

人工リーフを利用した藻場造成技術について

DEVELOPMENT OF SEAWEED BED ON ARTIFICIAL REEF

安藤 亘¹・岡野崇裕¹・佐貫 宏¹・小野 浩二²・伊藤 陽³・石田 和敬⁴
Wataru ANDO, Takahiro OKANO, Hiroshi SANUKI, Kouji ONO, Kiyoshi ITOU and Yasunori ISHIDA

¹正会員 社団法人 水産土木建設技術センター (〒104-0045 東京都中央区築地 2-14-5 サイエスタビル 3F)

²北九州市経済文化局整備課 (〒803-8501 北九州市小倉北区城内1-1 本庁舎8F)

³㈱三洋コンサルタント (〒802-8534 福岡県北九州市小倉北区京町 3 丁目 14-17 五十鈴ビル新館)

⁴国際航業(株)国土マネジメント事業部環境部九州環境グループ
(〒812-0013 福岡市博多区博多駅東3-6-3)

Three artificial reefs have been built off the shore of Waita in Kitakyusyu, Fukuoka Prefecture, which is to prevent the erosion of the seashore. During the construction, we started researching on the effects of these artificial reefs for the sands stability and the nursery ground, continuing for four years through its completion.

Although there are natural seaweed beds around this sea area, we were unable to observe any seaweed on the artificial reefs when two of them had been set up. Right after the third reef was placed, however, seaweed (*Sargassum*) beds began to spread.

Therefore, we examined if there was any correlation between changes of nearshore currents caused by the third one and the growth of seaweed on natural or artificial reefs. As a result, we suggest that the changes of currents improved the growth of seaweed beds.

Key words: Artificial reef, seaweed bed, *Sargassum*, nearshore current

1. はじめに

近年, 国民の環境への関心や漁業資源の減少によって, 干潟, 藻場, 湿地帯, マングローブ林, 珊瑚礁などの存在価値が見直されてきている。また, 海洋性レクリエーションの多様化が進んできたこともあって, 海岸施設は防災や国土保全だけではなく自然環境の保全, アメニティ機能の向上を考慮するよ

うにシフトしてきた。そして, 漁港海岸においても「魚を育む海岸づくり」や「水産協調型人工リーフ」の整備が行われているところである。

人工リーフや潜堤の水没型の構造物は, 以前から藻場が形成されて魚類やベントスの生息場, 隠れ場, 産卵場の空間を提供していることが知られている¹⁾。

表-1 人工リーフ生物涵養効果調査の概要 (平成 12 年度)

人 工 リーフ	堤体幅 (m)		延 長 (m)		水 深 (m)			基 質	生物状況の概要
					H.W.L	天端	地盤		
小沢海岸	40.0	完成	200	完成	0.8	2.4	4.7	石	スギモクやホンダワラの入植も確認されるが、全体的にウニが多く生息し、無節サンゴモが基質を優占している。
豊間海岸	22.8	暫定	123	暫定	1.5	2.5	5.5	ブ ロ ック	種類数は自然岩礁に比べて多いがアラメのような大型海藻は少ない。今後遷移する可能性がある。
入野海岸	31.8	暫定	117	暫定	1.8	1.8	4.3	ブ ロ ック	ほとんど大型海藻がみられない。
脇田海岸	20.0	暫定	100	完成	1.6	3.1	4.0	ブ ロ ック	春～初夏にかけてワカメが密生。夏～秋はサンゴ藻が主体。小型巻貝、サザエがブロックなどの隙間に多く生息。
富岡海岸	46.0	暫定	240	暫定	3.0	2.4	6.0	ブ ロ ック	海藻が繁茂し、サザエ等の貝類の生息場になっている。

注) 水深には H. W. L 分を加算。

しかし、必ずしもそうとは限らず比較的生物相の乏しい人工リーフも存在する。このため、最近是被覆ブロックの形状を工夫したり、被覆ブロックに海藻を移植したりして、藻場の形成を促す手法の開発が行われている。

水産庁は、漁港区域の人工リーフにおける生物涵養効果を探るため、平成 11 年度から平成 13 年度まで全国で継続的な生物調査を行ってきた²⁾。その概要は表-1 に示すとおりである。この中で脇田漁港海岸は、2 基の人工リーフが設置されていた 10 年間は冬から春にかけてワカメが繁茂するものの、夏から秋にかけては写真-1 に示すとおりサンゴ藻平原となり、多年生大型海藻による藻場は形成していなかったが、3 基目を施工した直後から一転してガラモ場が形成される特異な変化が見られた。

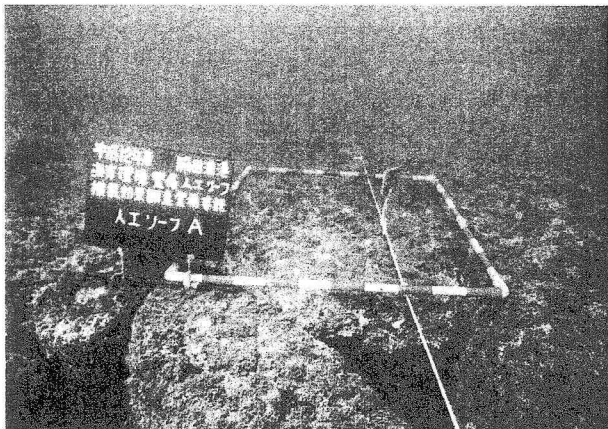


写真-1 脇田漁港海岸の人工リーフ (H12.10 撮影)

本論では、脇田漁港海岸の人工リーフの生物調査の結果を報告するとともに、藻場が形成された原因について、ホンダワラ類の成熟期と海浜流の関係から考察したことについて以下に述べる。

2. 脇田漁港海岸の人工リーフ

脇田漁港海岸は、福岡県北九州市の北西に位置し、響灘に面した玄海レク・リゾート地域に指定された白い砂と松並木が続く風光明媚な場所であることから、夏は脇田海水浴場として賑わう場所である(写真-2 参照)。そこに、北九州市は平成 3 年度から海岸環境整備事業として、浜辺の侵食防止を目的とした人工リーフの整備を行ってきた。

海岸は北に向かって開放した緩い弓なりの形状である。冬季は北西の季節風浪が厳しく浜辺には日用品のゴミやアラメ・ホンダワラ類が多数打ち上がっているが、春になれば波の穏やかな場所となる。

人工リーフの位置を図-1 に示す。最初に東側の 2 基を平成 3 年頃に暫定断面(L=100m, B=20m, R=-1.5m)で施工し、平成 13~14 年度にかけて 3 基目(L=100m, B=25m, R=-0.5m)が施工されている。3 基目は、2 基の天端高よりも 1.0m 高くすることで天端幅を狭くした幅広潜堤である。我々は調査の便宜上、これらの人工リーフに A, B, C と名付

けた。(当初は 2 基だったので左から A, B と名付け、3 基目を C とした。)



写真-2 脇田漁港海岸

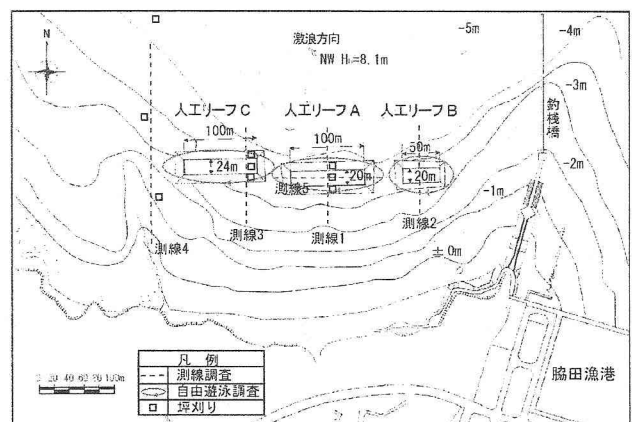


図-1 人工リーフの位置と生物調査箇所

3 基の標準断面を図-2 に示す。人工リーフ A, B には被覆ブロックと石材が使用され、人工リーフ C には全て被覆ブロックが使用されている。ただし、現在は、人工リーフ A, B の 2 基についても天端高を-0.5m に嵩上げしたため、全ての表面は被覆ブロックで覆われている。

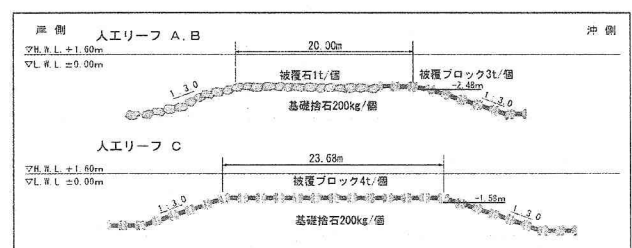


図-2 人工リーフ標準断面図

3. 調査内容

(1) 現地調査

現地調査は、図-1 に示す範囲を 2001 年 3 月から 2003 年 3 月までに計 10 回実施した。

調査内容は年度によって多少異なるが、調査時期を、6 月、10 月(11 月)、3 月に設定し、ベルトトラ

ンセクト法によって水深、底質類型、方形枠（コードラート）を使った海藻の出現種類、種別被度、平均藻長、ワカメ（めかぶ）・ホンダワラ類（生殖器床）の成熟個体の有無、基質の特徴、浮泥の堆積状況、大型底生生物（ウニ、アワビ、サザエ等）の個体数、蟄集および回遊する魚類の種類、個体数などを観察した。また、人工リーフの天端上に代表地点を設定して坪刈調査を実施した。

加えて、平成 12 年度の調査結果から人工リーフの天端上にホンダワラ類の着生が少なかったことから、①天然藻場からの幼胚の輸送量が少ない、あるいは②冬季風浪時に基質から剥がれてしまうと言う仮説を立て、これらを検証するため、幼胚輸送については 3 月に流況観測を実施し、基質からの剥離については天端上に着生している幼体の生長状況を 11 月と 3 月の調査で比較した。

流況観測は、調査船に ADCP (Workhorse) を取り付け、人工リーフ上を曳航しながら上げ潮・下げ潮の 2 潮時の流況を観測した。また、電磁流速計付の波高計 (DL-2) を人工リーフ A、B に設置して 30 日間連続観測を実施した。さらに、2003 年 3 月 5 日から 4 月 8 日にかけて人工リーフ A の沖側に波高計 (DL-2) を設置した。

(2) 数値計算

ホンダワラ類が成熟する時期における人工リーフ周辺の海浜流場を数値計算によって確認した。

波浪場、海浜流場の算定方法は表-2 のとおりである。

表-2 計算条件

項 目	計算条件
沖波条件	$H_{1/3}=1.16\text{m}$ $T_{1/3}=5.36\text{s}$ 波向 N14° W
格子間隔	10m ただし小領域は 2.5m
計算水位	M.W.L. (D.L.+0.8m)
対象計算領域	沿岸方向 500m × 岸沖方向 400m
波浪場の計算モデル	計算領域境界まで エネルギー平衡方程式 計算領域 非定常緩勾配方程式 (不規則波)
海浜流の計算モデル	海浜流基礎方程式

波浪条件は図-3、4 に示すとおりである。ホンダワラ類の成熟時期に該当する 2000 年 3～6 月の NOWPHAS の藍島の波高データを入手し、当該海岸に影響を及ぼす波高 50 cm 以上の波高を対象にしてエネルギー平均波高を算出し、この平均波の諸元を波浪条件として採用した。50 cm 以上の波高を採用した理由は、ホンダワラ類の幼胚は、アラメ・カジメに比べて幼胚の沈降が早く遠くに輸送されないことが知られている (例えば、富山³⁾；安藤ら⁴⁾⁵⁾) ことから、50 cm 未満の波では人工リーフ C の設置による効果が十分評価できないと考えたからである。

また、藍島における NOWPHAS データは波向が観測されていないため、平成 14 年 3 月から 4 月にか

て人工リーフ A の沖側に設置した波高計から得られた波向 NNW (出現頻度 85.5%) を沖側境界の波向とした。

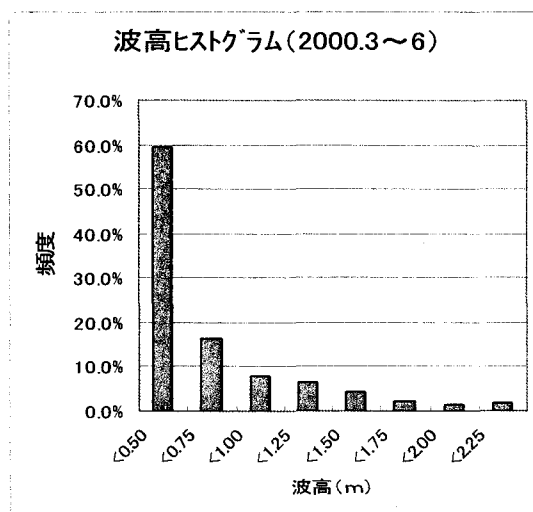


図-3 藍島波高出現ヒストグラム

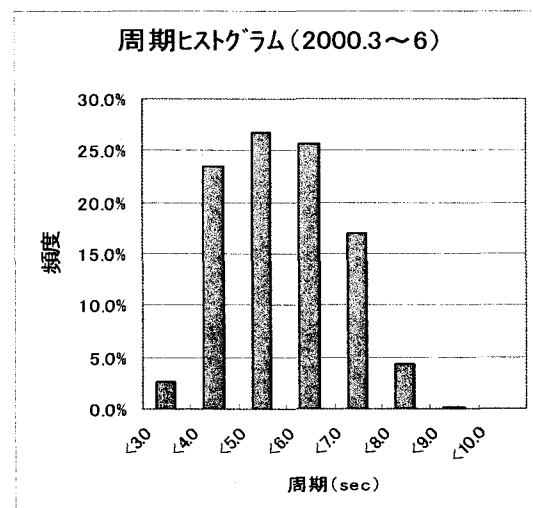


図-4 藍島 周期出現ヒストグラム

4. 結果と考察

(1) 脇田漁港海岸のホンダワラ類の成熟時期

多くのホンダワラ類は冬から春にかけて水温が上昇する頃に生長が進み、藻体重量が最大になる春から夏にかけて生殖器床が形成され成熟する⁶⁾。脇田漁港海岸のホンダワラ類の成熟状況は表-3 に示すとおりである。

奥田は福岡市津屋崎のアカモクは 4 月 25 日から 5 月 4 日に成熟が始まったと報告している⁷⁾。梅崎は若狭湾における春季成熟型のホンダワラ類 (アカモク、イソモク、フシスジモク、ジョロモク) は表層水温が 13.5° (4 月中旬) から 18.0° (5 月下旬) に上昇する時期に成熟すると報告している⁸⁾。

脇田漁港海岸の平均水温 (水深 2m) は、平成 13 年 6 月が 21.0°であった。第七管区海上保安本部の関門港西海岸ふ頭で観測されている水温⁹⁾は 3 月から

6月にかけて平均11°から21°で推移している。なお、卵の放出期間については、前述した奥田の津屋崎で観察されたアカモクと同様、同一種、同一個体でも成熟の状況は異なっているため、厳密に特定することはできなかった。よって、脇田漁港海岸周辺のホンダワラ類の成熟は、3月から6月の期間に多様な種が個々に成熟を迎えると考えた。

表-3 脇田漁港海岸のホンダワラ類の成熟状況

種 名	調 査 日			
	H13.6	H14.5	H14.11	H15.3
ワカメ				I-II
ツルアラメ	I	I	I	I
アラメ	I	I	I-III	I
ヒジキ	I	II-III		I
ホンダワラ	I	I	I	
イソモク	II-III	II	I	I
アカモク	III	II-III	I	I-II
ノコギリモク	I-II	II	I	
トゲモク	I			
タマハハキモク	II-III	II-III		I
ヤツマタモク	III		I	I
マメタワラ	II	II		I
ヤナギモク	I	I	I-III	I
ウスバノコギリモク	II	II	I	I
ヨレモク	III		I	I
ウミトラノオ	I			
エンドウモク	II-III	I	I	I
ジョロモク	I			I

凡例 I：子嚢斑または生殖器官なし

II：生殖器官あり(遊走子または卵の放出前)

III：生殖器官あり(遊走子または卵の放出後)

(2) 人工リーフ上の藻場分布

各人工リーフの藻場の変遷は図-5 に示すとおりである。図-5 より、人工リーフ A、B は、平成 12 年 11 月まではアラメ類やホンダワラ類が一部で着生しているだけであるが、平成 13 年からは分布が拡大し、平成 14 年では全面にわたり藻場が形成されている。人工リーフ C についても同様に、施工半年後の平成 12 年 11 月までは大型海藻の着生は確認されなかったが、その後、人工リーフ A、B と同様に藻場が拡大している。

(3) 海藻の優占種の経年変化

人工リーフ上で行った坪刈調査結果を用いて、調査時の 3 大優占種とその現存量の経年変化を図-6～8 に示した。人工リーフ A では春から夏にかけてワカメが優占し、夏から秋にかけてサンゴ藻平原に様変わりし、再び冬から春にかけてワカメが生長する早いサイクルの季節変化がみられたが、平成 13 年からはそのワカメが徐々に減少し平成 15 年にはホンダワラ類に遷移している。また、人工リーフ B は途中観察を行っていないため傾向が捉えにくくなって

いるが、平成 12 年まで少なかったアラメが、平成 14 年にはワカメに次いで優占してきているので遷移は進行中と推察している。人工リーフ C は、施工後すぐにホンダワラ類が増加し、早期に藻場の遷移が進んでいることが推察される。

2001.11 (H12.11)

人工リーフ C

人工リーフ A

人工リーフ B

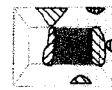


2001.11 (H13.11)

人工リーフ C

人工リーフ A

人工リーフ B



2002.11 (H14.11)

人工リーフ C

人工リーフ A

人工リーフ B



凡 例	
アラメ類	ホンダワラ類
50%以上	50%以上
25~50%	25~50%
5~50%	5~50%

図-5 脇田漁港海岸人工リーフの藻場分布の変遷

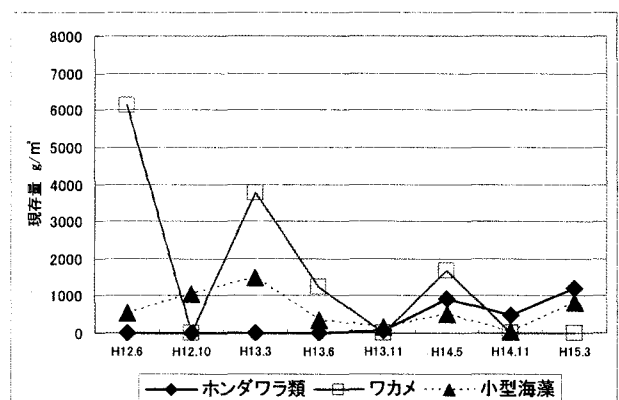


図-6 人工リーフ A の優占種の現存量の経年変化

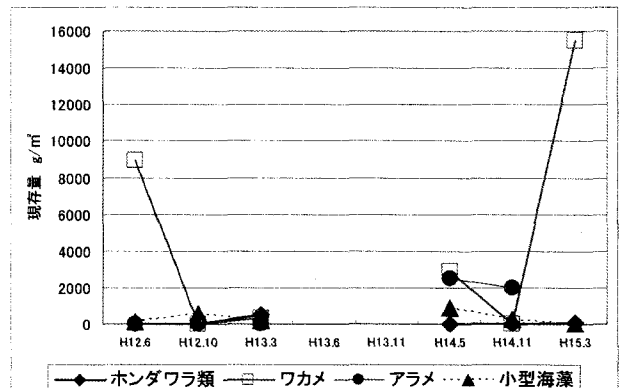


図-7 人工リーフ B の優占種の現存量の経年変化

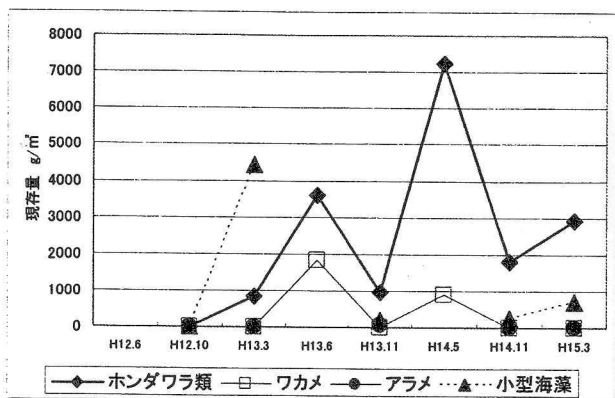


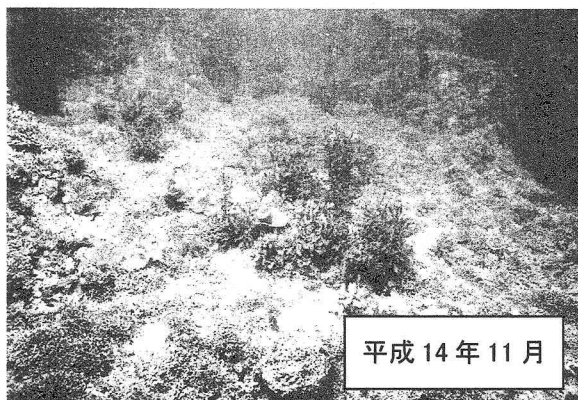
図-8 人工リーフCの優占種の現存量の経年変化

(4) 魚類・ベントスの生息状況

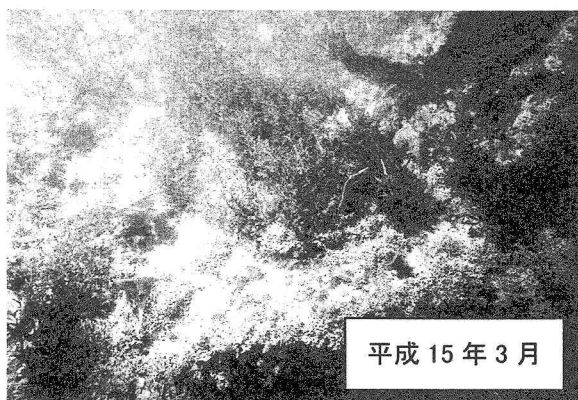
魚類は平成12年よりも平成13年以降の方が多くなっている。また、リーフ上のホンダワラにはアオリカの卵塊が確認されるようになった。

(5) 種苗等の個体の生育状況

人工リーフ上に着生した大型海藻の幼体が、冬季波浪によって剥離してしまうことを確認するために、冬季波浪を挟んだ平成14年11月調査と平成15年3月調査時の生育状況を比較した。11月調査時に人工リーフ上に着生した20cm以下のホンダワラ類の幼体は、3月調査でも生長し、イソモクは葉体長0.6~1.0m(写真-3)、アカモクが1.5~2.0mまでになっていた。被度の減少傾向はみられず、むしろ増加しているところが多かった。よって、冬季波浪による幼体の剥離については、影響が小さいものと判断した。



平成14年11月



平成15年3月

写真-3 リーフ上のイソモクの生長状況

(6) 流況調査結果

平成13年6月調査のADCP (Workhorse) による流況を図-9に示す。

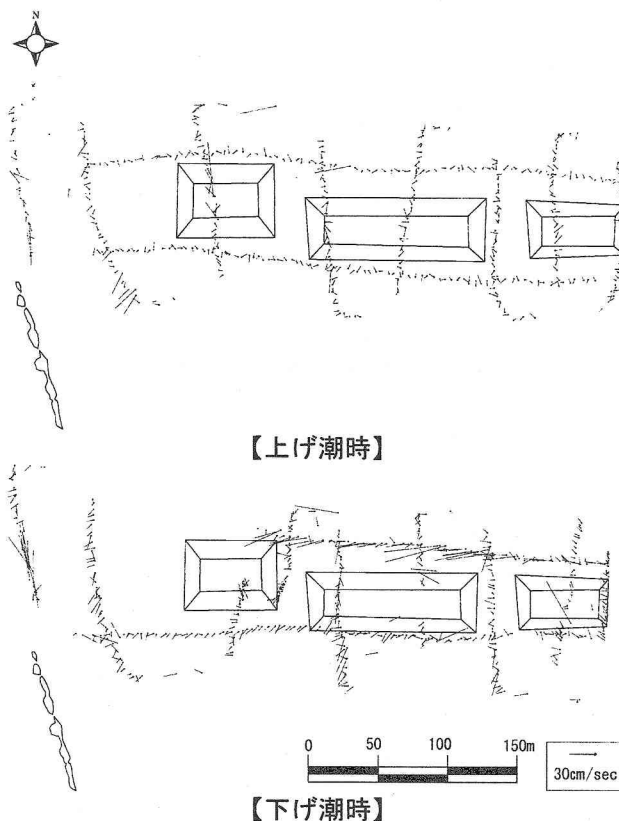


図-9 6月の人工リーフ上の流況

観測時の流速は数cm/sec~30 cm/sec程度の流れで、下げ潮時に特に流速が大きくなる傾向が窺えた。また、人工リーフ前面(沖側)、人工リーフ天端付近、天然礁の浅海域でも比較的速い流れが観測された。全体的には西から東へ人工リーフに沿った流れが発生している。

(7) ホンダワラ類成熟期の海浜流場

ホンダワラ類が成熟する時期で、人工リーフCが施工される前後における海浜流場について数値計算を行い、これに幼体を確認できる秋季の藻場の分布を重ね合わせたものを図-10に示す。

図-10より、3基目の人工リーフCの施工前後で海浜流が変化していることが確認できる。また、藻場の分布も海浜流の変化に伴って分布が広がっている。これより、人工リーフCの設置前は自然岩礁のホンダワラ類の幼胚あるいは流れ藻はそのまま真直ぐに岸側に流されていたものが、人工リーフCの設置で海浜流が変化したことで、人工リーフA、Bにも幼胚や流れ藻が供給されるようになったと推察する。その後も図-5に示すとおり、2年の間に分布はさらに拡大している。そして、このような海浜流の変化によって幼胚等の輸送量が増大するケースは、他の海域でも我々は確認している¹⁰⁾。

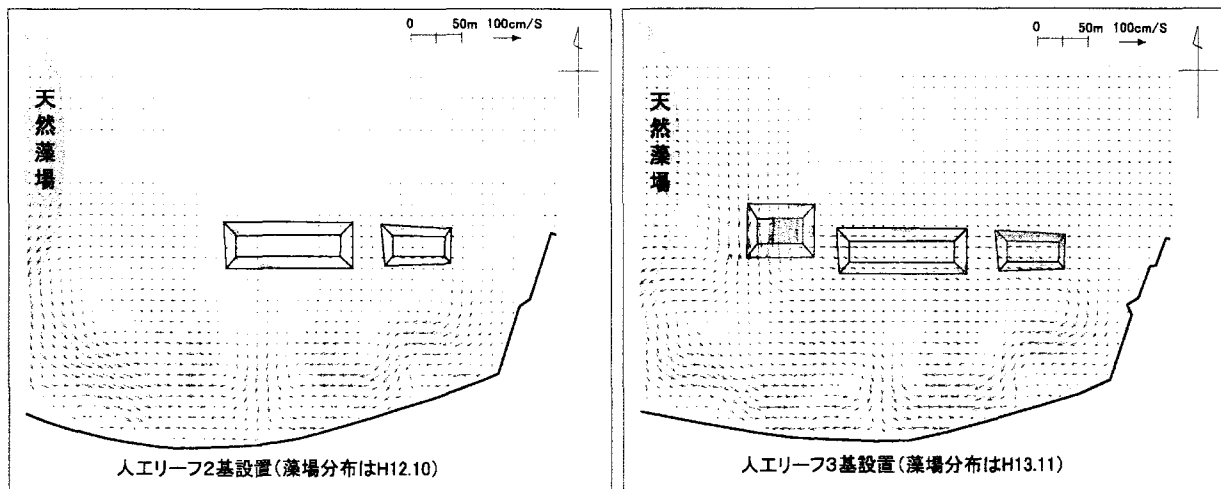


図-10 3基目の人工リーフの施工前後における海浜流場と藻場分布

なお、図-10 では分布面積が天然藻場より近い方から CAB の順に拡大していないように見えるが、これは、6 月末まで天端上をワカメが優占していたこと、A は B に比べて小型海藻（カニノテ属）の被度が疎生から濃生と高いために、着生阻害を起こしていたと考えている。また、A で確認された幼体は数株ずつであるが広範囲で確認されていることから、小型海藻の隙間に着生した幼体を見落としていた可能性もある。そして、その後変遷では、CAB の順で分布の拡大はみられないが、A・B に差異はみられない分布を示している。

6. おわりに

現在、多くの海域で藻場造成を伴った施設の整備が進められている。我々は藻場造成のポイントを、①海藻が成熟する時期に基質投入すること、②胞子等をその場所に大量に供給することが重要であると考えている。着生基質の工夫や種苗については早期の活着や狭い範囲での効果は発現されても、基盤全体にまで波及するには相当の期間を要するからである。

そのため、近傍に藻場が存在する場所での藻場造成においては、事前調査で生物分布を把握するだけではなく、海藻草類の生活ステージ（胞子・幼胚時、幼体時、成体時）と流動環境の関係について把握すべきであり、その手段として数値計算は有効な手法と考えている。

参考文献

- 1) 土木研究所：「離岸堤設置に伴う生態系変化予測手法に関する調査報告書」，土木研究所資料，1992
- 2) 水産庁：「突堤及び離岸堤の機能効果調査委託事業」，報告書，1999-2002
- 3) 富山昭：「藻場・海中林 9. ガラモ場」，日本水産学会編，恒星社厚生閣，pp142-157，1981
- 4) 安藤亘 金山進 中村憲司 村本信夫：「ホンダワラ類の幼胚の到達範囲」，海洋開発論文集 Vol. 18 pp. 179-183，2002
- 5) 安藤亘，中村憲司，星場順之：「藻場造成型防波堤の藻場形成の特性」，海洋開発論文集 Vol. 19 pp. 1-6，2003
- 6) 小河久朗，「ホンダワラ類の成熟・発生と環境」，月刊海洋科学，pp26-31，1985
- 7) 奥田武男：「ホンダワラ類における幼胚の入手と着生機構」，月刊海洋科学，pp38-44，1985
- 8) 梅崎勇：「ホンダワラ群落の周年変化」，月刊海洋科学，pp32-37，1985
- 9) 第七管区海上保安本部海洋情報部：海水温情報 <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN7/top.htm>
- 10) 新潟県相川町：「高千漁港（石名地区）環境調査委託」報告書，2003