平成24年度環境研究総合推進費「環境汚染」(第２研究分科会)
革新型研究開発領域

[課題番号：RFb-1102]

播磨灘の栄養塩異変の解明と栄養塩流入負荷の変動要因の研究

Study on Recent Decrease of Nutrients in Harima-Nada Sea and Factor Causing Variation of Nutrient Flux from Rivers

研究代表者：石塚 正秀
所属：香川大学

研究実施期間：2011年4月～2013年3月（2年間）
累積予算額：13,794千円

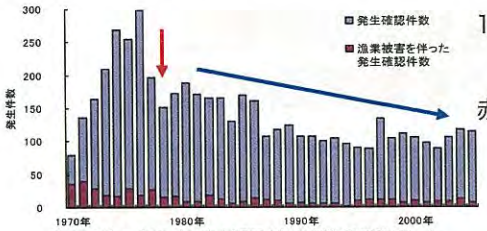
最終報告会（砂防会館）
2013.3.15

研究体制

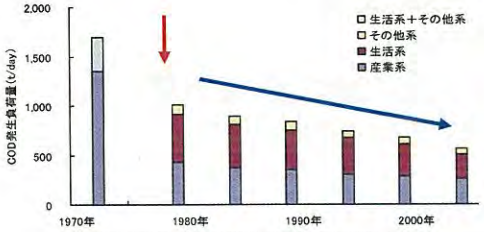
	サブテーマ及び実施機関	平成23年度計画	平成24年度計画
（1）	陸圏負荷量変動の総括と沿岸環境との関連解明 香川大学：石塚正秀	播磨灘を囲む香川県東讃域および兵庫県の河川において窒素、リン、ケイ素を含めた水質調査・分析を定期的に行う。本研究では、溶存態の栄養塩に着目しており、下水処理水における排水量のヒアリングと採水を行い、水質分析を行う。さらに、流出解析用入力データの収集および補正計算を行い、分布型水文流出モデルによる河川流出解析（予備計算）を行う。そして、播磨灘のデータ解析を行い、出水直後や季節的な変化の特徴を把握する。	平成23 年度に引き続いて、播磨灘を囲む香川県東讃域および兵庫県の河川において窒素、リン、ケイ素を含めた水質観測を定期的に行い、水質分析を行う。そして、栄養塩の形態別特徴を明らかにする。また、分布型水文流出モデルによる河川流量の推定を行う。とくに、洪水時の負荷量の時間変化を調べ、播磨灘海域の栄養塩空間分布との関係を明らかにする。また、負荷量解析用基礎データを用いて、河川水質シミュレーションを行う。さらに、河川流出モデルと河川水質モデルにより、陸圏負荷の変動特性と沿岸環境との関係を明らかにする。
（2）	陸域からの栄養塩負荷量変動 神戸山手学園：和田有朗	負荷量解析用の社会基盤データ等の収集を行う。そして、これらをGIS ソフト（ArcGIS）を用いて可視化を行う。そして、得られた社会基盤データを用いて、原単位法を用いた負荷量解析を行う。また、市・県や国が過去に実施した既存の河川水質データを収集し、水質の長期変化を把握する。	平成23 年度計画での結果および平成24 年度の各河川、各月ごとの水質データや流量データをもとに、主成分分析を行う。また、収集した社会基盤データを使用して、原単位法による負荷量の解析を行う。そして、下水道整備などの流域環境変化の特徴を調べ、陸域から発生する負荷量とその変動特性を解析する。

研究の背景1

瀬戸内海は，古来より豊かな生態系を持つことで知られ，水質がよく,生物生産の高い好漁場であり，養殖漁場としても重要な海域であった.



（瀬戸内海の赤潮（水産庁瀬戸内海漁業調整事務所））



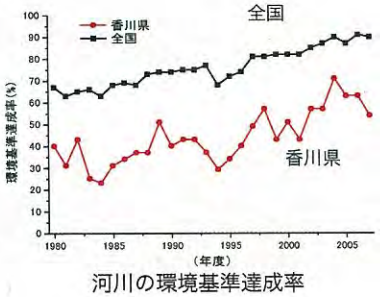
（発生負荷量等算定調査報告書（環境省））

1970年代前半：
陸域からの河川流入負荷の増加
↓
赤潮の発生件数・漁業被害件数の増加

対策
- 瀬戸内海環境保全臨時措置法（1973年）
- 水質総量規制（1978年～）

陸からのCOD等発生負荷量の減少
→瀬戸内海の赤潮発生件数も減少
→河川水質の改善

研究の背景2



河川の環境基準達成率

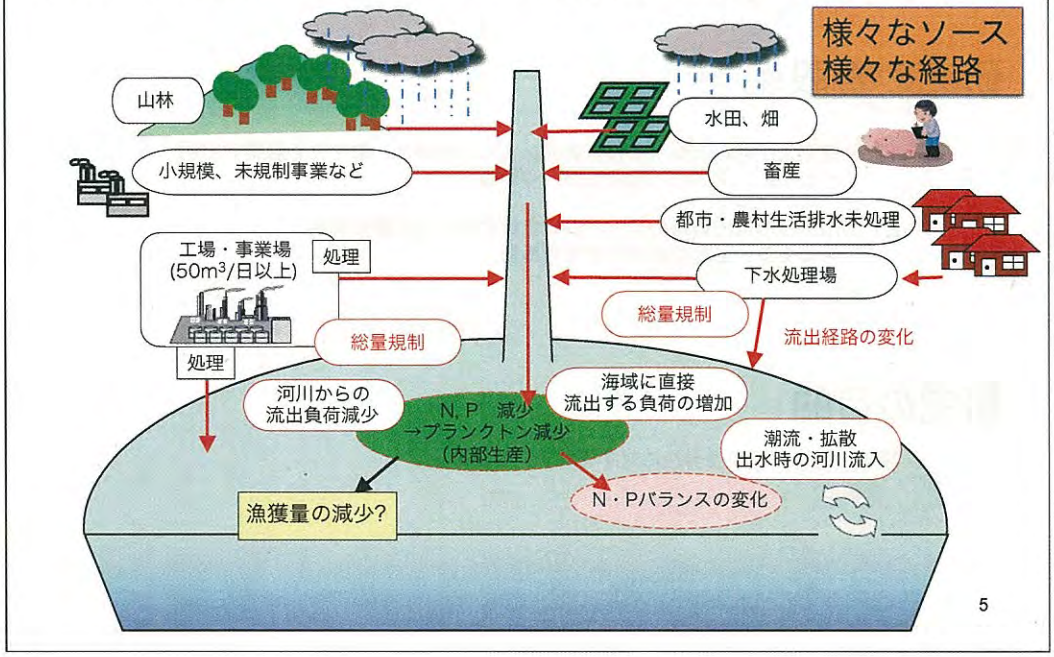
海域で現在起きていること：
燧灘　　：アサリが育たない
備讃瀬戸東部：垂下式アサリが育たない
香川(志度湾)：養殖カキの斃死
播磨灘　　：海苔の色落ち

海域における栄養塩濃度の減少
→「栄養塩異変」
→原因が明らかでない。

想定される要因：
1) 陸域負荷
2) 底質
3) 外洋

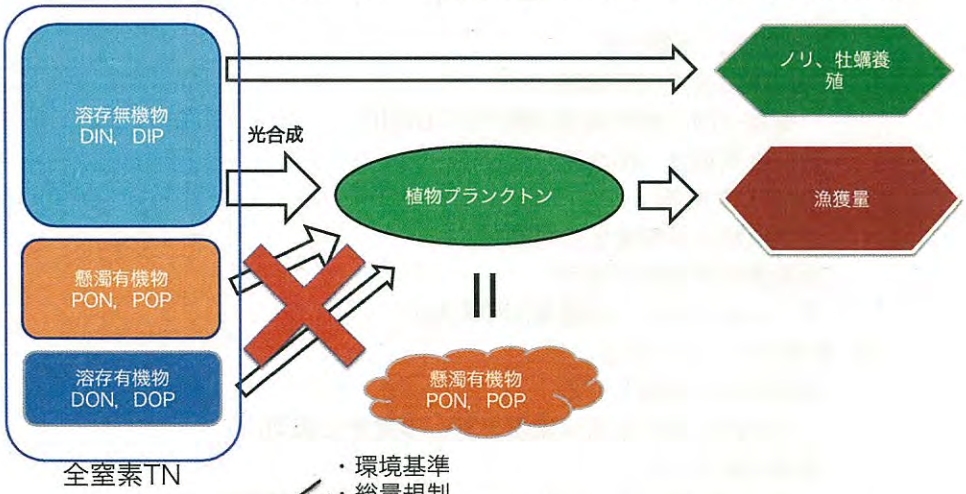
→原因が明らかでない。

RFb-1102　陸域からの汚濁物・栄養物の流出量の変化



5

生態系における栄養塩の形態変化



6

研究の着眼点

1）社会変化が河川水質（栄養塩負荷、とくに溶存態）に与える影響の解明
　→とくに、下水道（総量規制）の影響

2）河川からの流出負荷の変化が海域水質に与える影響の解明
　→とくに、出水時の非定常性の影響

研究の目的

現況の総量規制の妥当性に対する科学的根拠の提示

7

手法

1）現地調査、水質分析：
- 河川水質調査（平水時）
  毎月一回、播磨灘流域圏内計10河川
- 河川水質調査（出水時）

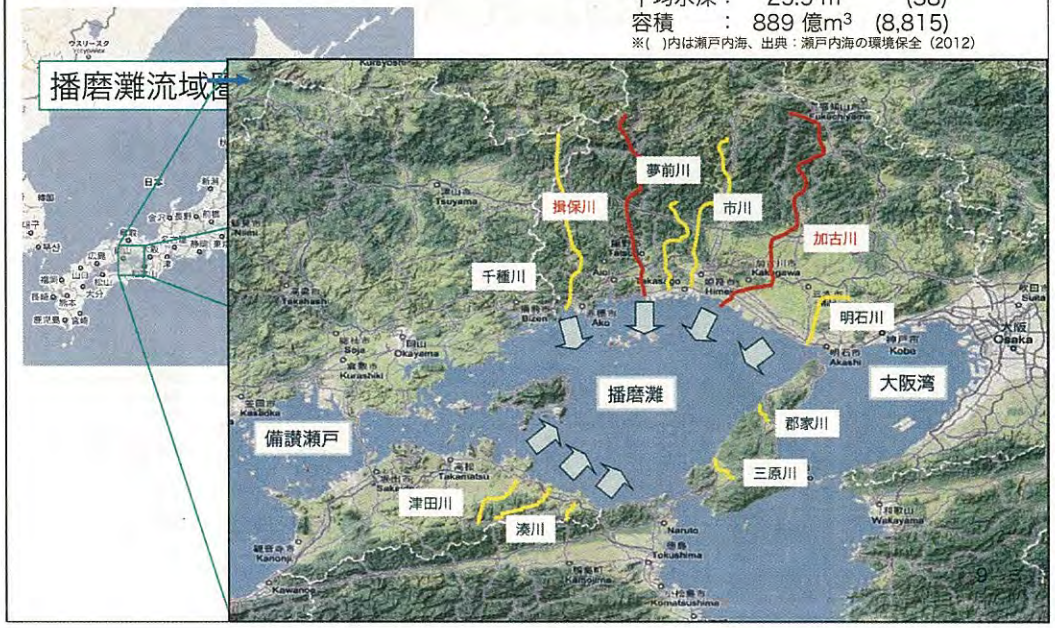
2）GISデータ解析
- 基礎情報の長期変化の可視化
- 負荷量空間分布の推定
- ケーススタディ（総量規制の影響1）

3）数値シミュレーション：
- 分布型水文流出モデル
  出水時における河川流量の割合の推定(2級河川)
- 海域流動モデル：
  排水の拡散シミュレーション（総量規制の影響2）

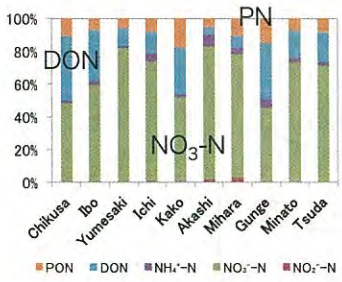
8

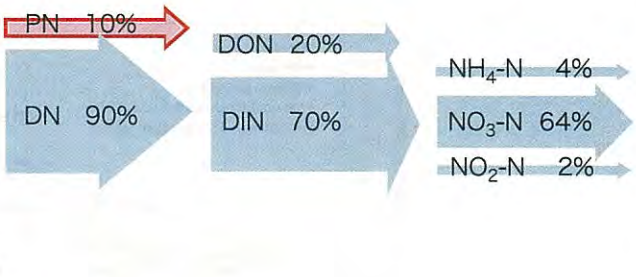
播磨灘流域圏の概要

面積　　：3426 km² (23,203)
平均水深：　25.9 m　　(38)
容積　　：　889 億m³ (8,815)
※(　)内は瀬戸内海、出典：瀬戸内海の環境保全（2012）

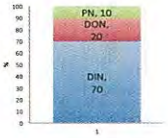


播磨灘流域圏の河川における窒素の形態別特徴 (2011年12月～2012年12月)





淀川下流



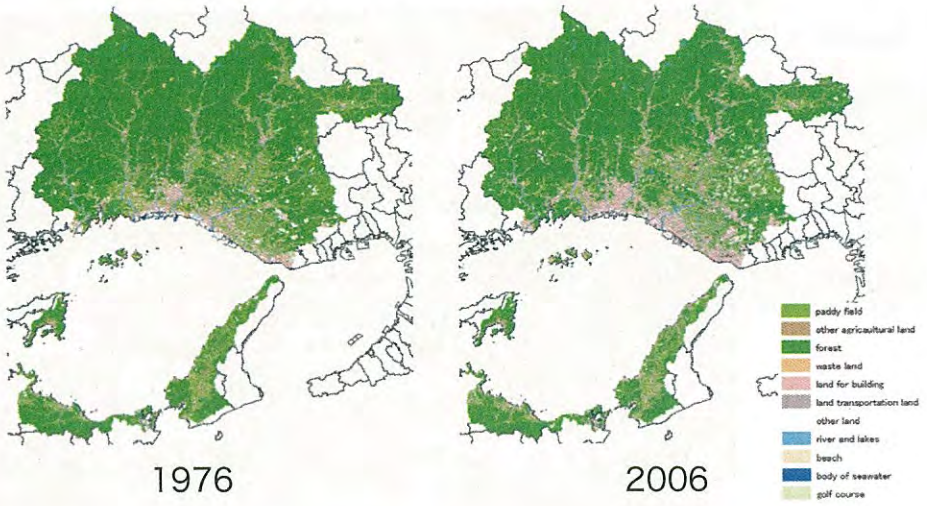
中口ら(2005)

香川県15河川

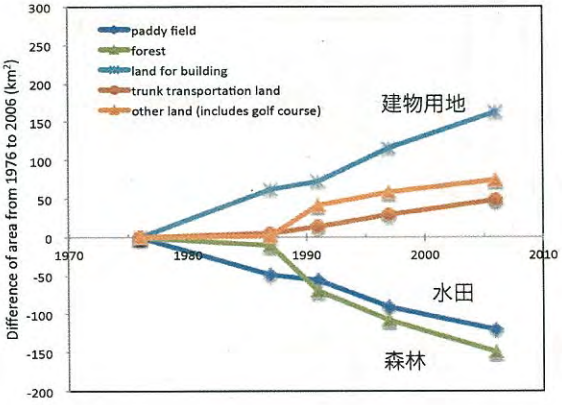
全窒素に対する割合：
PN　　6± 9%
DON 17± 5%
DIN　67±13%

石塚ら(2013)

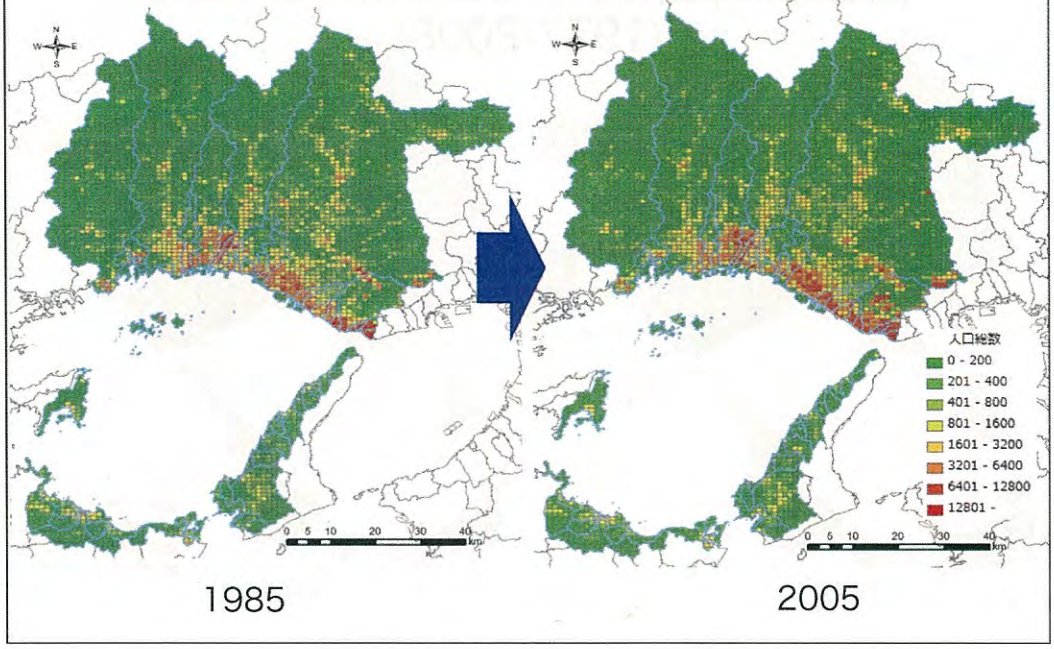
播磨灘流域圏における土地利用変化
(1976-2006)



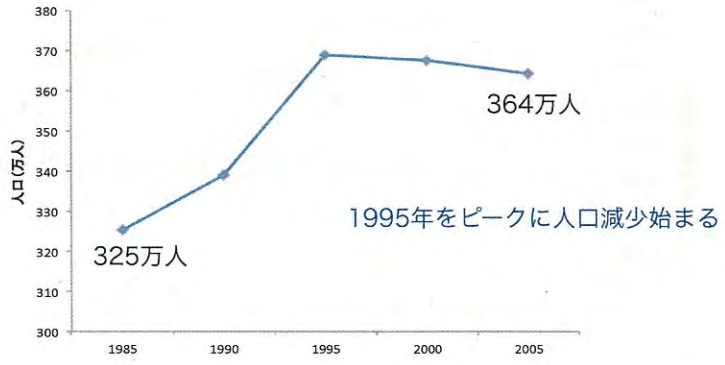
播磨灘流域圏における土地利用変化
(1976-2006)



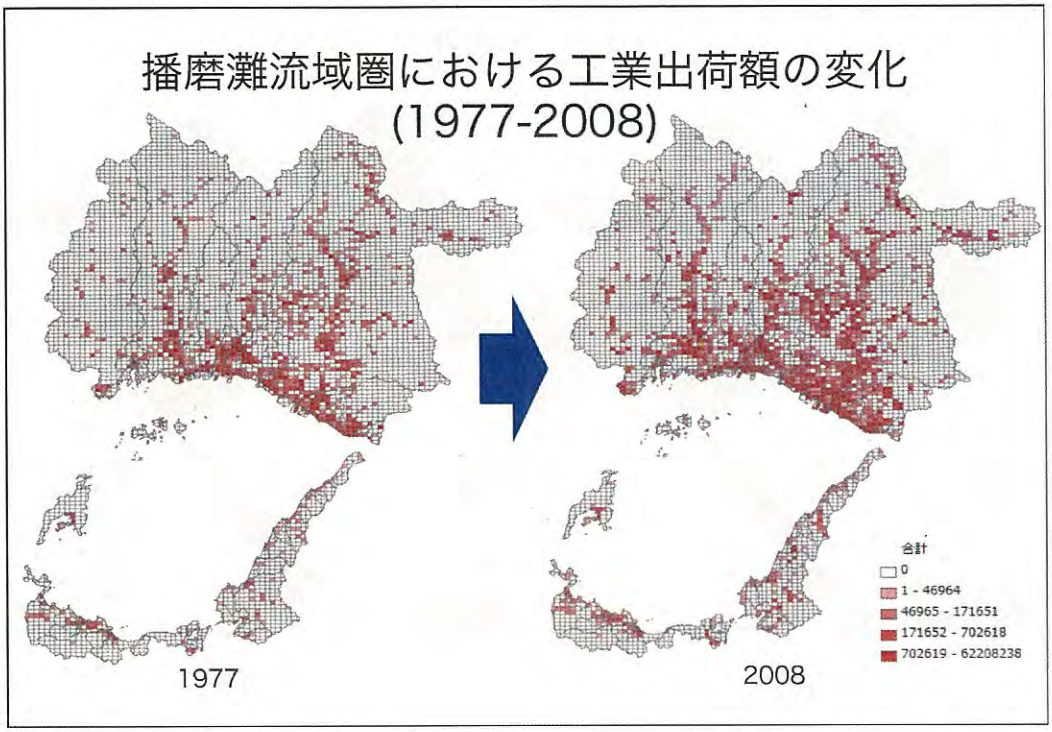
人口の変化



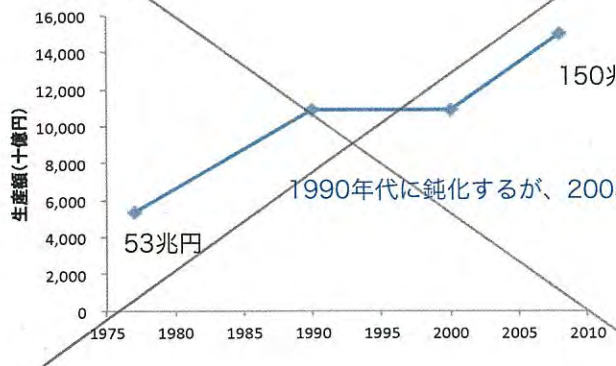
播磨灘流域圏における人口変化(1985-2005)



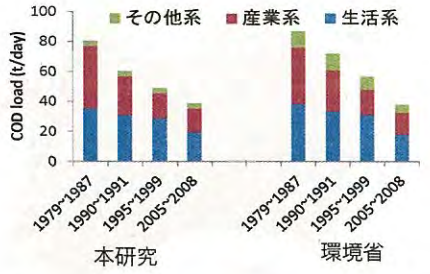
播磨灘流域圏における工業出荷額の変化 (1977-2008)



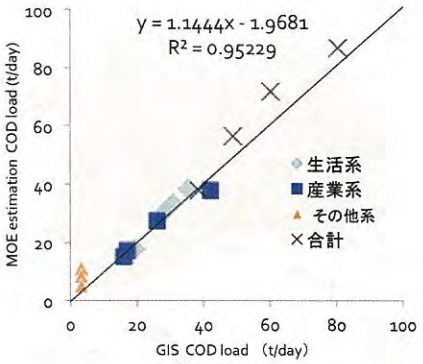
播磨灘流域圏における工業製品出荷額 (1977-2008)

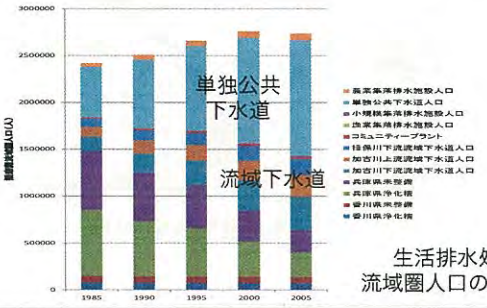


発生負荷量の算定結果(COD負荷量)



本研究　　環境省

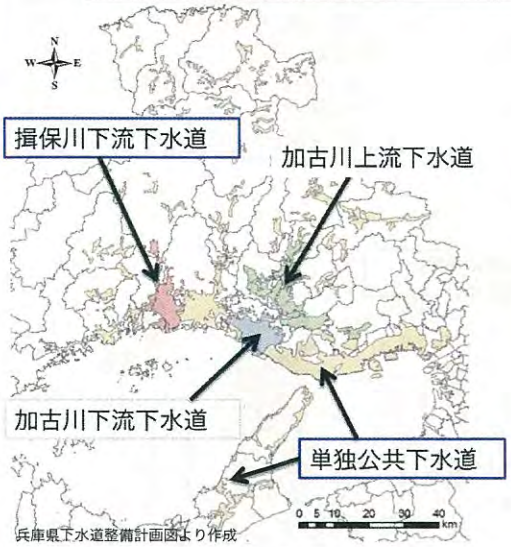




生活排水処理別
流域圏人口の長期変化

ケーススタディ1：下水道に対する水質総量規制の検討

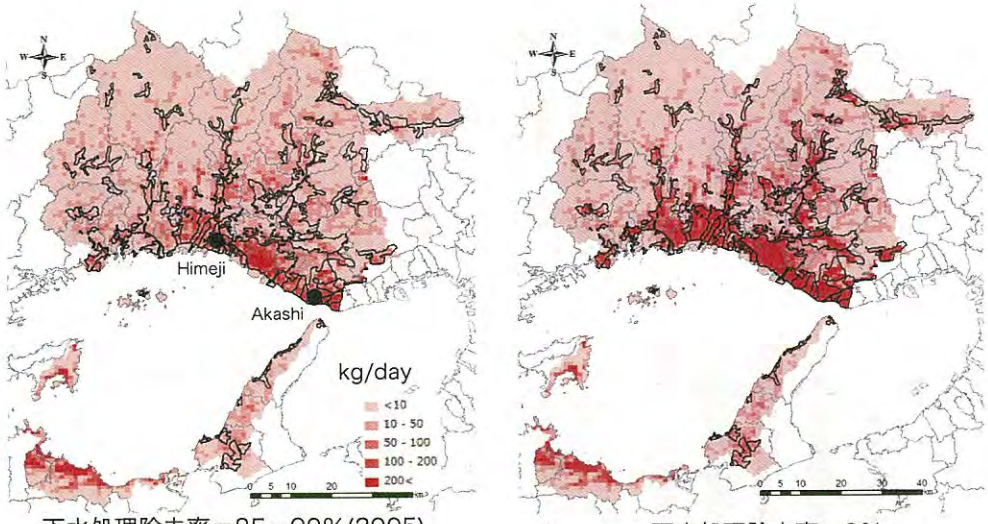
条件：2005年における生活系COD・TN・TP負荷量に対して，下水道の除去率を変化させ，水質総量規制を緩めた場合の負荷量を算定する



各下水道（加古川下流流域下水道，加古川上流流域下水道，揖保川下流流域下水道，単独公共下水道）に対して以下の条件を設定

CODの除去率　0～80%（6種類）
TNの除去率　0～60%（5種類）
TPの除去率　0～80%（6種類）

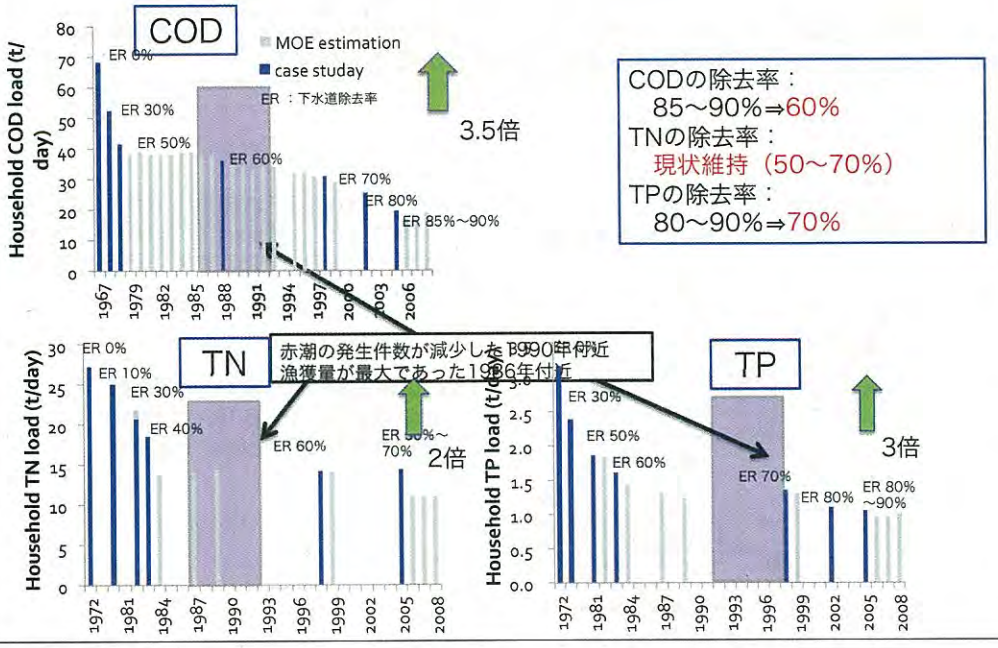
ケーススタディ結果：生活系COD発生負荷量の空間分布



下水処理除去率＝85～90%(2005)

下水処理除去率＝0%

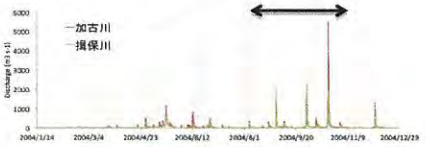
ケーススタディ結果：播磨灘流域圏における生活系発生負荷量

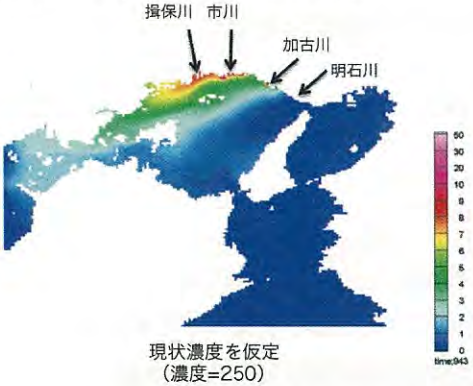


CODの除去率：
85～90%⇒60%
TNの除去率：
現状維持（50～70%）
TPの除去率：
80～90%⇒70%

ケーススタディ結果2：河川濃度変化を想定した播磨灘における拡散シミュレーション

計算期間：2002年1月1日～2004年12月31日
表示期間：2004年8月1日～10月30日
流入地点：加古川、揖保川、市川、明石川





現状濃度を仮定
（濃度=250）

濃度半減を想定
（濃度=125）

負荷量を半減させるた非定常条件下においては、
河川水の拡散範囲は大きく（約1/3以下に）減少する。

21

瀬戸内海における今後の目指すべき将来像と 環境保全・再生の在り方の概要(最終報告案)

環境省　中央環境審議会　瀬戸内海部会　企画専門委員会（2012年9月20日）

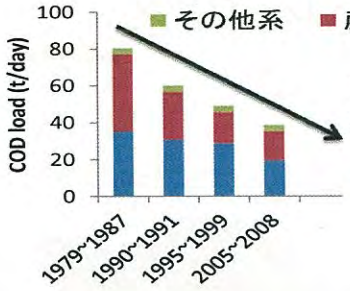
第1章 現状と課題
〔水質〕 一定の改善 → 赤潮や貧栄養など海域ごと季節ごとに抱える課題

第2章 今後の目指すべき将来像
湾・灘等の規模で海域の状況や特性に応じた『豊かな海』

第3章 環境保全・再生の基本的考え方
1.湾・灘ごと、季節ごとの状況に応じたきめ細やかな水質管理
2.土砂供給にも着目
5.共通的事項
・森・里・川・海のつながりを考慮した地域における里海づくり
・科学的データの蓄積及び順応的管理のプロセスの導入

第4章 今後の環境保全・再生施策の展開
1.⇒栄養塩と生物多様性・生物生産性との関係に係る知見の集積・目標の設定、
栄養塩濃度レベルの管理 他
2.⇒新たな環境基準項目への対応

まとめ



1) 下水道整備など生活排水処理施設の普及 ＋
2) 総量規制による排水の水質除濁

⇨発生負荷量の減少

今後予想される社会状況の変化：
- 人口減少
- 生産額の減少
- 下水道除去率の向上（N、P）
- 生活排水処理施設の普及率向上
- 水田面積の減少(農家の高齢化など)

⇨自然に発生負荷量は減っていく。

1) 播磨灘における総量規制と海域環境との関係の解明
2) 溶存態に着目した環境基準の考え方の整理

23