

## I 調査課題名

# 水産環境整備推進技術開発

## II 実施期間及び担当者名

一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所  
第2調査研究部 伊藤 靖  
三浦 浩  
松本卓也  
田中浩生

## III 実施年度

平成 22～24 年度

## IV 緒言

平成 22 年 12 月 9 日に「水産環境整備の推進に向けて」が策定され、その方向性に沿った事業展開が喫緊の課題となっている。本とりまとめの基本方針として、「環境基盤の重視」、「点から空間へ」、「資源や環境の変動への対応」の 3 本柱が示され、その事業推進に向けて対象範囲ごとに事業を推進していくこととしている。水産環境整備は従来型の事業と比較すると目指すべき目標、対象種、評価方法等は下表のように大きく異なる。

|      | 従来型事業                    | 水産環境整備                                  |
|------|--------------------------|-----------------------------------------|
| 目標   | 対象魚種の漁獲増加量               | 生態系全体の生産力の底上げ                           |
| 対象範囲 | 点（事業の実施箇所）               | 空間（湾、灘など生活史全体）                          |
| 対象種  | 特定種（水産有用種のみ）             | 複数種（生態系を構成する生物全体）                       |
| 整備内容 | 魚礁、増殖場等の整備               | 生息環境空間の包括的な改善・修復・創出                     |
| 評価方法 | 対象種の漁獲量 等                | 従来型の評価に加えて、生態系ピラミッドの他の階層に着目した評価         |
| 実施体制 | 直接の担当者を中心とする<br>限られた組織体制 | P D C A サイクルの実効性の確保<br>関係者等による意見交換の場の設置 |

（出典：平成 22 年度第 4 回海洋・沿岸域における水産環境整備の技術検討会資料）

本業務では水産環境整備の円滑な推進を支援するために、環境を重視した評価手法の開発や広域連携の事業化スキームの研究開発、さらに生息環境空間を実験生態系フィールドと捉えた新たな技術開発や実証実験の場として、漁港の水産増殖機能の技術開発を行うものである。

なお、本事業は平成 22 年度からの継続調査であり、平成 24 年度は最終年度にあたることから、これまでの検討内容を踏まえ、最終結果をとりまとめる。

## V 調査方法

以下の 4 課題について検討を行った。

1. 漁港の水産増殖機能の技術開発
2. 環境を重視した評価手法の開発
3. P D C A サイクル推進マニュアル
4. 広域連携の事業化スキームの研究開発

## V.1 漁港の水産増殖機能の技術開発

漁港は係船や水揚げといった本来機能に加えて、水産生物の生息場でもあり、漁場としての利用や、静穏域であることを利用した種苗放流、中間育成等の幼稚魚の保護育成効果や出荷調整のための蓄養等の副次機能を有している。

漁港を水産生物の生息場ネットワークの一部、漁港施設を岩礁生態系の一部（人工魚礁群）として環境基盤の観点から、漁港の水産資源増殖機能に着目し、モデル漁港における生物生産量を把握、分析することにより、現況における漁港の環境収容力の数量化手法を開発する。さらに、漁港施設における改良策の提案と、それらによって嵩上げされる生物生産量や費用対効果について算定方法を開発する。

### (1) 対象漁港と実施状況

生物生産は海域特性を反映するため、調査は海区毎に漁港を抽出し、図 V.1.1 に示す 6 海区・13 漁港で実施した。

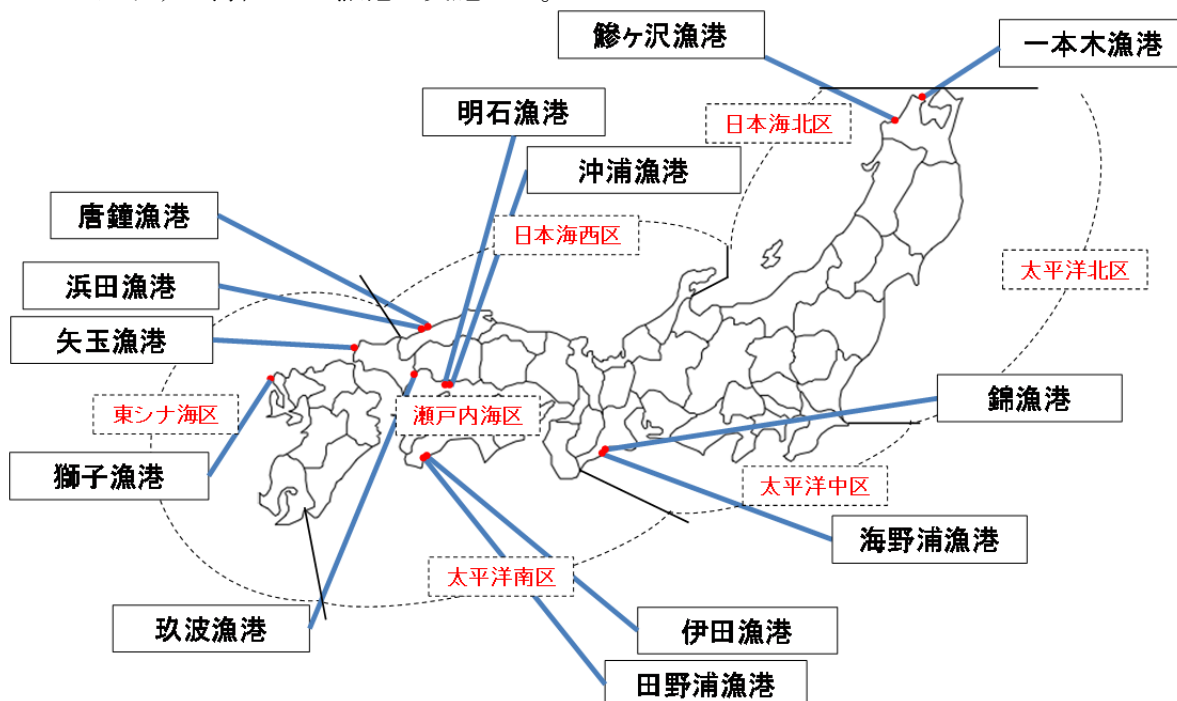


図 V.1.1 調査対象漁港 (6 海区・13 漁港)

表 V.1.1 調査の実施状況

| 海区    | 漁港名   | H22 |     |    | H23 |    | H24  |    |
|-------|-------|-----|-----|----|-----|----|------|----|
|       |       | 夏季  | 秋季  | 冬季 | 春季  | 夏季 | 春季   | 夏季 |
| 太平洋中区 | 錦漁港   |     |     |    | 5月  | 9月 |      |    |
|       | 海野浦漁港 |     |     |    |     |    |      |    |
| 太平洋南区 | 田野浦漁港 |     |     |    | 5月  | 9月 |      |    |
|       | 伊田漁港  |     |     |    |     |    |      |    |
| 瀬戸内海区 | 玖波漁港  | 9月  | 11月 | 1月 | 4月  |    |      |    |
|       | 沖浦漁港  |     |     |    |     |    |      |    |
|       | 明石漁港  |     |     |    |     |    |      |    |
| 東シナ海区 | 獅子漁港  |     |     |    |     |    | 5月   | 9月 |
|       | 矢玉漁港  |     |     |    |     |    |      |    |
| 日本海西区 | 浜田漁港  | 9月  |     | 1月 | 5月  |    |      |    |
|       | 唐鐘漁港  |     |     |    |     |    |      |    |
| 日本海北区 | 一本木漁港 |     |     |    |     |    | 5、6月 | 9月 |
|       | 鰺ヶ沢漁港 |     |     |    |     |    |      |    |

## (2) 調査項目と方法

調査項目と方法を表 V. 1. 2 に示す。

表 V. 1. 2 調査項目

| 大項目  | 小項目                                               | 方法                                                                                                    |
|------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 海底地形 |                                                   | GPSソナー                                                                                                |
| 流況   | 流速・海水交換量                                          | ADCP                                                                                                  |
| 水質   | 水温・塩分・DO・クロロフィルa<br>COD・栄養塩類<br>(T-N,T-P,DIN,DIP) | 多項目水質計<br>採水分析                                                                                        |
| 底質   | 粒度組成、COD、全硫化物                                     | グラブ式採泥器                                                                                               |
| 生物   | 植物プランクトン<br>動物プランクトン<br>底生生物<br>付着生物<br>海藻<br>魚介類 | 採水分析<br>北原式定量ネット<br>グラブ式採泥器 (0.1m <sup>2</sup> )<br>坪刈 (0.25×0.25m)<br>目視観察・坪刈 (0.5×0.5m)<br>目視観察・刺網等 |
| その他  | 稚魚<br>胃内容物<br>産卵状況                                | 地引網、かぶせ網、たも網、ソリネット<br>胃内容物分析<br>卵巣組織切片、GSI                                                            |

## (3) 漁港の立地条件と形状

漁港の立地条件と形状を表 V. 1. 3 に示した。図 V. 1. 2 には対象漁港の航空写真を示した。漁港縦横比は、港口から港奥方向の直線で最大の値と、その直線に直行する港奥水域の最大幅の値を用いた。各漁港の概要は以下のとおりである。

- ・一本木漁港

津軽海峡に面している。港外防波堤を中心にコンブが分布していた。

- ・鯹ヶ沢漁港

泊地面積が 2 番目に大きく、陸揚量が多い。港内に排水口があり、水質・底質環境に影響を及ぼしている。大型海藻は少なかった。

- ・浜田漁港

泊地面積・陸揚量ともに最大である。港内に小河川が流れこみ、内湾的環境から外洋的環境まで、様々な環境がみられた。構造物には、クロメ、ホンダワラが分布していた。

- ・唐鐘漁港

砂浜域の河口部に立地する。港内はアマモが繁茂していた。水深が約 4 m と調査漁港の中では最も浅かった。

- ・錦漁港

リアス式海岸の枝湾内に立地し、泊地面積が大きく、陸揚量は 2 番目に多い。港内に河川が流入している。港内はホンダワラ類が分布していた。

かつて給仕養殖の実施箇所であり、そのためか、港内の底質が悪化していた。

- ・海野浦漁港

リアス式海岸の枝湾内に立地し、泊地面積が最少である。漁港施設にはイセエビが分布していた。

- ・玖波漁港

広島湾奥の河口域に立地する。港内に干潟やカキの加工施設がある。防波堤にはクロメが分布していた。

- 沖浦漁港  
安芸灘の水道部に立地するし、河川の流入はない。通水孔の防波堤があり、港内でマダイの中間育成を実施していた。
- 明石漁港  
安芸灘の水道部に立地し、河川の流入はない。防波堤の捨石部にはホンダワラ類が繁茂していた。
- 伊田漁港  
土佐湾の枝湾内に立地し、河川の流入がある。磯焼けがみられた。
- 田野浦漁港  
土佐湾の枝湾内に立地し、河川の流入はない。防波堤にはクロメ、カジメ、ホンダワラが分布していた。
- 矢玉漁港  
外洋に立地し、河川の流入がある。防波堤にはホンダワラ類、クロメが出現分布していた。
- 獅子漁港  
外洋に立地し、河川の流入がある。磯焼けが進行していた。

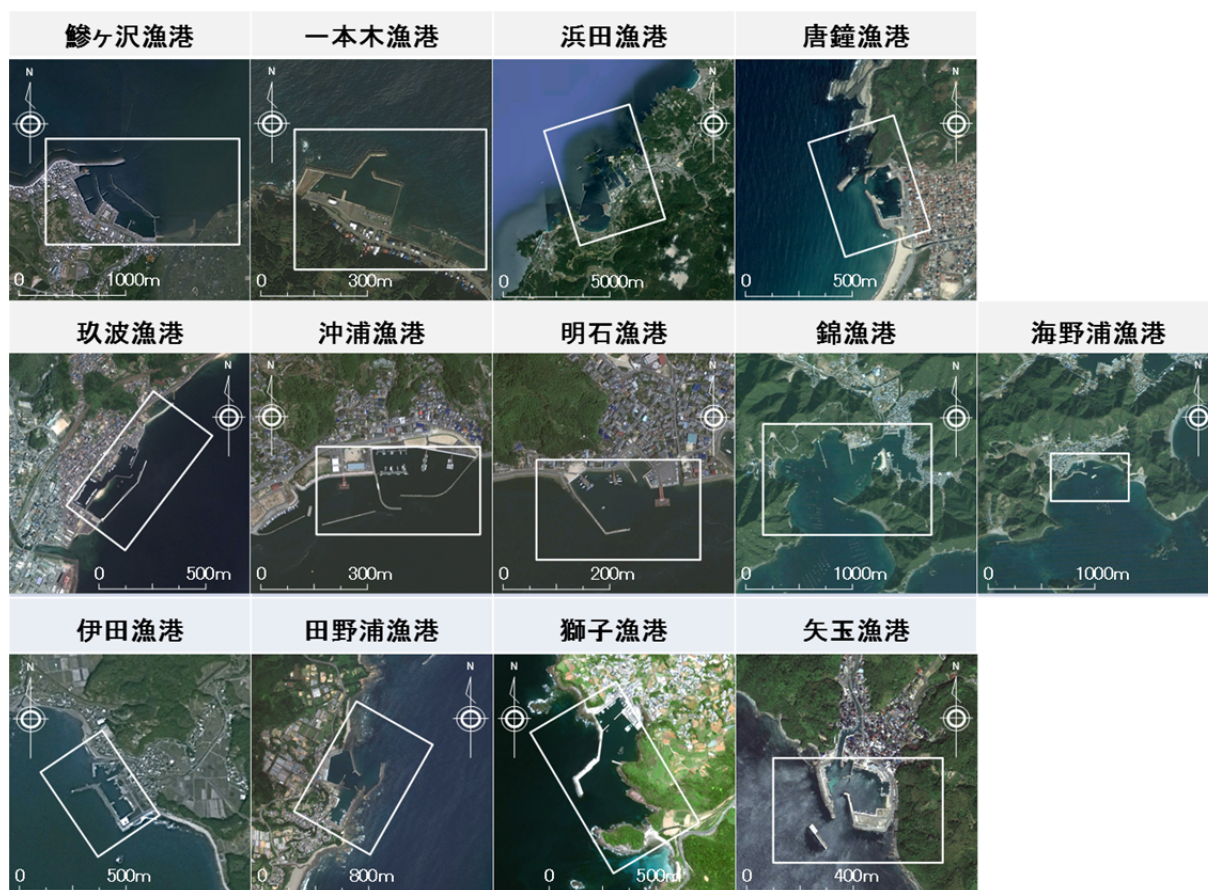


図 V. 1. 2 調査対象漁港の立地



表 V.1.3 調査対象漁港の立地条件

| 海区    | 漁港名 | 漁港種別 | 県  | 緯度<br>経度                    | 海域条件      |      | 立地条件        |               |            |             |                           |           | 特記事項                                               |
|-------|-----|------|----|-----------------------------|-----------|------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------------------|-----------|----------------------------------------------------|
|       |     |      |    |                             | 海域属性      | 汚濁負荷 | 漁船総数<br>(隻) | 属地陸揚量<br>(トン) | 河川の流入      | 最大水深<br>(m) | 泊地面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 水深縦横比     |                                                    |
| 日本海北区 | 一本木 | 1種   | 青森 | 41° 13.430'<br>133° 04.277' | 外洋        | 小    | 204         | 128           | 港外東側       | 13.1        | 23,800                    | 1:20:12   | ・港内港外の防波堤沿いにコンブ、ホンダワラ類が着生。                         |
| 日本海北区 | 鯉ヶ沢 | 3種   | 青森 | 40° 47.123'<br>140° 13.031' | 外洋        | 中    | 159         | 1,252         | 港外東側       | 15.6        | 261,300                   | 1:54:31   | ・漁港内に排水口(無処理)がある。                                  |
| 日本海西区 | 浜田  | 3種   | 島根 | 34° 53.853'<br>132° 03.359' | 外洋        | 小    | 184         | 22,274        | 港奥南側       | 15.7        | 707,000                   | 1:100:123 | ・防波堤にはクロメ、ホンダワラ類が着生                                |
| 日本海西区 | 唐館  | 2種   | 島根 | 34° 56.430'<br>132° 06.407' | 外洋        | 中    | 65          | 105           | 港外西側       | 3.7         | 31,500                    | 1:80:48   | ・港奥及び港口水域において、砂による埋没が防波堤沿いにみられる。<br>・港内にアマモ場が分布    |
| 太平洋中区 | 鯉   | 3種   | 三重 | 34° 12.593'<br>136° 23.453' | 外湾        | 中    | 198         | 3,453         | 港奥と港口の境界付近 | 14.4        | 239,000                   | 1:100:90  | ・港内にホンダワラ類着生<br>・港内で給仕養殖をかつて実施<br>・漁港施設周辺でイセエビやタコ漁 |
| 太平洋中区 | 海野浦 | 1種   | 三重 | 34° 10.858'<br>136° 19.470' | 外湾        | 小    | 107         | 320           | 漁港東西に排水口   | 16.4        | 14,000                    | 1:70:50   | ・港外側に養殖筏を利用した釣堀あり<br>・漁港施設周辺でイセエビや刺網漁              |
| 瀬戸内海区 | 歌波  | 2種   | 広島 | 34° 15.451'<br>132° 14.125' | 内湾        | 大    | 50          | 2,910         | 港外西側       | 7           | 65,000                    | 1:83:41   | ・沖防波堤の基部は透通堤となっており、港内に干潟が存在する。<br>・防波堤にはクロメが着生     |
| 瀬戸内海区 | 沖浦  | 2種   | 広島 | 34° 12.697'<br>132° 53.858' | 内湾<br>水道部 | 小    | 40          | 35            | なし         | 16          | 36,000                    | 1:25:23   | ・防波堤は透通堤となっている。<br>・マダイ稚魚の港内飼育が行われている。             |
| 瀬戸内海区 | 明石  | 2種   | 広島 | 34° 12.360'<br>132° 52.633' | 内湾<br>水道部 | 小    |             |               | なし         | 10          | 15,000                    | 1:44:44   | ・港奥は浅く、干潟、アマモ場が分布。<br>・基礎堆石に濃密なホンダワラ類が分布           |
| 太平洋南区 | 伊田  | 1種   | 高知 | 33° 02.145'<br>133° 04.277' | 外湾        | 小    | 55          | 196           | 港外北側       | 6           | 24,000                    | 1:75:30   | ・磯焼け進行。                                            |
| 太平洋南区 | 田野浦 | 2種   | 高知 | 33° 00.244'<br>133° 00.625' | 外湾        | 小    | 67          | 67            | なし         | 7           | 94,000                    | 1:111:33  | ・沖防波堤の内外にクロメ・カジメ、ホンダワラ類が分布                         |
| 東シナ海区 | 矢玉  | 2種   | 山口 | 34° 16.160'<br>130° 53.266' | 外洋        | 小    | 111         | 197           | 港奥         | 12          | 41,000                    | 1:23:17   | ・ホンダワラ類、クロメを構成種とする施設養殖が形成されている。                    |
| 東シナ海区 | 獅子  | 1種   | 長崎 | 33° 18.264'<br>129° 26.133' | 外洋        | 小    | 37          | 402           | 港奥と港央の境界付近 | 10          | 76,000                    | 1:44:21   | ・港奥は旧港の防波堤で仕切られている。<br>・磯焼け進行。                     |

注) 漁船総数、属地陸揚量はH21年漁港港勢調査による。

#### (4) 解析内容

##### ① 漁港の物理・化学特性

各調査項目に対応した調査結果と生物の生息環境の観点から整理し、漁港水域の特徴をとりまとめた。

##### ② 漁港の生物特性

各調査項目に対応した調査結果と漁港水域での出現状況を比較し、漁港水域の特徴をとりまとめた。

##### ③ 漁港の水域区分

###### ア) 海区別の関係性

春季の港外の水質(水温、クロロフィルa、T-N、T-P、DIN、DIP)と底質(COD、T-S)のデータでクラスター解析を行った。クラスター化はウォード法(地点間の偏差平方和が最小になるように評価)を用いた。地点間の測度は標準化ユークリッド距離を求めた。

###### イ) 漁港内の水域区分

太平洋中区、日本海西区、日本海北区の各漁港について、水深・水質(水温、クロロフィルa、T-N、T-P、DIN、DIP)・底質(COD、T-S)のデータを用いて水域の類型化を行った。クラスター解析は上記と同様の方法で行った。

###### ウ) 漁港の水域区分栄養階級と閉鎖度によるタイプ分け

横軸を閉鎖度、縦軸を栄養階級(水質:T-N、T-P、底質:COD、硫化物)の幾何平均として調査対象漁港の港外、港口、港奥との関係性を示した。

#### ④漁港の生態系構造

生態系構造に用いる餌料階級は、基礎生産者を植物プランクトン・海藻、一次消費者を動物プランクトン・底生動物・付着動物・葉上動物、二次消費者を全長 10cm 未満の稚魚や小型魚類、三次消費者を全長 10cm 以上の肉食性魚類とした。

また、貝類の重量に関しては、全重量から殻重量を除いた身肉の重量を用いるため、既存の知見<sup>1),2)</sup>より、アサリは 0.44、サルボウは 0.49、フジツボは 0.0694 の換算係数を用いて求めた。

各水域における生物毎の現存量は、調査によって得られた生息密度に水域（面）もしくは岸線距離を観測値に乗じることにより求めた。

##### [基礎生産者]

植物プランクトン：多項目水質計により計測したクロロフィル a 値 ( $\mu\text{g/L}$ )。

海藻：坪刈りにより採取した海藻類の種毎の湿重量( $\text{g/m}^2$ )。

##### [一次消費者]

動物プランクトン：プランクトンネットの鉛直曳により得られた単位体積当たりの個体数(個体/ $\text{m}^3$ )

底生動物：グラブ式採泥器により採取した底生動物の種毎の湿重量( $\text{g/m}^2$ )

付着動物：基質に付着した生物をはぎ取り採取した種毎の湿重量( $\text{g/m}^2$ )

葉上動物：海藻と同時に採取した葉上動物の種毎の湿重量( $\text{g/m}^2$ )

##### [二次・三次消費者]

魚類：目視観測により確認された魚類の全長と個体数を既存資料（表 2、表 3）や漁獲調査から得られた魚類の全長－体重曲線を用いて換算した。（湿重量；g）

##### [炭素量への換算]

植物プランクトンには、クロロフィル a の観測値( $\mu\text{g/L}$ )を鉛直積分したクロロフィル量( $\text{mg/m}^2$ )の値を用い、炭素量への換算係数は  $C(\text{炭素重量})/\text{Chl-a}(\text{クロロフィル a 重量})=46$  を用いた。

海藻は表 4、動物プランクトンは表 5、底生動物・付着動物・葉上動物は表 6 を用いた。魚類は、既往の知見<sup>3)</sup>からメバルの炭素量／湿重量＝0.08 をすべての魚種に用いた。

表 V.1.4 魚種の全長(TL)－体重(g)換算式と係数(1)

| モデル魚種   | 換 算 式                                         | 体 型 別 区 分                           |
|---------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|
| メ バ ル   | $BW=6.05(0.80TL+1.87)^{2.87} \times 10^{-5}$  | フサカサゴ科、キジハタ、ハオコゼ                    |
| アイ ナ メ  | $BW=2.47(0.90TL+7.48)^{2.97} \times 10^{-5}$  | アイナメ、クジメ、ベラ類                        |
| ス ズ キ   | $BW=2.33(0.82TL+2.32)^{2.95} \times 10^{-5}$  | スズキ、マアジ                             |
| ク ロ ダ イ | $BW=5.46(0.83TL-2.54)^{2.89} \times 10^{-5}$  | タイ科、イシダイ、ウミタナゴ、アイゴ、メジナ、スズメダイ、ネンブツダイ |
| ハ ゼ 類   | $BW=1.77(0.77TL+5.91)^{2.95} \times 10^{-5}$  | チャガラ、アナハゼ、ハゼ科、トラギス科、ギンボ型魚類          |
| ヒ ラ メ   | $BW=1.31(0.84TL-1.77)^{3.04} \times 10^{-5}$  | カレイ科、ヒラメ科                           |
| フ グ 類   | $BW=8.07(0.82TL+1.92)^{2.82} \times 10^{-5}$  | フグ科                                 |
| カ ワ ハ ギ | $BW=14.34(0.84TL-1.82)^{2.65} \times 10^{-5}$ | カワハギ科                               |

換算式は福田富男（1987）：各種魚類の相対成長式－体長，全長，体重の関係－，岡山水試報．．を一部加筆．

表 V. 1.5 魚種の全長(TL)-体重(g)換算式と係数(2)

| 種名          | a                      | b     | 備考           |
|-------------|------------------------|-------|--------------|
| アカエイ        | $4.605 \times 10^{-5}$ | 3.029 | 文献2)         |
| ウチワザメ       | $2.322 \times 10^{-2}$ | 2.688 | web釣り情報3),4) |
| ドチザメ        | $1.318 \times 10^{-3}$ | 3.26  | 漁獲データより      |
| ゴンズイ        | $2.306 \times 10^{-1}$ | 1.84  | "            |
| カサゴ         | $1.311 \times 10^{-2}$ | 3.08  | "            |
| メバル(10cm以上) | $6.840 \times 10^{-4}$ | 4.04  | "            |
| イサキ         | $1.040 \times 10^{-2}$ | 3.14  | 文献5)尾叉長      |
| ウミタナゴ       | $1.290 \times 10^{-4}$ | 4.53  | 漁獲データより      |
| トゲチウウチウウオ   | $2.900 \times 10^{-2}$ | 3.19  | "            |
| ハタテダイ       | $2.900 \times 10^{-2}$ | 3.19  | "            |
| ササノハベラ      | $7.574 \times 10^{-3}$ | 3.24  | "            |
| ホシササノハベラ    | $7.574 \times 10^{-3}$ | 3.24  | "            |
| ベラ科         | $7.574 \times 10^{-3}$ | 3.24  | "            |
| ホンベラ        | $7.574 \times 10^{-3}$ | 3.24  | "            |
| メジナ(10cm以上) | $1.150 \times 10^{-2}$ | 3.15  | "            |
| メジナ(10cm未満) | $1.150 \times 10^{-2}$ | 3.15  | "            |
| ウシノシタ科      | $2.436 \times 10^{-4}$ | 3.96  | "            |
| クロウシノシタ     | $2.436 \times 10^{-4}$ | 3.96  | "            |
| アミメハギ       | $4.795 \times 10^{-2}$ | 2.63  | "            |
| カワハギ        | $9.190 \times 10^{-3}$ | 3.21  | "            |
| クサフグ        | $3.393 \times 10^{-3}$ | 2.92  | "            |

換算式:  $BW = a \cdot TL^b$  BW: 体重(g), TL: 全長(cm)

表 V. 1.6 湿重量から炭素量への換算係数(海藻)

| 種名                                    | 乾重量/湿重量 | 炭素量/乾重量 |
|---------------------------------------|---------|---------|
| ワカメ <i>Undaria pinnatifida</i>        | 0.14    | 0.34    |
| クロメ <i>Ecklonia kurome</i>            | 0.12    | 0.46    |
| ホンダワラ <i>Sargassum fulvellum</i>      | 0.25    | 0.37    |
| ヒジキ <i>Hizikia fusiformis</i>         | 0.20    | 0.34    |
| アカモク <i>Sargassum horneri</i>         | 0.13    | 0.31    |
| ノコギリモク <i>Sargassum serratifolium</i> | 0.10    | 0.31    |
| アマモ <i>Zostera marina</i>             | 0.14    | 0.32    |

表 V. 1.7 個体数から炭素量への換算係数(動物プランクトン)

| 動物分類群名 |         |                 | 乾重量/個体<br>( $\mu\text{g}/\text{個体}$ ) | 炭素量/乾重量<br>( $\text{mg}/\text{m}^2$ )/( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) |
|--------|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 環形動物門  | 多毛綱     | Polychaeta      | 29.1                                  | 0.35                                                             |
| 節足動物門  | ミジンコ目   | Cladocera       | 4.1                                   | 0.38                                                             |
|        | カイアシ目   | Copepoda        | 22.7                                  | 0.43                                                             |
|        | 甲殻綱     | Other Crustacea | 119.0                                 | 0.33                                                             |
| 脊索動物門  | オタマボヤ   | Appendicularia  | 1.9                                   | 0.39                                                             |
|        | タリア綱    | Thaliacea       | 30.8                                  | 0.30                                                             |
| 渦鞭毛動物門 | ヤコウチュウ属 | Noctiluca       | 0.7                                   | 0.36                                                             |
| 刺胞動物門  | ヒドロ虫綱   | Hydrozoa        | 146.0                                 | 0.49                                                             |
| 毛顎動物門  | 現生矢中綱   | Sagittoidea     | 190.0                                 | 0.40                                                             |

表 V. 1. 8 湿重量から炭素量への換算係数（底生生物・付着動物・葉上動物）

| 動物分類群     | 降灰分乾重量/湿重量 | 炭素量/乾重量<br>(mg/m <sup>2</sup> )/(mg/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------|------------------------------------------------------|
| 多毛類       | 0. 15      | 0. 4                                                 |
| 軟体類：中型    | 0. 05      | 0. 4                                                 |
| 軟体類：小型    | 0. 08      | 0. 4                                                 |
| 甲殻類       | 0. 16      | 0. 4                                                 |
| 棘皮類：ナマコ除く | 0. 04      | 0. 4                                                 |
| 棘皮類：ナマコ類  | 0. 17      | 0. 4                                                 |
| その他       | 0. 17      | 0. 4                                                 |

注) 軟体類は湿重量0. 02g以下を小型、それ以外を中型とした。

#### ⑤漁港の生物現存量の原単位化

春・夏の平均現存量を単位面積当たりで算出した、各属性データに対応する分布面積を、漁港面積で割り戻して原単位化した。

#### ⑥漁港の特性

漁港の特性についてとりまとめを行った。

#### ⑦漁港の改良方策

漁港の改良方策についてとりまとめを行った。

## V. 2 環境を重視した評価手法の開発

水産環境整備では、「環境基盤の重視」、「点から空間へ」、「資源や環境の変動への対応」を3本柱とし、対象魚種の漁獲増加から、生態系全体の生産力の底上げへの転換をめざしている。このため、物質循環の正常化によって生態系を本来あるべき姿（豊かな海を目指す）へ修復、維持または拡大していくことを目標としている。

これらの理念を具現化するために、海域全体のマスタープランを作成し、水産生物の動態や生活史に対応した良好な生息環境空間を創出する整備を行う。一方で、これらの評価については、生態系ピラミッドに着目した評価が提案されており、「水産環境整備推進技術開発調査」を通じて、比較的データの得られやすい漁港水域をモデルに、3カ年の調査を通じて取得したデータを用いて環境を重視した評価手法の考え方及び今後の課題についてとりまとめを行った。

### (1) 検討対象とする評価領域

水産環境整備は一定の海域範囲における「生態系全体の生産力の底上げ」を目標としており、個別事業が有機的に連携し、その空間の包括的な改善・修復・創出がなされるように計画され（マスタープランの策定）、当該計画に基づいて整備が行われる（図 V. 2. 1）。このような事業の枠組みの下で、以下に示す課題に対する検討が必要となる。

#### ①検討課題1：環境を重視した経済評価手法の検討（生態系ピラミッドに着目した評価）

漁場整備が環境基盤として発揮している生態系サービスの向上効果全体を対象とした経済評価の考え方や事業評価における費用便益分析への活用も視野に入れた評価手法の検討が必要

#### ②検討課題2：水産環境整備マスタープランの最適化に資する効果の予測・確認手法の検討（HEP※の評価領域）

マスタープランの策定段階において計画全体の最適化を図り、整備期間中の修正変更の検討にも資する効果の予測・確認手法の検討が必要



※Habitat Evaluation Procedure（ハビタット評価手続き）の略で、野生生物の生育・生息環境としての適否という視点から生態系を総合的に評価する手続き

（参考）：水産環境整備への国民的な理解の醸成に資する効果の把握と情報発信（環境基盤の評価領域）

水産環境整備の国民的な理解の醸成に活用すべく、新たな環境基盤の形成状況の把握と情報発信が必要

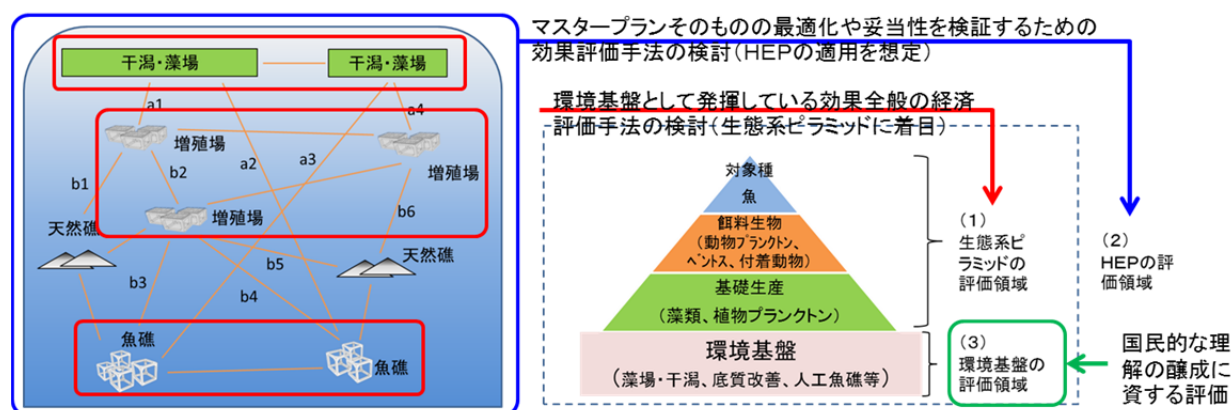


図 V. 2. 1 水産環境整備による整備イメージと検討対象

### V. 3 P D C Aサイクル推進マニュアル

水産環境整備の事業の実施に際しては、水産資源を取り巻く環境要因の変動性に柔軟に対応するため、整備効果に応じて事業の規模や進め方を改善するためにP D C Aサイクル（図 V. 3. 1）を機能させる必要があります、そのために必要なモニタリング体制の整備を行う必要があります。

このため、本業務では水産生物の生活史の把握や環境モニタリングの充実、順応的な管理手法の導入による漁場整備の展開を図ることを目的としたP D C Aサイクル推進のためのマニュアル（案）を作成する。

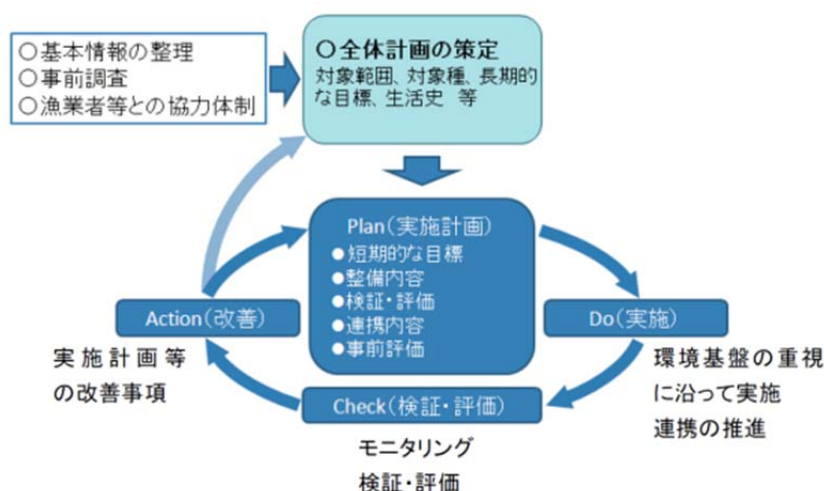


図 V. 3. 1 計画策定とP D C Aサイクルの流れ

#### V. 4 広域連携の事業化スキームの研究開発

水産生物は広域を回遊するものや、成長段階によって生息域を変えるものなど多様な生態をもっており、これらの資源回復、漁場整備においては、生物の生活史に着目した生息場のネットワークの視点からの取り組みが必要である。そのためには、従来の行政の枠組みを越えた広域的な海域管理が必要であり、国および複数県が連携して事業を進めるための仕組みづくりも課題となっている。

本業務では、平成 23 年度より実施している「播磨灘地区水産環境整備」を先進事例として、広域連携による漁場整備の候補地区を 2 地区程度選定し、全体計画（マスタープラン）および各県の事業内容に係る情報を収集整理するとともに、事業化スキームを検討する。

また、事業実施後の評価、資源・環境変動への柔軟な対応、管理を図っていくための効果的なモニタリング手法を開発する。

#### V. 5 検討委員会の開催

本業務の実施にあたっては、検討課題が異なることから 1. 漁港の水産増殖機能の技術開発、2. 環境を重視した評価手法の開発、3. P D C A サイクル推進マニュアル及び 4. 広域連携の事業化スキームの研究開発について、2 つの検討委員会を設置した。いずれも、（一財）漁港漁場漁村総合研究所が事務局となり、専門分野の知見を有する学識経験者を委員とする調査検討委員会を設け、指導を仰ぎながら実施した。

##### (1) 検討課題 1：漁港の水産増殖機能の技術開発

##### 検討課題 2：環境を重視した評価手法の開発

##### 検討課題 3：P D C A サイクル推進マニュアル

水産環境整備を推進する観点から、平成 22 年に引き続き、専門分野の知見を有する学識経験者を委員とし、水産庁をオブザーバーとする「水産環境整備推進技術開発検討委員会」を年 2 回（平成 24 年 9 月、平成 25 年 2 月）開催した。

表 V. 5. 1 検討委員

| 区分  | 氏 名   | 所 属                      | 役 職   |
|-----|-------|--------------------------|-------|
| 委員長 | 安永 義暢 | (元)日本海区水産研究所 所長          |       |
| 委員  | 鈴木 伸洋 | 東海大学海洋学部水産学科             | 教授    |
| 委員  | 藤原 建紀 | 京都大学大学院農学研究科             | 教授    |
| 委員  | 今林 博道 | 広島大学大学院生物圏科学研究科          | 教授    |
| 委員  | 桑原 久美 | (独)水産総合研究センター<br>水産工学研究所 | グループ長 |
| 委員  | 瀬戸 雅文 | 福井県立大学海洋生物資源学部           | 教授    |
| 委員  | 吉田謙太郎 | 長崎大学環境科学部                | 教授    |

##### (2) 検討課題 4：広域連携の事業化スキームの研究開発

水産環境整備を推進する候補地区において、関係県が連携した水産環境整備マスタープランの作成に向けた取り組みを支援しつつ、技術的課題を洗い出すため、（一財）漁港漁場漁村総合研究所が事務局として関係県の担当者を招集し、情報共有及び意見交換を行う「行政連絡会議」を年 2 回（平成 24 年 8 月、平成 25 年 1, 3 月）開催した。

会議の構成員としては、主として関係都道府県担当者（行政、試験場等）、水産庁と

した。事務局は、会議日程の調整、会議の議題等を提示するなど総合調整を行った。

表 V. 5. 2 本州日本海北部 連絡会議構成委員

| 区分  | 氏 名   | 所 属                            | 役 職            |
|-----|-------|--------------------------------|----------------|
| 関係県 | 桐原 慎二 | 青森県農林水産部漁港漁場整備課<br>企画・振興グループ   | 総括主幹           |
|     | 吉田 雅範 | 〃                              | 主査             |
|     | 菊谷 尚久 | 地方独立行政法人青森県産業技術センター<br>水産総合研究所 | 資源増殖部長<br>資源部長 |
|     | 三浦 信昭 | 秋田県農林水産部水産漁港課                  | 副主幹            |
|     | 山田 潤一 | 秋田県水産振興センター                    | 資源部長           |
|     | 大井 明彦 | 山形県農林水産部生産技術課水産室               | 室長補佐           |
|     | 鈴木 裕之 | 山形県庄内総合支庁産業経済部水産課              | 課長補佐           |
|     | 平野 央  | 山形県水産試験場                       | 浅海増殖部長         |

表 V. 5. 3 伊予灘 連絡会議構成委員

| 区分  | 氏 名   | 所 属                                | 役 職      |
|-----|-------|------------------------------------|----------|
| 関係県 | 加藤 利弘 | 愛媛県農林水産部水産局水産課<br>振興開発係            | 振興開発係長   |
|     | 松岡 学  | 愛媛県農林水産研究所水産研究センター<br>栽培資源研究所浅海調査室 | 室長       |
|     | 高田 茂弘 | 山口県農林水産部漁港漁場整備課計画班                 | 主査       |
|     | 馬場 俊典 | 山口県水産研究センター内海研究部                   | グループリーダー |
|     | 尾上 静正 | 大分県農林水産部水産振興課漁場整備班                 | 課長補佐     |
|     | 畔地 和久 | 農林水産研究指導センター水産研究部<br>浅海・内水面グループ    | 主任研究員    |

## VI 調査結果及び考察

### VI. 1 漁港の水産増殖機能の技術開発

#### VI. 1. 1 物理化学環境

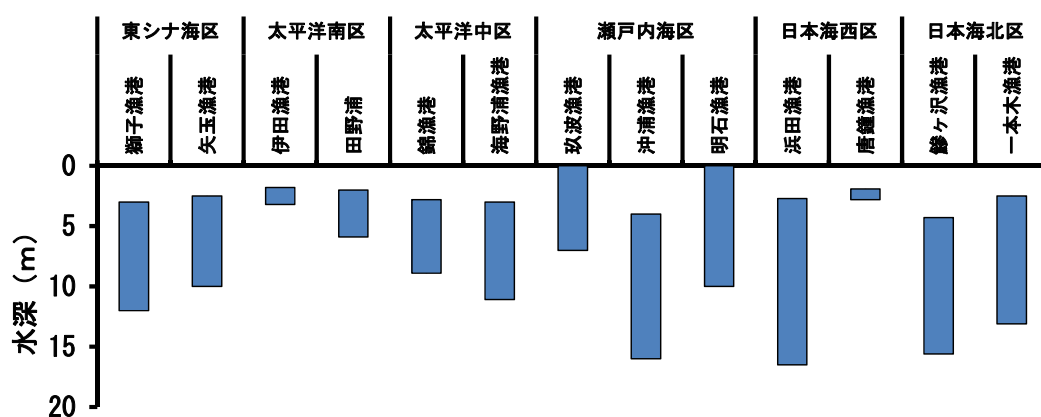
現地調査によって得られた漁港の物理化学環境の結果を示す。

##### (1) 水深と海水交換状況

図VI. 1. 1 に示すとおり、最大水深は概ね 15m 以浅。港内に干潟がある漁港を除き、最少水深は 4m 程度であった。

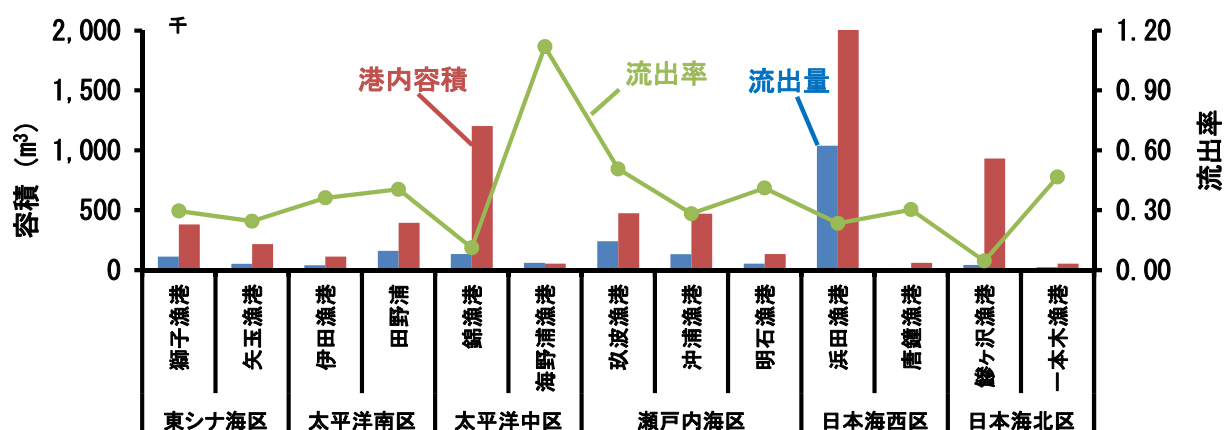
図VI. 1. 2 に示す海水交換率は、泊地面積×潮位差／満潮時漁港容積で流出率を算出した。

この計算方法の問題点は、海水流量は算定できるが、実際の交換量については求められないことであり、今後の課題とする。



図VI. 1. 1 漁港の水深

注) グラフは、最小水深から最大水深の幅を表す。



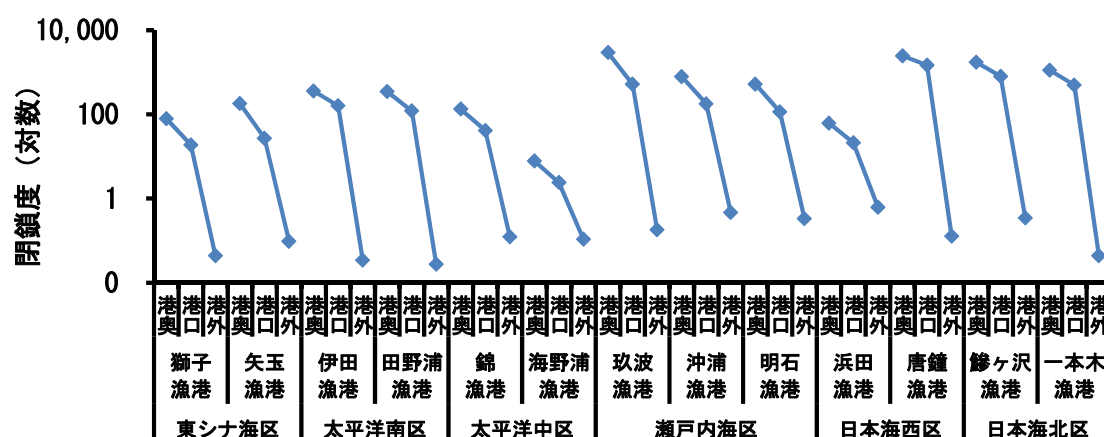
図VI. 1. 2 海水交換状況

## (2) 閉鎖度

内湾度指数（横山、2002）を漁港に応用して算出した（図VI. 1. 3）。瀬戸内海は静穏度が高いため、計算値を 10 倍した。計算値は便宜的に海水交換の指標として使用した。

閉鎖性が高い漁港は玖波漁港、唐鐘漁港、鯨ヶ沢漁港、一本木漁港であった。

閉鎖性が低い漁港は海野浦漁港、浜田漁港であった。



図VI. 1. 3 閉鎖度

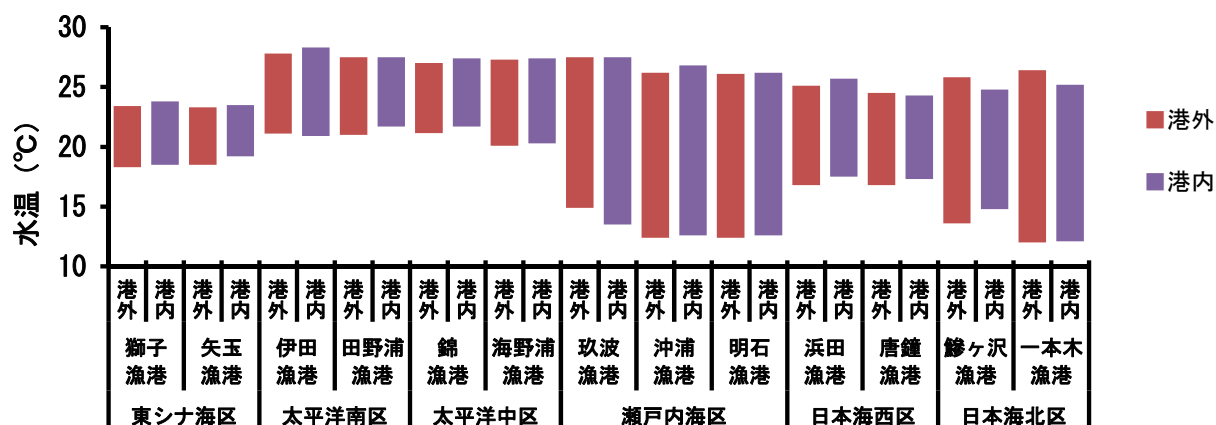
注) 縦軸は対数表示。

## (3) 水温・塩分

水温の調査結果を図VI. 1. 4 に、塩分の調査結果を図VI. 1. 5 に示す。グラフはいずれも春季と夏季の幅を表す。

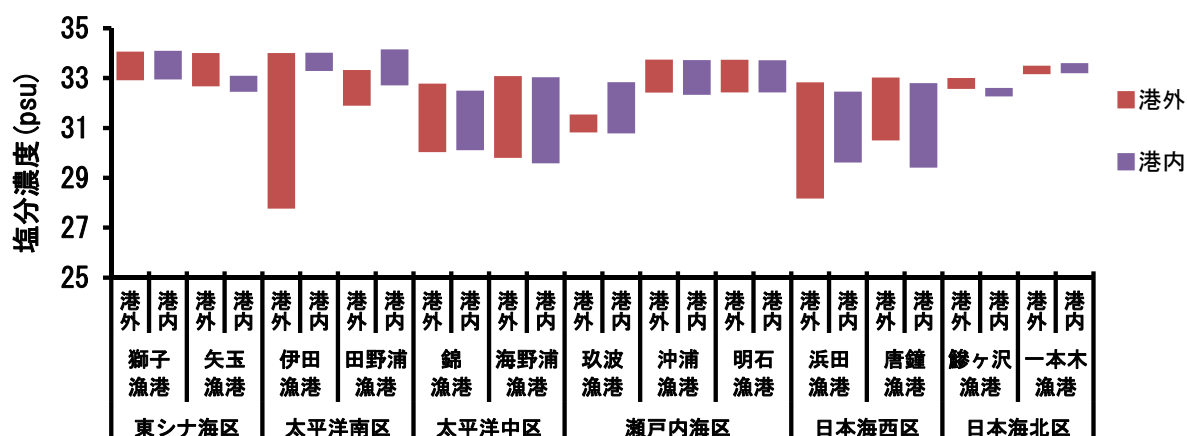
水温は、東シナ海区、太平洋中区、太平洋南区の漁港で変動が少なかった。瀬戸内海区、日本海北区は変動が大きかった。瀬戸内海区については、春季調査が 4 月と地区より 1 ヶ月早いこと、日本海北区は地理的条件による影響が考えられる。

塩分は、日本海西区で、相対的に低く、河川の流入する漁港では変動が大きいことが示された。



図VI. 1. 4 水温

注) 春季と夏季の幅を表す。



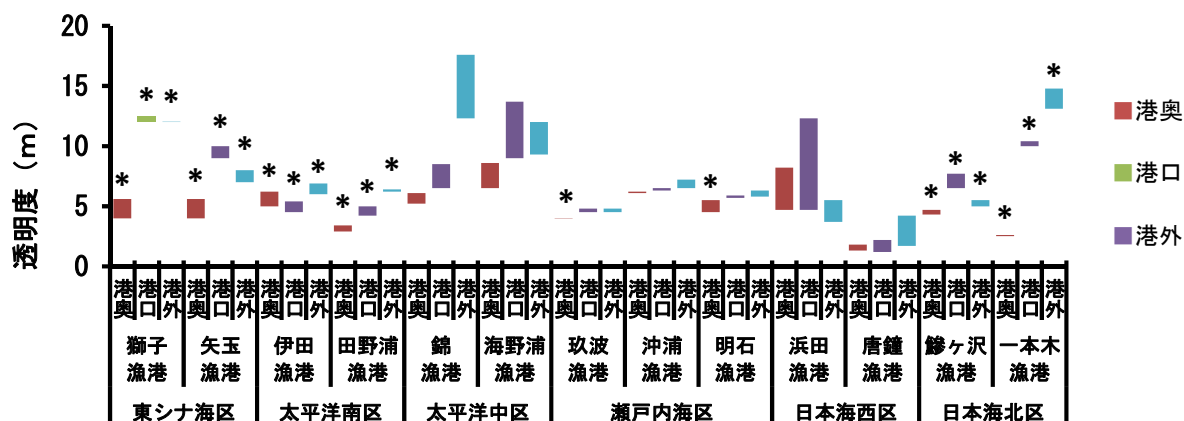
図VI. 1. 5 塩分

注) 春季と夏季の幅を表す。

#### (4) 透明度

透明度の調査結果を図VI. 1. 6 に示す。

港内は着底が多いが、概ね 5m 以上の透明度であった。透明度が最も悪いのは唐鐘漁港の港奥であった。



図VI. 1. 6 透明度

注 1) 春季と夏季の幅を表す。

注 2) \* は測定結果が着底であったことを表す。



### (5) D0

夏季底層の D0 の調査結果を図 VI. 1. 7 に示す。全漁港で水産用水基準を満たすことから、溶存酸素量からは、周年魚介類の生息可能な水域と判断される。

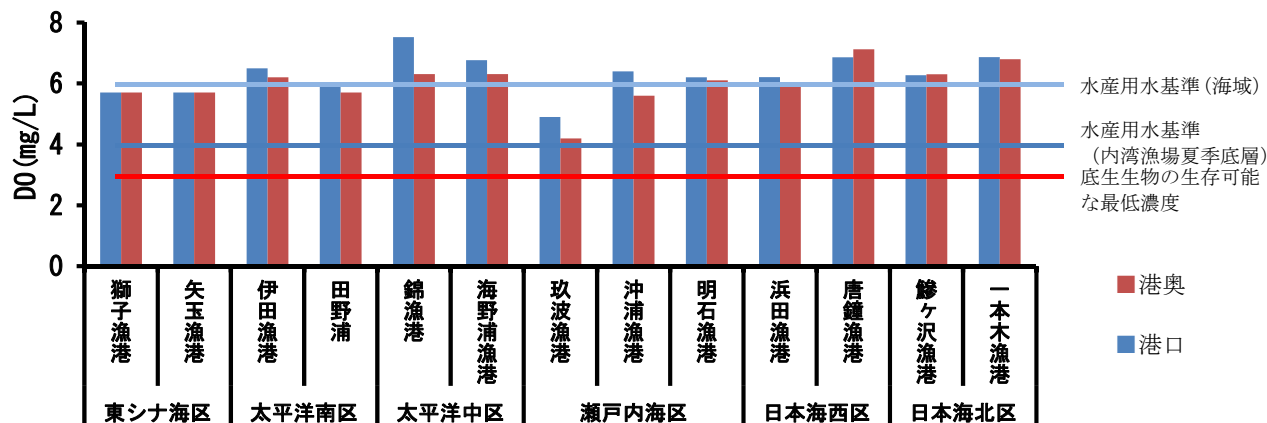


図 VI. 1. 7 D0 (夏季底層)

### (6) 栄養塩

T-N・T-P の関係と水平分布図を図 VI. 1. 8 と図 VI. 1. 9 に示す。

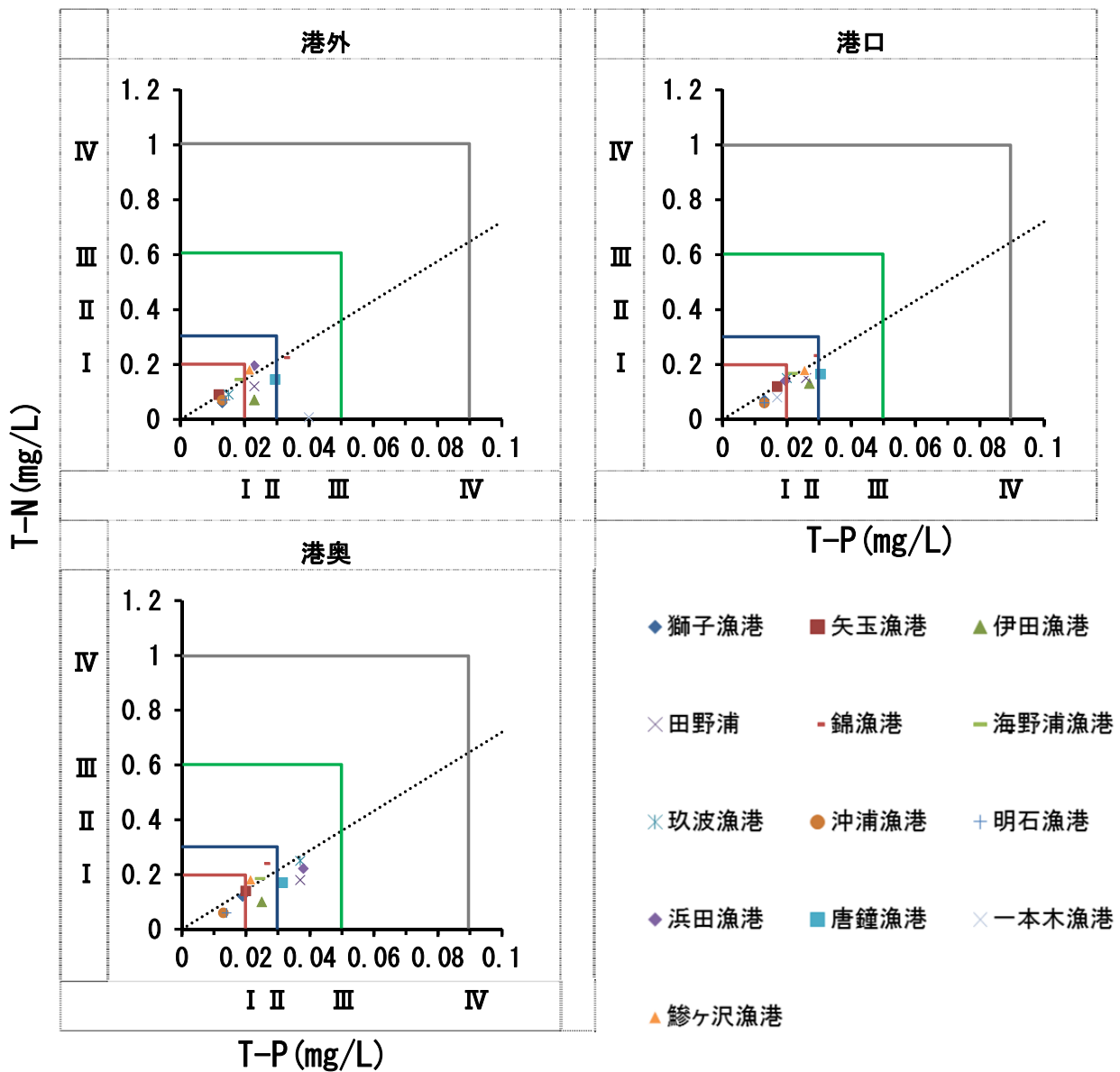
全漁港で水産 2 種の範囲内であった。港内は港外に比べて栄養塩濃度が高く、概ねレッドフィールド比の範囲内であった。

T-N が高い漁港は、いずれも港内で、玖波漁港、浜田漁港、鯨ヶ沢漁港、錦漁港であった。T-P が高い漁港は、いずれも港内で、浜田漁港、玖波漁港、田野浦漁港であった。

DIN・DIP の関係と水平分布図を図 VI. 1. 10 と図 VI. 1. 11 に示す。

DIN・DIP は、港外、港内いずれにおいても大型海藻に必要な栄養塩濃度を満たした。港内は港外に比べて濃度が高くなった。DIN・DIP 比は玖波漁港の港奥を除き、概ね窒素律速であった。

DIN が高い漁港は、いずれも港内で、浜田漁港・鯨ヶ沢漁港・一本木漁港・伊田漁港・田野浦漁港であった。DIP が高い漁港は、いずれも港内で、玖波漁港・浜田漁港・唐鐘漁港であった。

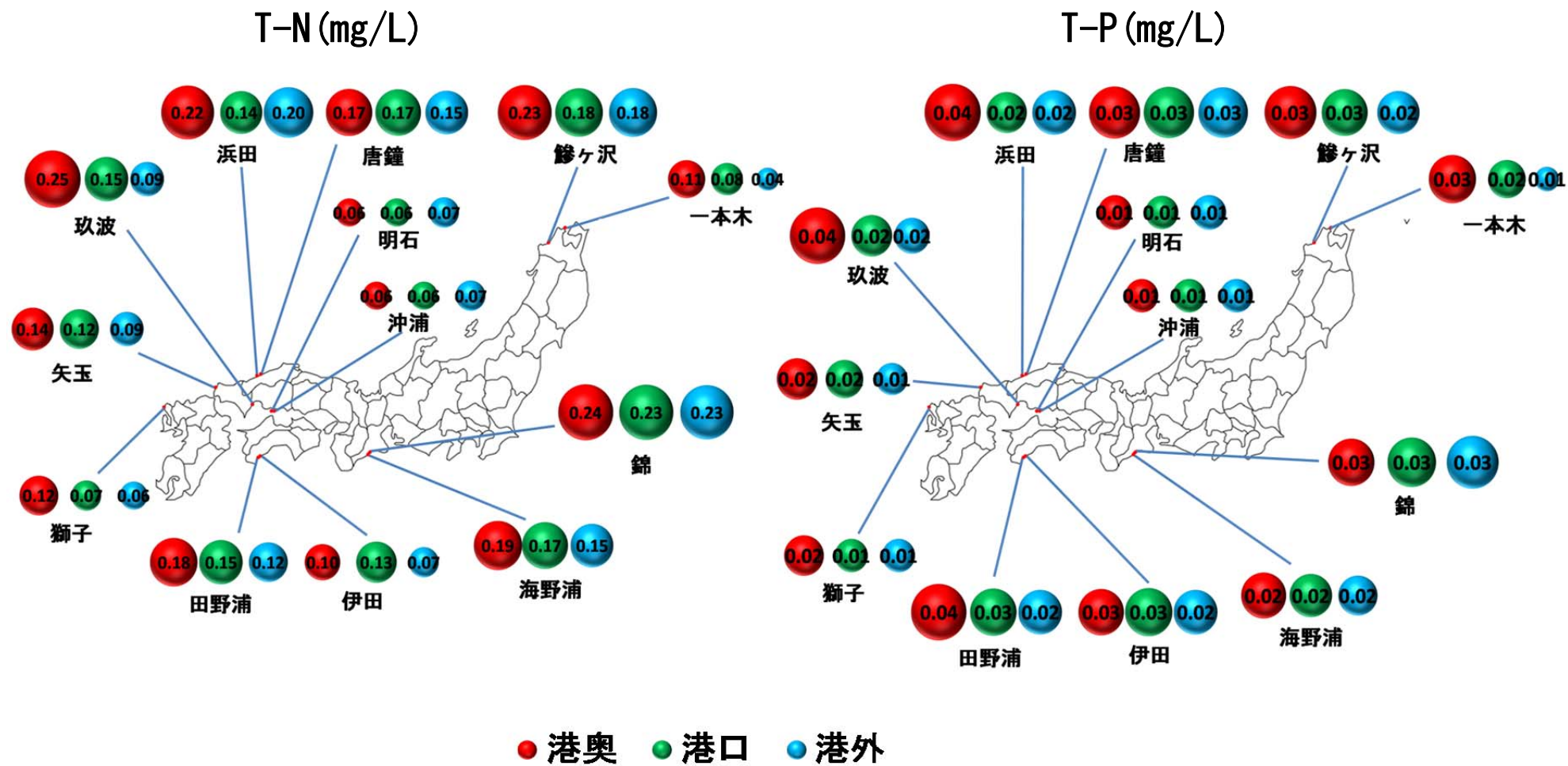


| 類型  | T-N        | T-P        | 水産業との関連                                    |
|-----|------------|------------|--------------------------------------------|
| I   | 0.2 mg/L以下 | 0.02mg/L以下 | 自然環境保全                                     |
| II  | 0.3mg/L以下  | 0.03mg/L以下 | 水産1種: 底生魚介類を含めたような水産生物がバランス良く、かつ、安定して漁獲される |
| III | 0.6mg/L以下  | 0.05mg/L以下 | 水産2種: 一部の底生魚介類を除き、魚類を中心とした水産生物が多獲される       |
| IV  | 1.0mg/L以下  | 0.09mg/L以下 | 水産3種: 汚濁に強い特定の水産生物が主に漁獲される                 |

出典：環境基準

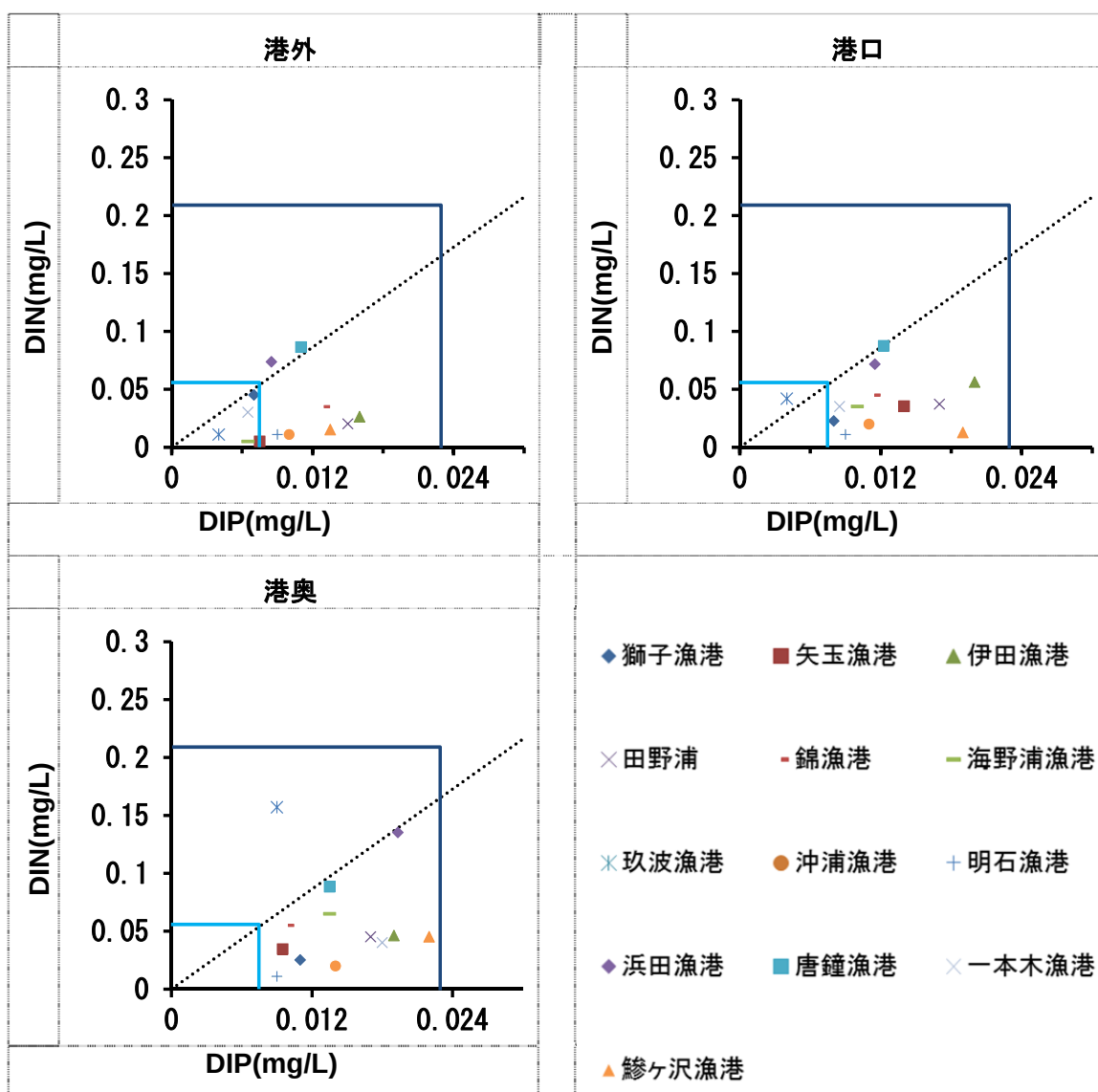
図VI.1.8 T-NとT-P（春季・夏季平均）の関係

注）破線はレッドフィールド比（N:P=7.2:1;重量比）。



図VI. 1. 9 T-N, T-P の水平分布

注) 図中の数値は各地点の値 (mg/L) を表す。



大型海藻の生産に必要な栄養塩の適性濃度

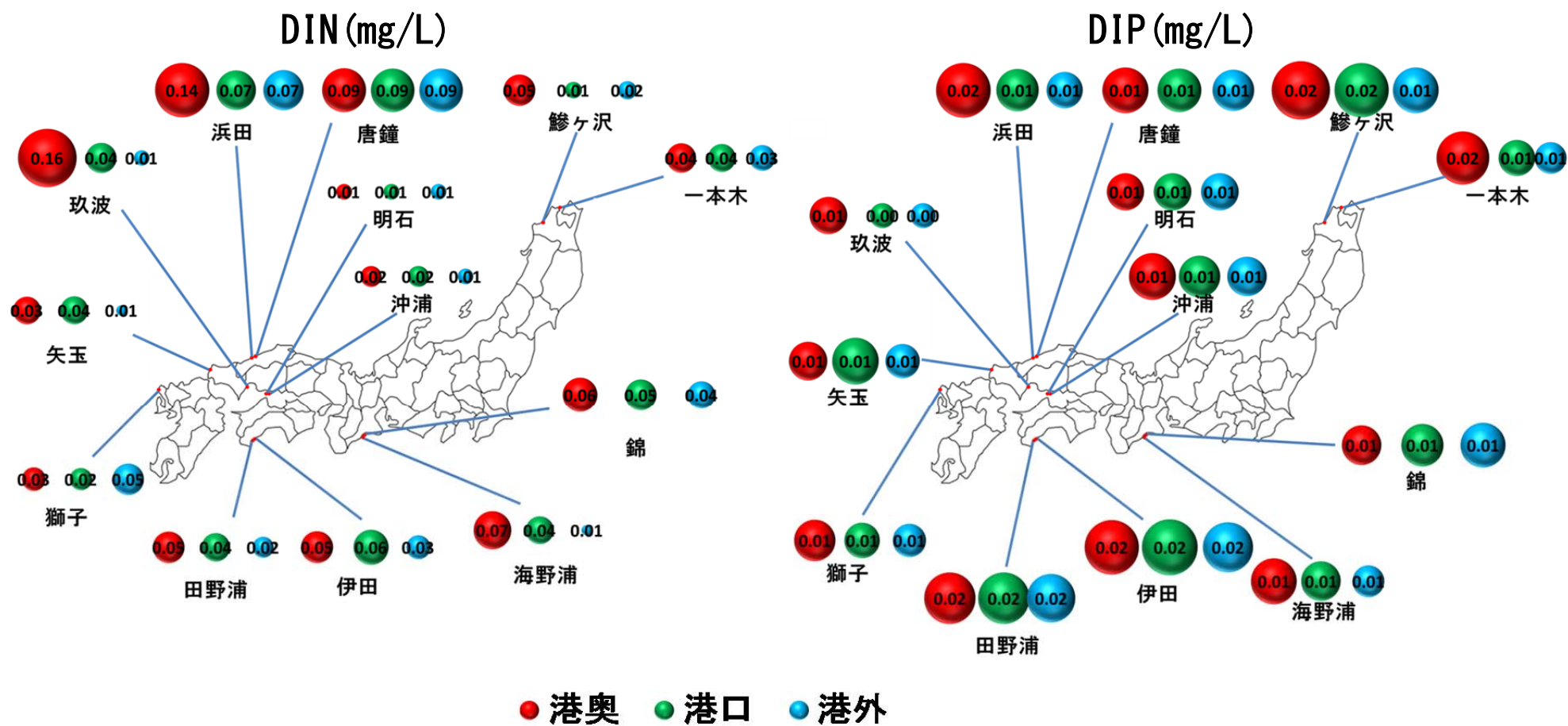
| 項目  | 適性範囲          |              |
|-----|---------------|--------------|
|     | $\mu\text{M}$ | mg/L         |
| DIN | 4~15          | 0.056~0.21   |
| DIP | 0.25~0.75     | 0.0078~0.023 |

出典：吉田ら（2011）

図VI.1.10 DINとDIP（春季・夏季平均）の関係

注1) 破線はレッドフィールド比（N:T=7.2:1;重量比）。

注2) 定量限界値未満（<0.01mg/L）は便宜的に0.005mg/Lとして入力



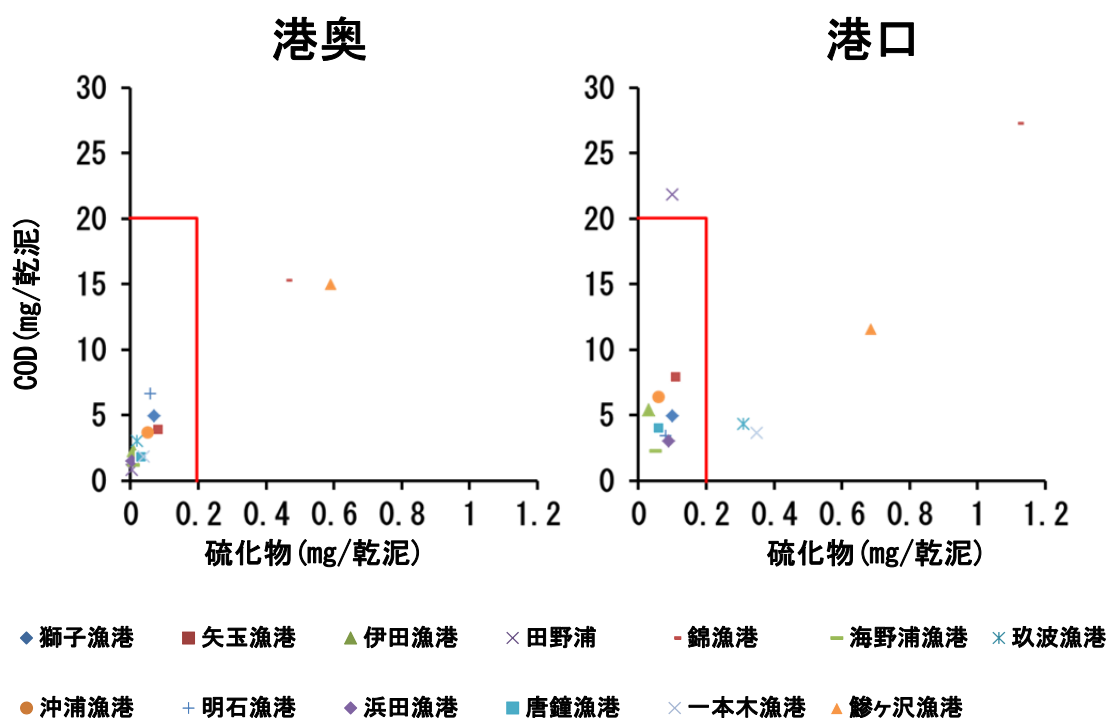
図VI. 1. 11 DIN, DIP の水平分布

注) 図中の数値は各地点の値 (mg/L) を表す。

### (7)底質（夏季）

底質のCODと硫化物の関係を図VI. 1. 12 に示す。

水産用水基準を上回る漁港は、錦漁港・田野浦漁港・鰯ヶ沢漁港・玖波漁港で、それ以外は基準を満たした。



図VI. 1. 12 底質の環境(夏季 CODsed・硫化物)

注) 赤色の線は水産用水基準

## VI. 1. 2 生物環境

現地調査によって得られた漁港の生物環境の結果を示す。

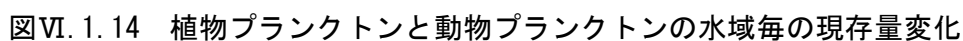
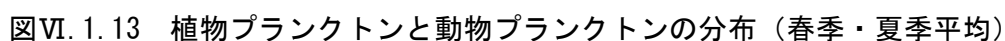
### (1)植物プランクトンと動物プランクトン

植物プランクトンと動物プランクトンの現存量と水平分布を図VI. 1. 13 と図VI. 1. 15 に示す。現存量は瀬戸内海区の漁港を除き、概ね港内が港外よりも多かった(図VI. 1. 14)。

植物プランクトンはいずれも港内で、錦漁港・鰯ヶ沢漁港・海野浦漁港の順に多くなっていた。

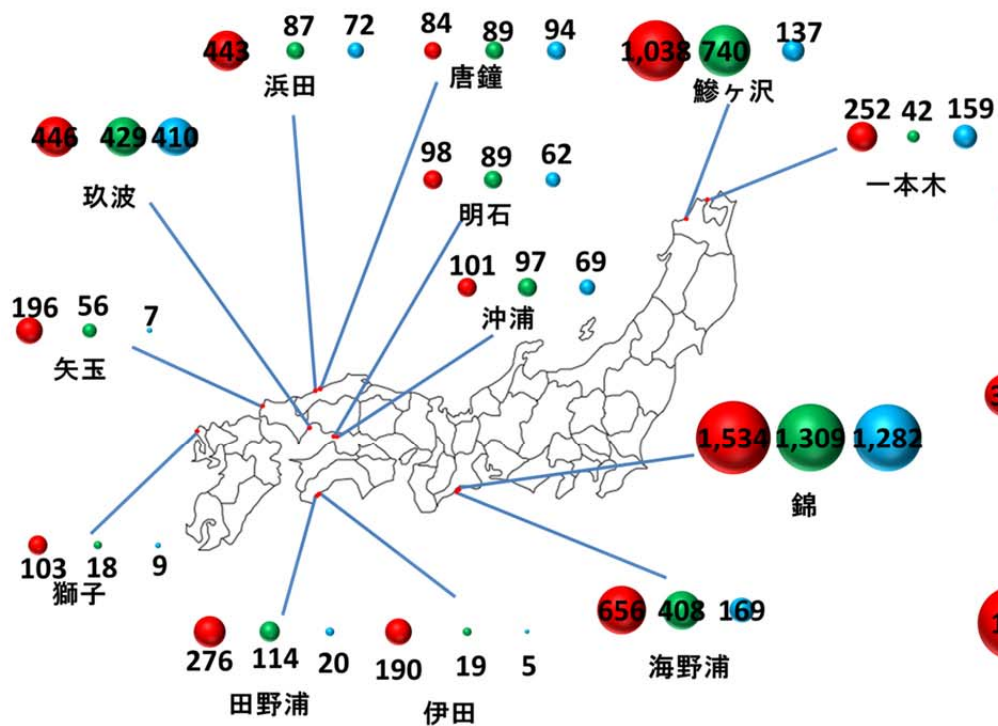
動物プランクトンはいずれも港内で、獅子漁港・田野浦漁港・浜田漁港の順に多くなっていた。

植物プランクトンと動物プランクトンの比は漁港によって異なり、動物プランクトンが植物プランクトンより多い漁港もあった。

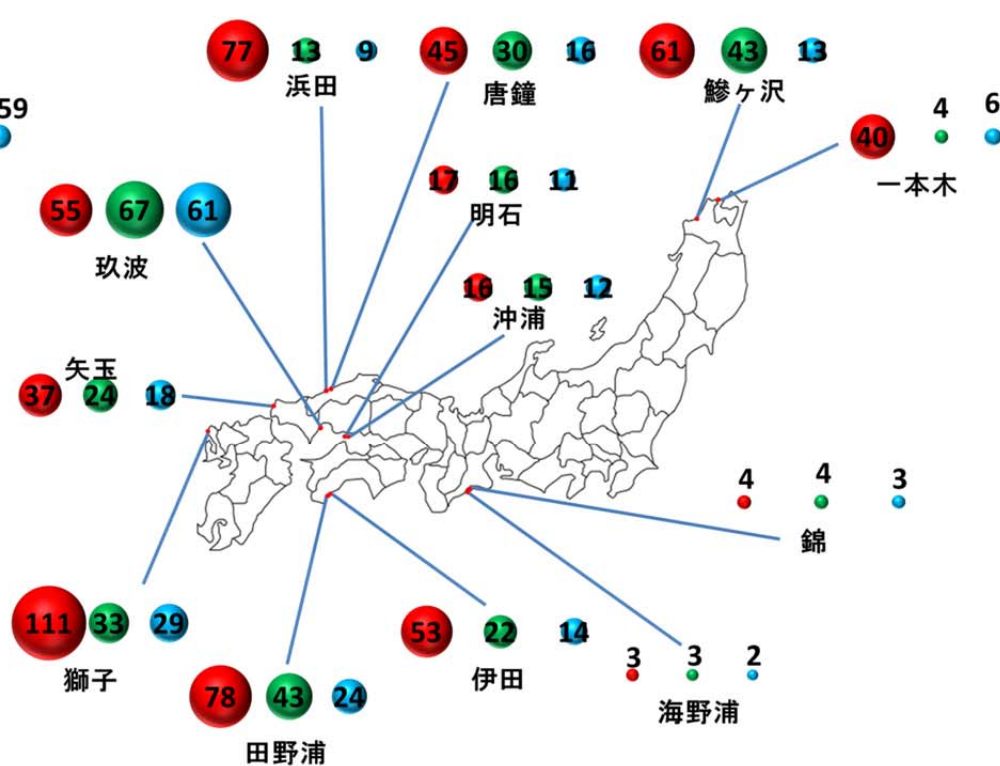




## 植物プランクトン（千細胞/L）



## 動物プランクトン（千個体/L）



● 港奥 ● 港口 ● 港外

図VI. 1. 15 植物プランクトン，動物プランクトンの水平分布

注) 図中の数値は各地点の値を表す。

## (2) 海藻の現存量と組成比

春季の海藻の現存量と組成比の関係を図VI. 1. 16 に、漁港の開鎖度と現存量の関係を図VI. 1. 17 に示す。

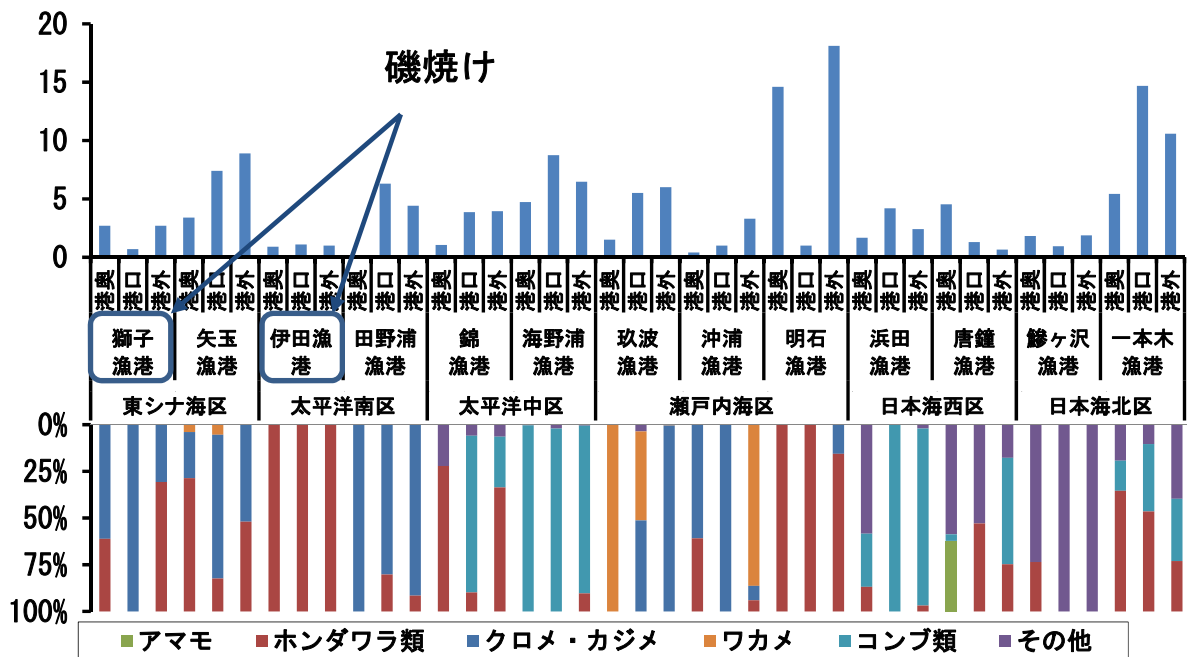
伊田漁港と獅子漁港では磯焼けがみられた。

アマモは、唐鐘漁港の港内に出現した。砂泥底であることや、海藻に比べて静穏度の高いことが条件と推察される。

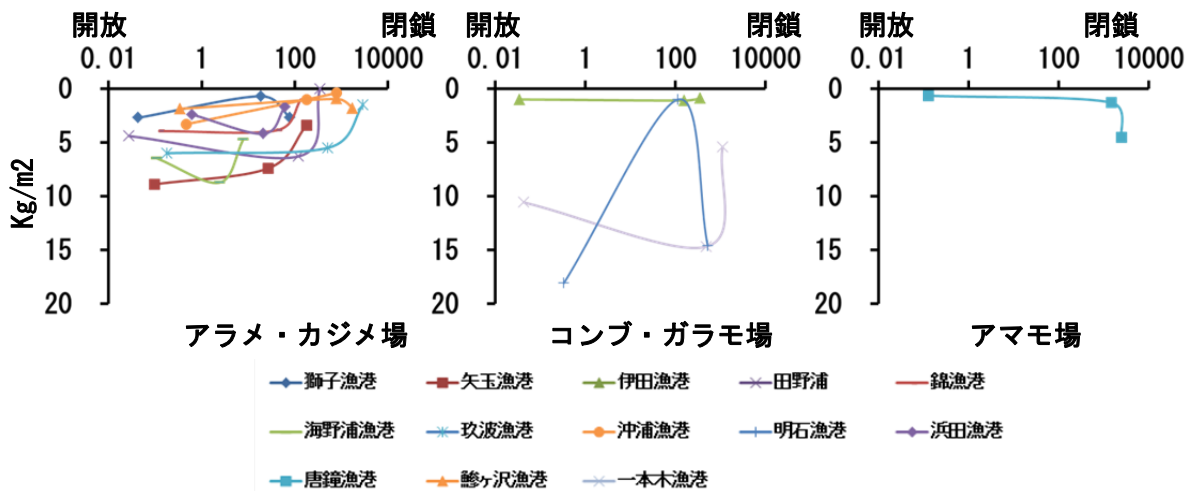
コンブは一本木漁港に分布し、港外で優占していた。

ホンダワラ類は、伊田漁港・錦漁港・明石漁港・一本木漁港で出現した。港外で多いが、明石漁港のみ港奥にも分布していた。

アラメ・カジメ・クロメは獅子漁港、田野浦漁港・海野浦漁港・玖波漁港・浜田漁港・唐鐘漁港で出現し、港外と港口を中心に分布していた。



図VI. 1. 16 海藻の現存量と組成比（春季）



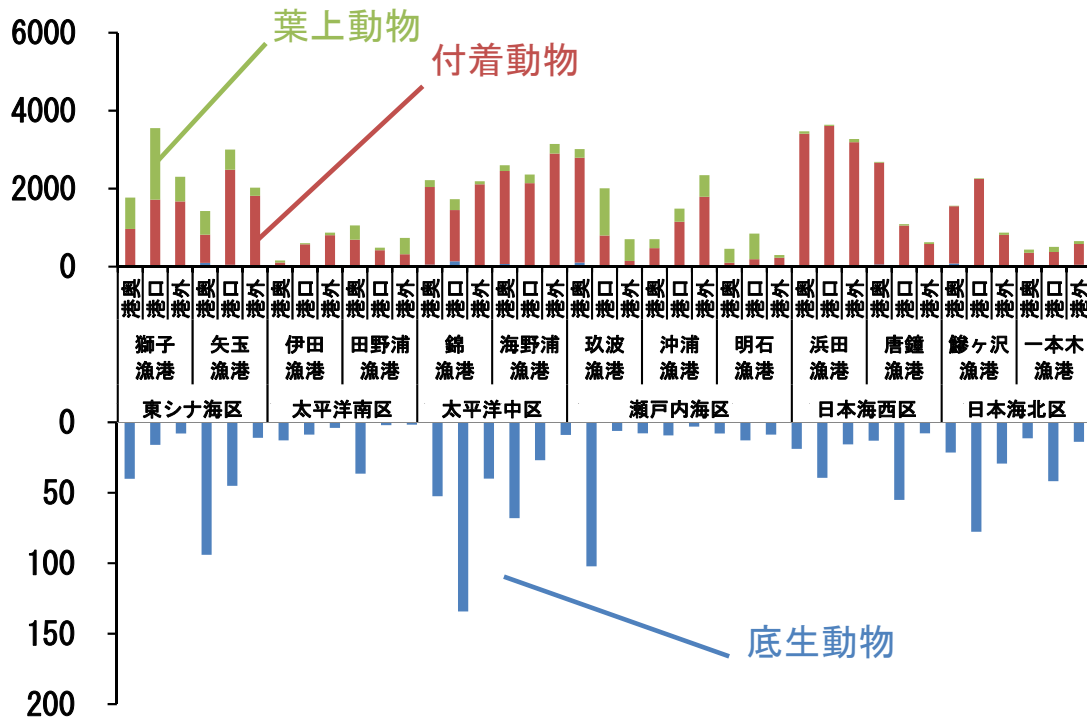
図VI. 1. 17 海藻の水域毎の現存量変化（春季）

### (3) 底生動物・付着動物・葉上動物

底生動物・付着動物・葉上動物の現存量の春季・夏季平均値を、図VI. 1. 18 に示す。図の値は、魚類の餌料性の観点から、餌料価値の乏しい分類群（海綿、ホヤ、苔虫、カキ類）を削除して集計した。

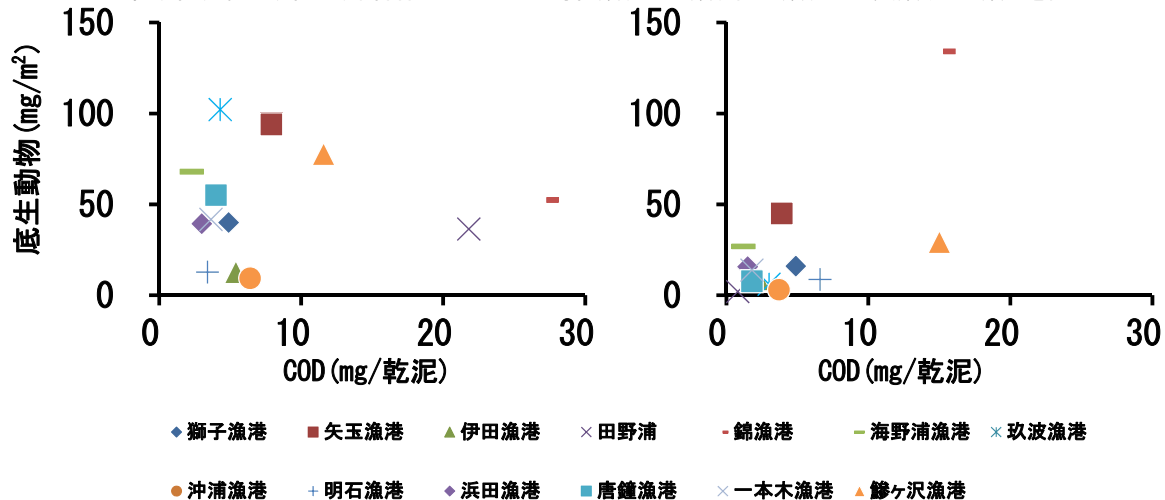
現存量は、付着動物、葉上動物、底生動物の順に多かった。

付着動物、葉上動物は、港外、港口、港奥で一定の傾向がみられなかった。底生動物は、COD が高い漁港内が港外と比べて多くなっていた（図VI. 1. 19）。



図VI. 1. 18 底生動物・付着動物・葉上動物の現存量（春季・夏季平均）

注) 付着動物、葉上動物は、餌料価値の乏しい海綿類、ホヤ類、苔虫類、大型貝類（カキ類）を除外した値。

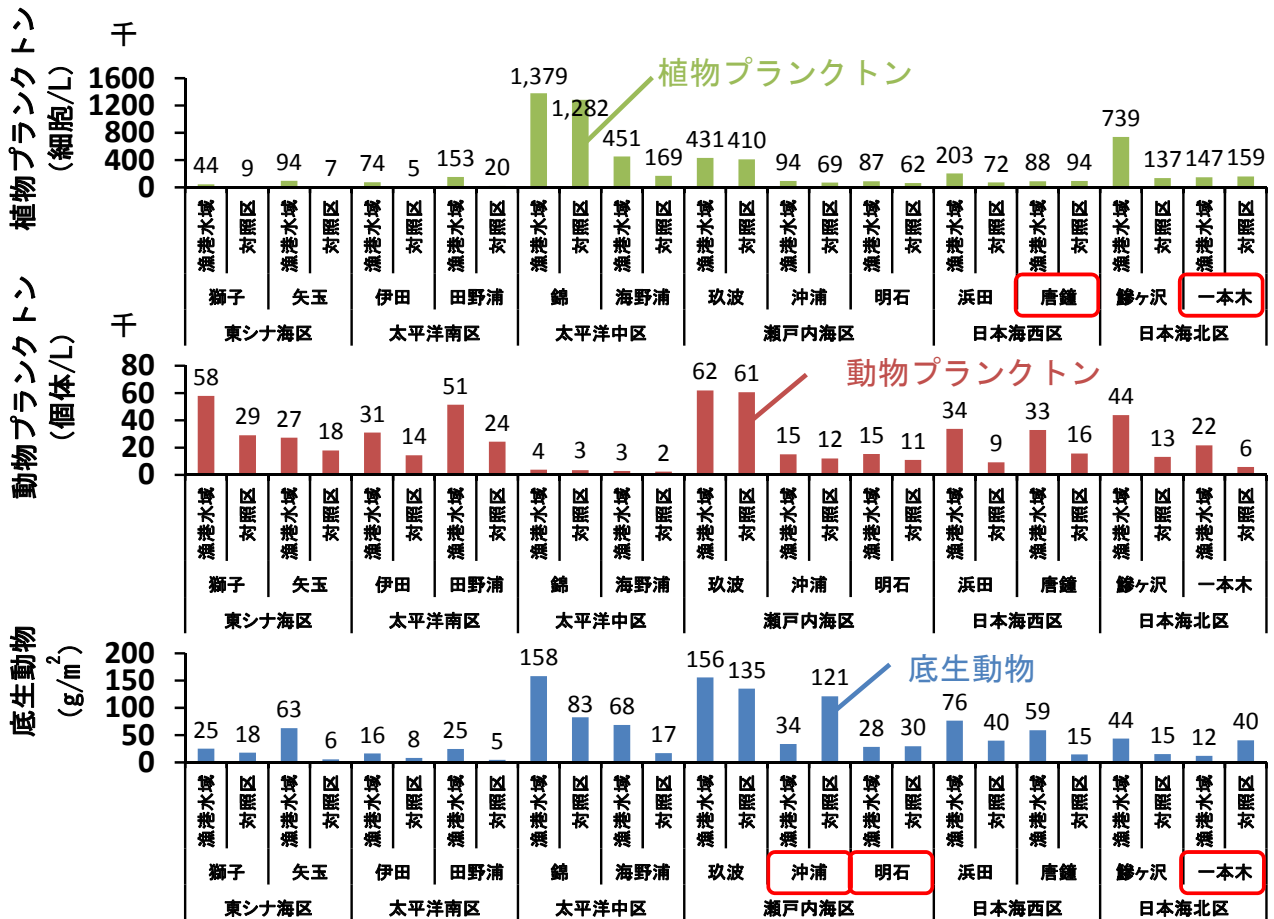


図VI. 1. 19 底生動物と COD の比較

#### (4) 漁港と対照区の比較

漁港水域と同一水深帯の対照区を比較した結果を図VI. 1. 20 に示す。

動物プランクトンは漁港水域で多かった。植物プランクトン、底生動物も概ね漁港水域で多かった。



図VI. 1. 20 漁港水域と対照区の現存量比較

注) 対象区の値が漁港水域の値より高い場所を赤色の枠で囲った。

### VI. 1.3 漁港の水域区分

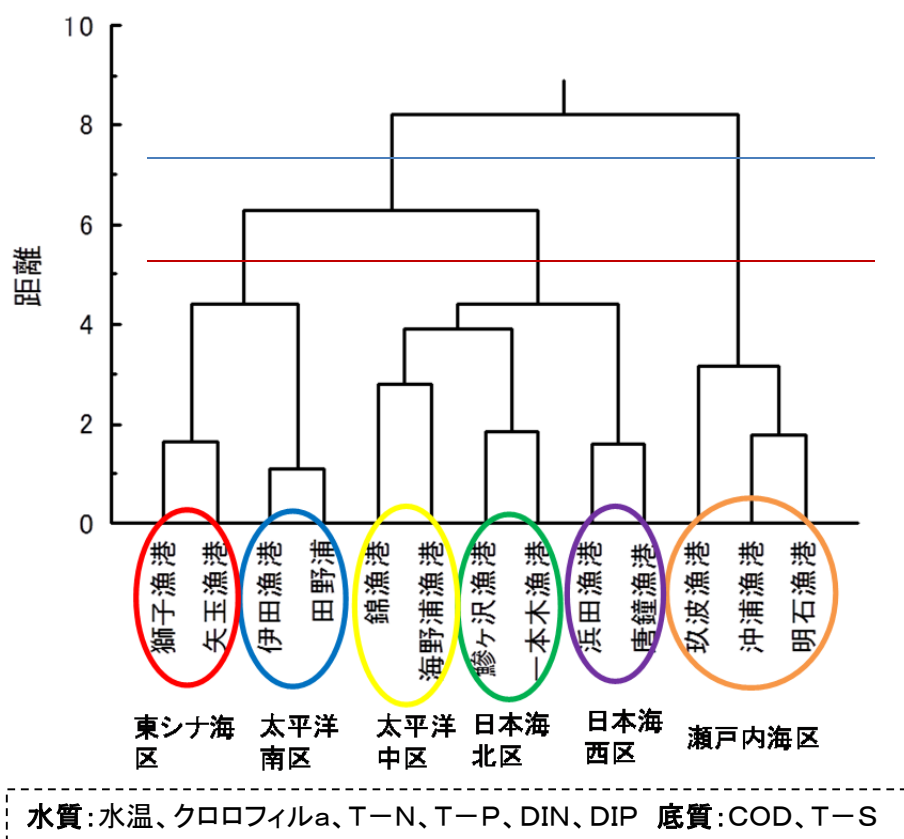
#### (1) 海区分の関係性

春季の港外の水質（水温、クロロフィル a、T-N、T-P、DIN、DIP）と底質（COD、T-S）のデータでクラスター解析を行った結果を図VI. 1. 21 に示す。

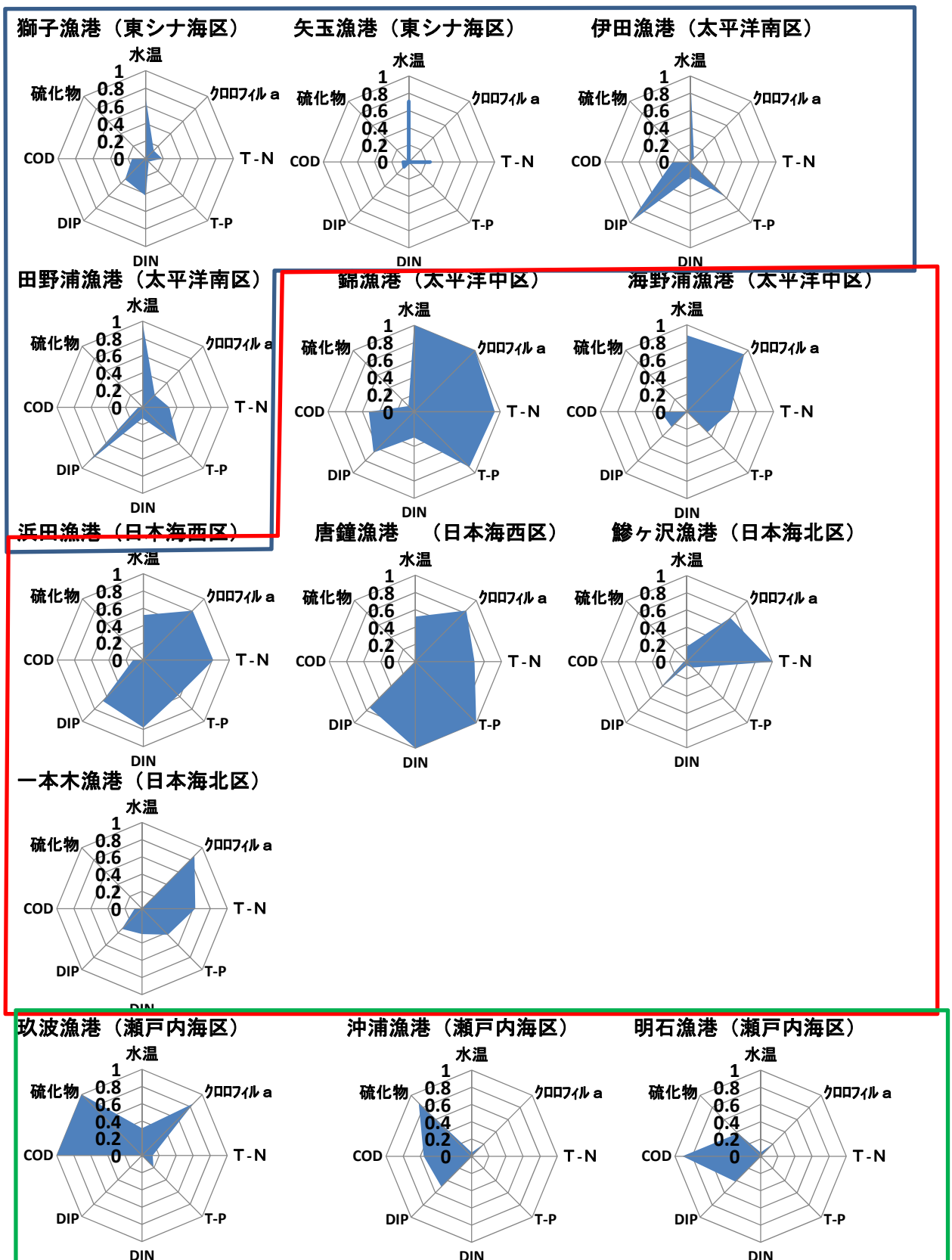
6 海区を 2 分類すると瀬戸内海区とその他に区分できた。6 海区を 3 分類すると（東シナ海と太平洋南区）、（太平洋中区、日本海北区、日本海西区）、（瀬戸内海区）に区分できた。6 海区を最も細かく分類すると各海区に区分できた。

図VI. 1. 22 を参考とした 3 分類の特徴として、東シナ海区・太平洋南区は栄養塩（水質）、COD・硫化物（底質）ともに低い。太平洋中区・日本海西区・北区は栄養塩（水質）が比較的高く、COD・硫化物（底質）が低い。瀬戸内海区は栄養塩（水質）が低く、COD・硫化物（底質）が高い。

これまで、瀬戸内海は「富栄養の水域」と捉えられがちであるが、今回調査した結果では、底質については他海区よりも高い一方で、水質についてはいずれも低いことから、水質に限っては貧栄養的な環境にあることが推察された。



図VI. 1. 21 13 漁港の化学環境類似度（春季港外のデータで比較）



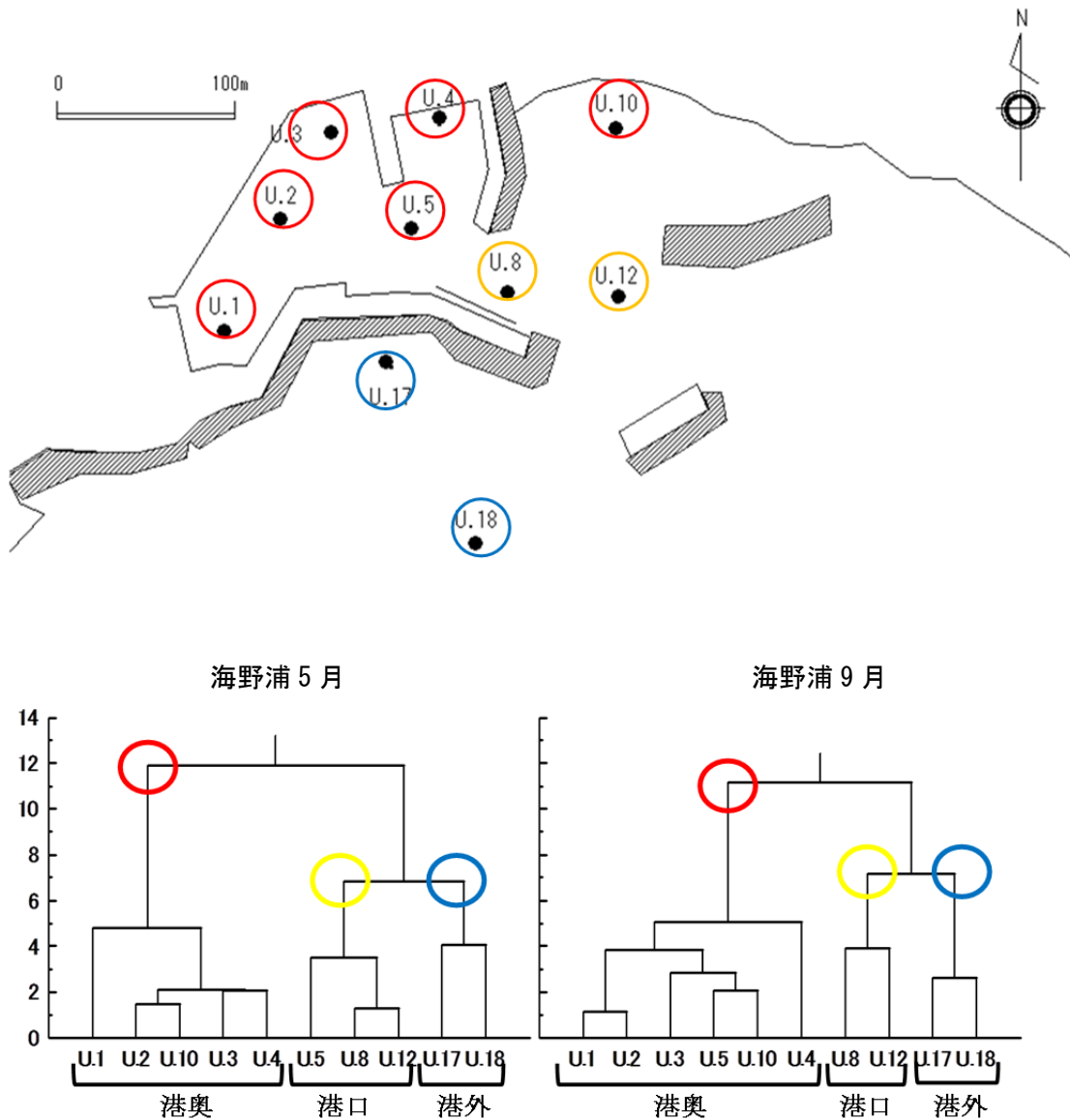
図VI. 1. 22 漁港間の化学環境比較（春季港外のデータで比較）

注）レーダーチャートは各項目の最大値を1、最小値を0とした。枠線は類似度に基づくグループ

## (2) 漁港内の水域区分

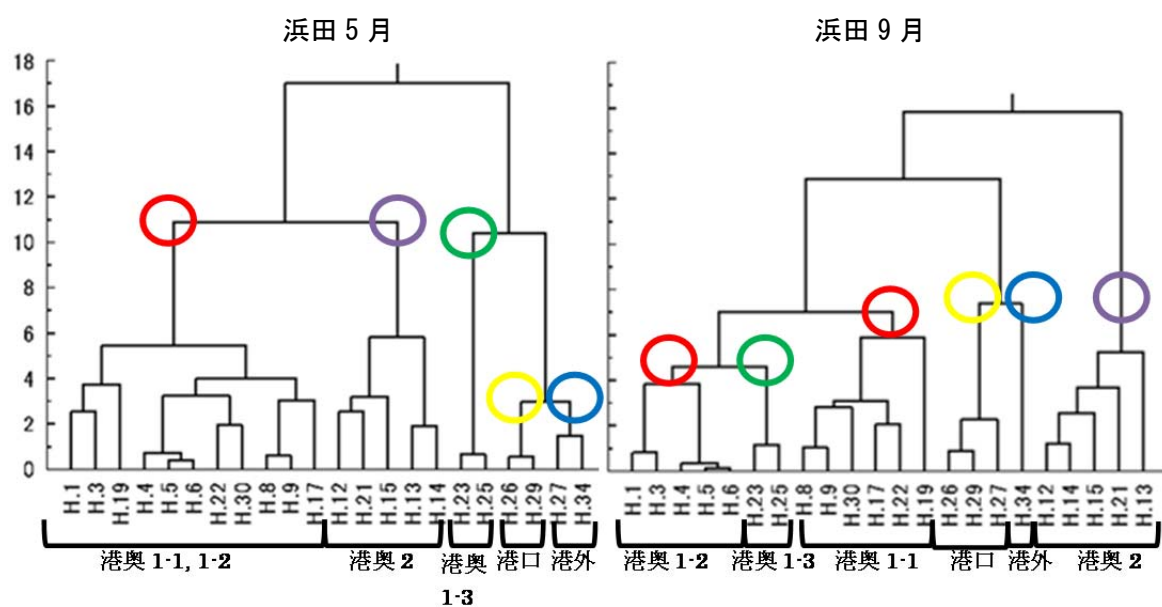
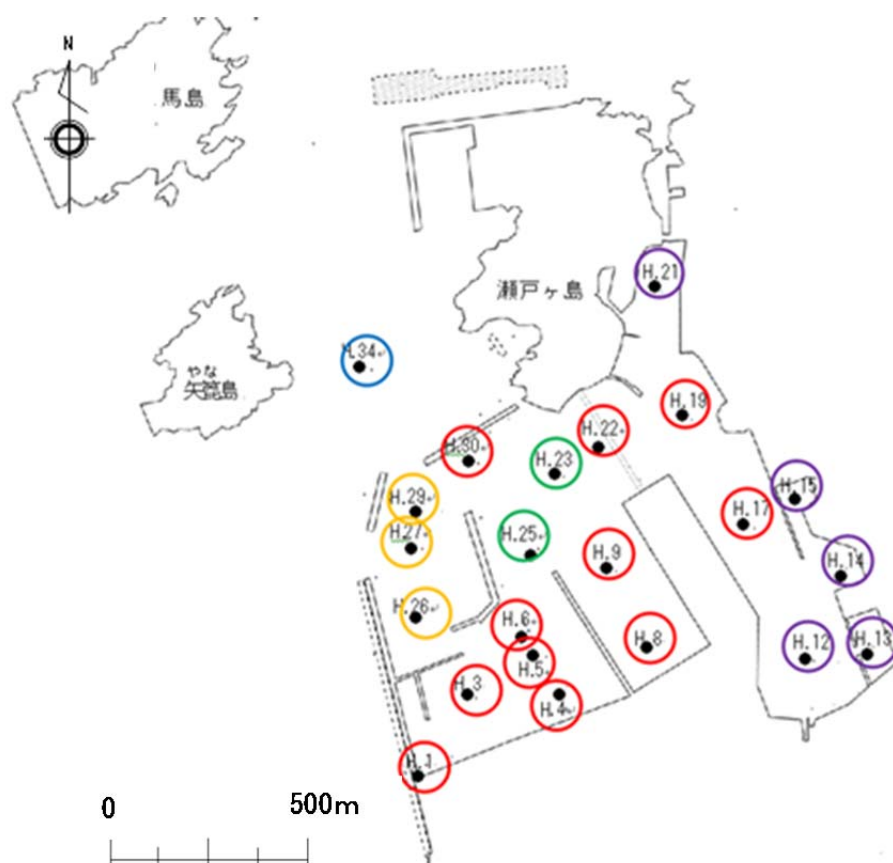
太平洋中区、日本海西区、日本海北区の各漁港について、水深・水質（水温、クロロフィル a、T-N、T-P、DIN、DIP）・底質（COD、T-S）のデータを用いて水域の類型化を行った結果を図VI. 1. 23 に示す。

漁港内はいずれも港外、港口、港奥の 3 水域に区分された。浜田漁港のように、泊地面積の大きい漁港では港内がさらに区分された。



図VI. 1. 23 (1) 海野浦漁港の水域区分



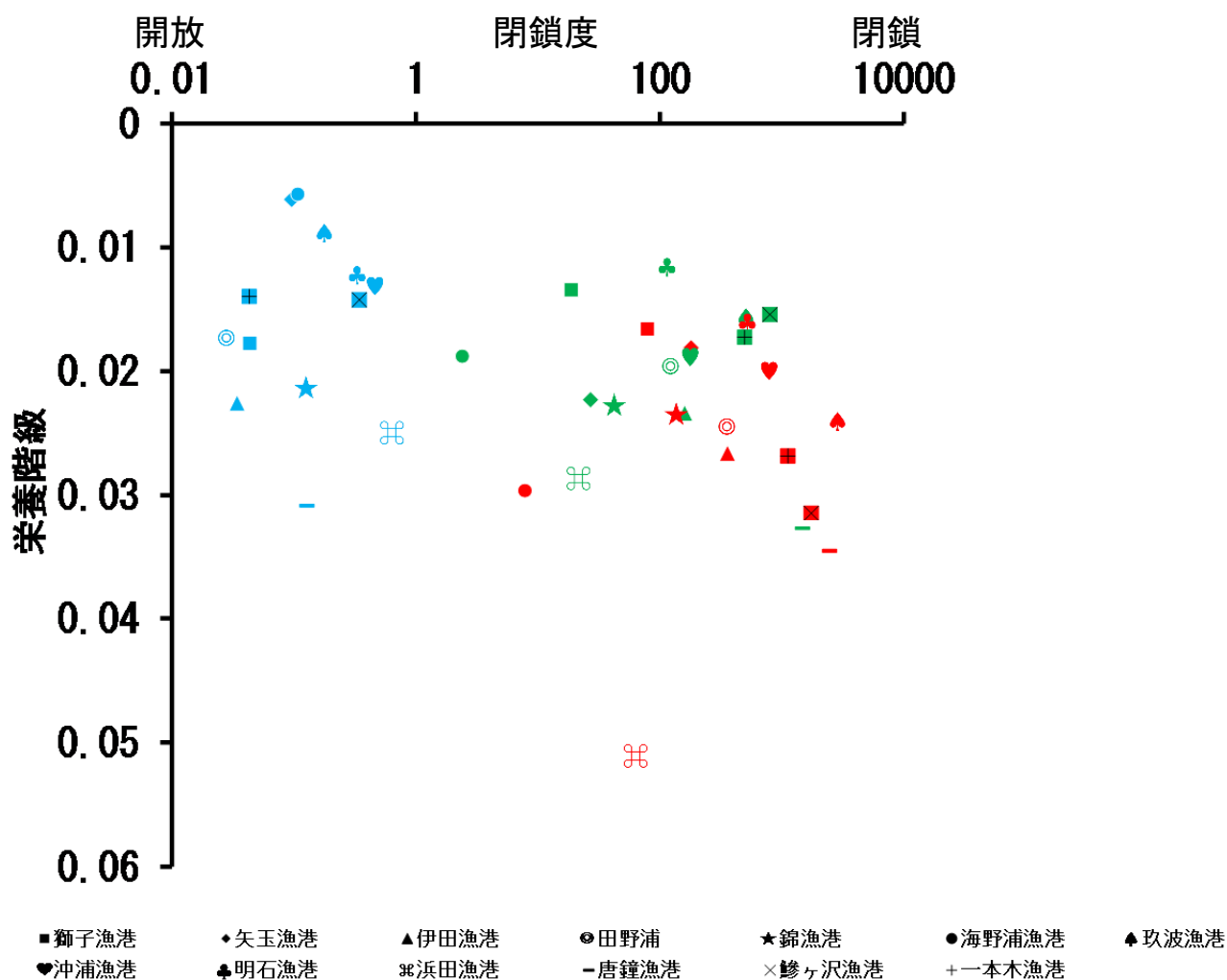


図VI. 1. 23 (2) 浜田漁港の水域区分

### (3) 漁港の水域区分栄養階級と閉鎖度によるタイプ分け

漁港の水域区分栄養階級と形状によるタイプ分けを図VI. 1. 24に示す。横軸を閉鎖度、縦軸を栄養階級（水質：T-N、T-P、底質：COD、硫化物）の幾何平均とした。

港外から港奥に向かうに従って、閉鎖度が強くなり栄養階級の値も大きくなる。港外から港奥までの数100mの間に環境勾配が急激に変化する漁港水域の特性が影響していることが示唆された。



図VI. 1. 24 漁港の水域区分栄養階級と閉鎖度によるタイプ分け

注) 各漁港は、青が港外、緑が港口、赤が港奥となっている。

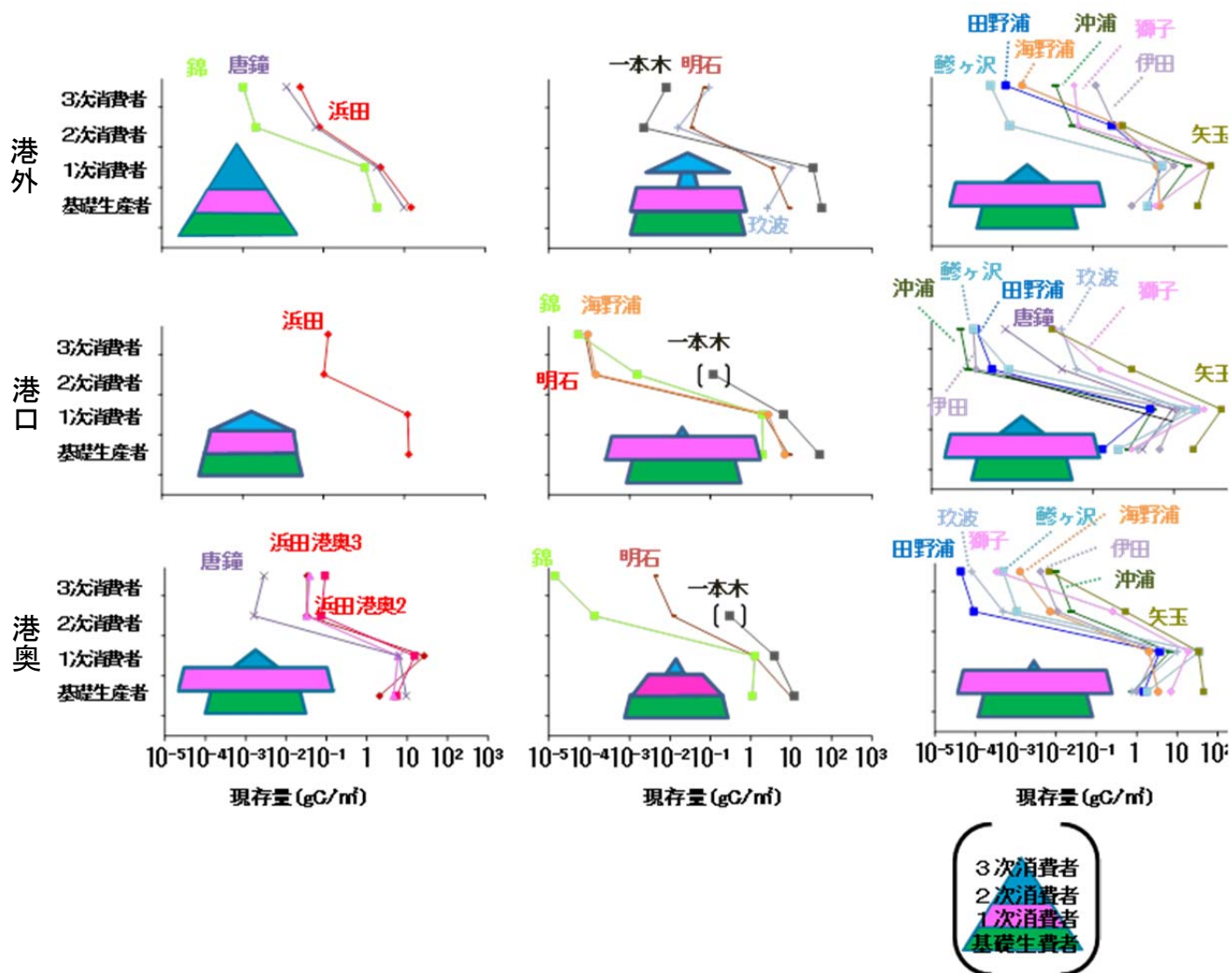
#### VI. 1. 4 生態系構造

炭素含有量を指標とした生態系ピラミッドと、その水平分布を図VI. 1. 25 に示す。

正常な物質循環の指標である三角形型の漁港は、浜田漁港・唐鐘漁港・錦漁港の港外、浜田漁港の港口でみられたが、少なかった。

多くの漁港は閉鎖度が強まるに従って一次消費者が突出して多くなり、二次・三次消費者に転送されない状態、すなわち餌料過多状態であった。また、

また、トップダウン型の生態系構造が一本木漁港・明石漁港・玖波漁港の港外でみられた。



図VI. 1. 25 炭素含有量を指標とした漁港における栄養階級別生息密度(漁港間の比較)

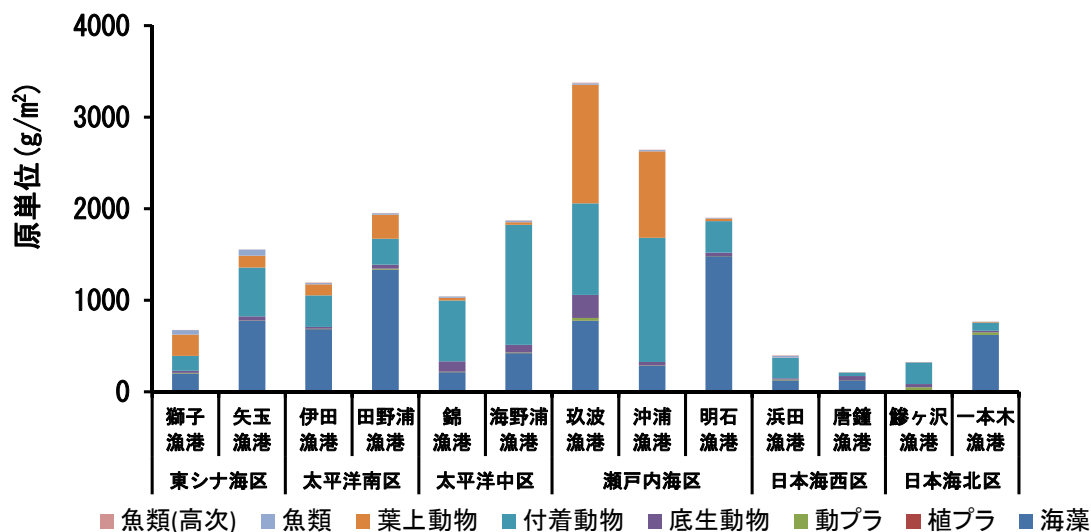
## VI. 1.5 漁港の生物現存量の推定

### (1) 漁港の調査結果の原単位化

春・夏の平均現存量を単位面積当たりで算出した、各属性データに対応する分布面積を、漁港面積で割り戻して原単位化した（図VI. 1. 26）。

この結果に漁港の水面面積を乗じることにより現存量の推定が可能である。生物現存量の合計は、瀬戸内海区が高くなっていた。内訳をみると海藻、付着動物、底生動物、葉上動物が他の海区に比べて多いという特徴がある。

重量ベースでは、付着動物、葉上動物、海藻の組成比が高かった。



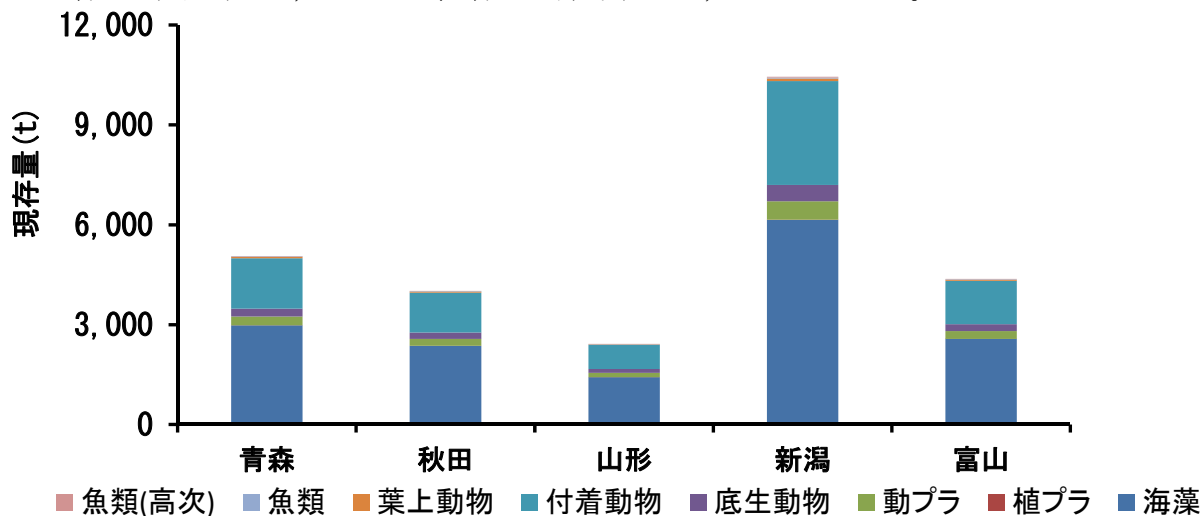
図VI. 1. 26 漁港の単位面積あたりの平均現存量（春・夏湿重量ベース）

### (2) 日本海北区の生物現存量の推定

原単位に基づいて、日本海北区の生物現存量を推定した結果を図VI. 1. 27 に示す。

外郭施設から 200m の範囲を漁港水域とし、県別に 1 種～4 種漁港について 2～4 漁港を無作為抽出して平均面積をもとめ、漁港数を乗じて水面面積を算出した。

最少は山形県の 2, 400t から、最大は新潟県の 10, 400 t となった。



図VI. 1. 27 日本海北区の生物現存量の推定

注) 原単位は便宜的に H24 年度の鰯ヶ沢、一本木漁港調査で得られた結果を平均した値を使用した。

## VI. 1. 6 漁港の特性

漁港は、漁船の休憩、準備、陸揚げ利用等に資する漁業根拠地として沿岸の地形を改変して人工的に整備された場所である。魚介類等の生息場として漁港の特性を以下の観点から整理した。

### (1) 漁港の物理・化学的特性

- ①浅海域（概ね 15m 以浅）に立地→藻場や干潟等の生産性の高い水深帯を包含
- ②漁港施設の設置自体に伴う着底基質の提供
- ③高い静穏度
- ④背後漁港施設や流入河川、底泥からの溶出等による栄養塩の供給と③に伴う堆積により富栄養的な環境
- ⑤急激な環境勾配（水深、波高、静穏度等）→天然の内湾の数キロの変化が僅か数百メートルでおこる空間

### (2) 漁港の生物的特性

漁港の物理・化学環境の影響により、生物分布は沿岸域に立地しながら、特徴的な傾向が認められる。

- ①植物プランクトン・動物プランクトンの現存量は漁港内が高い
- ②底生動物においても、汚濁負荷の少ない多くの漁港で漁港内が漁港外よりも生物現存量が高い
- ③付着動物は、構造物が付着基盤となり、港外・港内ともに現存量が多い
- ④大型海藻は、アマモ類を除いて、波当たりの強い港外や港口に出現。構造物の垂直面が多く、海藻の着生しやすい基盤は少ないため、出現量はそれほど多くない
- ⑤漁港の生態系構造をみると、一次生産から高次消費者までバランスのとれたものは、ごく僅かであり、多くの漁港では、静穏度が高まる港内になるほど、基礎生産に比べて一次消費者が多いこと、また高次消費者への転送が円滑に行われていない状態

### (3) 漁港の水産環境上の役割

- ①高い栄養塩を捕捉し、植物プランクトンや藻場の一次生産に寄与
- ②海底は有機物（デトリタス等）が多く沈降しており、一次消費者（底生生物）の生産に寄与
- ③着底基質の提供により、一次消費者（付着動物、藻場動物）の生活の場を提供
- ④幼稚魚の保育場（ナースリーグラウンド）、成魚の生息場、磯根資源の生息場
- ⑤増養殖場（魚礁機能；餌場・隠れ場・産卵場・休息場、養殖機能：稚魚放流、中間育成場、畜養）

### **VI. 1. 7 漁港の改良方策**

表VI. 1. 1 には代表的魚介類による漁港の分類と改良利用の視点を示す。また、結果と考察を踏まえた漁港の改良方策の実例を図VI. 1. 28 に示す。

#### **(1) 漁港の大多数を占める一次消費者が多い場所の活用法**

遊休化した漁港水域の利用方策としての活用方策として、豊富な餌料を活用した中間育成・蓄養施設、種苗放流による水域利用を図る。その際に、港内のDO収支や餌料環境から収容尾数を決定して、密度管理を行う。

#### **(2) 漁港の生態系構造の改変**

一次消費者から高次消費者までの転送を円滑に行い、生態系構造を三角形に近づけるためのアプローチも必要である。

上位種（有用魚介類）を増やすための方策として、嵩上げによる浅場の造成、藻場造成、稚魚の着底基質（垂直面を複雑化、表面積の拡大）の造成、稚魚～未成魚の餌料（アミ類、ヨコエビ類、端脚類等小型節足動物）の増大、海水交換施設の設置が考えられる。

#### **(3) ネットワーク化**

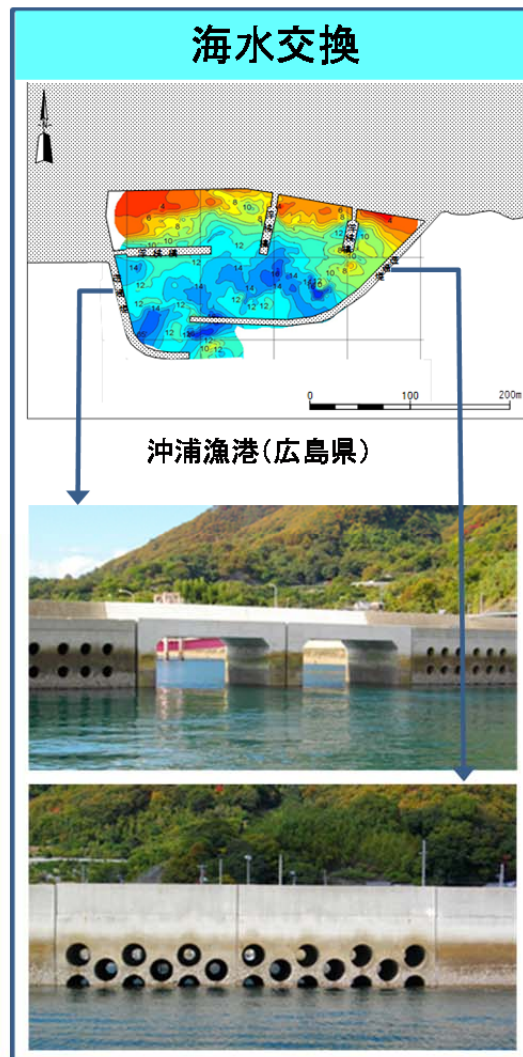
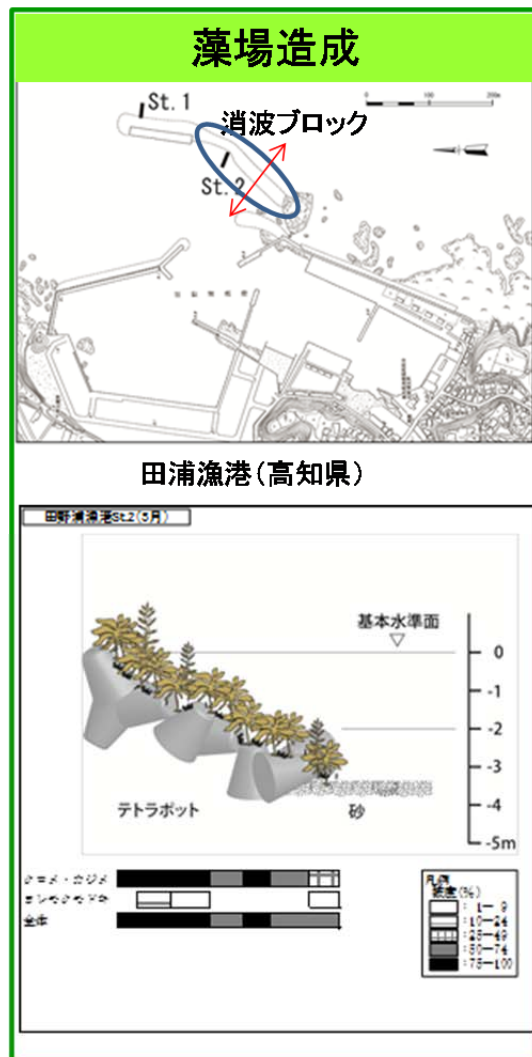
漁港と漁場のネットワークを考慮した施設整備、環境整備を行うために、漁港を出た後の漁場へ加入するまでの生息場・滞留場の造成を行い、生物の生活史に即したアプローチも重要である。

沿岸域に立地する漁港から、沖合の生息場までの一連の生息場ネットワークが段階的に構築されることにより、過剰な餌料を吸収して系外へ移送する系が確立され、物質循環の正常化に寄与することが期待される。

表VI. 1.1 代表的魚介類による漁港の分類と改良利用の視点

| 代表的<br>魚介類   | メバル                                  | キジハタ<br>カサゴ                                   | アワビ<br>サザエ<br>ウニ                       | イセエビ                                      | ウスメバル※                                            | マナマコ                                |
|--------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 海区名          | 東シナ海区(北部)<br>日本海西区<br>瀬戸内海区          | 瀬戸内海区<br>(水道部)                                | 東シナ海区(北部)<br>日本海西区<br>日本海北区            | 東シナ海区<br>太平洋南区<br>太平洋中区                   | 日本海北区                                             | 瀬戸内海区                               |
| 漁港名          | 矢玉漁港<br>浜田漁港<br>唐鐘漁港<br>沖浦漁港<br>明石漁港 | 沖浦漁港<br>明石漁港                                  | 矢玉漁港<br>浜田漁港<br>唐鐘漁港<br>鰯ヶ沢漁港<br>一本木漁港 | 獅子漁港<br>伊田漁港<br>田野浦漁港<br>錦漁港<br>海野浦漁港     | 鰯ヶ沢漁港<br>一本木漁港                                    | 玖波漁港<br>(内湾栄養型)                     |
| 成長段階         | 稚魚～成魚                                | 成魚                                            | 全ステージ                                  | 稚エビ～成エビ                                   | 稚魚～未成魚                                            | 稚ナマコ?～<br>成ナマコ                      |
| 漁港の<br>役割    | 保護育成場<br>漁場<br>産卵場                   | 漁場                                            | 保護育成場<br>漁場                            | 保護育成場<br>漁場<br>産卵場                        | 保護育成場                                             | 夏眠場<br>漁場                           |
| 特徴           | 漁港施設に形成されたガラモ場が稚魚の育成場                | 潮流が速く、水質清浄<br>捨て石の間隙が、昼間の生息空間<br>低次生産者(餌料)が豊富 | 餌料となる藻場の存在<br>ブロックの積み重なった多様な環境         | 幼生が着底する水域に立地<br>消波ブロックの間隙はイセエビの生息空間       | ガラモ場に蛸集<br>一方が崖や大きな岩で壁状になっている所、岩などで囲まれた窪みが稚魚の生息場所 | 内湾域でマナマコの餌(デトリタス)が豊富<br>捨て石の間隙が夏眠場所 |
| 改良・利用の<br>視点 | ・藻場造成<br>⇒一定の流れが必要<br>(ブロック積傾斜堤等)    | ・種苗放流<br>・海水交換<br>・成魚の生息空間(捨て石)の拡大            | ・藻場造成<br>⇒一定の流れが必要<br>(ブロック積傾斜堤等)      | ・稚エビの着底基質(消波ブロックに小指～親指大の孔)<br>・成エビの生息場の拡大 | ・藻場造成<br>・捨て石等による稚魚の生息空間の創出                       | ・浮遊幼生の着底基質(貝殻礁等)の設置<br>・餌料の添加       |





図VI. 1. 28 漁港の改良策の一例

## VI. 2 環境を重視した評価手法の開発

### VI. 2.1 環境を重視した経済評価手法の検討

#### (1) 水産環境整備の評価の基本的な考え方

##### ①水産環境整備の理念と達成目標

###### ア) 水産環境整備とは

水産環境整備は、「環境基盤の重視」、「点から空間へ」、「資源や環境の変動への対応」を3つの柱とし、対象魚種の漁獲増加から生態系全体の生産力の底上げへの転換を目指して海域全体のマスタープランを作成し、水産生物の動態や生活史に対応した良好な生息環境空間を創出する整備を行うものである。

###### イ) 水産環境整備の理念

海域における生態系の生産力は、陸域からの循環も含め、生物の営みを通じて様々な物質が一次生産から高次消費者まで停滞することなく効率よく転送され、物質が偏在することなく満遍なく行き渡ることによって向上する。

漁業は、自然からの恵みを利用する産業であり、適度な漁獲（間引き）によって、魚介類の世代交代促進、繁殖、成長を高めるとともに食物連鎖によって海の生物に取り込まれた窒素、りん等の物質を陸に回収する役割も果たしており、物質循環の一部を担うことで沿岸域の環境保全に貢献している。

沿岸域の物質循環の輪が円滑につながり、豊かな生態系の下で生産力が維持されるためには、農業において田畑を耕し、手入れをするように、海域でも物質の循環を正常化させ、豊かな生態系を守り育てる取り組みが必要である。

以上のとおり、水産環境整備が目指す「生態系全体の生産力の底上げ」とは、物質の循環を正常化させ、豊かな海の生態系を守り育て、その結果として漁獲量の増大に貢献することであり、このような海域をつくっていくことが水産環境整備の理念である。

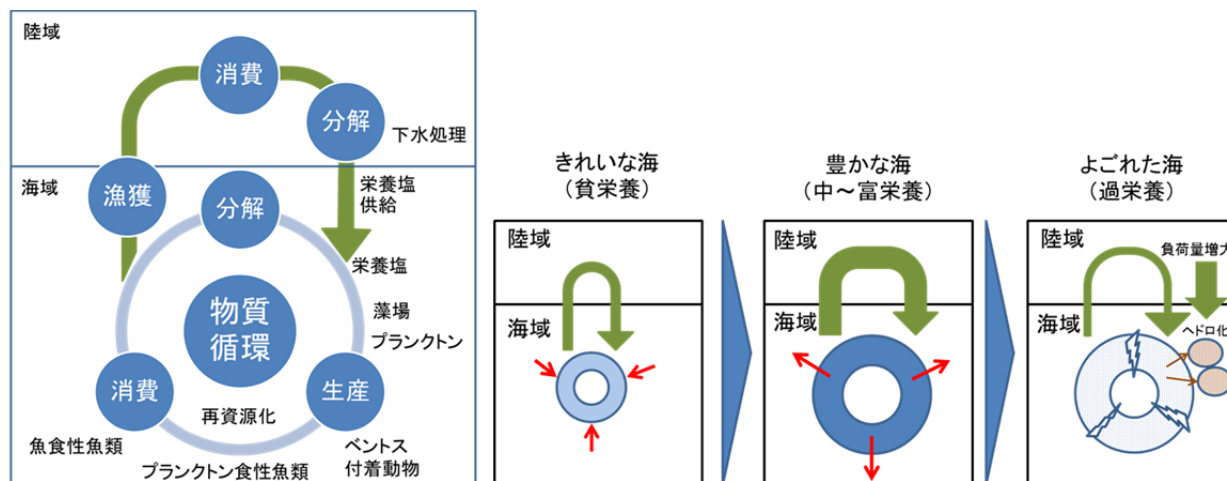


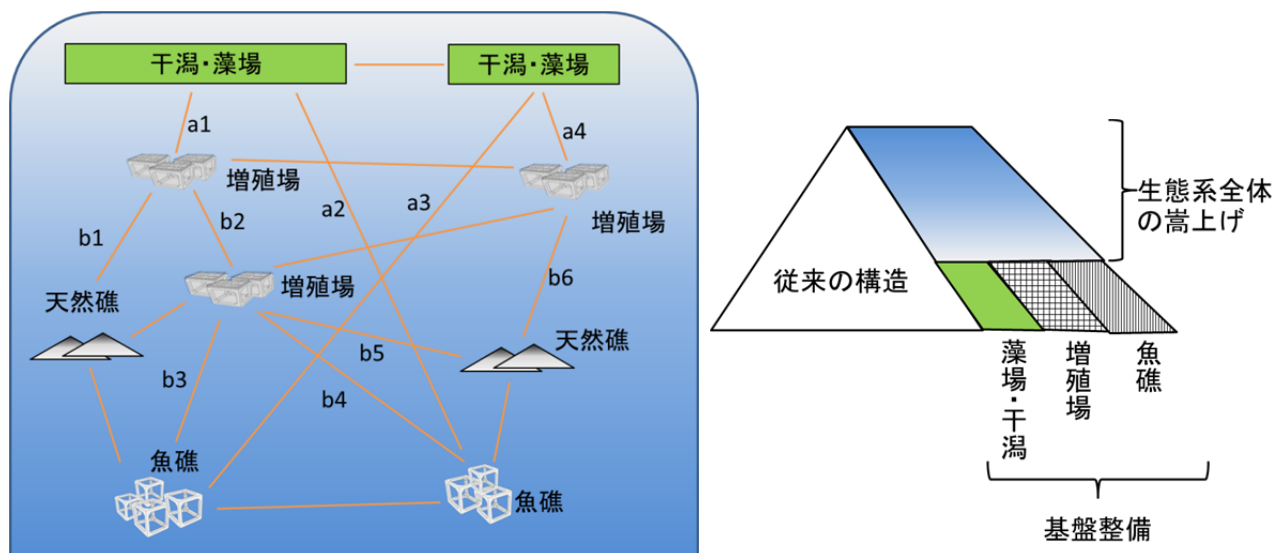
図 VI. 2.1 水産環境整備の理念と豊かな海の模式

### ウ) 水産環境整備の達成目標

水産環境整備は、海域における物質の流れを効率的に生物生産に繋げる取り組み（基盤整備（創出・改善））を通して、水産環境を改善しながら水産資源の涵養を促す取り組みである。従って、「環境基盤の重視」の観点からは、藻場や干潟を造成することにより、生息環境空間の中に、窒素、りん、炭素を取り込み、水産環境を保全しながら、生物生産を活性化することが、達成目標となる。

また、環境基盤の整備を通して、水産生物に取り込まれた物質の一部は、漁獲によって海から陸に引き上げられて、我々に食の恵みを提供するとともに、海と陸の物質循環を正常に保つためにも寄与する。従って、「点から空間へ」の観点から水産生物の生活史に即して、餌場、隠れ場、休息場、産卵場を整備して水産生物の増殖機能を強化して、資源の生産性を高めることも水産環境整備の達成目標に含まれる。

すなわち、環境軸と生産軸の両面に着目した一体的な取り組みが求められる。なお、新たに整備（創出）する環境基盤としては、藻場・干潟、増殖場、魚礁等が想定される。



図VI.2.2 水産環境整備による整備と生態系全体の嵩上げのイメージ

※水産環境整備は海洋生物多様性保全戦略(H23)や生物多様性国家戦略2012-2020(H24)の理念「海洋の生態系の健全な構造と機能を支える生物多様性<sup>1</sup>の保全及び生態系サービス<sup>2</sup>の持続的利用」とも合致。

### ②経済評価の対象領域

これまでの漁場整備における経済効果評価の対象領域は、直接・間接的な利用を伴う価値（図VI.2.3 青枠）に限定され、円滑な物質の流れの一部を構成する「漁獲量」

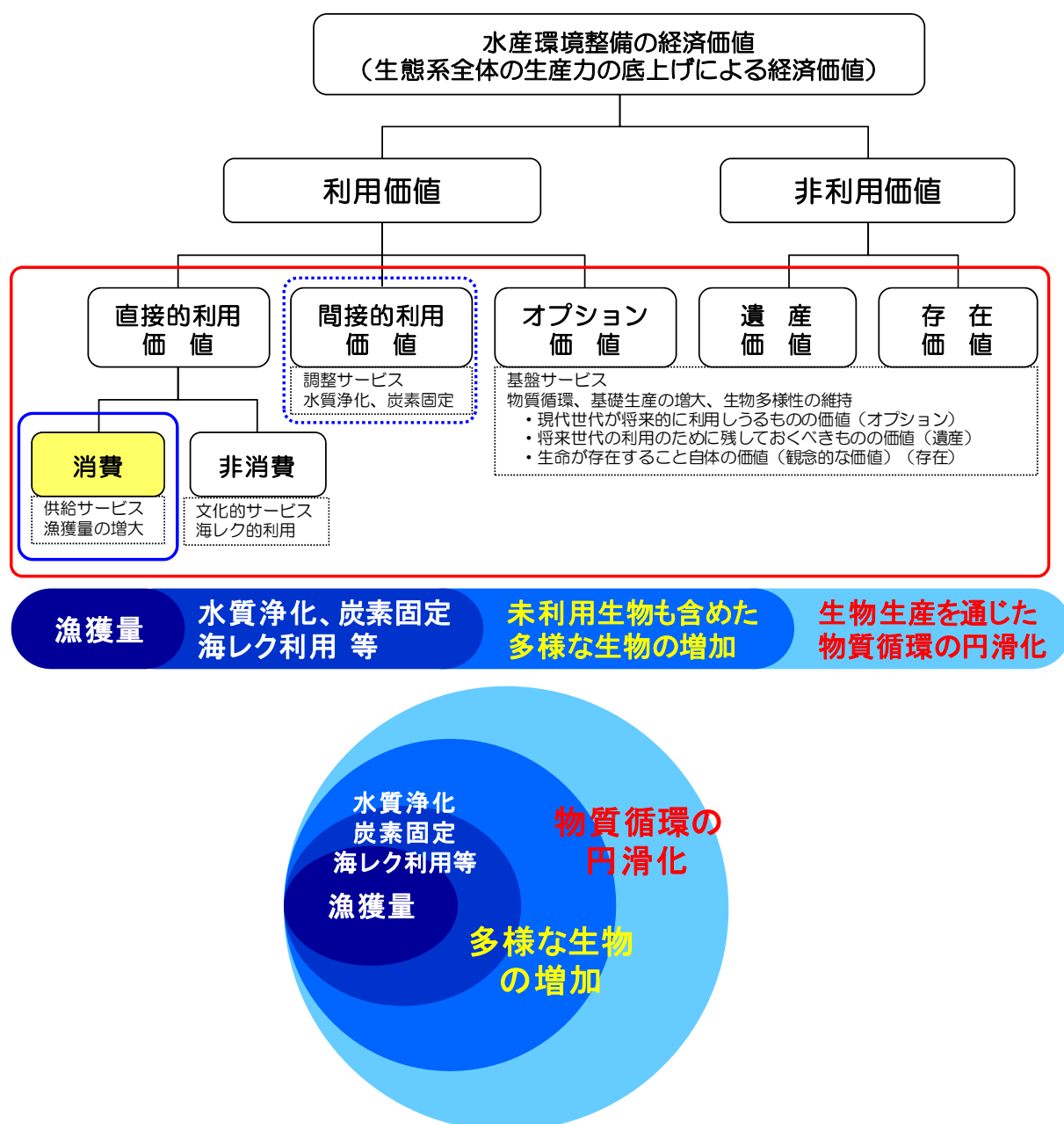
<sup>1</sup> 全ての生物の間に違いがあることと定義され、種間（種）の多様性、種内（遺伝子）の多様性、生態系の多様性に分けられる。

<sup>2</sup> 多様な生物が関わり合う生態系から人類が得ることができる恵みを生態系サービスといい、魚介類等の食料や薬品などに使われる遺伝資源等の「供給サービス」、気候の安定や水質の浄化などの「調整サービス」、海水浴等のレクリエーションや精神的な恩恵を与えるなどの「文化的サービス」及び栄養塩の循環や光合成などの「基盤サービス」が挙げられる。

や「水質浄化」等、漁場整備が発揮している生態系サービスの向上効果のごく一部に過ぎなかった。水産環境整備への転換によって、環境基盤としての機能が重視されるようになったことから、評価対象となる効果の領域を拡大すること、すなわち、水産環境整備によってもたらされる生態系サービスの向上効果全般（図VI.2.3 赤枠）を対象とした評価が必要となる。

一方、生態系は、人間が直接利用しない多様な生物も含めて構成されているものであり、多様な生物の営みによって物質の流れが円滑化する（すなわち、生物生産の活性化を通じて海域の物質循環が活性化する）。

よって、水産環境整備では、「多様な生物の増加」によってもたらされる「物質循環の円滑化」そのものを「水産環境保全効果」として評価対象とする。



図VI.2.3 経済評価対象とする水産環境整備の効果領域



### ③経済評価の対象とする効果

水産環境整備によって新たな環境基盤が創出される場合を想定し、評価対象とする効果の発現状況を整理する。

新たに環境基盤が整備されることにより、生物の生息環境が創出され、基礎生産や一次消費者が増大する。また、それらを利用する魚類等の高次消費者も増大し、一部が漁獲され、食料として利用されることになる。このような一連の流れを模式的に示すと図VI. 2. 4に示すとおりとなり、効果の評価軸として以下の3つが示される。

#### ア) 漁獲量による評価

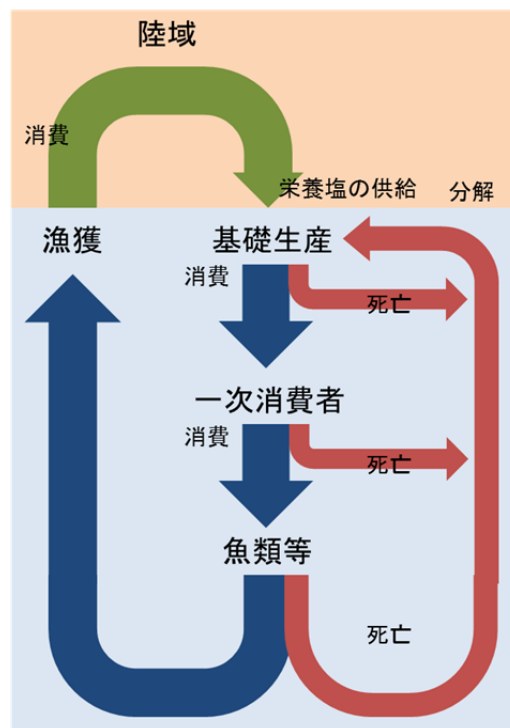
物質循環の正常化で水産資源の涵養機能が向上し、漁獲量が増大する効果を評価対象とする考え方である。これは、直接利用の効果を対象とするもので従来からの評価軸と同様である。

#### イ) 生物生産による評価

水産環境整備に由来して増加する基礎生産、さらに食物連鎖を通じて高次の生産の増加へと波及する流れ（図VI. 2. 4の青色矢印）を評価する。この流れは生物生産に関わる系であり、未利用生物も含めた増加生物量で評価することが可能である。

#### ウ) 物質循環（水産環境保全効果）による評価

下図の赤色矢印の流れは、生物の自然死亡後の物質の流れを示す。生物は死亡後、分解過程で海域に低密度に分散しながら物質循環の活性化に寄与するものと評価できる。このように、上記イ)に加えて、死亡・分解による物質の流れも環境中へのインフロー<sup>3</sup>として評価する。



図VI. 2. 4 物質の流れの模式

<sup>3</sup>自然死亡後も海域に低密度に分散しながら分解され物質循環の活性化に寄与

## (2) 水産環境整備の経済評価手法の検討

### ①環境価値の経済評価手法のレビュー

環境価値の経済評価手法はいくつかあり、研究も進んでいる（表VI.2.1）。顕示選好法、表明選好法に大別されるが、いずれも一長一短がある（表VI.2.2）。水産環境整備の評価では、以下の観点から顕示選好法（市場価格法）を用いることを基本とする。

○調査手法によるバイアスの影響が大きいこと

○原単位として用いる「施設整備に由来して増加する生物量」を実測する調査技術の信頼性が高まっていること

表VI.2.1 環境価値の経済評価の手法

| 評価手法 | 顕示選好法                        |                            |                                         | 表明選好法                                             |                                                                        |
|------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|      | 市場価格法                        | トラベルコスト法                   | ヘドニック法                                  | CVM                                               | コンジョイント分析                                                              |
| 内容   | 環境財を市場材で置換するときの費用をもとに環境価値を評価 | 対象地までの旅行費用をもとに環境価値を評価      | 環境資源の存在が地代や賃金に与える影響をもとに環境価値を評価          | 環境変化に対する支払意思額をたずねることで環境価値を評価                      | 複数の代替案を回答者に示して、その好ましさを尋ねることで環境価値を評価                                    |
| 適用範囲 | 利用価値<br>水源保全、国土保全、水質等に限定     | 利用価値<br>レクリエーション、景観等に限定    | 利用価値<br>地域アメニティ、大気汚染、騒音等に限定             | 利用価値および非利用価値<br>レクリエーション、景観、野生生物、生物多様性、生態系等非常に幅広い | 利用価値および非利用価値<br>レクリエーション、景観、野生生物、生物多様性、生態系等非常に幅広い                      |
| 利点   | 必要な情報が少ない<br>置換する市場材の価格のみ    | 必要な情報が少ない<br>置換する市場材の価格のみ  | 情報入手コストが少ない<br>地代、賃金等の市場データから得られる       | 適用範囲が広い<br>存在価値やオプション価値等の非利用価値も評価可能               | 適用範囲が広い<br>存在価値やオプション価値等の非利用価値も評価可能                                    |
| 問題点  | 環境財に相当する市場材が存在しない場合には評価できない  | 適用範囲がレクリエーションに関係するものに限定される | 適用範囲が地域的なものに限定される<br>推定時に多重共線性の影響を受けやすい | アンケート調査の必要があるため情報入手コストが大きい<br>バイアスの影響を受けやすい       | アンケート調査の必要があるため情報入手コストが大きい<br>バイアスの影響を受けやすい<br>最新の手法のため研究蓄積が少なく、信頼性が不明 |

出典：生物多様性の経済学・経済評価と制度分析、馬奈木俊介・地球環境戦略研究機関編、P.39 栗山作成表改変

表 VI. 2. 2 環境価値の経済評価手法の特徴比較

|                        | 顕示選考法(市場価格法等)                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 表明選考法(CVM等)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基本的な評価の考え方             | 「生態系全体の生産力の嵩上げ」を①計画海域における生息種の多様化と②生息生物量(バイオマス)の増大の相乗効果と規定し、計画海域に整備される各種の漁場関係施設(藻場・干潟も含む)に由来する生物の増加量(例えば、付着生物量や葉上動物等)を評価指標として、代替財に置換。<br>経済価値＝整備に由来する年間増加生物量×市場価格(又は代替財の価値)                                                                                                                                       | 水産環境整備によってもたらされる環境の変化(ここでは、①計画海域における生息種の多様化と②生息生物量(バイオマス)の増大の相乗効果)に対して、支払意志額を尋ねることで総合的に経済価値を評価。<br>経済価値＝支払意志額×効果範囲の人口                                                                                                                                                                                                                                         |
| 水産環境整備において適用する際の優位点    | ①評価指標は現地調査等で得られる実測値<br>主な評価指標となる増加生物量は現地調査で得られる生物の現存量に基づいている。明確な根拠のあるデータを原単位として評価できる。                                                                                                                                                                                                                            | ①評価範囲が広い<br>利用価値、非利用価値も含めて測定可能であり評価範囲が広い。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 水産環境整備において適用する際の問題点・課題 | ①評価範囲を広げる考え方の妥当性<br>本来、利用価値(直接利用価値、間接利用価値)に限定されるが、ここでは、利用されない生物も含めて良好な生態系を構築しているものとして、利用されない生物の増加量も含めて評価する考え方としている。<br>②増加生物量の考え方の妥当性<br>施設整備の前後による生物量の比較が実質的にはできないことから、整備後の生物量を増加量とみなす考え方となる(なお、この考え方は現状の事業評価における考え方と同じである)。<br>③代替財の妥当性<br>食物連鎖の各階層の生物量に対し、置換する代替財の妥当性について検証する必要がある(他省庁の事業評価における効果算定額との比較も必要)。 | ①情報提供の仕方によるバイアス<br>水産環境整備によって、どのような環境変化が得られるのか実態を把握することは困難である。したがって、支払意志額を尋ねる際に被験者に提供可能な情報は、実測によって得られる増加生物量に限られる。これらを被験者に提供する際の提供の仕方によって、回答へのバイアスが大きくなる。<br>②経済価値を認識する効果範囲の設定<br>計画海域の環境変化の価値を認識する人の範囲を確定することが困難であることから、効果範囲を設定するための調査が必要となる。<br>③評価の信頼度<br>上記①、②から、評価のための調査の手法によって、大幅に評価額が変動するものと考えられる。そのため、算出された経済価値の対外的な信頼度に懸念が残り、事業評価という側面からは適用が困難と考えられる。 |

## ②水産環境整備の効果算定の基本的な考え方

### 効果算定の基本的な考え方

水産環境整備では、海域全体の包括的な改善・修復・創出を目指しているが、海域全体の生物量全体を把握することは現在の科学水準では困難であり、生息環境全体の定量化手法については今後の研究に委ねる。したがって、マスタープランの評価としては個別施設に着目して、それらの基盤整備による効果を加算方式で行う。

なお、個別施設が有機的に連携して機能し、水産環境整備の計画海域全体に波及する効果の経済評価手法については、今後の研究に委ねる。

### マスタープラン全体の評価における二重計上の回避

マスタープラン全体の評価として個別施設の算定効果を合算する場合、対象施設間での効果の二重計上を避ける必要がある。例えば、対象生物は成長段階に応じて生息場所を変化させるため、同一生物が各場所で計測される懸念がある。また、食物連鎖の低次から高次への物質の移動が二重に計上される懸念もある。よって、整備される漁場関係施設の機能に応じた評価指標(対象生物)を設定する等、二重計上の回避策を講じることに留意する。



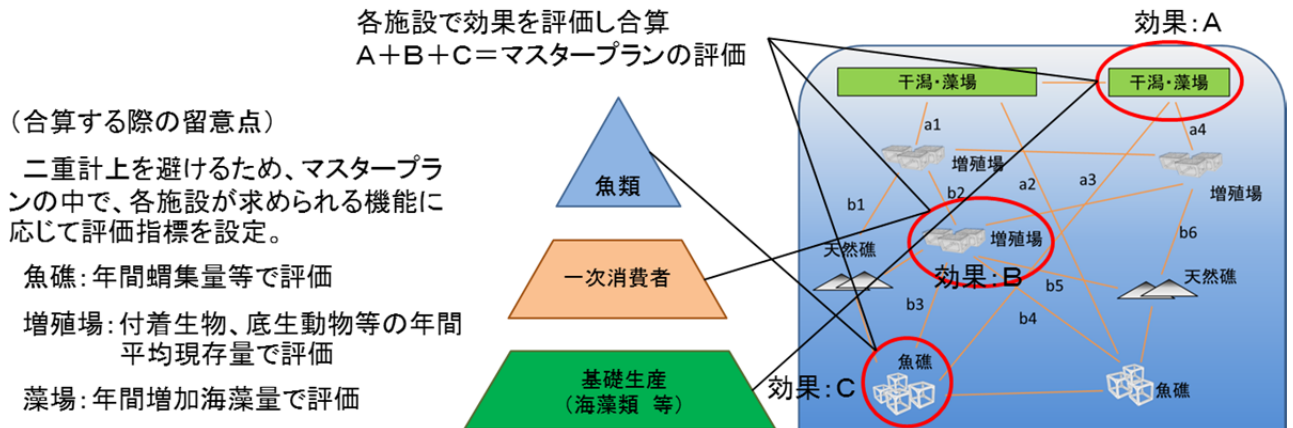


図 VI. 2. 5 マスタープランの評価の考え方

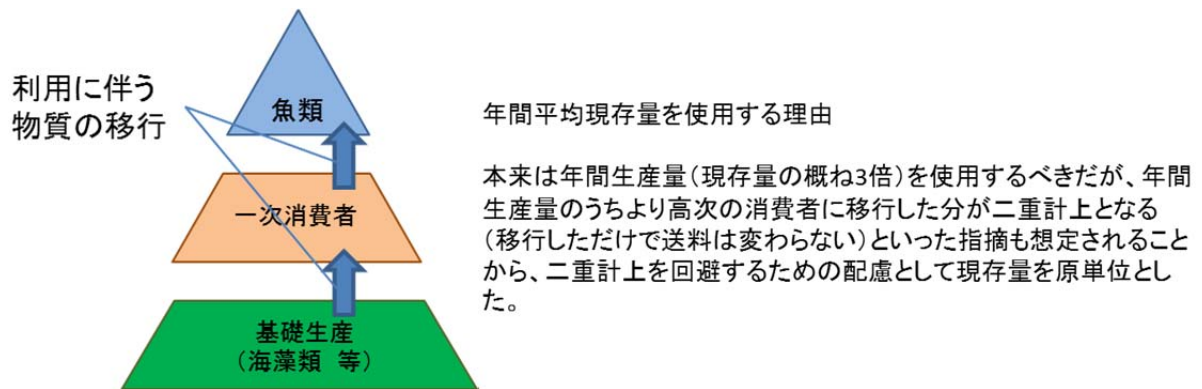


図 VI. 2. 6 年間平均現存量を使用する理由

### ③算定手法の検討

先に示した3つの評価軸毎に算定方法を以下に示す。

#### ア) 漁獲量による評価(従来からの評価軸)

「水産基盤施設整備事業の費用対効果分析のガイドライン」によれば、漁場関係事業の便益評価は、施設整備により期待される漁獲対象種の増加漁獲量を指標とされている。

##### ■人工魚礁

人工魚礁の事前評価においては、その設置によって期待される増加生産量を推定し、  
 $\text{年間便益額} = \text{年間増加期待量} \times \text{単価} - \text{漁業経費}$   
 の式で算定されている。

##### ■増殖場

増殖場の事前評価においては、期待される餌料生物の増加量を推定し、これを最終的な漁獲対象種の増加漁獲量に換算して、  
 $\text{年間便益額} = \text{増加餌料生物} \times \text{利用率} \times \text{餌料転換効率} \times \text{漁獲率} \times \text{単価} - \text{漁業経費}$   
 の式で算定されている。

### イ) 生物生産による評価

水産環境整備に由来して増加する基礎生産、さらに食物連鎖を通じて高次の生産の増加へと波及する流れ（右図の青色矢印）を評価する。この流れは生物生産に関わる系であり、未利用生物も含めた増加生物量で評価することが可能である。

（算定式）  $A \times B$

A. 増加生物量（年間平均現存量）

マスタープランに基づいて整備される漁場関係施設（藻場・干潟も含む）に由来する生物の増加量（例：魚類増集量、付着生物量、葉上動物量、海藻類等）

B. 各生物の市場価格（類似する流通財の市場価格）

上記 A で把握した各生物の市場価格（類似する魚種でも代替可）

### ウ) 物質循環（水産環境保全効果）による評価

水産環境整備に由来して増加する基礎生産、さらに食物連鎖を通じて高次の生産の増加へと波及する物質の流れ（右図の青色矢印）を評価する。これに加えて、死亡・分解による物質の流れも環境中へのインフローとして評価する。

（算定式）  $A \times B$

A：環境基盤（基礎生産、一次消費者、魚類等）へ取り込まれる窒素、リン、炭素の年間流入量（インフロー）（なお死亡・分解による物質の流れも環境中へのインフローとして評価）

$A = \text{年間平均現存量} \times \text{評価対象生物の物質（N、P、C）含有比率}$

B：物質除去量当たり年間下水道経費（TN：19,605 円/kg・年）

（水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン参考資料より）

## VI.2.2 HEPによる環境評価（生態系の相対評価）

本手法では、漁場環境の効率的な保全や修復海域の選定の判断基準と漁業者、一般市民、政策決定者等の多様な主体が合意形成ツールとして今後の活用が望まれる。

HEPとは、1976年に米国において開発された生物生息地適正評価手法であり、生物の棲みやすさの指標であるSI値を結合し、その統合値であるHSIの空間分布から対象生物の生息環境を評価する手法であるが、複数の対象種を同時に取り扱うことや、対象種の生息に及ぼす他の生物の影響（種間競走や共生など）を評価することは困難である。また、単一種においても、成長（仔魚、稚魚、成魚などの成長段階）に伴う適正值の変化を連続的に取り扱うことはできない。一方、事業評価が個々の漁場関連施設毎に単一種の特定の成長段階をターゲットに計画・立案から、検証・評価、改善のPDCAサイクルの各プロセスをHEPに基づいて評価することは可能である。

表VI.2.4 HEPの特徴である4つの評価視点

| 項目 | 内容                                 |
|----|------------------------------------|
| 主体 | どんな野生生物のハビタットとして評価対象を評価しようとしているのか？ |
| 質  | 主体にとってどのような質を有したハビタットか？            |
| 空間 | 主体にとってどれだけの広さで、どういう配置のハビタットか？      |
| 時間 | 主体にとっていつからいつまでの期間をハビタットとして利用できるのか？ |

- ・対象海域における環境モデルを検討し、対象種の成長段階に着目して漁場整備の適地のゾーニングを行う（単一種の一定の成長段階に着目した評価）。
- ・環境指標の数量化と、漁場整備による生息適地の造成によって、事業実施前と実施後の効果を数量化し事業の事前評価を行う。
  - HEPによる環境評価では、経済価値化による評価とは異なる手法で、海域全体の生息環境を数量化する。従って、本手法による評価手法の適用範囲やメリット、デメリットについてとりまとめを行う。

### (1) ケーススタディ（HEPによるメバルを対象とした造成適地の選定）

以下に島根県浜田漁港におけるHEPによるメバルを対象とした造成適地の選定の例を示す。評価は①～⑥の順番に進めていくこととし、⑦に結果をまとめた。

- ・対象海域：島根県浜田漁港
- ・対象魚種：メバル（*Sebastes inermis*）

#### ①メバルの生息を規定する環境要因の選定

現地調査の結果および既往の文献からメバルの生息を規定する要因を選定した。

表 VI. 2. 5 メバルの生息を規定する要因

| 項目1 | 項目2          |
|-----|--------------|
| 水質  | 水温           |
| カバー | 植生           |
|     | ホンダワラ類の密度    |
| 餌料  | 葉上動物密度       |
|     | 付着動物（節足動物）密度 |
|     | 底生動物（節足動物）密度 |

## ②環境要因の水平分布

G I Sにより、各環境要因の水平分布図を作成した。格子サイズは 50m×50m とした。

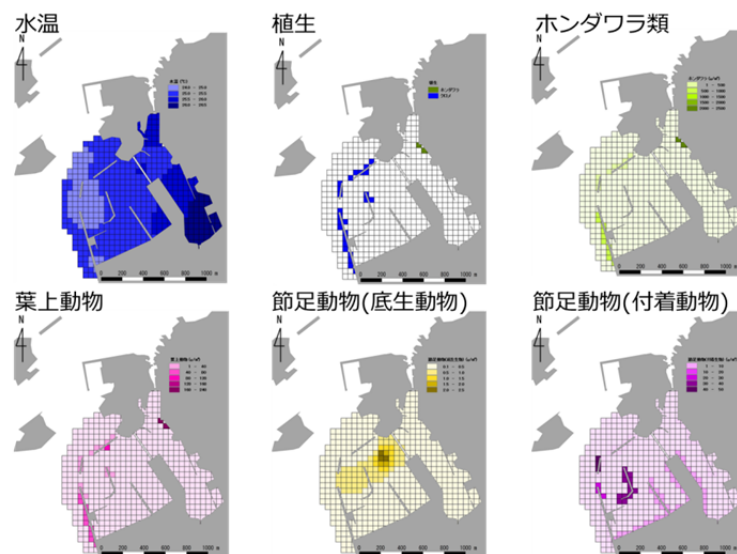
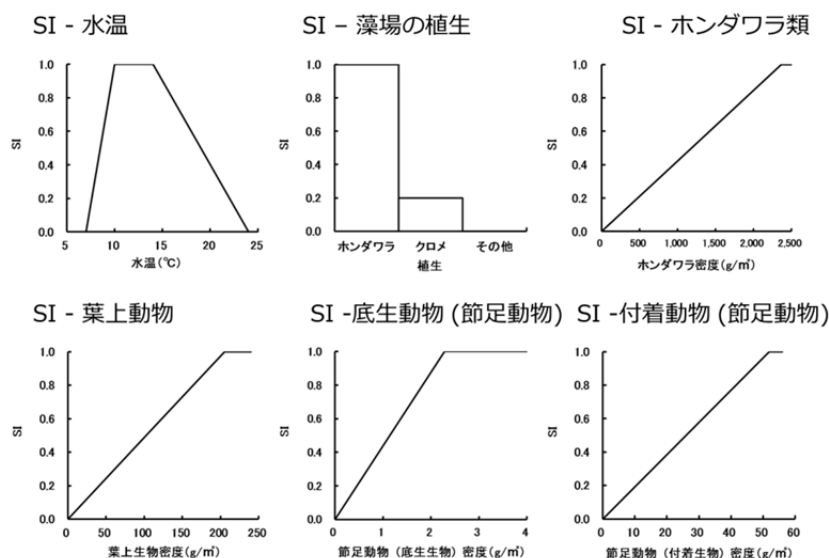


図 VI. 2. 7 各環境要因の水平分布図

## ③S I モデル

選定した環境要因ごとに S I モデルを作成した。

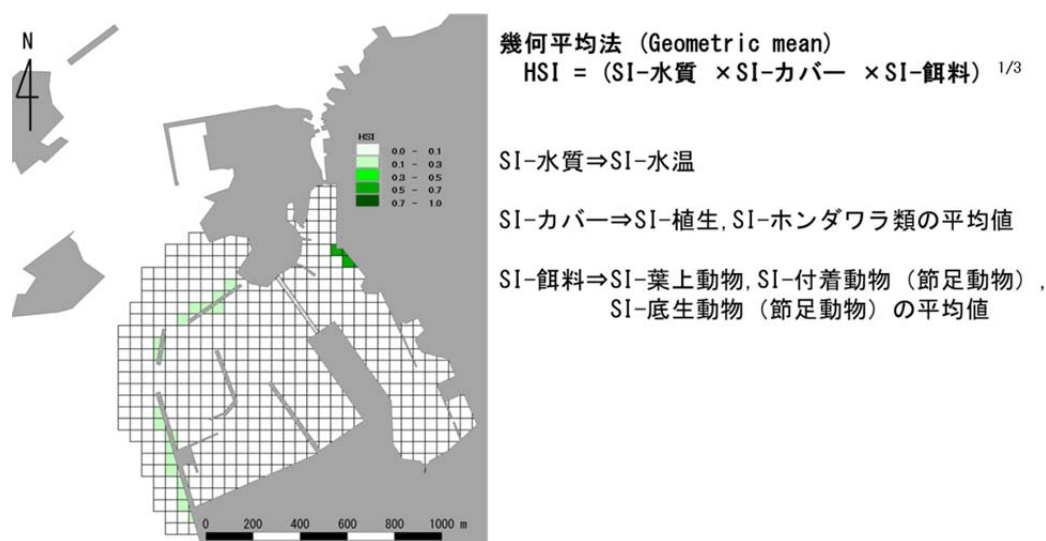
S I モデルは、ある因子が生息に全く適さない場合、S I =0 とし、対象生物の生息に最適な場合を S I =1 とし、その間を線形で補完した。



図VI. 2. 8 選定した環境要因ごとのS I モデル

### ③メバルのH S I の算出

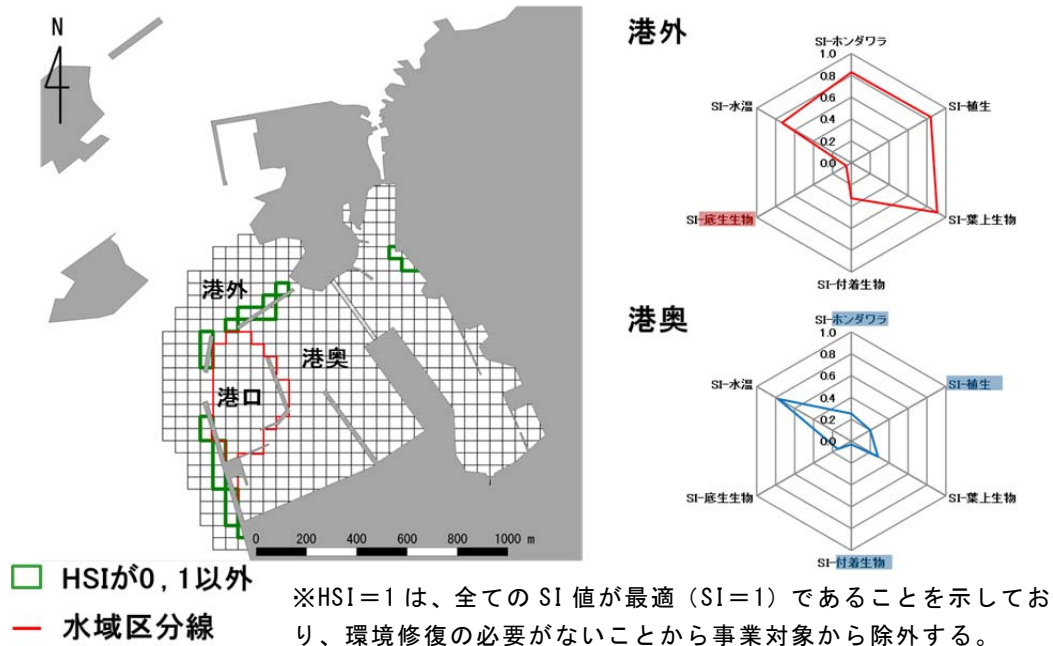
格子ごとの各環境要因のS I 値（棲みやすさ指数）から、対象生物（メバル）の統合的な棲みやすさ指数（H S I）を算出した。H S I の統合には、いずれかのS I が0であるとハビタットの質が0になると考え、幾何平均法（Geometric mean）を用いた。



図VI. 2. 9 メバルのH S I（統合的な棲みやすさ指数）の水平分布

### ④HSI による事業実施適地の選定および海域別のメバルの生息に適さない要因分析

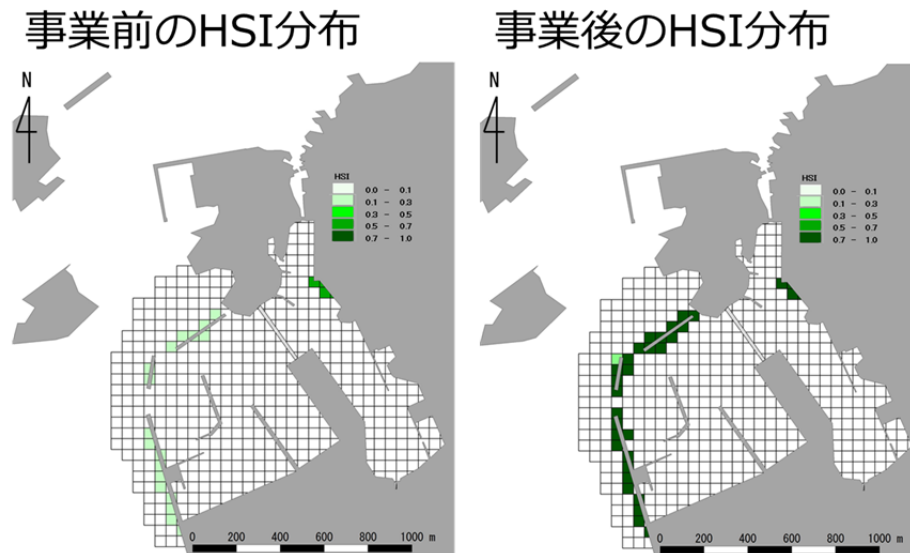
H S I モデルより、一つのS I 値が0であれば生息場として不適な海域となることから、H S I 値が0である海域は環境修復に不適な海域と考え、H S I > 0 の海域を選定した。



図VI.2.10 HSIによる事業実施適地の選定(左)と海域別のメバルの生息に適さない要因分析(右)

#### ⑤事業の効果予測(仮想事業：防波堤近傍でガラモ場を造成)

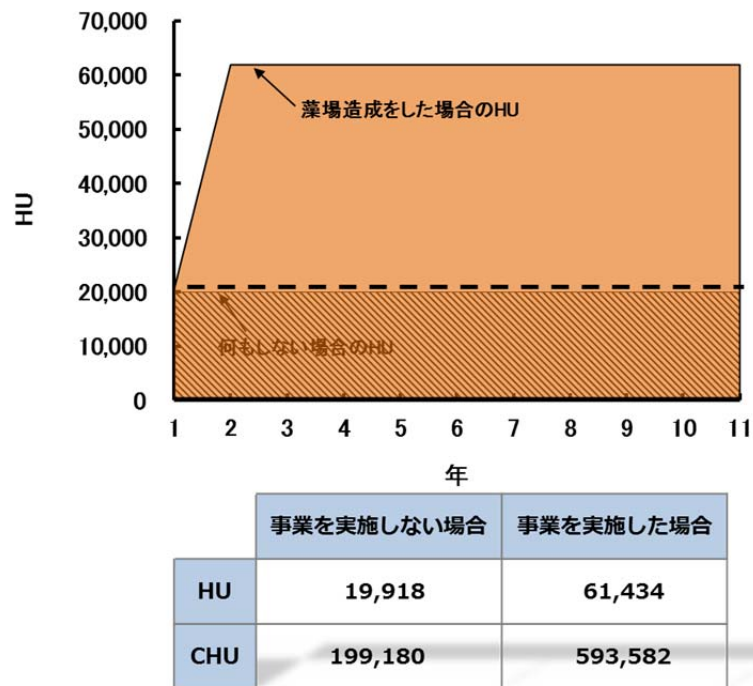
仮想事業として防波堤近傍でガラモ場を造成した場合の効果を、HSIにより相対的に予測することが可能となる。



図VI.2.11 防波堤近傍でガラモ場を造成する前後のHSIの水平分布

#### ⑥質、空間、時間を考慮した評価

影響予測評価年であるTY(Target Year)を設定し、累積的HU(Habitat Unit)であるCHU(Cumulative Habitat Unit)を算出する必要がある。以下の図はあくまでイメージであり、事業により失われると予測されるCHU(ネットロス)や事業により得られると予測されるCHU(ネットゲインとは)を考慮に入っていない。



図VI.2.12 質、空間、時間を考慮した評価のイメージ

#### ⑦まとめ

- ・メバルの餌料となる葉上動物はクロメに比べてホンダワラ類が高い傾向を示した。
- ・メバルの HSI は主にホンダワラの密度が高い場所で高かった。
- ・メバルの生息環境はホンダワラ類の SI を高くすることによって改善できることが予想された。
- ・ガラモ場の造成適地は、HSI が 0 および 1 の場所を除く海域とすると港外の防波堤周辺となった。
- ・ガラモ場の造成するためには、流れやホンダワラ類の卵供給などを考慮する必要があると考えられる。



## Ⅵ. 3 P D C A サイクル推進マニュアル

P D C A サイクル推進マニュアル（案）を以下に示す。

### 目 次（案）

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1. はじめに .....                 | 1  |
| ・水産環境整備とは .....               | 1  |
| ・水産環境整備の理念 .....              | 2  |
| ・水産環境整備の達成目標 .....            | 3  |
| ・PDCA サイクルによる事業の進め方について ..... | 4  |
| 2. 計画編（Plan） .....            | 7  |
| 2.1 全体計画（マスタープラン） .....       | 7  |
| (1) 対象事業 .....                | 7  |
| (2) 対象種・対象範囲の選定 .....         | 7  |
| (3) 対象海域の概要 .....             | 11 |
| (4) 生活史の模式図 .....             | 12 |
| (5) マスタープランの策定 .....          | 15 |
| 2.2 実施計画（個別事業） .....          | 18 |
| (1) 造成目標 .....                | 18 |
| (2) 整備内容 .....                | 18 |
| 3. 実施編（Do） .....              | 19 |
| 3.1 個別事業の実施 .....             | 19 |
| 3.2 マスタープランの実施 .....          | 19 |
| 4. 検証・評価編（Check） .....        | 21 |
| 4.1 個別事業 .....                | 21 |
| (1) 漁場分野の便益算定（従来型の評価） .....   | 21 |
| 4.2 マスタープラン .....             | 25 |
| (1) モニタリング .....              | 25 |
| (2) 評価の考え方 .....              | 27 |
| 5. 改善編（Action） .....          | 32 |
| 5.1 計画の見直し .....              | 32 |
| 5.2 事業によって得られた知見等の公表 .....    | 32 |

注）ページ番号は「P D C A マニュアルー頁ー」の番号を示す。

## 1. はじめに

### ◆水産環境整備とは

これまでの漁場整備は、沿岸漁業生産の下支えとして一定の役割を果たしてきたが、一方で、水産生物の動態<sup>4</sup>や生活史に対する配慮、海域が有する環境収容力<sup>5</sup>の知見及び環境や資源の変動を踏まえた整備の柔軟性については不十分な点があり、漁場整備の考え方についての抜本的な見直しが必要とされてきました。

水産庁では平成22年12月に、生態系全体の底上げを目指し、水産生物の生活史に対応した良好な生息環境空間<sup>6</sup>を創出する整備を推進していくことを基本知念とした「水産環境整備の推進に向けて」をとりまとめ、これに基づいて平成23年度から「豊かな海を育む総合対策事業」を改正しました。また、平成24年3月に公表された「水産基本計画」においても、「豊かな生態系を目指した水産環境の整備の推進」を目標の一つとして掲げており、漁獲対象種中心の整備から、海域全体の生産力の向上を目的とした漁場整備に重点をおいています。

水産環境整備では、「環境基盤の重視」及び「点から空間へ」の視点を軸に計画や制度を見直すことや、「資源・環境変動への対応」として柔軟な整備・維持管理とそれに必要なモニタリングの充実を図ることを基本方針としています。



図1 「水産環境整備の推進」概念図

<sup>4</sup> 一般的には「動く状態、変動している状態」を示すが、ここでは、水産生物の個体・個体群としての動き、複数種で構成される群集としての動き、群集間関係の動きなど幅広く捉える視点として使用している。

<sup>5</sup> ある大きさの空間の平均的環境条件下において、特定な種の個体群が種の保存を維持しうる最大の個体数

<sup>6</sup> 水産生物を中心に物質循環を含めた生息環境

### ◆水産環境整備の理念

漁業は、自然からの恵みを利用する産業であり、水産物の安定的・持続的供給を行うためには、豊かな海の生態系を守り育てる取り組みが必要である。水産環境整備が目指す豊かな海とは、生物の営みを通して、様々な物質が一次生産から高次消費者まで停滞することなく効率よく転送され、物質が偏在することなく満遍なく行き渡り、それらの結果、漁獲量の増大に貢献するような状態であり、このような海をつくっていくことが水産環境整備の理念である。

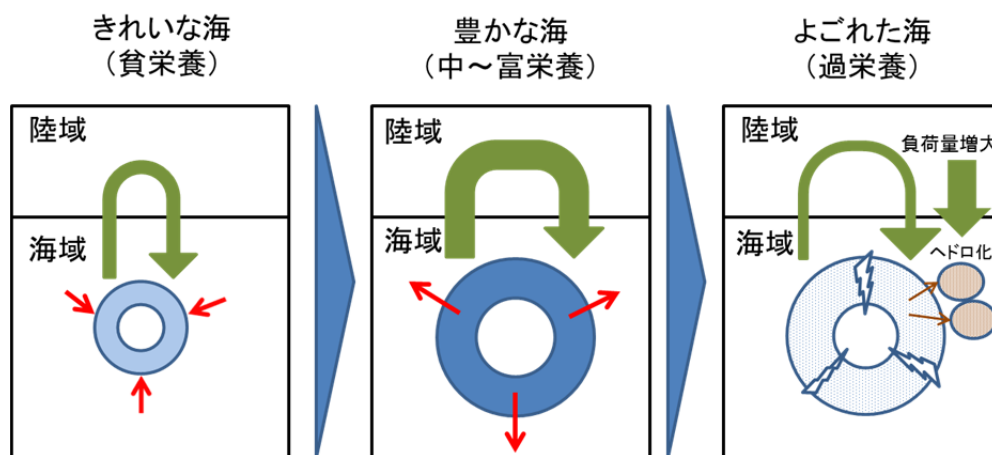
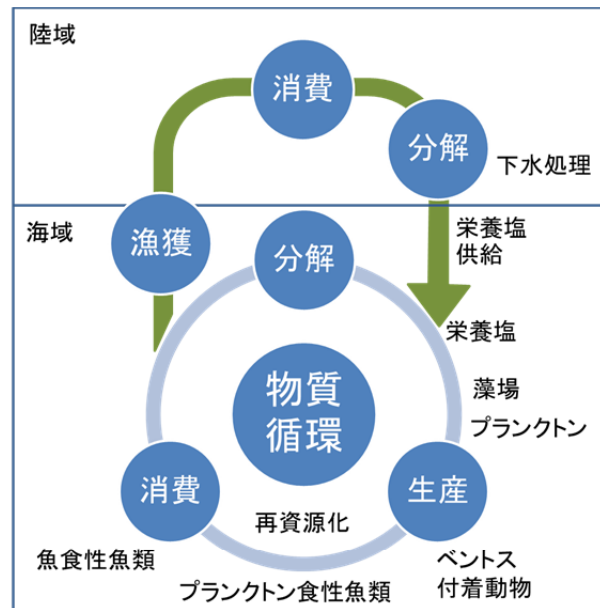


図2 水産環境整備の理念と豊かな海の模式

### ◆水産環境整備の達成目標

水産環境整備は、海域における物質の流れを効率的に生物生産に繋げる取り組み（基盤整備（創出・改善））を通して、水産環境を改善しながら水産資源の涵養を促す取り組みである。従って、「環境基盤の重視」の観点からは、藻場や干潟を造成することにより、生息環境空間の中に、窒素、りん、炭素を取り込み、水産環境を保全しながら、生物生産を活性化することが、達成目標となる。また、環境基盤の整備を通して、水産生物に取り込まれた物質の一部は、漁獲によって海から陸に引き上げられて、我々に食の恵みを提供するとともに、海と陸の物質循環を正常に保つためにも寄与する。従って、「点から空間へ」の観点から水産生物の生活史に即して、餌場、隠れ場、休息場、産卵場を整備して水産生物の増殖機能を強化して、資源の生産性を高めることも水産環境整備の達成目標に含まれる。すなわち、環境軸と生産軸の両面に着目した一体的な取り組みが求められる。なお、新たに整備（創出）する環境基盤としては、藻場・干潟、増殖場、魚礁等が想定される。

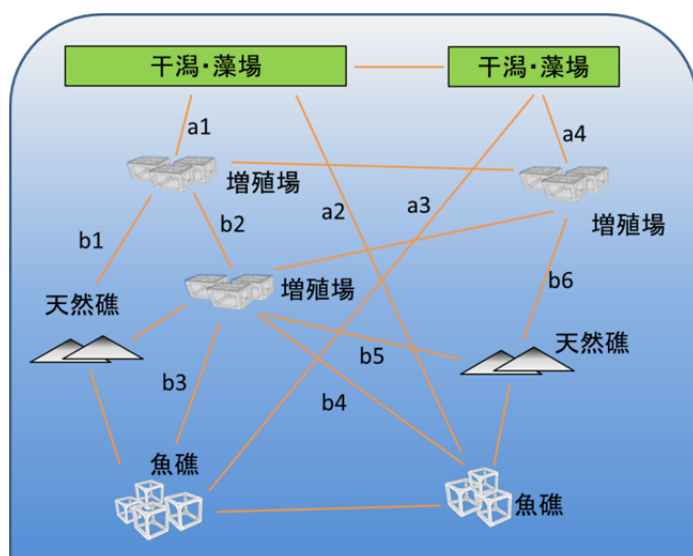


図3 水産環境整備による整備イメージ

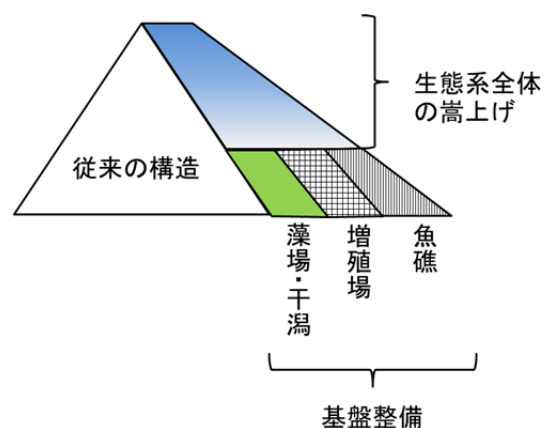


図4 生態系全体の嵩上げのイメージ

- H23 から「豊かな海を育む総合対策事業」を改正
- 漁獲対象種中心の整備から、海域全体の生産力向上を目的とした漁場整備に重点
- 生態系を本来あるべき姿への修復、維持または拡大→物質循環の正常化
- 生息場ネットワーク（habitat network）の創生
- 生態学的連続性（ecological continuities）の確保

#### ◆PDCA サイクルによる事業の進め方について

水産環境整備の概念と従来型事業との比較は表 1 に示す通りである。水産環境整備では、「環境基盤の重視」、「点から空間へ」、「資源や環境の変動への対応」を 3 本柱とし、一定の海域範囲における「生態系全体の生産力の底上げ」を目標としていることに特徴がある。従来、漁場整備は各事業主体が個別事業ごとに計画・実施されてきたが、水産環境整備では、一定の範囲（灘・湾レベル）の生息空間を対象とし、個別事業が有機的に連携し、その空間の包括的な改善・修復・創出がなされるように計画、実施されることとなる。すなわち、水産環境整備ではマスタープランを策定するとともに、具体的な事業は従来の漁場整備事業の枠組みの中で個別に実施されている。

表 1 水産環境整備の概念と従来型事業との比較

|      | 従来型事業                | 水産環境整備                                  |
|------|----------------------|-----------------------------------------|
| 目標   | 対象魚種の漁獲増加量           | 生態系全体の生産力の底上げ                           |
| 対象範囲 | 点（事業の実施箇所）           | 空間（湾、灘など生活史全体）                          |
| 対象種  | 特定種（水産有用種のみ）         | 複数種（生態系を構成する生物全体）                       |
| 整備内容 | 魚礁、増殖場等の整備           | 生息環境空間の包括的な改善・修復・創出                     |
| 評価方法 | 対象種の漁獲量 等            | 従来型の評価に加えて、生態系ピラミッドの他の階層に着目した評価         |
| 実施体制 | 直接の担当者を中心とする限られた組織体制 | P D C A サイクルの実効性の確保<br>関係者等による意見交換の場の設置 |

（出典：平成 22 年度第 4 回海洋・沿岸域における水産環境整備の技術検討会資料）

水産環境整備では、「資源・環境変動への対応」として柔軟な整備・管理を行うことになっている。また、現在の知見では資源・環境の変動の予測を行うことに限界があることから、本事業では、計画（Plan）→実施（Do）→検証・評価（Check）→改善（Action）という P D C A サイクルに即した漁場整備を繰り返し行うことで、その海域の有する課題や問題点を解決し、次の漁場整備に繋げることで海域全体の生産力の向上を目指している（図 5）。その際、モニタリング調査等により得られた情報や新たな知見は、事業に反映させ、順応的な取組を行っていくことが大事である。

なお、P D C A サイクルの周期は、事業実施期間やモニタリングの内容・期間によって適切に判断していく必要がある。

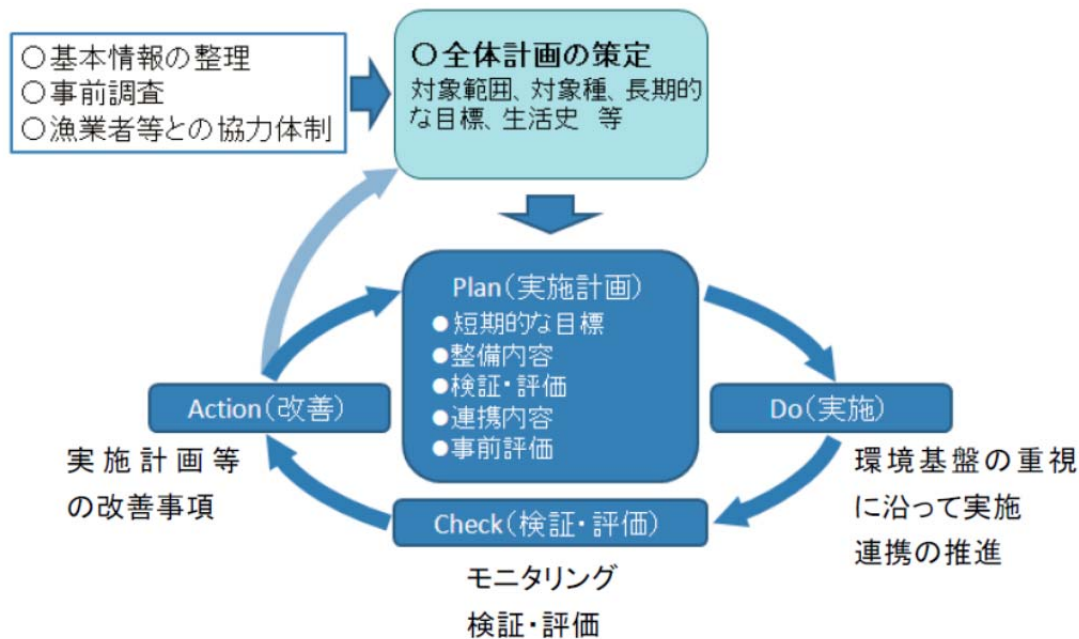


図5 計画策定とPDCAサイクルの流れ

PDCAサイクルの事業推進に適切に対応するために、今後の制度設計や研究開発が必要であるが、実効性のある取組を行うための視点を以下に列挙する。個別事業とマスタープランとの関係性を示した事業スキームを図6に示す。

- 事業の計画・実施にあたっては、仮説検証型の推進方法により、PDCAサイクルによる実施体制を整える。
- 整備した生息環境空間を実験生態系のフィールドとして捉え、実証実験の場として活用するためには、モニタリングが重要であり、実施体制の充実を図る。
- 多様な主体との協働も視野に入れた実施体制を整備
- 客観的で科学的な背景に基づいた合意形成ツールの開発
- 安全・安価・容易に継続できる粗放的なモニタリング手法の開発



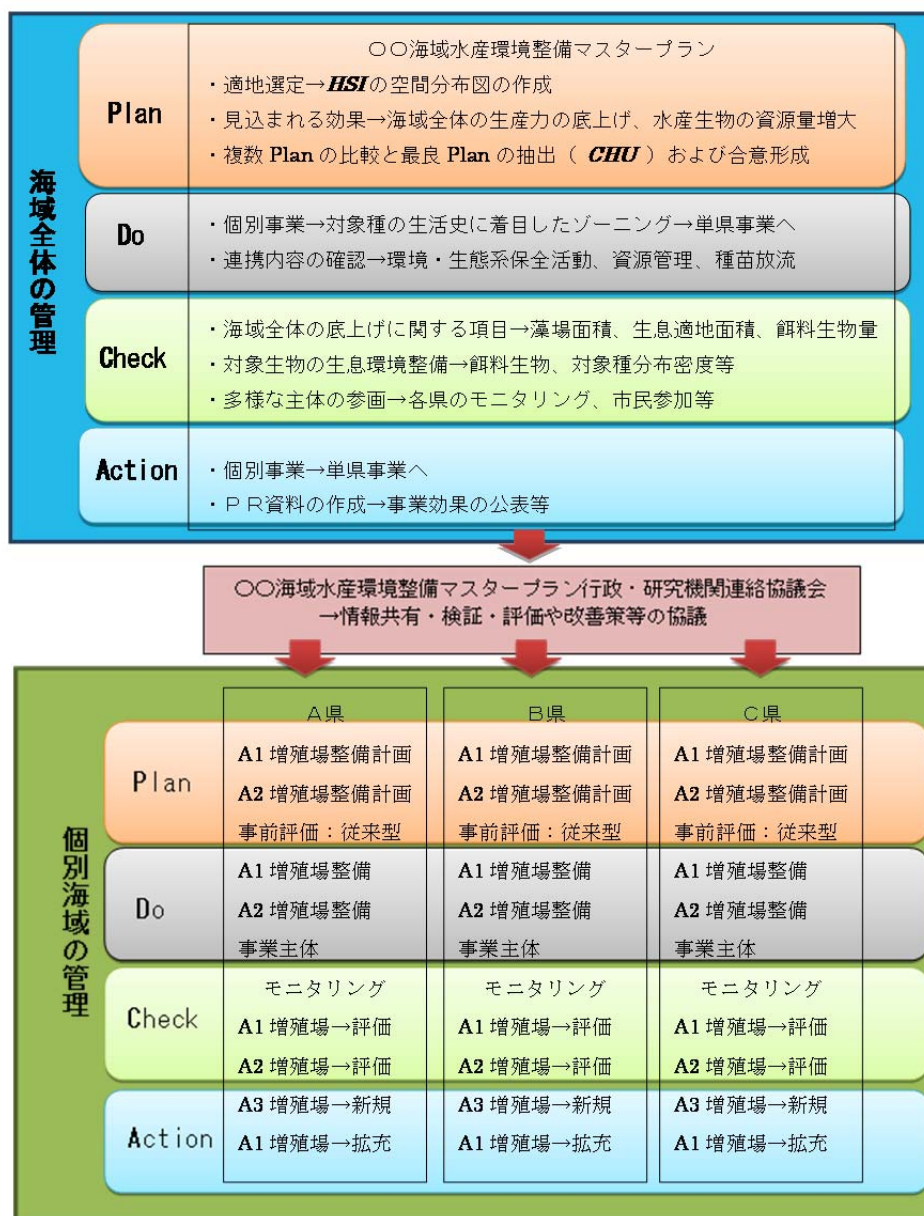


図6 水産環境整備の事業スキーム

<以下略>

2. 計画編 (Plan)
3. 実施編 (Do)
4. 検証・評価編 (Check)
5. 改善編 (Action)



## VI. 4 広域連携の事業化スキームの研究開発

### VI. 4.1 平成 22 年度取り組み内容

H18～21 年に実施した水産基盤整備調査委託事業「複数県における総合的な漁場整備手法開発調査」では、播磨灘に隣接する兵庫県、岡山県、香川県において、マコガレイを中心としたカレイ類やメバル・カサゴ等を対象種とした漁場整備構想を策定した。特に広域を移動するマコガレイを指標種として、産卵場～着底場～育成場～漁場までの成長段階別の分布・移動を明らかにした。本業務では、これらの知見をふまえ、播磨灘地区において 3 県の役割分担を整理し、産卵場保護、着底場整備、夏季の滞留場整備といった整備メニューと、これらのゾーニングを示した「播磨灘地区水産環境整備マスタープラン」を策定した（図 VI. 4. 1）。

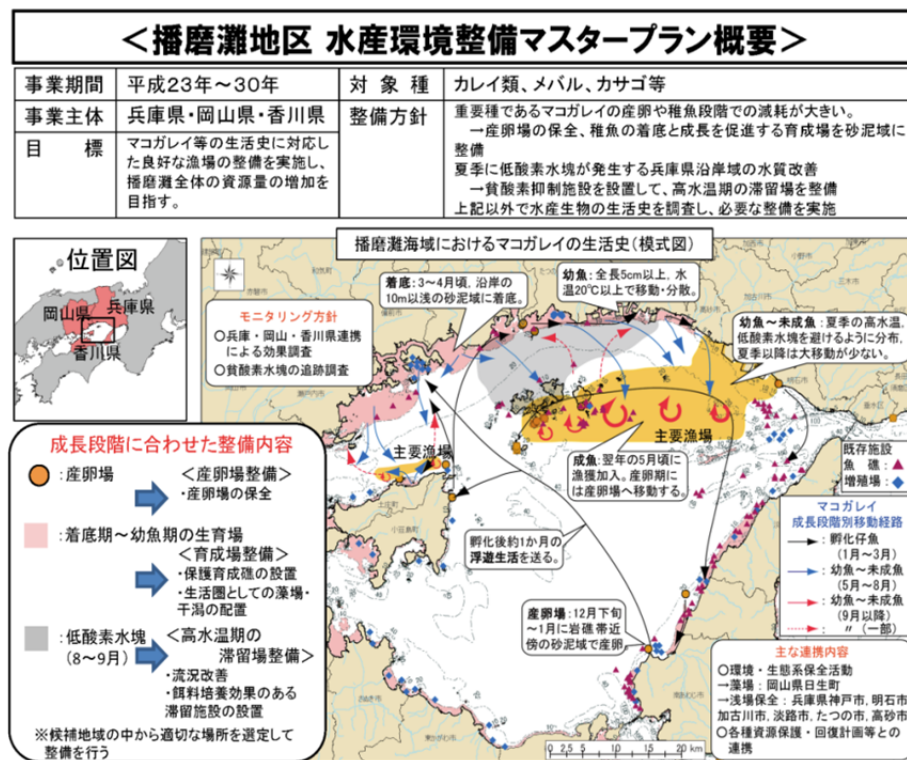


図 VI. 4. 1 播磨灘地区水産環境整備マスタープラン

#### VI.4.2 平成 23 年度取り組み内容

青森県、秋田県、山形県に隣接する本州日本海北部海域および、愛媛県、山口県、大分県に隣接する伊予灘海域を対象に、広域連携による漁場整備を検討するために、（財）漁港漁場漁村技術研究所が事務局として関係県の行政担当者を招集し、情報共有及び意見交換を行う「行政連絡会議」を年 2 回（平成 23 年 11 月、平成 24 年 2 月）開催した。会議は以下の議題で検討を行った。第 2 回の会議では、対象魚種候補について漁獲動向や漁場整備の状況、栽培漁業や資源回復計画への取り組み等について取りまとめた。また、生態系全体の嵩上げに関する事項として、藻場の変遷と藻場造成に対する各県の取り組みについて整理を行った。

第 1 回行政連絡会議議題：（本州日本海北部、伊予灘共通）

- ①当該海域における漁場整備、栽培漁業、資源回復計画の現状及び今後の予定
- ②広域連携に向けた課題について

第 2 回行政連絡会議議題：（本州日本海北部、伊予灘共通）

- ①当該海域における対象魚種候補の基礎情報および藻場造成について
- ②広域連携に向けた課題について

#### VI.4.3 平成 24 年度取り組み内容

H23 年に引き続き、水産環境整備の新規候補地区において、マスタープランを策定するとともに、「水産環境整備」として漁場整備を実施する際のスキームを確立するために以下の項目について検討した。

- ①対象種や対象範囲の設定及びマスタープラン策定妥当種の判断手法の開発
- ②広域連携が想定される地区の全体計画の範囲と対象種選定手法の開発
- ③事業実施後の評価、資源・環境変動への柔軟な対応、管理を図っていくための効果的なモニタリング手法の開発

本業務では、これらの知見をふまえ、本州日本海北部地区・伊予灘地区において対象種を抽出し、3 県の役割分担を整理し、整備メニューと、これらのゾーニングを示すとともに、広域連携によるマスタープラン策定から事業実施までの事業化スキームを提示した。

## VII 参考文献

### <漁港の水産増殖機能の技術開発>

- 1) 中村善治・深町孝子・真崎邦彦・関根幹男・三村信男：海岸工学論文集，2003，50，1111-1115  
サルボウガイの計測結果より（実測値）
- 2) 片岡一成：フジツボ類の最新学—知られざる固着性甲殻類と人とのかかわり
- 3) 水産庁研究部研究科・（社）全国沿岸漁業振興開発協会：沿岸漁場生産力評価技術高度化事業報告書，平成2年度，1991.
- 4) 真田康弘：森の魚礁活用推進事業，大分県水試事業報告，平成19年度.
- 5) 金沢孝弘：水温降下期の有明海におけるアカエイの漁獲分布と食性、福岡水技研報，第13号，2003
- 6) ジャパンゲームフィッシュ協会ホームページ，ジュニヤ日本記録.
- 7) 和歌山県立自然博物館ホームページ.
- 8) 渡辺健一・岡崎孝博：沿岸特定資源調査-イサキ資源調査，徳島県.
- 9) 金子健司・豊原哲彦・藤田種美・米田佳弘・中原紘之：大阪湾の人工護岸上に形成された海藻群落の維持と高密度に生息するウニ類の摂食活動．日水誌，73(3)：443-453，2007.
- 10) 鈴木欸：海洋生物と炭素循環．（財）東京大学出版会，1997.
- 11) 吉田吾朗・内村真之・吉川浩二・寺脇利信：広島湾に生息する海藻類の炭素・窒素有量とその季節変化，瀬戸内水研報，No.3：53-61，2001.
- 12) 城久・宇野史郎：大阪湾における動物プランクトンの現存量とそれから見積られる生産量．日本プランクトン学会報，30(1)：44-51，1983.
- 13) 水産庁研究部研究科・（社）全国沿岸漁業振興開発協会：沿岸漁場生産力評価技術高度化事業 底生動物調査マニュアル，1992.

### <環境を重視した評価手法の開発>

- 14) 生物多様性の経済学-経済評価と制度分析、馬奈木俊介・地球環境戦略研究機関編

### <PDCAサイクル推進マニュアル>

- ・瀬戸雅文、水産環境整備とはなにか、（社）水産土木技術センター講演会資料、2011
- ・田中丈裕、水産環境と栽培漁業～生態系からの視点～、豊かな海、第23号、2011
- ・（財）漁港漁場漁村技術研究所、平成18～21年度水産基盤整備直轄調査事業 複数県による漁場整備総合計画の策定業務、2009
- ・海洋・沿岸域における水産環境整備の技術検討会、水産環境整備の推進に向けて、2010.12.
- ・水産庁漁港漁場整備部、水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン、2011.4.
- ・鷺谷いづみ、矢原徹一、保全生態学入門、1996
- ・水産庁、漁場環境評価メッシュ図（瀬戸内海）、1999
- ・水産庁、水産関係公共事業の事業評価実施要領、2010
- ・水産庁、豊かな海を育む総合対策事業 水産環境整備マスタープラン策定にあたってのQ&A集（第1版）、2012

### <広域連携の事業化スキームの研究開発>

- ・続・日本海洋学会：日本全国沿岸海洋誌，東海大学出版会，1990
- ・青森県・秋田県・山形県他，メバル類の資源生態の解明と管理技術開発総括報告書，2001
- ・青森県・秋田県・山形県他，メバル類の資源生態の解明と管理技術の開発中間報告書，1999
- ・永沢亨，メバル属魚類の初期成長 漁業資源研究会議 底魚部会報(1)，1998
- ・青森水試，小泊村沿岸域におけるウスメバル未成魚の分布について，青森水試研究報告(2)，2002
- ・青森県漁業開発部資料（沿岸漁場整備開発調査 ウスメバル増殖試験）
- ・新潟県，平成9年度新潟県水産海洋研究所年報，1998
- ・山形水試，山形県水産研究報告(2)，2003
- ・笠原裕他，超高層魚礁のウスメバル増殖機能の調査（実施年H10、11）（インターネット）
- ・平成20年度秋田県農林水産技術センター水産振興センター事業報告書，2010
- ・秋田県，県の魚ハタハタ
- ・（社）日本水産資源保護協会，わが国の水産業 はたはた
- ・（社）日本栽培漁業協会，ハタハタの生物特性と種苗生産技術，2002
- ・青森水試，平成7年度青森水試事業報告，1996
- ・青森県産業技術センター水産総合研究所，平成22年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告，2012
- ・日本水産増殖学会，水産増殖 59(4)，2011
- ・北海道立総合研究機構水産研究本部，北海道のハタハタ資源，2011
- ・山形水試，平成20年度山形水試事業報告，2009