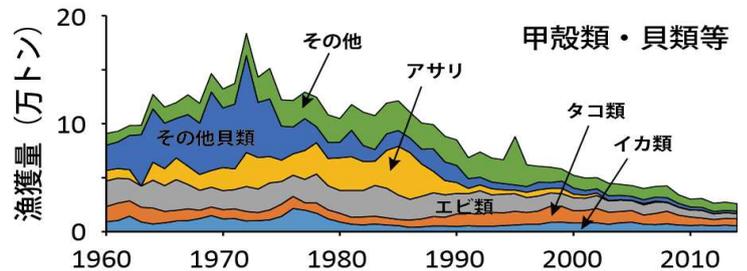
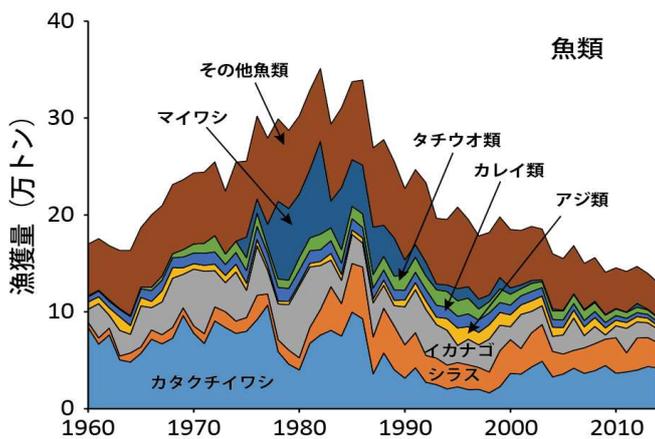


栄養塩等と水産資源の関係に係る 調査・研究状況について

水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所
阿保 勝之

瀬戸内海の漁業生産量の推移

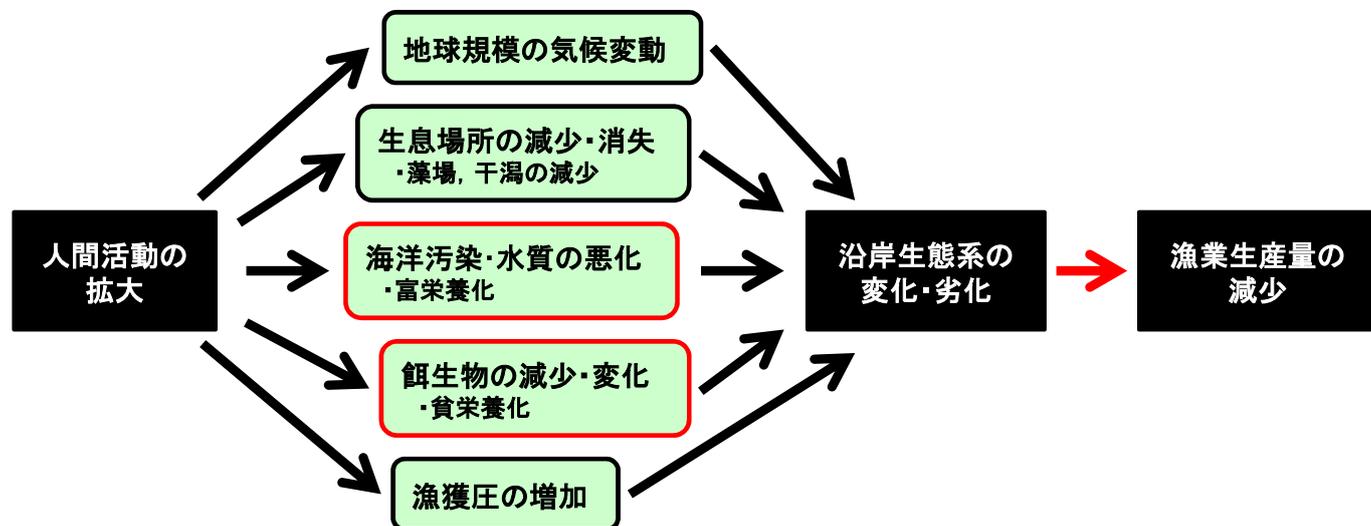


瀬戸内海における漁獲量の推移

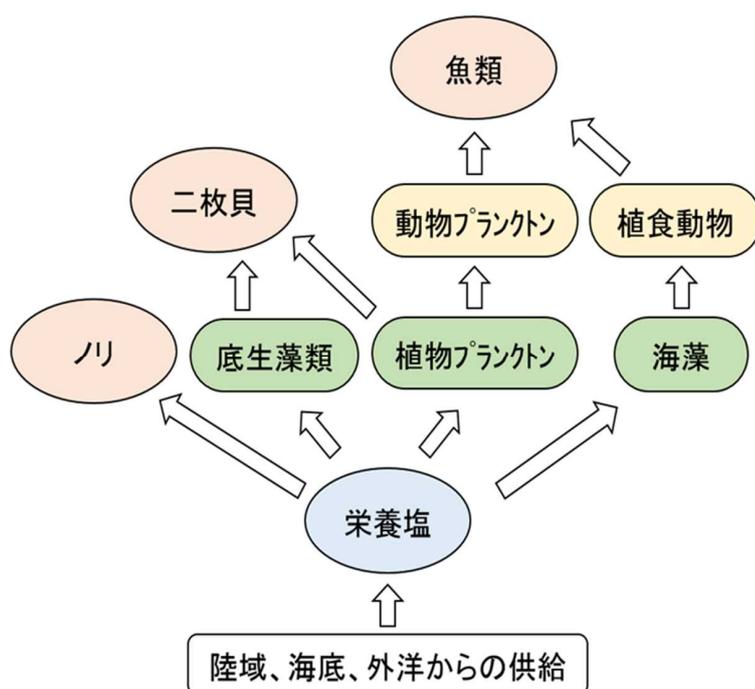
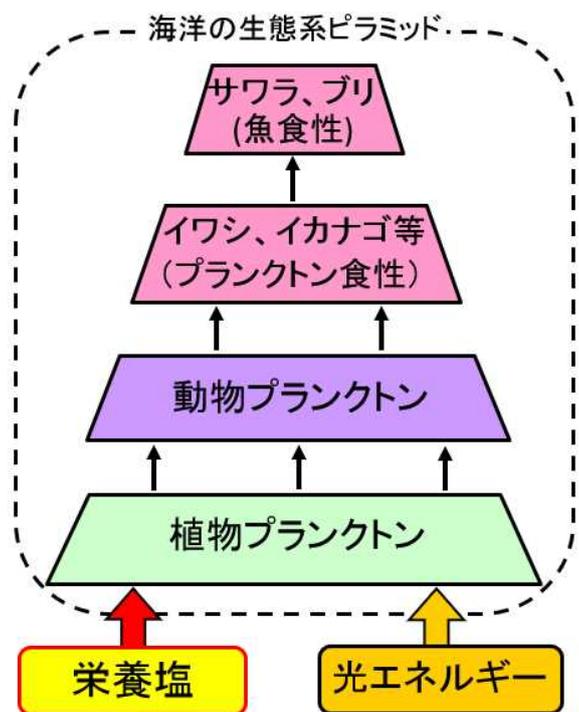
中国四国農政局統計情報部「灘別漁獲統計」および農林水産省漁業・養殖生産量統計年報「大海区都道府県振興局別統計」をもとに作成

海の生産に影響を及ぼす要因

◆ 海(特に沿岸・内湾域)に生息する魚介類などの動物の生産(漁業生産)に影響を及ぼす要因として、①地球規模の気候変動、②浅場域などの生息場所の減少・消失、③餌生物の減少・変化、④漁獲圧の増加、などが挙げられる。



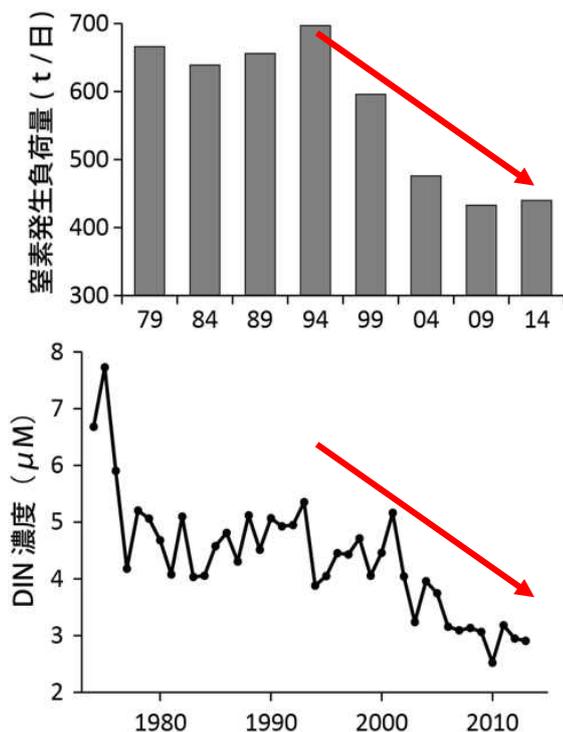
栄養塩と水産資源との関係



近年の瀬戸内海における水産資源の低迷はボトムアップ効果(餌が上位生物を調節)?

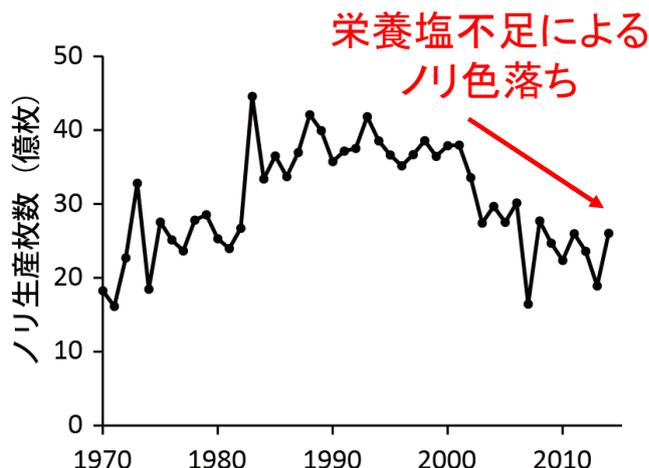
栄養塩と水産資源の関係を解明するには、栄養塩と餌生物との関係解明および餌生物と水産資源との関係解明が必要

瀬戸内海の栄養塩環境とノリ生産量



瀬戸内海表層の年平均栄養塩濃度と発生負荷量

(環境省資料、瀬戸内海ブロック浅海定線観測データより作成)



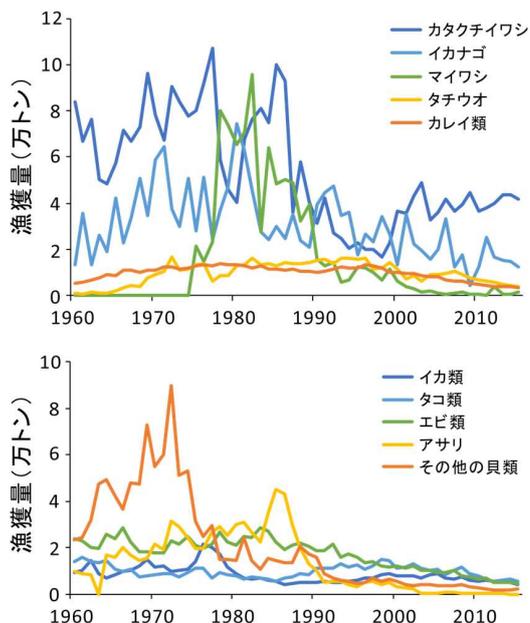
瀬戸内海におけるノリ生産量

農林水産省漁業・養殖生産量統計年報「大海区都道府県振興局別統計」をもとに作成

海域の栄養塩を直接利用するノリへの影響は明らか



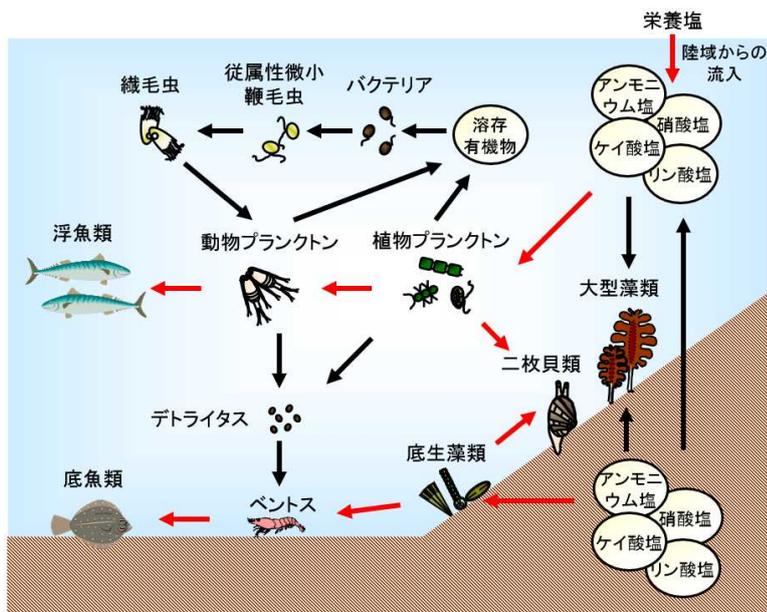
栄養塩環境と漁業生産



瀬戸内海における魚種別漁獲量の推移

中国四国農政局統計情報部「灘別漁獲統計」および農林水産省漁業・養殖生産量統計年報「大海区都道府県振興局別統計」をもとに作成

漁獲量は種によって変動が様々



水産生物の殆どは栄養塩を直接利用するのではなく、種によって栄養塩との関係が異なる

栄養塩と水産資源の関係解明には、栄養塩と餌生物および餌生物と水産資源との関係解明が必要



水産基本計画(平成29年4月)

第2 水産に関し総合的かつ計画的に講ずべき施策

I-2 国内の資源管理の高度化と国際的な資源管理の推進

(7) 漁場環境の保全と生態系の維持

ウ 有害生物や赤潮等による漁業被害防止対策の推進

赤潮等への対策と並行して、栄養塩と漁場生産力の関係を科学的に調査し、海域の漁業・養殖業の現状を踏まえた適切な栄養塩(水質)の管理に関する検討等を含め、漁場の生産力(特に二枚貝・小型魚類・ノリ等)を回復・維持していくことについて必要な調査を推進する



平成30年度漁場改善推進事業のうち 「栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査」

栄養塩影響調査共同研究機関(代表機関:水産研究・教育機構)

1) 栄養塩等の水質環境が沿岸海域の漁業生産に及ぼす影響の解明	
ア. 栄養塩等の水質環境が二枚貝等の餌となる底生性の微細藻類に及ぼす影響の解明	
イ. 栄養塩等の水質環境が二枚貝生産に及ぼす影響の解明	
	① 播磨灘北西部における陸域からの栄養塩供給が二枚貝養殖漁場の生産力に及ぼす影響の解明
	② 紀伊水道の栄養塩環境が二枚貝生産に及ぼす影響解明
	③ 瀬戸内海の栄養塩環境が二枚貝生産に及ぼす影響の評価
ウ. 栄養塩等の水質環境が藻場生産に及ぼす影響解明	
エ. 栄養塩等の水質環境がノリ及び珪藻類に及ぼす影響の解明	
2) 栄養塩等の水質環境が小型浮魚生産量に及ぼす影響の解明	
ア. 栄養塩等の水質環境が小型浮魚の餌料環境に及ぼす影響解明	
イ. 水質環境や餌料環境と小型浮魚生産量との因果関係の評価	
3) 栄養塩管理方針の検討	



1. 栄養塩が底生性の微細藻類に及ぼす影響解明(1)

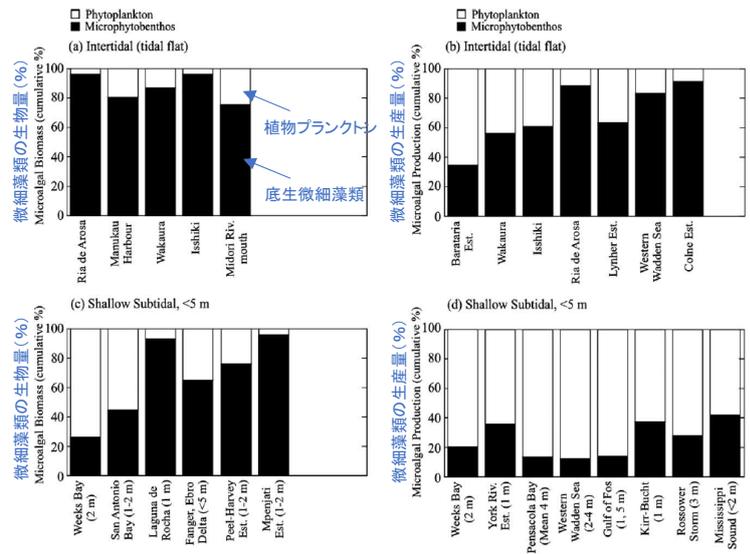
【背景】潮間帯・潮下帯における一次生産者

二枚貝の餌料生物として、植物プランクトンに加え、**底生性の微細藻類**が重要であることが指摘されている

- ✓ 潮間帯(干潟域)における底生微細藻類の生物量は、微細藻類全体の約8割に相当
- ✓ 潮下帯における底生微細藻類の生物量は植物プランクトンに匹敵 (山口 2011)



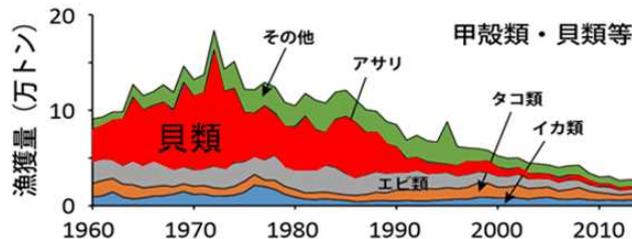
水産庁HPより



山口一岩(2011) 8

1. 栄養塩が底生性の微細藻類に及ぼす影響解明(2)

しかし、底生性の微細藻類については、出現種やその現存量に関する基礎的な情報すら不足しており、栄養塩等の環境変化に対する応答は明らかではない



海域の栄養塩濃度	減少	横ばい	減少
生産量(植物プランクトン)	減少	横ばい?	
生産量(底生性の微細藻類)	減少	?	横ばい?

- そこで、
1. 底生性の微細藻類の出現種や現存量の現状把握、餌料としての重要性の解明を行う
 2. 栄養塩等の水質環境が底生性の微細藻類の動態に及ぼす影響を解明する

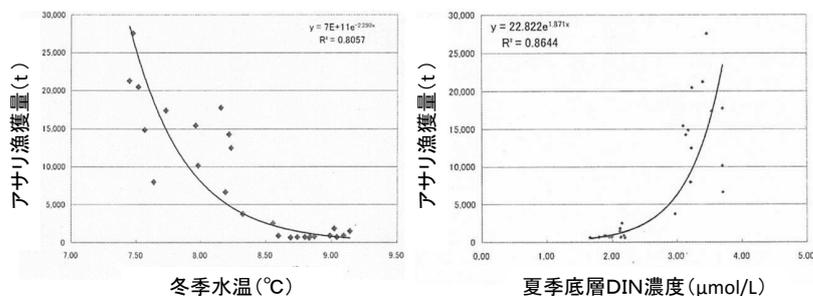
2. 栄養塩が二枚貝生産に及ぼす影響解明(1)

これまで、瀬戸内海最大のアサリ・ハマグリ漁場であった周防灘で解析を行った結果、アサリ・ハマグリの生産量の減少は水温上昇、栄養塩の低下との関係が示唆されている

浜口ら(2009):周防灘におけるアサリ・ハマグリの資源と海洋環境の関係. 水産海洋研究,73,325-328.

浜口(2011):一次生産の変化と有用種の関係(二枚貝). 水産総合研究センター報告,34,33-47.

浜口(2013):瀬戸内海の魚介類漁業の現状と課題. 海洋と生物,205,125-131.



周防灘(大分・福岡)のアサリ漁獲量と水温・栄養塩との関係

仮説検証型のパス解析の結果

仮説	周防灘 (A海域)	周防灘 (B海域)
餌欠乏	○	×
乱獲	×	○
海洋環境変動	○ 水温(夏+, 冬-) 塩分(-) DO(+) 栄養塩動態(N比+)	○ 冬季水温(-) 塩分(-) DO(-)



今回の事業では、その後の最新データを追加するとともに、調査範囲を瀬戸内海全域に拡大する

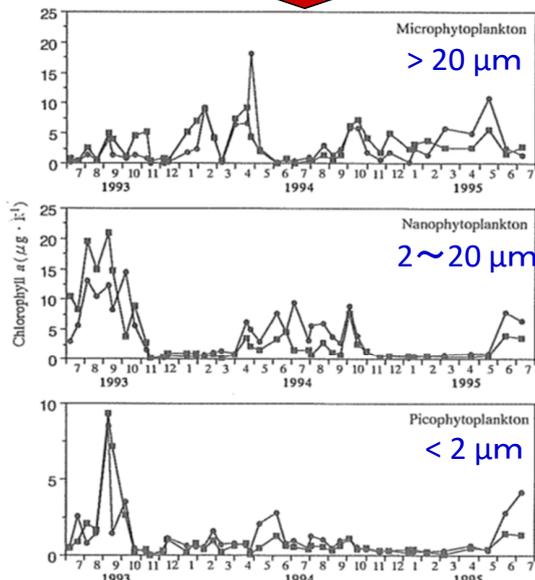


10

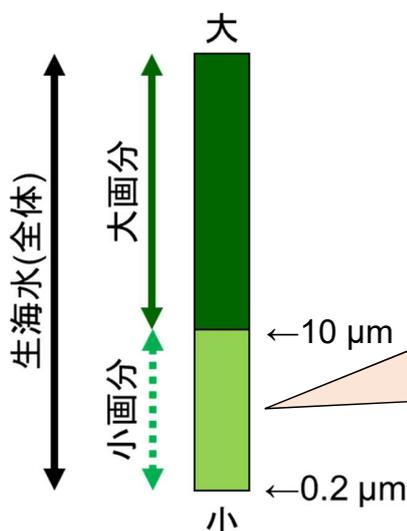
2. 栄養塩が二枚貝生産に及ぼす影響解明(2)

マガキ等浮遊幼生の餌となる小型の植物プランクトンの評価を試みる

採苗不良年



小型の植物プランクトンが餌として重要



この部分の量と質を評価するための基礎的知見を得る
NGS(次世代シーケンサー)の活用

Fig. 4 Seasonal variation of chlorophylla a concentrations for micro-, nano-, and picophytoplankton at stations 12 (●) and 14 (■) in Hiroshima Bay

(李ほか,1996)

植物プランクトンのサイズ画分



11

3. 栄養塩が藻場生産に及ぼす影響解明(1)

藻場生態系の主要な構成者のうち、

1. 一次生産者(アマモ, ホンダワラ類等の大型海藻, 葉上微細藻類),
2. 葉上微小甲殻類等の餌料生物(二次生産者),
3. 藻場に依存性の強い重要魚介類(高次生産者)

の3区分について, 海域における現存量や生産量等に関する**既往知見のレビュー**, **調査による現状評価および過去との比較**, **調査・実験による栄養塩濃度の影響の直接的解明**, を行う。これらの作業を通じて, 瀬戸内海の藻場の生物生産力と機能の現状を評価するとともに, 藻場の生物生産力を適切に維持するために必要な栄養塩濃度等の海域環境について提言を行う。

対象とする生物群 →



3. 栄養塩が藻場生産に及ぼす影響解明(2)

実験 実験による海藻の一次生産における“栄養状態”の評価

海水中の栄養塩濃度では評価が難しい → 藻体内N含量による相対評価



アカモク



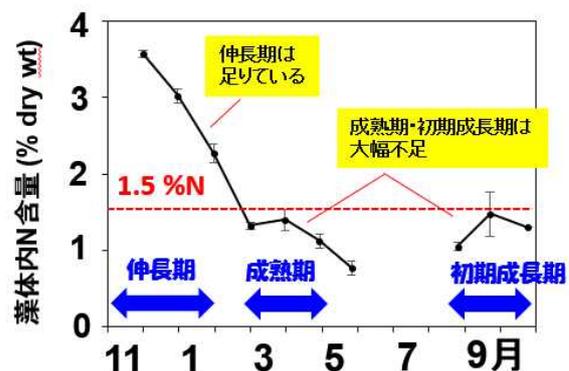
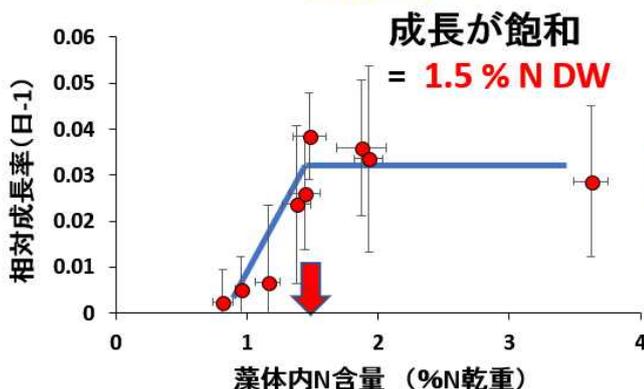
施肥濃度に勾配をつけた実験区



栄養塩制限の良い指標に。ただし、以下の検討要

- ・生活史のステージでの差異
- ・季節間の差異
- ・種間の差異

→ 本事業の課題



↑ 水槽実験で得られたアカモクの藻体内N含量と相対成長率の関係 (実験11月)

↑ 周防大島の天然アカモクの藻体内N含量の季節変化

3. 栄養塩が藻場生産に及ぼす影響解明(3)

貧栄養化 → 藻場の一次生産に影響している可能性

藻場の餌料供給(量・質)機能への影響は？

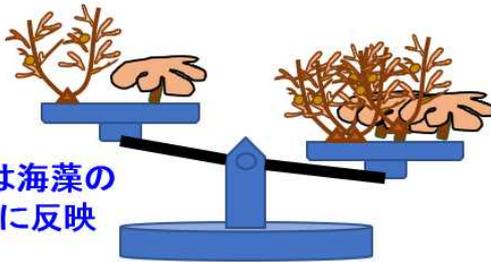
- 1) 磯根生物への直接的な影響
- 2) 餌料生物を通じた高次生産(魚類)への影響



窒素含量 3%

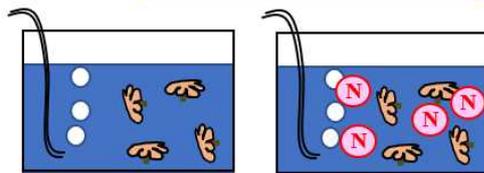
窒素含量 1%

DIN濃度は海藻の窒素含量に反映



餌を3倍食べないとけない？

実験手法の構築



- ・餌料の調整は？
- ・植食動物への影響の指標は？
- ・効率的な手法は？ etc.

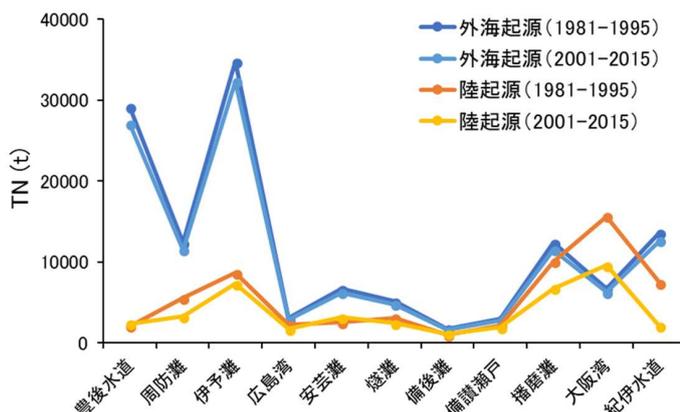
4. 栄養塩がノリおよびケイ藻類に及ぼす影響解明

① 各種珪藻休眠期細胞の分布と水質環境との関係の検討

- ・ 瀬戸内海広域における珪藻休眠期細胞の分布調査・解析 (既に研究例の多いノリ色落ち原因ケイ藻 *C. wailesii* および *E. zodiacus* 以外の珪藻類を対象)

② 既往知見の収集および既往データ解析

- ・ 外海起源窒素・リン量の推定とその長期変動の解明



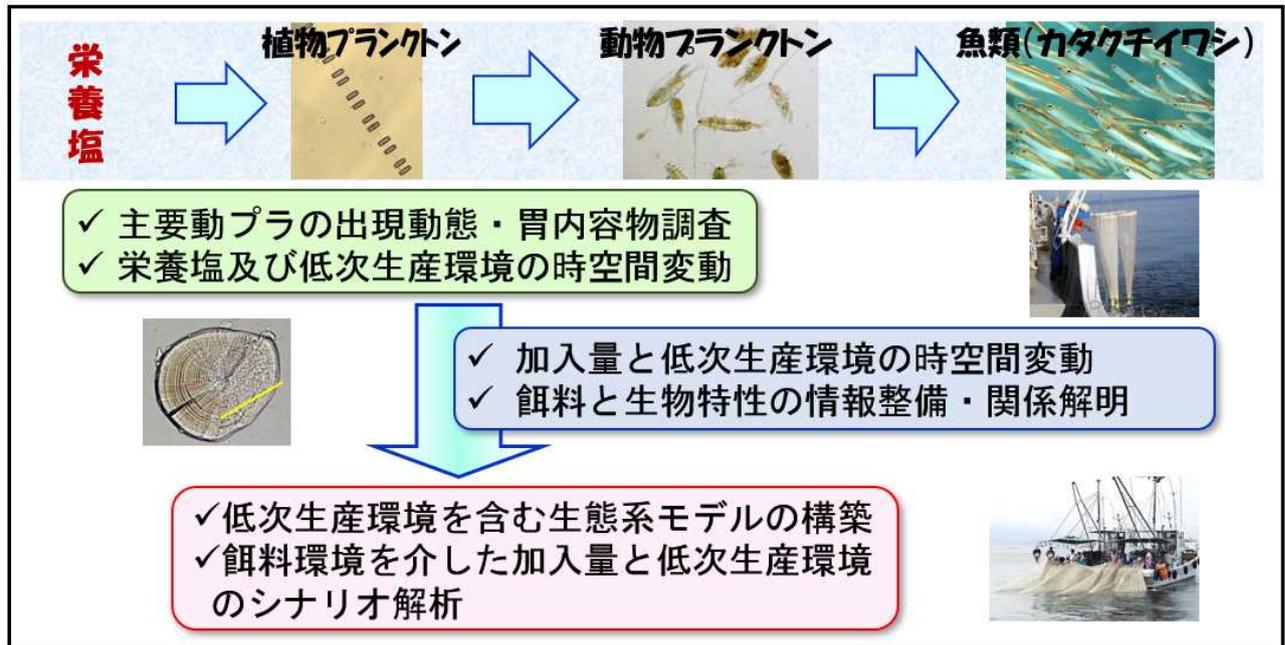
・ 近年の瀬戸内海(特に東部海域)における窒素の減少は陸起源の減少が原因であり、外海起源の経年変化による影響は小さい

・ 瀬戸内海全体では外海起源が約6割を占めるが、容積の大きい豊後水道と伊予灘の影響が大きい

瀬戸内海における外海起源および陸起源窒素の割合 (本事業の解析結果)

5. 栄養塩が小型浮魚生産量に及ぼす影響解明(1)

- ア. 栄養塩等の水質環境が小型浮魚の餌料環境に及ぼす影響解明
- イ. 水質環境や餌料環境と小型浮魚生産量との因果関係の評価



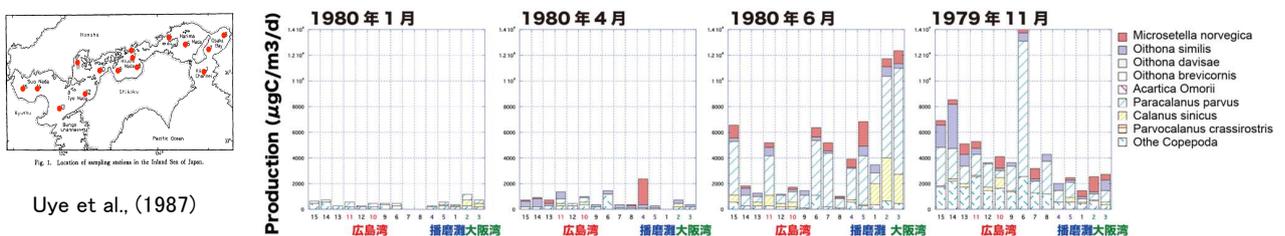
燧灘カタクチイワシ5, 6月発生群の加入低迷(漁獲量減少)と動物プランクトン・低次生産環境との因果関係を明らかにし、魚類生産に及ぼす貧栄養化の影響を考察する

5. 栄養塩が小型浮魚生産量に及ぼす影響解明(2)

- ア. 栄養塩等の水質環境が小型浮魚の餌料環境に及ぼす影響解明

- (a) 餌料生物の採集及び種レベルでの分析
- (b) 小型浮魚の胃内容物調査
- (c) 数値生態系モデルを用いた栄養塩、低次生態系の時空間変動解析

1980年代のメゾ動物プランクトンの群集構造と地理的・季節変動



カタクチイワシ仔魚・成魚の食性



卵は多いがシラスは少ない→卵からシラスの間にクリティカルな時期? →仔魚の餌環境
 ・母性効果? →成魚の餌環境

10mm以下仔魚はノープリウスと卵
 10mm以上仔魚はコペポダイト
 成魚はカイアシ類などの甲殻類

を摂餌 → 胃内容物調査

5. 栄養塩が小型浮魚生産量に及ぼす影響解明(3)

イ. 水質環境や餌料環境と小型浮魚生産量との因果関係の評価

- (a) 野外調査に基づくカタクチイワシ、低次生産環境のモニタリング
- (b) 小型浮魚の加入量と低次生産環境の長期データ解析
- (c) 餌料環境を介した加入量と低次生産環境のシナリオ解析

(a)

- ・産卵量調査
- ・成熟調査
- ・餌生物(カイアシ類)調査
- ・仔魚調査
- ・捕食者(クラゲ)調査
- ・海洋環境調査

➔

- ・動物プランクトン査定
- ・胃内容物調査
- ・成長率推定
- ・モデル検証

(c) ✓ IBM (Individual Based Model) – 個体同士の関係 (個体の移動や個体間の相互作用) に一定の規則を設けて仮想的な生物集団を構築、振舞いをシミュレーション

カタクチイワシ仔魚IBM

- ✓ 遊泳速度、捕食機構、最大摂餌量、成長などを考慮
- ✓ 低次生産モデル(カイアシ類の現存量をクロロフィルa や水温の関数として表現)と組み合わせる

(b)

① 対象候補種の選定: 生物情報が蓄積されている魚種
カタクチイワシ※、マイワシ、コノシロ、イカナゴ※ など
※ 瀬水研による資源評価

② 湾・灘ごとの情報整備
A. 対象種の漁獲量・加入量・産卵量・成長率など
B. 栄養塩類、クロロフィル、動物プランクトン量など

③ ②の情報に基づく長期データ解析
栄養塩と生産量に関する海洋生態学的考察



まとめ

【背景】 栄養塩濃度が水産資源に及ぼす影響について

- ・海域の栄養塩を直接利用するノリ等の藻類養殖への影響は明らか
- ・二枚貝や魚類生産との因果関係については、科学的検証が必要

水産庁事業「栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査」(H30年度～)

- ・二枚貝の餌料生物として重要であるが知見の少ない底生性の微細藻類について、現状把握および栄養塩の影響解明を行う。
- ・周防灘におけるアサリ生産量の減少は水温上昇と、栄養塩低下との関係が示唆されている。最新データを追加し、調査範囲を瀬戸内海全域に拡大して解析する。
- ・藻場生態系に関する既往知見レビュー、現状評価、調査・実験により、藻場の生物生産力の維持に必要な栄養塩濃度等の海域環境について提言を目指す。
- ・燧灘のカタクチイワシを研究対象として、漁獲量減少と動物プランクトン・低次生産環境との因果関係を明らかにし、魚類生産に及ぼす貧栄養化の影響を考察する。

【今後の課題】

- ・栄養塩と水産資源の関係解明には、餌生物と水産資源との関係解明が重要であり、餌生物(動物プランクトンなど)に関するデータの蓄積が必要。
- ・様々な種に関する栄養塩と水産資源の関係解明にはより詳細な検討が必要。

