

漁港の生態系構造と生物現存量の推定

Ecosystem Structure of a Fishing Port, and Presumption of a living Thing standing Stock

三浦 浩¹・伊藤 靖²・吉田 司³

Hiroshi MIURA, Yasushi ITO and Tsukasa YOSHIDA

When fish and shellfishes live and a fishing port water area is regarded as a place (environmental base), a fishing port is a part of reef ecosystem which is located on the coast, has high calm nature compared with an oceanic region, and made the structure the subject. Moreover, it can realize as a part of network of the living space of fish and shellfishes centering on a childish fish. The quantitative evaluation examples from such a viewpoint are few. So, in this research, present condition grasp of the ecosystem structure in a fishing port and a living thing producing function was performed.

1. はじめに

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、構造物やその周辺には多様な生物の生息が確認されている。また、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效果や出荷調整のための蓄養等の副次機能を有している。さらに、伊藤ら(2005)は、漁港における魚介類の生息空間を餌場、休息場、隠れ場、産卵場等に機能を分類した。

近年、漁場整備事業は、生態系全体の生産力の底上げを目指し、水産生物の動態、生活史に対応した良好な生息環境空間を創出する新たな「水産環境整備」が提唱された(水産庁, 2013)。漁港においても、沿岸域の環境基盤として捉え、魚介類の生息場ネットワークの一部として位置づけられている。しかし、こうした観点から漁港を生物生産の場として定量的に評価した事例は僅かである。そこで、本研究では、漁港における環境特性から類型化を行い、生態系構造を把握した。さらに海区毎に生物現存量の原単位化を行い、日本海北区について生物現存量を推定した。

2. 調査および研究の内容

研究対象は、日本国内の6海区(漁業センサス, 2010)から、各海区を代表する2~3漁港を抽出して、計13漁港とした(図-1)。なお、広島県の沖浦漁港は、沖浦地区と明石地区に分かれ、約1.5km離れた場所に立地するため、本研究では、便宜的に沖浦地区を沖浦漁港、明石地区を明石漁港として区別した(以降、同様)。調査時期は、2010~2012年の春季(5月)と夏季(9月)に海底地形、

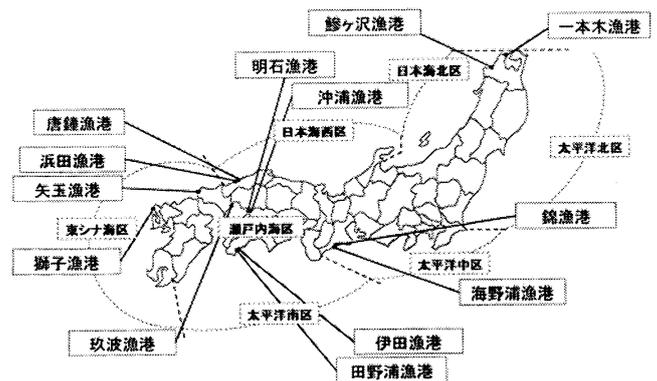


図-1 調査対象漁港

表-1 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	透明度・水温・塩分・DO・Chl-a	多項目水質計
	COD・栄養塩類(T-N, T-P, DIN, DIP)	採水
底質	粒度組成, COD, T-S	グラブ式採泥器
	植物プランクトン	採水
	海藻草類	目視観察・坪刈り (0.5×0.5m)
	動物プランクトン	北原式定量ネット
	底生動物	グラブ式採泥器 (0.1m ²)
生物	付着動物・葉上動物	坪刈り (0.25×0.25m)
	魚介類	目視観察・刺網等

流況、水質、底質、生物に関する調査を実施した(表-1)。

(1) 漁港の類型化

漁港の立地環境の類型化を行うため、春季(5月)調査の結果から、各漁港の沖合点(港外)における水質(水温, Chl-a, 栄養塩類<T-N, T-P, DIN, DIP>), 底質(COD, T-S)の実測値に基づいて、地点間の標準化ユークリッド距離を求めて、ウォード法によるクラスター解析を行った。同様の方法で13漁港内の環境特性を類型化した。

1 (一財)漁港漁場漁村総合研究所 第2調査研究部 主任研究員
2 正会員 (一財)漁港漁場漁村総合研究所 第2調査研究部 部長
3 学術博 (株)シャトー海洋調査 環境調査部 部長

(2) 漁港の生態系構造

a) 栄養階級区分

漁港水域に出現する生物を栄養段階別に基礎生産者（植物プランクトン、海藻草類）、一次消費者（動物プランクトン、付着動物、底生動物、葉上動物）、二次消費者（全長 10cm 未満の稚魚や小型魚類）、三次消費者（全長 10cm 以上の肉食性魚類）に区分した。

b) 生息密度の算出

漁港における生物毎の生息密度は、以下の方法により算出した。

[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 Chl-a 値 ($\mu\text{g/l}$) を鉛直積分した Chl-a 量 (mg/m^2)。

海藻草類：坪刈りにより採取した海藻草類の種毎の湿重量 (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/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 (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 (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 (g/m^2)。

なお、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、中村ら (2003)、押野 (2006) より、アサリは 0.44、サルボウは 0.49、フジツボは 0.0694 の換算係数を用いた。

[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福田 (1987) や漁獲調査から得られた魚類の全長一体重 (湿重量; g) 曲線を用いて換算し、それぞれ観察面積や漁獲面積から算出した (g/m^2)。

c) 炭素量への換算

植物プランクトンの炭素量への換算係数は Riman et al. (1989) より $C(\text{重量})/\text{Chl-a}(\text{重量})=46$ を用いた。海藻草類は金子ら (2007)、吉田ら (2001)、寺脇ら (2002) より分類群毎の炭素量への換算係数を整理した (表-2)。同様に、動物プランクトンは、城 (1983) より (表-3)、底生動物・付着動物・葉上動物は、水産庁・全振協 (1991)、押野 (2006) に従った (表-4)。魚類は、水産庁・全振協 (1991) よりメバルの炭素量/湿重量=0.08 をすべての魚種に用いた。

以上から単位面積 (m^2) 当たりの炭素量に換算して、漁港水域別 (港外、港口、港奥) の生物現存量を基礎生産から高次消費者までの現存量の大きさに比例して描いた生態系ピラミッド (三角形) の形状で比較した。

表-2 海藻草類の湿重量から炭素量への換算係数

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-3 動物プランクトンの個体数から炭素量への換算係数

動物分類群名	乾重量/個体	炭素量/乾重量
	($\mu\text{g}/\text{個体}$)	(mg/m^3)/(mg/m^3)
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
毛類動物門 現生矢中綱 Sagittoidea	190.0	0.40

表-4 底生生物・付着動物・葉上動物の湿重量から

動物分類群	炭素量への換算係数	
	降灰分乾重量/湿重量	炭素量/乾重量
		(mg/m^2)/(mg/m^2)
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。

(3) 漁港の生物生産機能

a) 原単位化

漁港における生物生産機能を数値化するために、植物プランクトン、海藻草類、動物プランクトン、底生動物、付着動物、葉上動物、魚類について、分類群毎の漁港での平均密度と分布範囲から漁港の全体量を集計し、漁港の水面面積で割り戻すことにより、原単位化を行った。

b) 生物現存量の推定

原単位化した数値から、生物現存量を推定するために、日本海北区 (青森県日本海側、秋田県、山形県、新潟県、富山県) に立地する漁港を対象とした。試算にあたっては、漁港一覧 (水産庁、2012) より県別、漁港漁場整備法に準ずる漁港種別 (1~4 種) に、それぞれ 2~4 漁港を無作為抽出して、航空写真より水面面積を計測し、漁港種別の平均値を求めた。これらから、上記の県別・漁港種別の漁港数を乗じて水面面積を算出し、原単位平均 (鯉ヶ沢漁港・一本木漁港) を乗じて生物現存量を推定した。なお、外郭施設から 200m の範囲までを漁港水域とした。

3. 調査結果及び考察

(1) 漁港の立地条件と特徴

現地調査結果を踏まえ、対象漁港の立地条件を整理した (表-5)。また、各漁港の生物・環境特性は以下のとお

表-5 調査対象漁港の立地条件

海区	漁港名	漁港種別	県	立地条件					
				海域属性	漁船総数(隻)	属地陸揚量(トン)	河川流入	最大水深(m)	泊地面積(m ²)
日本海北区	一本木鱈ヶ沢	1種	青森	外洋	204	128	港外東側	13.1	23,800
		3種	青森	外洋	159	1,252	港外東側	15.6	261,300
日本海西区	浜田唐鐘	3種	島根	外洋	184	22,274	港奥南側	15.7	707,000
		2種	島根	外洋	65	105	港外西側	3.7	31,500
太平洋中区	錦海野浦	3種	三重	外洋	198	3,453	港奥と港口	14.4	239,000
		1種	三重	外洋	107	320	なし	16.4	14,000
瀬戸内海区	玖波沖浦	2種	広島	内湾	50	2,910	港外西側	7.0	65,000
		2種	広島	内湾水道部	40	35	なし	16.0	36,000
太平洋南区	伊田田野浦	1種	高知	外洋	55	196	港外北側	6.0	24,000
		2種	高知	外洋	67	67	なし	7.0	94,000
東シナ海区	矢玉獅子	2種	山口	外洋	111	197	港奥	12.0	41,000
		1種	長崎	外洋	37	402	港奥	10.0	76,000

注) 漁船総数、属地陸揚量はH21年漁港港勢調査による

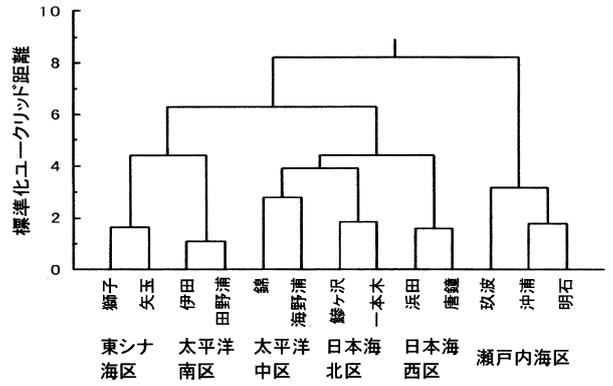


図-2 漁港の海域区分(水質, 底質による)

りである。

・一本木漁港(日本海北区, 青森県): 津軽海峡に面している。港外防波堤を中心にコンブ類が出現した。

・鱈ヶ沢漁港(日本海北区, 青森県): 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(日本海西区, 島根県): 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、ホンダワラ類が出現した。

・唐鐘漁港(日本海西区, 島根県): 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4mと調査漁港の中では最も浅かった。

・錦漁港(太平洋中区, 三重県): リアス式海岸の支湾内に立地し、泊地面積が大きく、陸揚量は2番目に多かった。港内に河川が流入している。港内はホンダワラ類が出現した。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(太平洋中区, 三重県): リアス式海岸の支湾内に立地し、泊地面積が最少である。漁港東西に排水口があり、漁港施設にはイセエビが出現した。

・玖波漁港(瀬戸内海区, 広島県): 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出現した。

・沖浦漁港(瀬戸内海区, 広島県): 安芸灘の水道部に立地し、河川の流入はない。通水孔を取り付けた防波堤があり、港内でマダイの中間育成を実施していた。

・明石漁港(瀬戸内海区, 広島県): 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(太平洋南区, 高知県): 土佐湾の支湾内に立地し、河川の流入がある。磯焼けがみられた。

・田野浦漁港(太平洋南区, 高知県): 土佐湾の支湾内に立地し、河川の流入はない。防波堤にはクロメ、カジメ、ホンダワラ類が出現した。

・矢玉漁港(東シナ海区, 山口県): 外洋に立地し、河

表-6 類型化された漁港(海区)の水質・底質特性(5月)

海区	水質						底質	
	水温(°C)	Chl-a(μg/l)	T-N(mg/l)	T-P(mg/l)	DIN(mg/l)	DIP(mg/l)	COD(mg/g乾泥)	T-S(mg/g乾泥)
日本海北区	12.0~13.6	6.6~8.6	0.17~0.24	0.009~0.020	0.005~0.050	0.007~0.011	0.3~0.9	<0.01
日本海西区	16.6~16.8	7.3~7.7	0.18~0.20	0.023~0.032	0.097~0.123	0.012~0.013	0.1~1.1	<0.01
太平洋中区	20.0~21.2	7.7~9.0	0.15~0.22	0.018~0.030	0.005~0.040	0.007~0.012	1.4~4.8	<0.01~0.06
太平洋南区	21.0~21.1	1.0~2.2	0.07~0.12	0.023	0.020~0.026	0.015~0.016	0.7~1.6	<0.01
東シナ海区	18.3~18.5	<0.5~1.6	0.10~0.11	0.011~0.012	0.005~0.055	0.005~0.008	0.8~1.3	<0.01
瀬戸内海区	12.4~14.9	2.2~7.7	0.07~0.09	0.013~0.015	0.005	0.004~0.010	3.7~6.2	0.04~0.09

川の流入がある。防波堤にはホンダワラ類、クロメが出現した。

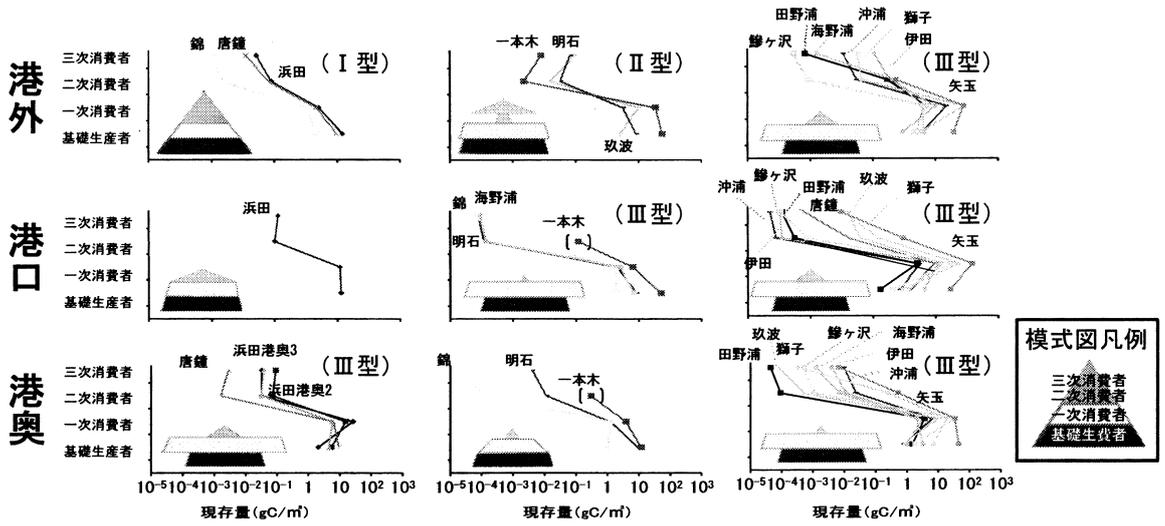
・獅子漁港(東シナ海区, 長崎県): 外洋に立地し、河川の流入がある。磯焼けが進行していた。

(2) 漁港の類型化

漁港水域を水質、底質に基づいて類型化を行った(図-2)。縦軸は要素同士の離れ具合(標準化ユークリッド距離)を示す。その結果、最小ユニットとしては6海区に対応した類型区分となり、これらに基づいて漁港の水質・底質特性を整理した(表-6)。さらに、3分類すると、①東シナ海区・太平洋南区: 高水温(18~21°C)、低栄養塩(T-N: ≤0.2mg/l, T-P: ≤0.03mg/l), ②太平洋中区・日本海北区・日本海西区: 比較的高いChl-a量(6.6~9.0μg/l)、中程度の栄養塩(T-N: ≤0.3mg/l, T-P: ≤0.05mg/l), ③瀬戸内海区: 低栄養塩(T-N: ≤0.2mg/l, T-P: ≤0.02mg/l)、比較的高い底質分析値(COD: 3.7~6.2mg/g乾泥, T-S: 0.04~0.09mg/g乾泥)であった。

また同様の方法で各漁港水域内を類型化すると、いずれの漁港も港外、港口、港奥に区分された。これは、漁港水域では、港外から港奥に沿って環境勾配が変化していることを示唆している。

以上より、漁港の類型化としては、漁港の立地する海区スケールに区分され、漁業統計区分との対応がみられた。さらに漁港水域は、港外、港口、港奥に細分された。従って、生物生産における海域特性の全国的な区分として、海区に基づくことの妥当性が示された。



I型：三角形型；基礎生産から高次消費者までバランスのとれた生態系構造
 II型：トップダウン型；高次の栄養段階の出現量が一段下の栄養段階に影響する生態系構造
 III型：漁港特有序型；一次消費者が基礎生産を上回るが二次・三次消費者が少ない生態系構造
 模式図：グラフの折れ線に基づいて作成した相対関係を示す。各階層の属性は模式図凡例に従う

図-3 炭素含有量からみた漁港の生態系構造

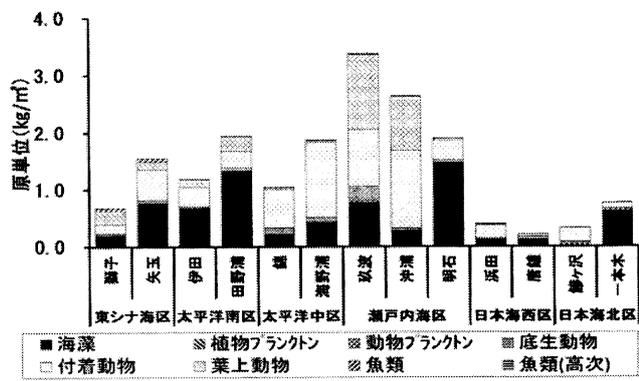


図-4 漁港の平均現存量の海域別比較

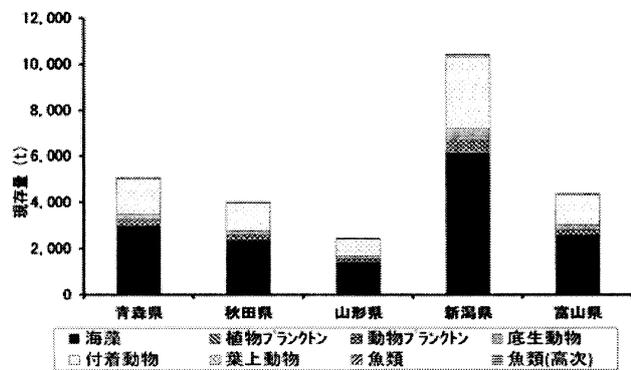


図-5 日本海北区の生物現存量の推定

(3) 漁港の生態系構造

栄養階級区分から漁港の特性をみると、基礎生産が最も多く、裾野が広いバランスのとれた三角形型を示す漁港水域 (I型) は、浜田漁港、唐鐘漁港、錦漁港のいずれも港外水域にみられた (図-3)。一本木漁港、明石漁港、

玖波漁港の港外水域では、三次消費者は二次消費者よりも多く、二次消費者に比べて一次消費者が突出して多く、基礎生産者と同程度となるトップダウン型の生態系構造 (II型) を示した。これら以外の多くの漁港では、港外から港口、港奥に沿って静穏度が高くなるにつれて、構造物を付着基盤とする付着動物を中心とした一次消費者が突出して高くなり、基礎生産を上回るが、二次・三次消費者が少ない漁港特有の型 (III型) の3タイプに区分された。従って多くの漁港水域では、いわゆる魚介類の餌料供給過多な状況であることが明らかになった。

これらの要因として漁港内は、背後施設や流入河川、底泥からの溶出等による栄養塩の供給と静穏度の増加に伴い、閉鎖性内湾と同様に富栄養的な環境となり、動植物プランクトンや底生動物が増加する。また、漁港水域は構造物によって付着基盤が造成されることにより、一次消費者である付着動物、葉上動物等が増加し、重量ベースでは基礎生産を上回る。一方、一次消費者の多く (重量ベース) は、フジツボ類、カキ類やイガイ類等の二枚貝類およびホヤ類等であり、これらは数種類の魚類を除き餌料として利用できないため、二次・三次消費者への餌料供給が円滑に行われていないためと考えられる。

(4) 漁港の生物生産機能

漁港の生物生息密度は、瀬戸内海区が最も高く、日本海西区や日本海北区で低い傾向を示した (図-4)。瀬戸内海区の内訳に着目すると海藻、付着動物、底生動物、葉上動物の生息密度が高かった。

瀬戸内海区の生物生息密度が高い理由としては、湿重量の大部分が一次消費者である付着動物、底生動物、葉上動物によって占められており、これらの動物群は

れも浮遊幼生期を有しており、産卵水域から、移動・分散の過程において、陸域に囲まれた瀬戸内海区では、着底に適した沿岸域の上部浅海帯（概ね20m以浅）に移送される機会が多いのに対し、その他海区では、着底不可能な外洋に移送されて、無効分散になる場合があることが一因と考えられる。

本研究で得られた漁港の原単位を用いて、海域全体に立地する漁港の生物現存量を試算した。算定に際しては、原単位が比較的低位にあり、生態系構造が理解しやすい日本海北区を対象とした（図-5）。この結果、生物現存量の最少は山形県の2,400tから、最大は新潟県の10,400tであり、日本海北区全体では、26,309tと推定された。

同様に、海区毎に立地する漁港の原単位を用いて、当該海区の全漁港の水面面積を乗じることにより、海域全体の生物現存量を数量化することが可能である。一方で、今回のデータは一例のみの結果であり、今後、同様のデータを積み重ねることにより精度向上に努める必要がある。また、現存量から生産量を推定するためには、分類群に応じた回転率を求めて各々に乗じる必要がある。

4. まとめ

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。また、浅海域（概ね15m以浅）に立地しており、藻場や干潟等の生産性の高い水深帯を包含している。さらに、漁港施設の設置自体に伴い、静穏度が高くなるとともに、付着基盤の造成を行うことにより、岩礁生態系の創出に寄与していると考えられる。魚介類等の生息場として漁港の生態系構造と生物生産機能について以下に整理した。

- 全国の漁港の立地環境を類型化した結果、最小ユニットとして海区スケールに区分され、3分類すると、①東シナ海区・太平洋南区、②太平洋中区・日本海北区・日本海西区、③瀬戸内海区に区分された。
- 漁港水域の生態系構造は、3タイプが認められた。すなわち、Ⅰ型：基礎生産から高次消費者までバランスがとれた水域、Ⅱ型：三次消費者と一次消費者が多く、二次消費者と基礎生産者が少ないトップダウン型の水域、Ⅲ型：一次消費者が基礎生産を上回り、二次、三次消費者が少ない水域であった。このうちⅠ、Ⅱ型は僅かであり、多くの漁港では、港外、港口、港奥に沿って静穏度が高くなるにつれ、Ⅲ型が多くなった。
- 漁港の生物生息密度を求めて、原単位化を行った。その結果、瀬戸内海区が最も高く、日本海西区や日本海北区で低い傾向を示した。
- 漁港の原単位を用いて、海区毎に立地する全漁港の水

面面積を乗じることにより、海域全体の生物現存量が推定され、漁港を魚介類の棲み場（環境基盤）として捉えた場合の生物現存量を数量化する方法が示された。

謝辞：本研究は平成22～24年度水産庁水産基盤整備調査委託事業「水産環境整備推進技術開発」の一部をとりまとめたものであり、調査に際しては関係漁業協同組合の協力の下実施した。また、本事業の検討委員会の委員各位には、ご指導を賜った。ここに記して深謝申し上げる。

参考文献

- 伊藤靖・川合信也・押谷美由紀・間部本文・古村振一・小畑泰弘・三浦浩（2005）：漁港水域を利用した水産資源増殖機能強化に関する考察，海岸工学論文集，No. 54, pp. 1056-1060.
- 伊藤靖・三浦浩・押谷美由紀・深瀬一之・吉永聡・横山純（2007）：漁港施設におけるイセエビの生息状況に関する実態，海岸工学論文集，No. 54, pp. 1211-1215.
- 押野明夫（2006）：新食材としてのフジツボ養殖生産の試み，フジツボ類の最新学，日本付着生物学会編，恒星社厚生閣，東京，pp. 305-316.
- 金子健司・豊原哲彦・藤田種美・米田佳弘・中原紘之（2007）：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巻，3号，pp. 443-453.
- 城久・宇野史郎（1983）：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巻，1号，pp. 44-51.
- 水産庁研究部研究科・（社）全国沿岸漁業振興開発協会（1991）：平成2年度沿岸漁場生産力評価技術高度化事業報告書，58p.
- 水産庁漁港漁場整備部：漁港港勢平成元年～21年（CD-ROM）
- 水産庁漁港整備部計画課：水産環境整備の推進（オンライン），http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/sub40.html，参照2013-05-15.
- 水産庁漁港整備部計画課：漁港一覧（オンライン），http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_zyoho_bako/gyoko_itiran/sub81.html，参照2013-05-15.
- 寺脇利信・玉置仁・西村真樹・吉川浩二・吉田吾郎（2002）：広島湾におけるアマモ草体中の炭素および窒素総量，水研センター研報，第4号，pp. 25-32.
- 中村善治・深町孝子・真崎邦彦・関根幹男・三村信男（2003）：有明海奥部のサルボウガイ漁場における炭素固定量の評価，海岸工学論文集，No. 50, pp. 1111-1115.
- 農林水産省大臣官房統計部（2010）：2008年漁業センサス第1巻海面漁業に関する統計（全国・大海区編），農林統計協会，p. 9.
- 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，pp. 167-170.
- 横山純・伊藤靖・三浦浩・深瀬一之（2008）：イセエビの生息や増殖に資する漁港整備に関する考察，海洋開発論文集，第24巻，pp. 795-800.
- 吉田吾郎・内村真之・吉川浩二・寺脇利信（2001）：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, pp. 53-61.
- Rieman Bo, P. Simonsen and L. Stensgaard, (1989) The carbon chlorophyll content of phytoplankton from various nutrient regimes. *T.plankton res.*, 11 (5) pp. 1037-1045.