

# 魚礁における間伐材活用調査

島根県農林水産部漁港漁場整備課 来間淳一

## 1. 調査実施年度

平成13年度～平成17年度

## 2. 目的

間伐材を使用した部材を従来型の魚礁に付加し、その効果の発現の調査を行うことにより、水産生物の増殖機能及び蛸集機能の向上に関する基礎資料を得ようとするものである。

## 3. 調査内容

### (1) 試験礁の設置 (H13.11.20)

### (2) 蛸集状況、付着生物調査 (H13～H17)

スキューバ潜水による目視、ビデオ、写真等により、試験礁における水産動物の蛸集状況を定量的に確認する。

### (3) 部材耐久試験 (H13～H17)

別途設置した耐久試験用部材について、強度試験と腐食状況等の調査を行う。

### (4) ジョイント部調査 (H16～H17)

魚礁と間伐材のジョイント部について、経年変化を観察する。

### (5) 付着生物の餌料としての有効性確認 (H16～H17)

フナクイムシ、キクイムシ等、間伐材に付着する生物の餌料としての有効性を確認する。

#### 4. 調査結果

##### (1) 試験礁設置

###### ①設置海域図

魚礁は図一1に示す、島根県隠岐郡隠岐の島町中村地先中村漁港内、北沖防波堤内側の水深約18m地点に設置した。底質は砂で試験礁設置地点北西側の近い岩礁帯より、約100mの海域である。

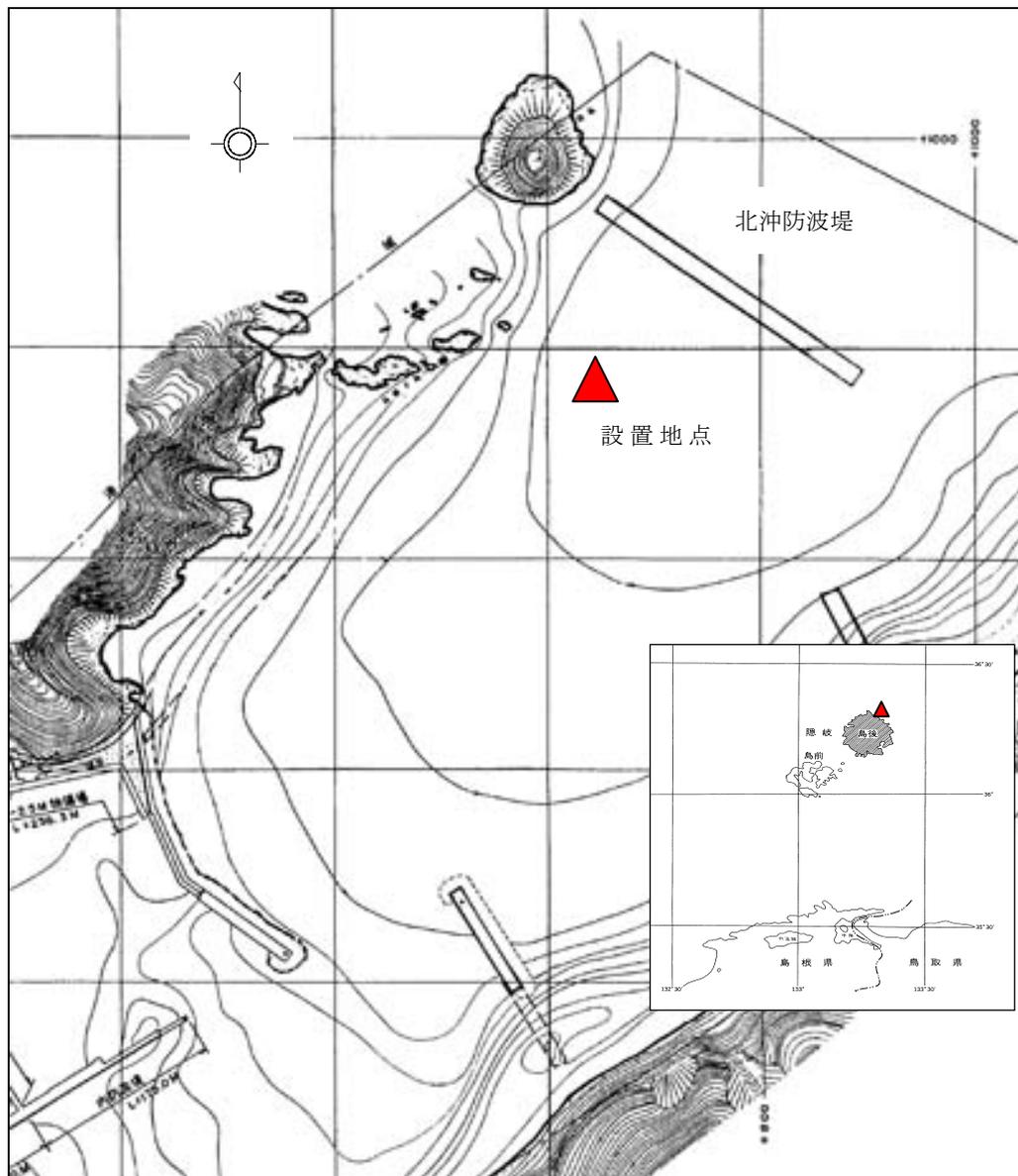


図1 設置海域図

②試験礁タイプ

試験には図一2に示すように、海洋土木㈱のFP魚礁5.00型をベースとし、間伐材を取り付けた3タイプ3基と比較対照用に間伐材取り付けなしの1基、また、鉄製の枠に部材耐久試験用間伐材を取り付けた1基と計5基を設置した。

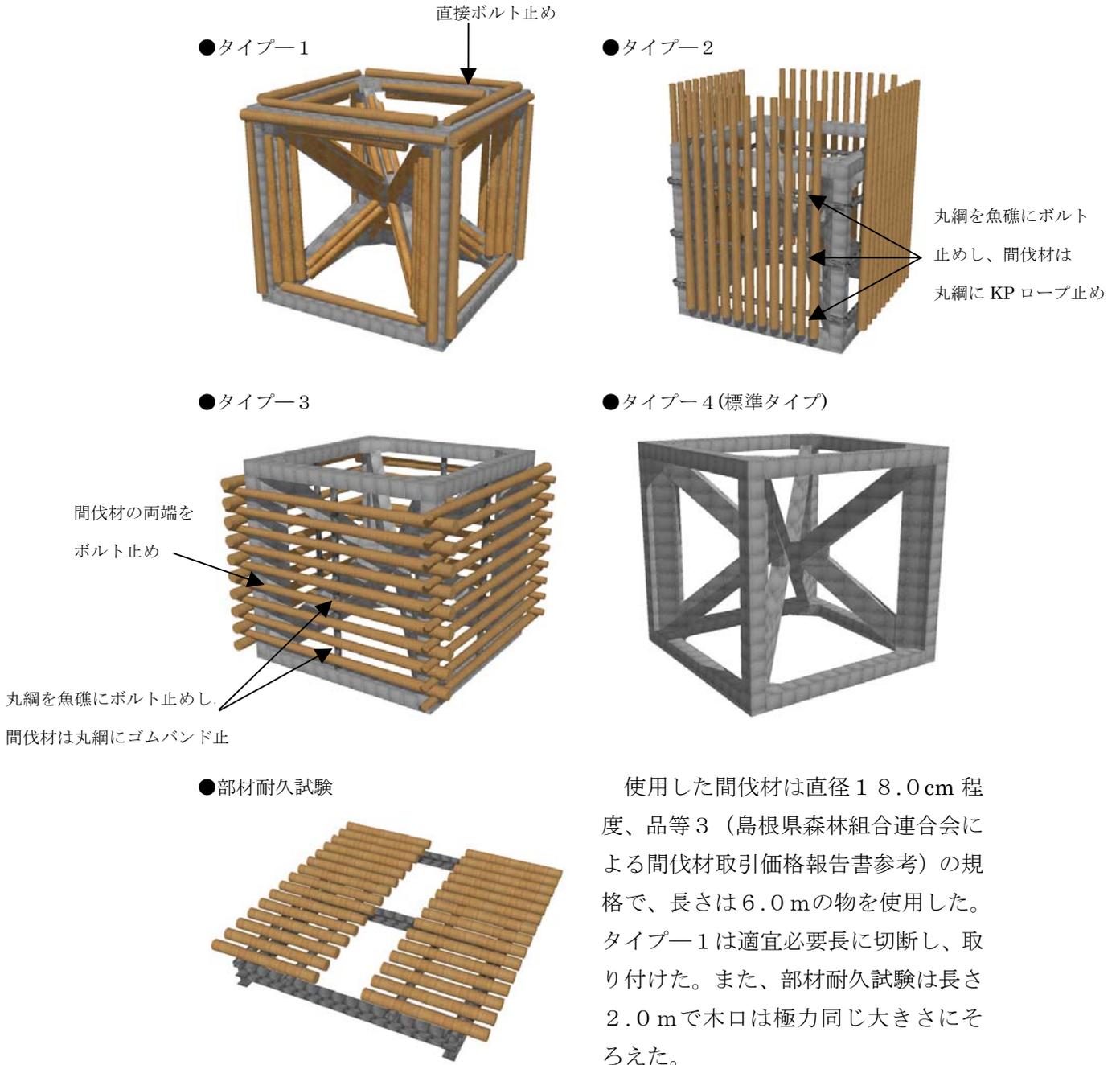


図2 試験礁タイプ

③配置図

試験礁は図一3に示すように、間伐材を取り付けた3タイプ3基と比較対照用に間伐材取り付けなしの1基、また、鉄製の枠に部材耐久試験用間伐材を取り付けた1基の計5基を設置した。設置間隔は互いの影響を受けないように、約50mの間隔とした。

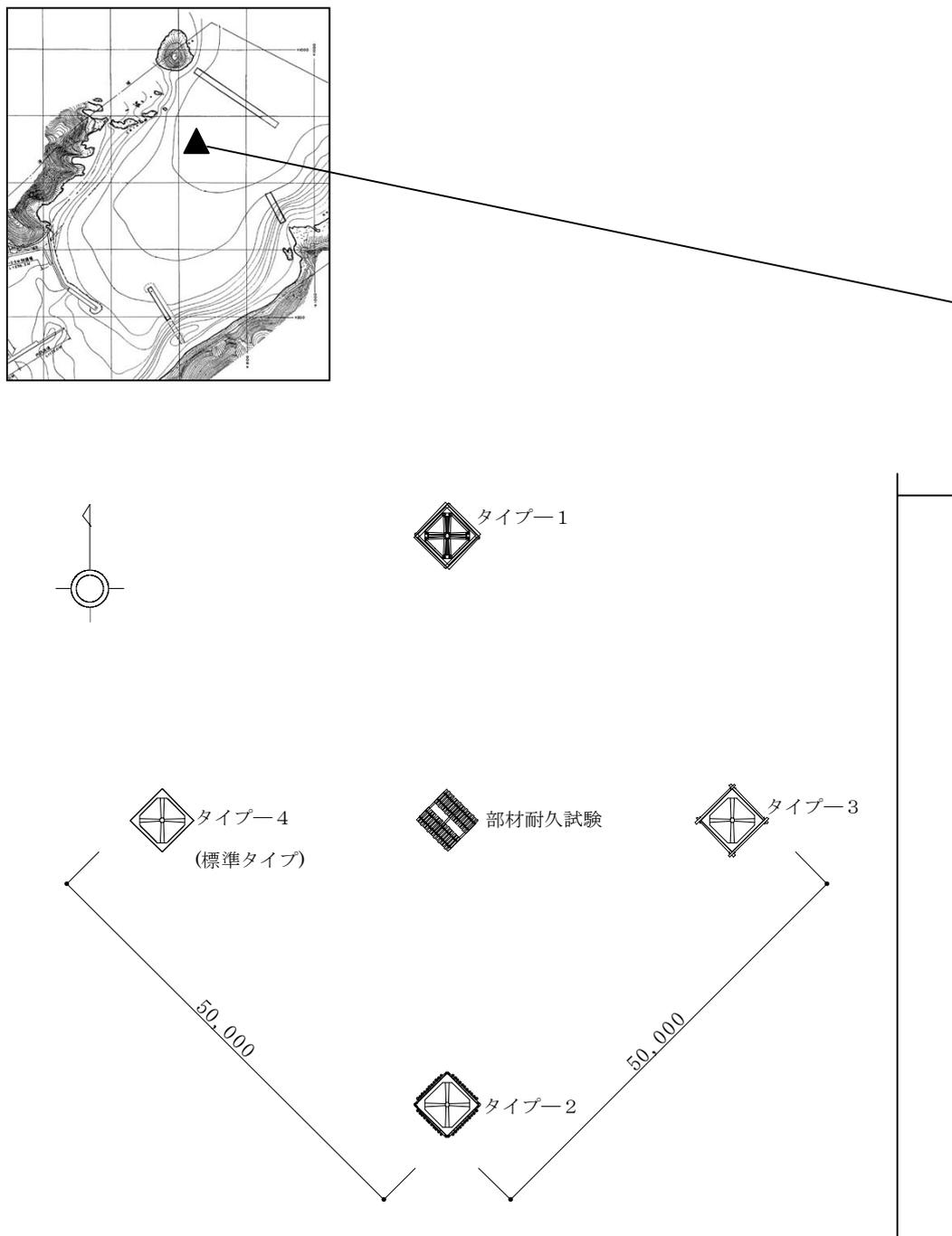


図3 試験礁配置図

## (2) 蛸集状況・付着生物調査

### ① 蛸集状況調査

3カ年のほぼ同時期に潜水調査で確認された魚類は、表 2-1・2 のとおりであるが、このうち、回遊性の魚類である、マアジ、ネンブツダイ、カンパチを除いてみると（表 1、図 4）、設置初期においては間伐材を取り付けたタイプ（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）の方が魚類の蛸集量が多いことから、効果の発現を早める傾向があることが伺える。

表 1 回遊性の魚類を除いた蛸集量

蛸集量(g)	タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅢ	タイプⅣ
H14.9	1,450	1,340	800	20
H15.9	4,380	2,670	2,240	210
H16.9	1,650	2,200	1,990	1,000
H17.8	4,430	15,770	17,410	10,265

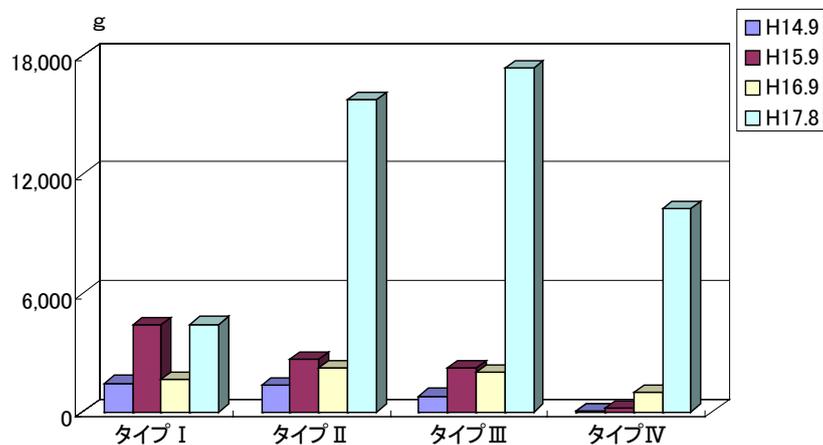
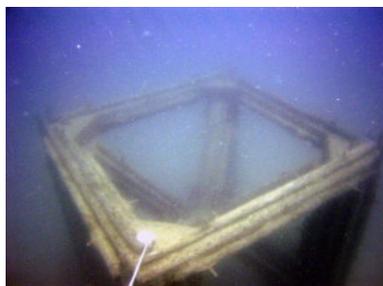


図 4 回遊性魚類を除いた蛸集量

調査海域周辺の天然岩礁にはクロメ群落が成立しており、これを起源としてタイプ 2~4 の魚礁ではコンクリート基質表面にクロメが繁茂していたが、コンクリート基質を間伐材で覆ったタイプ 1 ではクロメはほとんど着生していなかった。葉上動物が魚類の餌料となる（向井・松政 1996）こと、クロメが着生していないタイプ 1 で魚類がもっとも少なかったこと、形状が類似するタイプ 1 とタイプ 4 とで魚類の個体数に大きな差があったことから推察すると、クロメの有無が魚類の蛸集に関与している可能性がきわめて高い。また、クロメが繁茂しているタイプ 2~4 の魚礁のうち、間伐材が立設し縦に陰影空間の広いタイプ 2 でもっとも魚類が多く観察されたことは、魚礁の形状が魚類の蛸集効果に大きく影響を及ぼすことを示唆している。



タイプ 1



タイプ 2



タイプ 3



タイプ 4

各魚礁のクロメの繁茂状況

表 2 - 1 潜水調査で確認された魚類

タイプ I		全長 (cm)	尾数	蛸集量 (g)	タイプ II		全長 (cm)	尾数	蛸集量 (g)
H14.9	ネブツダイ	3	10,000	30,000	H14.9	マアジ	5	100	1,000
	マアジ	5	300	3,000		チャガラ	3	50	100
	チャガラ	3	300	600		メバル	5	30	300
	メバル	5	20	200		マハタ	20	2	400
	イシダイ	10	5	250		スズメダイ	5	50	500
	マハタ	20	2	400		ベラ	20	1	40
	6種			34,450		6種			2,340
	H15.9	ネブツダイ	2	1,000		2,000	H15.9	メバル	5~15
メバル		5~15	100	2,000	ベラ	15		3	120
ベラ		15	3	120	カワハギ	10		10	200
カワハギ		10	3	60	イシダイ	10		5	350
イカ		20	10	2,000	4種				2,670
ヒラメ		25	1	200	H16.9	ネブツダイ		3~4	1,500
6種				6,380		チャガラ	4	100	200
H16.9	ネブツダイ	3~4	3,000	9,000		クロソイ	40	1	800
	チャガラ	5	50	100		カワハギ	10	5	100
	マハタ	20	1	200		ウミタナゴ	10	5	100
	カワハギ	10	5	100		イサキ	4	200	1,000
	キュウセン	20	5	500		6種			6,700
	イサキ	5	150	750	H17.8	マアジ	5	10,000	100,000
	6種			10,650		チャガラ	4	600	1,200
H17.8	マアジ	5	3,500	35,000		キュウセン	20	20	2,000
	チャガラ	4	80	160		ウマツラハキ	15	15	1,500
	キュウセン	20	10	1,000		イシダイ	15~25	30	9,000
	マハタ	18	3	600		キンモトキ	2	1,000	2,000
	アオハタ	16	1	200		ヒガンフグ	14	1	50
	イトベラ	12	4	160		ハコフグ	8	1	20
	ササハハラ	8~15	8	320		8種			115,770
	ミカサゴ	15	1	100					
	カワハギ	15	8	480					
	アサヒアナハゼ	12	1	10					
	サビハゼ	6	200	1,000					
	イシダイ	25	1	300					
	ウミタナゴ	10	5	100					
13種			39,430						

表 2-2 潜水調査で確認された魚類

タイプⅢ		全長(cm)	尾数	蛸集量(g)	タイプⅣ		全長(cm)	尾数	蛸集量(g)
H14.9	ネンブツダイ	3	600	1,800	H14.9	カワハギ	10	1	20
	マアジ	10	20	300		1種			20
	イシダイ	15	4	400	H15.9	ベラ	10	4	120
	カワハギ	10	5	100		カワハギ	5	3	30
	スズメダイ	5	20	200		マダイ	8	6	60
	ベラ	10	5	100		3種			210
	6種			2,900	H16.9	ネンブツダイ	3~4	5,200	15,600
H15.9	メバル	5~15	100	2,000		アイゴ	3	100	300
	ベラ	15	3	120		アミハギ	2	100	200
	カワハギ	10	3	60		カワハギ	10	10	200
	マダイ	8	6	60		キュウセン	15	5	200
	4種			2,240		クジメ	15	2	80
H16.9	カワハギ	10	10	200		ニジギンホ	6	4	20
	アイゴ	3	30	90	7種			16,600	
	ウミナゴ	10	10	200	H17.8	カンパチ	25	30	15,000
	イシダイ	20	10	1,500		マアジ	5	3,500	35,000
	4種			1,990		チャガラ	4	100	200
H17.8	マアジ	5	3,500	35,000		キュウセン	20	5	500
	チャガラ	4	4,000	8,000		メバル	6	10	50
	キュウセン	20	5	500		ウマヅラハギ	20	20	3,000
	ウスメバル	4	5	10		ハコフグ	8	1	20
	ウマヅラハギ	10	20	1,600		ササノハベラ	12	5	200
	ヒメジ	4	15	30		カワハギ	15	2	100
	ササノハベラ	8~15	8	320		イシダイ	15~25	20	6,000
	カワハギ	15	15	750		ウミナゴ	8	5	75
	イシダイ	15~25	20	6,000		オハクロベラ	10	3	120
	ウミナゴ	10	10	200	12種			60,265	
10種			52,410						

②付着生物調査

魚礁設置後、付着珪藻類は2ヶ月後に、フジツボは3ヶ月後に、海藻は4ヶ月後から観察することができたが、タイプによる差はあまりなかった。1年が経過すると、コンクリート部分には、クロメ、フジツボが観察されたが、間伐材部分は剥がれた表皮と一緒に付着生物が消失しているものが観察された。

表3 付着生物被度階級表

タイプ	調査日 生物	H13	H14			備考
		11・22	1・18	2・26	3・13	
1	付着珪藻類	0	1	1	2	付着珪藻類の種類は不明。
	フジツボ	0	0	1	1	
	海藻	0	0	0	0	
2	付着珪藻類	0	2	2	3	フジツボの種類は不明。
	フジツボ	0	0	0	1	
	海藻	0	0	0	1	
3	付着珪藻類	0	2	2	3	海藻は褐藻類のフクロノリ、クロメの幼芽と思われる。
	フジツボ	0	0	0	1	
	海藻	0	0	0	1	
4	付着珪藻類	0	3	3	4	
	フジツボ	0	0	0	1	
	海藻	0	0	0	1	

植生被度の区分

被度区分の基準	区分	被度階級	植生率(%)
構造物等の表面がほとんど見えない	濃生	5	75<
構造物等の表面より植生の方が多い	密生	4	50~75
植生より構造物等の表面の方が多い	疎生	3	25~50
植生はまばらである	点生	2	5~25
植生は極まばら	極点生	1	<5
植生はない	なし	0	0

その後、時間の経過とともに、表面はキクイムシに、内部はフナクイムシの食害が進み、それぞれの穿孔部分に多毛類、端脚類、等脚類、十脚類等が観察できるようになった。

崩壊した耐久試験用部材 (5,940 cm<sup>3</sup>) を取り上げて付着動物を確認したところ、総重量で 75.864g、1 cm<sup>3</sup>あたり 0.01278g であった。(表4)

表 4 付着動物の種名と重量

種名	重量(g)	種名	重量(g)
テッポウエビ	7.09	ヒメケブカガニ	16.735
エビ	2.424	オウギガニ	8.102
ムギガイ	3.986	コツムブシ科	0.473
ザクロガイ	1.505	アカウニ	1.13
ヒメヨウラクガイ	5.046	ムラサキウニ	1.258
イトマユガイ	1.105	バフンウニ	0.188
貝類	10.804	キクイムシ	0.149
トウヨウソリエビ	3.956	ナガトケクモヒデ	1.12
カニ類はさみ脚	2.742	端脚類	0.469
ヨツハモガニ	0.182	コケギンポ	0.472
ウロコムシ類	1.648	合計	75.864
その他多毛類	5.28		

間伐材体積	5,940 cm <sup>3</sup>
1cm <sup>3</sup> あたり重量	0.01278g

### (3) 部材耐久試験

耐久試験用部材（30本）について、ヤング係数（縦振動法）と密度の測定（付表1～4）及び腐食状況を観察した

#### ①ヤング係数（図5）

設置時のヤング係数の平均値は 76.7tf/m<sup>2</sup>であり、標準的な県産スギ間伐材丸太のヤング係数であった。しかし、2年7ヶ月後には 17.5 tf/m<sup>2</sup>と大幅に低下し、3年9ヶ月後には全ての部材（4本：26本は平成16年度に付着生物調査のため取り上げた。）が崩壊していた。

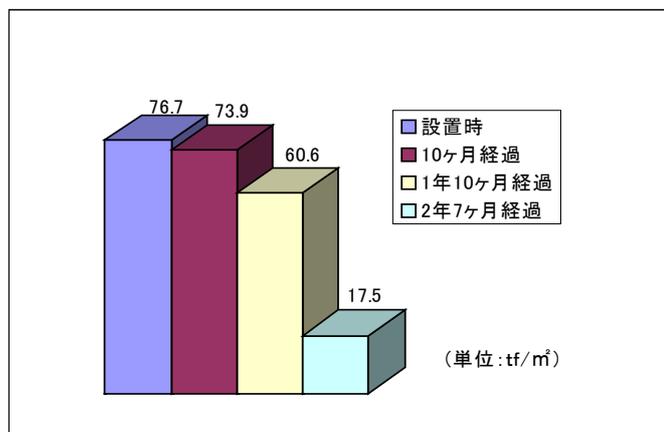


図5 ヤング係数の推移

②密度（図6）

設置時の密度の平均値は  $0.75\text{g/cm}^3$ 、標準偏差  $0.13$  と個々のバラツキが大きかったが、  
10ヶ月後には  $1.03\text{g/cm}^3$ 、標準偏差  $0.02$  とバラツキが小さくなったことから、間伐材が  
飽水状態になったと考えられる。

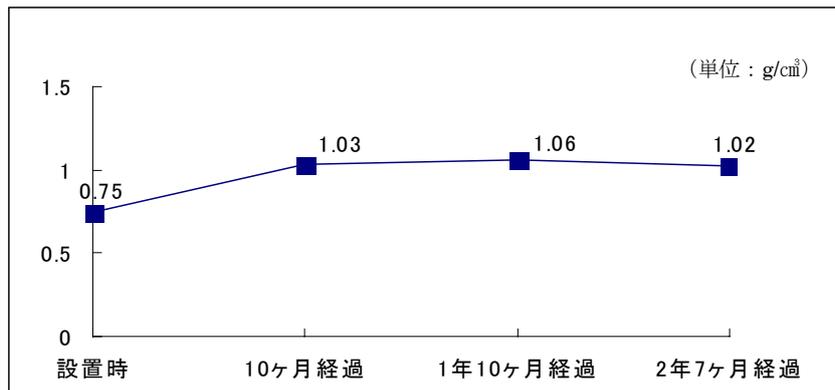


図6 密度の推移

### ③腐食状況

10ヶ月後は樹皮が剥がれている間伐材はなかったが、フナクイムシによる穿孔が全ての間伐材に見られた。(写真1) 1年10ヶ月後は樹皮が剥がれた間伐材が見られるようになり、剥がれた部分はキクイムシの食害を受けていた。(写真2) 2年7ヶ月後はほとんどの間伐材の樹皮が剥がれており、フナクイムシ、キクイムシの食害が一層進んだ状態となった。(写真3、4) ただし、このような状態でも素手で簡単に折ることが出来ないことから、後2年程度は持つのではないかと思われたが、翌年(3年9ヶ月後)には全て崩壊してしまった。(写真5)



写真1 10ヶ月経過後のスギ間伐材と木口面



写真2 1年10ヶ月経過後のスギ間伐材と木口面



写真3 2年7ヶ月経過後のスギ間伐材と木口面



写真4 2年7ヶ月経過後間伐材内部



写真5 崩壊した間伐材

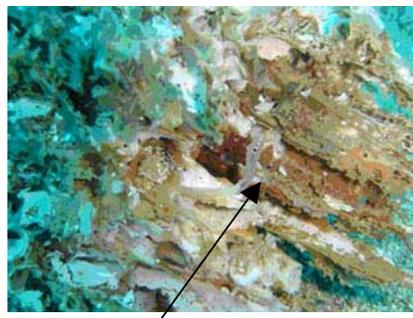


写真6 フナクイムシ 右：水管を出した状態

#### (4) ジョイント部調査

魚礁タイプ別のジョイント方法 (図2参照)

タイプ1：魚礁と間伐材をボルトナット (φ16mm 全ネジボルト) で直接固定

タイプ2：丸網を魚礁にボルトナットで固定し、間伐材を丸網 (φ165mm SKK400) にKPロープ (φ10mm) で固定

タイプ3：丸網を魚礁にボルトナットで固定し、間伐材を丸網にゴムバンド (巾20mm厚2mm) で固定し、両端部は魚礁にボルトナットで直接固定

いずれの方法も、ジョイント部で間伐材が魚礁からはずれてしまうことはなかったが、ロープ固定の場合は間伐材が腐食により細くなったため緩んでしまっている箇所があった。(写真7-9：3年9ヶ月後)



写真7 タイプ1(ボルト)



写真8 タイプ2(ロープ)

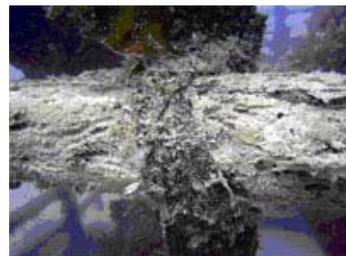


写真9 タイプ3(ゴムバンド)

(5) 付着生物の餌料としての有効性確認

フナクイムシ、キクイムシ等、間伐材に付着する生物の餌料としての有効性を確認するため魚類に餌として与えてみた。

表5 捕食実験に用いた魚類

			体長 (mm)	個体数	入手先
ネンブツダイ	<i>Apogon semilineatus</i>	Temminck et Schlegel	60-90	40	県内
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	(Temminck et Schlegel)	140	1	県内
ノトイズミ	<i>Kyphosus bigibbus</i>	Lacepede	80-160	6	県内
カサゴ	<i>Sebasticus marmoratus</i>	(Cuvier)	170	1	県内
クジメ	<i>Hexagrammos agrammus</i>	(Temminck and Schlegel)	120-160	2	県内
シマイサキ	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	(Temminck et Schlegel)	20	2	県内
テンス	<i>Xyrichtys dea</i>	Temminck & Schlegel	220	1	県内
マハゼ	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	(Temminck et SCHIEGEL)	160	1	県内
アナハゼ	<i>Pseudoblennius percoides</i>	Gunther	150	2	県内
メバル	<i>Sebastes inermis</i>	Cuvier	80	2	県内
ソウシハギ	<i>Aluterus scriptus</i>	(Osbeck)	220-300	6	県内
クロダイ	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	(Bleeker)	260	1	県内
コシヨウダイ	<i>Plectorhinchus cinctus</i>	(Temminck & Schlegel)	230	1	県内
ヨコスジフエダイ	<i>Lutjanus ophuysenii</i>	(Bleeker)	28	1	県内
オニオコゼ	<i>Inimicus japonicus</i>	(Cuvier)	20	2	県内
マダイ	<i>Pagrus major</i>	(Temminck et Schlegel)	220	6	県内
カゴカキダイ	<i>Microcanthus strigatus</i>	(Cuvier)	130	1	県内
キンチャクダイ	<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	(Temminck et Schlegel)	100	1	県内
イシガキダイ	<i>Oplegnathus punctatus</i>	(Temminck and Shlegel)	150	9	県内
ハクセイハギ	<i>Cantherhines dumerilii</i>	(Hollard)	150	1	県内
オヤビツチャ	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	(Quoy et Gaimard)	40-80	8	県内
ハリセンボン	<i>Diodon holacanthus</i>	s Linnaeus	120	1	県内
リボンスズメダイ	<i>Neopomacentrus taeniurus</i>	(Bleeker)	40	10	県外
ホンソメワケベラ	<i>Labroides dimidiatus</i>	(Valenciennes)	40	1	県外

表6 捕食実験に用いた付着生物

		体長 (mm)	個体数
フナクイムシ	<i>Teredo navalis japonica</i>	30-70	25
ムギガイ	<i>Mitrella bicincta</i>	10	8
アッキガイ科の一種	Muricidae	12	6
ホウズキフシエラガイ	<i>Berthella citrina</i>	10	1
キクイムシ	<i>Limnoria tripunctata</i>	15-30	約300
トウヨウコシオリエビ	<i>Galathea orientalis</i>	8-10	20
ヒメケブカガニ	<i>Pilumnus minutus</i>	5-15	30
オウギガニ	<i>Leptodius exaratus</i>	10	5
ムラサキエビ属の一種	<i>Athanas</i>	10	10
スナホリムシ科の一種	Cirolanidae	10-12	5
ヒモムシの一種	Nemertinea	50-80	2
サシバゴカイ科の一種	Phyllodocidae	30-50	5
<i>Ophiodromus</i>	sp.	15-20	5
ゴカイ科の一種	Nereididae	40-70	15
マダラウロコムシ	<i>Harmothoe (Harmothoe) imbricata</i>	30	5
ナガトゲクモヒトデ	<i>Ophiothrix (Ophiothrix) exigua</i>	盤径8-10	5
スナクモヒトデ	<i>Amphipholis kochii</i>	盤径8	1
ハリサンショウウニ	<i>Temnopleurus reevesii</i>	殻径8-15	10
?サメハダホシムシ	<i>Phascolosoma scolops</i>	30	2

間伐材には多種の生物が存在しているが、全ての生物が魚類の餌料として有効であるとは限らず、フナクイムシおよびキクイムシ以外の生物の中で、多くの魚類に補食されたのは、甲殻類のエビ類および多毛類であり、ムギガイ、アッキガイの一種、ホウズキフシエラガイ、ヒモムシの一種は捕食する魚類はいなかった。

表 7 捕食実験結果

種名	軟体動物門				甲殻類						紐虫動物門	環形動物門	棘皮動物門			星口類
	フナクイムシ	ムギガイ	アッキガイ科	ホウズキフシエラガイ	トウヨウコキクイムシ	ヒメケバカシオリエビ	ムラサキエビ	スナホリムシ	ムラサキエビ属sp.	スナホリムシsp.	ヒモムシsp.	多毛類(3種含む)	ナガトゲクモヒトデ	スナクモヒトデ	ハリサンショウウニ	サメ/シム
ネンブツダイ	x	x	x	x	0	0	x	x	0	x	x	0	x	x		
マアジ	x	x	x	x	x	0	x	x	x	x	x		x	x		
ハイスミ	x	x	x	x	x	0	x	x	x	x	x		x	x		
カサゴ	x	x	x	x	x	0	x	x	0		x	0	x	x		
クジメ	0	x	x	x	0	0	x	x	0		x	0	x	x		
シマイサキ	x	x	x	x	x	0	x	x	0		x		x	x		
テンス	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x		
マハゼ	0	x	x	x	0	0	x	x			x	0	x	x		
アナハゼ	x	x	x	x	x		x	x			x	0	x	x		
メバル	0	x	x	x	0		x	x	0		x		x	x		
ソウシハギ	0	x	x	x	x	0	0	0	0		x	0	x	x		
クロダイ	x	x	x	x			x	x			x	0	x	x		
コンショウダイ	0	x	x	x	x		x	x			x		x	x		
ヨコスジフエダイ	0	x	x	x	x		x	x			x		x	x		
オニオコゼ	0	x	x	x	x		x	x			x		x	x		
マダイ	0	x	x	x	0	0	x	x	0	0	x	0	x	x		
カゴカキダイ	0	x	x	x	x		x	x	0	0	x	0	x	x		
キンチャクダイ	0	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x		
インガキダイ	0	x	x	x	0	0	0	0	0		x	0	0	0		
ハクセイハギ		x	x	x	x		x	x	x		x		x	x		
オヤビツチャ	x	x	x	x	x		x	x	0	0	x		x	x		
ハリセンボン	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x		
リボンズメダイ					0											
ホンソメワケベラ					0											

\*空白は餌を与えていない。



写真 10 間伐材をつつくキュウセン

## 5. 考察

### (1) 初期効果

間伐材を付加した魚礁の方が初期においては魚類の蛸集量が多かったが、年数が経過すると差が見られなくなる傾向にある。初期の効果が付着動物の存在と関係があるならば、間伐材の樹皮をはがした状態で付加し、付着させやすくする方法も考えられる。(樹皮付と樹皮なしの組み合わせも考えられる。)

### (2) 耐久性

3年9ヶ月後に耐久試験用の間伐材が全て崩壊し、試験礁に取り付けた間伐材も腐食が進み、一部崩壊しているものが見られた。このことから、浅海域に設置する場合の耐用年数は3年程度と推察される。

当県では、漁獲魚礁として魚礁を設置する場合、ほとんどが水深60m以上の箇所に設置するため、間伐材付加の事業として実施する場合、浅海域外での間伐材の耐用年数の把握が必要となる。

### (3) 取り付け

10ヶ月後の密度測定(1.03g/cm<sup>3</sup>)結果から、海中に1年程度あれば飽水状態となり浮上することはないと考えられる。浮上防止だけを考えれば、安価で簡易な方法で魚礁に取り付けることが可能であるが、脱落・流出による底曳網、刺網等への漁業被害を防止するためには、間伐材を枠・籠等の中に入れ、完全に崩壊するまでは外へ出ないようにする配慮が必要となる。

### (4) 間伐材の今後の利用と課題

魚礁事業においては、間伐材は耐久性の面から構造部材ではなく、機能部材として利用するのが妥当と考えられる。

また、間伐材の効果としては、付着する生物を摂餌する魚体重の増加を間伐材の効果としてとらえることが出来るが、餌料として有効な生物は1個体当たりの大きさが小さいため、重量換算しても微々たるものとなる。そのため、間伐材のみで便益を算出しても経済性を認めることは難しく、魚礁本体の便益に含めて考えざるを得ないことから、間伐材を使用する本数も限られてくる。

従って、今後も間伐材の利用促進を図って行くには、間伐材のみでの便益をあげるべく、費用の削減(間伐材単価の引き下げ等)と新たな効果の算出の検討が必要となる。