

# 木質・セメント成型体の海藻礁としての効果 (第2報)

- 上ノ国町沿岸に設置した実大試験体の現存量調査結果 -

堀江秀夫

竹花邦夫<sup>\*1</sup>

## Evaluation for Algal Farming of Artificial Reefs Made from Wood-Cement Composites ( II )

-Results of a survey on standing crops of full scale test blocks  
at Kaminokuni-cho coast , Southwestern Hokkaido-

Hideo HORIE

Kunio TAKEHANA

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

磯焼け現象の原因については諸説があるが、北海道立中央水産試験場では次のような見解を示している。原因としては「発生させた原因」と「持続させている原因」に区分しており、前者は「温暖な対馬暖流の栄養塩の不足」にあるとし、後者の主な原因は「キタムラサキウニ(ノナ)の食圧」であるとしている。このことから水産業界では有用海藻類を増殖するため、海中林造成に伴う技術開発が多岐にわたり実施され、その成果が期待されている。

忍路湾内に設置した木質・セメント成型体の海藻礁としての効果は前報<sup>1)</sup>により明らかとなっていることから、本研究では木質・セメント成型体の特徴を活かした実大規模の海藻礁開発・製造に取り組み、1999年に北海道日本海南西部の上ノ国町沿岸に設置して、この試験体に着生した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。

海藻現存量調査では、平滑なコンクリート表面よりも大型有用海藻の着生が明らかとなり、忍路湾内の結果と同様の成果が得られた。しかし、木質・セメント成型体部の基質が自然に崩壊し更新されている状況は認められず、今後も成型体部の観察を継続する必要がある。

### 1. はじめに

磯焼けは、現在、北海道の日本海沿岸部で発生して大きな問題となっており、この対策の一つとして効果的な人工海藻礁の開発が望まれている。

こうした背景から、前報<sup>1)</sup>に続いて本報では、木質・

セメント成型体をコンクリートブロックと一体化した実大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。

2. 試験方法

2.1 製造条件

前報<sup>1)</sup>に記したA, B, Cの3条件で実大試験体を製造した(第1表)。用いた原料は前報と同じものである。

3種類の成形体表面の凹凸程度はほぼ同じであるが、製造条件Aは内部が緻密かつ高強度であるのに対して、製造条件B, Cの順で内部に空けきが多くかつ低密度となっている。

2.2 試験地

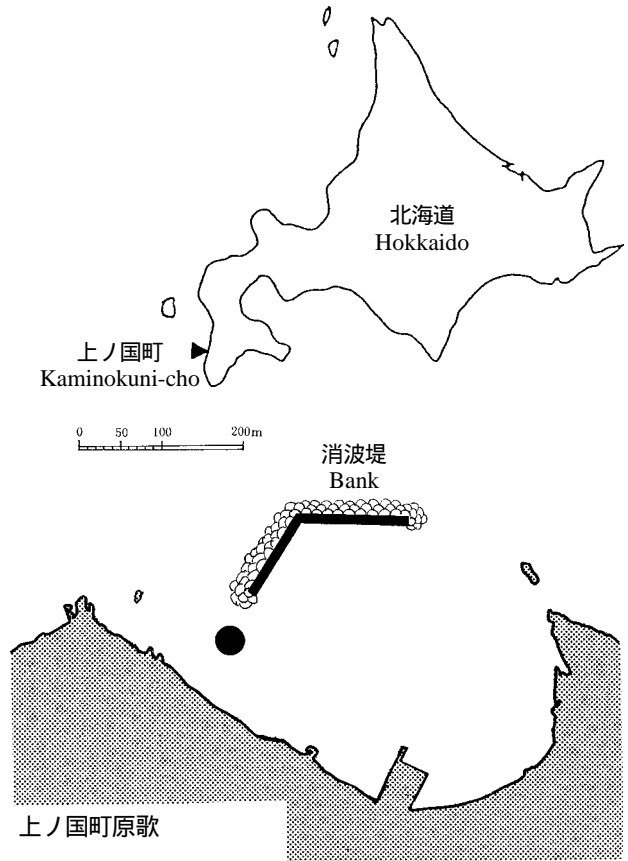
試験地は、第1図に示すように、磯焼け地帯である北海道日本海南西部沿岸の上ノ国町原歌地先である。

試験体の設置場所は、外洋に面した岸から約100m、水深約4mの直径0.5~1.0mの転石地帯である。

2.3 調査方法

木質・セメント成型体をコンクリートブロックと一体化した実大試験体を製造して、松山郡上ノ国町原歌地先に1999年から2001年の2年間海中設置し、試験体の海藻現存量ならびに着生動物数を調査した。

実大試験体の概要を第2図に示す。製造条件Cの成型体を取り付けた実大試験体(R試験体)3体を製造し、1999年10月22日、松山郡上ノ国町原歌地先に設置した(第1図参照)。また、松山建設協会水産部会が、林産試験場の指導により3種類の成型体(第1表の製造条件A, B, C)を1個ずつ取り付けた実大試験体3体と比較対照のコンクリート製試験体1体の計4体(K試験体)を製造し、1999年12月6日、同地点に設置した。K試験体は、直方体のコンクリート部の上に一回り小さい厚さ20cmの成型体に乗った形状をしており、高さは100cm、重量は約6tである。これらの試験体は、安定計算により転倒および滑動のない形状・重量となっている。



第1図 実大試験体の設置箇所( )  
Fig. 1. Map showing the experimental site( )

現存量ならびに着生動物数は、4月の春季、6月の夏季、8月の秋季の年3回、ダイバーが試験区および対照区の50cm枠内に着生した海藻を掻き取って調査した。また同時に、各試験体の上面に蟄集していた底生動物を採集した。

なお、実大試験体上面の水深を、エスロン<sup>®</sup>距離測定テープに2kg程度の重りを下げて船上より降下させて測定した結果は、R試験体のNo.1:2.40m, No.2:2.65m, No.3:3.10m, K試験体のNo.1:2.60m, No.2:

2.90m, No.3:2.75m, No.4:3.00mであった。このように実大試験体の現存量調査対象面(上面)の水深は、平均2.75m(最小2.40m, 最大3.10m)であり、試験体間の差は小さい。また、試験体の設置間隔は約2mである。

3. 試験結果と考察

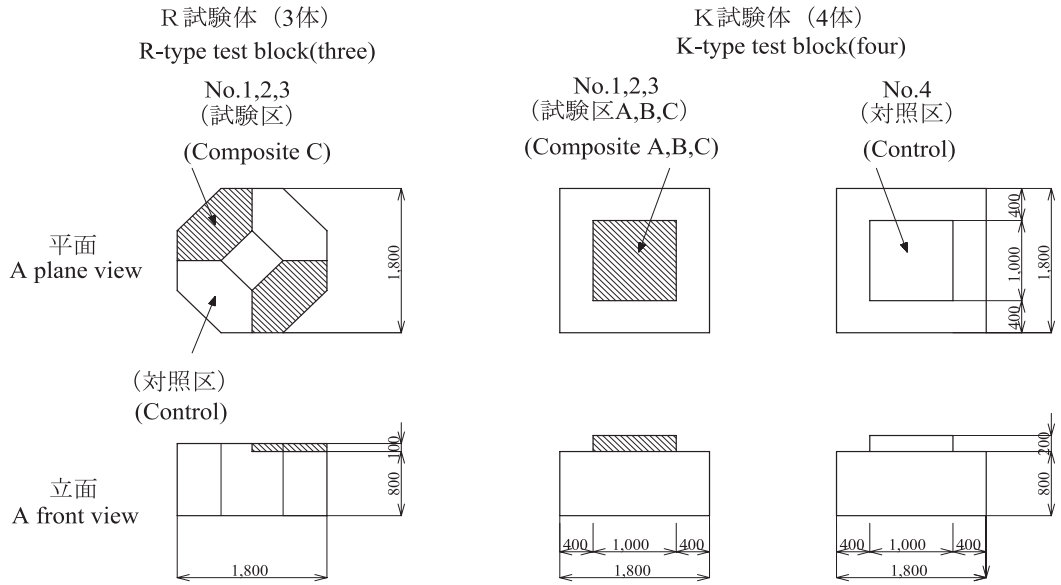
R試験体, K試験体の2年間の現存量測定結果をそれぞれ第2表, 第3表に示す。ま

第1表 実大試験体の製造条件

Table 1. Manufacturing conditions of full scale test blocks.

製造条件 Manufacturing condition	木チップの粒度 Wood chip size	水セメント比 <sup>1)</sup> Water-to-cement ratio	セメント木比 <sup>2)</sup> Cement-to-wood ratio
A	篩目 7mm 上かつ 40mm 下 Over 7mm and under 40mm sieves	0.60	4.0
B	篩目 15mm 上かつ 40mm 下 Over 15mm and under 40mm sieves	0.55	4.0
C	篩目 15mm 上かつ 40mm 下 Over 15mm and under 40mm sieves	0.55	3.0

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

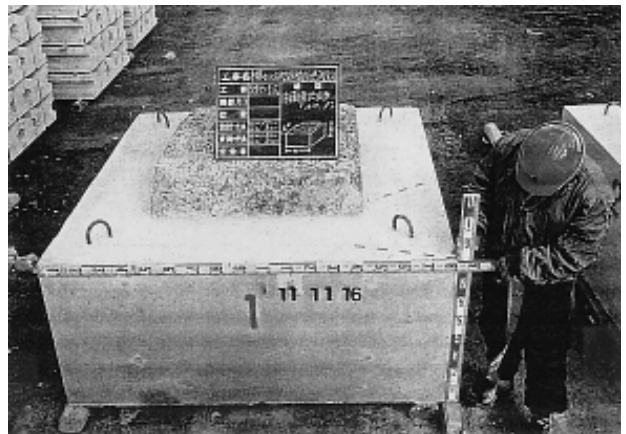


(unit: mm)

凡例)ハッチ:木質・セメント成型体,その他:コンクリート  
Legend) The hatch: Composites; the others: Concrete



R試験体の成型体部  
Composite of R-type test block



K試験体のNo.1(試験区)(No.2,3も同型)  
No.1(composite) of K-type test block (No.2,3 are the same type)



3体のR試験体  
Three ones of R-type test block



K試験体のNo.4(対照区)  
No.4 of K-type test block(control)

第2図 実大試験体の概要

Fig. 2. A overview of full scale test blocks.

第2表 実大試験体(R試験体)の現存量  
Table 2. Standing crops of full scale test blocks (R-type).

調査日			現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	着生していた海藻と底生動物 Marine algae and benthin animal	No.1		No.2		No.3		平均			
年	季節	月日			試験区 C	対照区	試験区 C	対照区	試験区 C	対照区	試験区 C	対照区		
Year	Season	Month,Day			Composite	C Control	Composite	C Control	Composite	C Control	Composite	C Control		
2000 (1年目) Spring	春	5.09		大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>Laminaria religiosa</i>	0	0.064	0.297	0.572	0.292	0			
					ワカメ <i>Undaria pinnatifida</i>	0	0	0	0	0	0			
					小計	0	0.064	0.297	0.572	0.292	0	0.196	0.212	
					その他雑海藻 Other algae	フクロノリ <i>Colpomenia sinuosa</i>	0.165	1.34	0	0	1.65	1.582		
						ソゾ類 <i>Laurencia</i> spp.	0	0	0.003	0	0	0		
						カヤモノリ <i>Scytosiphon lomentaria</i>	0	0	0	0	0.145	0.05		
						小計	0.165	1.34	0.003	0	1.795	1.632	0.654	0.991
						合計	0.165	1.404	0.3	0.572	2.087	1.632	0.851	1.203
					動物数(個) The number of benthin animal	キタムラサキウニ <i>Strongylocentrotus nudus</i>	0		0		0			
						エゾバフンウニ <i>Strongylocentrotus intermedius</i>	5		0		0			
エゾアワビ <i>Haliotis discus hannai</i>	0		1			0								
夏 Summer	6.13		現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0	0	0	0.316	0.303	0.791			
					ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0	0	0	0	0	0			
					小計	0	0	0	0.316	0.303	0.791	0.101	0.369	
					その他雑海藻 Other algae	フクロノリ <i>C. sinuosa</i>	0.027	0.026	0.08	0	0	0.027		
						小計	0.027	0.026	0.08	0.316	0.303	0.818	0.137	0.387
						合計	0.027	0.026	0.08	0.316	0.303	0.818	0.137	0.387
					動物数(個) The number of benthin animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	未採取		未採取		24			
						エゾバフンウニ <i>S. intermedius</i>					17			
						エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>					2			
						合計					43			
秋 Autumn	8.30		現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0	0	0	0	0	0	0		
					ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
					小計	0	0	0	0	0	0	0	0	
					その他雑海藻 Other algae	フクロノリ <i>C. sinuosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
						小計	0	0	0	0	0	0	0	0
						合計	0	0	0	0	0	0	0	0
					動物数(個) The number of benthin animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	0		0		0			
						エゾバフンウニ <i>S. intermedius</i>	1		0		0			
						エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>	0		0		0			
						合計	1		0		0			
2001 (2年目) Spring	春	4.25	現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0	0	0	0	0	0			
					ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0	0	1.936	0	0.245	0			
					小計	0	0	1.936	0	0.245	0	0.727	0.000	
					その他雑海藻 Other algae	カタワベニヒバ <i>Neopitella asplenoides</i>	0	4.662	2.308	6.648	0.444	5.945		
						イギス類 <i>Ceramium</i> spp.	0.591	0	0	0	0	0		
						クロイトグサ <i>Polysiphonia forcipata</i>	0.773	0	0	0	0	0		
						アオサ類 <i>Ulva</i> spp.	0.038	0	0	0	0	0		
						アカバギンナンソウ <i>Rhodoglossum pulcherum</i>	0.031	0	0	0	0	0		
						ヌメハノリ <i>Delesseria violacea</i>	0	0	0.157	0	0.174	0		
						フクロノリ <i>C. sinuosa</i>	0	0	0	0	0.009	0		
ホンダワラ類 <i>Sargassum</i> spp.	0.006	0	0	0		0	0							
小計	1.439	4.662	2.465	6.648		0.627	5.945	1.510	5.752					
合計	1.439	4.662	4.401	6.648		0.872	5.945	2.237	5.752					
動物数(個) The number of benthin animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	0		0		2								
	エゾバフンウニ・バフンウニ <i>S. intermedius</i>	2		3		3								
	エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>	0		0		0								
	合計	2		3		5								
夏 Summer	6.26		現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0	0	0	0	0	0			
					ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0	0	0	0	2.282	0			
					小計	0	0	0	0	2.282	0	0.761	0.000	
					その他雑海藻 Other algae	カタワベニヒバ <i>N. asplenoides</i>	0	2.749	1.487	4.942	0.422	3.791		
						イギス類 <i>Ceramium</i> spp.	1.327	0	0	0	0	0		
						クロイトグサ <i>P. forcipata</i>	0.18	0	0	0	0	0		
						アオサ類 <i>Ulva</i> spp.	0.023	0	0	0	0	0		
						ヌメハノリ <i>D. violacea</i>	0.084	0	0.05	0	0	0		
						フクロノリ <i>C. sinuosa</i>	0	0	0	0	0.084	0		
						ホンダワラ類 <i>Sargassum</i> spp.	0	0.089	0	0	0	0		
小計	1.614	2.838	1.537	4.942		0.506	3.791	1.219	3.857					
合計	1.614	2.838	1.537	4.942		2.788	3.791	1.980	3.857					
動物数(個) The number of benthin animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	0		0			1							
	エゾバフンウニ <i>S. intermedius</i>	8		6		6								
	エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>	0		1		0								
	合計	8		7		7								
秋 Autumn	8.29		現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0	0	0	0	0	0	0		
					ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
					小計	0	0	0	0	0	0	0	0	
					その他雑海藻 Other algae	クロイトグサ <i>P. forcipata</i>	0.034	0.008	0.026	0.026	0	0.161		
						フシスジモク <i>Sargassum confusum</i>	0	0	0.009	0	0	0		
						小計	0.034	0.008	0.035	0.026	0	0.161	0.023	0.065
					合計	0.034	0.008	0.035	0.026	0	0.161	0.023	0.065	
					動物数(個) The number of benthin animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	0		3		3			
						エゾバフンウニ <i>S. intermedius</i>	0		0		0			
						エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>	0		2		0			
合計	0		5			3								

第3表 実大試験体(K試験体)の現存量  
Table 3. Standing crops of full scale test blocks (K-type).

調査日 Date			着生していた海藻と底生動物 Marine algae and benthic animal	No.1	No.2	No.3	No.4						
年 Year	季節 Season	月日 Month,Day		試験区A CompositeA	試験区B CompositeB	試験区C CompositeC	平均 Mean	対照区 Control					
2000 (1年目) (First year)	春 Spring	5.09	現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	1.331	1.992	2.535	1.063				
					ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0	0	0	0				
					小計	1.331	1.992	2.535	1.953	1.063			
					その他雑海藻 Other algae	カヤモノリ <i>S. lomentaria</i>	0.244	0.222	0.221	0.032			
					合計	1.575	2.214	2.756	2.182	1.095			
					動物数(個) The number of benthic animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	2	2	0	1			
				エゾバフンウニ <i>S. intermedius</i>	5	2	1	0					
				エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>	0	0	1	3					
	夏 Summer	6.13	現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0.710	1.798	10.640	1.301				
						ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	0	0	0	0			
						小計	0.710	1.798	10.640	4.383	1.301		
						その他雑海藻 Other algae	カヤモノリ <i>S. lomentaria</i>	0	0	0	0.093		
					合計	0.710	1.798	10.640	4.383	1.394			
					動物数(個) The number of benthic animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	7	8					
			エゾバフンウニ <i>S. intermedius</i>	62	62	未採取 not crop	未採取 not crop						
			エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>	2	3								
2001 (2年目) (Second year)	春 Spring	4.25	未調査										
			夏 Summer	6.26	現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae	ホソメコンブ <i>L. religiosa</i>	0	0	0	0		
								ワカメ <i>U. pinnatifida</i>	9.250	0	6.622	0	
								小計	9.250	0	6.622	5.291	0
								その他雑海藻 Other algae	カタワベニヒバ <i>N. asplenioides</i>	0	0	0	3.405
									ソゾ類 <i>Laurencia</i> spp.	1.481	1.514	0	0
							クロイトグサ <i>P. forcipata</i>	0.526	0	0.016	0		
				小計	2.007	1.514	0.016	1.179	3.405				
				合計	11.257	1.514	6.638	6.470	3.405				
			動物数(個) The number of benthic animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	0	1	10	0					
				エゾバフンウニ <i>S. intermedius</i>	6	12	34	4					
				エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>	3	1	1	0					
秋 Autumn	8.29	現存量 (kg/m <sup>2</sup> )	大型有用海藻 Useful large algae		0	0	0	0					
					クロイトグサ <i>P. forcipata</i>	0.051	0.016	0	0.153				
					フシスジモク <i>S. confusum</i>	0.013	0	0	0				
					小計	0.064	0.016	0	0.027	0.153			
					合計	0.064	0.016	0	0.027	0.153			
					動物数(個) The number of benthic animal	キタムラサキウニ <i>S. nudus</i>	8	8	8	3			
			エゾバフンウニ <i>S. intermedius</i>	1	2	27	0						
			エゾアワビ <i>H. discus hannai</i>	5	2	3	7						



No.2



No.3



左：R 試験体  
The left: R-type test blocks

No.1 (試験区 C と対照区)  
(Composite C and control)

No.2 (試験区 C と対照区)  
(Composite C and control)

No.3 (試験区 C と対照区)  
(Composite C and control)

下：K 試験体  
The bottom: K-type test blocks

No.1 (試験区 A)  
(Composite A)

No.3 (試験区 C)  
(Composite C)

No.2 (試験区 B)  
(Composite B)

No.4 (対照区)  
(Control)

第3図 実大試験体の海藻着生状況  
(設置から2年目夏季の2001年6月26日)

Fig. 3. Marine algae on full scale test blocks.  
(June 26th, 2001 of the summer in 2 from the installation)



No.2



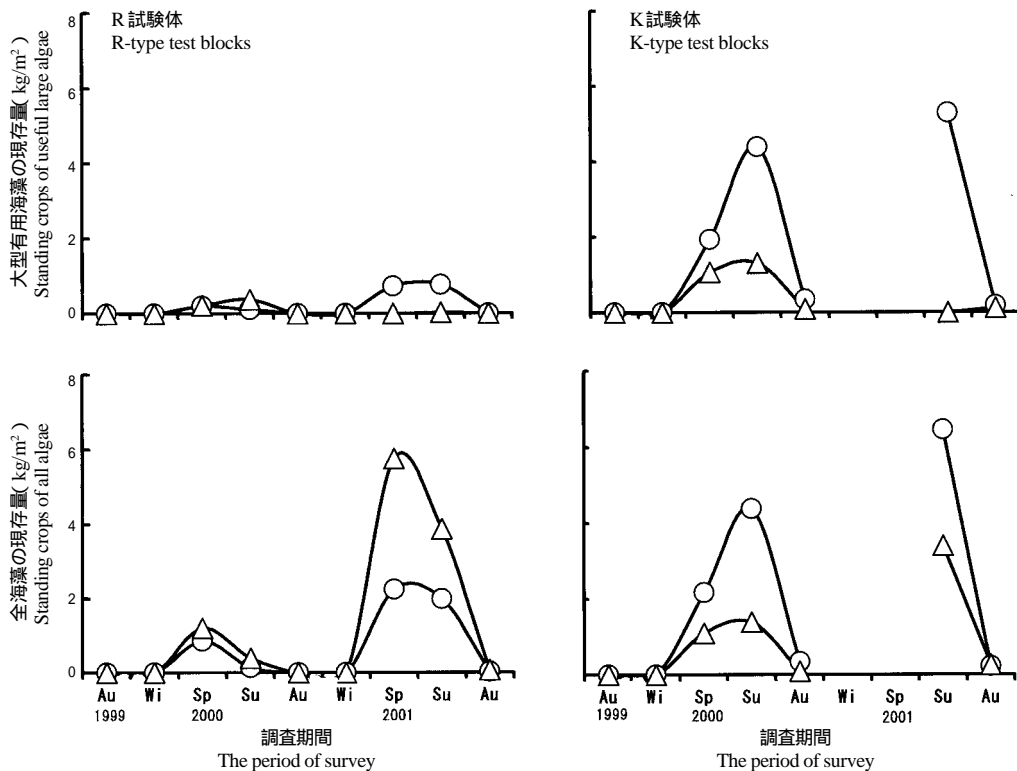
た,設置から2年目夏季の両試験体の海藻着生状況を第3図に示す。なお, 岡山南部地区水産技術普及指導所の試験体設置海域の観察では, 2年間ともコンブの着生が不良でありワカメの生育が目立つ環境であることが分かった。

1年目は, K試験体に比べR試験体のホソメコンブの着生は極端に不良であった。この原因としては, R試験体の中央部には試験体の安定確保のために設けた水抜き用の開口部があり, 水の抵抗が少ないこの場所がウニ等の摂食に有利に働き, R試験体に着生したホソメコンブの幼芽が強度の摂食圧にさらされたことが考えられた。このため, 1年目秋季の調査終了後の2000年11月2日, R試験体のNo.1の基部にウニフェンスと開口部にステンレスのスノコを, No.2の開口部にスノコを取り付ける改修を行った。翌年(2年目)春季におけるR試験体の全海藻現存量は, 改修を行ったNo.1が1.440kg/m<sup>2</sup>およびNo.2が4.401kg/m<sup>2</sup>に対して, 改修を行わないNo.3が0.872kg/m<sup>2</sup>であった。このことから, 1年目のR試験体の海藻着生が不良だったの

は, ウニ等底生動物の食害の影響が大きかったものと思われる。

実大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4図に示す。R試験体は, 3体の試験区と対照区をそれぞれ平均して比較した。またK試験体は3種類のどの成型体表面も摩耗等が見られず表面凹凸の程度に大きな差がないため, 3種類の成型体の現存量を平均して対照区のコンクリートと比較し, 冬季の現存量をゼロと仮定して図示した。なお, K試験体では, 2年目春季は調査を行わなかったため図中の実線がつかっていない。

第2, 3表から, 2年目春季の実大試験体の試験区と対照区を比較すると, 対照区が雑海藻のカタワベニヒバのみの着生に対して, 試験区には大型有用海藻のワカメが見られ(R試験体のNo.2, No.3およびK試験体のNo.1, No.3), また雑海藻の種類も多い(R試験体のNo.1およびK試験体のNo.1)。K試験体の対照区ではカタワベニヒバのみが着生していたが, 試験区に比べ蝸集していたウニ・アワビの個体数が少なかった



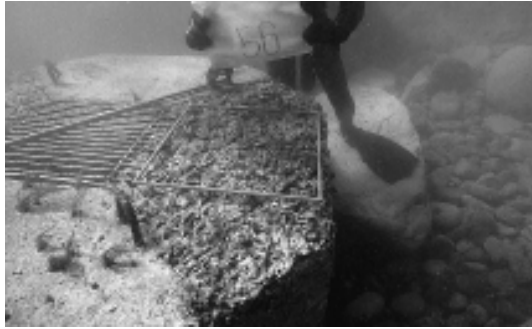
第4図 実大試験体の現存量の季節変動

凡例) ○: 試験区, △: 対照区, Sp: 春, Su: 夏, Au: 秋, Wi: 冬

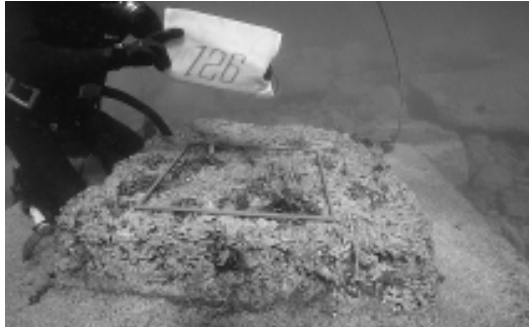
Fig. 4. Seasonal changes in standing crops of full scale test blocks.

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





R試験体No.2(成型体C)  
No.2(Composite C) of R-type test blocks



K試験体No.3(成型体C)  
No.3(Composite C) of K-type test blocks

第5図 実大試験体の成型体部の磨耗状況  
(設置から2年目秋季の2001年8月29日)  
Fig. 5. An abrasion state of composites part of full scale  
test blocks.

(August 29th, 2001 of the autumn in 3 from the installation)

ことから、カタワベニヒバはウニの餌料に適さないことが分かる。

第4図から、R試験体およびK試験体とも、大型有用海藻の現存量は試験区が対照区を上回っていることが分かる。これは、試験区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。なお、R試験体では、対照区にはウニの餌料に適さないカタワベニヒバのみが着生していたことから対照区はウニの食害を受けなかったため、第4図に示したR試験体の全海藻現存量のように、試験区に比べて対照区の現存量が多かったものと思われる。

以上のとおり、北海道日本海南西部沿岸の磯焼け地帯である上ノ国町原歌地先での木質・セメント成型体海藻礁の2年間の現存量調査結果から、木質・セメント成型体(試験区)は表面に凹凸があるという特徴のため平滑な平面のコンクリート(対照区)と比較して大型有用海藻の着生に効果があったと考えられた。このことは、前報<sup>1)</sup>の忍路湾での調査でも確認されたことである。

また、第5図に示すように、上ノ国町原歌地先での

2年間では目立った表面セメント層の磨耗は観察されなかったことから、木チップの食害も観察されなかった。

#### 4. おわりに

本報では上ノ国町沿岸に設置した実大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、忍路湾と同様に、表面が平滑なコンクリートと比較して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、2～3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が観察されなかった。表面の自然崩壊・更新を確認するためにはさらに長期間の調査が必要であると思われる。なお、成型体の自然崩壊・更新を早めるためには、形状の大きな木チップを使うなど、海虫による食害速度を大きくさせる方法を検討する必要がある。

このように、海中設置2～3年間という短期間の調査であったことから、木質・セメント成型体に期待された表面の自然崩壊・更新は確認できなかったが、木質・セメント成型体が大型有用海藻に適した海藻着生基質であることは確認できたものと考えられる。

#### 謝 辞

上ノ国町沿岸での本研究の実施にあたり、北海道立中央水産試験場水産工学室 小林敏規 室長および資源増殖部 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)には有益な助言をいただいた。ひやま漁業協同組合および上ノ国町漁業生産組合の皆様には、試験地としての使用を快諾していただいた。松山支庁水産課、同松山南部地区水産技術普及指導所および上ノ国町水産商工観光課の皆様には終始協力していただいた。本報の取りまとめにあたって、松山建設協会水産部会にはK試験体の現存量調査結果の公表を承諾していただいた。ここに記して深く謝意を表します。

最後に、本研究では木質・セメント成型体表面の自然崩壊・更新を確認することができず、この確認が今後の課題として残ったことに対して、松山南部地区水産技術普及指導所並びにひやま漁業協同組合により実大試験体の観察を今後も継続していただけることになり、感謝いたします。



文 献

1) 堀江秀夫ほか: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-,林産試験場報,17(3), 1-7(2003).

- 前 利用部 再生利用科(現 高岡短期大学) -  
- \*1 前 企画指導部 主任林業専門技術員  
(現 留萌森づくりセンター天塩事務所) -  
(原稿受理:01.12.6)