

環境研究総合推進費S13
持続可能な沿岸海域実現を目指した
沿岸海域管理手法の開発
(2014～2018)

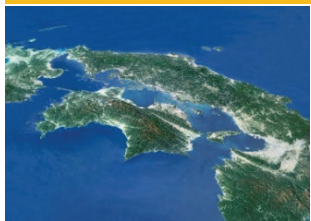
研究実施期間 平成26～30年度累計予算額 154,448千円
(うち平成26年度:9,278千円、平成27年度 39,667千円、平成28年度:35,687千円、
平成29年度 35,803千円、平成30年度:34,013千円)

(公財)国際エメックスセンター
特別研究員
柳 哲雄

持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発(2014～2018)

テーマ1(広大:西嶋)

1. 瀬戸内海(閉鎖的内湾)班
 望ましい水質決定法(脆弱性)
 高い生物多様性・生産性実現手法
 干潟・藻場の効果



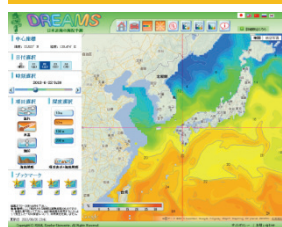
テーマ2(東大:小松)

2. 三陸沿岸海域(開放的内湾)班
 津波からの環境回復監視
 復興に必要な人手(里海創生)
 「森は海の恋人」の定量的説明



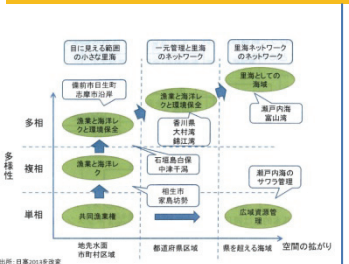
テーマ3(NPEC:吉田)

3. 日本海(陸棚・島嶼)班
 生物多様性保全のためのMPA貢献度
 日本海の流動・生態系変化予測
 国際的・広域的海域環境三階層管理



テーマ4(立命館:仲上)

4. 社会・人文科学班
 生態系サービスの貨幣価値
 99.8%の市民と海を結ぶ里海物語
 MPAにおける漁業活動調整



テーマ5
(柳)

沿岸海域管理のための統合モデル構築

出力
 水質
 ・透明度
 ・底層DO
 栄養塩濃度
 カキ筏配置

自然科学沿岸海域モデル(瀬戸内海・志津川湾・富山湾)

総括班
 激動する世界の中での沿岸海域管理哲学構築
 望ましい沿岸海域を実現するための定量的環境指標の提案
 自然・社会・人文科学面からの提言

自然・社会・文化統合沿岸海域モデル(瀬戸内海・志津川湾・富山湾)

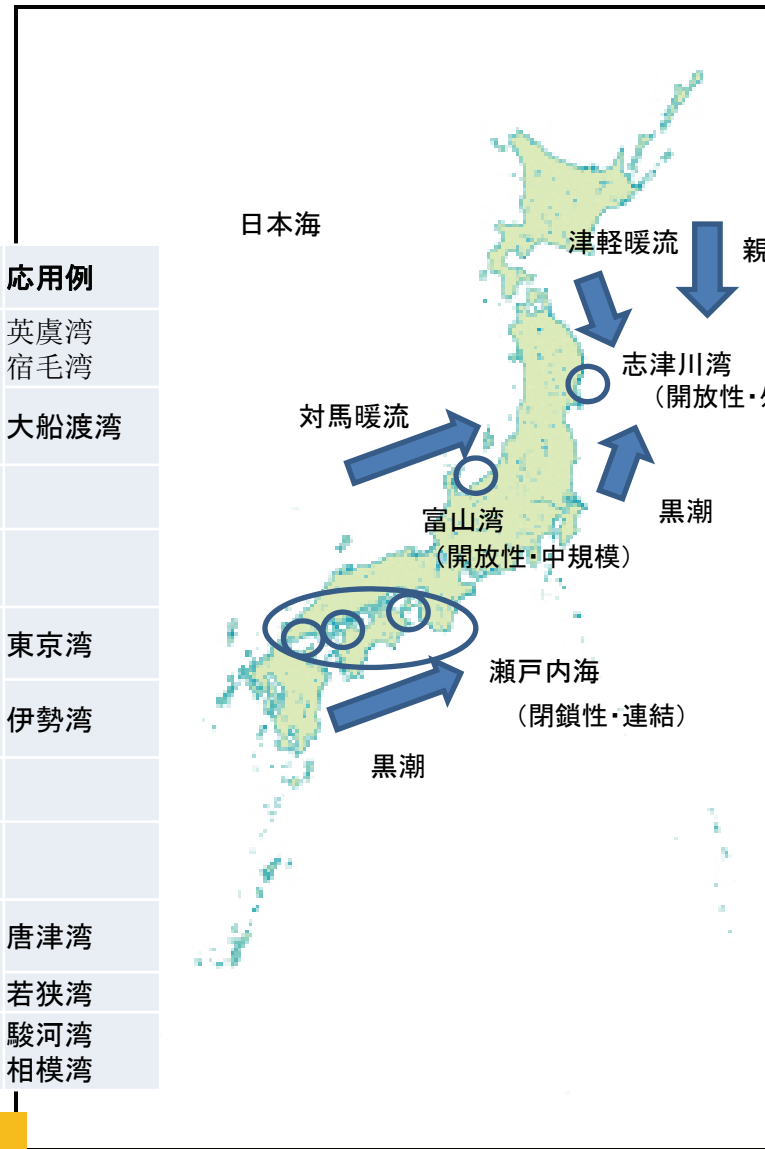
環境行政施策(環境・水産・経済・文化)

協議会(多段階管理体制)

目的:きれいで、豊かで、賑わいのある持続可能な沿岸海域(里海)実現 → 世界発信

見える化

開放性・小規模・外洋影響			テーマ	応用例
志津川湾			最適養殖法	英虞湾 宿毛湾
				大船渡湾
閉鎖性・小規模連結・陸影響				
瀬戸内海			栄養塩濃度 管理	東京湾
				伊勢湾
開放性・中規模・海流影響				
富山湾			国際・国内 環境管理 地下水	唐津湾
				若狭湾
				駿河湾
				相模湾



世界への応用

総括班の仕事

1)きれいで、豊かな、沿岸海域の定量的定義

自然科学

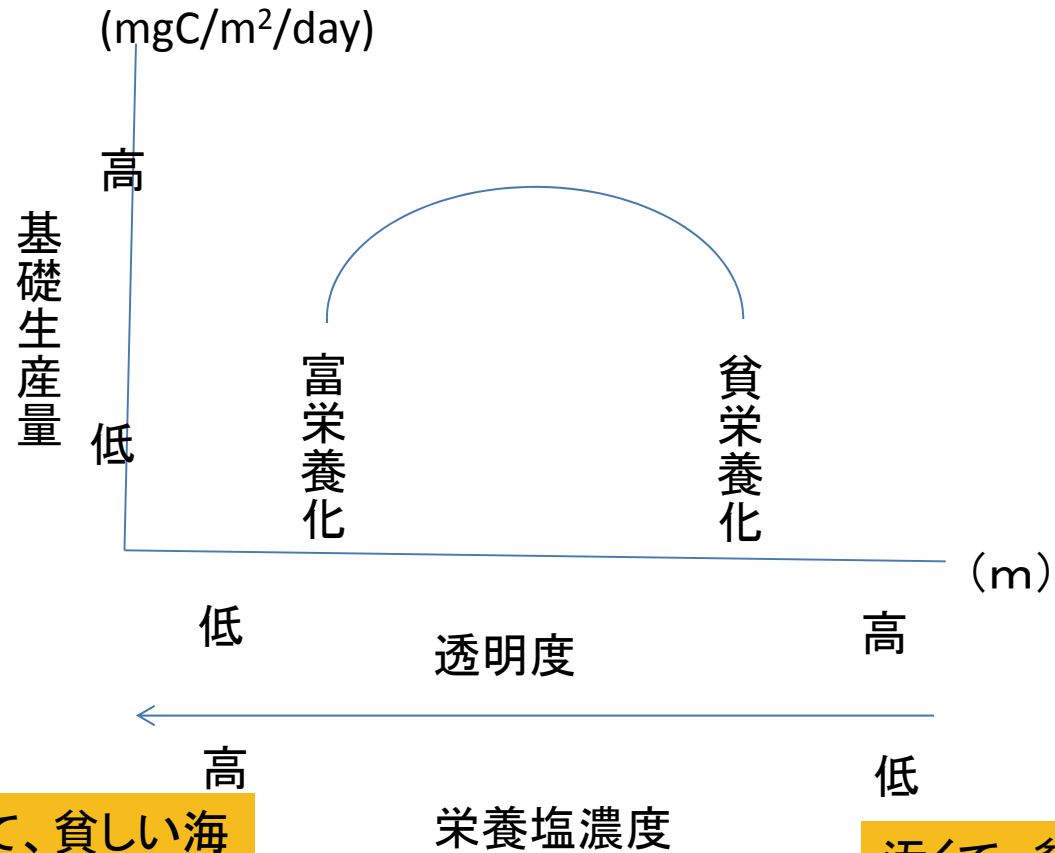
2)賑わいのある、持続可能な、沿岸海域の

定義

社会科学＋自然科学

3)沿岸海域管理手法・政策の提案

きれいで、豊かな、沿岸海域 適切な透明度・基礎生産量



きれい過ぎて、貧しい海

汚くて、貧しい海

同じ基礎生産量でも漁獲高が異なる— 転送効率の相違

転送効率: 低位の生産者から高位の生産者へ有機物がいくら移るか?
例: 植物プランクトン→動物プランクトン 10%程度

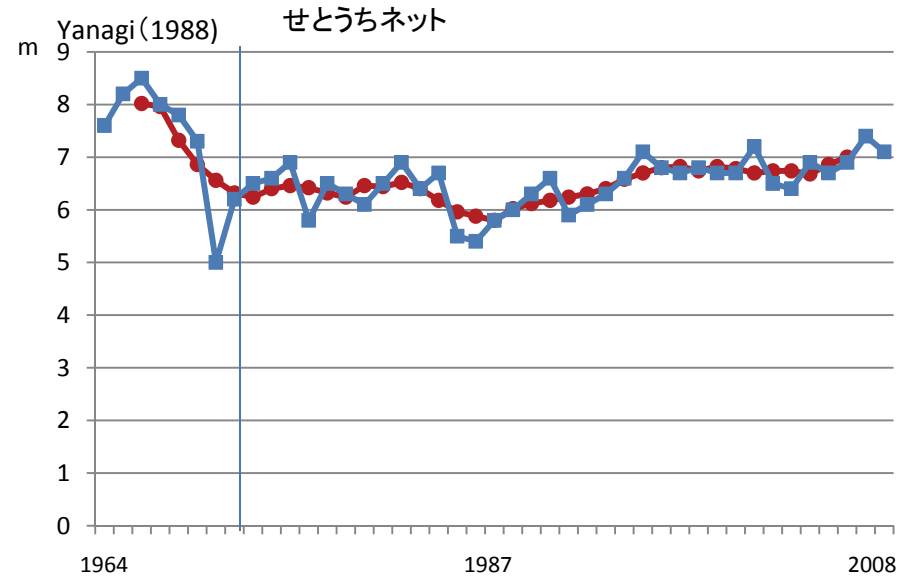
同じ基礎生産量でも漁獲量は1—10倍変化する

流動構造・生態系構造(生息場変化)などの違いに因り
転送効率が異なるから。

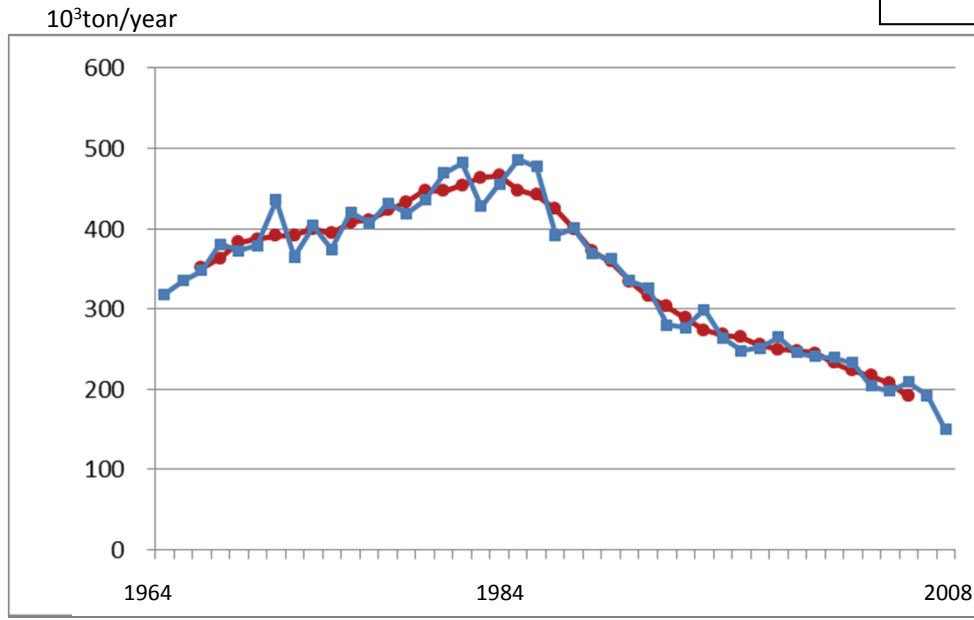
豊かさ(生物生産性)は

基礎生産量(chl.a濃度—透明度)と
転送効率(流動構造、生態系構造)に
依存する。

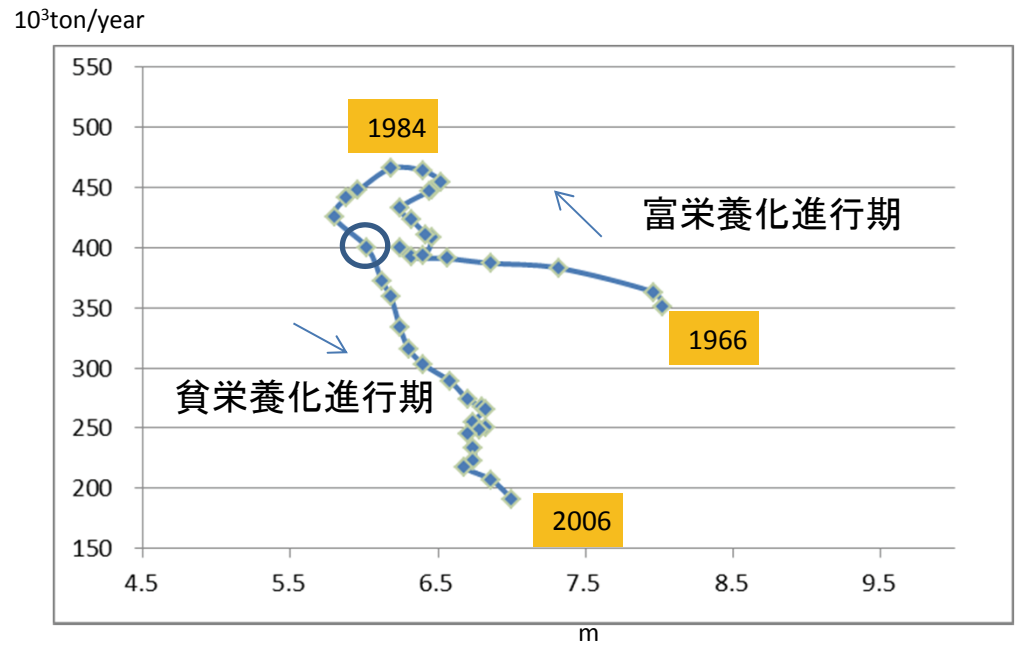
瀬戸内海；
透明度と漁獲量の関係は1:1ではなかった



瀬戸内海における透明度の経年変化(赤:5年移動平均値)



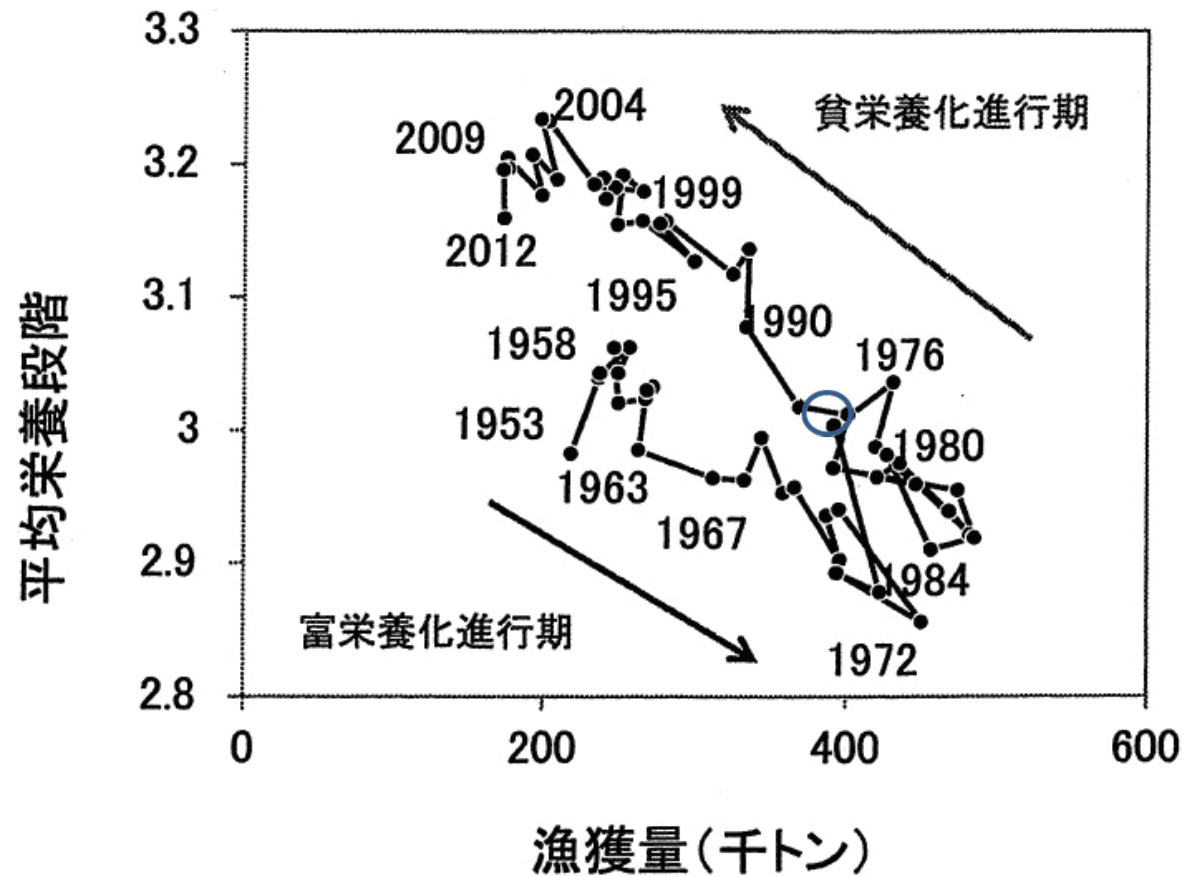
瀬戸内海における漁獲量の経年変化(赤:5年移動平均値)



瀬戸内海における透明度と漁獲量の経年変化(5年移動平均値)

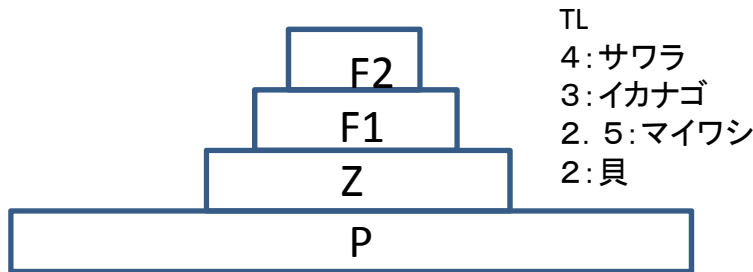
瀬戸内海における透明度と漁獲量変動のヒステリシス

瀬戸内海の漁獲量と漁獲物平均TL のヒステリシス

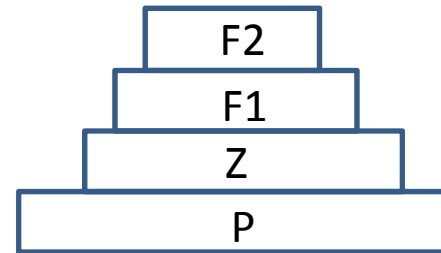


反田ら(2015)

富栄養進行期



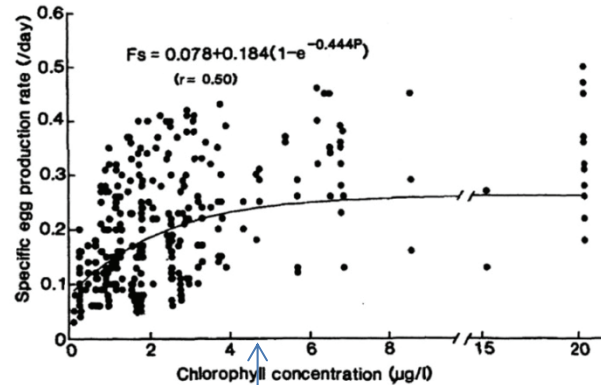
貧栄養進行期



枯死した植物プランクトン → 貧酸素水塊 → デトリタス食物連鎖減少
 → 動物プランクトン卵の死滅

動物プランクトン
 生産速度

$$\log F_s = -4.814 + 0.205T - 0.025p$$



Chl.a濃度

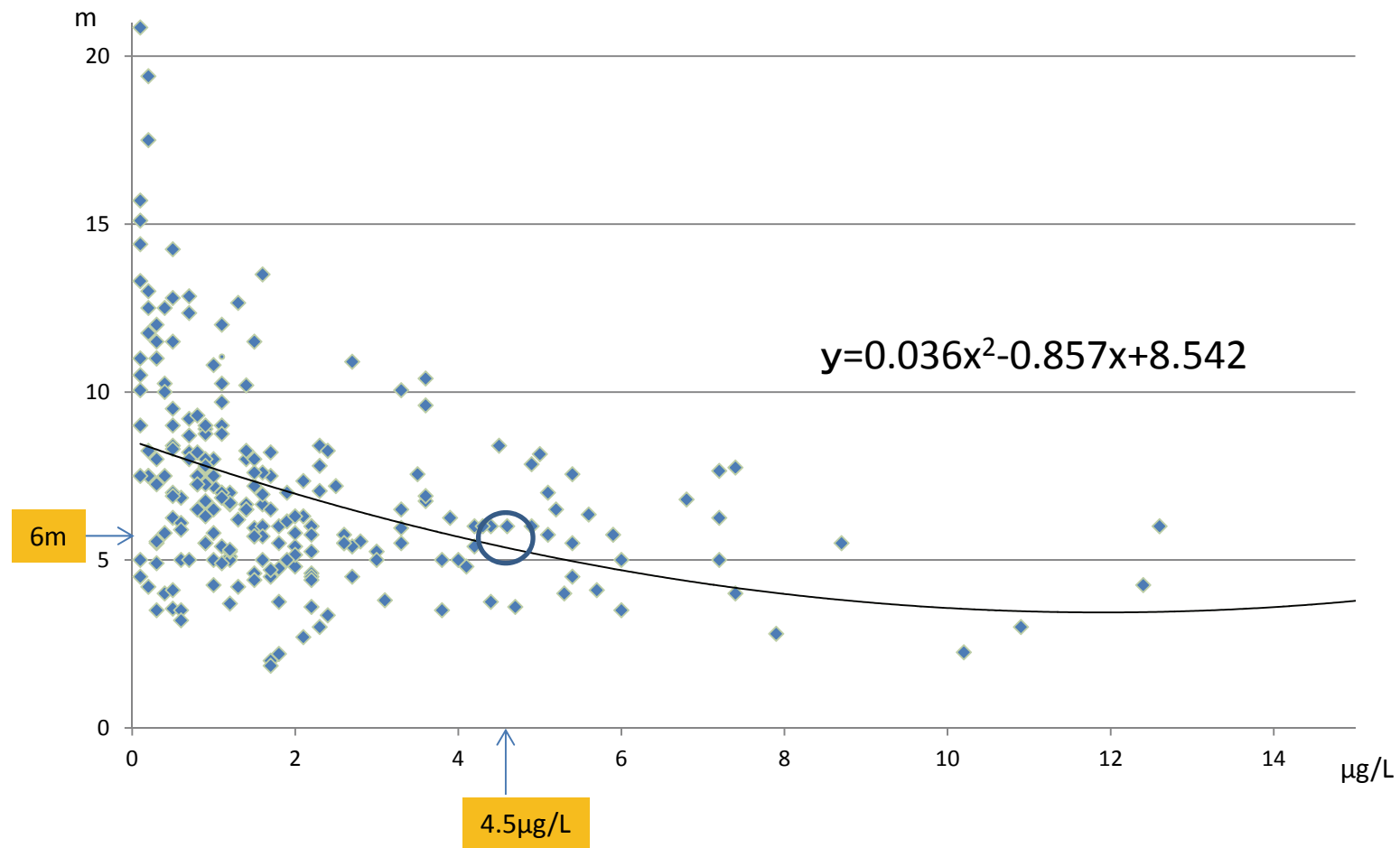
Fig. 8. Cruise-integrated overall and temperature-corrected specific egg production rate of *Paracalanus* sp. in the Inland Sea of Japan.

4.5µg/l

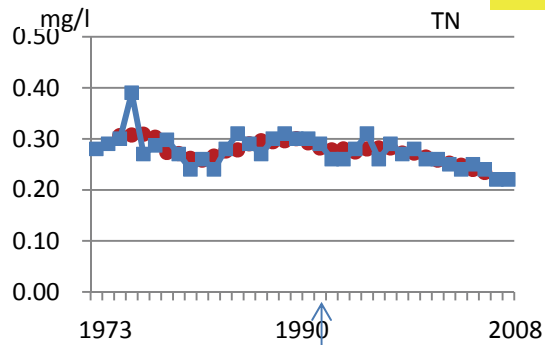
Uye and Shibuno (1992) の
 培養実験結果

瀬戸内海全域Chl.a濃度と透明度

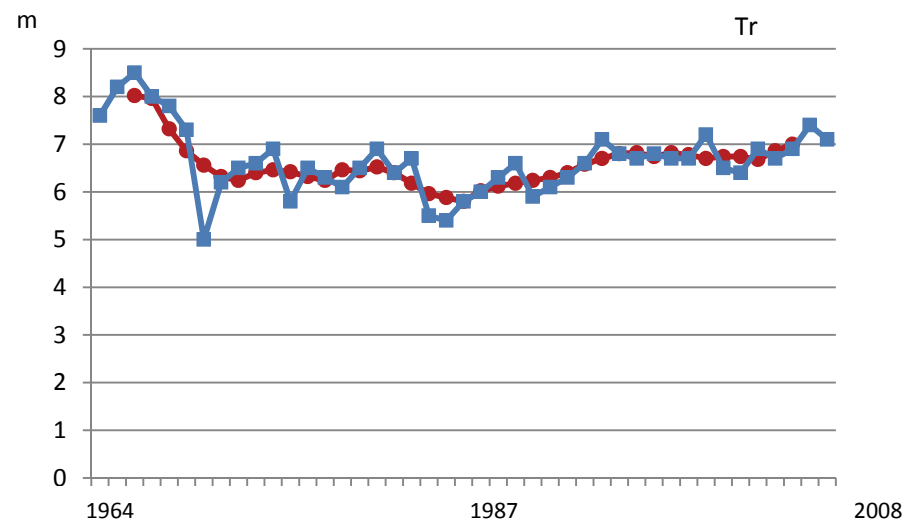
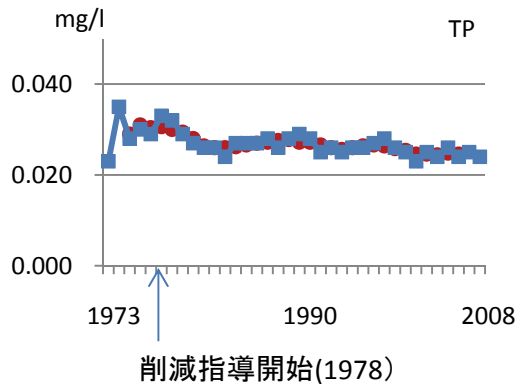
2000年四季全域観測結果



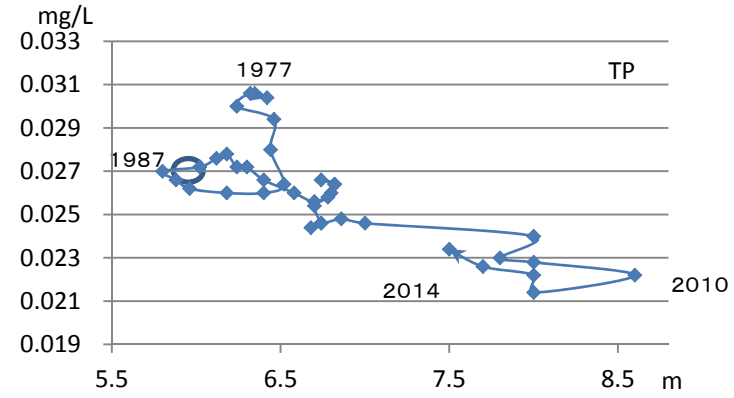
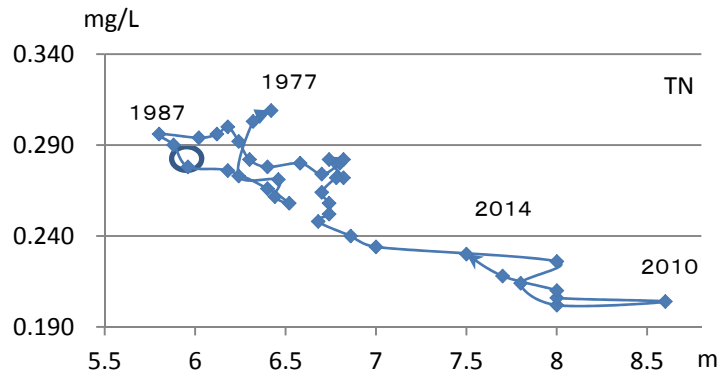
透明度—Chl.a、(SS、CDOM)—栄養塩濃度



N/P=16.2



底質からのDON、DOP溶出flux大
 富栄養化の過程：溶出量小
 貧栄養化の過程：溶出量大
 TN：高い相関—大阪・広島湾奥以外はN律速



1985年当時のTN・TP濃度 TN=0.28mg/L、TP=0.027mg/L

Tr.=6m, TN=0.28mg/L, TP=0.027mg/L

環境庁による水域類型(S46、1971)

表3・4 環境庁による水域の類型(水質ランク)と窒素・リンの環境基準値

類型	利用目的	全窒素	全リン	他の水質指標の相当レベル(参考値)		
				DO	COD	透明度
I	自然環境保全	0.2mg/l以下	0.02mg/l以下	5ml/l以上	1.7mg/l以下	7~9m以上
II	水浴 水産1種 ¹	0.3mg/l以下	0.03mg/l以下	4ml/l以上	2mg/l以下	5~6m以上
III	水産2種 ²	0.6mg/l以下	0.05mg/l以下	3ml/l以上	3mg/l以下	3~4m以上
IV	水産3種 ³ 生物生息環境保全 ⁴ 工業用水	1.0mg/l以下	0.09mg/l以下	2ml/l以上	4~5mg/l以下	2~3m以上
IV以上(貧酸素, 青潮)		1.0mg/l以上	0.09mg/l以上	2ml/l以下	5mg/l以上	2m未満

注1) 参考値は過去の調査結果による水質項目間の回帰式などから得られた概ねの値。

2) 全窒素, 全リン, COD は表層年平均値, DO は底層夏季平均値, 透明度は年平均値 COD の表層年平均値は全層75%値(環境基準の評価方法)にほぼ相当する。

3) 添字1~4はそれぞれ、漁獲物の組成が多様である, エビ・カニは減少する, 漁獲がマイワシやアサリなど特定種に偏る, 年間を通した底生生物の生息が可能であることを示す。

TN濃度とChl.a濃度の関連

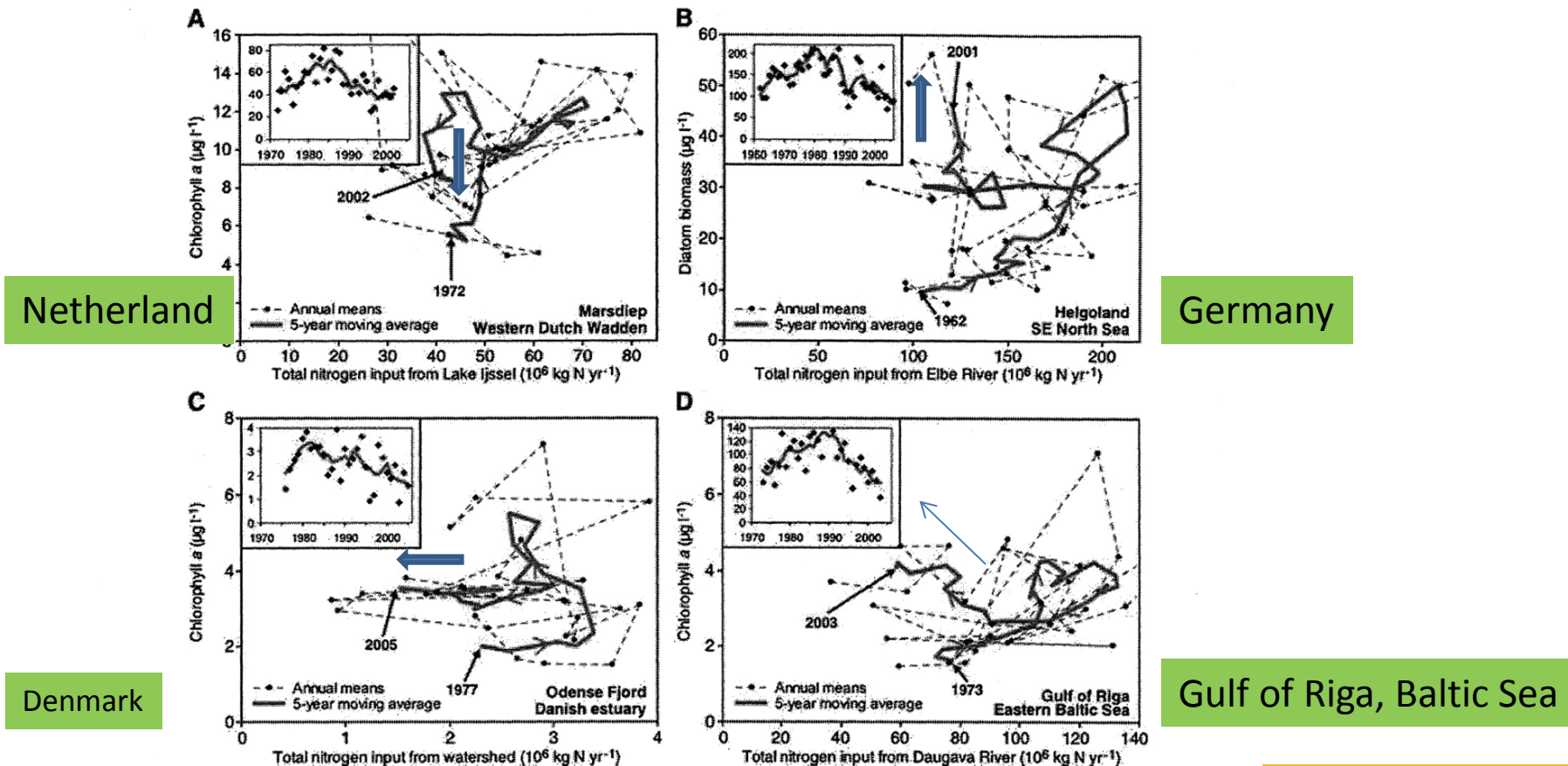


Fig. 2 Sample trajectories of annual means of chlorophyll a concentrations and diatom carbon biomass, as a proxy of ecosystem status, versus total nitrogen loading, of four intensively studied Northern European coastal ecosystems that experienced significant eutrophication followed by significant oligotrophication after management actions (a–c) or breakdown of economies in Eastern Europe

(b and d). The *full black symbols* show the annual average values and the *red line* follows the trajectory of a 5-year moving average. Initial and final years of the time series are indicated. *Inserts* show the time series and 5-year running average of total nitrogen inputs to the ecosystems. Note the difference in scaling

Duarte et al. (2009)

透明度、TN・TP濃度

- 沿岸海域生態系をめぐる物質循環の結果

負荷量、P.P.の卓越種、Z.P.の卓越種、

干潟・藻場—高位魚介類の産卵・餌・生育・

隠れ場

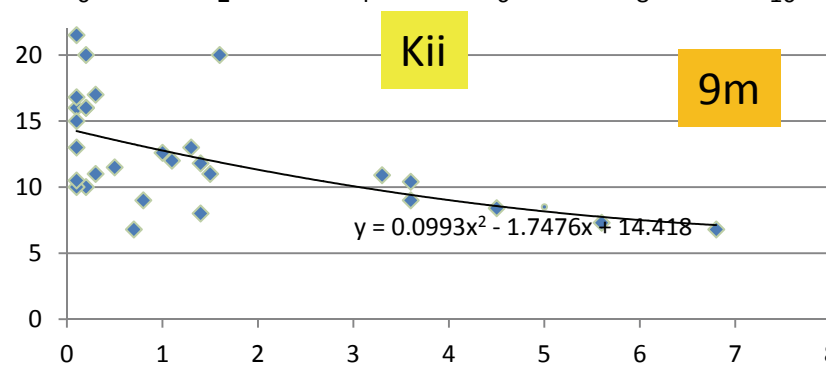
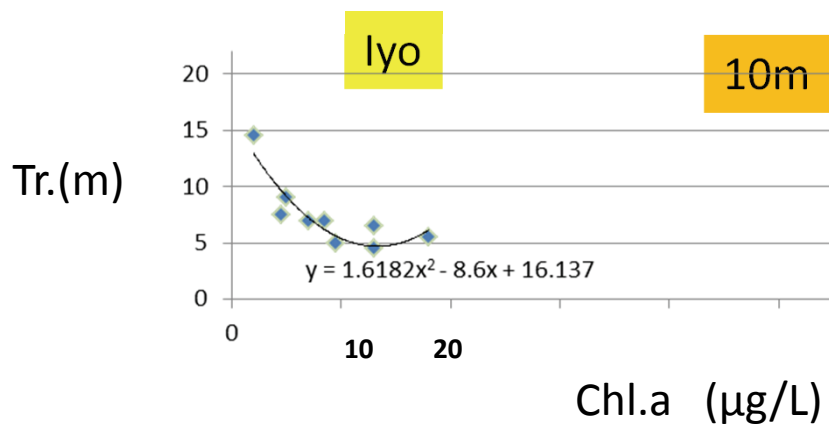
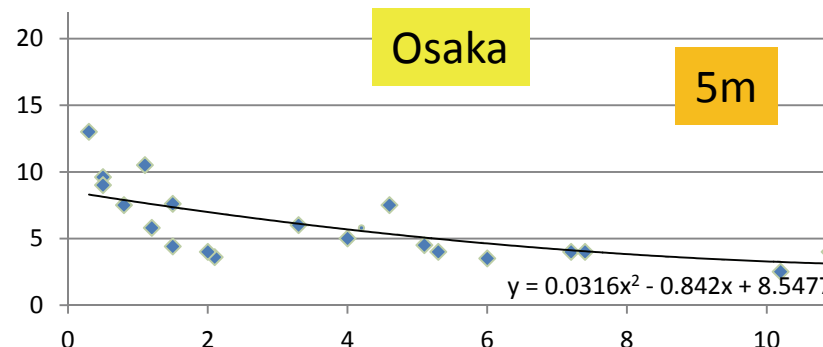
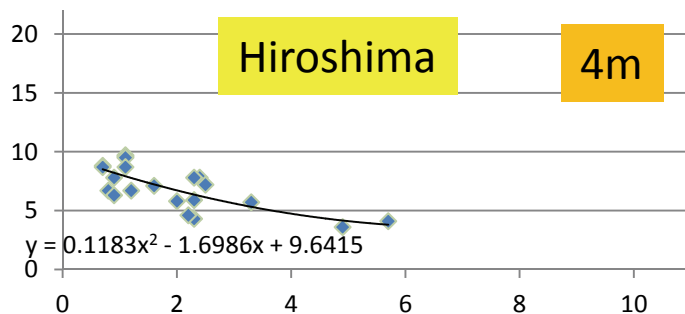
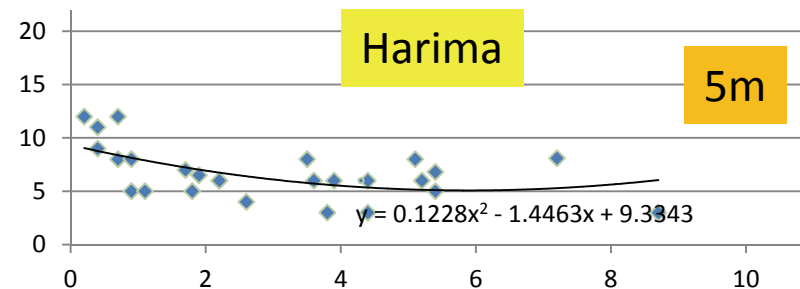
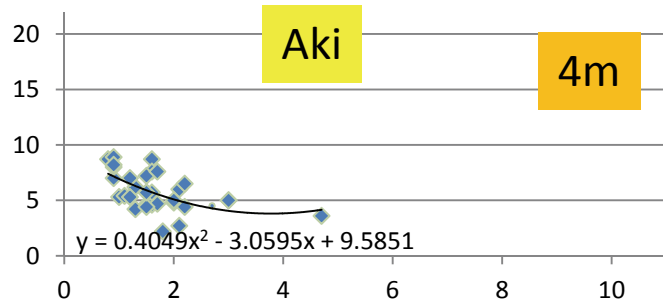
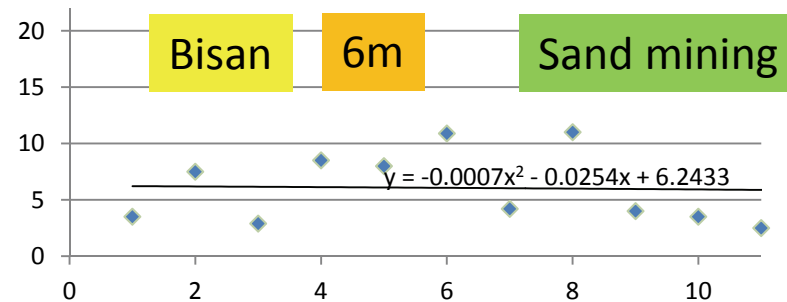
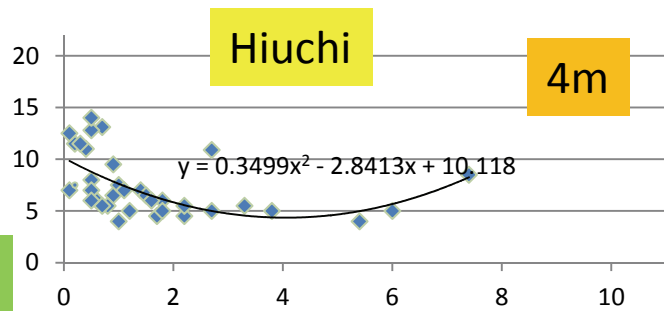
水温、流動場(埋め立て)

等。。。

実際の瀬戸内海の栄養塩濃度管理

- 2000年(第6次水質総量規制)以降、各湾・灘で行うことになっている。
- 上述の瀬戸内海全域の方法論を各湾灘に適用して、目標透明度、漁獲量、TP・TN濃度、TP・TN発生負荷量、生息環境改善(転送効率増加)のための干潟・藻場・浅場整備。。。。などを行う必要がある。
- S13では広島湾で行い、必要施策を提言する。

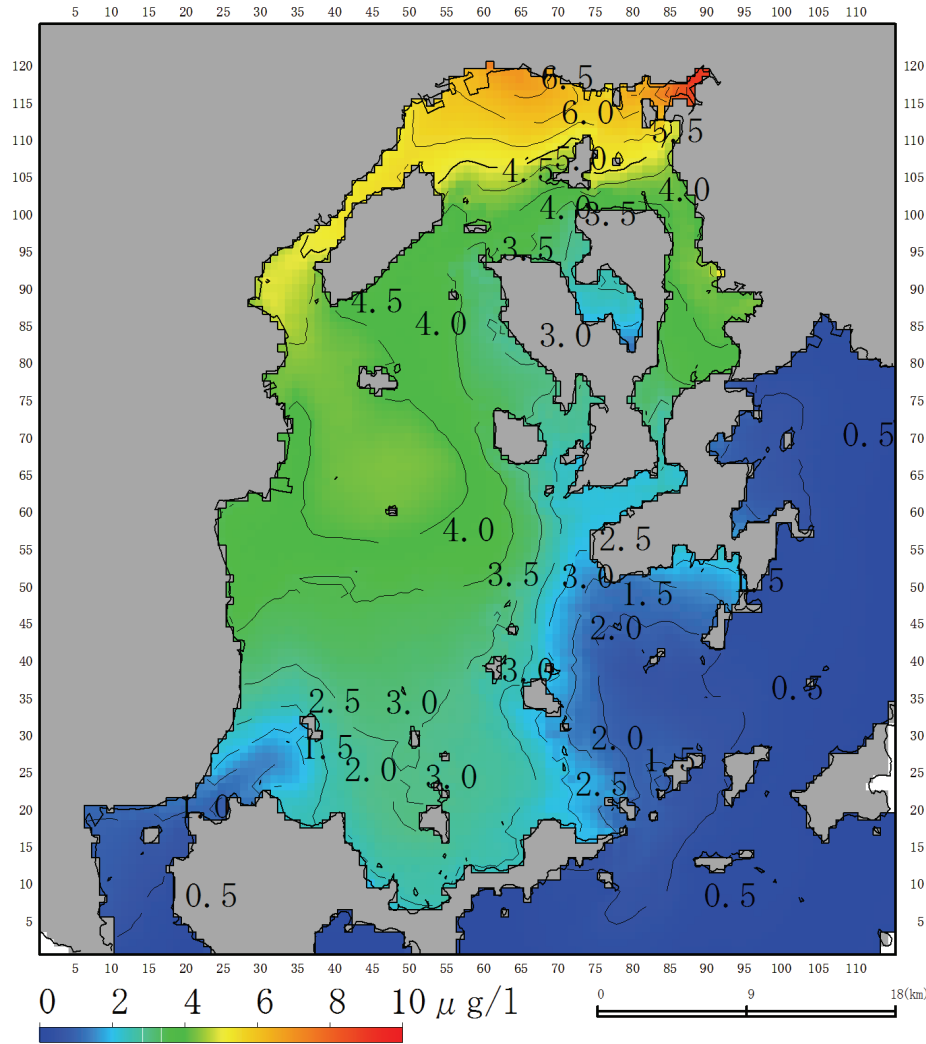
2000年
データ



藻場造成前後のクロロフィルa分布(5月平均)

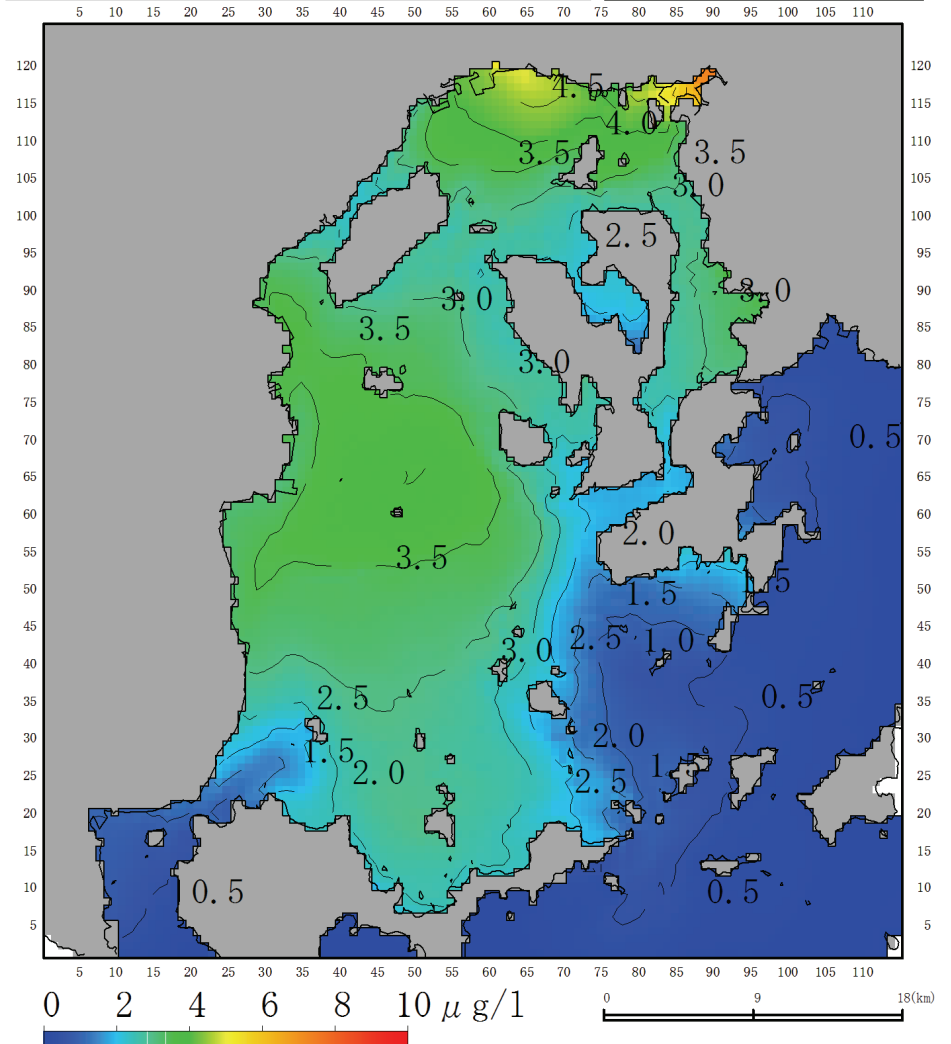
現況

4.5 $\mu\text{g/L}$ 以上の海域



藻場造成後: 現況の約3倍

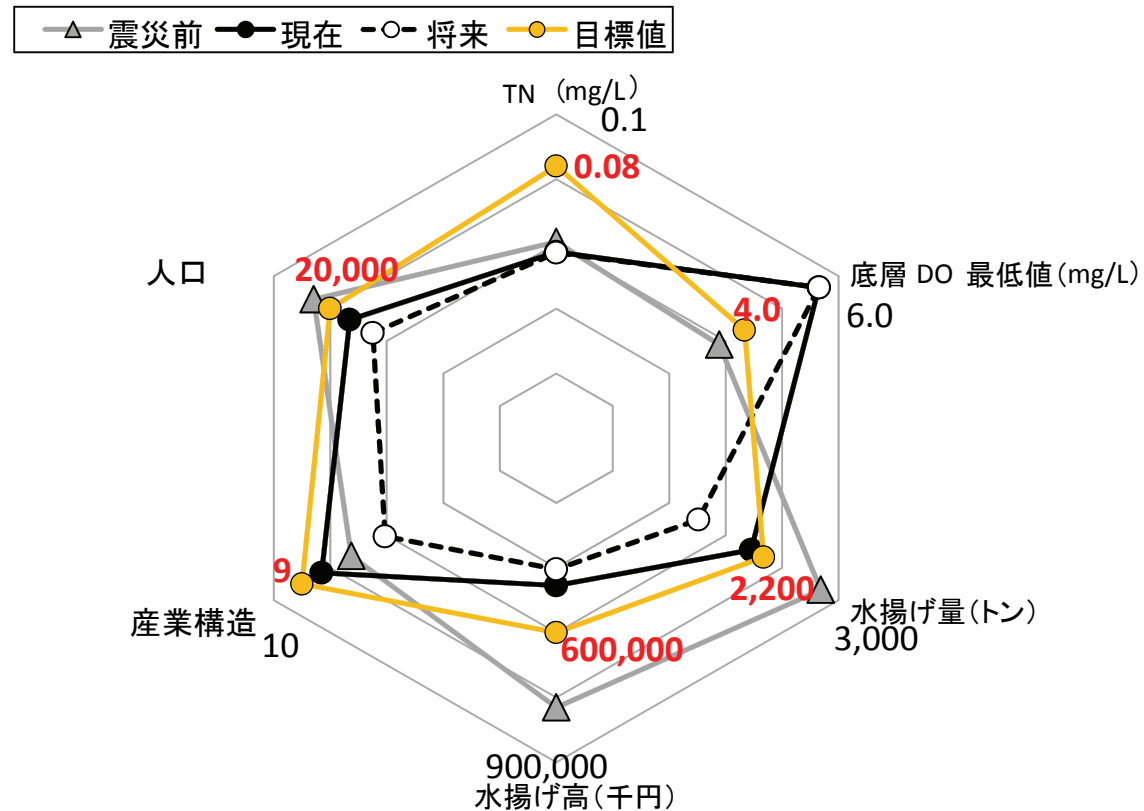
<4.5 $\mu\text{g/L}$



賑わいのある、持続可能な、沿岸域

持続可能性統合指標計算値の時間変化(志津川湾)

持続可能性目標値
を図示
過去→現在→未来の
指標変化



統合: テーマ2 + テーマ4 (文化・経済要素)

- 注) ① 将来: 南三陸町の将来計画目標年(2020)の流入負荷量を推計。なお、将来の漁業経営体数については現在と同じとした。
 ② 将来のカキ筏台数=現在と同じ(震災前の1/3)と仮定。 将来のワカメ筏台数=現在の2/3と仮定。
 ③ 底層DO最低値 : 湾内の各メッシュの年間最低値を平均した。
 ④ TN : 湾内の各メッシュの表層の値(1年間)を平均した。

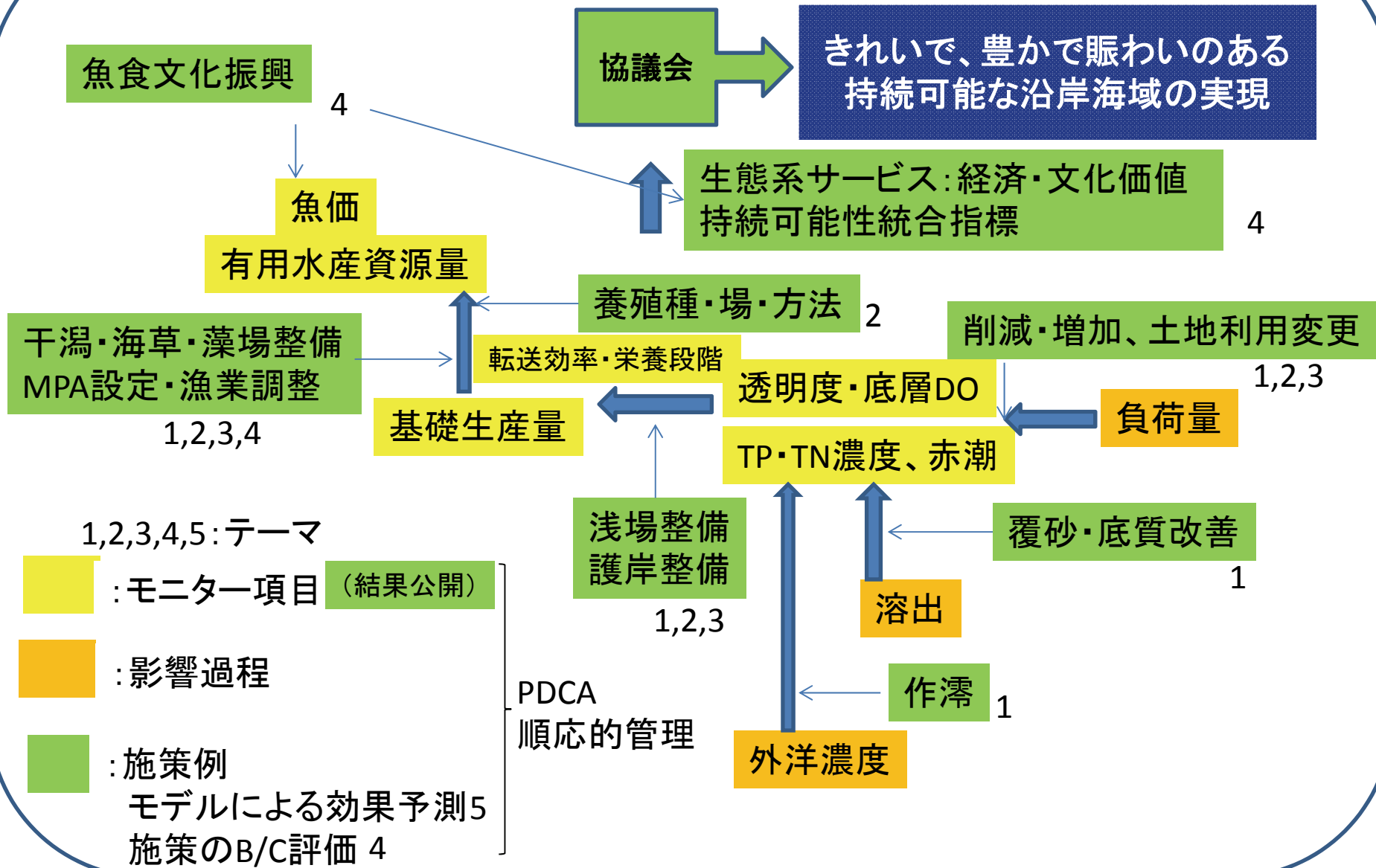
きれいで、豊かで、賑わいのある、 持続可能な、沿岸海域（里海）

“里海”の定量化

- きれいで、豊か：適度な透明度（栄養塩濃度）と
適度な転送効率（貧酸素水塊消滅
干潟・藻場造成）
→ 漁獲物の高い平均TL（栄養段階）・生物多様性
- 賑わいのある：統合化した「持続可能性」指標
（経済→沿岸域人口増減率/漁獲高増減率、
環境→沿岸海域環境基準達成率・干潟藻場残存率、
社会→汚濁削減活動参加率）

沿岸海域管理（自然環境・人間活動）手法

里海創生：志津川湾・瀬戸内海・日本海の共通事項（人と自然）



具体的な政策提言

- テーマ1: 湾・灘管理 → 沿岸・沖合域管理 — アマモ場整備
- テーマ2: 内湾の環境容量 → 最適複合養殖法提案
- テーマ3: 国際共同管理・冬季の地下水蓄養
日本海水温・栄養塩濃度将来予測
静的・動的MPA提案
- テーマ4: 沿岸海域の生態系サービスの経済評価法
多段階管理法・里海物語と魚食振興
MPA管理モデルの提示
- テーマ5: 統合数値モデルの活用

開発した管理ツール

自然科学

テーマ1: 栄養塩管理に果たす海草場の役割

テーマ2: 最適養殖法が漁民収入と環境保全に果たす役割

テーマ3: 地球温暖化と東シナ海環境変動に対応した
地先海域(富山湾)の最適適応策
静的・動的MPA

テーマ4: 持続可能性判定を目指す動的評価(三段階: 経済・環境・社会、
多様・脆弱・回復力、社会的合意・達成度)法

テーマ5: 環境政策決定に有用な沿岸海域統合数値モデル

社会科学

多段階管理法

地先の里海

里海ネットワーク: 多層利用調整

地域・流域管理

国家管理

三階層管理法

地先海域管理

対馬暖流内側域管理

国際監視・管理

統合 (Integrated)

テーマ1: 内湾の 沿岸域 + 沖合域

テーマ2: 無給餌養殖 + 給餌養殖

テーマ3: 日本海全域 + 対馬暖流内側域 + 地先海域 (富山湾)
山・里・川・地下水・海

テーマ4: 統合 (包括) 富指標 = (人的資本 (労働力)・人工資本 (工場・機械)
・自然資本 (石油 etc.)) × それぞれの価値

テーマ5: 統合モデル (沿岸海域 + 陸域 + 外洋域 + 大気 + 海底、
自然科学 + 社会科学)

総合 (Synthesized) 管理: 陸域・海域の事象をそれぞれ総合的に管理する。

統合 (Integrated) 管理: 陸域・海域の事象を同時に関連させて管理する。

「国民との科学・技術対話」

- 環境省「環境研究総合推進費」S-13「持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発」平成26年度公開成果発表会（平成26年11月21日、三宮研修センター、参加者約80名）
- 環境省「環境研究総合推進費」S-13「持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発」平成27年度公開成果発表会（平成27年11月5日、WTCコンファレンスセンター、参加者約110名）
- 環境省「環境研究総合推進費」S-13「持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発」平成28年度公開成果発表会（平成28年11月30日、大手町ファーストスクエアカンファレンス、参加者約110名）
- 環境省「環境研究総合推進費」S-13「持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発」平成29年度公開成果発表会（平成30年11月29日、AP虎ノ門新橋、参加者約80名）
- 環境省「環境研究総合推進費」S-13「持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発」平成30年度公開成果発表会（平成30年11月29日、WTCコンファレンスセンター、参加者約110名）