

(44) コアマモ (*Zostera japonica* ASCHERS) における地下茎の伸長位置

村上 達哉^{1*}・中島 敦司²・大南 真緒¹・川上 佑樹¹・村上 泰慈¹

¹和歌山大学大学院システム工学研究科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

²和歌山大学システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

* E-mail: s114052@sys.wakayama-u.ac.jp

本研究では、海草群落の成立地形の経時変化について、コアマモを対象に海底微地形の測量と草体の掘り取り調査と、月単位での微地形の変化の測定を行った。その結果、群落内の海底地形は群落外と比べて10~15cmほど標高が高いマウンド状になっていた。地下茎はマウンド状の地形下において、先端の地下茎になるほど浅い位置で伸長していた。また、海底面から6cmを越える深さでは多くの枯死茎が見つかり、その最大深度は-19.0cmであった。1ヶ月間の微地形の変化量の測定では、群落内の標高は平均10mm上昇したが、群落外では-0.3~0.2cm微増減するに止まった。以上の結果、群落内では砂泥の沈降、堆積が促進され、時間の経過によって栄養株は埋没するものの、新たな地下茎を浅い深度の位置に伸ばすことで一定の地下茎深度を維持し、砂泥の堆積に耐えることが確認された。

Key Words : *Zostera japonica* Aschers, seagrass meadow, seabed micro-topography, sedimentation, shore erosion

1. はじめに

沿岸の浅海域には藻場と呼ばれる植物群集がある。藻場を構成する植物種には大きく2種類あり、ワカメ (*Undaria pinnatifida*) やコンブ (*Laminariaceae* Bory) といった褐藻類に属する海藻と、イネやシバと同じ顕花植物である海草に分けられる。日本近海の浅海域に多くみられる海草のアマモ (*Zostera marina* L.) やコアマモ (*Zostera japonica* Aschers. et Graebn) は密生群落を形成することがある。これらの海草群落は水産資源を養う場となる他、高い生物生産性を持つなど、様々な公益機能を担う環境を形成している¹⁾。ところが、経済の成長にともない生育地である沿岸の浅海域が護岸や埋め立てといった開発の対象となり、多くの海草群落が衰退、消滅している²⁾。現在では、海草群落を形成する海草類の多くが環境省の維管束植物レッドリストに掲載されている³⁾。

近年、沿岸域の生物多様性の回復や自然再生に向けて干潟、藻場の再生技術が全国各地で開発されている⁴⁾。しかし、海草群落を人工的に再生、維持

することは容易でなく、移植した個体の流出、成長不良、枯死など失敗例が数多く報告されている^{5,6)}。アマモの播種、移植による海草群落の再生実験の報告は数多くみられるものの、コアマモでは移植株での再生実験が報告されている程度である⁴⁾。

一方、海草群落を効率よく再生するためには、造成を計画する場所の環境条件の把握が重要である。水深や波浪、透明度とアマモの生育の関係についての研究⁷⁾は進んでいるが、海底地形との関係に関連する情報は少ない。これについては、アマモ群落の成立位置の地形が周囲よりも15cm程度マウンド状に盛り上がっている場合があるとの報告や^{8,9)}、群落内における地盤の上昇についての報告¹⁰⁾、地下茎による土壌の保持効果¹¹⁾が確認されている程度に止まっている。しかし、マウンド地形にアマモ群落が形成されるのか、アマモ群落がマウンドを形成するのかは明らかになっていない。

また、海草群落を構成する種の生態的特徴についての情報も十分ではない¹²⁾。海草群落の成立過程や、成立後の群落動態は群落間レベルでは調べられているが¹³⁾、個体や栄養株の成長などについては

ほとんど報告されていない。特に、コアマモでは、群落レベルの調査もほとんど進んでいない。

そこで本研究では、情報の少ない海草群落の成立地形の経時変化を、同様に情報の少ないコアマモを対象に調べた。特に、微地形スケールにおける群落内外での地形変化と、栄養株の地下茎の伸長位置について確認したので、結果を報告する。

2. 研究方法

(1) 調査対象地

本研究は、紀伊半島西岸の中央部に位置する田辺湾鳥ノ巣泥岩岩脈地帯で実施した(図-1)。田辺湾は、湾口幅 4km、奥行 4km と開放的な形状の湾であり、湾南部は入り江と島々に囲まれた複雑な地形の多島海が形成されている。一部の支湾は、船を係留する網が必要ないと表現されるほどの静穏域となっており、地名も網不知(つなしらず)と言われている。田辺湾内では、本研究で取り上げたコアマモの他、アマモ、ウミヒルモ(*Halophila ovalis* (R. Brown) Hooker f.)の生育が確認されている¹⁴⁾。これらの海草種の中でも、近年は、特にコアマモが広い範囲で生育していることが報告されている¹⁵⁾。

調査は、鳥ノ巣泥岩岩脈地帯西部に位置する、人の立ち入りが非常に少ない、面積2haの遠浅の小支湾で実施した。小支湾内の底質は、砂泥質または砂質で構成され、最奥部は小規模な砂浜となっている。海底には、コアマモを優占種とする0.3haの海草群

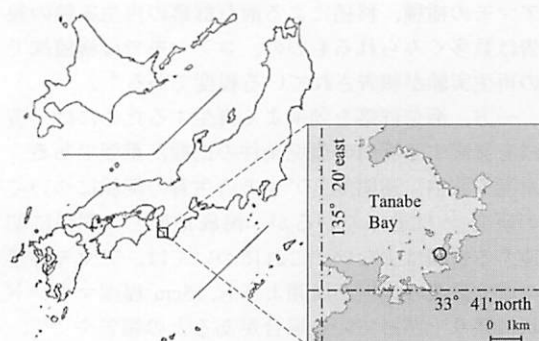


図-1 田辺湾の位置と周辺地図

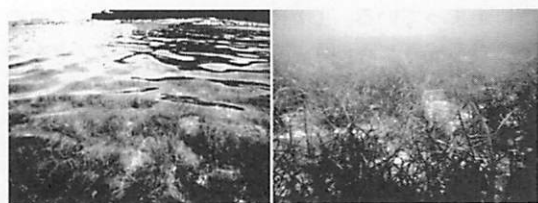


写真-1 対象地におけるコアマモ群落の状況

落がT.P.(東京湾平均海面) -0.8~-0.3mの範囲に形成されている(写真-1)。これは、田辺湾の平均水深で2.0~0mに相当する。

(2) 海底微地形の測量と掘り取り調査

2009年の8月と2010年の8月に、群落の成立位置における海底微地形の測量と、個体の掘り取り調査を行った。

まず、対象支湾内で確認された数カ所のコアマモ群落の中央を横切るように測量ラインを設定し(図-2)、海底面の状況に応じて3~5cm間隔のレベル測量によって群落とその周辺の海底微地形を把握した。測量は2009年と2010年の両年とも同一ライン上で実施し、1年間の海底面の変化について検討した。

レベル測量が終了した後、測量ライン上および他の群落における群落中央部と外縁部を含めた場所の任意の個所に30cm四方の方形区を2009年に10カ所、2010年には13カ所設け(図-3)、区画内のコアマモの草体を地下茎ごとすべて掘り取った。掘り

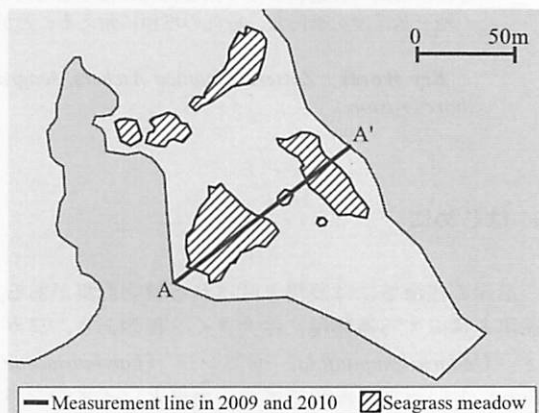


図-2 調査地における群落の位置および測量ライン

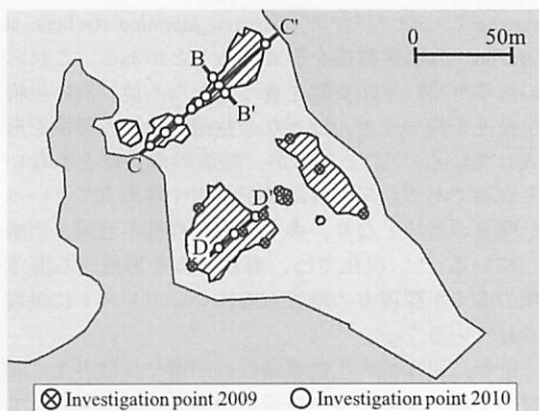


図-3 調査地における方形区の設置場所

取る際には、手で起こした水流によって海底面から徐々に砂泥を除去し、地下茎や細根を切らないようにした。作業中、地下茎を確認するごとに、海底面から確認位置までの深度を地下茎深度¹⁶⁾として記録した(写真-2)。その際、土壌の色の变化から還元層が確認された場合、その深度も記録した。なお、2010年における掘り取りでは、生存している地下茎(以下、生存茎とする)に加え、黒変して枯死している地下茎(以下、枯死茎とする)が確認できなくなる深さまで掘り下げた。

掘り取った草体は、実験室に持ち帰り、地下茎に着生した栄養株としての側芽ごとに、葉鞘長、最大葉条長、側芽間の長さである節間長を計測した(図-4)。

(3) 海底微地形の経時変化(砂面変動)

海底微地形の経時変化としての砂面変動を把握するため、2010年の7~11月の期間、群落内の標高の月単位の変化量を測定した。

測定方法は「アマモ場造成試験-II」¹⁷⁾で用いられた砂面変動の測定を参考にした。まず、コアマモ群落内に交差する線上に5カ所、それらから延長した群落外に4カ所の計9カ所にエロージョンピン($\phi=3\text{mm}$, 長さ70cm)を海底へ50cm挿入、設置した



写真-2 コアマモの掘り取りの様子

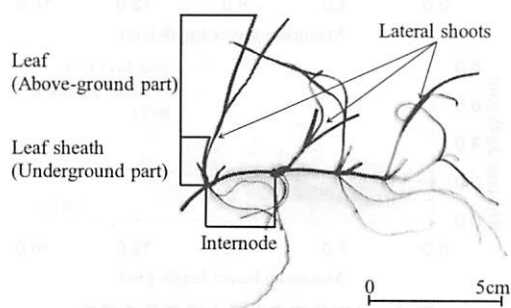


図-4 コアマモ草体の形態

(図-5)。その後、海底面上に出たピンの長さを月毎に測定し、その変化量を海底微地形の変化量として算出した。なお、エロージョンピンの本数は、多く設置することが望ましかったが、沿岸性のカンエビを行っている地元漁協から賛同を得られた本数、間隔に止めざるを得なかった。

3 結果および考察

(1) 海底微地形の測量と掘り取り調査

図-6に、2年分の測量の結果を整理した。その結果、群落内の海底微地形は群落外の地形と比較して、両年ともに10~15cm程度標高が高くなっており、マウンド状の地形を形成していることが確認された。また、2009年から2010年の1年間における微地形の変化について、群落内と群落外で比較を行ったところ、群落内の標高が有意に高くなっていることを確認した($p < 0.05$, Tukey-Kramer)。その際、群落内における同一位置の標高は1年間で最大12.2cm上昇していた。さらに、群落は外に向かって拡大しており、その群落外縁付近の標高変化は群落の中でも大きいものとなった。このように、海草群落が形成されることで、既往研究¹¹⁾で報告されている海底地形を安定させる効果だけでなく、砂泥を堆積させることも確認された。前述のように、海草群落では、群落中央の地形が周囲よりも盛り上がる場合のあることが報告されているが^{8,9)}、本研究の結果から、砂泥の堆積による微地形の経時的な変化の結果である可能性が示された。

掘り取り調査において、地下茎に着生した側枝は地下から海底面に向かって垂直に伸長していた。また、現地で測定した地下茎深度は栄養株の葉鞘長を測定したところ、0.7cmから最大5.0cmであった。そこで、本研究では葉鞘長を栄養株の着生深度つまり地下茎深度と扱うこととした。また、掘り取った各

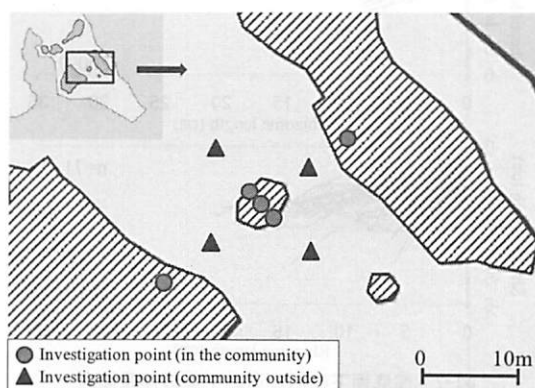


図-5 エロージョンピンの設置カ所

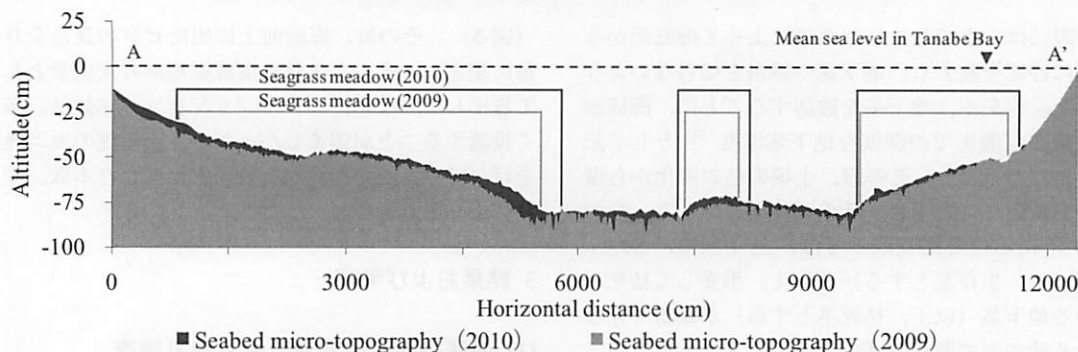


図-6 2009, 2010 年の群落内外における海底微地形 *A-A' は図 2 の測量ラインを参照

個体の地下茎は、同じ地下茎でも先端から遠い位置つまり早い段階で伸長したもののほど濃褐色の色調を呈し、先端に近い新しい位置の地下茎の色調は淡い黄褐色であった。

図-7 に、地下茎の伸長方向別にみた栄養株の葉鞘長から判定した地下茎深度を整理した。その結果、先端から遠い位置の地下茎深度は大きく、先端になるほど浅い位置で伸長していることが 2009, 2010 年の双方のサンプルとも共通して確認された。植物の伸長方向は植物の器官が重力に応答することで決まり（重力屈性）、地下茎のような匍匐枝の場合、その多くは重力方向に対して直角に伸長することが知られている（側面重力屈性）¹⁸⁾。コアマモの地下茎も側面重力屈性を示すと考えられ、地下茎の先端から遠くなるほど地下茎深度が大きくなった本研究の結果は、群落内で砂泥の堆積が起こった図-6 の結果を支持するものとなった。

また、各栄養株の葉条長と地下茎深度の関係を整理したところ、葉条長の増大に伴う地下茎深度の増加傾向が認められた（図-8, 2009年： $r=0.67$, $p \leq$

0.05 , 2010年： $r=0.50$, $p \leq 0.05$ ）。地下茎の先端から遠い栄養株ほど早い時期に開芽、伸長を開始したことになるが、その結果として葉条も大きくなる。そのような古い栄養株が着生した位置の地下茎深度は大きくなり、葉条が大きくなるほど波浪の流速を低下させ、粒子の沈降を促進するものと考えられた。

近縁種のアマモの場合、地上部の葉条が水流を緩やかにすることで、海水中の細かい特に有機起源の粒子の沈降を促進する粒子のトラップ作用が報告されている^{19,20)}。その他にも、アマモの有無による流速の変化や²¹⁾、群落内における底質安定性向上効果¹¹⁾についても報告されている。コアマモでは、人工的に波を作ることでできる水槽を用いた水理実験から群落内での流速の減少と水流による洗削の抑制が報告されており²²⁾、本研究の結果を含めて、コアマモの群落内でも草体による粒子のトラップ作用が発生するものと判断された。

次に、2010年度に現地で確認した地下茎深度の分布を図-9に示した。群落内と外縁部における地下茎

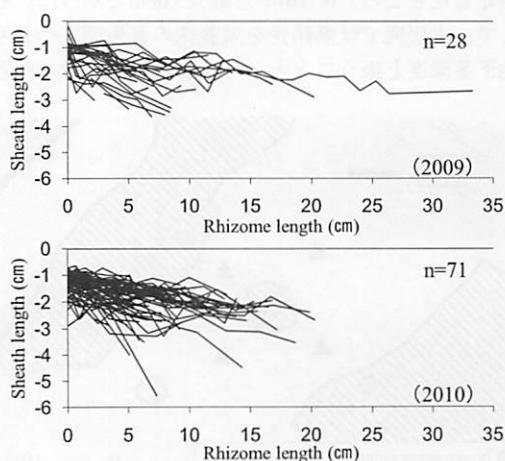


図-7 海底面下における地下茎の伸長傾向

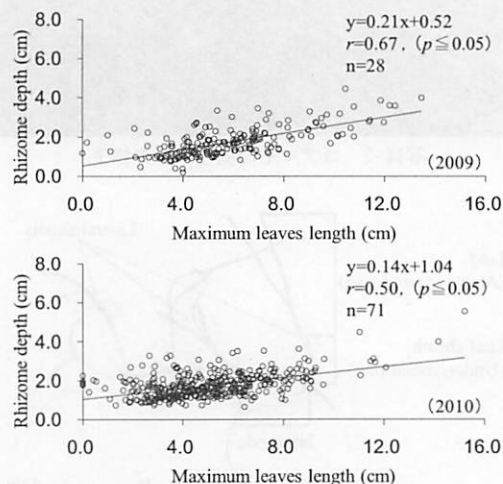


図-8 地下茎深度と最大葉条長の関係

の分布について、枯死茎の有無別に比較を行ったところ、枯死茎の有無に関わらず、群落内の地下茎の方が有意に深い位置に分布していることが確認された ($p < 0.05$, Tukey-Kramer)。また、枯死茎は深度が大きくなるにつれて多く出現した。生存茎が海底面から6cmまでに集中しているのに対し、それ以上の深度から確認された地下茎は全て枯死していた。これらの枯死茎は、生存茎の一部ではなく、2~3cm大の黒変した断片として確認された。

枯死茎の確認深度は最大で-19cmであった。近縁種のアマモの場合、15cm以上埋没すると発芽が阻害されるとの報告がある²³⁾。アマモでは、種子の埋没条件として、周辺底質の移動形態が掃流移動から浮遊移動への遷移状況下において埋没しやすくなることが報告されているが¹²⁾、コアマモの種子はアマモよりも小さく、アマモよりも深い位置にまで埋没する可能性は低い。したがって、深い位置で確認された枯死茎も、生存時には浅い位置にあり、その後の砂泥の堆積で相対的に深くなったと考えられた。なお、地下茎の枯死の要因は今回の調査からは明らかにならなかったが、枯死茎の大半が還元層中の嫌気的な環境下で確認されたことから、酸素の供給もしくは土圧による影響が関連しているとみられた。

(2) 海底微地形の経時変化

群落内、外での標高の変化量を測定した結果を図-10に示した。群落内では7~11月の4ヶ月間で、標高が0.7~3.0cm上昇した。10月8日の測定では一時的な標高の低下が見られたが、それ以外の時期では一律に堆積傾向を示した。また、9月26日の測定日の直前に台風12号(0期間9月22日-25日、最低気圧

945hPa、最高風速45m/s)が接近し、海上は荒れていたが、測定値では前月からの堆積傾向を示す結果となった。

また、群落内の標高は10月8日から11月6日の1ヶ月間に0.6~1.3cm上昇したが、群落外では-0.3~0.2cmと微増もしくは微減に止まった。図-6や掘り取り調査から認められたコアマモ群落内における砂泥の堆積傾向は、1ヶ月間という期間でみられるような微細な現象の積み重ねの結果である可能性が示された。漁期の関係上、群落外では1ヶ月間のみの調査となったが、今後、場所を変えるなどしてより長い期間での調査が必要であると考ええる。

4 おわりに

本研究では、海草群落の成立地形の経時変化について、微地形レベルでの海底面の測量と草体の掘り取り調査および、微地形の月単位での変化量の測定を行った。その結果、以下のことが分かった。

- (1) 群落内の海底地形は群落外と比べて10~15cm程度高かった。また、1年後には同一位置において最大12.2cmの標高の上昇を認めた。
- (2) 地下茎の先端から遠い位置に着生した栄養株の葉鞘長は近いものよりも大きく、先端の地下茎ほど浅い位置で伸長していた。
- (3) 葉条長の増大に伴い、地下茎深度の増加傾向が認められた。
- (4) 地下茎深度は、群落の外縁部と比べ、中央部の方で大きくなった。また、深度が大きくなるにつれて枯死状態の地下茎が増え、海底面から6cm以下では枯死茎のみとなり、その最大深度は-19cmであった。
- (5) 群落内の標高は、10月からの1ヶ月間で0.6~1.3cm上昇したが、群落外では-0.3~0.2cmと微増もしくは微減に止まった。

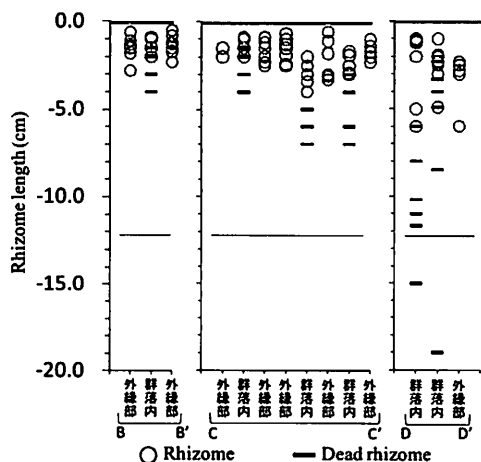


図-9 コアマモ地下茎の垂直分布(2010)
*B-B', C-C', D-D' は図-3の調査ラインを参照

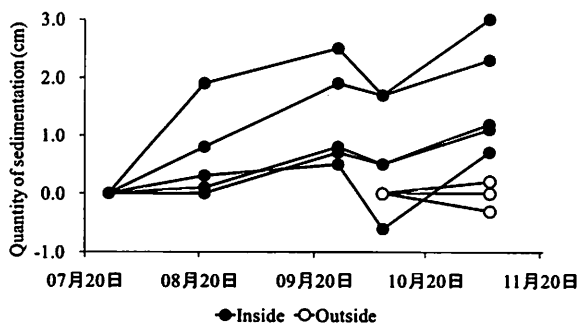


図-10 海底微地形の経時変化

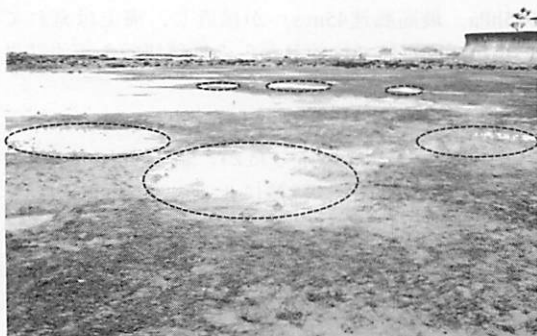


写真-3 コアマモ群落内における凹地の様子

以上の結果から、コアマモ群落内では、草体のトラップ作用による砂泥の堆積が起り、その積み重ねによってマウンド状の地形が形成されと考えられた。また、砂泥の堆積によって-6cmを越える土壌深になると地下茎は枯死してしまうが、新たな地下茎を同一標高で浅い土壌深度の位置、つまり生育限界光量を下回らない範囲の中で、水深の深い方向に伸ばし、一定以内の深度を保持した地下茎を確保することで、砂泥の堆積に耐えることが確認された。

なお、水深の深い位置では、コアマモよりも大型のアマモが生育することがあり、その位置にまでは群落を拡大できない。一方、アマモは乾燥に弱いために、干潮時でも一定以内の水深のある場所でないと生育できない。コアマモは、短期間の空中露出には対応できる²²⁾。このために、コアマモとアマモは水深別の棲み分け¹⁾が発生すると考えられる。

コアマモは、以上のようにして、波浪による生育地盤の変動の大きい浅水域でも生存することができると考えられる。例えば、陸上植物であるコウボウムギ (*Carex kobomugi*) では、流砂や飛砂に埋没した際、浅い深度に階段状に多段で根や地下茎を伸長させることで一定の地下茎深度を維持することが知られている²⁴⁾。しかし、コアマモでは、コウボウムギのような埋没に対する形態的な耐性機構は備わっていなかった。代わりに、群落を拡大することで一定の地下茎深度を維持していることが確認された。そして、堆積厚が大きくなり過ぎた位置では、栄養株、地下茎ともに消滅し、このような位置では砂泥の洗削防止効果が無くなり、波浪によってマウンド地形が平坦化、時には凹地となる。コアマモ群落内では、このような凹地が多見され(写真-3)、これらの堆積砂泥の薄い凹地には時間の経過とともに周囲から再び地下茎が伸長してくるものと考えられる。コアマモは、このような群落密度の調整によって、常に波浪の影響を受けやすい浅水域でも群落を維持できてきたと考えられた。

引用文献

- 1) 小松輝久, 佐川龍之, 三上温子, 干潟生態系における藻場の分布とその役割, 地球環境, Vol. 11, No. 2, p. 207-213, 2006.
- 2) 坂井英世, アマモ場造成に関する基礎研究, 新潟県水産試験場研究報告6, p. 91-98, 1977.
- 3) 相生啓子, 日本の海草-植物版レッドリストより(特集 検証 生物の減少・絶滅), 海洋と生物No. 20 (1), p. 7-12, 1998.
- 4) 国分秀樹, 森田晃央, 宮松亜美, 前川行幸, コアマモの地下茎分枝に及ぼす地盤高と底質の影響, 土木工学論文集B2, Vol. 66, No. 1, p. 1206-1210, 2010.
- 5) 環境省, 藻場の復元に関する配慮事項, 2004.
- 6) 平岡喜代典, 杉本憲司, 太田誠二, 寺脇利信, 岡田光正, 葉上浮泥による光量低下と砂面変動がアマモ場の分布に及ぼす影響-広島湾でのケーススタディ-, 水環境学会誌, Vol. 28, No. 4, p. 257-261, 2005.
- 7) 森田健二, 竹下彰, アマモ場分布限界水深の予測評価手法, 土木学会論文集, No. 741/VII-28, p. 39-48, 2003.
- 8) 三浦定之助, 海草, 佃書房, p. 66-78, 1943.
- 9) Komatsu, T. and H. Yamano, Influence of seagrass vegetation on bottom topography and sediment distribution on a small spatial scale in the Dravuni Island Lagoon, Fiji, *Biologia Marina Mediterranea*, 7, p. 243-246, 2000.
- 10) 越川義功, 中村華子, 田中昌宏, 後背地の影響を受けやすい干潟におけるコアマモ群落の消長・維持機構, 土木学会論文集B2, Vol. B2-65, No. 1, p. 1076-1080, 2009.
- 11) 加藤大, 島谷学, 柴山知也, アマモ群落における底質輸送機構と底質安定性向上効果について, 海岸工学論文集, 第52巻, pp. 1001-1005, 2005.
- 12) 島谷学, 中瀬浩太, 熊谷隆宏, 月館真理雄, アマモ種子の埋没機構に関する研究, 海岸工学論文集, 第47巻, 2000.
- 13) 阿部真比古, 橋本奈央子, 倉島彰, 前川行幸, 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, No. 70 (4), p. 523-529, 2004.
- 14) 上出貴士, 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* の季節的消長, 日本水産学会誌 73 (3), p. 478-486, 2007.
- 15) 大南真緒, 中島敦司, 竹内照文, 山本将功, 仲里長浩, 紀伊半島西部の田辺湾におけるアマモ場の経年変化, 南紀生物 第52巻, 第1号, 2010.
- 16) 梶田淳, 新井章吾, 相田聡, 谷本照巳, 森田朗彦, 新村陽子, 寺脇利信, 瀬戸内海の局所的で小規模な多年的に維持されるアマモ群落における堆積物組成の観察, 水産工学, Vol. 45, pp. 49-53, 2008.
- 17) 團昭紀, アマモ場造成試験-II, 平成4年度徳島県水産研究所事業報告書.
- 18) 宮崎厚, 高等植物の重力屈性, 植物化学調節学会, Vol. 22, No. 2, 1987.
- 19) 飯泉仁, 海草類の栄養塩取り込みについて, 月刊海洋, Vol. 21, No. 6, 1989.
- 20) Komatsu, T. and M. Nakaoka, Water flow and sedimentation rate in seagrass beds off Khao Bae Na in Trang Province, Thailand., *Biologia Marina*

Mediterranea, 7, p.240-242, 2000.

- 21) 辻本剛三, 揺動物質 (海草等) 上の流れと砂移動, 水工学シリーズ, B-5-1-B-5-20, 1994.
- 22) 湯浅城之, 上野成三, 高山百合子, 織田幸伸, コアマモ場の干潟地形安定効果に関する二次元水理実験, 海岸工学論文集, 第53巻, pp. 496-500, 2006.
- 23) Orth, R.j., Luckenbach, M. and Moore, K.A. Seed dispersal in a marine macrophyte implications for

colonization and restoration: Implications for coronization restoration, *Ecology*, 5 (7), p.1922-1939, 1994.

- 24) 鈴木清, コウボウムギの播種による海岸砂地緑化の方法, 緑化工技術4 (2), p. 3-7, 1977.

(2011.5.30受付)

Growing position of the rhizome in seagrass (*Zostera japonica* ASCHERS)

Tatsuya MURAKAMI¹, Atsushi NAKASHIMA², Mao OHMINAMI¹,
Yuki KAWAKAMI¹, Taiji MURAKAMI¹

¹Grad. School of Systems Engineering, Wakayama Univ.

²Fac. of Systems Engineering, Wakayama Univ.

We investigated the change in the topography of seagrass meadows of *Zostera japonica* Aschers in correlation with time. The chosen measurement methods were by surveying the micro-topography, by digging up the seagrass and by measurement of the change every month occurring in the micro-topography. The results show that the altitude in the community was 10~15cm higher than the outside community and the community's topography resembled a mound. Newer rhizome growing under the seabed of the mound elongated at shallower levels. In addition, rhizomes found in the depths of more than -6cm from the seabed were found dead, and remnant rhizomes were found at a maximum depth of -19 cm. The altitude in the community rose 10 mm on average. In contrast, altitude change in the outside of the community was stable with changes from -0.3~0.2cm only. From the above mentioned results, the seagrass meadows induce the sedimentation of sand and mud. Therefore the lateral shoot was buried with the progress of time, but we confirmed that the seagrasses endures the sedimentation of sand and mud by the growing new rhizomes at shallower levels of the seabed to maintain the overall depth of rhizomes.