

# 自己再生海藻礁の海藻群落形成効果 に関する研究

東北区水産研究所海区水産業研究部資源培養研究室  
關哲夫・村岡大祐

東京水産大学海洋漁場学講座

荒川久幸

福島県水産課

松本忠俊

福島県水産試験場

佐藤仙太・佐藤美智男・佐藤太津真

東北大学大学院農学研究科

谷口和也

調査年度 平成7年～平成10年

## まえがき

東北地方の太平洋沿岸では、岩手県南部から常磐沿岸にかけての潮間帯下部から水深6～8mまでの潮下帯岩礁海底に大型多年生褐藻のアラメ群落は優占して海中林を形成している。海中林の生産力は極めて高く<sup>1-4)</sup>、豊かな水産資源の生産をもたらす沿岸生態系の中核となっている<sup>5)</sup>。しかし、海中林は常に安定して維持されているわけではなく、海況の変動などによって群落の分布範囲が縮小し深所のサンゴモ群落が拡大してこれが持続する磯焼けが発生すると、水産生物の漁獲が激減してしまう。このため、マコンブ群落の定着<sup>6, 7)</sup>や、海域の生産力を飛躍的に向上させる海中林の造成と定着をねらいとした海藻礁の設置が各地で行われてきた<sup>8-12)</sup>。しかし、海域によっては基質の設置後2～3年後には海藻群落は消失<sup>13)</sup>、しばしば固着動物など目的外生物が着生して海中林の形成が妨害される事例も認められる。

アラメ海中林が安定して維持されている福島県いわき市沿岸においては、海底の基質が新生代第三紀前半起源の泥岩で構成されており、その表面が徐々に崩壊することによって目的外生物が排除されるため、アラメ海中林が海況条件の大きな変動がない限り持続すると考えられている。このため、該地では海中林の造成に際して海底の基質と同様な一定の崩壊速度をもった海藻礁の開発が期待されている。

本研究は、コンクリートブロックに新生代第三紀前半起源の泥岩と同様な機能を付与した海藻礁を制作して海底に設置し、通常海藻礁と海藻群落形成効果を比較調査することによって、永続的な海中林の形成が可能となる自己再生海藻礁の設計基準を得ることを目的とするものである。

## 調査方法

### 1. 海底の地質年代による損壊度と損壊速度

千葉県房総半島沿岸で、アラメ、カジメ海中林が形成されている 1) 新生代第三紀中新世の泥岩(安房層群-天津層), 2) 同中新世の泥岩(安房層群-西崎層), 3) 同鮮新世の凝灰岩(富岡亜層-鏡ヶ浦層), ならびに 4) 海中林が形成されていない新生代第四紀洪積世の礫岩(鶴舞亜層-長沢層)を採集した(表1)。採集した岩石から直径5cm, 高さ3cmの円柱に切り出した試料を蒸留水に浸漬し, 岩石内の含水状態を一定にした。その後, 超音波水槽(38kHz, 300w)内で15分, 30分, 1時間, 3時間, 6時間, 12時間, 24時間後に試料を取り出し, 脱落した石片の重量を測定した。脱落石片重量から損壊度と損壊速度を次式により算出した。

損壊度(%) = 脱落石片重量(g) / 実験開始時の重量(g) × 100

損壊速度(g/h) = 24時間後の試料重量(g) - 12時間後の試料重量(g) / (24 - 12)h

ただし, 重量はすべて乾燥重量である。試料の圧縮強度は, 採集した岩石から直径5cm, 高さ10cmの円柱を得て万能試験機(島津製作所, AG-1000E)で測定した。

表1. 千葉県房総半島で採集した地質年代の異なる海底岩石

番号	略号	岩石名	地質年代	地層	アラメ・カジメ
1	Am	泥岩	第三期中新世	安房層群, 天津層	海中林形成
2	Ns	泥岩	第三期中新世	安房層群, 西崎層	同上
3	Kg	凝灰岩	第三期中新世	富岡亜層, 鏡ヶ浦層	同上
4	Ng	礫岩	第四期洪積世	鶴舞亜層, 長沢層	海中林なし

### 2. 海底の地質年代による基質の圧縮強度および損壊度とアラメの付着強度

1997年6月に神奈川県三浦半島沿岸で, アラメ, カジメ群落が海中林を形成している 1) 新生代第三紀鮮新世から中新世の火砕質砂岩・砂岩泥岩互層(三崎層-三浦層群), 2) 同年代の火砕質砂岩(初音層-三浦層群), 3) 同年代の砂岩泥岩互層(逗子層-三浦層群), 4) 同年代の基質礫岩(池子層), および 5) 群落の見られない新生代第四紀更新世の砂・泥(宮田層)を採集した(表2)。採集した岩石から直径5.7cm, 高さ10cmに切り出した試料の圧縮強度を万能試験機(島津製作所AG-1000E)で測定した。損壊度は岩石の表面の壊れ易さの指標として用い, 24時間の超音波(250w, 38kHz)処理によって試料の表面から損壊する粒子の総量から求めた。超音波洗浄機内に岩石試料と蒸留水を入れた500mlビーカーを設置し, 超音波処理後にビーカー内の水と残滓をフィルター(ミリポアHA, 孔径0.45μm)で濾過し, 乾燥後秤量

した。

アラメの付着強度は潜水により海底で測定した。50kgのバネ秤を用いて1)~3)の地質上とコンクリート上それぞれ1m<sup>2</sup>に生育するアラメの付着強度を測定した。付着強度はバネ秤にシリコンチューブで覆ったワイヤーを取り付け、着生基質に対して45°の角度で牽引し引き抜きに要した最大値が記録されるようインシュロックを巻いて測定した。

表2. 神奈川県三浦半島で採集した地質年代の異なる海底岩石

番号	略号	岩石名	地質年代	地層	アラメ・カジメ
1	My	砂・泥	第四期更新世	宮田層	群落なし
2	Ik	基質礫岩	第三期鮮新世~中新世	池子層	海中林形成
3	Zs	砂岩泥岩互層	第三期鮮新世~中新世 三浦層群	返子層	海中林形成
4	Hs	火砕質砂岩	第三期鮮新世~中新世 三浦層群	初音層	海中林形成
5	Ms	火砕質砂岩/ 砂岩泥岩互層	第三期鮮新世~中新世 三浦層群	三崎層	海中林形成

### 3. 海藻礁上の海藻植生調査

1996年7月、福島県いわき市小浜において、表3に示す割合でセメントの含有比を変えたモルタルを配合し、圧縮強度200kgf(対照礁)、100kgf(実験礁Ⅰ)、75kgf(実験礁Ⅱ)、50kgf(実験礁Ⅲ)の海藻礁(2×2×0.6m)を各2基制作した。

対照礁および実験礁の圧縮強度は、目標とした200, 100, 75, 50 kgfに対し、それぞれ174.1, 103.1, 71.3, 57.6 kgfであった。

表3. 実験海藻礁のモルタル配合比と圧縮強度

種類	水 kg/m <sup>3</sup>	セメント kg/m <sup>3</sup>	細骨材 kg/m <sup>3</sup>	セメント 含有比%	圧縮強度 kgf
実験礁Ⅰ	432	245	1225	20	57.6
実験礁Ⅱ	425	300	1200	25	71.3
実験礁Ⅲ	423	350	1166	30	103.1
対象礁		(21-8-40)	BB	(60)	174.1

セメント：普通ポルトランドセメント(秩父小野田セメント)

細骨材：150μm(絶乾)

混和剤：高性能減水剤SP8N(ポゾリス)

これらの海藻礁を小浜沿岸に設置し(図1)、同年8月に表面をスクレーパーで削

って裸地を与えた。調査は、1998年5月、7月、12月に実施した。5月と7月には実験礁当たり50×50cm方形枠を8枠置いてBraun-Branquetの被度階級<sup>14)</sup>を用いて種毎の被度を測定した。ただし、実験礁Ⅲは、1996年に海底の凹部に横転したため4枠で測定した。これら2回の観察では海藻が繁茂して正確な被度を判定することが困難であったので、12月には各実験礁から1×1mの方形枠を設置して坪刈りし、種毎の湿重量を測定した。また、アラメについては分枝長の測定も行った。得られた重量を、谷口<sup>15)</sup>にもとづき小型1年生海藻、小型多年生海藻、大型1年生海藻、大型多年生海藻の4生活形に分類して比較した。

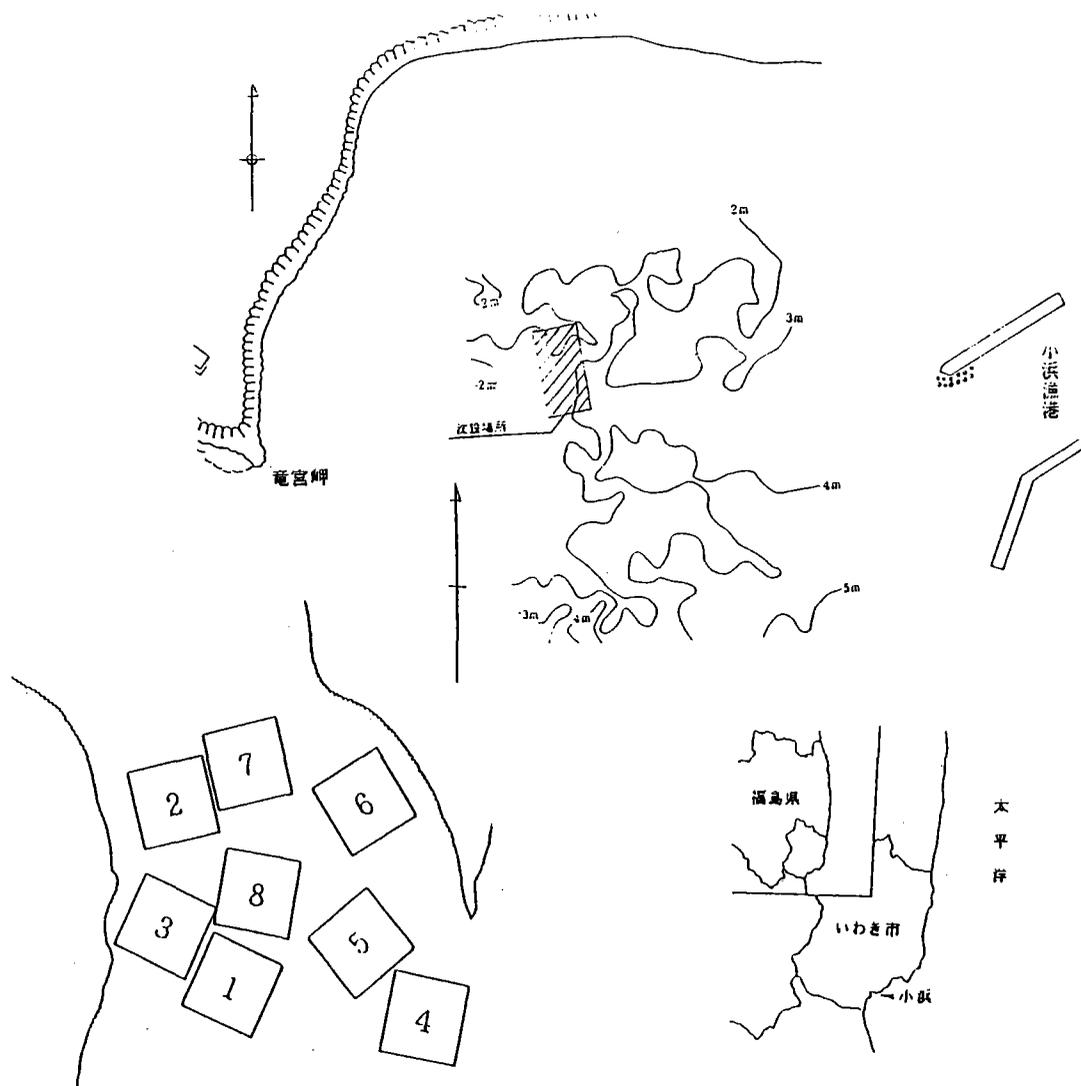


図1. 海藻礁設置漁場ならびに配置

## 調査結果

### 1. 海底の地質年代による損壊度と損壊速度

千葉県房総半島で採集した4種岩石の損壊度と損壊速度を表4に示した。損壊度は地質年代が最も古い新生代第三紀鮮新世の凝灰岩が最も低く、最も新しい第四紀洪積世の礫岩が最も高かった。海中林が形成されている第三紀起源の3種岩石の損壊度は2%以下であり、海中林が形成されない礫岩の損壊度は約10%と著しく高かった。また、損壊速度は地質年代が最も古い凝灰岩よりも、新しい安房層群—西崎層の泥岩の方が最も遅かった。礫岩では、第三紀前半起源の岩石と比べて14~200倍の損壊速度を示した。これらのことから、海中林が形成は基質の地質年代に依存しており、新生代第三紀前半以前の強度が必要であることが明らかである。

表4.異なる地質年代の岩石の損壊度と損壊速度

	A m	N s	K g	N g
損壊度(%)	1.72	1.07	0.88	9.65
損壊速度(g/h)	0.034	0.001	0.020	0.250

Am, 泥岩(第三紀中新世); Ns, 泥岩(第三紀中新世); Kg, 凝灰岩(第三紀鮮新世); Ng, 礫岩(第四紀洪積世)

### 2. 海底の地質年代による基質の圧縮強度とアラメの付着強度

実験に用いた海藻礁と、三浦半島においてアラメ・カジメ群落が海中林をなす海底から地質年代の異なる岩石を採集して測定した圧縮強度を図2に示した。また、地質の異なる海底に生育するアラメの付着強度を図3に示した。

三浦半島のアラメ・カジメ群落が海中林をなしている新生代第三紀鮮新世から中新世の岩石圧縮強度は、初音層、逗子層、池子層、三崎層がそれぞれ、148.8, 86.2, 74.8, 73.0 kgf であり、群落の見られない新生代第四紀更新世の岩石(宮田層)は36.6 kgf であった。また、基質の損壊度は、群落の生育が見られた三崎層、逗子層および初音層でそれぞれ、1.08, 0.87, 0.50%であった。対照として作成したコンクリートブロックの損壊度は0.1%であるのに対し、群落の形成が見られない宮田層では1.23%であった。これらより、アラメ・カジメの群落が形成する基質の圧縮強度は73.0~148.8kgfの範囲であり、損壊度は0.50~1.08%の範囲であることが明らかである。

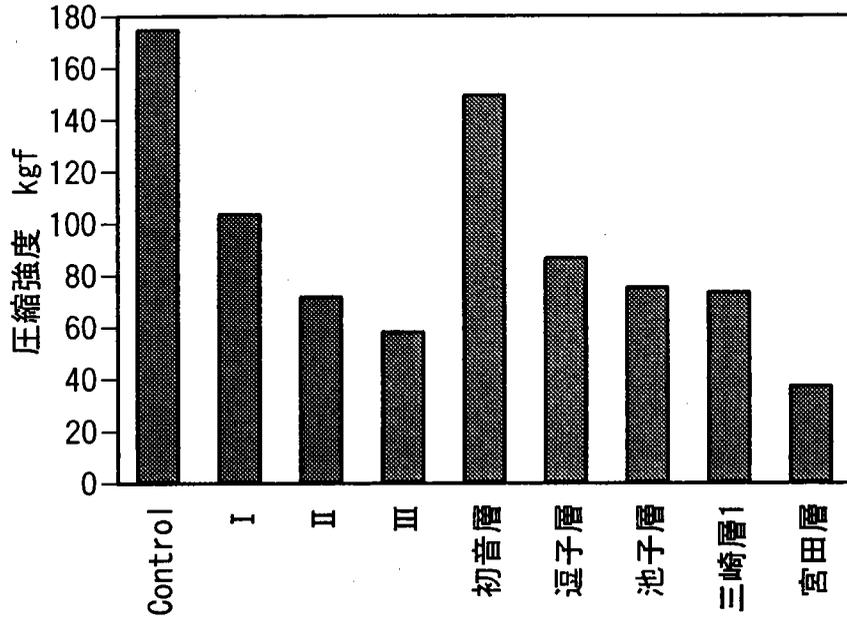


図2. 実験礁および三浦半島における地質の圧縮強度

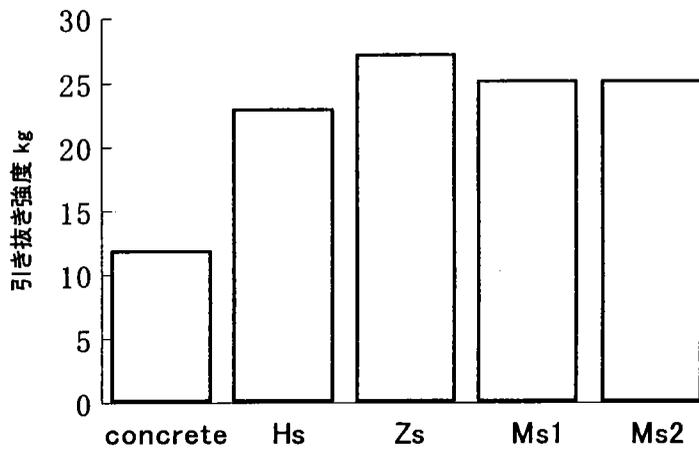


図3. 三浦半島におけるアラムの付着強度

### 3. 福島県いわき市小浜に設置した海藻礁上の海藻植生調査

#### (1) 設置してから3ヶ月後の海藻入植状況

海底に設置した海藻礁上に3ヶ月後に入植した海藻は、緑藻1種、褐藻4種、紅藻11種の合計16種であった(表5)。これらを生活形に分類すると殻状海藻1種、小型1年生海藻7種、小型多年生海藻6種、大型1年生海藻1種、大型多年生海藻1種である。

表5. 1996年8月に福島県いわき市小浜沿岸に設置した海藻礁に3ヶ月後に入植した海藻

緑藻	アナアオサ (SA)	タンバノリ (SP)
		フダラク (SP)
褐藻	コモングサ (SP)	ベニスナゴ (SA)
	セイヨウハバノリ (SA)	ツノマタ (SP)
	アラメ (LP)	オオバツノマタ (SP)
	アカモク (LA)	イソハギ (SA)
紅藻	無節サンゴモ (CC)	イトグサの一種 (SA)
	ツルツル (SA)	スジウスバノリ (SA)
		イソムラサキ (SP)

SA, 小型1年生海藻; SP, 小型多年生海藻; LA, 大型1年生海藻;  
LP, 大型多年生海藻; CC, 殻状海藻.

3ヶ月後までに海藻礁上に入植した海藻の生活形群別の被度組成を図4に示した。いずれの実験礁においても、殻状海藻と小型多年生海藻とで組成の大部分を占め、対照礁と比べて差が認められず、遷移の途中相前期から途中相後期へと移行する過程であった。この段階では、圧縮強度による海藻植生の相違は認められない。

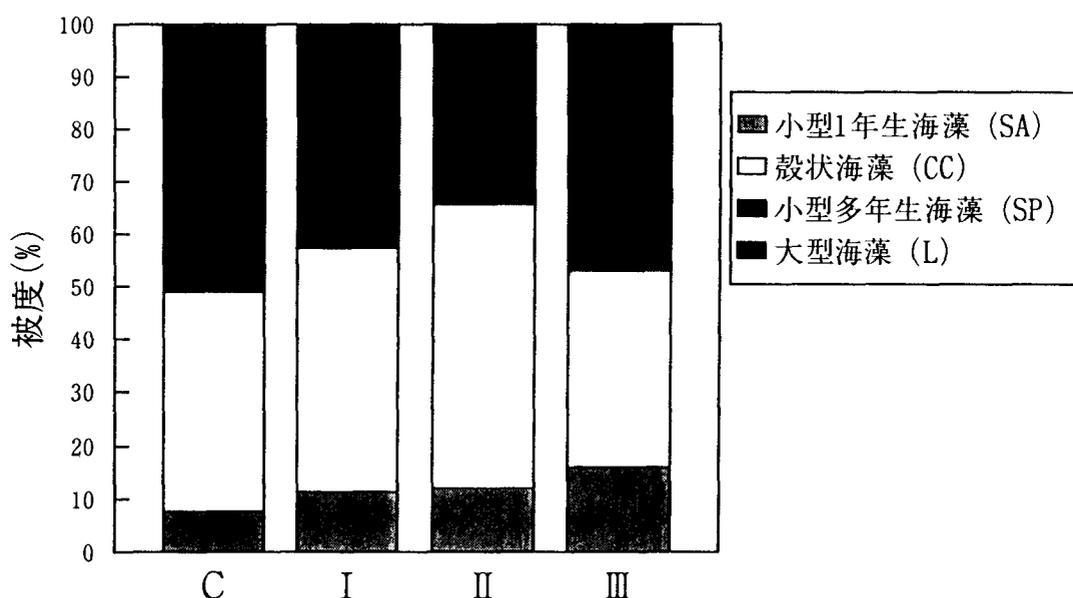


図4. 裸地化4ヶ月後に福島県いわき市小浜沿岸に設置した海藻礁に入植した海藻の生活形群別被度の組成。

C, 対照礁; I, 実験礁 I 100kgf; II, 実験礁 II 75kgf; III, 実験礁 III 50kgf

(2) 設置してから1年5ヶ月後および2年5ヶ月後の海藻入植状況

1997年と1998年12月の実験礁上1 m<sup>2</sup>に生育する海藻の生活群別重量組成を図5に示した。また、1998年12月のアラメの分枝長に基づき年齢を求め<sup>5)</sup>、年齢毎の個体数組成を図6に示した。

1997年12月の生活形群別重量組成は、実験礁I、IIでアラメがほぼ1kg/m<sup>2</sup>であったが、対照礁では0.3kg/m<sup>2</sup>、実験礁IIではわずかに0.15kg/m<sup>2</sup>であった。また、実験礁IIおよびIIIには0.4~0.8kg/m<sup>2</sup>の小型多年生海藻が認められた。1998年12月では、全体にアラメの重量が増加して大部分を占め、実験礁IIでは11.89kg/m<sup>2</sup>に達した。次いで実験礁Iおよび対照礁でそれぞれ6.78kg/m<sup>2</sup>、5.08kg/m<sup>2</sup>であり、実験礁IIIではわずかに2.33kg/m<sup>2</sup>の生育にとどまった。アラメの現存量は、調査期間を通じて実験礁IIで他の礁より高かった。

1998年12月の海藻礁上に入植したアラメの年齢組成は大きく分けると、分枝のない当歳以下の群と、ほぼ1歳の群、および1.5歳以上の群が認められた(図6)。実験礁IIではこれらの年齢群がすべてにわたって他よりも多く生育しているのに対し、他の礁では高齢のアラメが少なかった。圧縮強度と反比例して高齢個体の生育密度が高くなり、圧縮強度75kgf以下では生育密度が低下した。

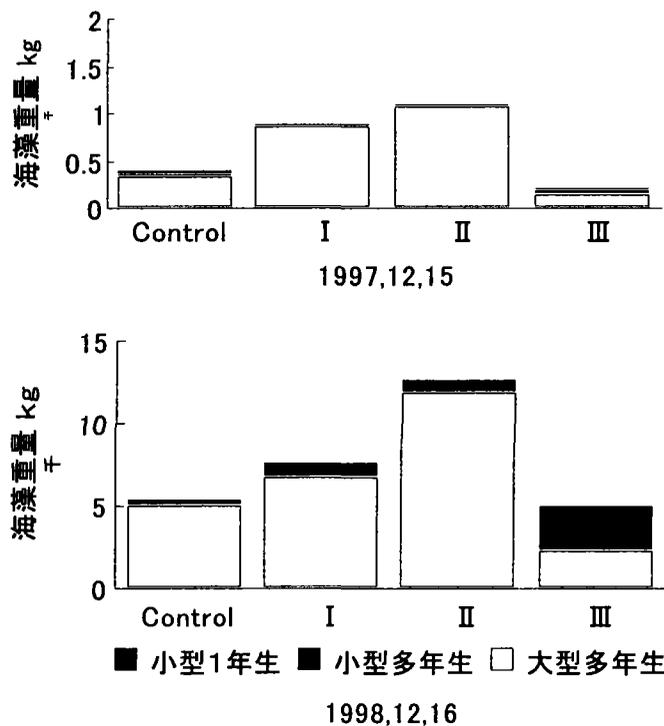


図5 実験礁上に入植した生活形群別海藻重量組成

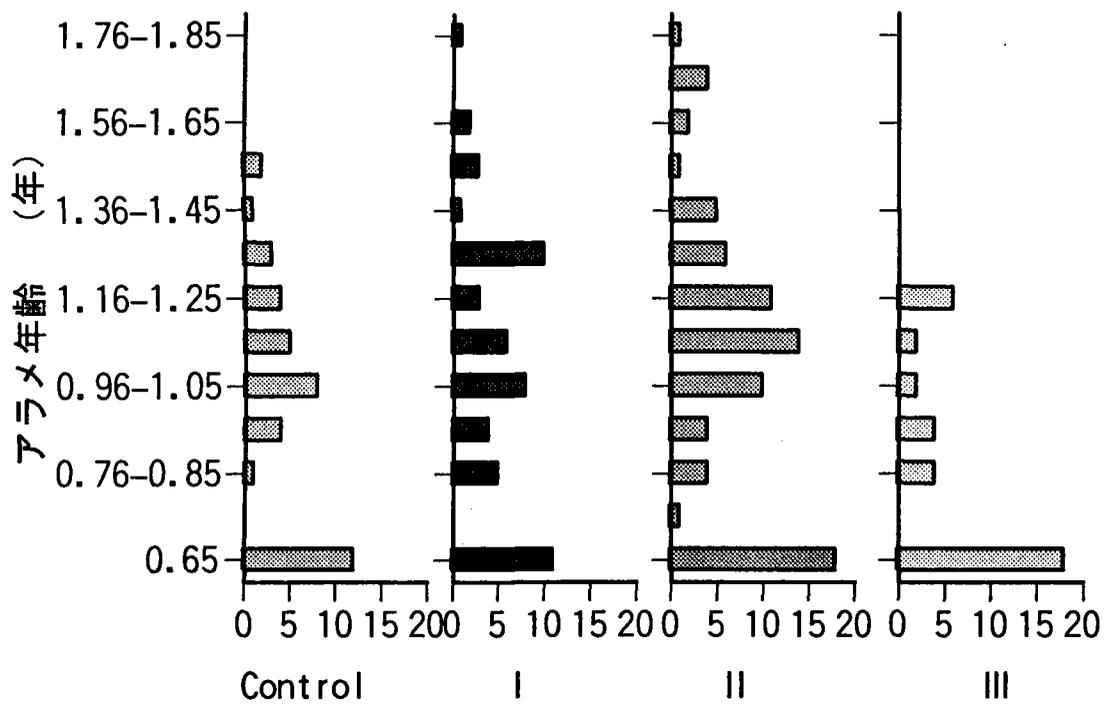


図6. 海藻礁上に入植したアラメの年齢組成

### 考 察

房総半島および三浦半島で行った調査によって、アラメ・カジメ群落が入植して海中林を形成している海底基盤の損壊度および圧縮強度はそれぞれ0.50~1.08%および73.0~148.8kgfの範囲であり、圧縮強度を変えて制作した海藻礁を福島県いわき市小浜に設置した調査でも、他の海藻礁よりアラメの現存量が多くなったのは圧縮強度が71.3 kgfの実験礁Ⅱにおいてであった。このことにより、通常のコンクリートブロックで得られる170~200kgfより低い圧縮強度とすることにより、アラメの群落形成を促すことができると考えられる。しかし、圧縮強度をさらに低い57.6 kgfとした実験礁Ⅲの場合には、1.3歳以上のアラメ個体が脱離していることが明らかである。この場合、アラメの体の生長に伴って流れの抵抗が増し、基質表面が仮根部の付着を支えられず剥離したものと考えられる。また、高い圧縮強度(174.1kgf)の対照礁でも成長に伴って高齢個体が脱離し、1.6歳以上の個体は生育していなかったため、圧縮強度増加に伴う表面の物理的な性状の変化が存在し、アラメの付着強度が低下する要因となっていることが示唆される。基質の圧縮強度が200kgfから75kgfに低下する間に高齢個体の付着強度が増加し、75kgf以下では低下する機構の原因は今のところ明らかでない。

三浦半島のアラメ群落で行った付着強度の測定結果では、コンクリート上に生育するアラメの付着力が12.0kgであったのに対し、新生代第三期の基質上に生育する各地のアラメでは2倍以上の付着強度を示し、23.1~27.4kgとなった。海底基質の表面性状の差が関与していることも考えられるが、骨材粒径をかえて製作した海藻

礁を用いて、圧縮強度の影響を50~200kgfの範囲で調査した例<sup>16)</sup>でも、通常のコンクリートの半分の圧縮強度(100 kgf)で大型多年生海藻の被度が最も高くなることが明らかにされているので、圧縮強度を通常のコンクリートより低下させ、75~100kgf程度とした海藻礁が群落の形成に有効であると考えられる。

### 摘要

1. 房総半島および三浦半島でアラメ群落が生育する海底基質の損壊速度と圧縮強度から、アラメの海中林形成には基質の地質年代が重要であり、新生代第三紀前半以前の強度が必要であることを明らかにした。
2. 福島県いわき市小浜に設置した実験礁Ⅱにおいて他の海藻礁よりアラメの現存量が多くなった71.3 kgfから実験礁Ⅲの103.1kgfの範囲が群落形成に最も効果があると判定された。
3. 高齢個体のアラメは高い圧縮強度の海藻礁では成長に伴って脱離し、基質の圧縮強度が200kgfから75kgfに低下する間に付着強度が増加する。この機構の原因は今のところ明らかでない。

### 引用文献

- 1) 吉田忠生, 1979: アラメの物質生産に関する2・3の知見, 東北水研研報, 30, 107-112
- 2) 有賀祐勝, 1974: 資源としての海藻, 遺伝, 28, 49-54
- 3) 谷口和也・山田悦正, 1978: 能登飯田湾の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態, 日水研研報, 29, 239-253
- 4) Yokohama Y., Tanaka J. and Chihara M., 1987: Productivity of the *Ecklonia cava* community in a bay of Izu peninsula on the Pacific coast of Japan, *Bot. Mag.*, 100, 129-141
- 5) 谷口和也・小島博・蔵多一哉・白石一成・大森迪夫・萩野静也・浮永久・浅野昌充, 1989: 海中造林による魚介類・藻類の資源増大をめざして, 海洋牧場, (農林水産技術会議事務局編), 恒星社厚生閣, 東京, 275-358
- 6) 船野隆, 1981: 噴火湾沿岸伊達市におけるマコンブの生態およびコンクリートブロック, 割石によるコンブ礁造成, 第2報, 北水試報告, 23, 9-52
- 7) 川嶋昭二, 1983: コンブ海中林の造成, 水産の研究, 2(4), 101-105
- 8) 菊地省吾・浮永久・秋山和夫・鬼頭鈞・菅野尚・佐藤重勝・桜井喜十郎・鈴木博, 1979: 浅海域における増養殖場の開発に関する総合研究, 農林水産技術会議事務局研究成果, 116, 129-189
- 9) 中久喜昭, 1981: 藻場・海中林の造成—アラメ・カジメ場, 水産学シリーズ 38, (日本水産学会編), 恒星社厚生閣, 東京, 116-129

- 10) 四井敏雄・前迫信彦, 1993: 対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復実験, 水産増殖, 41(1), 67-70
- 11) Taniguchi K., 1991: Marine afforestation of *Eisenia bicyclis* (Laminariaceae; Phaeophyta)., *NOAA Technical Report NMFS*, 102, 47-57
- 12) 横濱康継, 1996: アワビの住む森を育てる, 日本の海は今, 漁協, 62, 33-42
- 13) 大野正夫・笠原均・井本善次, 1983: 土佐湾産カジメ類の生理生態学的研究, 高知大海洋生物研報, 5, 65-75
- 14) Braun-Branquet J., 1964: 植物社会学 I(鈴木時夫訳). 朝倉書店, 東京, 359.
- 15) 谷口和也, 1996: 牡鹿半島沿岸における漸深帯海藻群落の一次遷移. 日水誌, 62, 765-771
- 16) 谷口和也・山根英人, 1998: 表面形状の異なるコンクリートブロック上の漸深帯海藻群落の遷移. 日本水産学会秋季大会講演要旨集, p53.