○	△	○	△	○
物質循環など多様な機能の評価	×	○	○	×	×
生物群集の評価	×	△	△	○	△
主たる適用箇所	陸	陸	陸	陸	海
評価の簡便さ	○	×	△	△	△
海域での適用性	△	△	△	△	○
欠点		定性的	複雑	複雑	魚類のみを対象

データが豊富にあるアサリを貝類の代表として評価することで、生物群集の評価は必要ない。また、アサリのモデルが存在することから、海の適用性は問題ない。

↓
HEPを適用

5

既往研究

戸田湾

「安良里湾・戸田湾の貝類群」(土,1964)

→ウメノハナガイ、ウスザクラを優占種とするアサリなどの貝類が多数生息

「昭和20～30年代の貝類標本調査」(日野,2008)

→昭和20年代から30年代には希少種含め400種類の貝類が存在

「戸田御浜再生プロジェクト」

→御浜の流況・粒径・生物・水質の調査

HEP

「HEP法を用いた養殖真珠の品質評価法の提案」(明田ら,2004)

→アコヤガイモデルからHEPを使って品質を評価

「干潟における生物生息環境の定量的評価に関する研究」(新保ら,2001)

「HSIモデルの構築と干潟の生物生息環境評価」(村上ら,2005)

「HEPによる人工磯の付着動物に関する生息地適正評価」(吉安ら,2001)

観測値
から
評価

6

既往研究の観測結果

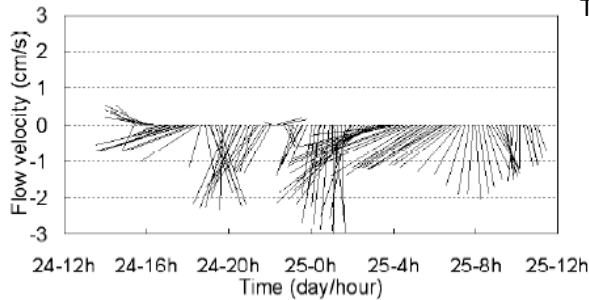


Fig. Stick diagram of water current

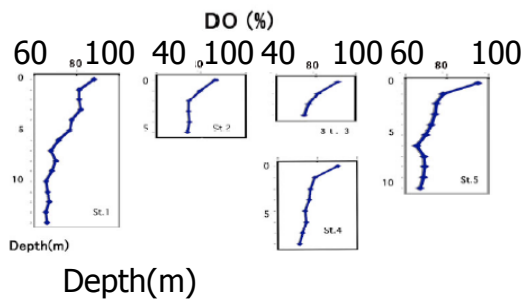


Fig. Observation results of dissolved oxygen

Table. Observation results of sediment diameter

station No.	st.1	st.2	st.3	st.4
中央粒径 (μm)	367.4	372.9	320.5	239

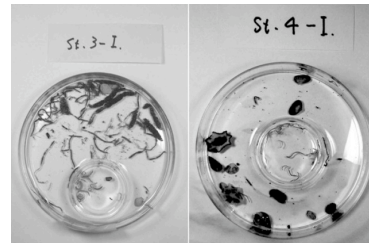


Fig. Benthos collected in Mihama
 ■ 潮間帯付着生物は水質が良好な海域を好む種が多く確認できた

- ・緩やかな成層構造
- ・良好な水質
- ・弱い海水流動
- ・細かい土砂粒径

土砂?
7

研究の目的

- ・定量的評価による環境修復
- ・戸田御浜を対象(スケールが適当)
- ・シミュレーションベースの環境評価
- ・HEPによる生息場の評価
- ・代替案の提示



円滑な合意形成のための環境修復のモデルケース

研究アプローチ

分類	環境因子	影響項目
底質	中央粒径、シルト・粘土含有率、砂含有率、礫含有率、有効径	潜砂・移動行動、採餌・採水
	水分、強熱減量、COD _{sed} 、TOC、ORP、硫化物量	生理的条件(呼吸、環境耐性)、採餌・採水
地形	勾配、地盤高(DL)、干出率 ^{*1}	生理的条件(乾燥、採餌・採水)
水理	シールズ数 ^{*2} 、底面摩擦速度 ^{*2}	生息場の安定
水質	水温、DO、実用塩分 ^{*3}	生理的条件(環境耐性)

- ・中央粒径(底質)
- ・地盤高(地形)
- ・海底摩擦速度(水理)

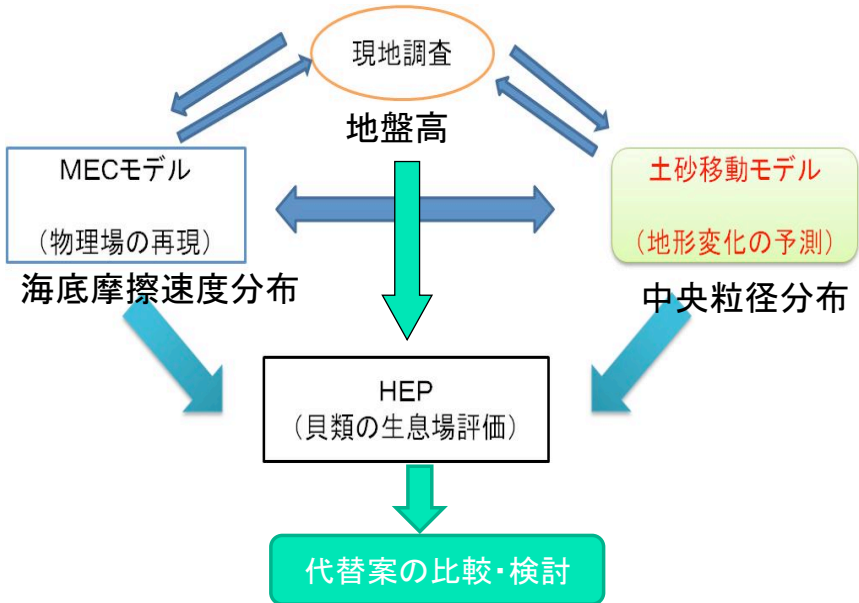


Fig. Research flow

目次

1. 背景・目的
2. 戸田湾の環境観測
3. 数値モデル
4. モデルの検証
5. HEPについて
6. 流況と貝類生息場評価
7. 複数の事業案の検討
8. まとめ

地形

地盤高は生物生息に大きく寄与

精度の高いソナーによるシングルビーム測定
GPSは基準点を取り補正した精度の高い観測

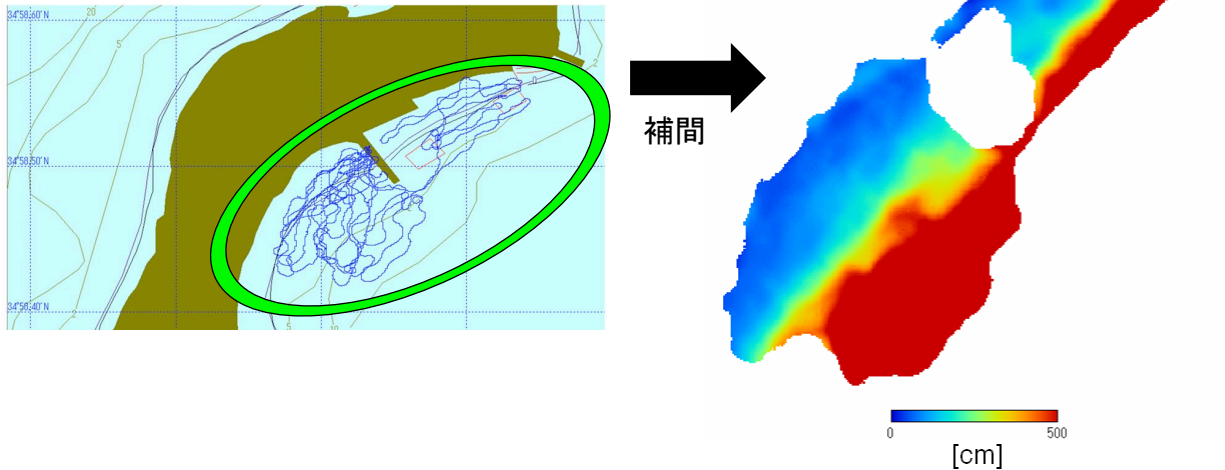


Fig. Observation result of water depth

13

目次

1. 背景・目的
2. 戸田湾の環境観測
3. 数値モデル
4. モデルの検証
5. HEPについて
6. 流況と貝類生息場評価
7. 複数の事業案の検討
8. まとめ

14

数値モデルの基礎方程式

流況モデル
(MECNEST)

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} + fv - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + A_M \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - fv - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + A_M \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right)$$

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

土砂輸送モデル
(地形変化)

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + u \frac{\partial C_i}{\partial x} + v \frac{\partial C_i}{\partial y} + w \frac{\partial C_i}{\partial z} = e_x \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + e_y \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} + e_z \frac{\partial^2 C_i}{\partial z^2} + \frac{\partial E_i}{\partial z} - \frac{\partial D_i}{\partial z}$$

t: 時間[s]	f: コリオリパラメータ[1/s]	C _i : 各粒径の浮遊物質濃度[g/m ³]
u: x方向流速[m/s]	A _M : 水平渦動拡散係数[m ² /s]	E: 侵食による移動量[g/m ² /s]
v: y方向流速[m/s]	K _M : 鉛直渦動拡散係数[m ² /s]	D: 堆積による移動量[g/m ² /s]
w: z方向流速[m/s]	g: 重力加速度[m/s ²]	e _x , e _y , e _z : 各方向の渦動拡散係[m ² /s]
p: 圧力[N/m ²]	ρ: 海水密度[kg/m ³]	w _s : 土砂沈殿速度[m/s]
		15

底泥の浸食および堆積量[g/m²/s]の定式化

浸食量

$$E = M \left(\frac{\tau_b}{\tau_e} - 1 \right) \quad (\tau_b \geq \tau_e)$$

$$E = 0 \quad (\tau_b < \tau_e)$$

τ_b: 底面せん断応力、τ_e: 堆積物の浸食に関する限界せん断応力、M: 侵食速度係数である。流径ごとに変わるτ_eの値はSoulsby(1997)、MはRasmeemasmuangら(2008)の値を使用した

堆積量

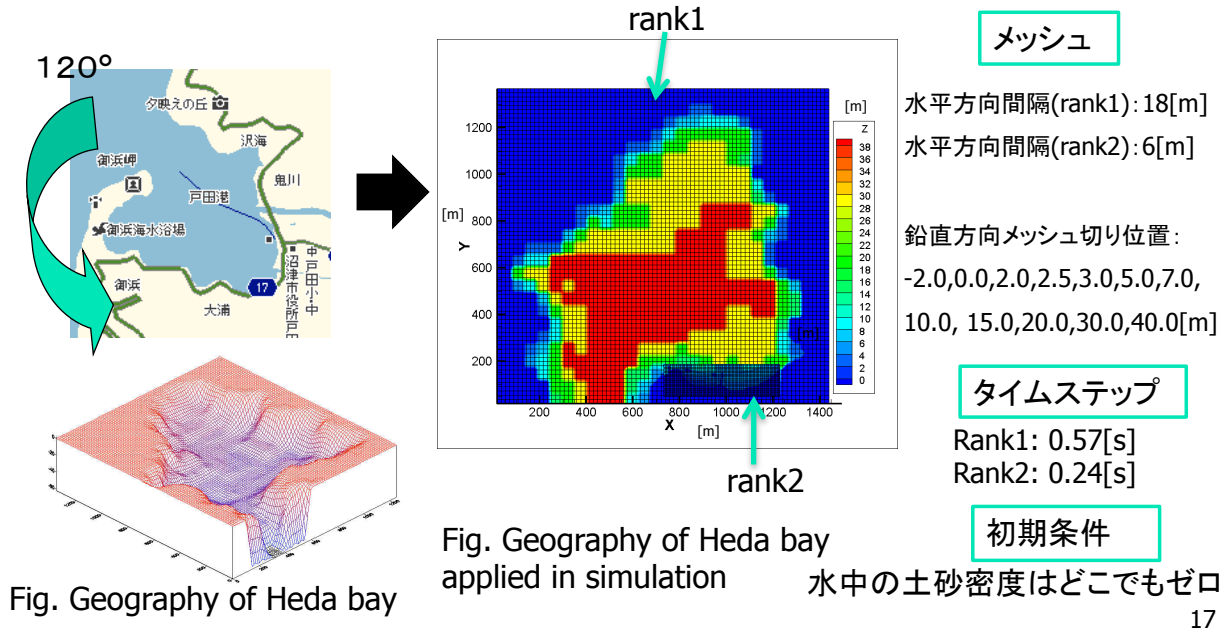
$$D = W_s \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_d} \right) C_b \quad (\tau_b \leq \tau_d)$$

$$D = 0 \quad (\tau_b > \tau_d)$$

$$\tau_b = \tau_c + \tau_w$$

τ_b: 泥の沈降に関する限界せん断応力、C_b: 底面直上層での浮遊泥濃度である。各粒径の粒子沈殿速度W_sはSoulsbyの値を使用した。
なお、波は波高10[cm]、周期4[s]と仮定した。

計算条件



目次

1. 背景・目的
2. 戸田湾の環境観測
3. 数値モデル
4. モデルの検証
5. HEPについて
6. 流況と貝類生息場評価
7. 複数の事業案の検討
8. まとめ

流況の検証と残差流の予測

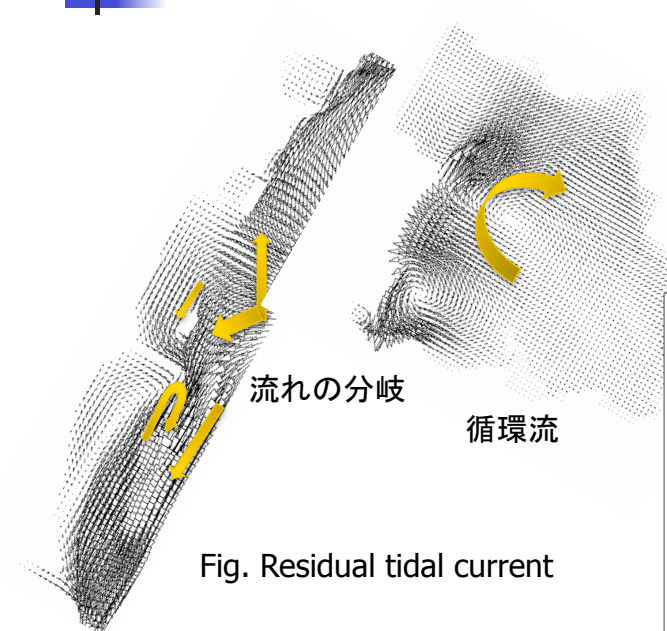


Fig. Residual tidal current

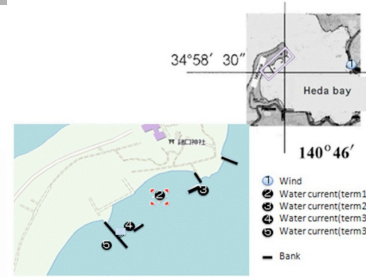


Fig. Observation sites in Heda-Mihama

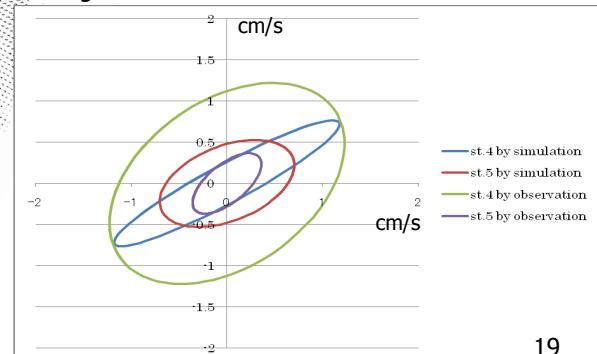
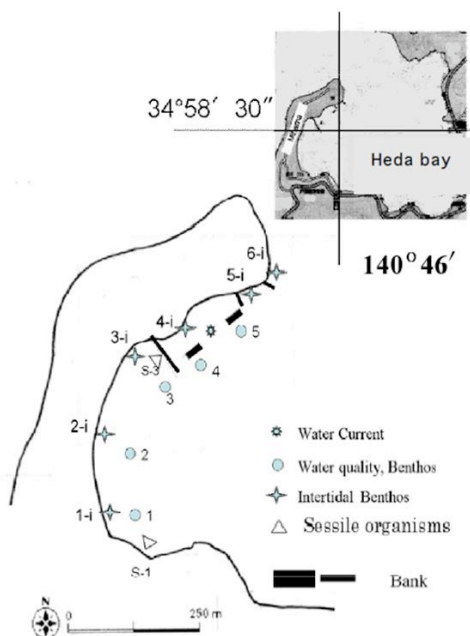


Fig. Validation of simulated tidal current used by semidiurnal tide

粒径の検証



周辺4格子の中央粒径をバーで表した
ドットは既往研究による観測値

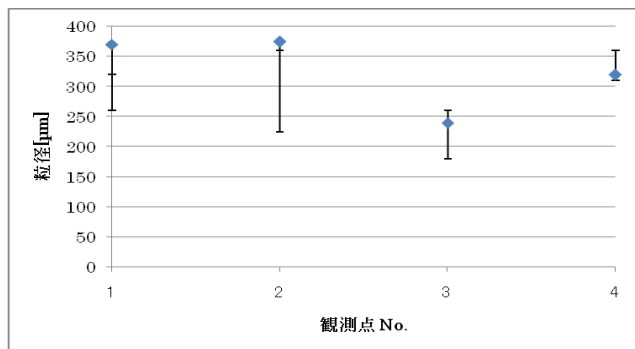


Fig. Validation of sediment diameter

目次

1. 背景・目的
2. 戸田湾の環境観測
3. 数値モデル
4. モデルの検証
5. HEPについて
6. 流況と貝類生息場評価
7. 複数の事業案の検討
8. まとめ

HEPの手続き

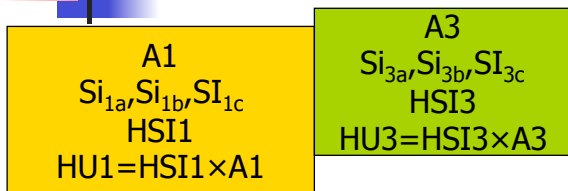


Fig. Procedure of HEP

HSI計算例
 $HSI = SI_a \times SI_b \times SI_c$
 $HSI = SI1 + SI2 + SI3$

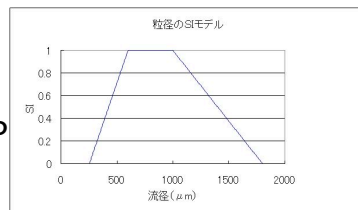


Fig. Example of SI model

$$THU = HU1 + HU2 + HU3$$

$$AHSI = \frac{THU}{A1 + A2 + A3}$$

$$CHU = \int THU dt$$

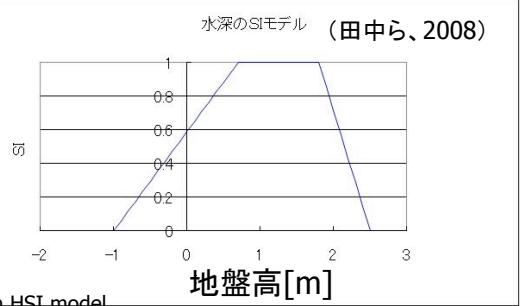
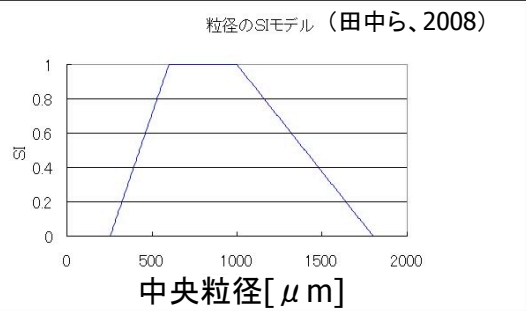
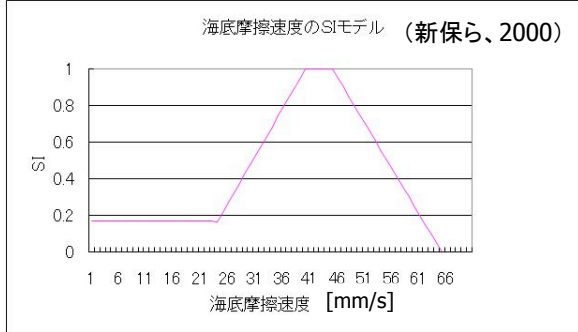
Table. Assessment level

レベル	
5	CHU(Cumulative Habitat Unit)
4	THU(Total Habitat Unit) AHSI(Weighted Average HSI)
3	HU(Habitat Unit)
2	HSI(Habitat Suitability Index)
1	SI(Suitability index) 22

SIモデルの選択、HSIモデルの構築



アサリを貝類の代表と仮定



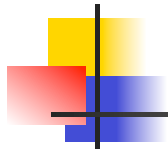
SIのいずれかが0なら
ハビタットの値が0に
なるモデル

Fig. SI models applied in HSI model

$$HSI = \text{海底摩擦速度SI} \times \text{粒径SI} \times \text{地盤高SI}$$

目次

1. 背景・目的
2. 戸田湾の環境観測
3. 数値モデル
4. モデルの検証
5. HEPについて
6. 流況と貝類生息場評価
7. 複数の事業案の検討
8. まとめ



THU(Total Habitat Unit)の時間変化

初期条件の影響がなくなるのはいつか？

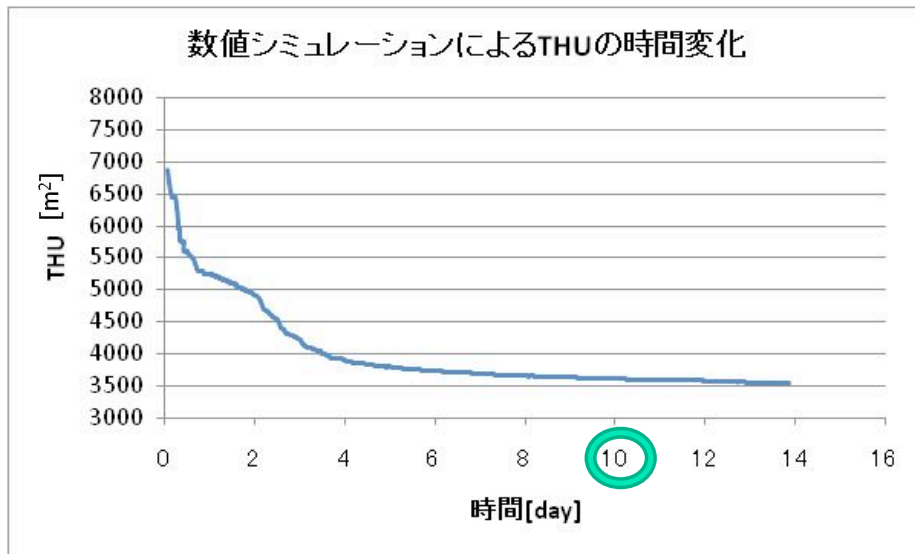
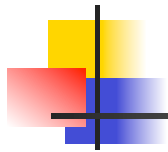


Fig. Time series graph of simulated THU

25



HEPによる現況の評価(計算開始十日後)

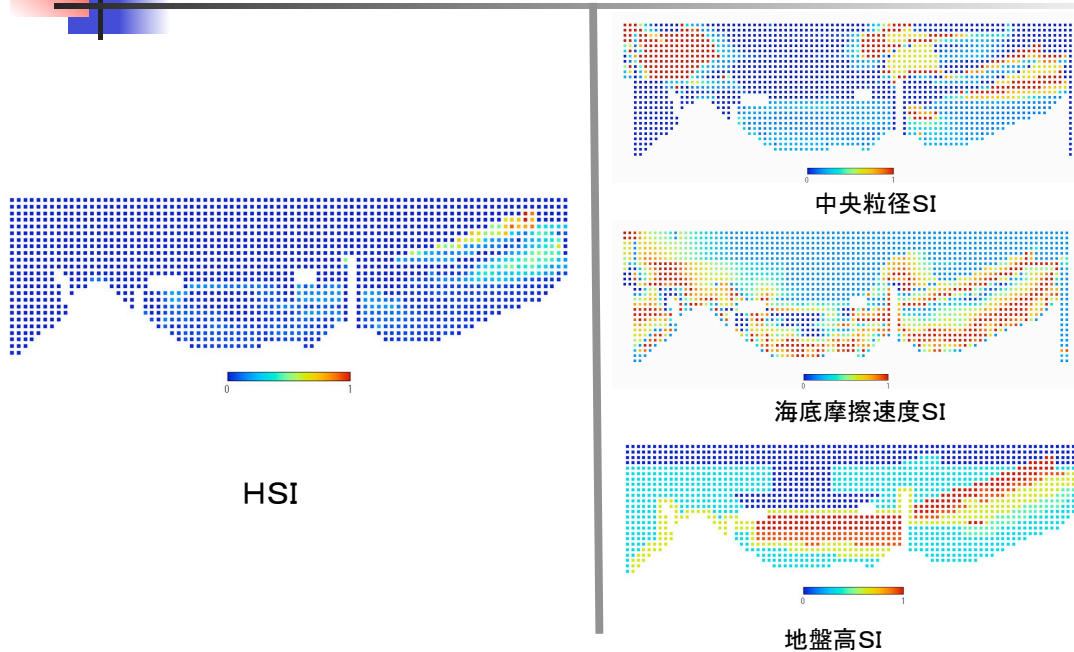


Fig. Distributions of each SI and HSI

26

HSIモデルの検証

戸田御浜

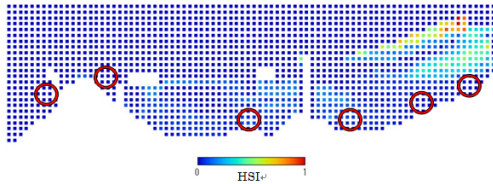
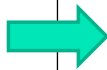


Fig. Validation of HSI model

戸田の観測では貝類が発見できなかったのですが、アサリが存在する場所でも検証したい



海の公園(横浜市)

地形・流速データを元にした

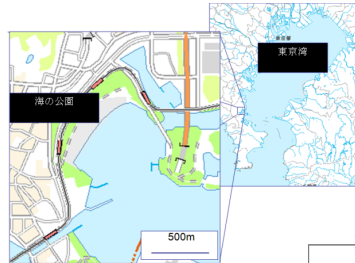


Fig. Uminokoen

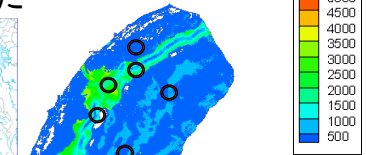


Fig. Calculated weight of clam in uminokoen

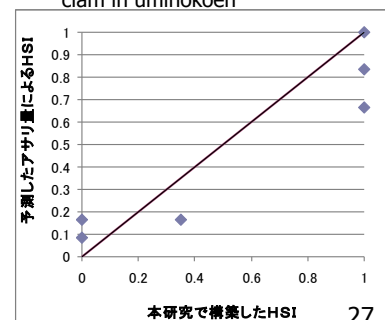
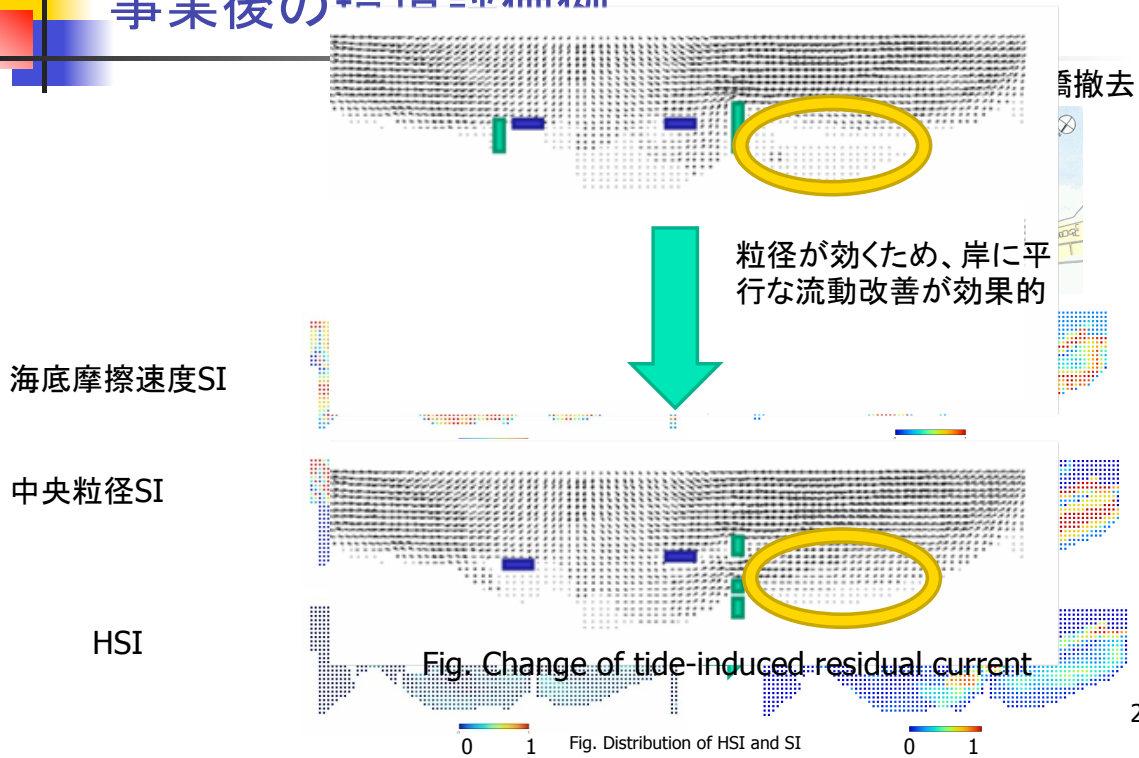


Fig. Validation of HSI model

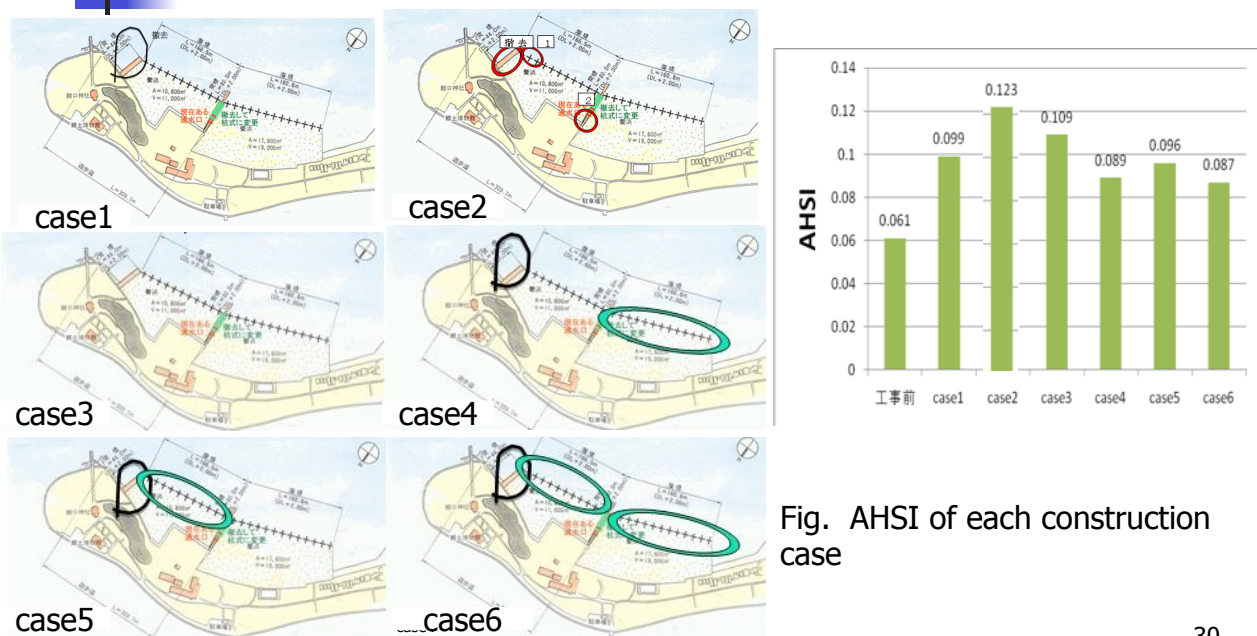
目次

1. 背景・目的
2. 戸田湾の環境観測
3. 数値モデル
4. モデルの検証
5. HEPについて
6. 流況と貝類生息場評価
7. 複数の事業案の検討
8. まとめ

事業後の環状流無例



複数の事業案の比較・検討



合意形成会議



Fig. Meeting of consensus building



Fig. Work of construction



Fig. Chosen construction



Fig. AHSI of chosen construction ³¹

東京大学 海洋技術環境学専攻 修士論文発表会 2月4,5日

工事後の地形変化(計算開始2週間後)

$$\frac{\partial h}{\partial t} = (D - E) \div \rho_{FM}$$

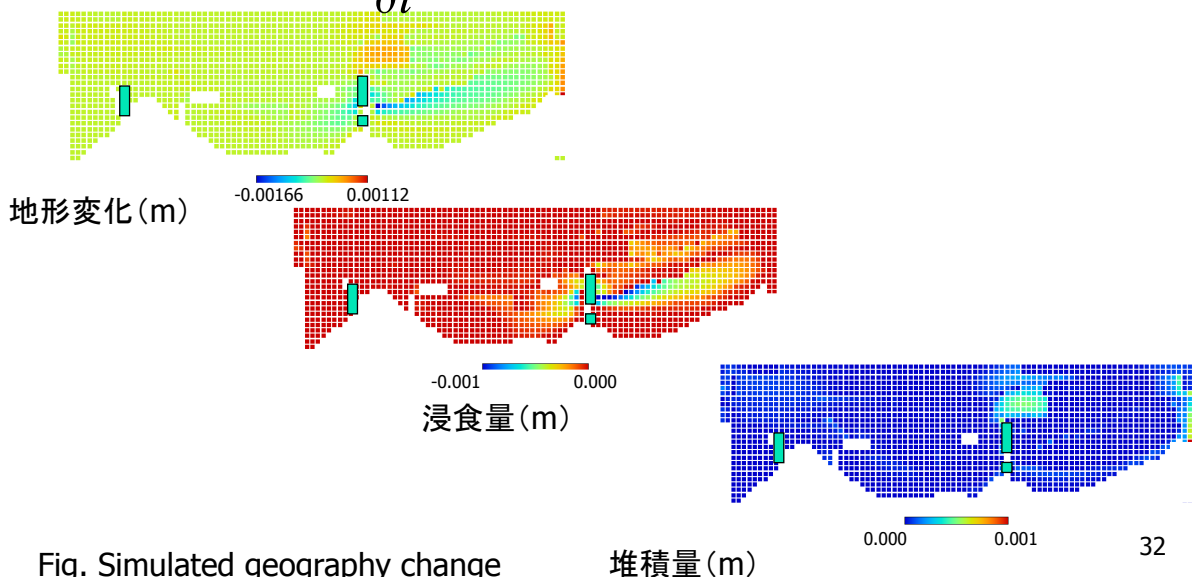


Fig. Simulated geography change

堆積量(m)

目次

1. 背景・目的
2. 戸田湾の環境観測
3. 数値モデル
4. モデルの検証
5. HEPについて
6. 流況と貝類生息場評価
7. 複数の事業案の検討
8. まとめ

33

まとめ

シミュレーションベースのHEPによる環境評価を行った

- ・既存の流況モデルに粒径分布を考慮出来る土砂輸送モデルを組み込んだ。
- ・代表種であるアサリに対して既存のSIから妥当性のあるHSIモデルを構築した。
- ・簡易的に地形変化を予測した。

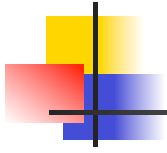
複数の修復案について検討した

- ・SI分布から修正点を発見し、代替案を考えた。
- ・代替案の貝類生息場評価をHEPにより行い、定量的に比較した。

課題

- ・地形変化が流れに影響するモデルに変更
➡ 精度の高い地形変化の計算、CHU(level5)の計算が可能
- ・波の影響の考慮

34



ご清聴ありがとうございました

