

【研究論文】

瀬戸内海の各灘における藻場・干潟分布特性と
主要魚種漁獲量との関係

吉田 吾郎^{1*}・堀 正和¹・崎山 一孝^{1,2}・浜口 昌巳¹
梶田 淳³・西村 和雄³・小路 淳⁴

Distribution of Seaweed Bed and Tidal Flat, and Their Correlations
with Fisheries Catches in the Nine Sea Areas of the Seto Inland Sea

Goro YOSHIDA^{1*}, Masakazu HORI¹, Kazutaka SAKIYAMA^{1,2}, Masami HAMAGUCHI¹,
Atsushi KAJITA³, Kazuo NISHIMURA³ and Jun SHOJI⁴

Abstract

Correlation between fisheries catch and the area of coastal ecological components (seaweed bed, tidal flat and shallow sea area) was analyzed for the nine sea areas (Suo-Nada, Iyo-Nada, Aki-Nada, Bingo-Geiyo-Seto, Hiuchi-Nada, Bisan-Seto, Harima-Nada, Osaka-Bay and Kii-Channel) in the Seto Inland Sea. Areas of seaweed bed and tidal flat were based on research conducted in 1978-79 and 1989-91 by Ministry of the Environment, and area shallower than 10m were estimated from coastal-hydrographic data on a GIS digital map. Annual mean fisheries catches of 28 main fish items corresponding to the years described above were analyzed using the Pearson product-moment correlation coefficient and Spearman rank correlation coefficient after being standardized per unit sea area.

Thirty-six positive correlations were detected, e.g., Japanese flounder, fine spotted flounder, red sea bream, black sea bream and rock fishes (*Sebastes* spp.) with *Zostera* bed, Japanese flounder, red sea bream, black sea bream, sea urchins and turban shell (*Turbo cornutus*) with *Sargassum* bed, abalones with kelp (*Ecklonia*) bed, flat fishes, benthic animals in total and shellfishes in total with tidal flat and shallow sea area. The relationships between the distribution patterns of those ecological components and the characteristics in fisheries production are discussed.

1. はじめに

沿岸域の開発によって、瀬戸内海では過去100年あまりの間に多くの藻場と干潟が失われた。また、漁業生産

は1980年代をピークに一貫した減少が続いており、水産資源を育成する藻場と干潟の保全・再生は重要な課題となっている。

近年、陸域や海域の生態系の有する多様な機能について

2009年10月5日受付、2010年1月14日受理

キーワード：瀬戸内海、漁獲量、藻場、干潟、相関

Key words : Seto Inland Sea, fisheries catch, seaweed beds, tidal flat, correlation

¹ National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research Agency, 2-17-5 Maruishi, Hatsuka-ichi, Hiroshima 739-0452, Japan ((独)水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所 〒739-0452 広島県廿日市市丸石2-17-5)

² Momoshima Station, National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, 1760 Momoshima, Onomichi, Hiroshima 722-0061, Japan ((独)水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所 百島実験施設 〒722-0061 広島県尾道市百島町1760)

³ Aquatic Research Inc., 3-11-7 Senda, Naka, Hiroshima 730-0052, Japan (水圏リサーチ(株) 〒730-0052 広島県広島市中区千田町3-11-7)

⁴ Takehara Fisheries Research Laboratory, Hiroshima University, 5-8-1 Minato, Takehara, Hiroshima 725-0024, Japan (広島大学大学院生物圏科学研究科附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター竹原水産実験所 〒725-0024 広島県竹原市港町5-8-1)

* Tel : 0829-55-3430, Fax : 0829-54-1216, gorogoro@affrc.go.jp

て、公益に資する生態系サービスとしてその経済的価値が算出されている²⁾。生態系の有する機能の数値化とその実質価値の把握は、その生態系の保全に関する施策を適切に推進するうえでも必要である。しかし、藻場・干潟の水産資源育成の機能については、その定量把握の必要性が認識されながらも科学的に評価がなされた例はほとんど無い。

多くの重要魚種の藻場・干潟への出現は、稚仔期など生活史の1時期やある特定の季節に限られ、また、藻場・干潟の周縁部を主な住み場としたり、偶発的に来遊する種も多い³⁾。水産資源育成における藻場・干潟の重要性は広く認知されながらも、これらの魚種の藻場・干潟への実質的な依存度には不明な点が多く、その寄与の評価を困難にしている。

本研究では、既往資料における瀬戸内海の藻場・干潟面積と主要魚種の漁獲量の関係を解析し、藻場・干潟への依存度が高い可能性がある魚種の抽出を試みた。瀬戸内海は複数の灘に分かれ、それぞれで藻場・干潟の分布を含む環境が多様であると同時に、瀬戸内海域全体では閉鎖性が強く生物相が比較的均一であり、多くの漁獲対象種が灘間で共通している。またこれらのうち多くの魚種がその回遊生態において比較的移動範囲が狭く⁴⁾、主要灘ではその漁獲量のほとんどが“灘固有のストック”と見なされている⁵⁾。したがって、水産資源育成における各灘の独立性を仮定したうえで、各灘の藻場・干潟の分布量と漁獲量をサンプルとして相関を解析することにより、両者の間に何らかの量的関係を検出できる可能性がある。

もちろん本解析を通じて有意な相関が検出された場合でも、必ずしもその魚種の藻場・干潟への依存を示すものとは限らず、解釈には注意が必要である。しかし、本解析により、現地調査のみでは把握できない水産資源と藻場・干潟との潜在的な関係について何らかの示唆を得ること、また、漁業において生産性が高い灘が備える環境特性を明らかにすることなどが期待でき、試みとして意義があるものと考えられる。

2. 材料と方法

1) 活用資料とデータ

本研究で用いたデータは、(1)瀬戸内海の各灘における主要魚種漁獲量、(2)各灘における藻場・干潟面積、および(3)各灘の海域面積および水深10m以浅の浅海域面積とした。各灘の海域面積は、単位海域面積あたりの藻場・干潟面積および漁獲量の算出に用いた。また、浅海域については、その水産資源育成上の重要性が指摘されている⁶⁾ことから、藻場・干潟と同様に面積と漁獲量との関係の解析を行った。

(1) 瀬戸内海の各灘における主要魚種漁獲量

各灘の主要魚種漁獲量に関するデータは、「瀬戸内海

の漁獲量 1952年～1999年の灘別魚種別漁獲統計」⁶⁾を参照した。同資料は、中国四国農政局統計情報部などによる漁獲統計の諸資料を原典とし、紀伊水道、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸、燧灘、備後・芸予瀬戸、安芸灘、伊予灘、および周防灘の9灘（1977年以前は燧灘と備後・芸予瀬戸を合わせ旧燧灘として記載）における1952年から1999年の各年の魚種別漁獲量が取りまとめられている。解析は、同資料中の72魚種のうちの主要25魚種に、「魚類計」、「水産動物計（貝類以外の無脊椎動物の計）」、「貝類計」の項目を加えた計28魚種項目を対象とした。また、解析にあたっては、後述の環境庁(省)による全国藻場調査が行われた1978～79年、および1989～91年に対応するそれぞれ2カ年、3カ年の漁獲量データの平均値を用いた。ただし、1978年より「カレイ類」としてまとめられた「メイトガレイ」と「その他のカレイ類」、同じく「その他の魚類」にまとめられた「カサゴ・メバル」および「アナゴ」については、上記の藻場調査に先立つ1976～1977年の2カ年の平均値を用いた。

(2) 瀬戸内海の各灘の藻場・干潟面積

各灘の藻場・干潟の面積については、「第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書」⁷⁾より算出した。同報告書には1989～1991年に全国的に調査された我が国沿岸の藻場・干潟の位置と面積が、都道府県ごとに詳細に記載されている。そのうち、藻場については面積1ha以上、水深20m以浅に分布するものが集計され、さらにアマモ場、ガラモ場、アラメ場、テングサ場、ワカメ場、アオサ・アオノリ場などの構成種のタイプ別に分類した面積も記載されている。同報告書では各灘・海域ごとの藻場・干潟面積も集計されているが、環境庁による同報告書の灘の地理区分と、農林水産省の漁獲統計資料の灘の地理区分は大きく異なっている (Fig.1)。したがって、漁獲統計の灘区分⁸⁾に応じて各県の藻場・干潟面積データを再集計し、漁獲量との関係を解析した。藻場については、全てのタイプの合計面積だけでなく、水産資源と特に密接な関係を持っているアマモ場、ガラモ場、およびアラメ場のそれぞれのタイプの面積についても集計して解析した。さらに同報告書では、1978～1979年の第2回自然環境保全基礎調査の際に調べられた藻場・干潟面積も記載されているので、同様に当時の灘別の藻場・干潟面積も集計して解析した。

(3) 瀬戸内海の各灘の海域・浅海域面積

各灘の海域・浅海域面積の算出には財団法人日本水路協会海洋情報研究センター発行の「日本全域海岸線データ」の2007年資料⁹⁾を用いた。各灘の境界は、漁獲統計資料⁸⁾に示されている瀬戸内海の灘区分に従って、国土地理院地形図などにより境界端の緯度経度を調べ、決定した。瀬戸内海の海岸線データを表示させたGISの電子地図上に上記の各灘境界を入力し、島嶼部を含む各灘の

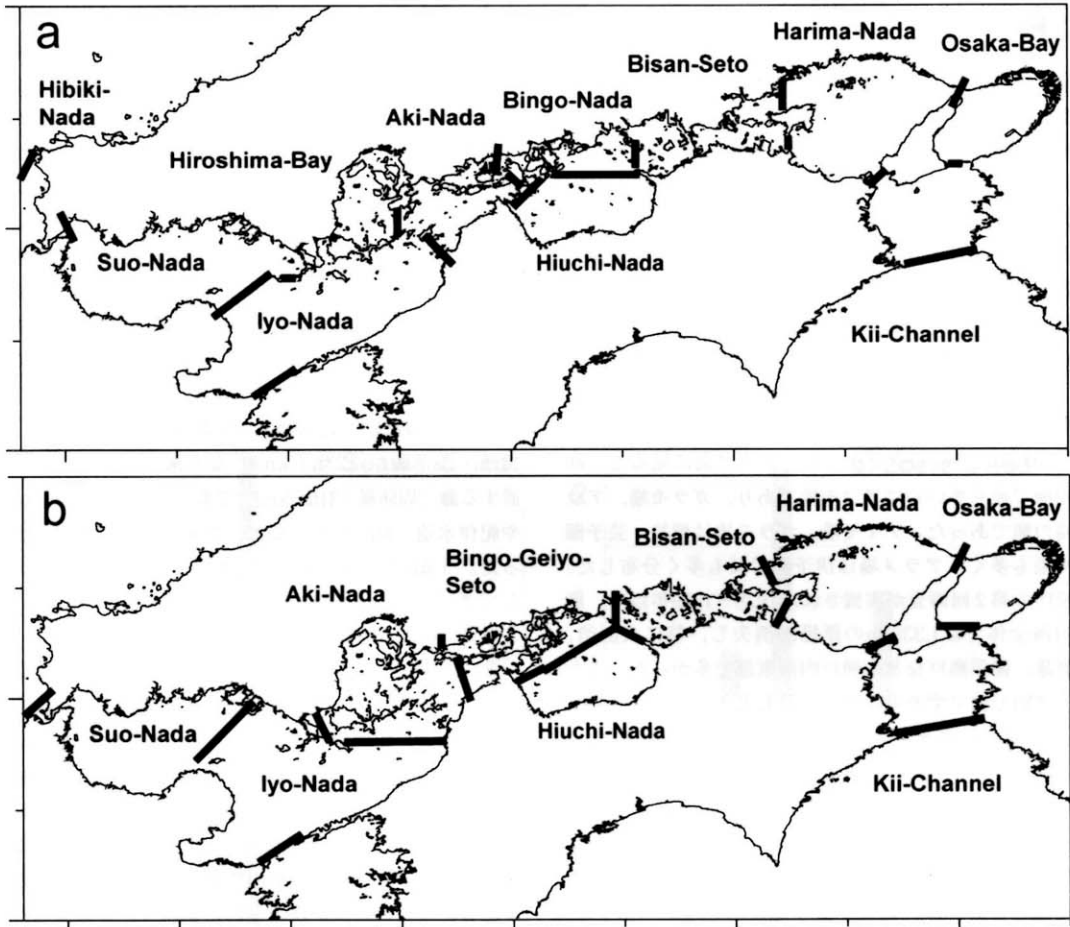


Fig. 1 Sectional maps of the nine sea areas in the Seto Inland Sea.

a : sections by Ministry of the Environment ;

b : sections used for fisheries statistics by Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries.

面積を測定した後、 0.1km^2 以上の島の面積を全て測定して差し引き、海域面積を算出した。さらにGIS電子地図上に、上記海岸線データに含まれるDL-10mの等深線データを入力して、同線より深所側の全面積を求めた後、この範囲に含まれる島嶼部および10m以浅のエリアの面積を全て差し引き、10m以深の海域面積を灘ごとに求めた。この数値を海域面積から差し引き、各灘の10m以浅の浅海域面積を算出した。

なお、瀬戸内海における1978年～2001年の埋立総面積はおよそ 56km^2 であり¹⁰⁾、現存する海域面積の0.3%にあたるが、本研究の解析には前述のとおり2007年の資料をもとに測定した海域面積、浅海域の面積データを一貫して使用した。

2) 解析

各灘の藻場、干潟、および浅海域（以下、一括して景観項目と記述）について、その面積を海域面積で除し、灘別の単位海域面積あたりの景観項目別面積を求めた。

同様に各魚種項目について、各灘の単位海域面積あたりの漁獲量を算出した。単位海域面積あたりの各景観項目の面積と、それに対応する年代（1978～79年および1989～1991年）の単位海域面積あたり漁獲量の間に散布図を作成し、ピアソンの積率相関係数およびスピアマンの順位相関係数を求めて相関を解析した。

一般に、変数が正規分布していると仮定できない場合や曲線相関の可能性がある場合の相関解析には順位相関係数を用いる。後述するように、本研究ではタイプ別藻場や干潟面積が突出して多い灘も見られ、そのような灘の漁獲量が解析結果に大きく影響している事例もあった。しかし、藻場・干潟の機能はそれらの規模（面積）依存的に発揮されることが考えられ、この場合ピアソンの積率相関係数には量的な情報を反映するという利点がある。したがって、本研究では2つの相関係数を併用し、その結果を考察した。

3. 結 果

1) 各灘における藻場・干潟の分布特性

Table 1に漁獲量統計の灘区分にしたがった瀬戸内海の各灘の海域面積と各景観項目の面積を示した。藻場・干潟については第4回自然環境保全基礎調査(1989~1991実施)による面積を示し、また第2回の同調査(1978~1979実施)からの減少分も示した。海域面積は伊予灘で4,339km²と最も大きく、また備後・芸予瀬戸で1,291km²と最も小さかった。浅海域面積は周防灘862km²、備讃瀬戸512km²で多く、また干潟も周防灘が6,937haで突出し、備讃瀬戸が1,035haでそれに次いだ。

藻場については備後・芸予瀬戸が3,636haで最も多く、燧灘が164haで最も少なかった。タイプ別に見ると、瀬戸内海で最も多いのはアマモ場であり、ガラモ場、アラメ場の順であった。アマモ場、ガラモ場は備後・芸予瀬戸で最も多く、アラメ場は伊予灘で最も多く分布した。環境庁の第2回調査が実施された1978~1979年以降、瀬戸内海全体では1,330haの藻場が消失し、特に大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸などの瀬戸内海東部で多かった。また、タイプ別ではアマモ場の消失が最も大きく、やはり播磨灘、備讃瀬戸で多かった。一方、干潟は同期間中に792haが消失し、伊予灘と周防灘で多かった。

さらに、単位海域面積あたりの各灘の浅海域、藻場(合計)および各タイプ別藻場、さらに干潟面積をFig. 2に示した。

藻場(合計)は、備後・芸予瀬戸(2.82ha/km²)と備讃瀬戸(1.61ha/km²)に多く、両灘同様瀬戸内海の中央部に位置する燧灘で、0.12ha/km²と最も少なかった。タイプ別に見ると、アマモ場は備後・芸予瀬戸(2.26ha/km²)が突出して多く、備讃瀬戸(1.06ha/km²)がそれに次ぎ、他の灘は安芸灘(0.48ha/km²)を除き、0.10ha/km²以下であった。ガラモ場の分布もアマモ場

とよく似た傾向を示し、備後・芸予瀬戸(1.00ha/km²)で最も多かったが、伊予灘、安芸灘、備讃瀬戸、および紀伊水道でも0.20ha/km²前後が見られ、灘間の差はアマモ場の場合ほど顕著ではなかった。アラメ場は、アマモ場・ガラモ場とは逆の傾向を示し、伊予灘(0.34ha/km²)、紀伊水道(0.47ha/km²)といった外海域に隣接する灘で多かった。なお、図示はしていないが、1977年以前の漁獲量データと対応する灘区分では、旧・燧灘(備後・芸予瀬戸と現・燧灘を合わせたもの)が、藻場、アマモ場についてそれぞれ1.43、1.09ha/km²と備讃瀬戸に次いで多くなり、またガラモ場については0.49ha/km²で最も多くなった。

水深10m以浅の浅海域は、備讃瀬戸(38ha/km²)や備後・芸予瀬戸(23ha/km²)など瀬戸内海中央部に位置する灘と周防灘(31ha/km²)で多く、伊予灘(4ha/km²)や紀伊水道(8ha/km²)など、外海域に近い灘で少なかった。干潟については、周防灘(2.49ha/km²)に突出して多く分布し、その他では備讃瀬戸(0.78ha/km²)と燧灘(0.68ha/km²)に比較的多く分布していた。

2) 藻場・干潟・浅海域面積と主要魚種漁獲量の関係

1989~91年、1978~79年の両年代における各景観項目と魚種項目の相関マトリクスをそれぞれTable 2, 3に示す。このうち、2つの相関係数のいずれかで有意な相関が見られた景観項目と魚種項目の組み合わせをTable 4に、またそのうちの主な組み合わせの散布図をFig. 3に示す。有意な正の相関が検出された組み合わせは36通り、また有意な負の相関が検出された組み合わせは7通りであった(Table 4)。

藻場(合計)、アマモ場およびガラモ場では有意な正の相関が見られた魚種項目の多くが共通していた(Table 4)。ヒラメ、クロダイ、ウニ類およびサザエはこれら3景観項目で、また、メイタガレイ、カサゴ・メバルは藻場(合計)とアマモ場で、さらにマダイはアマ

Table 1 Total sea area and the areas of coastal ecological components of the 9 sea areas (sectioned according to the fisheries statistics by the MAFF). Data of seaweed bed and tidal flat were based on the research conducted in 1989-91 by the Environmental Ministry, and numbers in parentheses indicated decreases in area from the research in 1978-79 up to the research in 1989-91.

	Sea area (km ²)	Shallow (<10m) area (km ²)	Seaweed bed (ha)	<i>Zostera</i> bed (ha)	<i>Sargassum</i> bed (ha)	Kelp (<i>Ecklonia</i>) bed (ha)	Tidal flat (ha)
Suo-Nada	2,781	862	2,545 (-39)	23 (-10)	195 (-4)	84 (0)	6,937 (-111)
Iyo-Nada	4,339	194	2,001 (-160)	452 (-61)	902 (-84)	1,480 (-86)	866 (-288)
Aki-Nada	2,318	268	1,750 (-47)	1,116 (-39)	502 (-39)	461 (0)	592 (-17)
Bingo-Geiyo-Seto	1,291	292	3,636 (-35)	2,917 (-18)	1,289 (-2)	184 (-4)	746 (-126)
Hiuchi-Nada	1,407	143	164 (-20)	4 (-9)	34 (-5)	0 (0)	954 (-52)
Bisan-Seto	1,333	512	2,150 (-281)	1,410 (-220)	368 (-4)	0 (0)	1,035 (-73)
Harima-Nada	3,088	378	1,110 (-452)	309 (-265)	425 (-24)	37 (0)	180 (-55)
Osaka-Bay	1,397	134	405 (-210)	8 (-2)	98 (0)	22 (-1)	4 (0)
Kii-Channel	1,982	150	1,307 (-86)	139 (-6)	380 (-15)	932 (-3)	188 (-70)
Total	19,936	2,933	15,068 (-1,330)	6,378 (-630)	4,193 (-217)	3,200 (-94)	11,502 (-792)

モ場とガラモ場で共通していた。このうち、ヒラメ、マダイおよびクロダイでは、いずれの景観項目とも両年代で正の相関を示したが、全てピアソンの積率相関係数で検出されたものであり、ヒラメ、マダイでは備後・芸予瀬戸 (Fig.3 g, k, l), クロダイでは備後・芸予瀬戸と備讃瀬戸 (Fig.3 h, m), といった漁獲量の多い灘が解析結果に影響していた。

アラメ場はアワビ類との間にのみ正の相関が検出され、1978~79年、1989~91年の両年代ともピアソンの積率相関係数、スピアマンの順位相関係数の双方で有意であった (Table 2-4)。一方、カレイ類、その他のカレイ類、

カサゴ・メバル、アナゴなどとの間には負の相関が検出された (Table 2-4)。

干潟については、ボラ類、その他のカレイ類、水産動物計、クルマエビ、その他のエビ類、ガザミ類および貝類計との間に正の相関が検出された。クルマエビやその他のエビ類、ガザミ類との間には1989~91年にのみピアソンの積率相関係数で相関が検出され、干潟面積、漁獲量とも突出して多い周防灘が結果に影響を与えていた (Fig.3 d, e)。貝類計との間には、特に1989~91年には双方の相関係数で0.9以上と強い相関が検出された。一方、負の相関はマアジやサバ類といった浮魚類との間に検出

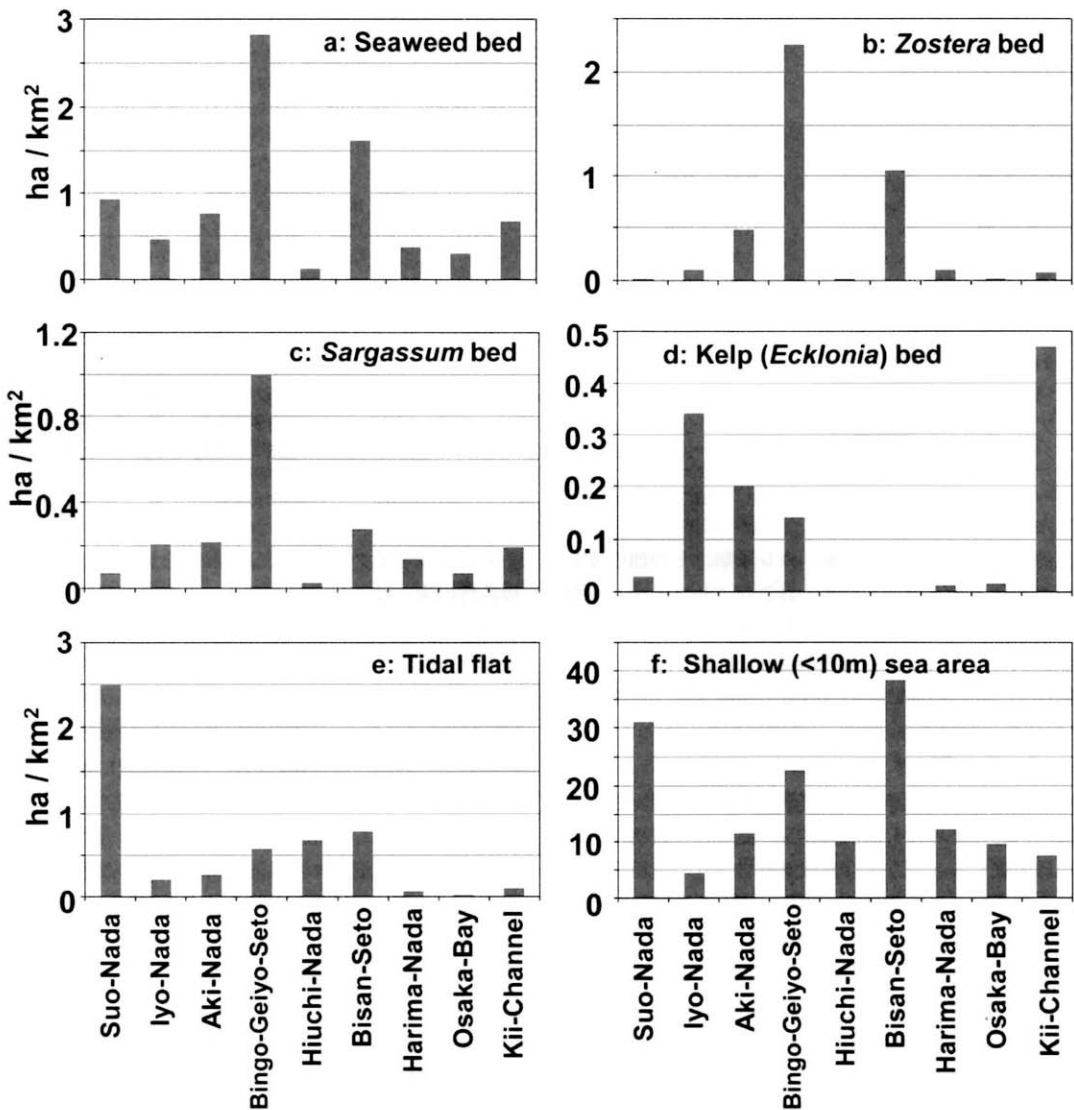


Fig. 2 Distribution of each coastal ecological component expressed as area per unit sea area (ha/km²), of the nine sea areas in the Seto Inland Sea.

a : seaweed bed (in total) ; b : *Zostera* bed ; c : *Sargassum* bed ;
d : kelp (*Ecklonia*) bed ; e : tidal flat ; f : shallow (<10m) sea area.

Table 2 Correlation matrix between area of each ecological component (data based on the research in 1989-91) and fisheries catch of the main fishes in annual mean of 1989-91.

S : Spearman rank correlation coefficient ;

P : Pearson product-moment correlation coefficient (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$).

Fish item	Seaweed bed		<i>Zostera</i> bed		<i>Sargassum</i> bed		Kelp (<i>Ecklonia</i>) bed		Tidal flat		Shallow (<10m) area	
	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
魚類計 Fishes in total	-0.67	-0.48	-0.52	-0.35	-0.37	-0.36	-0.36	-0.19	-0.53	-0.53	-0.33	-0.45
カタクチイワシ Anchovy	-0.47	-0.35	-0.20	-0.20	-0.08	-0.25	0.03	-0.23	-0.27	-0.06	-0.48	-0.31
マアジ Horse mackerel	-0.60	-0.42	-0.37	-0.43	-0.23	-0.28	0.46	0.43	** -0.92	-0.54	* -0.80	-0.55
サバ類 Mackerels	-0.55	-0.36	-0.38	-0.36	-0.23	-0.26	-0.03	0.32	* -0.70	-0.50	-0.42	-0.45
ヒラメ Japanese flounder	0.03	0.62	0.30	*0.75	0.28	*0.77	-0.33	-0.12	0.02	-0.14	0.23	0.05
カレイ類 Other flatfishes	0.07	0.18	-0.15	0.17	-0.18	-0.07	* -0.78	-0.62	0.38	0.12	0.57	0.63
ニベ・グチ類 Croakers	0.33	0.53	0.48	0.59	0.52	0.43	-0.30	-0.25	0.30	-0.03	0.25	0.47
マダイ Red sea bream	-0.02	0.56	0.18	*0.68	0.30	*0.78	0.31	0.25	-0.20	-0.27	-0.32	-0.21
クロダイ Black sea bream	0.53	**0.84	0.58	**0.91	0.55	*0.78	-0.32	-0.25	0.42	0.06	0.63	0.53
サワラ類 Spanish mackerel	-0.27	-0.05	0.02	0.07	0.00	0.00	-0.59	-0.41	-0.15	-0.23	0.15	0.06
ボラ類 Mullet	0.38	0.52	0.10	0.42	0.00	0.20	-0.69	-0.60	0.68	*0.69	*0.78	**0.94
スズキ Sea bass	0.03	-0.15	-0.12	-0.14	-0.12	-0.19	-0.54	-0.41	-0.13	-0.16	0.43	0.05
水産動物計 (other than shellfishes) in total	0.12	0.12	-0.27	-0.07	-0.37	-0.22	-0.48	-0.49	0.37	*0.73	0.55	*0.79
コウイカ類 Cuttlefish	0.37	0.46	0.38	0.52	0.38	0.64	0.46	0.35	0.38	-0.01	-0.13	-0.17
その他イカ類 Other squids	-0.12	-0.24	-0.18	-0.32	-0.20	-0.22	0.25	0.54	0.25	0.09	-0.35	-0.19
タコ類 Octopuses	0.23	0.25	0.50	0.27	0.47	0.05	-0.35	-0.47	-0.23	-0.13	0.43	0.57
クルマエビ Kuruma prawn	-0.18	-0.06	-0.48	-0.28	-0.57	-0.30	-0.25	-0.22	0.52	**0.94	0.03	0.47
その他エビ類 Other shrimps	-0.02	0.03	-0.35	-0.13	-0.42	-0.22	-0.56	-0.53	0.67	**0.91	0.37	0.57
ガザミ類 Blue crabs	0.35	0.10	-0.17	-0.12	-0.22	-0.18	-0.38	-0.32	**0.83	**0.98	0.60	0.59
ウニ類 Sea urchins	0.12	0.35	0.18	0.39	0.30	0.58	0.62	0.62	-0.03	-0.21	-0.52	-0.39
ナマコ類 Sea cucumbers	-0.10	-0.19	0.10	-0.14	0.00	-0.11	0.39	0.14	-0.37	-0.16	-0.18	-0.28
貝類計 Shellfishes in total	**0.83	0.21	0.42	-0.02	0.32	-0.03	-0.03	-0.23	0.67	**0.95	*0.82	0.57
アワビ類 Abalone	-0.05	0.16	0.08	0.17	0.25	0.38	*0.72	*0.74	-0.65	-0.49	-0.63	-0.50
サザエ Turban shell	-0.08	0.44	-0.08	0.44	-0.07	0.63	0.28	0.55	-0.15	-0.22	-0.28	-0.24

された (Table 2-4)。

浅海域については、ボラ類、カレイ類、その他のカレイ類、ニベ・グチ類、クロダイおよびカサゴ・メバルなどの魚類、並びに水産動物計、タコ類および貝類計などの魚種項目との間に正の相関が検出された。一方、負の相関はマアジとの間に検出された (Table 2-4, Fig. 3 a-c)。

4. 考察

1) 瀬戸内海の各灘の藻場・干潟分布と海域特性

瀬戸内海の藻場・干潟は偏在し、灘ごとの環境特性の違いは明瞭であった。単位海域面積当たりの藻場面積は、備後・芸予瀬戸や備讃瀬戸で多く、また干潟は周防灘で突出して多かった。これらの3灘は、浅海域についても他の灘より大きな面積を有しており、広い浅海域の有無と藻場・干潟の形成とは密接に関連している。なお、周防灘では、単位海域面積当たりの藻場面積でも、備後・芸予瀬戸、備讃瀬戸に続き3番目に多いが、同海域では1970年代より浮遊性のアオサ類の異常増殖 (グリーンタイド) が問題となっていた¹¹⁾。したがって、周防灘の藻場として集計されている中には、干潟・砂浜などに集積したアオサ類によるアオサ・アオノリ場が多く含まれて

いる。

藻場についてタイプ別の分布傾向を見ると、灘間の環境特性の違いはより明瞭となる。海産顕花植物のアマモ *Zostera marina* によるアマモ場は、風浪の影響の少ない静穏な砂泥域に群落を形成する。アマモ場の多い備後・芸予瀬戸と備讃瀬戸は島嶼が多く、海岸線が極めて複雑に入り組んでいる。島嶼の間の瀬戸部では潮汐流が比較的早い、島嶼の海岸線の湾入した場所では砂泥の堆積が促進され、また風浪から遮蔽されるため、アマモ場が形成・維持される条件が揃っている¹²⁾。一方、同じく瀬戸内海中央部に位置する燧灘では海岸線は四国北岸側に限られている。海岸地形が単調であることに加え、比較的広い海面に北向きに面した同沿岸では、冬季風浪¹³⁻¹⁵⁾の影響によりアマモ場が形成されにくいものと考えられる。

岩礁域に形成される褐藻ホンダワラ類によるガラモ場は、どの灘にも一定量見られるものの、その分布傾向はアマモ場と類似し、備後・芸予瀬戸に最も多かった。海岸線の突出した場所では相対的に海水流動が大きい、岩礁域が発達しやすい。備後・芸予瀬戸では海岸線に沿って小規模な湾入部と突出部が連続し、砂泥域と岩礁域

Table 3 Correlation matrix between area of each ecological component (data based on the research in 1978-79) and fisheries catch of the main fishes in annual mean of 1978-79 except for the 4 fish species with cross mark (†). Catch of these 4 fish species were data in 1976-77, because these catch data were unavailable after 1977.

S: Spearman rank correlation coefficient ;

P: Pearson product-moment correlation coefficient (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$).

Fish item	Seaweed bed		<i>Zostera</i> bed		<i>Sargassum</i> bed		Kelp (<i>Ecklonia</i>) bed		Tidal flat		Shallow (<10m) area	
	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
魚類計 Fishes in total	-0.47	-0.35	-0.27	-0.28	-0.38	-0.38	-0.58	-0.40	-0.55	-0.47	-0.08	-0.18
カタクチイワシ Anchovy	-0.43	-0.40	-0.10	-0.24	-0.12	-0.31	-0.38	-0.31	-0.08	-0.04	-0.18	-0.25
マアジ Horse mackerel	-0.48	-0.34	-0.27	-0.38	-0.17	-0.27	0.39	0.27**	-0.97	-0.52*	-0.72	-0.47
サバ類 Mackerels	-0.35	-0.32	-0.20	-0.36	-0.13	-0.28	0.03	0.15	-0.80	-0.47	-0.38	-0.40
ヒラメ Japanese flounder	0.52	**0.87	0.63	**0.94	0.62	**0.91	-0.08	-0.06	0.55	0.06	0.35	0.37
カレイ類 Other flatfishes	0.13	0.35	-0.12	0.27	-0.22	-0.02*	-0.78*	-0.70	0.38	0.49	0.67	**0.88
ニベ・グチ類 Croakers	0.38	0.63	0.38	0.63	0.40	0.37	-0.38	-0.34	0.03	0.04	0.43	*0.72
マダイ Red sea bream	0.07	0.65	0.27	*0.73	0.37	**0.86	0.67	0.29	-0.28	-0.17	-0.45	-0.09
クロダイ Black sea bream	*0.80	**0.89	*0.73	**0.89	0.57	*0.72	-0.32	-0.34	0.63	0.31	**0.88	*0.79
サワラ類 Spanish mackerel	0.18	0.36	0.42	0.49	0.27	0.40	-0.30	-0.22	0.33	0.07	0.23	0.22
ボラ類 Mullet	0.30	0.38	-0.10	0.24	-0.05	0.06	-0.48	-0.64	0.62	*0.68	0.58	*0.80
スズキ Sea bass	-0.02	0.05	-0.10	0.03	-0.25	-0.07	-0.68	-0.65	-0.10	-0.07	0.45	0.26
†メイタガレイ †Fine spotted flounder	0.48	*0.82	*0.81	**0.90	0.60	0.59	-0.67	-0.56	0.14	-0.02	0.60	0.62
†その他のカレイ類 †Other flatfishes	0.45	0.56	0.14	0.31	-0.10	-0.05*	-0.79*	-0.77	0.55	*0.74	*0.83	**0.88
†カサゴ・メバル †Rock fishes	0.50	*0.79	0.55	**0.86	0.31	0.64	-0.86	-0.64	0.24	0.09	*0.79	0.58
†アナゴ †Sea eel	0.17	0.35	0.10	0.39	-0.05	0.16	-0.71*	-0.82	-0.12	0.04	0.52	0.34
Benthic animals (other than shellfishes) in total	0.13	0.25	0.03	0.13	0.10	0.01	-0.02	0.08	0.45	0.31	0.05	0.55
コウイカ類 Cuttlefish	0.23	0.00	0.18	0.01	0.27	0.17	0.35	0.51	0.62	-0.01	-0.07	-0.26
その他イカ類 Other squids	0.10	0.35	0.08	0.32	0.05	0.54	0.19	0.24	0.23	0.17	-0.03	-0.09
タコ類 Octopuses	0.62	0.47	0.53	0.43	0.40	0.16	-0.35	-0.51	0.20	0.17	*0.80	*0.79
クルマエビ Kuruma prawn	0.02	-0.18	-0.30	-0.42	-0.30	-0.41	0.04	-0.04	0.10	*0.78	0.08	0.36
その他エビ類 Other shrimps	-0.02	-0.03	-0.28	-0.15	-0.25	-0.29	-0.43	-0.48	0.53	0.63	0.30	0.53
ガザミ類 Blue crabs	-0.08	-0.24	-0.28	-0.12	-0.30	-0.24	-0.65	-0.50	0.28	0.05	0.32	-0.05
ウニ類 Sea urchins	0.13	*0.74	0.27	**0.80	0.37	**0.92	0.43	0.11	0.35	0.00	-0.25	0.07
ナマコ類 Sea cucumbers	0.42	0.18	0.47	0.23	0.40	0.26	0.40	0.16	0.27	0.11	0.18	0.00
貝類計 Shellfishes in total	0.62	0.16	0.38	-0.04	0.30	-0.10	-0.32	-0.31	**0.95	**0.99	*0.77	0.65
アワビ類 Abalone	-0.12	-0.22	-0.17	-0.29	0.07	-0.10	**0.88	**0.91	-0.50	-0.32	-0.65	-0.47
サザエ Turban shell	0.40	*0.77	0.18	*0.78	0.25	**0.90	0.46	0.15	0.47	0.16	0.02	0.18

が交互に形成され¹²⁾、アマモ場とガラモ場が併存していると考えられる。ホンダワラ類には多様な生態的特性を有する種が含まれるが、安芸灘の一部である広島湾では、砂泥域に隣接した水深の浅い岩礁域や礫の集積域に、単年生のアカモク *Sargassum horneri* や、タマハハキモク *S. muticum* が群落を形成しており^{16, 17)}、環境の類似している備後・芸予瀬戸や備讃瀬戸のガラモ場でも、これらの種が優占しているものと推測される。

瀬戸内海のアラメ場は主にはカジメの近縁種クロメ *Ecklonia kurome* により構成される。太平洋や日本海沿岸では、カジメ・クロメは波浪の強い海崖地形の場所でホンダワラ類より深所に優占する¹⁸⁾。外海域と近接する伊予灘、紀伊水道では、瀬戸内海の他の灘に比べ平均水深が深い一方¹⁾、海岸地形は比較的開放的で波浪の影響が強く、クロメの群落が形成されやすい比較的急深の岩礁域が多く存在するものと思われる。

このように、瀬戸内海では中央部の灘ではアマモ場とガラモ場が、また外海域に近接した周縁部の灘ではアラメ場とガラモ場が組み合わせられ、主要な藻場となっている。今後、それぞれの環境特性に応じた多様な藻場の在り様とそこに生息する水産生物との間にどのような関係が見られるのか、検討が必要である。

2) 藻場・干潟と漁獲量の関係

瀬戸内海では高度経済成長時代を通じて藻場が大幅に失われたが、同時期に漁獲努力が急激に強化されたことから、主要魚種においては必ずしも大幅な漁獲量の低下は見られていない⁴⁾。したがって、藻場・干潟と漁獲量の時間的変遷を追うだけでは、水産資源育成における藻場・干潟の重要性を見出すことは困難である。

瀬戸内海の漁業資源は、その分布回遊生態から、内海固有種、産卵入り込み種、稚魚期入り込み種、索餌入り込み種に分類されている⁴⁾が、特に広域を遊泳移動する

魚種にとっては、瀬戸内海の灘は本来連続性を有している。しかしながら、前述の理由により本研究ではあえて各灘の独立性を仮定し、これらをサンプルとして藻場・

干潟の分布とその調査年次における漁獲量との相関を解析することにより、両者の間に何らかの関係性を検出することを試みた。解析の上では漁獲努力の灘間の相違も

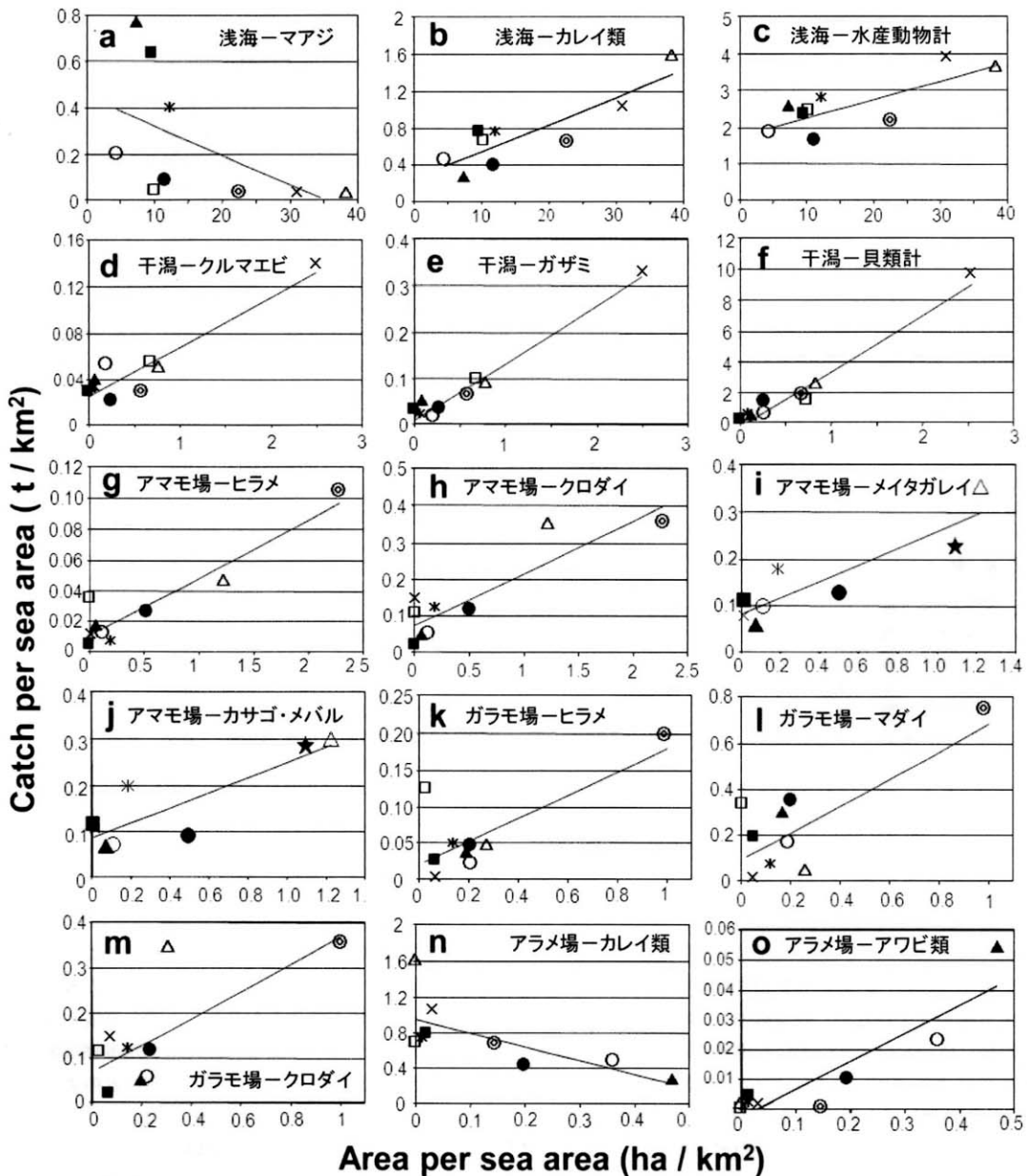


Fig. 3 Examples of scatter plots where significant correlations (positive or negative) between ecological-component area and fisheries catch were detected. Horse mackerel '89-91 (a), other flatfishes '78-79 (b), benthic animals (except shellfishes) in total '89-91 (c) with shallow (<10m) sea areas. Kuruma prawn '89-91 (d), blue crab '89-91 (e), shellfishes in total '78-79 (f) with tidal flat. Japanese flounder '78-79 (g), black sea bream '78-79 (h), fine spotted flounder '76-77 (i), rock fishes '76-77 (j) with *Zostera* bed. Japanese flounder '89-91 (k), red sea bream '89-91 (l), black sea bream '78-79 (m) with *Sargassum* bed. Other flatfishes '78-79 (n), abalone '78-79 (o) with kelp (*Ecklonia*) bed. Markers indicate sea areas, i.e.,

× : Suo-Nada ; ○ : Iyo-Nada ; ● : Aki-Nada ; ◎ : Bingo-Geiyo-Seto ; □ : Hiuchi-Nada ; △ : Bisan-Seto ; * : Harima-Nada ; ■ : Osaka-Bay ; ▲ : Kii-Channel ; ★ : former Hiuchi-Nada (before 1977).

Table 4 Fish items with catch data exhibiting a positive or negative correlation with the area of ecological components in both research duration of 1989-91 and 1978-79. Catch data of fish items with the cross mark (†) are the annual mean of 1976 and 1977 because the data after 1977 were unavailable.

S : Spearman rank correlation coefficient ;

P : Pearson product-moment correlation coefficient (without underline : $p < 0.05$, with underline : $p < 0.01$).

	Component	Fish item	1989-91	1978-79	Component	Fish item	1989-91	1978-79		
Positive	Seaweed bed	Japanese flounder		<u>P</u>	Kelp (<i>Ecklonia</i>) bed	Abalone	S, P	<u>S, P</u>		
		Black sea bream	P	<u>S, P</u>		Tidal flat	Mulletts	P	P	
		† Fine spotted flounder		P			† Other flatfishes		P	
		† Rock fishes		P			Benthic animals in total	P		
		Sea urchins		P			Kuruma prawn	<u>P</u>	P	
		Shellfishes in total	<u>S</u>				Other shrimps	<u>P</u>		
		Turban shell		P			Blue crabs	<u>S, P</u>		
		Zostera bed	Japanese flounder	P			<u>P</u>	Shellfishes in total	<u>P</u>	<u>S, P</u>
			Red sea bream	P			P	Shallow (<10m) sea area	Other flatfishes	
	Black sea bream		<u>P</u>	P	† Other flatfishes				<u>S, P</u>	
	† Fine spotted flounder		<u>S, P</u>	Croakers		P				
	† Rock fishes		<u>P</u>	Black sea bream		<u>S, P</u>				
	Sea urchins		<u>P</u>	Mulletts	S, P	S				
	Turban shell		P	† Rock fishes		S				
	Sargassum bed	Japanese flounder	P	<u>P</u>	Benthic animals in total	P				
Red sea bream		P	<u>P</u>	Octopuses		S, P				
Black sea bream		P	P	Shellfishes in total	S	S				
Sea urchins			<u>P</u>							
Turban shell			<u>P</u>							
Negative	Kelp (<i>Ecklonia</i>) bed	Other flatfishes	S	<u>S, P</u>	Tidal flat	Horse mackerel	<u>S</u>	<u>S</u>		
		† Other flatfishes		<u>S, P</u>		Mackerels	S	S		
		† Rock fishes		S						
		† Sea eel		P		Shallow (<10m) sea area	Horse mackerel	S	S	

考慮すべきであるが、魚種ごとの漁獲努力量を求めるのは実質的に不可能であった。

前述のような前提のもと解析した結果、比較的多くの魚種の漁獲量について、藻場・干潟・浅海域面積との間に相関が検出された。以下、個々の景観項目と魚種との関係について考察を加える。

本解析結果が示すように、幼生期を除き藻場・干潟に定住するアワビ・サザエ類、二枚貝類などの貝類の資源量が、藻場・干潟の絶対量と相関することは極めて妥当である。また、貝類ほど強固ではないものの、クルマエビなどのエビ類やカニ類、タコ類などの漁獲量も、それぞれ干潟・浅海域との間に正の相関を示した。これらの水産動物は移動性が比較的小さく、生活史の大半を干潟やそれらを含む沿岸域で過すと考えられ、本解析の結果は干潟・浅海域の資源育成上の重要性を示すものとして妥当であると考えられる。

一方、より移動性の大きい魚類の場合は、前述のとおり実際には各灘の独立性が必ずしも保障されないため、正の相関が認められた場合でもそれは資源育成における藻場・干潟の直接的な寄与を示すものとは限らない。しかし、本研究で藻場・干潟・浅海域と正の相関を示した魚類のほとんどは、比較的移動範囲が狭い内海固有種に

分類される魚種であった。さらに、備讃瀬戸や燧灘、備後・芸予瀬戸など瀬戸内海中央部の灘の漁業資源はほとんど“灘固有のストック”⁵⁾であるとされている。したがって、これらの魚種も、藻場・干潟もしくはその背景にある灘の海域環境特性に対し、何らかの依存性を有している可能性は高いと考えられる。

上記の魚種のうち、漁獲量が浅海域面積と正の相関を示したクロダイ、カサゴ・メバルは、稚魚期を中心に藻場との結びつきが強いことが知られている³⁾。また、カレイ類の漁獲量も干潟・浅海域面積と正の相関があったが、近年イシガレイ稚魚の生息場として河口・干潟域が極めて重要であることが耳石の元素分析から明らかにされている¹⁹⁾。今回行った解析の結果は、これらの魚種の資源育成において、藻場・干潟を含む浅海域が重要であることを改めて示している。

カレイ類やカサゴ・メバルなどでは、その漁獲量が浅海域面積と正の相関を示す一方、アラメ場面積との間には負の相関を示した。前述のように、アラメ場が多く分布する灘では平均水深が深く、相対的に浅海域が少ない。したがって、これらの海域では生息場や漁場として適した場所が少ないことが結果に影響を及ぼしたものと考えられる。同様にマアジやサバ類の漁獲量は干潟・浅海域

面積と負の相関を示したが、これら回遊型の浮魚の漁場が、干潟や浅海域の多い灘では形成されにくいことによる擬似的な相関と考えられる。

藻場（合計）、アマモ場およびガラモ場では、漁獲量との間に正の相関が検出された魚種がほぼ共通していたが、前述のように、瀬戸内海のアマモ場とガラモ場の分布は同一の地形的要因に影響を受けている。また、藻場の全面積に対するアマモ場とガラモ場の貢献は大きく、これらの面積データは互いに独立でないことから、相関する魚種が共通したものと考えられる。

これらの相関のある魚種のうち、カサゴ・メバルについてはその生活史における藻場の重要性はすでによく知られている³⁾。マダイ、クロダイについては、瀬戸内海では稚魚がアマモ場で採集された例が多く、両者の間に強い関係性が示唆されている³⁾。しかし、長崎県の志々伎湾などでは、マダイの成育場として砂質の海底が重要であり、必ずしもアマモ場が必要不可欠なものではない²⁰⁾との報告もなされている。さらに、ヒラメやメイトガレイなどの異体類については、藻場で採集された事例も前出の魚類より少なく、生活史と藻場との関連が論じられた例はほとんど無い。

ヒラメ、マダイおよびクロダイとアマモ場、ガラモ場との間の相関では、単位海域面積当たりの藻場面積、漁獲量とも突出して多い備後・芸予瀬戸や備讃瀬戸が結果に影響を及ぼしていた。多くの島嶼が近接し、複雑な海岸線を有するこれらの灘では、島嶼間の瀬戸部のように「潮流により混合拡散を促す地形的要因」と、湾入部のように「輸送された物質の滞留・集積を促す地形的要因」とが豊富に併存し、魚類の生活史における多様な環境要求に応え得る特性を持つ²¹⁾と指摘されている。すなわち、浮遊生物としての魚類の卵や稚仔は瀬戸部の潮流により輸送され、流れの緩やかな湾入部に滞留し定着が促される²²⁾。瀬戸内海では多くの場合、そのような湾入部にアマモ場などの藻場が存在しており、同海域で報告されるマダイ稚魚とアマモ場との比較的強い関係性は、産卵場からの距離や輸送機構の有無、および藻場の立地条件などの諸要因が揃った同海域特異な環境によるものとも思われる。

また、アマモやホンダワラ類の藻体は浮力を有するので、海底基質から離脱後潮流により容易に藻場系外へ輸送される。輸送された藻体は枯死とともに沈降して他所に集積し、腐食連鎖を通じて生物生産に寄与する^{3, 20)}とされている。前出の志々伎湾でも、若魚期マダイの分布の最も多い砂質域に、アマモ場から流出したと思われる葉片が多量に認められている²³⁾。したがって、異体類など藻場への出現頻度が少ない魚種についても、系外にしながら藻場の一次生産を起源とする餌料を利用することで、間接的に藻場と深い関係を有している可能性等も検

討すべきである。

近年、安定同位体を用いた魚類による藻場起源の餌料の利用実態の解明²⁴⁾や、稚魚の逃避場としての藻場の役割の実験的な解明²⁵⁾が行われ、水産資源育成において藻場が果たしている個々のサブ機能の評価が進んでいる。これらのサブ機能を踏まえたうえで、小路²⁶⁾は藻場でのメバル類稚魚の成長と生残の詳細な追跡をもとに藻場の稚魚生産力を算定し、経済的価値に換算している。今後他魚種においてもその生活史と藻場・干潟との接点を明らかにし、利用されているサブ機能の評価を進める必要があるが、今回の解析はその一助になると考えている。

5. 結 言

再生とその後の維持が困難な干潟に対し、藻場については種苗移植や生育基盤の整備、環境の改善など様々な技術^{13-15, 27)}が開発され、瀬戸内海では再生した藻場が安定して維持される例²⁸⁾も見られる。近年、熱帯域の海藻藻場では、藻場構成種の多様性や群落の高さが蛸集魚類の種組成や現存量に影響することが報告されている²⁹⁾。藻場が水産生物に提供しうるサブ機能は、藻場の持つ生態的特性と密接に関連すると考えられ、どのような藻場が必要とされるのか解明を進めることにより、機能付加型の再生手法にフィードバックさせることも可能だろう。さらに、すでに指摘されているように、魚類をはじめとする水産生物はその生活史において多様な環境要求性を有している。したがって、水産生物が必要とする他の景観ユニットと生活史のコンテキストにおいて十分な連関性を維持することも、今後の藻場・干潟の再生施策において配慮すべき事項となろう。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、有益な御助言をいただいた(独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所の銭谷弘博博士に厚く感謝する。本研究は水産庁「藻場資源調査等推進事業」(平成18～20年度)の一環として実施した。関係者の方々にこの場を借りて御礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 門谷 茂：第1章 瀬戸内海の環境と漁業の関わり。岡市友利・小森星児・中西 弘編，瀬戸内海の生物資源と環境，恒星社厚生閣，東京，pp.1-40, 1996.
- 2) R. Costanza, R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin and P. Sutton: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260, 1997.

- 3) 菊池泰二：第2部 アマモ場の魚類群集・動物にとっての藻場の機能。日本水産資源保護協会編，海藻藻場（特にアマモ場）と水産生物について，pp.49-105，1982.
- 4) 多々良薫：内海・内湾漁業生物の生産力について—瀬戸内海漁業資源の生産力—。南西水研報，13：135-169，1981.
- 5) 永井達樹・小川泰樹：第3章 望ましい漁業。岡市友利・小森星児・中西 弘編，瀬戸内海の生物資源と環境，恒星社厚生閣，東京，pp.83-108，1996.
- 6) 水産庁瀬戸内海区水産研究所：瀬戸内海の漁獲量1952～1999年の灘別魚種別漁獲統計，水産庁瀬戸内海区水産研究所，広島，p.178，2001.
- 7) 環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター：第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書 第2巻 藻場，環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター，東京，p.400，1994.
- 8) 中国四国農政局統計部：平成16年 瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向，中国四国農林統計協会協議会，岡山，p.138，2006.
- 9) (財)日本水路協会海洋情報研究センター：日本全域海岸線データCL View Ver.2, ArcExplorer 9.1, 2007.
- 10) 社団法人瀬戸内海環境保全協会：平成18年度 瀬戸内海の環境保全 資料集，p.103，2007.
- 11) S.Uno, Y. Sakai and K. Yoshikawa: Distribution of *Ulva pertusa* and amount of nitrogen in Yamaguchi Bay. Jap. J. Phycol., 31：148-155, 1983.
- 12) 寺脇利信：藻場と沿岸域管理—最終回—人工護岸地先で磯浜を回復する。養殖，431：82-85，1998.
- 13) 棚田教生・和泉安洋・團 昭紀・広澤 晃・森口朗彦・寺脇利信：冬季波浪条件の比較的厳しい海域におけるガーゼ・礫勢マットによるアマモ繁茂への効果と限界。水産工学，42：129～134，2005.
- 14) 森口朗彦・高木儀昌：山口県大島郡東和町逗子ヶ浜地先アマモ場の変遷（2001～2003年）。水工研技報，27：43-60，2005.
- 15) 藤原宗弘・山賀賢一・吉田吾郎・寺脇利信：離岸堤背後域での播種アマモの長期変動。水産工学，43：173-177，2006.
- 16) 寺脇利信・吉田吾郎・玉置仁・薄浩則：広島湾の石積み護岸マウンド沿いに成立した海草・藻類植生。南西水研報，31：13-18，1998.
- 17) 吉田吾郎・吉川浩二・新井章吾・寺脇利信：アカモク群落内に設置した実験基質上の海藻植生。水産工学，42：267-273，2006.
- 18) 寺脇利信・吉川浩二・吉田吾郎・内村真之・新井章吾：広島湾における大型海藻類の水平・垂直分布様式。瀬戸内水研報，3：73-81，2001.
- 19) Y. Yamashita, T. Otake and H. Yamada：Relative contributions from exposed inshore and estuarine nursery grounds to the recruitment of stone flounder, *Platyichthys bicoloratus*, estimated using otolith Sr：Ca ratios. Fish. Oceanogr., 9：316-322，2000.
- 20) 田中克・田川正朋・中山耕至：稚魚 生残と変態の生理生態学，京都大学学術出版会，京都市，p.387，2009.
- 21) 上田和夫・岸田 達：架橋予定水域およびその周辺水域における重要魚種稚仔魚の分布生態調査（尾道～今治ルート）。本四架橋漁業影響調査報告，29：86-138，1981.
- 22) 東 幹夫：第3部 アマモ場の消長と漁業生産。日本水産資源保護協会編，海藻藻場（特にアマモ場）と水産生物について，pp.106-149，1982.
- 23) 首藤宏幸・池本麗子・畦田正格：志々伎湾における若魚期マダイの生息場所の評価。西水研報，59：71-84，1983.
- 24) 石樋由香・横山 寿：濃縮係数の変動例—魚類を例として。水産学シリーズ，安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態—アサリからクジラまで，恒星社厚生閣，東京，pp.31-45，2008.
- 25) J. Shoji, K. Sakiyama, M. Hori, G. Yoshida and M. Hamaguchi：Seagrass habitat reduces vulnerability of red sea bream *Pagrus major* juveniles to piscivorous fish predator. Fish. Sci., 73：1281-1285，2007.
- 26) 小路 淳：藻場とさかな—魚類生産学入門—。ベルソープックス32，成山堂書店，東京，p.178，2009.
- 27) マリノフォーラム21海洋環境保全研究会浅海域緑化技術開発グループ：アマモ場造成技術指針。p.78，2001.
- 28) 大本茂之・鳥井正也・三浦俊一・真鍋康司・西村和雄：岡山県日生町地先の造成アマモ場の拡大。水産工学，42：75-78，2005.
- 29) M. Hori, T. Suzuki, Y. Monthum, T. Srisombat, Y. Tanaka, M. Nakaoka and H. Mukai：High seagrass diversity and canopy-height increase associated fish diversity and abundance. Mar. Biol., 156：1447-1458，2009.