

# (4) 物質循環状況の 解析について

# 目次

項	内容	ページ
1．気仙沼湾の物質循環状況の解析について	(1) 本業務における着目点と整理事項	1
	(2) 着目点1：底質悪化機能の解明および現状把握	2～3
	(3) 着目点2：栄養塩類の循環状況の把握	4～9
	(4) その他の整理事項	10
	(5) 気仙沼湾の物質循環へのイパ <sup>ク</sup> 外・レス <sup>ク</sup> ンス <sup>ク</sup> ロー	11～13
2．気仙沼湾の健全化に向けて	(1) 気仙沼湾の健全化に向けた関係整理	14～16
	(2) 今後検討する方策について	17～18

1. 気仙沼湾の物質循環状況の解析について  
(1) 本業務における着目点と整理事項

## 本業務における着目点と整理事項

### 【着目点1】底質の悪化機構の解明および現状把握

#### < 整理事項 >

底質の現状と悪化要因

### 【着目点2】栄養塩類の循環状況の把握

#### < 整理事項 >

- 1: 気仙沼湾の自然浄化能力の把握(藻場・干潟等)
- 2: 水産業による負荷と系外除去(漁獲)の現状把握
- 3: 湾内の環境特性に配慮した栄養塩類の循環状況の把握

### その他の整理事項

#### < 整理事項 >

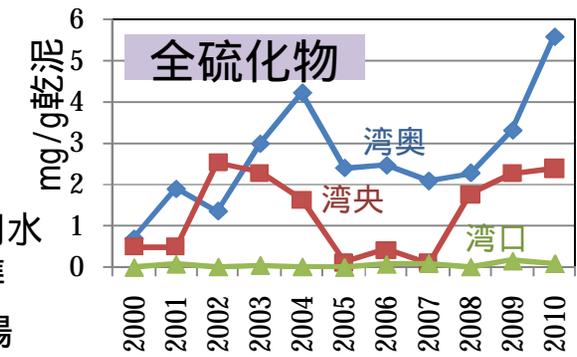
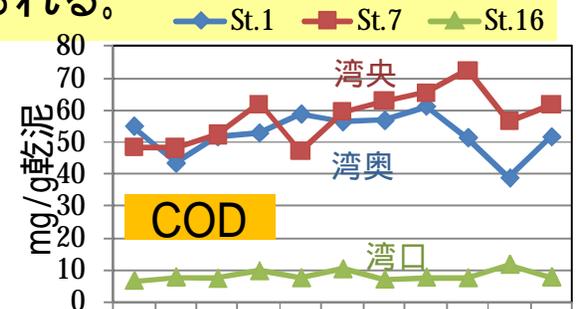
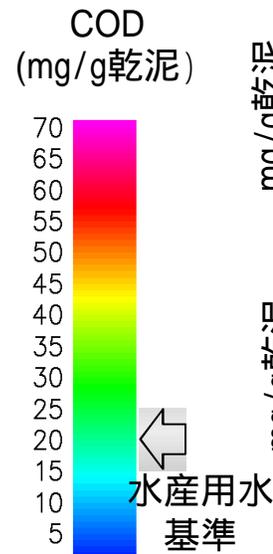
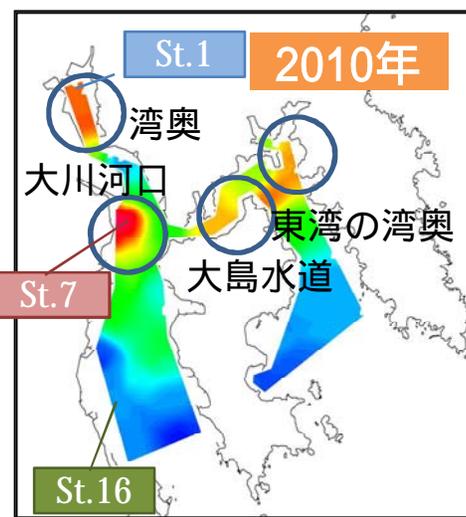
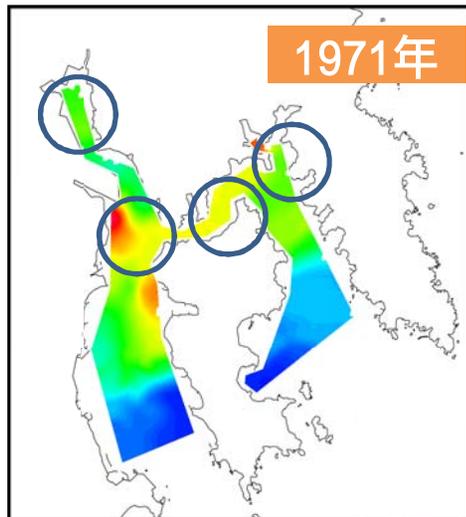
- 1: 気仙沼湾の環境の季節変動

(2) 着目点1:底質悪化機構の解明および現状把握

【着目点1】底質悪化機構の解明および現状把握

底質に関する現状

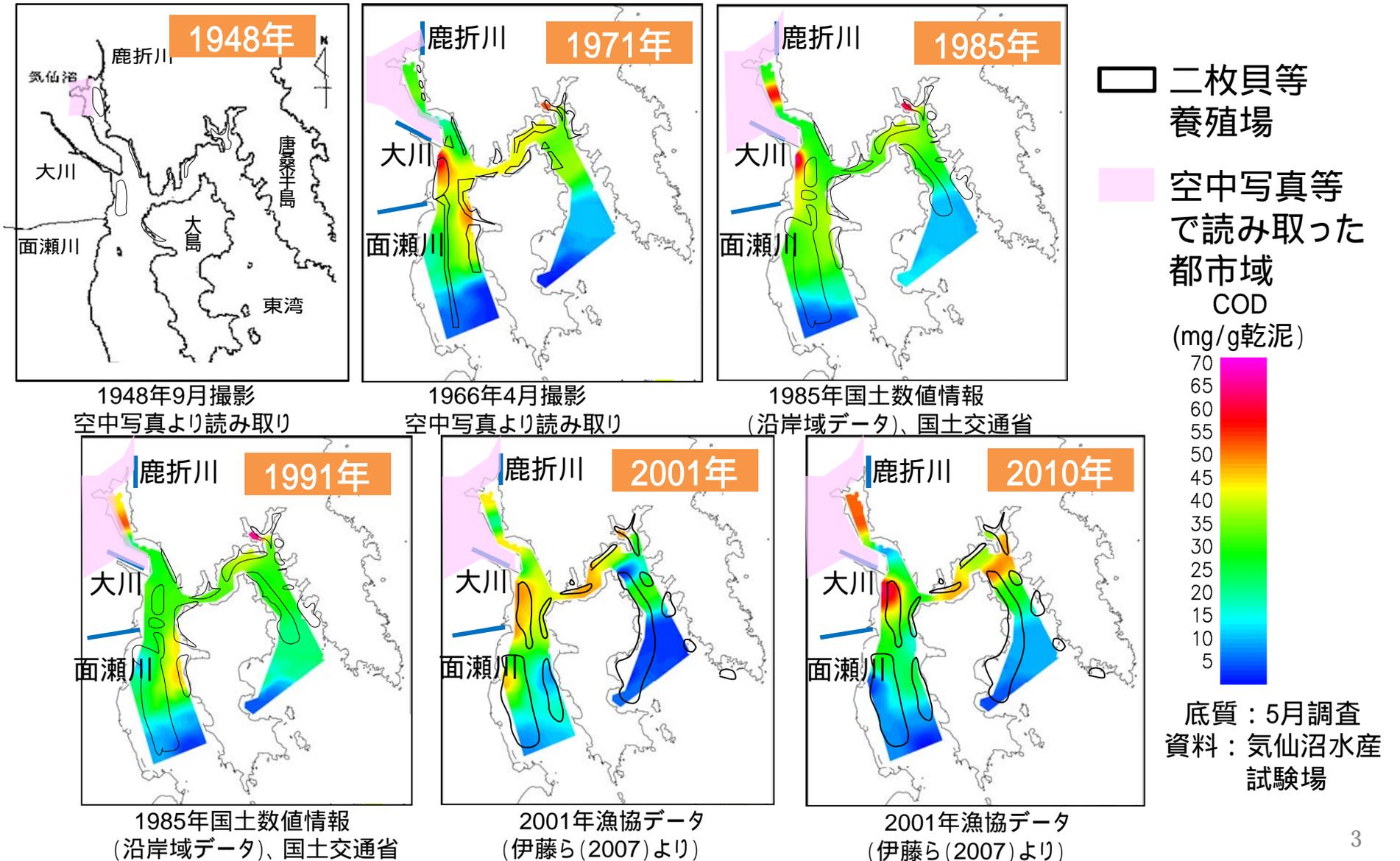
湾奥では1950年代から悪化が進んだ(伊藤(2008)の記述)。  
 1970年代初頭には湾奥～湾央で水産用水基準(COD:20mg/g-dry以下,全硫化物:0.2mg/g-dry以下)を超過していた。  
 1970年代以降、年により変動があるものの、湾全体では改善傾向がみられる項目もある(全硫化物)。  
 湾内では他の地点に比べて、湾奥、大川河口付近、大島水道、東湾の湾奥等で底質が汚濁している傾向がある。  
 2000年以降、湾奥、湾央の地点で底質の悪化傾向がみられる。



底質のCODの水平分布の変化 資料:気仙沼水産試験場 5月調査

# 底質と養殖場、都市域の変化

養殖場の位置と底質の汚濁箇所の間には明確な関係がみられない。  
陸上からの負荷や養殖場に集積する有機物について、湾内の流況特性を基に解析していく必要がある。



### (3) 着目点2：栄養塩類の循環状況の把握

## 【着目点2】栄養塩類の循環状況の把握

### - 1：気仙沼湾の自然浄化能力の把握(藻場・干潟等)

#### 【藻場】

気仙沼湾では、約300haの藻場が確認されている(1993年記録)。  
この藻場による浄化能力は、溶存態窒素に対して約287t/年 と試算される。

「東京湾-100年の環境変遷」、小倉紀雄編のアマモ場の  
推定DIN除去量 $3.0 \times 10^4 \text{t-N/年}$  (1.6km × 200kmに対し)を使用

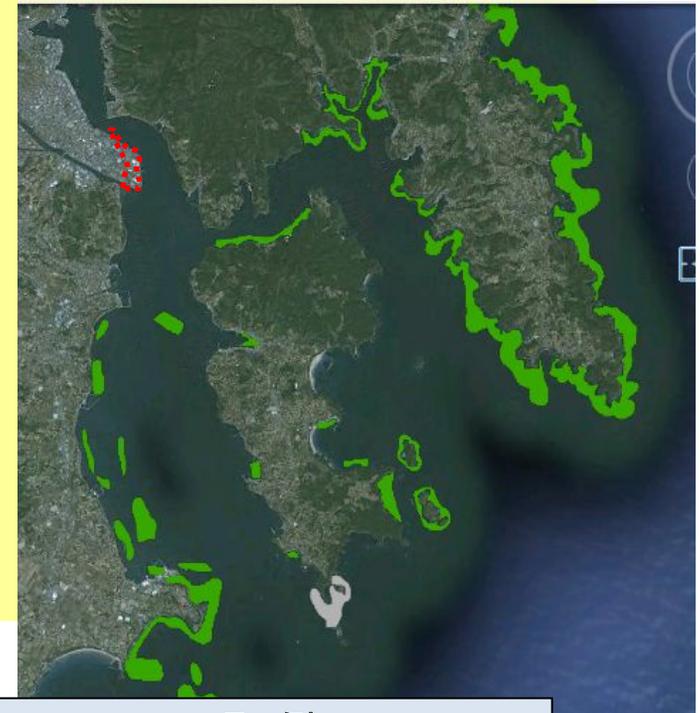
#### 【干潟】

1960年代以前には、大川河口付近に約39haの  
干潟が存在した。干潟の消失により、窒素について、  
約94t/年 の浄化能力が失われたと試算される。

三番瀬勉強会資料(2002年、千葉県)における千葉県の  
天然干潟の値の平均値 $6.6 \text{kg-N/ha/日}$ を使用

(参考) 1981年に算定された気仙沼湾の日流入負荷量  
(冬季:  $0.76 \text{t/日}$ )に対して、上記で算出した藻場の  
浄化機能は同程度、干潟は約3割程度

	面積 (ha)	
	1960年代以前	現在
干潟	39	0
藻場	不明	306.5ha



#### 凡例

-  : 1993年に記録された藻場
-  : 1960年代に消失した干潟

# 【着目点2】栄養塩類の循環状況の把握

- 2: 水産業による負荷と系外除去(漁獲)の現状把握

## 気仙沼湾における主要な養殖種

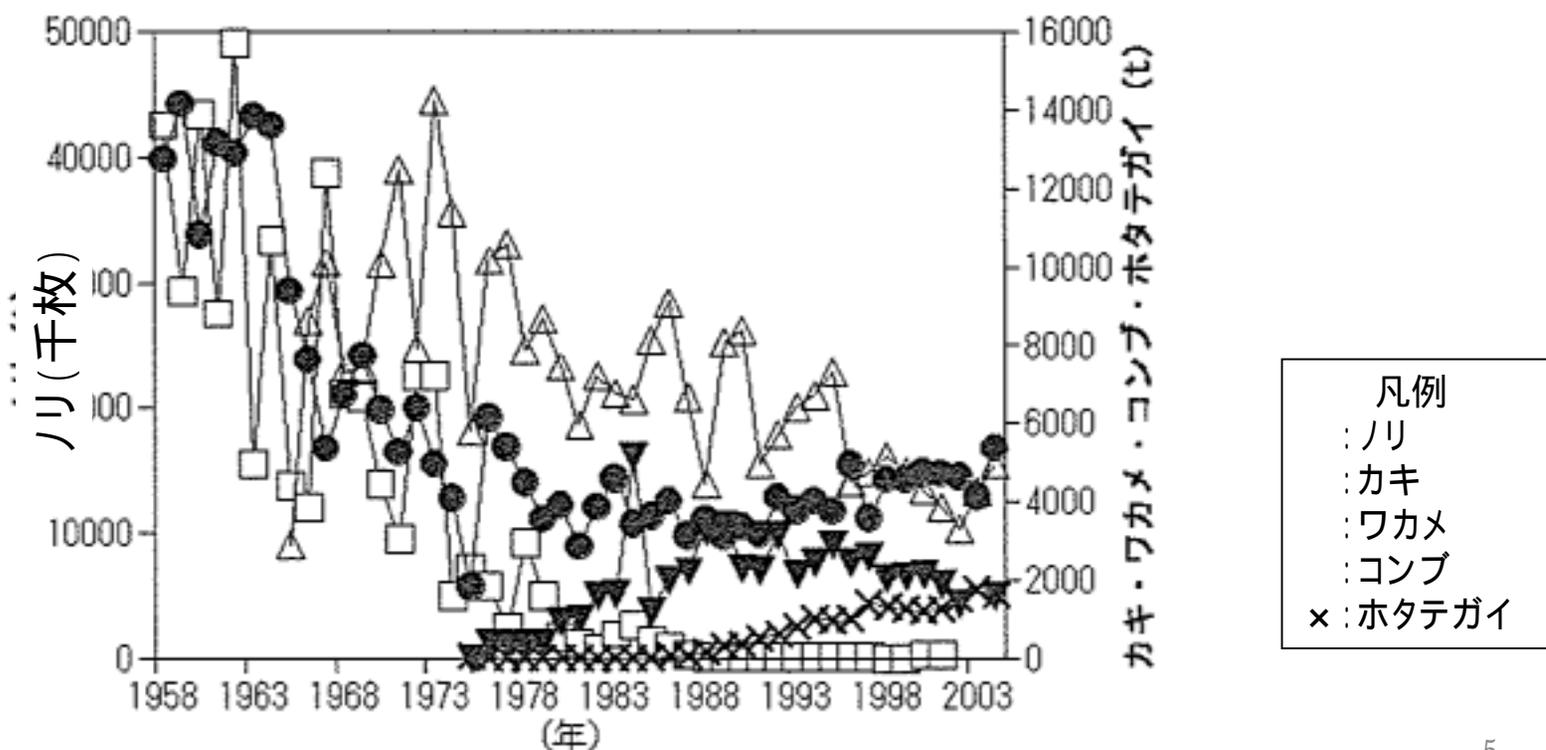
…ノリ、カキ、ワカメ、コンブ、ホタテガイ  
 【二枚貝養殖】 カキ、ホタテガイ(消費者)

有機物の取り込み

有機物の排泄

【海藻類養殖】 ノリ、ワカメ、コンブ(生産者)

栄養塩類の取り込み



気仙沼湾における養殖種と生産量の推移

資料：伊藤博ら（2007）

## 二枚貝(カキ養殖)による負荷と取り込み

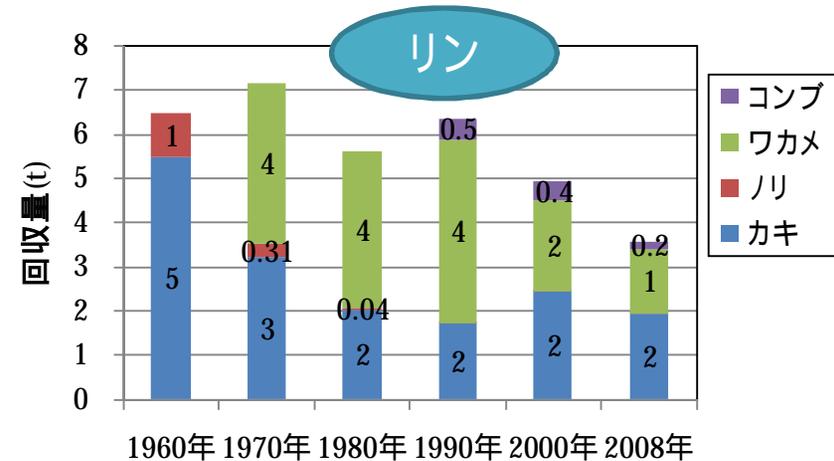
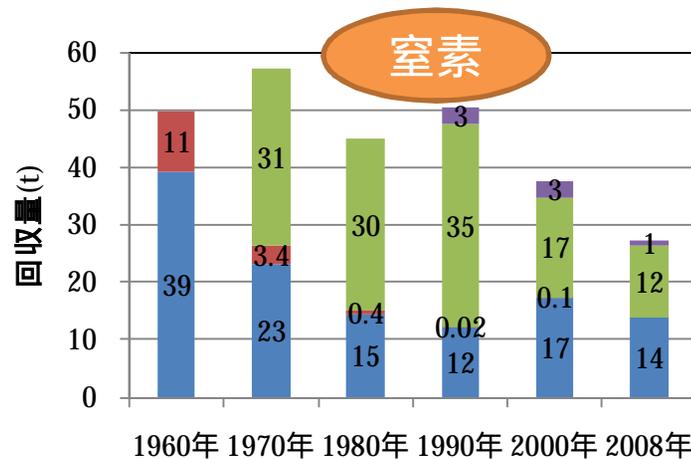
- カキによる摂食速度、消化、同化、代謝等は、水温やカキ個体の重量、養殖密度等によって異なる。
- 正常に生きているカキ(ろ過摂食者)は、除去量以上の負荷をもたらすことはないが、高密度養殖場近傍では有機物が海底に堆積しやすいことが問題となる。
- 下記の知見によると、環境条件等によって異なると考えられるが、カキの排泄による負荷量は、摂取量の6～25%程度(窒素について)であった。

### カキ養殖による有機物(栄養塩類)の取り込みと負荷に関する既往知見

事例	項目	値(殻付き湿重量1tあたり)	備考
福島県松川浦における現地測定例 木幡(2002)	摂取量	N:0.38(kg/日)	8月の測定例
	負荷量	N:0.03(kg/日)	
広島県広島湾における現地測定例 川口ら(2004年)	負荷量	N:0.05(kg/日)	8月の測定例 養殖筏あたりのフラックス を筏1台あたりの生産量から 換算
		P:0.01(kg/日)	
長崎県形上湾、筑前海域における 現地測定とモデルによる算定例 早川ら(2009)	摂取量	むき身成長量の約5倍	稚ガキの設置から約14カ月 になるまでの積算値
	負荷量	むき身成長量の約1.2倍	

## 養殖による栄養塩類の除去量(二枚貝:懸濁態、海藻類:溶存態)

- 養殖生産量の減少に伴い、湾内からの栄養塩類の除去量が減少している。
- 除去量の減少は、主にカキ及びワカメの養殖生産量の減少による。



### 養殖生産による栄養塩類の除去量

資料: 宮城県農林水産統計報告  
農林水産省ホームページ

### 養殖種の栄養塩類含有量

養殖種	含有量 (g/kg)	
	窒素	リン
カキ	3.631	0.103
ノリ	6.208	0.580
ワカメ	3.040	0.360
コンブ	1.312	0.200
ホタテガイ	不明	不明

資料:

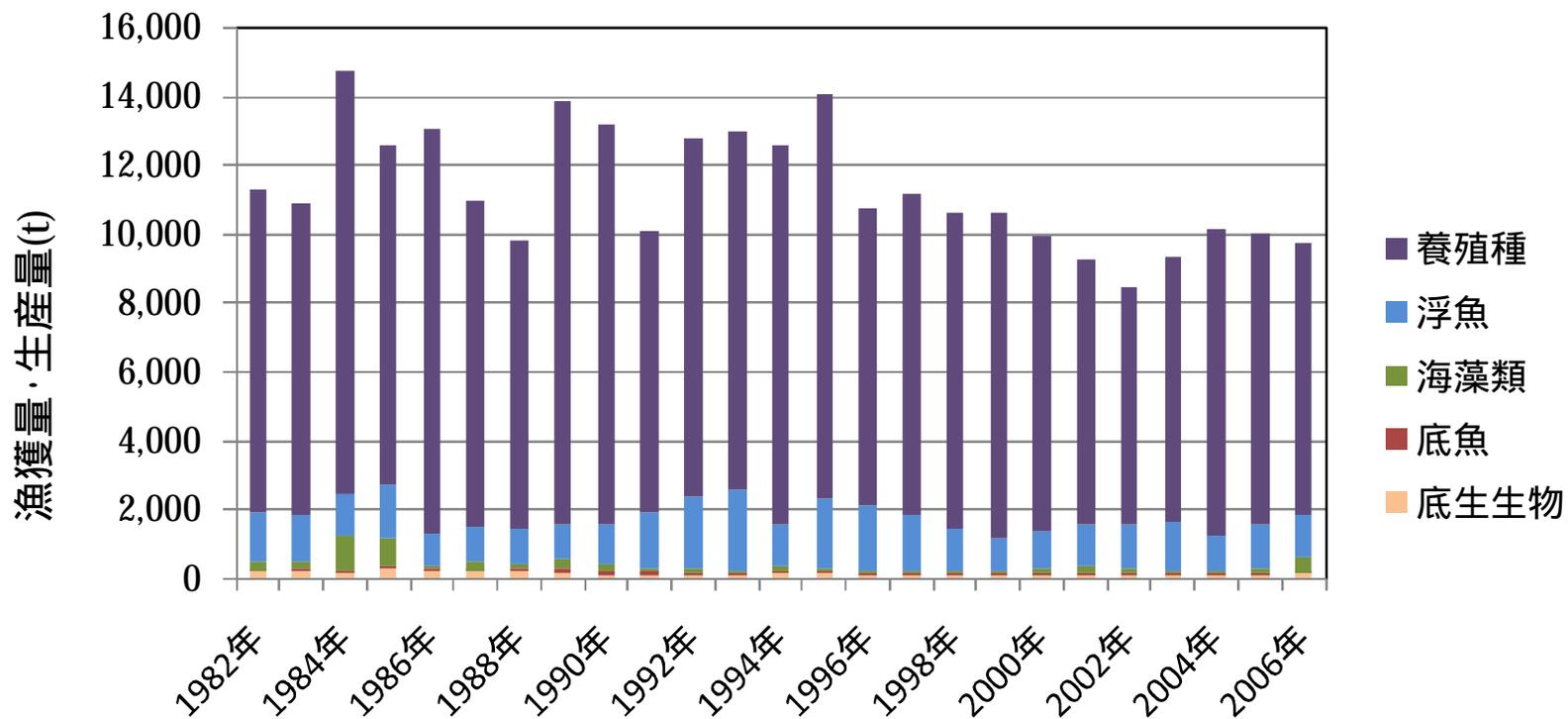
【海藻類】森・川・海つながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策  
検討調査 報告書、水産庁漁港漁場整備部、2004年

【カキ:N】浅海域での生物による水質浄化 - 福島県松川浦の干潟調査から -  
木幡邦男、国立環境研究所ニュース21号、2002年

【カキ:P】五訂増補 日本食品標準成分表、  
文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会 報告、2005年

## 水産業による有機物(栄養塩類)の除去

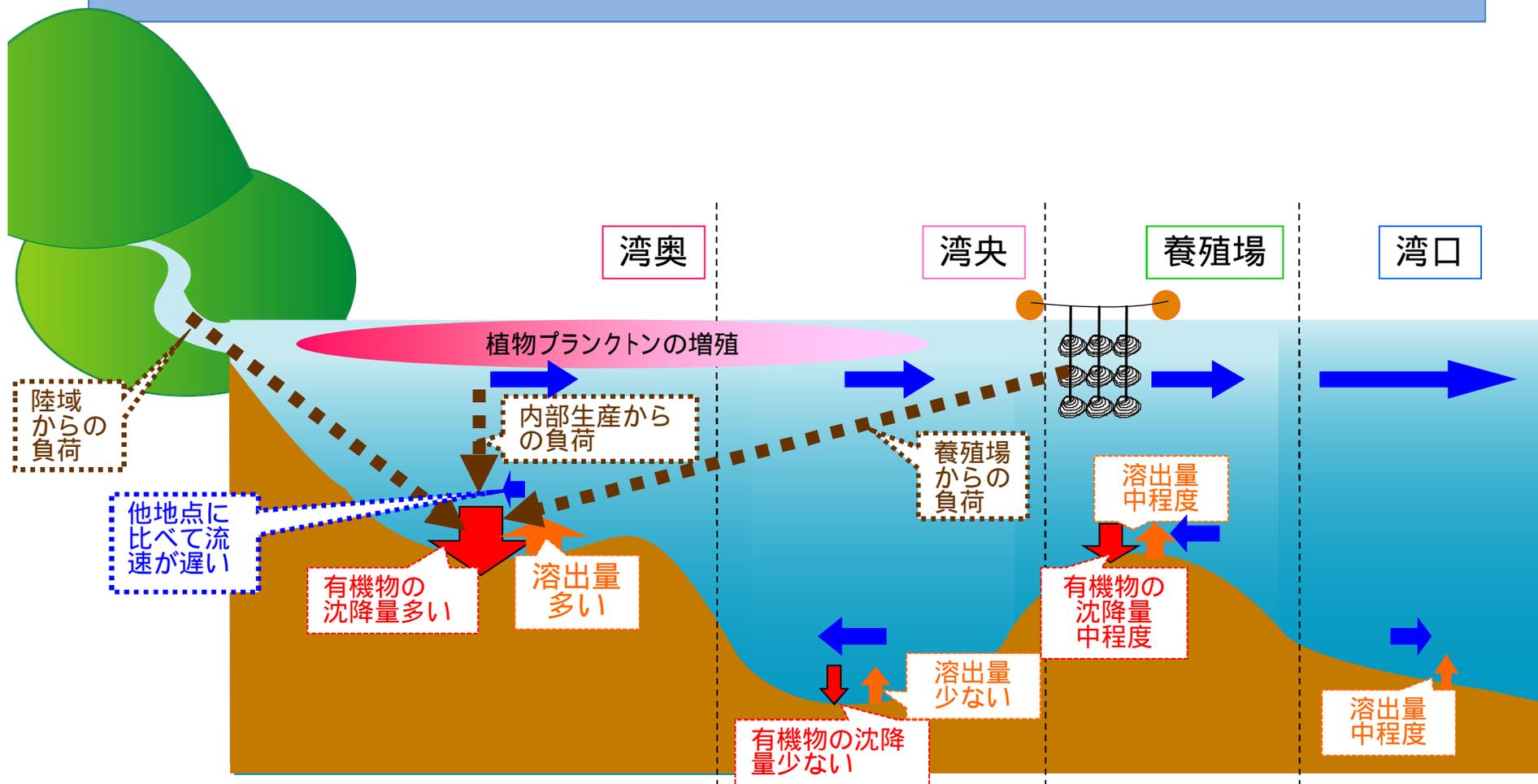
- 気仙沼湾における漁獲量は1980年代以降、やや減少傾向にあり、水産業に伴う有機物(栄養塩類)の除去量も減少傾向であると考えられる。



気仙沼湾における漁獲量、養殖生産量の推移

今後、水産業の系外除去量についても検討します。

## 【着目点2】栄養塩類の循環状況の把握



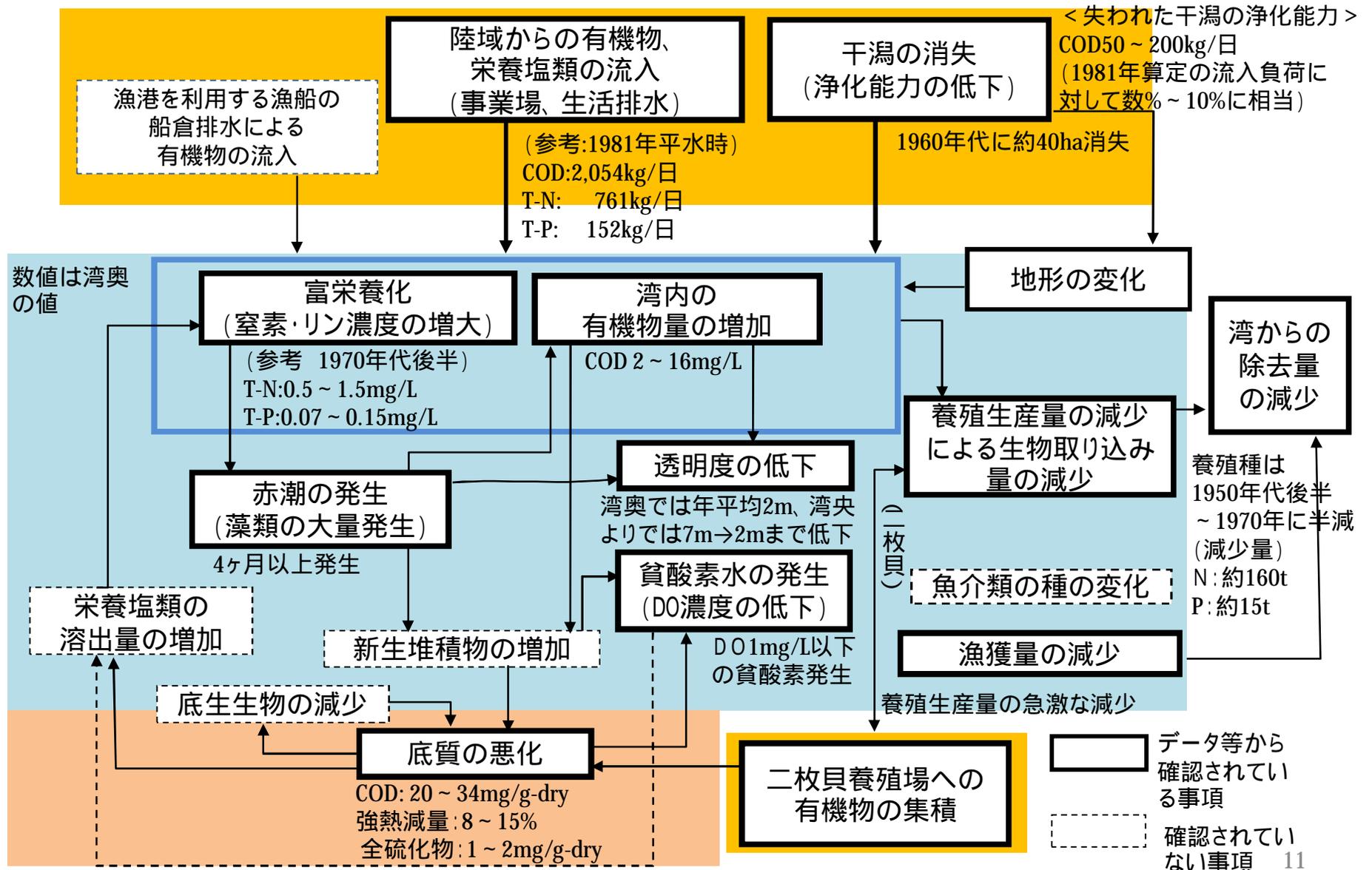
#### (4) その他の整理事項

### 気仙沼湾における季節変動特性

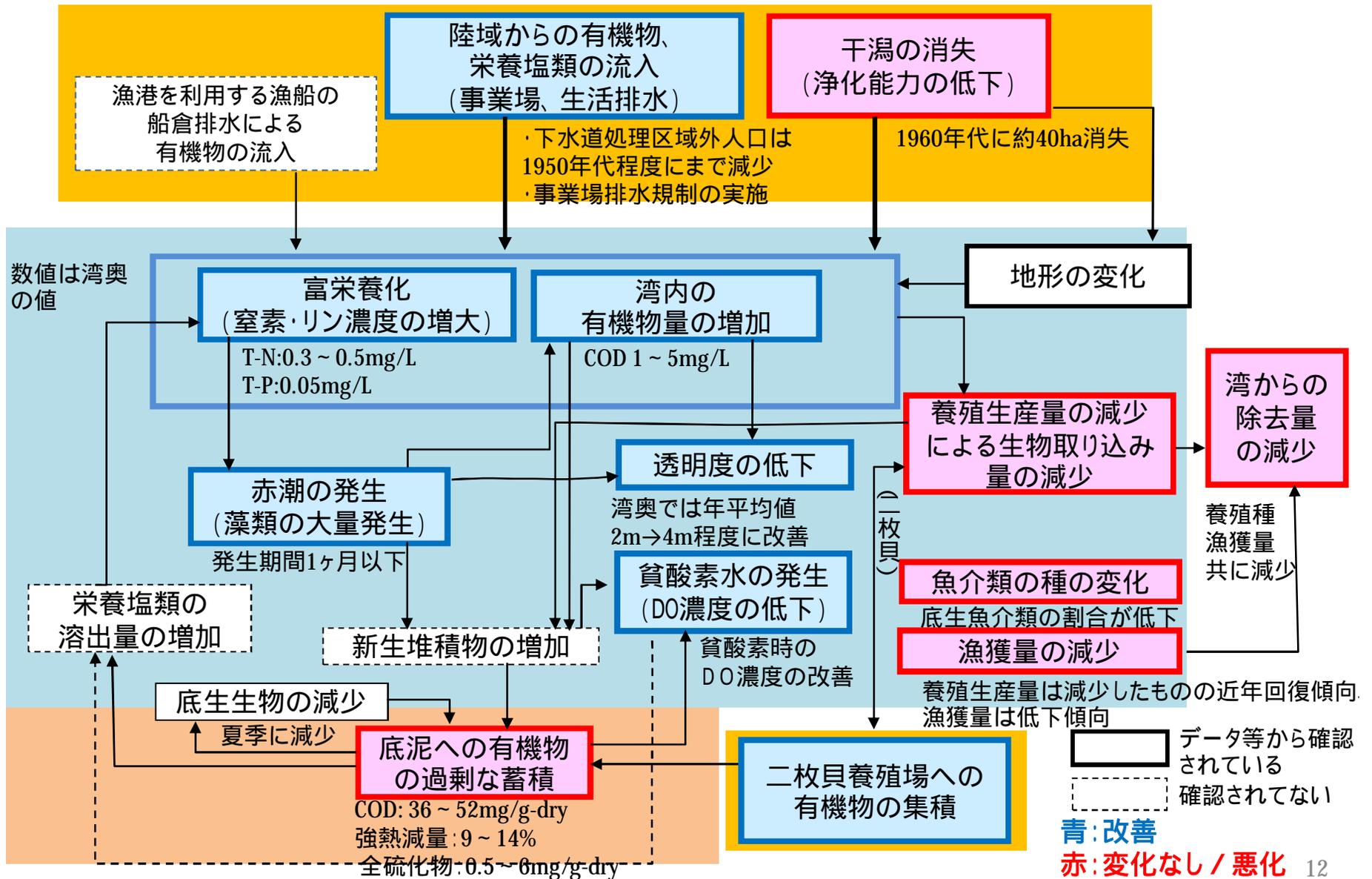
項目	春季			夏季			秋季			冬季		
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
概要	・プランクトンの増殖(春季ブルーム)			・水平・鉛直方向の流れの不活性化 ・底泥の酸素消費、栄養塩類の溶出 ・赤潮、貧酸素水の発生(7, 8月)			・やく層崩れる(鉛直混合) ・赤潮(9月、10月)、貧酸素の発生(9月)			・海水交換の活性化 ・カキ収穫		
河川水の流入				河川水の流量増加								
親潮の流入	親潮の流入 毎年ではない (周期不明)											
流況(水平方向)				夏季調査、冬季調査の結果をもとに整理								
水塊構造		水温やく層			塩分やく層							
水質		表層のDIN, DIP減少 (プランクトンによる消費)			表層のDSi上昇			表層のDIN, DIPの回復 (底層からの供給、消費の低下)				
				湾奥・湾央における底層のDIN, DIP上昇 (底泥からの溶出)								
				湾奥・湾央における底層の酸素低下								
生物		プランクトンの増加 (プランクトン沈殿量の増加)						養殖カキの収穫				

(5) 気仙沼湾の物質循環へのインパクト・レスポンスフロー

気仙沼湾の物質循環へのインパクト・レスポンスフロー  
(1950年代～1970年代対策実施直前)



# 気仙沼湾の物質循環へのインパクト・レスポンスフロー (現在(2000年代)と1970年代との比較)



## (参考) 漁港を利用する漁船の船倉排水による影響

加藤・中沢(2007)が長崎県の新長崎漁港で調査した事例

漁業対象: あじ・さば

2つの漁船に対し、船倉排水量と漁獲量、水質を調査

### 【調査結果】

全4サンプルについて、単位BOD負荷量(gBOD/kg漁獲)は、  
0.19 ~ 1.06(gBOD/kg漁獲量)

魚の船倉貯留時間が長いほど、単位BOD負荷量が増加

→長時間貯留するほど、魚体から血水、体液、肉片等が出てBODが上昇しやすい

### 気仙沼の漁獲量で試算

H21の気仙沼港の水揚げ: かつお1.8万t、さんま3万t等・・・合計9.5万t/年

↓ 上記知見の単位BOD負荷量で試算

年間負荷量 約18t ~ 約94 t-BOD/年

↓

日負荷量 約49kg-BOD/日 ~ 約258kg-BOD/日

1981年算定の陸域負荷COD 2,054kg/日と比較すると、CODとBODで単純な数値の比較はできないが、1割前後 ~ 数割の負荷の可能性

## 2. 気仙沼湾の健全化に向けて

### (1) 気仙沼湾の健全化に向けた関係整理

# 気仙沼湾における物質循環の不健全化の要因

気仙沼湾の物質循環に関して不健全化の要因として考えられる事項(前頁のフローより)

【負荷(改善していると考えられる項目もあるが、要因として検討が必要)】

- 陸域からの有機物、栄養塩類の流入
- 漁港を利用する漁船の船倉排水による有機物の流入
- 二枚貝養殖場への有機物の集積
- 底泥からの栄養塩類の溶出

【環境収容力の低下】

- 干潟の消失(浄化能力の低下)
- 水産業による系外への除去量の低下
- 底生生物の減少(分解者、高次生物の減少?)

【底泥への有機物の過剰な蓄積】

- 底泥への有機物の過剰な蓄積

# 気仙沼湾の物質循環について

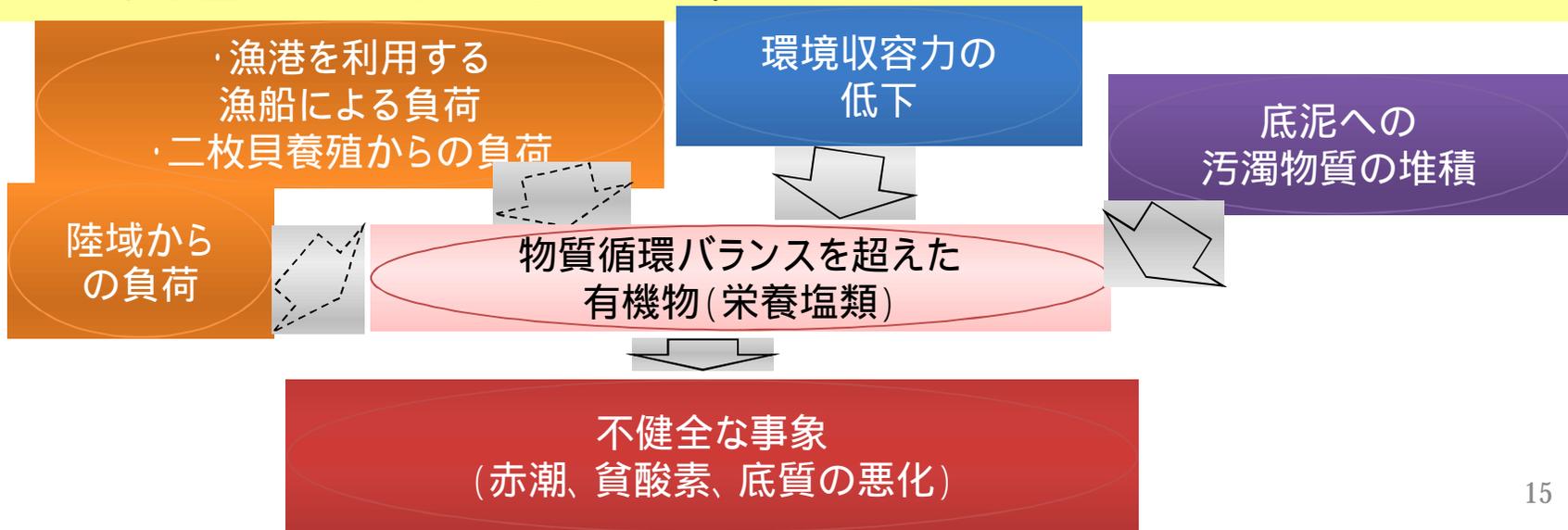
過去に不健全化の主要因であった陸域からの排水による負荷については、下水道整備、排水規制等によって改善しつつあり、下水道については整備継続中である。

しかし、内部生産等により新生堆積物が堆積しつつあり、湾奥～湾央で底質が悪化する傾向もみられる。

また、過去の負荷により有機物が底泥に蓄積してしまっている。底泥から栄養塩類が溶出し、湾内水質への負荷源となっている。

また、自然浄化能力を含む環境収容力が低下しており、人体に例えると代謝機能が低下した状態であると考えられる。

こうした状況であるため、時空間的な負荷の集中等により、一時的に貧酸素や赤潮が生じているものと考えられる。



## 現時点で想定される課題と健全化に向けた関係整理

対処すべき課題	改善を目指す健全度因子	改善の評価指標
【環境収容力の低下】 ・干潟の消失 ・水産物による系外への物質の除去量の低下(高次生物の減少?) ・底生生物の減少(分解者)	・自然浄化機能等の環境収容力(環境収容力の向上) ・水産物の水揚量(持続可能な水産業利用)	・生物多様性の増加(底生生物・底生魚等) ・水産物の水揚量の安定性
【底泥への有機物の蓄積】 ・底泥への有機物の蓄積	・湾内水質への負荷 ・底質環境(生物生息環境の向上→環境収容力の向上)	・底泥中の有機物、全硫化物等の含有量の増加抑制 ・栄養塩類の溶出速度の低下 ・汚濁指標種からより良好な環境指標種への遷移 ・底生生物の多様性の増加
【物質循環の検討に不足する情報の確認】	(例として) ・陸域からの負荷 ・二枚貝養殖による負荷の動態(湾央→湾奥へ移動??) ・漁港を利用する漁船の船倉排水による負荷 ・水底質環境の面的な把握 ・・・・	-

今後上記の検討を基に、気仙沼湾においてどんな健全化を目指すかについて検討していく予定です。上記内容につきましては、本委員会においてご意見をいただき、第3回委員会におけるとりまとめ、次年度以降の提言等の検討の検討材料とさせていただきます。

## (2) 今後検討する方策について

### (参考) 気仙沼湾で実施されてきた対策メニュー

メニュー	内容	実施主体	成果
大規模浚渫	1976年から1987年にかけて、湾奥において実施。延べ浚渫面積は32万m <sup>2</sup> 、総浚渫土量は19万m <sup>3</sup> に上る。	宮城県	COD:約3千t、 全硫化物:約2百t除去
海浜清掃	海浜の環境保全やその意識の高揚などを目的に、毎年、多くの機関が清掃活動を行い、陸上からの汚濁負荷の軽減に努めている。	各種機関 (小中学校等)	-
【森は海の恋人】運動	気仙沼湾の上流域で20年以上行われている広葉樹の植林活動を中心とした活動。環境教育をメインに森づくり、自然環境保全等を行っている。「森と海のかかわり」の視点に立った先駆的な活動。	N P O	これまでに約3万本の落葉広葉樹を植樹。平成2年から体験学習を開始し、参加した子供は、10,000人を超える。 (宮城県応募資料より)
(参考) 海藻活用水質 浄化事業	松島湾で実施。アカモクによる藻場造成と回収による水質浄化事業(H14~)。	宮城県	アカモクを用いた藻場造成の実証研究、堆肥化や食品としての利用に向けた開発研究を実施
(参考) 海底清掃	宮城県漁業協同組合の表浜支所、石巻地区支所、石巻市東部支所において、「まんがん」と呼ばれる貝曳き漁具を用いた海底清掃を実施。	宮城県 漁業協同組合 (石巻市周辺の支所)	-

# 今後検討する方策について

- 本業務の目的は「物質循環の健全化」であることから、以下のような事項に配慮しつつ、継続的な効果が期待できる方策を検討していくことが望ましい。



今後検討する方策のイメージ