

沿岸海域の低次生態系に対する藻場の役割

橋本俊也¹⁾・清水健太¹⁾・吉田吾郎²⁾

¹⁾ 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

²⁾ (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

要 旨 藻場は高い基礎生産力を持っており, 沿岸海域の低次生態系に対して重要な役割を果たしていると考えられる。本研究では, 瀬戸内海の各海域における藻場と水中植物プランクトンとの生産力の比較を行った。水中植物プランクトン生産量に対する藻場生産量の割合は安芸灘で最も高く (10.8%), ついで備讃瀬戸で高い値を示した (3.8%)。一方, 広島湾, 大阪湾, 播磨灘では低い値であった (0.6, 0.3, 0.2%)。季節毎に算出した水中植物プランクトン生産量に対する藻場生産量の割合は冬季に高い割合であった。また, 広島湾南部海域を対象海域として, 藻場の栄養塩の吸収量・放出量・蓄積量を算出し, 栄養塩収支における藻場の役割を定量的に明らかにした。その結果, 窒素, リンそれぞれ河川負荷量の14, 40%に相当する量が難分解性有機物として蓄積されていることが明らかになった。

キーワード: 広島湾, 藻場, 低次生態系

はじめに

沿岸浅海域において, 海底でさまざまな海草・海藻が群落を形成している場所を藻場と呼んでいる。藻場は魚類の産卵場所や生育場所としての役割を担っている。また, 海草・海藻類は高い光合成能力を持っており, 特に浅海域においては水中植物プランクトンの光合成能力を上回る場合が多いといわれている (海の自然再生ワーキンググループ, 2003)。

瀬戸内海においては, 高度経済成長に伴う埋め立てや水質汚染により, 藻場の面積は1960年代から1990年代にかけて約4分の1にまで減少している ((社) 瀬戸内海保全協会, 2003)。また, 海砂採取周辺海域では, 採取時に発生する濁りによる透明度低下が原因で, 藻場面積が減少している (高橋ら, 2005)。しかしながら, 藻場面積の減少が海洋環境に及ぼす影響に関しては未知の部分が多い。その原因は, 沿岸海域における栄養塩収支に対する藻場の役割が定量的に明らかになっていないことである。

本研究では, 藻場の光合成能力 (生産量) を既往の資料により明らかにし, 瀬戸内海の各海域の藻場と植物プランクトンとの生産量との比較を行った。また, 広島湾南部海域を対象海域として, 藻場の栄養塩の吸収量・放出量・蓄積量を算出し, 低次生態系における藻場の役割を定量的に評価することを試みた。

方 法

瀬戸内海全体の藻場のタイプ別面積 (環境庁, 1994) と年間生産量 ((独) 森林総合研究所・(独) 水産総合センター, 2004) を Table 1 に示す。瀬戸内海においては面積的にはアマモ場 (Seagrass), アオサ・アオリ場 (*Ulva*), ガラム場 (*Sargassum*), アラメ場 (*Ecklonia*) が大部分を占めており, ワカメ場 (*Undaria*) とテングサ場 (*Gelidium*) は少ない。アオサ・アオリ場の生産量はアマモ, ガラム場, アラメ場に比べ小さい。

そこで、本研究では、面積と生産量がともに大きいガラモ場、アマモ場、アラメ場の3種の藻場を対象とした。瀬戸内海の海域区分 (Fig. 1(a)) 及び各海域の面積は (社) 瀬戸内海保全協会 (2003) を基とした。瀬戸内海各海域毎の各種藻場面積及び生産量については、環境庁 (1994)、(独) 森林総合研究所・(独) 水産総合センター (2004) を、それぞれ基とした。また、瀬戸内海各海域毎の水中植物プランクトンによる一次生産量については、橋本ら (1997) を基とした。水中植物プランクトンによる一次生産量は単位海域面積あたりの量として算出されている。藻場の生産量を水中植物プランクトンの一次生産と比較するために、各海域の藻場の生産量を各海域の面積で割ることにより、すなわち藻場が各海域全体に分布しているものとして、単位海域面積あたりの生産力を算出した。各種藻場の現存量の季節別変化を基に、藻場の生産量を季節別に算出した。現存量の季節別変化は、アマモ場については安部ら (2004) を、ガラモ場については吉田 (2004)、アラメ場については谷口ら (1993) をそれぞれ参考とした。

Table 1. The area and primary production of seaweed bed for each algal type in the Seto Inland Sea

Type	Area (ha)	Primary production (tonC year ⁻¹)
Seagrass	6,374	7,650
<i>Sargassum</i>	4,197	34,800
Kelp (<i>Ecklonia</i>)	3,219	10,600
<i>Undaria</i>	896	1,340
<i>Gelidium</i>	1,216	1,820
<i>Ulva</i>	4,592	4,130
Others	2,980	5,360

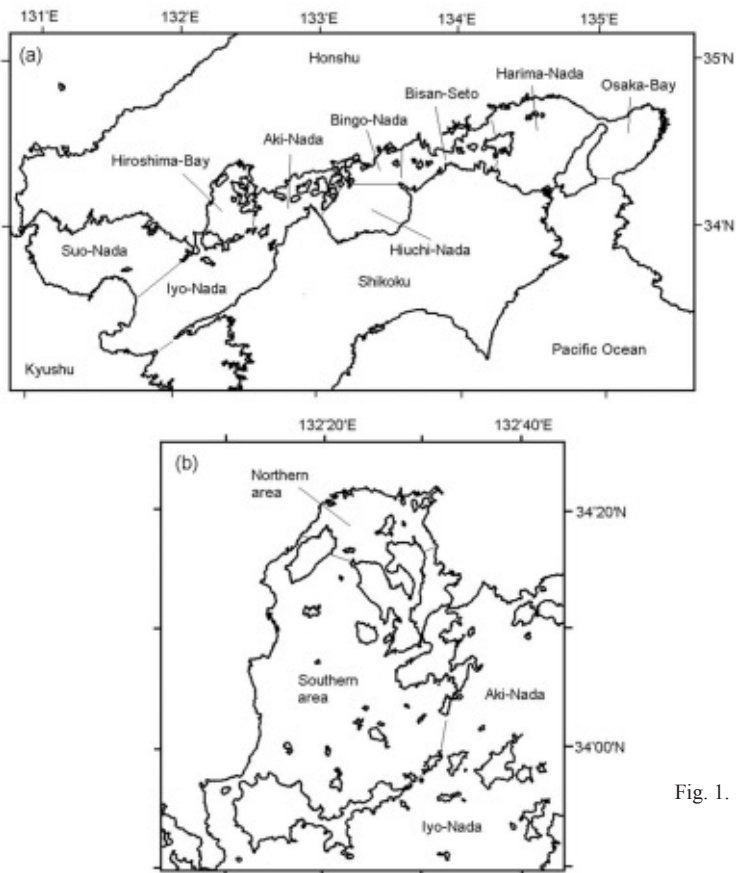


Fig. 1. Maps and areal zonations of (a) the Seto Inland sea and (b) Hiroshima Bay.

低次生態系における藻場の役割の評価は、広島湾南部海域 (Fig. 1(b)) を対象とした。世界の閉鎖性海域のなかでも高い生産性を持つ瀬戸内海に位置する広島湾は、その中でも大阪湾に次いで高い生産性を持つ海域と知られている (橋本ら, 1997)。広島湾は、巖島と西能美島の間的那沙美瀬戸を境に北と南で海況特性が大きく異なることが知られている (橋本ら, 1994; Fig. 1(b))。広島湾の藻場のほとんどは南部海域に存在しており、主たる海藻 (海草) はガラモ場とアマモ場である (環境庁, 1994)。藻場の窒素、リンの吸収量は生産量にレッドフィールド比を乗じて算出し、脱落量は現存量の時間変化から算出した。ガラモ場生産量および現存量の時間変化は吉田 (2004) を、アマモ場生産量および現存量の時間変化は阿部ら (2004) をそれぞれ参考にした。脱落した海藻 (海草) のうち、難分解性有機物として残存する割合を見積もり、それを蓄積量とし、それ以外は分解により栄養塩として水中に負荷されるもの (放出量) と仮定した。難分解性有機物として残存する割合については、ガラモ場については吉田ら (2009) を、アマモ場についてはPellikaan (1984) を参考に、それぞれ40, 66%とした。また、広島湾南部海域に流入する河川からの窒素・リン負荷量は、山本ら (1996) を参考に算出した。

結果と考察

瀬戸内海各海域毎の水中植物プランクトンによる一次生産量、ガラモ場、アマモ場、アラメ場の3種の藻場を合計した生産量および水中植物プランクトン生産量に対する藻場生産量の割合を Fig. 2に示した。藻場の生産量は安芸灘で最も高く ($40.9 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)、ついで備讃瀬戸 ($13.6 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) で高かった (Fig. 2(b))。これらの海域は多くの島が存在しており、浅海域が多いため他の海域と比較して藻場面積が大きい。特にアマモ場は両海域で瀬戸内海全体の51%を占めており (環境庁, 1994)、そのため藻場の生産力が高くなっていると考えられる。一方、播磨灘、大阪湾では藻場の生産力は低かった (Fig. 2(b); $1.7, 2.6 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)。

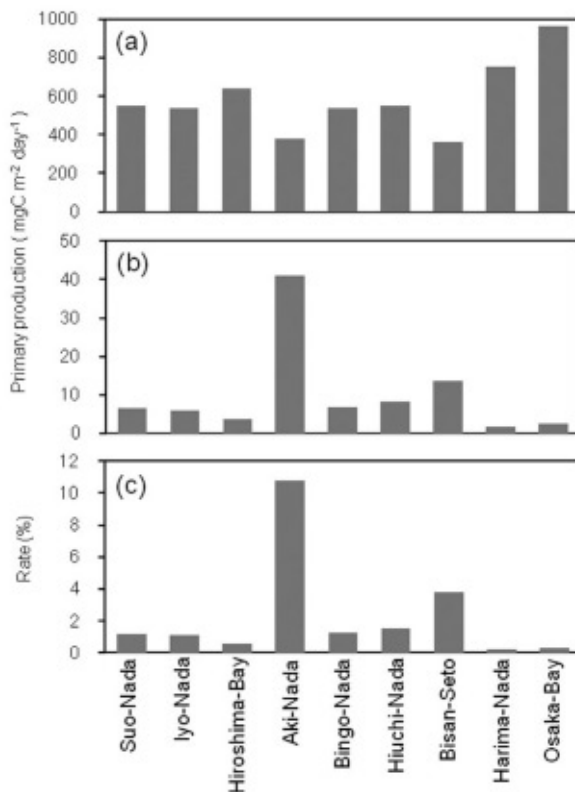


Fig. 2. Geographical variations of (a) primary production of the pelagic phytoplankton, (b) primary production of the seaweed bed and (c) ratio of the primary production of seaweed bed to pelagic phytoplankton.

これらの海域は瀬戸内海のなかでも最も埋め立て面積が大きな海域であり（（社）瀬戸内海保全協会, 2003）、これに伴い藻場面積が小さくなっていることが藻場の生産力が低い原因と考えられる。水中植物プランクトン生産量に対する藻場生産量の割合は、安芸灘、備讃瀬戸で高く（10.8, 3.8%）、播磨灘、大阪湾、広島湾では1.0%以下と低かった（0.2, 0.3, 0.6%）（Fig. 2(c)）。各海域の面積で加重平均した瀬戸内海全体の水中植物プランクトン生産量に対する藻場生産量の割合は1.2%であった。安芸灘、備讃瀬戸では、藻場の生産力が大きいことに加えて、水中植物プランクトンの生産量が他の海域に比べて低く（Fig. 2(a)）、このことが水中植物プランクトン生産量に対する藻場生産量の割合が高くなった要因である。これらの海域で水中植物プランクトンの生産力が小さい原因は、島嶼部のため潮流が速く、鉛直混合が卓越し、水中植物プランクトンは十分な光エネルギーを得ることができないことである（橋本ら, 1997）。このように、藻場面積が大きく、鉛直混合が卓越する島嶼部において、藻場が重要な役割を果たしていることが示唆された。

藻場生産量の季節別割合は、アマモ場では春季、夏季、秋季、冬季でそれぞれ43, 4, 15, 38%、ガラモ場では12, 0, 8, 80%、アラメ場では65, 10, 0, 25%であった。これらの値を基に、水中植物プランクトン生産量に対する藻場生産量の割合を季節別に算出すると、瀬戸内海全域平均で春季、夏季、秋季、冬季でそれぞれ1.3, 0.1, 0.3, 7.6%となった。冬季には、最も生産力の大きいガラモ場の生産力が大きくなることに加えて、水中植物プランクトンの生産力が低くなる（橋本ら, 1997）ことから、値が大きくなっている。このように冬季において藻場が重要な役割を果たしていることが示唆された。

広島湾南部海域における窒素、リンの年間物質収支をFig. 3に示した。この海域では、ガラモ場がアマモ場に対して約7倍（リン; 70:10 ton year⁻¹）の栄養塩を生産によって吸収していることが明らかになった。藻場が吸収し、難分解性有機物（Less degradable organic matter）として蓄積されている量は、窒素、リンそれぞれ245, 34 ton year⁻¹であった。これを河川流入による負荷量と比較すると、窒素、リンそれぞれ河川負荷量の14, 40%に相当する量であることが明らかになった。

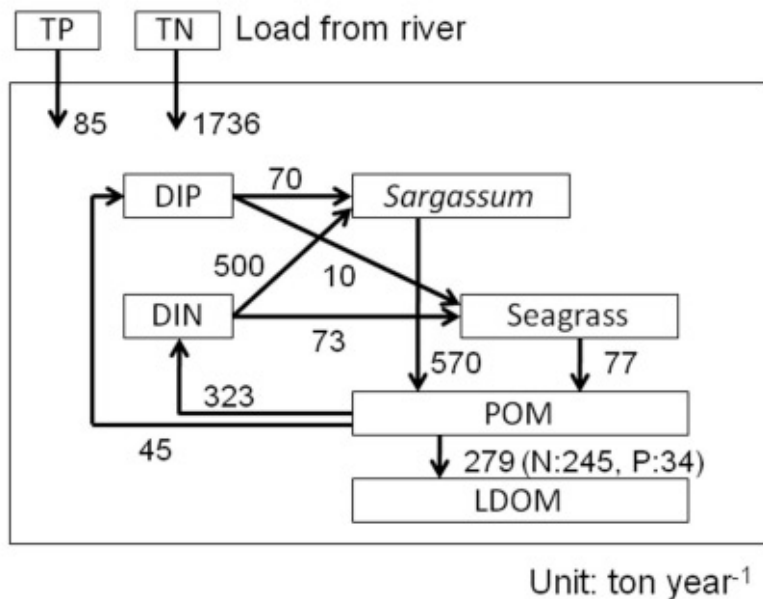


Fig. 3. Phosphorus(P) and nitrogen (N) cycling in the southern area of Hiroshima-Bay. TP: Total Phosphorus, TN: Total Nitrogen, DIP: Dissolved Inorganic Phosphorus, DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen, POM: Particulate Organic Matter, LDOM: Less Degradable Organic Matter.

お わ り に

水中植物プランクトンによる生産と異なり、動物プランクトンや魚類といった高次の生産へのフローが無いことから、藻場による生産はこれまであまり注目されていなかった。しかしながら、本研究で明らかになったように、栄養塩の吸収、蓄積という観点からみれば、藻場の役割は重要である。今後は、藻場を含めた生態系モデルを用いて、沿岸海域の低次生態系に対する藻場の役割を詳細に解析していきたいと考えている。藻場に蓄積された難分解性有機物は、流れ藻として湾外に流出、あるいは海底に堆積される。また、小型甲殻類が藻場の海藻を食べている可能性もある。これらの過程の定量的把握はまだなされておらず、今後明らかにしていかなければならない課題である。

本研究を進めるにあたり、有意義な議論を頂いた水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所の樽谷賢治博士および水産大学の村瀬昇講師にお礼申し上げます。

引 用 文 献

- 阿部真比古・橋本奈央子・倉島 彰・前川行幸. 2004. 三重県松名瀬沿岸におけるアマモ群落の構造と季節変化. *日本水産学会誌*, **70**: 523-529.
- 橋本俊也・松田 治・山本民次・米井好美. 1994. 広島湾の海況特性－1989～1993年の変動と平均像－. *広島大学生物生産学部紀要*, **34**: 9-19.
- 橋本俊也・山本民次・多田邦尚・松田 治・永末寿宏. 1997. 瀬戸内海の一次生産と海洋構造. *沿岸海洋研究*, **35**: 109-114.
- 環境庁. 1994. 第4回自然環境保全基礎調査報告書第2巻「藻場」. 400pp.
- Pelikaan, G. C., 1984. Laboratory experiments on eelgrass decomposition. *Netherlands Journal of Sea Research*, **18**, 360-383.
- (社)瀬戸内海環境保全協会. 2003. 瀬戸内海の環境保全－資料集, 100pp.
- (独)森林総合研究所・(独)水産総合センター. 2004. 「森林・海洋などにおけるCO₂収支の高度化」報告書, 155pp.
- 高橋 暁・湯浅一郎・村上和男・星加 章. 2005. 瀬戸内海の家砂採取周辺海域における透明度の変化と藻場分布の関係. *沿岸海洋研究*, **42**: 151-159.
- 谷口和也・小島 博・磯上孝太郎. 1993. 褐藻アラメの5, 6歳個体の成長と成熟. *日本水産学会誌*, **59**: 1349-1353.
- 海の自然再生ワーキンググループ. 2003. 海の自然再生ハンドブック, 110pp.
- 山本民次・北村智顕・松田 治. 1996. 瀬戸内海に対する河川流入による淡水, 全窒素および全リンの負荷. *広島大学生物生産学部紀要*, **35**, 81-104.
- 吉田吾郎. 2004. 広島湾におけるホンダワラ類群落のモニタリングについて. 「平成15年度瀬戸内海ブロック水産関係試験研究推進会議生産環境・漁業生産合同部会議事要録」, 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所: 86-89.
- 吉田吾郎・樽谷賢治・新村陽子・橋本俊也・清水健太・村瀬 昇. 2009. 褐藻ノコギリモク藻体の枯死分解過程とその炭素収支－室内実験における検討－. 平成21年度日本水産学会春季大会.

The Role of Seaweed Bed for the Lower Trophic Ecosystem in Coastal Seas

Toshiya HASHIMOTO¹⁾, Kenta SHIMIZU¹⁾ and Goro YOSHIDA²⁾

¹⁾ *Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,
1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan*

²⁾ *National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea,
2-17-5 Maruishi, Hatsukaichi, Hiroshima 739-0452, Japan*

Abstract Seaweed bed has an important role for the lower trophic ecosystem in coastal seas because of its high primary production. In this study, the primary production of the seaweed bed and the pelagic phytoplankton was compared in each sub area of the Seto Inland Sea. The ratio of the primary production of seaweed bed to pelagic phytoplankton was high at Aki-Nada (10.8 %) and Bisan-Seto (3.8 %), while the ratio was low at Hiroshima-Bay (0.6 %), Osaka-Bay (0.3 %) and Harima-Nada (0.2 %). Seasonally, the ratio was high during winter. The uptake rate by primary production, release rate by decomposition and stock rate as a leaves of nutrients by the seaweed bed were estimated in the southern area of Hiroshima-Bay. The quantitative contribution of seagrass bed to the nutrient budget in this area was estimated. It was estimated that 14 and 40 % of load from the river were accumulated as the less degradable organic matter for nitrogen and phosphorus, respectively.

Key Words: Hiroshima Bay, Lower trophic ecosystem, Seaweed bed,