

I. 調査課題名

「干潟餌生物環境の物理条件解明」

II. 実施機関、部局名及び担当者名

国立研究開発法人 水産総合研究センター

瀬戸内海区水産研究所* 伊藤 篤*・山崎英樹・菅谷琢磨

中央水産研究所 玉置泰司・亘 真吾・松浦 勉

株式会社 ウィンディーネットワーク

小川年弘・松本義徳・杉本祐介・清水秀人・藤井知徳

株式会社 海洋生態研究所

長井隆一・花岡皆子・近江智行・嘉村周平・北川 純

*は中核機関と主担当者

III. 実施年度

平成24年度～平成27年度

IV. 緒言

干潟とその周辺水域は生物生産の中心的な役割を担う空間であり、漁場として極めて重要である。水産生物の生活史を考慮した干潟の環境整備を行うためには、魚介類、その餌となる底生動物及び物理条件の3者の相互関係を理解することが必要である。しかし、底生動物の豊度と物理条件との関係はあまり知られていない。また、干潟は、砂洲が波を遮蔽することで、多種の底生動物が生息できるようになり、これらを求めて集まるクルマエビ、ヨシエビ、シロギス等の幼生や幼稚魚をヒラメ等の幼稚魚が捕食するといった食物連鎖が形成され、多様な魚介類の保育場としても極めて重要である。本調査では、干潟域の構造や物理学的環境条件と、そこに生息する餌生物の種類と量を把握するとともに、食物連鎖によって魚介類が必要とする餌生物量を推定し、周辺海域における漁業構造に関する調査を通じて、産業上重要な魚介類の漁獲実態と需要動向を把握する。これらの調査結果をもとにして、調査対象とした干潟域における餌生物の空間的な分布パターンと生物生産量、さらに地域の魚介類の需要と地場産業への干潟の貢献度を推察し、魚介類の良好な保育場を造成又は維持するために満たされるべき物理条件を解明することを目的とする。

〔全体計画〕

上記の目的を達成するために、以下の3項目の調査を行う。

(1) 干潟の餌生物のバイオマスと強く関連する物理条件の把握

- a) 底生動物の生息地の基本構造を表現できる解像度とスケールを持つようにモデル海域の海底地形図を作成する。
- b) 干潟の餌生物の生物群集構造に影響を与えている環境要因を検討するために、(1)-a で作成した海底地形図から物理環境パラメータを収集する。
- c) 海底地形図から様々な物理環境を持つ地点を抽出して堆積物試料を採取し、堆積物粒度分析と底生生物の定量的分析を行う。
- d) モデル海域の干潟において底生生物相に影響を与える物理環境要因を検討する。
- e) 干潟の餌生物の生物量に影響を与えている物理環境データに基づいて干潟を分類する。

- (2) 魚介類の保育場に必要餌生物の生産量の推定
- a) 食物連鎖モデルの作成に必要な対象生物の増肉計数を推定するために飼育実験による対象生物の摂餌量と成長量を求める。
 - b) (1)の干潟における生物組成と(2)-a)の対象生物の摂餌量から、幼稚魚が保育場で必要とする餌生物量を推定するための食物連鎖モデルを試作する。
- (3) 魚介類の資源需要と適切な保育場規模の推定
- a) モデル海域における魚介類の需要形態の実態把握を行う。
 - b) (2)-b)の食物連鎖モデルによる推定結果に基づき、漁業、遊漁への効果をサブモデルを用いて把握し、漁業・遊漁の振興に効果的な保育場を造成・維持するための方策について検討を行う。

V. 方法・結果

(1) 干潟の餌生物のバイオマスと強く相関する物理条件の把握

担当機関：(国研)水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所
(株)ウインディーネットワーク
(株)海洋生態研究所

a) 海底地形図の作成と物理環境パラメータの抽出

方法

モデル海域における主要な干潟とその周辺域において、ディファレンシャル GPS による GNSS 位置測定装置とインターフェロメトリック測深システム (GeoSwath Plus Compact) を用いて、海底地形測量データを取得した (写真 1)。底生動物の生息地における基本構造を表現できるように、解像度 25cm メッシュを確保するような精度で測量をおこなった。測量後、作業船の傾きや潮位、音速度などに対する補正やノイズ除去などの処理を行った。また、測量時に音響ソナーにより計測した反射強度データと、モデル海域内の 297 地点から採取した堆積物サンプルの性状とを照合することにより、モデル海域全域の底質を推定した。

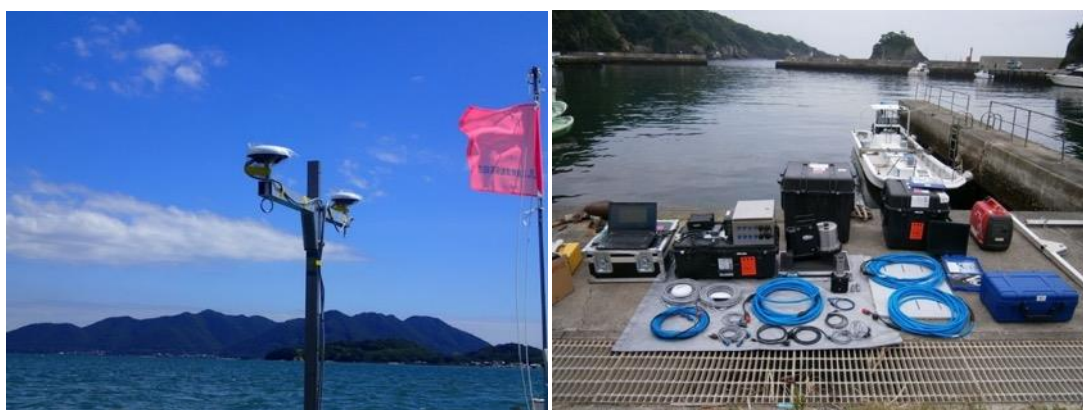


写真 1 GNSS 位置測定装置とインターフェロメトリック測深システム

結果

モデル海域における主要な干潟を網羅するように、百島地区、浦崎地区（海老、灘）、干汐、歌地区（女法崎、大磯、松ヶ鼻）、戸崎、塚尻、東尾道・山波地区において、合計 3,359,000m² の区域の海底地形測量を行った（図 1）。

海底地形を測量した範囲において、地盤高-1.9m以上の潮間帯は 995,015m²、地盤高 1.9m以下の潮下帯は 2,363,985m²であった。計測データはノイズ除去や補正などの計算処理の後に三次元 GIS（3D-Geolet）に取り込んで三次元地図データを作成した（図 2）。また、測量時に計測した音波の反射強度データを可視化した後方散乱強度図（図 3）を作成すると共に、反射強度のデータについて閾値を設定し、7つのグループに区別したクラス図を作成した（図 4）。

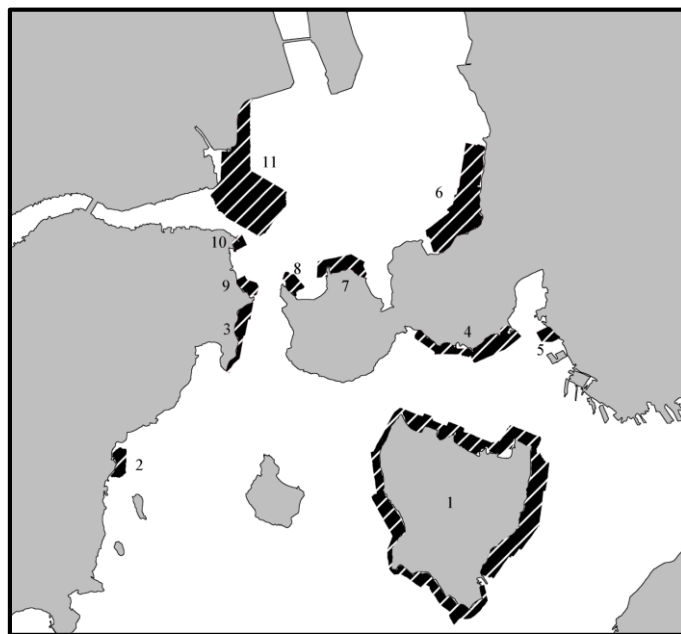


図 1 モデル海域における海底地形測量エリア

以上の 3 図を、潮間帯および潮下帯から採取した堆積物試料の性状と照合することにより、調査海域全体の底質分布図を作成した（図 5）

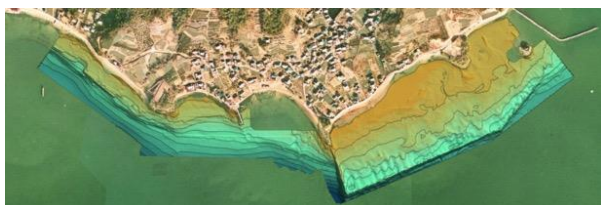


図 2 海底地形の三次元地図データ（海老干潟）



図 3 後方散乱強度（海老干潟）

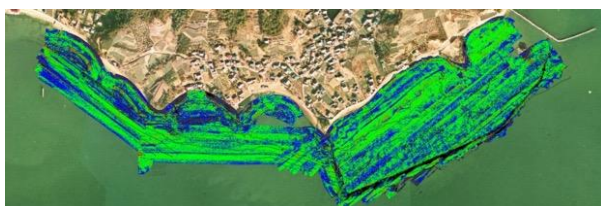


図 4 クラス図（海老干潟）



図 5 底質分布図（海老干潟）

b) 海底地形図からの物理環境パラメータの抽出

方法・結果

モデル海域内の干潟における生物試料の採取地点について、三次元 GIS ソフトウェア（3D-Geolet）を用いて、以下のような物理環境パラメータを海底地形地図から収集した。また、天然干潟と人工干潟による違いを検討できるようにするために、干潟のタイプ（天然/人工）もパラメータの 1 つとした。

- ・地盤高 (h:height)：東京湾平均海面 (TP) に換算。モデル海域では最低水面

(CDL: chart datum level) が-1.9mであり、-1.9m以上が潮間帯、-1.9m未満が潮下帯に相当する。

- 傾斜角 (s: slope) : 海底地形図において 25mグリッド (s25)、10mグリッド (s10)、5mグリッド (s5) で算出した傾斜度。
- 陸までの距離(ds: distance from the shore) : 試料採取地点から海岸線までの最短距離。
- 最低水面までの距離(dcdl: distance from CDL) : 試料採取地点から最低水面 (CDL: chart datum level) までの距離。大潮最干時の汀線までの距離に相当する。
- 干潟の幅 (tw: tidal flat width) : 試料採取地点における干潟の幅 (海岸線から CDL までの距離)。
- 海岸の向き (dir: direction) : 海岸線を基準に沖方向に垂線を引いたときの方位角 (北: 0度)。角度データであるため、三角関数 (サインとコサイン) を用いて、東西成分(sdir: sin(dir))と南北成分(cdir: cos(dir))に分けて統計モデルに組み込む。
- 方位角と海岸の向きの差 (dd: difference between shore direction and slope) : 海岸の向き (dir)と海底面の傾きの方位角との差分。海岸の向きと海底面の傾きの方位角とが一致しているとき、すなわち海底が沖に向かって下っているときに 0度となり、海岸の向きと海底面の傾きの方位角とが正反対にあるとき、すなわち海底が沖に向かって上っているときに 180度の値となる。25mグリッド (dd25)、10mグリッド (dd10)、5mグリッド (dd5) でそれぞれ算出。
- Plan Curvature (plc) : 等深線の方における海底面の凹凸の指標。試料採取地点を含む区画とそれを囲む 8つの区画の平均地盤高から算出する (図6)。25mグリッド (plc25)、10mグリッド (plc10)、5mグリッド (plc5) でそれぞれ算出。
- Profile Curvature (prc) : 等深線に垂直な方向における海底面の凹凸の指標。試料採取地点を含む区画とそれを囲む 8つの区画の平均地盤高から算出する (図6)。25mグリッド (plc25)、10mグリッド (plc10)、5mグリッド (plc5) でそれぞれ算出。
- 凹凸指数 (ue: unevenness) : 干潟の凹凸の指標。試料採取地点のある干潟表面の実面積 (干潟の実際の表面積) と水平面に投射したときの面積の比。
- 干潟面積 (ta: tidal flat area) : 干潟の面積
- 干潟のタイプ (type) : 天然干潟か人工干潟。人工干潟は造成から 20年以上経過したものと 20年未満のものに分類。

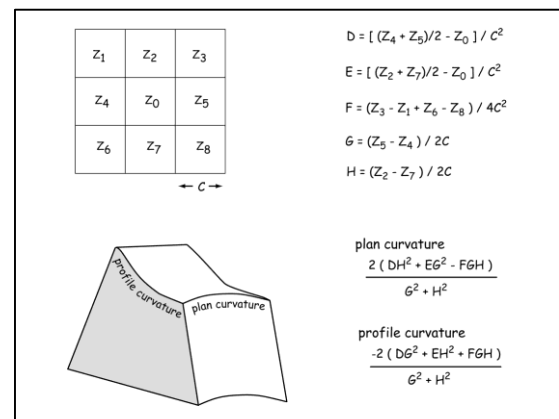


図6 海底面の凹凸の指標 Plan Curvature と Profile Curvature

c) 堆積物粒度分析および底生生物分析方法

百島の潮間帯 3 地先・計 113 地点 (平成 25 年度)、百島以外の潮間帯 8 地先・計 139

地点（平成 26 年度 109 地点、平成 27 年度 30 地点）において、底生生物分析用のコアサンプル（直径 10cm、深さ 8～9cm）、ならびに粒度分析用の堆積物試料を採取した（表 1）。また、地元漁業協同組合の船舶を用船して、モデル海域の潮下帯 147 地点（平成 26 年度 75 地点、平成 27 年度 72 地点）において、軽量・簡易バケツ採泥器（内寸 23×25×高さ 13cm）を用いて堆積物を採取した（写真 2）。採取した堆積物から少量の粒度分析用試料を採取して、残りを海産無脊椎動物研究センターに持ち帰り、0.5mm 目合いのメッシュでふるった後に、残渣を底生生物分析用サンプルとしてホルマリン固定してから底生生物の同定と計数、計量を行った。

表 1 各地先から採取した堆積物試料と底生生物試料

地先	干潟		潮間帯		潮下帯	
	天然	人工	堆積物	底生生物	堆積物	底生生物
1 百島	○	○	113	113	26	9
2 千汐	○	-	21	8	2	2
3 女法崎	○	-	0	0	6	0
4 海老	-	○	17	6	5	3
5 灘	-	○	3	2	5	3
6 郷頭	○	○	15	9	6	3
7 塚尻	-	○	16	9	4	3
8 戸崎	○	-	0	0	3	0
9 大磯	-	○	19	8	3	2
10 松ヶ鼻	○	-	0	0	3	0
11 東尾道	○	-	18	8	12	5
12 山波の洲	○	-	30	30	-	-
13 松永湾	-	-	-	-	27	27
14 百島周辺	-	-	-	-	45	45
合計			252	193	147	102

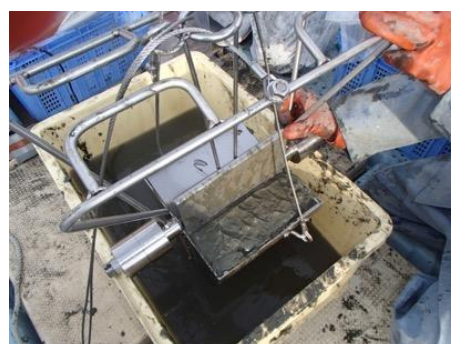
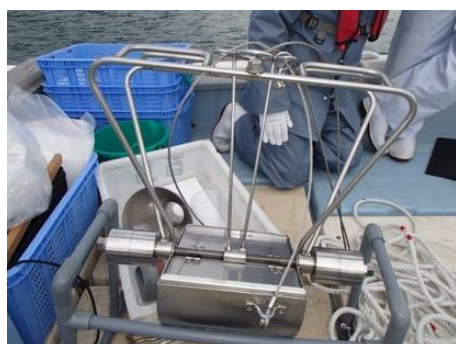


写真 2 軽量・簡易バケツ採泥器を用いた採泥調査

レーザー回折式粒径分布測定装置（島津製作所 SALD-3000）を使用して、平成 25 年

度から平成 27 年度にかけて採取した潮間帯 236 地点、潮下帯 143 地点の堆積物の粒径分布を測定した。粒径 3mm 以上の荒い粒子が含まれている潮間帯 16 地点と潮下帯 4 地点については、測定装置の測定可能粒子サイズを超過していたため測定しなかった。粒度分析の結果から、以下のような物理環境パラメータを算出した。

- ・中央粒径値 (md: median diameter) : 粒度分析における中央粒径値 (ϕ_{50})。
- ・シルトクレイ率 (sc: silt-clay rate) : 粒度分析における直径 63 μm 以下の粒子の割合。泥分率。
- ・淘汰度 (sp: sigma ϕ) : 粒度分析における淘汰度 $\sigma_{\phi} = (\phi_{84} - \phi_{50}) / 2$

結果

合計 386 種類の底生生物（魚類 2 種を含む）が確認された。そのうち、潮間帯のみで採取された種が 66 種、潮下帯のみで採取された種が 150 種、両水深帯から採取されたのが 170 種であった。潮間帯で出現した 236 種について、天然干潟（95 地点）の出現種は 194 種で、そのうち天然干潟においてのみ採取された種は 75 種（うち環境省レッドデータブック 2014 掲載種 7 種）であった。一方、人工干潟（98 地点）の出現種は 161 種で、人工干潟においてのみ採取された種は 42 種（うち環境省レッドデータブック 2014 掲載種 4 種）であった。天然干潟と人工干潟の調査地点数はほぼ同数であり、天然干潟と人工干潟には、砂泥質底に生息する多くの共通種がみられたが、天然干潟のほうが、出現種数、各干潟のみで見つかった種数、希少種数が多い傾向が認められた。天然干潟からは、ウスヒザラガイ、スガイ、ウスユキミノなどのような岩礫性の軟体動物やヤマトオサガニのような軟泥干潟に見られる生物も採取されたことから、調査地域の天然干潟の生息場所は変化に富んだ環境と考えられた。一方で、人工干潟にのみ出現していたマテガイは潮通しの良い砂質の前浜干潟に生息している二枚貝で、マメコブシガニもやや砂分の多い砂泥底によく見られる種類である。また、シズクガイは干潟よりも、内湾の浅海域に出現することが多い種であることから、本調査海域の人工干潟は砂質や砂泥底であり浅海に近い均質な環境であることが示唆された。

調査地点を天然干潟、造成から 20 年以上経過している人工干潟、造成から 20 年未満の人工干潟に分けて、それぞれの調査地点の環境パラメータを元に主成分分析を行うと、天然干潟の地点は人工干潟よりも広範囲に広がっており、天然干潟は人工干潟に比べて環境の幅が大きいことが示唆された（図 7）。

二枚貝類や腹足類などの軟体動物は厚く重い殻を保有している種類が多い。主に炭酸カルシウムから構成されている殻は餌料価値が低いため、高次捕食者にとっての餌生物量を試算する際には、殻を除いた生体重量を用いる方が望ましいと考えられる。そこで、軟体動物の湿重量については、殻重量を除いた軟体部のみの重量に換算した。換算にあたっては、殻重量と軟体部重量に関する知見がある種類についてはその換算係数を、知見がない種類については貝殻の形状が類似している種類の換算係数を用いた（換算係数 0.125～1.000）。

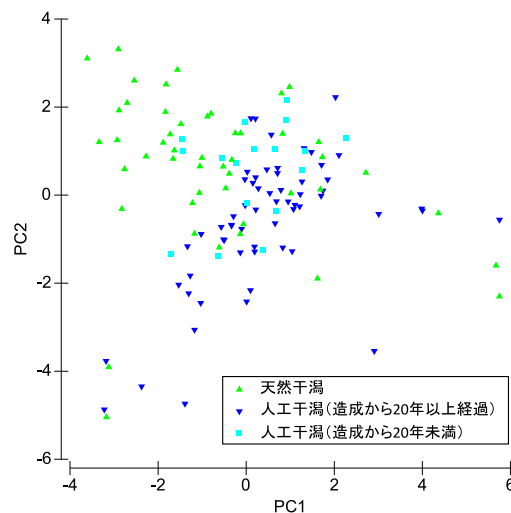


図 7 天然干潟と人工干潟の調査地点の物理環境パラメータの主成分分析

干潟（潮間帯）、潮下帯（干潟周辺部、松永湾内、百島周辺）における軟体動物、環形動物、節足動物の平均生物量をみると、潮間帯の生物量は潮下帯よりも多く、分類群で見ると軟体動物の生物量が多かった（図8）。既往の知見から、現存量あたりの生産量（PB比、軟体動物：2.44、環形動物：4.79、節足動物：3.12）を用いて、それぞれの生産量を算出した（図9）。

クラスター解析を用いて、干潟（潮間帯）と周辺海域の潮下帯における群集構造の違いを検討した。解析には『調査点×種毎の湿重量データ』のマトリクスを用いて、まず、全ての湿重量データについて4乗根を取り、種ごとにスケールの異なるデータを平滑化した。これにより、湿重量の少ない種についても考慮した解析結果を導くことができる。平滑化したデータを用いて、調査点間のBray-Curtis類似度指数を求め、average linkage法に基づいてクラスターを作成した（図10）。結果、クラスター『干潟』、『潮下帯』、『干潟+潮下帯』、『その他』として識別することが出来た。このクラスターに基づいてOne-way ANOSIMテストを実施したところ、群集組成に有意な違いが確認され（Global R = 0.551, $p < 0.05$ ）、クラスターの全ての組み合わせ間で有意な違いを検出した（R value 0.3~0.84, $p < 0.05$ ）。

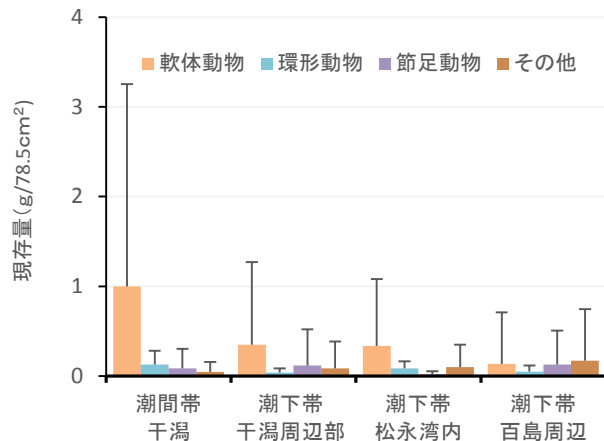


図8 潮間帯と潮下帯（干潟周辺部、松永湾内、百島周辺）における各分類群の生物現存量

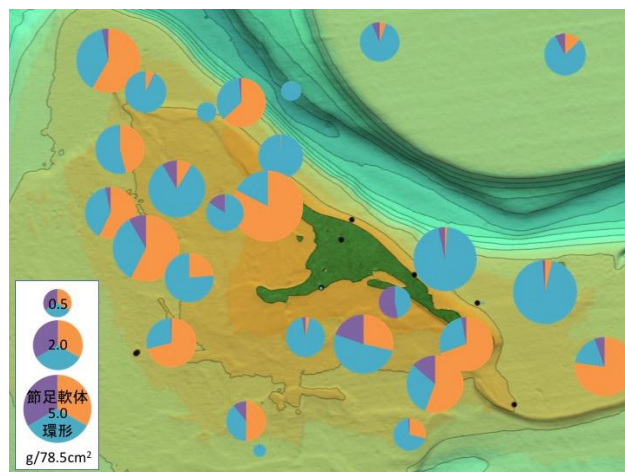


図9 山波の州における各分類群の生物生産量

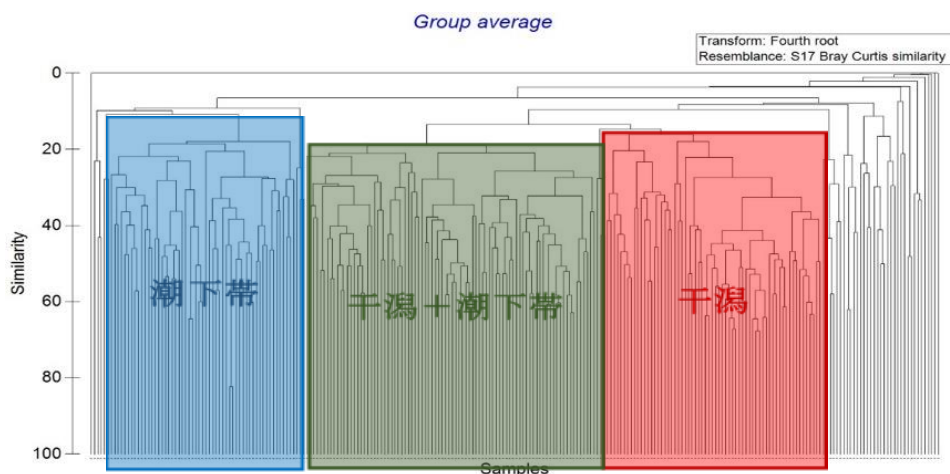


図10 クラスター解析による干潟と潮下帯の群集構造の比較

各クラスター内に共通する（各クラスターを特徴付ける）生物種を明らかにするために、SIMPER 解析を実施した。結果、干潟ではアサリ、潮下帯では *Sthenolepis* sp（ノラリウロコムシ科の 1 種）が各クラスターを特徴付けていた。干潟と潮下帯の調査点が混在した干潟+潮下帯クラスターでは、ホトトギスガイが共通して見られた（表 2）。

表 2 各クラスターを特徴付ける生物種

	類似度	グループ内の共通性を生み出す生物種 湿重量（貢献度）		
		1st	2nd	3rd
干潟	17.63	アサリ 2.16 g (77.02 %)	コケゴカイ 0.04 g (10.34 %)	アラムシロ 0.06 g (6.47 %)
干潟+潮下帯	6.85	ホトトギスガイ 1.57g (39.11%)	カタマリギボシイソメ 0.05g (10.15%)	アラムシロ 0.04g (5.32%)
潮下帯	9.34	<i>Sthenolepis</i> sp. 0.05g (45.02%)	チロリ 0.06g (16.96%)	メナシビンノ 0.56g (8.70%)

d) 干潟の生物相に影響を与える物理環境要因の抽出

方法

モデル海域の干潟における生物群集構造に影響を与えている物理環境要因について、統計モデル（一般化線型モデル、GLM）を用いて解析を行った。

・データの前処理

水深や中央粒径のような異なるスケールレンジをもったパラメータについて、その影響を同一の基準で評価するため、カテゴリーデータを除く全ての環境パラメータについて標準化（平均 0、分散 1 のデータへの変換）した。生物データについては、干潟餌生物を構成する主要な分類群である軟体、環形、節足動物の湿重量に着目し、分類群ごとに、全構成種の合計値（軟体動物は殻重量を除いた換算値）を用いた。各分類群の湿重量合計値は、物理パラメータと同様に標準正規化して正規分布を仮定した解析を実施した。これは、本事業が特定の種の分布を既定する物理条件の把握ではなく、干潟の餌料供給機能に着目していることに伴う措置である。

・すべての物理パラメータを用いたモデル選択

本事業で収集した 21 個の物理環境パラメータ、1 組のカテゴリーパラメータを用いて、交互作用を考慮しないフルモデルを仮定した解析を行った。これらの物理データの中には、バイオマスと相関のないものも含まれている可能性があり、全ての物理データを考慮したモデルが最も当てはまりが良いとは限らない。そこで、本課題では広く使われているモデル選択基準の 1 つ、AIC によるモデル選択によって、最も予測の良いパラメータの組み合わせを求めた。

・人為改変可能な物理データによるモデル選択

本研究で収集した物理パラメータの中には、細かな凹凸の指標や小さいスケールの傾斜など、干潟を造成する際に人為的に再現することが困難な物理条件が多く含まれている。そこで、干潟造成の際に現実的な指針となり得る 6 個の物理環境パラメータ（地盤高、中央粒径、25m スケールの傾斜度、方位角、干潟の向き、干潟面積）と、そもそも人工干潟と天然干潟のどちらが良いのかという観点から 1 組のカテゴリーパラメータ（人工 or 天然）を用いて、交互作用を考慮しないフルモデルを仮定した解析を実施し

た。

結果

・すべての物理パラメータを用いたモデル選択

AICによるモデル選択の結果、軟体、環形、節足動物の各々について、下記のモデルが選択された（表3）。この結果については、あくまでも、今回測定した物理条件での説明を試みた結果であり、実際に各物理条件が干潟の餌場としての機能を規定するかどうか、フィールド実験による裏づけ作業を進めることが必要であろう。

表3 AICによるモデル選択結果（すべての物理パラメータを用いた解析）

軟体動物バイオマス $\sim s5 + md + s10 + plc10 + plc5$ (AIC=344.65)

物理データ	係数	標準誤差	t 値	P 値
傾斜角(s5)	-0.1469	0.1248	-1.177	0.2415
中央粒径値(md)	0.1795	0.08444	2.126	0.0356
傾斜角(s10)	-0.2174	0.1251	-1.738	0.0848
Plan curvature (plc10)	0.2753	0.1284	2.144	0.0341
Plan curvature (plc5)	-0.1879	0.1282	-1.465	0.1455

環形動物バイオマス $\sim prc5 + h + dd10 + md + ta + plc10 + plc5 + sp + s10 + dd25$

(AIC=292.17)

物理データ	係数	標準誤差	t 値	P 値
Profile curvature (prc5)	-0.3163	0.08278	-3.821	0.000216
地盤高 (h)	-0.2445	0.06889	-3.549	0.000562
傾斜角と方角の差 (dd10)	-0.2936	0.08187	-3.586	0.000494
中央粒径値 (md)	0.3770	0.1106	3.409	0.000900
干潟面積(ta)	-0.2088	0.06803	-3.070	0.002674
Plan curvature (plc10)	0.3425	0.1038	3.301	0.001282
Plan curvature (plc5)	-0.2800	0.1068	-2.622	0.009933
淘汰度(sp)	0.2129	0.1120	1.901	0.059753
傾斜角(s10)	-0.09857	0.06949	-1.419	0.158749
傾斜角と方角の差 (dd25)	0.1090	0.07892	1.382	0.169781

節足動物バイオマス $\sim tw + plc10 + plc5 + dd5 + md + sc + ta + s5$ (AIC=333.58)

物理データ	係数	標準誤差	t 値	P 値
干潟の幅(tw)	-0.1964	0.08482	-2.315	0.022332
Plan curvature (plc10)	0.4197	0.1219	3.444	0.000797
Profile curvature plc5	-0.3182	0.1226	-2.594	0.010688
傾斜角と方角の差 (dd5)	-0.2112	0.08301	-2.544	0.012261
中央粒径値(md)	0.3033	0.09745	3.113	0.002330
シルトクレイ率(sc)	0.2144	0.09583	2.237	0.027148
干潟面積(ta)	-0.1350	0.07908	-1.708	0.090358
傾斜角(s5)	-0.1269	0.07897	-1.606	0.110873

・人為改変可能な物理データによるモデル選択

人為改変可能な物理条件に絞った再解析の結果、軟体、環形、節足動物のいずれの分類群についても水深と中央粒径値が共通して選択され、干潟（当該海域では水深 1.9m 以浅）では水深が深いほど、中央粒径値が大きいほど生物量が多い傾向がみられた（表 4）。加えて、軟体動物ではラージスケールの傾斜度が緩やかなほど、環形動物では干潟面積が小さいほど、バイオマスが多い傾向が示唆された。

表4 AICによるモデル選択結果（人為改変が可能な物理パラメータを用いた解析）

軟体動物のバイオマス（貝殻を除く） $\sim md + h + s25$ (AIC=355.28)

物理データ	係数	標準誤差	t 値	P 値
中央粒径値 (md)	0.1832	0.08657	2.117	0.0363
地盤高(h)	-0.1856	0.08712	-2.130	0.0352
傾斜角(s25)	-0.1573	0.08712	-1.805	0.0735

環形動物のバイオマス $\sim h + md + ta$, (AIC=335.13)

物理データ	係数	標準誤差	t 値	P 値
地盤高(h)	-0.3273	0.08095	-4.044	0.0000926
中央粒径値 (md)	0.2361	0.08018	2.945	0.00387
干潟面積(ta)	-0.2104	0.08121	-2.591	0.01073

節足動物のバイオマス $\sim h + md$ (AIC=357.92)

物理データ	係数	標準誤差	t 値	P 値
地盤高(h)	-0.1801	0.08782	-2.051	0.0424
中央粒径値 (md)	0.1381	0.08782	1.573	0.1183

以上の解析より、干潟の地盤高と底質の中央粒径値が餌生物のバイオマスに影響を与えている可能性があることが示唆された。すなわち、干潟の中でも比較的浅い場所を減らし、深い場所を増やすとともに、干潟の底質を粒径の大きなものに改変することによることで、干潟の生産性の向上が期待される。本研究の解析結果を普遍化するためには、実際に造成や改修を行っている様々な干潟で餌料生物量の増減のモニタリングを行い、干潟の物理環境が餌料生物量に与える影響を検証することが求められる。

e) 物理環境データに基づいた干潟の分類

目的と方法

本調査は、干潟の造成や改修が餌生物現存量の変化を通して、漁獲量や漁業経済に与える影響を推定することを目的としている。そこで、干潟の餌生物の生物量に影響を与えている物理環境に基づいて、モデル海域における干潟を分類し、その情報を魚介類の保育場に必要餌生物の生産量の推定に供する。

結果

一般化線型モデルの解析の中で、いずれの餌生物の生物量にも影響を与えていた物理環境要因の1つである干潟の地盤高に注目し、地盤高を中心とした物理環境に基づい

て、干潟を3つのタイプの生息場所に分類した。水深データを重み付けした物理データを用いて調査点をクラスタ分けし、各クラスタについて、餌料生物の平均バイオマスを求めた。『調査点 × 物理データ』のマトリクスを用意し、一般化線型モデルの解析と同様に物理データを標準化した。更に、水深データを重み付けするために、水深データのみ10倍する操作を加えた。以上の処理を施した

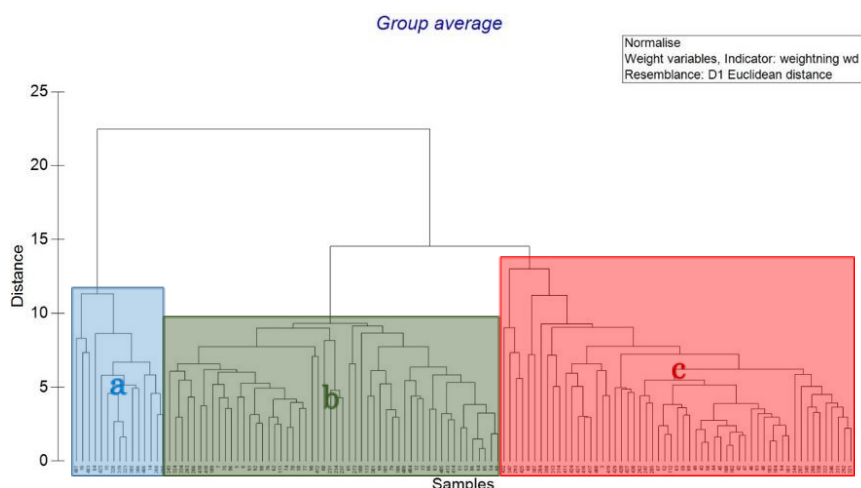


図11 水深データに重み付けをおこなったクラスタ解析

たデータを用いて、調査点間のユークリッド距離を求め、average linkage 法に基づいてクラスタ解析を実施した (図 11)。一連の解析作業には PRIMER ver6 を用いた。その結果、干潟の調査点は統計的に有意に異なる 3 つのクラスタに分けることが出来た

(One-way ANOSIM, Global R=0.816, R value: 0.758~1, p<0.05, pair-wise t-test, p<0.05)。各クラスタの水深情報を表 5 に示す。

表5 各クラスタの水深

	a (N=15)	b (N=15)	c (N=15)
平均水深	-0.247m	-0.789m	-1.26m
水深レンジ	0 ~ 0.5m	0.5 ~ 1.0m	1.0 ~ 1.7m

物理データに基づいて定義したクラスタ (a、b、c) ごとに、餌料生物 (軟体、環形、節足動物) のバイオマスが異なるかどうか調べた。結果、全体では有意な差が検出されたが (Global R=0.115, p<0.05)、クラスタ b、c 間で統計的には有意な差は検出されなかった (pair-wise t-test, p>0.05)。但し、全体の傾向としては、水深が深くなると各分類群のバイオマスが増える傾向が見られた (表 6)。

表6 各クラスタにおける軟体、環形、節足動物の平均生物量 (±SD / 78.5cm²)

	軟体動物	環形動物	節足動物
a	0.198±0.4316g	0.0428±0.0786g	0.0593±0.0959g
b	1.0396±1.7953g	0.1261±0.163g	0.0846±0.1529g
c	1.7897±3.4058g	0.1441±0.1421g	0.0813±0.1836g

以下に続く、(2) 魚介類の保育場に必要餌生物の生産量の推定と (3) 魚介類の資源需要と適切な保育場規模の推定では、これらの情報を元に、モデル海域の干潟におけるタイプ a、タイプ b、タイプ c の干潟の面積を変えたり、新たに干潟を造成したりすることで、どのくらい餌生物量が変化するか、また、それに伴う漁獲量の変化と、地域への経済波及効果について検討する。

(2) 魚介類の保育場に必要ない餌生物の生産量の推定

担当機関：(国研)水産総合研究センター 中央水産研究所
瀬戸内海区水産研究所
(株)海洋生態研究所

a) 飼育実験による対象生物の摂餌量の推定及び胃内容物調査

方法

食物連鎖モデル作成に必要な対象生物の増肉係数を推定するため飼育実験を実施した。対象生物として、シロギスとクルマエビを使用し、餌種類別の摂餌量調査を行った。底質の変化(底質環境の種類)を餌の種類の違いと読み替え、餌種類別(アサリ、エビ、ゴカイ)の増肉係数を求めた。平成26年度の摂餌量調査は、30L水槽24面を用いて、シロギス人工種苗(各餌4水槽×3尾=36尾:平均尾又長10.1cm、平均体重12.8g)とクルマエビ人工種苗(各餌4水槽×1尾=12尾:平均体長10.4cm、平均体重12.8g)を用いて、それぞれ5月30日~7月2日および7月16日~7月16日に実施した。平成27年度の摂餌量調査は同じ設備で、シロギス天然魚(各餌4水槽×3尾=36尾:平均尾又長8.2cm、平均体重6.3g)とクルマエビ人工種苗(各餌4水槽×1尾=12尾:平均体長7.9cm、平均体重5.6g)を用いて10月30日から11月28日まで行った。試験中の餌は2日に1回給餌した。シロギスは餌を朝給餌し、夕方に残餌を回収した。一方、クルマエビは、夕方給餌し、翌日に残餌を回収した。試験期間中は、毎日10時に飼育水温の測定を行った。飼育試験終了後に、実験生物の測定を行うとともに、期間中の摂餌量を計算して、以下の式で増肉係数を求めた。

$$\text{摂餌量 (g)} = \text{期間中の給餌量 (g)} - \text{残餌量 (g)}$$

$$\text{増肉係数} = \text{期間中の総摂餌量 (g)} / \text{期間中の増重量 (g)}$$

餌生物に関する定性的な情報を得るために底生魚類の胃内容物調査をおこなった。モデル海域内において、平成26年6月23日~7月19日に流し刺し網で漁獲直後の72個体を、平成27年9月28日~10月7日に百島地先の地曳網によって88個体のシロギス当歳魚を入手した。凍結保存後、胃内容物種査定を行った。

結果

平成26年度は、シロギス試験期間中の平均水温は22.2°C(20.2~24.1°C)、クルマエビの試験期間中の平均水温は27.1°C(24.9~28.9°C)であった。シロギス試験区の餌別総摂餌量はゴカイ区328.3g、アサリ区186.9g、エビ区107gであり、それぞれの区の増重量から増肉係数はゴカイ区8.4、アサリ区28.3、エビ区20.9となった。同様にクルマエビの総摂餌量は、ゴカイ区131.7g、アサリ区97.6g、エビ区125.9gとなり、増肉係数は、それぞれ11.6、19.4、22.5となった。

平成27年度の実験では、シロギス試験期間中の平均水温は18.3°C(14.8~20.1°C)、クルマエビの試験期間中の平均水温は18.5°C(15.3~20.3°C)であった。シロギス試験区の餌別総摂餌量はゴカイ区88g、アサリ区75.1g、エビ区49.3gであり、それぞれの区の増重量から増肉係数はゴカイ区7.2、アサリ区32.6、エビ区19.5となった。同様にクルマエビの総摂餌量は、ゴカイ区43.9g、アサリ区61.9g、エビ区31.9gとなり、増肉係数は、それぞれ7.7、22.5、7.4となった。クルマエビでは、30日間の試験期間中すべての個

体が1~2回脱皮をした。

シロギス、クルマエビとも試験期間中の死亡はなく全体として飼育実験は順調に行えた。シロギスもクルマエビもゴカイを一番効率良く利用することが示唆された。

平成26, 27年度を比較すると、水温の条件は異なるが、増肉係数はほぼ安定した値となった。クルマエビにエビを給餌した場合のみ両年で増肉係数が大きく異なった。これは給餌したエビの種類の違いによるものと考えられる。

平成26年の胃内容物を調査したシロギス72尾の平均体長は14.6mm、平均体重38.5gであり、胃内容物として出現した餌生物の重量比は、45%が環形動物、22%が節足動物であった。平成27年に胃内容物を調査したシロギス88尾の平均体長は4.8cm、平均体重1.5gで、出現した胃内容物は、個体数では、節足動物が、重量では環形動物が多くを占め、節足、環形、軟体動物で全体の70~90%を占めていた。この結果からゴカイやエビ類を餌生物として実験を行うのは妥当であると考えられる。

b) モデル海域における食物連鎖モデルの試作

方法

魚介類の保育場が成立するために必要な餌生物量、生産量を推定するための食物連鎖モデルを構築した。中課題1で調査した干潟における分類群別の生物量情報、本中課題の課題1で調査した対象生物の胃内容物組成情報、飼育実験より算出した増肉係数の情報を用い必要な餌生物量を算出するモデルを構築した。このなかで、幼稚魚期に干潟を利用する魚種の漁獲量は、現在の干潟の生産性で維持されると考え、生産性が倍になると漁獲量も倍になるとした。本課題では、現状の干潟の改修による効果と、潮下帯を干潟として新たに造成する効果をそれぞれ検討した。

モデルの基本構造として、対象生物は、幼稚魚期に干潟域を利用する魚介類に限定した。このためカタクチイワシのようなプランクトンのみを摂餌するような魚種は含まれていない。中課題1で物理環境から分類した3種類の干潟（aタイプ「平均水深-0.247m」、bタイプ「平均水深-0.789m」、cタイプ「平均水深-1.26m」）について、各干潟タイプにおける主要構成種別密度の情報をより、必要な餌生物量を求めた。主要構成種としては、軟体動物、環形動物、節足動物の3種類に分類し、それぞれの餌料効率を本中課題の課題1で求めた増肉係数で反映させた。魚類については、基本となる干潟餌生物量は以下の式で求めた。

$$\text{魚類が必要な餌生物量} = \text{餌生物の分布量} \times \text{現存量あたり生産量} \div \text{増肉係数}$$

これらについて、干潟の種類別の生物の分布密度、面積を踏まえ、対象海域の生産量とした。干潟の改変、造成を行うと現在の干潟タイプから、別の干潟タイプに変化し、それに伴い干潟全体でのベントスの生物量も変化する。このとき、魚類にとって餌料効率の高い干潟の増加が生産性の増加にもつながると考え、本課題では増肉係数の値により反映した。対象海域の主要漁獲物の一つであるシロギスをベントス食性魚類の代表種とし生物パラメータを使用した。また、干潟の改変、造成に伴う貝類、甲殻類の増加効果は、改変、造成による干潟の面積変化と両分類群の密度より算出した。現状の干潟の改変の試算として、aタイプ、bタイプ、cタイプの3種類の干潟を別のタイプへ改修するケースを想定し、生産量の増加効果を魚類餌料（軟体動物、環形動物、節足動物）、貝類、甲殻類についてそれぞれ検証した。また、調査対象とした干潟周辺の潮下帯を、新たに干潟に造成し

た場合の生産量の増加効果も魚類餌料、貝類、甲殻類について評価した。本課題では潮下帯を c タイプの干潟として新たに造成した場合について検討した。

結果

本解析に用いた、干潟の面積、軟体動物、環形動物、節足動物の生息密度 (g/m²) の値を表 7 に示した。

表 7 干潟タイプ a b c と干潟周辺潮下帯における軟体動物、環形動物、節足動物の生息密度

	面積 (km ²)	軟体動物 (g/m ²)	環形動物 (g/m ²)	節足動物 (g/m ²)
干潟 a タイプ	0.12	25.5	5.1	7.6
干潟 b タイプ	0.25	132.5	16.6	10.2
干潟 c タイプ	0.62	228.0	17.8	10.2
干潟周辺潮下帯	2.36	43.6	8.0	8.7

軟体動物、環形動物、節足動物を摂餌したときの増肉係数、軟体動物、環形動物、節足動物の現存量あたり生産量は表 8 の値を使用した。

表 8 軟体動物、環形動物、節足動物を摂餌したときの増肉係数と軟体動物、環形動物、節足動物の現存量あたりの生産量

	軟体動物	環形動物	節足動物
増肉係数 (キス)	30.47	7.79	20.19
現存量あたり生産量	2.44	4.79	3.12

① 現状の干潟を改変した場合の対象生物の生産量の増加効果

・ a タイプ、b タイプ、c タイプの 3 種類の干潟について別のタイプへ改修することによる生産量の増加効果を魚類、貝類、甲殻類についてそれぞれ検証した (表 9 ~ 11、図 12 ~ 14)。これらの図表では、干潟域の面積 1.0km²のうち縦軸に a タイプの面積、横軸に b タイプの面積を示し、c タイプの面積は 1.0km²から a タイプ、b タイプを除いた値となる。なお、現状の魚類の餌料効率を考慮した魚類の餌の生産量は 25.6 トン/年、貝類の生産量は 435.3 トン/年、甲殻類の生産量は 30.6 トン/年であった。a タイプ、b タイプを c タイプに改変することで、魚類、貝類、甲殻類の生産量の増大が図られることが明らかになった。

表 9 増肉係数で餌料効率を考慮した干潟のタイプ別構成面積による魚類の餌の生産量 (トン/年)

		bタイプ面積(km ²)										
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
aタイプ面積 (km ²)	1.0	6.4										
	0.9	8.8	8.0									
	0.8	11.2	10.4	9.6								
	0.7	13.7	12.8	12.0	11.2							
	0.6	16.1	15.3	14.4	13.6	12.8						
	0.5	18.6	17.7	16.9	16.1	15.2	14.4					
	0.4	21.0	20.2	19.3	18.5	17.7	16.8	16.0				
	0.3	23.5	22.6	21.8	20.9	20.1	19.3	18.4	17.6			
	0.2	25.9	25.1	24.2	23.4	22.5	21.7	20.9	20.0	19.2		
	0.1	28.4	27.5	26.7	25.8	25.0	24.1	23.3	22.5	21.6	20.8	
	0.0	30.8	30.0	29.1	28.3	27.4	26.6	25.7	24.9	24.1	23.2	22.4

表 10 干潟のタイプ別構成面積による貝類の生産量 (トン/年)

aタイプ面積 (km ²)	bタイプ面積(km ²)										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1.0	62.2										
0.9	111.6	88.3									
0.8	161.0	137.7	114.4								
0.7	210.4	187.1	163.8	140.5							
0.6	259.9	236.5	213.2	189.9	166.6						
0.5	309.3	286.0	262.6	239.3	216.0	192.7					
0.4	358.7	335.4	312.1	288.8	265.4	242.1	218.8				
0.3	408.1	384.8	361.5	338.2	314.9	291.6	268.2	244.9			
0.2	457.5	434.2	410.9	387.6	364.3	341.0	317.7	294.4	271.0		
0.1	507.0	483.6	460.3	437.0	413.7	390.4	367.1	343.8	320.5	297.2	
0.0	556.4	533.1	509.8	486.4	463.1	439.8	416.5	393.2	369.9	346.6	323.3

表 11 干潟のタイプ別構成面積による甲殻類の生産量 (トン/年)

aタイプ面積 (km ²)	bタイプ面積(km ²)										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1.0	23.8										
0.9	24.6	24.6									
0.8	25.4	25.4	25.4								
0.7	26.2	26.2	26.2	26.2							
0.6	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0						
0.5	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8					
0.4	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6				
0.3	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4			
0.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2		
0.1	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	
0.0	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8

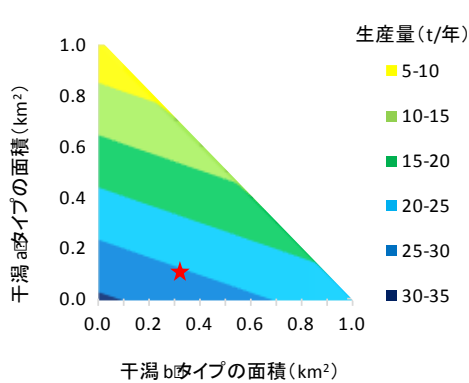


図 12 増肉係数で餌料効率を考慮した干潟のタイプ別構成面積による魚類の増重量期待値 (トン/年)

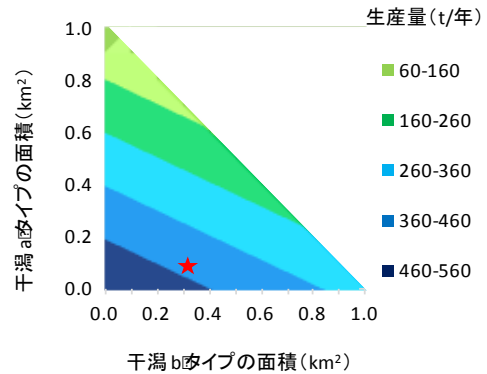
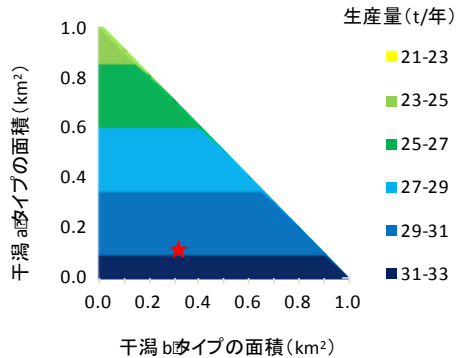


図 13 干潟のタイプ別構成面積による貝類の生産量 (トン/年)



左図 14 干潟のタイプ別構成面積による甲殻類の生産量 (トン/年)

② 潮下帯を新たに干潟に造成した場合の対象生物の生産量の増加効果

現在の干潟周辺の潮下帯 2.4km²を対象に新たに生産力が最も高い c タイプの干潟を造成したときの、造成面積と魚類、貝類、甲殻類の生産量の増加効果を示した。干潟周辺の潮下帯 1km²を c タイプの干潟に造成すると、魚類餌料の生産量、貝類の生産量、甲殻類の生産量はそれぞれ 2.2 倍、2.3 倍、2.0 倍に増加した。また干潟周辺の潮下帯 2.4km²すべてを c タイプの干潟に造成した場合、魚類餌料の生産量、貝類の生産量、甲殻類の生産量はそれぞれ 3.9 倍、4.1 倍、3.5 倍に増加した（表 12、図 15）。

表 12 潮下帯を新たに干潟 c タイプに造成したときの、造成面積による干潟全体の魚類餌料の生産量、貝類、甲殻類の生産量

干潟cタイプ造成面積(km ²)	魚の餌の量(t)	甲殻類の生産量(t)	貝類の生産量(t)
0.0	26	31	435
0.2	32	37	547
0.4	38	43	658
0.6	44	50	769
0.8	50	56	880
1.0	56	62	992
1.2	63	69	1,103
1.4	69	75	1,214
1.6	75	81	1,326
1.8	81	88	1,437
2.0	87	94	1,548
2.2	93	100	1,659
2.4	100	107	1,771

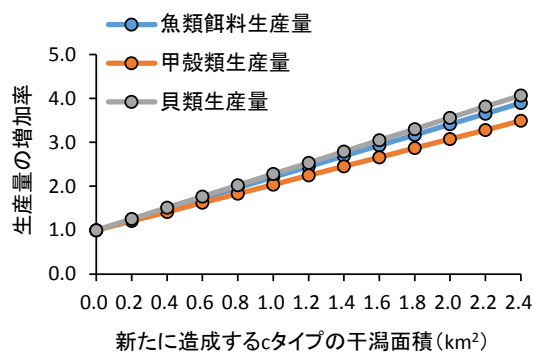


図 15 潮下帯を新たに干潟 c タイプに造成したときの、造成面積による干潟全体の魚類餌料の生産量、貝類、甲殻類の生産量の変化率

(3) 魚介類の資源需要と適切な保育場規模の推定

担当機関：（国研）水産総合研究センター 中央水産研究所
瀬戸内海区水産研究所

a) モデル海域における魚介類の需要形態の把握

方法

モデル海域である松永湾及び百島周辺の干潟で幼稚仔時代を過ごすクルマエビ・ヨシエビ・キス等を利用する尾道市及び福山市における漁業の基本構造を明らかにするため、漁業生産統計、漁業センサス、市場統計等の統計情報とその他の文献資料の収集・解析を行うとともに、行政機関、漁協、漁業者、流通業者等からの聞き取り調査を実施した。また、キスを利用する遊漁の基本構造については、文献資料及びインターネット情報の収集・解析を行うとともに、遊漁案内業者・遊漁者・釣具店へのアンケート調査及び聞き取り調査・乗船調査を実施した。

結果

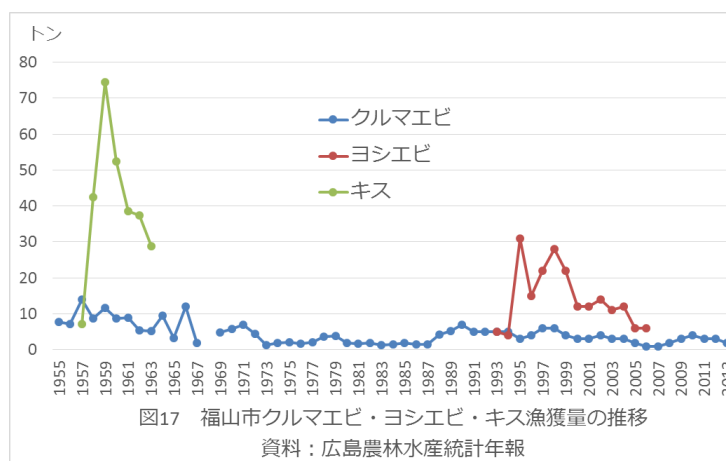
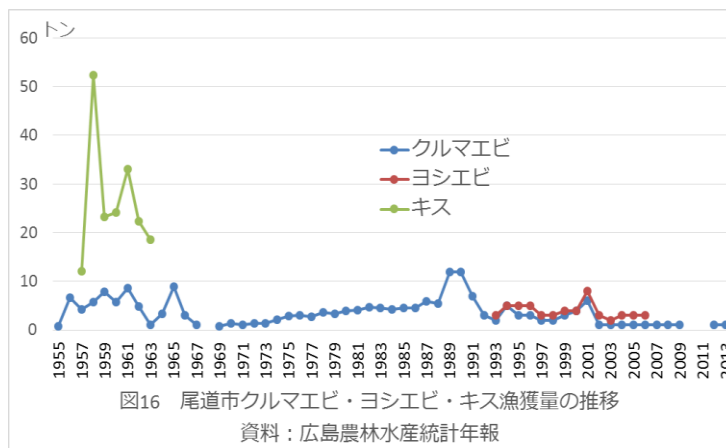
①漁業基本構造調査

ア. 統計情報・文献調査

(ア) クルマエビ・ヨシエビ・キス漁獲量の推移

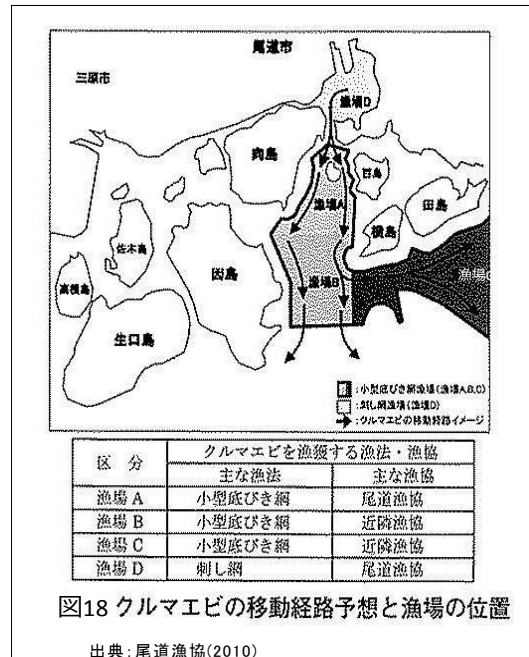
今回の主対象資源であるクルマエビ・ヨシエビ・キスについては、過去から現在まで水産統計で魚種区分があるのはクルマエビのみで、ヨシエビは1993年から2006年のみ統計で魚種区分があり、それ以外は「その他のエビ類」に含まれる。キスは1957年から1963年のみ統計で魚種区分があり、それ以外は「その他の魚種」に含まれる。キスは1957～1963年に尾道市で19～52トン（図16）、福山市で7～74トンの漁獲があった（図17）。1963年当時の広島県のキスの主な漁業種類別漁獲量の比率は、その他刺し網37%、一本釣り32%、小型底びき網17%などであった。

エビ類の漁獲量を見ると、尾道市ではクルマエビは1969年に落ち込んだ後、1990年まで増加したが、その後減少し、2002年以降は1トン程度で推移した。2013年の漁獲量は1トンであった。ヨシエビは1993年から2006年の間は2001年に6トンと急増したがその他の年は2～5トン程度であった（図16）。なお、1968年の統計では、クルマエビとクルマエビの合計漁獲量であるため、グラフからは除外した。福山市では1957年にクルマエビの漁獲量はピークを迎えたが、



福山市では1957年にクルマエビの漁獲量はピークを迎えたが、

その後は横ばいである。2013年の漁獲量は2トンであった。ヨシエビは1995年に31トンとピークを迎えたが、その後は減少傾向で、2006年には6トンとなった(図17)。エビ類の漁業種別の漁獲量を見ると、2012年には広島県ではクルマエビはほぼ9割が小型底びき網で漁獲され、ヨシエビが含まれる「その他のエビ類」は、小型底びき網で99.8%が漁獲され、小型定置網で0.2%が漁獲されている。なお、2006年にはヨシエビは95.2%が小型底びき網で漁獲され、4.8%が小型定置網に漁獲されていた。このため、クルマエビとヨシエビの漁獲動向の把握のためには、小型底びき網漁業の実態把握が必要である。2012年に広島県の小型底びき網においてはその他のエビ類が生産量では27.5%、生産額(広島県の魚種別平均実質単価を用いた推計



値)では39.2%を占めており、漁業経営に占めるエビ類のウエイトは高い。なお、小型底びき網による漁獲の他に、松永湾内では尾道漁協組合員によるクルマエビの刺し網漁業が10月後半から行われ¹⁾(図18)、2009年は標本船1隻で87尾が漁獲されたとある。1尾99g²⁾とすると、漁獲量は8kgである。松永湾内の刺し網40隻に乗じると、320kgとなる。

(イ) クルマエビとヨシエビの種苗放流

クルマエビとヨシエビはこれまで関係地区で放流が行われている。統計で数値が把握できる1984~2010年の放流尾数の動向を見ると、クルマエビでは1985~1989までは、2百万尾以上の放流が行われていたが、2000年以降は2000年と2009年に90万尾を超える放流が行われた以外は10~30万尾程度である(表13)。しかしながら、例えば吉和漁協では1998年から放流方法の改善が行われ、日本栽培漁業協会百島事業所(2001年当時)と協力した調査でも効果が確認され、再捕尾数は向上している²⁾³⁾。また、尾道漁協は2010年度の第30回全国豊かな海づくり大会において、クルマエビの標識放流と効果調査の取組が栽培漁業部門の農林水産大臣賞を受賞している¹⁾。加えて1998~2000年度複合的資源管理型

表13 クルマエビ放流水域別放流数(単位:千尾)

	横島	松永	浦島	山波	歌浦	尾道	吉和	向島	合計
1984	0	0	0	1,596	0	0	0	0	1,596
1985	0	0	538	537	537	0	0	581	2,193
1986	145	0	780	761	22	0	0	790	2,498
1987	40	0	550	572	572	0	0	574	2,308
1988	31	590	568	0	0	0	0	1,456	2,645
1989	70	30	1,200	100	0	0	0	1,240	2,640
1990	70	0	182	304	182	0	0	65	803
1991	70	0	0	0	0	40	0	212	322
1992	70	0	0	0	860	80	0	0	1,010
1993	65	0	0	0	860	80	0	0	1,005
1994	75	0	0	0	800	100	0	0	975
1995	50	395	0	0	0	0	0	395	840
1996	0	395	0	0	0	0	13	395	803
1997	34	750	0	0	0	0	0	60	844
1998	40	0	0	0	0	50	0	0	90
1999	155	640	0	0	25	190	0	105	1,115
2000	40	810	0	0	0	30	40	0	920
2001	40	60	0	0	0	0	50	0	150
2002	40	60	0	0	0	0	0	90	190
2003	40	70	0	0	0	30	0	0	140
2004	40	60	0	0	0	0	0	0	100
2005	40	186	0	0	0	0	0	0	226
2006	40	150	0	0	60	0	0	0	250
2007	30	30	0	0	0	74	0	50	184
2008	46	0	0	0	0	114	0	0	160
2009	3	3	0	0	0	904	0	0	910
2010	10	30	0	0	0	260	0	0	300
合計	995	3,670	3,818	3,870	3,858	570	103	5,873	22,757

資料:栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績・資料編

漁業促進対策事業で、クルマエビを対象として資源管理方策の検討が行われ、2000年から12cm以下のクルマエビは再放流を実施している。平成27年度尾道市水産振興協議会臨時総会資料では、2015年は小型底びき網漁船54隻で1トンのクルマエビを漁獲し、放流費用295万円に対して579万円の漁獲金額を上げ、放流事業の費用対効果は1.96とし

ている。ヨシエビは2001年と2002年は2百万尾以上の放流が行われたが、2009年、2010年は30万尾代と減少している（表14）。

（ウ）市場統計分析

広島市中央卸売市場統計においては、クルマエビとキスが魚種区分されており、広島産の取扱量・金額が月別に把握できる。2007年以降のキスの月別取扱量を見ると、2007年の6月が2.5トン、5月が2.4トンと2トンを超えた月はこの2つだけである。おおむね5～7月に取扱量が多いものの、徐々に取扱量は減少し、ピーク月が目立たなくなっている（表15）。クルマエビについては2007～2009年は、8～12月に多く取扱われていたが、2010年の12月から取扱量が大きく減少した。2013年と2014年は1月と12月に取扱量が増えている（表16）。

表14 ヨシエビ放流水域別放流数（単位：千尾）

	横島	松永	浦島	山波	歌浦	尾道	吉和	向島	合計
1984	0	0	106	664	0	0	0	0	770
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	320	0	0	0	0	320
1987	106	0	280	222	222	0	0	0	830
1988	113	0	922	0	0	0	0	0	1,035
1989	58	65	52	0	0	0	0	0	175
1990	388	133	252	0	253	0	0	0	1,026
1991	189	137	0	0	0	462	0	0	788
1992	322	0	0	0	0	396	0	0	718
1993	189	174	0	0	0	432	0	0	795
1994	171	190	0	0	0	0	0	262	623
1995	124	261	0	0	0	0	0	196	581
1996	126	23	0	0	0	0	0	0	149
1997	118	252	0	0	0	0	0	0	370
1998	53	47	0	300	0	0	0	0	400
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	40	179	0	0	0	155	0	0	374
2001	68	29	0	0	201	0	2,500	0	2,798
2002	260	0	230	450	1,590	0	0	0	2,530
2003	187	1,053	0	0	0	0	0	0	1,240
2004	163	445	0	0	0	0	0	0	608
2005	119	394	0	0	0	0	0	0	513
2006	116	410	0	0	0	0	0	0	526
2007	138	26	0	0	0	283	0	0	447
2008	588	229	0	0	0	90	0	0	907
2009	176	105	0	0	0	97	0	0	378
2010	167	61	0	0	0	124	0	0	352
合計	2,803	3,878	230	750	1,791	1,181	2,500	458	13,591

資料：栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績・資料編

表15 広島市中央卸売市場における広島産キス月別取扱量（kg）

月年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	196	104	126	81	178	187	27	6
2	181	180	160	168	239	332	46	63
3	404	370	128	269	155	213	25	42
4	703	228	128	374	172	182	121	47
5	2,385	894	699	890	398	229	250	255
6	2,525	992	1,628	1,073	610	473	421	245
7	825	528	684	528	519	490	481	310
8	312	539	691	292	288	334	155	191
9	362	234	447	203	165	152	112	213
10	507	123	235	261	306	222	194	102
11	225	136	179	409	326	156	83	142
12	319	270	149	162	118	51	23	11
年計	8,944	4,598	5,254	4,710	3,474	3,021	1,938	1,627

資料：広島市中央卸売市場統計

表16 広島市中央卸売市場における広島産クルマエビ月別取扱量（kg）

月年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	308	167	241	169	27	16	189	147
2	119	194	163	59	15	8	69	57
3	41	39	100	29	10	7	6	4
4	157	80	66	217	9	5	8	3
5	94	39	69	172	7	0	16	3
6	84	32	206	258	15	15	9	3
7	301	166	119	355	17	3	5	15
8	449	268	200	328	31	29	18	15
9	354	338	236	117	40	51	45	38
10	341	317	232	105	70	171	56	52
11	571	466	290	168	46	267	91	86
12	569	501	264	49	51	282	103	93
年計	3,388	2,607	2,186	2,026	338	854	615	516

資料：広島市中央卸売市場統計

なお、両種とも広島県産のうち、関係水域での水揚げがどの程度含まれているのかは不明である。

イ．漁協・漁業者聞き取り調査

3カ年の調査で尾道市・福山市内のすべての漁協で聞き取り調査を実施した（表17）。さらに、キスを主対象魚種とするキス流し網漁業者と、エビ類等を主対象とする小型底びき網漁業者に聞き取り調査を行った（表18）。また、かつて堀子を雇いエムシ漁業のとりまとめをしていた人への聞き取り調査を行った。

表17 尾道市・福山市各漁協聞き取り調査状況

年度	市名	漁協名
2013	尾道市	吉和漁協
		尾道漁協
		因島市漁協
		向島町漁協
		尾道東部漁協本所
		尾道東部漁協山波支所
		浦島漁協
	瀬戸田漁協	
	福山市	横島漁協
		田島漁協
松永漁協		
千年漁協		
2014	福山市	鞆の浦漁協
	福山市	走島漁協
2015	福山市	田尻あんずの里漁協
		福山市漁協

注：複数回訪問した漁協もあるが、最初に訪問した年度で整理している。
松永漁協は浦島漁協と2014年4月に合併した。
福山市漁協は2014年3月に解散している。

表18 尾道市・福山市漁業者聞き取り調査状況

年度	市名	漁業種類
2014	尾道市	キス流し網
	尾道市	小型底びき網
	福山市	小型底びき網
	尾道市	小型底びき網・刺し網
	福山市	定置網漁業
2015	尾道市	元エムシ漁業

(ア) キスとクルマエビ・ヨシエビ漁業の概要

クルマエビ・ヨシエビは主に小型底びき網漁業で漁獲されており、尾道市 39 隻・福山市 83 隻の合わせて 122 隻と把握された。この他、尾道漁協及び尾道東部漁協では、松永湾内で秋にクルマエビ・ガザミの刺し網操業が 40 隻ほどいる（表 19）。キスをもっぱら狙って行う漁業としては、キス流し網（県知事許可の 1 枚建刺し網）が尾道市・福山市合わせて 37 隻、キス延縄漁業が吉和漁協に 1 隻いた。他には投網と田尻の小型定置網がある（表 20）。2013 年のクルマエビ漁獲量は農林水産統計により福山市 2 トン、尾道市 1 トンで合計 3 トンだった。漁業者の聞き取り調査により、キス流し網でのキス漁獲量

表19 尾道市・福山市内漁協のエビ関連漁業の概要

市名	漁協名	小底	概要
尾道市	吉和漁協	小底13隻	小エビは8月に漁獲量が多い。松永湾から南下するエビを、加島の南、向島の南の漁場で漁獲する。クルマエビは混獲程度で少ない。昔は夏にクルマエビを専門にねらう船が20隻いた。20年くらい前には、毎年3～4トン漁獲された。
	尾道漁協	刺し網10隻は松永湾内	秋にガザミ、クルマエビを漁獲
		小底10隻	マンガは12/1～3月末、最近はトリガイをねらう。2種小底はヒラメ、マゴチをねらう。
	尾道東部漁協本所	小底1隻	エビの水揚げ少ない。
	因島市漁協	刺し網30隻程度	10～12月にクルマエビが獲れるが、10～15尾くらい。ヨシエビは刺し網にかからない。
福山市	横島漁協	小底18隻	11月はそろばんこぎ、12月から3月は戦車まんが。ヨシエビ、クルマエビ、ガザミがメイン対象種。1日でガザミは6kg、ヨシエビは少ない時は2kg、多い時は8～10kgとれる。ヨシエビは放流尾数が減ってきた。ガザミとヨシエビは放流しないと獲れなくなる。ヨシエビは放流する前は1日数百g～1kgしか獲れなかったが、放流してから10kg獲れるようになった。
	田島漁協	小底10隻	7月中旬から秋は夜に打瀬網でエビを獲る。夏にはキスも獲れる。年間何百kgも獲れないので、「その他の魚種」に含まれ、漁獲量は分からない。エビも漁協では種類別の漁獲量はわからない。11月はそろばんこぎ、12月から3月は戦車まんが。ガザミが主でヨシエビ、シャコ、シタビラメを獲る。11月からがメイン。
	千年漁協	小底10隻	11月はそろばん漕ぎでカニとエビが主。12月～3月は戦車マンガでカニ、エビ、シタビラメを漁獲、4月～10月はエビ鉄管こぎ。小エビは6月から獲れ始める。漁場は鞆の浦の浦合。
	鞆の浦漁協	小底35隻	漁場は走島と鞆の浦の間。クルマエビは最近獲れない。ヨシエビは1網で5～7尾くらい。ヨシエビは冬期に漁獲。スガル島沖で獲れる。
	走島漁協	小底10隻	漁法はエビこぎ、鉄管こぎ、チェーンこぎ、ソロバンこぎ、戦車こぎ。走島特有の漁法としてアミこぎがある。

資料：各漁協聞き取り調査による

と、小型底びき網でのヨシエビの漁獲量を把握することができた（表 21）。これらによりキスとヨシエビの漁獲量を推定することとした。キス推定漁獲量は、キス流し網・はえ縄漁業 38 隻に 300kg を乗じ、11 トンとなる。ヨシエビ推定漁獲量は、尾道の小底 39 隻に 15kg、福山の小底 83 隻に 90kg を乗じ、合計 8.1 トンとなる。

各漁協聞き取りによる、キスと小型底びき網、エビ刺し網の漁場を図示した（図 19）。

表20 尾道市・福山市内漁協のキス関連漁業の概要

尾道市	吉和漁協	キス延縄1隻	1鉢に100本の針、8～10鉢を使用、漁期は夏(6～8月)。漁獲率が2割とすると、1日200尾の漁獲(昔は5割程度獲れた)。キスは1500～2000円/kg
	尾道漁協	キス流し網5～6隻	5～8月、漁場は百島、加島、向島など。グチ、ハラ、シタビラメを混獲
	尾道東部漁協本所	キス流し網3～4隻	1日～半日で100～150尾獲れる。5月半ばから7月まで。
	浦島漁協	キス流し網10隻	百島と浦崎に5人ずつ
		投網6隻	なだ湾内で操業する。キスも獲れる。
福山市	向島町漁協	キス流し網4隻	6～8月にアテギ・森ノ瀬漁場で行う。昔から麦の穂が熟れる頃にキスが獲れると言われている。30分～1時間流してから網を上げる。たくさん獲れる時でも発泡スチロール1杯くらい。グチ・キュウセンも混獲
			漁期は5～8月。20反を2条交互に流して揚げてを繰り返す。1隻1日10～15kgくらい漁獲する。エソの混獲の方が多い(キスの4倍程度)が、価格が安い。朝3～4時出港一層前に入港
	横島漁協	キス流し網10隻	うち專業船は1隻のみ。夏季に行う。平成25年はキスがほとんど獲れなかった。
	千年漁協	キス流し網数隻	漁期は5～8月。1日に2～3回流す。1隻1日2～20kgくらい漁獲する。
	走島漁協	キス流し網3隻	2014年のキス漁獲量は合計76.6kgであった。
田尻あんずの里漁協	小型定置網4経営体		

資料：各漁協聞き取り調査による

表21 漁業者聞き取り調査によるキスとヨシエビの漁獲状況

漁業者	漁期	操業日数	関係魚種漁獲量	合計漁獲金額	合計漁業経費	漁業所得	備考
尾道市キス流し網	4月下旬～8月中旬	55	キス300kg	550,000	160,000	390,000	6月上旬～8月中旬は兼業でシタビラメの流し網を夜間操業、1人乗船、奥さんが出荷
尾道市小型底びき網	周年	128	ヨシエビ15kg	5,000,000	3,000,000	2,000,000	夫婦乗船
福山市小型底びき網	7月～3/15	132	ヨシエビ90kg	3,000,000	1,640,000	1,360,000	7～8月は3人乗船、他は1人乗船

資料：各漁業者聞き取り調査による

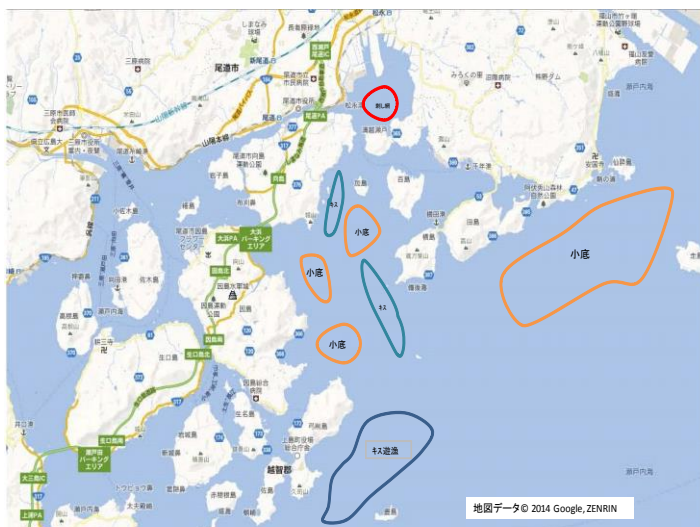


図19 キス・小型底曳き・キス遊漁案内漁場図

(イ) 福山市内小型定置網によるキス・クルマエビ・ヨシエビ漁獲実態

田尻あんずの里漁協では、小型定置網の漁獲物は漁協が集荷して福山市場内の水産会社に出荷しているため、組合員の漁獲量を組合が把握している。2014年のキス漁獲量は76.6kgであった。2013年7月～2014年12月までのデータを手に入れたので、月別の漁獲量を見ると、7月、9月、4月の漁獲量が多かった(図20)。ヨシエビについては2013年7月～2014年12月までで47.9kgの漁獲があり、クルマエビは同期間でわずか2.94kgの漁獲だった。



(ウ) エムシ漁業について

当地区内では、ゴカイ類を対象とするエムシ漁業が行われている。10月1日～3月31日は木・金・土・日曜日だけ操業可能。その他の時期は禁漁日はない。エムシは農林水産統計では1977年まで統計区分があり、1977年の漁獲量は福山市で1トン、尾道市で9.7トンであったが、その後は統計では把握されていない。

エムシ漁業は干潟の干潮時に4つ手の鍬等でゴカイ類を掘る。主な対象種は、ホンムシ(正式和名イワムシ)、タイムシ(同アカムシ)、スナムシ(同イソゴカイ)である。ホンムシとタイムシは体長1m程にも成り、アサリ等を餌としている。

A氏は40年くらい前までは、15人ほどの堀子を持ち、尾道だけでなく、宮島辺りまで、堀子を船に乗せて掘りに行っていた。元々ははえ縄漁業者向けに掘っていたが、遊漁者にも売れるようになった。その後は干潟のスナムシ・ホンムシも少なくなり、アオイソメなどの韓国からの輸入も増えたためやめた。

尾道東部漁協の聞き取りでは、エムシ漁業は尾道漁協に7～8人いるとのことで、エムシは多くて1日に3～4合(ますで測る)獲れ、2千円/合で売られるとの話もあり、尾道漁協での聞き取りでは、スナムシが3千円/合、タイムシが7千円/合、ホンムシが2千円/合という価格が聞けた。浦島漁協では7人がエムシ漁業を行っている。エムシは釣具店等に販売されているようである。

ウ. 流通業者聞き取り調査

尾道市と福山市の多くの漁協では、他の都道府県のように漁協が漁獲物の共同販売を行っていないため、漁協では組合員の漁獲量を把握していない例が多い。このため、各漁協で漁業者の販売先として名前が挙がった、尾道市場・福山市場・糸崎市場の市場卸売会社、及び福山市内の複数の水産物流通会社、JAの直売所である「ええじゃん尾道」、道の駅である「アリストメまくま」などで聞き取り調査を行った。キスについて、福山市場の卸売会社から

表22 福山市場及び尾道市場の卸売会社での地元キス・エビ類の取扱

市場	魚種	kg	円	単価円/kg
福山	キス	8,130.0	9,600,000	1,181
尾道		2,670.4	3,211,795	1,203
合計		10,800.4	12,811,795	1,186
尾道	クルマエビ	247.4	1,359,475	5,495
尾道	ヨシエビ	318.9	940,930	2,951

資料：各市場卸売会社提供

注：福山市場は2012年度、尾道市場は2015年度の数値である

入手したデータでは、2012年度の取扱量は8.1トンで、平均単価は1,181円であった（表22）。尾道市内の漁業者が出荷している尾道市場卸売会社の担当者のお話では、地元漁業者からの年間取扱金額は全魚種合計で約6億円とのことであった。同社から入手したデータによると、2015年の同社における地元尾道・福山市内の漁業者によるキス入荷量は2.7トンであり、地元で漁獲されたキスの単価は1,203円/kgであった。クルマエビについては、地元産が247kgで、平均単価は5,495円/kgであった。ヨシエビについては、地元産の合計が319kgで、平均単価は2,951円/kgであった（表22）。

②遊漁基本構造調査

ア. 乗船調査

主対象魚種であるシロギスの釣獲状況の実態把握のため、2014年度に尾道市内の遊漁案内船による乗船調査を実施した。調査結果は1人当たり釣獲尾数は平均15.6尾（90%信頼区間で12～19尾）であった。釣獲された156尾のシロギスの平均全長は17.4cm、平均体重は42.5gであった。

イ. 遊漁案内業者アンケート調査

広島県東部農林水産事務所において、遊漁案内船業者名簿を閲覧し、尾道市・福山市内の業者名簿を転記して2014年度に郵送アンケート調査を実施した。名簿では尾道市63人、福山市29人の合計92名に郵送した。この結果2名は宛先不明で返送された。また、尾道市の5名はアサリ潮干狩り専門の遊漁案内船であることが、1名からの電話連絡で確認された。結果としてアンケート回答率は31.8%であった。アンケートの平均値でキス遊漁の年間案内回数は7.3回（90%信頼区間4.3～10.2回）、1回当たり案内客数は5.0人（同4.4～5.7人）、1人1回当たりキス釣獲尾数は29.2尾（同23.2～35.1尾）であり（表23）、全体への引き延ばし結果は、年間遊漁者数3,103人（90%信頼区間で1,615～4,909人）、遊漁案内船年間キス釣獲重量は3.8トン（90%信頼区間で1.6～7.3トン）と推計された（表24）。近年のキス釣りについての意見を聞くと、「大型のキスが減った」、「キスがあまり釣れなくなった」を選択した業者が7割存在した（表25）。キスの遊漁案内漁場は愛媛県海域の弓削島と豊島の間の海域が主であるが（図19）、理由としては広島県海域ではキス流し網が操業しており、遊漁案内を行いにくい、愛媛県海域ではキス流し網がないため、漁業との調整問題が生じないためということである。広島県観光漁業協議会のHPと聞き取り調査から、当会所属の遊漁案内業者は60隻あり、案内料金の平均は1人9,483円であった（表26）。この9,483円と年間遊漁者数3,103人から、年間のキス遊漁案内料収入は、29.4百万円と推計される（表24）。なお、2014年に尾道・福山市内の遊漁案内業者のHPやブログを調査したとこ

表23 キス遊漁案内実績

項目	平均値	90%信頼区間(下限～上限)
キス遊漁年間案内回数	7.3	4.3 ～ 10.2
1回当たり案内客数	5.0	4.4 ～ 5.7
1人1回当たりキス釣獲尾数	29.2	23.2 ～ 35.1
案内漁場周辺での遊漁案内船隻数	4.2	3.0 ～ 5.4
案内漁場周辺でのフレッジャーボート隻数	14.0	10.8 ～ 17.3

資料：遊漁案内業者アンケート調査(2014年度実施)

表24 遊漁案内船によるキス釣獲量等

項目	平均値	90%信頼区間(下限～上限)
年間遊漁客数	3,103	1,615 ～ 4,909
遊漁案内船年間キス釣獲尾数	90,470	37,518 ～ 172,184
遊漁案内船年間キス重量(kg)	3,845	1,595 ～ 7,318
キス遊漁案内料合計推計額	29,429,217	15,318,379 ～ 46,547,973

注：重量の推計には2014年7/13の調査時の平均体重42.5gを使用
2014年度遊漁案内業者へのアンケート調査を元に推計
遊漁案内料は、表3-14による平均案内料9,483円を元に推計

表25 近年のキス釣りについて
(複数回答)

項目	回答率
大型のキスが減った	70.4%
キスがあまり釣れなくなった	70.4%
キス釣り客が減った	66.7%
漁場が変わった	25.9%
キス釣りのフレッジャーボートが増えた	22.2%
キスがたくさん釣れるようになった	0.0%
大型のキスが増えた	0.0%
キス釣り客が増えた	0.0%

資料：遊漁案内業者アンケート調査

ろ、主な案内対象魚種としてはタチウオ、メバル、マダイ、キジハタと続き、キスは第7位であった（表27）。

表26 尾道・福山の観光漁業単価等

種類	漁協・地区等	実施 隻数	基本料 金	基本料 金人数	基本料 金/人	追加料 金/人	備考
遊 漁 案 内 船 (釣 り)	浦島	4	85,000	10	8,500	8,000	餌、道具、1食付き
	尾道	3	40,000	4	10,000	5,000	餌、道具、2食付き
	向島	5	40,000	4	10,000	5,000	餌、道具、1食付き
	吉和	8	50,000	4	12,500	6,000	餌、道具、2食付き
	因島	6	45,000	4	11,250	5,000	餌、道具、1食付き
	瀬戸田	7	35,000	4	8,750	5,000	餌、道具、1食付き
	横島	2	50,000	5	10,000	10,000	餌、道具付き
	田島	18	50,000	6	8,333	3,500	餌、道具、1食付き
	鞆の浦	4	40,000	5	8,000	4,000	餌、道具付き
	千年	3	30,000	4	7,500	5,000	餌1,000円、道具500円
	平均		46,500		9,483	5,650	
そ 他 観 光 漁 業	横島観光底曳き	2	48,000	6	8,000	7,000	食事付き、とれた魚は土産
	田島定置観光	3	32,500	5	6,500	6,500	4~10月(5名以上)、とれた魚は原価販売
	鞆の浦鯛網観光	8			2,800		5/1~5/17
	尾道観光刺し網	6	65,000	5	13,000	5,000	食事付き、とれた魚は土産

資料：広島県観光漁業協議会HP及び漁協聞き取り

表27 尾道市・福山市内遊漁案内業者2013年主対象魚別案

主な魚種	7社計
タチウオ	26.8%
メバル	23.2%
マダイ	21.9%
アコウ(キジハタ)	15.0%
アジ	6.4%
ウマヅラハギ	6.3%
キス	6.3%
ブリ	1.9%
フグ	1.4%
カサゴ	1.3%
アオリイカ	1.0%
タコ	0.6%
サワラ	0.1%

資料：各社HP・ブログ(2014年分調査)
注：マダイとアコウ等、1日に複数魚種を扱う場合もある

ウ. 釣具店アンケート調査

2015年度は陸釣りの実態把握と釣具店への経済効果等を明らかにするため、タウンページなどにより尾道市・福山市内の釣具店を検索して、尾道市30業者、福山市17業者の合計47業者に、キス釣りに関する郵送アンケート調査を実施した。この結果3店は宛先不明で返送された。また、その後尾道市内の釣具店主への聞き取り調査により、アンケート送付先の内、尾道市内ではこの他9軒、福山市内では2店が既に営業を停止していることが把握でき、現在営業している店数は、尾道市内で18店、福山市内で15店の合計33店と把握できた（表28）。回答を返送したのは10店であったため、アンケート回答率は30.3%である。アンケート調査の平均値をみると、キスの仕掛けを購入する客は投げ釣り・船釣りとも7~9月に多く、この期間がキス釣りのピーク時となっている。最も少ない時期は1~3月で、ピーク期の12~14%程度である。1回当たりに購入する仕掛けの個数は、ピーク時の7~9月では投げ釣りが23個、船釣りが13個であった。ピーク時に特に投げ釣り仕掛けの購入個数が多いのは、夏季に子供連れなど家族連れで釣りをを行う場合が多いからと考えられる。船釣りの場合は危険もあるので、子供連れは少ないためであろう。仕掛けの平均価格は投げ釣りで251円、船釣りで272円であった。餌の1回当たり購入平均価格は投げ釣りで566円、船釣りで879円と船釣りの方が55%高かった。これは船釣りの場合、餌が無くなったら買いに行けないので、多めに購入しているからと思われる（表29）。なお、キスの仕掛けを購入する客は、市内在住が7割程度と店側には考えられている。なお、アンケート結果から回答があった各10店の値の年間値への引き延ばしを行ったところ、10店年間合計来客数は投げ釣りで35.5千

表28 尾道市・福山市内釣具店数

	地区	店数
尾 道 市 内	因島	8
	向島	3
	山波	3
	瀬戸田	2
	尾道	1
福 山 市 内	吉和	1
	水呑	5
	内陸	5
	松永	2
	千年	1
	横島	1
	鞆の浦	1

注：インターネット検索及び釣具店聞き取り調査

表29 キス釣りに関する釣具店アンケート回答10店の平均値

	1店1週間当り来客数				仕掛け購入数/1人1回				仕掛け 価格/ 個	餌代/ 回
	2014 年10 ~12 月	2015 年1~ 3月	4~6 月	7~9 月	2014 年10 ~12 月	2015 年1~ 3月	4~6 月	7~9 月		
投げ釣り	47	15	82	129	12	3	13	23	251	566
船釣り	20	11	55	77	11	3	13	13	272	879

資料：尾道市・福山市内釣具店アンケート調査(2015年度実施)

人、船釣りで21.2千人となり、販売金額は投げ釣りでは仕掛け26.6百万円、餌22.9百万円の合計49.6百万円、船釣りでは仕掛け27.3百万円、餌19.5百万円で合計46.8百万円と推定された(表30)。なお、アンケートの回答内容及び下記エの聞き取り調査により、個人企業とチェーン店では販売額にも大きな差があることが考えられるため、この10店の回答結果の33店への引き延ばしによる全体推計は行わなかった。

2013年度の福山大学学生アンケート(12名回答)と2015年度の釣具店アンケート結果から、陸釣りによるキス釣獲量を推計した(表30)。1人1回当たり釣獲量は、学生アンケートにより、経験者1回当たり釣果は全長14cmを3.5尾。全長14cmのシロギス体重は20.96g⁴⁾。これにより3.5尾×20.96g=0.07336kgとなる。これを投釣り来客数35,529人に乗ざると、陸釣りによるキス年間釣獲量は2.6トンと推計された。

2014年度の乗船調査結果と2015年度釣具店アンケート結果から、船釣り(遊漁案内船及びマイボート)によるキス釣獲量を推計した(表30)。1人1回当たりキス釣獲尾数は15.6尾、キス重量は42.5g(上記アの値)を用い、2015年度の釣具店アンケート結果から船釣り客数21,197人で引き延ばすと、14.1トンと推計できた。このうち遊漁案内船客による釣獲量は表24より3.8トンのため、マイボートによるものが10.3トンと推計された。

エ. 釣具店聞き取り調査

尾道市内の釣具店主への聞き取り調査の結果、釣具店は個人企業とチェーン店に大別されるが、釣具店は商品の回転が悪く、個人企業は経営が困難となっており、後継者不足と高齢化の影響もあり、ここ2~3年で廃業する店が多いとのことであった。前述の通りタウンページにある尾道・福山市内の47業者の内、個人企業14店が既に営業をやめていた。チェーン店は店舗規模も大きく、品揃えも豊富で駐車場も広いため、ますます個人企業との来客の差が広がって行くであろう。

① 魚介類の需要形態

魚介類の需要形態のうち、尾道市・福山市の漁業地区別に主な出荷先別経営体数比率を2013年漁業センサスよりみると(表31)、漁協が共同販売を実施していないので、漁協の市場又は荷さばき所の比率が総じて低い。尾道市の漁獲物の流れを聞き取り調査を元に図示した(図21)。尾道市内では漁協が開設する産地市場がないため、漁協が共同販売するのはアサリ等の一部に

表30 キス釣りに関する釣具店アンケート回答10店の合計 金額単位：円

	投釣り年計	船釣り年計	キス釣り合計
キス釣り来客数	35,529	21,197	56,726
キス釣り仕掛け販売数	93,694	85,046	178,740
キス釣り仕掛け販売金額(a)	26,628,355	27,285,570	53,913,925
キス釣り餌販売金額(b)	22,924,902	19,517,342	42,442,244
販売金額計(a+b)	49,553,257	46,802,912	96,356,169
キス釣獲量推計(kg)	2,606	14,053	16,660

資料：尾道市・福山市内釣具店アンケート調査(2015年度実施)
キス釣獲量は投釣りは2013年度学生アンケートデータより推計した。
船釣りは2014年度乗船調査データより推計し、マイボートと遊漁案内船の合計である。

表31 漁獲物・収穫物の出荷先別延べ経営体数比率(2013)

漁業地区		合計 経営 体数 (実)	漁獲物・収穫物の出荷先別延べ経営体数比率(%)						
			漁協の市場又は荷さばき所	漁協以外の卸売市場	流通業者・加工業者	小売業者	直売所	自家販売	その他
福山市	合計	331	10.6%	21.5%	41.1%	7.3%	8.8%	30.8%	6.9%
	田尻	11	0.0%	81.8%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%
	鞆の浦	54	0.0%	40.7%	3.7%	1.9%	0.0%	66.7%	0.0%
	走島	123	26.8%	2.4%	85.4%	0.0%	0.8%	4.1%	15.4%
	水呑	15	0.0%	26.7%	0.0%	0.0%	0.0%	86.7%	0.0%
	松永	40	2.5%	37.5%	0.0%	0.0%	2.5%	60.0%	2.5%
	田島	40	2.5%	10.0%	72.5%	22.5%	0.0%	12.5%	0.0%
	横島	17	0.0%	76.5%	0.0%	5.9%	0.0%	70.6%	11.8%
	千年	31	0.0%	3.2%	0.0%	41.9%	87.1%	16.1%	3.2%
尾道市	合計	355	9.6%	26.8%	22.5%	10.1%	13.2%	38.0%	7.6%
	浦島	33	21.2%	15.2%	12.1%	15.2%	18.2%	54.5%	6.1%
	山波	16	12.5%	6.3%	0.0%	25.0%	6.3%	62.5%	18.8%
	尾道	35	0.0%	54.3%	5.7%	22.9%	31.4%	25.7%	8.6%
	吉和	72	0.0%	50.0%	59.7%	2.8%	1.4%	9.7%	0.0%
	歌浦	40	2.5%	2.5%	0.0%	7.5%	40.0%	52.5%	17.5%
	向島	65	0.0%	0.0%	0.0%	3.1%	13.8%	80.0%	10.8%
	因島	79	27.8%	35.4%	39.2%	13.9%	3.8%	8.9%	6.3%
	瀬戸田	15	13.3%	33.3%	0.0%	6.7%	0.0%	73.3%	0.0%

限られ、他は漁業者が自ら多様な販売先を選択している。このうち JA ええじやんとあるのは、JA の開設した生産者直売施設のことで、向島店では 2004 年の開業時には農業者のみの販売であったが、2011 年度からは漁業者の販売コーナーを設けた。尾道店では 2008 年に農業者のみの販売で開業し、2011 年 2 月から週 2 日のみ水産物の販売を開始し、さらに 2011 年 7 月にリニューアルオープンした際に、常設の鮮魚販売コーナーを設けて常設販売を開始した。ここでは登録した漁業者が自分でパック詰めして自分で値札を付け所定の手数料 17%（農協 10%、ええじやん出荷者協議会が 7%）を支払って販売している。ええじやん出荷者協議会では調理人を雇い、バックヤードで魚の下ごしらえをしている（尾道店）。

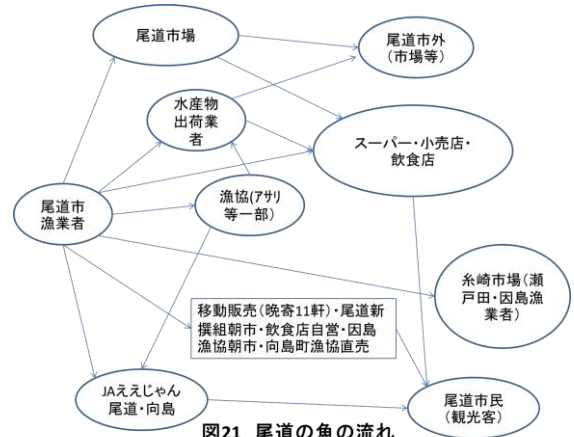


図21 尾道の魚の流れ

2012 年度の水産物の売上は、向島店で 750 万円、尾道店で 5,900 万円であった。なお、魚種別の販売量・金額はええじやんでは把握していない。ええじやんに出荷した漁業者は、平均で 1 割、積極的に直売する漁業者で約 7 割漁業所得は向上している⁵⁾。この他漁業者の出荷先で多いのは尾道市場である。なお、三原市の糸崎市場には、瀬戸田と因島の漁業者が出荷している。尾道市場では、市内の料理店や旅館なども仲買を通じて購入している。尾道市内には「晩寄」と呼ばれる、手押し車に魚を乗せて販売する人が 11 人ほどいる。元々は漁業者の奥さんが夫の漁獲物を販売していたが、現在はそれ以外に尾道市場等で仕入れた魚を販売するものもいる。主な利用者は地域住民である。漁業者の直売としては、尾道漁協の「尾道新撰組」や、因島漁協の朝市、向島町漁協の直売などがある。このほかスーパーに直接販売をしている漁業者もいる。また、尾道市内で居酒屋を経営する漁業者もいる。

聞き取り調査によると、尾道市の漁獲物は、尾道市内で多くが販売・消費されているようである。尾道市住民基本台帳人口（2014 年 12 月 31 日現在）によると、尾道市の世帯数は 64,474 世帯で、人口は 143,490 人であった。2013 年の尾道市の漁獲量は 692 トンで、単純に計算すると、1 世帯当たり 10.7kg となる。なお、2013 年の家計調査年報による広島市の 2 人以上世帯の平均購入量は、生鮮・塩干魚介類合わせて 40.8kg であった。10.7kg は、単純に計算するとその 26.3%となる。尾道市の過去最高の漁獲量は 4,390 トン(1957 年)であり、この漁獲量を用いて同様に計算すると 1 世帯当たり 68.1kg であり、家庭内消費量を十分にカバーできる。

行政側の取組を見ると、尾道市では、地魚の消費拡大のために、「尾道の魚をさばこう支援事業」によるさばき方教室の開催、「おのみち季節の魚 20 選」の選定（20 種にはキス、エビが含まれている。市は 2014 年に 20 種の料理レシピも印刷・配布している）、「スローフードまちづくり事業」での漁師レシピの作成・配布等を実施している⁵⁾

（ ）内は著者補足。また、2014 年 8 月に、尾道市は尾道の地魚がほぼ通年食することができる「尾道季節の地魚の店」38 店舗を登録し、2015 年 7 月にさらに 6 店を追加認定した。認定要件は尾道の地魚を使用する料理をほぼ通年で提供していることであり、認定店のメリットとして、パンフレットに掲載される他、これらの店をホームページにより宣伝を行っている。このホームページには検索機能があり、例えばキスで検索すると 19 店、エビだと 26 店がヒットした（2016 年 2 月）。

福山市の漁獲物の流れを聞き取り調査を元に図示した(図 22)。福山市のうち千年漁協

の組合員は、道の駅「アリストぬまくま」（1996年7月1日開業）での直接販売が多い。販売手数料は道の駅12%、漁協3%で、値札シールは1枚1円である。松永漁協では船着場での「浜売り」（個人販売）が多い。

横島漁協では尾道市場への出荷、軽トラックでの個人販売、漁港の栈橋での直接販売、スーパーとの直接取引、漁協の昼市などである。尾道市内で居酒屋を営む漁業者もいる。田島漁協では小底の漁獲物は漁協がとりまとめて鞆の浦や沼隈の水産物流通会社に出荷することが多い。漁協の朝市による販売もある。鞆の浦漁協は漁業者の妻による浜売りが多い。走島の漁業者は加工したチリメン

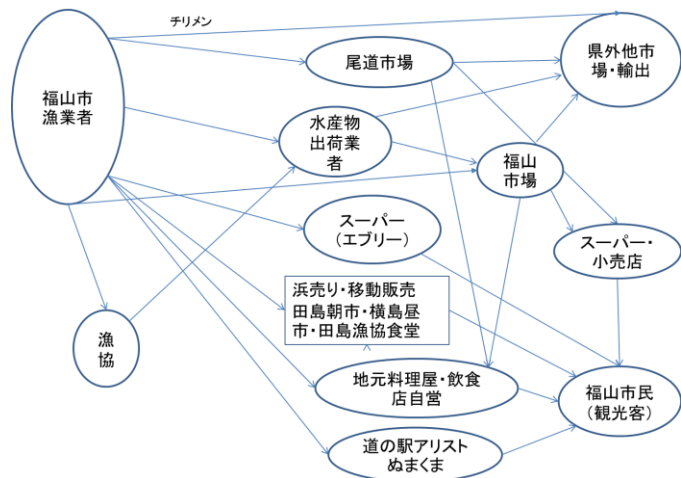


図22 福山の魚の流れ

は県漁連が一括して入札し、生のシラスを兵庫県の業者に販売する人もいる。それ以外は鞆の浦の水産物流通会社に販売することが多い。福山市住民基本台帳人口（2014年12月31日現在）によると、福山市の世帯数は200,298世帯で、人口は472,274人であった。2013年の福山市の漁獲量は1,616トンで、単純に計算すると、1世帯当たり8.1kgとなる。なお、2013年の家計調査年報による広島市の2人以上世帯の平均購入量は、生鮮・塩干魚介類合わせて40.8kgであった。8.1kgは、単純に計算するとその19.8%となる。福山市の過去最高の漁獲量は13,022トン（1982年）であり、この漁獲量を用いて同様に計算すると1世帯当たり65.0kgであり、家庭内消費量を十分にカバーできる。

福山市では、2012年に福山市のブランド水産物6種を選定した（カタクチイワシシラス、ガザミ・シャコ・エビ等甲殻類、アサリ、ノリ、マダイ、ネプト（テンジクダイ））。そのほか2014年10月から、福山市内のNGOが、福山市内海町で「瀬戸内海さかな学校」をスタートさせ、魚のさばき方等の授業の後、旬の地魚を利用した食事が提供される。なお、福山市によれば、福山で水揚げされた水産物の多くが市外に流通しているとされている⁶⁾。

尾道市・福山市の1955年以降の漁獲量の推移を見ると、1982年（16,865トン）がピークで、1989年から減少傾向にある。2013年は2,308トンとピーク時である1982年のわずか13.7%まで減少している（図23）。

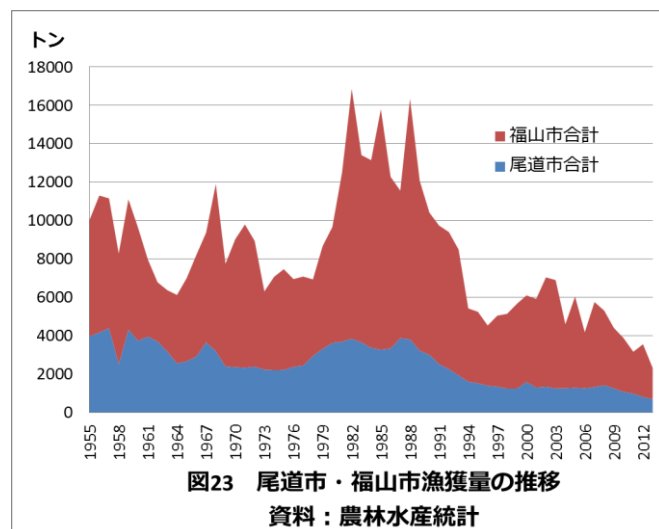


図23 尾道市・福山市漁獲量の推移
資料：農林水産統計

b) 漁業・遊漁モデルの試作

方法

食物連鎖モデルによる推計結果に基づき、漁業・遊漁への効果を把握するためのサブモデルを試作し、推計を行う。漁業・遊漁の振興に効果的な保育場について、行政機関・関係漁協等への聞き取り調査によって明らかにした。

結果

① 食物連鎖モデルへの漁業・遊漁による影響

漁業は幅広い種を利用しているため、食物連鎖モデルのほとんどの種類に影響を及ぼす。一方、遊漁は魚類と頭足類、貝類の一部（潮干狩り）のみを利用しているため、食物連鎖モデルの対象種の一部にしか影響を及ぼしていない。干潟の環境整備により餌生物が増大すれば資源も増大し、漁業は恩恵を受ける。また、このことは流通・加工・販売等の関連業者に経済効果を与えるだけでなく、消費者にも様々な恩恵を与える。同様に遊漁者も資源増大の恩恵を釣果拡大として受け、遊漁者の増加は釣具店、遊漁案内業者等の関連業者にも様々な経済効果を与える。

② 食物連鎖モデルと漁業・遊漁モデルとの接続

A. 漁業モデル

2013年漁業センサスにより、漁業経営体の漁獲金額別の分布を見ると、尾道市・福山市両市とも販売金額100万円未満の経営体比率が過半数を占める。特に松永や山波などの漁業地区は、アサリ漁業への依存が高く、近年の不漁により100%が100万円未満となっている（表32）。

同センサスから男子漁業就業者の年齢階層別比率を見ると、両市とも65歳以上の高齢化率が広島県平均46.6%を上回り、尾道市では61.2%、福山市では51.2%となっている。漁業地区別に見ると、広島県平均

表32 漁獲物・収穫物の販売金額別経営体数比率(2013年)

	漁業経営体計	100万円未満	100～300万円	300～500万円	500～800万円	800～1,000万円	1,000～1,500万円	1,500～2,000万円	2,000～5,000万円	5,000万円～1億円	1億円以上
全国	94507	33.1%	24.1%	12.0%	9.2%	4.4%	4.9%	3.0%	5.8%	2.0%	1.7%
福山市	331	50.2%	26.3%	10.0%	3.9%	2.4%	2.4%	1.8%	1.2%	1.8%	0.0%
田尻	11	54.5%	18.2%	27.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
瀬の浦	54	72.2%	24.1%	3.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
走島	123	29.3%	37.4%	14.6%	4.1%	4.1%	6.5%	3.3%	0.8%	0.0%	0.0%
水呑	15	93.3%	6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
松永	40	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
田島	40	17.5%	25.0%	12.5%	15.0%	2.5%	0.0%	5.0%	7.5%	15.0%	0.0%
横島	17	35.3%	52.9%	11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
千年	31	58.1%	19.4%	9.7%	6.5%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
尾道市	355	53.8%	20.8%	15.5%	8.5%	1.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
浦島	33	87.9%	9.1%	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
山波	16	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
尾道	35	11.4%	17.1%	28.6%	34.3%	8.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
吉和	72	12.5%	43.1%	29.2%	15.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
歌浦	40	92.5%	5.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
向島	65	93.8%	3.1%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
因島	79	29.1%	35.4%	25.3%	7.6%	1.3%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
瀬戸田	15	80.0%	13.3%	6.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
尾道市・福山市計	686	52.0%	23.5%	12.8%	6.3%	1.7%	1.3%	0.9%	0.6%	0.9%	0.0%

資料：2013年漁業センサス

を下回るのは、田尻、田島、因島の3地区のみである（表33）。このように現状では両市とも漁業者の高齢化が進み、後継者の獲得・漁業存続のためには漁獲金額の増加が必須である。

表33 福山市・尾道市男子漁業就業者数と年齢階層比率(2013年)

	男子漁業 就業者計	15～ 19歳	20～ 24	25～ 29	30～ 34	35～ 39	40～ 44	45～ 49	50～ 54	55～ 59	60～ 64	65歳 以上	うち 65～ 69	うち 70～ 74	うち 75歳 以上
全 国	89,424	0.4%	1.2%	2.0%	2.6%	3.5%	4.7%	5.9%	7.6%	9.7%	14.3%	48.0%	13.6%	13.8%	20.5%
広 島 県	3,145	0.3%	1.5%	2.7%	3.8%	4.7%	6.2%	5.8%	6.5%	8.4%	13.5%	46.6%	15.8%	13.7%	17.2%
福 山 市	375	0.3%	1.1%	1.3%	2.4%	2.7%	6.1%	10.4%	6.7%	7.7%	10.1%	51.2%	15.7%	14.1%	21.3%
田 尻	9	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	11.1%	0.0%	11.1%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%
瀬の浦	53	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	9.4%	5.7%	5.7%	5.7%	71.7%	17.0%	17.0%	37.7%
走 島	131	0.0%	0.8%	0.0%	2.3%	4.6%	9.2%	13.0%	9.9%	4.6%	6.9%	48.9%	17.6%	13.7%	17.6%
水 呑	15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	6.7%	6.7%	0.0%	13.3%	6.7%	60.0%	0.0%	20.0%	40.0%
松 永	41	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	12.2%	17.1%	65.9%	14.6%	31.7%	19.5%
田 島	78	1.3%	3.8%	6.4%	2.6%	3.8%	10.3%	12.8%	9.0%	11.5%	12.8%	25.6%	7.7%	7.7%	10.3%
横 島	17	0.0%	0.0%	0.0%	11.8%	0.0%	0.0%	11.8%	5.9%	5.9%	17.6%	47.1%	23.5%	11.8%	11.8%
千 年	31	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	9.7%	0.0%	6.5%	6.5%	74.2%	25.8%	6.5%	41.9%
尾 道 市	381	0.0%	0.3%	1.3%	1.3%	3.1%	3.9%	2.4%	4.7%	9.2%	12.6%	61.2%	17.3%	17.3%	26.5%
浦 島	31	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.5%	16.1%	77.4%	25.8%	12.9%	38.7%
山 波	16	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.3%	6.3%	12.5%	75.0%	12.5%	31.3%	31.3%
尾 道	36	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	2.8%	2.8%	0.0%	5.6%	83.3%	30.6%	22.2%	30.6%	
吉 和	78	0.0%	1.3%	1.3%	1.3%	0.0%	2.6%	2.6%	5.1%	6.4%	9.0%	70.5%	5.1%	21.8%	43.6%
歌 浦	43	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	4.7%	9.3%	11.6%	65.1%	25.6%	20.9%	18.5%
向 島	64	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.7%	4.7%	3.1%	3.1%	7.8%	18.8%	57.8%	28.1%	15.6%	14.1%
因 島	94	0.0%	0.0%	4.3%	3.2%	4.3%	8.5%	3.2%	7.4%	18.1%	11.7%	39.4%	11.7%	9.6%	18.1%
瀬 戸 田	19	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	15.8%	0.0%	0.0%	5.3%	5.3%	21.1%	52.6%	5.3%	21.1%	26.3%
尾道市・福	756	0.1%	0.7%	1.3%	1.9%	2.9%	5.0%	6.3%	5.7%	8.5%	11.4%	56.2%	16.5%	15.7%	23.9%

資料：2013年漁業センサス

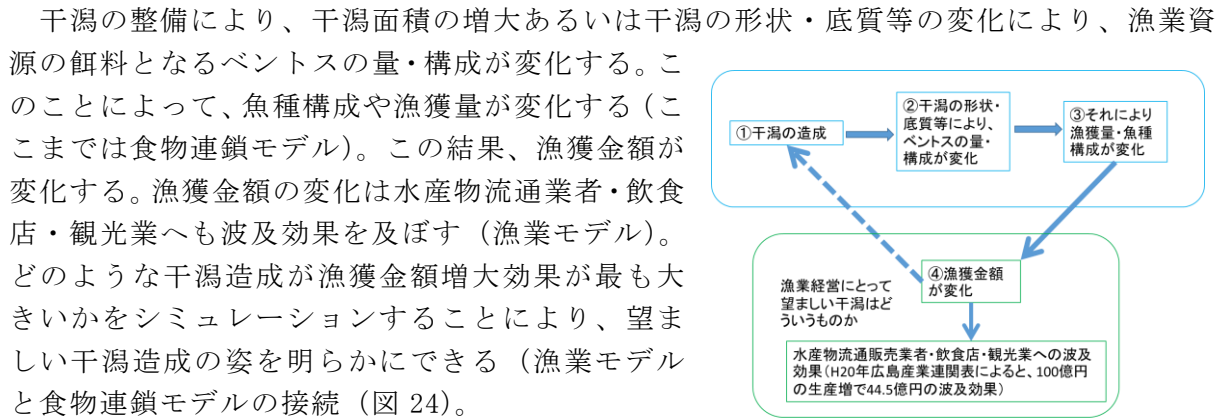


図24 漁業モデルと食物連鎖モデルとの接続

干潟の整備により、干潟面積の増大あるいは干潟の形状・底質等の変化により、漁業資源の餌料となるベントスの量・構成が変化する。このことによって、魚種構成や漁獲量に変化する（ここまでは食物連鎖モデル）。この結果、漁獲金額が変化する。漁獲金額の変化は水産物流通業者・飲食店・観光業へも波及効果を及ぼす（漁業モデル）。どのような干潟造成が漁獲金額増大効果が最も大きいかをシミュレーションすることにより、望ましい干潟造成の姿を明らかにできる（漁業モデルと食物連鎖モデルの接続（図24））。

漁業存続のためには、どれくらいの漁獲金額のアップが必要なのか、表21から各漁業の1人1ヶ月当たりの所得を計算すると、キス流し網で9.75万円、尾道の小型底曳きで8.3万円、福山の小型底曳きで11.4万円となる。一方、広島県の最低賃金は時給750円（2015年9月まで）であり、1日に8時間、1ヶ月に20日働いたとすると、1ヶ月当たり12万円となる。この金額にするためには、キス流し網では1人1ヶ月当たりキス19kgの漁獲増が必要である（表22のキス単価1,186円による）。これを漁期間4ヶ月と操業隻数38隻に引き延ばすと、約3トンのキス漁獲増が必要である。キスの漁獲量は、対象水域のベントス食性魚の漁獲量合計の3.27%にあたるので、そのためには対象水域の底生生物食性魚漁獲量を91.7トン増やす必要がある（図25）。尾道の小型底びき網では、1人1ヶ月37,000円水揚げ額の増加が必要である。漁期間12ヶ月、2人乗船で39隻に引き延ばすと、34.6百万円の増加が必要である。福山の小型底びき網では1人1ヶ月6千円の水揚げ増加を、年間12.5人月、83隻で引き延ばすと、6.2百万円の増加が必要である。小型底びき網では合計40.8

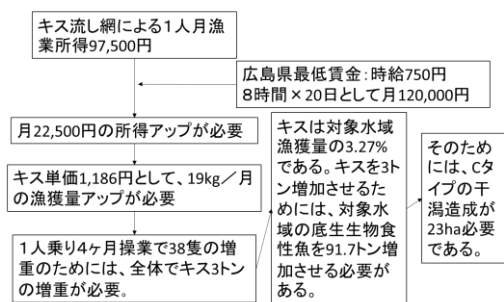


図25 キス流し網モデル

百万円の増加が必要である。小型底びき網では1トンが約100万円の漁獲金額なので、魚種別の比率は変わらないとすると、エビ類と底生生物魚類合わせて40.8トン増やす必要がある(図26)。キス流し網と小型底びき網双方の増重目標から、底生生物食性魚を91.7トン増やす必要がある。

今回の対象海域41平方kmにおける、2008～2010年の平均漁獲量は522トンと推計され、この漁獲金額は416.6百万円と推計された(表34)。

食物連鎖モデルにより、干潟としてCタイプ(地盤高 -1.9m以上、-1.0m未満の場所)が単位面積当たりの底生生物食性魚生産力、二枚貝生産力、甲殻類生産力いずれについても最も高いことがわかった。一方、潮下帯はいずれも最も低い。このため食物連鎖モデルにより、底生生物食性魚を91.7トン増やすためには、Cタイプの干潟23haを造成する必要がある。なお、この時にはアサリの生産量は23.6トン増加し、エビ類の漁獲量は12.3トン増加する。対象海域の漁獲金額は102.5百万円増加する。

なお、既存の干潟の改変で対応する場合には、食物連鎖モデルによりAタイプ(地盤高 -0.5m以上)の干潟をCタイプに改変することで、底生生物食性魚を91.7トン増やすためには、Aタイプの干潟28haをCタイプの干潟に改変する必要があるが、この値は現状のAタイプの面積を上回る。同様にBタイプ(地盤高 -1.0m以上、-0.5m未満)の干潟をCタイプに改変することで、底生生物食性魚を91.7トン増やすためには、Bタイプの干潟82haをCタイプの干潟に改変する必要があるが、この値は現状のBタイプの面積を上回る。

なお、漁獲金額の増大から関連産業への波及効果は、漁獲金額が100億円増加した場合には、44.5億円の波及効果が見込まれる(H20年広島産業連関表による試算)ことから、102.5百万円の漁獲金額増加により経済波及効果は45.6百万円の増加が見込まれる。

イ. 遊漁モデル

干潟の整備により、干潟面積の増大あるいは干潟の形状・底質等の変化により、漁業資源の餌料となるベントスの量・構成が変化する。このことによって、魚種構成や資源量に変化する(ここまでは食物連鎖モデル)。この結果、釣獲尾数に変化する。釣獲尾数が増えれば、遊漁者数も増大する。遊漁者数の増大は、遊漁案内業者・釣具店・燃油代・交通費へも波及効果を及ぼす(遊漁モデル)。また、干潟の造成はキス等の投釣りを行うことがで

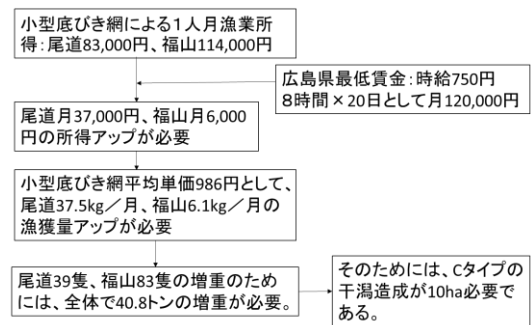


図26 小型底びき網モデル

表34 尾道福山41平方km分漁獲量・金額

区分	魚種名	漁獲量	平均単価	漁獲金額
海域内を主な生息場	その他エビ	41.7	1,415	59,008,011
	ヨシエビ	8.1	2,951	23,903,100
	クルマエビ	2.5	5,375	13,437,176
	アサリ	81.6	768	62,622,487
	その他貝	3.8	745	2,831,556
	クロダイ	122.2	333	40,731,431
	タコ	42.0	958	40,237,350
	その他魚類	51.8	651	33,530,613
	カレイ類	17.2	1,148	19,795,377
	マダイ	20.8	779	16,243,681
	イカ類	22.3	594	13,280,650
	キス	11.0	1,186	13,046,000
	ヒラメ	7.7	1,442	11,127,749
	アナゴ	5.7	1,533	8,769,145
	シャコ	10.9	785	8,592,065
	スズキ	12.0	537	6,446,910
	フグ類	3.0	1,543	4,618,916
	ガザミ	3.1	1,412	4,417,942
	その他カニ	2.0	589	1,199,214
	コノシロ	4.1	97	400,101
サメ類	0.1	289	33,295	
回遊魚	タチウオ	39.8	654	26,029,852
	マアジ	2.9	632	1,818,549
	ブリ	1.7	995	1,737,924
	サワラ	2.0	679	1,381,092
	サバ	1.4	786	1,086,441
無関係	ムロアジ	0.1	108	8,259
	サザエ	0.1	780	59,919
	海藻	0.2	818	188,416
	合計	522		416,583,219

注:回遊魚と藻食のサザエ、海藻については、シミュレーションにおいては、ベントスの構成変化の影響はないものとする。

きる場の造成ももたらす。どのような干潟造成が釣獲量増大効果が最も大きいかをシミュレーションすることにより、望ましい干潟造成の姿を明らかにできる（遊漁モデルと食物連鎖モデルの接続（図 27））。現状では、キス遊漁の経済効果は、遊漁案内業者の案内料収入、釣具店の販売金額、遊漁者の自家用車での移動やマイボートの燃料費など、合計 143.5 百万円と推計される（表 35）。上記アの食物連鎖モデルのシミュレーションにより、C タイプの干潟 23ha が造成されると、キスは 27.3% 増大する。このため遊漁者も同様に 27.3% 増加すると仮定すると、経済波及効果は 39.1 百万円増大すると推察される（図 28）。

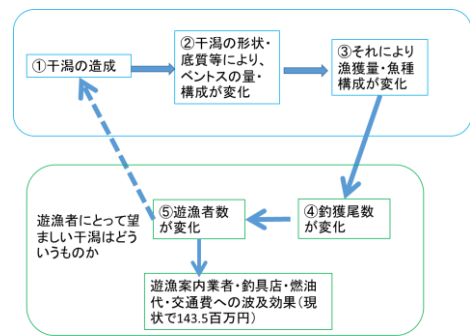


図27 遊漁モデルと食物連鎖モデルとの接続

項目	金額(百万円)
遊漁案内船案内料金	29.425
釣具店販売金額	96.356
遊漁者移動燃料費	5.673
マイボート燃料費	12.062
合計	143.516

資料: アンケート調査・聞き取り調査による
遊漁者移動燃料費は1人100円とした
マイボートは100円×20Lで3人乗船とした

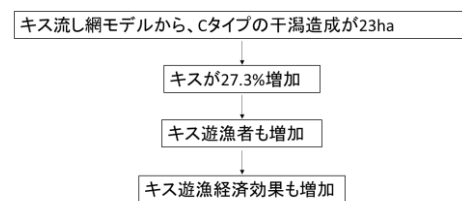


図28 キス遊漁モデル

ウ. 生態系サービスの評価

干潟の増大は資源の増大に結びつき、様々な生態系サービスも増大する（図 29）。

(ア) 供給サービスの評価

供給サービスとしては、あくまで食料資源としての魚介類の増加分を評価すべきであるため、漁業者の所得の増加分ではなく、漁獲金額の増加分で評価する。食料資源としての魚介類の増加を漁獲金額の増加分で評価する。前述アの通り、食物連鎖モデルによるシミュレーションにより、C タイプの干潟 23ha が造成されると、供給サービスは 102.5 百万円（24.6%）増大する。

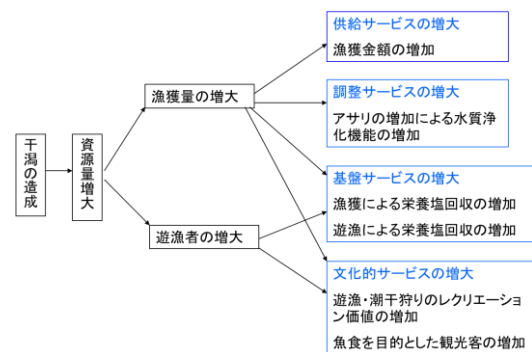


図29 干潟の造成による生態系サービスへの効果

(イ) 調整サービス

アサリの増加による水質浄化機能の向上を、下水道処理費用を用いた代替法で評価する。アサリは軟体部湿重量 1 g 当たり 1 時間に 0.83 リットルの海水を濾過する（漁獲量から軟体部湿重量への換算率は 0.4）ため⁷⁾、現状の 81.6 トンのアサリは、年間約 237.3 百万立方mの濾過を行うこととなる。下水道の2次処理施設のランニングコストは 13 円/立方mで、貝類の濾水量のうち実際に水質浄化に寄与している水量はその 1/5 程度であるとしているので⁸⁾、81.6 トンのアサリは 237.3 百万立方m ÷ 5 × 13 円 = 617 百万円相当の水質浄化機能があることに相当する。前述アの通り、食物連鎖モデルによるシミュレーションにより、C タイプの干潟 23ha が造成されると、アサリが 23.6 トン増大し、調整サー

ビスは 178.4 百万円増大する。

(ウ) 基盤サービス

基盤サービスについては、栄養塩の循環の増大について評価した。漁獲という行為は、水域から水産物に含まれる窒素・リンを、陸上に回収する行為である。漁獲がないと死んだ魚介類から水域に窒素・リンが流出し、水域から窒素・リンを回収できない。そこで、漁獲の増加による栄養塩循環の向上を、下水道処理費用を用いた代替法で評価する⁸⁾。魚種別のタンパク質とリンの含有量を、文部科学省の食品成分データベース（日本食品標準成分表 2010 のデータで運用）により求め、タンパク質重量を窒素-タンパク質換算係数の 6.25 で除して窒素重量を求める。下水道処理費用は平成 20 年度版下水道統計の尾道市・福山市の下水処理場のデータから求めた。

現在の 522 トンの漁獲による基盤サービスとしての窒素回収額は 477.1 百万円で、リン回収額は 178.9 百万円であった。前述アの通り、食物連鎖モデルによるシミュレーションにより C タイプの干潟 23ha が造成されると、アサリが 23.6 トン、エビ類が 12.3 トン、その他魚介類が 91.7 トン増大し、窒素回収金額は 114.7 百万円（24.4%）、リン回収金額は 43.8 百万円（24.5%）増大する。

なお、遊漁によるシロギス釣獲量 16.66 トンによる基盤サービスとしての窒素回収額は 17.3 百万円で、リン回収額は 0.1 百万円であった。シロギス釣獲量も 27.3%増大するものと仮定すると、窒素回収金額の増大分は、4.7 百万円となる。

(エ) 文化的サービス

a. シロギスの増加による遊漁のレクリエーション価値の増加

シロギスの増加は、釣果の増大につながり、より多くの遊漁者を呼び込むこととなる。文化的サービスとしての遊漁のレクリエーション価値の増加分のうち、遊漁案内船については、あくまでレクリエーションを楽しむ釣り客が代価として支払う金額の増加分で評価すべきであり、遊漁案内船業者の所得増加分で評価すべきではない。前述イのシミュレーションにより、シロギスが 27.3%増大した場合、シロギス遊漁のレクリエーション価値は 39.1 百万円増大する。

b. アサリ潮干狩りの増加によるレクリエーション価値の増大。

対象海域は、広島県内でも有数の潮干狩り地域であったが、アサリ資源の減少により、潮干狩りの可能な干潟も減少し、レクリエーション価値が下がっている。干潟の造成によりアサリ資源が復活すれば、潮干狩りのレクリエーション価値も増大することとなる。現在の潮干狩りの実施状況は以下の通りである（表 36）。浦島漁協では、灘地区人工干潟において潮干狩りを実施しており、2013 年は 300 人の利用があった。利用料は 1 人 1000 円なので、利用料収入は 30 万円となる。向島漁協では 2013 年度から干汐干潟で潮干狩りを開始した。1,500 円の利用料で 1.5kg 程度まで獲れる。10 年前までは天然発生貝で潮干狩りを実施していたが、今回は潮干狩り場のアサリは三河湾から購入した。利用客数は 2013 年 1,690 人、2014 年 2,700 人、2015 年 7,300 人であった。尾道東部漁協山波支所の組合員

には山波の洲への潮干狩りのための送迎船を営む業者4隻が遊漁船組合を作っている。1回当たり1隻10人まで乗船させる。1人1500円の渡船料で、プレジャーボート船から下りて潮干狩りをする場合は1,000円を集めていた。聞き取り調査によると、2005年は7,271人の客がいた。2013年はアサリ

がおらず、無料開放した。2014年、2015年は資源保護のため禁漁となった。百島人工干潟の泊地区では、2015年は1日、地元住民に潮干狩り漁場を無料開放

した(1世帯で5Lバケツ1個まで)。前述アの通り、食物連鎖モデルによるシミュレーションによりcタイプの干潟23haが造成されると、アサリが23.6トン(28.9%)増大するため、潮干狩り客数も同様に増加し、レクリエーション価値も増大すると思われる。

c. 魚食目的の観光客の増大。地魚の消費や伝統的食文化の維持・継承。

前述のように、尾道市・福山市とも地魚を重要な地域資源ととらえ、地元消費の増加を目指すための取組が行われている。なお、2014年の入込観光客数は、尾道市488万人、福山市335万人で、1人当たり観光消費額は尾道市3,884円、福山市4,443円であった⁹⁾。地魚の水揚げが増え、地元での消費も増え、アで試算したように地元経済も潤うだけでなく、地魚を消費することや伝統的食文化によって、心の豊かさや満足感など、様々な間接利用価値や非利用価値も生ずる(表37)。

表37 地魚による経済価値の分類

利用価値	直接利用価値	地魚の漁獲、地魚の加工・流通・販売・食材提供、地魚の食用利用
	間接利用価値	地魚の漁獲による水域からの窒素・リンの取り上げ、地魚の漁獲や販売をテレビ等で見ることによる満足感
非利用価値	選択価値	地魚を今は利用しないが、将来利用する可能性を保持していた
	存在価値	地魚の存在を知るだけで豊かな気持ちを抱くように価値を見出す
	遺贈価値	地魚を将来の世代に残すことに価値を見出す

③人工干潟の造成・利用状況について

2015年度は国交省港湾事務所福山港出張所において、尾道市・福山市における干潟造成について聞き取り調査を行い、人工干潟造成後の利用状況について、関連漁協から聞き取り調査を行った。

尾道市では国交省による人工干潟の造成が、これまでも数多く行われており、現在も複数箇所で作成が進んでいる(表38)。これは、松永湾内の航路を水深7.5mから平成20年度には10m、平成25年度からは12mに深く浚渫するため、浚渫土砂の処分地として人工干潟を作成しているためである。瀬戸内海では埋立ができないため、土砂の処分に干潟造成という形を取っている。なお、浚渫土砂は粘土質のため、その上に厚さ50cmほど、海砂や川砂を用いて覆砂を行っている。1989年造成の海老干潟では広島県忠海・高根島沖産の海砂が使用されたが、最近では山口県の日本海側から海砂を運んでいる。福山市の田尻では覆砂に芦田川の川砂も利用している。

人工干潟造成後の利用状況については、造成後から継続してアサリ漁業・潮干狩り場等として利用されている干潟は多くない。しかしながら、網掛け等の簡易な管理方法によって、一部でアサリが漁獲されているところもある。関連漁協としては、浦島漁協が圧倒的に多い。干潟造成の適地を有しているためと思われる。浦島漁協では人工干潟は半分が漁協管理とし、半分は地先漁業者が管理する形を取る。浦島漁協では1996年から、資源保護のためにジョレンは1日20kg、手堀は1日10kgのアサリ漁獲制限を行っている。

表36 対象海域における潮干狩りの実施状況

干潟名	関係漁協	利用料金(円)	来客数(人)	利用料合計
灘人工干潟	浦島	1,000	300(2013年)	300,000
干汐干潟	向島	1,500	7,300(2015年)	2,535,000
山波の洲	尾道東部(山波支所)	1,500(渡船料)	7,271(2005年)	10,906,500
泊(百島人工干潟)	浦島(百島支所)	地区住民無料		0

資料:聞き取り調査

干汐干潟では、他県から購入したアサリ親貝を購入して放流している。

表38 尾道・福山の人工干潟

市	地区名	造成年	面積	事業主体	事業名等	関連漁協	利用状況
広島県尾道市	百島海老呑	1978～1982	12.0ha	広島県	浚渫土砂の処理と有効利用	浦島漁協	造成当初5～6年はアサリ稚貝が発生したが、砂の移動が激しく今は発生しない。
	百島地区	1984～1987	36.9ha	運輸省第三港湾建設局広島港工事事務所	尾道糸崎港港湾改修事業	浦島漁協	天然貝が発生し、年間を通じてアサリが獲れる。浦島のジヨレン4名、百島の手堀16名が利用。資源保護で漁獲量制限。
	海老地区	1988～1989	約16ha	運輸省第三港湾建設局広島港工事事務所	尾道糸崎港港湾改修事業	浦島漁協	地元管理の場で1人の漁業者が網掛けをして放流も行っている。
	灘地区	1995～1996	約4ha	運輸省第三港湾建設局広島港工事事務所	尾道糸崎港港湾改修事業	浦島漁協	漁協が面積の半分を管理し、網掛けをしているので2015年は稚貝が育っている。地元管理の半分も最近に網掛けを始めた。2014年までは漁協自営事業で潮干狩り実施。2013年300人利用(1人1000円で2kgまで)
	歌地区	1998～1999	2.5ha	広島県	尾道糸崎港港湾改修事業	尾道東部漁協	アサリ漁業利用なし
	尾道糸崎港浦崎地区(戸崎)	2000～2008	9.6ha	広島県	尾道糸崎港海域環境創造事業	浦島漁協	2人の漁業者が網掛けをし、そこだけアサリがいる。
	百島海老呑の北側	2015～2023(予定)		国交省		浦島漁協	造成中
	高尾地区	2009～2017(予定)	19ha	国交省		浦島漁協	造成中(2015年度から覆砂)造成後は半分は漁協、半分は地先管理
広島県福山市	水呑町竹ヶ端	1975	12.6ha	福山市	アサリ・オオノガイの増殖場の造成	福山市漁協	1978に芦田川河口堰が完成し、アサリは減少。ナルビエイ対策の竹と網も河口堰の放水時倒れ、その間に食害に会う。
	内海町坊地地先	1996～2012	(2.3ha)	広島県	横田港海域環境創造事業	横島漁協	近隣漁協の反対により事業中止
	田尻地区	2001～2003	5.7ha	広島県	漁場環境保全事業	あんずの里漁協	長期にわたりアサリが発生してきた。半分の漁場を潮干狩りに利用(数年間休みをはさんで)。

資料:土田(2011)、瀬戸内海環境情報センター(2009)

注:利用状況については、各漁協聞き取り調査による。造成事業費は海老地区約4億円(国交省2006)、百島地区17億円(国交省港湾局HP)であった。

なお、松永湾内の埋立は歴史が古く、江戸時代から福山藩の保護奨励策もあって多くの塩田が開かれ、その後明治にかけてかなりの面積が埋め立てられたが(図30)、1960年代から80年代後半にかけても、埋立地が拡張している(図31)。1992年度には松永港の-10m岸壁が供用開始され、船舶の大型化に対応が可能となり、木材取扱拠点港としての機能強化が進んだ。埋立地以外にも、水面整理場・水面貯木場として漁業権放棄(1974年頃)した水域もある。

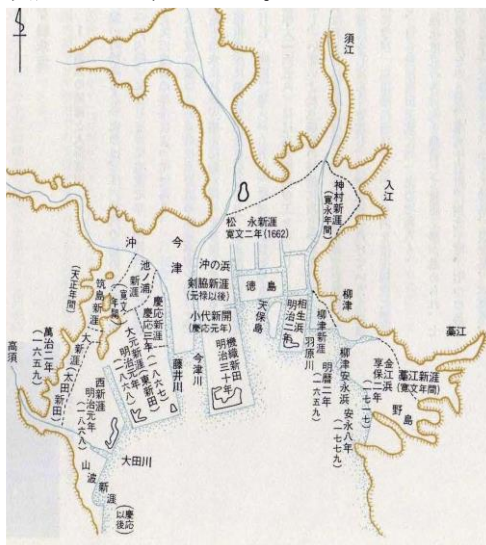


図30 松永湾の江戸～明治の埋立

http://blogs.c.yimg.jp/res/blog-18-80/roktopuu19551219/folder/413608/76/4632276/img_1?1334578754より引用

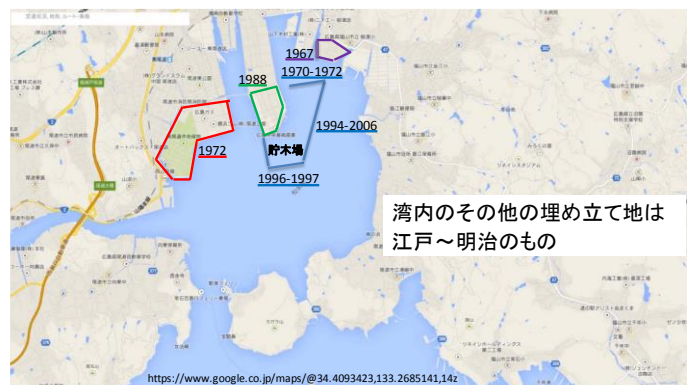


図31 松永湾内の近年の埋立

資料:福山商工会議所(2012)、協同組合ベイトウン尾道HP

VI. 考察

従来、干潟造成の多くはアサリなど直接、漁獲物として利用する生物の生息場所を造成することを目的としてきた。したがって、干潟の造成による効果評価については、結果がすぐに目に見えるアサリ漁獲量の増大効果だけを評価してきたように思われる。しかしながら、干潟に生息する多様な生物の中で、魚介類の優れた餌となる環形動物などの生物量が増大すれば、食物連鎖により魚介類資源の増大に結びつき、その恩恵は干潟を造成した区画だけに留まらず、干潟で育成された魚介類資源が回遊する広範な海域に効果を及ぼすことが期待される。今後、干潟の造成にあたっては、アサリなど直接的な漁獲物の増加だけではなく、魚介類の生育場としての機能も十分に考慮することが重要であろう。

本課題では、野外調査、飼育試験、食物連鎖モデル解析、漁獲実態調査、市場調査など、広範囲にわたる調査を行って、干潟の物理的性状から、干潟に生息する底生動物の量、そこから食物連鎖を介した魚介類量の変化、さらに漁業活動による経済効果までを連結して、これまでにない視点で干潟を評価した。その結果をまとめる上で、いくつかの仮定、前提を設定し、条件を単純化している。例えば、(1)において検討した干潟の底生動物のバイオマスに影響を与える要因には、今回、検討した物理環境のパラメータの他に、流向流速や水温、干潟の安定性なども重要であると考えられる。また、バイオマスに影響を与えるのは物理環境だけでなく、塩分や溶存酸素量、栄養塩濃度などの化学的な要素や、餌や空間をめぐる競争や捕食・被食などの生物間相互作用、隣接する生息場所の性状など、さまざまのものがあろう。また、これらの要因は季節によっても変化することから、その時間的変動についても検討する必要がある。 (2)において調べた増肉係数についても、餌の探索など摂餌にかかるコスト、個々の餌生物種や対象種による増肉係数の違いや、水温に伴う成長量の変化などを検討すべきと考えられる。また、(3)においては、需要と供給の変動に伴う魚価の安定性などを考慮する必要がある。今後、これらの仮定や前提条件について検討を重ねて、モデルによる推定の精度を高めるための更なる研究が必要である。

今回の調査では、水深が深く、中央粒径値が大きいほど、貝類、甲殻類、多毛類などの餌生物量が多いことが示されたことから、(1)-e)で分類したタイプc)の干潟を新たに造成することで、モデル海域からの漁獲金額を向上させることができると結論を導いた。しかしながら、干潟の持つ保育場としての機能は餌場だけではなく、捕食者や波浪などからの隠れ家としての機能もある。したがって、新たに干潟を造成する場合や既存の干潟を補修する場合には、餌場として餌生物の多寡にのみ注目するのではなく、干潟の持つ機能を多面的に検討する必要がある。

本調査でも明らかになったように、干潟は高い生物生産機能を持つ。干潟と同様に、沿岸部の浅海域に存在する藻場も生産性が非常に高い場所である。干潟や藻場は、沿岸資源生物の生産において極めて重要な場であるが、高度経済成長期に失われてしまった地域も多い。沿岸水産資源を持続的に利用していくためには、干潟や藻場を保全、復元、創造することが重要であり、水産庁は2016年1月に「藻場・干潟ビジョン」を公表した。その中では、水産基盤整備事業などによるハードの整備と、漁業者や地域住民が行う保全活動などのソフトの取り組みが一体となった、実効性のある効率的な対策の必要性が提唱されている。今後、干潟を造成・修復するハードの整備効果を検討する上で、本課題で提案したモデルの基本構造を基盤として、その推定精度を上げるための検討を重ねながら、干潟の生産力と環境との関係を詳細に解明していくことが望まれる。

VII. 摘要

1. 魚介類の保育場である干潟の餌生物のバイオマスと強く相関する物理条件を把握するため、広島県東部の尾道市周辺をモデル海域として、合計 3,359,000m² の区域の測量を行って海底地形図を作成した。
2. 海底地形図から抽出した水深や傾斜角、海底面の凹凸などの地形パラメータと底質の粒度に関連するパラメータから、モデル海域の干潟における軟体動物、環形動物、節足動物の生物量に影響を与える物理環境要因を抽出するための解析を行なった。
3. 干潟の改修、造成時に人為的に操作が可能と思われるパラメータを用いて解析をおこなったとき、軟体動物、環形動物、節足動物のいずれの分類群についても水深と中央粒径値が共通して選択され、モデル海域の干潟では水深が深いほど、中央粒径値が大きいほど生物量が多い傾向があることがわかった。
4. 餌生物の餌料としての有効性を検証する目的で、シロギスとクルマエビを用い、節足動物（エビ）、環形動物（ゴカイ）、軟体動物（アサリ）を餌として飼育実験を行い、増肉係数を推定したところ、シロギス、クルマエビともに環形動物の増肉係数が最も低く、餌料効率が高いことが示された。
5. 天然海域から採集したシロギスの胃内容物組成を調べたところ、節足動物、環形動物、軟体動物はいずれも捕食され、シロギスは特定の生物を捕食するのではなく、干潟に生息する生物全般を利用していることが明らかになった。
6. 物理環境を元に干潟を 3 タイプに分類し（a タイプ「平均水深－0.247m」、b タイプ「平均水深－0.789m」、c タイプ「平均水深－1.26m」）、魚介類の保育場として必要な餌生物の生産量の推定を行った。
7. 潮下帯を c タイプの干潟として新たに造成する場合について対象海域の干潟域の餌生物の生産量の増加量を試算したところ、潮下帯を c タイプの干潟として新たに 23ha 造成すると魚類の餌生物量、貝類の生産量、甲殻類の生産量がそれぞれ 1.27 倍、1.29 倍、1.23 倍に増加した。
8. モデル海域の漁業実態調査から、クルマエビ・ヨシエビ等は小型底びき網漁業で、シロギスはキス流し網漁業によって漁獲されていた。尾道市・福山市における漁獲量は、クルマエビは 3 トン、ヨシエビは 8.1 トン、シロギスは 11 トンと推計された。
9. シロギスの遊漁に関するアンケート調査や聞き取り調査により、遊漁者数は、遊漁案内船によるものが約 3 千人、マイボートによるものが 18 千人、陸釣りが 36 千人で、遊漁関連の経済効果は、約 143.5 百万円と推計された。
10. 食物連鎖モデルから漁業・遊漁への効果を組み入れるためのサブモデルを試作して、キス流し網漁業と小型底びき網漁業について、漁業者所得を広島県の最低賃金並に引き上げるために必要な漁獲量の増加量を推定したところ、新たな干潟造成が 23ha 必要であることが明らかとなった。
11. 干潟を 23ha 造成することによる漁獲金額の増大は 102.5 百万円で、漁獲金額の増大による関連産業への経済波及効果は、広島県産業連関表を元に計算すると 45.6 百万円であった。また、シロギス遊漁関連の経済効果は 39.1 百万円増加すると試算された。
12. 干潟を 23ha 造成することによる生態系サービスの増加量についても試算を行ったところ、供給サービスとして、漁獲金額の増大分 102.5 百万円、調整サービスとして、アサリの増加による水質浄化機能の増大分 178.4 百万円、基盤サービスとして漁獲による窒素の取り上げ増大分として 114.7 百万円、文化的サービスのうち、シロギス遊漁による増大分として前述の仮定のもとに 39.1 百万円の増大が見込まれた。

13. 今後は、本調査では取り扱わなかった季節変化や年変動、海水の流向流速や、水温、塩分、溶存酸素量、海域の基礎生産力などについても検討した上で、魚介類の生育場としての干潟を評価する必要があるだろう。

VIII. 引用文献

- 1) 尾道漁協 (2010) : 広島県尾道漁業協同組合、第 30 回全国豊かな海づくり大会～ぎふ長良川大会～ 表彰団体功績概要・作品集、pp. 17-20
- 2) 宮本俊彦 (2001) : 大きく育てクルマエビ！～クルマエビ種苗放流方法の改善と資源管理～、平成 13 年度全漁連全国青年・女性漁業者交流大会、pp. 122-128
- 3) 戸井真一郎 (2001) : クルマエビの栽培漁業～吉和漁業協同組合エビ漕ぎ網グループの取組～、さいばい、99、pp. 20-26
- 4) 角田俊平 (1970) : 底流網によるキスの生態とその資源に関する研究、広島大学水畜産学部紀要、9(1)、pp1-55
- 5) 尾道市長答弁 (2012) : 尾道市議会平成 24 年第 3 回 9 月定例会 9 月 7 日 03 号
<http://www.gijiroku.net/discuss/cgi-bin/WWWframeNittei.exe?USR=webusr7&PWD=&A=frameNittei&XM=0001000000000000&L=1&S=15&Y=%95%bd%90%ac24%94%4e&B=-1&T=0&T0=70&O=1&P1=&P2=&P3=&P=0&K=528&N=1081&W1=%82%a8%82%cc%82%dd%82%bf%8b%47%90%df%82%cc%8b%9b20%91%49%82%cc%91%49%92%e8&W2=&W3=&W4=&DU=0&WDT=1>
- 6) 福山市 (2015) : 福山市水産振興ビジョン、福山市 HP2015 年 7 月 1 日更新、
<http://www.city.fukuyama.hiroshima.jp/soshiki/norinsuisan/49246.html>
- 7) 日向野他 (2005) : 有明海干潟域における植物プランクトンへの摂食圧からみた二枚貝等の浄化機能の解明、有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明、研究成果、432、農林水産技術会議、p. 77
- 8) 水土舎 (2003) : 多面的機能評価等にかかる調査等報告書、平成 14 年度多面的機能評価等調査委託事業、(株) 水土舎、pp. 66-68、p. 84、p. 114
- 9) 広島県 (2015) : 平成 26 年広島県観光客数の動向、p. 20
- 10) 土田 (2011) : 地盤内浚渫土圧入による港湾・航路の維持管理と両立する人工干潟造成技術に関する研究、平成 21 年度 (財) 港湾空港建設技術サービスセンター研究開発助成報告書、p. 2
- 11) 瀬戸内海環境情報センター (2009) : 環境修復事業の事例 (干潟)、(国立国会図書館が 2009 年 2 月 17 日に保存)、<http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/259973/seto-eicweb.pa.cgr.mlit.go.jp/case/list02.html>
- 12) 国交省中国地方整備局広島港湾空港技術調査事務所 (2006) : 干潟造成技術マニュアル (Ver. 1)
- 13) 国交省港湾局 HP : 福田港百島地区の事例
<http://www.mlit.go.jp/kowan/new-hp/index3/fukuda.pdf>
- 14) 福山商工会議所 (2012) : 10. 企業、FUKUYAMA NOW 福山のすがた、
<http://www.fukuyama.or.jp/fukuyamanow/10.html>
- 15) 協同組合ベイタウン尾道 HP: http://www.baytown.or.jp/?page_id=66