

(39) 人工リーフに生息する海藻の遷移

Transition of algae and seaweed on the artificial reef.

井上 公人*, 田中 仁**, 西村 修**, 馬場 聡***

Kimihito INOUE*, Hitoshi TANAKA**, Osamu NISHIMURA**, Satoshi BABA***

ABSTRACT ; Several studies have been made on the effect of the artificial reef construction on the algae and seaweed. But little is known about the transition of the algae on the surface of newly constructed reef. This paper is intended as an investigation of the transition of the algae and seaweed on the artificial reef in the Hirota bay.

The results of this investigation showed that the transition of the ecosystem on the artificial reef could be showed by the index of diversity ,and that the algae and seaweed on the artificial reef would be influenced by the wave and current around the artificial reef.

KEYWORDS ; artificial reef, transition of ecosystem, index of diversity

1. はじめに

かつて、我が国の内湾・沿岸域は河川からの栄養塩の流入や、光量、波浪などの地形的特性から海藻にとって非常に良好な生息域であった。しかし、近年の内湾・沿岸域は河川水などの陸域からの流入負荷量が増大し、海藻などの生物に有益である栄養塩が過剰に供給されている状況にあり、内湾・沿岸域は富栄養化が進行している。この結果、植物プランクトンの増加や海底に堆積した汚泥の巻き上げなどによる海水中の懸濁物質の増加により、透明度の減少に伴う海底への光量が減少している。¹⁾ また、海底における汚泥の堆積は海藻の胞子の着生阻害や、水質、底質環境の悪化を招き、海藻の生育環境を悪化させている。

しかし、近年の内湾・沿岸域を取り巻く社会的状況の変化は大きく、良好な海岸環境および生態系の保全に対する要望が増大しており、内湾・沿岸域で実施する事業については波浪の低減や防災といった既往の施設機能に加え、生態系等と共生できる自然共生型の施設整備が望まれている。よって、今後海岸保全施設等の内湾・沿岸域に設置する施設については、施設の設置が生物環境変化にどの程度影響するのか、正確な予測が望まれている。

そこで、本研究では生態系の基礎を支えている海藻に着目し、人工リーフ設置に伴う海藻の出現、遷移および定着について検討を行った。また、人工リーフ設置に伴う物理的要因と海藻の出現状況との関係についても考察を行った。

*東北大学大学院工学研究科土木工学専攻(Graduate School of Engineering, Tohoku university)
国際航業株式会社(Kousaikougyou Co., Ltd.)

**東北大学大学院工学研究科土木工学専攻(Graduate School of Engineering, Tohoku university)

***岩手県 (Iwate Prefectural Government)

2. 調査個所の概要

2. 1 調査場所の概要

調査は岩手県の南部に位置する高田松原海岸を対象に実施した。本海岸は陸前高田市に位置し、海岸の周辺区域は昭和63年4月に「コースタル・コミュニティー・ゾーン (CCZ) 整備計画」区域に認定され、以降整備プログラムが進められている。また、本海岸においても平成8年には「海と緑の健康地域 (健康海岸)」に指定され、「海浜、松原、沼など豊かな自然環境との調和を図り、健康増進施設と海岸保全施設及び公園等の一体的な整備」が求められるなど、本海岸への期待は非常に大きい。

さらに、本海岸は日本百景にも数えられ、自然の砂浜と海岸背後の保安林による白砂青松の風光明媚な海岸でもある。近年、本海岸の侵食が問題となり海岸の侵食防止に加え、良好な景観の保全を目的として人工リーフが設置されている。

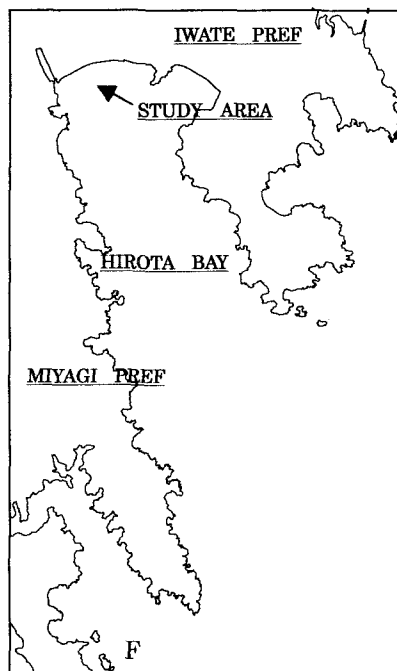


Fig. 1 調査位置図

2. 2 人工リーフの構造

高田松原海岸地先に設置されている人工リーフは天端高が T.P.-2.90mであり、本海域の H.W.L が T.P.+0.69m、L.W.L が T.P.-0.82mであることから、天端水深は満潮時で 3.59m、干潮時で水深 2.08mの没水型の人工リーフである。また、天端幅は 120mで計画されており、のり勾配は 1:3 となっている。堤体の被覆は自然石を用いて行われている。現在、天端幅を暫定の 60mで施工が進められている。

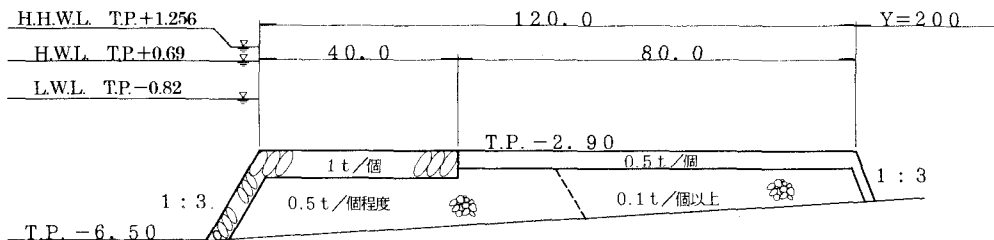


Fig.2 人工リーフの断面図

平面諸元としては、堤長はそれぞれ 400m であり、隣接する人工リーフとの開口幅は 100m である。施工は平成 2 年度から 2 号リーフの東側より実施され、平成 5 年度には 1 号リーフ、平成 7 年度には 2 号リーフが暫定天端幅 60m で完了している。現在は 3 号リーフの施工が実施されている。

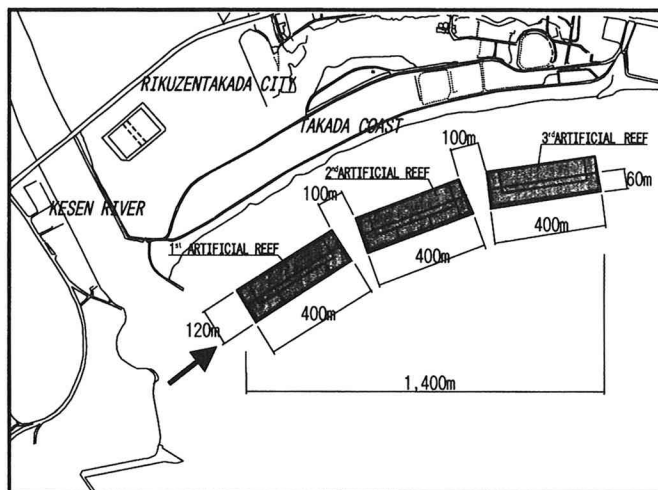


Fig.3 人工リーフの計画平面図

3. 調査方法

3.1 調査地点

調査は 1 号リーフ、2 号リーフを対象に実施した。

ここで、調査地点は透明度が非常に良好であり、各調査ともに調査海域においては海底まで見渡せる状況にあった。また、人工リーフの周辺海域は海底が砂であり、海藻はみられなかった。

調査地点は人工リーフ上における海藻の分布状況について検討するために、人工リーフの縦断方向に 4 測線設定し、測線毎に横断方向に 7 測点配置した。

調査内容としては配置した全 28 測点（○印）で潜水観察を行うとともに、人工リーフの天端中央部に設置した 4 測点（▲印）で坪刈りを実施した。

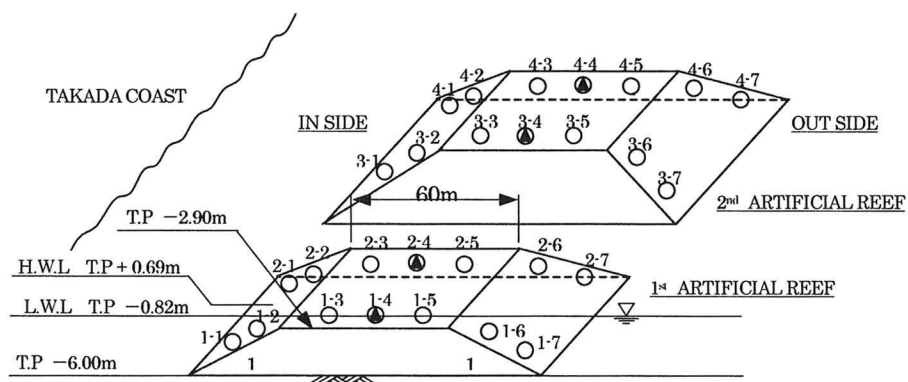


Fig.4 調査測点位置図 (Fig.3 の→の方向からの詳細図)

3.2 調査期間

調査は 1995 年 1 月より 1999 年の 2 月までの 5 年間に 1998 年を除く年 1 回の調査を実施し、全体で計 4 回の調査を実施した。なお、調査時期は海藻の多くが冬季に著しく成長することから、1 月に調査を実施した。

3. 3 調査方法

海藻の調査は以下のとおり実施した。

(1) 各調査測点と施工年月日との関係

人エリーフの施工は2号リーフが平成2年度に始まり、平成5年度まで施工された。また、1号リーフについては平成5年度から平成7年度まで施工されている。このことから、調査した各測点の基質（自然石）の水中での放置期間が異なることから、各調査測点と基質の施工年月日（放置期間）との関係について下表に整理する。

Table 1 各調査測点と施工年月日との関係

測線番号 /測点	1 1-1~1-7	2 2-1~2-7	3 3-1~3-7	4 4-1~4-7
施工完了年	1995	1993	1993	1991
投入期間				
第1回調査 (1995.1.18)	施工直後	2年	2年	4年
第2回調査 (1996.1.19)	1年	3年	3年	5年
第3回調査 (1997.1.21)	2年	4年	4年	6年
第4回調査 (1999.1.22)	4年	6年	6年	8年

(2) 現地調査方法

潜水観察は塩化ビニールパイプで作成した正方形1m×1mのコドラートを用いて行い、枠内に確認された各種ごとに1m²あたりの平均被度(%)を観察した。また、被度の観察は海藻が重なって分布している箇所については、それぞれの海藻に重複部分も被度として考慮に入れた。すなわち、被度が100%を越える場合もあった。

次に坪刈り調査についてはサイズの大きい海藻と小さい海藻にわけて採取した。採取にはサイズの大きい海藻については1m×1mのコドラートを、サイズの小さい海藻については0.3m×0.3mのコドラートを用いて行った。採取の方法は上記のコドラートを各測点に任意に置き、スクレーパーを用いて海藻の付着器ごと採取した。採取後は布の袋に収容して船上に引き揚げた。採取した試料は10%ホルマリン海水で固定し、分析室に持ち帰った。

採取した試料は実験室で実体顕微鏡を用いて種の同定^{2) 3) 4)}を行うとともに、種別ごとに湿重量を電子天秤を用いて測定した。

4. 海藻調査結果および考察

4. 1 測線別の出現海藻の特徴

目視観察調査結果の概要についてTable 2およびFig.5~7に示した。ここで、優占種については全体の被度に対する各種の被度が10%を越えているものを抽出した。

出現した種類数は全調査で60種みられ、緑藻が7種、褐藻が16種、紅藻が37種であった。出現種についてみると本海域が寒流である親潮、暖流である黒潮に加え、津軽暖流に影響される海域にあることから、親潮寒流の影響下にある亜寒帯域に生息がみられるコンブ類等の亜寒性藻類に加え、アラメ、ホンダワラ類といった温海性藻類、マツモなどの寒海性藻類が混在して出現していた。

各調査結果の概要について以下に示す。

Table 2 調査結果の概要

第1回調査(1995.1 調査)において出現した種類数は33種であり、各測線別にみると測線1で1～6種、測線2で3～10種、測線3で6～11種、測線4で5～9種となっており、測線1で少ない傾向にあった。出現種については、測線1ではアオリ属、ハバリ、珪藻綱が優占しており、1年生の小型海藻が優占していた。測線2ではタバハリ、ベニスナゴ、イグス科、ダジア科が優占しており、1年生の小型海藻に加え多年生の小型海藻の出現がみられた。測線3についてはアサ属、マコブ、ベニナギが優占しており1年生の小型海藻に加え、多年生の大型海藻が出現していた。

測線4についてはサビ亜科、ツノマ、アカバギンナノクが優占しており、優占種が多年生の海藻となっていた。

第2回調査(1996.1)では出現した種類数は38種であり、各測線毎にみると測線1では岸側の2測点で調査は実施できなかったが14～16種出現し、測線2で12～19種、測線3で11～14種、測線4では9～18種出現し、測線間に差がみられなくなっていた。次に出現種については測線1、2でイグス科、ツツナギなどの1年生もみられたが、全測線でアラサビ亜科、ツノマなどもみられ、測線3、4では優占種がすべて多年生の海藻となっていた。

第3回調査(1997.1)では出現した種類数は33種であり、各測線毎にみると測線1で11～18種、測線2で9～18種、測線3で6～15種、測線4で9～11種出現し、第1回調査とは逆に測線

	第1回調査 (1995.1.18)				第2回調査 (1996.1.19)			
測線番号	1	2	3	4	1	2	3	4
投入後期間	施工直後	2年	2年	4年	2年	3年	4年	6年
全出現種類数	33				38			
出現種類数	1～6	3～10	6～11	5～9	14～16	12～19	11～14	9～18
被度(%)	0～115	0～75	0～130	0～180	0～140	80～175	125～215	115～205
優占種	アオリ属	タバハリ	アサ属	サビ亜科	マコブ	ツツナギ	アラメ	アラメ
	ハバリ	ベニスナゴ	マコブ	ツノマ	イグス科		サビ亜科	サビ亜科
	珪藻綱	イグス科	ベニスナゴ	アカバギンナノク			マルハツノマ	イワカワ科
	イトグサ属	ダジア科					ツノマ	ツノマ
								アカバギンナノク
	第3回調査 (1997.1.21)				第4回調査 (1999.1.22)			
測線番号	1	2	3	4	1	2	3	4
投入後期間	2年	3年	4年	6年	4年	5年	6年	8年
全出現種類数	33				31			
出現種類数	11～18	9～18	6～15	9～11	5～15	4～11	7～14	6～11
被度(%)	110～200	60～170	95～165	85～145	65～180	65～130	50～180	55～195
優占種	アサ属	アサ属	アラメ	アラメ	アラメ	アラメ	アラメ	アラメ
	マコブ	サビ亜科	サビ亜科	サビ亜科	ツノマ属	サビ亜科	ツノマ属	サビ亜科
			ツノマ属	ツノマ属		イワカワ科		イワカワ科

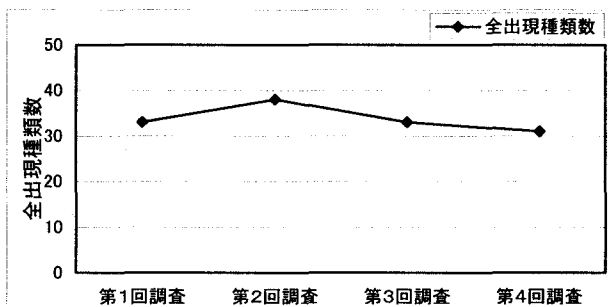


Fig.5 全出現種類数の経年変化

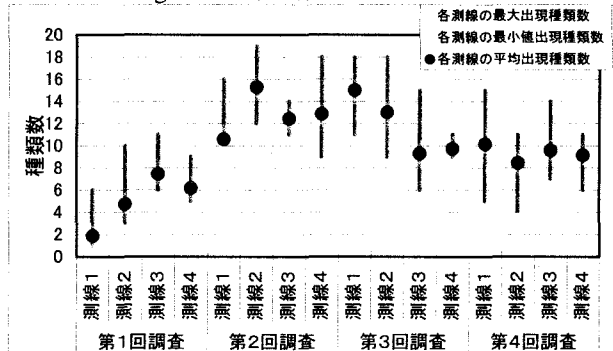


Fig.6 各測線における出現種類数の経年変化

1で高い傾向にあり、測線4で若干少ない傾向にあった。出現種については、測線1、2では*A*科属などの1年生の海藻の優占もみられたが、全測点において*マゴ*、*ヒ*亜科、*ツマ*属などの多年生の海藻が優占していた。

第4回調査(1999.1)では出現した種類数は31種であり、各測線毎にみると測線1で5~15種、測線2で4~11種、測線3で7~14種、測線4で6~11種出現し、測線間に差がみられなくなっていた。出現種については全測線ともに*マ*、*ヒ*亜科、*ツマ*科、*ツマ*属などの多年生海藻が優占し、出現種についてもほぼ同様の傾向を示していた。

第1回調査時において測線1は施工直後であったことから、1年生の種類が優占していたが、測線番号が増加するにしたがって、多年生の小型海藻、大型海藻が多くみられる傾向にある。これは、測線別の特徴というよりは、基質の設置期間が増加するとともに遷移した結果であると考えられる。また、その後の調査結果で測線1~3については小型1年生海藻の優占が減少し、変わって小型、大型の多年生海藻が多くみられるようになり、人工リーフ上の海藻に明らかな遷移がみられた。また、第4回調査では各測線における出現種類数、優占種等が同様の傾向を示すなど、生態系として安定してきているものと考えられる。

4. 2 出現海藻の遷移

一般にブロックなどの安定した付着基質を設置するような生態系内におけるギャップが生じた場合、海藻の遷移過程は小型1年生海藻と殻状海藻(無節サンゴモ)の優占する始相から始まり、小型多年生海藻、大型多年生海藻と続き、最終的に極相に達することが明らかになっている。⁵⁾⁶⁾⁷⁾ そこで、人工リーフ上の海藻の遷移過程について検討を行った。

検討方法は、実施した調査で優占がみられた出現種を殻状海藻(無節サンゴモ)、小型1年生、小型多年生、大型1年生、大型多年生の5つの生活形態群ごとに分けて被度の経年変化を検討した。

各調査測点における被度の経年変化を Fig.8~11 に示す。

この結果より、測線1~3については第1回調査で1年生の小型海藻の優占がみられたが、第2回調査以降は多年生の小型、大型海藻が多くみられ、人工リーフ上の海藻の遷移がみられた。測線4については、第1回調査より小型・大型海藻が大半を占めており、経年的にも被度の変化はあるものの、出現割合について

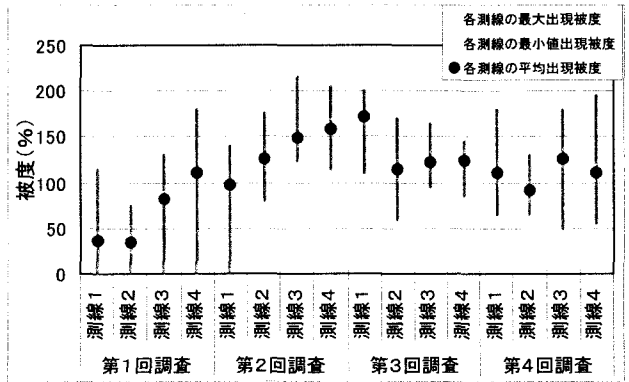


Fig.7 各測線における被度の経年変化

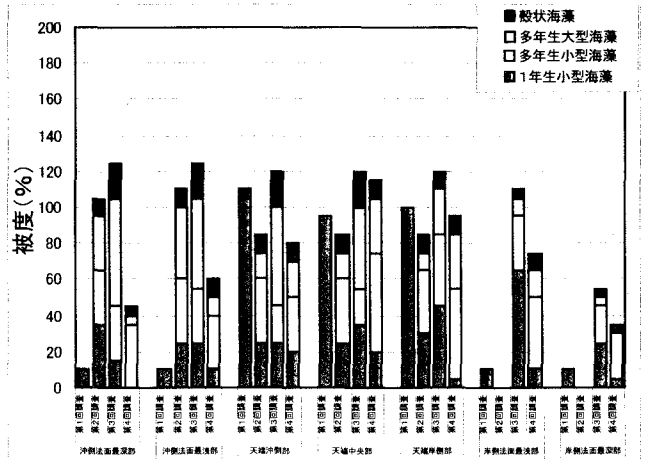


Fig.8 測線1における被度の経年変化

はほぼ同様の変化を示していた。また、各測線ともに殻状海藻であるサビ亜科や1年生海藻の優占が毎年みられていた。

結果、本調査測点における遷移は、上記に示した一般的な海藻の遷移過程と比較すると、一般的な多年生大型海藻がその大半を占めるものではなく、1年生海藻や殻状海藻も優占種として混在するものであった。これは本調査測点が人工リーフ上という物理環境として厳しい場所にあり、荒天時波浪などの影響により、多年生の大型海藻の消失が激しく、一般的な多年生の大型海藻が大半を占める状態にまで遷移できないのではないかと推察された。

さらに、遷移過程を定量的に把握するために、出現種と被度を用いて種多様度指数を用いた検討を行った。ここで、種多様度指数は Shannon の多様性指数を用いた。算定式を式(1)に示す。

$$H = - \sum (n_i / N) \log(n_i / N) \quad (1)$$

ここで、H：多様度、 n_i ：i番目の種の平均被度(%)、Nは総被度を示す。

計算結果を Fig.12～15 に示す。

この結果より、第1回調査では基質の設置期間が長い測線4で多様度が高い傾向にあり、設置期間が短くなるに従って多様度が減少する傾向にあった。しかし、第2回調査では測線1、2で多様度が高い傾向にあり、第3回調査では測線1が高い傾向を示し、多様性の変化がみられた。

第4回調査では各測線間でほぼ同様の傾向を示していた。

次に、Fig.16～17に測線1と測線4の種多様度の経年変化を示した。

この結果より、投入直後から4年後

の変化を示している測線1では1度大きく多様度が増加した後、若干の減少傾向を示しているのに対し、投入後4年後からの変化を示している測線4では多様度がほぼ同程度の値で推移していた。

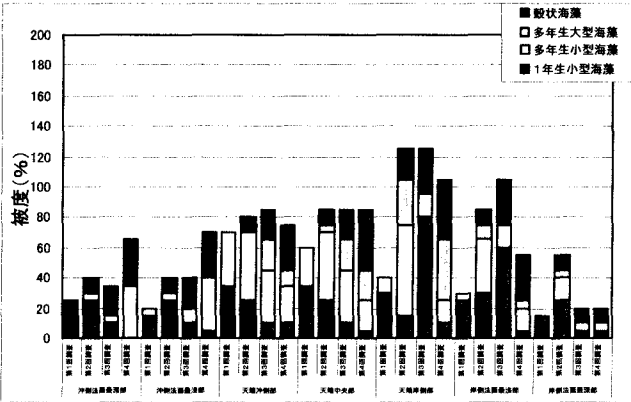


Fig.9 測線2における被度の経年変化

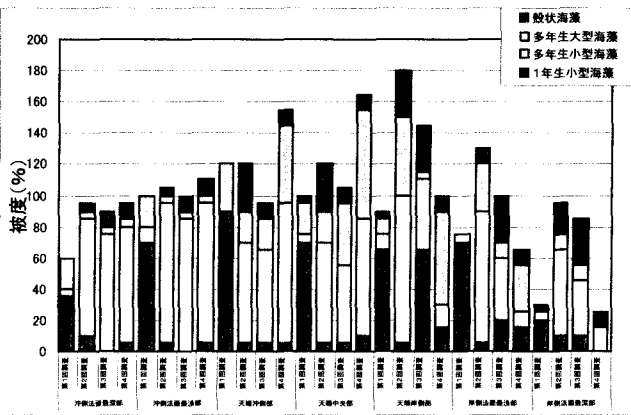


Fig.10 測線3における被度の経年変化

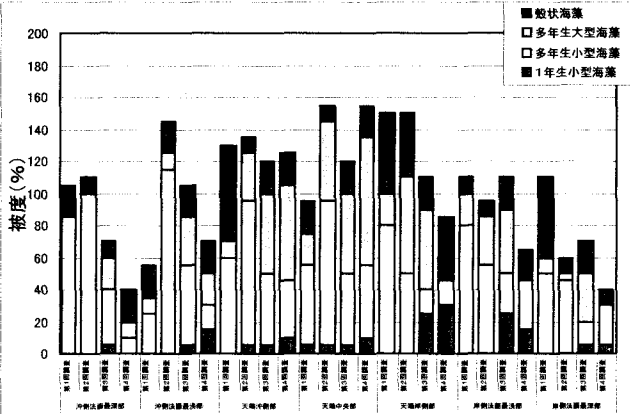


Fig.11 測線4における被度の経年変化

以上より、人工リーフ上の海藻の遷移は、基質投入後に1年から2年で一度多様度が上昇し、その後、4年程度の期間が経過した後、ほぼ同程度の多様度で推移するのではないかと推察された。

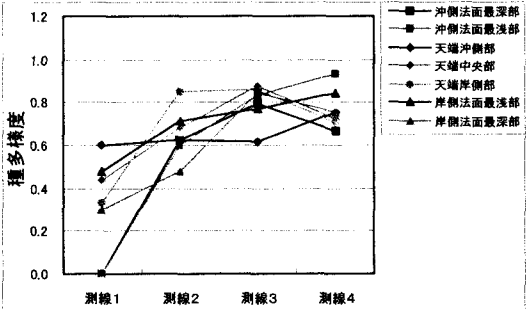


Fig12 第1回調査の各測線の種多様度

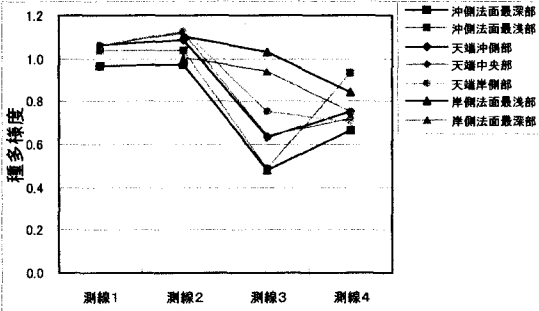


Fig.13 第2回調査の各測線の種多様度

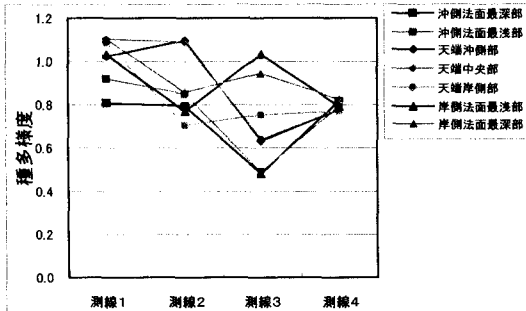


Fig14 第3回調査の各測線の種多様度

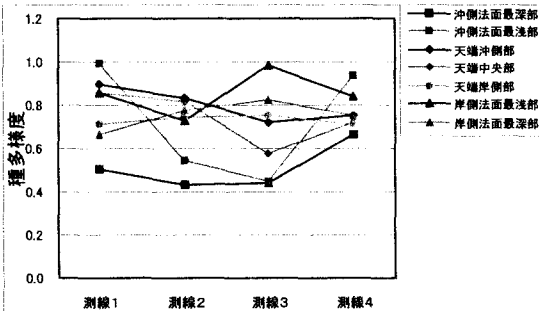


Fig.15 第4回調査の各測線の種多様度

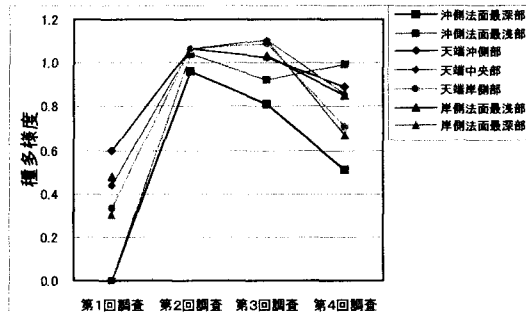


Fig.16 測線1の種多様度の経年変化

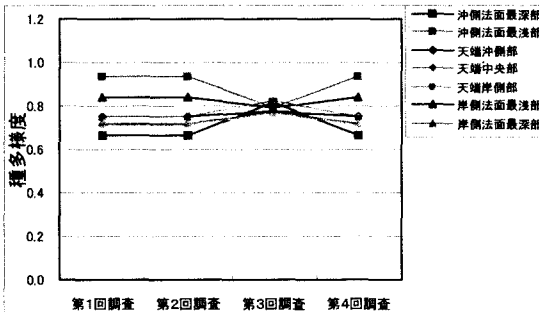


Fig.17 測線4の種多様度の経年変化

次に各調査地点の比較により人工リーフ上の海藻の分布特性をみると、人工リーフの縦断方向では Fig.5～6 に示すとおり、種類数、被度に大きな変化はみられなくなっていた。しかし、人工リーフの横断方向で被度の変化傾向をみると、全測線ともに沖側法面の2測点、天端の沖側から2測点、天端岸側部および岸側法面の2測点のエリア毎で同様の傾向を示しており、人工リーフの横断方向に被度の違いがみられた。これは、人工リーフの波浪減衰効果による人工リーフ堤体表面への波浪による影響の違いによるものと考えられる。また、被度の量的構造的な変化をみると、天端上で被度が多い傾向にあり、法面で少ない傾向にあった。これは、勾配の違いなどの構造的違いや、人工リーフ上およびその周辺における局地的な流速の違いなどが影響し、海藻の付着に影響しているものと考えられる。

5. まとめ

人工リーフ設置に伴う人工リーフ上に生息する海藻を調査した結果、以下のような知見が得られた。

- (1) 人工リーフを設置することにより多くの海藻の付着が確認され、その遷移過程をみると一般的に海域の極相では多年生大型海藻が多くを占めることが確認されているが、人工リーフ上では多年生の大型海藻に加え、1年生の小型海藻、殻状海藻などの優占も経年的にみられ、極相の状態に相違があることが推察された。
- (2) 被度を用いた種多様度指数の計算を実施したが、この結果より、基質投入後に一度多様度が上昇し、その後、4年程度の期間が経過した後、同程度の多様度で推移するのではないかと推察された。
- (3) 海藻の分布状況をみると、縦断方向では種類数、被度ともに同様の傾向を示していたが、横断方向では人工リーフの沖側法面部、沖側天端～中央部、岸側天端部～岸側法面部の3エリアで同様の被度の変化傾向を示しており、人工リーフの構造あるいは波高、流速等の物理的環境が海藻の生息に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

今後の研究としては、今回の結果より物理環境と海藻の生息に関係が認められたことから、波高、流況や人工リーフの構造と海藻の分布の関係の解明を行っていきたいと考えている。また、ウニ、アワビといった付着動物も考慮に入れた検討も実施し、人工リーフ設置に伴う堤体上の生態系の解明を行っていきたい。

参考文献

- 1) 徳田廣、大野和夫、小河久朗：海藻資源養殖学、緑書房、1987
- 2) 新崎盛敏：原色海藻検索図鑑、北隆館、1964
- 3) 千葉光雄：標準原色図鑑全集海藻・海浜植物、保育社、1970
- 4) 千葉光雄：藻類の多様性の生物学、内田老鶴圃、1997
- 5) 松本忠夫：生態と環境、岩波書店、1993
- 6) 谷口和也：磯焼けを海中林へ、裳華房、1998
- 7) 谷口和也：磯焼けの機構と藻場修復、恒星社厚生閣、1999