

1. 調査課題

『藻場等の沿岸海域保全機能等の解明調査』

2. 実施機関及び担当者名

3 機関の共同体制により調査を行った。担当者は以下の通り。

社団法人 水産土木建設技術センター 石岡昇

北海道立中央水産試験場 櫻井泉, 津田藤典、

京都府海洋センター 和田洋藏、

3. 調査期間

平成14～16年度

4. 調査推進体制

下記の検討委員会を設置して、調査計画の検討、調査結果の取りまとめ等についての指導を受けて調査を実施した。

検討委員会名簿

(社)水産土木建設技術センター

区分	氏名	所属	役職
委員長	有賀 祐勝	東京農業大学	教授
委員	飯泉 仁	日本海区水産研究所	日本海海洋環境部長
委員	石丸 隆	東京水産大学	教授
委員	中田 英昭	長崎大学水産学部	教授
委員	吉田 吾郎	瀬戸内海区水産研究所 藻場干潟環境研究室	主任研究官

1. 概要

1. 目的

藻場や干潟は、様々な環境保全機能を持ち、生物生産活動の盛んな場所であり、水産資源にとっても非常に重要な場所である。

本調査では、海藻群落に関する既存知見や補足実験等により、藻場の重要な機能と考えられる「水質浄化」および「二酸化炭素の固定」の定量化のための方向性について検討を行い、「藻場造成」事業を行う際の便益算定に必要な資料を提供することを目的とする。

2. 調査の視点

本調査は、藻場の水質浄化機能および二酸化炭素の固定機能^{*1}(以下、「藻場の水質浄化機能等」)の特性を把握し、水質浄化効果等を定量的に計測する方法と必要な原単位について検討を行った。「藻場の水質浄化機能等」は、藻場の持つ様々な環境保全機能のひとつであることから、海藻(草)が海水などから無機栄養塩類や二酸化炭素を吸収し、植物体として固定することにより、周囲の海水や間隙水を浄化する能力を指すものとしてとらえることとした。業務の遂行にあたっての視点を、以下に示す。

[調査にあたっての視点]

- ・ 「藻場」の「環境保全機能」は多岐にわたり、藻場の「水質浄化機能」や「二酸化炭素固定機能」(以下、「藻場の水質浄化機能等」)は藻場の持つ機能のひとつである。
- ・ 「藻場の水質浄化機能等」は、様々な要素が絡み合っており構成されている。
単純には定量化する事は困難である。



◆ 「藻場の水質浄化機能等」の考え方

① 「藻場の水質浄化機能等」の考え方：

栄養塩類(窒素[N],リン[P])や二酸化炭素(炭素[C])を取り込み、海藻や海草として固定化する機能

② 対象とする藻場：

原則として、「造成藻場」とする

◆ 「藻場の水質浄化機能等」の定量評価方法検討のための方向性

原則として、「生物現存量を用いる解析手法」を基本とし、海藻および海草の現存量を算定根拠とする

◆ 「藻場の水質浄化機能等」の便益算定方法検討のための方向性

便益は、「代替法」により算定する

*1 二酸化炭素の固定機能：植物による二酸化炭素の吸収・固定・放出に関する定量評価は、現在研究が進められている大きな課題である。本業務は、藻場の水質浄化機能等の事業便益を定量的に評価するための業務であるため、現状技術で整理を進めることになる。このため、海藻・海草の炭素収支を把握することで、固定機能の定量的評価を確立することを目指す。

3. 調査工程

本調査は、平成14年度～平成16年度にかけて実施した。

表 I.1 に調査工程を示し、図 I.2 に調査全体の流れを示す。

表 I.1 調査工程

項目	平成14年度	平成15年度	平成16年度	担当
1) 既存知見の収集整理	 (補足)		事務局
2) 現地調査(藻場の各種機能の把握)				北海道 京都府
3) 定量化試験(分解過程の把握)				事務局
4) 藻場の水質浄化機能等の定量化手法の検討				事務局
5) 藻場の水質浄化機能等の便益算定方法の検討				事務局

4. 調査海域

図 I.1 に調査海域を示す。

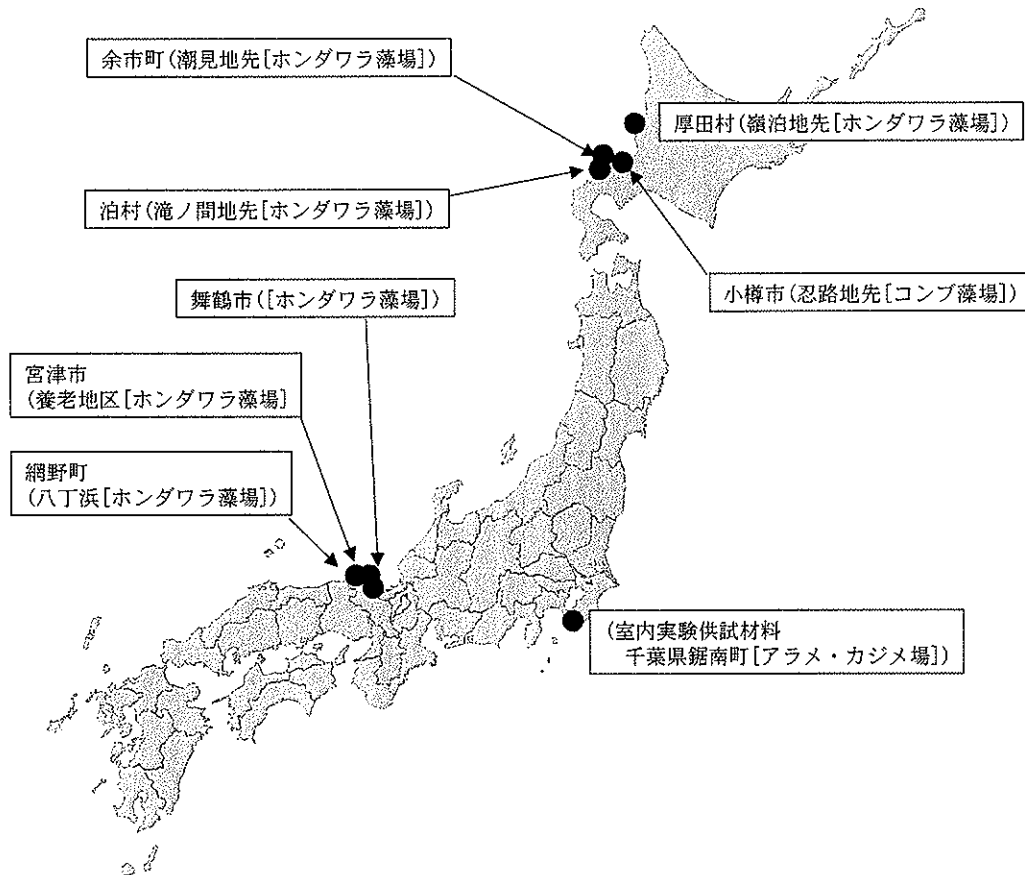


図 I.1 調査海域

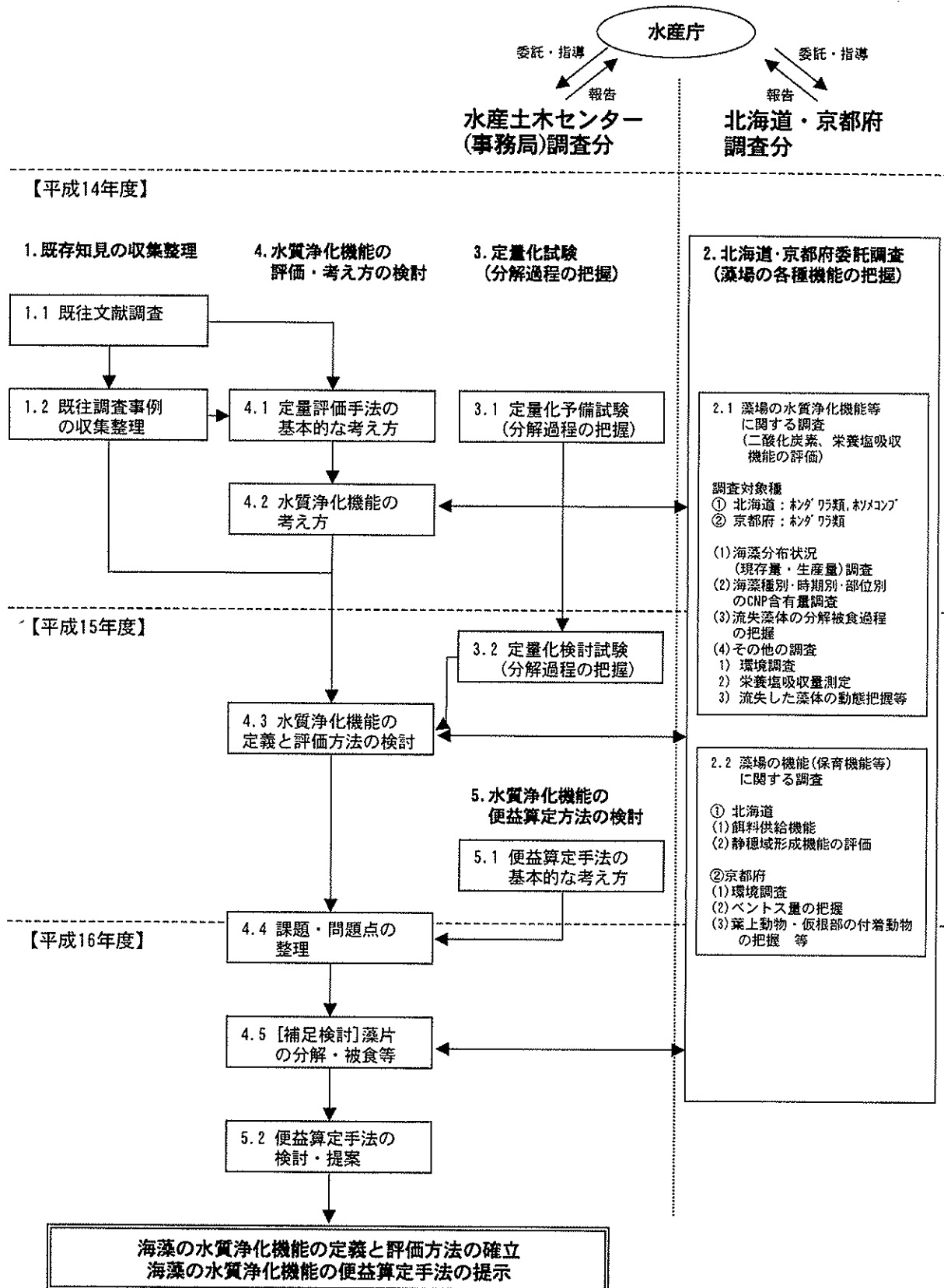


図 1.2 調査体制と調査全体の流れ(平成14年度～平成16年度)

5. 調査項目

表 I. 2 に実施項目を示す。

表 I. 2 実施項目と内容

項目	内容
1) 既存知見の収集整理	既存資料を用い、藻場を主要構成種で分類し、それぞれの特性を整理した。また、藻場の水質浄化機能等について整理を行い、それぞれの藻場について水質浄化機能の特性を整理した。これらの成果から、藻場の水質浄化効果等の定量化に必要な項目の抽出を行った。
2) 現地調査	<p>①北海道(平成14～16年度)</p> <p>(a) 藻場の水質浄化機能等に関する調査(炭素および栄養塩吸収機能の評価) 調査対象種：ホンダワラ類、ホソメコンブ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海藻分布状況(現存量・生産量)調査 ・海藻種別・時期別・部位別のCNP含有量調査 ・流失藻体の分解被食過程の把握 ・その他(環境調査、栄養塩吸収量測定) など <p>(b) 藻場の機能(保育機能等)に関する調査項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・餌料供給機能 ・静穏域形成機能の評価 など <p>②京都府(平成14～16年度)</p> <p>(a) 藻場の水質浄化機能等に関する調査(炭素および栄養塩吸収機能の評価) 調査対象種：ホンダワラ類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海藻分布状況(現存量・生産量)調査 ・海藻種別・時期別・部位別のCNP含有量調査 ・流失藻体の分解被食過程の把握 ・その他(環境調査、栄養塩吸収量測定、流失した藻体の動態把握 など) <p>(b) 藻場の機能(保育機能等)に関する調査項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・環境調査 ・ベントス量の把握 など
3) 室内試験	<p>①定量化予備実験(平成14年度)</p> <p>海藻類や海草類による水質浄化は、水中の栄養塩類を藻体・草体として固定化する機能として捉えることができる。しかし、固定化された栄養塩類は植食者による摂餌やバクテリアの分解作用により再び水中に放出される。水域浄化の観点からは、いったん藻体・草体に固定された栄養塩類は、長期間にわたり水中に回帰しないことが望ましい。</p> <p>ここでは、室内実験により、海藻や海草が枯死・分解していく過程を観察し、藻体・草体として固定されたC(炭素)およびN(窒素)の水中への回帰過程の把握を行った。</p> <p>②定量化検討試験(平成15年度)</p> <p>平成14年度に行った定量化予備実験の成果を参考にしつつ、藻場の水質浄化効果等の定量化を目指した実験を行った。</p>
4) 藻場の水質浄化機能等の定量化手法の検討	得られた成果をとりまとめ、藻場の「水質浄化機能」の定量化のための方向性について検討を行い、「藻場造成」事業を行う際の便益算定に必要な資料を提供した。
5) 藻場の水質浄化機能等の便益算定方法の検討	藻場の水質浄化効果等を評価するための計測方法や項目を基に、便益額算定等に必要な原単位の整理を目標とし、これらの手法を整理したマニュアル策定を目指した。

6. 成果(概要)

3ヶ年の調査の成果(概要)を以下に示す。

6.1. 調査の成果

(1) 既存知見の収集・整理

既存知見を収集・整理した結果、「藻場」をひとつの単位として「水質浄化」をまとめた研究事例は少なく、藻場を構成する海藻(草)種ごとに生息環境や栄養塩類の吸収、元素含有量もしくは含有率の測定、光合成(生産過程、二酸化炭素吸収等)などについて研究した事例が多かった。また、藻場の持つ水質浄化機能や二酸化炭素固定機能は、様々な環境保全機能のひとつであり、複雑な機能が相互に入り組んでいるため単純に定量化することが困難であった。そのため、本調査で使用するべき「藻場の水質浄化機能等」を定義したうえで、定量評価方法や便益算定方法を検討すべきと考えられた。

これらを考慮した結果、「藻場の水質浄化機能等」は、「海藻(草)が海水などから無機栄養塩類や(二酸化)炭素を吸収し、植物体として固定することにより、周囲の海水や間隙水を浄化する機能」を指すものとしてとらえることとした。定量評価方法は、原則として「生物現存量を用いる解析手法」により検討することとし、海藻および海草の現存量を算定根拠とした。そして、便益算定は「代替法」により検討することとした。

藻場の「水質浄化機能等」を評価するにあたり、緩衝器(バッファ)としての役割が重要と考えられた。海藻(草)の生長期は、海水中から炭素、窒素およびリンを吸収し、藻(草)体として固定する(生産過程)。その後、生産された海藻は、枯死・分解、体外排出、被食、流失などの経緯を経て分解され、海水中に炭素、窒素およびリンを放出する(分解過程)。一方、比較的分解しにくい部位や成分は炭素、窒素およびリンを固定した状態で保持される。このことから、年間を通して固体として存在する海藻(草)の現存量を整理し、評価を行う必要があると考えられた。

基本となる現存量を周年にわたって測定した事例は意外にも少なかった。また、海藻(草)の生産過程に関する知見は多いのに対し、分解過程に関する知見はほとんど得られなかった。このことから、屋外調査および室内実験により、不足する情報を入手することが必要となった。

(2) 現存量、生産量および元素含有量の把握

屋外調査(北海道・京都府)により、ホンダワラ藻場およびコンブ場の主要構成種の現存量、生産量、元素含有量などを月別に周年にわたって測定した。また、生産量を測定する過程において流失量を把握した。

現存量は年単位で増減を繰り返した。増減の範囲は海藻の部位によって異なり、ホンダワラ類の場合、葉、主枝、生殖器床は増減の幅が大きかった。炭素含有率は年間を通じて大きな増減は認められなかったが、窒素およびリン含有率は冬季に高く、夏～秋季にかけて低くなる傾向が認められた。

(3) 分解過程の把握

リターバッグ法(屋外調査：北海道・京都府)、室内分解法(室内実験：事務局[芙蓉海洋開発株式会社])による海藻分解試験を行い、時間経過に伴う海藻の分解過程を推測した。海藻の分解過程は、時間経過に伴う指数関数として整理し、分解定数を算出

した。

(4) 海藻の水質浄化機能の定義と評価方法の確立

海藻(草)による水質浄化機能等を、海藻(草)の周年にわたる現存量の変化から評価した。図 I.3 に模式図を示す。

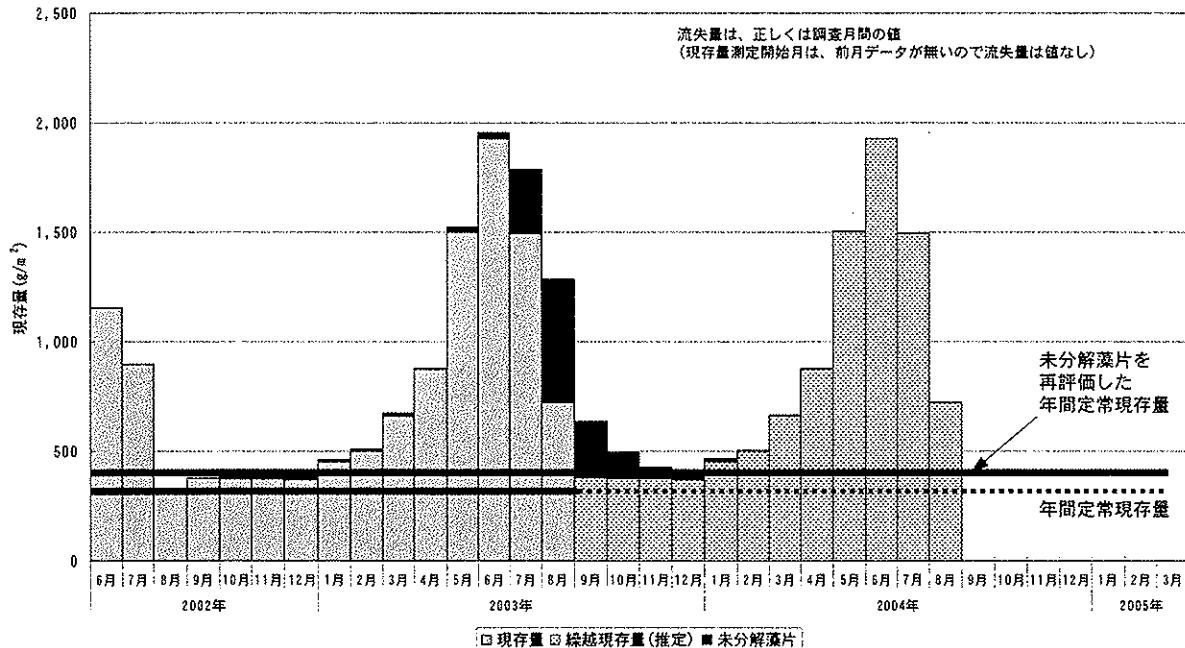


図 I.3 藻場構成種の現存量の変化と評価対象(年間定常現存量)

現地調査などにより、当該地の藻場主要構成種の月別現存量と流失量を周年にわたって把握した。最も少ない時期の現存量を「年間定常現存量」とした。この藻場では、年間定常現存量に相当する炭素(C)、窒素(N)およびリン(P)が周年、固定されていると考えられる。そこで、この値を評価対象とした。

しかし、CNPを固定した状態は未分解藻片でも当てはまるため、月別流失量に屋外調査と室内実験から得た分解過程を当てはめて、未分解藻片量を推定した。改めて、最も少ない時期の現存量+未分解藻片量の値を「再評価後の年間定常現存量」とし、この値を評価の対象とした。

年間定常現存量にCNP含有率を乗じ、CNP固定量を算出し、便益算定を行うこととした。

(5) 海藻の水質浄化機能の便益算定手法の提示

藻場の水質浄化機能等の便益は、「代替法」を用いて算定すべきと考えられた。

炭素は「二酸化炭素排出量取引費用」と「下水道処理費用」として算定し、窒素およびリンは「下水道処理費用」として算定すべきと考えられた。以上の検討をもとに、「藻場の水質浄化効果 便益算定指針」(素案)を作成した。

便益算定指針の原案を検討委員会に諮り、問題点の抽出、修正を行った。

Ⅲ. 現地調査及び室内実験

1. 北海道

1.1. はじめに

近年、藻場が海域保全に果たしている各種機能の重要性が再認識され、藻場を積極的に保全・造成していくことが社会的に要請されている。今後、藻場造成を展開していく上では、藻場の持つ環境保全機能を定量的に評価するとともに、藻場造成事業の経済性検討の際に必要な便益算定の基礎データ収集とその解析及び科学的知見の蓄積が課題となっている。

このような背景の中、北海道沿岸にはガラモ場と称されるホンダワラ類群落が広く形成され、これらがニシン *Clupea pallasii* やハタハタ *Arctoscopus japonicus* の産卵場になっていることが明らかにされてきた^{1,2)}。また、ガラモ場を含む藻場の葉上・葉間には小型甲殻類や巻貝類などの無脊椎動物が多数生息しており、これらが魚類幼稚仔の餌となっていることが報告されている^{3,4)}。さらに、藻場は淡水流入や栄養塩類の供給など陸域からの影響を強く受けつつ、これらを吸収することによって水質浄化を果たしているほか^{5,6)}、二酸化炭素の吸収・固定源として地球温暖化の緩和にも一役を担っている可能性も指摘されているが⁶⁾、このような藻場が持つ多面的機能に関しては定性的な評価に留まっているのが現状である。

そこで本調査は、環境と調和した水産基盤整備事業の推進を図るため、藻場が海域保全に果たす役割を定量化し、藻場造成事業に際し便益算定に使用可能なデータを収集することを目的として、藻場が持つ二酸化炭素・栄養塩吸収機能および魚類の保育場機能を定量評価した。

1.2. 二酸化炭素及び栄養塩吸収機能の評価

(1) 目的

本章では、北海道南西部沿岸の主要な藻場であるコンブ場及びガラモ場の二酸化炭素及び栄養塩吸収量を定量評価するための基礎資料を得ることを目的とする。

(2) 材料及び方法

1) ホソメコンブ群落の年間純生産量とCNP含有率の把握

2003年2月から2004年11月にかけて、小樽市忍路湾の湾央部と湾奥部で調査を実施した(図Ⅲ-1-2-1)。月1回、10個体程度に標識付けを行い、葉長の測定と葉基部から20cm(ないしは10cm)の位置に直径5mmの穴を開けて翌月に採集した。さらに、25cm×25cmの永久コドラートを群落内に設置し、個体数の把握を行うとともに、25cm×25cmの方形枠を用いて4枠の坪刈採集を実施した。採集した藻体は、葉長、葉幅、葉重量ならびに根茎重量を測定し、標識個体は葉基部から穴までの長さも測定した。また、乾燥重量への変換を目的として、各月10個体について80℃12時間の熱風乾燥後、乾重量を測定し、乾湿比を求めた。本種の年間純生産量は、流失量、末枯れ量ならびに早晩、枯死流失すると見込まれる終期現存量の合計値として以下の式により推定した。

$$P_n = S + W + B$$

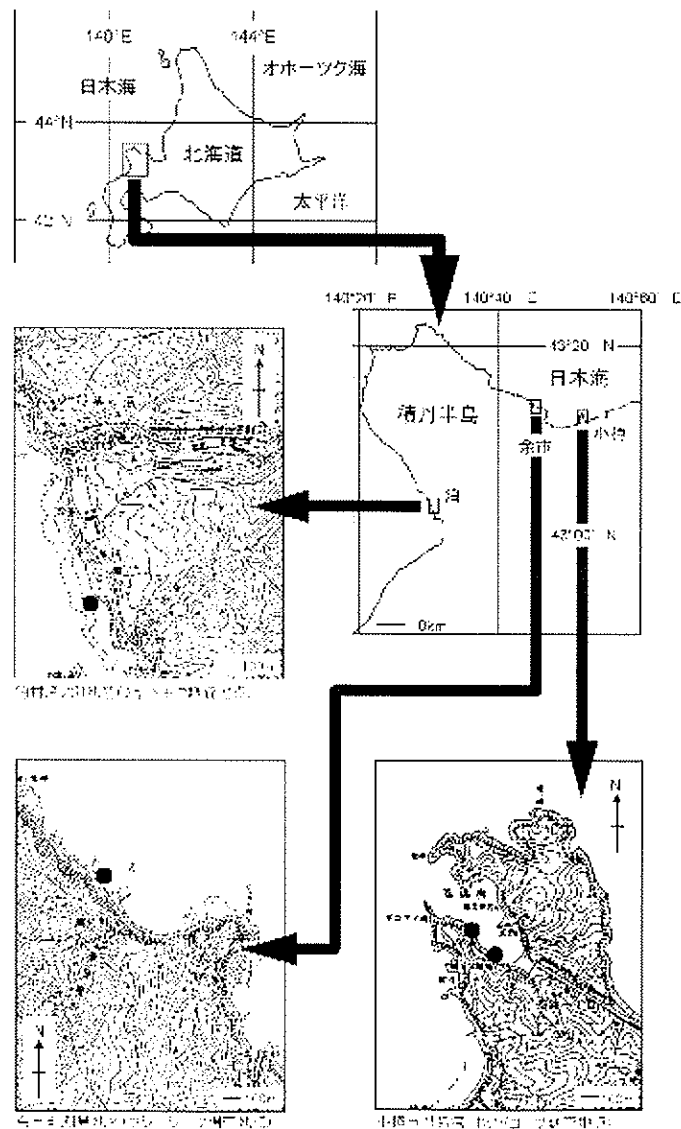
P_n : 年間純生産量, S : 流失量, W : 末枯れ量, B : n 年発芽群の終期現存量

$$S = \Sigma (W_n + W_{n+1}) / 2 \cdot (N_n - N_{n+1})$$

$$W = \Sigma \{ (B_{ln} + L_h) - B_{ln+1} \} \cdot (B_{wn} + B_{wn+1}) / 2 \cdot (T_n + T_{n+1}) / 2 \cdot (N_n + N_{n+1}) / 2$$

W_n : n月における藻体重量, W_{n+1} : n+1月における藻体重量
 N_n : n月における個体数, N_{n+1} : n+1月における個体数
 B_{ln} : n月における葉長, B_{ln+1} : n+1月における葉長
 L_h : n月からn+1月にかけての穴の移動距離 (真の生長量)
 B_{wn} : n月における葉幅, B_{wn+1} : n+1月における葉幅
 T_n : n月における肥大度 (葉重量 / 葉長 × 葉幅)
 T_{n+1} : n+1月における肥大度

また、炭素、窒素ならびにリン含有率の季節変化を把握するために、各月5個体について根茎部、葉下部 (葉移行部)、葉中部 (最大葉幅部)、葉上部の炭素および窒素含有率をCNHコーダーで、リン含有率をオートアナライザーで測定した。



図Ⅲ-1-2-1. 調査地点図 ● : 調査地点

2) ホソメコンブ流失藻体の被食分解過程の把握

2004年9月から11月にかけて、小樽市忍路湾の湾奥部で試験を実施した（図III-1-2-1）。ナイロン製のメッシュバッグ（目合い：10mm および 60mm，サイズ：30cm×40cm）の中に、ホソメコンブ 100g 湿重を入れ、海底および浮子によって中層に設置した。さらに、10個体の湿重量と乾燥重量を測定し乾湿比を求めた。メッシュバッグは、設置後1，2，4，6，8週間目に、蛸集していた底生生物とともに3袋ずつ回収した。回収した藻体は湿重量と乾重量，底生生物は種別に個体数と湿重量を測定した。

また、植食動物の摂食量と藻体の分解量に及ぼすメッシュバッグ（目合い 10mm と 60mm）の影響を定量化するために5つの試験区（試験区1：エゾアワビ区，試験区2：コシダカガンガラ区，試験区3：エゾバフンウニ区，試験区4：キタムラサキウニ区，試験区5：植食動物を入れない区）を設定し、室内試験で被食量及び分解量の把握を行った。各試験区では“メッシュバッグあり”（100g 湿重のホソメコンブをメッシュバッグの中に入れたもの）と“メッシュバッグなし”（100g 湿重のホソメコンブをそのまま水槽に入れたもの）を設定した。植食動物は1試験区あたり約100g 湿重とし、試験開始から1週間後に残存していた藻体を回収し、湿重量と乾重量を測定した。

流失藻体の分解量の推定に際しては、植食動物による被食の影響がないと考えられる中層に設置したメッシュバッグ内の藻体の分解量を室内試験（試験区5）によって得られた補正係数（＝“メッシュバッグなし”の分解量／“メッシュバッグあり”の分解量）を乗じて算出した。流失藻体の被食量の推定に際しては、1週間を単位として海底に設置したメッシュバッグに蛸集していた底生生物が1週間その場に居続けたと仮定し、蛸集現存量に室内試験によって得られた日間摂食量を乗じて算出した。

3) ホンダワラ群落の年間純生産量とCNP含有率の把握

2002年6月から2003年8月にかけて、北海道南西部に位置する余市町潮見地区のフシスジモク群落と泊村滝ノ澗地区のミヤベモク群落を対象に調査を実施した（図III-1-2-1）。月1回、25cm×25cmの方形枠を用いてフシスジモク群落から8枠，ミヤベモク群落から12枠の刈採集を実施した。採集したサンプルは枠ごとに藻体基部より10cmごとに切り分けた後，さらに部位別（付着器，茎，成熟および成熟終了主枝，未成熟主枝）に分けて，80℃12時間の熱風乾燥後，乾燥重量を測定した。ホンダワラ類の年間純生産量は，層別乾燥重量に基づいて生産構造図を作成し，その変化から枯死脱落量を推定する層別刈り取り法を用いて，以下の式により算出した。

$$P_n = W - B_1 + B_2$$

P_n ：年間純生産量

W ：年間枯死流失量

B_1 ： n 年調査開始時における n 年発芽主枝部分の現存量

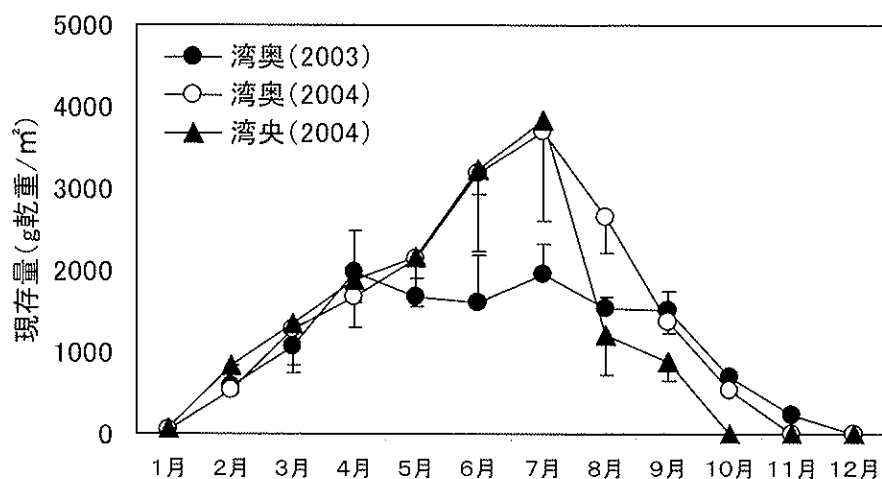
B_2 ： $n+1$ 年の調査終了時における $n+1$ 年発芽主枝部分と n 年発芽主枝部分の現存量

また、炭素，窒素ならびにリン含有率の季節的変化を把握するために，各月5個体について未成熟主枝ならびに成熟ないしは成熟（終了）主枝の炭素および窒素含有率をCHNコーダーで，リン含有率をオートアナライザーで測定した。

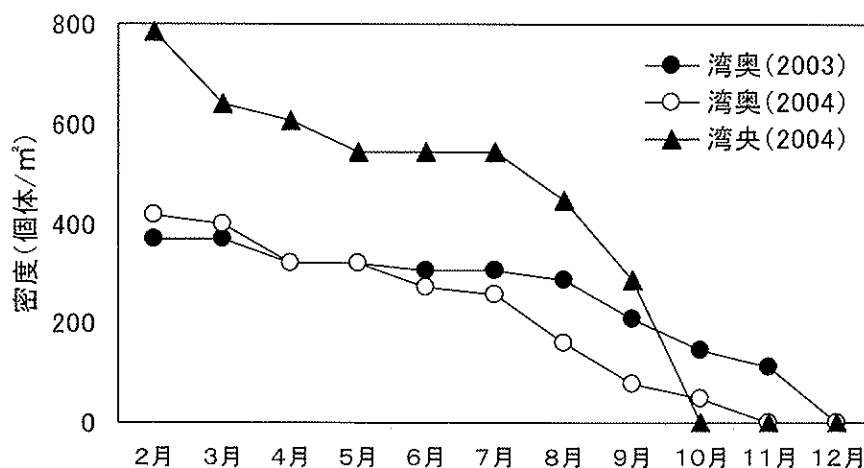
(3) 結果

1) ホソメコンブ群落の年間純生産量とCNP含有率の把握

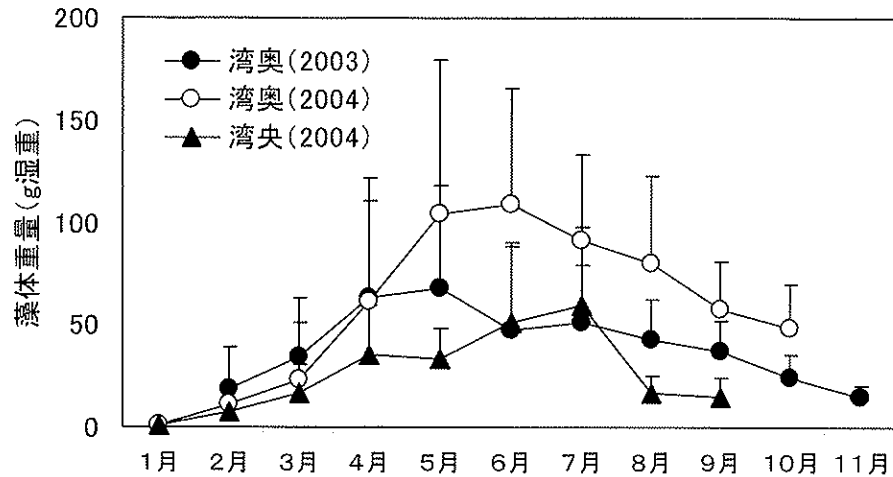
現存量 (図Ⅲ-1-2-2) は、2003年の湾奥部で4月に1,967g 乾重/m²で極大となり、9月以降、著しく減少した。2004年の湾奥部と湾央部では7月まで同様な推移を示し、それぞれ3,705、3,843g 乾重/m²で極大となった後、7月以降は減少し、特に湾央部で著しく減少した。群落内に設置した永久コドラート内の密度 (図Ⅲ1-2-3) は、2003年の湾奥部で2月の368 個体/m²から8月以降、顕著に減少し、群落は12月に消失した。2004年の湾奥部と湾央部で2月に、それぞれ416、784 個体/m²であり、湾央部で密度が高かった。7月以降、両地点ともに顕著な減少を示し、湾奥部では11月、湾央部では10月に群落が消滅した。藻体重量 (図Ⅲ-1-2-4) は、2003年の湾奥部では5月に68gで極大となった。2004年の湾奥部では6月に109g、湾央部では7月に60gで極大となった。藻体重量は、湾奥部で2003年よりも2004年の方が、2004年の両地点では湾奥部の方が大きかった。



図Ⅲ-1-2-2. ホソメコンブの現存量の季節変化

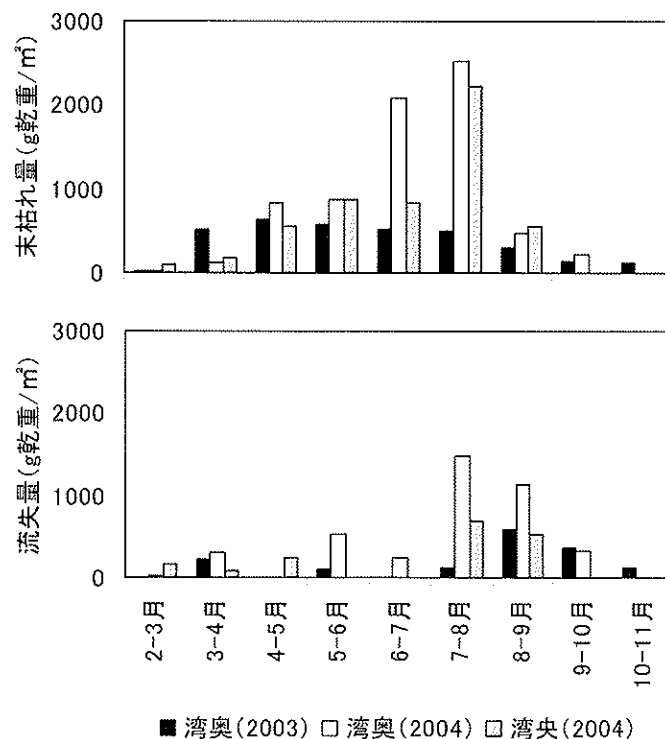


図Ⅲ-1-2-3. ホソメコンブの永久コドラート密度の季節変化

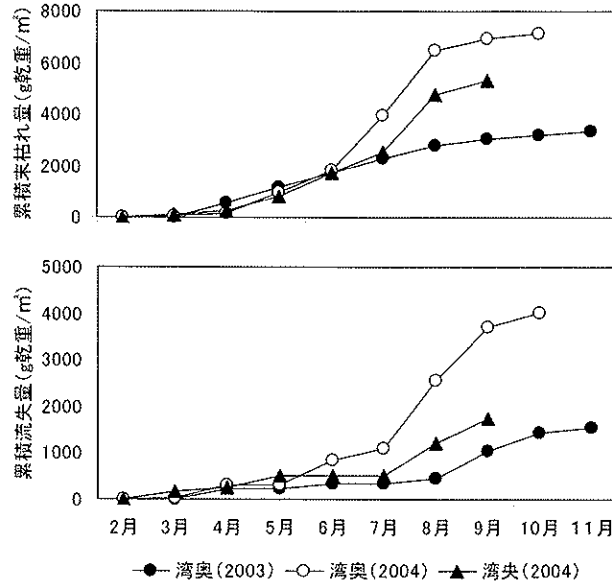


図Ⅲ-1-2-4. ホソメコンブの藻体重量の季節変化

月間末枯れ量（図Ⅲ-1-2-5）は、2003年の湾奥部で4月から5月に634g乾重/m²で最大となり、3月から8月にかけて多かった。2004年の湾奥部と湾中央部では、7月から8月に、それぞれ2,524, 2,231g乾重/m²となり、夏季に多かった。月間流失量（図Ⅲ-1-2-5）は、2003年の湾奥部で8月から9月に595g乾重/m²で最大となり、8月以降に多かった。2004年の湾奥部と湾中央部では、7月から8月に、それぞれ1473, 692g乾重/m²で最大となり、7月以降に多かった。累積末枯れ量（図Ⅲ-1-2-6）は、2003年の湾奥部で3,320g乾重/m²、2004年の湾奥部と湾中央部で、それぞれ7,171, 5,327g乾重/m²であった。累積流失量（図Ⅲ-1-2-6）は、2003年の湾奥部で1,537g乾重/m²、2004年の湾奥部と湾中央部で4,029, 1,735g乾重/m²であった。

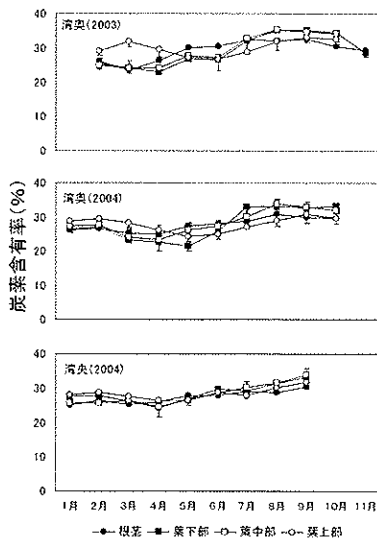


図Ⅲ-1-2-5. ホソメコンブの月間末枯れ量と流失量

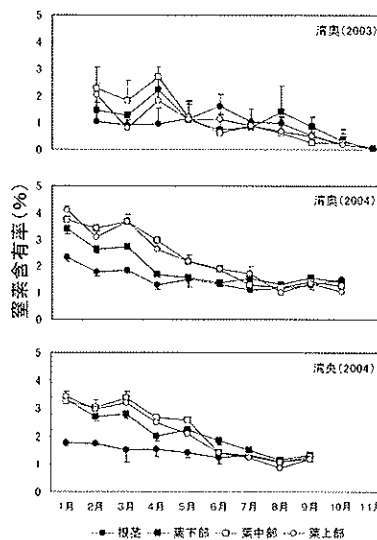


図Ⅲ-1-2-6. ホソメコンブの累積末枯れ量と流失量

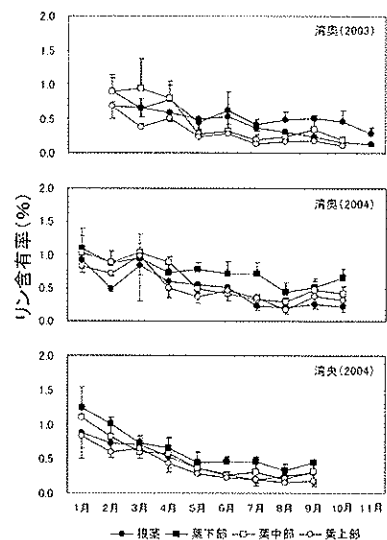
炭素含有率 (図Ⅲ-1-2-7) は、2003年の湾奥部で22.9~35.2% (平均:29.4%), 2004年の湾奥部と湾央部では、それぞれ21.5~33.9% (平均:28.0%), 24.3~34.0% (平均:28.1%)の範囲であり、季節的な変動は少なかった。窒素含有率 (図Ⅲ-1-2-8) は、2003年の湾奥部で0.1~2.7% (平均:1.0%), 2004年の湾奥部と湾央部で、それぞれ1.0~4.1% (平均:2.0%), 0.8~3.4% (平均:1.9%)の範囲であり、冬季から春季に高い傾向を示した。リン含有率 (図Ⅲ-1-2-9) は、2003年の湾奥部で0.1~0.9% (平均:0.4%), 2004年の湾奥部と湾央部で0.2~1.1% (平均:0.6%), 0.2~1.2% (平均:0.5%)の範囲であり、冬季から春季に高い傾向を示した。



図Ⅲ-1-2-7. ホソメコンブの部位別炭素含有率の季節変化



図Ⅲ-1-2-8. ホソメコンブの部位別窒素含有率の季節変化



図Ⅲ-1-2-9. ホソメコンブの部位別リン含有率の季節変化

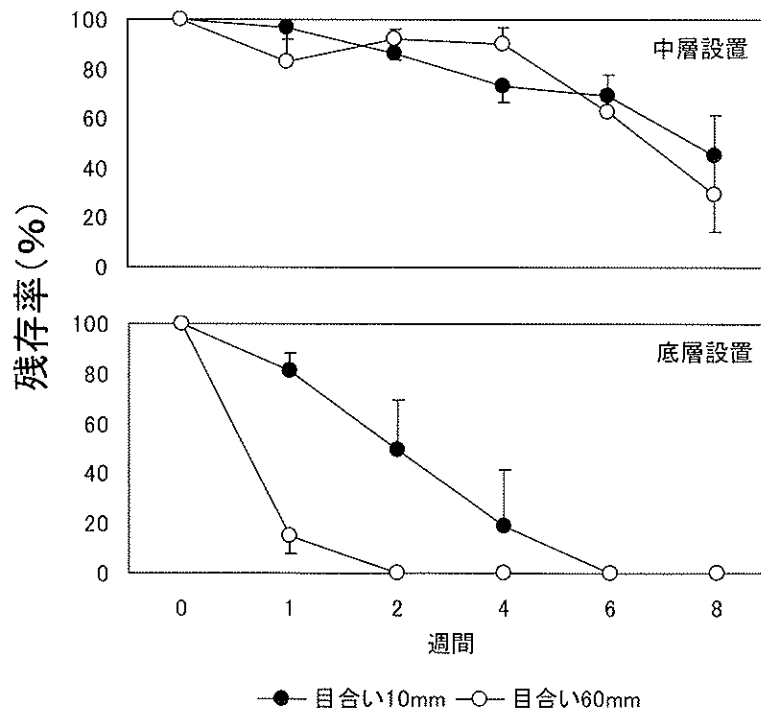
年間純生産量（表Ⅲ-1-2-1）は、早晚、枯死流失すると見込まれる2003年の湾奥部の11月、2004年の湾奥部の10月、湾中央部の9月の永久コドラート内の現存量が、それぞれ294、435ならびに937g乾重/m²であった。年間純生産量は、2003年の湾奥部、2004年の湾奥部と湾中央部で、それぞれ5,151、11,625ならびに7,998g乾重/m²と推定され、極大現存量に対する比は、2.6、3.1ならびに2.1であった。ホソメコンブの年間純生産量については、極大現存量の2～3倍と報告されている⁷⁾。本調査において、最大現存量に対する比は2.1～3.1となり、過去の報告とほぼ同じ範囲となった。2003年の湾奥部、2004年の湾奥部と湾中央部の年間純生産量を炭素、窒素ならびにリンの平均含有率を用いて、各元素量に変換すると、炭素量でそれぞれ1,514、3,255、2,247g-C/m²、窒素量でそれぞれ52、233、152g-N/m²、リン量でそれぞれ21、70、40g-P/m²となった。

表Ⅲ-1-2-1. ホソメコンブの年間純生産量の推定結果

	累積流失量 (g乾重/m ²)	累積末枯れ量 (g乾重/m ²)	終期現存量 (g乾重/m ²)	年間純生産量 (g乾重/m ²)	年間純生産量 /最大現存量	年間純生産量 (炭素量)g-C/ m ²	年間純生産量 (窒素量)g-N/ m ²	年間純生産量 (リン量)g-P/m ²
湾奥(2003年)	1,537	3,320	294	5,151	2.6	1,514	52	21
湾奥(2004年)	4,029	7,171	435	11,625	3.1	3,255	233	70
湾中央(2004年)	1,735	5,327	937	7,998	2.1	2,247	152	40

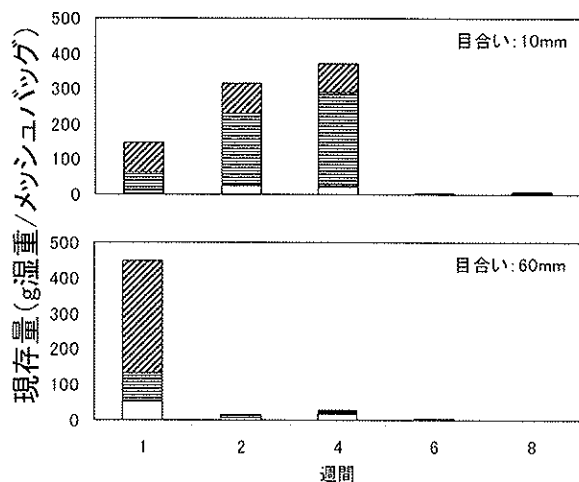
2) ホソメコンブ流失藻体の被食分解過程の把握

中層に設置したメッシュバッグの1、2、4、6、8週間後の藻体残存率（図Ⅲ-1-2-10）は、目合い10mmで、それぞれ96.5、86.4、73.3、69.0、44.8%、目合い60mmで、それぞれ82.7、92.3、90.1、63.0、29.6%となった。海底に設置したメッシュバッグの藻体残存率（図Ⅲ-1-10）は、目合い10mmでは設置後6週間、目合い60mmでは設

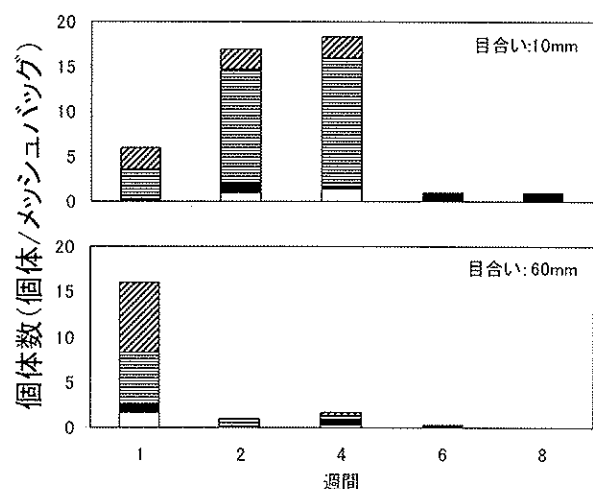


図Ⅲ-1-2-10. 中層及び海底に設置したメッシュバッグの藻体残存率

置後2週間で消失した。メッシュバッグに蠕集していた底生生物の現存量（図Ⅲ-1-2-11）は、目合い10mmでは4週間後まで現存量が高く、エゾアワビが0.0~25.4g 湿重/メッシュバッグ、コシダカガンガラが1.2~3.4g 湿重/メッシュバッグ、エゾバフンウニが62.1~267.1g 湿重/メッシュバッグ、キタムラサキウニで80.9~83.4g 湿重/メッシュバッグであり、6週間目以降、蠕集していた底生生物の現存量は僅かであった。目合い60mmでは1週間のみ現存量が高く、エゾアワビが52.1g 湿重/メッシュバッグ、コシダカガンガラが2.4g 湿重/メッシュバッグ、エゾバフンウニが78.6g 湿重/メッシュバッグ、キタムラサキウニが316.3g 湿重/メッシュバッグであった。蠕集していた底生生物の個体数（図Ⅲ-1-2-12）は、目合い10mmでは4週間後、目合い60mmでは1週間後まで多く、目合い10mmではエゾバフンウニが、目合い60mmではキタムラサキウニが優占していた。



□エゾアワビ ■コシダカガンガラ 目 エゾバフンウニ 斜線 キタムラサキウニ

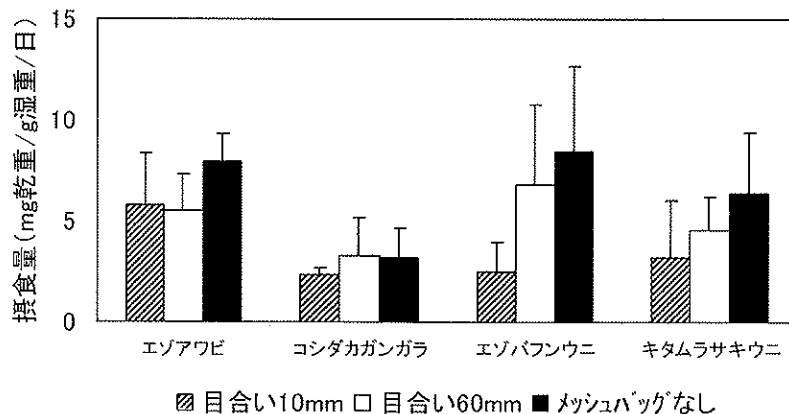


□エゾアワビ ■コシダカガンガラ 目 エゾバフンウニ 斜線 キタムラサキウニ

図Ⅲ-1-2-11. メッシュバッグに蠕集した底生生物の現存量

図Ⅲ-1-2-12. メッシュバッグに蠕集した底生生物の個体数

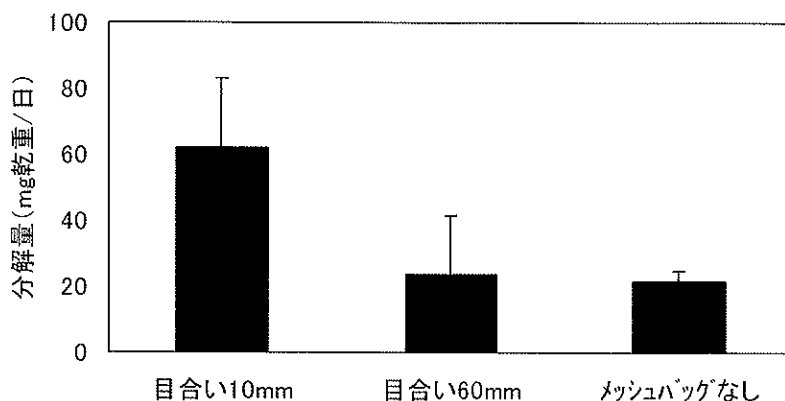
各試験区の日間摂食量（図Ⅲ-1-2-13）は、エゾバフンウニとキタムラサキウニでは、“メッシュバッグなし”が最も高く、それぞれ8.4、6.4 mg 乾重/g 湿重/日であった。目合いが細くなるにつれて摂食量は低下した。エゾアワビは“メッシュバッグなし”で7.9mg 乾重/g 湿重/日と高かったが、目合い60mmと目合い10mmでは、摂食量に差



斜線 目合い10mm □ 目合い60mm ■ メッシュバッグなし

図Ⅲ-1-2-13. 底生生物の日間摂食量

がほとんどなかった。コシダカガンガラは、“メッシュバッグなし”，目合い 60mm ならびに目合い 10mm で、それぞれ 3.2, 3.3, 2.3mg 乾重/g 湿重/日となり差は僅かであった。植食動物を入れない試験区における藻体の日間分解量（図Ⅲ-1-2-14）は，“メッシュバッグなし”，目合い 60mm ならびに目合い 10mm で、それぞれ 21.6, 23.5, 62.0mg 乾重/日であり、目合い 10mm では影響が認められるが、目合い 60mm では影響は僅かと考えられた。



図Ⅲ-1-2-14. 藻体の日間分解量

中層に設置した目合い 10mm の藻体残存率に補正係数を乗じて推定したホソメコンブ流失藻体の 1, 2, 4, 6, 8 週間後の分解率（表Ⅲ-1-2-2）は、それぞれ 1.3, 4.9, 9.3, 11.1, 19.5%と推定された。海底に設置した目合い 60mm の蛸集動物量を用いて推定した流失後 1 週間の被食率（表Ⅲ-1-2-3）は、96.5%と推定された。また、被食量に占める割合は、エゾアワビが 13.3%，コシダカガンガラが 0.5%，エゾバフンウニが 21.1%，キタムラサキウニが 65.1%と推定された。このことから、流失後 1 週間の分解率は 1.3%，被食率は 96.5%，残存率は 2.2%と推定され、ホソメコンブは流失後 1 週間でその殆どが被食によって消失するものと考えられた。

表Ⅲ-1-2-2. ホソメコンブ流失藻体の推定分解率

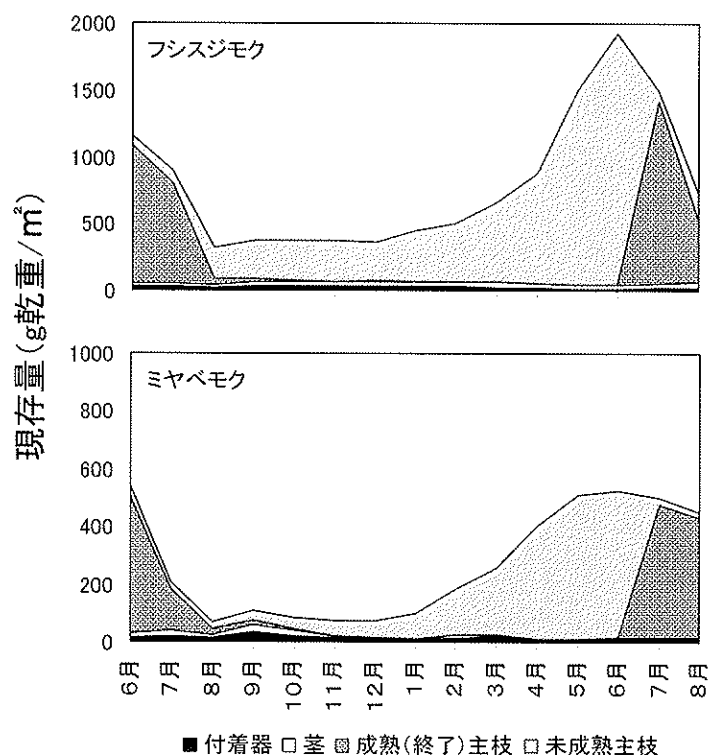
	目合い10mmの分解量 (g 乾重/メッシュバッグ/週)	流失藻体の分解量 [推定値] (g 乾重/メッシュバッグ/週)	流失藻体の分解率 [推定値] (%)
1 週間後	0.8	0.3	1.3
2 週間後	3.1	1.1	4.9
4 週間後	6.0	2.1	9.3
6 週間後	7.0	2.5	11.1
8 週間後	12.5	4.4	19.5

表Ⅲ-1-2-3. ホソメコンブ流失藻体の推定被食率

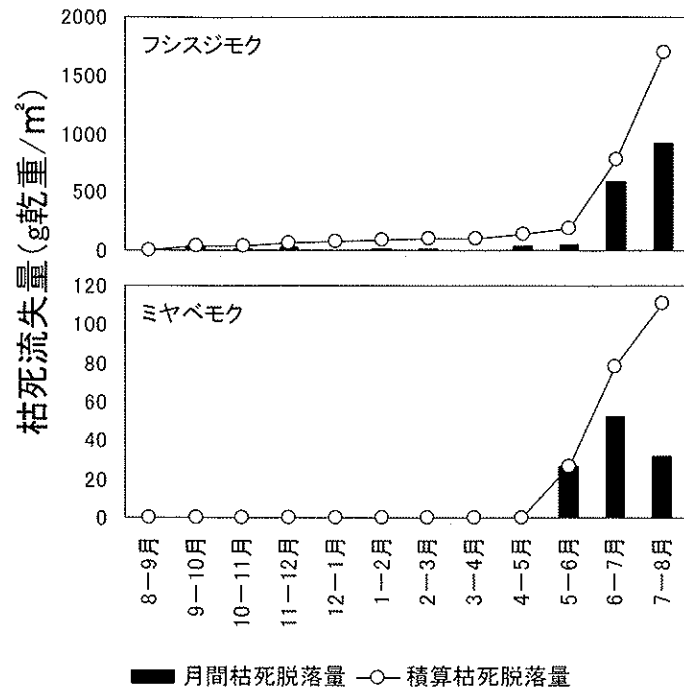
	現存量 (g湿重/メッシュ ¹ ヲガ)	日間摂食量 (mg乾重/g湿重/日)	流失藻体の週間被食量 【推定値】 (g乾重/メッシュ ¹ ヲガ/週)	流失藻体の被食率 【推定値】 (%)	被食量に占める割合 【推定値】 (%)
エゾアワビ	52.1	7.9	2.9	12.8	13.3
コシダカガンガラ	2.4	3.2	0.1	0.5	0.5
エゾバフンウニ	78.6	8.4	4.6	20.4	21.1
キタムラサキウニ	316.3	6.4	14.2	62.8	65.1
計	449.4	—	21.8	96.5	100.0

3) ホンダワラ群落の年間純生産量とCNP含有率の把握

フシスジモクとミヤベモクの部位別現存量 (図Ⅲ-1-2-15) は、2003年6月に、それぞれ1,926, 524g 乾重/m²で極大となった。現存量に占める割合は主枝部分が高く、附着器と茎の割合は僅かであった。附着器と茎部分の現存量に占める割合は低く、多年生部位であることから、附着器・茎部分における年間の生産量は、主枝部分と比べて僅かであることが示唆された。2002年8月から2003年8月のフシスジモクとミヤベモクの主枝部分における累積枯死流失量 (図Ⅲ-1-2-16) は、それぞれ1,698, 111g 乾重/m²と推定された。

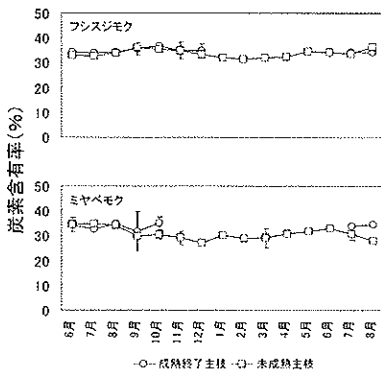


図Ⅲ-1-2-15. フシスジモクとミヤベモクの部位別現存量の季節変化

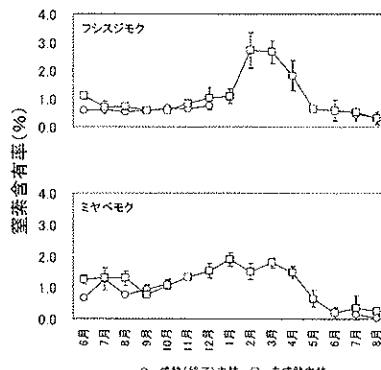


図Ⅲ-1-2-16. フシスジモクとミヤベモクの枯死流失量

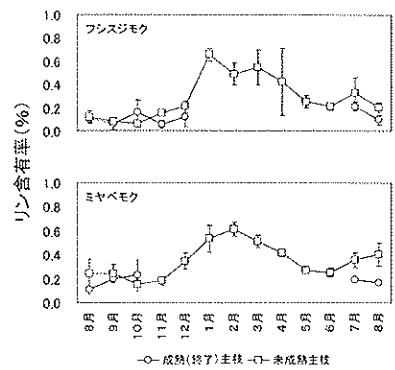
炭素含有率（図Ⅲ-1-2-17）は、フシスジモクとミヤベモクの成熟（終了）主枝で、それぞれ 33.8～36.8%，31.7～35.2%，未成熟主枝で、それぞれ 31.3～36.2%，27.0～34.8%の範囲となり、季節的な変動は少なかった。また、生産量の推定期間である2002年8月から2003年8月における主枝部分の平均含有率は、それぞれ 34.2，31.3%であった。窒素含有率（図Ⅲ-1-2-18）は、フシスジモクとミヤベモクの成熟（終了）主枝で、それぞれ 0.3～0.7%，0.1～1.3%，未成熟主枝で、それぞれ 0.3～2.7%，0.2～1.9%の範囲で変動し、未成熟主枝で冬季から春季に高かった。また、2002年8月から2003年8月における主枝部分の平均含有率は、ともに 0.9%であった。リン含有率（図Ⅲ-1-2-19）は、フシスジモクとミヤベモクの成熟（終了）主枝で、ともに 0.1～0.2%，未成熟主枝で、それぞれ 0.1～0.7%，0.2～0.5%の範囲で変動し、未成熟主枝で冬季から春季に高かった。また、主枝部分の平均含有率は、それぞれ 0.2，0.3%であった。



図Ⅲ-1-2-17. フシスジモクとミヤベモクの炭素含有率の季節変化



図Ⅲ-1-2-18. フシスジモクとミヤベモクの窒素含有率の季節変化



図Ⅲ-1-2-19. フシスジモクとミヤベモクのリン含有率の季節変化

フシスジモクとミヤベモクの年間純生産量（表Ⅲ-1-2-4）は、フシスジモクで調査開始時の2002年発芽主枝の現存量が238g 乾重/m²、調査終了時の主枝現存量が664g 乾重/m²であることから、2124g 乾重/m²と推定され、極大現存量に対する比は1.1であった。ミヤベモクでは、調査開始時の主枝現存量が24g 乾重/m²、調査終了時の主枝現存量が438g 乾重/m²であることから、年間純生産量は525g 乾重/m²と推定され、極大現存量に対する比は1.0であった。フシスジモクにおける年間純生産量は極大現存量の1.1倍と報告されており⁸⁾、本調査においても同様な値を示した。フシスジモクとミヤベモクの年間純生産量を炭素、窒素ならびにリンの平均含有率を用いて、各元素量に変換すると、炭素量でそれぞれ726, 164 g-C/m²、窒素量でそれぞれ19, 5g-N/m²、リン量でそれぞれ4, 2g-P/m²となった。

表Ⅲ-1-2-4. フシスジモクとミヤベモクの年間純生産量の推定結果

	累積枯死流失量 (g乾重/m ²)	調査開始時の2002年 発芽主枝の現存量 (g乾重/m ²)	調査終了時の 主枝現存量 (g乾重/m ²)	年間純生産量 (g乾重/m ²)	年間純生産量 /最大現存量	年間純生産量 (炭素量)g-C/ m ²	年間純生産量 (窒素量)g-N/ m ²	年間純生産量 (リン量)g-P/m ²
フシスジモク	1,698	238	664	2,124	1.1	726	19	4
ミヤベモク	111	24	438	525	1.0	164	5	2

(4)まとめ

北海道南西部沿岸の主要な藻場であるコンブ場及びガラモ場を対象として、二酸化炭素および栄養塩吸収量の評価に際しての基礎資料を得た。得られた結果は、以下のとおりである。

- 1) ホソメコンブ群落の現存量は、2003年の湾奥部で4月に1,967g 乾重/m²、2004年の湾奥部と湾中央部で、7月にそれぞれ3,705, 3,843g 乾重/m²で極大となった。
- 2) ホソメコンブの炭素含有率は季節的な変動は少なく、窒素およびリン含有率は冬季から春季に高い傾向を示した。
- 3) ホソメコンブ群落の年間純生産量は、2003年の湾奥部で5,151g 乾重/m²、2004年の湾奥部と湾中央部で、それぞれ11,625, 7,998g 乾重/m²と推定され、極大現存量に対する比は、それぞれ2.6, 3.1, 2.1であった。2003年の湾奥部、2004年の湾奥部と湾中央部の年間純生産量は、炭素量で、それぞれ1,514, 3,255, 2,247g-C/m²、窒素量で、それぞれ52, 233, 152g-N/m²、リン量で、それぞれ21, 70, 40g-P/m²となった。
- 4) ホソメコンブ流失藻体は、流失後1週間で分解率1.3%、被食率96.5%、残存率は2.2%と推定され、藻体は流失後1週間でその殆どが被食によって消失すると考えられた。
- 5) フシスジモクおよびミヤベモク群落の現存量は、それぞれ6月に1,926, 524g 乾重/m²で極大となった。両種ともに付着器および茎部分における生産量は、主枝部分と比較して僅かであることが示唆された。
- 6) フシスジモクおよびミヤベモクにおける主枝部分の炭素含有率は、季節的な変動は少なく、窒素およびリン含有率は、未成熟主枝部分で冬季から春季に高い傾向を示した。
- 7) フシスジモクおよびミヤベモク群落の年間純生産量は、それぞれ2,124, 525g 乾重/m²と推定され、極大現存量に対する比は、それぞれ1.1, 1.0であった。フシスジモクとミヤベモクの年間純生産量は炭素量で、それぞれ726, 164g-C/m²、窒素量で、それぞれ19, 5g-N/m²、リン量で、それぞれ4, 2g-P/m²となった。

1.3. 保育場機能の評価

(1) 目的

本章では、魚類に対する藻場の保育場機能を餌料供給および静穏域形成の側面から評価することを目的とする。

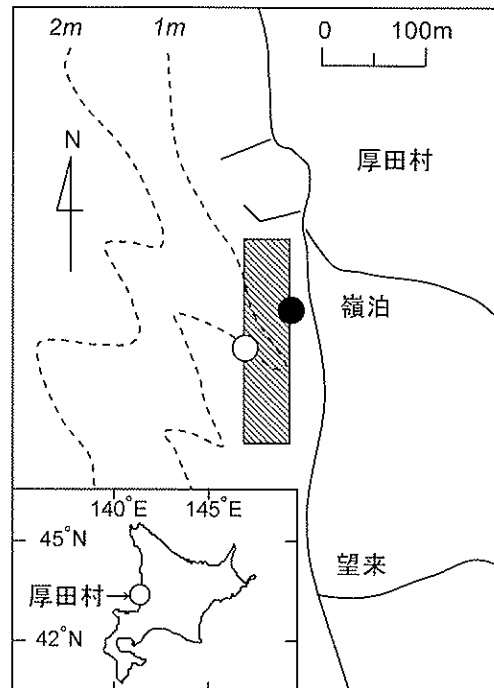
(2) 材料及び方法

【餌料供給機能の評価】

藻場に生息する葉上動物の種組成および現存量とその季節および年変化を明らかにするため、2002年6月～2004年10月に北海道厚田村嶺泊沿岸に形成される藻場の中心部と縁辺部に調査定点を設け(それぞれ水深0.5および1.0m)、海藻類の坪刈り採集を行った(図Ⅲ-1-3-1)。採集は、2002年6月～2003年3月の間は2か月に1回、2003年4月～2004年10月の間は1か月に1回の割合で実施した。また、4月～9月は0.25m²、10月～3月は1m²の採集を行った。採集に際しては、葉上動物が逸散しないように海藻類を目合0.5mmの網袋で囲い込んだ後、付着器基部から刈り取り、これを網袋ごと水揚げした。採集した海藻類については、ぬるま湯(約35℃の水道水)を入れたバケツに浸し、この中で十分に濯ぐことによって葉上動物を洗い落とした。その後、葉上動物を選別・回収し、種を同定するとともに、種ごとに個体数と湿重量を計測した。また、海藻類についても種類を同定するとともに、種類ごとに湿重量の計測を行った。

藻場に生息する魚類とその食性を明らかにするため、藻場内において地曳網を汀線方向に200m曳網し、魚類採集を行った。採集は、2002年6月～2004年1月の間に2か月に1回の割合で実施した。採集個体については、種類の同定と体長の測定を行った後、胃内容物を含む消化管を摘出し、これを10%ホルマリン海水で固定した。後日、胃内容物を実体顕微鏡下で同定するとともに、種類ごとに個体数と湿重量を計測した。なお、胃内容物中にみられるデトリタス、枯葉、海藻片および同定不能な動物の肉片については、一括して湿重量のみを計測した。

後述のように当該藻場に生息する魚類の胃内容物中からは、ヒゲナガヨコエビ *Ampithoe* sp., カマキリヨコエビ *Jassa* sp., モクズヨコエビ *Hyale* sp.およびドンガメヨコエビ *Pereionotus holomesi*に代表される端脚類4種が高い頻度で検出された。そこで、これら4種については体長を実体顕微鏡下で計測した後、60℃の恒温器内で約1日乾燥させ、乾重量を秤量した。そして、体長組成に基づいて分離されたコホートごとに年間生産量 P (g-乾重/m²/年) を次式により算出した。



図Ⅲ-1-3-1. 保育場機能調査地点図
●および○は海藻採取点であり、それぞれ藻場縁辺部および中心部を示す。斜線部は地曳網の曳網区域である。

$$P = \frac{365}{2T} \sum_{i=1}^n (N_i + N_{i-1})(W_i - W_{i-1})$$

ここで、 N_i および W_i はそれぞれ i 回目の調査時の個体数密度 ($/m^2$) および平均個体重量 (g・乾重)、 T は調査期間の日数、 n は調査回数である。なお、上記端脚類以外の葉上動物の年間生産量については、玉井⁹⁾に従って平均現存量に回転率 3.4 を乗じて算出した。

当該藻場における食物連鎖網の実態を把握するため、魚類、葉上動物および藻類を主体とする一次生産物の炭素・窒素安定同位体比分析を行った。試料には 2003 年 8 月に当該藻場内で採集した魚類 4 種 (ウミタナゴ *Ditrema temmincki*, イソバテング *Blepias cirrhosus*, アイナメ *Hexagrammos otakii*, ウグイ *Tribolodon hakonensis*) の体側筋、および 2004 年 7 月～8 月に当該藻場で採集した甲殻類 6 種 (ヒゲナガヨコエビ, カマキリヨコエビ, モクズヨコエビ, ドンガメヨコエビ, ミスジヘラムシ *Pentias* sp., オホーツクヘラムシ *Idotea ochotensis*) と巻貝類 2 種 (アツタマキビガイ *Littorina mandschurica*, トウガタナタネツボ *Falssicingula mundana*) を用いた。また、一次生産物の試料には、2004 年 7 月～8 月に当該藻場内で採集した海藻類 7 種 (フシスジモク *Sargassum confusum*, ヒラコトジ *Chondrus pinnulatus*, クロバギンナンソウ *Iridaea laminarioides*, ベニスナゴ *Schizymenia dubyi*, ヒラムカデ *Grateloupia livida*, ハイウスバノリ *Acrosorium yendoi*, フジマツモ *Rhodomela larix*) および植物プランクトンを含む懸濁態有機物のほか、フシスジモクの藻体表面に付着する珪藻類を用いた。魚類については、冷凍保存した体側筋の一部をクロロホルムとメチルアルコールの混合液で脱脂し凍結乾燥した試料を、葉上動物および海藻類については、60℃で約 1 日乾燥した後、1N 塩酸で脱炭酸処理を施した試料を分析した。懸濁態有機物については、藻場中心部で採集した 2L の海水を GF/C フィルターで濾過し、60℃で約 1 日乾燥させた試料を濾紙ごと分析に供した。付着珪藻については、フシスジモクを 60℃で約 1 日乾燥させることによって得られた藻体表面からの剥離物を試料とした。なお、得られた剥離物は、付着珪藻の一種 *Arachnoidiscus japonicus* と同定される単一種であった。

本調査では藻場が持つ魚類への餌料供給機能を便益算定するため、端脚類を含む葉上性甲殻類を主に摂食していたクロソイを対象として、本種を養殖によって藻場と同等に成長させるために要する飼料費用を算出した。

【静穏域形成機能の評価】

藻場による静穏域の形成機能を明らかにするため、北海道厚田村嶺泊沿岸に形成される藻場より採取したウガノモク *Cystoseira hakodatensis* (2002 年および 2003 年 7 月採取) およびフシスジモク *Sargassum confusum* (2004 年 7 月採取) を、造波水槽内に設置し、これに波高と周期を変化させた規則波を作用させることによって、藻場が持つ波浪減衰効果を検討した (図 III-1-3-2)。

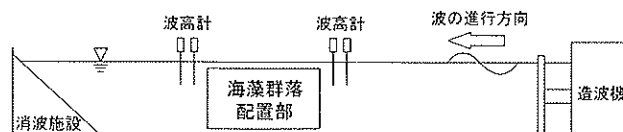


図 III-1-3-2. 水槽実験の概要

藻体は盤状根部分より引き抜き、この盤状根を小型コンクリートブロックまたは板状の鉄鋼に、ロープおよびシリコンボンドを用いて固定した。実験時には、このコンクリートブロックまたは鉄鋼を複数、水槽内に設置することで海藻群落を形成した。密度および面積を変えた海藻群落の配置パターンは、表Ⅲ-1-3-1に示すとおりである。

表Ⅲ-1-3-1. 海藻群落配置パターン

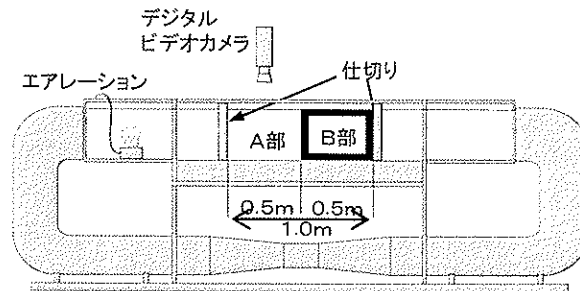
海藻種	密度(N/m ²)	面積(m ²)	平均長さ(m)	略記
ウガノモク	17.33	0.75	1.22	C01
	6.67	0.60	1.67	C02
	7.11	1.13	1.49	C03
	7.11	2.25	1.49	C04
	3.56	2.25	1.49	C05
フシスジモク	18.67	1.50	1.59	S01
	18.67	0.75	1.50	S02
	18.67	1.50	0.24	S03

海藻群落の前後に容量式波高計（電子工業株式会社 CW-2-T05）をそれぞれ 2 台ずつ、50cm の間隔を空けて水槽上部に固定し、実験時の波高変化を記録した。記録した波高データは、海藻群落前の波高計測点への入射波（I1）、海藻群落による反射波、海藻群落透過後の波高計測点への入射波（I2）および水槽消波施設による反射波の 4 波に分離した。この I1 に対する I2 の比を透過率として求めた。なお、あらかじめ海藻群落を設置していない水槽のみの透過率を求めておき、各実験で得られた透過率の基準とした。実験時の水深は、嶺泊沿岸における藻場の平均水深である 1m とした。

現場における藻場の波浪減衰効果を調べるため、2003 年 8 月～11 月および 2004 年 8 月～10 月に嶺泊沿岸のフシスジモク群落を対象として、その沖側と岸側で各 30 分～1 時間の波浪観測を、波高計（アイオーテック WAVE HUNTER94 WH-102）を用いて行った。また、2003 年には群落の密度とモクの長さを併せて計測した。なお、2003 年 8 月は沖出し 60m の範囲に認められた群落を対象としたが、2004 年 8 月および各年 9～11 月は群落の分布が沖出し 20m まで縮小したので、この範囲を観測の対象とした。

藻場により形成された静穏域が魚類幼稚仔の行動に与える影響を明らかにするため、小型振動流水槽を用いた行動観察実験を行った。実験水槽の概要を図Ⅲ-1-3-3に示す。水槽中に、仕切により長さ 1m の観測部を設け、その中心から左側部分を水槽 A 部、右側部分を水槽 B 部とした。供試魚はイソバテング *Blepias cirrhosus*、ウグイ *Tribolodon hakonensis*、ウミタナゴ *Ditrema temmincki*、クロガシラガレイ *Pleuronectes schrenki*、クロソイ *Sebastes schlegeli*、ハナイトギンボ *Neozarces steindachneri*、ムロランギンボ *Pholidapus dybowskii* およびヨウジウオ *Syngnathus schlegeli* の 8 種で、クロガシラガレイを除く 7 種は、2004 年 8 月に嶺泊沿岸のモク類藻場において地引き網で採取した。クロガシラガレイは 2004 年 7 月に北海道余市町沿岸の砂浜海域において地引き網で採取した。採取した魚を上記実験水槽に入れ、24 時間の水槽馴致の後、流動および海藻群落の有無の組み合わせで 4 通りに環境条件を変えた行動観察実験を、各 24 時間ずつ行った。実験で与えた流動は水平方向の振動流で、周期 4 秒、流速振幅は 0.30m/s と設定した。海藻群落は、嶺泊沿岸から採取した 7 株のフシスジモクを盤状根から 0.35m の長さに切り揃え、盤状根部をシリコンボンドで水槽 B 部に固定して設けた。実験中の水槽 A 部を、デジタルビデオカメラを用い

て3分間に1コマの設定でコマ撮り撮影し、1コマの撮影画像に写っていた供試魚の個体数を計数して、3分間あたりの平均分布数を魚種ごとに求めた。ヨウジウオの小型個体約40尾については常に群で行動していたことから、群を1単位として計数した。なお、水槽中の濾過海水は供試魚採取時の海水温21.8℃に設定し、観測部外側でエアレーションを施した。流動有り海藻無しの実験と流動有り海藻有りの実験で平均分布数の差の検定を魚種ごとに行った。



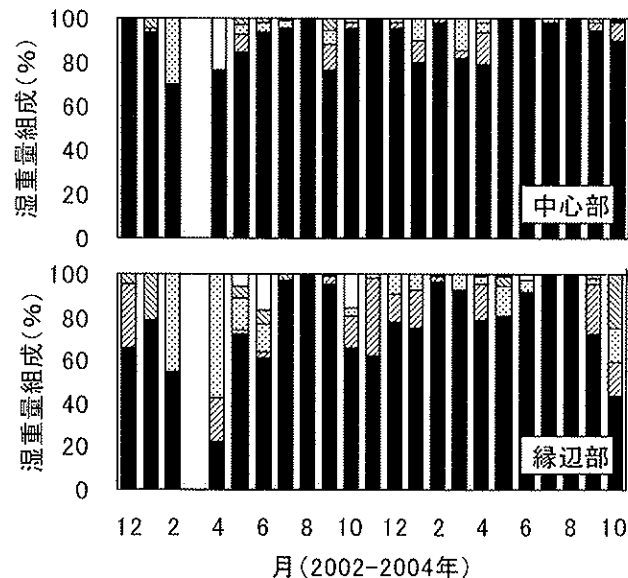
図Ⅲ-1-3-3. 水槽実験の概要

(3) 結果

【餌料供給機能の評価】

1) 海藻類の季節変化

採集された海藻類の種類組成を図Ⅲ-1-3-4に示した。当該藻場には、中心部・縁辺部とも年間を通してフシスジモクが優占した。また、縁辺部にはベニスナゴやヒラコトジを含むスギノリ科の紅藻類が比較的高い割合で出現した。

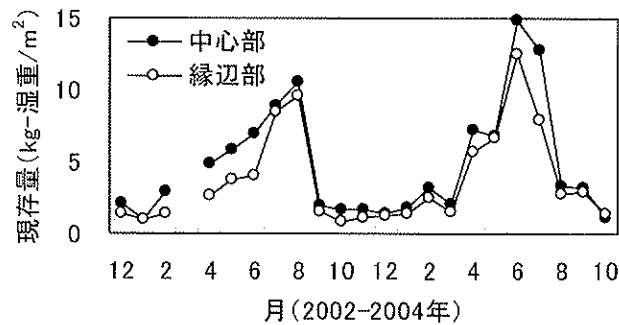


図Ⅲ-1-3-4. 海藻類の種組成の季節変化

■:フシスジモク ▨:ヒラコトジ ▩:ベニスナゴ
 ▨:クロバキンナンソウ □:その他

海藻現存量は、各月とも中心部が縁辺部に比較して高い値を示したが、両地点とも2月から増加し、2003年は8月、2004年は6月にピークに達した後、2003年は9月、2004年は7月～8月に激減し、以後1月まで横ばい傾向を示した(図Ⅲ-1-3-5)。なお、北海道日本海南西部沿岸におけるフシスジモク群落の生活年周期は、緩生長期(9月～

2月), 急生長期(2月~6月), 成熟期(6月~7月) および枯死・流失期(7月~9月)の4期に分けられており⁸⁾, 本調査で観察された海藻類の季節的消長は, 優占種であるフシスジモクの生活史を反映したものと考えられる。

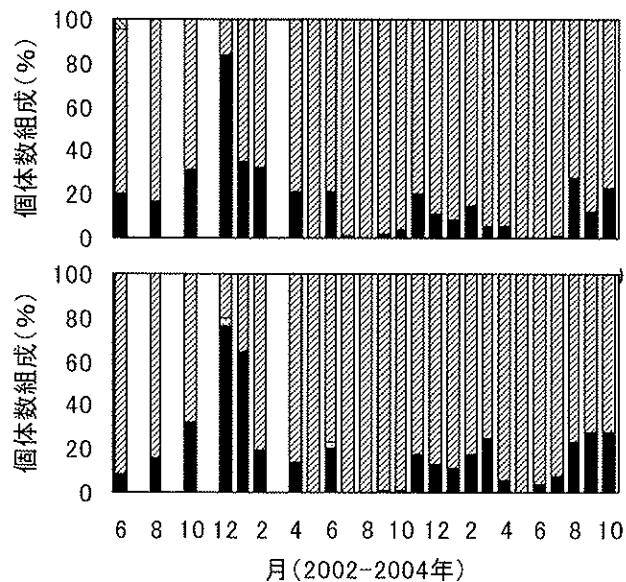


図Ⅲ-1-3-5. 海藻現存量の季節変化

2) 葉上動物の季節変化

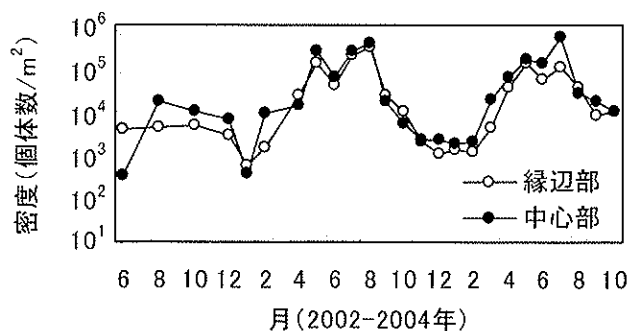
当該藻場では中心部・縁辺部を合わせて6動物門86種類の葉上動物の生息が確認された(表Ⅲ-1-3-2)。

採集個体数は, 両地点とも軟体動物が最も多く, 全体の約80%(各月の平均値, 以下同様)を占め, 次いで節足動物が約20%であり, その他の動物門は0.5%以下であった(図Ⅲ-1-3-6)。また, 葉上動物全体の密度は, 中心部のほうが縁辺部に比べて高い値を示す月が多くみられたが, 2003年および2004年とも2月から8月にかけて増加し, 9月から1月にかけて減少する傾向を示した(図Ⅲ-1-3-7)。



図Ⅲ-1-3-6. 葉上動物の個体数組成の季節変化

▨: 海綿動物 ▩: 軟体動物 ▨: 環形動物
■: 節足動物 □: その他



図Ⅲ-1-3-7. 葉上動物の密度の季節変化

表Ⅲ-1-3-2. 葉上動物の出現リスト

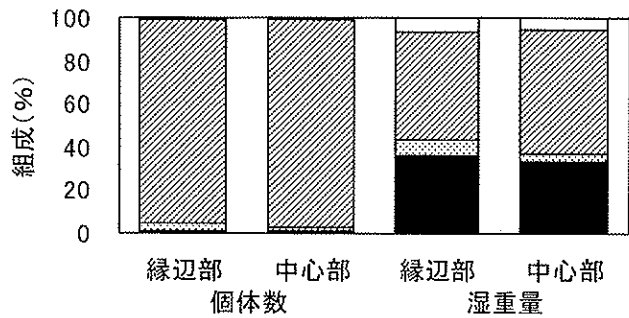
門	綱	学名	門	綱	学名
海綿動物	普通海綿	Halichondridae gen. sp.	節足動物	海蜘蛛	Phoxichilidiidae gen. sp.
腔腸動物	ヒトコ虫	<i>Sertularella</i> sp. <i>Gonionema vertens</i> <i>Eudendrium</i> sp.			<i>Achelia</i> spp. <i>Anoplodactylus</i> sp. <i>Ammothea hilgendorfi</i>
	鉢虫	<i>Haliclystus</i> sp. Kishinouyeidae gen. sp. Kishinouyeidae gen. sp.	甲殻		Tanaidae gen. sp. <i>Paranthura japonica</i> <i>Janiropsis longiantennata</i> <i>Cleantiella strasseni</i>
紐形動物		NEMERTINEA			<i>Idotea ochotensis ochotensis</i> <i>Pentias</i> sp. <i>Cleantiella</i> sp. <i>Cymodoce japonica</i> <i>Gnorimosphaeroma rayi</i> <i>Holotelson tuberculatus</i> <i>Ampithoe valida</i> <i>Ampithoe</i> sp.(cf. <i>zachsi</i>) <i>Ampithoe</i> spp. <i>Perampithoe</i> sp. <i>Aorides</i> spp. <i>Corophium insidiosum</i> <i>Corophium</i> spp. <i>Jassa</i> sp. Calliopiidae gen. sp. Prophiantidae gen. sp. <i>Prontogeneia rostrata</i> <i>Pleustes panopla</i> Pleustidae <i>Stenothoe</i> sp. <i>Anisogammarus</i> sp. <i>Melita</i> sp. <i>Allorchestes</i> sp. <i>Hyale</i> sp. <i>Najna</i> sp. <i>Pereionotus holomesi</i> <i>Caprella scaura</i> <i>Caprella tsugarensis</i> <i>Caprella</i> sp. <i>Pagurus langinosus</i> <i>Pagurus middendorffi</i> <i>Pagurus</i> sp. <i>Hemigrapsus sanguineus</i>
軟体動物	腹足	<i>Collisella cassis</i> <i>Collisella</i> sp. <i>Nipponacmea</i> sp. <i>Homalopoma amussitatum</i> <i>Littoraria brevicula</i> <i>Littorina mandschurica</i> <i>Ephera decorata</i> <i>Temanella turrata</i> <i>Falsicingula mundana</i> Falsicingulidae gen. sp. Rissoidae gen. sp. <i>Barleeia bifasciata</i> Cerithidae gen. sp. <i>Nucella</i> sp. <i>Reticunassa fratercula</i> <i>Reticunassa</i> sp. <i>Odostomia</i> sp. Doridacea gen. sp.			
	二枚貝	<i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Mytilus</i> sp. <i>Septifer keenae</i> <i>Turtonia minuta</i>			
環形動物	多毛	Syllinae Autolytinae sp. <i>Nereis multignatha</i> <i>Nereis neoneanthes</i> <i>Nereis vexillosa</i> <i>Nereis pelagica</i> <i>Nereis zonata</i> <i>Nereis</i> sp. <i>Platynereis bicanaliculata</i> <i>Polydora</i> sp. <i>Rhynchospio foliosa</i> <i>Mediomastus</i> sp. <i>Nicolea</i> sp.			
	貧毛	Tubificidae		昆虫	Chironomidae

軟体動物のほとんどは巻貝類で占められ、個体数ではトウガタナタネツボが卓越したが、湿重量では大型のアツタマキビガイの比率も高くなった(図Ⅲ-1-3-8)。密度は、

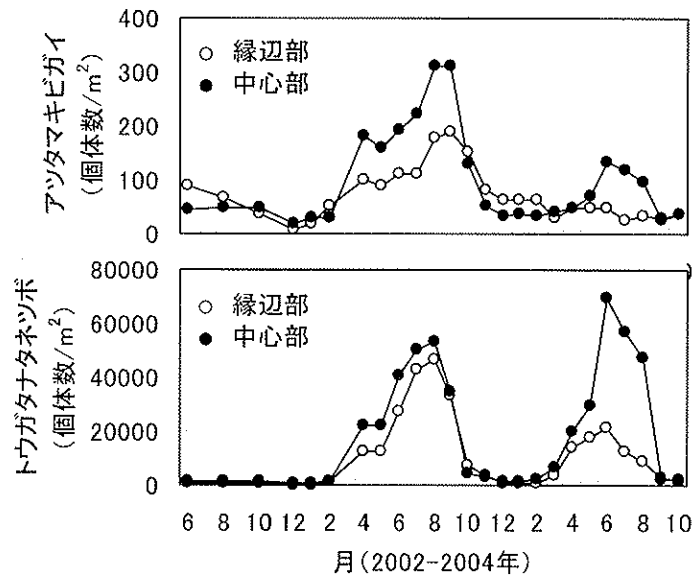
両種とも中心部のほうが縁辺部よりも高い値で推移するとともに、両地点とも夏季に増加する傾向を示したが、増加開始時期には年変化がみられた(図Ⅲ-1-3-9)。なお、これらの巻貝は葉上動物中に多く出現するものの、後述のように魚類胃内容物中からは検出されなかったことから、餌料生物としての価値は低いものと推察される。

節足動物は主に等脚類と端脚類で占められ、個体数では後述のように魚類の餌料生物として重要なヒゲナガヨコエビ、カマキリヨコエビ、モクスヨコエビおよびドンガメヨコエビの比率が高く、湿重量では大型のミスジヘラムシとテナガホンヤドカリ *Pagurus middendorffi* の比率も高くなった(図Ⅲ-1-3-10)。また、これら端脚類4種の密度は顕著な年変化を示すとともに、年によって地点間の大小が逆転した。また、密度の増加がヒゲナガヨコエビ・トンガメヨコエビ→モクスヨコエビ→カマキリヨコエビの順に起こる傾向がみられた(図Ⅲ-1-3-11)。

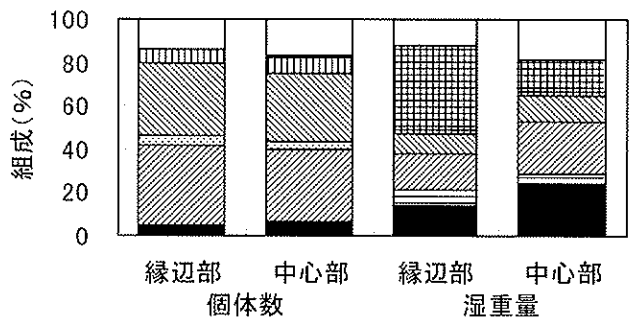
ノコギリモク *Sargassum serratifolium* 上に出現する巻貝類では世代時間が1年を越えることは稀であり、その季節的消長がノコギリモクの生活史と同調していることが報告されている¹⁰⁾。本調査においても、巻貝類と海藻現存量の密度変化はほぼ同調する傾向がみられた。これに対して、葉上性端脚類の多くは世代時間が複数年に及ぶため、海藻類が枯死・流失する時期には何らかの方法によって個体群を維持する必要がある。この問題に関して、向井は想定される幾つかの仮説を列挙・検討し、生活史が複数年に及ぶ葉上動物は種々の海藻類に常に生息しており、それらの海藻類からの移動繁殖によって個体群を維持しているとの仮説を提唱している¹¹⁾。本調査では端



図Ⅲ-1-3-8. 軟体動物の種組成
 ■:アツタマキガイ 斜線:トウガタナツボ
 点線:チャイロタマキガイ □:その他

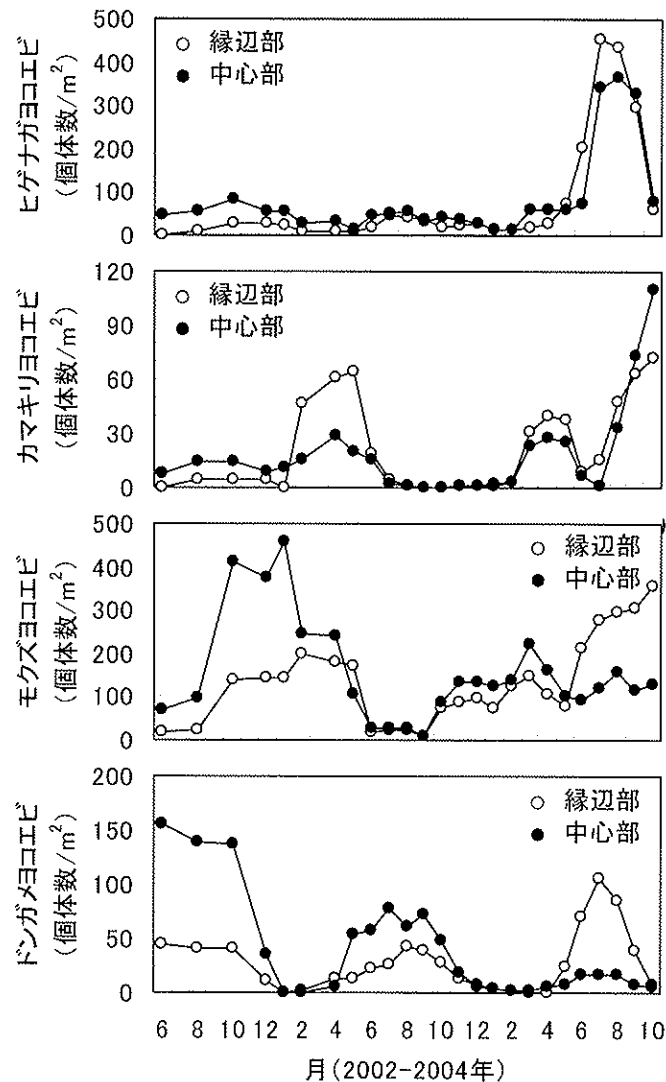


図Ⅲ-1-3-9. 巻貝類2種の密度の季節変化



図Ⅲ-1-3-10. 節足動物の種組成
 ■:ミスジヘラムシ 縦線:ヒゲナガヨコエビ
 斜線:カマキリヨコエビ 横線:モクスヨコエビ
 格子:ドンガメヨコエビ 点線:テナガホンヤドカリ □:その他

脚類の密度を海藻種類別に調べなかったが、端脚類の密度変化が海藻現存量には依存していなかったことから、向井の仮説が示すようにフシスジモクの枯死・流失後、他の海藻類に付着していた個体が緩生長期のフシスジモクに移動し、その後繁殖することによって個体群を維持している可能性が示唆される。



図Ⅲ-1-3-11. 端脚類4種の密度の季節変化

3) 出現魚種と食性

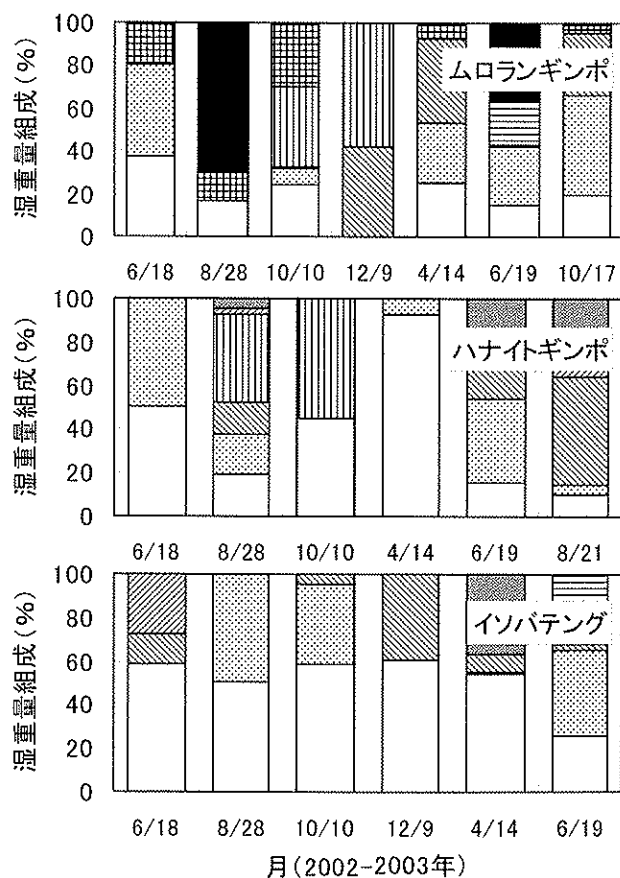
採集された主な魚類とその出現期間を表Ⅲ-1-3-3に示した。当該藻場では、調査期間を通して計27種類の魚類が採集され、その採集パターンから各魚種を、1) 長期(6か月以上)にわたって藻場を生息場とするタイプ(I型)、2) 一定期間(3か月程度)を藻場で過ごすタイプ(II型)、および3) 一時的に藻場に侵入するタイプ(III型)の3つに類型化することができた。

このうち、I型にはギンボ類やカジカ類などの底魚類が含まれ、これらは主としてヒゲナガヨコエビ、モクスヨコエビ、カマキリヨコエビおよびアゴナガヨコエビなどの葉上性端脚類を摂食していた(図Ⅲ-1-3-12)。また、II型にはクロソイ *Sebastes schlegelii* やアイナメなどの水産有用種が含まれ、これらはアミ類などの浮遊性餌料や、ヒゲナガヨコエビ、モクスヨコエビ、カマキリヨコエビおよびアゴナガヨコエビなど

表Ⅲ-1-3-3. 藻場内で採集された主な魚類とその出現期間

種類	2002年				2003年					
	6月	8月	10月	12月	2月	4月	6月	8月	10月	12月
ムロランギンポ (<i>Pholidapus dybowskii</i>)	■				■					
タケギンポ (<i>Pholis crassispina</i>)	■				■					
ハナイトギンポ (<i>Neozoarces steindachneri</i>)	■				■					
カズナギ (<i>Neozoarces steindachneri</i>)	■				■					
イソバテング (<i>Blepsias cirrhosus</i>)	■				■					
フサカジカ (<i>Porocottus allisi</i>)	■				■					
ウグイ (<i>Tribolodon hakonensis</i>)	▨							▨		
ヨウジウオ (<i>Syngnathus schlegeli</i>)	▨						▨			
ウミタナゴ (<i>Ditrema temmincki</i>)		▨	▨							
クロソイ (<i>Sebastes schlegeli</i>)		▨	▨					▨		
アイナメ (<i>Hexagrammos otakii</i>)		▨	▨				▨			
カタクチイワシ (<i>Engraulis japonicus</i>)				▬			▬			▬
チカ (<i>Hypomesus pretiosus japonicus</i>)				▬			▬			▬
シラウオ (<i>Salangichthys microdon</i>)				▬			▬			▬
サケ (<i>Oncorhynchus keta</i>)				▬			▬			▬
シマウキゴリ (<i>Gymnogobius</i> sp.)				▬			▬			▬
ガジ (<i>Opisthocentrus ocellatus</i>)	▬						▬			▬
メバル (<i>Sebastes</i> sp.)	▬						▬			▬
ペロ (<i>Bero elegans</i>)	▬			▬			▬			▬
ヤギウオ (<i>Pallasina barbata</i>)	▬			▬			▬			▬

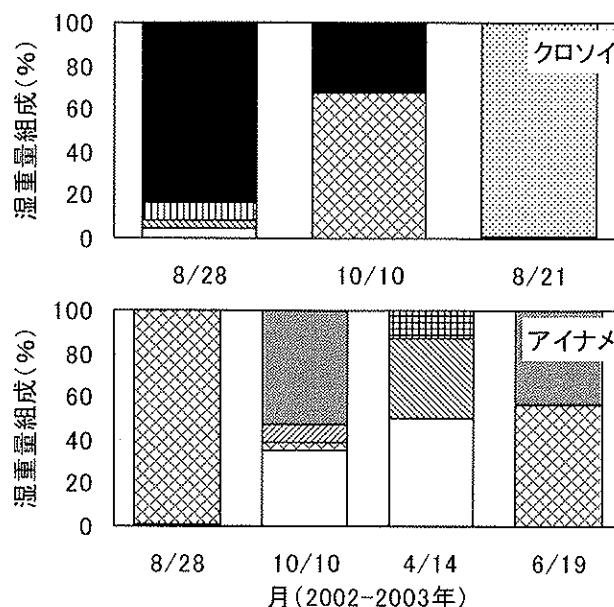
黒はI型, 斜線はII型, 点はIII型, 破線は体長推移から藻場に生息していた可能性があることを



図Ⅲ-1-3-12. I型魚類の胃内容物組成

■:ゴカイ科 ■:ハラカトミス 目:オホツケヘラムシ ▨:ヒケナガヨコビ
 ▨:カマキリヨコビ ▨:アゴナガヨコビ ▨:モクスヨコビ ▨:消化物 □:その他

の葉上性餌料に加えて、カンムリゴカイ *Sabellaria cementarium* やイソガニ *Hemigrapsus sanguineus* などの底生性餌料を摂食していた(図Ⅲ-1-3-13)。なお、カジカ類やクロソイ・アイナメを含むカサゴ目の岩礁性魚類が一時期あるいは長期に渡ってガラモ場に分布する小型甲殻類を摂食していることは、他の海域での調査結果とも一致している^{3,12)}。これらのことから、I型の魚種は藻場内に長期間滞在する中で餌料を葉上動物に依存していることと、II型の魚種は藻場内で一定期間過ごす中で藻場の各所に分布する餌料を幅広く摂食していることが示唆される。



図Ⅲ-1-3-13. II型魚類の胃内容物組成
 ■:カンムリゴカイ ■:ハラカトシス ▨:ヒゲナガヨコエビ
 ▩:カマキリヨコエビ ▨:アゴナガヨコエビ ▨:モクスヨコエビ
 ▨:イソガニ ▨:ウガイ □:その他

4) 生物生産量

当該藻場における葉上動物の年間生産量を試算した結果を表Ⅲ-1-3-4 に示した。葉上動物全体の年間生産量は 2002 年が最も小さく、2003 年と 2004 年がほぼ同じ値となった。この結果は、卓越する軟体動物の現存量の年変化を反映していると考えられた。これに対して、餌料生物として重要な端脚類の年間生産量は 2002 年、2004 年、2003 年の順に多く、葉上動物全体の生産量の年変化とは異なっていた。

表Ⅲ-1-3-4. 葉上動物の年間生産量 (g-乾重/m²/年)

	2002年	2003年	2004年
葉上動物全体	117.6	511.5	539.0
軟体動物全体	106.6	506.1	526.7
アツタマキビガイ	17.38	50.40	45.69
トウガタナタネツボ	6.08	5.62	8.26
巻貝類計	23.46	56.01	53.95
節足動物全体	10.0	5.1	12.2
ヒゲナガヨコエビ	0.20	0.16	0.36
カマキリヨコエビ	0.01	0.01	0.01
モクスヨコエビ	0.44	0.23	0.18
ドンガメヨコエビ	0.09	0.06	0.04
端脚類計	0.74	0.46	0.60

一方、魚類の餌料として重要な端脚類について、当該藻場の年間生産量を隣接する石狩沿岸の砂泥底における小型甲殻類の年間生産量¹³⁾と比較したところ(表Ⅲ-1-3-5)、前者は後者の 10~16 倍の値を示しており、当該藻場は周辺の砂泥底に比較して魚類に対する餌料生産能が著しく高いことが明らかとなった。

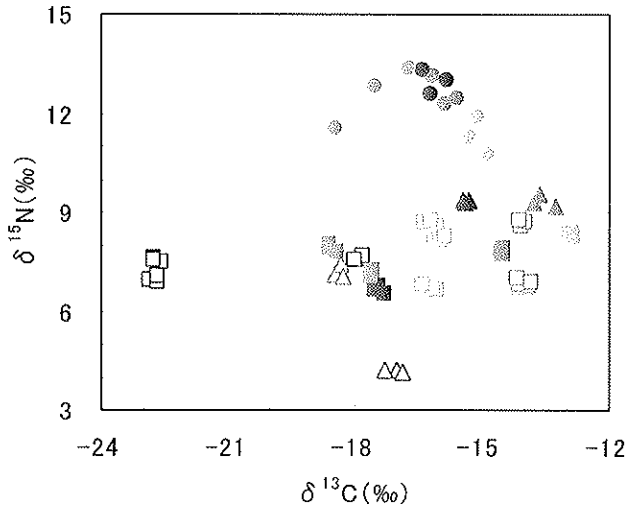
表Ⅲ-1-3-5. 北海道石狩沿岸におけるマクロベントス生産量¹²⁾

	年間生産量(g-乾重/m ² /年)
マクロベントス全体	5.327
うち小型甲殻類	0.046

5) 藻場生態系の食物連鎖網

炭素・窒素安定同位体比の分析結果を図Ⅲ-1-3-14に示した。巻貝類はフシスジモク、クロバギンナンソウ、ヒラコトジおよびヒラムカデと炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) がほぼ同じで、窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) が高い位置にあることから、これらの海藻類を主に摂食していると考えられた。また、端脚類は海藻類とほぼ同じ $\delta^{13}\text{C}$ を示すが、 $\delta^{15}\text{N}$ が低い位置にあることから、これら海藻類を主食としては考えにくく、 $\delta^{15}\text{N}$ が低い付着珪藻を主に摂食している可能性が示唆された。さらに、魚類は巻貝より $\delta^{13}\text{C}$ が低く、端脚類とほぼ同じ値であること、および $\delta^{15}\text{N}$ が端脚類よりも高いことから、これら端脚類を主食としていたと考えられた。

以上の結果から、藻場の餌料供給機能を支える端脚類の食物は、海藻類の表面に繁茂する付着珪藻に起源を持つ可能性が示唆され、藻場が魚類の餌場として機能するには付着珪藻による一次生産が重要であると考えられた。



図Ⅲ-1-3-14. 炭素・窒素安定同位体比の関係

- | | | |
|-------------|-------------|------------|
| ● ウミナゴ | ● アイナメ | ● イソバテング |
| ● ウケイ | ■ ヒゲナカヨコエビ | ■ モスヨコエビ |
| ■ カマキリヨコエビ | ■ ドンガメヨコエビ | ■ ミスジヘラムシ |
| ■ オホーツクヘラムシ | ▲ アツタマキ | ▲ トウガタタネツホ |
| □ フシスジモク | □ クロバギンナンソウ | □ ヒラコトジ |
| □ フジマツモ | □ イソムラサキ | □ ヒラムカデ |
| □ ベニスナゴ | □ ハイウスバノ | △ 付着珪藻類 |
| | △ 有機懸濁物 | |

6) 餌料供給機能の便益算定

本調査では、クロソイを対象に当該藻場における餌料供給機能の便益算定を試みた(表Ⅲ-1-3-6)。当該藻場では8月から10月にかけてクロソイ稚魚が出現し、この3か月間の成長量は1尾当たり40gであった。また、飼育実験により7月～9月に甲殻類(イサザアミ)を含む飼料をクロソイに与えた場合の増肉係数は4.0と報告されている¹⁴⁾。したがって、餌料がすべて甲殻類であると仮定した場合、クロソイは当該藻場に滞在する3か月間で1尾当たり160gの餌料を摂食していたと推定される。当該藻場における8月～10月の間の端脚類および甲殻類の生産量は、それぞれ0.1～0.4および1.9～11.7g-湿重/m²/月と算出されるので、上記の甲殻類飼料と端脚類の消化吸収率が同じであると仮定すると、当該藻場におけるクロソイ保育量は、端脚類ベースでは0.001～0.007尾/m²、甲殻類ベースでは0.04～0.22尾/m²と計算される。ただし、クロソイ以外の魚類の存在は考えないこととする。次に、これらの尾数のクロソイを配合飼料の給餌によって藻場の個体と同等に増重させることを考える。配合飼料を用いた時のクロソイの増肉係数は1.8と報告されているので¹⁵⁾、40g増重させるためには1

尾当たり 72g の配合飼料が必要となる。したがって、上述の尾数では 0.04~0.17g-湿重/m²/月（端脚類ベース）および 0.9~5.3g-湿重/m²/月（甲殻類ベース）の配合飼料が必要となる。配合飼料の単価を 0.45 円/g（=9,000 円/20kg）とすると、端脚類ベースでは 0.02~0.08 円/m²/月，甲殻類ベースでは 0.4~2.4 円/m²/月が藻場と同等の成長に要する飼料費用となる。

以上の結果から，餌料供給の観点により評価した当該藻場 1m²当たりの年間便益額は，端脚類ベースで評価した場合には 0.19~0.90 円/m²/年，甲殻類ベースで評価した場合には 4.7~28.5 円/m²/年と試算された。

表Ⅲ-1-3-6. 藻場が持つ餌料供給機能の便益算定

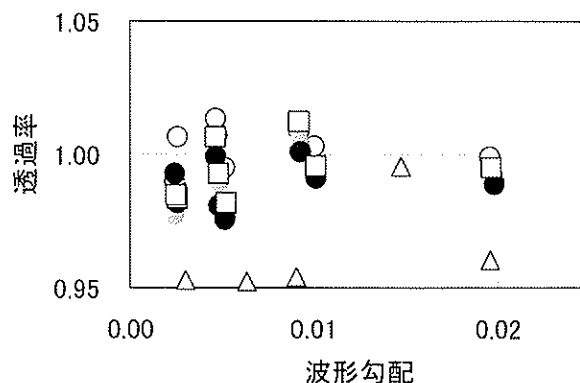
	2002年	2003年	2004年
藻場の餌料生産量	0.2	0.1	0.4
(g-湿重/m ² /月)	4.5	1.9	11.7
藻場のクロソイ保育量	0.004	0.001	0.007
(尾/m ²)	0.09	0.04	0.22
藻場と同等の成長に要する飼料量	0.09	0.04	0.17
(g/m ² /月)	2.0	0.9	5.3
年間便益額	0.50	0.19	0.90
(円/m ² /年)	11.0	4.7	28.5

上段は端脚類ベース，下段は甲殻類ベースで計算した値である

【静穏域形成機能の評価】

1) 波浪減衰水槽実験結果

波高データの分離には合田の入反射分離手法¹⁶⁾を用いた。ウガノモクの水槽実験結果について周期および水深から波長を求め，波形勾配（波高/波長）で透過率をまとめた（図Ⅲ-1-3-15）。モク群落による波の透過率は，群落規模が大きく，群落密度が高いほど低くなる傾向がみられた。また，透過率は波形勾配が小さくなるほど低くなる傾向がみられた。なお，最も透過率が小さくなったのは C01 のケースであり，0.95（波形勾配 0.006）を示した。

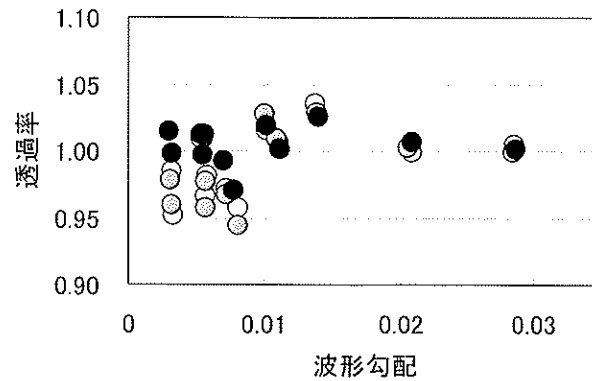


図Ⅲ-1-3-15. ウガノモク群落による透過率の変化

△:C01 ○:C02 ●:C03 ●:C04 □:C05

フシスジモクについても，ウガノモクと同様にまとめた結果を図Ⅲ-1-3-16 に示す。S01 と S02 はほぼ同じ傾向を示し，波形勾配が小さい場合ほど透過率は低く，波形勾配が大きくなると透過率も大きくなった。S03 では波形勾配によらず，ほぼ一定の値となった。最も透過率が小さくなったのは S02 のケースで，波形勾配 0.008 のときの

0.94 であった。

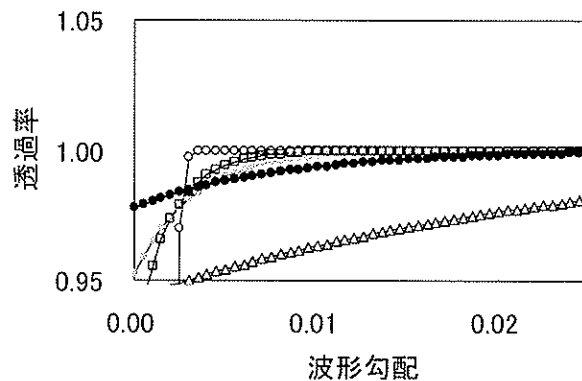


図Ⅲ-1-3-16. フシスジモク群落による透過率の変化
○:S01 ●:S02 ●:S03

通常、透過性のある物体を通過した波は、反射などにより波高が低くなり、透過率は 1 を下回ることとなる。今回の実験では透過率が 1 を上回るケースがいくつかみられたが、これは実験水槽内の消波設備による反射や、その反射波の海藻群落による 2 次反射、海藻群落周りでの回折などによる複雑な波の変形により数ミリのオーダーで海藻群落通過後の波高が高くなってしまったものと考えられる。

2) 海藻群落規模による透過率の推定

海藻群落の密度および面積の変化による透過率の変動が大きかったウガノモクの実験結果から、海藻群落規模による透過率の推定式をまとめた。まず、波形勾配でまとめた各条件での透過率に、指数関数による近似式を当てはめ、これに一定の波形勾配を与えたときの透過率を推定した。各実験結果に当てはめた近似曲線を図Ⅲ-1-3-17 に示す。C04 の場合、他と比較して、波形勾配が小さいときの透過率の減少が少ない傾向がみられる。



図Ⅲ-1-3-17. ウガノモクによる透過率変化への近似
△:C01 ○:C02 ●:C03 ●:C04 □:C05

次に、この透過率および対応する実験条件（海藻群落の密度および面積）を変数とする関数を導いた。透過率の推定式として次の指数関数を導入した。

$$y=y_0+A \cdot \exp(B \cdot x)$$

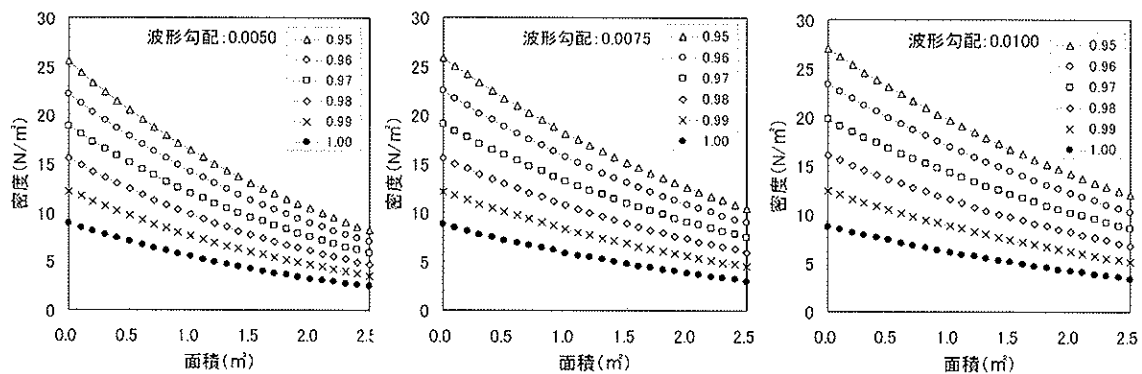
ここに y は海藻群落密度 (N/m^2)、 x は海藻群落面積 (m^2)、 A は透過率の関数で $A=A_0 \cdot (A_1 - \text{透過率})$ とした。それぞれの変数は、実験値と推定値の誤差の自乗和が最小とな

るように決定した。波形勾配ごとの各変数の値を表Ⅲ-1-3-7に示す。

表Ⅲ-1-3-7. 透過率推定式の変数

波形勾配	y0	A0	A1	B
0.0050	-1.06	333	1.03	-0.42
0.0075	-1.38	342	1.03	-0.33
0.0100	-1.40	366	1.03	-0.30

波形勾配を 0.0050, 0.0075 および 0.0100 として推定した透過率を図Ⅲ-1-3-18に示す。実験結果の傾向と同様に、密度および面積が大きくなるに従い、透過率は小さくなった。また、同じ海藻群落条件では、波形勾配が小さいほど透過率は小さくなった。実験結果との誤差が大きい場合がみられるが、実験条件数を増やすことで、より精度の高い指標の作成が可能になるものと思われる。



図Ⅲ-1-3-18. 波形勾配ごとの推定透過率

3) 現地観測

実海域における波浪観測は、フシスジモクの生長が盛期となる 6 月, 7 月では静穏度が高すぎ、波高計での観測ができなかった。波浪観測データを統計処理し、波高と周期を有義波として整理した (表Ⅲ-1-3-8)。波高は、2003 年 10 月および 2004 年 9 月の観測を除いて群落の岸側に比べて低い値を示した。

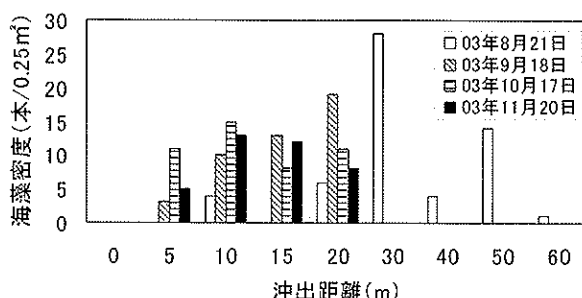
表Ⅲ-1-3-8. 波浪観測結果と各種推定値

	波高の観測値(m)		換算沖波 波高H ₀ (m)	H ₀ より推定した 岸側の波高(m)
	沖側	岸側		
2003/8/21	0.06	0.04	0.07	0.06
2003/9/18	0.07	0.06	0.07	0.06
2003/10/17	0.12	0.13	0.19	0.17
2003/11/20	0.04	0.03	0.05	0.04
2004/8/4	0.19	0.13	-	-
2004/9/15	0.07	0.08	0.14	0.19
2004/10/19	0.17	0.11	0.16	0.22

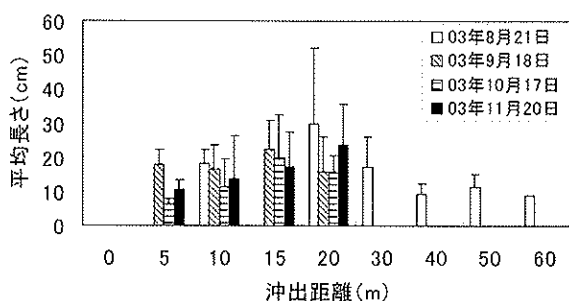
次に、モク群落が存在しない浅水効果のみの波浪減衰の程度を求めるため、群落沖側の波高から換算沖波波高を算出し、これを用いて群落岸側の波高を推定した。ただし 2004 年 8 月は、波向きが岸から沖方向であったため推定できなかった。得られた推定値はいずれも観測値より大きくなっており、浅水効果以外にも波高減衰を起こす効

果が働いていると考えられた。また、いずれの観測日も波形勾配は 0.006~0.010 であり、モク群落による波浪減衰が期待できる波浪条件にあったことから、藻場の存在によって静穏域が形成される可能性が示唆された。

なお、この時期のフシスジモクは枯死流失しており（図Ⅲ-1-3-19, Ⅲ-1-3-20）、S03 に用いたモク長さに相当する。今回の実験では、モク群落の長さが、波の進行方向について最長 1m と短かったため、波浪減衰効果を捉えきれなかった可能性がある。



図Ⅲ-1-3-19. 沖出距離ごとのモク群落密度



図Ⅲ-1-3-20. 沖出距離ごとのモクの平均長さ

4) 魚類行動

ハナイトギンポを除く 7 種の供試魚は、体長から判断して、稚魚から仔魚期の若い個体であった（表Ⅲ-1-3-9）。流速振幅の実測値は海藻群落がある場合は 0.03m/s、ない場合は 0.08m/s であった。この海藻群落による振幅流速の減少は、上記 2) によると、水深 1m 地点で、周期 4 秒、波高 5.5cm の波（波形勾配 0.005）が、密度 12 本/m²、岸沖 30m×浜なり 1m の海藻群落により波高 2cm に減衰したものに相当する。

表Ⅲ-1-3-9. 供試魚の体長

魚種	体長(cm)	成魚体長(cm)
イソバテング	8	15
ウグイ	10	30
ウミタナゴ	10	25
クロガシラガレイ	6	40
クロソイ	5	40
ハナイトギンポ	6	6
ムロランギンポ	16	40
ヨウジウオ(小)	6	30
ヨウジウオ(大)	17	30

供試魚の水槽または海藻群落に対する嗜好特性を明らかにするため、嗜好性を持つ

ていない場合に水槽 A, B 部に分布する期待値を, 個体数の 1/2 とする 2 項検定を行った。

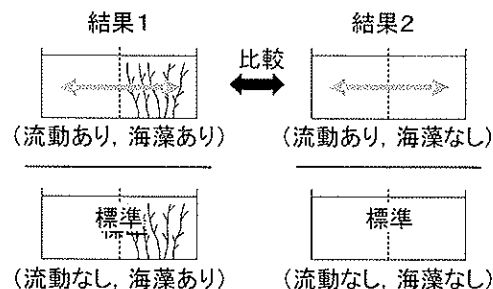
流動なし海藻なしの実験条件および流動なし海藻ありの実験条件での平均分布数を表Ⅲ-1-3-10 に示す。流動なし海藻なしの実験条件では, ウグイ, ハナイトギンポおよびヨウジウオ(大)は, 観測値が期待値に対し有意 ($P=0.01$) に小さかった。イソバテング, ウミタナゴ, クロガシラガレイ, ムロランギンポおよびヨウジウオ(小)は観測値が期待値に対し有意 ($P=0.01$) に大きかった。クロソイは, 観測値と期待値に有意差 ($P=0.01$) はなかった。一方, 流動なし海藻ありの実験条件では, イソバテング, ウグイ, ウミタナゴ, クロソイ, ヨウジウオは観測値が期待値に対し有意 ($P=0.01$) に大きかった。クロガシラガレイ, ハナイトギンポおよびムロランギンポは, 観測値が期待値に対し有意 ($P=0.01$) に小さかった。

表Ⅲ-1-3-10. 各実験条件での平均分布数(±標準誤差)

魚種	流動なし海藻なし	流動なし海藻あり
イソバテング	1.19 ± 0.46 *	1.74 ± 0.22 *
ウグイ	0.58 ± 0.17 *	1.12 ± 0.26 *
ウミタナゴ	0.62 ± 0.24 *	0.99 ± 0.01 *
クロガシラガレイ	0.65 ± 0.23 *	0.38 ± 0.23 *
クロソイ	2.02 ± 1.17	2.63 ± 1.12 *
ハナイトギンポ	0.85 ± 0.56 *	0.16 ± 0.17 *
ムロランギンポ	0.69 ± 0.22 *	0.27 ± 0.20 *
ヨウジウオ(小)	0.65 ± 0.23 *	1.00 ± 0.00 *
ヨウジウオ(大)	0.60 ± 0.16 *	1.57 ± 0.25 *

*:有意差あり(両側, $P=0.01$)

以上の結果より, ほとんどの場合において, 供試魚は水槽や海藻に対し嗜好性を持っていることが明らかとなった。そこで, 水槽や海藻群落が供試魚の行動に与える影響を排除するため, 同じ海藻群落条件で, 流動のある実験結果を流動のない実験結果で除する標準化操作を行った(図Ⅲ-1-3-21)。この除算結果を, 海藻群落のある場合を結果 1, 海藻群落がない場合を結果 2 と呼び, 表Ⅲ-1-3-11 に示す。



図Ⅲ-1-3-21. 実験結果の標準化操作

結果 1 と結果 2 の値の差について t 検定を行ったところ, 全ての魚種について有意な差 (両側, $P=0.05$) があつた。イソバテング, ウグイ, ウミタナゴ, ハナイトギンポ, ヨウジウオは, 結果 1 の値が結果 2 より小さくなり, 流動が作用する水槽中に海藻群落が存在する場合, 海藻群落内に分布する割合が増えた。これとは逆に, クロガシラガレイ, クロソイ, ムロランギンポは結果 1 の値が結果 2 より大きくなり, 流動が作用する水槽中に海藻群落が存在する場合, 海藻群落外に分布する割合が増えた。

表Ⅲ-1-3-11. 標準化後の平均分布数(±標準誤差)

	結果1	結果2
イソバテング	0.97 ± 0.28	1.21 ± 0.51
ウグイ	0.77 ± 0.56	0.93 ± 1.23
ウミタナゴ	1.01 ± 0.08	1.29 ± 0.63
クロガシラガレイ	1.25 ± 1.33	0.79 ± 0.78
クロソイ	1.07 ± 0.30	0.95 ± 0.53
ハナイトギンポ	0.12 ± 0.85	1.83 ± 0.66
ムロランギンポ	1.56 ± 1.81	0.88 ± 0.71
ヨウジウオ(小)	1.00 ± 0.00	1.41 ± 0.44
ヨウジウオ(大)	1.24 ± 0.15	2.25 ± 1.07

なお、実験中、イソバテング、ウグイ、ウミタナゴ、ヨウジウオ(小)は常に遊泳していたのに対し、クロガシラガレイ、クロソイ、ムロランギンポ、は着底と遊泳を繰り返していた。ハナイトギンポは着底時には尾を海藻に巻き付ける行動が見られた。またヨウジウオ(大)は、ほぼ着底していた。常に遊泳する種および定位時に体を何かに接触させる種では、藻場内は流動が小さくなることにより定位しやすくなるため、藻場内への分布割合が高まったと考えられる。

(4) まとめ

北海道厚田村沿岸の藻場を対象として魚類に対する保育場機能を餌料供給および静穏域形成の側面から評価した。得られた結果は、以下のとおりである。

- 1) 当該藻場は主にフシスジモクで構成されており、年間を通してトウガタナタネツボを主体とする巻貝類が卓越し、端脚類のヒゲナガヨコエビ、カマキリヨコエビ、モクズヨコエビおよびドンガメヨコエビが比較的多く出現する群集組成を示した。
- 2) 当該藻場では、長期に渡って藻場を生息場とする魚種 (I型)、一定期間を藻場で過ごす魚種 (II型)、および一時的に藻場へ進入する魚種 (III型) の3タイプが採集された。このうち、I型の魚種は主に葉上性の端脚類を摂食していたほか、II型の魚種は葉上性の端脚類に加えて浮遊性のアミ類や底生性のゴカイ類やカニ類を摂食しており、当該藻場は魚類の餌料供給場として有効に機能していることが示された。
- 3) 当該藻場における葉上動物の年間生産量は、117.6~539.0g・乾重/m²/年の範囲にあった。このうち、端脚類の年間生産量は0.46~0.74g・乾重/m²/年と推定され、この値は周辺砂泥域における小型甲殻類の生産量の10~16倍を示した。
- 4) 魚類の餌生物として重要な端脚類の餌起源は、海藻表面に繁茂する付着珪藻である可能性が示唆され、藻場が魚類の餌場として機能するには、付着珪藻による一次生産が重要と考えられた。
- 5) 藻場における餌料供給機能の年間便益額をクロソイ養殖にかかる給餌費用として試算した結果、端脚類ベースでは0.2~0.9円/m²/年、甲殻類ベースでは4.7~28.5円/m²/年と算出された。
- 6) モク類群落による波の透過率は、群落規模が大きく、群落密度が高いほど低くなる傾向がみられた。最も透過率が小さくなったのは、フシスジモク群落を密度18.7本/m²、面積0.75 m²としたときの0.94 (波形勾配0.008)であった。ウガノモク群落を対象とし、海藻群落密度および面積の関係から波形勾配ごとの透過率を推定する指標を作成した。

- 7) フシスジモク群落を対象とした実海域における波浪観測では、2003年10月および2004年9月の観測を除いて群落の岸側が沖側に比べて低い値を示した。浅水効果のみを考慮した群落岸側での波高の推定値は観測値よりも大きかったことから、藻場による波浪減衰効果の可能性が示唆された。
- 8) 流動環境下において海藻群落が存在する場合、イソバテング、ウグイ、ウミタナゴ、ハナイトギンポおよびヨウジウオは、海藻群落内に分布する割合が増えた。これとは逆に、クロガシラガレイ、クロソイおよびムロランギンポは、藻群落外に分布する割合が増えた。常に遊泳する種（イソバテング、ウグイ、ウミタナゴおよびヨウジウオ（小））および定位時に体を何かに接触させる種（ハナイトギンポおよびヨウジウオ（大））では、藻場内は流動が小さくなることにより定位しやすくなるため、藻場内への分布割合が高まったと考えられる。これらに対し、クロガシラガレイ、クロソイおよびムロランギンポは着底と遊泳を繰り返していた。

1.4. 参考文献

- 1) 赤池章一，多田匡秀，瀧谷明朗，今井義弘，名畑進一，吉村圭三，清河 進，水野勝彦，河井 渉：北海道留萌沿岸で観察されたニシン産卵床の特徴．北水試研報，62：91-103（2002）．
- 2) 千川 裕，田嶋健一郎，川井唯史：ニシン産卵床の形成に及ぼす植生と地形の影響．北水試研報，62：113-118（2002）．
- 3) 布施慎一郎：ガラモ場における動物群集．生理生態，11：23-45（1962）．
- 4) S. Hayase and S. Tanaka: Feeding ecology of three species of Embiotocid fishes in the *Zostera marina* belt of Odawa Bay. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 46: 1469-1476（1980）．
- 5) 高野英利，宮沢 正：藻場環境と海藻の栄養塩吸収能について．大分県水試調研報，14：87-99（1990）．
- 6) 難波信由：I. 生殖細胞，初期発芽体の特性，1. ホンダワラ類．「藻場の海藻と造成技術」（能登谷正浩編著），成山堂，東京，1-9（2003）．
- 7) 松山恵二：ホソメコンブの物質生産．大槌臨海研究センター報告，13：59-62（1987）
- 8) 津田藤典，赤池章一：北海道積丹半島西岸におけるフシスジモク群落の生活年周期と生産力．水産増殖，49：143-149（2001）．
- 9) 玉井恭一：マクロベントスの分布と生産．「沿岸の環境圏」（平野敏行監修），フジテクノシステム，東京，（1998）．
- 10) 向井 宏：ガラモ葉上の貝類について．貝類学雑誌，35：119-133（1976）．
- 11) 向井 宏：藻場（海中植物群落）の生物群集（8）－葉上動物の個体群動態－．海洋と生物，102：44-46（1996）．
- 12) 奥野良之助：陸奥湾浅虫付近の岩礁性魚類．日本生態学会誌，15：183-188（1965）．
- 13) 北海道：漁場保全対策推進事業調査報告書．平成15年度．印刷中．
- 14) 草刈宗晴：クロソイの種苗生産に関する生殖生物学的研究．北水試研報，47：41-124（1995）．
- 15) 大分県海洋水産研究センター：養魚情報．180号（2002）．
- 16) 合田良実，鈴木康正，岸良安治，菊地治：不規則波実験における入・反射波の分離推定法．港湾技研資料，248：1-24（1976）．

2. 現地調査（京都府）

2.1. はじめに

海藻類の繁茂する藻場には、地球温暖化の原因となる二酸化炭素を吸収し固定する機能や、海水中の窒素やリンなどの栄養塩類を吸収して水質を浄化する機能がある（環境保全機能）。また、多くの魚類やイカ類の産卵場として利用され、幼稚魚の保育場としての機能を有するほか、サザエ・アワビなどの餌料になるばかりでなく、食用海藻としても利用されている（生物保全機能）。本調査では、これら多岐にわたる藻場機能の定量化に向けた検討を行い、藻場造成事業を行う際の便益算定に必要な資料を収集・提供することを目的とした。

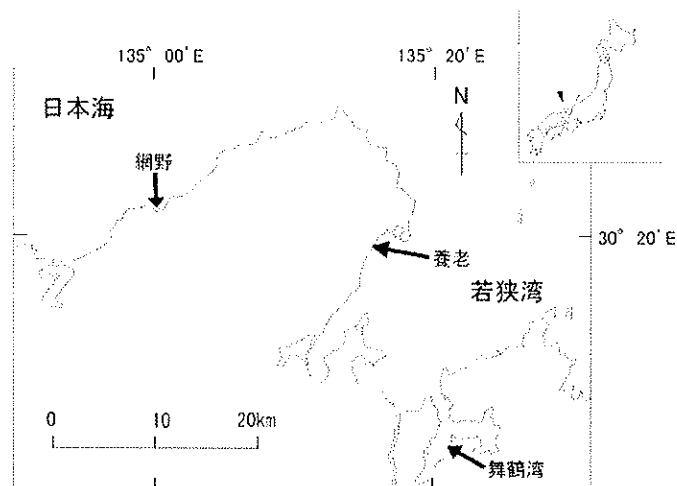
2.2. 二酸化炭素及び栄養塩吸収機能の評価

(1) 目的

本章では、京都府沿岸のホンダワラ藻場における二酸化炭素及び栄養塩類吸収量を定量評価するための基礎資料を得ることを目的とする。

(2) 材料及び方法

京都府沿岸において、それぞれに環境条件が異なる3海域のホンダワラ藻場を調査対象海域として選定した（図Ⅲ-2-2-1）。日本海に直接面し、対馬暖流の影響を強く受ける海域（網野）、若狭湾西部海域の湾奥部（養老）、若狭湾の枝湾である舞鶴湾内（舞鶴）の3海域である。これらの海域は順に、外海域から内湾域、波浪や潮流の影響が大きい海域から小さい海域、海域の透明度が高く貧栄養の海域からやや富栄養化した海域といった特徴を持つ（表Ⅲ-2-2-1）。



図Ⅲ-2-2-1. 調査対象海域

表Ⅲ-2-2-1. 調査海域における環境条件

	網野（日本海）	養老（若狭湾）	舞鶴（舞鶴湾）
海域の特徴	外海域	中間	内湾域
波浪・潮流	強い	中間	弱い
透明度	高い	中間	低い
栄養塩濃度	低い	中間	高い

1) 調査海域における植生および環境調査

植生 各海域において岸から沖方向へライン調査を行い、基点からの距離別に底質、ホンダワラ科海藻を主とした植生を把握した。

水温・塩分 網野（日本海）の藻場内（底深 5m）、養老（若狭湾）の藻場内（底深 4m）と沖側（底深 15m）、舞鶴（舞鶴湾）の藻場の沖合（底深 10m）において、毎月 1 回、STD（株式会社アレック社製）を用いて海面から海底までの水温・塩分を水深 1m ごとに測定した。また、藻場沖側の水深 8m において RMT 型水温記録計（離合社製）を設置し、1 時間ごとに水温を測定した。

光環境 調査対象とした 3 海域の海面および水深 1m, 3m, 5m, 7m 層において、光量子量 (PAR: 光合成利用可能光量子束密度) の積算値 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{min.}$) を各層 3 分間測定し、海面と各測定層との光量子量の比 (相対光強度) を求めた。光量子量は、光量子センサー (LI-COR 社製, LI-192SA) にデータロガー (同社製, LI-190SA) を接続して測定した。また、京都府立海洋センターの屋上で光量子量 (PAR) の 1 日の積算値 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$) を周年測定した。

栄養塩濃度 網野（日本海）の藻場表層（水深 0.5m 層）と底層（海底から 0.5m 直上：水深 4m 層）、養老（若狭湾）の藻場の岸側（水深 0.5m 層）、藻場内（水深 0.5m 層、海底から 0.5m 直上）、藻場の沖側（水深 0.5m 層、水深 8m 層、海底から 0.5m 直上）、舞鶴（舞鶴湾）において北原式採水器を用いて採水した。試水は、実験室内でガラスファイバーフィルター (Whatman GF/F) により濾過し、冷凍保存した。その後、オートアナライザーにより硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素およびリン酸態リン濃度を測定した。なお、調査頻度を網野、舞鶴では 2 ヶ月に 1 回、養老では毎月 1 回とした。

2) ホンダワラ群落の年間純生産量と CNP 含有率の把握

海藻純群落の生産量 対象とした種は、網野（日本海）では、ジョロモク、ヨレモク、フシスジモクの 3 種、養老（若狭湾）では、ヤツマタモク、ヨレモク、ジョロモク、ノコギリモク、マメタワラの 5 種、舞鶴（舞鶴湾）においては、ヨレモク、アキヨレモクの 2 種である。それぞれの海域において毎月 1 回、網野と養老では 50cm×50cm の方形枠、舞鶴では 25cm×25cm の方形枠を用いて刈り取り（海藻 1 種につき 4 枠）を行った。

採集された藻体を仮根部から 10cm 間隔に切断し（層別刈り取り法）、さらに部位別（一年生部位：主枝、葉、気胞、生殖器床；多年生部位：茎、付着器）に分けた後、80℃で 24 時間熱風乾燥させて乾燥重量を測定した。それらの結果をもとに生産構造図を作成した。連続する月の生産構造図の差から、ホンダワラ科海藻各種の群落の月間流失量を推定した。

マッピングによる混合群落の生産量 養老（若狭湾）の藻場内において 2m×2m の永久コドラートを 3 箇所（岸、中、沖）に設置し、毎月 1 回、出現したホンダワラ科海藻について個体ごとに主枝数、5 段階（5cm 以下、～20cm、～50cm、～100cm、100cm 以上）に区分した全長を記録した。

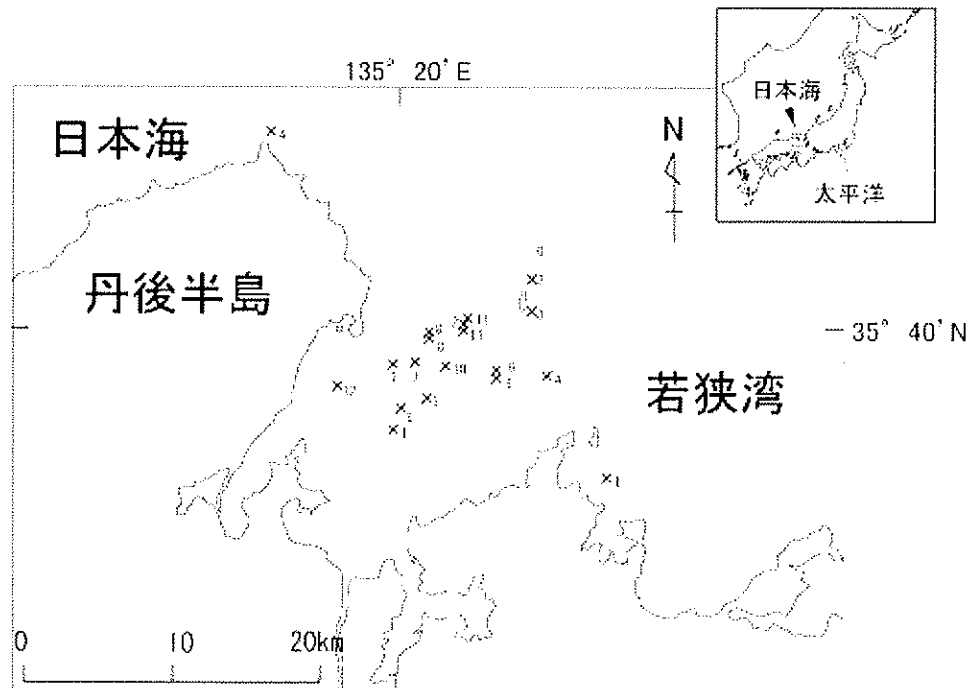
藻体の炭素及び窒素、リンの含有量 各海域で採集されたホンダワラ科海藻 10 種（ジョロモク、ノコギリモク、ヤツマタモク、ヨレモク、マメタワラ、アカモク、アキヨレモク、ウミトラノオ、ミヤベモク、フシスジモク）について、藻体の各部位（上部の葉、下部の葉、主枝、茎）の炭素含有量、窒素含有量を CHN コーダにより測定した。リンについては、藻体の乾燥粉末を人工海水に溶かした後、ペルオキシ第二硫酸カリウムで加水分解し、リン酸態リン濃度を測定し、リン含有量を求めた。

3) ホンダワラ流失藻体の被食分解過程

藻場内における流れ藻発生量の見積もり 養老海域(若狭湾)で優占するヤツマタモク、ノコギリモク、マメタワラ、ヨレモク、ジョロモクの5種について層別刈り取り法を用い、月ごとの流失量を調べた。さらに、ホンダワラ科海藻の枯死期にヤツマタモクとノコギリモクの主枝の付着部から1mと2mのところに標識を付けて経過観察することで、藻場内で立ち枯れるものと藻場外へ流失するものの割合を求めた。

2004年5月27日には、養老の藻場で優占していたヤツマタモクとノコギリモクは、全ての主枝が直立しており、このときヤツマタモクの最大藻長は3.3m、ノコギリモクでは3.6mであった。水深4~5mにおいて両種の個体の基部に番号札をつけて個体識別し、その個体の主枝1本に付着部から高さ1、2mの2ヶ所に色付ビニールで覆われた針金を巻きつけて目印とした。その後10日間隔で、目印をつけた主枝の流失または倒伏状況を継続観察した。主枝が一部でも海底面に接触したものを倒伏とし、そのとき残存していた主枝の長さを記録した。

流れ藻の種組成の月別変化 2003年4月から2004年4月まで毎月1回、若狭湾西部海域(丹後海)において流れ藻を採集した(図III-2-2-2)。調査1回あたりの流れ藻の採集量を約50kgとし、出現種ごとに湿重量を測定した。このうちホンダワラ科海藻については、付着器から流失したものとそれ以外の部位の切断によって流失したものとに分け、それぞれの湿重量を測定した。また、付着器の付いた藻体については、全長を測定した。



図III-2-2-2. 流れ藻の採集場所

流れ藻の浮遊期間の推定 養老海域で採集したホンダワラ科海藻4種(ヤツマタモク、ジョロモク、ヨレモク、ノコギリモク)と他海域で採集したアカモクの計5種を京都府立海洋センターの海面生け簀に浮かべたコンテナカゴに収容し、湿重量と浮力、つぶれた気胞の割合などを1週間ごとに測定した。その際、付着器を付けた状態と付着器の無い状態の両方について海藻の比重を測定した。

付着器を付けた状態の海藻に浮力が無くなった時点で実験を終了したが、ノコギリモク、

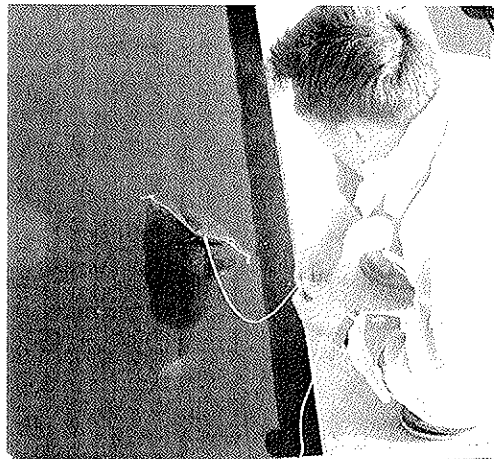
ヤツマタモクについては、時期を変えて海藻を採集し実験を行った。実験期間中の水温については、RMT型水温記録計により1時間ごとに測定した。海藻の比重測定では、網袋に入れた海藻を海面に浮かべ、その下端にある小袋に鉛製の錘を少しずつ増やしていき、海藻が沈み始める直前の錘の重量から海水比重を補正して次式により算定した(図Ⅲ-2-2-3)。

海藻の比重の求め方

$$d t = (S w + b w) / (S v + b v)$$

d t : 海水の比重, S w : 海藻の重量, b w : 錘の重量, S v : 海藻の体積, b v : 錘の体積

なお、流れ藻が浮遊する海面には、下降流が存在したり⁽¹⁾、波浪で海藻の気胞が脱落したりすることもあり、ここでは海藻の比重が1.005より大きくなったときに沈むと仮定した。



図Ⅲ-2-2-3. 流れ藻の浮力測定

上記の方法により、ホンダワラ科海藻各種の流れ藻浮遊期間の推定を行うとともに、流れ藻の浮遊期間中の最大重量と沈降し始めたときの重量を比較した。その差分が浮遊期間中に藻体が細分化され海水中の懸濁物となるものとし、残りは海底へ沈降するものと仮定した。

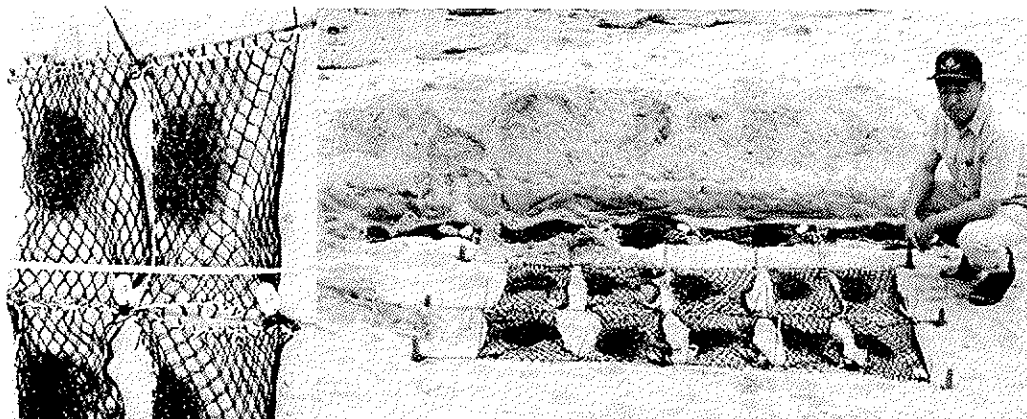
砂浜へ打ち上げられた海藻の分解過程 砂浜へ打ち上げられた海藻(図Ⅲ-2-2-4)の分解過程を調べるため、養老海域の砂浜に区画を設け、前面海域の藻場で採集したノコギリモクを砂の上、砂の中(約20cm深)に固定し、分解による重量変化を調べた(図Ⅲ-2-2-5)。



図Ⅲ-2-2-4. 砂浜へ打ち上げられた海藻

分解過程は温度によって変化するものと想定されたので、高温期（2003年6月30日に実験開始）と低温期（2004年2月10日に実験開始）の2回実験を行った。

ノコギリモクの先端部を50～80cm切り取り、湿重量、乾燥重量を測定して両者の比を求め、実験開始時におけるノコギリモクの乾燥重量を推定した。高温期には湿重量約70g、低温期には約100gに切ったノコギリモク藻体を目合い60mmの網袋（50cm×30cm）に入れた。これらを打ち上げ海藻が最も多く堆積する砂浜の潮上部に置いた実験区と隣接した場所に深さ20cmになるように埋めた実験区を設けた。その後、およそ10日後、20日後、30日後、60日後、80日後に周囲の砂とともに回収した。取り上げた海藻を海水で洗い、0.15mmのネットで濾過した後、残った海藻片の乾燥重量を測定した。なお、調査時には砂上及び砂中の温度を棒状温度計で測定した。



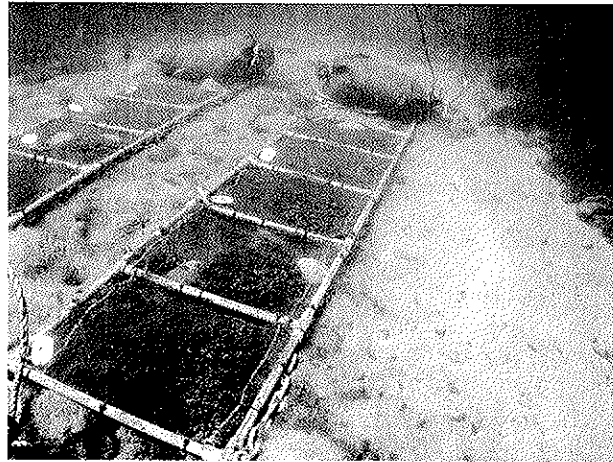
図Ⅲ-2-2-5. 砂浜へ打ち上げられた海藻の分解過程の測定実験

海藻（海草を含む）の砂浜への打ち上げ量 養老海域の汀線から国道までの砂浜に海岸線長50m、幅約20mの調査区域を設け、そこに打ち上げられた（砂に埋まっているものを含む）海藻の全量を2003年4月28日から2004年5月20日までの期間、概ね10日ごとに採集した（図Ⅲ-2-2-6）。採集した海藻を種ごとに分け、乾燥重量を測定し、砂浜への年間打ち上げ量および打ち上げ量の季節変化を調べた。なお、ホンダワラ科海藻については、付着器の有無を確認した。



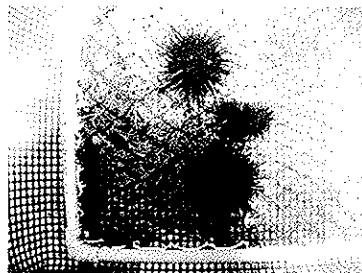
図Ⅲ-2-2-6. 砂浜への打ち上げ海藻の採集

海中における海藻の分解過程 目合い 60mm のメッシュバックにノコギリモクを 100 g (湿重量) ずつ入れ、藻場内の砂地と岩場に設置した (図Ⅲ-2-2-7)。設置から 3 週間後に取り上げ、乾燥重量を測定した。その際、海藻に蛸集している植食動物も同時に採集した。



図Ⅲ-2-2-7. 海底における海藻の分解過程の測定実験

植食動物の摂食量 水槽内でのウニ類 (ムラサキウニ, アカウニ) と小型巻貝類 (ウラウズガイ, オオコシダカガンガラ) の海藻摂食量を調べた。その際、メッシュバックによりウニ類や巻貝類の摂食が妨げられていないか (メッシュバックによる摂食量の減少割合) を確認した (図Ⅲ-2-2-8)。



図Ⅲ-2-2-8. 水槽内での摂食実験

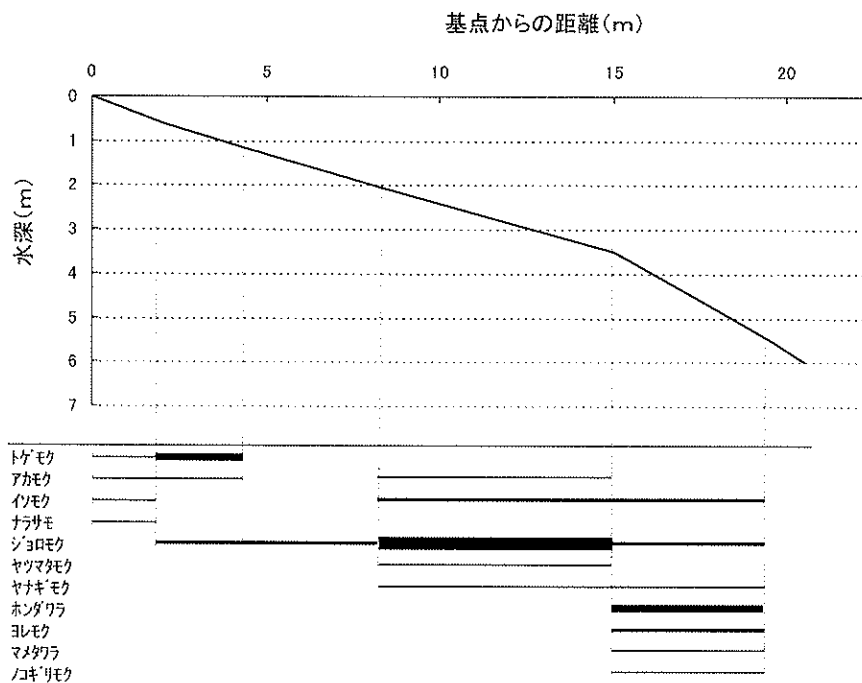
大型ペントス量の把握 2003年7月18日と同年11月18日に養老海域に沖出し 80~90m の調査ラインを 3 本設定し、大型ペントスの出現個体数および体重を水深別に調べた。ま

た、採集したサザエ、バフンウニ、アカウニ、ムラサキウニについて、殻高または殻径を測定した。

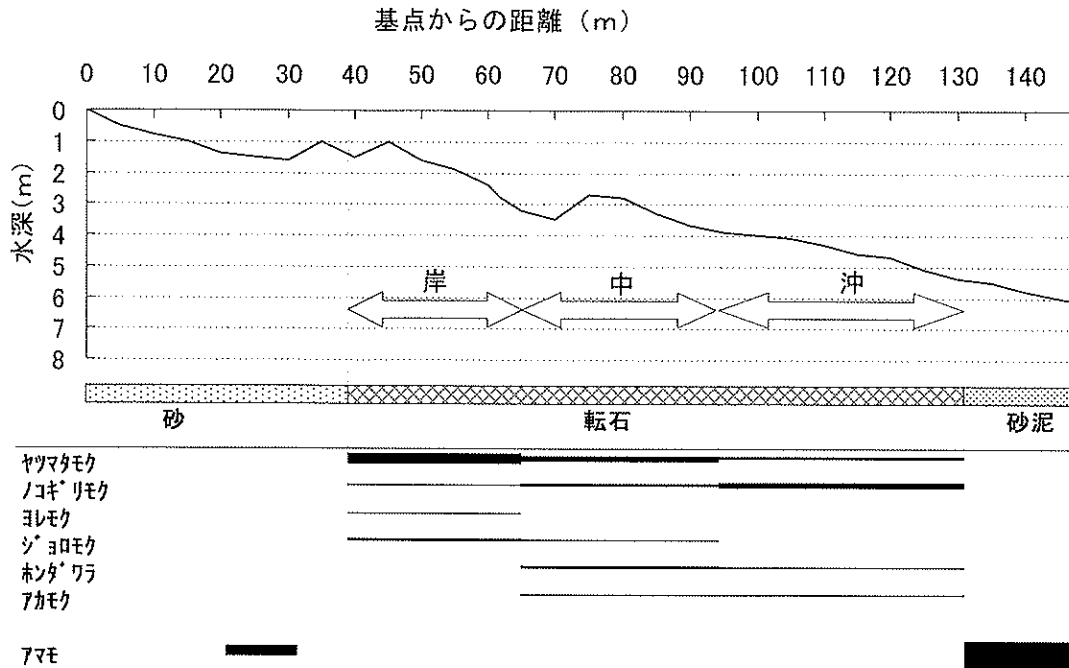
(3) 結果

1) 調査海域における植生および環境調査

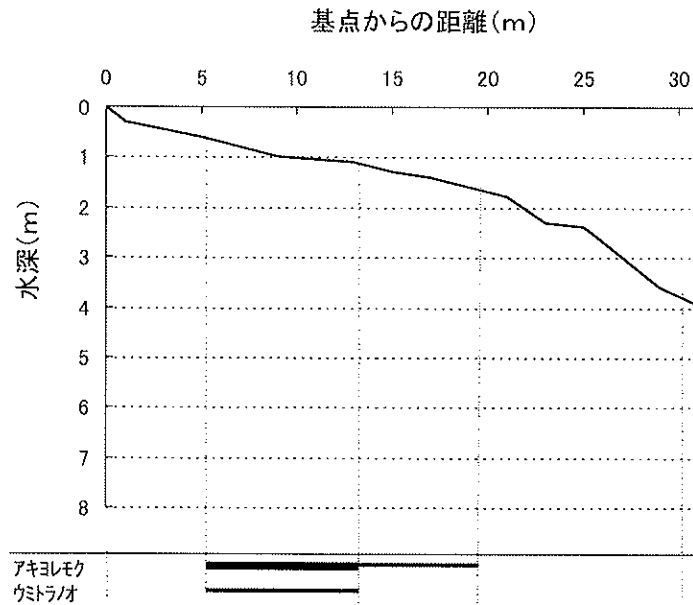
植生 それぞれの海域で多く出現した種は、網野（日本海）の天然藻場（水深 4～5m）ではヨレモク、ジョロモク（図Ⅲ-2-2-9）、同海域の造成域（水深約 8m）ではフシスジモク、養老（若狭湾）ではジョロモク、ヤツマタモク、ノコギリモク、ヨレモク（図Ⅲ-2-2-10）、舞鶴（舞鶴湾）においてはアキヨレモク、ウミトラノオであった（図Ⅲ-2-2-11）。このうち、養老（若狭湾）では、1～5m の転石または岩盤にホンダワラ藻場が形成され、その岸側の砂地と沖側の砂泥底にアマモが繁茂していた（図Ⅲ-2-2-10）。この海域のホンダワラ藻場は、水深と優占種の構成によって3区分され、それぞれについて調査対象とした。



図Ⅲ-2-2-9. 網野（日本海）における海藻植生



図Ⅲ-2-2-10. 養老（若狭湾）における底質と海藻植生



図Ⅲ-2-2-11. 舞鶴（舞鶴湾）における海藻植生

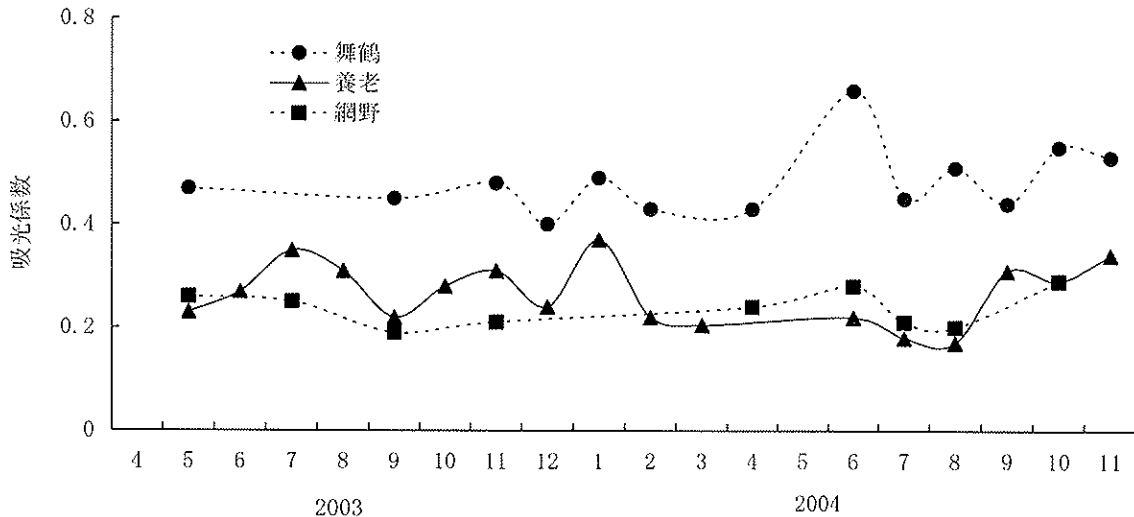
水温・塩分

網野（日本海）における2003年5月から2004年11月までの期間の藻場表層の水温は、2004年3月に最低値11.6℃を示した。2003年および2004年の表層水温の最高値は、それぞれ9月と8月に記録され、それぞれ26.4℃、27.3℃であった。一方、表層における塩分（PSU）は31.65～34.49の範囲であり、2003年5～9月、2004年6月および11月に低下し、32.50以下の低い値を示した。底層における塩分は32.16～34.36の範囲であり、2003年7月および9月、2004年9～11月以外の月は33.50以上であった。表層の塩分に比べて、水深5mの底層では塩分があまり低下せず、表層の塩分が32.50以下となった月でも底層の塩分は概ね33以上であった。

養老(若狭湾)における2002年10月から2003年12月までの期間の藻場表層の水温は、2003年3月に最低値9.8℃を示し、同年9月に最高値26.3℃を示した。同海域の藻場底層の水温は、藻場表層の±0.5℃以内であったが、2003年5月には表層より2.0℃低かった。一方、藻場表層の塩分(PSU)は、31.96~34.15であり、5~9月が33未満の低い値を示した。

舞鶴(舞鶴湾)における2002年11月から2004年11月までの藻場表層での年間最低水温値は、2003年は3月、2004年には2月に記録され、それぞれ10.5℃、9.6℃であった。年間最高水温値は、2003年9月と2004年8月に記録され、それぞれ25.8℃、27.3℃であった。一方、藻場底層における最低水温値は両年とも3月で10.9℃と11.9℃、最高水温値は両年とも9月で26.1℃と25.5℃であった。

光環境 網野、養老および舞鶴における海水の吸光係数は、それぞれ0.19~0.29(平均 0.24 ± 0.04)、0.17~0.37(平均 0.27 ± 0.06)および0.40~0.66(平均 0.48 ± 0.07)であった(図Ⅲ-2-2-12)。3地点ともに海水の吸光係数の変動に明瞭な季節性はみられなかった。網野(日本海)と養老(若狭湾)での吸光係数は似た値を示す場合が多く、舞鶴(舞鶴湾)では他の2点に比べ常に高い値を示した。



図Ⅲ-2-2-12. 3地点における吸光係数の変化

栄養塩濃度 網野(日本海)における藻場表層のリン酸態リン濃度($\mu\text{g/L}$)は、周年1.4~8.0の範囲で変動した。5~9月は3.1以下であったが、11月~3月は5.1以上で推移し、冬期に高くなる傾向がみられた。一方、底層での濃度は5月に最高値6.2を示し、7月に最低値1.4を示した後は徐々に増加し、3月は5.5であった。

養老(若狭湾)における藻場表層でのリン酸態リン濃度($\mu\text{g/L}$)は、周年0.3以下~15の範囲で変動した。2002年10月から翌年2月までの期間には10以上の比較的高い濃度であったが、それ以降はほとんど5.0以下で推移した。藻場底層での濃度は周年0.3以下~16の範囲で変動し、2003年3月までは表層での濃度と似た変動を示したが、同年4~7月には表層より高い値を示した。一方、この海域の藻場沖側(藻場から沖へ約200mの地点、水深15m)でのリン酸態リン濃度は、周年0.3以下~26の範囲で変動し、2003年5月までは5.0以上で大きく変動したが、それ以降は5.0以下で推移した。藻場沖側の底層での濃度は、周年0.3以下~22の範囲で変動し、2003年1月までは藻場表層と似た変動を

示したが、それ以降は 5.0 以下の低濃度で推移した。

舞鶴（舞鶴湾）における藻場表層のリン酸態リン濃度（ $\mu\text{g/L}$ ）は 2002 年 11 月に 18 の高い値を示した以外は、周年 6.0 以下で推移した。藻場底層においても 2002 年 11 月に 18 の最高値を示し、その後低下して 2003 年 9 月には 1.9 の最低値を示した。それ以降再び上昇し、2004 年 1 月と 3 月には 8.9 であった。

養老において、アンモニア態窒素は藻場の岸側から沖側に向かうにつれて低くなる傾向が見られ、硝酸態窒素は藻場の岸側および沖側の底層で高くなる傾向が見られた。

2) ホンダワラ群落の年間純生産量と CNP 含有率の把握

層別刈り取り法による純群落での生産量 養老（若狭湾）におけるヤツマタモク、ノコギリモク、マメタワラ、ヨレモク、ジョロモクの年間純生産量（ gdw/m^2 ）の推定値は、順に 2,407, 2,132, 1,471, 1,458, 1,197 であった（表Ⅲ-2-2-2）。一方、各種の現存量は 4~5 月に最大になり、7 月に最小となった。年間最大現存量（ gdw/m^2 ）は、順に 1,607, 1,263, 978, 1,108, 779 であった（表Ⅲ-2-2-2）。年間最大現存量に対する年間純生産量の比は、それぞれ 1.5, 1.7, 1.5, 1.3, 1.5 となった。

網野（日本海）におけるジョロモク、ヨレモク、フシスジモクの最大全長、年間最大現存量、年間純生産量は、それぞれ 103~167cm, 492~839 gdw/m^2 , 710~1,110 $\text{gdw/m}^2/\text{yr}$ の範囲であった。

養老（若狭湾）のヤツマタモク、ノコギリモク、マメタワラ、ヨレモク、ジョロモクの最大全長、最大現存量、年間純生産量は、それぞれ 335~450cm, 779~1,607 gdw/m^2 , 1,197~2,407 $\text{gdw/m}^2/\text{yr}$ の範囲であった。

舞鶴（舞鶴湾）のアキヨレモク、ヨレモクの最大全長、年間最大現存量、年間純生産量は、それぞれ 130~156cm, 2,122~3,038 gdw/m^2 , 3,949~4,037 $\text{gdw/m}^2/\text{yr}$ であった。

ホンダワラ科海藻の最大全長は養老（若狭湾）で最長となったが、年間最大現存量と年間純生産量は、舞鶴（内湾）で最大、網野（日本海）で最小となった（表Ⅲ-2-2-2）。

表Ⅲ-2-2-2. ホンダワラ科海藻の年間純生産量

海域	種名	最大全長 (cm)	最大現存量 (gdw/m^2)	年間純生産量 (gdw/m^2)	P/B
網野 (日本海)	フシスジモク	103	839	1,110	1.4
	ジョロモク	167	766	753	1.0
	ヨレモク	103	492	710	1.4
養老 (若狭湾)	ヤツマタモク	335	1,607	2,407	1.5
	ノコギリモク	385	1,263	2,132	1.7
	マメタワラ	409	978	1,471	1.5
	ヨレモク	360	1,108	1,458	1.3
	ジョロモク	450	779	1,197	1.5
舞鶴 (舞鶴湾)	アキヨレモク	130	3,038	3,949	1.3
	ヨレモク	156	2,122	4,037	1.9

ここで得られた乾燥重量のデータを 4 通りに組み合わせ（表Ⅲ-2-2-3）、刈り取る層厚や一年生部位の分別の有無によって年間流失量の推定値がどれほど異なるか調べた。その結果、年間流失量の推定値は、最も細かく分別したときに最大となり、層厚 10cm で一年生部位を分別しなかったものを 100% とすると、104~108% に増加した。また、層厚を 50cm としたときには、推定流失量が 86~96% となった。しかし、このときジョロモクの 86% を除くと 94~96% の範囲内であった。ジョロモクの推定値が他種より小さくなったのは、ジョロモクの全長が成熟期でも 160cm 程度であり、成熟期の全長が 300cm 以上となっていた他種よりもかなり短かったためであると考えられた。

表Ⅲ-2-2-3. 一年生部位の分別方法の違いによる年間流失量の推定値 (g dw/m²) の違い

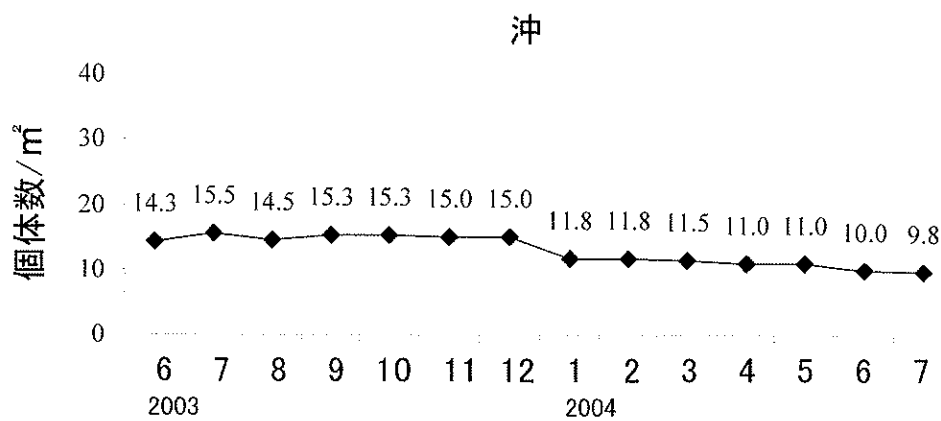
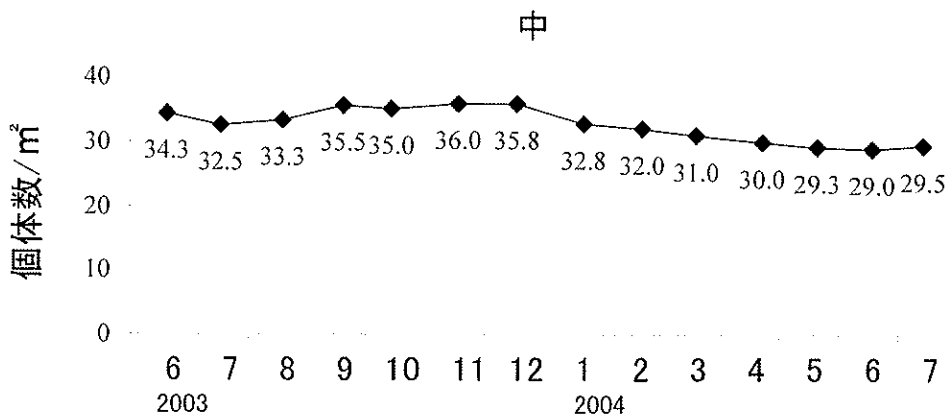
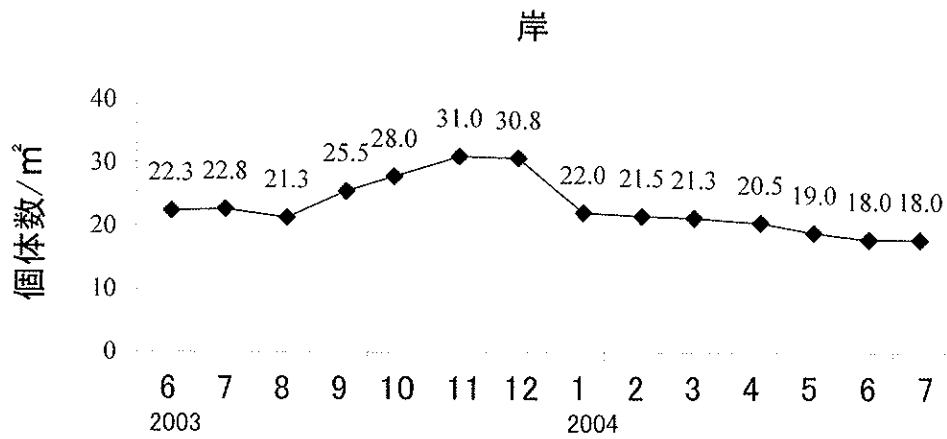
層厚	一年生部位 分別の有無	ヤツマタモク	ノコギリモク	ヨレモク	ジョロモク	マメタワラ
10cm	分別	1,973 (108)	2,153 (104)	1,644 (107)	1,124 (106)	-
10cm	分別しない	1,831 (100)	2,080 (100)	1,540 (100)	1,061 (100)	1,504 (100)
20cm	分別しない	1,790 (98)	2,068 (99)	1,527 (99)	1,041 (98)	1,492 (99)
50cm	分別しない	1,752 (96)	1,982 (95)	1,444 (94)	915 (86)	1,418 (94)

カッコ内は 10cm 未分別を 100% としたときの相対値 (%) を示す

マッピング法による生産量 養老海域における岸帯、中帯、沖帯の永久コードラート内におけるホンダワラ科海藻の個体数を図Ⅲ-2-2-13 に示した。岸帯におけるホンダワラ科海藻の個体数は 18.0~31.0 個体/m² の範囲内であった。2003 年 6 月から 8 月までは 22 個体/m² 前後で安定していたが、9 月から 11 月まで増加し 2003 年 12 月に 31.0 個体/m² に達した。2003 年 12 月から 2004 年 1 月には冬季波浪のために急激に減少し、30.8 個体/m² から 22.0 個体/m² となった。中帯におけるホンダワラ科海藻の個体数は 29.0~36.0 個体/m² の範囲内であった。2003 年 12 月から 2004 年 1 月にかけて減少し、35.8 個体/m² から 32.8 個体/m² となった。沖帯におけるホンダワラ科海藻の個体数は 9.8~15.5 個体/m² の範囲内であった。2003 年 12 月から 2004 年 1 月の間に個体数が減少し 15.0 個体/m² から 11.8 個体/m² となった。他の期間の増加率は ±9% 以内で大規模な個体数の変動はみられなかった。

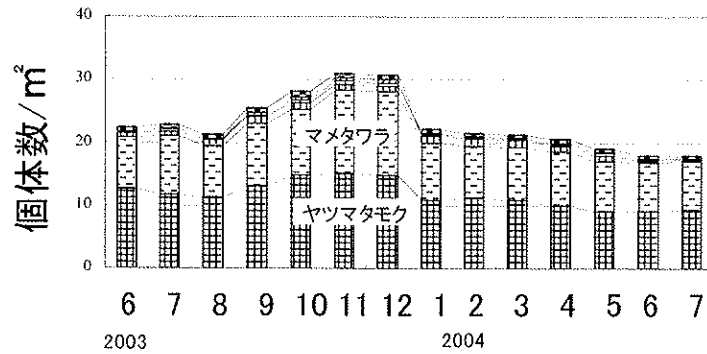
種類別に個体数の変化をみると (図Ⅲ-2-2-14) , 岸帯で個体数が多いのがヤツマタモク、マメタワラであった。中帯で個体数が多いのは、マメタワラ、ヤツマタモク、ノコギリモクであった。中帯においても 2003 年 12 月から 2004 年 1 月にかけて個体数が減少したが、その比率は、岸帯や沖帯よりも低かった (図Ⅲ-2-2-13, 図Ⅲ-2-2-14) 。沖帯において個体数が多い種は、ノコギリモク、ヤツマタモクであり、両種は全期間を通じて 74% 以上を占めていた。

マッピング法によって見積もられた年間流失量は、1,217gdw/m² となり、層別刈り取り法で推定された値の 1.32 倍となった。

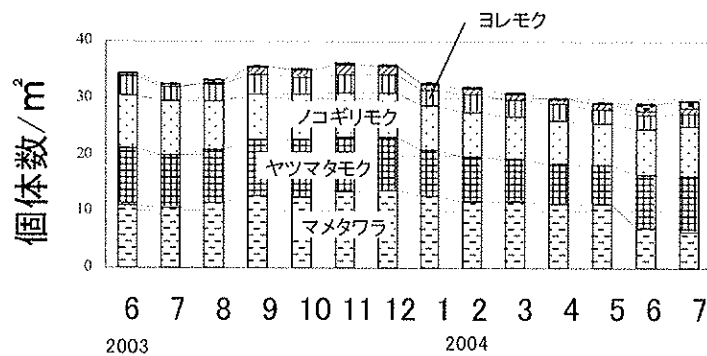


図Ⅲ-2-2-13. 永久コドラート内のホンダワラ科海藻の個体数の変化

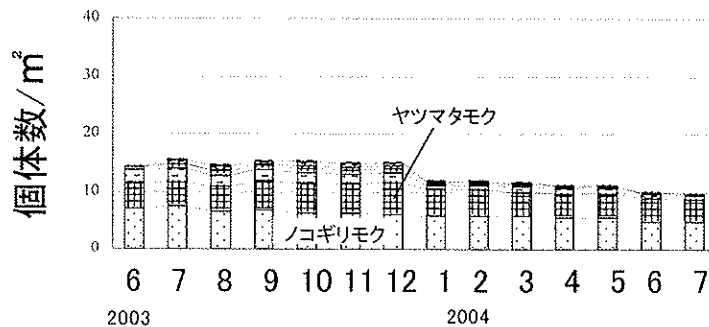
岸



中



沖

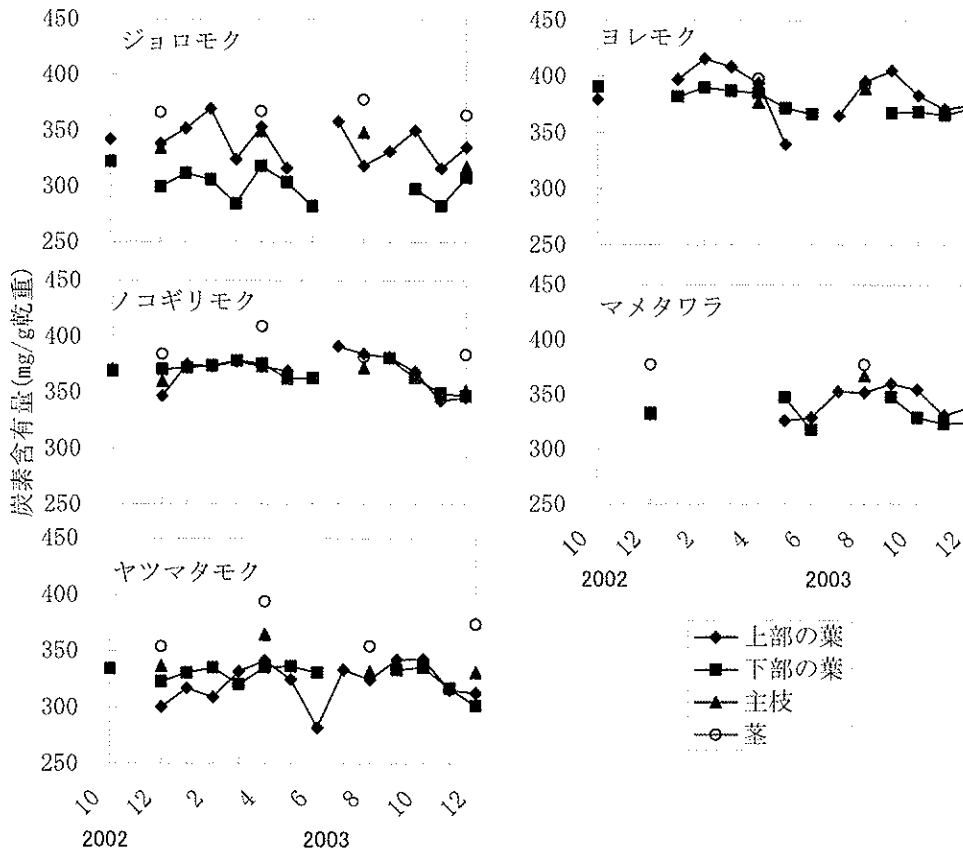


図Ⅲ-2-2-14. 永久コドラート内のホンダワラ科海藻の種類別個体数

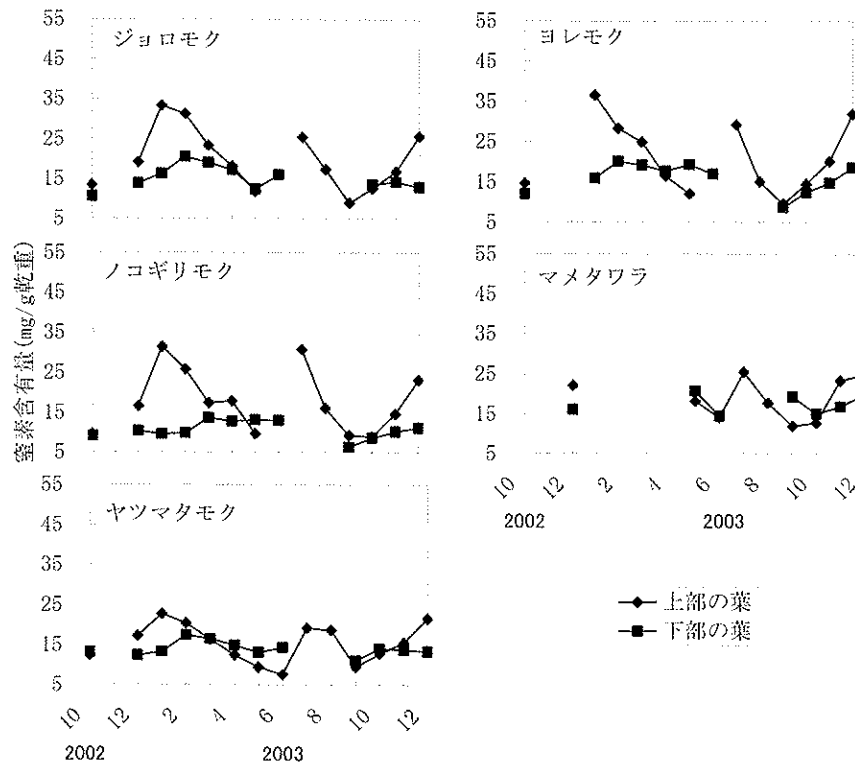
藻体の炭素及び窒素、リンの含有量 各項目の分析値について、表Ⅲ-2-2-4 に示した。また、養老で採集されたヤツマタモク、ヨレモク、ジョロモク、マメタワラ、ノギリモクの窒素及びリン含有量は、採集時期によって値が大きく変動するものの、いずれの種でも藻体下部の葉に比べ上部の葉の方が概ね高い値を示した（図Ⅲ-2-2-15、図Ⅲ-2-2-16、図Ⅲ-2-2-17）。養老で採集された上記の海藻の茎の炭素含有量は他の部位より高い値を示す傾向が見られたが、逆に茎のリン含有量は他の部位より低い値を示す傾向が見られた。

表Ⅲ-2-2-4. 藻体上部の葉の炭素・窒素・リン含有量 (mg/gdw)

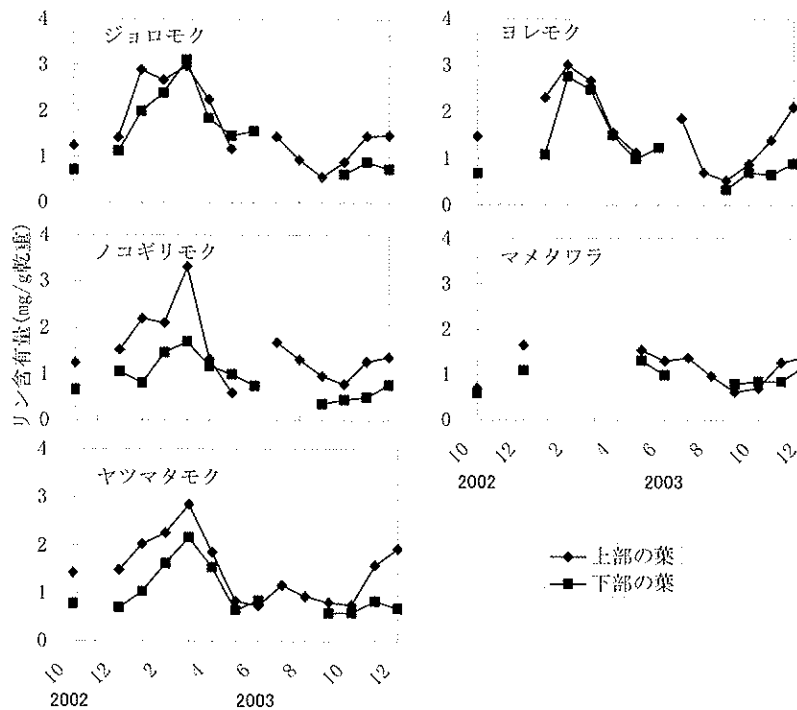
海域	種名	炭素	窒素	リン
網野	ヤツマタモク	307~375	13.1~28.6	0.79~1.40
	ジョロモク	319~375	17.8~31.9	1.31~2.45
	ノコギリモク	350~397	12.6~33.3	0.76~2.99
	ヨレモク	347~438	13.4~38.4	0.72~1.52
	フシスジモク	329~392	11.7~31.4	0.62~3.17
養老	ジョロモク	316~370	9.0~33.2	0.56~2.97
	ノコギリモク	342~391	8.9~31.3	0.59~3.31
	ヤツマタモク	282~343	7.5~22.7	0.75~2.84
	ヨレモク	339~416	9.5~36.5	0.53~3.01
	マメタワラ	326~360	11.9~25.4	0.62~1.65
舞鶴	アキヨレモク	365~406	13.2~51.0	1.25~2.92
	ヨレモク	360~411	19.0~41.1	0.80~2.07
	ウミトラノオ	298~374	15.5~48.2	1.50~2.71
	ミヤベモク	299~388	18.0~48.4	1.13~2.88
	ヤツマタモク	280~338	11.1~20.5	0.57~1.32



図Ⅲ-2-2-15. 養老で採集されたホンダワラ科海藻5種の上および下部の葉の炭素含有量の変化



図Ⅲ-2-2-16. 養老で採集されたホンダワラ科海藻 5 種の上
部および下部の葉の窒素含有量の変化



図Ⅲ-2-2-17. 養老で採集されたホンダワラ科海藻 5 種の上
部および下部の葉のリン含有量の変化

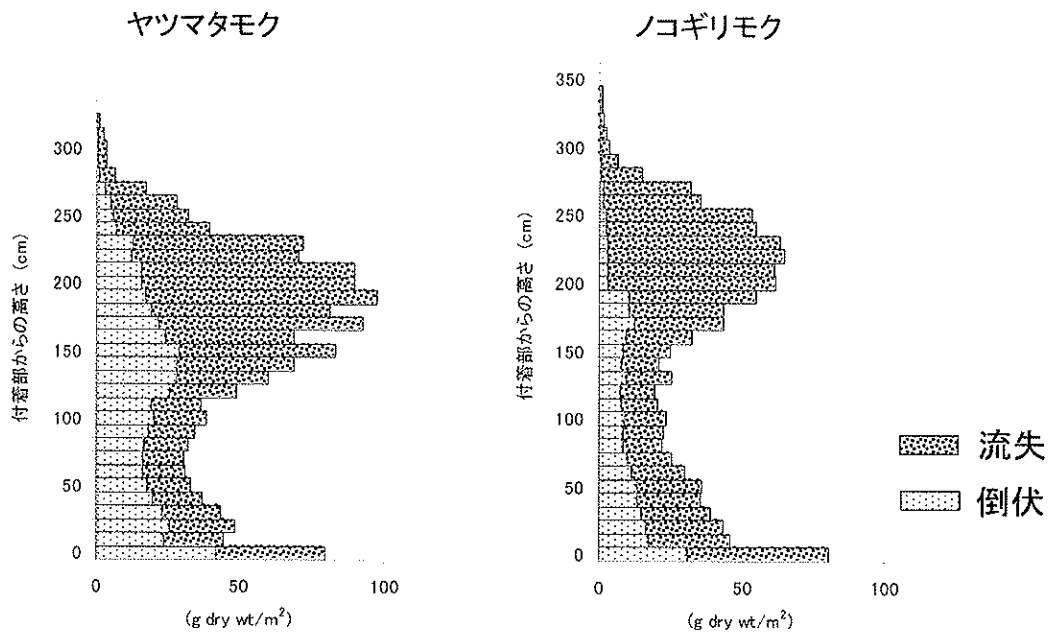
3) ホンダワラ流失藻体の被食分解過程

藻場内における流れ藻発生量の見積もり 養老のヤツマタモクとノコギリモクは5月27日から7月25日までの約2ヶ月間ですべての藻体が流失するか倒伏した。ヤツマタモクの主枝は高さ1mの部位の53%が倒伏し、2mの部位では18%が倒伏した(表Ⅲ-2-2-5)。また、ノコギリモクの主枝の場合は高さ1mの部位の38%が倒伏し、2mの部位では5%が倒伏した(表Ⅲ-2-2-5)。この倒伏して現存していなかった部分を流失した部分と見なした。これらのデータを基に、層別刈り取り法によって得られた両種の5月の現存量に対して、流失と倒伏の割合を示した(図Ⅲ-2-2-18)。ヤツマタモクでは、倒伏：流失の重量割合が34.5：65.5、ノコギリモクでは22.6：77.4となり、ヤツマタモクの方が倒伏する割合が高かった。これらの倒伏：流失の割合に、両種のホンダワラ科海藻全体に占める被度割合(ヤツマタモク42.9%、ノコギリモク22.9%)を掛け合わせ、ホンダワラ科海藻全体では枯死期にあたる4~7月に30.4%が倒伏し、69.6%が藻場外へ流失していくものと推定した。

表Ⅲ-2-2-5. 倒伏した主枝の割合

目印の位置	ヤツマタモク (n = 17)	ノコギリモク (n = 21)
1m	53% (9 個体)	38% (8 個体)
2m	18% (3 個体)	5% (1 個体)

調査個体数(n)のうち倒伏した主枝を持つ個体数(カッコ内)の割合を示す



図Ⅲ-2-2-18. ヤツマタモクとノコギリモクの流失・倒伏量の推定量

5月における両種の現存量の垂直分布に対して流失・倒伏量を示した。

養老海域(若狭湾)におけるホンダワラ科海藻の年間流失量は 921 g dw/m^2 となり、藻場の沖出し距離が88mであったので海岸線1mあたりでは81kg dwであった。4~7月の枯死期の流失量は年間全体の67.4%であった。この枯死期の藻場内の立ち枯れと藻場外への流失の割合をヤツマタモクとノコギリモクで代表させると、藻場内で立ち枯れ：30.4%、藻場外へ流失：69.6%となった。年間を通してみると流失した藻体のうち20.4%が藻場内

に留まり，残り 79.6%が藻場外へ輸送されたと考えられた。

流れ藻の種組成の月別変化 各月に採集された流れ藻の総重量のうち，2003年12月を除いて，ホンダワラ科海藻が80%以上を占めた（表Ⅲ-2-2-7）。ホンダワラ科海藻で各月に最も多く出現した種は，4～7月がアカモク，8月がノコギリモク，9，10月がヤナギモク，11月がヨレモク，12月がジョロモクとヤツマタモクであった（表Ⅲ-2-2-6）。

流れ藻として出現したホンダワラ科海藻について付着器の有無を調べ，各種の成長段階との関連で流失様式を整理した。アカモクとヤナギモクは，成熟期に付着器ごと流失する割合が高く，その他の時期にはほとんど流失しなかった。マメタワラ，ヤツマタモク，ノコギリモクは成熟期を含むすべての期間に出現し，付着器ごと流失する個体は少なかった。ホンダワラとヨレモクの流れ藻に占める割合は，春の成熟期には低いが秋の成長期には増加し，成長期に付着器ごと流失する割合が高かった。

表Ⅲ-2-2-7. 流れ藻の分類群組成 単位は%

年	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2004
月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
日	28	6	6	8	4	4	9	6	4	30	25	17	9
緑藻類	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0.08
褐藻類													
ホンダワラ以外	0	0	0.24	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ホンダワラ類	99.8	100	99.0	99.7	82.0	96.4	83.1	92.2	32.5	98.9	99.9	99.8	99.9
紅藻類	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
顕花植物	0.2	0	0.2	0	19.9	3.6	16.9	7.7	67.4	1.1	0.1	0.1	0

流れ藻の浮遊期間の推定 2003年の実験結果によれば、各種の成熟期における推定浮遊期間は、アカモク（5月採集）が8週間で調査した5種の中では最も長く、ヨレモク（4月採集）が7週間、ジョロモク（4月採集）、ヤツマタモク（6月採集）、ノコギリモク（6月採集）が3週間であった（図Ⅲ-2-2-19）。アカモクの浮遊期間が長いことは、本種が流れ藻として多く出現することの一因であると推察された。また、成熟前（4月）に採集されたヤツマタモクの推定浮遊期間は12週間であり、この個体は流れ藻となってから新たな側枝を分枝させ、生殖器床を形成した。

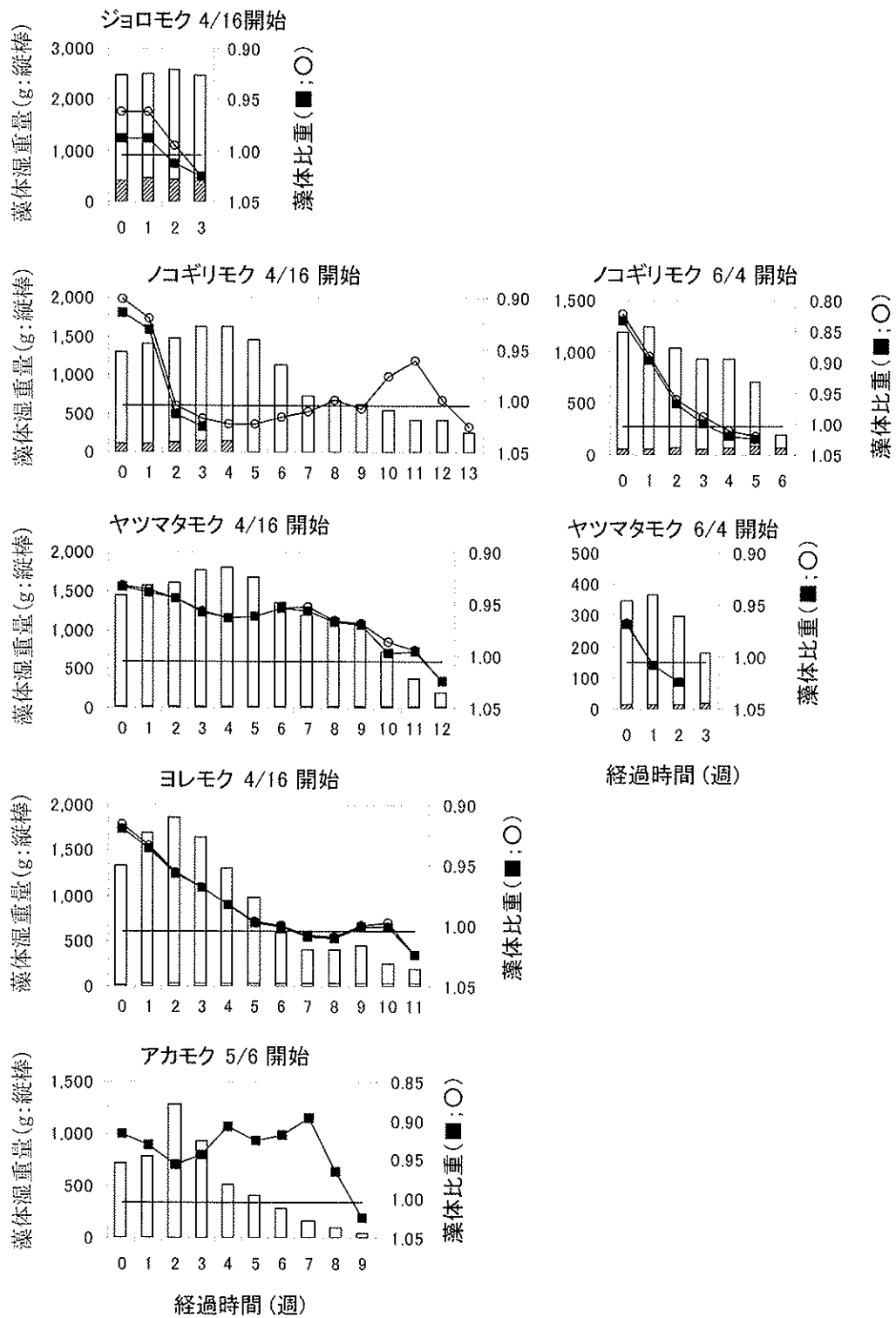
2004年1～6月に同様の実験を行ったところ、ホンダワラ科海藻の推定浮遊期間は1～3月に浮遊を開始したものは5～14週間であり、4～6月のものはすべて4週間以下であった（図Ⅲ-2-2-20）。

流れ藻の湿重量は浮遊し始めたときに増加し、沈降するところに減少する傾向がみられた。そこで、浮遊期間中に減少した流れ藻の重量については、流れ藻藻体が海水中に懸濁していくもの、流れ藻が沈降するまで残存していた流れ藻の重量については、海底へ沈降するものとした。ここでは、実験回数が多い2004年の結果を用いる。浮遊期間中に重量が減少したのは、4、5月のヤツマタモクと1、3月のアカモクであった。養老にはアカモクはほとんどと生育していないのでここでは除外する。4月のヤツマタモクの浮遊期間中の最高湿重量は1,343gであったが、沈降時までには130g減少し1,213gとなった。このヤツマタモクは浮遊期間中の最高重量の90%が沈降時まで残存していたといえるので、残りの10%が浮遊期間中に懸濁したものと推定した。また、同様に5月のヤツマタモクは浮遊期間中の最高重量の47%が沈降時まで残存していたので、残りの53%が浮遊期間中に懸濁したものと推定した。養老藻場から供給される流れ藻全体のうち、4、5月のヤツマタモクが占める割合と上記の海水中的懸濁物となる割合を掛け合わせて、流れ藻全体のうち11.1%が海水中に懸濁しで残りは海底に沈降すると見積もられた。

海中における海藻の分解過程 養老（若狭湾）の水深3m付近で海底が岩場と砂場となっている場所に、ノコギリモクをメッシュバック（目合い60mm）に詰めて5月27日に設置した。実験開始から3週間後の6月17日における海藻の重量は、砂地では68.3～106.0%となり、岩場では約70.7～91.5%となった（表Ⅲ-2-2-8）。5月下旬以降には、ホンダワラ藻場が衰退し海底にも光が十分に当たるため、メッシュバックに詰めた海藻があまり分解されず、場合によっては生長することが観察された。

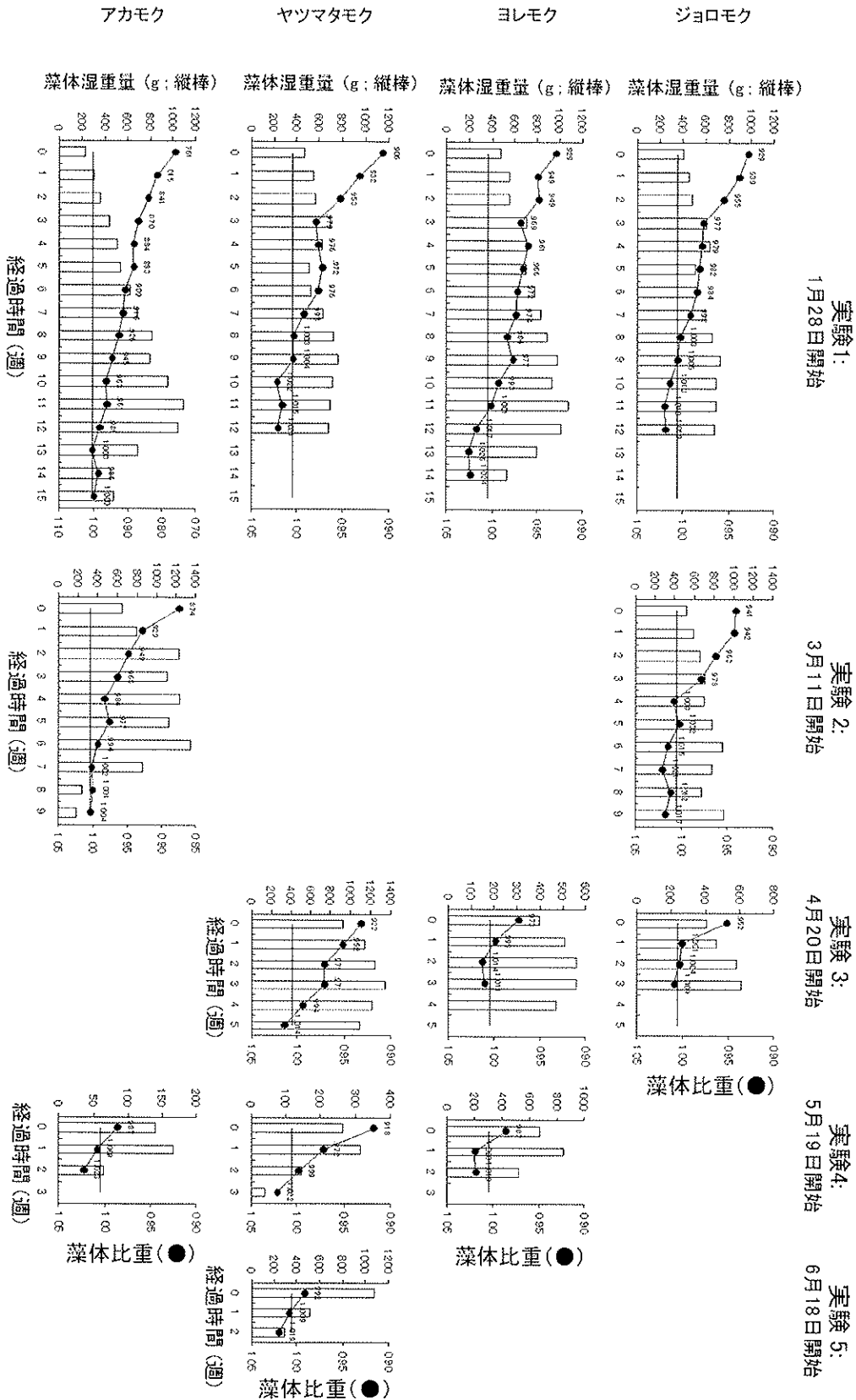
表Ⅲ-2-2-8. 海底におけるノコギリモクの重量変化

設置場所	重量変化
砂地	68.3～106.0 (%)
岩場	70.7～91.5 (%)



図Ⅲ-2-2-19. 海藻の比重変化 (2003年の実験結果)

■は付着器と茎を含む藻体全体の比重, ○は付着器と茎を除く藻体の比重を示す。斜線をつけた縦棒は付着器と茎の湿重量, 白抜き縦棒は茎と付着器を除く藻体の湿重量を示す。図中に挿入した水平線は比重1.005を示す。



図Ⅲ-2-2-20. 海藻の比重変化 (2004年の実験結果)

図中に挿入した水平線は比重 1.005 を示す。

水槽内でのウニ類・小型巻貝類の摂食量

5月下旬から7月下旬まで、水槽内で植食動物の摂食実験を行ったところ、アカウニ、ムラサキウニが1日あたり自重の0.2~3.2%を摂食し、小型巻貝類が0.3~1.4%を摂食した(表Ⅲ-2-2-9)。メッシュバックに海藻を詰めた実験区の方が、ウニ類、小型巻貝類ともに、摂食量が減少したがその量はわずかであったし、場合によってはメッシュバックに詰め込んだ実験区の方で摂食量が増えた。これらの結果から、天然海域での分解実験に用いたメッシュバックは、植食動物による摂食をそれほど妨げないものと推察された。

表Ⅲ-2-2-9. 植食動物の体重に対する一日あたりの摂食量の割合(%)

実験期間		時間	アカウニ		ムラサキウニ		小型巻貝	
開始時刻	終了時刻		網有	網無	網有	網無	網有	網無
5/27	12:00~5/31 12:00	96	0.3	1.2			0.3	0.3
6/ 1	12:00~6/ 4 12:00	72	1.1	1.3			1.4	1.0
6/30	17:00~7/ 6 15:00	142			1.4	1.2	0.5	0.4
7/ 6	17:00~7/ 8 15:00	46			1.2	1.6		
7/16	17:00~7/18 17:30	48.5	3.2	2.3	1.0	2.2		
7/18	17:30~7/21 15:00	69.5	1.4	1.9	1.4	0.7		
7/21	16:00~7/22 16:00	24	1.9	1.0	1.4	0.2		
7/22	17:00~7/24 11:00	42	1.8	1.9	1.6	1.3		
7/24	17:00~7/26 18:00	49	1.5	1.4	1.5			
7/24	17:00~7/26 18:00	49	1.5	1.4	1.5			
平均		65.44	1.60	1.56	1.35	1.19	0.75	0.56

砂浜へ打ち上げられた海藻の分解過程 (打ち上げ海藻の分解過程)

砂浜へ打ち上げられた海藻の分解過程を把握するため、ノコギリモクを砂浜の砂上に設置するとともに、砂中に埋設して重量の変化を調べた。実験は夏季(高温期)と冬季(低温期)に実施した(表Ⅲ-2-2-10)。実験開始時から10日目までの砂中の平均温度は高温期で24.2℃、低温期で8.9℃であった。

表Ⅲ-2-2-10. 砂中に埋めたノコギリモクの乾燥重量の変化

	実験開始日	砂中の平均温度 ^(*)
夏季(高温期)	2003年7月30日	24.2℃
冬季(低温期)	2004年2月10日	8.9℃

(*) 砂中の平均温度：実験開始から10日目までの砂中温度の平均値

(時間経過に伴う海藻の分解)

夏季(高温期)の場合、砂上に置いたノコギリモクの乾燥重量は、10日目に実験開始時の約40%に減少し、29日目には約3%になった。砂中に埋設したものでは、10日目に約37.3%、18日目に約32%、60日目には約6%に減少した(表Ⅲ-2-2-11)。

一方、冬季(低温期)の場合、砂上に置いたノコギリモクは10日目に実験開始時の約74%に減少した。その後も藻体は残存し、20日目で約73%、38日目で約57%、58日目で約60%、

80 日目に至っても約 14%の藻体が残存した。砂中に埋設したものは 10 日目に約 75%，20 日目に約 69%，58 日目には約 19%に減少し，80 日目にほぼ 0%となった（表Ⅲ-2-2-12）。

表Ⅲ-2-2-11. 夏季(高温期)におけるノギリモクの乾燥重量の変化(%)

	0 日目	10 日目	18 日目	29 日目	60 日目	81 日目
砂上	100	40.2	40.0	2.8	0	0
砂中	100	37.3	32.2	44.0	6.0	<1

表Ⅲ-2-2-12. 冬季(低温期)におけるノギリモクの乾燥重量の変化(%)

	0 日目	10 日目	20 日目	38 日目	58 日目	80 日目
砂上	100	73.6	73.2	56.6	59.8	14.4
砂中	100	74.5	69.0	48.6	18.9	0.3

(打ち上げられた場所別にみた海藻の分解)

砂中へ埋設して 10 日間経過したノギリモクの乾燥重量は，実験開始時の 37.3% (夏季)，74.5% (冬季)に減少した（表Ⅲ-2-2-13）。同時期の砂中の平均温度は高温期で 24.2℃，低温期で 8.9℃であった。砂中に埋設した海藻は，周辺温度の影響を受け，高温の方がより速く分解した。

表Ⅲ-2-2-13. 砂中に埋めたノギリモクの乾燥重量の変化

	砂中の平均温度	10 日後の重量比
夏季 (高温期)	24.2℃	37.3%
冬季 (低温期)	8.9℃	74.5%

また，砂上へ設置して 10 日間経過したノギリモクの乾燥重量は，実験開始時の 40.2% (夏季)，73.6% (冬季)に減少した（表Ⅲ-2-2-11～表Ⅲ-2-2-12）。砂上に設置した海藻は，周辺温度の影響を受け，高温の方がより速く分解した。

打ち上げられた海藻の重量が時間経過とともに指数関数的に減少すると仮定すれば，以下の式が成立する。

$$W_t = P^t \cdot W_0$$

t は海藻打ち上げられた後の経過日数， W_0 は打ち上げられた直後(0 日後)の藻体の重量， W_t は t 日後の藻体の重量，P は 1 日あたりの藻体重量の減少率を示す。0 日後と 10 日後の藻体重量から次式により高温期と低温期の P が算出される。

$$W_{10} = P^{10} \cdot W_0$$

ここで，実際に採集された打ち上げ藻体重量(W_t ；測定値)から，藻場から砂浜へ供給された藻体重量(打ち上げ量： W_0 ；推定値)の推定を試みた。前提条件として，毎日，同量の海藻が打ち上げられ，同一条件で減少するものと仮定した。ある日に採集された藻体重量

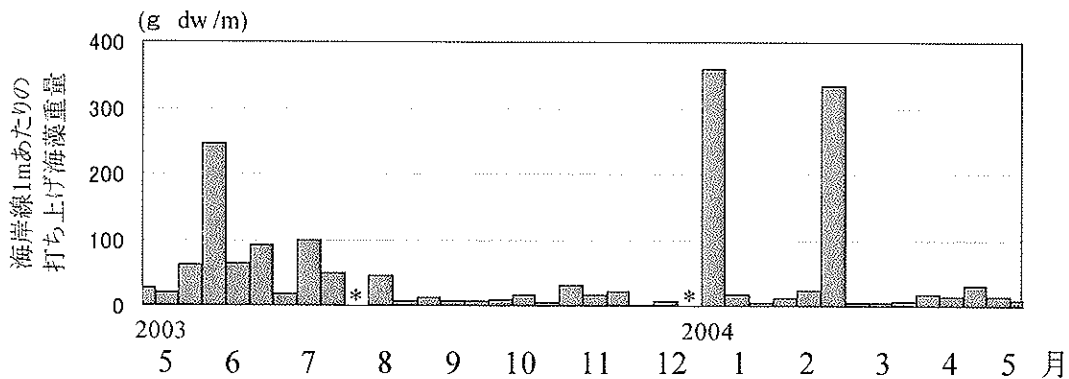
は、砂浜に打ち上げられてから採集持までの時間経過に伴い重量が減少した海藻との総和であると考えることができる。海藻の採集を10日間間隔で行い、1日を単位とした打ち上げと分解があるものと仮定すれば、実際に採集された藻体重量(W_c)と見積もられた打ち上げ量(W_e)には、以下の式が成立すると考えた。

$$W_e = \frac{10}{\sum_{t=1}^{10} P^t} W_c$$

この式より、藻場から砂浜に実際に打ち上げた海藻の重量を求めた。なお中間期のPには高温期と低温期の相加平均を用いた。Pを求めるための分解実験は砂中と砂上において行われた(表表Ⅲ-2-2-13)が、砂上の場合、実験に用いた海藻小片が風などにより散逸する可能性を排除できないので、ここでは砂中のデータをもとに推定を試みた。

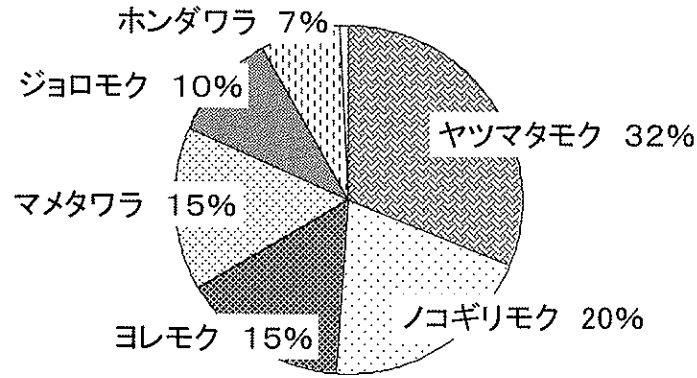
以上のことから、高温期(6~8月)には、10日間隔で実施した砂浜での海藻採集量を1.65倍したものが実際に砂浜へ打ち上げられた量であると推定された。同様に、低温期(12月, 1~2月)には1.17倍, 中間期(3~5月, 9~11月)には海藻採集量の1.36倍が砂浜へ打ち上げられたと推定された。

海藻(海草を含む)の砂浜への打ち上げ量 2003年5月上旬から2004年5月中旬までの打ち上げ量を図Ⅲ-2-2-21に示す。打ち上げ量は5月下旬から増加し6月上旬には247 g dw/mの極大値を示し、その後8月中旬まで、19~100 g dw/mの範囲内であった。8月下旬以降12月までは低水準で32 g dw/m以下であった。2004年1月上旬と2月下旬には突発的に334~360 g dw/mの大量の打ち上げがみられたが、それ以外の期間は低水準で30 g dw/m以下であった。年間累積打ち上げ量は、1,709 g dw/mとなり、ホンダワラ科海藻はそのうちの74.8%を占め、1,279 g dw/mであった。



図Ⅲ-2-2-21. 海岸線1mあたりの打ち上げ海藻重量 (*は欠測)

ホンダワラ科海藻の種組成は、明確な季節変動を示さず各種とも周年出現した。年間累積打ち上げ量の種組成を図Ⅲ-2-2-22に示した。ヤツマタモクが最も多く32%を占め、ノコギリモク, ヨレモク, マメタワラは15~20%であり, ジョロモク, ホンダワラは7~10%であった。これら6種でホンダワラ科海藻の99%を占めた。



図Ⅲ-2-2-22. 打ち上げられたホンダワラ科海藻の種組成

藻場からの流失経路 養老藻場全体のホンダワラ科海藻の種組成を調べるために、1 m² コドラートを10m間隔で100m×50mの区画に設置した。その中のホンダワラ科海藻の被度割合を調べたところ、ヤツマタモク43%、ノコギリモク23%、マメタワラ19%、ヨレモク11%、ジョロモク4%であった。表Ⅲ-2-2-3によって得られた年間流失量にこの種組成を掛け合わせ、ホンダワラ科海藻全体が藻場に占める被度割合(49.7%)を掛けると、1 m²あたりの年間流失量は921g dw/m²となった。藻場の沖出し距離が88mであったので、年間流失量を海岸線1mあたりにすると81.0kg/m²/年となった。

京都府沿岸におけるホンダワラ科海藻の枯死期は4~7月であるので、この時期の流失量とそれ以外の時期に分けると、枯死期が67.4%となり、それ以外の時期が32.6%となった。

枯死期に流失したもののうち、藻場から流失するものと藻場で倒伏したものの割合を示したのが図Ⅲ-2-2-18である。藻場外へ流失するものが69.6%であり、藻場内に留まるものは30.4%であった。この藻場内に留まる藻体量は、海岸線1mあたりで16.5kg/mと見積もられた。また、枯死期以外の時期には、藻場内にホンダワラ科海藻の流失藻体が留まっている様子が観察されなかったため、すべて藻場外へ流失するものと考えた。

藻場外へ輸送されたものは、海岸線1mあたりで64.5kg/mと見積もられたが、海岸線への打ち上げ量は約1.3kg/m(図Ⅲ-2-2-21)であったので、残りの63.2kg/m(年間流失量の78%)は流れ藻となるものとした。これは、藻場外へ流失した藻体は、主枝が伸長し気胞による浮力を十分に備えた藻体であったためと考えられるからである。

流れ藻となった藻体について調べたのが図Ⅲ-2-2-19及び図Ⅲ-2-2-20である。流れ藻が沈むまでに藻体重量が減少した場合、この量を海中へ懸濁していく量とした。流れ藻の浮力測定実験からは、流れ藻が沈降するまでにそれほど重量が減少しないことが示され、流れ藻のうち海中へ懸濁する量は11.1%と見積もられた。よって残りの88.9%は海底へ沈降していく量とした。

図Ⅲ-2-2-23は藻場から流失したホンダワラ科海藻の流失経路をはじめ取りまとめたものである。地域的な特性も考慮しなければならないが、養老地先では、ホンダワラ科海藻の年間流失量のうち流れ藻になる割合が78%と多くを占めることが示され、藻場の機能を評価する際には流れ藻の生態にも注目すべきことが示された。

藻場前面の砂浜への打ち上げ海藻の年間累積量は、海岸線1mあたりで1,279g(乾重)

となり、藻場からの年間流失量の 1.6% となった。藻場外へ輸送される藻体で、前面の海岸に打ち上げられなかったものが流れ藻になるとすると、藻場での流失量の 78.0% が流れ藻になると見積もられた (図 III-2-2-23)。これらの調査により、ホンダワラ科藻場の流れ藻供給源としての役割が初めて定量的に示されたことになる。

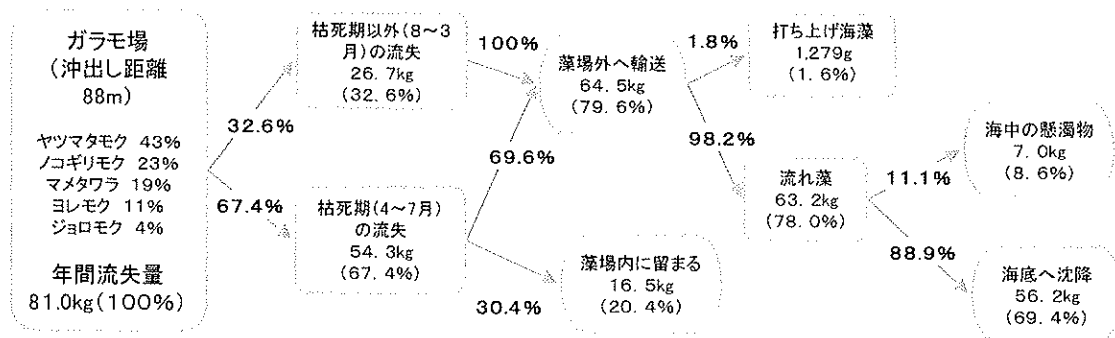


図 III-2-2-23. 養老藻場からの流失経路
カッコ内の割合は年間流失量に対する割合を示す。

大型ベントス量の把握 養老 (若狭湾) での 2003 年 7 月 18 日の調査において各水深帯で最も多く出現した植食性動物は、水深 2~3m ではムラサキウニ、水深 3~4m と水深 4~5m ではアカウニであった。それらの個体数密度 (個体/m²) は順に 1.67, 1.17, 1.50 であった (表 III-2-2-13)。

表Ⅲ-2-2-13. 水深別個体数 (各水深帯 6 枠)

種名\水深	2~3m	3~4m	4~5m
ウラウズガイ	0.50		
ヒメヨウラクガイ		1.00	
ヒザラガイ類	1.17	0.17	0.33
ムラサキウニ	1.67	0.17	0.33
アカウニ		1.17	1.50
バフンウニ	0.33	0.33	
ヒトデ	0.17	1.50	0.17
クモヒトデ類	1.67	1.00	0.83
イトマキヒトデ			0.17
トゲモミジガイ			0.17
マナマコ (アカ)	0.83		
フジナマコ		0.17	
フジナマコ		0.17	

(単位：個体/m²)

表Ⅲ-2-2-14. 養老藻場における底生生物調査 (2003年11月18日実施)

場所 項目 単位	岸		中		沖	
	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量
	個体/m ²	g/m ²	個体/m ²	g/m ²	個体/m ²	g/m ²
ニホンクモヒトデ	3.3	16.5	7.0	32.6	3.0	17.1
クモヒトデ sp.	0.3	0.2	2.7	1.6	1.0	0.6
ヒトデ	0.3	8.8	0.7	5.9		
トゲモミジ	0.3	0.8			0.3	1.3
ウラウズガイ			2.3	6.3	0.3	1.8
オオコシダカガンガラ	0.7	8.6	0.3	10.1		
ボサツガイ	0.3	12.6				
ヒメヨウラク			1.7	1.1	0.3	0.3
ケムシヒザラガイ			0.3	1.2		
ヒザラガイ	11.3	12.6	0.7	0.5		
ヤドカリ	2.0	—	1.0	—		
フタバベニツケガニ			0.3	7.2		
カニダマシ			0.3	0.5		
フジナマコ			0.3	11.8		
バフンウニ	0.7	13.1	1.7	36.0		
アカウニ					1.0	42.6
ムラサキウニ			1.3	183.0	0.3	26.3

同年 11 月 18 日の調査時にもウニ類が多く出現し、湿重量の大部分をムラサキウニ、バフンウニ、アカウニが占めていた（表Ⅲ-2-2-14）。

(4) まとめ

流失した藻体がどのような経路、割合で分解、消費されるのかについて、定量的に評価した。

養老地先のホンダワラ藻場からは、年間流失量の 78.0% が流れ藻になると見積もられた。この研究によって初めて流れ藻の発生量が推定され、ホンダワラ藻場の流れ藻供給源としての役割が定量的に明らかにされた。

藻場の生産量や流れ藻の現存量に関する研究はこれまで個々に行われていたが、この研究はこれらを結びつける先鞭となった。また、この研究によって藻場に近接する海岸への打ち上げ量を推定することができた。海岸への打ち上げ量は年間流失量の 1.6 % であったが、海から陸上への栄養物質の還流という観点からは重要な意味を持つだろう。その点を明らかにするためにも、打ち上げ海藻がどのような生物に利用されるのかを調べる必要がある。流れ藻の生態には不明な点が多い。ホンダワラ科海藻の浮遊期間は低温期に長く、昇温期あるいは成熟期に短いという特徴を持つことが分かった。今後これらの結果と流れ藻の浮遊する海域の海象を組み合わせ、流れ藻の実態解明が藻場の環境保全機能を定量的に評価する場合においても重要な課題として残された。

(5) 参考文献

- (1) Woodcock, A. M. (1955) : Subsurface pelagic *Sargassum*. J. Mar. Res., 9, 77-92.

参考資料（発表された成果）

- (1) 八谷光介, 西垣友和, 井谷匡志, 和田洋藏 (2005) : 若狭湾西部養老地先における流れ藻発生量の推定とその比重測定による浮遊期間の推定, 月刊海洋, Vol. 37, No. 7, 516-521.
- (2) 八谷光介 (2005) : ホンダワラ藻場の生産・流失過程に関する研究, 博士論文, 京都大学, 京都.
- (3) 八谷光介, 西垣友和, 道家章生, 和田洋藏 (2005) : 若狭湾西部で採集された流れ藻の種組成, 京都海洋セ研報, No. 27, 13-18.
- (4) 道家章生 (2004) : 京都府沿岸域に分布するホンダワラ科海藻の成熟期, 京都海洋セ研報, No. 26, 58-60.
- (5) Yatsuya K., Nishigaki T., Douke A., Wada Y. (2005) : Annual net production of the five Sargassaceae species in Yoro, western Wakasa Bay, Sea of Japan. Fisheries Science, Vol. 71, 1096-1104.

2.3. 保育場機能の評価

(1) 目的

本章では、京都府沿岸のホンダワラ藻場における生物保全機能を評価する一環として藻場の餌料供給機能を定量評価するために、ホンダワラ科海藻の葉上および仮根部付近に生息する動物の種組成、個体数、湿重量を調べる。

(2) 材料及び方法

1) 餌料供給機能の評価

葉上動物・仮根部付着動物の季節変化 網野（日本海）では2003年12月、2004年3月、6月、9月にヨレモクとジョロモクの2種を採集し、葉上生物の出現種、個体数、湿重量を調べた。また、養老海域（若狭湾）では2002年12月、2003年3月、6月にヤツマタモク、ノコギリモク、ヨレモク、ジョロモクの4種について、舞鶴海域（舞鶴湾）では2003年3月、12月、2004年3月、6月、9月にアキヨレモク、ヨレモクの2種についてそれぞれ同様の調査を行った。なお、これらの調査における試料の採集および分析については、株式会社海洋生態研究所の協力により実施されたものである。

(3) 結果

1) 餌料供給機能の評価

葉上動物・仮根部付着動物の季節変化 葉上動物の平均個体数は、舞鶴が最も高くアキヨレモクが1169.0個体/25cm²、ヨレモクが3317.4個体/25cm²であった（表Ⅲ-2-3-1）。養老の場合は海藻種によって異なり、葉上動物の個体数はノコギリモクの205.9個体/25cm²からヤツマタモクの1316.9個体/25cm²の範囲内であった。網野では葉上動物の個体数が少なく、ヨレモクでは54.4個体/25cm²しか存在しなかった（表Ⅲ-2-3-1）。葉上動物の湿重量でも、舞鶴が最も多く次いで養老となり網野が最も少なかった。舞鶴ではアキヨレモク、ヨレモクとも27g/25cm²であったが、養老では1.8~13.4g/25cm²となり、網野では0.6~5.4g/25cm²となった（表Ⅲ-2-3-1）。

葉上動物を分類群別にみると節足動物が最も多く養老と舞鶴では平均出現種数が12.4~21.9種/25cm²の範囲内であり、網野の節足動物は8.3~13.0種/25cm²であった（表Ⅲ-2-3-1）。節足動物の中で最も種数が多かったのは、どの地点のどの海藻種においても端脚類のヨコエビの仲間であった。

湿重量が最も多かったのは腹足類を中心とする軟体動物であり、個体数も節足動物と並び多かった（表Ⅲ-2-3-1）。

ホンダワラ科海藻に付着していた葉上動物については、網野（日本海）では114種類、養老（若狭湾）では216種類、舞鶴（舞鶴湾）では153種類が採集された（表Ⅲ-2-3-2）。また、仮根部付近からは網野38種類、養老123種類、舞鶴74種類が採集された（表Ⅲ-2-3-3）。

表Ⅲ-2-3-1. ホンダワラ科海藻各種の葉上動物の種数, 個体数, 湿重量 (g)

各値は 25cm×25cm の方形枠から得られた試料の平均値を示す。

ヨレモク (網野)

門	種数	個体数	湿重量
海綿動物	0.0	0.0	0.0
腔腸動物	0.8	0.3	0.0
扁形動物	0.3	0.3	0.0
紐形動物	0.3	0.4	0.0
星口動物	0.1	0.1	0.0
環形動物	1.5	1.8	0.0
触手動物	0.6	0.0	0.1
軟体動物	2.8	14.3	0.1
節足動物	8.3	36.0	0.1
棘皮動物	0.6	0.9	0.2
原索動物	0.3	0.5	0.0
卵塊	0.3	0.0	0.0
合計	15.6	54.4	0.6

ジョロモク (網野)

門	種数	個体数	湿重量
海綿動物	0.4	0.0	0.2
腔腸動物	0.8	0.5	0.0
扁形動物	0.1	0.1	0.0
紐形動物	0.4	0.5	0.0
星口動物	0.0	0.0	0.0
環形動物	4.3	18.1	0.1
触手動物	2.6	0.0	3.2
軟体動物	4.1	155.1	1.1
節足動物	13.0	120.3	0.8
棘皮動物	0.1	0.1	0.0
原索動物	0.6	0.1	0.0
卵塊	0.1	0.0	0.0
合計	26.5	294.9	5.4

ヤツマタモク (養老)

門	種数	個体数	湿重量
海綿動物	0.4	0.0	0.0
腔腸動物	3.0	16.5	3.3
扁形動物	0.4	0.4	0.0
紐形動物	1.5	6.9	0.0
曲形動物	0.1	0.0	0.0
星口動物	0.5	0.5	0.0
環形動物	8.9	26.3	0.2
触手動物	2.4	0.0	0.9
軟体動物	7.0	515.8	2.1
節足動物	21.9	746.3	1.0
棘皮動物	1.5	3.9	0.2
原索動物	3.8	0.5	5.0
卵塊	0.6	0.0	0.6
合計	51.9	1316.9	13.4

ノコギリモク (養老)

門	種数	個体数	湿重量
海綿動物	0.0	0.0	0.0
腔腸動物	2.1	8.8	1.2
扁形動物	0.5	1.0	0.0
紐形動物	0.9	4.8	0.0
曲形動物	0.1	0.0	0.0
星口動物	0.0	0.0	0.0
環形動物	2.4	12.1	0.0
触手動物	1.0	0.1	0.1
軟体動物	3.1	81.5	0.3
節足動物	12.4	97.6	0.2
棘皮動物	0.0	0.0	0.0
原索動物	1.1	0.0	0.0
卵塊	0.4	0.0	0.0
合計	24.0	205.9	1.8

表Ⅲ-2-3-1. (つづき) ホンダワラ科海藻各種の葉上動物の種数, 個体数, 湿重量 (g)
各値は 25cm×25cm の方形枠から得られた試料の平均値を示す。

ヨレモク (養老)

門	種数	個体数	湿重量
海綿動物	0.3	0.0	0.3
腔腸動物	2.6	8.6	0.1
扁形動物	0.3	0.4	0.0
紐形動物	0.9	6.3	0.0
曲形動物	0.4	0.0	0.0
星口動物	0.5	0.5	0.0
環形動物	4.4	212.6	0.6
触手動物	1.8	0.0	0.4
軟体動物	5.3	416.1	2.2
節足動物	17.0	203.4	0.7
棘皮動物	0.5	0.6	0.0
原索動物	1.9	0.0	0.5
卵塊	0.4	0.0	0.2
合計	36.0	848.5	5.1

ジョロモク (養老)

門	種数	個体数	湿重量
海綿動物	1.0	0.0	1.1
腔腸動物	1.4	16.3	0.8
扁形動物	0.3	0.6	0.0
紐形動物	0.8	3.6	0.0
曲形動物	0.5	0.0	0.1
星口動物	0.1	0.1	0.0
環形動物	5.9	93.6	0.1
触手動物	2.5	0.3	0.2
軟体動物	4.5	49.5	0.6
節足動物	13.8	166.3	0.4
棘皮動物	0.4	0.4	0.0
原索動物	2.8	0.6	3.6
卵塊	0.3	0.0	0.0
合計	34.0	331.3	6.9

アキヨレモク (舞鶴)

門	種数	個体数	湿重量
海綿動物	1.2	0.0	0.9
腔腸動物	1.7	211.1	10.4
扁形動物	0.3	0.8	0.0
紐形動物	1.0	9.8	0.0
環形動物	3.9	67.2	0.2
触手動物	1.0	0.0	2.4
軟体動物	6.3	601.9	11.4
節足動物	16.4	277.4	0.6
棘皮動物	0.1	0.1	0.0
原索動物	1.1	0.2	1.0
脊椎動物	0.2	0.5	0.1
卵塊	0.6	0.0	0.0
合計	33.8	1169.0	27.1

ヨレモク (舞鶴)

門	種数	個体数	湿重量
海綿動物	1.1	0.0	2.8
腔腸動物	1.5	71.6	0.1
扁形動物	0.4	0.8	0.0
紐形動物	0.9	38.5	0.2
環形動物	4.4	46.3	0.1
触手動物	1.5	0.0	2.1
軟体動物	8.3	1444.3	12.9
節足動物	19.5	1714.8	7.9
棘皮動物	0.3	0.5	0.0
原索動物	1.9	0.0	0.9
脊椎動物	0.4	0.8	0.1
卵塊	0.9	0.0	0.1
合計	40.9	3317.4	27.2

表Ⅲ-2-3-2. 網野（日本海）葉上動物出現リスト(1/3)

門	綱	目	種名	和名		
海綿動物	尋常海綿	単骨海綿	<i>Callyspongia</i> sp.	サライメン属		
腔腸動物	ヒトコ虫	軟クラゲ	<i>Obelia</i> sp.	オベリア属		
			<i>Plumularia setacea</i>	ハネガヤ		
	花虫	イキンチャク	<i>Anthopleura</i> sp.			
			Actiniaria	イキンチャク目		
扁形動物	渦虫	多岐腸	Polyclada	多岐腸目		
紐形動物	有針	針紐虫	Emplectonematidae	エムプレクトネマ科		
星口動物	サハダホムシ	クホムシ	<i>Aspidosiphon misakiensis</i>	クホムシ		
環形動物	多毛	遊在	<i>Harmothoe imbricata</i>	マダラウロコムシ		
			<i>Anaitides japonica</i>	イトサシバ		
			<i>Anaitides</i> sp.			
			<i>Odontosyllis undecimdonga</i>	クオエリシリス		
			<i>Typosyllis</i> spp.			
			<i>Autolytus</i> sp.			
			<i>Platynereis bicanaliculata</i>	ツルビケゴカイ		
			<i>Platynereis dumerilii</i>	イソツルビケゴカイ		
			<i>Nereis multignatha</i>	マサゴゴカイ		
			<i>Nereis</i> sp.			
			<i>Lysidice collaris</i>	シホライソメ		
			<i>Lumbrineris</i> sp.			
			定在	<i>Polydora</i> sp.		
		<i>Dodecaceria</i> sp.				
		<i>Sabellaria</i> sp.				
		<i>Nicolea</i> sp.				
		<i>Hydroides ezoensis</i>		エゾカサネカンザシゴカイ		
		<i>Filograna implexa</i>		シライカンザシゴカイ		
		Serpulidae		カンザシゴカイ科		
		<i>Dexiospira brasiliensis</i>				
		<i>Circeis</i> sp.				
		触手動物		苔虫	円口	<i>Lichenopora</i> sp.
			唇口			<i>Escharoides</i> sp.
<i>Microporella</i> sp.						
<i>Cellepora tirostrata</i>						
<i>Celleporaria</i> sp.						
<i>Celleporina porosissima</i>	ウデコブコケムシ					
軟体動物	多板殻		新ヒサラガイ		<i>Spongiaradsia</i> sp.	ハチノヒサラガイ属
					<i>Mopalia retifera</i>	ヒゲヒサラガイ
	腹足	原始腹足	<i>Lottia langfordi</i>	キクコサラ		
			<i>Omphalius rusticus rusticus</i>	コンタカカンガラ		
			<i>Omphalius nigerrima</i>	ヒメタホカイ		
			<i>Cantharidus japonicus</i>	チグサガイ		
			<i>Cantharidus callichroa</i>	ハチチグサ		
			Trochidae	ニシキウス科		
			<i>Turbo cornutus</i>	ササエ		
			<i>Homalopoma nocturnum</i>	サンショウガイ		
<i>Eotricolia megastoma</i>			ヘニハイ			
中腹足			<i>Barleeia angustata</i>	チャツボ		
新腹足			<i>Pyrene testudinaria tylerae</i>	マツシカイ		
			<i>Zafra mitriformis</i>	ノミナモトキ		
二枚貝	スキノウミウシ	イガイ	<i>Melibe papillosa</i>	メリベウミウシ		
			<i>Mytilus galloprovincialis</i>	ムラサキイガイ		
			<i>Septifer keenae</i>	ヒメイガイ		
			<i>Hormomya mutabilis</i>	ヒバリカイトトキ		

表Ⅲ-2-3-2. 網野（日本海）葉上動物出現リスト(2/3)

門	綱	目	種名	和名		
軟体動物	二枚貝	イガイ	<i>Musculus pusio</i>	チビクマエガイ		
			<i>Musculus cupreus</i>	クマエガイ		
		マルスタレガイ	<i>Irus macrophyllus</i>	ハネマツカセ		
			<i>Cardita leana</i>	トマヤガイ		
		オノガイ	<i>Sphenia coreanica</i>	イジカガイ		
節足動物	海蜘蛛	真皆脚	<i>Callipallene</i> sp.	カニテウミグモ属		
	甲殻	完胸	<i>Chthamalus challengeri</i>	イワフシツボ		
			<i>Balanus trigonus</i>	サンカクシツボ		
	アミ	<i>Siriella</i> sp.	シエラ属			
	タヌ	<i>Zeuxo</i> sp.	ゼウゾ属			
	等脚		<i>Colanthurus nigra</i>	クロアシタラスウミナナシ		
			<i>Cymodoce japonica</i>	ニホコツブムシ		
			<i>Dynoides</i> sp.	シケンウミセミ属		
			<i>Holotelson tuberosus</i>	チビウミセミ		
			<i>Limnoria lignorum</i>	キクイムシ		
			<i>Cleantiella strasseni</i>	オヒラキヘラムシ		
			<i>Pentias</i> sp.	ミスヘラムシ属		
			<i>Synidotea nipponensis</i>	ニッポソウラシヘラムシ		
			<i>Janiropsis longiantennata</i>	ウミミスムシ		
			端脚		<i>Ceinina japonica</i>	コンブノケイムシ
					<i>Palinotus</i> sp.	
					<i>Iphiplateia whiteleggei</i>	ミノカサヨコエビ
					<i>Pleustes panopla</i>	テンクヨコエビ
	<i>Parapleustes</i> sp.	オクフクヨコエビ属				
	<i>Pontogeneia</i> sp.	アコナカヨコエビ属				
	<i>Paradexamine</i> sp.	トゲホホヨコエビ属				
	<i>Hyale</i> sp.	モクスヨコエビ属				
	<i>Aoroides</i> sp.	ユンボソコエビ属				
	<i>Gammaropsis japonicus</i>	ニホソコエビ				
	<i>Gammaropsis</i> spp.	ソコエビ属				
	<i>Ampithoe ramondi</i>	ラモンドヒゲナカ				
	<i>Ampithoe</i> sp.	ヒゲナカヨコエビ属				
	<i>Sunamphitoe</i> sp.	ニセヒゲナカヨコエビ属				
	<i>Paramphitoe orientalis</i>	トヨウヒゲナカ				
	<i>Jassa</i> sp.	カマキリヨコエビ属				
	<i>Erichthonius pugnax</i>	ホソヨコエビ				
	<i>Podocerus</i> sp.	トロバ属				
	<i>Caprella decipiens</i>	マギレレカラ				
	<i>Caprella verrucosa</i>	コブレレカラ				
	<i>Caprella scaura diceros</i>	トゲレレカラ				
	<i>Caprella danilevskii</i>	ホソレレカラ				
	<i>Caprella tsugarensis</i>	ツガレレカラ				
	<i>Caprella subinermis</i>	カギテレレカラ				
	<i>Caprella brevisrostris</i>	セムシレレカラ				
	<i>Caprella penantis</i>	マルエツレレカラ				
	十脚		<i>Palaemon</i> sp.	スズエビ属		
			<i>Heptacarpus futirostris</i>	アシナカモエビモトキ		
			<i>Hippolyte ventricosa</i>	ナカレモエビ		
			<i>Pagurus pilosipes</i>	アカシマホンヤドカリ		
			<i>Pugettia quadridens</i>	ヨツハモカニ		
	棘皮動物	海星	ヒメヒトデ	<i>Henricia</i> sp.	ヒメヒトデ属	
			キヒトデ	<i>Coscinasterias acutispina</i>	ヤツデヒトデ	
海胆		ホンウニ	<i>Pseudocentrotus depressus</i>	アカウニ		

表Ⅲ-2-3-2. 網野（日本海）葉上動物出現リスト(3/3)

門	綱	目	種名	和名
棘皮動物	海胆	ホウニ	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	ハ ^ニ フノウニ
原索動物	尾索	腸性	<i>Aplidium pliciferum</i>	マンジ ^ニ ユウホ ^ニ ヤ
			<i>Didemnum moseleyi</i>	シロウスホ ^ニ ヤ
		壁性	<i>Styela canopus</i>	フタスジ ^ニ ホ ^ニ ヤ
			<i>Polyzoa vesiculiphora</i>	アヲレホ ^ニ ヤ
			<i>Pyura vittata</i>	カラスホ ^ニ ヤ
			<i>Molgula hozawai</i>	モスソフクロホ ^ニ ヤ
—	—	—	Egg mass	卵塊

表Ⅲ-2-3-2. 養老(若狭湾)葉上動物出現リスト(1/5)

門	綱	目	種名	和名
海綿動物	石灰海綿	等腔	<i>Leucosolenia</i> sp.	アミカイメン属
		異腔	<i>Vosmaeropsis maculata</i>	マダラホースメールカイメン
	尋常海綿	単骨海綿	<i>Haliclona</i> sp.	カリナカイメン属
			<i>Callyspongia</i> sp.	サライカイメン属
		多骨海綿	<i>Mycale</i> sp.	ミカレカイメン属
			Poecilosclerida	多骨海綿目
腔腸動物	ヒトロ虫	花クラゲ	<i>Eudendrium</i> sp.	エダウミヒトドラ属
			<i>Coryne pusilla</i>	タマウミヒトドラ
			Corynidae	タマウミヒトドラ科
			<i>Cladonema pacificum</i>	エダアシクラゲ
			Clavidae	クラバ科
		軟クラゲ	<i>Halecium flexile</i>	ホソカヤ
			<i>Orthopyxis platicarpa</i>	ヒラタアシナカコップカヤ
			<i>Clytia</i> sp.	クリテイア属
			<i>Sertularella miurensis</i>	キイロウミシバ
			<i>Sertularella inabai</i>	イナバウミシバ
	鉢水母	十文字クラゲ	<i>Amphisbetia furcata</i>	ヒメウミカビ
			<i>Halicyclustus auricule</i>	アサカオクラゲ
	花虫	イキンチャク	<i>Kishinouyea nagataensis</i>	シユウモンジクラゲ
			<i>Boloceroides mcmurrichi</i>	ホオキイキンチャク
			<i>Anthopleura</i> sp.	
			Actiniaria	イキンチャク目
扁形動物	渦虫	多岐腸	Polyclada	多岐腸目
紐形動物	無針	異紐虫	Lineidae	リネウス科
		原始紐虫	<i>Procephalothrix</i> sp.	ブロケファロツリックス属
	有針	針紐虫	Emplectonematidae	エムプレクトネマ科
			<i>Amphiporus</i> sp.	アンパイボールス属
			<i>Oerstedtia</i> spp.	
			<i>Tetrastemma nigrifrons</i>	メノヒモムシ
		Hoploneimertini	針紐虫目	
曲形動物	内肛	足胞	<i>Barentsia discreta</i>	スズコケムシ
星口動物	サメハダホシムシ	サメハダホシムシ	<i>Phascolosoma scolops</i>	サメハダホシムシ
		タテホシムシ	<i>Aspidosiphon misakiensis</i>	タテホシムシ
環形動物	多毛	遊在	<i>Lepidonotus</i> sp.	
			<i>Thormora jukesii</i>	ソメワケウロコムシ
			<i>Harmothoe imbricata</i>	マダラウロコムシ
			<i>Halosydna brevisetosa</i>	ミロクウロコムシ
			<i>Chrysopetalum</i> sp.	
			<i>Psammolyce</i> sp.	
			<i>Anaitides japonica</i>	イトサシバ
			<i>Anaitides</i> sp.	
			<i>Nipponophyllum</i> sp.	
			<i>Sige</i> sp.	
			<i>Ophiodromus</i> sp.	
			<i>Ehlersia</i> sp.	
			<i>Typosyllis</i> spp.	
			<i>Autolytus</i> sp.	
			<i>Exogone</i> sp.	
			<i>Platynereis bicanaliculata</i>	ツルビゲゴカイ
			<i>Platynereis dumerilii</i>	イソツルビゲゴカイ
<i>Perinereis cultrifera</i>	クマトリゴカイ			

表Ⅲ-2-3-2. 養老（若狭湾）葉上動物出現リスト(2/5)

門	綱	目	種名	和名			
環形動物	多毛	遊在	<i>Nereis multignatha</i>	マサゴコカイ			
			<i>Lysidice collaris</i>	シホリイソメ			
			<i>Lumbrineris</i> sp.				
			<i>Dorvillea</i> sp.				
		定在	<i>Naineris</i> sp.				
			<i>Polyopthalmus pictus</i>	カスリオフェリア			
			<i>Pherusa</i> sp.				
			<i>Polydora</i> sp.				
			<i>Cirriiformia</i> sp.				
			<i>Sabellaria</i> sp.				
			<i>Thelepus</i> sp.				
			<i>Nicolea</i> sp.				
			<i>Potamilla</i> sp.				
			<i>Branchiomma</i> sp.				
			<i>Serpula</i> sp.				
			<i>Filograna implexa</i>	シライトカンサシコカイ			
			<i>Spirobranchus giganteus coronatus</i>	イハラカンサシコカイ			
			<i>Pomatoleios krausii</i>	ヤッコカンサシコカイ			
			<i>Hydroides ezoensis</i>	エゾカサネカンサシコカイ			
			<i>Hydroides elegans</i>	カサネカンサシコカイ			
<i>Filograna implexa</i>	シライトカンサシコカイ						
Serpulidae	カンサシコカイ科						
<i>Dexiospira</i> spp.							
触手動物	苔虫	円口	<i>Tubulipora</i> sp.				
			Diastoporidae	キクサラコケムシ科			
			<i>Lichenopora</i> sp.				
			<i>Amathea distans</i>	ツブナリコケムシ			
			Stolonifera	根茎亜目			
		唇口	<i>Escharoides</i> sp.				
			<i>Membranipora tuberculata</i>	サメハダコケムシ			
			<i>Scrupocellaria</i> sp.	フクコケムシ属			
			Chorizoporidae	アナリスコケムシ科			
			<i>Schizoporella unicornis</i>	ゴブヒラコケムシ			
			<i>Arthropoma ceciliai</i>	シロリスコケムシ			
			<i>Microporella</i> sp.				
			<i>Celleporaria</i> sp.				
			<i>Celleporina porosissima</i>	ウチゴブコケムシ			
			<i>Vittaticella elegans</i>	ヒメジユスツナキコケムシ			
			腕足	頂殻	<i>Discinisca</i> sp.		
			軟体動物	多板殻	新ヒサカ	<i>Placiphorella japonica</i>	ハバカセ
				腹足	原始腹足	<i>Omphalius rusticus rusticus</i>	コンタカカシラ
						<i>Cantharidus japonicus</i>	チグサカイ
	<i>Cantharidus callichroa</i>	ハチチグサ					
<i>Iwakawatrochus urbanus</i>	イワカワチグサ						
<i>Alcyona ocellata</i>	キハベニハイ						
<i>Eotricolia megastoma</i>	ヘニハイ						
中腹足	<i>Alvania concinna</i>	タマツボ					
	<i>Alvania ogasawarana</i>	オガサワラツボ					
	<i>Barleeia angustata</i>	チヤツボ					
新腹足	<i>Diffalaba picta picta</i>	シマハマツボ					
	<i>Diffalaba</i> sp.	シマハマツボ属					
	Lamellariidae	ヘッコウタマガイ科					
	<i>Euplica versicolor</i>	フトコカイ					

表Ⅲ-2-3-2. 養老（若狭湾）葉上動物出現リスト(3/5)

門	綱	目	種名	和名	
軟体動物	腹足	新腹足	<i>Pyrene testudinaria tylerae</i>	マツムシガイ	
			<i>Mitrella bicincta</i>	ムキガイ	
			<i>Zafra pumila</i>	ハミナ	
			<i>Zafra mitriformis</i>	ハミナモトギ	
			Columbellidae	フトコロガイ科	
		腸紐	<i>Herviera</i> sp.		
		アムラシ	<i>Aplysia parvula</i>	クロヘリアムラシ	
			<i>Petalifera punctulata</i>	ウミナメジ	
		ウミウシ	Doridacea	ウミウシ目	
		ミノウミウシ	<i>Cratena</i> sp.	ハクセンミノウミウシ属	
			<i>Hervia</i> sp.		
		二枚貝	イガイ	<i>Trichomusculus semigranatus</i>	スジタマエガイ
				<i>Mytilus galloprovincialis</i>	ムラサキイガイ
	<i>Septifer keenae</i>			ヒメイガイ	
	<i>Musculus pusio</i>			チビタマエガイ	
	<i>Musculus cupreus</i>			タマエガイ	
	<i>Lithophaga curta</i>			イシマテ	
	マルスタレガイ			<i>Petricola</i> sp.	ウスカラスソウガイ
	オオノガイ		<i>Hiatella orientalis</i>	キヌマトイガイ	
	ニオガイ		<i>Parapholas quadrizonata</i>	モモガイ	
	節足動物		海蜘蛛	真皆脚	<i>Callipallene</i> sp.
		<i>Ammothella indica</i>			クダトケイソウミグモ
		<i>Amothea hilgendorfi</i>			シマウミグモ
甲殻		完胸	<i>Balanus trigonus</i>	サンカクソウツホ	
			アミ	<i>Siriella</i> sp.	シリエラ属
			<i>Nipponomysis</i> sp.		
		ナイス	<i>Zeuxo</i> sp.	ゼウソウ属	
		等脚	<i>Colanthurus nigra</i>	クロアシタラスウミナナフシ	
			<i>Paranthurus</i> sp.	ウミナナフシ属	
			<i>Cymodoce japonica</i>	ニホンコツブムシ	
			<i>Dynoides</i> sp.	シリケンウミセミ属	
			<i>Holotelson tuberosus</i>	チビウミセミ	
			<i>Limnoria lignorum</i>	キクイムシ	
			<i>Pentias</i> sp.	ミスジヘラムシ属	
			<i>Euidotea ocellata</i>	オオメヘラムシ	
			<i>Synidotea nipponensis</i>	ニッポソウラシヘラムシ	
			<i>Janiropsis longiantennata</i>	ウミミスムシ	
		端脚	<i>Gitanopsis</i> sp.	チビマルヨコエビ属	
			<i>Paramphilocheus parachelatus</i>	ハサミチビヨコエビ	
			<i>Leucothoe</i> sp.	マルハサミヨコエビ属	
			<i>Paranamixis</i> sp.	タンクヨコエビ属	
			<i>Stenothoe</i> sp.	タテヨコエビ属	
			<i>Palinnotus</i> sp.		
			<i>Iphiplateia whiteleggei</i>	ミノカサヨコエビ	
			<i>Ceinina japonica</i>	コンブノケイムシ	
<i>Iphimedia mala</i>			トゲカッチュウヨコエビ		
<i>Pleustes panopla</i>			テソクヨコエビ		
<i>Parapleustes</i> sp.			オタフクヨコエビ属		
<i>Atylus japonicus</i>			フタナヨコエビ		
<i>Pontogeneia</i> sp.	アコナクヨコエビ属				
<i>Maera</i> sp.	スナナリヨコエビ属				
<i>Paradexamine</i> sp.	トゲホヨコエビ属				
<i>Polycheria</i> sp.	ホヤガシラ属				

表Ⅲ-2-3-2. 養老（若狭湾）葉上動物出現リスト(4/5)

門	綱	目	種名	和名
節足動物	甲殻	端脚	<i>Hyale</i> sp.	モクス [°] ヨコエビ [°] 属
			<i>Najna</i> sp.	ヒョットコヨコエビ [°] 属
			<i>Aoroides</i> sp.	エンボ [°] ソコエビ [°] 属
			<i>Photis</i> sp.	クダ [°] オソコエビ [°] 属
			<i>Gammaropsis</i> sp.	ソコエビ [°] 属
			<i>Ampithoe ramondi</i>	ラモンド [°] ヒゲナガ [°]
			<i>Ampithoe lacertosa</i>	ニッポ [°] ソモバ [°] ヨコエビ [°]
			<i>Ampithoe</i> sp.	ヒゲナガ [°] ヨコエビ [°] 属
			<i>Parampithoe orientalis</i>	トウヨウヒゲナガ [°]
			<i>Cerapus</i> sp.	ホソツツムシ属
			<i>Jassa</i> sp.	カマキリヨコエビ [°] 属
			<i>Erichthonius pugnax</i>	ホソヨコエビ [°]
			<i>Corophium</i> sp.	ト [°] ロクダ [°] ムシ属
			<i>Podocerus</i> sp.	ト [°] ロノミ属
			<i>Caprella decipiens</i>	マキ [°] レウレカラ
			<i>Caprella bispinosa</i>	キタリレカラ
			<i>Caprella verrucosa</i>	コブ [°] ウレカラ
			<i>Caprella scaura diceros</i>	トケ [°] ウレカラ
			<i>Caprella danilevskii</i>	ホソウレカラ
			<i>Caprella tsugarensis</i>	ツカ [°] ルウレカラ
			<i>Caprella penantis</i>	マルエヲウレカラ
			<i>Caprella brevirostris</i>	セムシウレカラ
			十脚	<i>Alpheus</i> sp.
		<i>Periclimenes</i> sp.		ホシカクレエビ [°] 属
		<i>Eualus leptognathus</i>		ヤマトモエビ [°]
		<i>Heptacarpus geniculatus</i>		コシマカ [°] リモエビ [°]
		<i>Heptacarpus futilirostris</i>		アシナカ [°] モエビ [°] モト [°] キ
		<i>Hippolyte ventricosa</i>		ナガ [°] レモエビ [°]
		<i>Latreutes acicularis</i>		ホソモエビ [°]
		<i>Pagurus pilosipes</i>		アカシマホシヤト [°] カリ
		<i>Pagurus</i> sp.		ホシヤト [°] カリ属
		<i>Galathea orientalis</i>		トウヨウコシオリエビ [°]
		<i>Pugettia quadridens quadridens</i>		ヨツハモカ [°] ニ
<i>Menaethius monoceros</i>	イッカカ [°] カニ			
<i>Macromedaeus distinguendus</i>	シロオウキ [°] カニ			
Xanthidae	オウギ [°] カニ科			
棘皮動物	蛇尾	閉蛇尾		<i>Ophiactis savignyi</i>
			<i>Ophiothrix exigua</i>	ナガ [°] トケ [°] クモヒトデ [°]
	海星	ヒメヒトデ [°]	<i>Henricia</i> sp.	ヒメヒトデ [°] 属
海胆	ホシウニ	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	ハ [°] フシウニ	
原索動物	尾索	腸性	<i>Aplidium</i> sp.	マンジ [°] ユウホ [°] ヤ属
			<i>Polyclinum</i> sp.	モヨウホ [°] ヤ属
			<i>Didemnum</i> spp.	ウスホ [°] ヤ属
			<i>Leptoclinides madara</i>	マダ [°] ラホ [°] ヤ
			<i>Diplosoma mitsukurii</i>	ネエキホ [°] ヤ
			<i>Eudistoma</i> sp.	キノコホ [°] ヤ属
			<i>Distaplia dubia</i>	チランホ [°] ヤ
			壁性	<i>Botryllus</i> sp.
		Botryllidae		ホ [°] トリルス科
		<i>Symplegma reptans</i>		コハ [°] ンイタホ [°] ヤ
		<i>Polyzoa vesiculiphora</i>		アヲレホ [°] ヤ
		<i>Styela canopus</i>	フタスジ [°] ホ [°] ヤ	
<i>Pyura vittata</i>	カラスホ [°] ヤ			

表Ⅲ-2-3-2. 養老（若狭湾）葉上動物出現リスト(5/5)

門	綱	目	種名	和名
原索動物	尾索	壁性	<i>Pyura lepidoderma</i>	ウロホヤ
			<i>Molgula hozawai</i>	モスソフクロホヤ
—	—	—	Egg mass	卵塊

表Ⅲ-2-3-2. 舞鶴（舞鶴湾）葉上動物出現リスト(1/3)

門	綱	目	種名	和名
海綿動物	尋常海綿	角質海綿	<i>Dysidea</i> sp.	ツチイカイメン属
		単骨海綿	<i>Haliclona</i> spp.	カラシイカイメン属
			<i>Callyspongia</i> sp.	サライカイメン属
		多骨海綿	<i>Mycale</i> sp.	ミカールカイメン属
		磯海綿	<i>Halichondria</i> sp.	イソカイメン属
		硬海綿	<i>Tethya</i> sp.	タマカイメン属
腔腸動物	ヒドロ虫	花クラゲ	<i>Eudendrium</i> sp.	エダウミヒトクラゲ属
		軟クラゲ	Campanulariidae	ウミサカヅキカヤ科
			<i>Sertularella miurensis</i>	キイロウミシバ
			Sertulariidae	ウミシバ科
	鉢水母	十文字クラゲ	<i>Halicyclustus auricule</i>	アサカオクラゲ
	花虫	イソギンチャク	<i>Bolocerooides memurrichi</i>	オヨギイソギンチャク
		Actinaria	イソギンチャク目	
扁形動物	渦虫	多岐腸	Polyclada	多岐腸目
紐形動物	有針	針紐虫	Emplectonematidae	エムプレクトネマ科
			<i>Tetrastemma nigrifrons</i>	メノコヒモシ
			<i>Oerstedtia</i> spp.	
環形動物	多毛	遊在	<i>Harmothoe imbricata</i>	マガラウロコムシ
			<i>Bhawania</i> sp.	
			<i>Genetyllis castanea</i>	アケノシバ
			<i>Anaitides</i> sp.	
			<i>Nipponophyllum</i> sp.	
			<i>Trypanosyllis taeniaformis</i>	ムラサキシマンリス
			<i>Typosyllis</i> spp.	
			<i>Exogone</i> sp.	
			<i>Platynereis bicanaliculata</i>	ツルビゲゴカイ
			<i>Platynereis dumerilii</i>	イソツルビゲゴカイ
			<i>Nereis neoneanthes</i>	ヤスリゴカイ
			<i>Nereis multignatha</i>	マサゴゴカイ
			<i>Nereis</i> sp.	
			定在	<i>Polydora</i> sp.
		<i>Polyopthalmus pictus</i>		カスリオフェリア
		<i>Thelepus</i> sp.		
		<i>Nicolea</i> sp.		
		<i>Terebella</i> sp.		
		<i>Sabella</i> sp.		
		<i>Hydroides ezoensis</i>		エゾカサネカンザシゴカイ
	<i>Hydroides exaltata</i>	カマカサカンザシゴカイ		
	<i>Hydroides elegans</i>	カサネカンザシゴカイ		
Serpulidae	カンザシゴカイ科			
蛭	—	Hirudinea	蛭綱	
触手動物	苔虫	円口	<i>Lichenopora</i> sp.	
		櫛口	<i>Amathea distans</i>	ツブナリコムシ
		唇口	<i>Watersipora subovoidea</i>	チゴケムシ
			<i>Celleporaria</i> sp.	
			<i>Celleporina porosissima</i>	ウデコフコムシ
軟体動物	腹足	原始腹足	<i>Lottia tenuisculpta</i>	コモレヒコカモガイ
			<i>Omphalium rusticus rusticus</i>	コンタカカンガラ
			<i>Cantharidus japonicus</i>	チグサガイ
			<i>Cantharidus callichroa</i>	ハチチグサ
			<i>Alcyna ocellata</i>	キハハニハイ
			<i>Eotricolia megastoma</i>	ハニハイ

表Ⅲ-2-3-2. 舞鶴（舞鶴湾）葉上動物出現リスト(2/3)

門	綱	目	種名	和名	
軟体動物	腹足	中腹足	<i>Alvania concinna</i>	タマツホ	
			<i>Barleeia angustata</i>	チャツホ	
			<i>Difflaba picta picta</i>	シマハマツホ	
		新腹足	<i>Thais bronni</i>	レイシガイ	
			<i>Mitrella bicincta</i>	ムキガイ	
			<i>Anachis misera</i>	ホサツガイ	
		頭楯	<i>Haloe japonica</i>	ブドウガイ	
		ノウセツ	<i>Elysia ornata</i>	コノハミドリガイ	
		アムフラシ	<i>Aplysia parvula</i>	クロヘリアムフラシ	
			<i>Petalifera punctulata</i>	ウミナメクシ	
		ウミウシ	<i>Goniodoris glabra</i>	コネコウミウシ	
			<i>Plocamopherus tilesei</i>	ヒカリウミウシ	
			Doridacea	ウミウシ目	
		スキノウミウシ	<i>Melibe papillosa</i>	メリベウミウシ	
			<i>Doto</i> sp.	マツカウミウシ属	
		二枚貝	アネガイ	<i>Arca boucardi</i>	コベルトアネガイ
			イガイ	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	ムラサキイガイ
	<i>Modiolus nipponicus</i>			ヒバリガイ	
	<i>Hormomya mutabilis</i>			ヒバリガイイモトキ	
	<i>Musculus cupreus</i>			タマエガイ	
	<i>Musculus senhousia</i>			ホトキス	
	<i>Musculus pusio</i>			チビタマエガイ	
	ウグイスガイ		<i>Chlamys farreri farreri</i>	アズマニシキ	
	マルスタレガイ		<i>Kellia</i> sp.	コハクツユ属	
	オオノガイ		<i>Hiatella orientalis</i>	キヌマトイガイ	
	節足動物	甲殻	アミ	<i>Siriella okadai</i>	オカガアミ
				Mysinae	アミ亜科
等脚			<i>Mesanthura nigrodorsalis</i>	セグロウミナナフシ	
			<i>Paranthura</i> sp.	ウミナナフシ属	
			<i>Cymodoce japonica</i>	ニホンコツブムシ	
			<i>Dynoides</i> sp.	シリケンウミシメシ属	
			<i>Pentias</i> sp.	ミスジヘラムシ属	
			<i>Janiropsis longiantennata</i>	ウミミスムシ	
端脚			<i>Gitanopsis</i> sp.	チビマルヨコエビ属	
			<i>Stenothoe</i> sp.	クテソコエビ属	
			<i>Palinotus</i> sp.		
			<i>Iphiplateia whiteleggei</i>	ミノガサヨコエビ	
			<i>Liljeborgia</i> sp.	トガヨコエビ属	
			<i>Colomastix</i> sp.	ツツヨコエビ属	
			<i>Ceinina japonica</i>	コンブノネクイムシ	
		<i>Iphimedia mala</i>	トガカッチュウヨコエビ		
		<i>Pleustes panopla</i>	テンクヨコエビ		
		<i>Parapleustes</i> sp.	オタフクヨコエビ属		
		<i>Pontogeneia</i> sp.	アコナガヨコエビ属		
		<i>Eusiroides japonica</i>	ニホンクイコヨコエビ		
		<i>Melita rylovae</i>	フトメリタヨコエビ		
		<i>Melita unamoena</i>	テブクロメリタヨコエビ		
		<i>Maera pacifica</i>			
<i>Maera</i> sp.		スナリヨコエビ属			
<i>Elasmopus</i> sp.		イヨコエビ属			
<i>Paradexamine</i> sp.		トガホコヨコエビ属			
<i>Polychelia</i> sp.		ホヤカンノン属			
<i>Hyale rubra</i>		コテモクス			

表Ⅲ-2-3-2. 舞鶴（舞鶴湾）葉上動物出現リスト(3/3)

門	綱	目	種名	和名
節足動物	甲殻	端脚	<i>Hyale</i> sp.	モクス [°] ヨコエビ [°] 属
			<i>Aoroides</i> sp.	ユソボ [°] ソコエビ [°] 属
			<i>Gammaropsis japonicus</i>	ニホソコエビ [°]
			<i>Gammaropsis</i> sp.	ソコエビ [°] 属
			<i>Ampithoe lacertosa</i>	ニッボ [°] ンモハ [°] ヨコエビ [°]
			<i>Ampithoe ramondi</i>	ラumont [°] ヒケ [°] ナガ [°]
			<i>Ampithoe</i> sp.	ヒケ [°] ナガ [°] ヨコエビ [°] 属
			<i>Parampithoe orientalis</i>	トウヨウヒケ [°] ナガ [°]
			<i>Jassa morinoi</i>	モリノカマキリヨコエビ [°]
			<i>Jassa</i> sp.	カマキリヨコエビ [°] 属
			<i>Erichthonius pugnax</i>	ホソヨコエビ [°]
			<i>Corophium</i> sp.	ト [°] ロクダ [°] ムシ属
			<i>Podocerus</i> sp.	ト [°] ロノミ属
			<i>Paracaprella</i> sp.	
			<i>Caprella decipiens</i>	マキ [°] レワレカラ
			<i>Caprella monoceros</i>	モノワレカラ
			<i>Caprella bispinosa</i>	キタワレカラ
			<i>Caprella verrucosa</i>	コブ [°] ワレカラ
		<i>Caprella scaura diceros</i>	トゲ [°] ワレカラ	
		<i>Caprella rhopalochir</i>	オサデワレカラ	
		<i>Caprella danilevskii</i>	ホソワレカラ	
		<i>Caprella subinermis</i>	カギ [°] ノテワレカラ	
		<i>Caprella brevirostris</i>	セムシワレカラ	
		<i>Caprella generosa</i>	キゾ [°] クワレカラ	
		<i>Caprella penantis</i>	マカエラワレカラ	
		十脚	<i>Palaemon ortmanni</i>	アシナガ [°] スジ [°] エビ [°]
			<i>Palaemon</i> sp.	スジ [°] エビ [°] 属
			<i>Eualus sinensis</i>	イソモエビ [°]
			<i>Eualus leptognathus</i>	ヤマトモエビ [°]
			<i>Heptacarpus futilirostris</i>	アシナガ [°] モエビ [°] モト [°] キ
<i>Heptacarpus geniculatus</i>	コシマカ [°] リモエビ [°]			
<i>Hippolyte ventricosa</i>	ナガ [°] レモエビ [°]			
棘皮動物	蛇尾		閉蛇尾	<i>Ophiothrix exigua</i>
	海星	ヒメヒトデ [°]	<i>Asterina batheri</i>	ヌノメイトマキ
		マヒトデ [°]	<i>Asterias amurensis</i>	マヒトデ [°]
原索動物	尾索	腸性	<i>Didemnum moseleyi</i>	シロウスホ [°] ヤ
			<i>Distaplia dubia</i>	チランホ [°] ヤ
			<i>Perophora japonica</i>	マメホ [°] ヤ
		壁性	<i>Botryllus schlosseri</i>	ウスイタホ [°] ヤ
			<i>Botryllus tuberatus</i>	キクイタホ [°] ヤ
			Botryllidae	ホ [°] トリルス科
			<i>Symplegma reptans</i>	コハ [°] ンイタホ [°] ヤ
			<i>Styela plicata</i>	シロホ [°] ヤ
<i>Halochynthia hispida</i>	イガ [°] ホ [°] ヤ			
脊椎動物	硬骨魚	ヨウジ [°] ウオ	<i>Hippocampus coronatus</i>	タツノオトシゴ [°]
		スズ [°] キ	<i>Zoarchias veneficus</i>	カズ [°] ナギ [°]
			<i>Sebastes inermis</i>	メハ [°] ル
—	—	—	Egg mass	卵塊

表Ⅲ-2-3-3. 網野（日本海）仮根部付着動物出現種リスト

門	綱	目	種名	和名
海綿動物	尋常海綿	単骨海綿	<i>Callyspongia</i> sp.	サ ^ラ カイ ^ン 属
			<i>Haliclona</i> sp.	カ ^リ ナ ^シ カイ ^ン 属
腔腸動物	ヒト ^ロ 虫	軟 ^ク ラ ^ゲ	<i>Obelia</i> sp.	オ ^ベ リ ^ア 属
	花虫	イソ ^キ ン ^{チャク}	<i>Amphisbetia furcata</i>	ヒメ ^ウ ミ ^カ ビ
環形動物	多毛	遊在	<i>Eulalia</i> sp.	
			<i>Typosyllis</i> spp.	
			<i>Haplosyllis spongiicola</i>	カイ ^メ ン ^シ ス
			<i>Lysidice collaris</i>	シ ^ホ リ ^イ ソ ^メ
		定在	<i>Pherusa</i> sp.	
			<i>Polydora</i> sp.	
			<i>Dodecaceria</i> sp.	
			<i>Capitella</i> sp.	
			<i>Sabellaria</i> sp.	
			<i>Nicolea</i> sp.	
			<i>Hydroides ezoensis</i>	エ ^ゾ カ ^サ ネ ^ソ サ ^シ コ ^カ イ
			Serpulidae	カ ^ン サ ^シ コ ^カ イ科
触手動物	苔虫	円口	<i>Lichenopora</i> sp.	
		唇口	<i>Escharoides</i> sp.	
			<i>Microporella</i> sp.	
			<i>Celleporaria</i> sp.	
			<i>Cellepora trirostrata</i>	
			<i>Celleporina porosissima</i>	ウ ^テ コ ^フ コ ^ケ ム ^シ
軟体動物	腹足	中腹足	<i>Barleeia angustata</i>	チ ^ャ ツ ^ホ
	二枚貝	カ ^イ	<i>Septifer keenae</i>	ヒメ ^カ イ
			<i>Modiolus agripetus</i>	ヒ ^ハ リ ^カ イ
			<i>Trichomusculus semigranatus</i>	ス ^シ タ ^マ エ ^カ イ
			<i>Musculus cupreus</i>	タ ^マ エ ^カ イ
		マル ^ス タ ^レ カ ^イ	<i>Pseudoirus mirabilis</i>	チ ^チ ミ ^イ ワ ^ホ リ ^カ イ
		節足動物	甲殻	完胸
等脚	<i>Dynoides</i> sp.			シ ^リ ケン ^ウ ミ ^セ ミ ^属
	<i>Cleantiella strasseni</i>			オ ^ヒ ラ ^キ ヘ ^ラ ム ^シ
端脚	<i>Palinnotus</i> sp.			
	<i>Aoroides</i> sp.			エ ^ン ホ ^ソ コ ^エ ビ ^属
	<i>Ampithoe ramondi</i>			ラ ^モ ント ^ヒ ゲ ^ナ カ ^フ
原索動物	尾索	壁性	<i>Caprella tsugarensis</i>	ツ ^カ ル ^リ カ ^ラ
			<i>Styela canopus</i>	フ ^タ ス ^シ ホ ^ヤ
			<i>Pyura vittata</i>	カ ^ラ ス ^ホ ヤ

表Ⅲ-2-3-3. 養老（若狭湾）仮根部付着動物出現種リスト(1/3)

門	綱	目	種名	和名		
原生動物	肉質	有孔虫	<i>Homotrema rubrum</i>	アカスゴ		
海綿動物	石灰海綿	異腔	<i>Vosmaeropsis maculata</i>	マダラホスメルカイメン		
		尋常海綿	角質海綿	Keratosa	角質海綿目	
	尋常海綿	単骨海綿	<i>Polyfibrospongia</i> sp.			
			<i>Haliclona</i> sp.	カリナカイメン属		
			<i>Callyspongia</i> sp.	サライメン属		
	尋常海綿	多骨海綿	<i>Mycale</i> sp.	ミカレカイメン属		
		Carnosa	<i>Chondrilla</i> sp.	ナソツカイメン属		
腔腸動物	ヒトロ虫	軟クラゲ	<i>Halecium flexile</i>	ホソカヤ		
			<i>Clytia</i> sp.	クリティア属		
			<i>Sertularella inabai</i>	イハウミシバ		
			<i>Sertularella miurensis</i>	キロウミシバ		
			<i>Amphisbetia furcata</i>	ヒメウミカビ		
			<i>Amphisbetia</i> sp.	ウミカビ属		
			<i>Monothecha obliqua</i>	ヒトツハネカヤ		
			花虫	イギンチャク	Actiniaria	イギンチャク目
	<i>Haliplanella</i> sp.					
			<i>Anthopleura</i> sp.			
紐形動物	無針	異紐虫	Lineidae	リネウス科		
	有針	針紐虫	Emplectonematidae	エムプレクトネマ科		
曲形動物	内肛	足胞	<i>Barentsia discreta</i>	スズコケムシ		
星口動物	サメダホシムシ	サメダホシムシ	<i>Phascolosoma scolops</i>	サメダホシムシ		
		タテホシムシ	<i>Aspidosiphon misakiensis</i>	タテホシムシ		
環形動物	多毛	遊在	<i>Halosydna brevisetosa</i>	ミロクワロコムシ		
			<i>Eulalia</i> sp.			
			<i>Anaitides</i> sp.			
			<i>Nipponophyllum</i> sp.			
			<i>Sige</i> sp.			
			<i>Typosyllis</i> sp.			
			<i>Platynereis dumerilii</i>	イソツルヒゲゴカイ		
			<i>Platynereis bicanaliculata</i>	ツルヒゲゴカイ		
			<i>Dorvillea</i> sp.			
			<i>Palola</i> sp.			
			<i>Lysidice collaris</i>	シホライソメ		
			Maldanidae	タケフシゴカイ科		
			定在	<i>Pherusa</i> sp.		
				<i>Sabellaria</i> sp.		
				<i>Thelepus</i> sp.		
				<i>Nicolea</i> sp.		
				<i>Sabella</i> sp.		
		<i>Potamilla</i> sp.				
		<i>Branchiomma</i> sp.				
		<i>Sabellastarte</i> sp.				
		<i>Hydroides ezoensis</i>		エゾカサネンサシゴカイ		
		Serpulidae		カサシゴカイ科		
		<i>Dexiospira</i> sp.				
		触手動物	苔虫	円口	<i>Lichenopora</i> sp.	
					<i>Microporella</i> sp.	
				唇口	<i>Membranipora tuberculata</i>	サメダホシコケムシ
					<i>Synnotum aegyptiacum</i>	シユズモトキコケムシ
<i>Microporella</i> sp.						
<i>Celleporaria</i> sp.						
<i>Vittaticella elegans</i>	ヒメシユズツナギコケムシ					

表Ⅲ-2-3-3. 養老（若狭湾）仮根部付着動物出現種リスト(2/3)

門	綱	目	種名	和名			
触手動物	苔虫	唇口	Celleporidae	コブコケムシ科			
	腕足	頂殻	<i>Discinisca</i> sp.				
軟体動物	腹足	原始腹足	<i>Cantharidus callichroa</i>	ハチチケサ			
			<i>Iwakawatrochus urbanus</i>	イワカリチケサ			
			<i>Eotricolia megastoma</i>	ヘニバイ			
		中腹足	<i>Barleeia angustata</i>	チャツボ			
			<i>Serpulorbis imbricatus</i>	オオヘビガイ			
			<i>Alvania ogasawarana</i>	オカサワリソツボ			
		新腹足	<i>Ergalatax contractus</i>	ヒメヨウラク			
	アムフリシ	<i>Aplysia parvula</i>	クロヘリアメフリシ				
	二枚貝	フネガイ	<i>Arca avellata</i>	フネガイ			
		イガイ	<i>Trichomusculus semigranatus</i>	スジタマエガイ			
			<i>Musculus pusio</i>	チビタマエガイ			
			<i>Septifer keenae</i>	ヒメイガイ			
			<i>Musculus cupreus</i>	タマエガイ			
			<i>Lithophaga curta</i>	イシマテ			
		ウガイイシガイ	<i>Pinctada fucata martensii</i>	アコヤガイ			
			<i>Irus macrophyllus</i>	ハネマツカゼ			
		マルスタレガイ	<i>Chama</i> sp.	キクサガキ属			
		ニホガイ	<i>Parapholas quadrizonata</i>	モモガイ			
			<i>Nettastomella japonica</i>	ヨコヤマスガイ			
		節足動物	海蜘蛛	真皆脚	<i>Anoplodactylus</i> sp.	ソコウミダモ属	
<i>Ammonothea hilgendorfi</i>					シマウミダモ		
甲殻	完胸		<i>Balanus trigonus</i>	サシカクシツボ			
			等脚	<i>Cymodoce japonica</i>	ニホソツボムシ		
	端脚		<i>Holotelson tuberatus</i>	チビウミセミ			
			<i>Ceinina japonica</i>	コンブノネタイムシ			
			<i>Anamixis</i> sp.	クチナシヨコエビ属			
			<i>Paradexamine</i> sp.	トゲホコヨコエビ属			
			<i>Polycheria</i> sp.	ホヤカソソ属			
			<i>Gammaropsis</i> sp.	ソコエビ属			
			<i>Hyale</i> sp.	モクスヨコエビ属			
			<i>Aoroides</i> sp.	エンボソコエビ属			
			<i>Ampithoe</i> sp.	ヒゲナカヨコエビ属			
			<i>Ampithoe ramondi</i>	アモントヒゲナカ			
			<i>Parampithoe orientalis</i>	トウヨウヒゲナカ			
			<i>Gitanopsis</i> sp.	チビマルヨコエビ属			
			<i>Maera</i> sp.	スナリヨコエビ属			
			<i>Photis</i> sp.	クダオソコエビ属			
			<i>Gammaropsis</i> sp.	ソコエビ属			
			<i>Jassa</i> sp.	カマキリヨコエビ属			
			<i>Erichthonius pugnax</i>	ホソヨコエビ			
			<i>Podocerus</i> sp.	トロミ属			
			<i>Caprella danilevskii</i>	ホソワレカラ			
			<i>Caprella decipiens</i>	マキレワレカラ			
			<i>Caprella verrucosa</i>	コブワレカラ			
			<i>Caprella scaura diceros</i>	トゲワレカラ			
			十脚	<i>Hippolyte ventricosa</i>	ナカレモエビ		
				Xanthidae	オウキガニ科		
			棘皮動物	海星	ヒメヒトデ	<i>Hemircia</i> sp.	ヒメヒトデ属
				海鼠	樹手	<i>Cucumaria frondosa</i> var. <i>japonica</i>	キノコ
				蛇尾	閉蛇尾	<i>Ophiactis savignyi</i>	チビクモヒトデ
<i>Ophiothrix exigua</i>	ナカトゲクモヒトデ						

表Ⅲ-2-3-3. 養老（若狭湾）仮根部付着動物出現種リスト(3/3)

門	綱	目	種名	和名
原索動物	尾索	腸性	<i>Polyclinum</i> sp.	モヨウホ ^ヤ 属
			<i>Aplidium multiplicatum</i>	ミナシモヲホ ^ヤ
			<i>Didemnum</i> sp.	ウスホ ^ヤ 属
			<i>Leptoclinides madara</i>	マダ ^ラ ホ ^ヤ
			<i>Diplosoma mitsukurii</i>	ネシエキホ ^ヤ
			<i>Trididemnum</i> sp.	ミスシ ^{ウスホ^ヤ属}
			<i>Ascidia ahodori</i>	ナツメホ ^ヤ
			<i>Eudistoma</i> sp.	キノコホ ^ヤ 属
			<i>Distaplia dubia</i>	チラシホ ^ヤ
			<i>Eudistoma</i> sp.	キノコホ ^ヤ 属
		壁性	<i>Symplegma reptans</i>	コハ ^{ソイタホ^ヤ}
			<i>Cnemidocarpa irene</i>	シロホ ^{ヤモト^キ}
			<i>Styela canopus</i>	フタスシ ^{ホ^ヤ}
			<i>Pyura</i> sp.	カラスホ ^ヤ 属
			<i>Pyura vittata</i>	カラスホ ^ヤ
			<i>Boltenia transversaria</i>	ミナミクシエヲホ ^ヤ
—	—	—	Egg mass	卵塊

表Ⅲ-2-3-3. 舞鶴（舞鶴湾）仮根部付着動物出現種リスト(1/2)

門	綱	目	種名	和名
海綿動物	尋常海綿	角質海綿	<i>Dysidea</i> sp.	ツチイカイン属
		単骨海綿	<i>Haliclona</i> spp.	カナシカイン属
		磯海綿	<i>Halichondria</i> sp.	イカイン属
腔腸動物	ヒトコ虫	花クラゲ	<i>Eudendrium</i> sp.	エダウミヒトコ属
		軟クラゲ	<i>Sertularella miurensis</i>	キイロウミシバ
			Sertulariidae	ウミシバ科
	Sertularia sp.	フシバナレウミシバ属		
花虫	イギンチャク	<i>Boloceroides mcmurrici</i>	オオキイギンチャク	
扁形動物	渦虫	多岐腸	Polyclada	多岐腸目
紐形動物	有針	針紐虫	Emplectonematidae	エムプレクトネマ科
			<i>Tetrastemma nigrifrons</i>	メノヒモムシ
			<i>Oerstedia</i> spp.	
環形動物	多毛	遊在	<i>Harmothoe imbricata</i>	マダラウロコムシ
			<i>Genetyllis castanea</i>	アケノシバ
			<i>Eulalia</i> sp.	
			<i>Typosyllis nipponica</i>	ミドリシリス
			<i>Typosyllis</i> spp.	
			<i>Platynereis dumerilii</i>	イツルヒゲゴカイ
			<i>Nereis multignatha</i>	マサゴゴカイ
			<i>Lysidice collaris</i>	シホリイソメ
			<i>Arabella</i> sp.	
		定在	<i>Polyophthalmus pictus</i>	カスリオアエリア
			<i>Naineris</i> sp.	
			<i>Pherusa</i> sp.	
			<i>Thelepus</i> sp.	
			<i>Nicolea</i> sp.	
			<i>Terebella</i> sp.	
			<i>Hydroides ezoensis</i>	エゾカサネコムシシゴカイ
			Serpulidae	カンザシゴカイ科
触手動物	苔虫	櫛口	<i>Amathea distans</i>	ツブナリコムシ
		唇口	<i>Watersipora subovoidea</i>	チゴケムシ
			<i>Celleporaria</i> sp.	
			<i>Celleporina porosissima</i>	ウデコブコムシ
軟体動物	多板殻	新ビサライ	<i>Placiphorella japonica</i>	ハバカセ
		腹足	原始腹足	<i>Cantharidus japonicus</i>
	<i>Eotricolia megastoma</i>		ヘニバイ	
	中腹足		<i>Barleeia angustata</i>	チャツボ
			<i>Serpulorbis imbricatus</i>	オオヘビカイ
			<i>Diffalaba picta picta</i>	シマハマツボ
	新腹足		<i>Mitrella bicincta</i>	ムギカイ
		<i>Anachis misera</i>	ホサツカイ	
	二枚貝	イ	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	ムラサキイ
			<i>Musculus senhousia</i>	ホトギス
		ウグイスカイ	<i>Crassostrea gigas</i>	マガキ
		ウグイスカイ	<i>Crassostrea nippona</i>	イカキ
		オノカイ	<i>Hiatella orientalis</i>	キヌマトイ
オノカイ		<i>Gastrochaena cymbium</i>	チビツツエカイ	
節足動物	甲殻	等脚	<i>Cymodoce japonica</i>	ニホンツツムシ
			<i>Dynoides</i> sp.	シケンウミシメ属
		端脚	<i>Colomastix</i> sp.	ツツコエビ属
			<i>Parapleustes</i> sp.	オクフクヨコエビ属
			<i>Pontogeneia</i> sp.	アコナヨコエビ属
			<i>Maera pacifica</i>	

表Ⅲ-2-3-3. 舞鶴（舞鶴湾）仮根部付着動物出現種リスト(2/2)

門	綱	目	種名	和名
節足動物	甲殻	端脚	<i>Elasmopus</i> sp.	イソヨコエビ属
			<i>Polychelia</i> sp.	ホヤカソノ属
			<i>Hyale rubra</i>	コテモクス
			<i>Ampithoe ramondi</i>	アモントヒゲナガ
			<i>Ampithoe</i> sp.	ヒゲナガヨコエビ属
			<i>Paranipithoe orientalis</i>	トウヨウヒゲナガ
			<i>Jassa</i> sp.	カマギリヨコエビ属
			<i>Erichthonius pugnax</i>	ホソヨコエビ
			<i>Podocerus</i> sp.	トコバシ属
			<i>Paracaprella</i> sp.	
			<i>Caprella monoceros</i>	モノワレカヲ
		<i>Caprella verrucosa</i>	コブワレカヲ	
		<i>Caprella danilevskii</i>	ホソワレカヲ	
		十脚	<i>Heptacarpus geniculatus</i>	コシマカリモエビ
棘皮動物	蛇尾	閉蛇尾	<i>Ophiactis macrolepidota</i>	ダイオンチビクモヒトデ
原索動物	尾索	腸性	<i>Didemnum</i> sp.	ウスボヤ属
			壁性	<i>Botryllus schlosseri</i>
			Botryllidae	ボトリリス科
			<i>Cnemidocarpa irene</i>	シロボヤモトキ
			<i>Pyura saciformis</i>	ミハエルボヤ
—	—	—	Egg mass	卵塊

2.4. 室内実験

(1) 目的

ホンダワラ科海藻の栄養塩吸収速度に関するパラメーター（最大吸収速度および半飽和定数）を求め、種や生育している海域による吸収速度の違いを明らかにすることを目的とした。

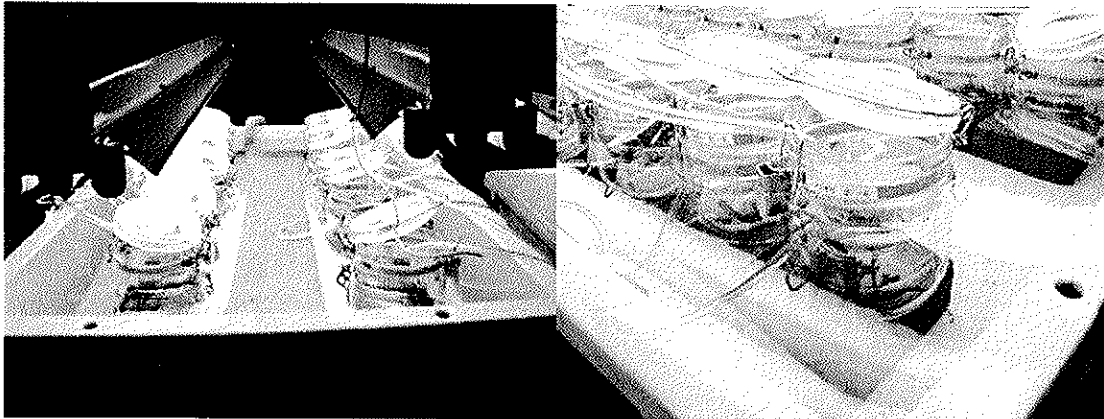
(2) 材料及び方法

1) ホンダワラ科海藻の栄養塩吸収速度の測定

（実験1）2003年7月3日に網野、養老、舞鶴の3海域でヤツマタモクおよびヨレモクを採集した。それらの海藻の成長点を含む藻体先端部を0.5~1.0gずつ切り取り、ピンセットで藻体に付着した藻類を取り除いた後、濾過海水（孔径1.0μmフィルター）流水下で3日間馴致培養した。その後、培養液（3L）を入れたガラス瓶内に海藻片を約3gまたは9g加え、保温水槽内に並べて自然光下で4日間（70時間）培養した。グラスファイバーフィルター（Whatman GF/F）で濾過した海水に硝酸塩（KNO₃）とリン酸塩（Na₂HPO₄・12H₂O）をそれぞれ100μM、10μM相当量を添加したものを培養液とし、攪拌するために通気を行った。培養期間中は定期的（毎7, 11, 15, 19時）に培養液を採水し、硝酸態窒素（NO₃-N）濃度及びリン酸態リン（PO₄-P）濃度を測定した。培養液の栄養塩濃度の低下量からヤツマタモクとヨレモク両種の栄養塩吸収速度を求めた。

（実験2）2004年9月に養老海域で採取されたヤツマタモク、ヨレモク、ノコギリモクの成長点を含む藻体先端部を0.5~1.0gずつ切り取り、ピンセットで藻体内に付着した藻類を取り除いた後、濾過海水（孔径1.0μmフィルター）流水下で1日間馴致培養した。グラスファイバーフィルター（Whatman GF/F）で濾過した海水に硝酸塩（KNO₃）を0, 5, 10, 25, 50, 100, 200μM相当量添加した。さらにリン酸塩（Na₂HPO₄・12H₂O）をそれぞれに20μM相当量添加したものを培養液とした。培養液をガラス瓶（容量1L）に0.6Lずつ入れ、

攪拌するために通気を行った（図Ⅲ-2-4-1）。その後、培養液に海藻片を約3g入れて、保温水槽内で2時間培養した。培養期間中は水温を15℃、光条件を $150\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$.とした。各硝酸塩濃度段階において3本を1組として実験を行った。培養期間中は0, 30, 60, 90, 120分後に培養液を採水した。試水を凍結保存し、後日オートアナライザーで硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）濃度を測定した。培養液の硝酸塩濃度の低下量から3種の栄養塩吸収速度を求めた。さらに、非線形最小自乗法により硝酸塩濃度と吸収速度の関係を Michaelis-Menten の式に当てはめて、最大吸収速度、半飽和定数を推定した。



図Ⅲ-2-4-1. 栄養塩を添加した海水中での海藻片の培養

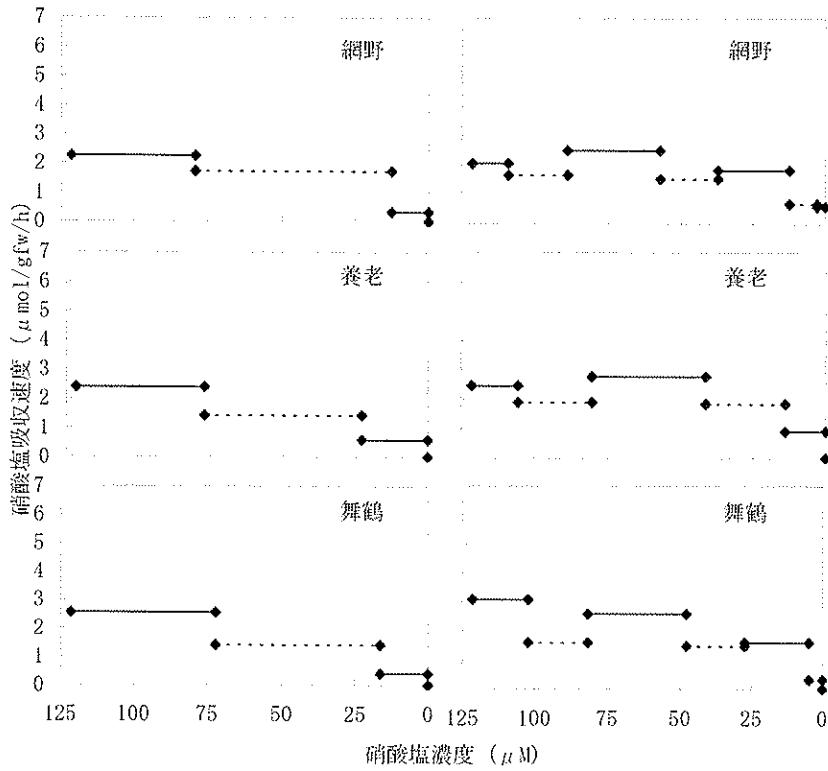
(3) 結果

1) ホンダワラ科海藻の栄養塩吸収速度の測定

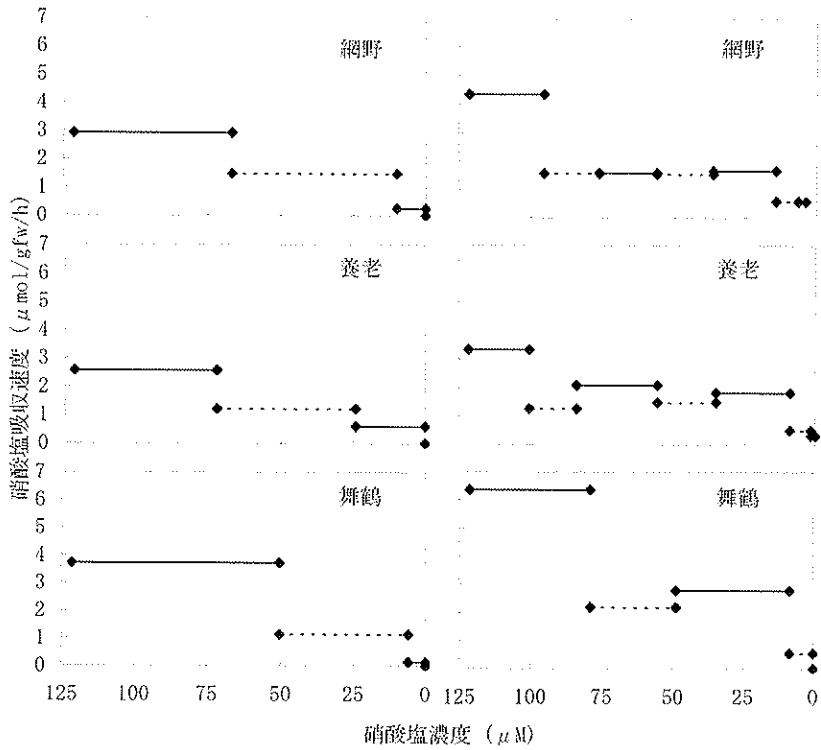
（実験1）この実験で得られた硝酸塩吸収速度（ $\mu\text{mol}/\text{gfw}/\text{h}$ ）*の最大値はヤツマタモクでは3.08、ヨレモクでは6.36であった（図Ⅲ-2-4-2, Ⅲ-2-4-3）。ヤツマタモクでは培養液中の硝酸塩濃度が $80\mu\text{M}$ 程度になっても吸収速度が最大値に近い値を示しており、この値が本種の最大吸収速度に近いものであると考えられた。ヨレモクの場合、濃度の低下により吸収速度が大きく減少しており、実験開始時の硝酸塩濃度であった $120\mu\text{M}$ では、吸収速度が最大値に達しておらず、ヨレモクの硝酸塩最大吸収速度は今回得られた値を大きく上回る可能性が考えられた。今回の結果から、硝酸塩濃度が $80\mu\text{M}$ 以下の時には、両種間の吸収能力に大きな差がみられなかったが、硝酸塩濃度が $80\mu\text{M}$ より高濃度の場合にはヨレモクがヤツマタモクより高い硝酸塩吸収能力を備えていることが明らかになった。

（脚注）

* : fw (fresh weight) : fw は収穫直後の水分を含んだ状態の試料の質量を意味する。



図Ⅲ-2-4-2. 3 海域で採集されたヤツマタモクの硝酸塩吸収速度
(左列は海藻片を 9g, 右列は 3g 入れた。图中実線は明期を, 破線は暗期を表す。)



図Ⅲ-2-4-3. 3 海域で採集されたヨレモクの硝酸塩吸収速度
(左列は海藻片を 9g, 右列は 3g 入れた。图中実線は明期を, 破線は暗期を表す。)

リン酸塩 (PO_4^{3-}) の吸収速度は、両種とも培養液中のリン酸塩濃度が $6\mu\text{M}$ 以上では濃度変化に伴う吸収速度の変化が小さく、この範囲の濃度で最大値に近い値を示していたと考えられた (図 III-2-4-4, III-2-4-5)。ヤツマタモクとヨレモクのリン酸塩吸収速度 ($\mu\text{mol/gfw/h}$) の最大値は、それぞれ 0.13, 0.18 程度であることが示された。なお、今回の実験では、硝酸塩とリン酸塩を同時に加えた実験区を設定したため、実験開始時には高濃度の硝酸塩によりリン酸塩吸収が阻害された可能性がある。

リン酸塩吸収速度は両種間で大きな差が認められなかったが、採集地間で比較した場合、両種とも舞鶴で採集した藻体が最も大きな吸収速度を示した (図 III-2-4-4, III-2-4-5)。一方、硝酸塩吸収速度についても、ヤツマタモクでは採集地間の違いは認められなかったものの、ヨレモクでは舞鶴で採集した藻体が他海域で採集したものより大きい吸収速度を示した。これらのことから、同種であっても生育場所により栄養塩吸収能力が異なることが明らかになった。

両種の 3g 実験区では硝酸塩吸収速度が暗期の次の明期に上昇した (図 III-2-4-2, III-2-4-3)。硝酸塩が細胞膜を通過する過程では、光合成の明反応で生成された ATP を用いることが知られている⁽¹⁾。明期ではエネルギーを必要としない吸収に加えて、光合成で生成された ATP を用いた硝酸塩の吸収が起こったために、吸収速度が上昇したと考えられた。一方、リン酸塩吸収速度については、光合成を利用した能動的な取り込みがあまり行われていないのではないかと推察された。

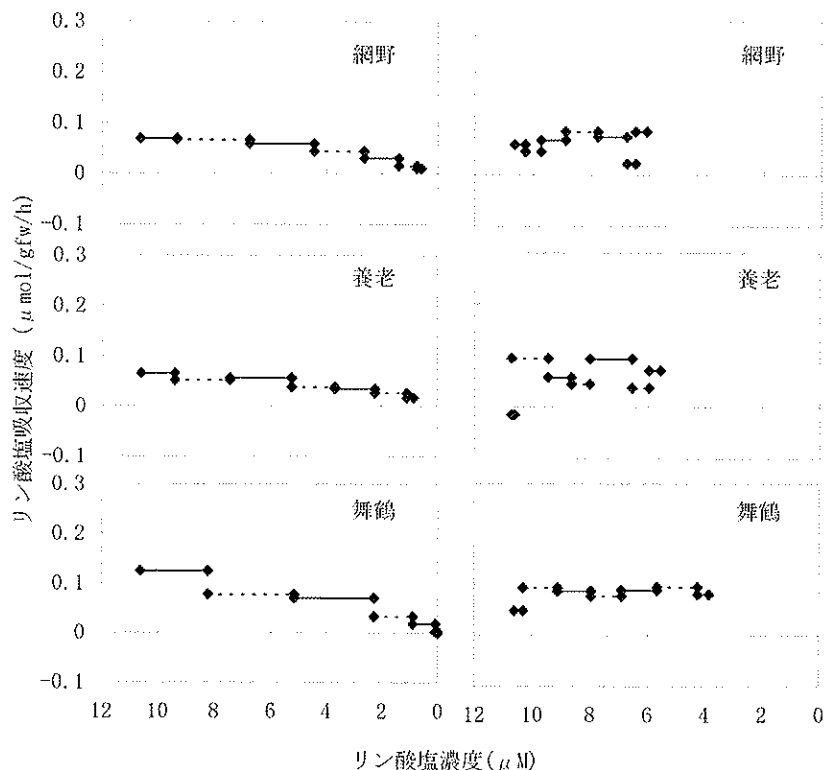
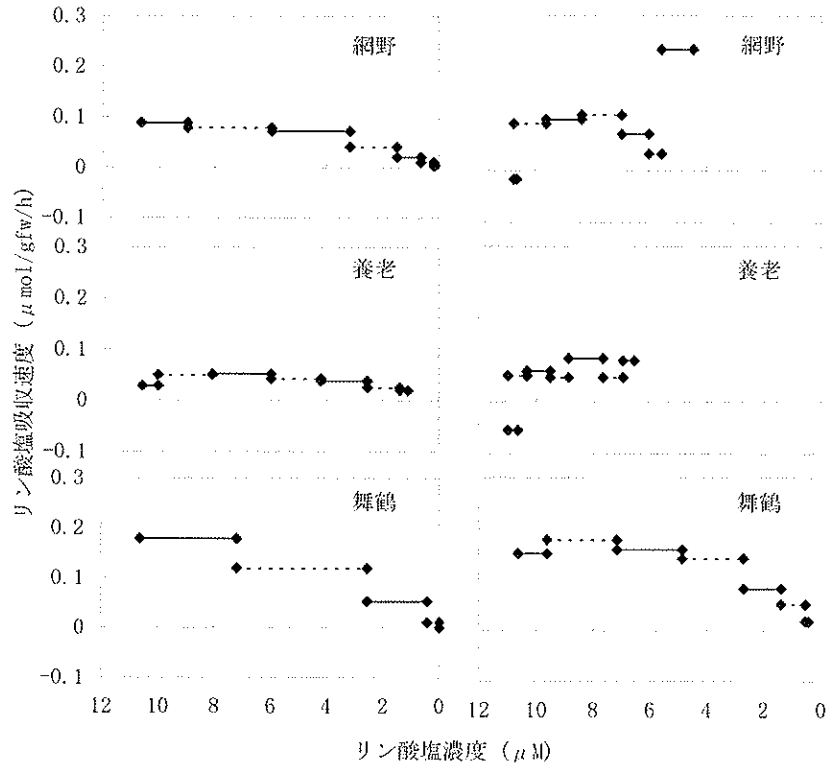
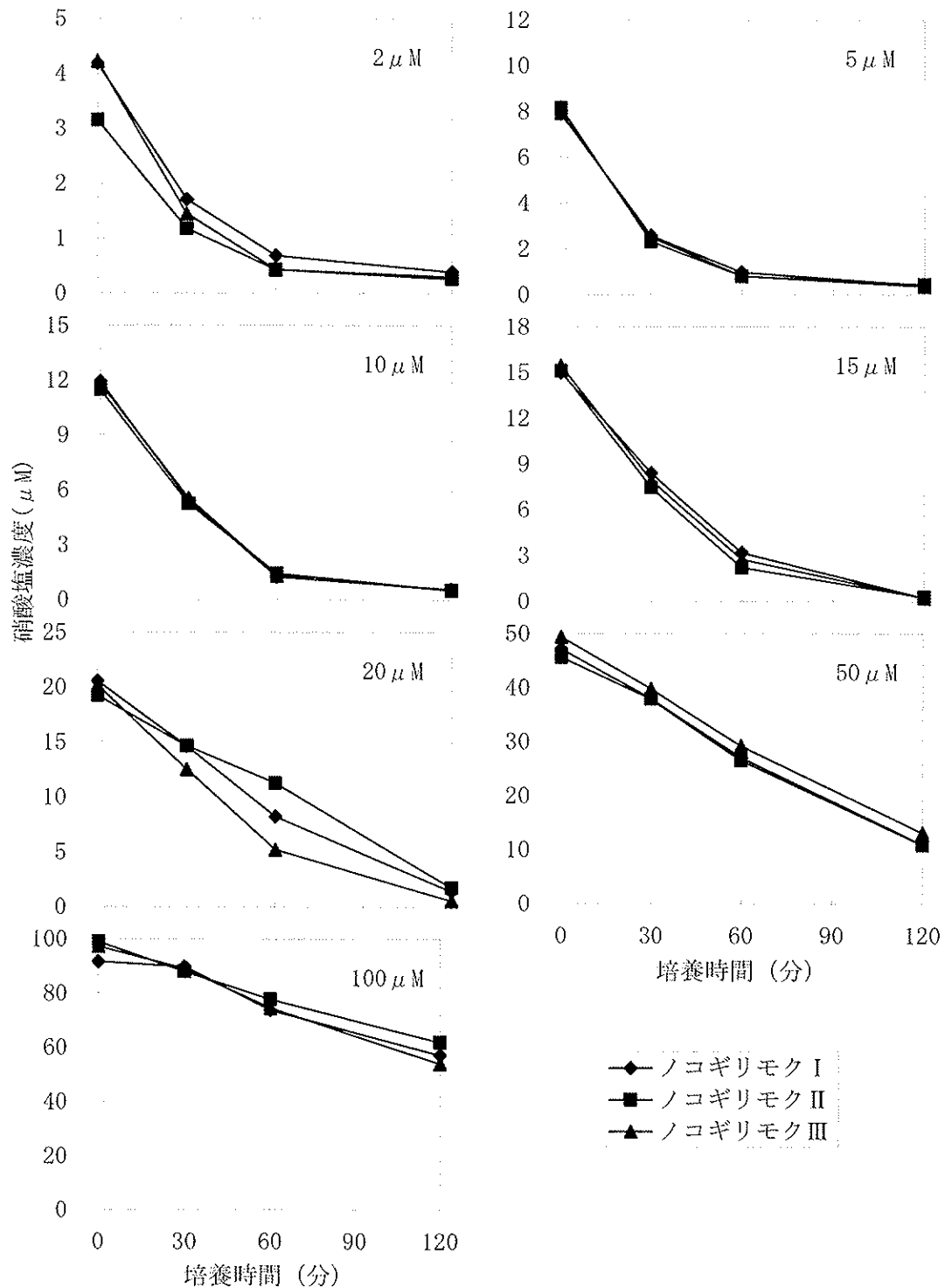


図 III-2-4-4. 3 海域で採集されたヤツマタモクのリン酸塩吸収速度 (左列は海藻片を 9g, 右列は 3g 入れた。図中実線は明期を, 破線は暗期を表す。)

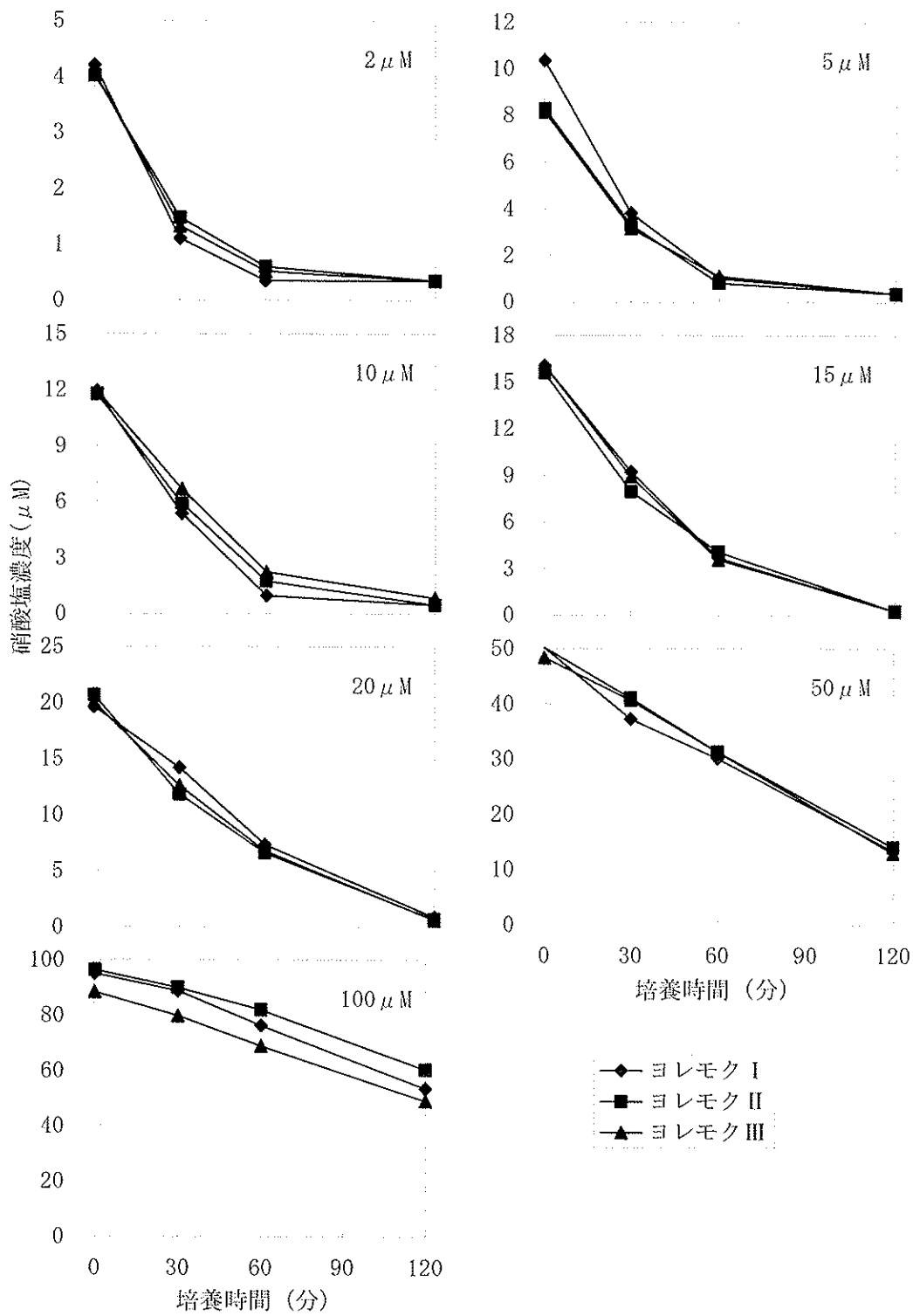


図Ⅲ-2-4-5. 3海域で採集されたヨレモクのリン酸塩吸収速度
 (左列は海藻片を9g, 右列は3g入れた。図中実線は明期を, 破線は暗期を表す。)

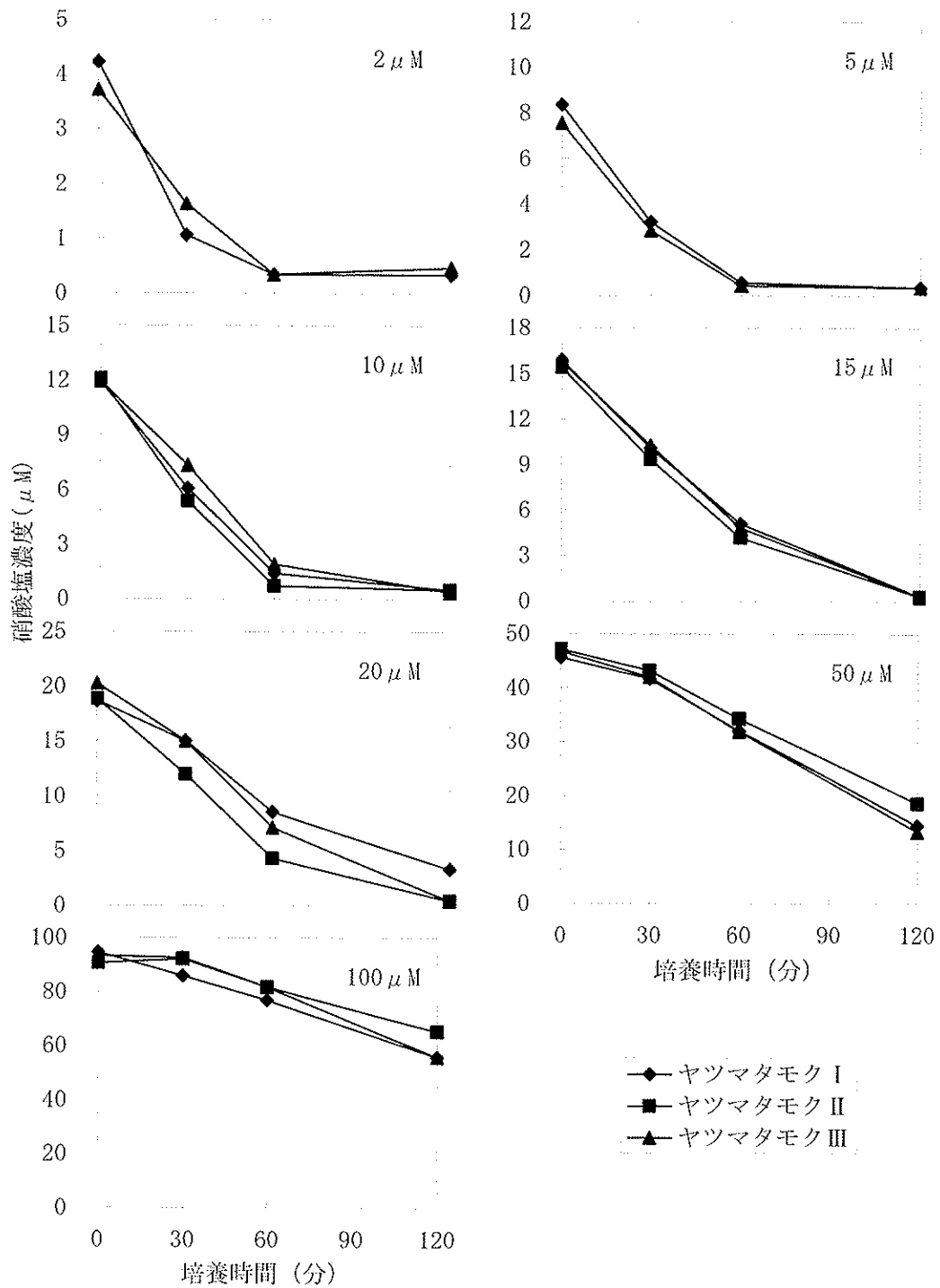
(実験2) 培養液の硝酸塩 (NO_3^-) 濃度が最も高い実験開始時に吸収速度が最大値を示すと想定されたが、高濃度の実験区では実験開始から30分後までに最大値を示さない場合があった(図Ⅲ-2-4-6~Ⅲ-2-4-8)。そこで、実験開始から吸収速度が最大となるまでの時間と濃度変化の値を用いて、各実験区における吸収速度を算出し、硝酸塩濃度と吸収速度の関係を調べた(図Ⅲ-2-4-9)。



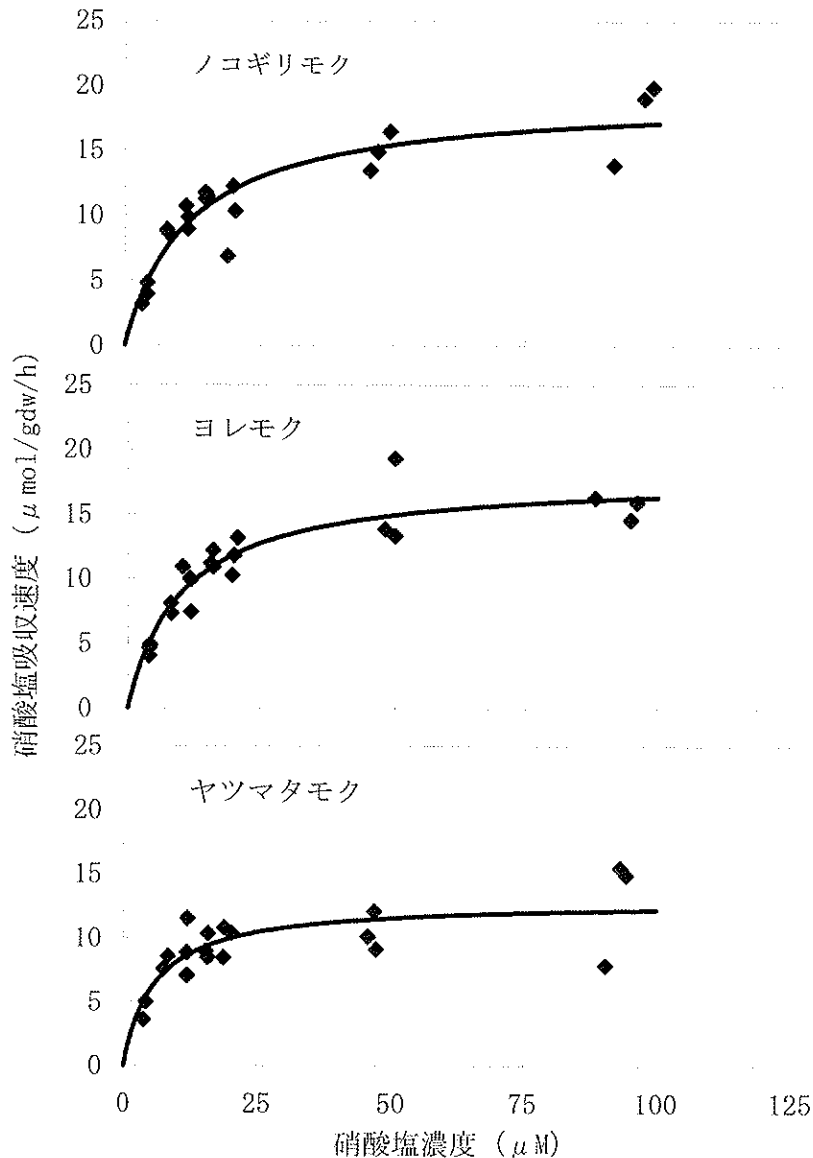
図Ⅲ-2-4-6. ノコギリモクを入れた培養液中の硝酸塩濃度の変化



図Ⅲ-2-4-7. ヨレモクを入れた培養液中の硝酸塩濃度の変化



図Ⅲ-2-4-8. ヤツマタモクを入れた培養液中の硝酸塩濃度の変化



図Ⅲ-2-4-9. 硝酸塩濃度と吸収速度の関係

ノコギリモクおよびヨレモクについては、最大吸収速度 ($\mu\text{mol/gdw/h}$) がそれぞれ 19.2 および 18.0、半飽和定数がそれぞれ 12.3 および 10.3 となり、どちらもともに似た値を示したが、ヤツマタモクは両種に比べ低い値 (最大吸収速度 12.9、半飽和定数 6.0) を示し、種によって栄養塩吸収速度に違いがみられることが確かめられた (表Ⅲ-2-4-1)。また、硝酸塩濃度 $1\ \mu\text{M}$ のときの吸収速度 ($\mu\text{mol/gdw/h}$) は、ノコギリモクが 1.45、ヨレモクが 1.59、ヤツマタモクが 1.85 となり、ヤツマタモクが 3 種のうちで最も高い値を示し、低い硝酸塩濃度の海水中で硝酸塩を効率的に吸収する種であると考えられた。

表Ⅲ-2-4-1. ホンダワラ科海藻 3 種の硝酸塩吸収速度に関するパラメーター

海藻種 \ パラメーター	最大吸収速度	半飽和定数
ノコギリモク	19.2	12.3
ヨレモク	18.0	10.3
ヤツマタモク	12.9	6.0

(4) まとめ

ホンダワラ科海藻が高い栄養塩吸収能力を有することが明らかになった。藻体内に固定された N, P のみを海藻による環境浄化機能の評価対象とするだけでなく、栄養塩吸収能力についての評価方法についても検討が必要である。

(5) 参考文献

- (1) Falkowski, P.G. (1978) : The regulation of nitrate assimilation in lower plants. "Nitrogen in the Environment" (NIELSEN, D.R. and MACDONALD, J.G. eds.), Vol. 2, 143-155. Academic Press, New York.

参考資料（発表された成果）

- (1) 西垣友和, 八谷光介, 道家章生, 和田洋藏 (2004) : ヤツマタモク, ヨレモクの栄養塩吸収能力, 京都海洋セ研報, No. 26, 21-29.