

広島湾におけるアマモ草体中の炭素および窒素総量

寺脇利信^{*1}, 玉置 仁^{*2}, 西村真樹^{*2}, 吉川浩二^{*1}, 吉田吾郎^{*1}

Total amount of carbon and nitrogen in *Zostera marina* in Hiroshima Bay, western Seto Inland Sea, Japan

Toshinobu TERAWAKI^{*1}, Hitoshi TAMAKI^{*2}, Masaki NISHIMURA^{*2},
Koji YOSHIKAWA^{*1}, and Goro YOSHIDA^{*1}

Abstract The total amount of carbon and nitrogen in *Zostera marina* was surveyed in Hiroshima Bay, Western Seto Inland Sea. Three study stations were selected in *Zostera* beds on sandy coasts of islands from the northern area to the mouth of the bay. Quantitative sampling using 100cm² (25cm by 40cm) quadrates in triplicate were conducted by SCUBA divers at D.L.(based on Datum Level) 0~1m as the central depth of the vertical distribution of the *Zostera* beds at each study station. The standing crop of *Z. marina* during the spring luxuriant season were 0.20kg.d.w./m² (aboveground: 0.16kg.d.w./m², belowground: 0.04kg.d.w./m²). The average carbon content in the total plant body of *Z. marina* was estimated at 32.3% for the aboveground and belowground parts, through the year. The average nitrogen content in the total plant body of *Z. marina* was estimated at 1.9% for the aboveground and belowground parts. The total amount of carbon and nitrogen in *Z. marina* at Hiroshima Bay was calculated as 164 tons and 10 tons based on the total area of *Zostera* beds of 254 ha and total plants biomass of 508 tons (dry weight).

Keywords: carbon, nitrogen, *Zostera marina*, Seto Inland Sea, Hiroshima Bay

浅海域の砂泥海底において大型海草アマモ *Zostera marina* L.の群落を中心として形成されるアマモ場は、潮間帯やサンゴ礁域等とともに、海洋生態系における不可欠な構成要素である(山本, 1973)。アマモ場は、多くの魚介類の産卵・保育場となり、また、餌料等を提供することから、漁業生産上きわめて重要な場であるだけでなく、大気中CO₂濃度の増加に対する有効な炭素貯蔵場として着目されている(Smith, 1981; 徳田ら, 1987)。アマモの生理・生態、魚類・動物群集の生活史におけるアマモ場の役割、およびアマモ場の消長と漁業生産との関係等について、日本水産資源保護協会(1982)の報告がある。近年、アマモ場造成に関係

する総説も刊行された(水産庁中央水産研究所, 1997)。瀬戸内海西部の広島湾では、植物プランクトンによる一次生産を基礎としたエネルギーフローならびに物質循環の現状把握が、中心的に進められている(岡市ら, 1996)、大型海草による一次生産が広島湾の生態系において果たしている役割は未解明である。その一方で、アマモ場については、その生態学的な重要性が強く認識されてきており、近年、広島湾における衰退機構および回復技術に関する研究が活発である。水質汚濁に伴う葉上堆積浮泥の影響による衰退機構(玉置ら, 1999; Okada *et al.*, 1999)、および氾濫河川からの浮泥供給による消滅事例(平岡ら, 2001)が明らか

2002年3月27日受理 (Received on March 25, 2002)

水産総合研究センター業績 A 第20号 (Contribution No. A 20 from the Fisheries Research Agency)

^{*1} 瀬戸内海区水産研究所 〒739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5 (National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Maruishi, 2-17-5 Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan).

^{*2} 広島大学大学院工学研究科 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 (Graduate School of Engineering, Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8527, Japan)

にされた。一方、消滅・衰退した藻場の回復技術の開発に資する観点から、石積み護岸マウンド沿いの海草植生の把握（寺脇ら，1998），移植実験によるアマモの生育制限要因の検討（平岡ら，2000），および花枝を用いた播種法の現地実験（吉川，寺脇，2000）等も進められている。

沿岸海域の生物生産機能および物質循環機構に果たすアマモ場の役割をより正確に解明するためには、アマモ草体による炭素・窒素などの吸収・固定、体外排出、呼吸や枯死による流出、被食による系外への流出などの収支を把握することが必要である。広島湾では、岩礁海底に生育する海藻類の水平・垂直分布様式の把握（寺脇ら，2001）に加え、炭素・窒素含量とその季節変化の解明（吉田ら，2001）が進んでいる。しかし、広島湾の砂泥海底に分布するアマモ草体の炭素・窒素固定量は明らかにされていない。

本研究は、広島湾内について、アマモ草体の現存量および炭素・窒素含量を明らかにし、既知のアマモ場面積を用いて草体中の炭素・窒素総量を算出し、海草による基礎生産を起源とする炭素固定量および窒素等栄養塩類の循環機能の解明に資する。

試料と方法

調査地の概要

広島湾内の廿日市市の阿品地点（St. 1）、保高島地点（St. 2）および屋代島の大鼻地点（St. 3、以後、屋代島地点と略する）の南東方向に海面が開けている地先のアマモ場を、調査地点として選定した（Fig. 1）。これらの調査地点では、主に冬の北西の季節風など北

から西の風によって発達する波浪の影響は小さく、一方、低気圧や台風通過時の南から東の波に直接さらされる。調査地点の中で、風によって発達する波の大きさを決定する吹送距離が最も長いのは屋代島である。屋代島の内側の広島湾内では、連続して分布する島嶼部によって、吹送距離が短くなり、波の発達程度は、基本的には小さくなる。一方、夏季と冬季において、湾北部では、水温差15°C、塩分差5psu、湾口・安芸灘部では、水温差10°C、塩分差2psuであり、湾北部で水温・塩分の変動が大きい（環境庁，1988）。広島湾内の透明度は、全域で年平均5m以下であり、豊後・紀伊の両水道（年平均12.5m以上）の半分以下と低い（環境庁，1988）。広島湾における夏の表層のCODは、広島港で6～8mg/L、厳島周辺で4～6mg/L、阿多田島周辺で3～4mg/L、柱島・屋代島周辺で1～2mg/Lと、湾北部ほど高くなっている（環境庁，1988）。

方 法

広島湾における水中計測による草丈と株密度の調査によって、アマモは、春から夏に繁茂し、秋から冬に衰退することが知られている（玉置ら，2001）。そこで、広島湾における、アマモの現存量を把握するため、繁茂期の1999年6月から8月および翌2000年6月から7月、衰退期の1999年12月、および生長期の翌2000年2月から3月に調査を行った。

各調査地点において、アマモ場の分布中心の水深帯であるD.L.（基準水面 Datum Level）基準の水深0～1mで、25×40cmの方形枠を用い、3ヵ所ずつ、アマモの草体を採取した。採取したアマモを実験室に持ち帰り、株数、最大葉条長および花枝長を測定した後、

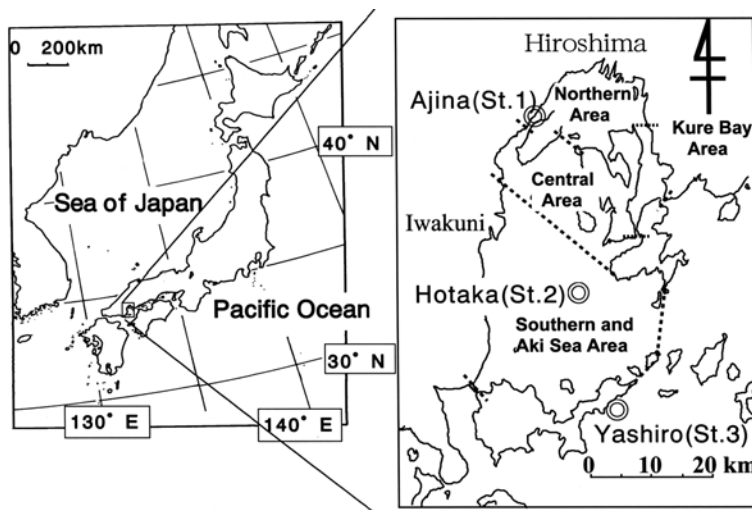


Fig. 1. Location of three sampling sites and divided four area of Hiroshima Bay

地下茎の第1節付近で地上部と地下部を切り離した。切り離したアマモ試料に付着した夾雑物を、海水で、できるだけ洗い落とし、ペーパータオルで表面の水分を取り除いた後、湿重量を測定した。

乾燥重量を基準とする草体の炭素含量ならびに窒素含量を把握するため、阿品地点の繁茂期、および各地点の衰退期について、草体試料の一部を乾燥機によって85°Cで恒量に達するまで乾燥させ、乾重量を測定し、デシケータ中で保存した。アマモ地上部では一株あたり4から5枚備えている葉身のうち、個葉として生長期にあり(Umabayashi, 1988)、かつ、株全体の炭素および窒素含量を代表する第2または第3葉(Umabayashi, 1989)を選び、地下部では重量の大部分を占める地下茎を選んで保存した。保存した試料について、Yanako CHN Corder MT-5により、1測定あたり3~6試料の炭素・窒素含量を測定した。

広島湾におけるアマモ場の総面積および湾内各部分での分布状況を把握するため、環境庁・第4回自然環境保全基礎調査(1994)を元に、広島湾を、呉湾部、湾北部、湾中央部および湾口・安芸灘部に4区分し(Fig. 1)、それぞれの区分内のアマモ場面積を集計した。

なお、本文中では、集計・計算結果の中で、標準偏差を伴う場合には、平均値(±S.D.)等で表記する。

結 果

アマモの季節的消長

最大葉条長: 最大葉条長は、阿品地点で最も大きかった(Fig. 2)。阿品地点での最大葉条長は、1999年繁茂期と2000年繁茂期には140cmと同様であり、1999年から2000年の衰退期には年間最小の70cmであった。保高島地点での最大葉条長は、1999年繁茂期には50cmであったが、2000年繁茂期には30cmとなり、前年の繁茂期の60%に減少した。1999年から2000年の衰退期には年間最小の20cm以下となった。屋代島地点での最大葉条長は、1999年繁茂期には70cmであったが、2000年繁茂期には30cmとなり、40%に減少した。1999年から2000年の衰退期にはアマモ草体が認められなかった。2000年繁茂期の保高島および屋代島地点では、アマモ草体に魚類に噛み切られたとみられる短い草体が多かった。

株密度: 繁茂期に採取された試料には1~2株の花枝(繁殖株)が含まれていたが、栄養株を含めて株密度を算出した。阿品地点での株密度は、1999年繁茂期には160株/m²であったが、2000年繁茂期には270株/m²となり、前年の繁茂期の170%に増大した(Fig. 3)。1999年から2000年の衰退期には年間最小の20株/m²であった。保高島地点での株密度は、1999年繁茂期には

430株/m²であったが、2000年繁茂期には130株/m²で30%に減少した。1999年から2000年の衰退期には年間最小の30株/m²以下であった。屋代島地点での株密度は、1999年繁茂期には290株/m²であったが、2000年繁茂期には90株/m²で30%に減少した。両年とも衰退期にはアマモ草体が認められなかった。

地上部現存量: 地上部現存量は、阿品地点で最も大きかった(Fig. 4)。阿品地点での地上部現存量は、1999年繁茂期には1.3kg.w.w./m²であり、2000年繁茂期には5.3kg.w.w./m²で410%に増大した。1999年から2000年の衰退期には年間最小の0.1kg.w.w./m²であった。保高島地点での地上部現存量は、1999年繁茂期には0.8kg.w.w./m²であり、2000年繁茂期には0.2kg.w.w./m²で25%に減少した。1999年から2000年の衰退期には年間最小の0.01kg.w.w./m²以下であった。屋代島地点での地上部現存量は、1999年繁茂期には0.5kg.w.w./m²であり、2000年繁茂期には0.1kg.w.w./m²で20%に減少した。両年とも衰退期にはアマモ草体が認められなかった。

地下部現存量: 地下部現存量は、阿品地点で最も大きかった(Fig. 5)。阿品地点での地下部現存量は、1999年繁茂期には0.2kg.w.w./m²であり、2000年繁茂期には0.8kg.w.w./m²で400%に増大した。1999年から2000年の衰退期には年間最小の0.05kg.w.w./m²であった。保高島地点での地下部現存量は、1999年繁茂期と2000年繁茂期には0.1kg/m²で同様の値であり、1999年秋から2000年の衰退期には年間最小の0.01kg.w.w./m²以下であった。屋代島地点での地下部現存量は、1999年繁茂期には0.02kg.w.w./m²であり、2000年繁茂期には0.1kg.w.w./m²で500%に増大した。両年とも衰退期にはアマモ草体が認められなかった。

アマモ草体の乾・湿重量比

地上部の乾湿重量比は、阿品地点での繁茂期および各地点での衰退期とも9.0~14.1%であり、平均12.0(±2.2)%であった(Table 1)。地下部では、阿品地点での繁茂期および各地点での衰退期とも12.4~21.8%であり、平均15.6(±4.4)%であった。

アマモ草体の炭素・窒素含量

地上部の炭素含量は、繁茂期の阿品地点および衰退期の各地点とも31.3~33.5(平均32.5±0.9)%であった。地下部では、繁茂期の阿品地点および衰退期の各地点とも30.3~34.9(平均32.0±2.1)%であった(Table 2)。

地上部の窒素含量は、繁茂期の阿品地点で1.6%であった。衰退期の阿品、保高島および屋代島地点では増大し、2.6~3.0(平均2.9±0.2)%であった。地下部では、

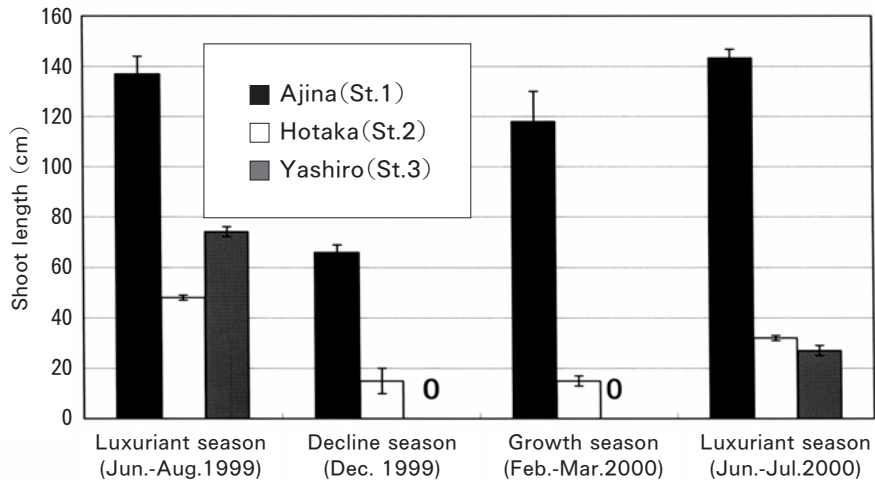


Fig. 2. Seasonal changes in shoot length of *Z. marina* at three stations in Hiroshima Bay. Bars indicate S.D.

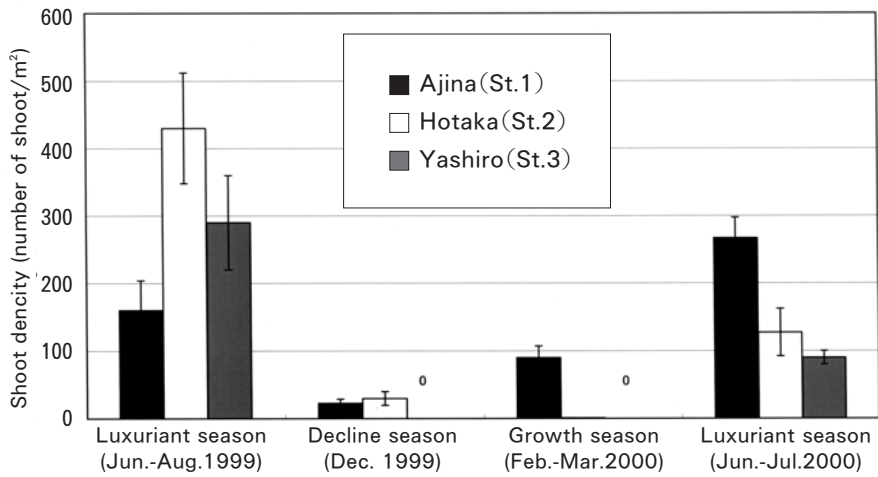


Fig. 3. Seasonal changes in shoot density of *Z. marina* at three stations in Hiroshima Bay. Bars indicate S.D.

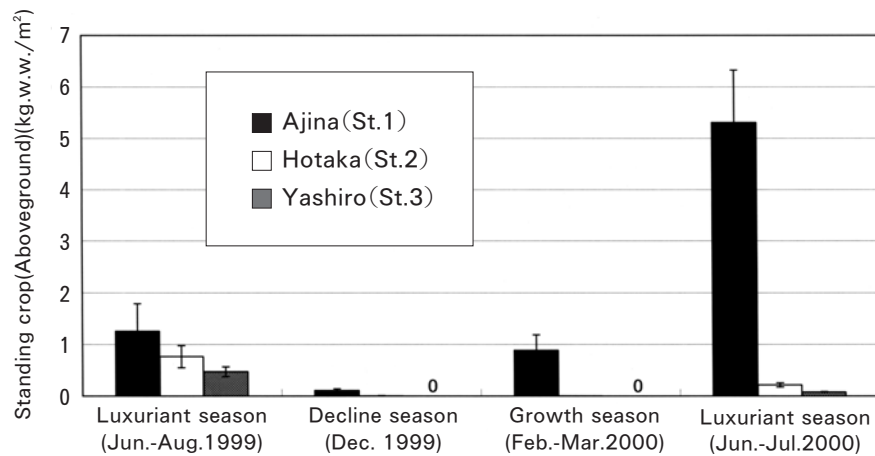


Fig. 4. Seasonal changes in standing crop of aboveground part in *Z. marina* in Hiroshima Bay. Bars indicate S.D.

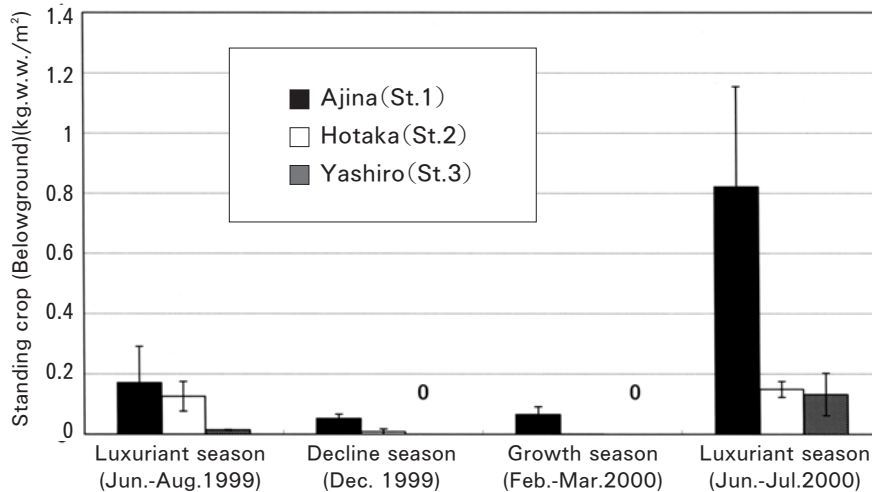


Fig. 5. Seasonal changes in standing crop of belowground part in *Z. marina* in Hiroshima Bay. Bars indicate S.D.

Table 1. Ratio of dry weight to wet weight(%) with S.D. of aboveground and belowground parts of *Z. marina* from different sampling sites and periods.

Part of plant	June,1999		December,1999	
	Ajina (St.1)	Ajina (St.1)	Hotaka (St.2)	Yashiro (St.3)
Aboveground	14.1±1.7	13.1±1.1	9.0±2.7	11.6±0.2
Belowground	15.5±4.1	21.8±7.5	12.5±5.9	12.4±1.5

Table 2. Carbon and nitrogen contents (% dry weight) with S.D. and C:N ratio (by weight) of aboveground and belowground parts of *Z. marina* from different sites and sampling periods.

Part of plant		June,1999		December,1999	
		Ajina (St. 1)	Ajina (St. 1)	Hotaka (St. 2)	Yashiro (St. 3)
Aboveground	C content	32.3±5.1	33.5±1.1	31.3±1.7	32.9±2.4
	N content	1.6±0.4	3.0±0.7	3.0±0.7	2.6±0.6
	C:N	20.8±4.4	11.7±2.5	11.0±2.8	12.9±2.4
Belowground	C content	34.9±1.8	32.1±2.9	30.8±1.9	30.3±1.5
	N content	0.6±0.7	3.3±0.6	2.5±1.9	1.8±1.1
	C:N	101.4±47.7	9.9±1.3	21.2±16.9	28.3±25.0

繁茂期の阿品地点で0.6%であり、衰退期の各地点とも増大し、かつ湾北部ほど高く、1.8~3.3 (平均2.5±0.8) %であった。

地上部のC:N比は、炭素および窒素含量の変動に伴って変化した。繁茂期の阿品地点では20.8、衰退期の各地点では11.0~12.9 (平均11.9±1.0) であった。地下部では、繁茂期の阿品地点が101.4、衰退期には湾口・安芸灘部で高く9.9~28.3 (平均19.8±9.3) であった。

アマモ場面積

広島湾のアマモ場面積は、1991年時点において、呉湾部で6ha、湾北部で34ha、湾中央部で44ha、および湾口・安芸灘部で170haの、合計254haであった(環境庁自然保護局, 1994)。したがって、広島湾におけるアマモ場は、1991年時点において、総面積254haの内、呉湾部に2%、湾北部に13%、湾中央部に17%、および湾口・安芸灘部に68%が分布していた。

考 察

1999年および2000年の3地点における繁茂期のアマモ地上部現存量の平均値は、 0.83kg.w.w./m^2 (± 0.40) および 1.87kg.w.w./m^2 (± 2.98) であった。この両年の地上部現存量の平均値 1.35kg.w.w./m^2 に、本研究で得られたアマモ地上部の乾湿重量比の0.12 (Table 1) を乗じ、アマモ地上部の現存量概算値 0.16kg.d.w./m^2 が得られた。1999年および2000年の3地点における繁茂期のアマモ地下部現存量の平均値は、 0.10kg.w.w./m^2 (± 0.08) と 0.37kg.w.w./m^2 (± 0.39) であった。この両年の地下部現存量の平均値 0.24kg./m^2 に、本研究で得られたアマモ地下部の乾湿重量比 (Table 1) の0.16を乗じ、アマモ地下部の現存量概算値 0.04kg.d.w./m^2 が得られた。

広島湾におけるアマモの地上・地下部の合計値 0.20kg.d.w./m^2 は、広島湾に隣接する柳井湾の0.08 (衰退期)~0.18 (繁茂期) kg.d.w./m^2 (川端ら, 1990) および瀬戸内海としての最大現存量 0.24kg.d.w./m^2 (向井, 1982) の中間の値であった。一方、本研究で得られた広島湾としての値は、日本海に面する能登半島飯田湾の年間極大値 $0.22\sim 0.24\text{kg.d.w./m}^2$ (谷口, 山田, 1979; 地上部と地下部を筆者らが合計した) とほぼ同様であったが、同じ日本海に面する舞鶴湾の 0.68kg.d.w./m^2 (道家ら, 2000), 本州太平洋岸中部・三河湾の 0.57kg.d.w./m^2 (Umabayashi, 1989), 太平洋岸北部の万石浦の 1.01kg.d.w./m^2 (向井, 1982) および北海道・根室海峡岸の野付湾の 0.60kg.d.w./m^2 (水島, 1985) より低かった。また、広島湾の値は、デンマーク (4地点) での最大現存量 0.96kg.d.w./m^2 , アメリカ (15地点) での最大現存量 2.04kg.d.w./m^2 およびソ連 (3地点) での最大現存量 0.90kg.d.w./m^2 (向井, 1982) よりも低かった。アマモが分布する北半球における各地でのアマモの最大現存量は平均 0.5kg.d.w./m^2 (McRoy, 1970) であることから、アマモの地理的分布の南限に近い広島湾 (Den Hartog, 1970; Miki, 1933) において、アマ

モの単位面積あたり現存量は、世界平均の半分程度であることが明らかになった。

広島湾におけるアマモ草体の炭素含量は、通年において、地上部の乾燥重量当たり炭素含量が32.5%, および地下部の乾燥重量当たり炭素含量が32.0%であり、地上部と地下部の平均炭素含量が32.3%となった。一方、地上部の窒素含量は2.6~3.0 (平均 2.9 ± 0.2) %であった。地下部の窒素含量は、繁茂期の阿品地点では0.6%であり、衰退期には増大し、かつ湾北部ほど高く、1.8~3.3 (平均 2.5 ± 0.8) %であった。そこで、両期の地上部および地下部の全平均によって、平均窒素含量が1.9%となった。アマモ葉身における有機物含量、C, N量は、葉が緑色をしている時に多く、古い葉、枯れ落ちた葉になるに従って少なくなり、また、生長の盛んな時期に多く、その後減少する (Harrison and Mann, 1975)。今回の結果は、葉身の発育段階や部位別のC含量とN含量の詳細な分布を検討したAioi and Mukai (1980) およびUmabayashi and Sasaki (1985) による、地上部ではC含量が40%前後でN含量が2~3%, 地下部ではC含量が30~40%でN含量が1~2%という報告と、ほぼ同様の値となった。

本研究で明らかになった、アマモ草体の年間最大現存量、乾・湿重量比、炭素・窒素含量および広島湾のアマモ場面積を乗じ、広島湾沿岸域におけるアマモ草体中の炭素および窒素総量を推定する。ここでは、草体最大現存量 0.2kg.d.w./m^2 , アマモ場面積 (呉湾部6ha, 湾北部34ha, 湾中央部44ha, および湾口・安芸灘部170ha), 草体の炭素含量32.3%および窒素含量1.9%を用いた。以上から、広島湾においては、アマモ場面積が254ha, 繁茂期に、アマモ草体総量が508トン (乾燥重量), アマモ草体中の炭素総量が164トン, およびアマモ草体中の窒素総量が10トンと概算された (Table 3)。

広島湾におけるアマモは、繁茂期および衰退期の時期では既存の報告 (玉置ら, 2001) と一致した。しかし、アマモの繁茂期の地上部現存量は、湾北部の阿品地点で最大となり、2000年に1999年の4倍に増大した。

Table 3. Total amount of carbon and nitrogen in *Z. marina* estimated for four areas in Hiroshima Bay. Numerical values of standing crop (0.2kg.d.w./m^2), C content (0.32) and N content (0.02) obtained through this study were adopted in the calculation.

Divid areas in Hiroshima Bay	Area of <i>Zostera bed</i> (m^2)	Total amount of plants (kg.d.w.)	Amount of Carbon in plants (kg)	Amount of Nitrogen in plants (kg)
Kure Bay area	60000	12000	3876	228
Nothern Area	340000	68000	21964	1292
Central Area	440000	88000	28424	1672
Mouth and Aki Sea Area	1700000	340000	109820	6460
Total	2540000	508000	164084	9652

また、湾口・安芸灘部の保高島地点および屋代島地点では2000年には1999年の1/4に地上部現存量が減少した。繁茂期の地下部現存量は、湾北部の阿品地点で最大となり、いずれの地点とも2000年には1999年に比べて同等または数倍に増大した。これらのことから、今後、アマモの現存量を多海域で比較する上では、比較対象の海域の詳細な立地環境および経年的な変動を含めて検討することが重要である。

アマモの地上部および地下部とも現存量が最大であった湾北部の阿品地点の結果から、湾北部では2000年の方が1999年よりも、アマモにとって生理的条件が適していたと推察される (Duarte C.M., 1991)。一方、湾口・安芸灘部の屋代島において、地下部の現存量が2000年の方が大きいにもかかわらず、地上部の現存量が小さかった理由は、草体に残された噛み後などから、近年報告の見られる日本南西海域の地点での海草・藻類への魚類による食害等 (渡辺, 仲岡, 2000; 清本ら, 2000) が想定される。

広島湾内のアマモ場は、10ha未満の小規模なものが大部分を占め、1ヵ所で10haを越えるアマモ場は岩国市地先以外にはみられない (環境庁自然保護局, 1994)。瀬戸内海の小規模なアマモ場においては、海底の勾配が急であり、草体の被度が100%に迫る分布中心域は繁茂期においても比較的狭く、被度50%未満の範囲が広い (寺脇ら, 1997)。特に、屋代島地点においては、衰退期に地上部および地下部ともアマモ草体が認められなかったことから、近年では、アマモが周年にわたっては生育しない1年生の状態となっている可能性も示唆された。

広島湾をモデル海域とした沿岸海域の生物生産機能および物質循環機構に果たすアマモ場の役割をより正確に解明するためには、アマモ草体の年間生産量の推定に基づく炭素・窒素などの吸収・固定、体外排出、呼吸や枯死による流出、被食による系外への流出などの収支の把握へ進むこととなる。その際、広島湾内でも、湾北部とアマモ場面積が最大の湾口・安芸灘部とでは、夏と冬の水温差、塩分差などの変動幅などが大きく異なっている (環境庁, 1988)。ただし、それらの水質等の環境条件は、離岸距離と水深の大きな海洋観測点において取得された情報に基づいている。今後、海草の生長に影響を及ぼす生理的要因の観点のみならず、草食性魚類等の行動に影響を及ぼす生態的要因の観点からも、アマモ場等の近傍における水環境条件等を継続的に把握することが重要である。

謝 辞

本研究は農林水産技術会議のプロジェクト研究「森

林、海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化」および「環境研究・森林・農地・水域を通ずる自然循環機能の高度な利用技術の開発」の一部としても実施した。現地調査地点の確保に協力いただいた広島県立廿日市高等学校、大野町漁業協同組合、保高島漁業協同組合、東和町漁業協同組合、広島県水産試験場、山口県水産総合研究センター内海研究部の皆様にお礼を申し上げる。現地調査の実施に協力いただいた広島大学大学院工学研究科の小瀬知洋氏に厚く感謝する。本稿のとりまとめに当たり重要な教示を頂いた、瀬戸内海区水産研究所瀬戸内海海洋環境部長の井関和夫博士に謝意を表す。

要 約

広島湾内のアマモ草体中の炭素・窒素総量を算出し、海草による基礎生産起源の炭素固定量および窒素等栄養塩類の循環機能の解明に資することを目的とした。広島湾内のアマモ場に3調査地点を設け、繁茂期および衰退期に、分布中心の水深帯で、25×40cmの方形枠を用い、3ヵ所ずつ、アマモを採取した。採取したアマモについて、株数、最大葉条長および花枝長を測定し、地上部と地下部を切り離し、湿重量を測定した。試料の一部を乾燥し、乾重量を測定後、炭素・窒素含量を測定した。広島湾内では、繁茂期に、アマモ草体の現存量は0.20kg.d.w./m² (地上部: 0.16kg.d.w./m², 地下部: 0.04kg.d.w./m²) であった。アマモ草体は、年間平均で、炭素含量が32.3%、窒素含量が1.9%と推定された。広島湾内のアマモ場面積254ha (呉湾部6ha, 湾北部34ha, 湾中央部44ha, および湾口・安芸灘部170ha) において、繁茂期に、アマモ草体総量が508トン (乾燥重量)、アマモ草体中の炭素総量が164トン、およびアマモ草体中の窒素総量が10トンと概算された。

文 献

- Aioi K. and Mukai H., 1980: On the distribution of organic contents in plant of eelgrass (*Zostera marina* L.) . *Jap. J. Ecol.*, **30**, 189-192.
- Den Hartog. C., 1970: The sea grass of the world. Verh. k. Ned. Akad. Wet. Afd. Natuurkd. Ser. 2, 59, 1-275, North Holland, Amsterdam.
- 道家章生, 井谷匡志, 葭谷 護, 2000: 舞鶴湾におけるアマモ群落の特徴-I 密度, 現存量, 草丈組成の季節変化. 京都海洋センター研報, **22**, 22-28.
- Duarte C.M., 1991: Allometric scaling of seagrass form and productivity. *Mar. Eco. Pro. Ser.*, **77**, 289-300.

- Harrison P.G. and Man K.H., 1975: Chemical changes during the seasonal cycle of growth and decay in eelgrass (*Zostera marina*) on the Atlantic Coast of Canada. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **32**, 615-621.
- 平岡喜代典, 高橋和憲, 中原敏雄, 寺脇利信, 岡田光正, 2000: 移植実験によるアマモの生育制限要因の検討. 環境科学会誌, **13**, 391-396.
- 平岡喜代典, 後藤義雄, 寺脇利信, 岡田光正, 2001: 自然的要因によるアマモ場の消滅-氾濫河川からの浮泥供給による消滅事例の解析-. 水環境学会誌, **24**, 153-158.
- 環境庁, 1988: 瀬戸内海の環境-瀬戸内海環境情報基本図-. 67pp.
- 環境庁自然保護局, 1994: 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. 399pp.
- 川端豊喜, 長谷川恒孝, 富田伸明, 1990: 柳井湾におけるアマモの生長様式とアマモ場造成試験. 沿岸海洋研究ノート, **27**, 146-156.
- 清本節夫, 吉村 拓, 新井章吾, 2000: 長崎県野母崎の潮下帯に生育する大型褐藻5種に対する藻食性魚類の採食選択性. 西水研研報, **78**, 67-75.
- McRoy C. P., 1970: Standing stocks and other features of eelgrass (*Zostera marina*) populations on the coast of Alaska. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **27**, 1811-1821.
- Miki S., 1933: On the seagrass in Japan (I) *Zostera* and *Phyllospadix*, with special references to morphological and ecological characters. *Bot. Mag.*, **47**, 842-862.
- 水島敏博, 1985: 野付湾のアマモ現存量と生産量の季節変化. 北水試研報, **27**, 111-118.
- 向井 宏, 1982: アマモの生態と生理. 海草藻場(特にアマモ場)と水産生物について. 日本水産資源保護協会, 1-48.
- 日本水産資源保護協会, 1982: 海草藻場(特にアマモ場)と水産生物について. 149pp.
- Okada M., Tamaki H., Nishijima W. and Terawaki T., 1999: Deterioration of Eelgrass, *Zostera marina* L., meadows by water pollution in Seto Inland Sea, Japan. *Proc. MEDCOAST99-EMEC99 Joint Conf.*, 124-132.
- 岡市友利, 小森星児, 中西 弘編, 1996: 瀬戸内海の生物資源と環境-その将来のために, 恒星社厚生閣, 東京, 272pp.
- 水産庁中央水産研究所, 1997: 藻場の機能. 水産業関係試験研究推進会議 資源増殖部会「テーマ別研究のレビュー」Ser.4, 110pp.
- Smith S. V., 1981: Marine macrophytes as a global carbon sink. *Science*, **211**, 838-840.
- 玉置 仁, 西嶋 渉, 新井章吾, 寺脇利信, 岡田光正, 1999: アマモ生育に及ぼす葉上堆積浮泥の影響. 水環境学会誌, **22**, 663-667.
- 玉置 仁, 吉田吾郎, 寺脇利信, 岡田光正, 2001: アマモの天然群落と移植群落における季節消長の比較. 藻類, **49**, 195-197.
- 谷口和也, 山田悦正, 1979: 能登飯田湾におけるアマモとその他海産顕花植物の垂直分布と生活史. 日水研研報, **30**, 111-122.
- 寺脇利信, 吉田吾郎, 玉置 仁, 薄 浩則, 1998: 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. 南西水研研報, **31**, 13-18.
- 寺脇利信, 重田利拓, 新井章吾, 1997: 燧灘における砂泥攪乱と植生. 南西水研研報, **30**, 163-171.
- 寺脇利信, 吉川浩二, 吉田吾郎, 内村真之, 新井章吾, 2001: 広島湾における大型海藻類の水平・垂直分布様式. 瀬戸内水研研報, **3**, 73-81.
- 徳田 廣, 大野正夫, 小河久朗, 1987: 海藻資源養殖学, 緑書房, 東京, 354pp.
- Umabayashi O., 1988: Individual leaf growth of vegetative shoot of Eelgrass *Zostera marina*. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **125**, 1-13.
- Umabayashi O., 1989: Eelgrass productivity on an intertidal flat of central Japan. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **127**, 17-30.
- Umabayashi O. and Sasaki K., 1985: Distributional pattern of phosphorus, nitrogen and carbon in a leaf blade of Eelgrass, *Zostera marina*. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **118**, 21-32.
- 渡辺雅子, 仲岡雅裕, 2000: 海草の分布と生産に影響を与える環境要因・生物学的要因. 海洋と生物, **131**, 533-541.
- 山本護太郎, 1973: 海洋学講座, 第9巻, 海洋生態学, 東京大学出版会, 213pp.
- 吉田吾郎, 内村真之, 吉川浩二, 寺脇利信, 2001: 広島湾に生育する海藻類の炭素・窒素含量とその季節変化. 瀬戸内水研研報, **3**, 53-61.
- 吉川浩二, 寺脇利信, 2000: アマモ花枝の流失防止試験. 瀬戸内海ブロック藻類研究会誌, **1**, 10-13.