

シェルタに蝸集するアワビに与える各種の因子

VARIOUS FACTORS INFLUENCING ABALONES GATHERING TO THE SHELTERS

間山正一*

By Masakazu MAYAMA

This paper describes various factors influencing abalones gathering to the shelters. The experiments were carried out in the laboratory by using abalones and shelters which were produced through mixing fillers with many kinds of binders respectively. Following conclusions were obtained. 1) Abalone preferred the shelter with abalone mucus to the cleaned shelter. 2) Gathering rate of abalone to the shelter did not depend on the binder characteristics and particle size of ferrite by-products. 3) The higher content of ferrite by-products and the higher density of shelters, the more abalones were drawn into the shelters. 4) The abalones did not cling to small size of gravels.

Keywords : ferrite by-products, artificial reef, ferrite shelter, collect of abalones

1. 概 説

著者らは種々の機能を複合的に発揮する新しい機能性材料である副産物フェライト¹⁾について多くの用途開発を行ってきた²⁾。海洋や水産土木の分野における魚礁、藻礁、築磯等の人工魚礁や潜堤等の材料としての利用もその重要な研究テーマの1つであり、その研究の一部についてはすでに報告した^{3)~6)}。

これらの開発研究は、従来から重要な役目を担ってきた消波、護岸等の土木構造物としての機能のみならず、これに栽培漁業等の機能をもたせた複合的、機能的な材料開発に重点をおいている。

他方、海洋の環境保全を科学的に評価する動き⁷⁾、あるいは地球規模で海洋を考える組織側⁸⁾からは、海洋支援システムへの土木工学からの参画が求められている。一例を挙げるならば、海洋生物あるいは生物を取り巻く環境にととの土木構造物の最適化等が挙げられよう。

本稿は、これらの動きに呼応した分岐テーマの1つであり、栽培漁業で重要な位置を占めるアワビの育成と構造物(シェルタ)の関係について、主として、材料の特性面から論ずるものである。

具体的には、アワビの蝸集に与える以下の項目について検討した。

- 1) アワビの着礁経験の影響
- 2) 結合材の種類の影響
- 3) 結合材の量の影響
- 4) 骨材配合の影響
- 5) シェルタの密度の影響
- 6) 副産物フェライトの粒径の影響
- 7) 水槽の底面状態の影響

これらの課題は分岐テーマの中でも基礎研究の範疇に入るものであることから、即座に実用面へ応用できないデータもあるが、できるだけ工学的観点から論じ、実用化をめざすものである。

2. 実験材料と方法

(1) 水槽システム^{5),6)}

実験には温度制御装置、エアレーション用コンプレッサ、多段式汙過槽、毎時3ターン以上の循環を確保する循環モータを具備する1700×800×450mmの内寸法の水槽を用いた。水槽(飼育槽)内部は表-1に示す水色の樹脂塗料でコーティングされている。

海水は小樽水族館が立地する北海道小樽市祝津海岸より汲み上げたものを汙過し、かつ、18°Cの一定温度に

* 正会員 工博 北海道工業大学教授 工学部土木工学科
(〒006 札幌市手稲区手稲前田 419-2)

表-1 水槽コーティング樹脂の分析結果*1

試験項目	測定値
KMnO ₄ ^{1,2}	1.8 (ppm)
残留塩素の減量	0.6 (ppm)
濁度	0.5 (度) 以下
色度	1 (度) 以下
臭気味	異常ではない
フェノール類	0.004 (ppm)
アミン	検出されず
シアン	検出されず

*1分析方法はJWWAK115-1974に準拠
*2過マンガン酸カリウム消費量

表-2 使用海水のpH, 塩濃度, 比重の交換基準値

項目	pH	塩濃度	比重
交換基準値	8.2	34.5 ‰	1.025

表-3 アワビの殻長, 体重, 肥満度

アワビの種類	平均殻長 mm	平均体重 g	平均肥満度 ¹⁾ g/cm ³
エゾアワビ	30	3.2	0.119

¹⁾平均肥満度=平均体重/(平均殻長)³

表-4 アスファルトの物理的性状*

アスファルトの種類	略号	比重 25/25℃	針入度 1/100cm	軟化点 ℃	針入度指数 P.I.
ストレート	I	1.020	85	48.0	-0.32
高針入度	B	1.020	215	36.7	-1.33
トリニダッド	TR	1.406	1	96.0	-0.14
プロバン脱離	PD	-	9	66.5	-0.15
低針入度	M	-	15	-	-

*針入度試験は100g・5sec・25℃の条件、軟化点試験はR&B方式で行なった

調整して使用した。その交換基準値を表-2に示す。

(2) アワビ

飼育槽1槽当たり約120個のエゾアワビを飼育した。

その殻長, 体重, 肥満度の平均値を表-3に示す。

(3) シェルタの材料について

a) 結合材料

本研究の目的の1つは、シェルタへのアワビの着礁率に与える結合材(バインダー)の種類, 量等の影響を検討することである。そこで、数種類のアスファルト, エポキシ樹脂系結合材(エポキシ樹脂およびエポキシアスファルトの総称), セメントを選択した。

なお, セメント以外の瀝青材料は市販品として一般に入手できるものを選択したものであり, 人工魚礁や海洋構造物用として特別に開発されたものではない。

表-4は本研究で用いたアスファルトの物理的性状を示す。

このうち, 低針入度アスファルト(略号M)はエポキシアスファルト(EA)にブレンドされているもので

表-5 エポキシ樹脂系結合材の成分と配合

配合名	エポキシ樹脂の成分	主剤(%)	硬化剤(%)
EP	ビスフェノールA型	80	-
	ベンジルアルコール	20	-
	ポリアミド樹脂	-	45
	フェノール	-	5
ER	ビスフェノールA型	100	-
	脂肪族アミン	-	50
EM	ビスフェノールA型	100	-
	変性脂肪族ポリアミン	-	40
EA	ビスフェノールA型	15.6	-
	有機カルボン酸	-	25
	石油アスファルト	(59.4) ¹⁾	-

¹⁾あらかじめ硬化剤とブレンドされている

表-6 骨材の粒度分布(通過重量百分率)

フルイの 開き目	セメント 混合物用 骨材	アスファ ルト混合 物用骨材	着色用 石粉 FI	副産物フ ェライト FLL	副産物フ ェライト FL
mm	%	%	%	%	%
15	100	-	-	-	-
13	-	100	-	-	-
10	74.5	94.6	-	-	-
5	57.0	80.0	-	100	-
2.5	44.0	56.9	-	99.7	100
1.2	35.0	-	-	95.6	99.8
0.6	21.5	37.9	-	83.6	99.5
0.3	10.0	26.7	100	65.4	97.5
0.15	1.5	17.6	93	38.0	82.0
0.074	0	15.0	82	8.5	53.0

あるのに対し, 他の4種類のアスファルトが単体でフィルターと混合されてそれぞれのシェルタを構成する。

表-5はエポキシ樹脂系結合材の成分と配合をまとめたものである。

b) 骨材と配合

表-6は本研究で用いた骨材の粒度分布を示す。

副産物フェライトは化学的安定性がきわめて高い, 比重が約5の黒色の磁性酸化物である¹⁾。アワビの着礁率に与える粒径の影響を検討するため, 粒径の大きなFLLフェライトと中粒径のFLフェライトの2種類を使用した。

表-7は本研究で使用したシェルタとその配合を示す。

ここで, FLL1-7+FIシェルタは, FLL1-7シェルタの副産物フェライト量(93%)のうち13%を着色用石粉(FI)と置き換えて, 結局, 水を除いた硬化物中に占めるフェライト量が80%であるFLL-20シェルタと同一フェライト量, 同色を狙ったものである。

M5C0F5シェルタ, M0C5F5シェルタおよびM1C1F1シェルタの骨材は細骨材, 粗骨材および副産物フェライトの混合体であるが, その詳細は後述する

表一 実験に供したシェルタおよびその配合

シェルタ 名 称	アスファルト		ポリスチレン		モルト		フェライト		骨材		水	
	種類	wt. %	種類	wt. %	種類	wt. %	種類	wt. %	種類	wt. %	種類	wt. %
FLL1-5	I	5	-	-	-	-	FLL:95	-	-	-	-	-
FLL1-5L	I	5	-	-	-	-	FLL:95	-	-	-	-	-
FLL1-5M	I	5	-	-	-	-	FLL:95	-	-	-	-	-
FLL1-6	I	6	-	-	-	-	FLL:94	-	-	-	-	-
FLL1-7	I	7	-	-	-	-	FLL:93	-	-	-	-	-
FLLB-7	B	7	-	-	-	-	FLL:93	-	-	-	-	-
FLLTL-7	TL	7	-	-	-	-	FLL:93	-	-	-	-	-
FLLPD-7	PD	7	-	-	-	-	FLL:93	-	-	-	-	-
FL1-7	I	7	-	-	-	-	FL:93	-	-	-	-	-
FLL1-7+F1	I	7	-	-	-	-	FLL:80	-	13	-	-	-
G1-7	I	7	-	-	-	-	-	-	93	-	-	-
FLLBP-7	-	-	P	7	-	-	FLL:93	-	-	-	-	-
FLLBR-7	-	-	R	7	-	-	FLL:93	-	-	-	-	-
FLLBM-7	-	-	M	7	-	-	FLL:93	-	-	-	-	-
FLLBA-7	M	4.2	A	2.8	-	-	FLL:93	-	-	-	-	-
FLL-10	-	-	-	-	9.5	FLL:85.7	-	-	4.8	-	-	-
FLL-15	-	-	-	-	14.0	FLL:79.1	-	-	7.0	-	-	-
FLL-20	-	-	-	-	18.2	FLL:72.7	-	-	9.1	-	-	-
FL-20	-	-	-	-	18.2	FL:72.7	-	-	9.1	-	-	-
M5COF5	-	-	-	-	9.2	FLL:41.3	41.3	-	8.2	-	-	-
MOC5F5	-	-	-	-	9.2	FLL:41.3	41.3	-	8.2	-	-	-
MIC1F1	-	-	-	-	9.2	FLL:27.5	55.0	-	8.3	-	-	-
HC-15	-	-	-	-	12.9	-	-	-	80.6	-	-	-

図一に併記した。

また、FLL-5L シェルタおよび FLL-5M シェルタは密度を小さくしたもので、後述する表一16に密度を掲げた。

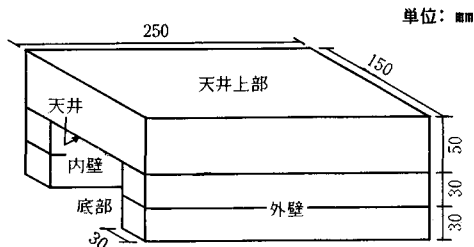
なお、これらのシェルタはアク抜きをして使用した。

(4) シェルタの形状と設置

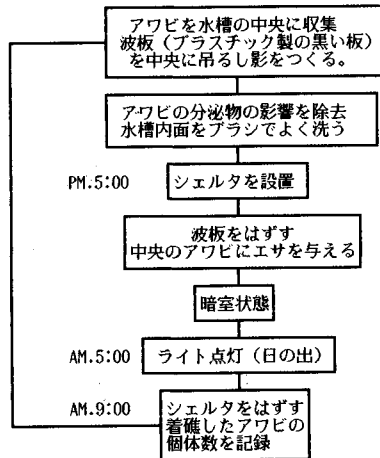
シェルタの形状は図一に示す逆U字型断面の単純な形状である。また、シェルタは混合物からダイヤモンドカッターで切り出されたものを組み合わせることによって得られ、その表面は比較的滑らかである。シェルタの部位(場所)によるアワビの着礁率を検討するため、底部、天井部、内壁部、天井上部、外壁部に分けてアワビの着礁数を調べた。シェルタの素材に注目した研究であることからシェルタ以外の場所にいたアワビは計算に含まないものとした。

2種類のシェルタを2個ずつ合計4個を対角線上に設置し、ローテーション方式で位置を変えて、その6回の測定値の単純平均値を表にまとめる方法とした。

実験手順は図一2^{5),6)}にフローチャートで示したように、夕方5時に水槽にシェルタのセットと給餌を行い、



図一 シェルタの形状



図二 観察方法のフローチャート

翌朝5時に水面から70cmの位置に設置した100Wの電球2個を点灯させ、同9時にアワビの着礁数を数える1日1サイクルの実験方法をとった。なお、図一2はすでに当誌に発表したものであるが⁶⁾、理解を容易にするため再度、掲載したものであることをあらかじめおことわりしたい。

3. 実験結果

(1) アワビの着礁経験がアワビの着礁率に与える影響

アワビは着礁時に粘液状物質を分泌することが報告されているが^{9),10)}、ここではこの分泌物がアワビの着礁に与える影響を検討する。

シェルタに付着した分泌物を機械的に洗い落としたものを着礁経験のないシェルタ、分泌物を洗い落とさないものを着礁経験のあるシェルタと定義し、両者をそれぞれ2組ずつ計4組のシェルタを水槽にセットして実験を行った。

用いたシェルタは、結合材や骨材(フィラー)の影響も検討するため、副産物フェライトを骨材とし、アスファルトおよびセメントをそれぞれ結合材とするフェライトアスファルトシェルタ(FLL1-7)およびフェライトコンクリートシェルタ(FLL-20)、副産物フェライトの代わりに細骨材および粗骨材を使用し、アスファルトおよびセメントとそれぞれ混合して得られる普通アスファルトコンクリートシェルタ(G1-7)および普通セメントコンクリートシェルタ(HC-15)の4種類とした。

表一8は着礁経験のあるシェルタと着礁経験のないシェルタのアワビの着礁数(率)を4種類のシェルタについてそれぞれまとめた表である。

FLL1-7シェルタをみた場合、同一配合、同一結合

表—8 アワビの着礁経験があるシェルタとないシェルタがその後の着礁率に与える影響

シェルタ名		FLL1-7		FLL-20		G1-7		HC-15	
着礁経験		無	有	無	有	無	有	無	有
着礁位置	天上(個)	0	0	0	0	0	0	0	0
	天井(個)	7	19	2	10	7	11	3	5
	内壁(個)	14	41	23	20	16	27	17	29
	底部(個)	15	18	18	52	17	40	24	44
	外壁(個)	2	4	0	0	0	0	0	0
小計(個)		38	82	43	82	40	78	44	78
合計(個)		120		125		118		122	
着礁位置	天上(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	天井(%)	5.8	15.8	1.6	8.0	5.9	9.3	2.5	4.1
	内壁(%)	11.7	34.2	18.4	16.0	13.6	22.9	13.9	23.8
	底部(%)	12.5	15.0	14.4	41.6	14.4	33.9	19.7	36.0
	外壁(%)	1.7	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小計(%)		31.7	68.3	34.4	65.6	33.9	66.1	36.1	63.9
合計(%)		100		100		100		100	

表—9 アワビの着礁率に与えるアスファルトの種類の影響

シェルタ名		副産物フェライト, FLL					
		1-7	B2-7	1-7	TL-7	1-7	PD-7
着礁位置	天上(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	天井(%)	6.0	0.0	5.3	0.0	4.7	1.3
	内壁(%)	12.1	19.4	23.7	17.6	19.0	24.7
	底部(%)	30.4	28.1	23.7	28.9	21.1	21.1
	外壁(%)	4.0	0.0	0.0	0.8	3.6	4.5
小計(%)		52.5	47.5	52.7	47.3	48.4	51.6
合計(%)		100		100		100	

材のシェルタであるにもかかわらず、着礁経験のないシェルタには全体のアワビの数のうち 31.7% に相当するアワビが着礁し、着礁経験のあるシェルタには全体の 68.3% のアワビが着礁している。アワビの分泌物の存在によって約 2.1 倍の着礁率になり、大きな変化を示している。この粘液状物質の成分についての研究成果は一部報告されているが^{9),10)}、人工的に合成される段階まで達しておらず、きわめて重要な問題となろう。

さらに興味をひくことはこの着礁率の増加が結合材、骨材、配合等が異なる他の FLL-20 シェルタ、G1-7 シェルタ、HC-15 シェルタについてもみられる点であり、しかも着礁率の増加がほぼ、1.8~1.9 倍と類似している点である。つまり、シェルタを構成する素材に無関係に、着礁経験の有無によって類似した着礁率の変化を示していると結論づけられる。

(2) 結合材の種類がアワビの着礁率に与える影響

表—9 は物理的性状の異なる各種の市販アスファルトがシェルタのアワビの着礁率に与える影響を比較した表である。

使用アスファルトは、標準アスファルトであり使用量が多いストレートアスファルト、植物系油類を添加した高針入度アスファルト、トリニダッド島に天然に産出さ

表—10 アワビの着礁率に与えるエポキシ樹脂の種類の影響

シェルタ名		副産物フェライト, FLL					
		EP-7	ER-7	EP-7	EM-7	ER-7	EM-7
着礁位置	天上(%)	0.3	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0
	天井(%)	5.4	4.4	6.9	1.2	5.2	7.3
	内壁(%)	15.3	14.5	14.7	17.6	13.6	11.5
	底部(%)	26.3	27.5	24.7	30.5	28.5	31.7
	外壁(%)	1.2	4.6	1.6	2.0	1.0	1.2
小計(%)		48.5	51.5	47.9	52.1	48.3	51.7
合計(%)		100		100		100	

表—11 アワビの着礁率に与えるアスファルトと各種のエポキシ樹脂系結合材の影響の比較

シェルタ名		副産物フェライト, FLL							
		1-7	EP-7	1-7	ER-7	1-7	EM-7	1-7	EA-7
着礁位置	天上(%)	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
	天井(%)	6.8	1.2	15.1	2.1	2.7	8.2	1.4	0.0
	内壁(%)	17.3	19.6	9.1	18.1	13.7	17.6	2.2	1.4
	底部(%)	23.9	23.8	21.6	27.8	27.1	19.3	40.4	54.6
	外壁(%)	2.6	3.6	3.6	2.6	2.6	3.0	0.0	0.0
小計(%)		51.8	48.2	49.4	50.6	46.1	53.9	44.0	56.0
合計(%)		100		100		100		100	

れるトリニダッド(レイク)アスファルト、プロパン脱離法により副産物として産出されるプロパン脱離アスファルトの 4 種類であり、副産物フェライトと混合されてそれぞれ、FLL1-7 シェルタ、FLLB2-7 シェルタ、FLLTL-7 シェルタ、FLLPD-7 シェルタを構成する。

FLL1-7 シェルタに対して後三者のシェルタでそれぞれ網集実験をした結果、着礁率は 52.5% (47.5%)、52.7% (47.3%)、48.4% (51.6%) を示してきわめて類似しており、さらに、アワビが着礁するシェルタの部位も類似している。すなわち、本研究で使用した範囲のアスファルトの種類では、アワビの着礁率に与える影響はほとんどないものと結論づけられる。

この傾向は表—10 に示したエポキシ樹脂系結合材を用いたフェライトシェルタでも同様である。

表—11 は、表—9 に示した FLL1-7 シェルタに対する表—10 に示したエポキシ樹脂系フェライトシェルタのアワビの着礁率を比較した表である。

FLLEP-7、FLLER-7 および FLLEM-7 の 3 種類のフェライトエポキシ樹脂シェルタに対する FLL1-7 シェルタの着礁率は 46.1~51.8% (53.9~48.2%) に分布しており、その差はきわめて小さい。アスファルトとエポキシ樹脂の補完材料であるエポキシアスファルトを結合材としたシェルタ、すなわち、FLLEA-7 シェルタに対しては 44.0% と若干、FLL1-7 シェルタの着礁率が少ないが、全体としてみた場合には、アスファルトとエポキシ樹脂のような異なる結合材からなるシェルタであっても、同一配合であるならばアワビの着礁率に

差がないことが理解できる。

表—9～表—11は瀝青系結合材を使用したフェライトシェルタについての検討であるが、表—12はアスファルトあるいはセメントを用いたシェルタを相対させたときのアワビの着確率を比較した表である。

FLL-20シェルタの41.9%の着確率に対してFLL1-7シェルタは58.1%の高い着確率を示している。この着確率の差は、前者の硬化物の副産物フェライト量が80%、結合材がセメントであるのに対して、後者は93%の副産物フェライト量を含むと同時に結合材がより黒色に近いアスファルトであるため、それが生じたものと考察される。

そこで、FLL-20シェルタに含まれる副産物フェライト量(80%)と同量にするため、FLL1-7シェルタの副産物フェライト量(93%)の13%に相当する分を白色の石粉(炭酸カルシウム)と置き換え、色もほぼ同じ色調にしたのがFLL1-7+FIシェルタである。表—12の中央の欄に示すように、FLL1-7+FIシェルタへのアワビの着確率とFLL-20シェルタへのそれはほぼ同率であり、フェライト量、色調が類似であるならば、結合材が異質であってもそのアワビの着確率は近似することがわかる。

なお、石質骨材(砕石、砂利、砂)のみを用いたアスファルト混合物シェルタ(G1-7)の着確率と普通セメントコンクリートシェルタ(HC-15)の着確率の関係についても、アスファルトの色の分だけ黒色に近いG1-7シェルタの着確率が約10%程度多い。

表—12 アワビの着確率に与えるアスファルトとセメントの影響の比較

フィラー	副産物フェライト, FLL				石質骨材	
	FLL1-7	FLL-20	1-7+FI	FLL-20	G1-7	HC-15
シェルタ名						
着確位置	天上(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	天井(%)	16.2	5.3	2.4	4.5	1.8
	内壁(%)	23.9	20.6	9.0	23.5	11.3
	底部(%)	11.6	14.6	34.9	19.8	41.1
	外壁(%)	6.4	1.4	3.5	2.4	0.3
小計(%)	58.1	41.9	49.8	50.2	54.5	45.5
合計(%)	100		100		100	

表—13 アワビの着確率に与えるアスファルト量の影響

フィラー	副産物フェライト, FLL					
	FLL1-5	FLL1-6	FLL1-5	FLL1-7	FLL1-6	FLL1-7
シェルタ名						
着確位置	天上(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	天井(%)	5.8	4.2	7.1	4.9	5.6
	内壁(%)	7.9	9.3	13.1	7.7	6.7
	底部(%)	38.0	34.8	31.8	35.4	38.4
	外壁(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小計(%)	51.7	48.3	52.0	48.0	50.7	49.3
合計(%)	100		100		100	

(3) 結合材の量がアワビの着確率に与える影響

表—13はアスファルト量を5～7%に変化させたフェライトシェルタのアワビの着確率を比較した表である。

5～7%のアスファルト量は力学的物性面を考慮したもので、シェルタの材料という観点からはきわめて小さい変化量であるため、どのアスファルト量(副産物フェライト量)のシェルタの組合せにおいても着確率の差は小さい。

表—14はセメント量を10～20%に変化させたフェライトコンクリートシェルタ、すなわち、FLL-10シェルタ、FLL-15シェルタおよびFLL-20シェルタのアワビの着確率を比較した表である。

この種の実験手法はデータのばらつきを伴うが、セメント量が少なくなると(副産物フェライト量が多くなると)、若干ではあるが、着確率が多くなると読み取れる。表—13に示したフェライトアスファルトシェルタの場合と異なり、副産物フェライト量の変化が大きいためであろう。

(4) 骨材配合がアワビの着確率に与える影響

表—15は骨材として副産物フェライト全量(100%)を用いたFLL-10シェルタに対して、全骨材量に占める副産物フェライト量の割合を重量比で50%にしたM5C0F5シェルタおよびM0C5F5シェルタ、33.3%にしたM1C1F1シェルタ、0%のHC-15シェルタをそれぞれ対比させ、その着確率を比較した表である。ここで、全骨材量とはフェライト、細骨材、粗骨材のトータルのことで、混合物中のセメント量が10%に対して90%を占める。

表—14 アワビの着確率に与えるセメント量の影響

フィラー	副産物フェライト, FLL					
	FLL-10	FLL-15	FLL-10	FLL-20	FLL-15	FLL-20
シェルタ名						
着確位置	天上(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	天井(%)	11.5	13.0	16.7	15.5	10.7
	内壁(%)	11.3	13.1	15.3	12.0	12.7
	底部(%)	30.1	19.9	21.7	17.6	26.8
	外壁(%)	0.5	0.6	0.5	0.5	1.3
小計(%)	53.4	46.6	54.2	45.8	51.5	48.5
合計(%)	100		100		100	

表—15 アワビの着確率に与える副産物フェライト量の影響

フィラー	副産物フェライト, FLL、細骨材, M、粗骨材, C							
	FLL-10	HC-15	FLL-10	MIC1F1	FLL-10	M5COF5	FLL-10	M0C5F5
シェルタ名								
着確位置	天上(%)	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2
	天井(%)	13.2	8.2	23.2	14.6	25.8	21.4	12.5
	内壁(%)	18.2	12.9	18.2	8.5	16.7	12.4	19.5
	底部(%)	29.1	15.0	18.1	16.6	14.4	8.4	22.4
	外壁(%)	2.2	0.7	0.8	0.0	0.7	0.0	0.6
小計(%)	63.0	37.0	60.3	39.7	57.6	42.4	55.2	44.8
合計(%)	100		100		100		100	

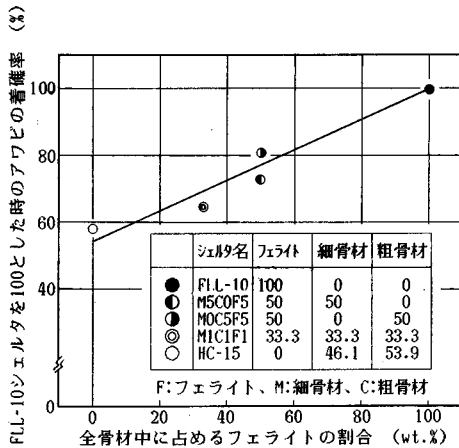


図-3 アワビの着礁率に与える副産物フェライトの影響

表-16 アワビの着礁率に与えるフェライト アスファルト混合物の密度*の影響

シェルタ名	副産物フェライト・FLL					
	1-5L	1-7	1-5L	1-5M	1-7	1-5M
着礁率	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
天井	4.5	18.8	7.3	8.4	21.2	4.5
内壁	7.3	30.3	7.3	9.6	32.1	4.5
底部	20.7	17.7	27.0	39.9	10.3	26.9
外壁	0.0	0.7	0.3	0.2	0.5	0.0
小計	32.5	67.5	41.9	58.1	64.1	35.9
合計	100		100		100	

*密度 1-5L:2.809(g/cm³) 1-5M:3.115(g/cm³)
1-7:3.564(g/cm³)

また、図-3は、表-15のデータの理解を容易にするために、FLL-10シェルタに蝸集するアワビの着礁率を100%としたときの他のシェルタに蝸集する着礁率の換算値を、骨材配合の詳細とともにまとめたものである。

アワビの着礁率と全骨材量に占める副産物フェライト量の割合の関係はほぼ直線で表現でき、明らかに、副産物フェライトの混合割合が多い配合のシェルタほどアワビの着礁率が高い。

これはアワビの着礁に与える副産物フェライトの寄与を如実に示すものである。

(5) シェルタの密度がアワビの着礁率に与える影響

密度を変化させたフェライトアスファルトシェルタを用いて、シェルタの密度とアワビの着礁率の関係を検討した。本来、同一量のアスファルトを用いるべきであるが、広範囲の密度を得るための製作上の理由から、5%および7%のアスファルト量の混合物とした。

なお、先に、(3)で、5~7%のアスファルト量の変化では着礁率への影響がきわめて小さいという知見を得ていることも付記したい。

表-16は、アスファルト量7%、密度3.564 g/cm³の高密度シェルタ (FLL1-7)、アスファルト量5%、密度3.115 g/cm³の中密度シェルタ (FLL1-5M)、同じく密度2.809 g/cm³の低密度シェルタ (FLL1-5L)のアワビの着礁率を比較した表である。

低密度のFLL1-5Lシェルタ：高密度のFLL1-7シェルタでは、32.5%：67.5%、低密度のFLL1-5Lシェルタ：中密度のFLL1-5Mシェルタでは41.9%：58.1%、高密度のFLL1-7シェルタ：中密度のFLL1-5Mシェルタでは64.1%：35.9%の着礁率が得られ、総合的にみた場合、密度の大きいシェルタほどアワビが多く着礁していることがわかる。

その理由として、同一形状(同一体積)のシェルタであることから高密度のものほど材料、特に副産物フェライトを多く含むことになり、その蝸集効果の影響が現われたものと考察される。ちなみに、FLL1-7シェルタは約9.2kg、FLL1-5Lシェルタは約7.4kgの副産物フェライトを含んでいる。

(6) 副産物フェライトの粒径がアワビの着礁率に与える影響

アワビの着礁率に与える副産物フェライトの粒径の影響を検討するため、粒径の大きな副産物フェライト、FLLおよび中粒径の副産物フェライト、FLとアスファルトの混合によって、それぞれFLL1-7シェルタおよびFL1-7シェルタを作製した。

また、セメントを結合材としてFLL-20シェルタおよびFL-20シェルタをそれぞれ作製し、実験に供した。

表-17はFLL1-7シェルタとFL1-7シェルタのアワビの着礁率を比較した表である。

粒径の大きな副産物フェライトを使用したFLL1-7シェルタはシェルタ全体として49.3%、中粒径の副産物フェライトを使用したFL1-7シェルタは50.7%のアワビの着礁率を示し、副産物フェライトの粒径による着礁率の差がほとんどないことがわかる。

フェライトコンクリートシェルタの場合にも、FLL-20シェルタが47.3%、FL-20シェルタが52.7%のアワビの着礁率を示し、似た傾向を示す。

表-17 アワビの着礁率に与える副産物フェライトの粒径の影響

シェルタ名	アスファルト		セメント	
	FLL1-7	FL1-7	FLL-20	FL-20
着礁率	0.0	0.0	0.0	0.0
天井	2.0	12.5	2.4	5.3
内壁	26.1	25.1	19.9	16.7
底部	13.5	8.9	20.1	25.4
外壁	7.7	4.2	4.9	5.3
小計	49.3	50.7	47.3	52.7
合計	100		100	

(7) 水槽の底面状態がアワビの着礁率に与える影響
自然界あるいは養殖場で生息するアワビやウニ等の大型生物にとって、その海底あるいは床面の状況がいかなる影響を与えるかは重要な問題である。

ここでは、水槽底面の状態がアワビの着礁率に与える影響を調べるため、水槽底面に直径 10~25 mm の玉砂利を敷いてアワビの性向を観察した。

表一18 はアスファルト系シェルタを用いて行った実験結果である。

床に玉砂利を敷かない場合、骨材に砕石を用いた G1-7 シェルタには全体の 34.3 % のアワビが着礁したのに対し骨材に副産物フェライトを用いた FLL1-7 シェルタにはその約 1.9 倍に相当する 65.7 % のアワビが着礁した。副産物フェライトの蟻集の優位性はいうまでもないが、同時に注目すべきは G1-7 シェルタ、FLL1-7 シェルタの双方ともにシェルタの底部（水槽底面）に多くのアワビが着礁している点である。

これに対して、床に玉砂利を敷いた場合は G1-7 シェルタには全体の 30.6 %、FLL1-7 シェルタには 69.4 % のアワビが着礁しており、シェルタ全体の着礁率は床に玉砂利を敷いた場合であっても、双方のシェルタへのアワビの着礁割合はあまり変化しないことがわかる。しかし、アワビの着礁位置は床の玉砂利の有無によって大きく異なり、玉砂利を敷いて床条件を変えた場合は G1-7 シェルタの底部（床面）に 22.2 % 着礁したアワビが 5.9 % に、FLL1-7 シェルタの底部に 35.4 % 着礁したアワビが 6.3 % にともに減少している。

表一18 水槽の床に玉砂利を敷いた場合のアワビの動きの特徴（アスファルト系シェルタ）

砂利の有無	床に玉砂利有		床に玉砂利無		
	シェルタ名	G1-7	FLL1-7	G1-7	FLL1-7
着礁位置	天上(%)	0.0	0.0	0.0	0.0
	天井(%)	1.4	16.1	0.4	5.3
	内壁(%)	23.3	47.0	6.8	19.7
	底部(%)	5.9	6.3	22.2	35.4
	外壁(%)	0.0	0.0	4.9	5.3
小計(%)		30.6	69.4	34.3	65.7
合計(%)		100		100	

表一19 水槽の床に玉砂利を敷いた場合のアワビの動きの特徴（セメント系シェルタ）

砂利の有無	床に玉砂利有		床に玉砂利無		
	シェルタ名	HC-15	FLL-20	HC-15	FLL-20
着礁位置	天上(%)	0.0	0.0	0.0	0.0
	天井(%)	7.3	26.4	3.3	2.0
	内壁(%)	28.0	30.2	11.6	11.4
	底部(%)	3.8	3.2	20.8	36.3
	外壁(%)	1.1	0.0	0.5	14.1
小計(%)		40.2	59.8	36.2	63.8
合計(%)		100		100	

これらのアワビはシェルタの内壁へ移動し、それぞれ 6.8 % が 23.3 % に、19.7 % が 47.0 % に増加している。

表一19 に示したセメントを結合材とするシェルタについても同様の傾向がみられる。

すなわち、床の玉砂利の有無によるシェルタ全体の着礁率の変化が小さいが、HC-15 シェルタの底部に 20.8 % 着礁していたアワビが 3.8 % に、FLL20 シェルタの底部に 36.3 % 着礁していたアワビが 3.2 % に大きく減少している。さらに、表一18 に示したアスファルト系シェルタの場合と同様に、これらのアワビは主としてシェルタの内壁に移動している。

以上のデータから、アワビは今回使用した粒径 10~25 mm の玉砂利のように自己より小さい物、自己の移動によって動く物体には着礁しないことがわかる。その理由として被着礁物の不安定さ、動く物への敵視行為等が推察される。

これらの結論は重要であり、海洋や大型水槽でアワビの 2 次育成や養殖をする場合、海底の状態に適応した人工魚礁と玉砂利の組合せ等が提案されるが、実用への橋渡しにはさらに多くのデータの積み重ねが重要であることはいうまでもない。

4. 結 論

本研究で明らかになった事項を列記する。

(1) アワビは着礁時に分泌した粘液状物質に向かう性向をもっており、フェライトアスファルトシェルタ、フェライトコンクリートシェルタ、アスファルトコンクリートシェルタ、普通セメントコンクリートシェルタのいずれについても、それが付着しているシェルタにより多く着礁することを実証した。

(2) アスファルトの種類が異なるシェルタへのアワビの着礁率はほとんど変わらず、この傾向は異なる成分からなるフェライトエポキシ樹脂シェルタどうしても同様である。

(3) さらに、アスファルトやエポキシ樹脂のような異なる結合材からなるシェルタどうしても同一配合であるならばアワビの着礁率に差がないことを明らかにした。

(4) フェライトコンクリートシェルタに比較してフェライトアスファルトシェルタは副産物フェライト量が多く、また、黒色に近いアワビの着礁率が大きい。後者の副産物フェライト量の一部を白色の石粉に置き換えて同一フェライト量にすると、その着礁率は近似することを見出した。

(5) アワビの着礁率に与える結合材あるいは副産物フェライトの量の影響は、副産物フェライト量の割合が大きく変化するとアワビの着礁率に影響を与えることを

明らかにした。

(6) 骨材として副産物フェライト、粗骨材および細骨材を併用したセメントコンクリートシェルタにおいて、全骨材中に占める副産物フェライト量の割合が多くなるに従ってアワビの着礁率が大きくなる。

(7) 密度の大きなフェライトアスファルトシェルタほどそれへのアワビの着礁率が大きくなり、その理由はシェルタ中に占める副産物フェライト量が多くなるためであることを考察した。

(8) 副産物フェライトの粒径がアワビの着礁率に与える影響はフェライトアスファルトシェルタ、フェライトコンクリートシェルタのいずれにおいてもきわめて小さい。

(9) 水槽底面に玉砂利を敷いた場合、各シェルタに着礁するアワビの数は玉砂利を敷かない場合に比べて変化は少ないが、後者の場合はシェルタの底面およびシェルタ以外の水槽の底面にはほとんど着礁しない。

5. 後 記

生物を対象とした研究は種々の科学や技術の総合化が重要で、その前提となる分岐テーマ1つをとっていてもさらにサブ・テーマを構成してしまうほど多岐にわたる。特に、本稿のように工学的応用をはかるために基礎的データを丁寧に追っていくとケース・スタディになるおそれがあり、工夫を強いられる。

アワビについて研究を進めていくと、シェルタの色の問題が別途、大きなテーマを構成するほど重要になり、

現在、大量のデータについてとりまとめている。機会が与えられたならばご批判をいただきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、ご意見、ご助力をいただいた北海道水産部、北海道中央水産試験場、北海道水産会、大成町アワビ種苗センターの皆様深く感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 辻 俊郎：排水処理で得られる副生フェライトの再利用，化学教育，第28巻，第2号，pp.75~77，1980.
- 2) 間山正一・山内文雄：副産物フェライトの土木工学への応用，土木学会誌，Vol.72，No.5，pp.35~40，1987.
- 3) 間山正一・山内文雄：副産物フェライトを利用した藻礁，水産土木，第23巻，第1号，pp.7~12，1986.
- 4) 間山正一ほか：磁性を持つ人工魚礁，第8回海洋工学シンポジウム，日本造船学会，pp.231~237，1988.
- 5) 間山正一ほか：土木学会第44回年次学術講演会講演概要集，VI-76，pp.200~201，1989.
- 6) 間山正一：アワビの蠣集に与える副産物フェライトの影響，土木学会論文集，VI-12，pp.127~133，1990.
- 7) 加納 敬：海洋環境科学，土木学会誌，Vol.73，No.9，pp.41~42，1988.
- 8) JSMB 研究会会報，JSMB，Vol.1，No.1，1988.
- 9) 関 哲夫・菅野 尚：アワビ足蹠粘液状物質によるエゾアワビ被面子幼生の着底誘起，東北水研研究報告，第43号，pp.29~36，1981.
- 10) 赤繁 悟ほか： γ アミノ酪酸および二・三の神経伝達物質のエゾアワビ幼生に及ぼす着底・変態誘起効果の検定，東北水研研究報告，第43号，pp.37~45，1981.

(1990.6.20・受付)