

# 調査課題名 人工リーフに造成された藻場の保護育成機能等の調査

## 1 実施機関及び担当者名

神奈川県水産総合研究所相模湾試験場 木下淳司・石黒雄一・山本貴一  
神奈川県水産総合研究所 秋元清治・工藤孝浩・滝口直之・岡部 久  
神奈川県環境農政部水産課 北沢菜穂子

## 2 調査のねらい

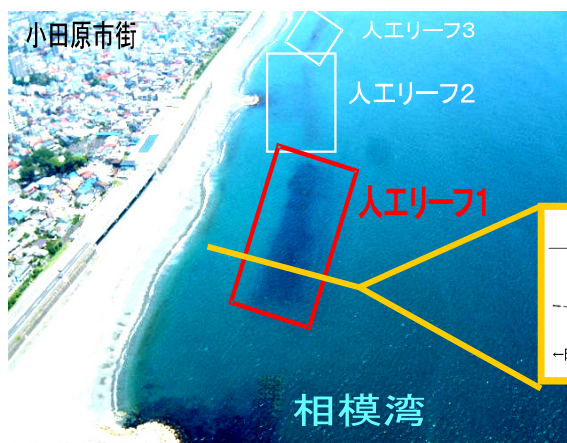
沿岸環境保全・復元および水産資源回復の観点から、漁港構造物への藻場や増殖場等多面的機能の付加が重要となっている。しかし人工基盤上に造成した藻場の生態については、現場実験等では知見が得られているが、事業規模で造成した藻場では限られている。神奈川県では、小田原市沿岸の海岸保全を目的とした人工リーフを設置する際、ここにカジメ藻場を造成した。この場所は天然のカジメ藻場から2 km 以上離れた砂浜域にあり、胞子の供給が乏しい。さらに台風や低気圧通過時には波浪の影響を強く受けるため、藻場の造成とその後の維持には厳しい環境であると考えられる。

本調査では藻場造成の開始時から現在まで、カジメの密度調査等を継続して行い、藻場の拡大および維持更新状況を明らかにした。またこの結果をもとに、砂浜域における藻場造成の一手法である、母藻ブロックの移設について、その効果を検討した。さらにカジメ藻場の水質浄化効果、魚類卵稚仔プランクトン等の保護育成効果、およびイセエビ、サザエ等の増殖効果の定量化を試み、人工リーフならびに藻場を造成した結果生じた水産上有益な効果について検討した。

( 神奈川県に行った人工リーフへの藻場造成とは )

相模湾西部、小田原地先にある御幸の浜は、過去 40 年間で約 20mの浸食が観測された。このため神奈川県では、1992年度から海岸事業により5基の人工リーフを設置した( 図 1 および図 2 )。これを水産協調型とするために、人工リーフ 1 を対象として 1993 年度よりカジメ藻場の造成を行った。

## 位置図



## 断面図

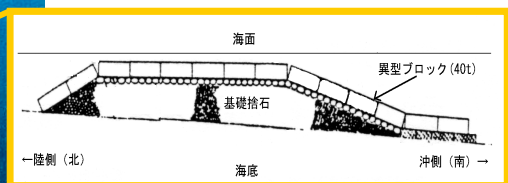


図 1 人工リーフの位置図と断面図

人工リーフ1は海底に投石と被覆石を敷き、その上に40tのエックスブロック(テトラ)を長さ約220m,幅約50mの範囲に積み重ねた構造となっている(図1・2)。その断面は、沖側と陸側が深くそれぞれ水深約10mと6m,天端は浅く水深1~2mである。沖側の斜面において、カジメ藻場の形成に適した水深5m以深に比較的広い面積を確保してある。

人工リーフ2から5はこれと構造が異なり,海底に築堤マットを敷き,その上に40tの三柱ブロック(三柱)を設置した構造である(図2)。

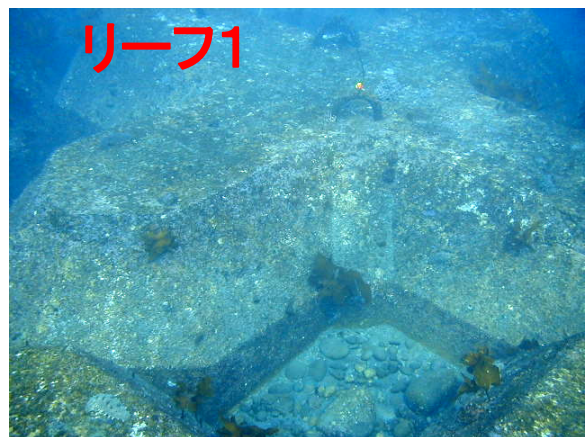
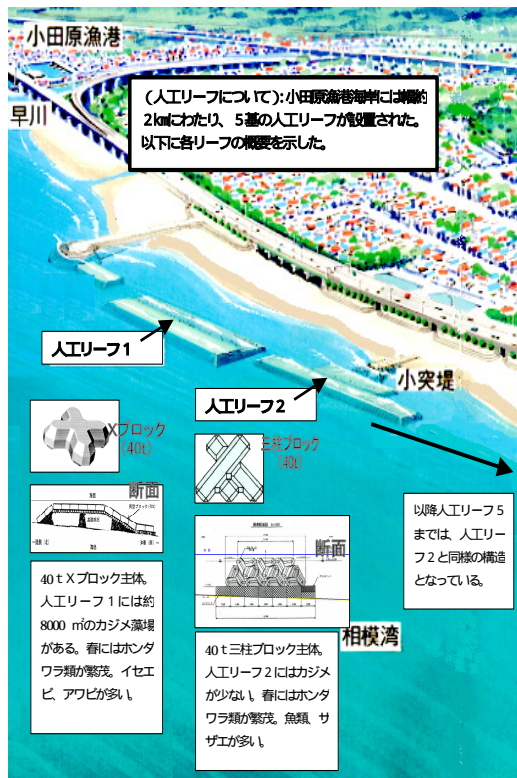


図2 人工リーフの構造

(左): 模式図

(右上): 人工リーフ1に使用したエックスブロック(40t)

(右下): 人工リーフ2~5に使用した三柱ブロック(40t)

相模湾西部沿岸の岩礁域にはカジメ藻場が形成されている。しかし御幸の浜は砂浜域であり周辺 2 km 程度には藻場が見あたらない。天然のカジメ藻場から放出された胞子が高密度に出現するのは藻場の周囲 100m程度のため、人工リーフ 1 に自然にカジメ藻場が形成されることは期待できなかった。そこで御幸の浜から約 5 km 離れた江之浦地区のカジメ藻場(図 3)に、40 t のエックスブロック 14 個をカジメが胞子を出す秋(1993 年 10 月)に仮置きした(図 4)。3 ヶ月後にはブロック上に多数のカジメ幼体が生えており、6 ヶ月後には葉長約 30cm に達した。1 年が経過しカジメが十分に成長したところで、ブロックをすべて取り上げ、人工リーフ 1 へ移設した(図 5)。1994 年度にも同様に仮置きを行い、1995 年度にエックスブロック 14 個を人工リーフ 1 へ移設した。

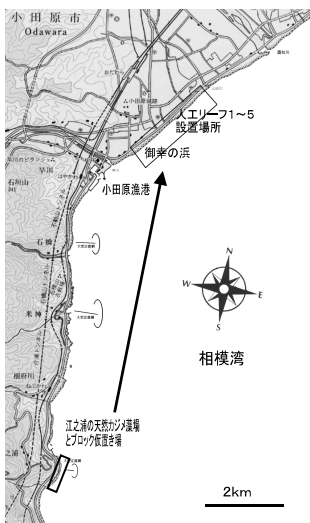


図 3 人工リーフと天然藻場の位置関係

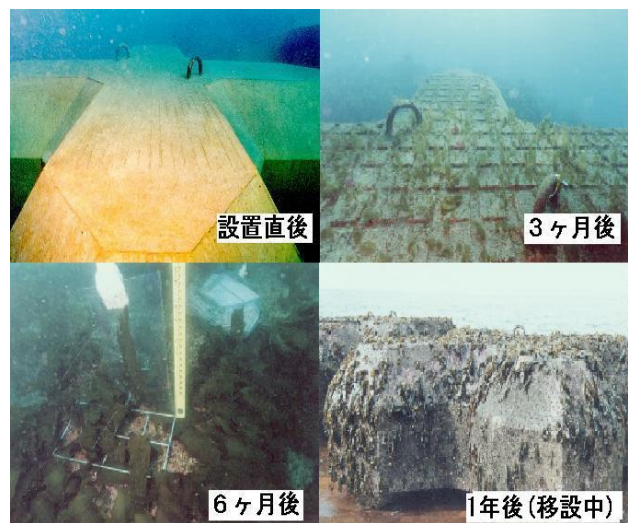


図 4 天然のカジメ藻場に仮置きしたエックスブロックのカジメ繁茂状況

### 人工リーフ1平面図

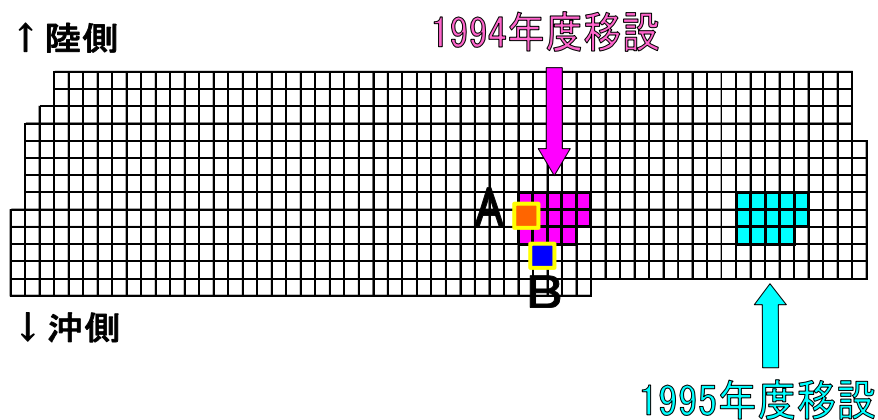


図 5 母藻ブロックを移設した場所。赤で記した母藻ブロック(A)および青で記した対照ブロック(B)について、追跡調査結果を図 7 に示した。

### 3 調査手法

#### (1) 藻場造成追跡調査およびカジメ藻場維持更新過程調査

人工リーフ1のカジメ藻場の被度を年1回調査した。調査は1～4月の間に行った。

カジメの密度とその季節変化を明らかにするため、人工リーフ1上に1～3の測線を設け、2001-2002冬、2002年春、2002年夏、2003年冬、2003年春および2003-2004年冬の計6回調査を行った。ただし測線3は初回の調査は欠測した。各測線上のカジメとコンブ科幼体を原則としてすべて数えた。カジメの全長、茎長および茎径を定規およびノギスで各測線あたり120～220本測定した。

エックスブロック1個のカジメの生育基盤として有効な面積は、天面(6㎡)とそれに続くのり面(11㎡)の合計値で17㎡とした。のり面の下に続く垂直の壁面は、人工リーフ上ではブロックとブロックを隙間なく設置するため、カジメの生育が困難であり、面積に含めなかった。

#### (2) カジメ藻場の水質浄化機能調査(炭素、窒素およびリン現存量の見積もり)

人工リーフ1全体のカジメ総数について、測線1と2の平均値をもとに見積った。後述するカジメ群落消失域では測線3の値をもとにした。総湿重量、炭素・窒素およびリン量については次のとおりとした。カジメの藻体サイズと湿重量の関係式を得るため、2003年2月および5月にカジメを25本採集した。この他に2003年1、2月にカジメを16本採集し炭素ならびに窒素含有量をガスクロマトグラフィーにより、リン含有量を硝酸-過塩素酸分解法(環境庁1988)により測定した。なおカジメの体成分分析は神奈川県環境科学センターが行った。これらの値と、カジメ総数および藻体サイズ組成をもとに見積もりを行った。コンブ科幼体は見積もりの対象から除いた。

#### (3) 魚類卵稚仔の分布調査による人工リーフの増殖機能評価

2001年11月～2004年1月にかけて計19回ノルパックネットによる卵稚仔採集を実施した。採集箇所は2001年11月～2003年1月まではリーフの内側海域、直上、外側海域の3地点とし、2003年5月からはリーフ直上、外側海域の2点とした。曳網方法は水面下約1mを0.5～1ノットで200m程度曳網した(図1)。採集物は船上においてエタノールで30～50%程度に固定した後、2～3時間後に再びエタノールで99.5%に固定し、分析に供するまでの間4℃で保存した。ソーティング後、卵についてはDNA分析(ミトコンドリア16S rRNA塩基配列の相同性)から種の同定を行った。また、仔魚については可能なものについては形態的特徴から種の同定を行い、形態的特徴から同定できなかったものについては卵と同様のDNA分析を用いて同定を試みた。

魚類相は潜水観察で調査した。

2002年9月、12月、2003年4月、2003年7月および2003年11月に調査を行った(計5回)。刺網調査は2002年10月に行った。長さ100mの刺網(小物網)を人工リーフ1、人工リーフ2および対照区として人工リーフ1と2の間の砂浜にそれぞれ設置し、24時間後に引き上げた。

(4) 人工リーフの増殖効果調査(イセエビ、サザエ、マナマコ

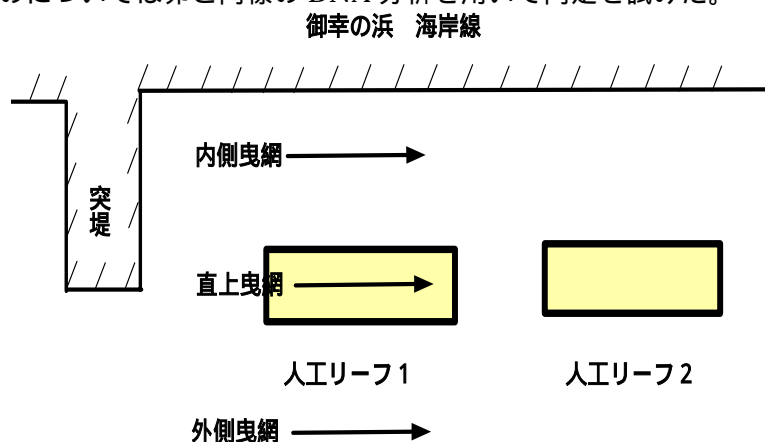


図6 採集位置の模式図

等)

イセエビについて、人工リーフとその周辺海域で操業する漁家に操業日誌の記入を依頼し、操業日時、場所、漁獲数とそのサイズ、使用した刺網の反数を記録した。サザエについて 2001 年に小型サザエが多く出現した人工リーフ 2 を対象に、その後の成長と生残を潜水により追跡調査した。調査は 2001 年 4 月から 2003 年 11 月にかけて計 10 回行った。このほか人工リーフ 1 に分布するサザエ、アワビ、マナマコの分布量を潜水により調査した。

## 4 調査結果

### (1) 1. 藻場造成追跡調査

天然藻場から人工リーフに移設したブロック上のカジメ密度は、平均すると 1994 年度移設ブロックでは概ね 50 本/m<sup>2</sup>程度、1995 年度移設ブロックでは 60 本/m<sup>2</sup>程度であった。この値は相模湾におけるカジメの密度として非常に高い値であった。これはブロック上のカジメが生後約 1 年の若い個体群であり、また発芽を促進するために鉄分等の塗布をブロックに行ったことによると考えられる。カジメ密度はエックスブロック 1 個あたりに換算するとそれぞれ 850 および 1020 本であった。

天然藻場から移設したブロック(A)では、移設後もカジメが高い被度で分布した(図7左)。人工リーフ1でこれと隣接したブロック(B)では(図7右)、1996年12月からカジメの発生が見られた。人工リーフ1全体のカジメ被度の変化を図8に示した。1997年2月には、1994年度に移設したブロックの周辺にカジメの分布が拡大していた。カジメの被度は最大で50%、多くは25%程度であった。1998年2月にはカジメの分布がさらに拡大し被度も高くなった。人工リーフ1の沖側を中心に被度50%以上の藻場が形成されており、陸側のカジメの分布も拡大した。2000年2月には天端を除いた人工リーフ1全域にカジメが分布し、被度50%を越えたブロックが全体の4割以上となった。2001年3月には、沖側と陸側で多くのブロックが被度75%以上となった。

人工リーフ1の天端には調査期間を通じて、カジメの成体および幼体ともにわずかしみられず、フクロノリ、マクサ、フシツナギ、ヘラヤハズ、ワカメ等が繁茂する状況であった(図9)。2002年4月には、人工リーフ1の東側でカジメが消失していたが、これは前年9月に相模湾を直撃した台風15号の影響であった。しかし西側及び中央部ではカジメが前年度に近い、高い被度で分布した。

人工リーフ1に形成された藻場は追跡調査の結果から、ブロック移設によるカジメ移植を行った部分から拡大したと考えられる。カジメが多く生育したブロックを28個と比較的多く移設したために、移設先の人工リーフ1に種藻場が維持され、周囲に胞子を供給したと考えられる。移設したカジメ総数は、1994年度が11900本、1995年度が14280本と見積もられた。

移設後約1年を経過するまでは、幼体の分布は見られなかった。年齢1歳前後のカジメでは胞子を放出する量が少ないことが知られている。可能ならば天然藻場に2年程度置いてカジメが十分に成長した後、胞子を最も多く放出する秋に移設する方が、夏期の高水温、台風による波浪および魚類による食害等から母藻を守る上で望ましいのではないかと。ただし、ブロックを海中から引き上げて台船で移送する際にはカジメが空気中に置かれるため、2歳のカジメの乾出耐性について明らかにする必要がある。

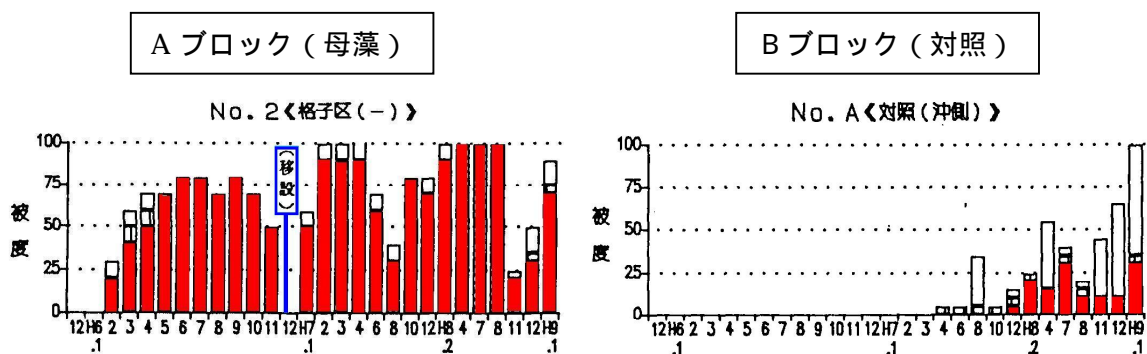


図7 移設した母藻ブロック(左)からのカジメの拡大(ブロックの位置は図5参照)

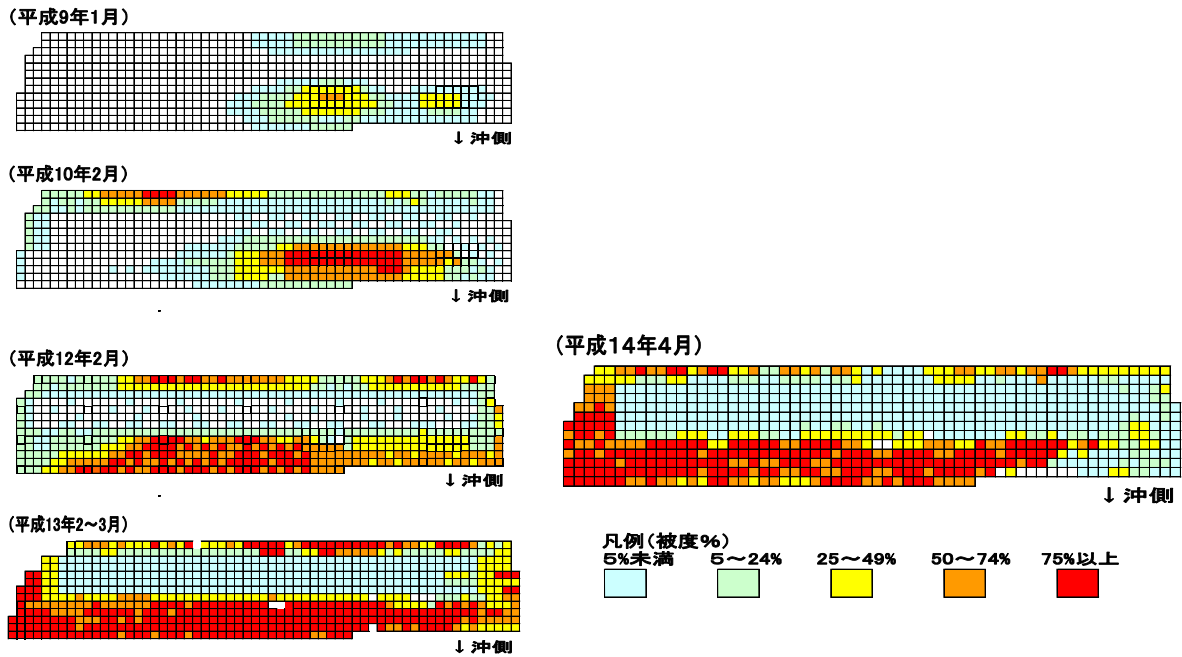


図8 人工リーフ1のカジメ藻場の変遷

この他、人為的でない要因として、相模湾西部の磯焼けからの回復があげられる。1980年以前、本海域は顕著な磯焼け地帯であったが、現在はカジメ藻場が形成されている。この理由は明らかでないが、何らかの環境の変化が、人工リーフ1の藻場の形成にもプラスの影響を及ぼした可能性がある。なお魚類によるカジメの食害が各地から報告されているが、相模湾ではアイゴ、ブダイ等の藻食魚類は生息するものの、現在のところ大規模な食害は見られていない。

人工リーフ1の天端には、調査期間中を通じてカジメ藻場が形成されることはなかった。天端は水深1~2mとカジメの生育適水深より浅く、更に荒天時には波浪の影響を強く受けることなどにより、カジメの生育に適さない場所と考えられる。人工リーフ1の天端には、カジメよりも適水深の浅いアラメの導入が考えられる。しかし現状でも、人工リーフ1の天端は多様な植物相となっている(図9)。

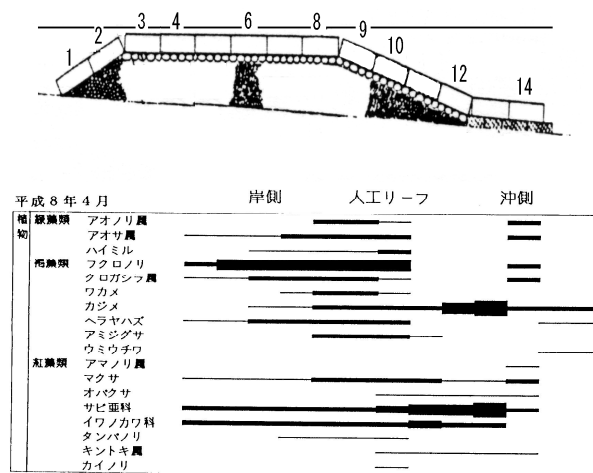


図9 人工リーフ1の植生断面図 (1996年4月)

(1) - 2. カジメ藻場維持更新過程調査

人工リーフ1のカジメ密度(図10)を、測線1(図13参照)を例に示した。沖側および陸側の斜面に配置したブロックでは、それぞれ100~200本程度のカジメが分布していた。水深が1~2m程度の天端上のブロックには、カジメがほとんど見られなかった。藻体サイズについて、茎径は20mm未満のものが大部分であった(図11)。葉長は冬から春にかけて増大し、夏から冬にかけて減少した(図12)。測線1~3におけるカジメ密度の変化を図13~15に示した。なおカジメの密度は、藻場が形成されている斜面上のブロックのデータから算出し、天端の値は含めなかった。ブロックの表面積は17m<sup>2</sup>とした。

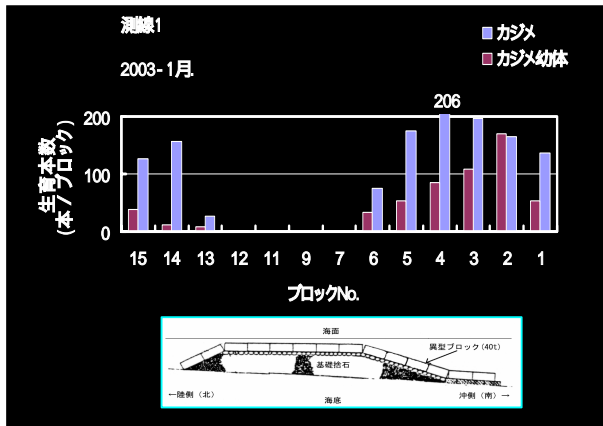


図10 沖 陸断面のカジメ密度

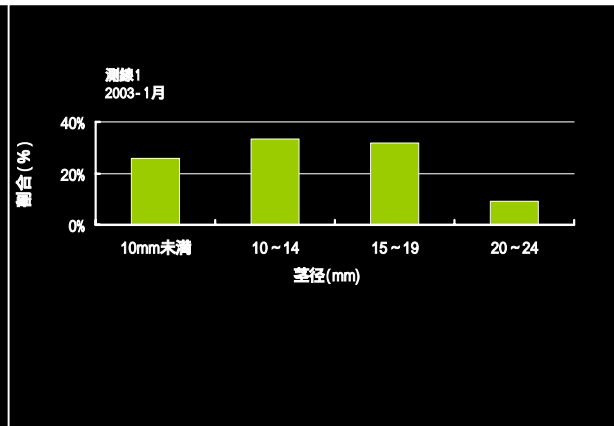


図11 カジメの茎径組成

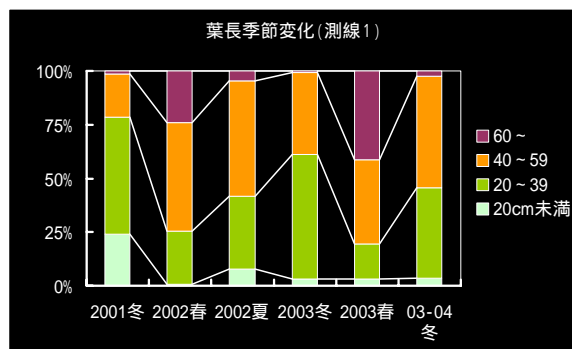


図12 カジメ葉長の季節変化

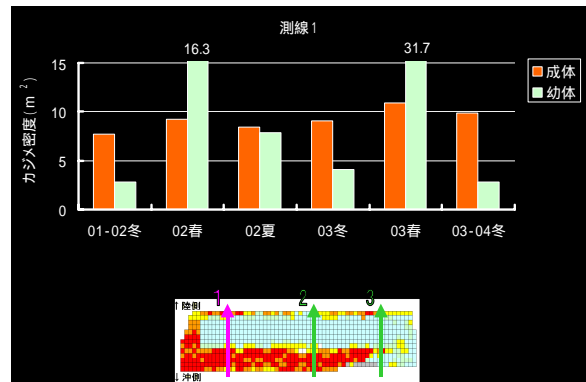


図13 カジメ密度の季節変化(測線1)

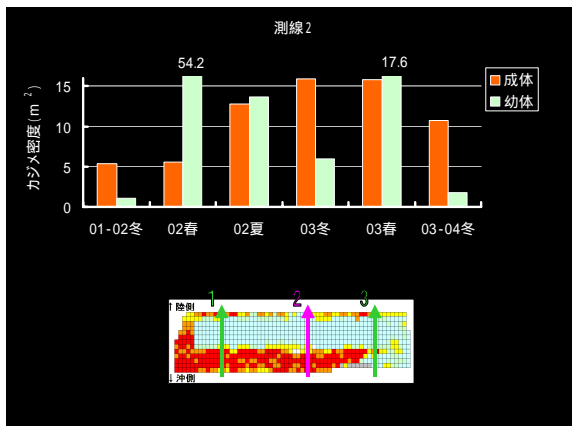


図14 カジメ密度の季節変化(測線2)

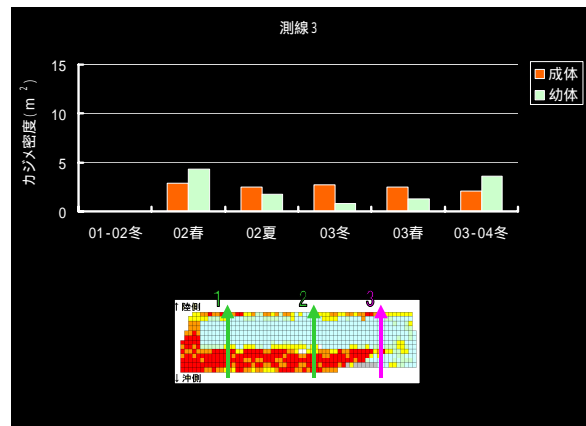


図15 カジメ密度の季節変化(測線3)



(2) カジメ藻場の水質浄化機能調査(炭素,窒素およびリン現存量の見積もり)

人工リーフ1のカジメを34本採集し、付表(報告書末尾に添付)に示す項目を測定した。カジメの葉重量(Y1:g)を、最大葉長(X1:cm)と茎径(X2:mm)の関係式として以下のように表した。

$$\ln Y_1 = 2.184 \ln X_1 + 1.002 \ln X_2 - 6.133 \quad (n=34, r^2=0.90) \quad (1)$$

またカジメの根+茎重量(Y2:g)を、茎長(X3:cm)と茎径(X2:mm)の関係式として以下のように表した。

$$\ln Y_2 = 0.135 \ln X_3 + 2.730 \ln X_2 - 3.835 \quad (n=34, r^2=0.96) \quad (2)$$

人工リーフ1でのカジメ藻体長測定値を(1)(2)式に代入して湿重量を求め、各調査におけるカジメの現存量を見積もった。

カジメの炭素,窒素およびリン含有量を表1に示した。炭素含有量と含水率は、葉部と茎部で近い値であったが、窒素およびリン含有量は葉部が高かった。

人工リーフ1のカジメ総数,総湿重量,炭素,窒素およびリン量を見積もった(表2)。総数は2002年春が最も少なく53,294本であったが、2002年夏には72,797本,2003年冬には83,912本と増加した。これは新規に加入した小型のカジメの増加によるものであった。これに対して総湿重量,炭素,窒素およびリン量は横ばいであった。これは夏から秋にかけて群落が凋落期にあり,カジメの葉長の減少や枯死による重量の減少分が,小型個体の加入による増加分を上回ったためと考えられる。2003年春には総湿重量,炭素,窒素およびリン量が大きく増加した。これは2002年に多く見られた小型のカジメが成長したこと,最も葉長が大きくなる時期であったことが考えられる。

人工リーフ1のカジメ密度および現存量を,これまでに相模湾沿岸で報告されているカジメ密度と比較した(表3)。三浦半島沿岸の天然藻場におけるカジメ密度は3.2~5.6本/m<sup>2</sup>,現存量は1.5~3.4kg湿重/m<sup>2</sup>であった。また三浦半島沿岸で行ったコンクリートブロックを利用したカジメ育成実験では5~10本/m<sup>2</sup>および1.5kg湿重/m<sup>2</sup>との値が報告された。これに対して人工リーフ1では7~13本/m<sup>2</sup>,1.4~3.2kg湿重/m<sup>2</sup>であった。最大現存量は最小現存量の2.3倍であった。なおこの値は測線1および2の平均値である。人工リーフ1のカジメ藻場は密度では天然藻場よりも高く,現存量はほぼ匹敵した。人工リーフ1ではカジメ密度が高いにもかかわらず,現存量は比較的低い理由としてカジメの大きさが三浦地区に比べて小さいことがあげられる。これについては付着基盤,海況特性の違いおよびカジメサイズの地域差(相模湾西部のカジメは小型のものが多い:木下観察)等が考えられる。

	炭素(C) mg/g-wet	窒素(N) mg/g-wet	リン(P) mg/g-wet	含水率 %	測定 数
葉部	45.1 ± 8.3	3.62 ± 0.76	0.39 ± 0.06	85.6 ± 1.6	16
茎部	43.6 ± 13.1	2.27 ± 0.73	0.26 ± 0.07	85.3 ± 3.1	16

調査月	總生育 本数(本)	湿重量(kg)	炭素量(kg)	窒素量(kg)	リン量(kg)
2002-4/5月	53,294	11,510	516	38.6	4.2
8/9月	72,797	9,243	413	31.0	3.4
2003-1月	83,912	9,635	431	32.3	3.5
4月	88,459	23,362	1,046	78.3	8.5
12月/ 2004-1月	70,954	11,285	505	37.8	4.1

人工リーフ1のカジメ藻場に固定された炭素，窒素およびリンについて，環境省資料による日本人が1年間に排出する原単位をもとに，何人分の排出量に相当するのを見積った（表4）。二酸化炭素については，炭素（C）換算で2600kg/人/年，窒素（N）については4.4kg/人/年，リン（P）については0.44kg/人/年とした。なお二酸化炭素については，我が国の全排出量を全人口で割ったものであるが，窒素およびリンについては家庭排水の原単位であることに注意が必要である。見積の結果人工リーフ1上の藻場には，炭素量で0.15～0.37人，窒素量で7.0～17.8人，リン量で7.6～19.3人分がカジメとして固定されていることが明らかとなった。

以上の調査結果から，相模湾で人工基盤を用いて水深5～10mの場所にカジメ藻場造成を行った場合，期待できるカジメの密度，現存量等は以下のとおりであった。密度は，安定期には1m<sup>2</sup>あたり7～13本程度（御幸の浜では10本/m<sup>2</sup>前後で安定か）現存量は湿重量ベースで1.4～3.2kg/m<sup>2</sup>，炭素量ベースで65～144g/m<sup>2</sup>，窒素量ベースで4.1～10.0g/m<sup>2</sup>およびリン量ベースで0.45～1.1g/m<sup>2</sup>程度であった（表5）。

表3 相模湾沿岸のカジメ密度と現存量				表4 人工リーフに固定された炭素、窒素、リン量の評価				
場所	密度 (本/m <sup>2</sup> )	現存量 (kg-wet)	出典	調査月	炭素量(人/年)	窒素量(人/年)	リン量(人/年)	
天然 基盤	黒埼	5.6	3.1	高岡1979	2002-4/5月	0.20	8.8	9.5
	小網代	3.2	3.4	同上	8/9月	0.16	7.0	7.6
	膳磯	5.2	2.8	同上	2003-1月	0.17	7.3	8.0
	城ヶ島	5.3	1.5	同上	4月	0.40	17.8	19.3
	松輪(刺埼)	5.2	1.8	同上	12月/ 2004-1月	0.19	8.6	9.3
人工 基盤	佐島地先実験区	5～10	1.5	寺膳1991				
	人工リーフ	7～13	1.4～3.2	本研究				

表5 相模湾で人工基盤上にカジメの藻場を造成した場合に期待できる密度と現存量（水深5～10m）	
密度	7～13本/m <sup>2</sup> <u>10本/m<sup>2</sup>前後で安定？</u>
現存量	
湿重量	1.4～3.2kg/m <sup>2</sup>
炭素量	65～144g/m <sup>2</sup>
窒素量	4.1～10.0g/m <sup>2</sup>
リン量	0.45～1.1g/m <sup>2</sup>

### (3) 魚類卵稚仔の分布調査による人工リーフの増殖機能評価

#### 1. 卵分布

各調査日おけるろ水量 100m<sup>3</sup>あたりの採集卵数を図16に示す。

ろ水量 100m<sup>3</sup>あたりの採集卵数は季節により大きく異なった。5,6月は1000~5000個/100m<sup>3</sup>と非常に多く、8~10月は数百~1000個/100m<sup>3</sup>程度とこれに続いた。冬季(11~2月)は0~数十個/100m<sup>3</sup>程度と非常に少なかった。これは、当該海域に生息する魚類の産卵期が春先から夏に集中するためと考えられた。

顕微鏡下で卵径等の形態的特徴から大まかな選別を行い、この中から1~10個についてDNA分析を用いて種同定した(表6)。

DNA分析の結果、30種について種あるいは科レベルまで同定できた。3箇所では採集したデータを比較すると種数ではリーフ内側で10種、直上で18種、外側で17種が出現しており、直上、外側で多い傾向が見られた。種別ではとくにベラ類が多く(30種中の7種)、その出現頻度も高かった。

出現卵数が多く、出現頻度も高い種としては、キュウセン、ササノハベラ、ホンベラを始めとするベラ類、テングハギ属、メゴチ、イネゴチ、アラメガレイなどであった。これらの種はリーフ周辺海域で多量に卵が出現することからリーフ周辺で産卵している可能性が考えられる。

一方、潮流の影響により当該海域に浮遊、滞留している可能性もあることから、産卵生態に関する知見と合わせて考察する必要がある。

卵分布量(カタクチイワシ卵を除く)が最も多かったのは2002年5月28日の5184個/100m<sup>3</sup>であったが、冬季は数十個/100m<sup>3</sup>と分布量が極めて少なかった。周年のデータを用いた採集地点別のろ水量 100m<sup>3</sup>あたりの採集卵数はリーフ直上が942個/100m<sup>3</sup>、内側が649個/100m<sup>3</sup>、沖側が562個/100m<sup>3</sup>となり、リーフ直上は内側、沖側採集地点に比べて分布量が多い傾向が見られた。

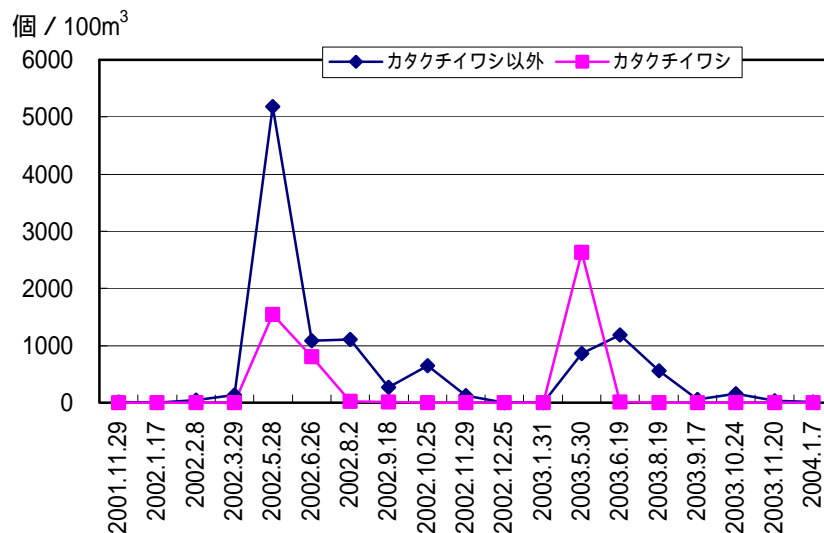


図16 調査日別卵採集数

表6 DNA分析により同定した卵およびその数

( )は同型卵数

	2月	3月	5月	6月	8月	9月	10月	11月	12月
リーフ内側			アラカレイ (813)、テンクハキ属orニサダイ属(629)、メコチ(5)	トカエソ(29)、キュウゼン(226)		アカアマダイ (28)、ヘラ類 (45)	ヒメジ(1)、ホシササノハヘラ(22)		アカササノハヘラ(1)
リーフ直上	キツネヘラ or オウゴンヘラ(36)	ナガレメイカ(1)、カタチイワシ(3)	シロキス(930)、メコチ(600)、サウシシタ(14)、テンゲハキ属orニサダイ属(1)	イネコチ(28)、オキイラキ(213)	クロウシシタ(141)、ホンヘラ(762)、マルソウダ(8)	ミシマオコゼ(4)、ニヘラ類? (2)、トビササウシシタ(1)、ヒメジ(16)、シチセンヘラ?(4)	ホシササノハヘラ(78)	アカササノハヘラ(10)	アカササノハヘラ(2)
リーフ沖側	キツネヘラ or オウゴンヘラ(32)	ヘラ類(10)、アスマガレイ属orダツ属(1)	シロキス(374)、イネコチ(372)、テンクハキ属orニサダイ属(7)	トカエソ(5)、キュウゼン(250)、イサキ(24)	タイ科(5)、フダイ科(24)	アカアマダイ(26)、ユメカサコ? (68)、スズメダイ類?(1)	ホシササノハヘラ(356)、ヒメジ(6)	アカササノハヘラ(78)	

2. 仔魚分布

各調査日おけるろ水量100m<sup>3</sup>あたりの採集仔魚数を図17に示す。

採集仔魚数は5月、6月にカタクチイワシ、サッパの仔魚が卓越し、50~1000尾/100m<sup>3</sup>と非常に多く採集されたが、夏から冬にかけては0~数十尾/100m<sup>3</sup>と非常に少なくなった。

回遊種ではカタクチイワシ、サッパ、アユなどが出現した。また、リーフ周辺に特徴的に出現した種として、岩礁性のギンボ類やハゼ類が採集された。こ

れら魚類の卵は粘着卵であり、リーフに産み付けられた卵が孵化してそれが採集されたものと考えられた。一方、分離浮遊卵の仔魚採集数は非常に少なかった。これは親魚が仮にリーフ周辺で産卵したとしても海流により卵・仔魚が逸散してしまうためと考えられた。

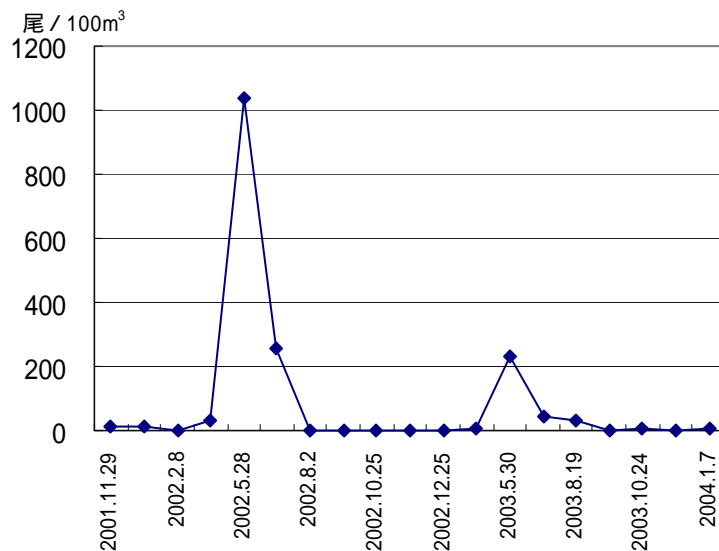


図17 調査日別仔魚分布量

なお、着底直後の稚魚については本手法では採集できなかった。そのため着底後の稚魚に与える人工リーフの影響については採集方法を改良して、今後評価していく必要がある。

### 3. 成魚分布調査

潜水調査(計9回)における目視観察魚類を表7に示す。観察魚種数は50種、観察回数は延べ165回に及んだ。この中、岩礁域の藻場および岩礁域を好んで生息するタイプ(A, Bタイプ)は、それぞれ10種42回(25%)、21種89回(54%)であり両タイプをあわせると観察回数の約80%はこれら藻場・岩礁域に生息する種であった。また、C型(7種、12%)、D型(6種5%)、E型(5種3%)の魚種は、藻場、岩礁への依存度は低いが、索餌や産卵などのために、その生活史の一部をリーフ周辺で過ごすものと考えられた。

観察された50種のうち、メジナ、タカノハダイ、ブダイ、ニザダイは雑食性ながら海藻の摂餌度が高く、クサフグ、イシダイ、ボラ、カミナリベラ、クロダイは雑食性ながら海藻の摂餌度が低い種である。人工リーフに形成されたガラモ場やカジメ場はこれら種の餌場となっていると考えられた。

表7 潜水調査(計9回)における目視観察魚類(1997,1998,2002年)

魚種名	観察回数	生息地	食性	魚種名	観察回数	生息地	食性
テンジクダイ	1	B		ヒラメ	3	C	
オヤビツチャ	1	D		クロダイ	3	B	
イサキ	1	B		マアジ	3	B	
アオヤガラ	1	D		ソラスズメダイ	3	B	
サビハセ	1	C		カサゴ	3	B	
アサヒナハセ	1	C		ホンベラ	3	A	
キビナゴ	1	E		ドチサメ	4	C	
アカカマス	1	E		カワハキ	4	A	
ヤマトカマス	1	E		カミナリベラ	4	A	
オオスジイシモチ	1	B		チャガラ	4	B	
ブリ	1	E		イシダイ	5	B	
マアジ	1	E		ボラ	5	C	
チョウチョウウオ	1	D		ゴンズイ	5	C	
コブダイ	1	B		クサフグ	6	B	
ニセカンランハキ	1	C		オハグロベラ	6	A	
サツキハセ	1	その他(河口域)		ネンブツダイ	6	B	
ニジギンボ	1	B		カゴカキダイ	6	B	
ナガニサ	1	B		キタマクラ	7	B	
スズメダイ	1	B		ハコフグ	7	B	
ナガサキスズメダイ	1	D		ササハベラ	7	B	
クジメ	2	A		メジナ	8	A	
ウツボ	2	B		タカノハダイ	8	A	
ニザダイ	2	A		メバル	8	B	
ニシキベラ	2	A		ウミタナゴ	8	B	
ブダイ	3	A		キュウセン	8	B	

#### 生息地による類型化

- Aタイプ：藻場のある岩礁域を好む
- Bタイプ：岩礁域を好む(藻場の有無は無関係)
- Cタイプ：砂地、砂泥地を好む
- Dタイプ：無効分散型
- Eタイプ：大型回遊性

#### 食性欄

- 海藻の摂餌が著しい種
- 海藻の摂餌が認められる種

#### 4. 考察

人工リーフに蛸集する魚類は、潜水調査では 50 種観察された。これら魚類がリーフに蛸集する理由は、索餌、産卵、回遊特性など厳密には個々の魚類の生態的特性によって異なると考えられる。

本調査では人工リーフと魚類の関わり方を概括的にとらえ、その役割を考察するために、採集卵稚仔、成魚の出現パターンおよび卵の浮遊特性から蛸集魚を 3 タイプに類型化した(表 8)。

この類型化に従えば、砂浜域での人工リーフの造成は、A, B 型種の産卵場、生息場の造成という面で効果が期待できると考えられた。

1. A 型：成魚はリーフに生息し、藻場で産卵する。沈性付着卵のため卵は採集されないが、稚仔はリーフから逸散しないためリーフで採集できる。産卵から親魚までの一生をリーフを含んだ比較的狭い海域で完結する。
2. B 型：親魚はリーフ周辺あるいは周辺の砂浜域に広く生息する。リーフ周辺で卵が出現することからリーフ周辺で産卵をしている可能性がある。しかし、分離浮遊卵のため卵の逸散が激しく、稚仔魚は沿岸～沖合海域に広く分布するためリーフでは採集されない。稚魚になり再び沿岸域に戻り漁場に着定する。
3. C 型：成魚は沿岸から沖合海域を大型回遊する。卵・稚仔の分布は広範な海域にわたり、リーフとの関わりは少ないと考えられる。

表 8 人工リーフ蛸集魚類型

卵, 稚仔が出現した魚種	卵採集位置	卵の性質	稚仔採集位置	成魚の有無
ギンボ類(A)	-	沈性付着卵	内、上	
岩礁性ハゼ類(A)	-	沈性付着卵	内、上	
フグ科(A)	-	分離浮遊卵	沖	
クロウシノシタ(B)	上	分離浮遊卵	-	
ネズミゴチ(B)	内、上	分離浮遊卵	-	
シロギス(B)	上、沖	分離浮遊卵	-	
イネゴチ(B)	沖	分離浮遊卵	-	
ハラ類(B)	内、上、沖	分離浮遊卵	-	
アラメガレイ(B)	内	分離浮遊卵	-	
トカゲエソ(B)	内、沖	分離浮遊卵	-	
キュウセン(B)	内、沖	分離浮遊卵	-	
シマオコセ(B)	上	分離浮遊卵	-	
アカアマダイ(B)	沖	分離浮遊卵	-	
メタガレイ属(B)	上	分離浮遊卵	上	
サッパ(C)	-	分離浮遊卵	上、中、下	
マルソウダ(C)	上	分離浮遊卵	-	
カタクチイワシ(C)	内、上、沖	分離浮遊卵	上、中、下	
ウルメイワシ(C)	内	分離浮遊卵	-	

(備考) - :採集されなかった。 直接観察された。 周辺に分布していた。

5. 刺網調査 (表9)

人工リーフ1ではカサゴ, メバル, ササノハベラが計8個体, ショウジンガニ45個体が採集された。人工リーフ2ではカサゴ, ハコフグ, タカノハダイ, ササノハベラ, ドチザメが計26個体, ショウジンガニが10個体採集された。砂浜ではクロサバフグとボラが計4個体であった。人工リーフ2で最も多くの魚種が採集された。人工リーフ2に用いた三柱ブロックの集魚効果は高いと考えられる。人工リーフ1はショウジンガニが非常に多かった。人工リーフ1に用いたエックスブロックは集魚効果よりも岩礫性底棲生物の生息場として適していると考えられる。このことはイセエビの漁獲が人工リーフ1主体であることから支持されよう。砂浜域における採集数はわずかであり採集された魚種も異なっていた。人工リーフ設置による集魚効果が大きく、また人工リーフの構造の違いによってこの効果が異なることが示唆された。

表9 刺網調査結果 (2002年10月)

2002年 10月24日

リーフ1			リーフ2			砂浜		
魚種	尾叉長(cm)	湿重量(g)	魚種	尾叉長(cm)	湿重量(g)	魚種	尾叉長(cm)	湿重量(g)
カサゴ	22.2	195	カサゴ	24.6	210	クロサバフグ	24	500
カサゴ	20	170	カサゴ	18	83	クロサバフグ	31.2	650
メバル	25	288	カサゴ	22.4	186	クロサバフグ	32	694
ササノハベラ	15.5	60	カサゴ	22.4	192	ボラ	57	2630
ササノハベラ	18.1	102	カサゴ	22	170			
ササノハベラ	22	180	カサゴ	24.9	250			
ササノハベラ	21.2	140	カサゴ	22.1	196			
ササノハベラ	18.6	100	カサゴ	19.5	116			
ショウジンガニ	n.d.	80	カサゴ	24	204			
ショウジンガニ	n.d.	120	カサゴ	11	76			
ショウジンガニ	n.d.	90	ハコフグ	14.2	110			
ショウジンガニ	n.d.	92	タカノハダイ	24.6	252			
ショウジンガニ	n.d.	114	ササノハベラ	21	170			
ショウジンガニ	n.d.	72	ササノハベラ	21	150			
ショウジンガニ	n.d.	50	ササノハベラ	21	146			
ショウジンガニ	n.d.	80	ササノハベラ	21.2	146			
ショウジンガニ	n.d.	88	ササノハベラ	22.2	166			
ショウジンガニ	n.d.	156	ササノハベラ	21.4	142			
ショウジンガニ	n.d.	42	ササノハベラ	18.2	96			
ショウジンガニ	n.d.	34	ドチザメ	74	2380			
ショウジンガニ	n.d.	74	タカノハダイ	27.2	408			
ショウジンガニ	n.d.	78	タカノハダイ	23.6	226			
ショウジンガニ	n.d.	80	タカノハダイ	27.2	388			
ショウジンガニ	n.d.	82	タカノハダイ	25	288			
ショウジンガニ	n.d.	70	タカノハダイ	31.4	656			
ショウジンガニ	n.d.	64	タカノハダイ	27.6	400			
ショウジンガニ	n.d.	22	ショウジンガニ	n.d.	55			
ショウジンガニ	n.d.	129	ショウジンガニ	n.d.	60			
ショウジンガニ	n.d.	68	ショウジンガニ	n.d.	84			
ショウジンガニ	n.d.	66	ショウジンガニ	n.d.	90			
ショウジンガニ	n.d.	54	ショウジンガニ	n.d.	52			
ショウジンガニ	n.d.	55	ショウジンガニ	n.d.	66			
ショウジンガニ	n.d.	45	ショウジンガニ	n.d.	66			
ショウジンガニ	n.d.	48	ショウジンガニ	n.d.	60			
ショウジンガニ	n.d.	60	ショウジンガニ	n.d.	74			
ショウジンガニ	n.d.	62	ショウジンガニ	n.d.	44			
ショウジンガニ	n.d.	72	ヤドカリ	n.d.	130			
ショウジンガニ	n.d.	45						
ショウジンガニ	n.d.	44						
ショウジンガニ	n.d.	70						
ショウジンガニ	n.d.	88						
ショウジンガニ	n.d.	84						
ショウジンガニ	n.d.	72						
ショウジンガニ	n.d.	80						
ショウジンガニ	n.d.	50						
ショウジンガニ	n.d.	68						
ショウジンガニ	n.d.	62						
ショウジンガニ	n.d.	58						
ショウジンガニ	n.d.	34						
ショウジンガニ	n.d.	28						
ショウジンガニ	n.d.	30						
ショウジンガニ	n.d.	55						
ショウジンガニ	n.d.	50						

(4) 人工リーフの増殖効果調査  
(イセエビ)

人工リーフ1におけるイセエビの漁獲調査結果を示した(図18)。2000年8月から9月にかけて、漁業者による18回の操業で482個体が漁獲された。体長組成は全長20cm未満の比較的小型の個体が全体の77%と高い割合であった。また2002年に人工リーフとその周辺で漁獲されたイセエビは、計17回の操業で239個体であった。2000年と同様に体長20cm未満の個体の割合が最も高かった。このことから人工リーフは小型のイセエビを主体とした生息場となっていることが伺えた。

これらの小型イセエビは、より西にある天然の岩礁域から瀬渡りしてきたものと、人工リーフにプエルルス幼生として着底したものが考えられる。イセエビのプエルルス幼生は小田原沿岸でも来遊が確認されている。砂浜域から突き出した地形の場所には潮流が滞留し、これらの幼生が多く集まるとの観察があるため、人工リーフに来遊している可能性が高い。人工リーフの藻場は着底直後のイセエビの生残に有効と考えられる。葉上生活を終えた稚エビに適した保護礁を人工リーフに導入すれば、稚エビの増殖効果が向上すると考えられる。

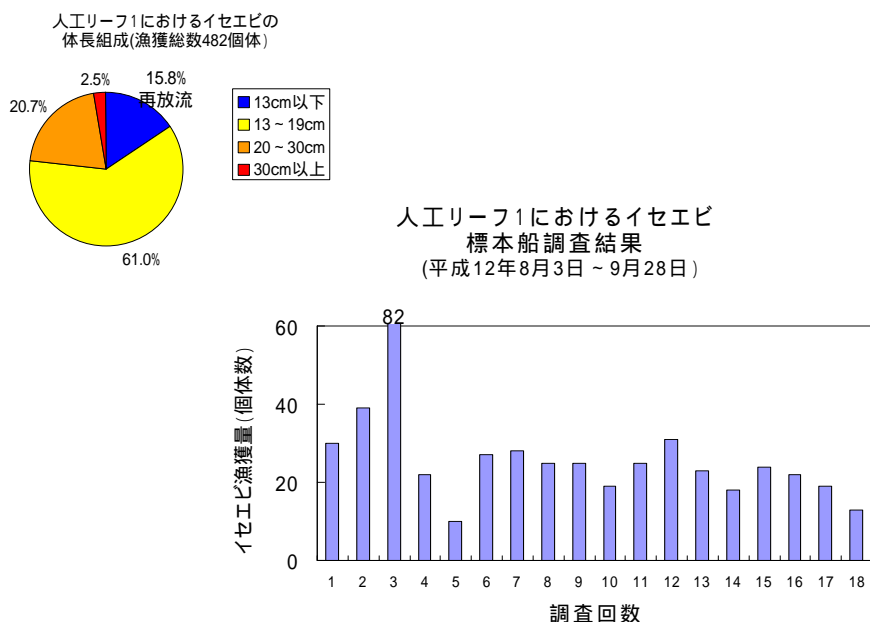


図18 イセエビ漁獲数調査(標本船)



(サザエ)

2001年4月に人工リーフ2に多数見られた小型個体の成長を追跡した(図19)。2001年4月には湿重量25~49gにモードがみられたが、2002年4月には100~149gにモードがみられた。個体数は1ブロックあたり最大60個体に達したが、1年後には1ブロックあたり最大20個体に減少した。当初小型個体は人工リーフ2の東側に集中して分布したが、2003年に入るとこのような状況は見られなくなった。2003年7月にはすべて100g以上の個体となり、小型のサザエはほとんど見あたらなかった。ブロックあたりの個体数は5個体前後となった。

その後2003年末に再び小型のサザエが大量に発生した。このような卓越年級群の発生は、人工リーフ設置当初にも確認されている。以上のことからサザエの増殖効果が期待できよう。

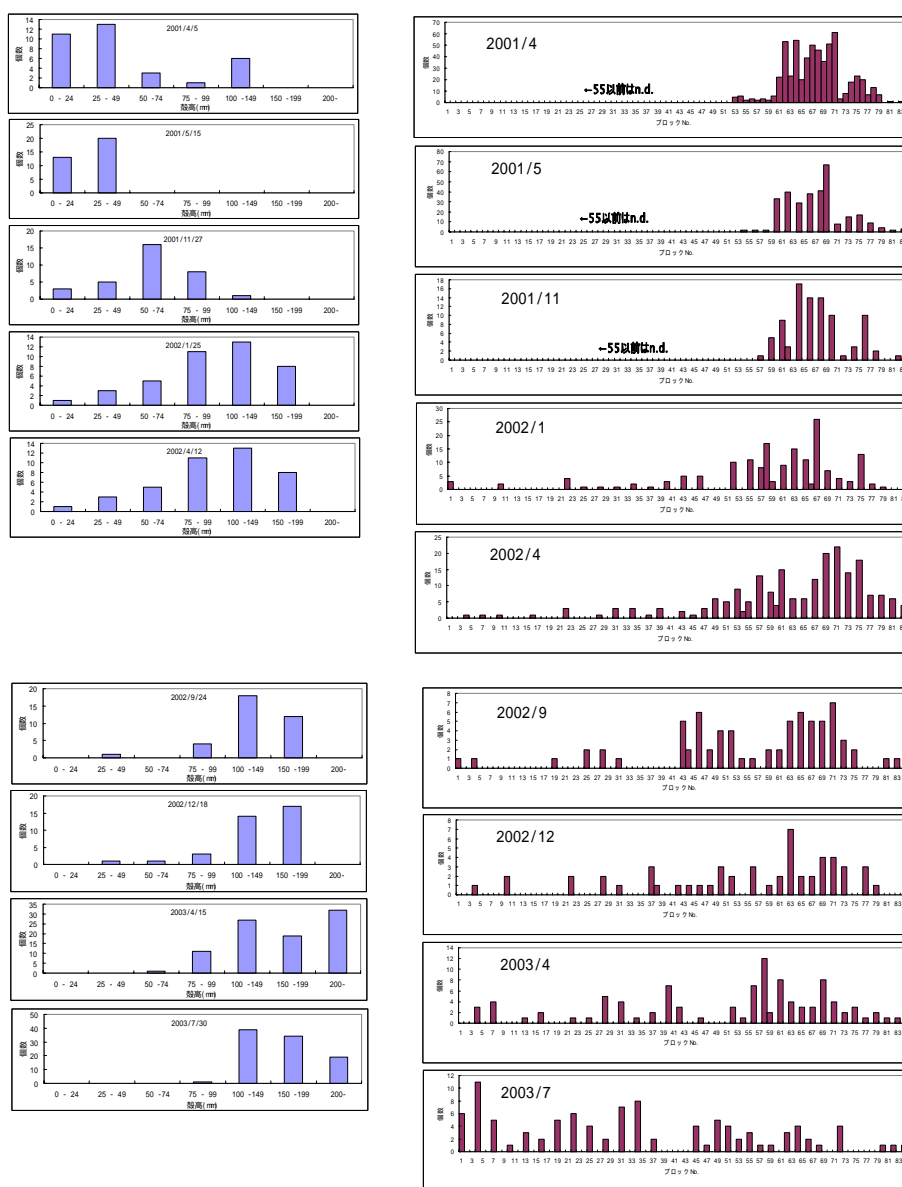


図19 人工リーフ2におけるサザエ分布調査結果

( マナマコ )

人工リーフ 1 において、マナマコの分布調査を行った。マナマコは、より価格の高いあかなまこが、毎年冬季に多くみられる状況にある。例えば 2000 年 3 月には、調査した 24 個のブロック中 5 割に 20～49 個体と高い分布密度が見られた。( 図 20 )。

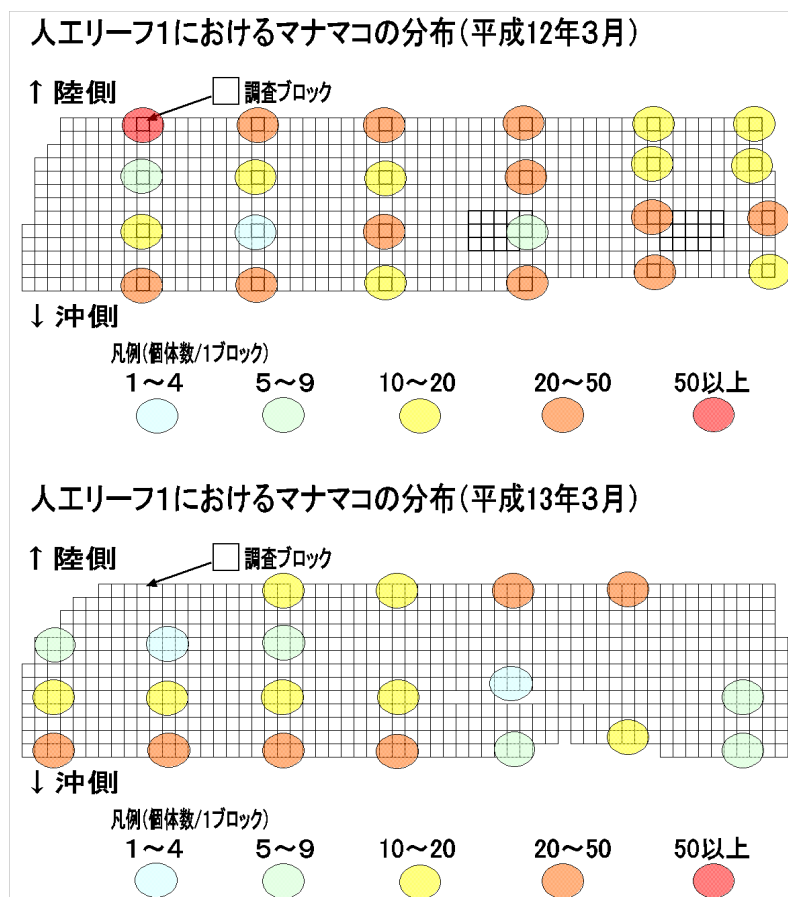


図 20 人工リーフ 1 におけるマナマコの分布

## 5 今後の課題

- ( 1 ) 人工リーフに分布するカジメの一次生産速度を実測し、これを天然藻場と比較する。人工基盤上に生育するカジメ藻場の特性がより明らかとなる。
- ( 2 ) 着底直後の稚魚の定量採集と増殖効果の検討。
- ( 3 ) 波浪、流速等物理環境に対するカジメの応答の解明。

以上