

大型海藻アラメ・カジメ類の生育制限要因に関する現地調査

(財)電力中央研究所 寺脇利信

1. ま え が き

現在、わが国ではウォーターフロントやリゾートなどの海洋開発において、「快適な環境」への社会的ニーズが重視され、かつ、地域の活性化を目指した開発が各地で進められている。このため、今後の臨海発電所の立地に際しては、その地域の水産業の振興ならびにレジャーなどの海域利用との調和を図り、これまで以上に、地域の発展に配慮した、豊かで快適な、新しい海域環境づくりを進めることが望まれている。

新しい海域環境の創造の中では、水産資源保護による漁業振興とアメニティー確保によるレジャー産業振興との両面に寄与する藻場造成技術が、特に重視されている。ここでは、藻場として、大型多年生海藻類のアマモ、アラメ・カジメ類およびホンダワラ類の群落を取り上げ、その分布および機能の区分を表-1に示した。

藻場造成技術は、藻場を人工的に造成するための技術であるが、筆者らは、前提とする以下の条件、すなわち、

- ①砂地海底を対象とする
- ②種苗移植が必要なく、海藻は天然群落の成熟藻体からの胞子に起源する
- ③対象海藻以外の動植物を除去する等の人為的管理を必要としない
- ④基盤が洗掘・埋没防止を含めた耐波浪性を有し、投入後には放置できるを満たす藻場造成(海中砂漠緑化)技術の開発を進めている。

そのために最も重視しているのは、対象海藻の生育特性から見た造成適地の選定であり、更に、基盤の耐波浪安定性を確保すれば、基盤造成のみで、自然の海藻遷移の結果としての永続的藻場の造成が達成されることとなる。

主な研究要素の構成を、図-1に示したが、今回は、アラメ・カジメ類の生育制限要因とその限界条件を解明するため、まず、現地海域におけるアラメまたはカジメの要因別の生育制限の程度を調査した結果について述べる。

表-1 分布および機能による藻場の区分

名称	アマモ場	海 中 林 (アラメ, カジメ, クロメ)	ホンダワラ場
模 式 図			
機能	魚類産卵生育場	魚・貝・ウニ類の生育場・漁場	漁場 流れ藻
水平	日本全国	太平洋・瀬戸内海	日本海
底質	砂 地	岩 場 (礫 も 含む)	
垂直	5 m 以 浅	2 0 m 以 浅	

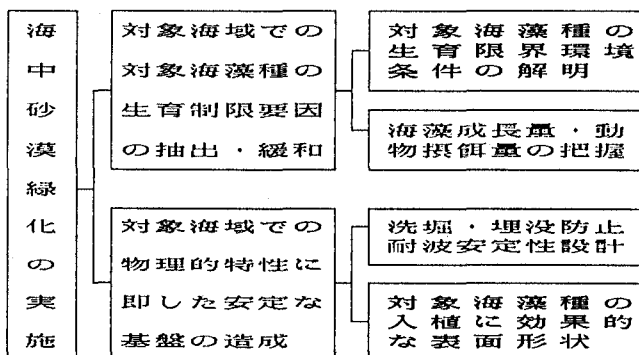


図-1 研究要素および構成

2. 現地調査地点の選定および方法の概要

アラメおよびカジメは、主に、太平洋沿岸中部海域に分布しているが、岩場など(着生基盤がある場所)でも局地的には生育の制限されている場所がみられ、その重要な生育制限要因として、光量、砂による埋没、植食動物による摂餌および固着動物等が知られている。これらの要因がそれぞれ単独で大きく作用し、アラメまたはカジメの明瞭な生育の制限が引き起こされている場所4カ所を見出し、生育限界域において、海藻類を中心とした生物調査等を実施した(図-2)。

3. 要因別の検討

(1) 光量

1) 目的

垂直分布の下限に関して、光量は制限要因の一つであるが、水深の異なる岩場を比較する場合、浅い場所と深い場

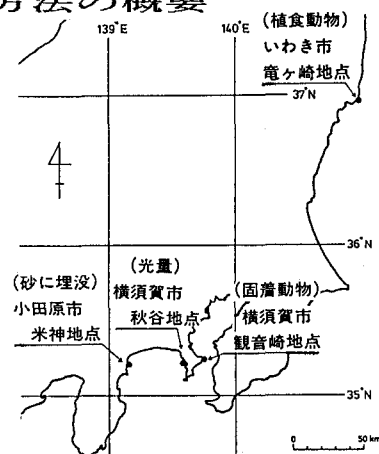


図-2 現地調査地点の分布図

所では、海水流動等の環境条件も相違している。これに対し、同一水深で、砂地から離れ、砂による埋没影響のない場所の洞穴であれば、光量以外の要因についてはほぼ同条件であると考えられる。そこで、洞穴の外部から内部にかけての照度とカジメ生育状況から、カジメの生育を制限する光量について検討する。

2) 方法

神奈川県横須賀市の秋谷地先で、尾ガ島の沖側にある洞穴（水深10m、奥行き7m、高さ3m）付近の海底および海中林の状況を図-3に示した。1988年6月13日に、洞穴の中心部の調査起点から外部にかけて、一辺50cmの方形枠を用い、ベルトトランセクト法によって、海藻の被度、カジメの個体別全長を測定した。照度については、透明度の高かった1988年12月2日に、同じ起点から50cm毎に、カジメが生えていない場合は海底面で、カジメが生えている場合には群落直上部で測定した。

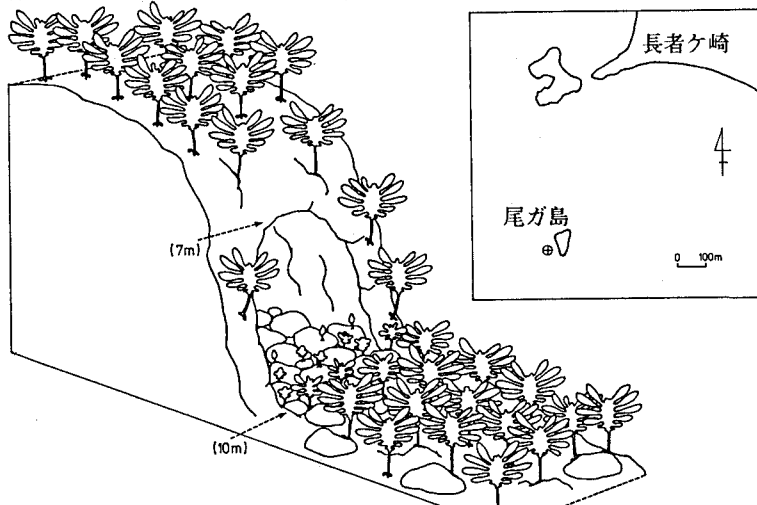


図-3 光量についての調査地点（神奈川県横須賀市秋谷）における海底および海中林の状況。（ ）内は水深

3) 結果および考察

カジメは、起点からの距離1.8mまでは認められなかったが、2.3mから生育が認められ、以降被度が急増し、洞穴の出口にあたる3.0mで被度60%に、そして、5.8mで100%に達した（表-2）。

カジメの生育密度および全長が大きい距離5.8mを外側（相対値100）とし、照度では距離5.5mを外側（相対値100）とする（図-4）。カジメは、照度10%の距離2.8mでは、全長で50%に、生育密度で10%に急減し、照度1%程度以下では認められなかった。

今回と同様の考え方で、現地海域における海藻群落と光量との関係について調査した例は見当たらず、カジメ繁茂期の群落内の相対照度が平均約1%（林田1986）、また、天然群落内において、アラメ幼体が海面の1.0~1.5%、カジメ幼体が0.5~1.0%の光強度の場所に生育している（前川ら1988）との報告がある。これらのことから、今後、当洞穴のような、現地海域での年間到達光量の推定とカジメの移植実験とによって、光量と藻体の成長および生死との関係が、更に、正確に把握できるものと考えられる。

表-2 洞穴内部から外部にかけての海藻の被度（%）

種 類 名	洞穴中心部の調査起点からの距離（m）						
	0.3	1.8	2.3	3.0	4.3	5.8	6.7
カ ジ メ （大型海藻）			15	60	80	100	100
無節サンゴモ類 （基面被覆海藻）	20	40	70	90	90	80	90

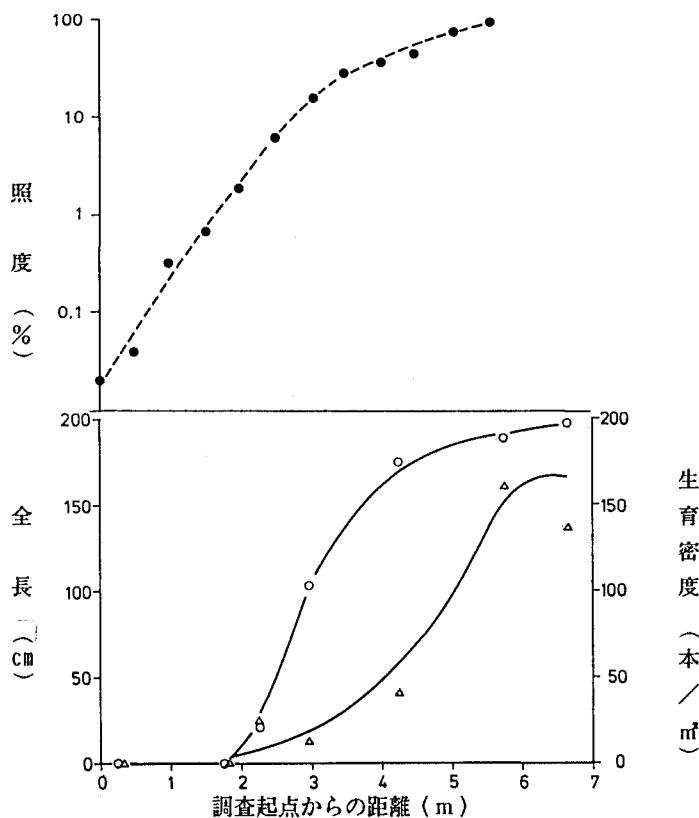


図-4 洞穴内部の調査起点から外部にかけての照度（●）、カジメの最大全長（○）および生育密度（△）

(2) 砂による埋没

1) 目的

砂地と接する岩場(砂面境界域)でのカジメの生育限界に関して、砂による埋没は制限要因の一つである。これに関連して、砂泥の堆積によってアラメなどの生育が阻害されるとの推察(中久・小島1981)や、砂泥地に投入された着生基盤上の海藻が砂の移動や埋没の影響を受けやすいとの指摘(木下1947)が見られる。しかし、カジメの砂による埋没影響を現地海域において調査した例は見当たらず、基質の大きさおよび漂砂条件について海藻遷移の観点から論じられている(今野1985)のみである。砂地海底を対象とする場合、この問題が重要であるので、砂地海底の既存の投石上でのカジメの生育状況から、砂による埋没について検討する。

2) 方法

静岡県小田原市の米神地先の、米神漁港沖の水深約10mの砂地の海底には、サザエ等の餌料海藻としてカジメ増殖のために投石(昭和61および62年に200~500 kgの安山岩が2100 m³ ずつ)されており、付近の海底および海中林の状況を図-5に示した。1988年6月23日に、投石地内で砂に埋没しつつある投石上の、カジメの全長および付着器の比高(砂面からカジメの根の部分の中心部の下端までの高さ)を測定した。

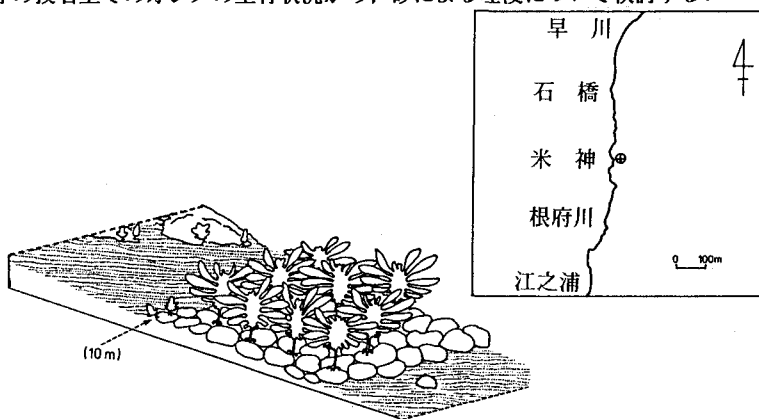


図-5 砂による埋没についての調査地点(神奈川県小田原市米神)における海底および海中林の状況。()内は水深

3) 結果および考察

カジメは、最大の個体でも全長54cmで発育途上と見られ、付着器の比高0cm以上では、全ての個体において葉部の流失も認められず健全な状態であった。しかし、比高-1cmでは枯死し葉部が流失して、付着器のみのカジメが認められた。比高-2cm以下では、全てのカジメが枯死し、比高-5~-8cmでは付着器の痕跡だけが残っていた(表-3)。

調査した投石は、大きさおよび形状が類似してしていることから安定性が、また、海底勾配が緩くほぼ同水深で、大型のカジメ成体も見られないことから光条件も、同様であると考えられる。これらのことから、今後、砂の動きの大きい現地海域における、砂面変動量の推定とカジメの移植実験とによって、砂の移動および基盤の埋没による藻体の埋没と成長・生残との関係が更に正確に把握できると考えられる。

表-3 カジメの生育と付着器の比高との関係

付着器の比高(cm)	観察された個体数 (本)		
	健全藻体	付着器のみ	痕跡
5~8	2		
3~4	1		
2	2		
1	1		
0	6		
-1	3	1	
-2		2	1
-3~-4		3	5
-5~-8			8

(3) 植食動物

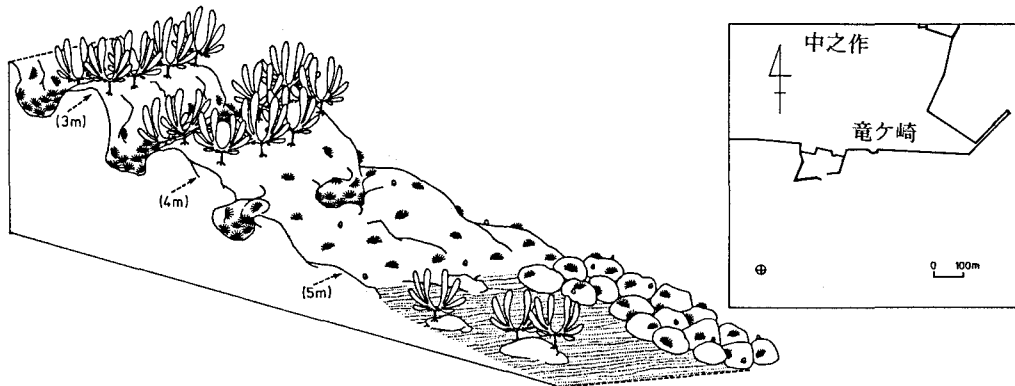
1) 目的

植食動物の摂餌圧によって、岩場における大型褐藻類の分布が制限されている例は、Chapman(1981)らによって報告されており、わが国の沿岸における“磯焼け(コンブ、アラメ・カジメおよびホンダワラ類の群落が大規模に消失し、石灰藻の群落に変化して、水産的価値が低下する)現象”の原因に関しても、植食動物の関与が重視されている。そこで、水産庁では、磯焼け回復のための研究が実施され、人為的な維持管理を前提とした技術がほぼ完成される状況にある(農林水産技術会議事務局1989)。

これに対し、基盤造成後には人為的な海藻群落の維持管理を必要としない技術を開発する場合、この問題が重要となるため、磯焼け海域におけるアラメと植食動物の分布状況から、アラメの生育を制限する植食動物の摂餌について検討する。なお、ここでは、植食動物を、ウニ類および巻貝類のような、底生性で運動性の低い分類群に限定する。

2) 方法

福島県いわき市竜ヶ崎地先の竜ヶ崎漁港沖で、太平洋に面し波当たりの強い場所の、水深4~6mの海底および海中林の状況を図-6に示した。1988年7月12日に、一辺50cmの方形枠を用い、ベルトトランセクト法によって、水深別の岩場の海藻および固着動物の被度、大型植食動物については生育密度を測定した。



図－６ 植食動物についての調査地点（福島県いわき市竜ヶ崎）
における海底および海中林の状況。（ ）内は水深

3) 結果および考察

アラムの被度は、水深 3.8mまでは 100%であったが、4.1mで60%、4.4mでは0%と減少した。一方、水深 4.4m以深では、石灰藻の無節サンゴモ類が、被度70～80%で優占する磯焼けとなっていた。大型植食動物では、水深 3.8mで、コシダカガンガラおよびバフンウニが、16および4個体/㎡、水深 4.1m以深ではキタムラサキウニが 8～12個体/㎡出現した（表－4）。

調査区周辺では、水深 3.5mでも、岩場の凸部にはアラム群落が発達していたが、凹部には、キタムラサキウニが集中分布し、無節サンゴモ類の優占

する磯焼けとなっていた。また、水深4～6mの大きな石上では磯焼けとなっていたが、一方、砂地に点在する岩場ではアラムが生育しており、キタムラサキウニが見られなかった。

本海域では、冷水塊の近接・離反に伴う水温の変動により、アラム群落の分布下限などが影響を受け、その原因として、アラムなどの大型海藻の成長とウニ等の植食動物の摂餌圧とに及ぼす水温の影響の差異が考えられている（谷口ら1986）。これに加え、今回の調査からは、浅所では波浪による海水流動によって、また、海水流動の小さい深所では砂の存在によって、特に、キタムラサキウニの入植が妨げられ、アラムの生育の維持に大きく関与していることが示唆された。

これらのことから、海藻群落近辺では、植食動物の摂餌が海域の水温、波浪および底質等の物理環境条件に影響されていることに着目し、今後、当調査地点のような、現地海域での水深別のアラム移植実験によって、植食動物の摂餌と藻体の成長および生残との関係が更に正確に把握できるものと考えられる。

（４）固着動物

1) 目的

海水の滞留しやすい地形条件の海域では、海水の濁りによる光量不足等によって衰弱した海藻体を固着生物が覆ってしまうことが制限要因になる。既に、コンブおよびワカメ養殖において、葉部がヒドロ虫またはコケムシに覆われて生育が阻害された例（鳥居・増田1972）、および、コンブ増殖事業において、基盤表面がホヤに覆われてコンブ幼体の入植が阻害された例（沢田ら1981）が報告されている。しかし、現地海域におけるアラムおよびカジメの生育と固着動物との関係を調査した例は見当たらず、固着生物の分布に及ぼす岩面傾斜度の影響が光条件と置き換えて論じられ、垂直から逆傾斜に変わると固着動物が優勢となる（今野1985）ことが報じられているのみである。

これに対し、基盤造成後に人為的な海藻群落の維持管理を必要としない技術を開発する場合、この問題が重要となる。そこで、実存の固着動物との競合等の厳しい海域の、アラムおよびカジメと固着動物の生息状況から、アラムおよびカジメの生育を制限する固着動物について検討する。

2) 方法

東京湾に面した神奈川県横須賀市の観音崎地先の、大阪ノ鼻沖水深3～10mで、傾斜の緩やかな岩場の海底

表－4 海藻、固着動物および底生動物の垂直分布

水 深		3.8	4.1	4.4	4.8	5.2
種 類 名						
海 藻 (被度 ・%)	アラム (大型)	100	60			
	無節サンゴモ類 (基面被覆)	60	50	70	80	70
固着動物 (被度 ・%)	カイメン	15	20	20		5
	コケムシ	5	+	5		
大型植食 動物 (生 育密度・ 個/㎡)	コシダカガンガラ	16				
	バフンウニ	4				
	キタムラサキウニ		8	8	12	8

および海中林の状況を図-7に示した。1988年6月24日に、動植物の垂直分布を明らかにするために、水深3、5、7、9および10mの岩場の、代表的な植生の場所で、一辺50cmの方形枠を用い、海藻および固着動物の被度、アラメ・カジメ類については全長ならびに生育密度を測定した。

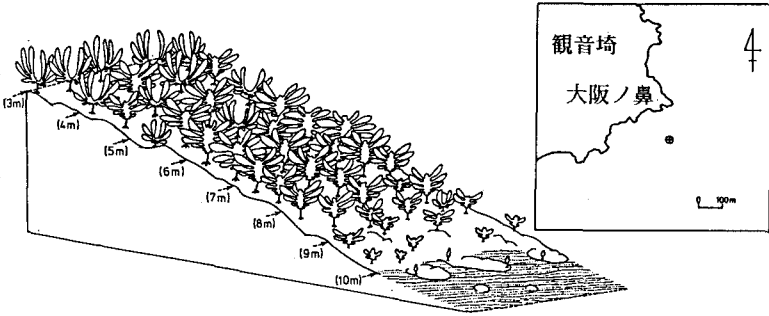


図-7 固着動物についての調査地点（神奈川県横浜須賀野町観音崎）における海底および海中林の状況。（ ）内は水深

3) 結果および考察

固着動物では、ヒドロ虫の被度が高く、その他にカイメン、コケムシおよびホヤが認められた。固着動物の合計の被度は、水深3mでは低かったが、5m以深では岩の表面の70%以上であり、ほとんど100%に近かった。これに対し、アラメ・カジメ類は、水深3mでアラメが、一方、6および7mではカジメが優占していた。しかし、カジメは、水深5m以深では葉面が固着動物に覆われるようになり、被度が急減した（表-5）。

アラメは、水深3～5mで全長および生育密度が、各々約90cmおよび12本/㎡であり、調査地に近い小田和湾湾口部での結果（寺脇・後藤1987）と、ほぼ同値であった。しかし、カジメは水深6～7mで全長および生育密度が、各々120cmおよび30本/㎡であるものの、それ以深では急減し、小田和湾湾口部では大型の密生群落が認められる水深10m（寺脇1988）で、ほぼ分布下限となった（図-8）。

このように、固着動物との競合等が厳しい海域においては、海水の濁り等の物理環境条件をアラメ・カジメ類のみならず、固着動物の繁殖条件との関係で明らかにすることが重要となり、当調査地を含めた現地海域での移植実験による検討などの積み重ねが求められる。

表-5 海藻および固着動物被度の垂直分布

種類名	水深 (m)	3	5	6	7	8	9	10
海藻	アラメ	100	55	20				
	カジメ	5	60	80	80	40	25	+
	(大型)							
	無節サンゴモ類			3	20			
固着動物	(基面被覆)							
	コケムシ	5	5	5	3	10	5	10
	ヒドロ虫	8	80	80	55	50	60	80
	カイメン		5	10	2	40	30	
	ホヤ				10			

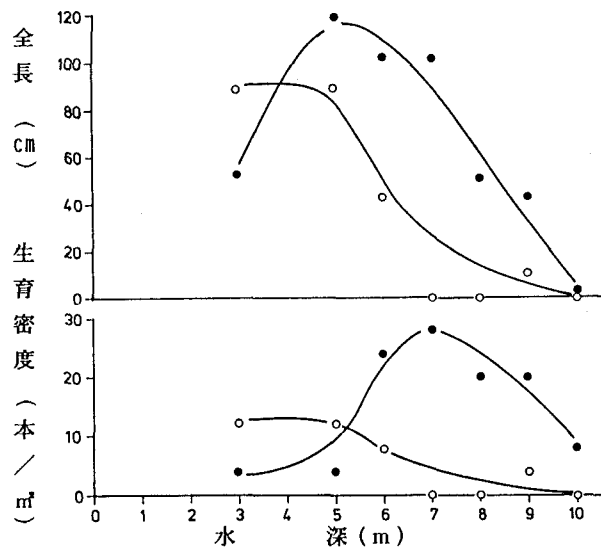


図-8 水深別のアラメ (○) およびカジメ (●) の最大全長および生育密度

4. 要約

アラメ・カジメ類の生育制限要因に関し、現地調査からの定量的検討結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 神奈川県横浜須賀野町秋谷地先の水深10mの岩場の洞穴内部では、照度が減少するほどカジメの全長および生育密度も減少する傾向が認められ、照度が洞穴外部の約1%以下ではカジメが認められなかった。
- (2) 神奈川県小田原市米神地先の水深10mの砂地海底で埋没しつつある投石上では、付着器の比高が0cm以下になるとカジメの枯死が認められ、-1cm以下ではカジメが全て枯死していた。
- (3) 福島県いわき市竜ヶ崎地先（磯焼け海域）の水深4～5mの岩場では、水深が増大するほど底生植食動物のキタムラサキウニの個体密度が増大する傾向が認められ、水深4.4m以深になると、キタムラサキウニが8～12個体/㎡となり、アラメが認められなかった。
- (4) 神奈川県横浜須賀野町観音崎地先の岩場の水深5m以深では、固着動物のヒドロ虫が岩面およびカジメ葉面を覆っており、カジメは水深8m以深で被度が急減し、水深10mではほとんど認められなかった。

5. あとがき

今後は、アラメ・カジメ類でも、瀬戸内海および九州を中心に分布する重要種クロメを含めて、生育制限要因の緩和・除去効果を明らかにするために、主に、砂地海底に設置された人工基盤での生育状況を調査し、それらの結果から、藻場造成を通じて地域活性化に結び付く、より良い海岸構造物の設計に資する計画である。

終わりにあたり、本稿のご校閲を賜った北海道大学環境科学研究所教授吉田忠生博士に深謝の意を表するとともに、細部に至るまで査読して頂いた(財)電力中央研究所水理部鹿島遼一氏に感謝する。また、現地調査地点の確保に関してご協力いただいた神奈川県横須賀市大楠漁業協同組合、神奈川県水産試験場、福島県水産試験場および観音崎自然博物館とその担当された方々に、そして、現地調査の企画、実施ならびにとりまとめの全般において多大なご協力をいただいた(株)海藻研究所新井章吾氏に厚くお礼申しあげる。

6. 引用文献

- (1)林田(1986)カジメの群落生態学的研究－Ⅲ カジメ群落の構造について。東海大紀要海洋学部, 22:159-169.
- (2)前川ら(1988)褐藻アラメおよびカジメ幼体の光要因からみた生育限界の比較。藻類36:166-174.
- (3)中久・小島(1981)海部沿岸の藻類分布調査－Ⅴ。徳島水試事報昭和55年度: 81-86.
- (4)木下(1947)コンブとワカメの増殖に関する研究。北方出版社。札幌。
- (5)今野(1985)ガラモ場・カジメ場の植生構造。海洋科学, 175:57-65.
- (6)Chapman, A. R. O. (1981) Stability of sea urchin dominated barren grounds following destructive grazing of kelp in Margaret's Bay, eastern Canada. Mar. Biol., 62:307-331.
- (7)農林水産技術会議事務局(1989)海洋牧場－マリンランディング計画。恒星社厚生閣、東京。
- (8)谷口ら(1986)磐城沿岸におけるアラメ群落の変動特性。東北水研研報, 48:49-57.
- (9)鳥居・増田(1972)コンブに付着したヒラハコケムシについて。北水試月報, 29:12-28.
- (10)沢田ら(1981)コンブ藻場。藻場・海中林。恒星社厚生閣。東京。
- (11)今野(1985)漸深帯固着生物の分布に及ぼす岩面傾斜度の影響。J. Tokyo Univ. Fish. 72: 99-109.
- (12)寺脇・後藤(1988)海中林造成技術の基礎的検討 第1報 三浦半島小田和湾におけるアラメ葉部の季節的変化と根の生長。電中研研報: U87056.
- (13)寺脇(1988) 同上 第2報 カジメ幼体の入植と人工基盤の表面形状。電中研研報: U88037.

写真の説明



写真-1 光量についての調査地点の調査起点から見た洞穴の内部および外部



写真-2 砂による埋没についての調査地点での砂地上の投石の調査例



写真-3 植食動物についての調査地点の水深3.5mの岩場の凹みに集中分布するキタムラサキウニ

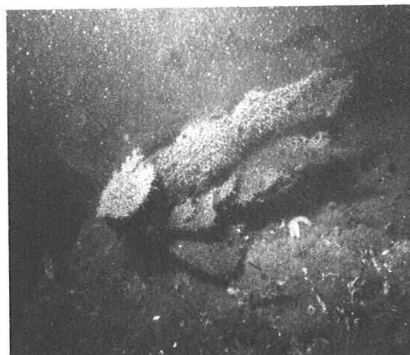


写真-4 固着動物についての調査地点の水深5mで岩とカジメの表面を覆うヒドロ虫等の固着動物