

2 便益算定の計算例

下記の計算条件の仮定をもとに、木材活用礁（魚礁型）の便益算定の計算例を示す。なお、増殖礁型の木材活用礁の便益算定については、下記の増殖効果における計算例を参照されたい。

(1) 計算条件

- ・事業規模 1,200 空 m³（並型魚礁設置事業）
- ・沈設魚礁 コンクリート 2 m 角型（8 空 m³）×150 基（耐用年数：30 年）
- ・木材 魚礁 1 基に長さ 2 m、径 20 cm の木材を 9 本取り付けたもの
木材耐用年数：5 年間（間伐材表面積：12m²/基，体積：0.56m³/基）

(2) 年間便益額算定項目の整理

木材活用礁の便益のうち、増産効果に係るものを参表-8 に示すとおりとした。なお、木材の蝸集効果による漁獲量の増産については、その実態が十分に把握されていないため、ここでは計上しなかった。また、漁労コスト削減効果や漁業外産業への効果の算定は、「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。

参表-8 部材毎の年間便益評価項目

部 材	評価項目	
木 材	増殖効果	木材への付着餌料生物による魚体重の増加
		フナイシ等穿孔性餌料生物による魚体重の増加
		魚類及びイカ類の産卵場効果
		幼稚魚の育成効果
コンクリート	蝸集効果	魚礁設置による増産期待量

① 評価対象有用魚種

本計算例の評価対象有用魚種は以下の通りの 7 種である。

マダイ、アジ、イサキ、カサゴ、メバル、ハタ類、アオリイカ

② 評価項目と評価対象有用魚種との関係整理

具体的な便益算定の前に、評価項目間の便益の二重計上を回避するため、評価項目に該当する評価対象有用魚種を整理した。

整理結果は、参表-9 に示すとおりであり、増殖効果での評価項目間の二重計上を回避するため、「魚類及びイカ類の産卵場効果」で対象としたカサゴ、アオリイカ、「幼稚魚の育成効果」で対象としたメバルは、木材の付着餌料生物を利用することにより効果が発現する「魚体重の増加」の対象から除外している。

また、蝸集効果についても、「魚類及びイカ類の産卵場効果」、「幼稚魚の育成効果」で対象とした魚種は、生残解析を用いて期待漁獲量を算定することから、蝸集魚類内での二重計上を回避するため除外している。

蝸集効果の具体的な対応としては、従来の人工魚礁の漁獲原単位（kg/空 m³）の魚種組成から、「魚類及びイカ類の産卵場効果」、「幼稚魚の育成効果」で対象とした魚

種の組成を控除した魚種組成率を漁獲原単位に乗じた値を便益算定に用いることで対応する。

このように、評価項目に該当する評価対象有用魚種（以後、評価対象魚種）を整理した上で評価項目毎の便益算定を行う必要がある。

参表-9 評価項目と評価対象有用魚種との関係整理

部 材	評価項目		評価対象魚種
木 材	増殖効果	木材への付着餌料生物による魚体重の増加	マダイ、アジ、イサキ、ハタ類
		フナクイ等穿孔性餌料生物による魚体重の増加	マダイ、アジ、イサキ、ハタ類
		魚類及びイカ類の産卵場効果	カサゴ、アオリイカ
		幼稚魚の育成効果	メバル
コンクリート	蛸集効果	魚礁設置による増産期待量	マダイ、アジ、イサキ、ハタ類

(3) 年間便益額の算定

参表-9 で設定した評価項目と評価対象魚種との関係に基づき、各評価項目の年間便益を算定した。

① 木材付着餌料生物による魚体重の増加

木材に付着する餌料生物を摂餌することで蛸集魚の体重が増加し、このことが水揚げ金額の増加につながる。計算例を下記に示す。

評価対象魚種	マダイ、アジ、イサキ、ハタ類	
木材付着餌料現存量		
（選好性餌料現存量含む）	0.73 kg/m ²	（現地調査 結果の平均値）
木材表面積	1,800 m ²	（12 m ² ×150 基）
回転率	3	（魚礁事業における増殖効果指標検討調査報告書）
餌料転換効率	0.128	（ 同上 ）
利用率	1	（ 同上 ）
平均魚価	560 円/kg ^{※1}	（各都道府県等の資料）
漁業所得率	0.45	（漁業経営調査報告（海区分）等）
評価対象魚種組成率	0.95 ^{※1}	（ ※1 参照 ）

※1 評価対象魚種組成率とは、参表-9 で設定した評価項目と評価対象魚種との関係に基づき、便益の二重計上を避けるための率であり、評価対象有用魚種の7種からカサゴ、アオリイカ、メバルの蛸集組成率を差し引いたものである。

平均魚価についても、カサゴ、アオリイカ、メバルを除いた魚価を用いる。

$$\begin{aligned}
\text{年間便益額} &= \text{餌料生物現存量} \times \text{木材表面積} \times \text{回転率} \times \text{餌料転換効率} \times \\
&\quad \text{利用率} \times \text{平均魚価} \times \text{漁業所得率} \times \text{評価対象魚種組成率} \\
&= 0.73 \times 1,800 \times 3 \times 0.128 \times 1 \times 0.56 \times 0.45 \times 0.95 \\
&= 121 \text{ 千円/年}
\end{aligned}$$

② フナクイムシ等穿孔性餌料生物による魚体重の増加

フナクイムシ等の餌料性については水槽実験でその有効性が確認されている。回転率、餌料転換効率等不明な点も多いが、餌料生物の一般値を用いて計算を進める。

評価対象魚種	マダイ、アジ、イサキ、ハタ類
フナクイムシ等現存量	4.6 kg/m ³ (現地調査 結果の平均値)
木材体積	84m ³ (0.56m ³ ×150 基)
回転率	3 (魚礁事業における増殖効果指標検討調査報告書)
餌料転換効率	0.128 (同上)
利用率	1 (同上)
平均魚価	560 円/kg ^{※1} (各都道府県等の資料)
漁業所得率	0.45 (漁業経営調査報告(海区別)等)
評価対象魚種組成率	0.95 ^{※1} (※1 参照)

※1 「① 木材付着餌料生物による魚体重の増加」と同様の対応 (p49 参照)。

$$\begin{aligned}
\text{年間便益額} &= \text{フナクイムシ等現存量} \times \text{木材体積} \times \text{回転率} \times \text{餌料転換効率} \times \\
&\quad \text{利用率} \times \text{平均魚価} \times \text{漁業所得率} \times \text{評価対象魚種組成率} \\
&= 4.6 \times 84 \times 3 \times 0.128 \times 1 \times 0.56 \times 0.45 \times 0.95 \\
&= 36 \text{ 千円/年}
\end{aligned}$$

③ 産卵場効果

ここでは、カサゴ及びアオリイカの産卵場効果の計算例を示す。

ア カサゴの産卵場効果

評価対象魚種	カサゴ
期待漁獲量	402kg (参表-10 を参照)
平均魚価	1,100 円/kg (各都道府県等の資料)
漁業所得率	0.45 (漁業経営調査報告(海区別)等)
年間便益額	= 期待漁獲量 × 平均魚価 × 漁業所得率
	= 402 × 1.1 × 0.45
	= 199 千円/年

参表-10 産卵場効果（カサゴ）の生残解析

1基あたりの産仔量(A)	90,000 尾/基	親魚蛸集量の現地調査結果より算定
事業量(B)	150 基	
産卵(仔)量	13,500 千尾	(A)×(B)
初期生残率	0.00045	既往知見等
自然死亡率	0-2歳 0.10 2歳以上 0.10	※初期生残率等の資源特性値は例である。各海域や周辺海域における資源特性値を引用するのが望ましい。
漁獲率	2歳以上 0.40	

年(年齢)	産卵数	初期生残率	自然死亡率	漁獲率	資源尾数	自然死亡尾数	漁獲尾数	平均体重	漁獲量(kg)
初期資源	13,500,000	0.00045			6,075				
0-1			0.10		5,468	608			
1-2			0.10		4,921	547			
2-3			0.10	0.40	2,460	492	1,968	0.087	172
3-4			0.10	0.40	1,230	246	984	0.119	117
4-5			0.10	0.40	615	123	492	0.147	72
5-6			0.10	0.40	308	62	246	0.169	42
期待漁獲量(kg)									402

※1 年齢別の平均体重は、既往知見等を引用する。

イ アオリイカの産卵場効果

評価対象魚種	アオリイカ
期待漁獲量	417kg (参表-11 を参照)
平均魚価	900 円/kg (各都道府県等の資料)
漁業所得率	0.45 (漁業経営調査報告(海区别)等)

$$\begin{aligned}
 \text{年間便益額} &= \text{期待漁獲量} \times \text{平均魚価} \times \text{漁業所得率} \\
 &= 417 \times 0.9 \times 0.45 \\
 &= 169 \text{ 千円} / 5 \text{ 年 (本便益は 5 年に 1 回発生※1)}
 \end{aligned}$$

※1 便益が5年に1回発生する理由は、アオリイカ産卵床用の枝葉の耐用年数が1年であり、ここでは5年に1回の頻度で枝葉を交換すると設定した。

参表-11 産卵場効果（アオリイカ）の生残解析

1基あたりの産卵数(A)	2,000 個/基	卵のう塊等の現地調査結果より算定
事業量(B)	150 基	
総産卵数	300 千個	(A)×(B)
孵化率	0.951	既往知見等
初期生残率(幼仔生残率)	0.062	※資源特性値は、例として平成13~15年度沿岸漁場整備開発調査事業(宮崎県)を参照。実際には、各海域や周辺海域における資源特性値を引用するのが、望ましい。
自然死亡率	0.084	
漁獲率	0.210	

月	産卵数	孵化率	幼仔生残率	自然死亡率	漁獲率	資源尾数	自然死亡尾数	漁獲尾数	平均体重	漁獲量(kg)
漁獲前	8	300,000	0.951			285,300				
	9			0.062		17,689				
	10			0.062		1,097				
漁獲開始以降	10			0.084	0.210	774	93	230	0.273	63
	11			0.084	0.210	546	65	162	0.439	71
	12			0.084	0.210	385	46	115	0.586	67
	1			0.084	0.210	272	33	81	0.708	57
	2			0.084	0.210	192	23	57	0.796	45
	3			0.084	0.210	135	16	40	0.852	34
	4			0.084	0.210	95	11	28	0.894	25
	5			0.084	0.210	67	8	20	0.922	18
	6			0.084	0.210	48	6	14	0.940	13
7			0.084	0.210	34	4	10	0.951	9	
8			0.084	0.210	24	3	7	0.959	7	
9			0.084	0.210	17	2	5	0.960	5	
期待漁獲量(kg)										417

※1 月別の平均体重は、既往知見等を活用する。

④ 幼稚魚育成効果

木材活用礁に蟻集するメバルの幼稚魚育成効果の計算例を示す。
本便益算定に当たっては、p 22 の「③ 幼稚魚育成効果による便益」で示した通り、

- ア 幼稚魚生息尾数（現地調査）
- イ 幼稚魚収容尾数（推測値）

の何れかで、幼稚魚尾数を設定した上で生残解析に基づき期待漁獲量を算定する。

ア 幼稚魚生息尾数（現地調査）の場合

現地調査の結果から実在する幼稚魚尾数が把握されるため、その尾数を基に生残解析を行う。

イ 幼稚魚収容尾数（推測値）の場合

現地調査において幼稚魚の生息の把握は行えたが、尾数の推定が困難であった場合は、幼稚魚収容尾数を選好性餌料生物（多毛類・軟甲類）の現存量から推定する。

この場合、木材付着餌料現存量から幼稚魚収容尾数を換算するために用いる選好性餌料生物量を抽出することとなる。

ここで、「イ 幼稚魚収容尾数（推測値）の場合」を採用した場合に、「① 木材付着餌料生物による魚体重の増加」を算出するにあたっては、便益の二重計上の回避を行うため、木材に付着する餌料生物現存量から幼稚魚収容尾数を換算するために用いた選好性餌料現存量を差し引いて算出する必要がある。

本算定例の「幼稚魚の育成効果」は「ア 幼稚魚生息尾数（現地調査）の場合」を採用している。

以下が、「ア 幼稚魚生息尾数（現地調査）の場合」の算定例である。

評価対象魚種	メバル	
期待漁獲量	587kg	（参表-12 を参照）
平均魚価	1,100 円/kg	（各都道府県等の資料）
漁業所得率	0.45	（漁業経営調査報告（海区別）等）

$$\begin{aligned} \text{年間便益額} &= \text{期待漁獲量} \times \text{平均魚価} \times \text{漁業所得率} \\ &= 587 \times 1.1 \times 0.45 \\ &= 291 \text{ 千円/年} \end{aligned}$$

参表-12 幼稚魚育成効果の生残解析（メバル）

単位あたりの幼稚魚蛸集尾数 (A)	8.437 尾/空m ³	幼稚魚蛸集量の現地調査結果より算定	
事業規模 (B)	1,200 空m ³	事業規模	
総幼稚魚尾数	10,124 尾	(A) × (B)	
自然死亡率	0-2歳	0.100	既往知見等
	2歳以上	0.100	※左記の資源特性値は例であり、実際には、各海域や周辺海域における資源特性値を引用するのが、望ましい。
漁獲率	2歳以上	0.400	

年 (年齢)	自然死亡率	漁獲率	資源尾数	自然死亡尾数	漁獲尾数	平均体重	漁獲量 (kg)
0-1			10,124				
1-2	0.10		9,112	1,012			
2-3	0.10	0.4	4,556	911	3,645	0.064	232
3-4	0.10	0.4	2,278	456	1,822	0.097	177
4-5	0.10	0.4	1,139	228	911	0.124	113
5-6	0.10	0.4	569	114	456	0.144	66
期待漁獲量 (kg)							587

※1 月別の平均体重は、既往知見等を活用する。

⑤ 木材活用礁（構造部材）への蛸集効果

木材活用礁（魚礁型）の場合は、構造部材への蛸集効果を得ることができる。ここでは、既存の魚礁事業等で得られた県の増産期待量を用いて便益を算定する。ただし、前述の産卵場効果や幼稚魚育成効果で対象とした魚類については、便益の二重計上となることから、これら魚類の増産期待量を除くことにする。また、平均魚価についても、同様とする。

評価対象魚種	マダイ、アジ、イサキ、ハタ類
漁獲原単位①	3.08 kg/空 m ³ （各都道府県の実績例）
評価対象魚種組成率②	0.95
増産期待量（①×②）	2.93 kg/空 m ³ ※1
平均魚価	560 円/kg （各都道府県等の資料）
事業量	1,200 空 m ³ （8 空 m ³ × 150 基）
漁業所得率	0.45 （漁業経営調査報告（海区别）等）

$$\begin{aligned}
 \text{年間便益額} &= \text{増産期待量} \times \text{平均魚価} \times \text{事業量} \times \text{漁業所得率} \\
 &= 2.93 \times 0.56 \times 1,200 \times 0.45 \\
 &= 886 \text{ 千円/年}
 \end{aligned}$$

※1 増産期待量は、産卵場効果及び幼稚魚育成効果で対象としたカサゴ、アオリイカ、メバルの本便益での二重計上を回避するため、各県で設定されている漁獲原単位から、評価対象となる魚種の組成率を乗じた値である（カサゴ、アオリイカ、メバルの組成を差し引いた）。

(4) 事業費

木材活用礁において、木材を補給する場合は、その費用も含めて事業費を算定する。

木材活用礁製作・沈設費 (150 基)	20,850 千円
木材補給費 (150 基×5 回交換)	18,750 千円
	(25 千円/基×150 基×5 回)

(5) 費用対効果の算定

木材活用礁（魚礁型）の構造部材における蝟集効果の便益発現期間は、構造部材の耐用年数である 30 年とする。また、木材付加による増殖効果の便益は、木材の耐用年数を考慮して算定する。ここでは、木材の耐用年数を考慮して 5 年毎に交換すると仮定し、費用を算定した。

参表-14 費用対効果の計算例

費用	費用項目		整備規模	事業費
		間伐材活用礁製作・沈設費		150 基
	木材交換費		150 基×5 回	18,750 千円
便益	評価項目			標準年間便益
	増殖効果	付着餌料生物による魚体重増加		121 千円/年
		穿孔餌料生物による魚体重増加		36 千円/年
		産卵効果	カサゴの産卵	199 千円/年
			アオリイカの産卵	169 千円/年
		幼稚魚育成効果		291 千円/年
	蝟集効果(増産期待量)			886 千円/年
	漁労コスト削減効果			200 千円/年
漁業外産業への効果	イカ産卵効果発生年		180 千円/年	
	上記以外		160 千円/年	
総費用額(C)	31,666 千円		割引率を4.0%として現在価値化したもの	
総便益額(B)	35,932 千円		割引率を4.0%として現在価値化したもの	
費用対効果	B/C = 35,932 / 31,666 = 1.13			

参表-15 費用対効果算定表

単位:千円

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
便 益 額	増殖効果	付着餌料生物による魚体重増加	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
		穿孔餌料生物による魚体重増加	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
		小計	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157
	カサゴ産卵効果	カサゴ産卵効果	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199
		アオリイカ産卵効果	169					169				
		小計	368	199	199	199	199	368	199	199	199	199
	メバル幼稚魚育成効果	メバル幼稚魚育成効果	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291
		小計	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291
	増集効果	礁本体による増産期待量	886	886	886	886	886	886	886	886	886	886
		小計	886	886	886	886	886	886	886	886	886	886
		漁労コスト削減効果	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
		漁業外産業への効果	180	160	160	160	160	180	160	160	160	160
		年度合計 Bn	2,082	1,893	1,893	1,893	1,893	2,082	1,893	1,893	1,893	1,893
		割引率(4.0%) Rn=1/1.04 ⁿ	1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703
	現在価値金額 TBn=Bn×Rn	2,082	1,820	1,750	1,683	1,618	1,711	1,496	1,439	1,383	1,330	
	合計 B=Σ(TBn)	2,082	3,902	5,652	7,335	8,953	10,665	12,161	13,599	14,982	16,312	
年度		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
便 益 額	増殖効果	付着餌料生物による魚体重増加	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
		穿孔餌料生物による魚体重増加	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
		小計	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157
	カサゴ産卵効果	カサゴ産卵効果	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199
		アオリイカ産卵効果	169					169				
		小計	368	199	199	199	199	368	199	199	199	199
	メバル幼稚魚育成効果	メバル幼稚魚育成効果	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291
		小計	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291
	増集効果	礁本体による増産期待量	886	886	886	886	886	886	886	886	886	886
		小計	886	886	886	886	886	886	886	886	886	886
		漁労コスト削減効果	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
		漁業外産業への効果	180	160	160	160	160	180	160	160	160	160
		年度合計 Bn	2,082	1,893	1,893	1,893	1,893	2,082	1,893	1,893	1,893	1,893
		割引率(4.0%) Rn=1/1.04 ⁿ	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577	0.555	0.534	0.513	0.494	0.475
	現在価値金額 TBn=Bn×Rn	1,407	1,230	1,182	1,137	1,093	1,156	1,011	972	934	898	
	合計 B=Σ(TBn)	17,719	18,949	20,131	21,268	22,361	23,517	24,528	25,500	26,434	27,333	
年度		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
便 益 額	増殖効果	付着餌料生物による魚体重増加	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
		穿孔餌料生物による魚体重増加	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
		小計	157	157	157	157	157	157	157	157	157	157
	カサゴ産卵効果	カサゴ産卵効果	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199
		アオリイカ産卵効果	169					169				
		小計	368	199	199	199	199	368	199	199	199	199
	メバル幼稚魚育成効果	メバル幼稚魚育成効果	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291
		小計	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291
	増集効果	礁本体による増産期待量	886	886	886	886	886	886	886	886	886	886
		小計	886	886	886	886	886	886	886	886	886	886
		漁労コスト削減効果	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
		漁業外産業への効果	180	160	160	160	160	180	160	160	160	160
		年度合計 Bn	2,082	1,893	1,893	1,893	1,893	2,082	1,893	1,893	1,893	1,893
		割引率(4.0%) Rn=1/1.04 ⁿ	0.456	0.439	0.422	0.406	0.390	0.375	0.361	0.347	0.333	0.321
	現在価値金額 TBn=Bn×Rn	950	831	799	768	1,893	781	683	657	631	607	
	合計 B=Σ(TBn)	28,283	29,113	29,912	30,680	32,573	33,354	34,037	34,694	35,325	35,932	
総 便 益 額 (B)		35,932		千円								

単位:千円

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
費 用	間伐材活用礁製作・設置費	20,850									
	木材交換費用						3,750				
	年度合計 Bn	20,850	0	0	0	0	3,750	0	0	0	0
	割引率(4.0%) Rn=1/1.04 ⁿ	1.000	0.962	0.925	0.889	0.855	0.822	0.790	0.760	0.731	0.703
	現在価値金額 TBn=Bn×Rn	20,850	0	0	0	0	3,082	0	0	0	0
	合計 B=Σ(TBn)	20,850	20,850	20,850	20,850	20,850	23,932	23,932	23,932	23,932	23,932
年度		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
費 用	間伐材活用礁製作・設置費										
	木材交換費用	3,750					3,750				
	年度合計 Bn	3,750	0	0	0	0	3,750	0	0	0	0
	割引率(4.0%) Rn=1/1.04 ⁿ	0.676	0.650	0.625	0.601	0.577	0.555	0.534	0.513	0.494	0.475
	現在価値金額 TBn=Bn×Rn	2,533	0	0	0	0	2,082	0	0	0	0
	合計 B=Σ(TBn)	26,466	26,466	26,466	26,466	26,466	28,548	28,548	28,548	28,548	28,548
年度		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
費 用	間伐材活用礁製作・設置費										
	木材交換費用	3,750					3,750				
	年度合計 Bn	3,750	0	0	0	0	3,750	0	0	0	0
	割引率(4.0%) Rn=1/1.04 ⁿ	0.456	0.439	0.422	0.406	0.390	0.375	0.361	0.347	0.333	0.321
	現在価値金額 TBn=Bn×Rn	1,711	0	0	0	0	1,407	0	0	0	0
	合計 B=Σ(TBn)	30,259	30,259	30,259	30,259	30,259	31,666	31,666	31,666	31,666	31,666
総 費 用 (C)		31,666		千円							

費用対効果 (B/C)	1.13
-------------	------

注)アオリイカ産卵は、枝葉付き立木が1年で効果がなくなるため、初年度と交換年のみ便益を算定

参考文献

- 1) 林野庁編：平成 25 年度森林・林業白書，1-38，2013.
- 2) 馬渡静夫：海中木材食害動物とその防除の研究，水産動物の研究(1)，1-93，1950.
- 3) 井上嘉幸：実用木材加工全書 10 木材の劣化と防止法，森北出版，200-207，1972.
- 4) 岡田 要：新日本動物図鑑（中），北隆館，pp301，1988.
- 5) 角田邦夫・西本孝一：海面貯木場におけるフナクイムシの食害と防除(1) フナクイムシの種類と分布，木材工業 34-7，14-16，1979.
- 6) 角田邦夫・西本孝一：海面貯木場におけるフナクイムシの食害と防除(3) フナクイムシの定着期，木材工業 35-4，24-26，1980.
- 7) 角田邦夫・西本孝一：海面貯木場におけるフナクイムシの食害と防除(4) フナクイムシの成長速度と木材への食害度，木材工業 35-7，25-27，1980.
- 8) 日本木材保存協会：木材保存学，文京出版，92-99，1982.
- 9) D. B. Quayle：Marine wood borers in British Columbia，Department of Fisheries and Oceans.，1992.
- 10) John B. Waterbury and C. Bradford Calloway and Ruth D. Turner：A cellulolytic nitrogen-fixing bacterium cultured from the gland of *Deshayes* in ship-worms，Science, New Series, Vol. 221, No. 4618, 1983.
- 11) Honein, K., Kaneko, G., Katsuyama, I., Matsumoto, M., Kawashima, Y., Yamada, M. and Watabe, S.：Studies on the cellulose-degrading system in a shipworm and its potential applications, Energy Procedia ,18, 1271-1274, 2012.
- 12) 井上徹志・張筱墀：フナクイムシ由来のセルロース分解菌の探索，木材保存 40-6, 261-268, 2014.
- 13) 日本木材加工技術協会木材保存部会：木材保存ハンドブック，昭晃堂，388-392，1961.
- 14) 屋我嗣良・河内進策・今村祐嗣：木材科学講座 12 保存・耐久性，海青社，104-107，1997.
- 15) 山口県間伐材魚礁利用促進協議会：山口県間伐材魚礁調査報告書，pp6，2006.
- 16) 菊地伸一・森満範：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 53-5, 218-222, 1998.
- 17) 共英製鋼株式会社：鋼製魚礁への間伐材取り付け効果について（内部資料），1-6，2002.
- 18) 山田昌朗：海虫による木材の食害速度と樹種の関係について，土木学会第 65 回年次学術講演会，29-30，2010.
- 19) 水産庁監修：漁港漁場の施設の設計の手引き，全国漁港漁場協会，2003.
- 20) 林業試験場監修：改訂 3 版木材工業ハンドブック，丸善株式会社，1982.
- 21) 島根県：平成 17 年度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」，第 2 回検討委員会資料 3，2005.

－ 本手引きに関する問合せ先 －

水産庁 漁港漁場整備部 整備課 設計班

〒100-8907 東京都千代田区霞が関 1-2-1

TEL 03-6744-2390 FAX 03-3502-2668