

三河湾六条潟におけるコアマモ *Zostera japonica* 群落の特性と底質環境との関連

蒲原 聡・山田 智・曾根亮太・和久光靖

(2014年11月4日受付, 2015年1月23日受理)

Relationship between characteristics of *Zostera japonica* population and the conditions of their bottom sediment at Rokujo tidal flats in Mikawa Bay

KAMOHARA Satoru*¹, YAMADA Satoshi*², SONE Ryota*², WAKU Mitsuyasu*²

Abstract : The relationship between characteristics of the *Zostera japonica* population and the conditions of their bottom sediment at Rokujo tidal flats in Mikawa Bay was examined. Seasonal changes were observed in dry weight, concentrations of carbon and nitrogen in the standing crop per unit area of *Z. japonica*. Maximum dry weight and concentrations of carbon and nitrogen were observed in August, while minimum values for all three were observed in December. The total nitrogen in the standing crop of the aboveground biomass of *Z. japonica* was 69 percent on the whole. The nitrogen absorbed by the underground biomass of *Z. japonica* correlated with the nitrogen concentration in the standing crop of their bottom sediment. In the eastern part of Mikawa Bay, the monthly mean concentrations of carbon and nitrogen in the standing crop per unit area of *Z. japonica* were greater than those of *Z. marina* throughout the entire year. The concentrations of carbon and nitrogen in the standing crop of their bottom sediment of *Z. japonica* population were greater than those in the barren land. Assuming uniform population density, the population correlated with the concentrations of carbon and nitrogen in the standing crop in their bottom sediment. However if non-uniform population density is assumed, there was no correlation observed between the population and the concentrations of carbon and nitrogen in the bottom sediment standing crop. *Z. japonica* grows year-round and increases the stability carbon and nitrogen in their bottom sediment. Therefore, this grass and their bottom sediment have important functions in water purification and prevention of global warming at the Rokujo tidal flats. *Z. japonica* reproduces mainly through rhizomes, and does not exhibit sexual reproduction; therefore, once a population of *Z. japonica* perishes it is unable to recover.

キーワード: コアマモ, 現存量, 炭素, 窒素, 底質, 水質浄化機能

三河湾の岩礁域や砂泥域に群落を形成する褐藻綱コンブ目コンブ科アラメ属であるサガラメ *Eisenia arborea* や単子葉植物綱イバラモ目アマモ科アマモ属であるアマモ *Zostera marina* およびコアマモ *Zostera japonica* などの海藻草類は, 生育に必要な窒素や磷を海水中から吸収する。¹⁻³⁾ アマモ属においては, 根を介して底質中からも窒素や

磷を吸収する。^{4,5)} そのため, これらの海藻草類は, 水質浄化機能を有するとされている。また, 光合成の過程で, 二酸化炭素を吸収することから, ¹⁻³⁾ 陸上植物と同様に温暖化防止機能を有するとされている。海藻草類の群落は, エビ類など魚介類の生活史における初期生活場所であり, ⁶⁾ 裸地よりも未成魚の種類数および個体数が多く, ^{7,8)} 群

*¹ 愛知県農林水産部水産課 (Division of Fisheries Administration Department of Agriculture, Forestry, and Fisheries Aichi Prefectural Government, 3-1-2, Sannomaru, Naka, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan)

*² 愛知県水産試験場 (Aichi Fisheries Research Institute, Miya, Gamagori, Aichi 443-0021, Japan)

落およびその周辺に生息する動物は直接および間接的に海藻草類を餌料としている⁸⁾ことから、保育および餌料供給等の生物生産機能を有するとされている。海藻類および群落で育った魚介類は漁業により海域から取り上げられる。最近では、漁業の持つ多面的機能が注目され、中でも漁業生産を通じて窒素、リンを取り上げる物質循環機能の有効性が見直されている。⁹⁾このように、海藻草類の群落は、水質浄化機能、温暖化防止機能、生物生産機能により、海域環境や生態系の保全、水産業の維持増大の要となっている。しかし、海藻草類の群落は分布範囲を狭め危機的な状況となっている。例えば、サガラメは伊勢湾・三河湾の湾口および島嶼部一帯に生息していたが、海水温の上昇に伴い、植食性魚類の過剰摂取により減少した。¹⁰⁾その結果、1998年から減少を始め、2005年以降は伊勢湾東部と遠州灘の一部に生息するのみとなっている。¹¹⁾湾奥の比較的静穏な砂泥域に生息するアマモは、埋立てによる生息場所の減少やそれに伴う透明度の低下により生息地盤高が D.L.-5m (D.L.: 基本水準面) 以浅から D.L.-3m 以浅に変化したため、¹²⁾1941年以前の 10,140ha から 2001年の 250ha に分布面積が縮小している。¹²⁾これら海藻草類の群落再生は、健全な物質循環を取り戻す上で必須な課題となっている。一方、アマモはアマモよりも浅い低潮線を中心とした地盤高 D.L. +0.6~-2.4m に生息している。¹³⁾埋立ての影響で減少が危惧されているが、三河湾全体における分布範囲は確認されていない。そのうち、三河湾東部に位置する六条潟では、10.2ha と比較的大きな群落形成されているが、¹⁴⁾水質浄化機能、温暖化防止機能や生物生産機能については分かっていない。三河湾東部では、赤潮や貧酸素化が依然として続いていることから、六条潟のコアマモ群落が果たす役割を明確にするために、まず第一歩として、アマモ群落の乾重量、炭素 (C) および窒素 (N) の現存量の季節変化、さらに群落と底質環境との関連についての把握を試みた。

材料及び方法

アマモ草体各部位の乾重量、C、N 現存量については 2011年7月から 2012年7月にかけて、アマモ群落の C、N 現存量と底質との関連については 2012年8月から 2013年8月にかけて調査を実施した。

(1) アマモ草体各部位の C、N 含有量と単位面積当たりの C、N 現存量の推移 (2011年調査)

Fig. 1 に示す六条潟における最大のアマモ群落には、北側の密度の均一な場所と南側の密度の不均一な場所が混在していた。St. 1 は比較的密度の均一な北側に、St. 3

は密度の不均一な南側に設定した。St. 1 および St. 3 の地盤高は D.L.±0 m であった。25cm×25cm のコドラート内のコアモを底質ごと採取し、5mm 目の篩でふるい、コアモと底質に分離した。採取は、2011年7月29日、8月29日、9月27日、10月25日、11月24日、12月26日、2012年1月23日、2月23日、3月26日、4月19日、5月21日、6月20日、7月18日と、1年間に渡り毎月1回実施した。コアモは実験室に持ち帰り、Fig. 2 に示すとおり葉および葉鞘を合わせた栄養株の地上部、花穂および枝を合わせた生殖株の地上部 (花穂部)、地下茎部、根部に切り分け、80°C で 24 時間乾燥させ冷却後に乾重量を測定し、1 平方メートル当たり換算した値を各部位の乾重量とした。その後、各部位を均一な粉末にして 5mg 程度を取り、CHN コーダー (SUMIGRAPH, NC 900S, (株) 住化分析センター製) で C、N 含有量を分析した。各部位の乾重量に C、N 含有量を乗じて、1 平方メートル当たりの C、N 現存量とした。なお、C、N 含有量および C、N 現存量は、St. 1 および St. 3 の平均とした。

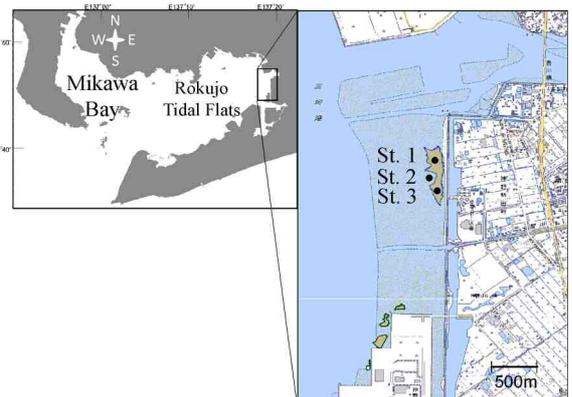


Fig. 1 Location of sampling stations at Rokujo tidal flats in Mikawa Bay. Solid circles show sampling points. Shaded areas show *Z. japonica* populations.

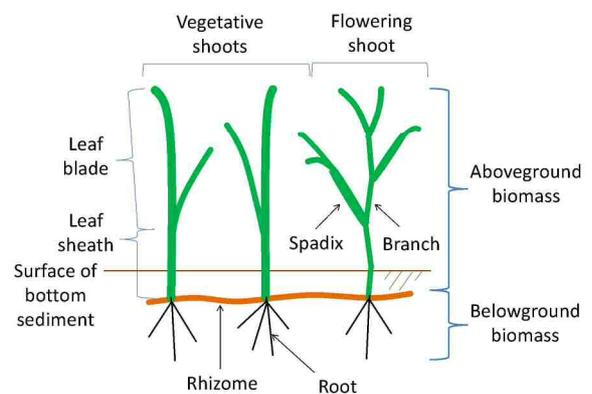


Fig. 2 Morphological terms of *Z. japonica* shoot used in these surveys.

(2) コアマモ群落の C, N 現存量と底質との関連 (2012 年調査)

Fig. 1 に示すコアマモ群落内の St. 1 および St. 3 を測点とし、対照区として両地点の中間にある裸地に St. 2 (地盤高 D.L.±0 m) を設定した。25cm×25cm のコドラート内のコアマモおよび底質を採取して実験室に持ち帰り、St. 1,3 についてはコアマモを手で選り分け、(1)と同様の方法により、乾重量を測定した。なお、草体と底質との関係を見ることから、地下茎部と根部は地下部として一体で測定し、C, N 現存量の算出に必要な C, N 含有量は、2011 年 7 月～2012 年 7 月に測定した毎月の値を使用した。採取は、2012 年 8 月 17 日、9 月 18 日、10 月 15 日、11 月 15 日、12 月 13 日、2013 年 1 月 11 日、2 月 12 日、3 月 11 日、4 月 10 日、5 月 10 日、6 月 10 日、7 月 8 日、8 月 7 日と、1 年間に渡り毎月 1 回実施した。底質は、均一に混合後ガス検知管を使用した硫化物測定器 ((株) ガステック社製) を用いて酸揮発性硫化態硫黄量 (AVS) を、電気マッフル炉 ((株) 東洋製作所製) を用いて、JIS A 1226 の方法により強熱減量を測定した。底質の残りは冷凍して後日、CHN コーダーを用いて TN および TOC の含有量を分析した。

結 果

(1) コアマモ草体各部位の C, N 含有量と単位面積当たりの C, N 現存量の推移 (2011 年調査)

① コアマモ草体各部位の C, N 含有量の推移

コアマモの C, N 含有量の季節変化を Fig. 3 に示した。栄養株地上部 (○印) の C 含有量の範囲 (平均±標準偏差) は、239.5～365.2 mgC d.w.g⁻¹ (330.2±38.2 mgC d.w.g⁻¹) で、年間を通じて 5 月および 6 月が 274.6 mgC d.w.g⁻¹ および 239.5 mgC d.w.g⁻¹ と低かった。地下茎部 (■印) は、285.7～363.0 mgC d.w.g⁻¹ (328.7±22.4 mgC d.w.g⁻¹) で、12 月に 285.7 mgC d.w.g⁻¹ と最も低くなった。根部 (△印) は、253.0～345.1 mgC d.w.g⁻¹ (296.4±35.3 mgC d.w.g⁻¹) で、9 月に 259.5 mgC d.w.g⁻¹ と一時的に低く、1 月以降は次第に低くなり、4 月には 253.0 mgC d.w.g⁻¹ と低下した。栄養株地上部 (○印) の N 含有量の範囲は、17.2～39.3 mgN d.w.g⁻¹ (32.0±6.1 mgN d.w.g⁻¹) で、年間を通じて 5～7 月が 17.2～29.0 mgN d.w.g⁻¹ と他の月の 33.0～39.3 mgN d.w.g⁻¹ より低かった。地下茎部 (■印) は 13.4～23.8 mgN d.w.g⁻¹ (18.9±2.8 mgN d.w.g⁻¹)、根部は (△印) 14.9～21.2 mgN d.w.g⁻¹ (18.4±2.0 mgN d.w.g⁻¹) と、地上部に比べて少なく変動幅も小さかった。栄養株地上部 (○印) の平均 C/N 比の範囲は、8.8～13.9 (10.5±1.7) で、年間を通じて 6, 7 月が 13.9, 12.0 と他の月の 8.8～

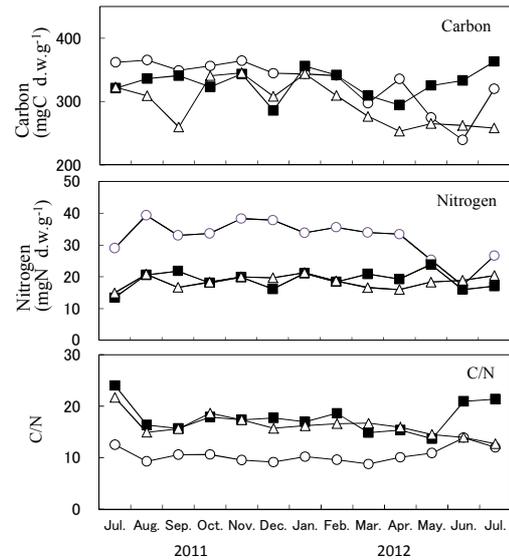


Fig. 3 Seasonal changes in average of carbon and nitrogen of vegetative shoots, rhizomes and roots at St. 1 and St. 3 in *Z. japonica* population. Upper, middle and lower graphs show carbon concentration, nitrogen concentration and C/N, respectively. Open circles (○), solid squares (■) and open triangles (△) show vegetative shoots in aboveground biomass, rhizomes and roots, respectively.

10.9 より高かった。地下茎部 (■印) は 13.7～24.0 (17.7±3.9)、根部は (△印) 12.7～21.7 (16.2±1.3) と、地上部に比べて高かった。草体全体の C/N 比は 13.2～20.5 (15.8±2.5) であった。

② コアマモ草体各部位の単位面積当たりの C, N 現存量の推移

コアマモの草体全体、栄養株の地上部、花穂部、地下茎部および根部の各部位について、単位面積当たりの乾重量、C, N 現存量の推移を Fig. 4 に示した。草体全体 (太線)、栄養株の地上部 (○印)、地下茎部 (▲印) の乾重量は、8 月に最高の 178.6 g d.w.m⁻², 98.8 g d.w.m⁻², 58.1 g d.w.m⁻² を示し、その後減少して 12 月に最低の 20.0 g d.w.m⁻², 11.2 g d.w.m⁻², 6.9 g d.w.m⁻² を示した。1 月以降は、3 月に一旦高い値を示し、その後増減しながら 7 月にかけて増加した。根部 (△印) は、地上部、地下茎部より変化は少ないが上記とほぼ同様の増減を示した。花穂部 (●印) は 5 月から 7 月にかけて 0.2～2.5 g d.w.m⁻² で出現し 5 月に最大となった。各部位の乾重量の年間平均比率は、57:31:12 と花穂部を含む地上部、地下茎部、根部の順に多く、地上部が全体の 57% を占めた。

単位面積当たりの草体全体 (太線)、地上部 (○印) および地下茎部 (▲印) の C 現存量は、8 月に最高の 62.3 gC

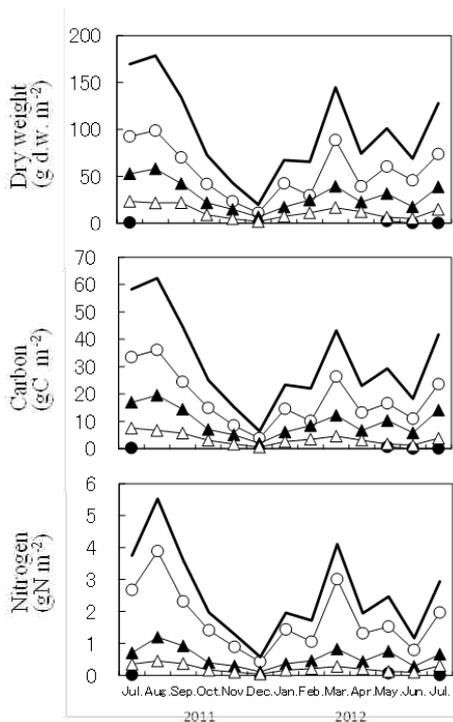


Fig. 4 Seasonal changes of the biomass in *Z. japonica*. Upper, middle and lower graphs show dry weight, carbon concentration and nitrogen concentration, respectively. Thick lines, open circles (○), solid triangles (▲), open triangles (△) and solid circles (●) show total biomass, vegetative shoots in aboveground biomass, rhizomes, roots and flowering shoots in aboveground biomass, respectively.

m^2 , 36.1 gC m^{-2} および 19.5 gC m^{-2} を示し、その後減少して 12 月に最低の 6.4 gC m^{-2} , 3.9 gC m^{-2} および 2.0 gC m^{-2} を示した。根部 (△印) は、地上部、地下茎部より変化は少ないが上記とほぼ同様の増減を示した。花穂部 (●印) は 5 月に最大の 0.7 gC m^{-2} となった。各部位の C 現存量の年間平均比率は、花穂部を含む地上部: 地下茎部: 根部 = 58 : 31 : 11 で乾重量の比と似ていた。

単位面積当たりの草体全体 (太線)、地上部 (○印) および地下茎部 (▲印) の N 現存量は、8 月に最高の 5.5 gN m^{-2} , 3.89 gN m^{-2} および 1.19 gN m^{-2} を示し、その後減少して 12 月に最低の 0.6 gN m^{-2} , 0.42 gN m^{-2} および 0.11 gN m^{-2} を示した。根部 (△印) は地上部、地下茎部より変化は少ないが上記とほぼ同様の増減を示した。花穂部 (●印) は 5 月に最大の 0.06 gN m^{-2} となった。各部位の N 現存量の年間平均比率は、花穂部を含む地上部: 地下茎部: 根部 = 69 : 22 : 9 で、乾重量および C 現存量と比較して地上部で高かった。

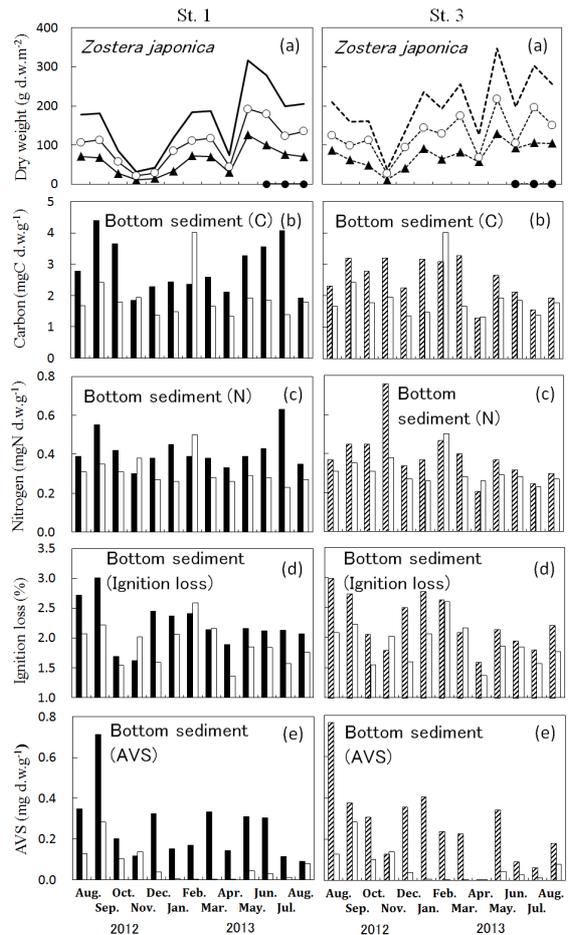


Fig. 5 Seasonal changes of the dry weight (a) in *Z. japonica* population and concentrations of carbon (b) and nitrogen (c), ignition loss (d) and AVS (e) in their bottom sediment. Straight lines and dotted lines of Fig. 5-(a) show St. 1 and St. 3, respectively. Thick lines, open circles (○), solid triangles (▲), and solid circles (●) of Fig. 5-(a) show total biomass, vegetative shoots in aboveground biomass, belowground biomass and flowering shoots in aboveground biomass, respectively. Solid sticks, slash sticks and open sticks of Fig. 5-(b),(c),(d),(e) show St. 1, St. 3 and St. 2., respectively.

(2) コアマモ群落の C, N 現存量と底質との関連 (2012 年調査)

St. 1 および St. 3 における単位面積当たりのコアマモ乾重量、底質の C, N 含有量、強熱減量および AVS の季節変化を Fig. 5 に示した。乾重量は、St. 1 および St. 3 とともに 11 月に低く 5 月に向けて高くなった。この変化は、2011 年調査とほぼ同様の季節変化を示した。底質の C 平均含有量は、St. 1 で $2.87 \pm 0.85 \text{ mgC d.w.g}^{-1}$, St. 3 で $2.52 \pm 0.67 \text{ mgC d.w.g}^{-1}$ と、St. 2 の $1.89 \pm 0.70 \text{ mgC d.w.g}^{-1}$ より有意に

高かった (t 検定, $p < 0.01$, $p < 0.01$)。底質の N 平均含有量は, St. 1 で $0.41 \pm 0.09 \text{ mgN d.w.g}^{-1}$, St. 3 で $0.39 \pm 0.14 \text{ mgN d.w.g}^{-1}$ と, St. 2 の $0.31 \pm 0.07 \text{ mgN d.w.g}^{-1}$ より有意に高かった (t 検定, $p < 0.01$, $p < 0.05$)。St. 1 では, 草体の乾重量と底質の C, N 含有量の相関は低かったが, 年間を通して同時期に増減を繰り返す傾向にあり, 裸地より関連があるように見えた。St. 3 では, そのような傾向は見られなかった。強熱減量の年平均は, St. 1 および St. 3 共に平均 $2.2 \pm 0.4 \%$ であり, St. 2 の平均 $1.9 \pm 0.3 \%$ より有意に高かった (t 検定, $p < 0.01$, $p < 0.01$)。群落底質 (コアマモ群落における底質) 同士は似た季節変化を示し, 群落と裸地では異なる変化を示した。AVS の年平均は, St. 1 で $0.25 \pm 0.17 \text{ mg d.w.g}^{-1}$, St. 3 で $0.27 \pm 0.20 \text{ mg d.w.g}^{-1}$ と, St. 2 の $0.07 \pm 0.08 \text{ mg d.w.g}^{-1}$ より有意に高く (t 検定, $p < 0.01$, $p < 0.01$), 群落同士は似た季節変化を示し, 群落と裸地では異なる変化を示した。

考 察

(1) コアマモ草体各部位の C, N 含有量と単位面積当たりの C, N 現存量の推移 (2011 年調査)

① コアマモ草体各部位の C, N 含有量の推移

C 含有量は, 根部 (△印) が地上部 (○印) および地下茎部 (■印) より若干低かった (Fig. 3)。地上部では, 5 月に $274.6 \text{ mgC d.w.g}^{-1}$, 6 月に $239.5 \text{ mgC d.w.g}^{-1}$ と他の月の $297.1 \sim 365.2 \text{ mgC d.w.g}^{-1}$ より低かった。これは, 葉部および葉鞘部で周年を通して明瞭な変動がみられなかった和歌山県田辺湾³⁾の場合と異なったが, その理由については C/N 比と合わせて考察する。地下茎部 (■印) は明瞭な変化を示さなかった。根部 (△印) は, 1 月以降減少し始め 4 月に最も低くなっており, 12 月あるいは 1 月から減少し始め 3 月に最も低くなった田辺湾の地下部の傾向³⁾と似ていた。

N 含有量は, 地上部 (○印) が地下茎部 (■印) および根部 (△印) よりも有意に高かった (Fig. 3)。田辺湾のコアマモの N 含有量は, 葉部, 葉鞘部 (地上部を葉部と葉鞘部に分離), 地下部 (地下茎部と根部を一体化) の順で多く,³⁾本研究においても同様の傾向を示した。地上部の N 含有量は, 5~7 月に $17.2 \sim 29.0 \text{ mgN d.w.g}^{-1}$ と他の月より低く, 6~9 月に低かった田辺湾の傾向³⁾と似ていた。

したがって, 地下部の C 含有量が冬季から春季にかけて減少すること, 地上部の N 含有量が地下部より高く, 地上部の N 含有量が夏季を中心に減少することは, 六条潟と田辺湾で似ていたことから, 生息環境に左右されないコアマモの特性と考えられた。

C/N 比は, 三河湾の地上部が $8.8 \sim 13.9$ と田辺湾の地上部の $10.8 \sim 20.4$ より若干低かった。これは, N 平均含有量が六条潟で $32.0 \pm 6.1 \text{ mgN d.w.g}^{-1}$, 田辺湾で $29.5 \pm 4.7 \text{ mgN d.w.g}^{-1}$ と両者ではほぼ変わらなかったことに對し, C 平均含有量が六条潟で $330.2 \pm 38.2 \text{ mgC d.w.g}^{-1}$ と田辺湾の $359.2 \pm 17.5 \text{ mgC d.w.g}^{-1}$ より低かったことによる。この理由は, 六条潟が, 一級河川である豊川の河口域に形成された干潟であるため, 豊川からの土砂の濁りを受け易いこと, 栄養塩を含んだ淡水が流入するため赤潮が発生し易いこと,¹⁵⁾冬季に北西の季節風に起因する波浪により巻き上がる海底泥の影響を受け易いことにより, 透明度が低くなり光合成活性が低下したことから, これらの影響を受けにくい田辺湾より C の生産量が少なくなったためと推測された。前出の六条潟コアマモの 5, 6 月の C 含有量が他の月より低く, 田辺湾の場合と異なった理由についても, 梅雨時期の降雨による出水が光合成活性に影響した可能性が推測された。

② コアマモ各部位の単位面積当たりの乾重量と C, N 現存量

コアマモ (実線) の乾重量, C, N 現存量を, 同時期 (2011

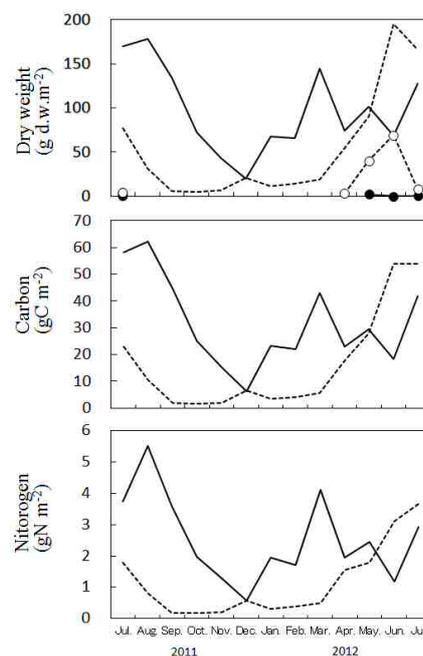


Fig. 6 Seasonal changes of the total biomass in *Z. japonica* population and *Z. marina* population. Upper, middle and lower graphs show dry weight, carbon concentration and nitrogen concentration, respectively. Straight lines and dotted lines show *Z. japonica* and *Z. marina*, respectively. Solid circles and open circles show flowering shoots of *Z. japonica* and *Z. marina*, respectively.

年7月～2012年7月)に三河湾北東部の三谷地先に生息するアマモ(点線)¹⁶⁾と比較してFig. 6に示した。コアモの花穂部(●印)は5～7月に0.2～2.5 g d.w.m⁻²となり、最大の5月における草体全体に占める割合は2.5%であった。また、地下茎部と根部を合わせた地下部は、8.8～79.8 g d.w.m⁻²と年間を通して維持されていた(Fig. 4)。一方、アマモの花穂部(○印)は最も多い6月に全体の35.6%を占めた。また、アマモは6月をピークに草体総量が194.9 g d.w.m⁻²と繁茂した後はほとんどが枯死、流出して、9～11月には急激に減少した(地上部:2.4～3.5 g d.w.m⁻², 地下部:2.9～3.5 g d.w.m⁻²)。2000, 2001年の調査においても、同様の植生状況が観察されており、同地先のアマモは1年生の特徴が強く、種子による有性生殖を主体として群落が維持されていた¹⁷⁾としている。以上のように、コアモはアマモに比べ種子による繁殖が少なく、地下茎による栄養生殖を主たる繁殖戦略にしていることから、一度消滅すると回復しづらい種であることが窺われた。今後、三河湾における分布状況を把握する必要がある。

草体の平均乾重量はコアモが97.6 g d.w.m⁻²とアマモの53.8 g d.w.m⁻²より多く、C平均現存量はコアモが31.8 gC m⁻²とアマモの16.3 gC m⁻²より多かった。また、N平均現存量はコアモが2.54 gN m⁻²とアマモの1.16 gN m⁻²より多かった。コアモは、生育環境によってはアマモと同程度の生産速度を示すとされているが、³⁾年間の平均乾重量、C、N平均現存量は同海域のアマモを上回る結果となった。これは、コアモが年間を通して地下部を保持し(Fig. 4)密に安定した植生をしているのに反して、アマモは種子による有性生殖を主体としており、1年を通して密に安定した植生をしていないことが原因していると考えられた。また、季節変化では、草体の乾重量およびN現存量は、7月から翌年の5月まではコアモの方が多かった。C現存量は7月から11月、1月から5月にかけてコアモの方が多かった。このように、コアモは現存量がアマモを上回る期間が長かった。これらのことから、三河湾東奥部においては、コアモはアマモ以上に温暖化防止および水質浄化、さらには物質循環に寄与している可能性が考えられた。

田辺湾のコアモの花穂部の出現は5～8月で、総乾重量に占める花穂部の割合は4.3%であり、¹⁸⁾2.5%である六条潟より高かった。これは、田辺湾の方が地上部のC含有量が高かったこと、最高乾重量が386.3 g d.w.m⁻²と¹⁸⁾六条潟の2.1倍あり現存量が多かったことが花穂部の形成に影響していた可能性が考えられた。

六条潟のコアモ群落の面積が10.2haである¹⁴⁾ことか

ら、コアモ群落全体のC平均現存量は3,244kgとなった。二酸化炭素排出の原単位は10t year⁻¹ people⁻¹なので、¹⁹⁾これは434人分の1日当たりの二酸化炭素排出量に相当した。同様にコアモ群落全体のN平均現存量は259kgとなった。N排出の原単位は11 g day⁻¹ people⁻¹なので、²⁰⁾これは23,500人分の1日当たりのN排出量に相当した。今後は、年間生長速度の測定から、CおよびNの吸収速度を求めて、二酸化炭素の吸収および水質浄化の能力を算定する必要がある。

コアモの生息水深はアマモより浅いことから、コアモ群落の衰退はアマモ群落以上に埋立て面積の増加と連動しており、失われた温暖化防止および水質浄化の機能は大きかった可能性が考えられた。また、コアモに付着する動植物においても、有機態および無機態の窒素が水中から除去されると推測されるため、今後の調査が必要である。

(2) コアモ草体地下部のN含有量と底質の関係(2011, 2012年調査)

六条潟コアモの地下茎部および根部のC/N比は、13.7～24.0 および12.7～21.7と、田辺湾の地下部の22.7～63.2¹³⁾よりかなり低かった。これは、地下茎部および根部のC含有量が、328.7±22.4 mgC d.w.g⁻¹および296.4±35.3 mgC d.w.g⁻¹と、田辺湾の地下部の321.0±28.7 mgC d.w.g⁻¹³⁾とほぼ変わらなかったことに対し、地下茎部および根部のN含有量が18.9±2.8 mgN d.w.g⁻¹および18.4±2.0 mgN d.w.g⁻¹と、田辺湾の地下部の9.7±2.5 mgN d.w.g⁻¹³⁾より2倍近く高かったことによる。また、群落底質のN含有量は、六条潟の2ヶ所で0.41±0.09 mgN d.w.g⁻¹および0.39±0.14 mgN d.w.g⁻¹と、ほとんどが0.35 mgN d.w.g⁻¹以下である田辺湾¹³⁾より高かった。TNの豊富な海底堆積物に生息するコアモほど草体中に多くのNを蓄積すること、¹³⁾異なる底質を持つ2つのメソコスム水槽においてアマモの生育実験を行った場合、アマモのC/N比は底質環境の影響を強く受けること²¹⁾から、六条潟のコアモは、底質の高いN濃度が影響して、田辺湾より地下部のN含有量が高くなり、C/N比が低くなったと推測された。地下部がNの高い吸収能力を持っているコアモは、富栄養化している三河湾東奥部の環境に適していると同時に、水質浄化機能が高いと考えられた。

(3) コアモ群落のC、N現存量と底質との関連(2012年調査)

Fig. 5に示すとおり、群落底質のC、N含有量は裸地より高かった。また、強熱減量に示されるとおり、群落の有機物量は裸地より高くなる結果となった。底質の強熱減量の群落と裸地の比(1.2倍)は、底質のC、N含有量

の群落と裸地の比（1.4 倍および 1.3 倍）より低かった。これは、群落では有機物に加えて分解された無機物の C, N が裸地より多く存在していたためと考えられた。

海草類は流速を低下させ、²²⁾流速の低下は懸濁物の堆積速度の増加をもたらす²³⁾とされている。Fig. 5 に示すとおり、地上部の繁茂期後期である 7~9 月にかけて底質の C, N 含有量が高いことから、コアマモ地上部による有機物や微小生物のトラップが、底質の C, N 含有量の増加に影響している可能性が推測された。そこで、底質の C, N 現存量の群落と裸地との差をコアマモの存在により生じた C, N 量と考えた。単位面積当たりのコアマモの C, N 現存量、コアマモの存在により生じた底質の C, N 量を Fig. 7 に示した。なお、底質の厚みは、観測からコアマモの地下部が生育している 10cm とし、現地の砂の比重 2.65²⁴⁾を乗じて 1m²当たりの砂重量を 265kg とし、底質の C, N 含有量を 1m²当たりの C, N 現存量に換算した。地下部の C, N 現存量とコアマモの存在により生じた底質の C, N 量は、St. 1 では相関は低かった

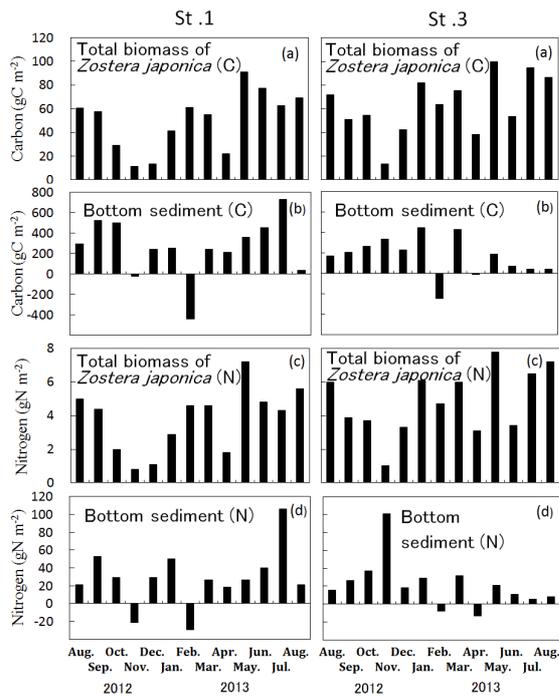


Fig. 7 Seasonal changes of the concentrations of carbon and nitrogen in *Z. japonica* population and the difference between concentrations of carbon and nitrogen of the bottom sediment in *Z. japonica* populations (St. 1 and 3) and those in barren land (St. 2). The graphs of (a), (b), (c), (d) show carbon concentration of *Z. japonica* population, carbon concentration of bottom sediment, nitrogen concentration of *Z. japonica* population, nitrogen concentration of bottom sediment, respectively.

が似たような増減を示し関連性があるように見えた。St. 3 では St. 1 ほどの関連性は見られなかった。このことは、St. 3 が不均一な群落であったことが影響していると推測された。コアマモの C, N 現存量とコアマモの存在により生じた底質の C, N 量の年間平均比（マイナスを除く）は、1 : 7 および 1 : 13 であった。生じた底質の C, N 量はコアマモの C, N 現存量よりかなり高かったことから、コアマモによる有機物や微小生物のトラップのほか、コアマモの腐植や底生生物群集の影響の可能性が推測された。田辺湾では、コアマモ群落は裸地より、二枚貝綱の種類と現存量や多毛綱の個体数密度と現存量が有意に多かったことが示されている。²⁵⁾また、宮城県松島湾内に位置する桂島北西部の前浜干潟では、裸地とコアマモ群落では底生生物相が異なり、群落では多毛類と甲殻類、二枚貝類の個体数増加が確認された。²⁶⁾さらに、多毛類に対しては夏季から冬季にかけての安定かつ豊富な餌料供給機能が、二枚貝に対しては稚貝の付着基盤としての機能が示唆されている。²⁶⁾本調査においても、群落底質の窒素含有量は年間を通して裸地よりも有意に多いことから (Fig. 5), 群落における多毛類への餌料供給の可能性が窺われた。また、六条潟では、アサリ稚貝が冬季の北西の季節風に起因する波浪の影響を受けて干潟域から逸脱することを免れている可能性が示唆されている。²⁷⁾今後、コアマモと多毛類およびアサリ稚貝との関係など、群落に生息する底生生物群集と底質の関係について調べる必要がある。

また、群落底質の C, N 含有量は、St. 1 の 11 月および 2 月に、St. 3 の 2 月および 4 月に裸地より低かった。Fig. 8 に示すとおり、11 月および 4 月の観測日以前には、1 日当たり 59.5mm および 69.5mm の降水量があり、2 月の

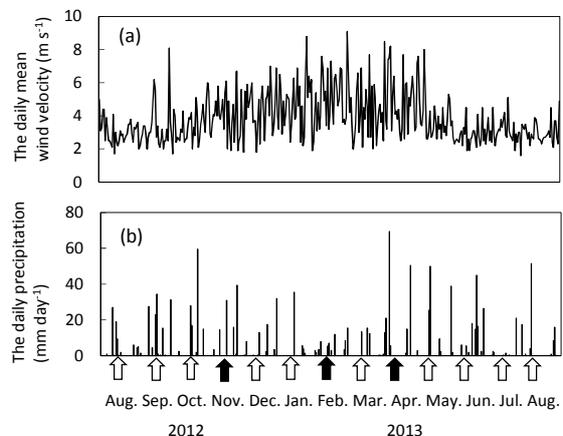


Fig. 8 The daily mean wind velocity (a) and the daily precipitation (b). The arrows show observation days. Three black arrows show 11/15, 2/12, 4/10 in order.

観測日以前には日平均風速が年間ではほぼ最高に達していることから、河川からの出水や波浪の影響を受けて、裸地に有機物が多く運ばれたと推測された。観測によると、群落では周辺の裸地に比べ、埋没や土砂の流出が起きずに安定していることから、海況のイベント時には群落はむしろ土砂の出入りを抑制する方向に働き、裸地より C、N 現存量が少なくなった可能性が考えられた。

群落底質の強熱減量および AVS は、共に裸地より多く、8 月あるいは 9 月に高くその後減少するなど似たような変動を示した。また、裸地では夏季から秋季にかけてのみ AVS が発生していたが、群落では年間を通して AVS が発生していた。これらのことから、群落では裸地より多い有機物が年間を通して還元状態で分解され、周年 AVS が発生していたと推測された。

以上のことから、コアマモ群落は、隣地の裸地よりも底質の C、N 現存量が高く、底質に C、N を蓄積していることが分かった。また、相関は低かったが、コアマモの乾重量および C、N 現存量と底質の C、N 現存量には関連があるように見えた。コアマモ群落は、底質に C および N を安定して蓄積していたことから、温暖化防止や水質浄化の機能を担っていると考えられた。今後は、温暖化防止機能や、水質浄化機能の海域環境への寄与度を把握するため、コアマモ群落の分布状況を把握する必要がある。さらに、群落の生物生産機能についても調査する必要がある。

コアマモ群落は、地盤高 D.L. -1.0~-3.0m に形成されるアマモ群落²⁸⁾よりも浅い、地盤高 D.L. +0.6~-2.4m に形成される¹³⁾ため、透明度の低下による生息水深への影響はアマモより少ないと推測された。また、和歌山県田辺湾や宮城県松島湾のコアマモ群落の底質は多様に富んでいたことが報告されている。^{13,26)}このように、コアマモは、アマモと比較して生息水深の制限を受けず、底質の選択性がほとんどないことから、再生の効果が表れやすいと考えられた。また、栄養株の移植は、スキューバダイビングに頼らず、干潮時に徒歩で簡易に実施することが可能である。しかし、アマモは赤潮の発生が多くみられる 6、7 月に集中的に水質浄化機能を担い、水産動物の保育・生育に優れていることから、⁶⁾懸濁物除去機能に優れた干潟・浅場の修復による透明度の回復を見ながら、コアマモと合わせた再生が必要である。

要 約

三河湾六条潟において、コアマモ群落の特性と底質環境との関連を調べた。コアマモの単位面積当たりの乾重量、C、N 現存量の季節変化は、いずれも 8 月に最大、

12 月に最少となった。コアマモ地上部の N 現存量が草体全体に占める割合は 69%であった。また、コアマモの地下部は、底質の N 現存量に呼応して N を吸収した。コアマモは単位面積当たりの年間平均の C、N 現存量がアマモより多かった。コアマモ群落が存在することにより、底質の C、N 現存量は増大した。群落の密度が均一だと群落と底質の C、N 現存量は関連があるように見え、不均一だとあまり関連はなかった。コアマモは、年間を通じて植生しており、底質に C、N を安定して蓄積していた。以上のことから、六条潟のコアマモ群落では、草体かつ底質が温暖化防止や水質浄化の重要な機能を担っていた。コアマモは、種子による有性生殖ではなく、地下茎による栄養生殖を主体として群落を維持していた。このため、一度消滅すると回復しづらい種であることが窺われた。

謝 辞

底質の C、N 含有量の分析には、(株)海洋生物研究所の今尾和正博士に協力いただいた。中山富久子さんには、コアマモの測定に協力いただいた。ここに感謝の意を表す。

文 献

- 1) 蒲原聡・服部克也・原田靖子・和久光靖・芝修一・倉島彰・前川行幸・鈴木輝明 (2009) 伊勢湾東部沿岸サガラメ群落における年間純生産量と炭素・窒素の年間吸収量. 日水誌, 75(6), 1027-1035.
- 2) 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. 水産総合研究センター研究報告, 4, 25-32.
- 3) 上出貴士 (2007) 和歌山県田辺湾内及び内ノ浦の潮間帯に生育するコアマモ *Zostera japonica* の年間純生産量と C,N,P の年間蓄積量. 日水誌, 73(5), 851-858.
- 4) Short, F. T. and McRoy, C. P. (1984) Nitrogen uptake by leaves and roots of the seagrass *Zostera marina* L. Bot. Mar., 27, 547-555.
- 5) McRoy C. P. and Brasdate R. J. (1970) Phosphate absorption in eelgrass. Limnol. Oceanogr, 15, 6-13.
- 6) 上出貴士・高橋芳明・山内信 (2011) 和歌山県田辺湾の潮間帯におけるコアマモ群落の甲殻類群集構造. 水産増殖, 59(3), 351-361.
- 7) 鈴木輝明・家田喜一 (2003) 三河湾奥に存在するアマモ場内・外の魚類群集の相違. 愛知水試研報, 10, 21-24.
- 8) 蒲原聡・石元伸一・山本有司・原田靖子・小澤歳治・

- 芝修一・服部克也 (2011) 伊勢湾東部沿岸におけるサガラメ群落の魚類への餌料供給機能. 愛知水試研報, 16, 21-30.
- 9) 日本学術会議 (2004) 地球環境・人間生活にかかわる水産業及び漁村の多面的な機能の内容及び評価について(答申), 14-16.
- 10) 蒲原聡・原田靖子・服部克也 (2007) 小型定置網の漁獲物から推察した伊勢湾東部沿岸及び三河湾沿岸におけるアイゴ *Siganus fuscescen* の分布とサガラメ *Eisenia arborea* 藻場の消失との関係. 水産工学, 44(2), 139-145.
- 11) 蒲原聡・伏屋満・原田靖子・服部克也 (2007) 1997年から 2005 年までの愛知県岩礁域におけるサガラメ *Eisenia arborea* 群落の様相. 愛知水試研報, 13, 13-18.
- 12) 阿知波英明 (2009) 伊勢・三河湾のアマモ場面積の変動. 愛知水試研報, 15, 29-33.
- 13) 上出貴士・山内信・高橋芳明 (2007) 和歌山県田辺湾内ノ浦のコアマモ *Zostera japonica* Ascherson et Graebner 群落と底質環境の関係. 藻類, 55, 159-166.
- 14) 和久光靖・山田智・蒲原聡 (2011) アマモ場造成条件解明試験. 平成 23 年度愛知水試業務報告, 77-78.
- 15) 柘植朝太郎・大橋昭彦・山田智・岩田靖宏・石田基雄 (2012) 三河湾東部, 渥美湾における赤潮および貧酸素水塊形成に及ぼす降雨に伴う河川水流入の影響, 愛知水試研報, 17,9-24.
- 16) 曾根亮太・山田智・蒲原聡 (2012) アマモ場造成条件解明試験. 平成 24 年度愛知水試業務報告, 73-75.
- 17) 吉田司・芝修一・前川行幸・阿部真比古・鈴木輝明・高倍昭洋 (2006) 三河湾三谷町地先におけるアマモの光合成特性. 水産工学, 42(3), 239-244.
- 18) 上出貴士 (2007) 和歌山県田辺湾内及び内ノ浦の潮間帯に生息するコアマモ *Zostera japonica* の季節的消長. 日水誌, 73(3), 478-486.
- 19) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (2014) 温室効果ガスインベントリオフィス (GIO) 編, 地球環境センター 独立行政法人国立環境研究所.
- 20) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 (2001) (社) 日本下水道協会.
- 21) Short, F.T. (1987) Effects of sediment nutrients on seagrasses: Literature review and mesocosm experiment, Aquatic Botany, Vol.27,41-57.
- 22) Fonseca, M. S., Fisher, J. S., Zieman, J. C. and Thayer, G. W. (1982) Influence of the seagrass, *Zostera Marina* L., on current flow, *Estuarine. Coastal and shelf Scinec*, Vol,15,351-364.
- 23) Komastu, T. and Nakaoka, M. (2000) Water flow and sedimentation rate in seagrass beds off Khao Baena in Trang Province, Thailand., *Biologia Marina Mediterranea*, 7, 240-242.
- 24) 平成 22 年度 23 号豊橋 BP 環境調査報告書資料編 (2011) 国土交通省中部地方整備局名四国道事務所, 110-111.
- 25) 上出貴士・高橋芳明・山内信・井関和夫 (2013) 和歌山県田辺湾の潮間帯におけるコアマモ群落の底質環境とベントス群組成. 水産増殖, 61(1), 61-72.
- 26) 長濱祐美・野村宗弘・中野和典・木村賢史・西村修 (2007) コアマモ群落の環境特性と底生生物に及ぼす影響. 土木学会論文集 G, 63(4), 233-240.
- 27) 蒲原聡 (2014) 愛知県豊川河口域に発生するアサリ稚貝の移植. 豊かな海. 公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 33, 44-51.
- 28) 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. 日水誌, 70, 523-529.