

# 魚礁・増殖礁への木材利用の手引き

平成 27 年 3 月

水産庁 漁港漁場整備部



## はじめに

循環型社会形成推進基本法が平成 12 年に成立し、廃棄物・リサイクル対策が全国的な運動として、様々な分野において進められています。一方、国が進める循環型社会形成の一環として、木材の利用を積極的に図るため、農林水産省では「農林水産省木材利用拡大行動計画」を策定し、公共事業における間伐材等木材を利用した工事等を積極的に推進することとしています。

このような間伐材利活用にかかる社会的要請を受け、水産基盤整備事業においても積極的な間伐材の利用が求められています。このため、平成 13 年度から平成 17 年度にかけ、水産基盤整備生物環境調査「魚礁における間伐材活用調査」を実施し、間伐材を魚礁及び増殖場に活用する際の具体的な考え方を示した「魚礁への間伐材利用の手引き」を作成しました。

その後、より多くの木材利用を図るとともに、近年の藻場・干潟の減少により悪化する生物多様性への配慮の観点から、平成 22 年度から平成 26 年度まで「木材利用を促進する増殖技術開発事業」を実施し、全国 18 の地区において漁協や森林組合等が実施主体となり、木材活用礁の製作、設置、効果のモニタリング、木材の交換方法等について検討を行ってきました。今回、これら成果がとりまとめられましたので、既存の「魚礁への間伐材利用の手引き」を改訂版し、本手引きを作成したところです。

主な改訂の内容は、木材の補給方法や、魚礁・増殖礁への新たな木材の取付方法を追記するとともに、木材の餌料培養効果、幼稚魚育成効果、産卵場効果、蛸集効果に関する新たな知見と便益の算定方法の記載の充実を図っています。今後、水産基盤整備事業等において、木材活用礁の整備を計画、実施する際、本手引きを有効に活用していただければ幸いです。

平成 27 年 3 月 水産庁 漁港漁場整備部



## 目次

1	手引きの理念	1
2	手引き作成の基本方針	2
3	木材利用の具体的な考え方	3
(1)	適合事業	3
(2)	木材の選定	4
①	樹種	4
②	品質・形状	4
(3)	木材の耐久性	5
(4)	木材の浮力	6
(5)	取り付け方法	7
(6)	耐久処理	12
①	環境への影響	12
②	処理の方法	12
③	経済性	12
(7)	沈設時期	13
(8)	沈設海域・水深の設定	13
(9)	木材の補給	14
4	木材利用の費用対効果の考え方	16
(1)	評価の基本的方法	16
①	費用便益比率の算定式	16
②	総費用額の算定式	16
③	総便益額の算定式	16
④	計測期間	16
(2)	便益の計測方法	18
①	魚体重増加による便益	19
②	産卵場効果による便益	21
③	幼稚魚育成効果による便益	22
④	魚類の蝸集効果による便益	23
	参 考 資 料	25
1	木材活用礁の特徴	25
(1)	木材の流通	25
(2)	海中における木材の性状変化	26
①	海中用材食害虫	26
②	食害の制限因子	29
(3)	餌料生物生産における優位性	35
①	餌料生物の即効性	35
②	選好性餌料生物（多毛類・軟甲類）の高度生産	36

③	海虫類の生産.....	37
(4)	魚類の蛸集 .....	39
①	魚類の蛸集 .....	39
②	魚類の蛸集と木材における餌料生物との関係.....	40
(5)	産卵場効果 .....	42
(6)	幼稚魚の育成効果.....	43
(7)	木材の補給 .....	44
①	船上補給 .....	44
②	潜水作業による補給（蓋式補給） .....	44
③	その他の補給.....	46
2	便益算定の計算例.....	48
(1)	計算条件 .....	48
(2)	年間便益額算定項目の整理.....	48
①	評価対象有用魚種.....	48
②	評価項目と評価対象有用魚種との関係整理.....	48
(3)	年間便益額の算定.....	49
①	木材付着餌料生物による魚体重の増加.....	49
②	フナクイムシ等穿孔性餌料生物による魚体重の増加.....	50
③	産卵場効果 .....	50
④	幼稚魚育成効果.....	52
⑤	木材活用礁（構造部材）への蛸集効果.....	53
(4)	事業費 .....	54
(5)	費用対効果の算定.....	54

# 1 手引きの理念

森林は木材生産機能に併せて、生物多様性の保全、土砂災害の防止、水源のかん養、保健休養の場の提供など極めて多くの多面的機能を有している。また、腐葉土等による栄養塩類の海域への供給など、多種多様な生物が生息する豊かな海の形成にも寄与している。

こうした森林の多面的機能が高度に発揮されるためには、間伐を含めた木材の利用によって森林が適切に管理される必要がある。また、木材の利用を推進することは国土保全上においても重要な課題となっている。

一方、地域で産出される木材（間伐材を含む；以下、木材という）の利用は、近年回復傾向にあるものの、依然として低い水準にある。また、長期にわたる林業所得の減少や森林所有者の経営意欲の低迷等から森林の適切な整備が行われない箇所がみられるなど、森林の多面的機能の低下が懸念されている<sup>1)</sup>。

平成15年に策定された「農林水産省木材利用拡大行動計画」では、木材の利用拡大を重要な柱として位置づけ、モデル的な取り組みとして水産庁では水産基盤整備事業において間伐材を耐久性のある鋼製やコンクリート製の魚礁と組み合わせ利用する方向が示された。また、平成22～26年度の5ヵ年にかけて「木材利用を促進する増殖技術開発事業」が行われ、木材を活用した魚礁や増殖礁の開発・実証試験が全国18地区で実施された。

魚礁や増殖礁への木材利用の理念は、これら礁の機能向上による水産業への貢献と森林整備による林業への貢献を並行して行い、流域と海との包括的管理による力強い農林水産業への移行を目指すことにある（図1）。また、魚礁や増殖礁に利用した木材は、魚類の餌料となるフナクイムシなどの海虫類が栄養源として摂餌し崩壊する。その過程は、完全な自然還元型であり、循環型社会の形成にも貢献する。

水産資源の持続的利用、森林の多面的機能の持続的な発揮、循環型社会の促進を図る上でも、今後、魚礁・増殖礁へのより積極的な木材利用が望まれる。

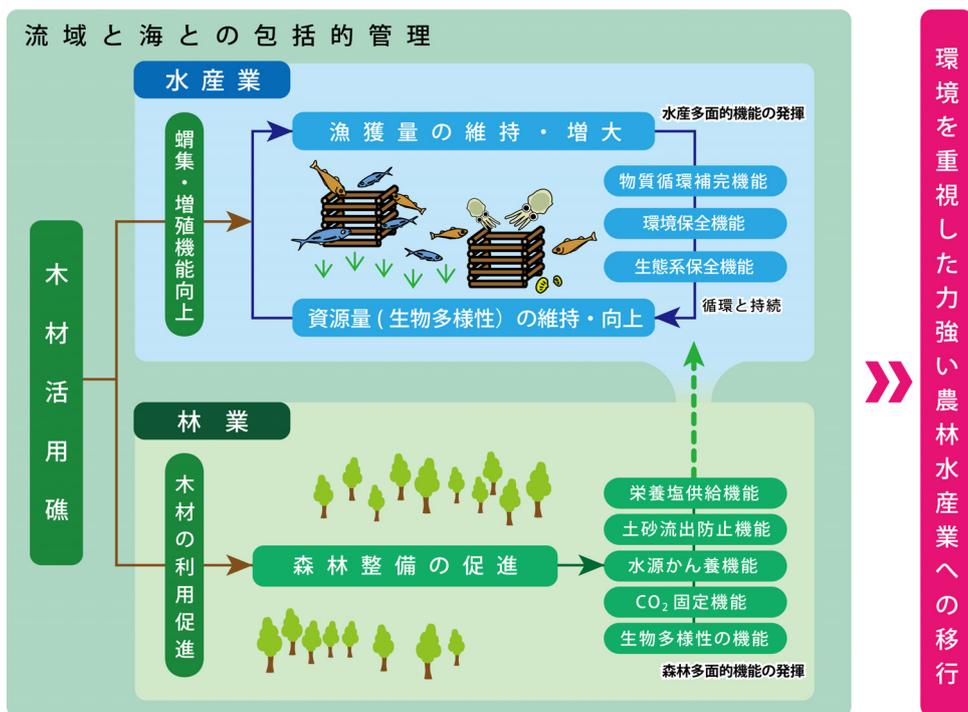


図1 魚礁・増殖礁に木材を利用するための基本概念図

## 2 手引き作成の基本方針

本手引きは、魚礁・増殖礁への木材利用の効果を確実なものとし、その効果を適切に計測するための方法を示す技術書として、次の基本方針に沿って作成した。

### 手引き作成の基本方針

- 魚礁・増殖礁への木材の利用は、森林整備への寄与にとどまらず、水産資源の増殖や生物多様性等の自然環境保全、木材を摂餌する海虫類による物質循環、循環型社会への貢献など様々な効果をもたらす。本手引きでは、これら機能のうち、定量的な知見の多い水産資源の増殖の効果について主に紹介する。
- 本手引きでいう木材とは、断りのない場合、間伐材を含む木材を指す。
- 現行の水産基盤整備事業等の公共事業においては、施設の利用・管理を円滑に行うための耐久性が求められるうえ、事業の経済合理性に関する評価が必要である。これらの条件に合致させるため、木材は耐久性のある鋼製やコンクリート製の魚礁や増殖礁と組み合わせて使用することが望ましい。すなわち、木材は魚礁や増殖場の機能向上を目的とした機能部材として用いることが望ましい。
- 本手引きでは、コンクリートや鋼製の魚礁・増殖礁に木材を取り付けたものを、原則として「木材活用礁」という。また、木材を主体とする魚礁や増殖礁もこれに含めることにする（p8参照）。

### 3 木材利用の具体的な考え方

#### (1) 適合事業

木材活用礁は、餌料生産及び魚類蛸集等において優れており、以下のような効果を期して魚礁や増殖場の造成事業に利用できる。

(期待される木材活用礁の効果)

魚類の早期蛸集効果、魚類の餌料効果、産卵場効果、幼稚魚の育成効果

これまでの調査研究の結果から、木材は、木材活用礁に取り付けてから崩壊するまでの間、魚類の蛸集及び増殖に寄与することが明らかであり、魚礁や増殖礁の機能部材として積極的に利用されるべきである。

木材活用礁では、①コンクリート礁や鋼製礁に比べて餌料生物が早期に発生する。②選好性餌料生物（多毛類・軟甲類）が多い。③フナクイムシ等の穿孔性の生物が魚類の餌料となる。④魚類の早期蛸集がみられる。⑤取り付けた立木の枝葉等がイカ類などの産卵床になる。⑥幼稚魚の育成場や隠れ場になる、などの優れた面が確認されている。

全国 11 地区の木材活用礁における部材別の餌料生物量は、設置 1 年目にコンクリートや鋼材より木材で統計上有意に大きかった。また、山口県豊浦海域では沈設 3 ヶ月後の木材に魚類餌料として重要なヨコエビ類が大量に発生した。魚類が好む選好性餌料生物量は、設置 2 年目以降も木材で常に大きかった。木材を穿孔するフナクイムシ、キクイムシが魚類の餌料として有効であることは、島根県等の研究で確認されている（p 35～p 38 参照）。

これら木材の餌料生物生産における優位性は、魚類の早期蛸集に寄与していると考えられる。木材活用礁と対照礁の魚類蛸集量を比較すると、沈設 1 年目に実施された 14 の調査例中、9 例で木材活用礁の方が対照礁より多かった。また、山口県豊浦や長崎県対馬の事例では、沈設 3 年目以降も蛸集量が対照礁より多かった（p 39～p 41 参照）。

木材活用礁では、産卵や幼稚魚育成の効果も期待できる。静岡県西伊豆や三重県尾鷲などの海域では、枝葉付きの立木へのアオリイカの産卵が確認された。また、富山県以西沖縄県までの 7 地区では、木材活用礁でメバルやカサゴなど 10 種の有用な幼稚魚の蛸集が観察された（p 42～p 43）。

一方、海藻類の着生基質として木材をみた場合、樹皮の剥離や木材が時間の経過とともに次第に崩壊していくため、海藻の被覆度は最終的には低いとされている。現在までの調査の過程では木材が他の部材に比べて藻場造成に特に有利であるとする結論は得られていないが、木材や構造部材に着生した海藻は木材活用礁の増殖機能を確実に向上させるものである。

## (2) 木材の選定

### ① 樹種

木材活用礁に取り付ける樹種は、木材を利用するための手引きの理念に基づき、地域の間伐事情と費用対効果を踏まえ選定する。

わが国における人工林の主な樹種であるスギ、ヒノキ、カラマツは、間伐材の発生量が多く、まとまった量を入手しやすい。また、琉球列島などの亜熱帯地域では、リュウキュウマツやイタジイ、イジュなどが入手しやすい。

価格は樹種により異なるが、木材活用礁への木材利用は森林整備への貢献も念頭においていることから、地域において森林整備の優先度の高い樹種について費用対効果を踏まえ選定する。また、森林整備の計画等がある地域では、流域と海との包括的な管理を図る上でも、地産木材の有効利用を優先的に検討する（p 25 参照）。

### ② 品質・形状

使用する木材は、腐朽のないものが望ましい。取り付ける木材のサイズや形状は、木材活用礁の形状によって決まるが、効果発現期間を考慮すると、木材は樹皮の付いた長いものが望ましい。径は 15～20 cm 程度のものが材の確保、耐久性、施工性の面でバランスが取れている。

腐朽のない木材を用いることが耐久性の面から重要である。また、主たる海中用材食害虫（以下、海中類という）であるフナクイムシは主に丸太の切り口から侵入し、木材の長さ方向に穿孔するため、短い木材は短時間で食い尽くされてしまう。また、樹皮のあるものはないものに比べて 1 年程度寿命が長いという報告がある（p 32～p 33 参照）。

山口県豊浦海域に 19 ヶ月沈設した長さ 1 m の木材の横断面食害率は、木口付近が 35-40% であったのに対して中央部は 25% であった<sup>15)</sup>。また、同海域に沈設した長さ 30 cm の木材が 35 ヶ月後に崩壊したのに対し、2 m のものは木口付近で食害が激しいものの木材の形状が維持されており、比較的堅牢であった（p 32 参照）。

木材が長ければ、海中での寿命は長くなるが、長すぎると元口と末口\*の径の差が大きくなり施工しづらい面もある。取り付ける木材の長さは、木材活用礁の形状、経済性（耐久性、加工性）、施工性を考慮して決定する。共販市場における丸太の取り扱い、長さ 3～4 m のものが多いことから、これらを半分に切断し使用するのが経済性（耐久性・加工費）・施工性に優れている。また、新たに木材活用礁を開発する場合は、こうした二次加工を極力減らすような設計を検討することも大切である。

木材の径は 14～20 cm 程度のものが供給量が多く入手しやすい。これよりも細い木材は食害に対してもろく、太くて重量の大きな木材は取り付け作業の多くを重機に頼ることになり施工しづらい。

なお、木材の規格（長さや径）を検討する際は、汎用性の高い規格の木材ほど安価となることから、その経済性も考慮し決定することが望ましい。

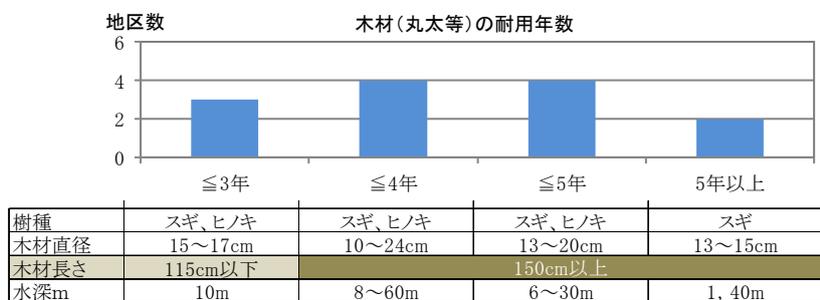
\*元口、末口：丸太の切り口を木口と言い、二つの切り口のうち、木が立っていたときの先端に近い側を末口と言い、根に近い側を元口という。

### (3) 木材の耐久性

海中に設置した木材は、早いものは3年程度で崩壊に至り、長いものでは5年以上残存している。適切な取り付け方法や木材の長さ、設置時期、設置場所を考慮することにより、木材の寿命を5年程度確保することが可能である。

平成22～26年度「木材利用を促進する増殖技術開発事業」の実証試験等で行われた全国18地区中14地区の調査例をみると、木材の耐用年数は150cm以上の木材（丸太等）で概ね5年程度と予想される。一方、木材の長さが100cm前後では3年程度と短い。食害の影響のない汽水湖の例や、木材の取り付け方法を工夫した例では、耐用年数が5年以上となっている。また、イカ類の産卵床となる枝葉は、1年以内で崩壊し、機能を失う（図2）。

木材の寿命に影響する各種因子と耐久性の関係について調査し、木材の適切な取り付け方法や長さ、また設置時期、設置場所を十分に検討することが大切である。



種類	地区名	水深(m)	耐用年数	材種	木材サイズ(cm)	木材の状況
木材(丸太など)	富山県魚津市	10	≦3	スギ	径:17 長さ:115	直立立木が、2年で先端が細くなり、指で押すと数cm窪む。手で押すと容易に基部から折れる。折損率13%。
	福井県小浜市	40	≧5	スギ	径:13～18 長さ:200	3年経過で、径が細くなり、指で押すと崩れる。ただし、コンクリートに埋め込んだ木材の接地面が大きく、脱落しにくいことから、残存率は36ヶ月後で99.9%。
	静岡県西伊豆町	12	≦3	スギ	径:15 長さ:400	井桁組+金具止めた木材の最上部が、2年目に折れる。最上部の木材は、食害や腐朽が激しい。
	三重県大紀町	10	≦3	スギ・ヒノキ	径:15 長さ:≦85	木材収容カゴ内のスギ及びヒノキの残存率は、32ヶ月後にともに0～5%。強く押すと潰れ、もろくなっている。
	大阪府岬町	14	≦4	スギ・ヒノキ	径:20 長さ:200	ユニットに入れた木材の7～8割が3年後に流失、41ヶ月後は残存率3%以下となる。
	兵庫県あわじ市	15	≦5	スギ	径:20 長さ:200	ユニットに入れた木材は、24ヶ月後に100%残存。残存する木材は、指圧で崩れる。
	島根県出雲市	1	≧5	スギ	径:15 長さ:150～	42ヶ月後に皮の剥がれ、水上部での部分的な腐朽は見られるが、汽水湖のため食害はなく構造上問題ない。
	島根県隠岐島	8	≦4	スギ	径:20 長さ:200	ユニット内の直立木の6%が34ヶ月後に倒壊。残存木材は、特に基部付近の径が細くなっている。
	島根県隠岐島	8	≦5	タケ	径:13 長さ:200	ユニット内の直立木の72%が34ヶ月後に流失。ただし、残存するタケの圧迫強度は強い。
	愛媛県松山市	20	≦5	スギ・ヒノキ	径:16～20 長さ:150	ユニット内の木材は、33ヶ月後も100%残存する。食害は顕著であるが、指圧では崩れない状態。
	愛媛県伊方町	60	≦4	スギ	径:20～24 長さ:400	井桁組した木材の樹皮の剥離は33か月後に70%。43ヶ月後になると、井桁が崩れ木材が海底に散乱。
	長崎県対馬	30	≦5	スギ	径:13 長さ:300～	4年目で木材の7割が流失。残存木材は、径が細くなり、指で押すと簡単に崩れる。
	長崎県対馬	30	≦5	ヒノキ	径:13 長さ:300～	4年目で木材の5割が流失。残存木材は、径が細くなり、指で押すと簡単に崩れる。
	長崎県雲仙市	17	≦4	スギ・ヒノキ	径:10～15 長さ:200	木材の流出は、3年目(30ヶ月後)で一部のみ。全体的に径が細くなり、指で強く押すと崩れる。
沖縄県与那原町	6	≦5	イタジイ	径:15 長さ:200	木材収容カゴに入れた木材は、3年後に30～50%程度流失。径細くなり、指で押すと簡単に崩れるものがある。	
枝葉	静岡県西伊豆町	12	≦1	スギ(枝葉付)	径:10 長さ:300	イカ産卵床となる枝葉付き木材は、3ヶ月程度で葉がなくなり、産卵床としての機能を喪失する。
	三重県尾鷲市	23	≦1	ヒノキ(枝葉付)	径:5～7 長さ:400	イカ産卵床となる枝葉付き木材は、8～9ヶ月で枝の多くが折れて幹のみとなる(イカの産卵床としての機能喪失)。

図2 木材活用礁における木材の耐久性

注) 耐用年数は「平成26年度木材利用を促進する増殖技術開発事業」の実証試験等で示された推定値。

#### (4) 木材の浮力

安定計算に用いる木材の比重は、実測もしくは木材工業ハンドブックに基づき決定する。

木材活用礁は波、流れに対して安定していなければならない。安定計算は「漁港・漁場の施設の設計の手引き」<sup>19)</sup>に沿って行う。このとき用いる木材の比重は、木材活用礁沈設時の木材の乾燥状態と同等の木材を計測して求める。木材活用礁の安定に資するため、木材を湿らせて用いる場合は、湿潤後の比重を計測する。また、伐採後の月数を考慮して木材工業ハンドブック<sup>20)</sup>の値を用いても良い(表1)。

表1 主要造林樹種の比重

樹種	スギ	ヒノキ	カラマツ
伐採後3ヵ月(含水率60%)	0.52	0.59	0.65
伐採後6ヵ月(含水率50%)	0.49	0.55	0.61

引用：改訂3版木材工業ハンドブック，丸善株式会社，1982.<sup>20)</sup>

#### 【参考】木材の比重・浮力について

木材実質の比重は樹種によらずほぼ一定で約1.5を示し、これを真比重という。木材が水面に浮くのは細胞内腔や間隙などの空隙があるためである。海中に木材を一定期間沈めておくと内部の空気が浮出し、浮力は失われる。木材の保管方法、個体差などによるが、海中に浸け置いた木材の浮力は長いものでは1年程度持続する(表2)。

表2 木材の海中浸漬期間と浮力

海域	調査者	材種	径(cm)	水深(m)	月数	浮力	備考
山口県豊浦町	(財)漁港漁場漁村研	スギ	18-20	10	11	×	
				30	11	○	
					17	×	
島根県隠岐	島根県	スギ	19	18	10	×	
兵庫県家島	兵庫県	スギ		9	6	×	
				21	6	○	
				26	6	×	
高知県奈半利	高知県	スギ	10-16	37	4	×	
高知県高知市	高知県	ケヤキ等	15	39	1	×	未処理
					3	○	合成樹脂浸透
					10	×	〃
長崎県島原市	島原市	スギ、ヒノキ	13	13-16	12	×	
熊本県不知火海	熊本県	スギ	13	15	12	×	
三重県尾鷲市	三重県	ヒノキ	12	4-16	9	×	

○:浮力あり、×浮力なし

【参考】市場価値の低い木材活用の検討

主要造林樹種であるスギの心材は、通常、淡赤色であるが、中には黒色化したものがある。これを黒心と呼ぶ。黒心材の特徴は、色だけでなく、含水率が高い個体が多い点にある。そのため、見た目の悪さと材の乾燥に時間と費用がかかることから、市場評価が低く、低価格で取引されている。

黒心の発生原因としては、遺伝、立地環境、菌類等の病害など様々な説があるが、明らかになっていない。ただし、病害で腐朽した黒心材以外は、耐久性に問題はないとされている。

木材活用礁に取り付ける木材は、浮力が小さい方が安全性・施工性に優れる。含水率の高い黒心材のような木材は、浮力が小さく、都合がいい。また、水中では腐朽菌が活性化しないため、黒心の原因が菌類であったとしても被害を受けないと推察される。

このように市場価値が低い木材の中には、含水率が高いなど、水中での用途に適するものがあり、経済的（購入費・加工費）にも検討する価値がある。

（参考資料）黒田慶子：スギ黒心材の発生原因と対策, 木材工業 61-12, p611-613, 2006.

遠藤啓二郎等：スギ黒心材の有効利用に関する研究, 福島県林業研究センター研究報告 34 号, 2000.

## (5) 取り付け方法

- ・増産対象魚種、海域条件に適合した木材活用礁を選定し、施工性及び経済性、確実性、逸散しないことなどを検討し、最適な取り付け方法を決定する。
- ・木材活用礁の機能の向上を確実なものにするため、また、浮上による危険防止の面から、木材が崩壊するまで木材活用礁から脱落しない方法で取り付け。

木材を木材活用礁に取り付けることにより、餌料生産性や遮蔽性が向上し、魚類の蛸集・増殖効果の向上を図ることができる。これらの効果を確実なものにするためには、木材が崩壊するまで木材活用礁から脱落しないことが大切である。

多くの事例で木材が材端部から食害され始めることが確認されており、ボルト止めや金具止めのように主として材端部のみを固定する方法では、木材は崩壊前に木材活用礁から脱落しやすいと考えられる（写真参照）。

木材の効率的利用の観点から、材端部以外も木材活用礁に固定するなど、材端部が食害されても木材が脱落しない措置を講じることが望ましい（図3～図6）。

また、木材の浮力が消失しないうちに木材活用礁から外れると、浮上・漂流して船舶や漁具等に損傷を与える可能性がある。危険防止の面からも木材を確実に木材活用礁に取り付けることが重要である（p6表2）。

事故が発生した場合、その責任は事業実施主体等が負うことになるので、沈設前には安定計算や構造計算を含めた安全性に関する十分な検査が必要である。



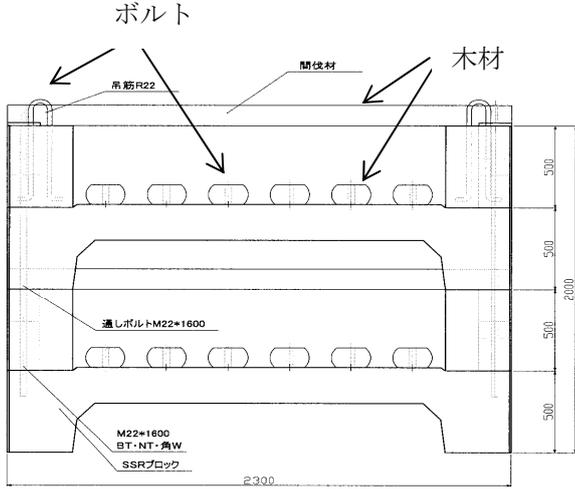
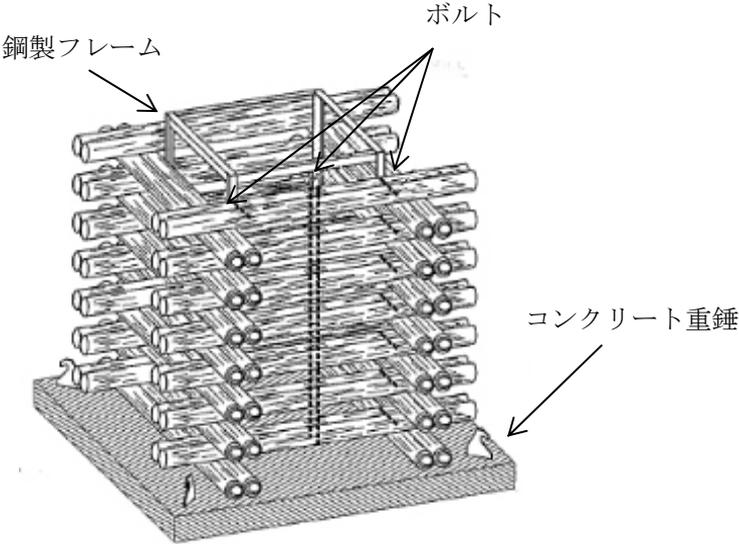
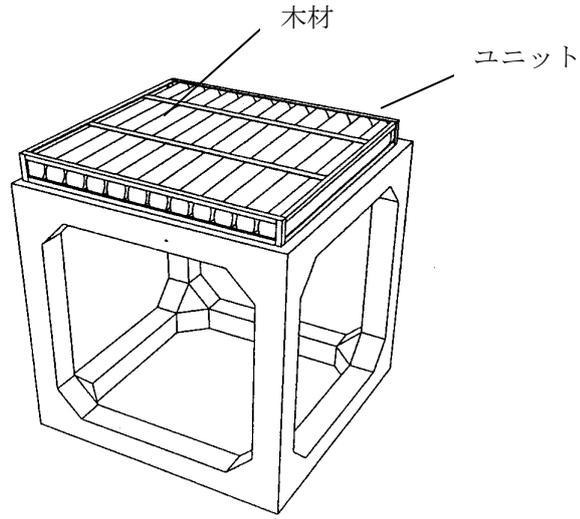
ボルト止め	<p>         &lt; 概要 &gt; 構造部材にアンカーボルト等で木材を固定する方法である。          &lt; メリット &gt; 低コストであり、木材の長さ、太さに自由度がある。          &lt; デメリット &gt; 海虫類により木材が材端部から食害されるため、材端部のみを固定する方法では、木材活用礁から脱落しやすい。       </p>  <p style="text-align: center;">側面図</p>
井桁組 + ボルト止め	<p>         &lt; 概要 &gt; 木材を井桁状に組み、木材同士や構造部材の鋼製フレームにボルト等で固定する方法である。          &lt; メリット &gt; 木材主体の木材活用礁が簡便且つ低コストで製作できる。          &lt; デメリット &gt; 食害によって木材が脱落しやすい構造にあることから、固定箇所を多くするなどの対策が必要である。また、木材崩壊後は蟻集・増殖効果が望めない。          &lt; その他 &gt; 公共事業においては、木材崩壊後も蟻集効果が発揮できる構造部材の使用、効果発現期間の長い増殖機能部材の取り付け、食害のない場所（汽水・淡水域等）の選定などを検討する必要がある。       </p> 

図3 木材の取り付け例 (1)

ユニット方式

< 概要 > ユニットの中に木材を収容する方法である。  
< メリット > ユニット自体が加工性の良い鋼材を使用するため、自由度がある。また組み立てヤードでの作業が軽減される。  
< デメリット > 木材の太さ、長さの統一が必要である。また、材端部の食害により木材が脱落するため、脱落防止の細工が必要である。コストは高い。



カゴ方式

< 概要 > カゴの中に木材を収容する方法である。  
< メリット > 木材形状の統一を図る必要がない。また、食害を受けた木材であっても確実に木材活用礁に留めることができる。ユニット方式同様、組み立てヤードでの作業は軽減される。  
< デメリット > コストは高い。

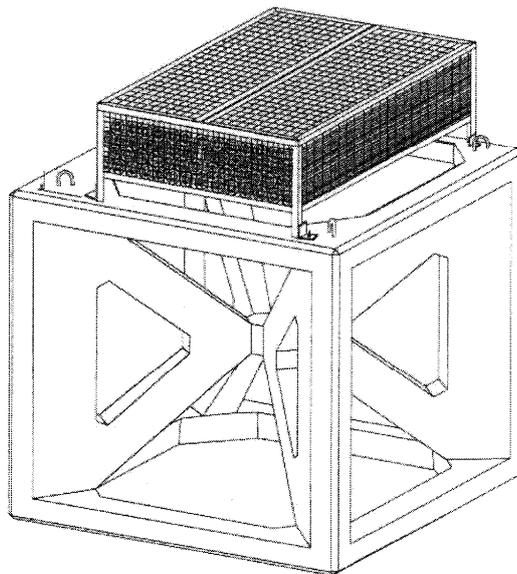
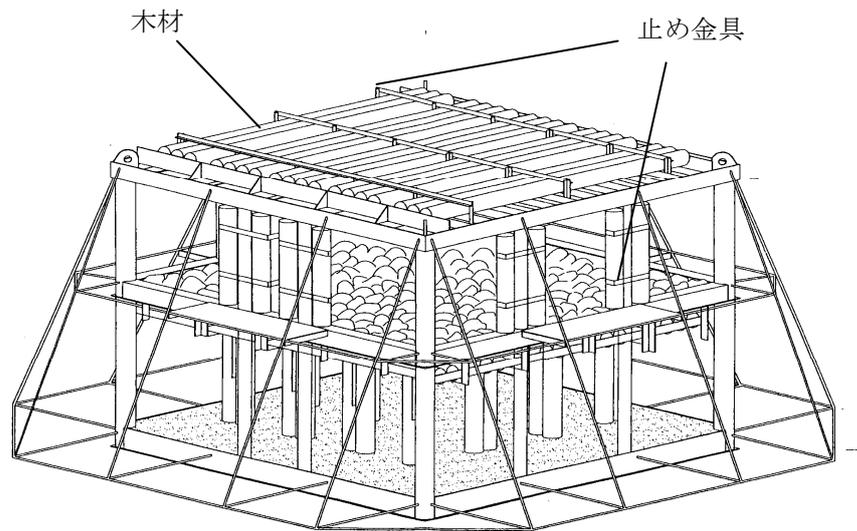


図4 木材の取り付け例 (2)

金具止め

<概要> 止め金具で木材を押さえつけ固定する方法である。  
<メリット> コストは中程度である。  
<デメリット> 木材は、浮上したり、抜け落ちないように太さの統一を図り、確実に固定する必要がある。材端部の食害により木材が脱落する恐れがある。材端部以外も固定するなどの対策が必要である。



埋め込み方式

<概要> 構造部材（コンクリート）に木材を埋め込んで固定する方法である。  
<メリット> 木口が塞がれるためフナクイムシの侵入が抑制される。コスト的には安価である。  
<デメリット> 木材の使用量に限りがある。

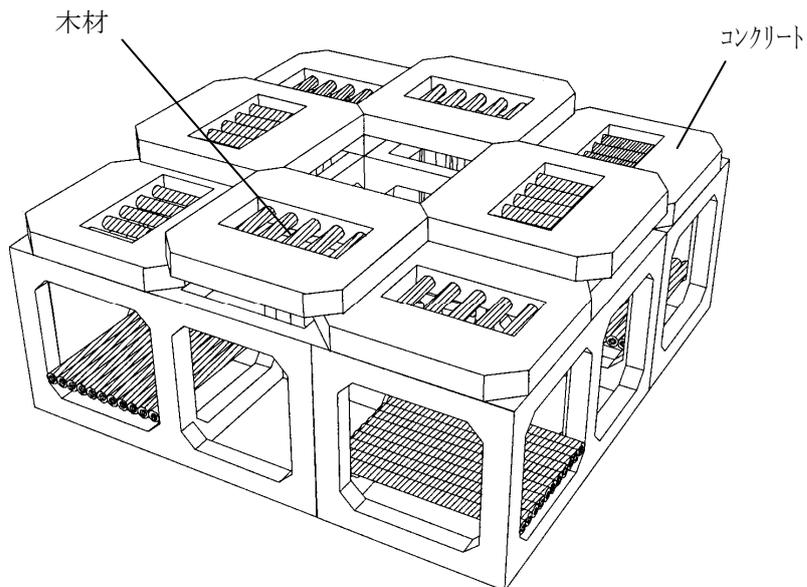


図5 木材の取り付け例 (3)

そ  
の  
他

〈概要〉 ロープや番線等で木材を固定する方法である。イカ産卵床用の枝葉付き立木などを魚礁や増殖礁に取り付ける際に用いられる。

〈メリット〉 取り付けが簡便で、低コストである。

〈デメリット〉 ロープ等の緩みによって、木材が浮上したり、抜け落ちないように確実な固定方法を検討する必要がある。また、食害によって木材が脱落する恐れがあることから、木材による増殖効果の発現期間は他の取付方法より短いと予想される。

〈その他〉 公共事業においては、木材崩壊後も蛸集や増殖効果が発揮できるような構造部材の使用、効果発現期間の長い増殖機能部材の取り付けなどを検討する必要がある。また、食害による木材の脱落に備え、関係機関と十分に協議した上で事業計画を検討する。

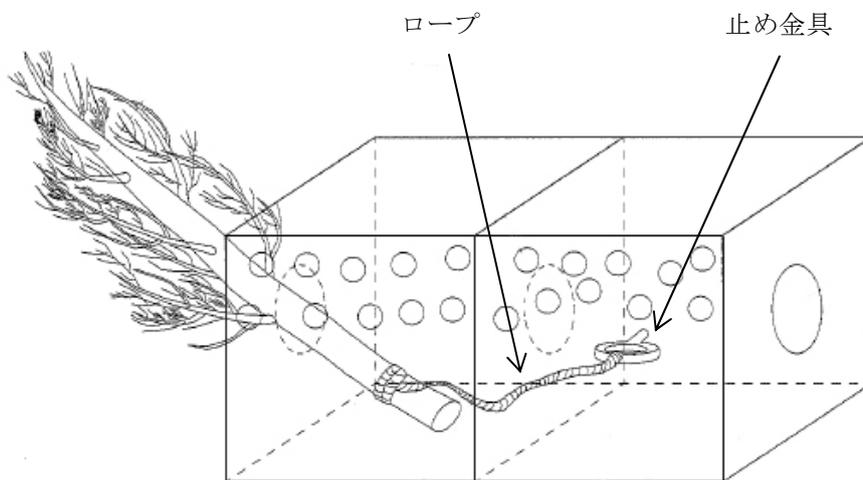


図6 木材の取り付け例 (4)

【参考】 魚礁・増殖礁の型枠としての木材利用

平成 22～26 年に実施された「木材利用を促進する増殖技術開発事業」の実証事業において、間伐材を型枠とした魚礁が新たに開発された(写真参照)。この手法は、特殊な金具を用いて、加工した太鼓落とし\*の間伐材で魚礁の型枠を作り、そこにコンクリートを打設し製作する。

間伐材の取付方法は、埋め込み方式に類似するが、既存の方式に比べ木材を多く使用することができる。また、木材とコンクリートとの接地面が大きいので、食害を受けても脱落しにくく、耐久性が良い。更に、特筆すべき点として、木材崩壊後はコンクリート魚礁として機能することがあげられる。

\*太鼓落とし：丸太の対向する二面を切り落とすこと



若狭の木で海づくり地域協議会  
(事業実施主体: れいなん森林組合)

## (6) 耐久処理

耐久処理を施すことにより木材の寿命は若干延びるが費用も嵩む。環境への影響、餌料生産性、経済性等についての検討結果を踏まえ、耐久処理採用の可否を検討する。

### ① 環境への影響

処理剤は環境への影響がないものを用いる。木材活用礁では、木材を起点とする食物連鎖が形成されており、有害物質が基準を超えて生物体内に残留することがあってはならない (図 7)。

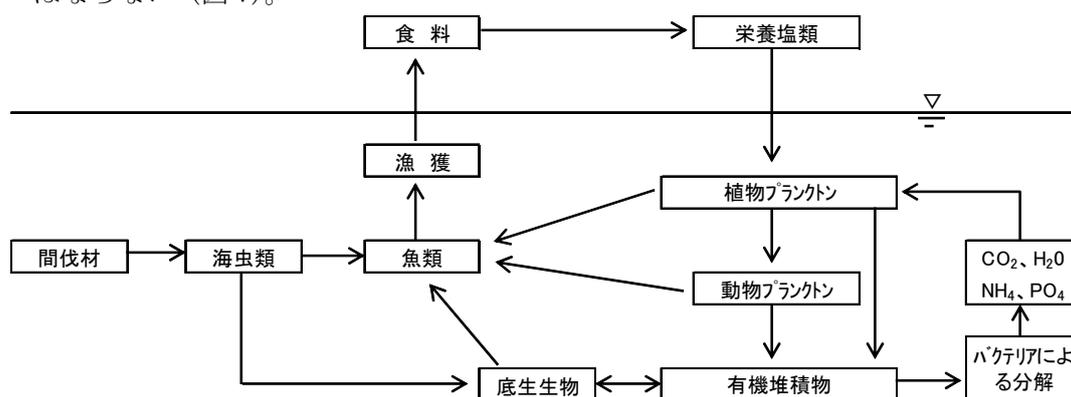


図 7 海中に設置した木材の連関図

### ② 処理の方法

耐久処理の目的は、海虫類の食害を抑えることにあるが、木材における餌料生物生産の観点から、これらの処理が餌料生物の生産を著しく低下させるものであってはならない。

海虫類の食害に対してはクレオソートが効果的であるが、環境面への配慮からその使用は限られたものとなっている。過去に木材活用礁に採用された耐久処理の手法としては、シリコン被覆、合成樹脂の浸透、フェノール処理、コンクリートへの木口の埋め込み、木酢液への浸漬、燻煙処理、炭化、セラミックス塗布、セメント被覆、焼き焦がし等がある。

このうち、シリコン被覆、合成樹脂浸透、フェノール処理、木口の埋め込みについては効果が確認されている。シリコンが厚く被覆された木材では、設置 2 年後も海虫類の食害は軽微であった。合成樹脂を浸透させた木材は 11 ヶ月後の断面食害率が未処理材の 39% に対して 15% であった。木口をコンクリートに埋め込む方法では、25 ヶ月後の木材残存率は未処理区の 14% に対し、100% と大きく上回った。しかし、その後の崩壊は急激で 29 ヶ月後の残存率は 7% に低下した (p 33～p 34 参照)。

### ③ 経済性

木材に耐久性を持たせることにより便益発生期間が延長し、便益額の増大が期待される。しかし、一方で耐久処理費用が生じるため、その採用にあたっては費用対効果等を考慮する。

## (7) 沈設時期

木材活用礁の沈設は、フナクイムシの幼生が減少し始める晩秋から初冬に行うのが良い。

わが国におけるフナクイムシの幼生放出時期は春から秋にかけてである。水温が 15℃を越える頃から幼生の放出が始まり、水温 18℃を越えると放出量は急増する<sup>3)</sup>。また、フナクイムシの活性は高水温期に高く、この時期に木材を激しく食害する。定着・穿孔に好適な水温は 25℃前後と報じられている<sup>6)</sup>。

幼生の放出が終わり、浮遊幼生数が減少した秋季以降に魚礁を沈設することにより、木材へのフナクイムシの付着量を少なくすることができる。晩秋から初冬にかけて沈設すれば、次の幼生出現までの期間とフナクイムシの活性の低い期間が長くなり、食害の抑制に効果的と考えられる（p 30 参照）。

## (8) 沈設海域・水深の設定

フナクイムシの水温耐性から低水温域では食害が小さいと想定される。水深との関係では 50m 以深域で食害速度が緩やかであった報告がある。

フナクイムシの生息下限水温は 8℃、ヤツフナクイムシで 10℃と報じられており<sup>6)</sup>、冬季水温が 8～10℃以下となる海域では木材の寿命は比較的長いと想定される。北海道羽幌町では水深 3～5m の浅海に設置した木材が 5 年以上残存した<sup>16)</sup>。

また、フナクイムシの生息水深については詳しいことは分かっていないが、水深 10m 以浅に多いという報告がある<sup>2)</sup>。

山口県が日本海の水深 30m 及び 70m 域に沈設した間伐材魚礁（木材を構造部材とした魚礁）の耐久性について調査した結果、水深 30m では 3～5 年で崩壊し、水深 70m では 5～6 年で崩壊した<sup>15)</sup>。しかし、魚礁崩壊後も木材は海底で餌料生物の着生基質として存在しており、木材を機能部材として活用する場合の効果発現期間は上記の年数よりも 1 年程度の延長を見込むことができる。

なお、平成 22～26 年に実施された「木材利用を促進する増殖技術開発事業」の実証事業では、水深 60m 域に設置した木材が 3～4 年で崩壊した（愛媛県伊方町）（p 5 図 2 参照）。沈設水深は、海域によって食害の度合いが異なることから、事前にフナクイムシの分布や食害状況などの情報を十分に把握し、設定することが望ましい（p 29 参照）。

## (9) 木材の補給

- ・ 木材崩壊後に、新たに木材活用礁へ木材を補給することによって、魚類の蛸集や増殖効果を持続させることができる。また、木材の利用促進につながる。
- ・ 木材の補給にあたっては、安全性に関する調査、また費用対効果を考慮した手法や補給頻度、体制づくりの検討を十分に行うことが大切である。

木材活用礁に取り付けた木材は、魚類の蛸集及び増殖に寄与する。一方で、木材の耐用年数は概ね5年と短く、その効果の発現は木材崩壊とともに失われる。

効果を持続させるには、木材を補給する必要がある。木材の補給は、木材の利用促進の面でも重要であり、主にユニット方式やカゴ方式、金具止め、ロープ止め方式の木材活用礁で実施する。

木材の補給は、船上等に木材活用礁を引き上げて行う方法と、潜水作業によって補給する方法に大別される（図 8）。引き上げによる補給方法は、水深が深い場所や流速の大きい場所に沈設された礁においても実施できることが特徴である。一方、潜水作業による補給は、場所の限定はあるが、低コストで実施できることが利点である。

低コスト化を図るため、ユニット方式やカゴ方式の木材活用礁においては、天端部や側面部の一部を蓋式に改良し、木材の補給を効率的に行う方法が検討されている（p 44～p 45 参照）。

引き上げによる補給方法は、引き上げ時の木材活用礁の荷重を十分に検討した上で、安全に作業を進める必要がある（p 44 参照）。潜水による補給は、危険が伴う作業となるので、交換作業に係る計画を十分に検討した上で、関係行政機関と協議し、労働安全衛生法等の法令や規則を遵守し実施する。

木材を補給する際は、木材が脱落・浮上しないよう、確実に取り付ける必要がある。さらに、蓋式で交換を行う場合は、台風等の高波浪によって蓋が破損・流失し、木材が消失しないようにスライド式の蓋を採用するなど、蓋の固定方法を十分に検討する（p 44～p 45 参照）。

事故が発生した場合、その責任は事業者等が負うことになるので、木材の補給前には安全性に関する十分な調査が必要である。また、木材補給の計画にあたっては、費用対効果を考慮した上で、手法や補給頻度、体制づくりの検討を十分に行うことが大切である。

木材補給の体制づくりについては、潜水土免許を有す漁業者で実施する事例や、地域のダイビングショップと漁業者が連携して実施するなどの事例がある（p 46～p 47 参照）。木材の利用を促進する上でも、地域一体となった体制づくりが望まれる。

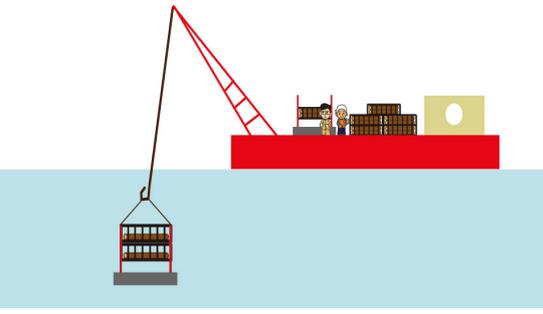
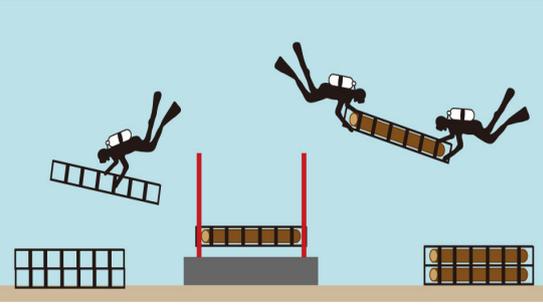
<p>船上補給</p>	<p>〈概要〉 起重機船等を用いて木材活用礁を引き上げ、木材を補給する方法である。</p> <p>〈メリット〉 潜水が難しい水深の深い場所や流れの速い場所でも補給が可能である。</p> <p>〈デメリット〉 事業の規模によってはコストが高くなる。安全面から、引上時の礁の荷重を十分に検討する必要がある。</p>	
<p>蓋式補給</p>	<p>〈概要〉 カゴまたはユニットの天端や側面の一部を蓋式に改良し、潜水作業にて木材を補給する方法である。</p> <p>〈メリット〉 作業効率が良く、コストが安い。</p> <p>〈デメリット〉 台風等の波浪によって蓋が流出・破損する恐れがあるので、スライド式の蓋にするなど、固定方法を十分に検討する。</p>	
<p>ユニット式補給</p>	<p>〈概要〉 木材を収容したユニットを潜水作業で補給する方法である。</p> <p>〈メリット〉 蓋式より耐久性は高い。</p> <p>〈デメリット〉 作業性が悪く、コストがやや高い。</p>	
<p>直接補給</p>	<p>〈概要〉 ロープ等を用いて潜水員が木材を直接補給する方法である。イカ産卵床用の枝葉付き立木などの補給で用いられる。</p> <p>〈メリット〉 方法が簡便で、コストが安い。</p> <p>〈デメリット〉 木材の脱落が起きやすいため、補給の頻度は高くなる。</p>	

図8 木材の補給例

## 4 木材利用の費用対効果の考え方

### (1) 評価の基本的な方法

費用対効果分析は、木材活用礁の整備による効果を便益額とし、これと事業に要する費用との比（費用便益比率）で経済的な効果を評価する。

発生する便益としては、①魚類の増集量・増殖量の増大に伴う漁業所得の増大、②間伐により整備された森林の公益的機能の維持、があるが、木材活用礁の費用対効果算定においては①漁業所得の増大、のみを便益として計測する（p17 参照）。

#### ① 費用便益比率の算定式

費用便益比率は、次の式により算定する。

$$\text{費用便益比率} = B / C$$

C : 総費用額（木材活用礁の整備に必要な費用額の総額）

B : 総便益額（木材活用礁の整備により発生する便益額の総額）

#### ② 総費用額の算定式

総費用額は、計測期間中の各年度の費用額の和とする。このとき、各年度の費用額には割引率をかけて現在価値化する（p17 参照）。

$$\text{総費用額 (C)} = \sum (C_n \times R_n)$$

C<sub>n</sub> : n年度における費用額

R<sub>n</sub> : n年度の割引率を考慮した係数 [R<sub>n</sub> = 1 / (1 + r)<sup>n</sup> ; r = 割引率]

#### ③ 総便益額の算定式

総便益額は、計測期間中の各年度の便益額の和とする。このとき、各年度の便益額には割引率をかけて現在価値化する（p17 参照）。

$$\text{総便益額 (B)} = \sum (B_n \times R_n)$$

B<sub>n</sub> : n年度における便益

R<sub>n</sub> : n年度の割引率を考慮した係数 [R<sub>n</sub> = 1 / (1 + r)<sup>n</sup> ; r = 割引率]

#### ④ 計測期間

構造部材の耐用年数である30年とする。

ただし、機能部材である木材については、効果の存在している期間を耐用年数とする。なお、新たに木材活用礁へ木材を補給する場合は、便益発現の計測期間が延長される。

海中における木材の寿命は、海域、水深、木材の大きさ・種類により異なることから、実測することが望ましい。また、事前評価における木材耐用年数は、同一の海域条件にある既往知見等を踏まえ決定する。

各地の事例では、早いものは3年で崩壊に至り、長いものでは5年以上残存している。適切な取り付け方法や設置時期、設置場所を考慮することにより、木材の寿命を5年程度とすることが可能である。

**【参考】 森林整備における公益的機能について**

木材活用礁整備による効果の計測は、魚類の蝟集機能や増殖機能を対象に行う。

一方、木材活用礁の整備は、間伐による森林整備の促進による森林の公益的機能の維持・向上にも寄与する。現在、森林整備による公益的機能の評価は、別途、林業分野において行われており、水産分野においては考慮することができない。

森林整備における公益的機能としては、水源涵養や山地保全（土砂流出や山腹崩壊防止）、環境保全（炭素固定、気候緩和、飛砂軽減等）などがあげられる。森林整備事業においては、これら効果に対して便益が計測されている。森林整備における効果やその計測方法は、「林野公共事業における事前評価マニュアル」（林野庁, 2014 年）にて詳しく紹介されているので、これを参照されたい。

**【参考】 割引率とは？**

お金は、何らかの形で使われると、何らかの新しい価値を生み出す。このことは、そのお金の価値が、新しい価値を生み出した時点で、そのお金そのものの金額に比べ、新しく生まれた価値分だけ高くなったことを意味している。

例えば、1 万円を 5 年間銀行に預けたとすると 5 年後には 1 万円＋利子に増えている。今の 1 万円と 5 年後の 1 万円を比べると、利子分だけ今の 1 万円の方が価値があることになる。

魚礁事業における費用便益比率の計算においては、計算の対象となる期間が 30 年間と長期にわたるため、将来の様々な時点でのお金と現在のお金を比較する場合、その時点での金額を現在の価値に換算して、計算を進める必要があり、これを現在価値化と呼んでいる。

具体的に、将来のお金の金額を現在の価値に換算しようとするには、通常、年当たり一定の率で割り引く方法が取られている。この率のことを割引率と呼び、「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン」では 0.04 としている。

(2) 便益の計測方法

木材活用礁の整備による総便益は、増産効果、漁業外産業への効果から求められる。また、魚礁タイプ（以下、魚礁型）では漁労コスト削減効果、増殖礁タイプ（以下、増殖礁型）では CVM 等による測定が可能ならば自然環境保全・修復効果も便益に加えることができる。

増産効果については、魚礁型では、「木材由来の増殖効果（餌料動物による魚類の体重増加）」が「構造部材や木材以外の機能部材に蟄集する魚類の漁獲量（増産期待量）」を押し上げるとして、同様の海域条件下での木材活用礁の増加生産量原単位が得られている場合は、それを用いて木材由来の効果を含む増産期待量を算出することができる（図 9）。なお、これら効果とともに、「産卵場効果」または「幼稚魚育成効果」を増産効果として一部の魚種に適用する場合は、対象とする魚種が各々の効果で重複しないよう留意する（二重便益計上を避ける）。

一方、増殖礁型では、「構造部材や木材以外の機能部材による増殖効果」と「木材由来の増殖効果」の和とする。

（「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン（水産庁漁港漁場整備部，平成 26 年）」を準用・計測する。）

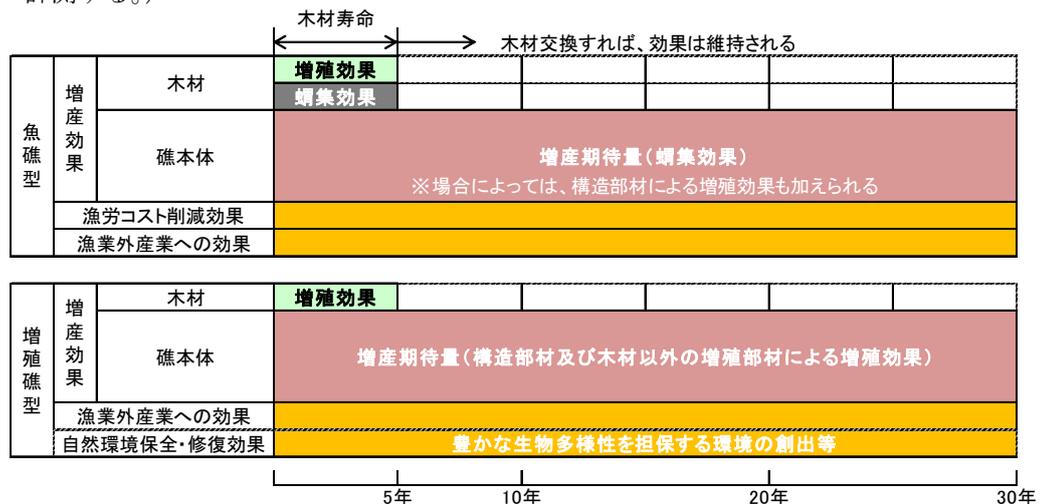


図 9 木材活用礁における効果（便益）の考え方

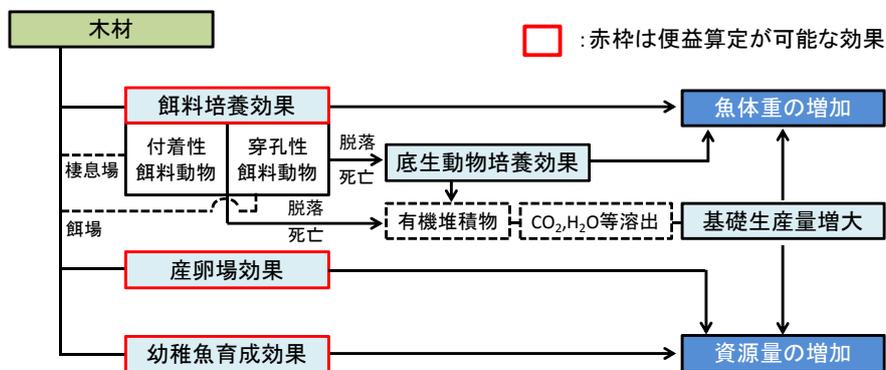


図 10 木材による増殖効果（便益）の考え方

注) 図中の穿孔性餌料動物とは、フナクイムシやキクイムシ等の海虫類のこと。また、底生動物培養効果や基礎生産量増大効果は、現在データの蓄積が十分でなく、今後、定量的な把握が必要である。

木材活用礁の便益の考え方は、以下のとおりである。なお、漁業外産業（流通業・遊漁・観光業等）への効果や漁労コスト（水産物生産コスト）の削減効果、自然環境保全・修復効果等については、「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン（水産庁漁港漁場整備部，平成26年）」を参照されたい。

### ① 魚体重増加による便益

魚類の体重増加は漁獲量増加が期待されるため、便益として扱うことが可能である。魚体重の増加による便益は次のように求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{年間便益額 (千円/年)} &= \text{増加魚体重 (kg/年)} \times \text{平均価格 (千円/kg)} \\ &\quad \times \text{漁業所得率} \\ \text{※ 増加魚体重} &= \text{餌料生物生産量 (kg/年)} \times \text{利用率} \times \text{餌料転換効率} \\ \text{※ 餌料生物生産量} &= \text{餌料生物現存量} \times \text{回転率 (回/年)} \end{aligned}$$

#### ア 餌料生物現存量を表す基本指標

- 餌料生物現存量を表す基本指標は、餌料生物湿重量とする。餌料生物の単位（換算等に使用する単位餌料湿重量）は、木材の表面に付着する生物ではkg/木材表面積m<sup>2</sup>、海虫類及び海虫類の孔道に生息する生物ではkg/木材体積m<sup>3</sup>で表す。その合計を餌料生物現存量とし、kg/基（木材活用礁1基）で表す。
- 餌料の年間生産量は、簡易的には現存量×回転率（年間生産量/現存量）で算定される。餌料生物現存量のデータは現地調査により収集する。

#### イ 対象餌料

現存量の計測は蛸集魚類の餌料となる生物を対象に行う。

ここで、餌料生物とは、動物群の中から餌料価値が低いと考えられるカイメン類（海綿動物）、コケムシ類（触手動物）、ホヤ類（原索動物）等を除いた生物である。さらに、餌料生物のなかでも特に餌料価値が高い、多毛類（ゴカイ類等）、軟甲類（ヨコエビ類やエビ・カニ類等）は、幼稚魚等が選択的に補食する重要な餌料であり、ここでは選好性餌料生物と表す。

なお、選好性餌料生物の現存量を用いて木材による幼稚魚育成効果の便益を算定した場合は、それを除いた生物を対象とする。

#### ウ 餌料生物現存量の設定

餌料生物の現存量は、沈設後から木材が崩壊するまで、定期的に調査することが望ましい。海虫類の現存量を計測するには、回収可能な大きさの木材テストピースを用いるが、長期間設置するとテストピースが食い尽くされてしまうため、沈設後1～3年の間に調査する。

また、餌料生物の現存量は、海域によっても季節的にも大きく変動する。そのため、海域毎に調査を行い、年平均現存量を用いて餌料生物の年間生産量を推定することが望ましい。

事前評価においては、事業実施地区と同様の海域環境条件下における調査研究に基づく既往のデータ等がある場合は、これを使用して差し支えない。

エ その他の係数等

利用率

木材に付着・潜入した餌料生物は全て利用される（利用可能である）とし、利用率は1とする。

回転率

種の寿命によって異なり、寿命の短い種では4～5、長い種では2～3以下であることが知られている。既往知見の平均的な値である3を採用する。

餌料転換効率

既往知見の平均的な値である0.128を採用する。

平均価格

- ・平均価格は、木材活用礁で漁獲（蝸集）される主要魚種の加重平均で算定する（表3）。
- ・事前評価においては、事業実施地区と同様の海域環境条件下における対象魚類に関する既往のデータ等がある場合は、これを使用して差し支えない。
- ・魚種別平均価格は、各都道府県の農林水産統計年報もしくは漁業・養殖業生産統計年報や水産物流通調査（農林水産省統計部）等から求める。
- ・漁獲（蝸集）量は標本船調査による漁業日誌や潜水調査等から得られる魚種の組成率とする。

表3 平均価格の算定例

		計	マアジ	ブリ類	マダイ	その他
魚種別平均価格	円/kg		192	301	745	800
漁獲量（組成率）	kg	1.0	0.5	0.3	0.05	0.15
漁獲金額	円	343	96	90	37	120
平均価格（加重平均）	円/kg	343				

漁業所得率

各都道府県の農林水産統計年報もしくは漁業経営調査報告（農林水産省統計部）より次式で計算する。

$$\text{漁業所得率} = \text{漁業所得} \div \text{漁業収入} \times 100$$

$$\text{※ 漁業所得} = \text{漁業収入} - \text{漁業支出}$$

その他

- ・産卵場効果や幼稚魚育成効果で便益を算定した魚種については、便益の二重計上にならないように留意する（p48以降の「2 便益算定の計算例」参照）。

## ② 産卵場効果による便益

木材は、アオリイカ等のイカ類の産卵床として機能する。また、木材を付加することで魚礁性の強い魚類の産卵親魚が蝟集し産卵場として利用されることが期待される。

産卵場の効果による便益は、次のように求めることができる。

$$\text{年間便益額 (千円/年)} = \text{期待漁獲量 (kg/年)} \times \text{平均価格 (千円/kg)} \\ \times \text{漁業所得率}$$

※期待漁獲量は、以下の「ア 期待漁獲量の算定の流れ」を参考にする

※平均価格は、事業実施地区における対象魚種の単価を用いる

※漁業所得率は、前述のとおり (p 20 参照)

### ア 期待漁獲量の算定方法

期待漁獲量は、産卵親魚の蝟集量と全長等、また、アオリイカなどの卵嚢数等を現地調査から求め、産卵量を推定する。次に、推定産卵量に初期生残率等に乗じて漁獲開始時の資源尾数を算定し、さらに、その後の生残率や漁獲率等の資源特性値を乗じて算定する (図 11)。

なお、事前評価の場合には、事業実施地区と同様の海域環境条件下における既往の調査研究に基づくデータ等を使用して差し支えない。

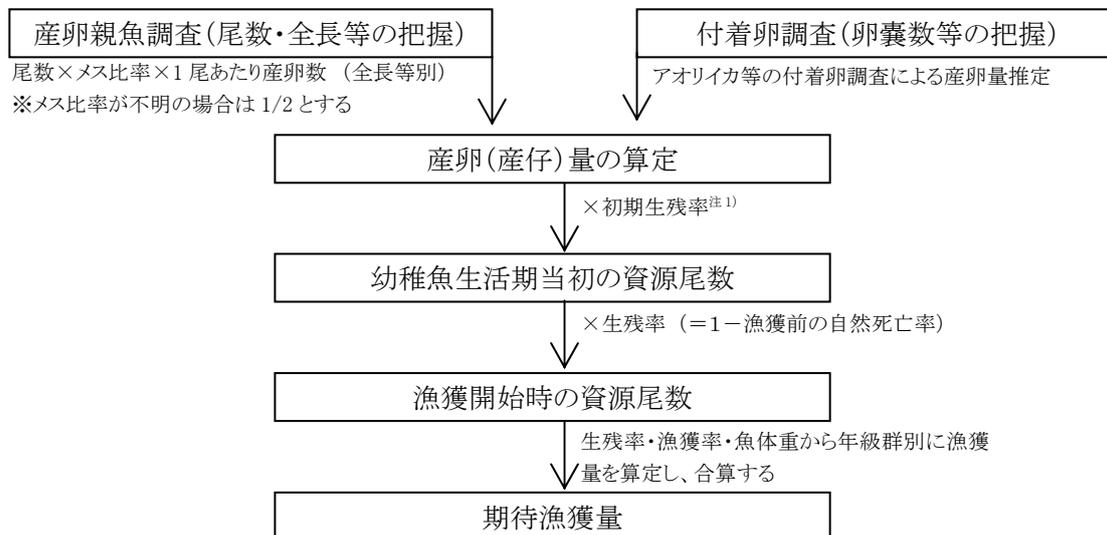


図 11 産卵場効果による期待漁獲量の算定の流れ

注 1) 初期生残率：初期発育段階における自然死亡による個体群の減少から生残する割合

### ③ 幼稚魚育成効果による便益

木材活用礁は、マダイやメバル、カサゴなどの幼稚魚の餌場・隠れ場（育成効果）として機能する。幼稚魚育成効果による便益は、次のように求めることができる。

$$\text{年間便益額 (千円/年)} = \text{期待漁獲量 (kg/年)} \times \text{平均価格 (千円/kg)} \\ \times \text{漁業所得率}$$

※期待漁獲量は、以下の「ア 期待漁獲量の算定の流れ」を参考にする

※平均価格は、事業実施地区における対象魚種の単価を用いる

※漁業所得率は、前述のとおり（p 20 参照）

#### ア 期待漁獲量の算定方法

期待漁獲量は、木材活用礁に蛸集する幼稚魚生息尾数を基準とし、これに生残率や漁獲率等の資源特性値を乗じて算定する（図 12）。

基準となる幼稚魚生息尾数は、原則として潜水調査等の現地調査から求める。また、現地調査から年間の生息尾数を推定することが困難な場合は、木材活用礁における幼稚魚収容尾数を推測し、基準とする。

幼稚魚収容尾数の推測は、木材等に付着する選好性餌料生物（多毛類・軟甲類）の年平均現存量から求める（次頁「イ 選好性餌料生物による幼稚魚収容尾数の推測」参照）。

なお、事前評価の場合には、事業実施地区と同様の海域環境条件下における既往の調査研究に基づくデータ等を使用して差し支えない。

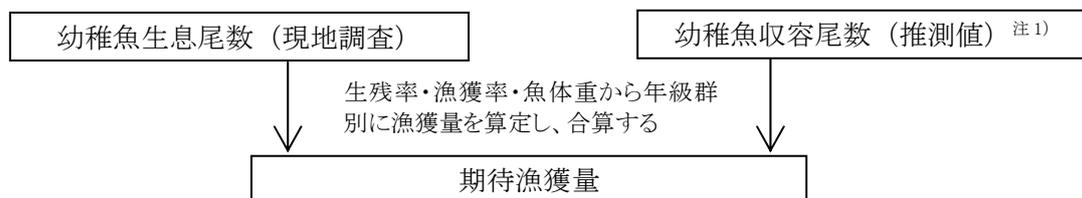


図 12 幼稚魚育成効果による期待漁獲量の算定の流れ

注 1) 幼稚魚収容尾数は、木材等に付着した選好性餌料生物の年平均現存量から推測する

#### イ 選好性餌料生物による幼稚魚収容尾数の推測

選好性餌料生物による幼稚魚収容尾数の推測は、以下のように求めることができる。

$$\text{幼稚魚収容尾数 (尾)} = \text{餌料同化量 (kg)} \div \text{幼稚魚成長量 (kg/尾)}^{※1}$$

$$\text{餌料同化量} = \text{餌料生物利用量 (kg)} \times \text{餌料転換効率}^{※2}$$

$$\text{餌料生物利用量} = \text{有効餌料生物量 (kg)} \times \text{配分率}^{※3}$$

$$\text{有効餌料生物量} = \text{選好性餌料生物現存量 (kg)}^{※4} \times \text{回転率}^{※5} \\ \times \text{利用率}^{※6} \times \text{出現期間率}^{※7}$$

※1 幼稚魚成長量は、蛸集当初の体重と礁を離れる時の体重の差。蛸集当初の体重が微小の時は無視する

※2 餌料転換効率は、0.128 とする (p 20 参照)

※3 配分率は、蛸集した魚種に配分される餌料生物の比率のこと。蛸集した幼稚魚に占める対象魚種の割合とする

※4 選好性餌料生物現存量は、現地調査による年平均値を用いる

※5 回転率は、3 とする (p 20 参照)

※6 利用率は、選好性餌料生物を全て利用するとし、1 とする

※7 出現期間率は、対象魚種の1年に対する出現期間の割合

#### ④ 魚類の蛸集効果による便益

魚類の蛸集効果は、魚礁型の木材活用礁において便益を求めることができる。また、この効果は、木材活用礁（構造部材）に蛸集する魚類を漁獲することで得られる便益と、木材を付加することで得られる漁獲量の増加分の便益の和で表すことができる。

#### ア 木材活用礁（構造部材）への蛸集効果

魚礁型の木材活用礁（構造部材）に蛸集する魚類を漁獲することにより発生する便益は、既存の魚礁事業等で得られた各都道府県の増産期待量（漁獲原単位）を用いて算定することができる。

なお、木材の取り付け方法が「井桁組＋ボルト留め」方式の場合は、魚礁の形状が木材に依存することから、蛸集による効果を別途計測する必要がある。

$$\text{年間便益額 (千円/年)} = \text{増産期待量 (kg/空m}^3\text{)} \times \text{事業量 (空m}^3\text{)} \\ \times \text{平均価格 (千円/kg)} \times \text{漁業所得率}$$

※平均価格は、増産期待量で対象となった魚種にて算定する。ただし、産卵場効果や幼稚魚育成効果で便益を算定した魚種は除外する。また、対象となる魚種が不明の場合は、関係機関や研究機関等と協議した上で、適正な価格を設定する。

※魚種別平均価格は、各都道府県の農林水産統計年報もしくは漁業・養殖業生産統計年報や水産物流通調査（農林水産省統計部）等を参照し求める。

#### イ 木材による蛸集効果

木材による魚類蛸集に伴う漁獲量の増産分が定量化できれば、前項と同じ方法で便益を計上しても良い。

定量化の方法として、同一規模の木材活用礁と対照魚礁（木材を用いていない魚礁）の魚類蛸集量を比較し、対照魚礁に対する木材活用礁の増加率に対照魚礁の増産期待量に乗じて求める方法が考えられるが、現状ではデータの蓄積が十分でない。このため、木材活用礁と対照魚礁の蛸集量の比較調査を実施して、木材による魚類蛸集効果の地域毎の実測値を蓄積する必要がある。

木材における蛸集効果の便益は、蛸集量比較調査によって増加率が得られた場合のみ算定できる。

$$\text{年間便益額 (千円/年)} = \text{木材増産期待量 (kg/空m}^3\text{)} \times \text{事業量 (空m}^3\text{)} \\ \times \text{平均価格 (千円/kg)} \times \text{漁業所得率}$$

$$\text{木材増産期待量} = \text{増加率} \times \text{増産期待量 (kg)}$$

$$\text{増加率} = (\text{木材活用礁年間蛸集量} - \text{対照魚礁年間蛸集量}) \\ \div \text{対照魚礁年間蛸集量}$$

※木材増産期待量は、木材への蛸集効果による増産期待量のこと。

※増産期待量は、木材活用礁（構造部材）における増産期待量のこと（p23 参照）。

※平均価格は、増産期待量で対象となった魚種にて算定する。ただし、産卵場効果や幼稚魚育成効果で便益を算定した魚種は除外する。

※魚種別平均価格は、各都道府県の農林水産統計年報もしくは漁業・養殖業生産統計年報や水産物流通調査（農林水産省統計部）等を参照し求める。