

調査課題名

人工リーフ等海岸構造物の藻場造成効果と波浪条件の調査

実施機関及び担当者名

神奈川県水産技術センター相模湾試験場

木下 淳司・石黒 雄一

石戸谷 博範・川原 浩

独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所

桑原 久実・山内 功

調査実施年度 平成 16 年度～平成 18 年度

まえがき

水産基盤整備において藻場造成は重要な課題の一つである¹⁾。藻場を造成するためには、対象とする海域の藻類分布の制限要因を人為的に緩和する必要がある²⁾。波浪と流れ、すなわち海域の流動環境は藻類群落の分布を決める制限要因の一つであり、強すぎる流動は藻体を流失させるが、適度であれば摂食生物の摂食を妨げるとともに栄養塩の供給や浮泥の除去を促進する。しかしこれらの関係を定量的に評価した事例は少ない^{3) 4)}。そこで本調査は流動環境と藻類群落の分布の関係のうち、カジメを対象として、本種の群落が分布できる流動環境の上限を示すこと(調査1)、およびカジメを摂食する代表的な魚類の1種であるアイゴの摂食に及ぼす流動環境の影響を理解すること(調査2)を目的として、フィールド調査および流動環境の数値解析を行った。第二に漁港構造物自体が有する藻場造成効果や保護育成効果等、いわゆる多面的機能に対する近年の関心の高まりに伴い、これを具体的に裏付けるデータが必要とされている。そこで小田原漁港海岸に設置したそれぞれコストの異なる5基の人工リーフを対象に、藻場造成効果(調査3)ならびに保護育成効果(調査4)の評価を行った。

調査結果の水産基盤整備事業への具体的な反映として以下の4項目があげられる。

- 1 カジメが分布可能な流動環境の範囲が分かり、藻場造成における適地選定の精度が向上する。
- 2 アイゴの摂食を受けにくい地形や構造物の特性が分かり、摂食防止対策に役立つ。
- 3 藻場造成に使用する基盤のコスト軽減に役立つ。
- 4 漁港構造物自体が藻場造成効果、保護育成効果を有することの実例が得られる。

調査のねらい及び方法

調査1 カジメが分布可能な流動環境

今回調査を行う相模湾西部の御幸の浜は、外洋に面した全国有数の急深地形の海岸であり、台風等低気圧通過時には大波浪が打ち寄せる（神奈川県西部漁港事務所調べ）。従ってカジメの分布可能な流動環境の調査に適していると考えられた。御幸の浜海岸には幅2 kmにわたり、1992年度から2003年度にかけて5基の人工リーフが設置された（図1）。

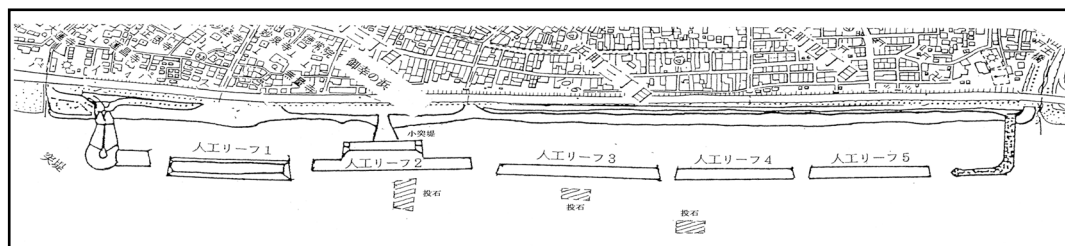


図1 相模湾西部，御幸の浜海岸人工リーフ位置図

人工リーフ1において神奈川県がカジメ移植により藻場造成を行った結果、水深3 m以深の被覆ブロックにカジメ群落が形成された⁵⁾。本調査では、この群落が2001年9月11日の台風15号通過時に局所的に流失した際の流動環境を、数値解析により再現した。このときの、カジメが残存した場所と流失した場所における、流動環境の違いを求め、カジメ群落が存続可能な流動環境の範囲について検討した。数値解析に用いた沖波データは（独）防災科学技術研究所平塚実験場より提供を受けた。平塚沿岸の波浪データの補正等のため、人工リーフ沖側の水深8 m点において、圧力式波高計（アレック電子製 CWH）および電磁流向流速計（アレック電子製 CEM）を用いて波高および流速の連続観測を実施した。

本調査では、波・流れ共存場として、波浪場の計算を斜面の砕波変形や人工リーフ上のエネルギー減衰を考慮したエネルギー平衡方程式、海浜流は水平面内の平衡流に関する連続式・運動方程式を用いて解析を行った。砕波の判定には合田の砕波指標を用いている。数値解析の解析領域は、他の人工リーフによる流動環境の影響を考慮して、小田原漁港海岸に設置されている5基の人工リーフのうち、図2に示す南西側の3基（人工リーフ1～3）を対象とした。実際の計算は波向を考慮して南西方向に領域を確保し、320m（岸沖方向）×2000m（汀線方向）の範囲について計算を実施した。計算格子間隔は設置ブロック寸法に合わせて4 mとした。この調査1と、以下に示した調査2では人工リーフ1における解析結果をもとに考察した。調査3では人工リーフ1～3における解析結果を使用した。

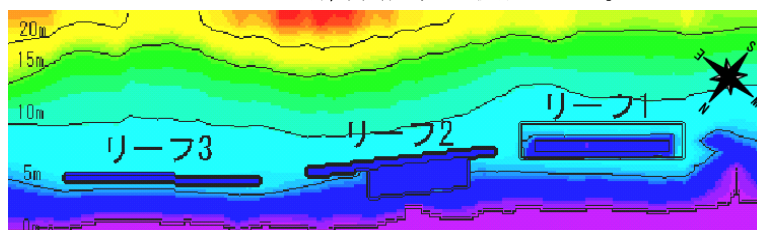


図2 解析領域

調査2 藻食魚アイゴの摂食を受けにくい場所の特性

近年、藻食魚類の摂食を原因とした藻場の衰退が各地で深刻となっている⁶⁾。相模湾西部の御幸の浜海域では、2004年10月を中心に人工リーフ1の沖側法面に分布するカジメ群落が、アイゴにより顕著に摂食された。ところが岸側法面では摂食が明らかに少なかった。波浪条件の違いがこのような差違をもたらしたとの仮説を、数値解析により検証した。数値解析の方法は、調査1と同様である。

なお人工リーフ1の岸側と沖側における濁度の違いがアイゴの行動に影響した可能性を検討するため、2006年10月30日から12月12日にかけて人工リーフ1の岸側と沖側の濁度の測定を行った。両地点の海底直上で潜水により500m³を採水した。実験室に持ち帰りミリポア製口径0.45 μ mメンブランフィルターでろ過し、フィルターを60度で恒量になるまで乾燥した後、デシケーターで冷ましてから秤量した。

調査3 漁港構造物（人工リーフ）の藻場造成効果

エックスブロック（株 不動テトラ製：40t）を使用し設置コストが高かった人工リーフ1（図3）および三柱ブロック（株 三柱製：40t）を使用し低コスト化された人工リーフ2-5（図3）の、カジメとホンダワラ類生育基盤としての特性を明らかにした。2005年3月に潜水調査を実施した。それぞれの人工リーフにおいて岸-沖方向に調査測線を設け、カジメおよびホンダワラ類被度を目視により調査した。

調査4 漁港構造物（人工リーフ）の保護育成効果

上記の人工リーフ1～5において水産有用生物の分布や漁獲量を調査した。

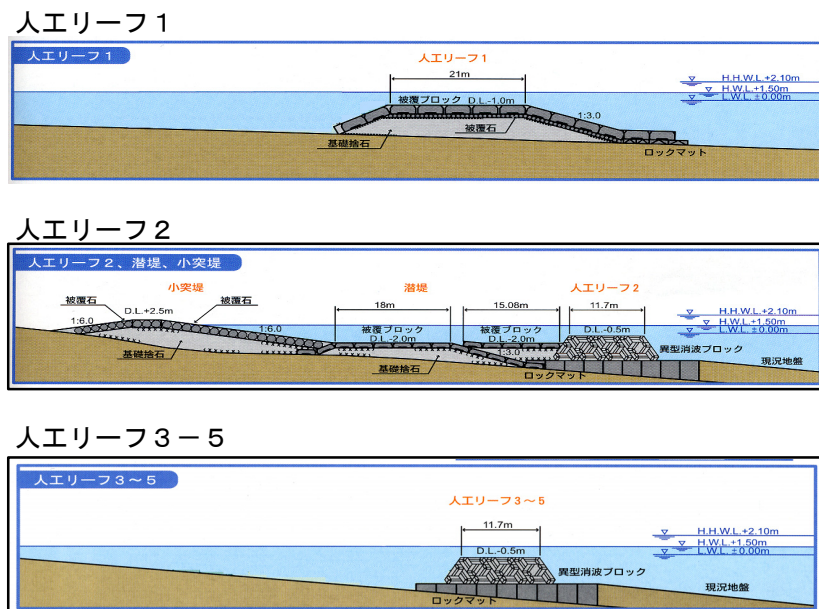


図3 人工リーフ1-5の断面図

調査結果および考察

調査 1

解析の妥当性を検討するため、2004年12月10日を対象として計算を行い、現地データと沖波データとの比較を行った。沖波は（独）防災科学技術研究所平塚実験場により観測されたデータを補正して与えた。図4に人工リーフ1沖側の波浪観測点における波高流速の計算結果と現地データの相関を示した。波高相関は相関係数が0.99と非常に高く、流速についても波高に比べれば低いものの（相関係数0.79）概ね一致した（図5）。この結果より、本解析における流動環境の再現性が確認された。

数値解析に用いる生物データとして、カジメのサイズ組成と密度の経月変化を整理した。2001年9月にカジメ群落が流失した部分（○）のカジメ被度変化は、2001年3月に被度50～100%であったものが、台風通過後には25%以下となった（図6）。カジメが残存した部分の被度は概ね50%以上あった。その後2001年12月から2004年5月にかけては、大波浪による群落の再度の流失は見られなかった。この間カジメ群落に設けた定点では幼体を除くカジメ密度は7～16本/m²で推移した（図7）。

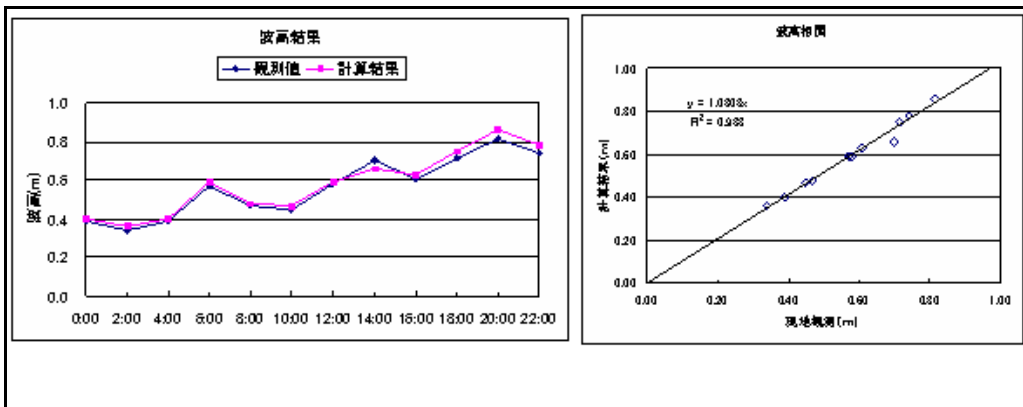


図4 波高観測値と計算結果の比較

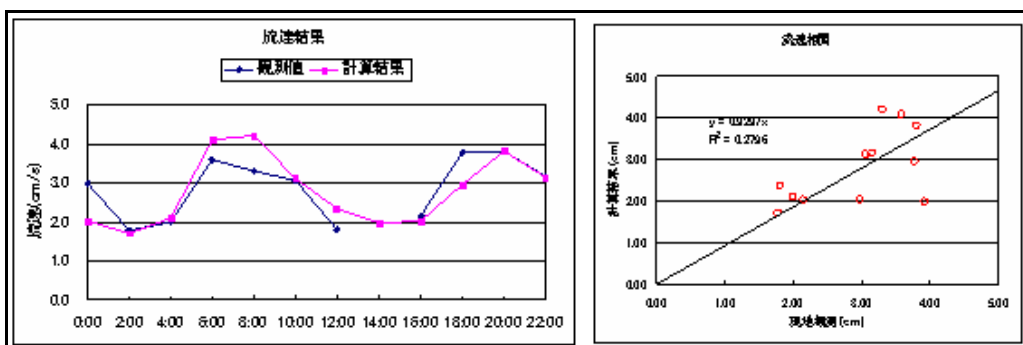


図5 流速観測値と計算結果の比較

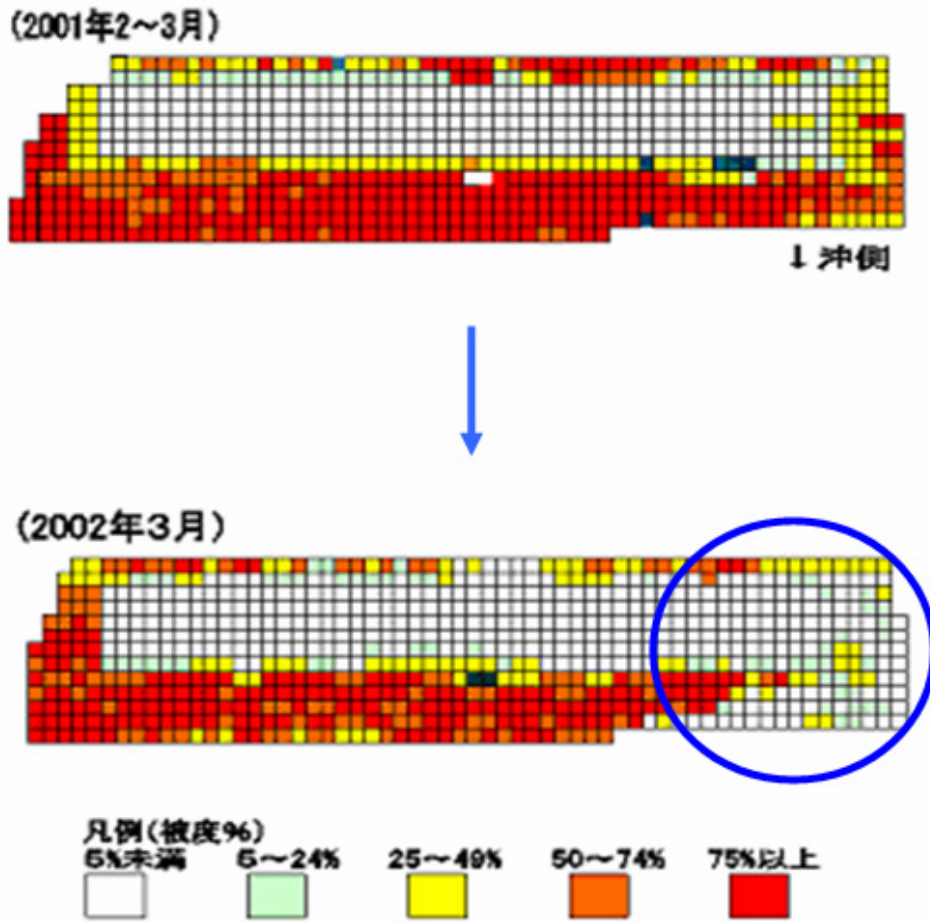


図6 カジメ流失と被度の変化

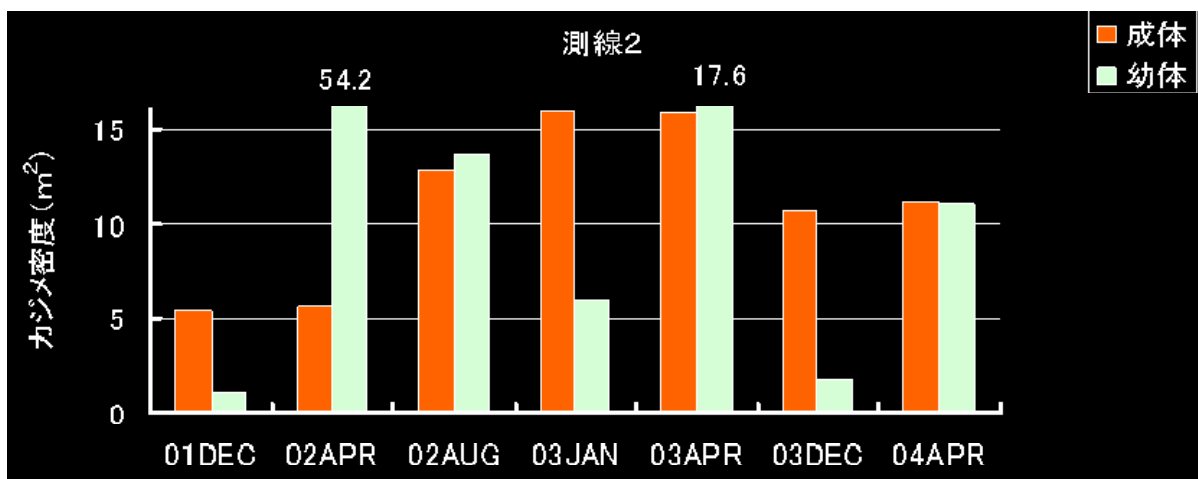


図7 カジメ密度の季節変化

2001年9月11日の台風15号通過時に最も高い波高が観測された時間帯における波高解析結果を図8に、流速解析結果を図9に示した。

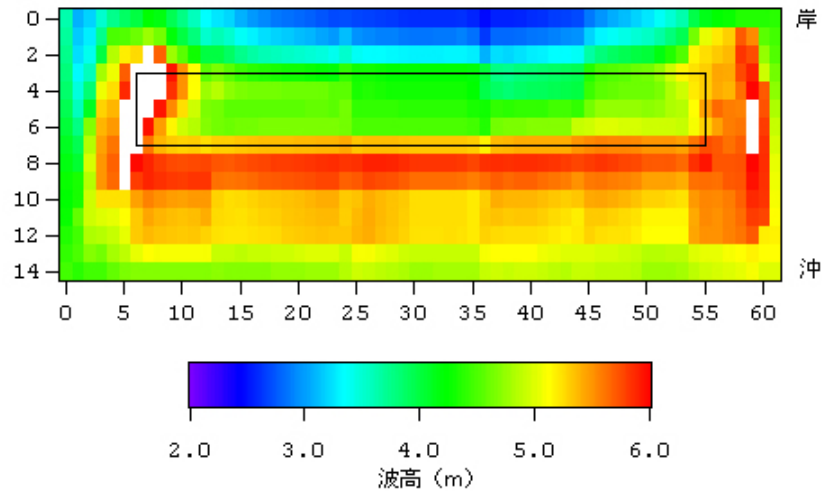


図8 波高解析結果

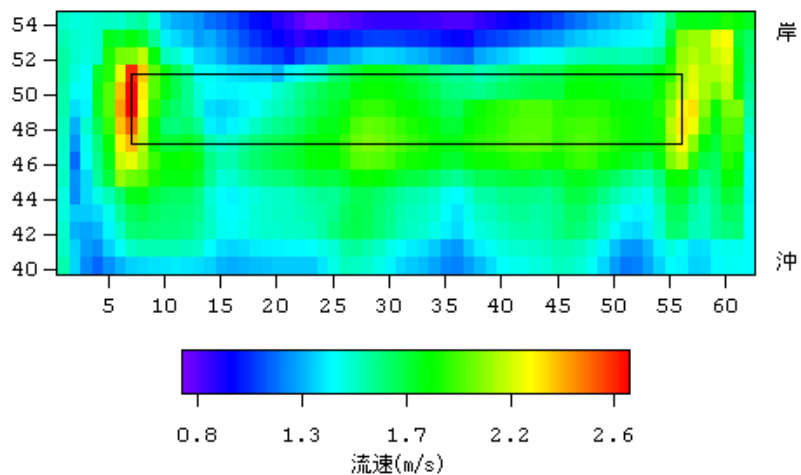


図9 流速解析結果

来襲波高が非常に大きいため、天端到達前に砕波した。カジメが流出した部分とその近辺では波高の増大が見られ、他の同水深帯よりも大きい分布（5.5～6.0m）となっていた。前面の水深が大きいため、高波高時では人工リーフ1天端へ向かう波浪は、来襲と同時に砕波しやすいと考えられた。流速は天端とその周辺で2.0m/sを超える強い流れが生じていた。カジメが流出した場所とその近辺の流速は1.8～2.0m/sの分布となっていた。ところが、人工リーフ1南西部で同等の流速が生じており、そこでのカジメ流出の形跡が特に見られなかった。おそらく、流出部では砕波の衝撃力によってさらに流速が増大していたと考えられた。我々が採った解析手法では砕波による衝撃力の再現、評価は困難であるが、人工リーフ1のカジメ群落においては、波高5.5～6.0m、流速1.8～2.0m/sが発生する状況が、カジメ群落の流出が起こりうる条件と考えられる。

調査 2

アイゴの摂食によるカジメ密度の経月変化、摂食を免れた範囲の特定、およびその範囲の流動環境特性を示すための数値解析を行った。まずアイゴによるカジメの摂食の経過について述べる。2004年10月8日まで顕著な摂食は見られなかった。次に調査を行った10月26日には、すでに多くのカジメで葉部の消失が見られた(図10)。摂食を受けた人工リーフ1のカジメを採集し、水産大学の野田幹雄先生に観察していただいたところ、アイゴ成魚の食痕であるとの判定であった(図11)。また摂食速度の速さから、比較的規模の大きな群れであったと考えられるとのことであった。カジメの密度は摂食される前の9月には9本/m²程度であったのが、10月には7本/m²、11月には2~4本/m²となり、12月には1本/m²以下となった(図12)。ただし10月の時点でほぼ全てのカジメが損傷を受けており、11月以降さらに摂食されたか枯死したものと考えられる。アイゴの摂食によって失われたカジメの現存量は18t、現存量の77%であるの見積もられた。アイゴの摂食が始まった2004年10月は、比較的高水温、低塩分の時期であり、降雨、台風の通過に伴う低透明度、大波浪の期間があった。これに対して人工リーフの陸側ではカジメ密度は8~9本/m²で推移し、サイズ組成の顕著な変化も見られなかった。これらのことから、陸側ではほとんど摂食を受けていないと考えられた(図13)。

なお人工リーフから約2km南西に位置する米神、根府川地区の天然のカジメ藻場でも、局所的に摂食が起きたとの情報が、漁業者からの聞き取り、および神奈川県による潜水調査から確認された。しかしいずれも小規模であり、神奈川県海面の天然カジメ群落における大規模な摂食の発生は見あたらなかった。

人工リーフ等の構造物周辺では、一般的に構造物と海岸の間の濁度は、構造物の沖側よりも高いため、濁度の高い岸側へのアイゴの進入が妨げられた可能性がある(能登谷私信)。残念ながらアイゴの摂食が発生した2004年における調査会域における濁度は得られていない。しかし人工リーフにおける濁度条件は2006年においても目立った変化は見あたらぬ(木下観察)。そこで2006年10~12月の期間に、人工リーフ1岸側と沖側の濁度を比較したところ、岸側と沖側の差は小さかった(図14)。このため濁度の違いがアイゴの行動に影響した可能性は低いと判断された。



図10 2004年10月に見られたアイゴによるカジメの摂食



図 11 アイゴの食痕

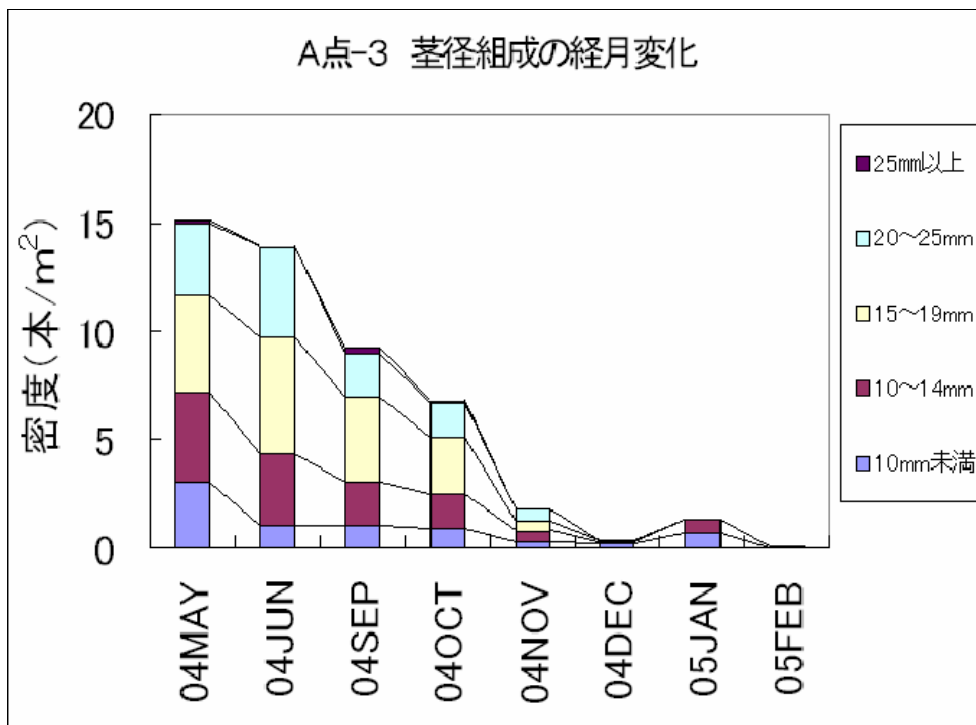


図 12 アイゴの摂食によるカジメ密度減少

(2004年12月)

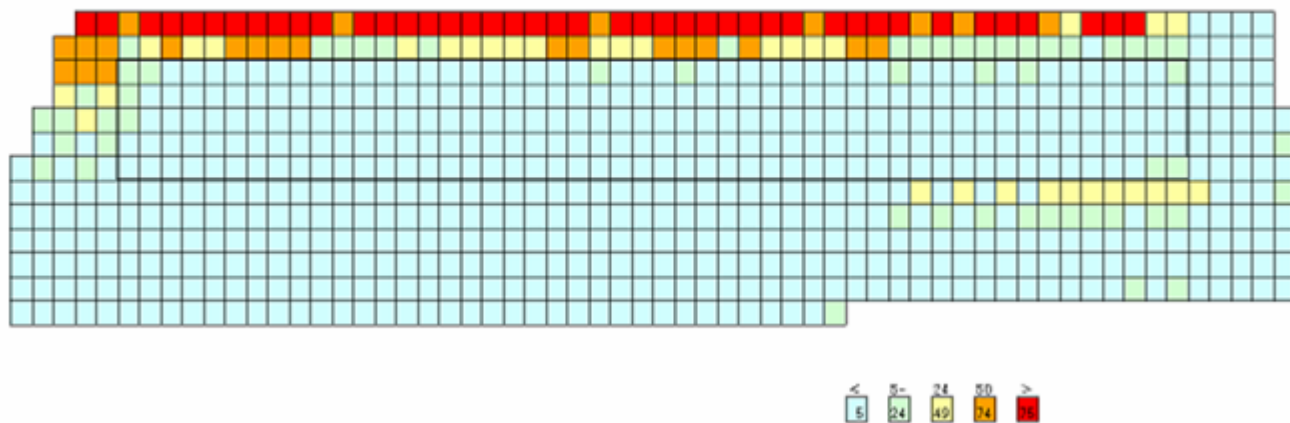


図 13 カジメ被度分布 (2004 年 12 月)

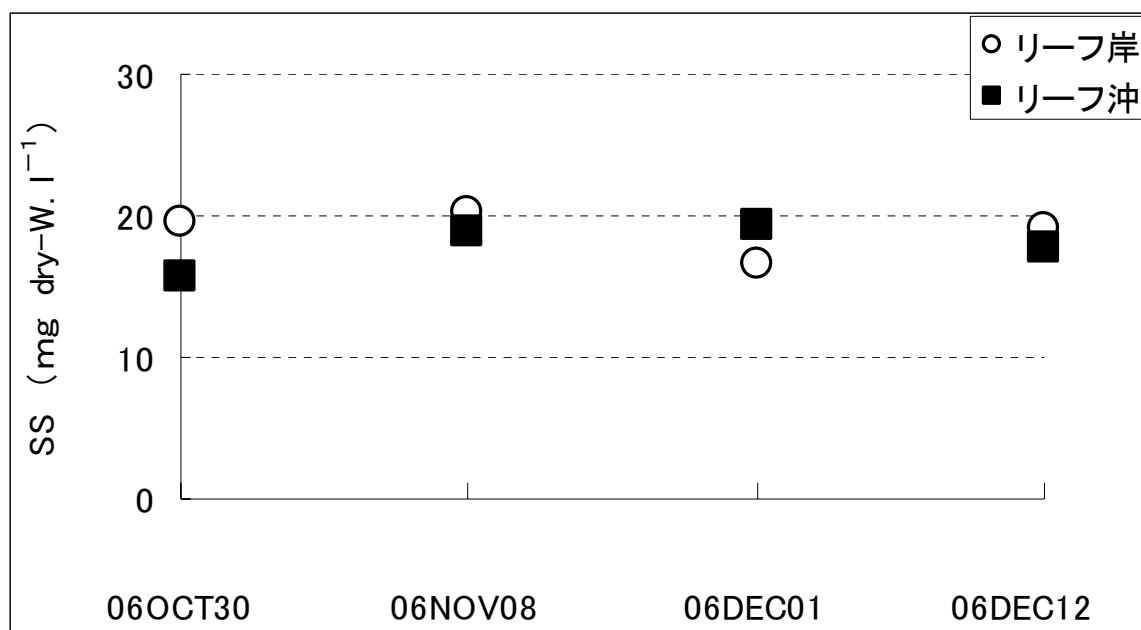


図 14 人工リーフの岸側と沖側の濁度

図 15 にアイゴの摂食を受けた期間である 2004 年 10 月 8 日から 26 日を含む, 9 月 1 日から 10 月 31 日の波高経時変化を示した。摂食期間中, 台風 22 号 (10 月 9 日), 23 号 (10 月 20 日) により有義波高で 3m を超える大きな波高 (防災研) が観測された。静穏時の波高は 0.6m 程度で, 9 月と比べても特に差異は見られなかった。波向は, 9 月まで SSE~S 方向に変動していたが, 10 月以降は SSE 方向に卓越し, 時

化時にはS方向から来襲する傾向にあった。

アイゴ摂食期間中の台風時を除く波高(0.6m程度)では、人工リーフ1天端上においても砕波しないため、アイゴに対する影響は小さいと推測された。図16に人工リーフ1天端周辺の流速経時変化を示した。ライン1~3の全てにおいて沖側よりも岸側で流速が大きい傾向にあったが、北東側に行くほど沖側の流速が大きくなり、ライン3では沖側と岸側の流速の差は殆ど無くなった。10月20日の台風23号通過時では全地点で1m/sを超える流速を示した。

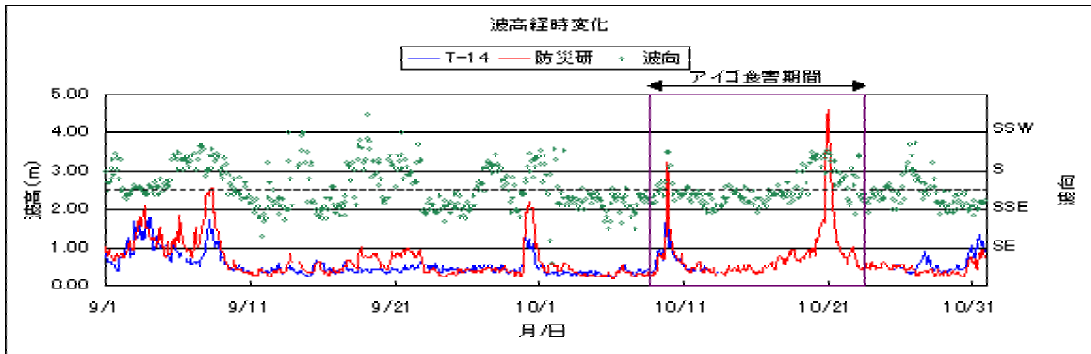


図15 波高経時変化

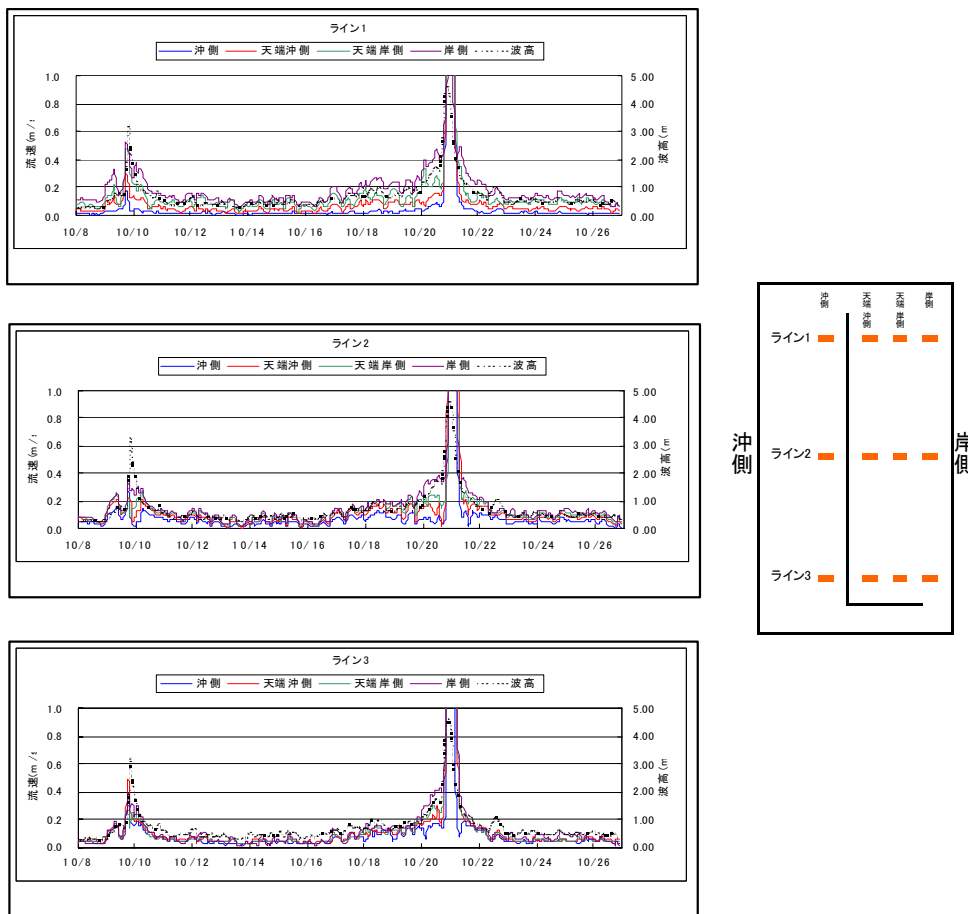


図16 各地点における流速経時変化

人工リーフ1全体の流速を把握するため、流速発生率の平面分布図（図17）を示した。これは期間中に一定の流速を超える割合について表した。図の下側が沖方向、上側が岸方向である。0.2m/s以上の流速は岸側で多く発生しており、特に南西側で20%を超える地点が多く現れた。0.4m/s以上になると発生率は極端に下がり、天端上及び岸側で広く分布した。0.6m/s以上では人工リーフ1中心から北東側で多く発生したが、これは南西側に比べ前面水深が少し浅く、高波高時になるほど北東側前面で砕波が起こりやすくなっていることから、大きな流速が発生したと考えられた。流速の計算結果から、沖側や天端に比べ岸側で流速が大きく、発生頻度も多いことが判明した。これはカジメの被度の調査結果による摂食を免れた範囲と概ね一致した。さらに0.2m/sec以上が出現した範囲では波と流れが直交（90度）する傾向が見られた（図18）。さらに静穏時（波高0.44mを設定）には人工リーフ1の両端で渦が発生すると考えられた（図19）。

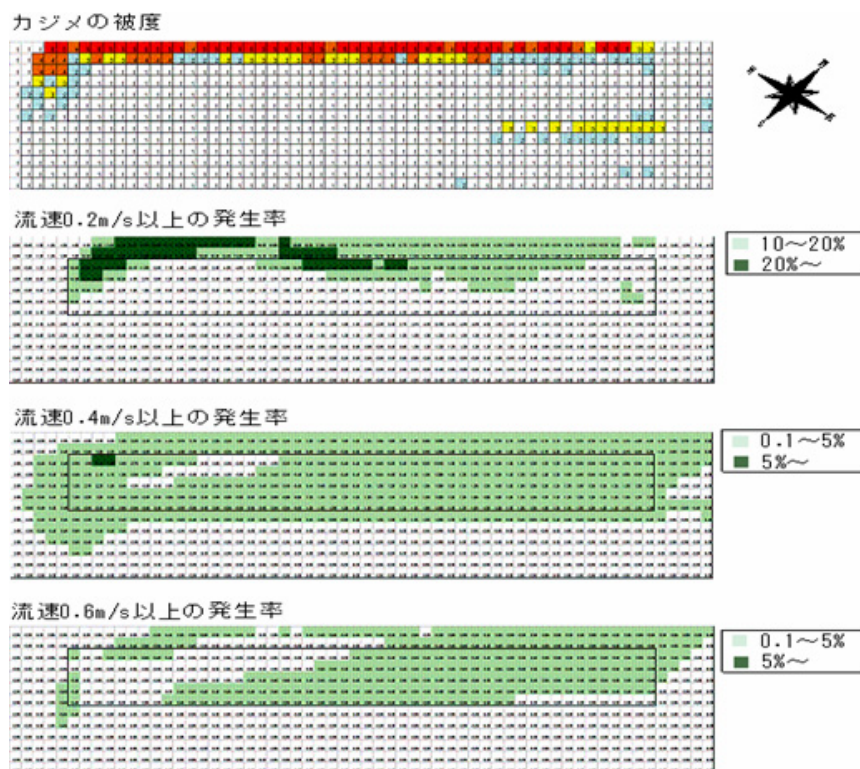


図17 流速分布図

解析の結果をまとめると次のようになる。人工リーフ1両端では循環流が形成されており、波向きにより循環流が弱まっても天端周辺で人工リーフ1と平行な強い流れが生じることが示された。また藻場が残っていた地点は摂食を受けた地点よりも大きい流速が発生していたことが確認された。この結果から人工リーフ1岸側のカジメがアイゴの摂食を受けなかった理由として、堤体背後へのアイゴの進入が循環流により制限されていた可能性が考えられる。このことは人工リーフ1南西の側面部に残っていたカジメの境界部と流れが発達している範囲が概ね一致していたこ

とからも伺える。また進入した場合でもリーフ岸側は流れが強く、振動流と海浜流の方向がほぼ直交しているため、定位して摂食しにくい状況にあったのではないかと推察される。

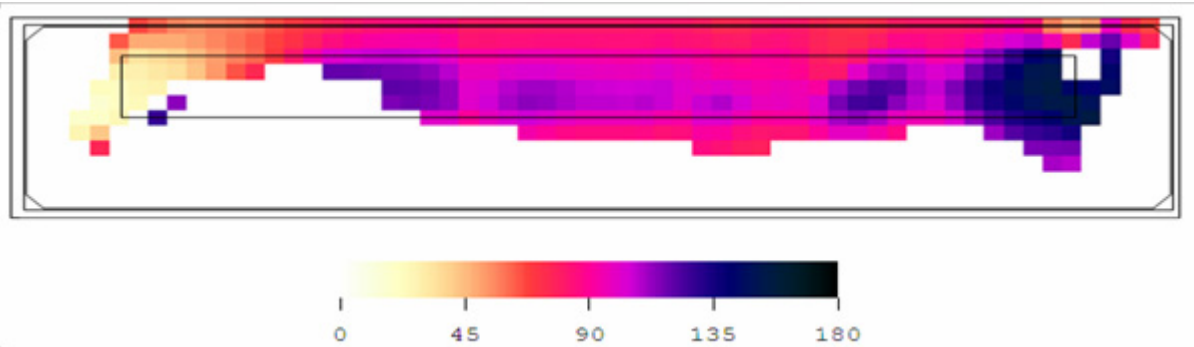


図 18 人工リーフ 1 周辺の波と流れの角度差

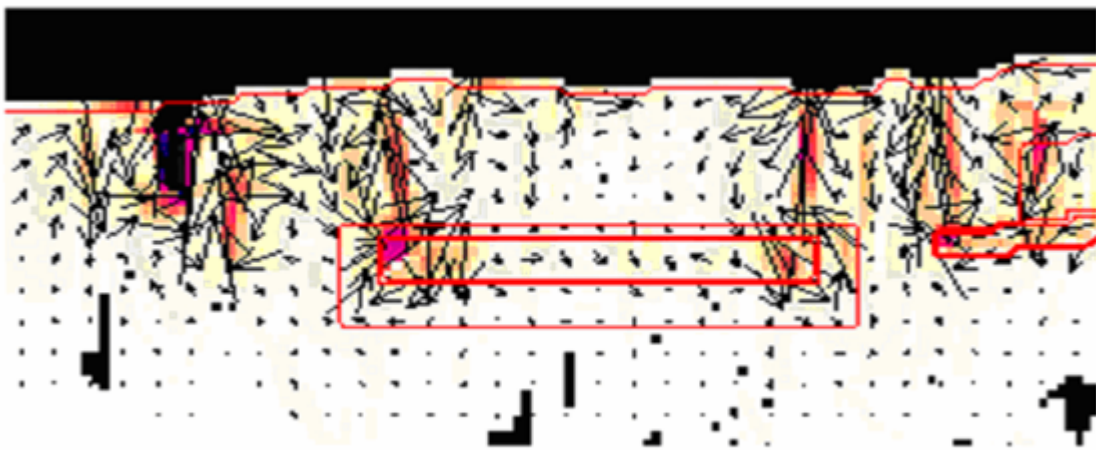


図 19 波が直角に入射しているときのベクトル図（人工リーフ 1 の拡大）

2005 年においても人工リーフの沖側にわずかに残されたカジメが、アイゴによって摂食された。しかし岸側の濃密なカジメ群落では摂食がほとんど見られなかった。そこでこの期間における流動環境を、2004 年と同様に数値解析で再現した。アイゴによる食害が発生した 2005 年 6 月～8 月において、(独) 防災科学技術研究所平塚実験場で観測された波浪データを図 20 に示す。7 月と 8 月に台風通過により有義波高で 4m を越える波浪を 2 回記録している。期間全体としては波高の 80% 以上が 1m 以下と静穏時が多く、周期の 70% が 6 秒以下であることから、来襲波浪の大部分が風波に分類される (図 21)。2004 年度の同時期には 2～3 週間程度静穏状態が連続する時期があったが、2005 年度は断続的に 1m を超える波浪が来襲しており、長期の静穏期間は特に見られない。

2004 年は大規模食害により、食害時期の特定が容易であったが、今回の事例では食害期間が長く、食害時期の特定が困難である。そのため、これまでの調査事例で

アイゴの主な活動時間帯と考えられる日中（5～19時）のうち、静穏時（波高 1.0m 以下）に限定して解析を実施した。

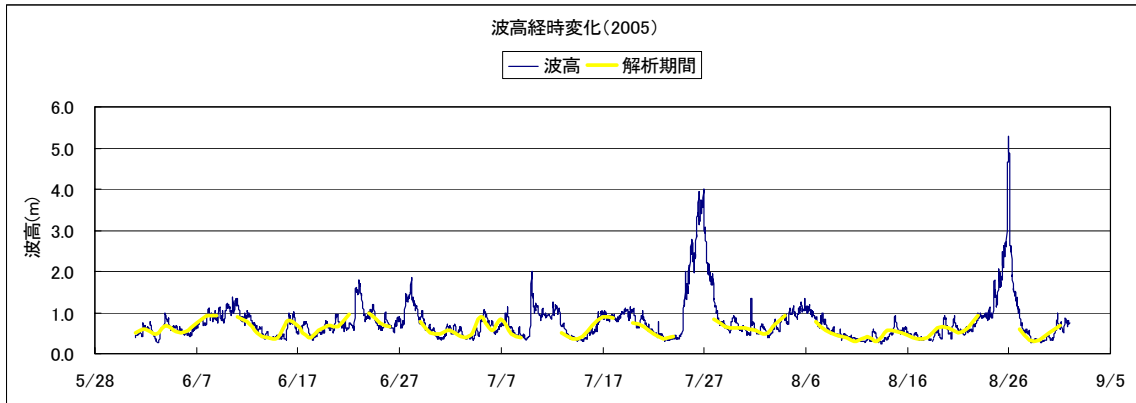


図 20 2005 年 6～8 月の波浪状況と解析期間

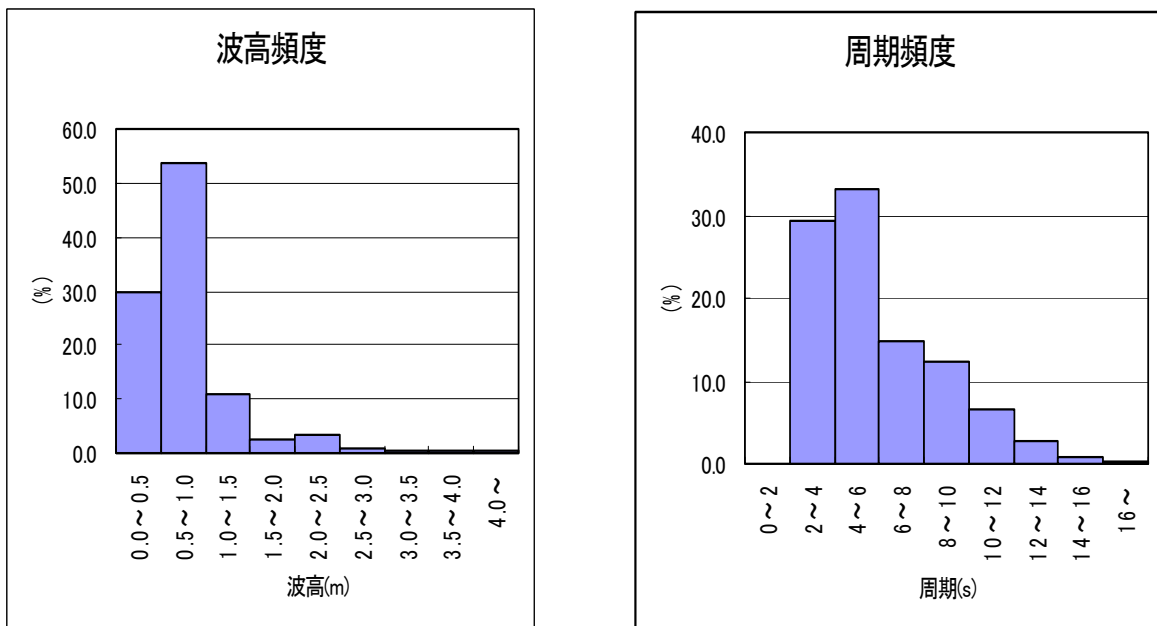


図 21 波高・周期頻度

図 22 に領域全体の流況解析結果の例を示す。流況は波流れ共存場（波動流と海浜流の合成）で図中の矢印は海浜流の大きさと方向を示している。

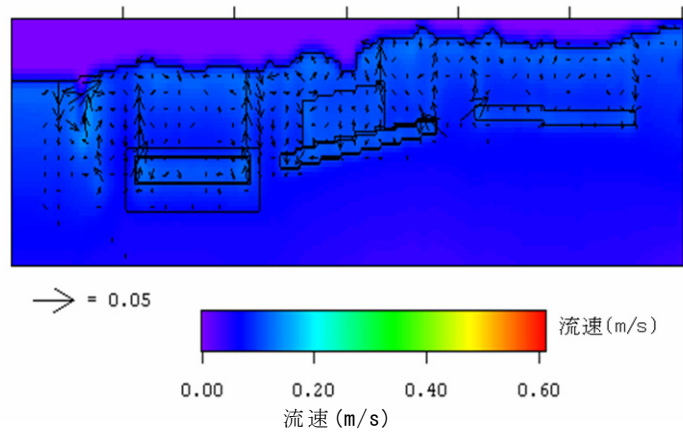
静穏時（7月23日）は波高が小さいため人工リーフ天端上でも浅水変形が小さく、周辺の流速と大差がない。海浜流は小さいながらも各人工リーフ天端のから岸側にかけて発生し、特に端部で生じる。波高頻度が最も多い0.5mでは、天端上での流速増加が顕著に表れ、リーフ2背後の潜堤部でも天端部と同等の流速が生じる。海浜流の発生範囲も拡がり、リーフの沖側での発生も見られる。また背後では循環流の生成が見られる。波高が1.0mにもなると、天端上で砕波が起こり汀線と平行な海浜流が生じる。これに伴い、人工リーフ両端に生じる循環流の範囲も拡大し、人工リーフ1の周囲では人工リーフ2と突堤の影響により流速が0.5m/sを超え、複雑な流れの様相を示す。人工リーフの沖側と岸側のそれぞれの流速発生頻度を図23, 24に示す。左側が流速（振動流+海浜流）、右側が海浜流の発生頻度を表している。人工リーフ1に関しては沖側、岸側斜面全域の平均で表している。

人工リーフ1の沖側流速発生頻度は0.23m/sをピークとして、天端付近の浅水変形の影響により広範囲な流速分布となっている。岸側では発生ピークの流速こそ大きな差はないが、0.2m/s以下の流速が発生しない。平均流速にすると岸側で約1.2~1.5倍流速が大きくなっている。また、海浜流の発生頻度に顕著な差が現れ、岸側では静穏時に置いてもある程度の流速が生じている。2004年度の解析結果では来襲波浪が若干大きいため発生確率が流速の大きい方に僅かにシフトするが、概ね同様な傾向を示す。人工リーフ2の沖側は直立構造なので発生流速のピークが0.15m/s付近となり、人工リーフ1に比べ発生流速が小さい傾向にある。岸側は背後域の潜堤の影響により、人工リーフ1と同等な流速が発生している。しかし、天端幅が短く人工リーフ1よりも砕波しにくい環境のため、海浜流の発生頻度が低下している。人工リーフ3は直立堤のため流速の発生確率に岸沖で明確な差は出ないが、海浜流は静穏時でも0.05~0.10m/sの流速が発生している。

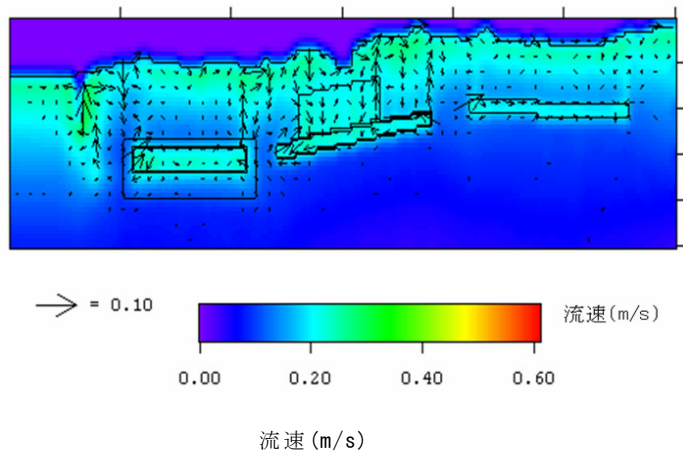
まとめ

2004~2005年にかけてアイゴの食害によって沖側のカジメは大きな被害を受けたが、岸側では被害を免れていた。解析結果から沖側と岸側の流動環境を見ると、3基の人工リーフとも岸側では沖側の1.2~1.5倍程度流速が大きく、海浜流の発生頻度も異なっていることが示された。この流動環境がアイゴの摂餌行動に影響を与えている可能性が考えられるが、静穏時の流速値自体が小さく、直接的に食害を防止していたとは断言できない。そこでもう一つ考えられるのが、アイゴの人工リーフ背後への侵入制限である。人工リーフでは静穏時においても両端に循環流が形成されやすく、人工リーフ間で複雑な流況となる確率が高い（入射波高が0.3m以上では概ね形成される）。また天端は水深が浅く大きな振動流が生じている。このため人工リーフ沿いに侵入しにくい状況にある。大きく迂回するにしても片側は突堤でふさがれているため進入路が著しく制限されている。このような有利な地形条件と人工リーフによる流動環境の変化が人工リーフ岸側の食害防止に寄与したと考えられる（図25）。

7月23日 波高 0.35m 周期 6.1秒 波向 143°



6月13日 波高 0.51m 周期 4.1秒 波向



6月22日 波高 0.95m 周期 6.8秒 波向

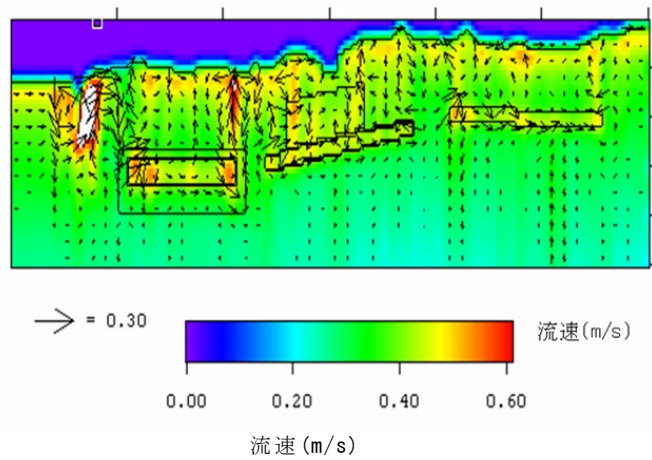


图 22 流況解析結果

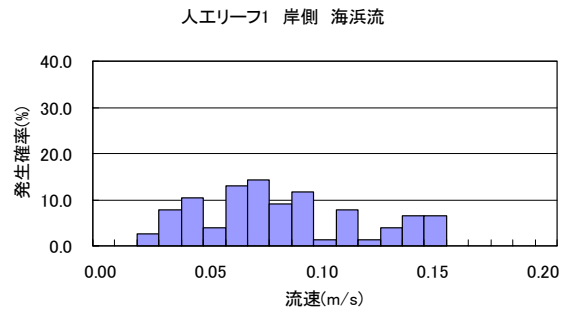
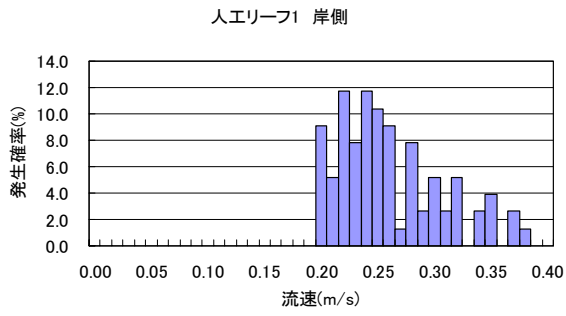
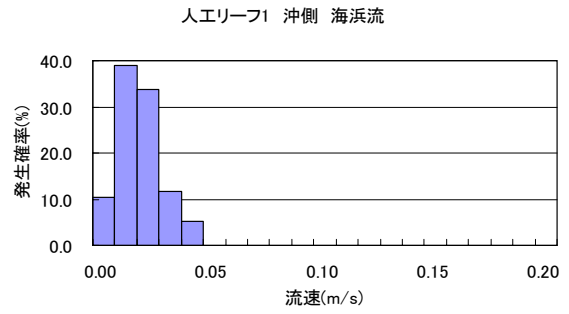
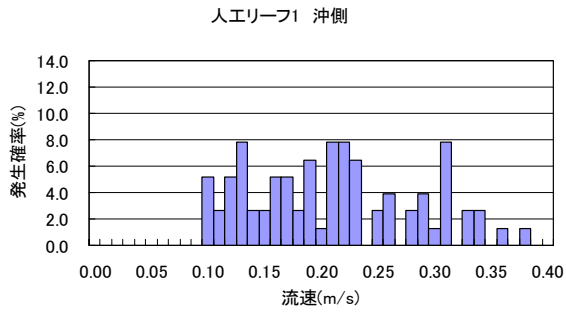
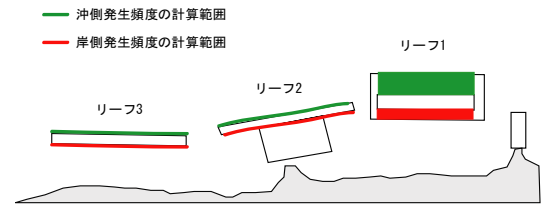


図 23 流速発生確率



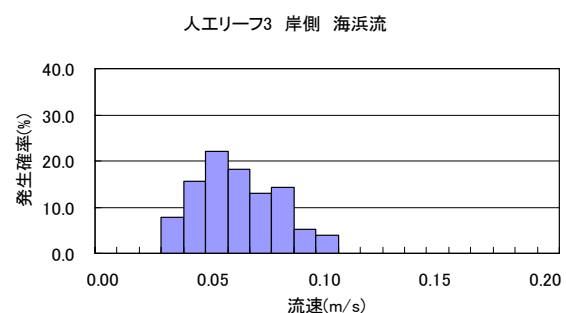
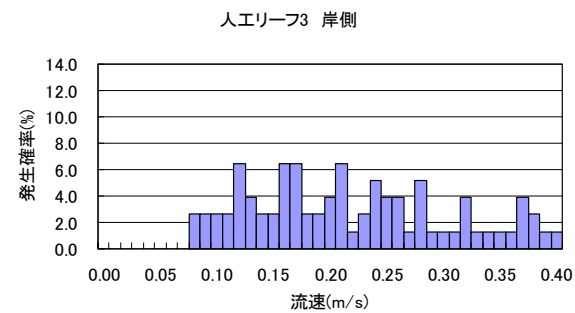
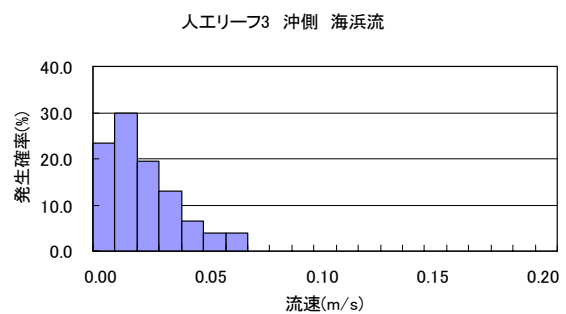
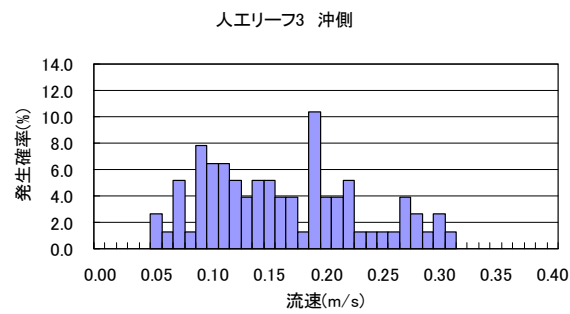
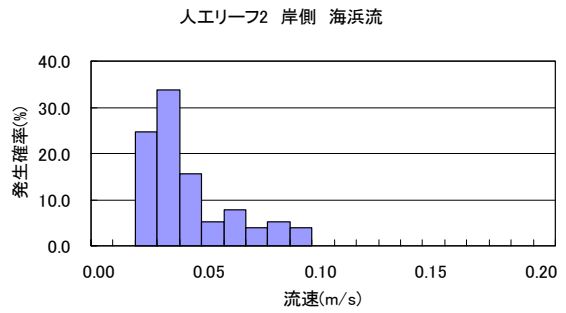
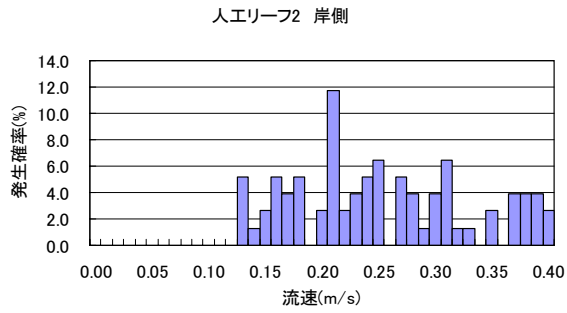
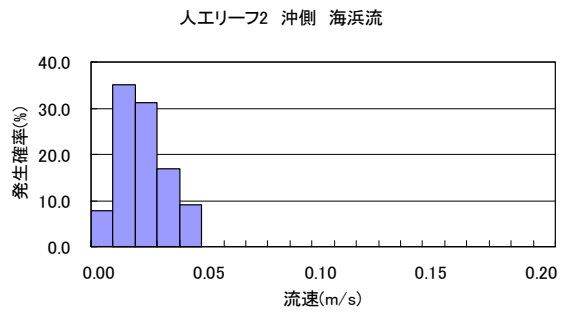
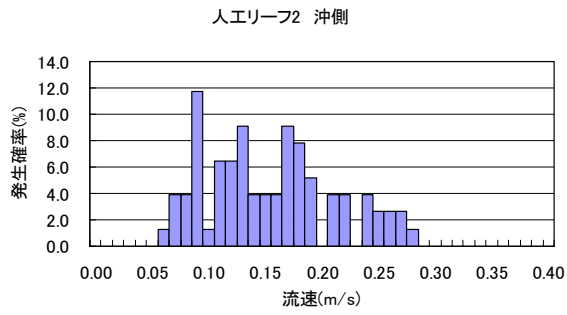
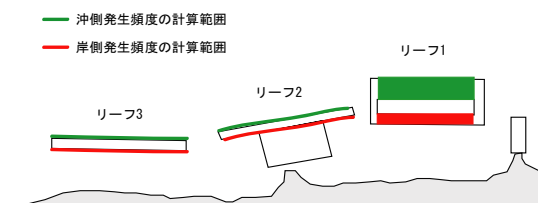


図 24 流速発生確率



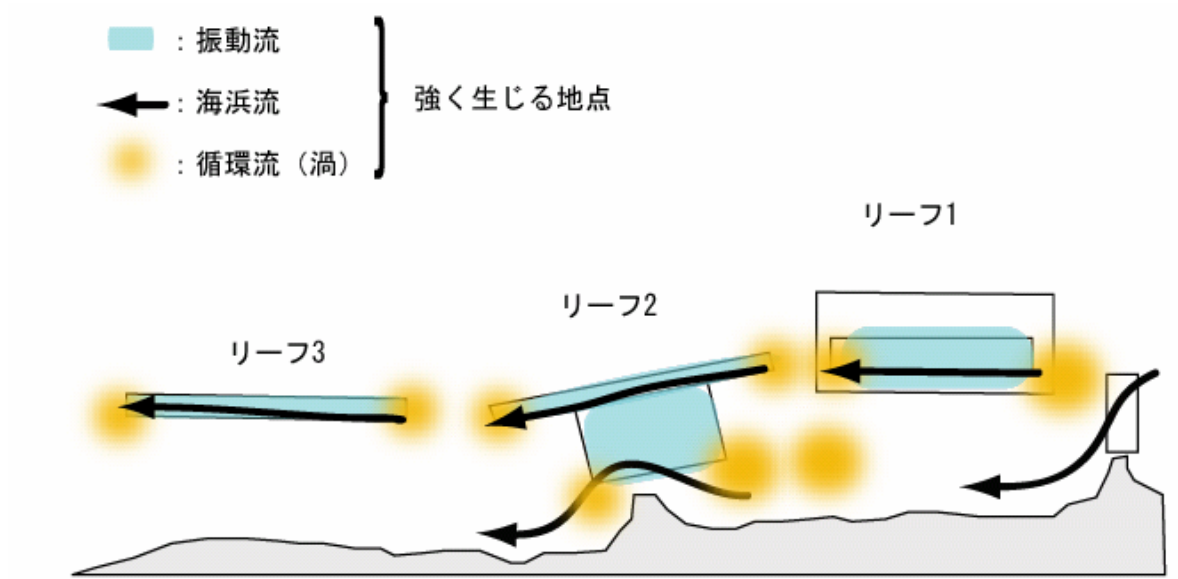


図 25 人工リーフ周辺の流動環境

調査 3

設置コストは人工リーフ 1 を 1.00 とすると、人工リーフ 2 以降は 0.34~0.45 程度であった。2005 年 3 月のカジメの被度は人工リーフ 1 で最も高く 80%，次いで人工リーフ 2 で 60%，人工リーフ 3 で 20%，人工リーフ 4，5 ではカジメは観察されなかった。いずれも堤体沖側では、カジメはアイゴによって激しく摂食されていた。人工リーフ 2 でカジメが多く見られたのは三柱ブロックを使用したリーフ本体ではなく、その岸側にある潜堤部分であり、ここはエックスブロックと投石が使用されていた。三柱ブロックにおいてカジメの被度が小さかった理由として、このブロックは空隙が大きいため、高波浪時の攪乱が増大しカジメにとって致命的となることが推察される。このことは人工リーフ 1~3 で発生する流速比較において（図 26）、人工リーフ 2, 3 は全体的に早い流速の発生率が高かったことから示唆された。三柱ブロックをカジメ附着基盤として用いる場合は、相対的に発生する流動の小さい、より深い水深帯に設置する必要があるだろう。ホンダワラ類はアカモクおよびイソモク主体に見られ、カジメと比べるとエックスブロックと三柱ブロックにおける被度の差は小さかった。これはホンダワラ類の主体が、より波あたりの強い場所に優占するアカモクであったことによると考えられる。

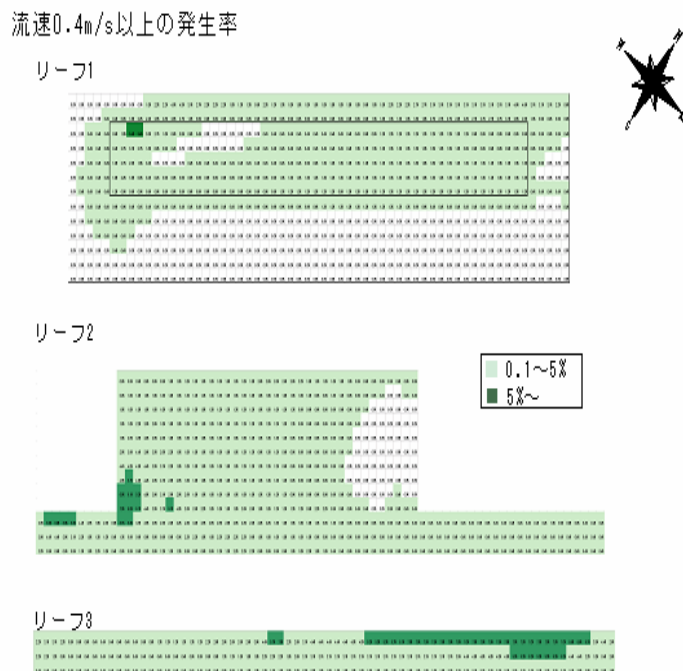


図 26 リーフ 1~3 の流速発生率

調査 4

人工リーフ設置海域の漁場利用状況を聞き取り調査した(表1)。人工リーフ1ではイセエビを刺網により、サザエ、アワビおよびマナマコを素潜りで漁獲していた。人工リーフ2-5も同様に素潜りの漁場となっていたが、人工リーフの構造上、刺網がかけられず、イセエビ漁は行われなかった。人工リーフ2と3の近傍の投石(図1参照)ではイセエビを刺網で漁獲した。これらの漁場利用は少なくとも1998年頃より行われていた。人工リーフ設置海域における、イセエビ、サザエ、アワビおよびマナマコの2005年および2006年の漁獲量を表2に示した。漁場利用が始まってから7~8年経過しているが、比較的多くの水揚げが見られた。

表1 小田原漁港海岸(人工リーフ)の多面的機能その2:漁場利用状況

場所	漁獲対象物				漁法
人工リーフ1	サザエ	アワビ	マナマコ	イセエビ	刺網・もぐり
人工リーフ2	サザエ	アワビ	マナマコ		刺網・もぐり
人工リーフ3	サザエ	アワビ	マナマコ		刺網・もぐり
人工リーフ4	サザエ	アワビ	マナマコ		刺網・もぐり
人工リーフ5	あまり利用されていない(設置間もなく資源が少ない)				
人工リーフ2の内側潜堤	イセエビ	サザエ	アワビ	マナマコ	刺網・もぐり
平成10年度投石	イセエビ				刺網
平成11年度投石	イセエビ				刺網
平成13年度投石	イセエビ				刺網
人工リーフ周辺の砂浜海底	タコ	キス、イナダ等			たこがめ遊魚(船および投げ釣り)

表2 人工リーフ設置海域における漁獲量(kg)

	イセエビ	サザエ	アワビ	マナマコ
2005年	261.7	7,222	441.6	104.3
2006年	395.3	2,890	526.9	3,816

調査3, 4の結果をもとに小田原漁港海岸(人工リーフ)の藻場造成効果, 保護育成効果についてまとめると次のとおりである。元来, 御幸の浜海岸は砂浜海岸であり, 周囲に岩礁もないことから, 海藻類の分布は乏しく, また磯根資源の漁獲もわずかであった。人工リーフは海岸の侵食対策として設置したが, これが築磯と同様の効果をもたらしたと考えられた。藻場の形成に関しては, 周囲に種藻場がないことから, 約2万7000本のカジメを移植することによって群落が形成されたが, それは本来御幸の浜海域が, 生育基盤と遊走子の供給があればカジメ群落が形成される環境にあったことによる⁵⁾。設置コストの高い人工リーフ1は, コストの低い人工リーフ2~5と比べて藻場造成効果が高かった。これは使用した人工基盤とその配置が概ね適切であったためである。保護育成効果については, 人工リーフ2~5はカジメの密度が低かったにも関わらず, 人工リーフ1に匹敵する効果が見られた。ただし人工リーフ2~5は, その構造上, 刺網漁を行うことが困難であった。人工リーフ2~5について, より藻場造成効果を高め, また漁場としても利用するためには, 三柱ブロックの沖側および岸側に, 別途藻場礁ならびに魚礁を設置することが効果的であろう。

最後に砂浜域は本来独自の生態系を形成しており, やみくもに藻場および磯根資源の増大を目指して築磯等を行うことは, 海域の生物相に影響を及ぼすおそれがある

る。岩礁域の人為的な拡大が、近年問題となっているアイゴ等の藻食魚類の分布を拡大している可能性も指摘されている⁵⁾。漁港および漁場造成（藻場を含む）における生態系への配慮が将来ますます必要とされることは明らかであり、より正確な影響評価手法の開発が今後の重要な課題の一つであろう。

引用文献

- 1) 中津達也, 2005: 水産基盤整備における藻場造成の推進, 水産工学, 42 巻 2 号, 185-187 頁
- 2) 寺脇利信・新井章吾・川崎保夫, 1995: 藻場の分布の制限要因を考慮した造成方法, 水産工学, 32 巻 2 号, 145-154 頁
- 3) 綿貫啓, 2003: アラメ・カジメ類の人工基質を用いた藻場の設計と技術, 能登谷正浩編著, 藻場の海藻と造成技術, 成山堂書店, 東京, 238-259 頁
- 4) 小笹博昭・村上和男・浅井正・中瀬浩太・綿貫啓・山本秀一, 1995: 多様性指数を用いた波高・港湾構造形式別の付着生物群集の評価, 海岸工学論文集, 42 巻, 1216-1220 頁
- 5) 木下淳司・山本章太郎・石黒雄一・山本貴一, 2006: 砂浜海岸に設置した人エリーフへのカジメ移植と群落の拡大, 水産工学, 43 巻 2 号, 139-149 頁
- 6) 藤田大介・野田幹雄・桑原久実, 2006: 海藻を食べる魚たち, 成山堂書店, 東京, 261 頁