

内在性ベントスの群集構造に対するアマモ場景観構造の時空間変異の影響

Whanpetch Napakhwan¹・渡辺健太郎¹

¹千葉大学大学院理学研究科

序章

厚岸湖および厚岸湾内に見られるアマモ場には、生産性、生物多様性の高い動植物群集が形成される。特に底質内に生息する内在性ベントスの群集構造は、アマモ植生のパッチサイズや形、連続性など（以下、「景観構造」）の影響を受けることが指摘されている。

これまで我々は、タイ、富津、厚岸など緯度の異なる複数地域において、アマモ場のリモートセンシング解析およびアマモ場と内在性ベントス群集の現地調査を統合的に用いてアプローチすることにより、アマモ場の空間構造が内在性ベントス群集構造に与える影響を調べてきた。その結果、厚岸以外の地域では、同じタイプの植生地でもパッチ内の位置によってベントスの量と多様性が異なっていた。しかし厚岸湖では植生地内外でベントスの群集構造に大きな変異が無いことが明らかとなり、その要因として冬季の結氷に起因するアマモ植生の不安定さが推察された。

そこで本研究は、アマモ場の景観構造の時間変異が内在性ベントス群集に与える影響を明らかにすることを目的として、昨年度と同じ場所でアマモ場のリモートセンシング解析を行い、アマモ場の空間構造の時間変異を明らかにすることとともに、内在性ベントスの群集構造の調査を行った。

材料と方法

調査地（図1）

厚岸湖北部の神岩においてアマモ場の景観構造を気球撮影装置を用いて撮影すると共に、神岩においてベントスの採集を行った。

方法

アマモ場の景観構造

2009年5月および8月に神岩においてアマモ場の撮影を上空50~200mより行った。その際2008年8月に同様の調査を行った時に記録した緯度経度データをもとに、同一の場所で撮影をした。撮影には、デジタルカメラを取り付けた気球（長菱設計会社(株)製 スカイキャッチャー）を使用した。

2008年8月および2009年8月に撮影した写真はコンピュータに取り込み、地理情報システム（GIS）上で幾何補正を行い重ね合わせた。その後、赤バンドおよび青バンドの差を元に、海草を抽出し、その面積を測定した。2009年5月の撮影では幾何補正の際に目印となるラインを設置することが出来なかったため、上記の解析からは除外した。

内在性ベントスの群集構造

内在性ベントスの採集は2009年5月および8月の干潮時に神岩にて行った。2009年5月では、アマモ場の景観構造の結果をもとに、植生タイプをアマモ植生地（*Zostera marina*）、コアマモ植生地（*Z. japonica*）、無植生地にわけ、それぞれから5地点ずつ、合計15地点で採集を行った。2009年8月には、植生タイプを上記3つに分類した後、コアマモ植生地に関しては、2008年8月と比較して、常にコアマモ植生地であった場所、以前は無植生地であった場所の2タイプに分類し、各植生タイプから5地点、

合計 20 地点で採集を行った。

採集にはポリ塩化ビニル製のコア（直径 15cm）を用い、深さ 10cm まで底質に挿入し採集を行った。採集したサンプルはその場で 0.5mm メッシュの篩にかけ、残ったサンプルを 10%中性ホルマリン海水で固定した後、実験室に持ち帰った。持ち帰った動物サンプルはソーティング後、既存の情報で可能な分類群のレベルまで同定をおこない、各分類群について個体数を計数し、密度を算出した。またコアに入った海草サンプルはオーブンで乾燥後（80℃、24 時間）、重量を測定し、アマモの現存量を求めた。

またコアによる採集を行ったすぐ横で底質分析用に底質（各 300g）も採集した。持ち帰った試料は、110℃で乾燥させ、0.5、0.25、0.125、0.063 mm メッシュの篩にかけ粒度組成を求めた。0.063 mm メッシュの篩を通過した分画を泥とし、含泥率（63 μm 以下の分画の重量 / 総乾燥重量）を求めた。

解析

2009 年 5 月、8 月ごとに植生タイプ間の、海草の景観構造、底質および内在性ベントス群集の変異を明らかにするため、海草の現存量、底質の含泥率、および内在性ベントスの個体密度、出現分類群数、多様度指数（Simpson の多様度指数 $D = 1 - \sum p_i^2$ p_i は分類群 i の相対優占度を示す）を、植生タイプを固定因子とした one-way ANOVA により解析した。

また植生タイプ間および季節間の内在性ベントス群集の変異を明らかにするため、内在性ベントスの個体密度、出現分類群数、多様度指数を、植生タイプおよび季節を固定因子とした 2-way ANOVA により解析した。この解析には、2008 年 8 月の神岩における同様のデータも用いた。2008 年 8 月と 2009 年 8 月との比較、2009 年 5 月と 2009 年 8 月との比較を行うため、植生タイプは全て無植生、コアアマモ植生、アマモ植生にそろえて解析を行った。

有意差が検出された場合は、事後検定として Turkey の多重比較検定を行った。解析には SPSS 12.0J for Windows (SPSS Inc.)を使用した。

結果

アマモ場の景観構造

2009 年神岩で無人観測気球によるアマモ場の空中撮影をした結果、アマモ場の景観構造は調査時期によって大きく異なっていた。海草の種類は 2008 年と同じく、コアアマモとアマモが見られたが、5 月には両種とも小さなパッチを形成するのみで広い範囲が無植生地であったのに対し、8 月にはコアアマモ植生地が調査範囲の大部分を優占しており、アマモはわずかに点在するのみであった。上空より撮影した写真を GIS 上で幾何補正し、調査範囲内におけるアマモ植生とコアアマモ植生をあわせた面積を測定した結果、2008 年 8 月には 3397.22 m²だったのに対し、2009 年 8 月では 4148.46 m²と大きく変化していた。

2009 年 8 月における海草の現存量は、アマモ植生地で 232.12 g DW / m²、コアアマモ植生地で 118.62 g DW / m²とアマモ植生地で有意に高かった（図 4）。しかし含泥率は無植生地で 71.53%、コアアマモ植生地で 69.17%、アマモ植生地で 67.50%であり、植生タイプによる違いは見られなかった（図 5）。

内在性ベントスの群集構造

2009 年 5 月の調査では、総個体数 4780 のベントスが採集され、19 の分類群に分類されたが、そのうちの 9 割近くをイトゴカイ科が優占していた。それ以外ではサシバゴカイ科、ヨコエビ亜目、ホソウミニナの個体数が多かった。内在性ベントス群集の個体群密度は、アマモ植生、コアアマモ植生、無植生の順に多く、無植生におけるベントスの密度は他の 2 つよりも有意に低かった（図 6）。また分類群数も無植生で有意に低かったが（図 7）、多様度指数は、植生タイプによる違いは見られなかった（図 8）。

2009年8月の調査では、総個体数10465のベントスが採集され、18の分類群に分類された。5月と同様、イトゴカイ科を含む多毛類が8割を優占していたが、ワレカラ類、アミ類の個体数が大きく増加していた。ベントス群集の個体群密度、多様度指数は、植生タイプによる違いは見られなかった(図9、11)。分類群数に関しては、前年にも植生があったコアマモ植生における分類群数が無植生のものよりも有意に高かったが、それ以外に大きな差は見られなかった(図10)。特にコアマモ植生地に関して、前年の植生の有無はベントス群集の構造に影響を与えてはいなかった(図9、10、11)。

2009年5月、8月の調査におけるベントス群集の時空間変異に対する季節と植生の影響を解析した結果、個体群密度に関しては季節と植生タイプによる影響、分類群数に関しては植生タイプによる影響、多様度指数に関しては季節による影響があることが明らかとなった(図12、13、14、表1)

また2008年8月と2009年8月の調査におけるベントス群集の時空間変異に対する年と植生の影響を解析した結果、個体群に密度に対しては年の影響、分類群数に対しては年と植生タイプの交互作用による影響が、多様度指数に対しては年と植生タイプそれぞれによる影響があることが判明した(図12、13、14、表2)。

考察

本研究により、厚岸湖では季節および年によってアマモ場の景観構造が大きく変異していることが確認された。5月に無植生地が大きく広がっていた原因として、冬季の結氷の影響が推察される。その後アマモ場が徐々に回復し、8月には調査地の大部分をコアマモが優占し、無植生地やアマモ植生は非常に小さい状態に至ったと考えられる。そしてこのことが、内在性ベントス群集の個体密度や多様性に対する植生の効果が夏よりも春に大きかったことの原因であると推察される。

また今回GISを使った航空写真からのアマモ場の抽出では、コアマモとアマモを区別することが不可能であったが、サンプリング時の観察の様子では2008年と2009年では、アマモ場の景観構造は大きく異なっており、2008年は2009年に比べて明らかにコアマモの優占度が高かった(Whanpetch, personal observation)。このことが年によってベントス群集の個体密度や多様度が異なったことの一因になっていると考えられる。

内在性ベントス群集に影響を与える含泥率が植生タイプによって差が無いことについては、アマモ场景観の時空間変異が大きいことが、要因であると考察される。その結果他地域のアマモ場では見られたアマモ植生地と無植生地におけるベントスの群集構造の変異が、厚岸湖では明瞭に見られないと考えられる。

本研究により、ベントス群集に対する植生の影響は、アマモ場全体の変動様式に強く影響されることが示唆された。



図1. 調査位置図。厚岸湖神岩で気球による撮影およびベントスの採集をおこなった。



図2、神岩における空中写真 上：2009年5月の写真 下：2009年8月の写真
黒っぽく見えるのがアマモ場。

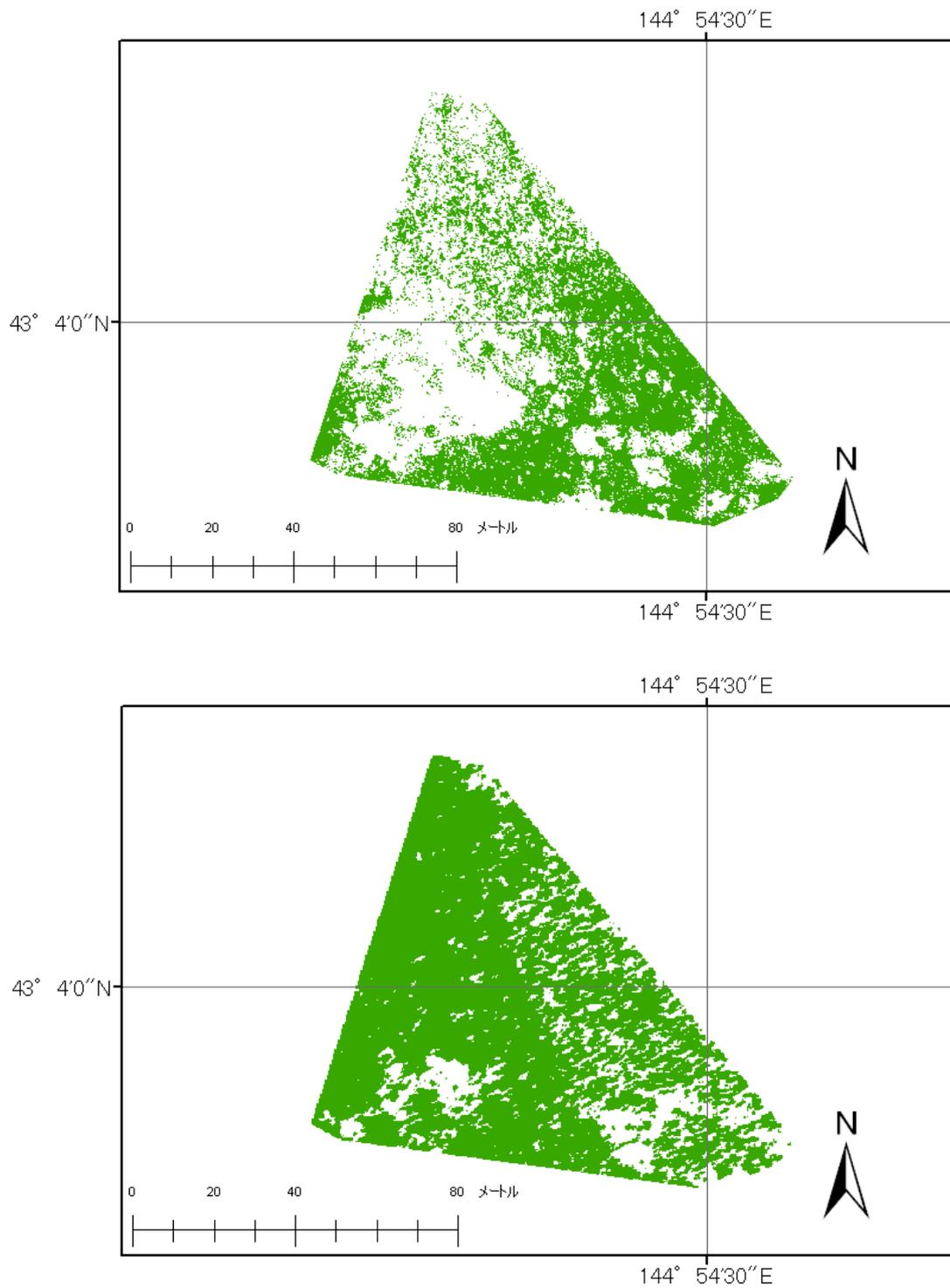


図3 神岩の調査範囲におけるアマモ植生抽出図 上：2008年8月、下：2009年8月

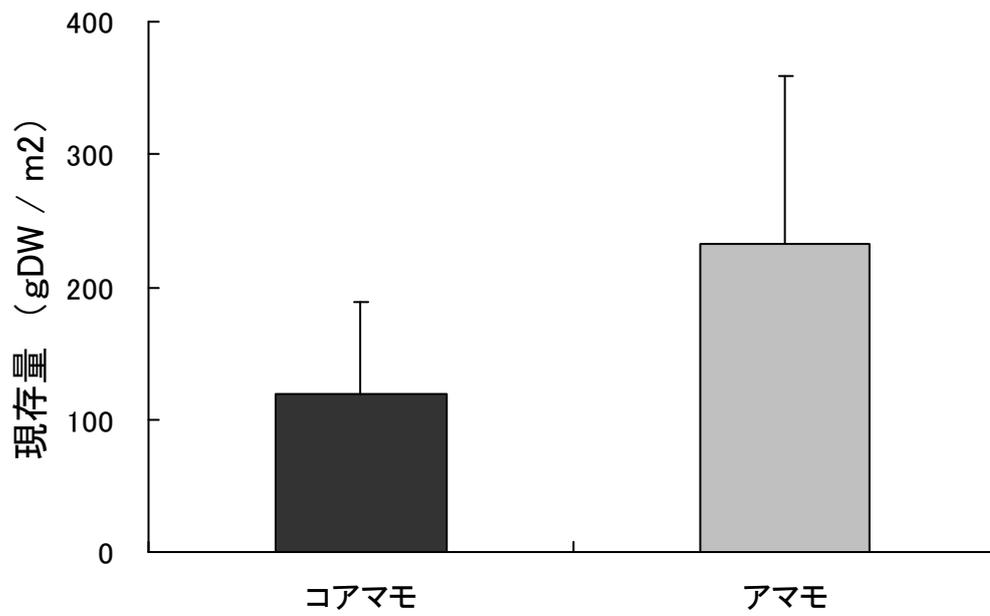


図4. 2009年8月のコアマモ植生地およびアマモ植生地における海草の現存量 アマモ植生地のほうがコアマモ植生地より有意に高かった ($p < 0.05$)。

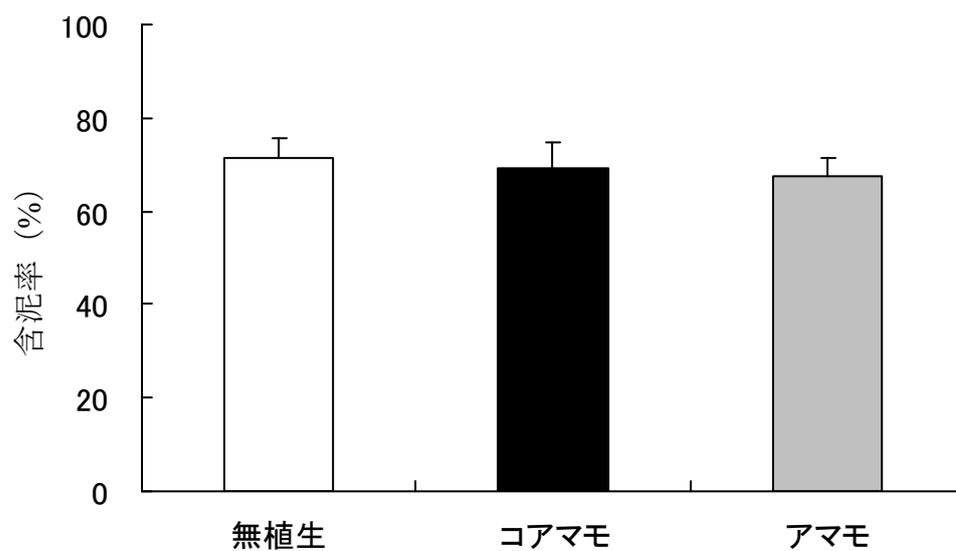


図 5. 2009 年 8 月の各植生タイプにおける含泥率 (%)。植生タイプによる有意な違いは見られなかった。

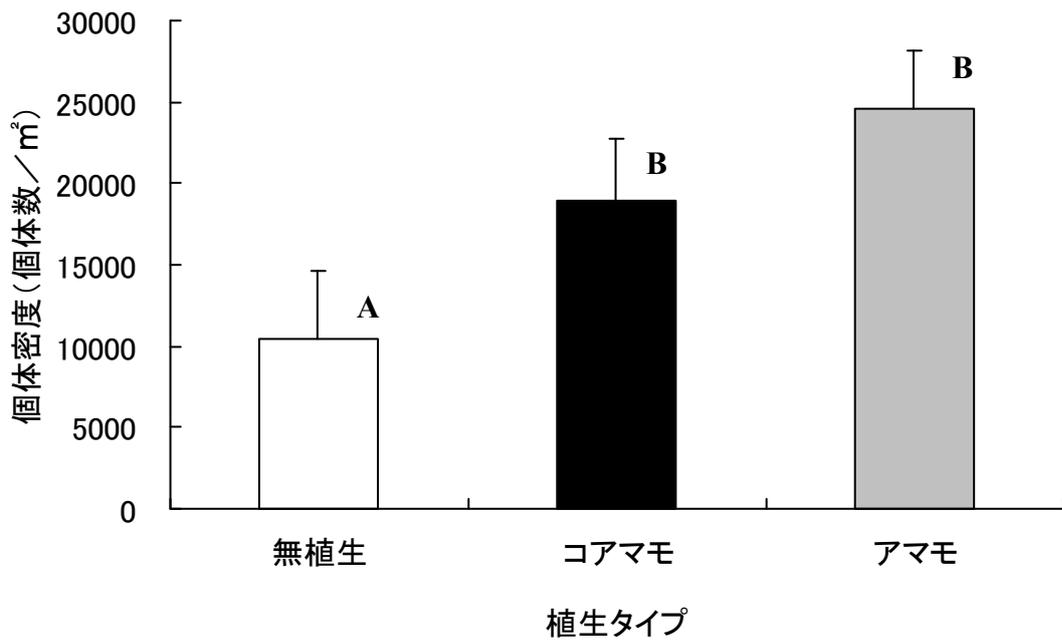


図6 2009年5月の各植生タイプにおけるベントス群集の個体密度。棒グラフ右上のアルファベットが異なるものは、有意な差があったことを示す (Turkey test, $p < 0.05$)。

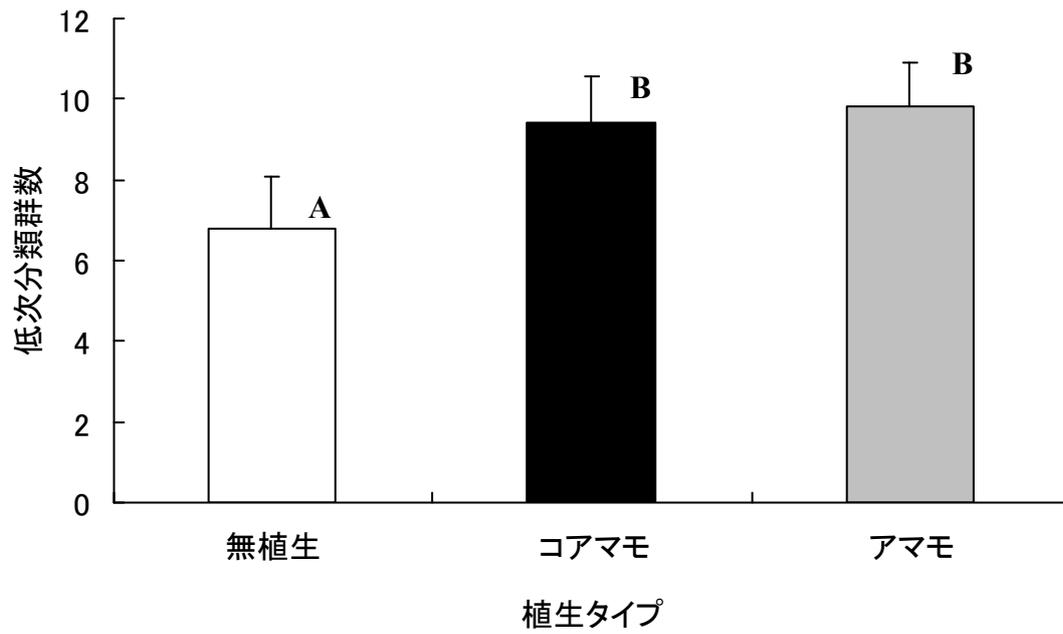


図 7. 2009 年 5 月の各植生タイプにおけるベントス群集の低次分類群数 棒グラフ右上のアルファベットが異なるものは、有意な差があったことを示す (Turkey test, $p < 0.05$)。

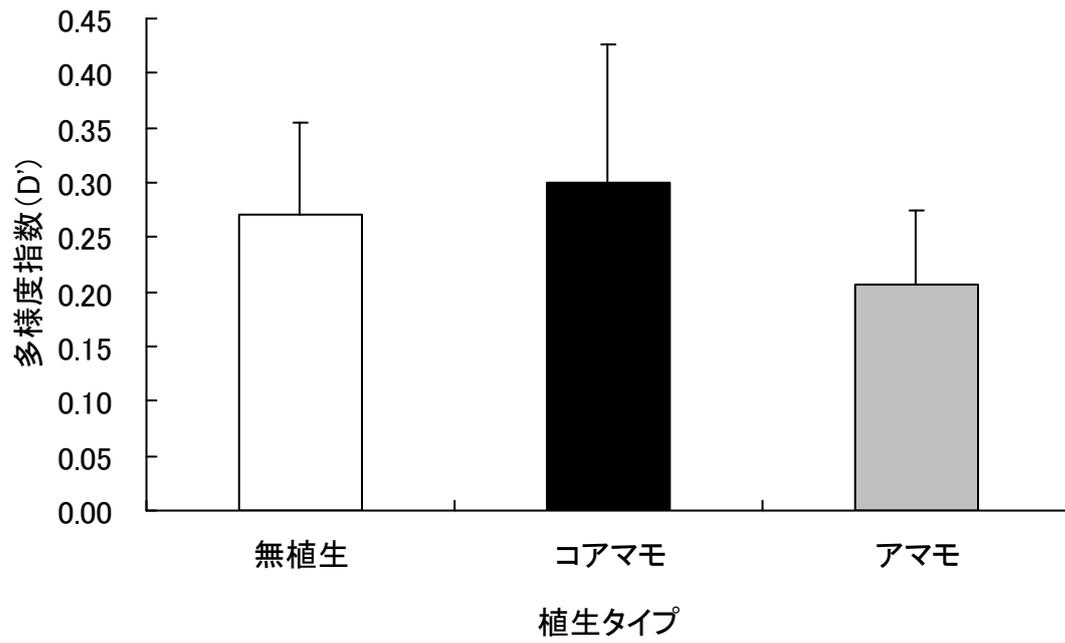


図 8. 2009 年 5 月の各植生タイプにおけるベントス群集の多様度（シンプソンの多様度指数）。グループ間に有意な差は無かった。

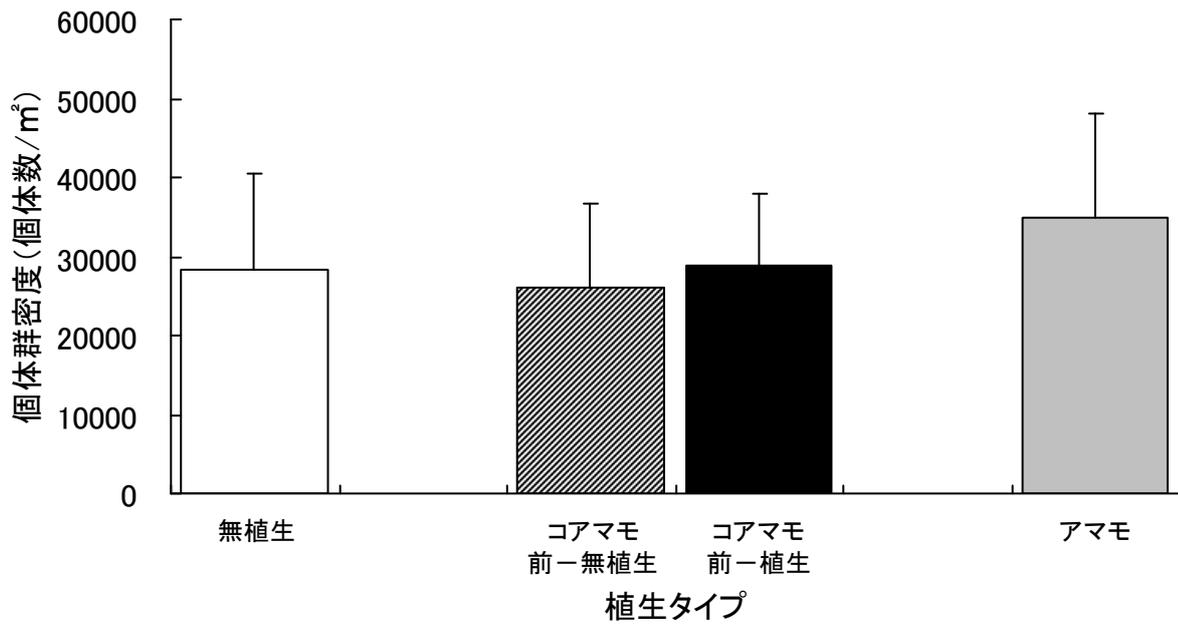


図9. 2009年8月における各植生タイプにおけるベントス群集の個体密度。グループ間に有意な差は無かった。

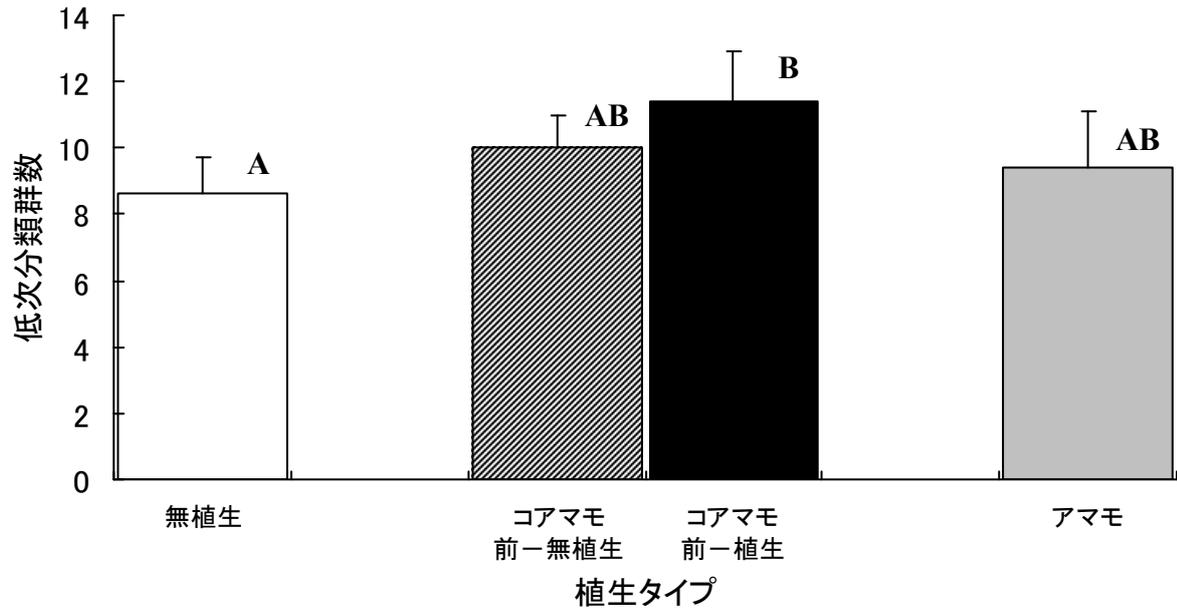


図 10 2009 年 8 月における各植生タイプにおけるベントス群集の低次分類群数。棒グラフの右上のアルファベットが異なるものは、有意な差があったことを示す (Turkey test, $p < 0.05$)。

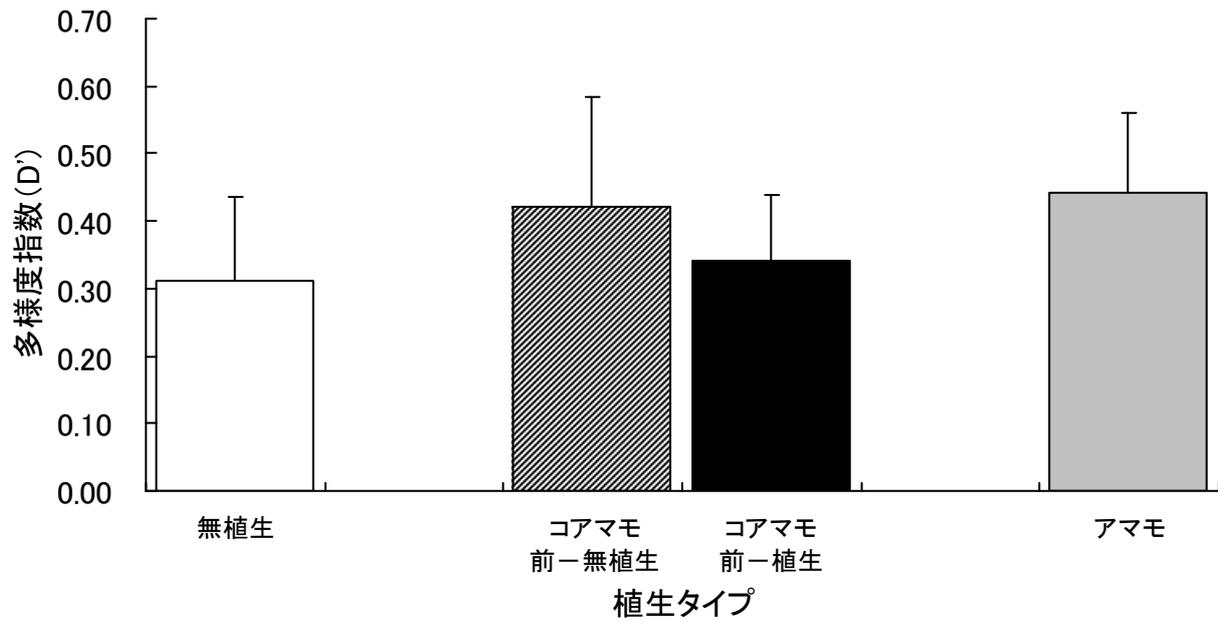


図 11 2009 年 8 月における各植生タイプにおけるベントス群集の多様度 (シンプソンの多様度指数)。グループ間に有意な差は無かった。

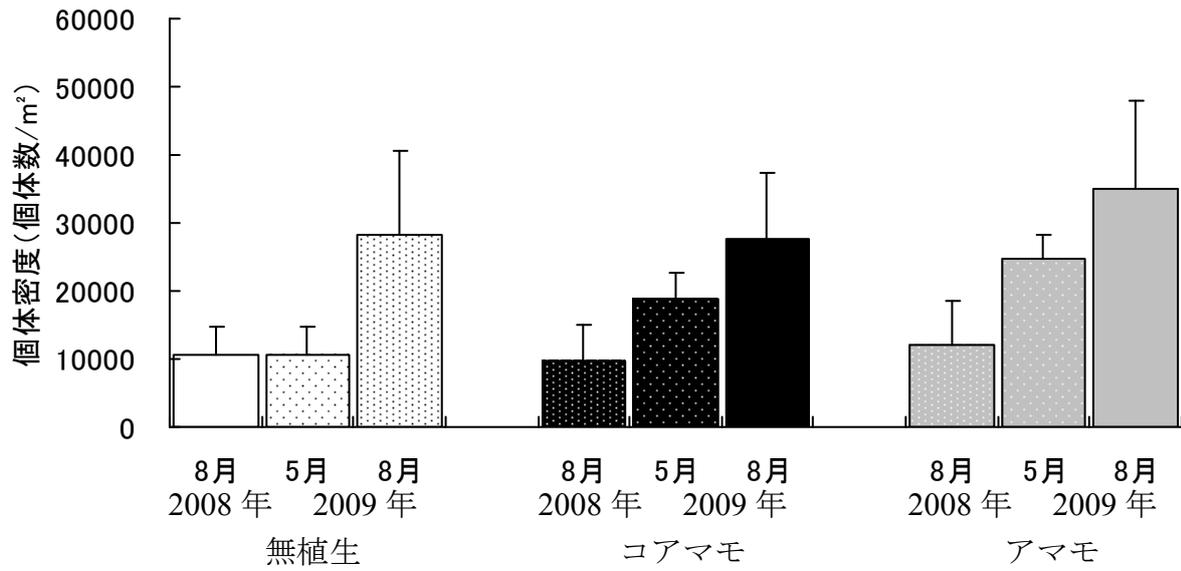


図 12 2008年8月、2009年5月および8月の各植生タイプにおけるベントス群集の個体密度。

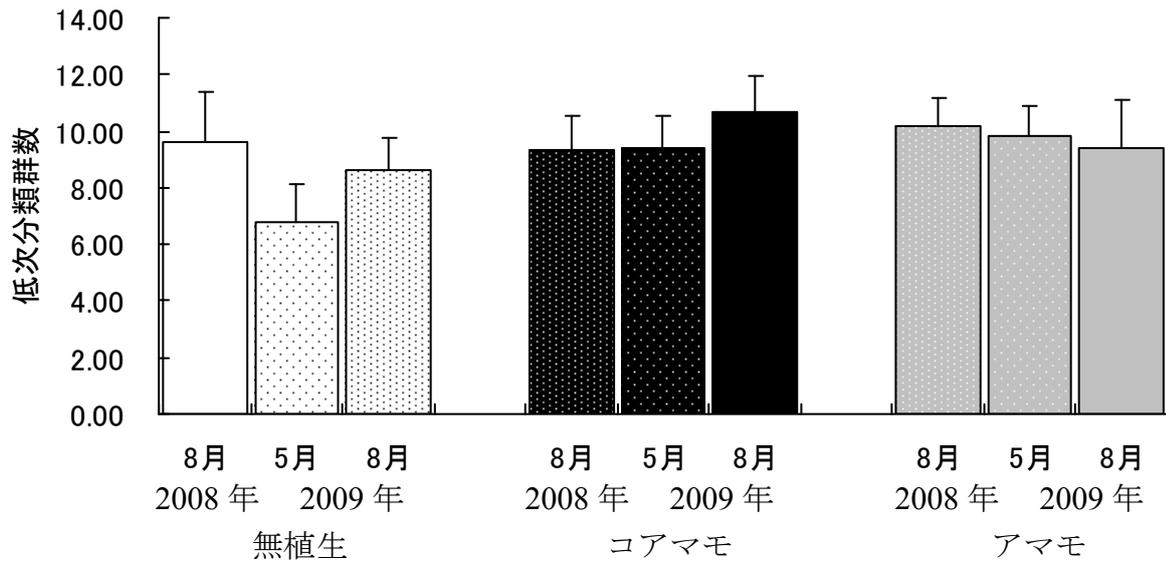


図 13 2008年8月、2009年5月および8月の各植生タイプにおけるベントス群集の低次分類群数。

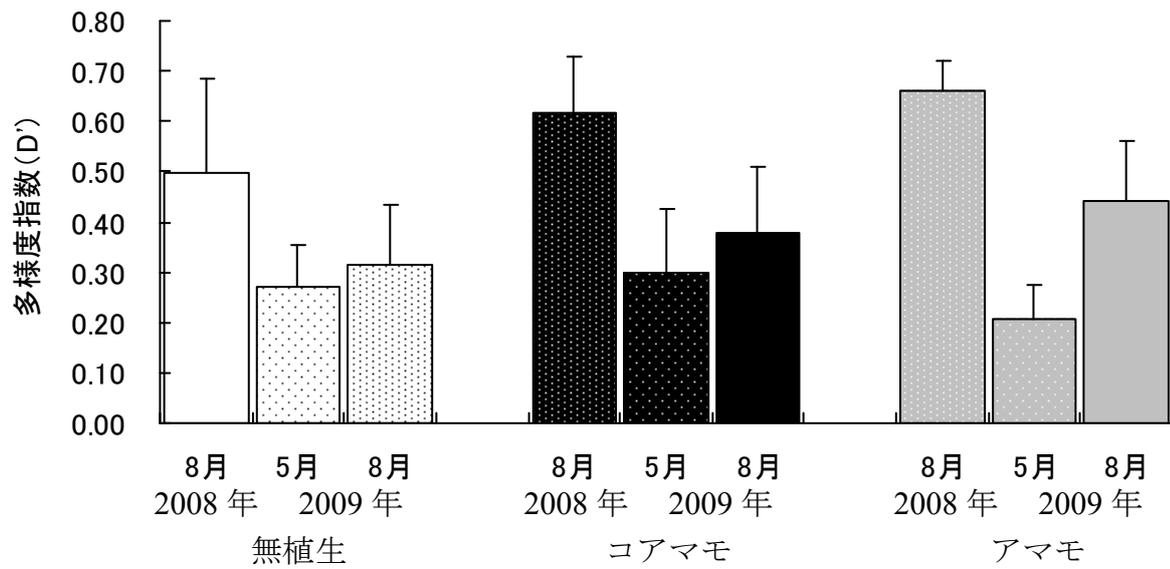


図 14 2008 年 8 月、2009 年 5 月および 8 月の各植生タイプにおけるベントス群集の多様度（シンプソンの多様度指数）。

表1 2009年5月および8月における内在性ベントスの個体数密度 (a)、低次分類群数 (b)、シンプソンの多様度指数 (c) の時空間変異に対する分散分析の結果

(a) Density

| Source of Variation | SS | df | MS | F | P |
|-------------------------|----------------|----|----------------|--------|----------------------|
| Month | 1225614403.152 | 1 | 1225614403.152 | 15.662 | 0.000*** |
| Vegetation type | 553965112.196 | 2 | 276982556.098 | 3.540 | 0.042** (無植生-アマモ) |
| Month * Vegetation type | 128199336.078 | 2 | 64099668.039 | 0.819 | 0.451 |

(b) Taxa richness

| Source of Variation | SS | df | MS | F | P |
|-------------------------|--------|----|--------|-------|------------------------------------|
| Month | 6.627 | 1 | 6.627 | 3.746 | 0.063 |
| Vegetation type | 33.730 | 2 | 16.865 | 9.534 | 0.001** (無植生-コアモモ) (無植生-アマモ) |
| Month * Vegetation type | 6.770 | 2 | 3.385 | 1.914 | 0.166 |

(c) Simpson's diversity index

| Source of Variation | SS | df | MS | F | P |
|-------------------------|-------|----|-------|-------|---------|
| Month | 0.116 | 1 | 0.116 | 8.705 | 0.006** |
| Vegetation type | 0.014 | 2 | 0.007 | 0.512 | 0.605 |
| Month * Vegetation type | 0.053 | 2 | 0.027 | 2.001 | 0.153 |

表2 2008年8月および2009年8月における内在性ベントスの個体数密度 (a)、低次分類群数 (b)、シンプソンの多様度指数 (c) の時空間変異に対する分散分析の結果

(a) Density

| Source of Variation | SS | df | MS | F | P |
|------------------------|----------------|----|----------------|--------|----------|
| Year | 4227147730.537 | 1 | 4227147730.537 | 63.368 | 0.000*** |
| Vegetation type | 208535724.545 | 2 | 104267862.273 | 1.563 | 0.221 |
| Year * Vegetation type | 60858948.578 | 2 | 30429474.289 | 0.456 | 0.637 |

(b) Taxa richness

| Source of Variation | SS | df | MS | F | P |
|------------------------|--------|----|-------|-------|--------|
| Year | 0.200 | 1 | 0.200 | 0.097 | 0.757 |
| Vegetation type | 6.724 | 2 | 3.362 | 1.633 | 0.207 |
| Year * Vegetation type | 15.181 | 2 | 7.590 | 3.686 | 0.033* |

(c) Simpson's diversity index

| Source of Variation | SS | df | MS | F | P |
|------------------------|-------|----|-------|--------|---------------------|
| Year | 0.514 | 1 | 0.514 | 32.099 | 0.000*** |
| Vegetation type | 0.146 | 2 | 0.073 | 4.548 | 0.016* (無植生-アマモ) |
| Year * Vegetation type | 0.006 | 2 | 0.003 | 0.174 | 0.841 |