

砕波帯における海藻群落の早期形成とその利用によるアワビ・サザエ等の生産増大

南西海区水産研究所・資源増殖部
吉川浩二・有馬郷司・内田卓志
共同研究機関：水産工学研究所
調査実施年度：平成2～4年度

[緒言]

日本海南西海域では漁場造成の一貫として海藻群落の造成が図られ、その場合アワビ、サザエ等の餌料源や棲息場となるホンダワラ類よりもむしろ小型雑海藻や石灰藻が繁茂するが例が多く、ホンダワラ群落の早期形成は困難であるばかりでなく、形成された群落も長期的には維持されていない。そこで、小型雑海藻や石灰藻の着生、繁茂に先だってホンダワラ群落を早期に形成させることを目的として、ホンダワラ類の生活史の知見に基づいて藻類着生基質を設置し、ホンダワラ類の着生及び生長を観察した。

また、砕波帯では小礫、転石、岩盤などの基質が複雑に入り混ざり、それら基質の安定度が海藻群落の形成に影響を与えている¹⁾²⁾ので、藻類着生基質の安定度との関連で大型海藻ホンダワラ類群落の効果的な造成及びその管理手法を検討した。

[調査方法]

1. 藻礁及び割石の設置と造成方法

調査海域は日本海に面した山口県阿武郡宇田郷地先（保護水面）の水深4～8mの砕波帯で、ここに1990～1992年の毎年各種藻礁及び割石を投入設置した（図1、2）。設置後藻礁及び割石へホンダワラ類が着生したので2～3カ月毎に観察及び坪刈調査を行ったが、1990、1991年度の場合では20cm×20cmもしくは20cm×25cm枠で坪刈し、得られた藻体は生長や成熟等を観察した。1992年度には藻礁設置数が少ないので、坪刈調査は実施せずに潜水調査時に20cm×20cm枠内の個体数と最大葉体長等を計測した。また、1990、1991年度設置藻礁及び割石に着生したヤツマタモクとオオバノコギリモクの一部に標識を付して生長を追跡した。さらに、海藻付着状況や藻礁及び割石の移動状況等は、いずれの年度とも可能な限り毎調査時に写真やビデオ撮影で記録し、それを基に解析した。

なお、造成群落との比較をするため設置場所周辺の天然群落について50cm×50cm枠の坪刈調査を実施し、得られた海藻は現存量を測定するとともに、ホンダワラ類は種別、個体毎に全長、湿重量及び成熟等を調べた。

各年度の藻礁と割石の設置状況と群落の造成方法を以下に記す。

1) 1990年度

1990年7月27日に、コンクリート製藻礁（1m×1m×0.5m、空中重量約

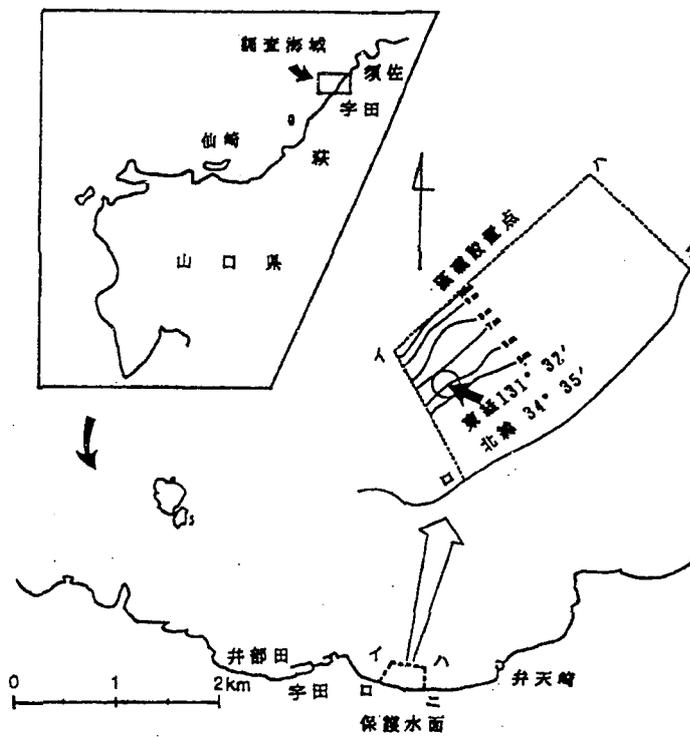


図1 調査海域および設置点

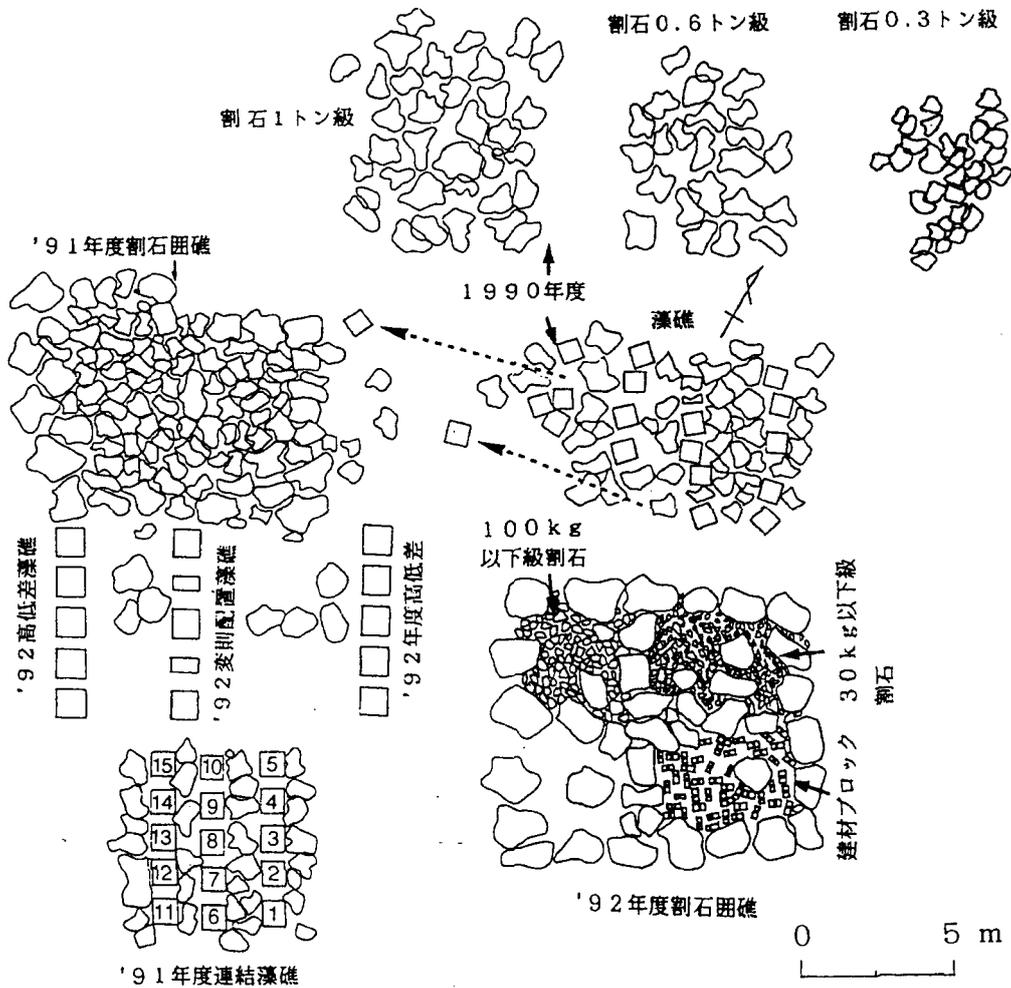


図2 藻礁および割石の設置状況
点線は移動を示す

0.7トン) 20 基と割石 3 種 (重量約 1、0.6、0.3トン) を投入設置し群落造成を試みた (図 3)。群落造成は藻礁、割石ともホンダワラ類幼胚の自然着生に委ねた。

なお、1990年12月にカジメ類群落の造成を図るため藻礁表面の雑海藻及び石灰藻を削除して人為的に新基質面を設け、その周囲に成熟母藻を移植した。

2) 1991年度

1991年6月15日に、前年度台風や時化により基質の安定が悪かった等の理由からH鋼により連結した藻礁3組(15基)と、囲礁³⁾として約2トン級割石を設置し、その内側に大きさの異なる割石2種(約0.6、0.3トン級)を8m×10m内に投入設置した(図2、3)。設置時期は前年度より約6週間早い。群落造成は前年度同様に天然幼胚の着生に委ねたが、これ以外に藻礁設置時にヤツマタモク成熟母藻をみかん袋(市販、網目約2mm)に入れ、藻礁上部へ浮かせる方法によりそれから落下する幼胚の着生を試みた(以下、成熟母藻移植法と称する)。

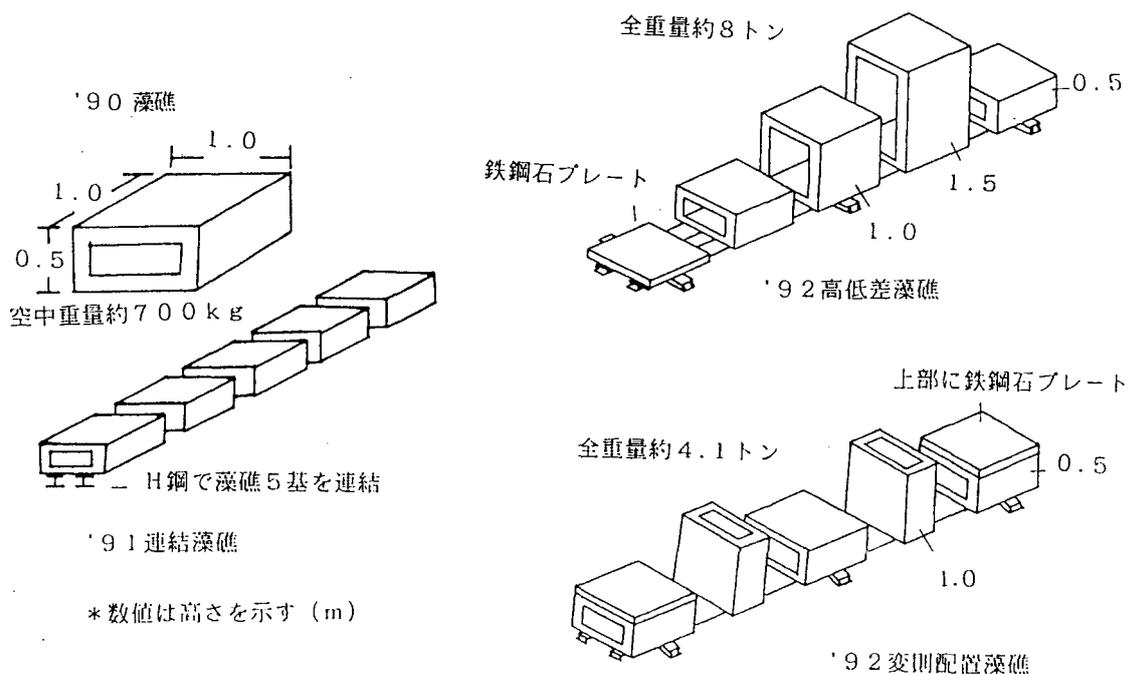


図3 藻礁の形状

3) 1992年度

1992年6月24日に、基質(幼胚着生面)の海底からの高さや配置でホンダワラ類の着生に差異を生じるかどうかをみるためH鋼で連結した高低差藻礁2組(10基)及び変則配置藻礁1組(5基)と、基質の安定度をより高めるため割石囲礁(約10m×10m)を4区に等分割して、そのうちの3区に大きさの異なる割石(各々約0.1と0.03トン級を1m³)を詰めた場合、建材ブロック(20cm×40cm×20cm)200個を詰めた場合における比較をした(図2、3)。群落造成は前年度と同様に天然幼胚の着生に委ねたが、これ以外に藻礁設置時にヤツマタモク及びオオバノコギリモクの成熟母藻を用いて前年度と同様の方法で幼胚の着生を試みた。

2. 蛸集生物量の調査及びアワビ、サザエの放流試験

1) 蛸集生物量の調査

1990、1991年度に設置した藻礁及び割石には両者ともにサザエとそれ以外の小型巻貝類、イトマキヒトデ類、ウニ類等の蛸集が顕著であったので、1991年4月以降調査時毎に蛸集量を測定した。採集は藻礁の場合は全てについて、割石の場合は2トン級4基について行い、蛸集量は藻礁、割石ともに1基当りに換算して比較した。

2) アワビ、サザエの放流試験

1991年4月下旬に本調査海域産サザエ及び瀬戸内海産サザエ（両者とも32個体、殻高約60mm）を用いて標識放流した。また、1993年1月下旬には約1.5才のサザエ人工種苗1,125個体を1992年度囲礁内建材ブロック区と割石0.1トン級区へ放流した。さらには、1992年5月下旬に約1.5才（殻長24~34mm）のアワビ人工種苗158個体を1991年度囲礁内へ放流した。これらは調査時毎に再捕を試みた。

[調査結果]

1. 藻礁及び割石の設置によるホンダワラ類群落の早期形成

1) 1990年度

藻礁及び割石には1990年10月初旬にホンダワラ類（種不明）3種の着生を確認し、12月下旬にはそれらの現存量が藻礁で2,980個体/m²・30.8g/m²、割石で1,900個体/m²・17.2g/m²となり、いずれも初期群落を形成した。しかし、この直後から台風と大時化に遭遇し0.3及び0.6トン級割石の移動や横転が激しく、また、藻礁の一部の移動や崩壊によりホンダワラ類群落はほとんどが消失し、1トン級割石で僅かに残存した。残存したホンダワラ類はオオバノコ

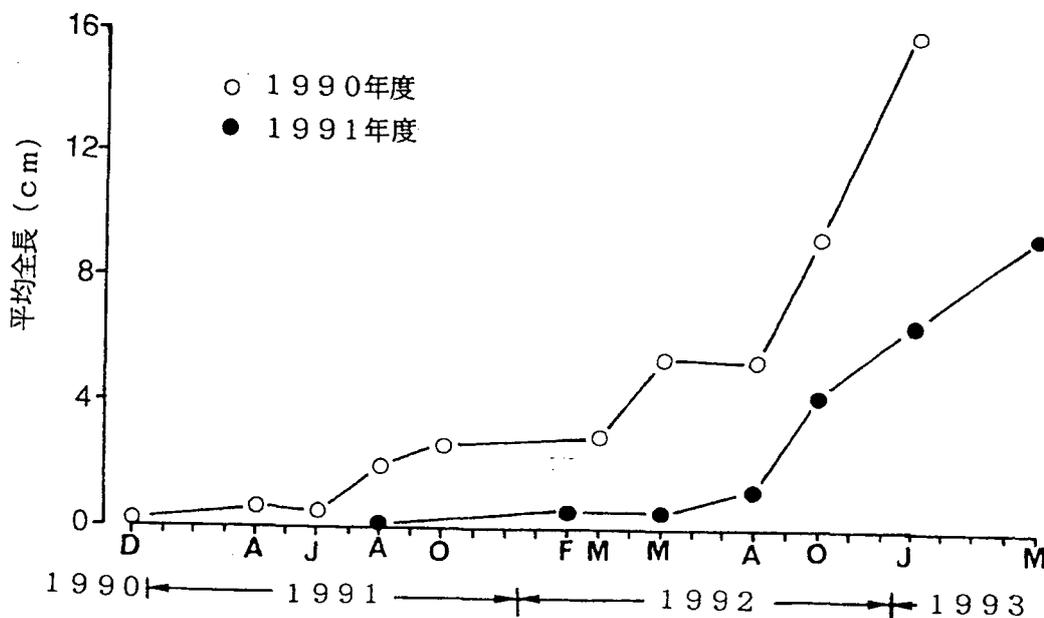


図4 割石に着生したオオバノコギリモクの生長

ギリモクで、緩慢ながらも生長し続け、1993年1月下旬には平均全長16cmと最大となった(図4)。3月下旬以後オオバノコギリモクの着生数の増加がみられた。着生後から1993年5月までの間の現存量は50~2,375個体/m²・22~931g/m²の範囲で推移した。また、1991年10月と1992年3月に標識をしたオオバノコギリモクの生長は1993年3月下旬には、平均主枝長が34.8cm(最大50cm)となり、標識をしていない個体に比べるとかなり良かった(図5)。

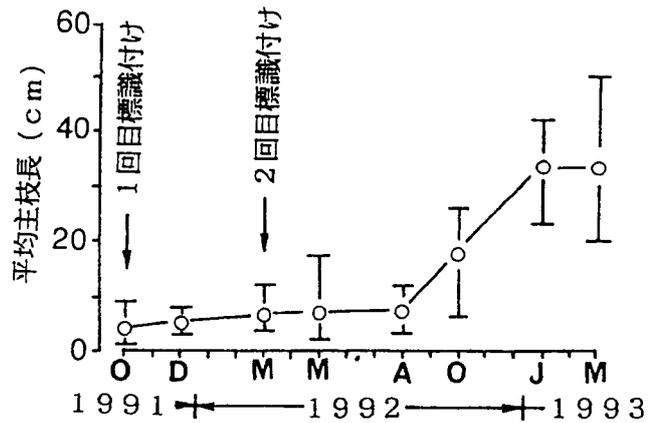


図5 1990年度割石0.6トン級に着生のオオバノコギリモク標識個体の生長

↑は範囲を示す 標識付け追加後は全個体の平均値

なお、標識個体の生残率は約1.5年間で約36%となり、消失が目立つ。

2) 1991年度

連結藻礁には8月下旬にはホンダワラ類の着生が確認され、その種類はヤツマタモクとホンダワラ類2種(後日オオバノコギリモク、オオバモクと判明)で、すでに1cm前後の幼体が多く、生育密度は13,900個体/m²であった。その直後2回の大きな台風による影響で生育密度は急減したものの現存量は藻体の生長により増加した。これ以後から1993年3月までは、特にヤツマタモクの生長にともなってヤツマタモク優占の混成群落を形成しつつある。1991年8月に初期群落を形成してから1993年3月に至る間の現存量は320~1,925個体/m²・0.2~2.8kg/m²の範囲で推移した(図6、7)。

なお、ヤツマタモク成熟母藻移植法を施した付近の藻礁(図2のNo. 11~15)ではヤツマタモクの着生はやや多く、その一部に標識をした個体の生長もかなり順調であった(図8)。

一方、囲礁のうち周辺部の2トン級割石に当初から着生したのはオオバノコギリモクの1種のみで、その着生数は連結藻礁に比べて少なかった。2年目に入るとヤツマタモク、オオバノコギリモク、オオバモクが着生し、群落形成主要種は1993年3月以降オオバノコギリモク、オオバモクに変わりつつある。両種は生長が元来緩慢なため群落の形成速度は遅い(図6、7)。しかしながら両種は葉体が枯れたり流失する藻体も少なく、1993年3月下旬以降急速に伸長し、それにともない群落形成も速まった。1992年2月から1993年5月の間の囲礁周辺部の2トン級割石におけるホンダワラ類の生育密度は975個体/m²から88個体/m²に減少し、現存量は0.1kg/m²から3.6kg/m²に増加した。

3) 1992年度の結果

高低差藻礁及び変則配置藻礁には1992年8月下旬に1cm以下のホンダワラ類幼体の着生が確認され、その種類はヤツマタモク、オオバノコギリモク、オオバモクの3種であった。1993年1月下旬には数cmの幼体となり、その時点でのホンダワラ類の生育密度は高低差藻礁が175~650個体/m²、変則配置藻礁

が200~375個体/m²であった。その後僅かな変化はみられるものの生育密度は比較的安定し、5月下旬現在、前者が550~800個体/m²、後者が525~550個体/m²であった。いずれの種ともほぼ順調に伸長したが、特にヤツタモクの生長が良く、その平均主枝長は高さ0.1m鉄鋼石藻礁で16.7cm、高さ0.5m藻礁で23.0cm、高さ1.0m藻礁で21.8cm、高さ1.5m藻礁で39.8cmとなった。また、生育密度はいずれの藻礁にも550~800個体/m²の着生がみられた。そして、ヤツタモクが全ホンダワラ類の生育密度に占める割合は約50%となった。また、オオバノコギリモクとオオバモクは初期葉の伸長が著しいものの平均全長が5cm以下と小さく、ヤツタモクに比べるとかなり生長が遅い。

これに対して、囲礁周辺部の大きい割石や囲礁内に詰めた小さい割石及び建材ブロック区では小型紅藻類が着生するのみで、ホンダワラ類及びカジメ類の着生は皆無であり、前述の両藻礁の状況とはかなり異なった。

本調査海域内天然藻場におけるホンダワラ類の出現状況は、水深2~3m位までの浅所では6~8種で、水深4~8m位までの深所では3~5種であった。同様にアラメ・カジメ類は水深2~3m位までの浅所では見られないが、4m以上の深所域では出現した。

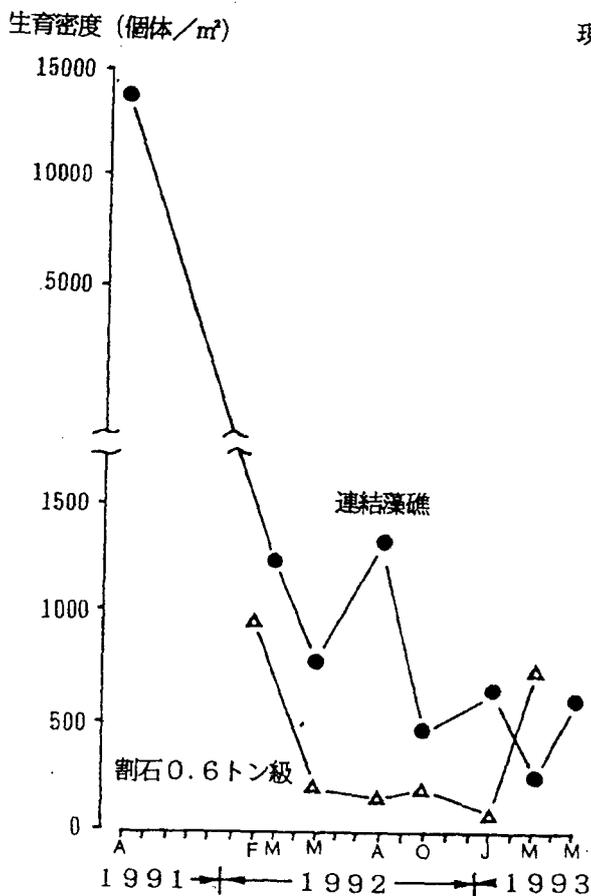


図6 1991年度連結藻礁と割石のホンダワラ類生育密度

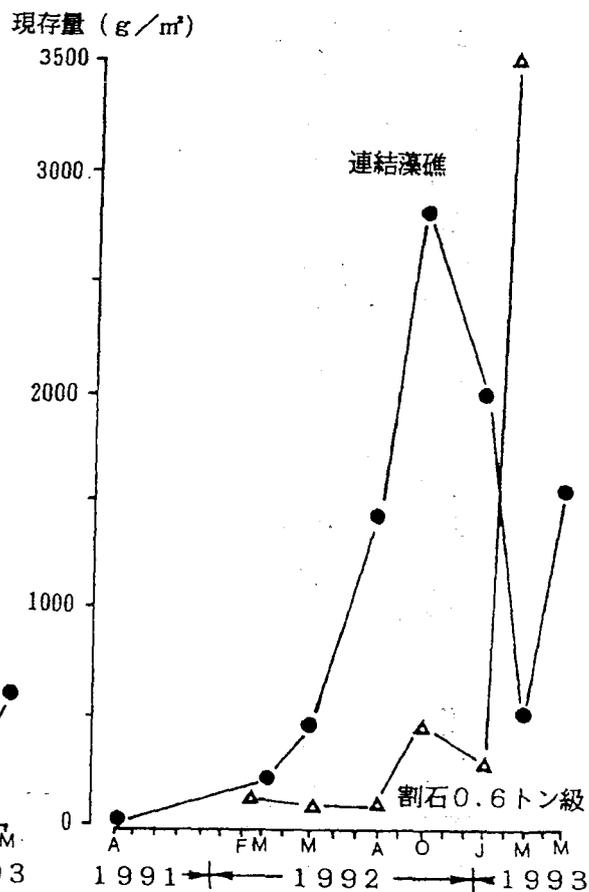


図7 1991年度連結藻礁と割石のホンダワラ類現存量

これに対して、設置藻礁周辺部では水深5～6mで、オオバノコギリモク、オオバモク、ヤツマタモク、フシスジモク、ヨレモク等のホンダワラ類とカジメ類及び小型紅藻類が分布した。ホンダワラ類の現存量は1990年6月から1993年5月までの間に18～120個体/m²・1.3～5.4kg/m²の範囲で推移した。この間群落の主要構成種はオオバノコギリモク、オオバモクとカジメであり、組成の変化はほとんど安定していた。

2. 蛸集生物量の調査及びアワビ・サザエ放流試験の結果

1) 蛸集生物量の調査

1990、1991年度設置藻礁及び割石の両者ともにサザエと、それ以外の小型巻貝、イトマキヒトデ類、ウニ類、ナマコ類等の蛸集が観察された。サザエの蛸集量は藻礁と割石との差があまり無かったが蛸集量としては両者とも1基当り各々2.5個体以上と高い値を示した(図9)。

また、ホンダワラ類の発芽体や幼体に対する食害や葡萄行動による物理的障害をもたらすと考えられる貝類のうちオオコシガンガラ、ヒメクボガイ、ウラウズガイ、レイシガイ4種の蛸集量は、1991年度連結藻礁では調査時の全てで1基当り25個体以下で推移したのに対し、割石では1基当り22～308個体の範囲で推移した(図10)。この蛸集量は両者とも山口県黄波戸の結果⁴⁾に比べると多い。蛸集は藻礁や割石の設置した位置や礁の部位によって異なっていた。

2) アワビ・サザエ放流試験

1991年4月下旬に本調査海域産サザエ及び瀬戸内海産サザエを用いて標識放流したが、標識個体は放流後約2ヵ月を経た6月下旬調査時に放流地点及びそれを中心とした約10mの範囲内では発見出来なかった。また、1993年1月下旬に放流した約1.5才のサザエ種苗は3月下旬調査時には建材ブロック区で1基当り数個発見できたが、5月下旬調査時には全体で数個しか発見できなかった。さらに1992年5月下旬に放流した約1.2才のアワビ種苗は、約3ヵ月を経過した8月中旬に数個発見できたが、その後は全く発見できなかった。

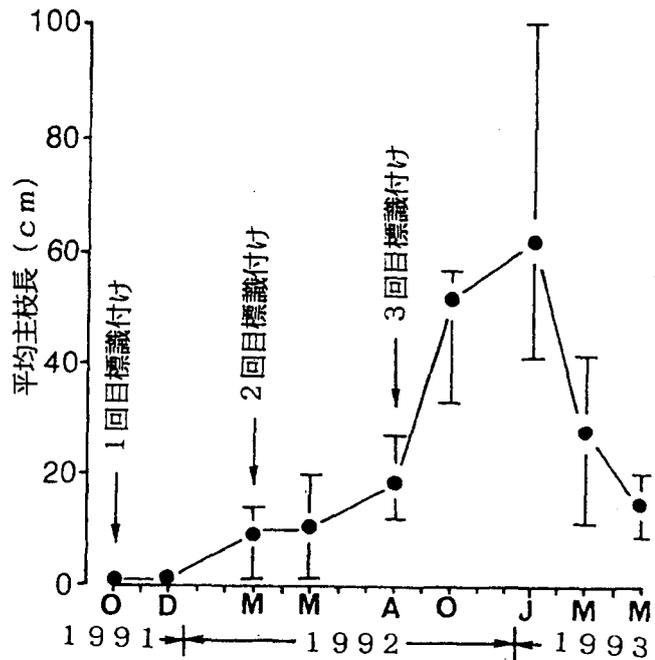


図8 1991年度連結藻礁に着生のヤツマタモク標識個体の生長
 Tは範囲を示す
 標識付け追加後は全個体の平均値

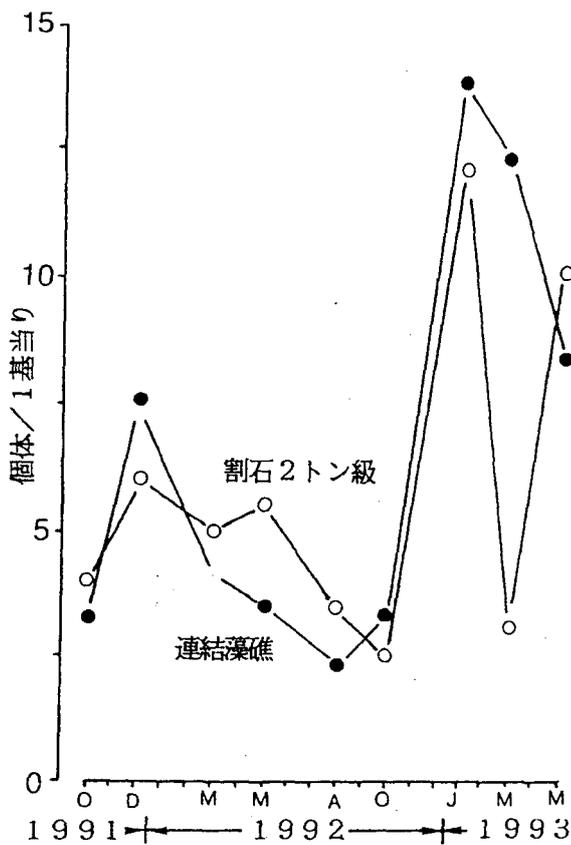


図9 1991年度連結藻礁及び割石に
 蛸集したサザエの個体数

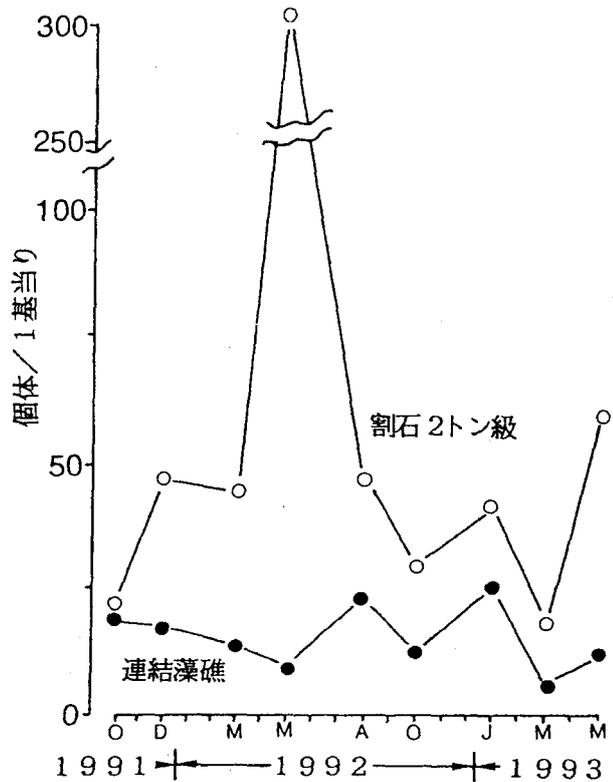


図10 1991年度連結藻礁及び割石に蛸集したオコシガンガラ、ヒメクボガイ、ウラウズガイ、レイシガイの4種の個体数

[考察]

1. ホンダワラ類群落の早期形成について

ヤツタモクの生長は極めて順調で、特に夏期以降の生長が著しく、1993年1月下旬の調査時には一部個体では生殖器床の形成が見られ、3月にはすでに卵を放出していた。従って、生活史的には一応群落は形成されたことになるが、本種は多年生種であるので今後残存茎部からの再生長による群落の再形成が期待出来る。

オオバノコギリモク及びオオバモクの生長は約1.5年間では極めて緩慢であったが、その後藻体の伸長が良く、特に秋期以降かなり生長が速くなった(図4、5)。両種は天然幼胚による着生に委ねたものの着生数が比較的多く、しかも現況では順調な生育を示している。また、両種は秋季成熟型の種類で、着生後に冬季の時化に遭遇し、それに伴う漂砂の巻き上げによる物理的障害を受けつつも生残したことは今秋季以降の生長が期待できる。両種はホンダワラ類の中でも生長がかなり緩慢な多年生種で、元来群落形成には時間を要するとされている。

以上のとおり、現在のところホンダワラ類3種により群落が形成されつつあるが、本海域のような砕波帯や波浪の激しい海域でのホンダワラ類群落形成には少なくとも3~4年を要すると推察される。

次に、ホンダワラ類の着生は1990年度に比べて1991、1992年度の方が早く観察されたが、これは藻礁設置時期を早めたことや、ヤツタモクの成熟母藻移植を試みたこと等が大きな要因と考えられる。特に、藻礁の着生密度は周辺部の天然群落に比べると現時点では数倍近く高い値を示しており母藻移植の効果が如実に表れている。従って、幼胚落下時期と藻礁設置時期を一致させることが群落造成には最も重要であることはいうまでもなく、併せて母藻の種類や移植量及び移植時期等の造成手法を効果的に組み合わせることも必要である。さらには、造成する場所に分布する母藻を追加投入することや、異種母藻を投入（時期を変えて投入）することによっても群落の早期形成も可能であろう。

なお、1990年12月に人為的に新基質面を設けて、その周囲に成熟母藻を移植してカジメ類群落の造成を試みた結果、1991年4月下旬にはカジメ幼体の着生が確認されたが、群落を形成する前に大きな台風に遭遇し、漂砂の巻き上げで藻礁や割石の表面が洗われて葉体は全て消失した。次年度も同様の方法で試みたが僅かに着生したものの群落を形成するまでには至らなかった。このように群落が形成されない主たる要因はカジメ類の成熟時期が秋季であり、その時期が石灰藻の繁茂時期と重なること、そして着生後の群落形成の初期段階で冬季の時化に遭遇したこと等、厳しい環境条件が相乗したためと考えられる。

2. 基質の安定度と海藻群落形成の関連について

1990年度設置藻礁及び割石は投入設置後計4回の台風と、秋~初冬に稀に見る大きな2回の時化により激しい波浪の影響を受けたため、藻礁3基の崩壊と移動、さらには0.3トン及び0.6トン級割石の横転や移動が確認された。特に、0.6トン級の小さい割石の横転や移動は顕著であったが、1トン級割石の横転や移動はなく安定していた。基質の安定性と海藻群落の形成については、谷口ら¹⁾の多年生海藻は安定した底質に分布が限定されるとした報告や、また、上北ら⁵⁾の転石の安定計算の予測の報告があるが、本調査結果は明瞭な安定の良い基質のサイズを明瞭に示した。

そして、本調査期間中に波浪や流れにより巻き上げられる漂砂や小石の量を予備的に計測したところ、台風や大時化の後には極めて多いことが判り、このことが幼胚の着生や着生後の生長の阻害要因であることは容易に推定できる。今野ら²⁾は千葉県小湊の漸深帯では大型海藻の分布が波浪によって著しく異なることや、優占するホンダワラ類の分布帯は波浪の度合が増すにつれ漸深帯上部（浅所）に移行することを指摘したが、本海域でもその傾向が類似した。造成藻礁の高さや形状についても一考する必要があるが、調査継続中の1992年度設置高低差藻礁及び変則配置藻礁の調査結果を待たねばならないが、藻礁や割石の頂部の海底からの高さが0.5ないし1.0 m以上であることが望ましい。さらには、漂砂の流入防止（経路の変更）や堆積を排除することや、着生した幼胚を初期段階で一時的に保護すること等が重要なポイントと考えられる。

3. 群落形成と蛸集生物との関連について

蛸集した生物のうちサザエはホンダワラ類の増大とともに増える傾向がみられる。また、4種の巻貝類はホンダワラ類群落の形成には関係なく蛸集したが、このことは単に空間へ集まったのか、基質面に餌料源として何かが供給されているためなのかは明らかではないので、単純に藻礁と割石の蛸集量の多寡だけで基質の良悪を比較することはできない。藻礁の形状が中空であることや、それにより表面積が広いこと等が棲息場や隠れ場としての機能を有しているのかもしれない。これらの蛸集量が時期によって多いのは貝類が産卵する場合の摂餌活動を伴わないいわゆる蛸集行動とみなすべきで、この蛸集が群落の形成阻害要因とは考えにくい。とはいえ、このように砕波帯で群落が形成される過程でサザエ・アワビ・ウニ・ナマコ等の有用水産生物が蛸集したことは、少なくともこれら動物の棲息場が拡大され、餌料の補給に役立っているものと考えられる。今後造成群落内でこれら動物群の生活様式がどの様になっているのか、つまりホンダワラ類の発芽体や幼体に対する食害との関連に注目しなければならぬが、このことは高低差別や変則配置別藻礁における蛸集量調査結果と併せて検討を加えたい。

なお、1991年4月下旬に囲礁中央部へ放流したサザエ（本調査海域産及び瀬戸内海産）は放流後約2ヵ月を経た調査時点では放流地点及びそれを中心とした約10mの範囲内では発見出来なかった。また、同場所で1992年1月下旬にアワビ種苗を放流したが、放流後約3ヵ月を経過した8月中旬に十数個発見するにとどまった。設置藻礁及び割石の裏面や小穴部内の詳細な調査を行って標識個体が逸散したのか、あるいは死亡等により減耗したのかを明らかにする必要がある。今までのところ藻礁周辺部で死殻が見られていないことや、天然サザエ、アワビが藻礁や割石へ逆に蛸集している状況等から推測すると逸散したと考える方が妥当であろう。

[まとめ]

日本海に面した山口県阿武郡宇田郷地先（保護水面）の水深4～8mの砕波帯に1990～1992年の毎年各種藻礁及び割石を投入設置し、大型海藻ホンダワラ類群落の造成を図った。本調査研究では天然幼胚の着生と成熟母藻移植法によりホンダワラ類群落形成を図るとともに、設置した基質の安定度との関連に重点をおき群落形成の可否について検討した結果、以下のことが判った。

1 ホンダワラ類の着生は1990年度に比べて1991、1992年度の方が早く観察されたが、これは藻礁設置時期を1ヵ月早くしたことや、ヤツマタモクの成熟母藻移植を試みたことが主要因と考えられる。

2 1990年度設置藻礁及び割石は台風と秋～初冬の時化により波浪の影響を強く受けたため、藻礁や0.6トン級以下の割石で崩壊、横転、移動が顕著であったが、1トン級の割石では横転や移動がなく安定していた。一方、1991及び1992年度設置のH鋼により安定度を高めた連結藻礁、高低差藻礁、変則配置藻礁及び2トン級の大型の割石を用いた囲礁とその内部の小型の割石、建材ブロックは大時化や大きな台風に遭遇したにもかかわらずほとんど移動がなく安定していた。

3 連結藻礁や高低差藻礁、変則配置藻礁及び2トン級割石にはホンダワラ類が多量に着生し、それらの生長は順調で、群落形成速度も早い。群落形成主要種となったヤツマタモクは、その成熟母藻移植法を施した付近の藻礁では特に顕著に表れた。

4 以上のとおり、砕波帯や波浪の影響を強く受ける場所でホンダワラ類群落の形成を図るには、藻礁や割石を用いる場合1トン級以上の基質であれば安定度の点では充分で、また、藻礁を連結したり大きな割石で囲むことは極めて有効な手法であることが判った。さらに、藻礁の設置時期と幼胚の落下時期を一致させることが群落造成には最も重要であることと、併せて成熟母藻移植法を効果的に組み合わせる等により早期の群落形成が可能であると考えられた。

[今後の問題点]

藻礁及び割石における群落の形成過程を追跡し、基質の安定度との関係を明らかにしたが、造成藻場を恒常的に維持するためには群落の再形成に必要な成熟母藻の確保、幼胚の安定的供給等の生物学的な技術手法を開発する必要がある。また、本調査海域の流れや漂砂の流入が群落形成に及ぼす影響は大きいと予想されるのでその経路及び堆積量の中・長期的にわたり連続観測することが重要と考えられる。さらには、藻礁や割石に着生した石灰藻が群落形成に及ぼす影響についての関連調査や、アワビ、サザエ等の蛸集状況調査を継続実施して群落内における植物群と動物群との依存関係についても明らかにする必要がある。

[文献]

- 1) 谷口和也・大久保久直, 1975: 佐渡南東岸における漸深帯海藻群落. 日水研報告, 26, 57~66.
- 2) 今野敏徳・泉伸一・竹内慎太郎, 1985: 漸深帯大型海藻の帯状分布に及ぼす波浪の影響. 東京水産大学研報, 72, 85~97.
- 3) 伊藤輝昭・深川敦平, 1991: 放流試験による石材の大きさと磯動物のすみつきの関係について. 日本水産工学会講演論文集, 17~18.
- 4) 由良野範義・角田信孝・他3名, 1989: 放流漁場高度利用技術開発事業(あわび・うに類). 昭和63年放流技術開発事業報告書, 水産庁, 1~13.
- 5) 上北征男・明田定満, 1985: 砕波帯における転石の安定に関する実験的研究. 水産土木, 6, 141~149.