

木質・セメント成型体の海藻礁としての効果 (第1報)

- 忍路湾に設置した小型試験体の現存量調査結果 -

堀江 秀夫 菊地 伸一*¹ 阿部 龍雄*²
清水 光弘*² 小川 尚久*² 東 智則*³

Evaluation for Algal Farming of Artificial Reefs

Made from Wood-Cement Composites (I)

-Results of a survey on standing crops of small test blocks
at Oshoro Bay, Southwestern Hokkaido-

Hideo HORIE Shin'ichi KIKUCHI Tatsuo ABE
Mitsuhiro SHIMIZU Naohisa OGAWA Tomonori AZUMA

Key words : barren ground , wood chip , marine borers , predation damage
磯焼け , 木チップ , 海虫 , 食害

近年、北海道の日本海沿岸部では磯焼けが発生し、大きな問題となっている。この対策の一つとして、効果的な海藻礁の開発が望まれている。木チップとセメントを原料とした木質・セメント成型体には、木チップにより凹凸を持つ表面ができるとともに、木チップが海虫の食害を受けることにより表面が自然に崩壊・更新する可能性がある。そこで本研究では、木質・セメント成型体の特徴を活かした海藻礁の開発に取り組んだ。

木質・セメント成型体を用いた小型の海藻礁試験体を製造し、1998年に北海道日本海南西部の忍路湾内に設置した。この試験体の海藻現存量を調査することにより、木質・セメント成型体の海藻礁としての効果を検討した。

その結果、表面に凹凸がある木質・セメント成型体は、表面が平滑なコンクリートよりも大型有用海藻の着生に効果があることが明らかとなった。一方、3年間の設置期間では目立った表面セメント層の磨耗が観察されず、表面の自然崩壊・更新を確認することはできなかった。

1. はじめに

林産試験場では、これまで間伐材や木質系廃棄物の有効利用を目的に、木材を用いた魚礁^{1,2)}や海藻礁³⁻⁸⁾の研究を行ってきた。その背景として、現在、北海道の日本海沿岸部で発生し大きな問題となっている磯焼

けがある^{9,10)}。磯焼けとは、主として外洋に面した岩礁地帯で有用海藻がほとんど枯死、流失し、無節サンゴモで覆われた岩盤のみが残り、そのために有用海藻および有用動物の生息量が激減する現象をいう¹¹⁾。また、その発生原因は、対馬暖流北上流の流量の増加と冬季

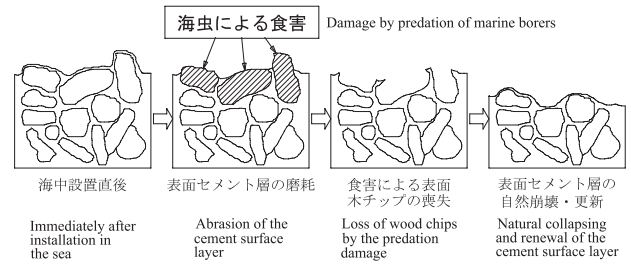
季節風の弱화에起因する冬季から春季にかけてのホソメコンブ群落形成に不適な温暖な海況への変化と、キタムラサキウニの高い摂食圧によるとされている¹²⁾。

この磯焼け対策の一つとして人工礁がある。人工礁とは、海の底質改良を目的とする海藻の着生基質(海藻礁)や¹³⁾、またその海藻を餌とするウニやアワビなどの蛸集効果を期待するウニ・アワビ礁(代表的にはアワビ稚貝育成場)である。現在、人工礁として広く利用されているものは自然石およびコンクリートブロックである。磯焼けした海域に投石やブロックの設置を行うと数年間はコンブの着生が良好であるが、次第に石灰藻が優占し、コンブの個体数の減少が見られることがある¹⁴⁾。しかし、昔から流氷の接岸により岩礁表面の雑海藻が駆除されることでコンブ群落が回復することが実証されており^{14,15)}、新たな投石の実施や基質表面の清掃によりコンブ漁場が回復することが多い¹⁴⁾。

また、着生基質表面に凹凸を付けると、凹部分に着生した海藻はウニ・アワビなどの底生動物に摂食されにくい¹⁶⁾ことが報告されており、基質の表面形状は重要である。このため、基質の表面に凹凸を持ち、かつ基質表面が自然に清掃または更新するように設計された人工の海藻礁が求められている。このような海藻礁として、コンクリートブロック等に着脱自在のコンブ着生基質(鉄製プレート¹⁷⁾、プラスチック製の暗渠用網状パイプやハイクレ・ロープ¹⁸⁾、FRP板¹⁹⁾)を取り付け、着生基質を清掃または交換できるようにしたものが開発されている。実験段階ではあるが、着生基質としてのコンクリートに添加物を加えて強度を調整し、基質表面が徐々に崩壊することで基質の清掃を行おうとするものも開発されている。添加物の具体例としては、ヘドロ²⁰⁾、石炭灰²¹⁾などがある。同様に木チップを添加した木質・セメント成型体も、次の2つの理由により効果的な海藻附着基質となる可能性が高い。

木チップをセメントで固めた成型体は、木チップの大きさや形状や配合量を変えることにより着生基質の表面形状(凹凸)をコントロールすることができ、表面の凹部に着生したコンブの幼体をウニ等の食害から守れる可能性がある。

木材はフナクイムシやキクイムシなどの海虫により食害を受けるが、木材を小片にして無機質のセメント



第1図 木質・セメント成型体表面層の自然崩壊・更新の模式図

Fig. 1. The model of natural collapsing and renewal of the surface of wood-cement composites.

で被覆することにより、数年かけて成型体表面の木チップを食害させ、空洞となったセメント部分が波浪で崩壊して、自然に表面更新が行われる可能性がある(第1図参照)。このことは、表面に着生した雑海藻が数年ごとに清掃され、コンブ等の大型有用海藻の着生に適した新鮮な表面を保つ可能性を有するとも言える。なお、小さな木チップを原料とするため、もし成型体が崩壊したとしても海域には木チップが浮遊するのみで漁船や魚網を傷めることはない。木チップは海虫や微生物により自然に分解され、セメントは砂となって海洋汚染の心配もない。

本研究では、この木質・セメント成型体を用いた小型の海藻礁試験体を試作して北海道日本海南西部沿岸の磯焼け地帯に設置し、その海藻現存量の調査を行って木質・セメント成型体の海藻礁としての効果を検討した。なお、木チップには、木質系廃棄物の再資源化の観点から、木造住宅解体材等から再生利用可能な木材を分別して粉碎・分級したものをを用いた。

2. 試験方法

2.1 製造条件

忍路湾で行われた木質・セメント成型体海藻礁に関する既往の研究⁴⁻⁸⁾を参考に木質・セメント成型体の製造条件を決定するための予備試験を行った。用いた木チップは(財)札幌市環境事業公社から入手した木造住宅解体材等の粉碎チップで、樹種は主にエゾマツ・トドマツである。セメントには普通ポルトランドセメント、セメント硬化促進剤には食用のニガリ、水には水道水を用いた。ニガリはセメント重量の3%を添加した。第1表に示すような、木チップの粒度、水

第1表 木質・セメント成型体の製造条件とはく離試験結果

Table 1. Manufacturing conditions and results of internal bonding test of the wood-cement composite.

木チップの粒度 Wood chip size	水セメント比 ¹⁾ Water-to-cement ratio ¹⁾	セメント木比 ²⁾ Cement-to-wood ratio ²⁾	はく離強さ ³⁾ (MPa) Internal bond strength of wood-cement composite ³⁾	製造条件 Manufacturing condition
ふるい 篩目 7mm 上かつ 40mm 下 Over 7mm and under 40mm sieves	0.55	4.0	0.36	A
		3.0	0.15	
		2.0	0.00	
篩目 15mm 上かつ 40mm 下 Over 15mm and under 40mm sieves	0.60	4.0	0.67	A
		3.0	0.25	
		2.0	0.01	
	0.55	4.0	0.42	B
		3.0	0.46	
		2.0	0.23	

注) 1): 水重量/セメント重量, 2): セメント重量/全乾木質重量, 3): 3体の平均

Note) 1): Weight of water/weight of cement; 2): Weight of cement/weight of wood at oven dry; 3): The average of three pieces

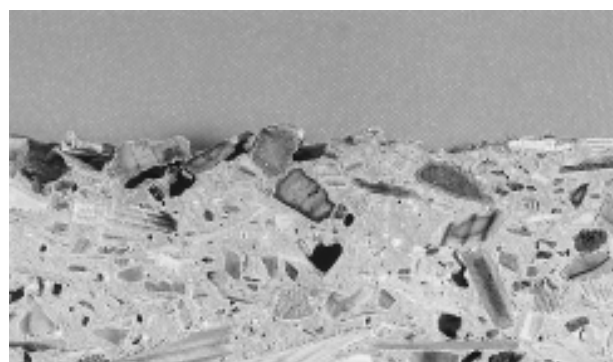
セメント比, セメント木比を変えた条件で, 無圧縮により上部と下部はモルタルにより平滑面とした直径10×高さ20cmの円柱状の木質・セメント成型体の試験体を各条件3体製造した。

試験体は, 型枠を付けたまま20 相対湿度90%の室内に3日間静置後, 型枠から外し, ビニール袋で密封して40℃で6日間加温した。開封したのち室内雰囲気下で1日養生し, 試験に供した。

試験は, JIS A 5908-1994「パーティクルボード」に規定された「5.9 はく離強さ試験」に準じて行った。はく離強さ(最大荷重/断面積)は試験体側面の空げきを20%として直径8cmで計算し, 第1表に示した。

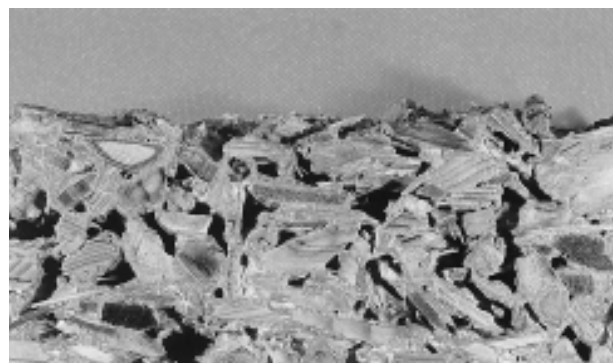
海藻礁試験体の製造条件は, はく離試験結果と, 海中構造物に関する鉄筋コンクリートの許容応力度における許容付着応力度の最低の設計基準強度値0.59MPaとを参考に, 第1表に示したA, B, Cの3条件に決定した。製造条件Aは, はく離強さが設計基準強度の最低値0.59MPaを満足したもので最も耐久性が高く, 公共工事の対象となる構造物に耐用年数30年が義務付けられることに対応したものである。製造条件Bは製造条件Aの2/3程度の強度を持つものである。製造条件Cは, 製造条件Aの1/3程度の強度を持つもので, この成型体は表面劣化や食害により数年で成型体表面から崩れてゆく可能性が高いと思われる。

製造条件AおよびCで製造された成型体の内部断面を第2図に示す。この図から, 2種類の成型体表面は凹凸の程度はほぼ同じであるが, 内部は製造条件Aが緻密であるのに対して製造条件Cは空げきが多いことが分かる。



製造条件A

Manufacturing condition A



製造条件C

Manufacturing condition C

第2図 成型体の内部断面図

Fig. 2. Inner section of wood-cement composites.

2.2 海中設置試験体

第1表に示した製造条件Aの成型体と製造条件Cの成型体を各6体, 比較としてモルタル製試験体(対照)を2体製造した。試験体の形状は, 高さ約30×直径約43cmの円柱状で鉄板の台座と一体となったものである。試験体の概要を第3図に示す。

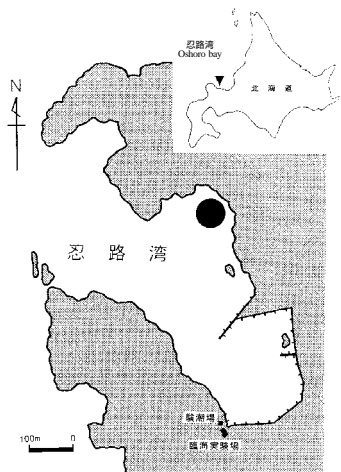
2.3 試験地

試験地は, 第4図に示すように, 磯焼け地帯である



対照
(モルタル) A C
Control
(Mortar)

第3図 小型試験体の概要
Fig. 3. A overview of small test blocks.



第4図 小型試験体の設置箇所()
Fig. 4. Map showing the experimental site().

北海道日本海南西部沿岸の小樽市にある忍路湾である。試験体の設置場所は、静穏な海域の湾内で、岸から約15mの水深約1.6mの砂礫地である。

2.4 調査方法

試験体は1998年10月29日、忍路湾内に海中設置し、2001年までの3年間海藻現存量を調査した。

現存量は、2～3月の春季(A,Cの各2体)、6月の夏季(A,C,対照の各2体)、10月の秋季(A,Cの各2体)の年3回、試験体を小型漁船上に引き上げ、試験体表面(表面積5,200～5,500cm²)に着生した全海藻を掻き取って調査した。掻き取り後は海中に再設置した。

3. 試験結果と考察

3年間の現存量調査結果を第2表に、設置から3年目夏季の海藻着生状況を第5図に示す。全般に、成型体は対照区よりも海藻の着生が良好であった。夏季には、どの成型体にもバフンウニが1～5個付着していた。1年目夏季の現存量が極端に少なくなっているのは、調査直前に時化があり、着生していたホソメコンブが流されたためである。

忍路湾内での小型試験体の現存量推移を、全海藻と大型有用海藻に分けて第6図に示す。大型有用海藻とは、ウニ・アワビの餌料となるホソメコンブ、スジメ、ワカメの大型褐藻類を指し、冬季の現存量をゼロと仮定した。また、試験にはA,C2種類の試験体を投入したが、いずれの表面にも磨耗等が見られず表面凹凸の程度に大きな差がないため、2種類の試験体の現存量を平均し、対照と比較した。第6図から、全海藻と大型有用海藻とも、対照よりも成型体の現存量が多いことが分かる。これは、成型体の表面凹凸が海藻の着生に好影響を与えたためと思われる。

一方、第7図に示すように、表面崩壊しやすいと考えられる試験体Cにおいても、忍路湾内での3年間では目立った表面セメント層の磨耗および木チップの食害が観察されず、表面の自然崩壊・更新を確認することはできなかった。

4. おわりに

本研究では、木質・セメント成型体を海藻着生基質とする小型の海藻礁試験体を製造し、北海道日本海南西部磯焼け地帯の忍路湾内に設置した。この海藻現存量を調査することにより、木質・セメント成型体の海藻礁としての効果を検討した。その結果、表面に凹凸がある木質・セメント成型体は表面が平滑なコンクリートよりも大型有用海藻の着生に効果があることが明らかとなった。一方、3年の設置期間では目立った表面セメント層の磨耗および木チップの食害は観察されず、期待された表面の自然崩壊・更新は確認できなかった。

謝 辞

本研究の実施にあたり、北海道東海大学工学部海洋開発工学科 矢部和夫 教授、北海道立中央水産試験場

第2表 忍路湾内での小型試験体の現存量
Table 2. Standing crops of small test blocks.

年 Year	調査日 Date	季節 Season	月日 Month,Day	着生していた海藻と底生動物 Marine algae and benthin animal		A		C		対照 Control				
						1	2	1	2	1	2			
1999 (1年目) (First year)	春 Spring	3.18	現存量 (kg/m ²)	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>Laminaria religiosa</i>	0.497		0.906						
				その他雑海藻 Other algae		0.837		1.931						
				合計		1.334		2.837						
				動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>Strongylocentrotusintermedius</i>	0		0						
				夏 Summer	7.01	現存量 (kg/m ²)	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0		0		0	
							その他雑海藻 Other algae		0.409		0.270		0.767	
	合計		0.409		0.270		0.767							
	動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>S. intermedius</i>	1		3		0							
	秋 Autumn	10.22	現存量 (kg/m ²)	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0		0						
				その他雑海藻 Other algae		0.635		0.658						
				合計		0.635		0.658						
				動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>S. intermedius</i>	0		0						
2000 (2年目) (Second year)				春 Spring	3.23	現存量 (kg/m ²)	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0.007	0.063	0.048	0.103		
								スジメ <i>Costaria costata</i>	0	0.002	0.037	0.004		
		ワカメ <i>Undaria pinnatifida</i>	0				0	0.077	0					
		小計	0.007				0.065	0.162	0.107					
	その他雑海藻 Other algae		1.550				1.841	2.547	1.967					
	合計		1.557				1.906	2.709	2.074					
	動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>S. intermedius</i>	0	0	0	0								
	夏 Summer	5.31	現存量 (kg/m ²)	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0.127	0.003	0.024	0.02	0	0			
					スジメ <i>C. costata</i>	0	0.002	0.004	0.009	0	0			
					ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0.128	0	0	0	0	0			
					小計	0.255	0.005	0.028	0.029					
				その他雑海藻 Other algae		2.021	0.825	2.323	1.641	0.802	0.490			
合計					2.276	0.83	2.351	1.67	0.802	0.49				
動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>S. intermedius</i>	2	5	1	5	0	0							
秋 Autumn	10.17	現存量 (kg/m ²)	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0	0	0	0						
			その他雑海藻 Other algae		0.073	0.198	0.011	0.003						
			合計		0.073	0.198	0.011	0.003						
			動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>S. intermedius</i>	0	0	0	0						
			2001 (3年目) (Third year)	春 Spring	2.28	現存量 (kg/m ²)	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0.259	0.3	0.282	0.268		
								スジメ <i>C. costata</i>	0.002	0	0.055	0.136		
	ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0					0	0.182	0					
	小計	0.261					0.3	0.519	0.404					
その他雑海藻 Other algae		2.01					2.723	1.813	2.899					
合計		2.271					3.023	2.332	3.303					
動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>S. intermedius</i>	0		0	0	0								
夏 Summer	6.05	現存量 (kg/m ²)		大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	1.656	0.771	0.248	0.263	0.188	0.035			
					スジメ <i>C. costata</i>	0.613	0	0.094	0.016	0	0			
					ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	1.498	0	0	0.177	0	0			
					小計	3.767	0.771	0.342	0.456	0.188	0.035			
				その他雑海藻 Other algae		2.001	0.859	1.477	0.4	1.518	1.190			
			合計		5.768	1.63	1.819	0.856	1.706	1.225				
動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>S. intermedius</i>	3	2	1	1	2	1							
秋 Autumn	10.23	現存量 (kg/m ²)	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0	0	0							
			その他雑海藻 Other algae		0	0	0	0						
			合計		0	0	0	0						
			動物数(個) The number of benthic animal	エゾバフンニ <i>S. intermedius</i>	0	0	3	3						



A



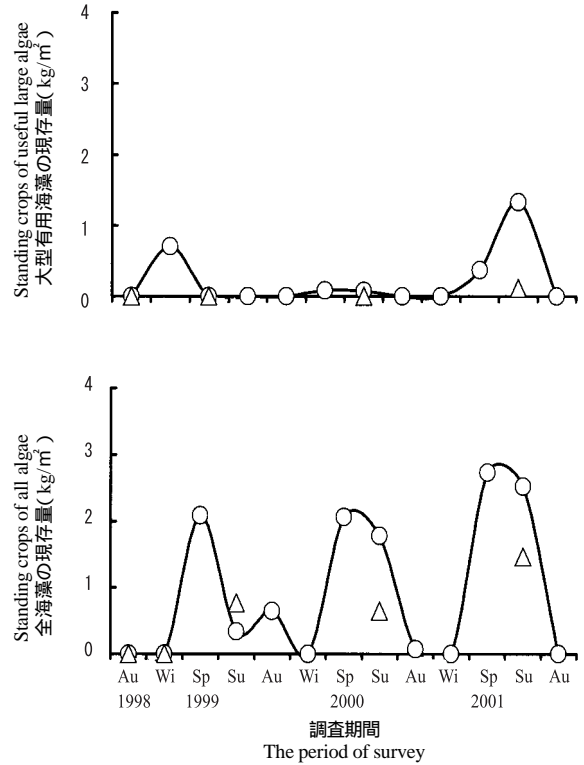
C



Control

第5図 小型試験体の海藻着生状況
(設置から3年目夏季の2001年6月5日)

Fig. 5. Marine algal on small test blocks.
(June 5th, 2001 of the summer in 3 from the installation)

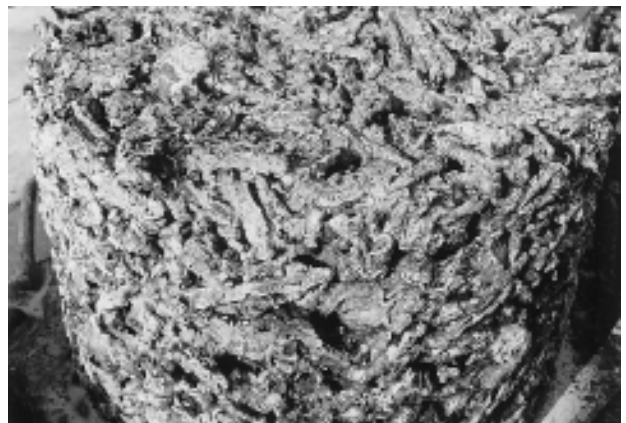


第6図 小型試験体の現存量の季節変動

凡例) : 成型体, : 対照, Sp: 春, Su: 夏, Au: 秋, Wi: 冬

Fig. 6. Seasonal changes in standing crops of small test blocks.

Legend) : Composite; : Control; Sp: Spring; Su: Summer; Au: Autumn; Wi: Winter



第7図 小型試験体の磨耗状況(C)

(設置から3年目秋季の2001年10月23日回収後)

Fig. 7. An abrasion state of composites part of small test blocks(C).

(After collection on October 23rd, 2001 of the autumn in 3 from the installation)

資源増殖部 川井唯史 研究職員(現 北海道原子力環境センター水産研究科)に有益な助言をいただいた。小樽市漁業協同組合および忍路漁業区の皆様に試験地としての使用を快諾していただいた。調査にあたっては、北海道大学忍路臨海実験所 信太郎氏および川本孝一氏に便宜を図っていただいた。ここに記して、深く謝意を表します。

文 献

- 1) 山田敦: カラマツ間伐材を利用した漁礁, 林産試だより, 3月号, 5-9 (1991).
 - 2) 辻居修一: 間伐材を使った人工魚礁, 木材工業, **46**, 569-573 (1991).
 - 3) 菊地伸一ほか: 藻礁に利用された木材の海虫による劣化について, 木材工業, **53**, 218-222 (1998).
 - 4) 堀江秀夫: 木質・セメント成形板の藻礁への適用について, 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集, 33, (1995).
 - 5) 加藤幸浩ほか: 木質系人工藻礁の耐久性について, 平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 125, (1996).
 - 6) 森満範: 木質資源で海中林をつくる - 建築解体材を用いた木質系海藻礁の開発 - 林産試だより, 11月号, 1-4 (1999).
 - 7) 森満範ほか: 木質・セメント成形板の海藻礁への適用, 木材工業, **55**, 205-210 (2000).
 - 8) 堀江秀夫ほか: 木チップと下水道コンポスト・焼却灰による海藻礁の開発, 平成12年度共同研究報告書, 1-42 (2001).
 - 9) 谷口和也: “磯焼けを海中林へ”, 裳華房 (1998).
 - 10) 赤池章一: 積丹半島西岸域の藻場と磯焼けの現状 - 航空写真と潜水調査による解析 - 1986 ~ 1998年, 原子力環境センター試験研究 第6号, 1-119 (2000).
 - 11) 吾妻行雄: 北海道日本海南西部沿岸の磯焼け, 北水試だより, No.31, 3-9 (1995).
 - 12) 谷口和也 編: “磯焼けの機構と藻場修復”, 恒星社厚生閣, 84 (1999).
 - 13) 中村充: “水産土木学 - 生態系海洋環境エンジニアリング -”, 工業時事通信社, 404-409 (1991).
 - 14) 徳田廣ほか: “海藻の生態と藻礁”, 緑書房, 130 (1991).
 - 15) 名畑進一: ナガコンブ漁場での雑海藻駆除の重要性, 北水試だより, No.13, 6-12 (1991).
 - 16) 谷野賢二ほか: 藻草動物の珪藻摂食行動に対する基質微地形の効果, 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集, 29 (1997).
 - 17) 徳田廣ほか: “海藻の生態と藻礁”, 緑書房, 180-187 (1991).
 - 18) 水産庁: 大規模増殖場開発事業調査総合報告書I (北海道戸井地区, 八雲地区, 今別地区, 種市地区) (1977).
 - 19) 千葉不二夫ほか: ウニ類の食害防止ネットの効果について, 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集, 36 (1995).
 - 20) 陳勇ほか: 海底堆積物(ヘドロ)利用のブロックの損壊度と褐藻アラメの成長および生残との関係, 日本水産学会誌, **61**, 346-355 (1995).
 - 21) 津野雅俊ほか: 藻場造成による浅海域利用の研究 - 石炭灰硬化物の藻礁利用試験(中間報告) - 北海道電力株式会社総合研究所研究年報, Vol.2, 49-60 (1996).
- 前 利用部 再生利用科(現 高岡短期大学) -
 - * 1 性能部 防火性能科 -
 - * 2 技術部 成形科 -
 - * 3 利用部 再生利用科 -
 (原稿受理: 01.12.6)