

養魚堆積物捕捉分解装置開発試験 ※

漁場環境科 谷口道子 織田純生
村上幸二 広田仁志

はじめに

給餌養殖における養魚堆積物の約4～7割は養殖小割網生簀の直下に落下することが明らかにされている。この養魚堆積物を海底に落下する途中で捕捉し、分解、浄化することが出来るならば、底泥の汚染、悪化、ひいては赤潮や無酸素層の形成を軽減できるのではないかと考えられる。

陸上では、高性能合併浄化槽が開発され、BOD 20ppmの排出基準にたいし、1～3 ppmまで浄化する実績を示している。この高性能合併浄化槽の考え方と構造の一部を導入し、小割網生簀の直下・中層に設置することを前提とした養魚堆積物捕捉浄化装置を開発することを目的に本事業を実施した。

なお、この技術の基本的な考え方とポイントは以下の点である。

- (1) 養魚堆積物捕捉浄化装置を高床式もしくは垂下式とし、小割網生簀直下2～3 mもしくは海底上

2～3 mの水深にセットする。これは、底泥中の酸素消費の軽減および有機物の分解・酸化反応を有酸素水深にて促進しようとするものである。海底上2～3 m層は貧酸素水塊が生じる夏期においても溶存酸素が1 ppm以下になることが少なく、好氣的分解の持続が期待できる。

- (2) 養魚堆積物の分解にかかわる層の厚さを大幅に拡大する。底質浄化にかかわる底泥層の厚さは、底泥上では1～3 cmと報告されている。一方、本装置上では40～80 cmになることが期待できる。
- (3) 高性能合併浄化槽のろ材に用いられているプラスチック乳酸菌飲料の底を切り落としたもの（以下、K容器と称する）は形状が複雑であり、部分的に多様な環境条件が同時に形成され、これに対応した多様な浄化生物が棲息し、さまざまな過程の浄化作用が行われる。
- (4) K容器は汚染物質に対する捕捉能力が高い。

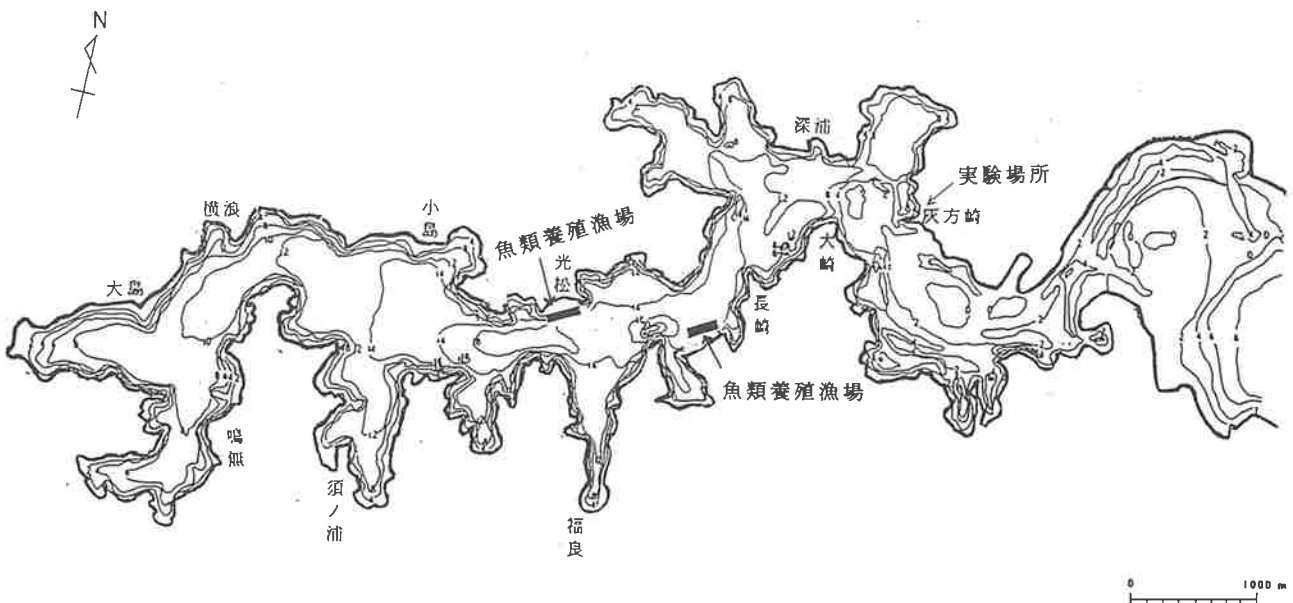


図1 浦ノ内湾の形状と実験場所

※ この事業は平成6年度水産庁委託事業養魚堆積物適正処理技術開発事業によった。

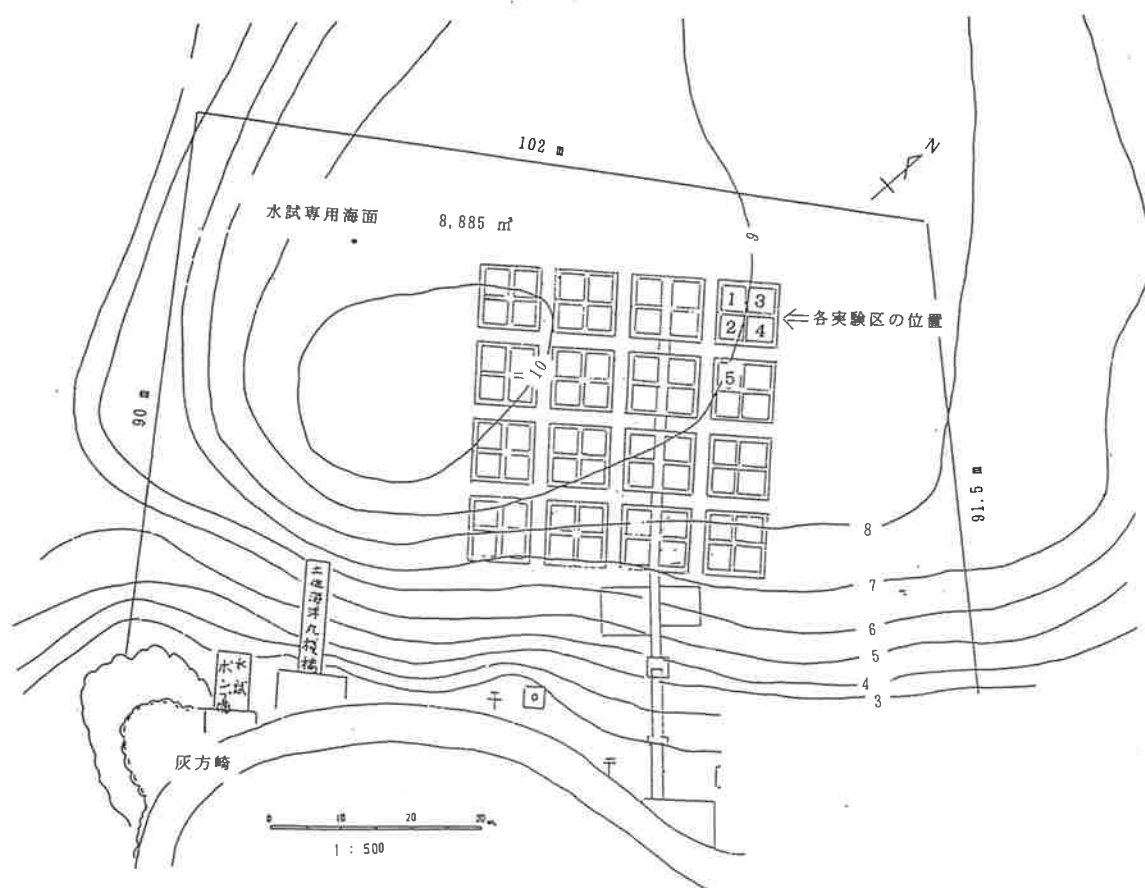


図2 実験場所見取り図

調査方法

実験場所 図1に示す高知県水産試験場専用水面（高知県須崎市浦の内灰方崎）で実施した。

実験施設 図2に示す3.5m四方のハマチ飼育試験用小割網生簀の下に設置した。

なお、この実験施設のハマチ飼育に用いられた餌は特別に断りがある場合を除きピュアーモイストペレットである。

養魚堆積物捕捉浄化装置 K容器を2,500個ずつ小袋に入れ、それを目合い8節のポリエチレン製漁網で仕立てた2.5m角の箱網に並べた。箱網の高さは0.8mと0.4mの2種類とした。底網と蓋網にエスロンパイプ枠付け、水中で方形を形成するようにした。小袋には24mm目のポリエチレン製網袋を用い、

所定の高さを保つようにロープで箱網に固定した。

装置全体は海水に浮く比重であるが、付着物や堆積物捕捉による比重の変化に対応するため、図3に示すように底網にフロートを付けた。

実験区 次の5つの実験区を設定した。

- 1区：装置の高さ0.8m、垂下式
- 2区：装置の高さ0.8m、海底固定式
- 3区：装置の高さ0.4m、海底固定式、イトゴカイ植え付け
- 4区：装置の高さ0.4m、海底固定式、
- 5区：対照区（装置無し）

装置の概要ならびに垂下、海底固定の方法は図 3 に示すとおりである。

装置の設置期間 平成6年6月22, 23日に設置し、平成7年3月22日に回収した。

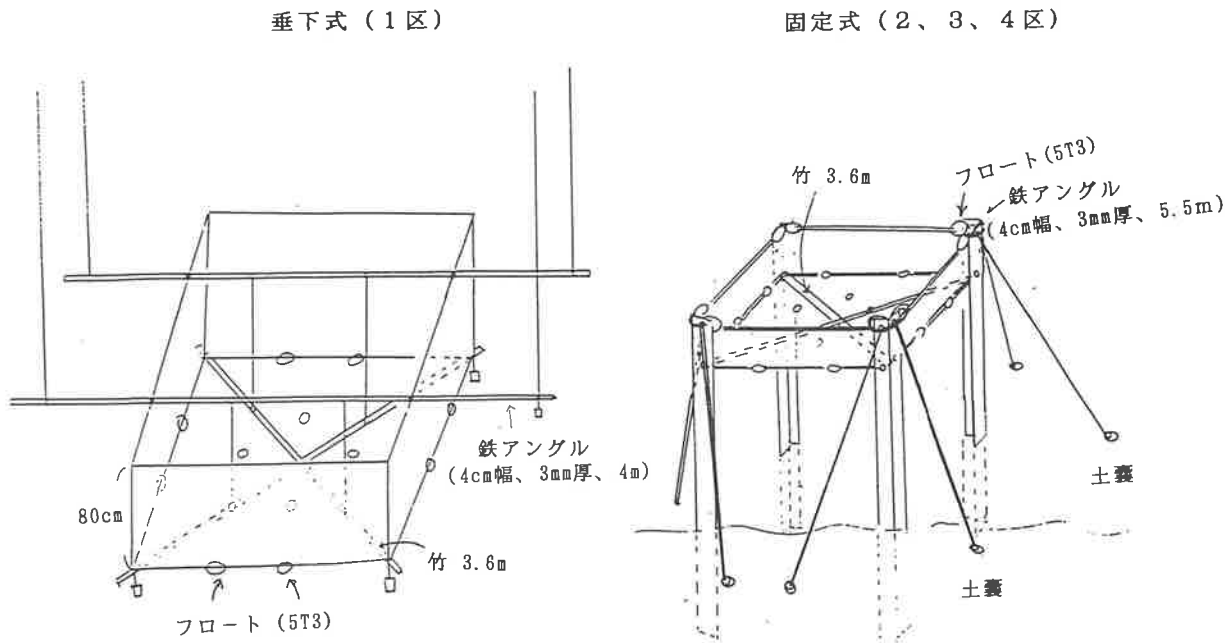


図3 養魚堆積物捕捉浄化装置垂下式と固定式の概要図

測定項目と測定方法

1 流向流速

鶴見精機製MTCM-4-C型自記式流向流速計を用いて連続観測した。大潮時については9月19日から22日にかけて測定した。流速計の投入は正午12時3分であった。小潮時については9月26日から29日にかけて測定した。流速計の投入は16時0分であった。測定水深は表層1mと底層の海底上2m層とし、連続した3日間の内初めの1日は底層、後の2日を表層それぞれの測定にあてた。測定間隔は5分とした。

流速計の設置場所は実験区2区の横の装置設置筏とそれに隣接する筏の間とした。

2 養魚堆積物捕捉効果

(1) セディメントトラップ設置場所の相違による養魚堆積物捕捉量の差

対照区(5区)の小割網生け簀の中央と4辺それぞれ中央の海面下B-2m層にセディメントトラップを24時間設置し、捕捉されたセディメントを実体顕微鏡下で浮泥、付着生物、餌料由来固形物、その

他に分別し、乾燥重量を測定した。測定は大潮、小潮それぞれ1回ずつ行った。小割網生け簀中央直下へのセディメントトラップの設置は図4に示す装置によった。縁辺部への設置は、沈子とフロートを用いて一定の水深に固定できるようにしたセディメントトラップを生け簀枠の外側に沈めた。

セディメントトラップは門谷IV型(内径78mmアクリル管4本組み)を用いた。

(2) 養魚堆積物捕捉浄化装置の有無によるセディメント、残餌着底状況の差

実験1 1区から5区の小割網生け簀中央直下に図4に示す装置を用いてセディメントトラップを設置し、24時間後に回収、捕捉されたセディメントをホルマリンで固定した。後日、0.25mm目の篩で分別し、さらに、実体顕微鏡下で浮泥、残餌、付着生物、餌料由来固形物、その他に分け、それぞれの乾燥重量を測定した。「その他」に分別したのは、エビ、ワレカラ、カニ、貝類、魚類等の卵、稚仔、幼生である。砂粒、鉄錆等も時々入っていたがこれらは集計から除外した。

測定は大潮、小潮それぞれ1回ずつ行った。

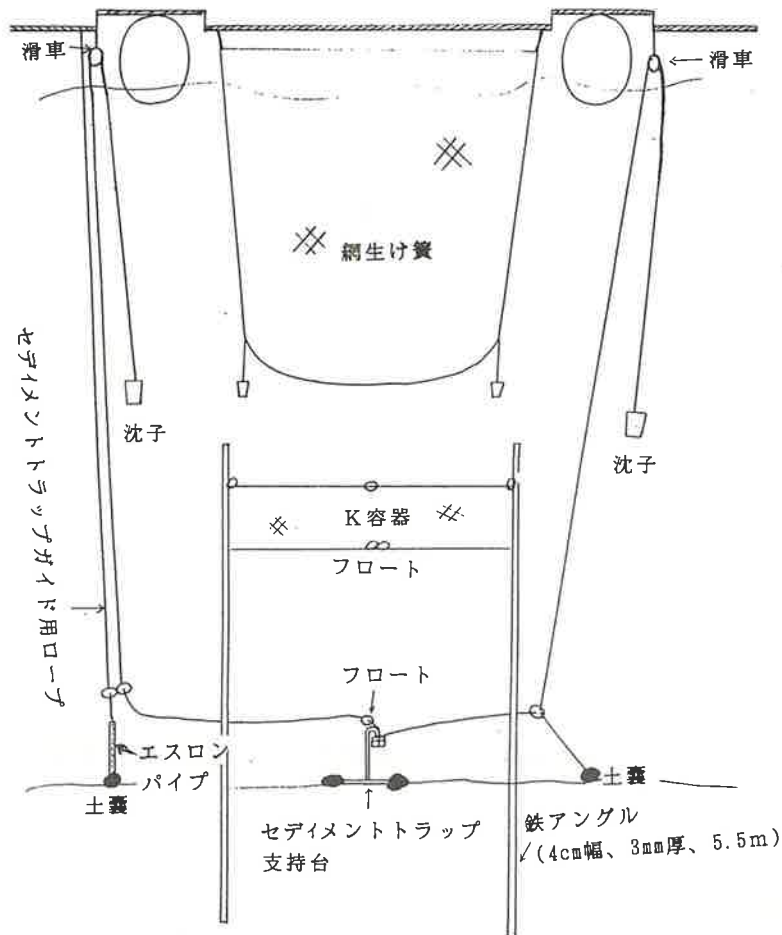


図4 セディメントトラップ設置図

実験2 与える餌を冷凍切り身とし、2区と5区を用いて実験1と同様の実験を行った。

実験3 冷凍切り身を蛍光色素で染め、模擬餌料とした。魚類を取り上げて空にした2区と5区の小割網生け簀中央水面下10～50cmにこの模擬餌料5kgずつ散布した。潜水により養魚堆積物捕捉浄化装置上ならびに海底上の模擬餌料の分布状況を観察、スケッチし、次に、下記に示すそれぞれの定点に30cmの方形枠を置き、模擬餌料の分布状況を写真撮影した。この写真を用いて模擬餌料の切り身の数を数えた。写真撮影の定点は小割網生け簀直下中央を基点に四方へ十文字にラインを張り、それぞれ0、1、2、4、6、8、10mの地点を定点とした。各ラインは、小割網生け簀の枠と平行に北東、南西、南東、北西の方向に取った。実験は大潮時に行った。

実験4 冷凍切り身を蛍光色素と蛍光増白剤で染めて模擬餌料とし、実験3と同様に散布した。潜水

により養魚堆積物捕捉浄化装置上ならびに海底上の模擬餌料の分布状況を観察、スケッチした。次に、下記に示すそれぞれの定点に30cmの方形枠を置いて写真撮影した後、方形枠内の模擬餌料を含む底泥を採取し、ホルマリンで固定した。後日、各定点毎に模擬餌料を篩と実体顕微鏡を用いて選別し、乾燥重量を測定した。

観測の定点は小割網生け簀直下中央を基点に模擬餌料の主に流れた方向へ主ラインを取り、基点からの距離 -1、0、1、2、3、4、5mの地点の7点を定めた。これに加えて、模擬餌料が最も高密度に分布する場所の中心部をXCとし、これから主ラインに直角に副ラインを取り、模擬餌料の分布範囲の外縁部と各ラインが交差する地点をXW、XE、XN、XSとして合計12地点とした。調査は大潮時と小潮時の2回実施した。

3 養魚堆積物捕捉浄化装置の浄化能力

装置設置後約8カ月後の平成7年2月16日に1、3、4区の、また、3月9日に2区の装置内のK容器小袋をそれぞれ取り出し、小袋内の海水、生物を採取した。1、2区は装置中央部の上段、下段をそれぞれ1袋ずつ、3、4区は装置中央部の小袋を1袋ずつ、水中で装置から出しつつ、直ちにポリエチレン袋に小袋ごと移し、口を縛った後海面へ運んだ。ポリエチレン袋を上下左右に揺らして、中の海水を良く攪拌した後、海水を採った。海水は水温、PH、酸化還元電位（Eh）、溶存酸素（DO）、酸揮発性硫化物量（AVS）、化学的酸素要求量（COD）を測定した。測定方法及び機器は以下の通りである。

水温、PH：東亜電波製HM-10P PHメーター

Eh：東亜電波製RM-10P ORPメーター

DO：堀場製作所製OM-14 DOメーター

AVS：ガステック検知管法

COD：アルカリ性過マンガン酸カリウム分解法

生物は全量を0.25mmの篩で選別した後ホルマリン固定した。これについて種の同定と種別の重量ならびに生物破片、浮泥等の重量を測定した。

4 養魚堆積物捕捉浄化装置の底質浄化作用

潜水により小割網生簀直下中央付近で各区2本ずつ柱状採泥し、その内の1本について泥温、PH、

Ehを現場で測定した後、表面から2cmまでの層を切りとり、AVS、COD、IL、T-C、T-Nの分析に供した。他の1本は実験室にもそのまま持ち帰り、酸化層、強還元層、中還元層の厚さを測定した。泥温、PH、Eh、AVS、CODの測定方法は上述の海水測定方法と同じである。IL、T-C、T-Nは試料を110℃で乾燥後、粉碎して0.5mm目の篩を通し、1N塩酸で泥に含まれる魚骨や貝殻等を除き、蒸留水で洗浄、乾燥の前処理を行った。ILは800℃で強熱後、恒量を求めた。T-C、T-Nは柳本製作所製CNコーダー MT-500を用いて測定した。

酸化層・還元層は透明な柱状採泥管を横側から観察し、酸化層は底土表面が黄茶色の部分の層の厚さを測定した。還元層は黒色部分を色見本を用いて4段階に区分した。マンセル記号でN2.0と2.4の黒、灰黒を強還元層、N2.8と3.6の暗い灰色を中還元層、N4.7と5.5の灰色を弱還元層とし、それぞれ層の厚さを測定した。

5 装置に関する設置、使用上の問題点

(1) 浮力変化、閉塞、強度など構造上の問題点

8月12日、11月21日、3月9日に潜水により目視観察した。3月9日には装置の一部を支持枠からはずし、浮力の変化を調べた。

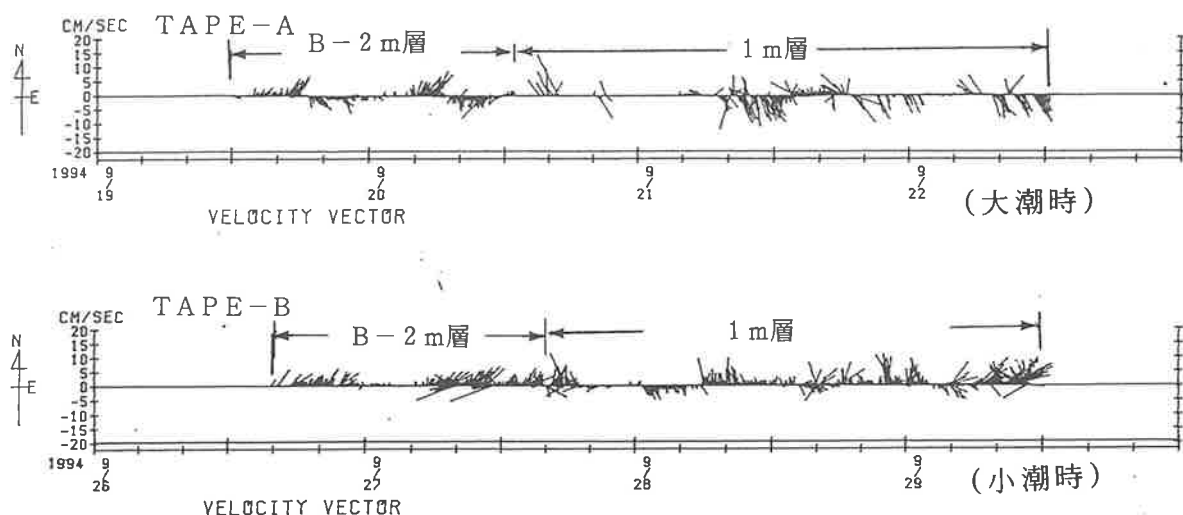


図5 試験実施場所における流速ベクトル

(2) 有害物質、有害生物の発生の有無ならびに養魚作業に及ぼす影響

上述の養魚堆積物捕捉浄化装置内の水質、生物調査から判断した。また、実験場所の小割網生け簀で別途実施されているハマチ飼育試験の成績から判断した。

結果ならびに考察

1 流向流速

大潮時 大潮時の結果を表1-1、図5に示した。

表層込み潮は流れが断続的であり、流速測定頻度は18.9%であった。流向は北西が卓越し、出現頻度は51.9%であった。北西方向の流速は最大16.6cm/sec、最小1.4cm/sec、平均4.8cm/secであった。次いで南東方向の流れが卓越し、出現頻度は18.5%、平均流速4.4cm/secであった。

表層引き潮の流速測定頻度は51.5%であった。流向は南東と南が卓越し、出現頻度はそれぞれ42.0%、34.8%であった。南東方向の流速は最大12.4cm/sec、最小1.4cm/sec、平均6.3cm/secであった。南方向の流速は最大11.0cm/sec、最小1.4cm/sec、平均3.5

表1-1 試験海域における流向、流速（大潮時）

水深	潮回り	流速測定 頻度 (%)	流向別出現頻度 (%)		流速 (cm/sec)			調査日
					最大	最小	平均	
1 m	込み潮	18.9	北	3.7	9.7	9.7	9.7	'94.9.20~21
			北東	7.4	5.5	4.1	4.8	
			南東	18.5	6.9	1.4	4.4	
			南	11.1	12.4	5.5	7.8	
			南西					
			西	7.4	4.1	1.4	2.8	
			北西	51.9	16.6	1.4	4.8	
	引き潮	51.5	北	11.6	5.5	1.4	2.8	'94.9.20~21
			北東	4.3	4.1	1.4	2.8	
			東	1.4	6.9	6.9	6.9	
			南東	42.0	12.4	1.4	6.3	
			南	34.8	11.0	1.4	3.5	
			南西	1.4	6.9	6.9	6.9	
			西	4.3	6.9	6.9	6.9	
B-2 m	込み潮	63.1	北	18.2	6.9	1.4	3.6	'94.9.19~20
			北東	46.5	9.7	1.4	4.7	
			東	11.1	6.9	1.4	2.0	
			南東					
			南					
			南西					
			西	11.1	5.5	2.8	3.7	
	引き潮	72.3	北西	13.1	5.5	1.4	3.3	'94.9.19~20
			北					
			北東	0.9	2.8	2.8	2.8	
			東	1.9	6.9	4.1	5.5	
			南東	43.0	6.9	1.4	2.7	
			南	24.3	5.5	1.4	2.9	
			南西	9.3	11.0	1.4	4.0	
			西	19.6	5.5	1.4	2.9	
			北西	0.9	1.4	1.4	1.4	

cm/secであった。

底層では表層よりも恒常的に流れており、込み潮の流速測定頻度は63.1%であった。流れの方向は表層より45度東へずれ、北東の流れが卓越した。出現頻度は46.5%であり、流速は最大9.7cm/sec、最小1.4cm/sec、平均4.7cm/secであった。次いで北の流れが卓越し、出現頻度18.2%、平均流速3.6cm/secであった。

底層引き潮の流速測定頻度は72.3%であった。込

み潮時と異なり、流れの方向は表層と同じく、南東が卓越し、出現頻度は43.0%、流速は最大6.9cm/sec、最小1.4cm/sec、平均2.7cm/secであった。次いで南の流れが卓越し、出現頻度24.3%、平均流速は2.9cm/secであった。

表層と底層を比較すると表層の流れが断続的で複雑であり、小割網生簀の影響を受けていると考えられた。流速は表層の方がやや大きい、底層でも主な流れの平均流速が2.7から4.7cm/secあり、比較

表 1 - 2 試験海域における流向、流速（小潮時）

水深	潮回り	流速測定 頻度 (%)	流向	出現頻度 (%)	流速 (cm/sec)			調査日
					最大	最小	平均	
1 m	込み潮	64.9	北	47.7	9.7	1.4	2.8	'94.9.27~28
			北東	2.7			2.3	
			東	0.9	5.5	5.5	5.5	
			南東					
			南	11.7	5.5	1.4	2.0	
			南西	9.0	6.9	1.4	3.7	
			西	27.9	12.4	1.4	2.8	
	引き潮	76.9	北	9.7	8.3	1.4	3.1	'94.9.27~28
			北東	6.5	8.3	1.4	3.7	
			東	25.8	6.9	1.4	2.9	
			南東	51.6	5.5	1.4	2.4	
			南	4.3	2.8	1.4	2.1	
			南西	1.1	6.9	6.9	6.9	
			西					
B-2 m	込み潮	72.4	北	20.0	2.8	1.4	2.0	'94.9.26~27
			北東	66.7	9.7	1.4	4.7	
			東	1.0	1.4	1.4	1.4	
			南東					
			南					
			南西	6.7	15.2	4.1	8.3	
			西	5.7	6.9	1.4	3.7	
	引き潮	56.8	北	30.4	4.1	1.4	2.3	'94.9.26~27
			北東	12.7	8.3	1.4	4.6	
			東	3.8	9.7	1.4	5.5	
			南東					
			南					
			南西	1.3	1.4	1.4	1.4	
			西	15.2	16.6	1.4	6.9	
			北西	36.7	4.1	1.4	1.9	

的養魚堆積物が移動しやすい環境下にあったと考えられる。

小潮時 小潮時の結果を表1-2、図5に示した。表層における込み潮は大潮時と異なり、比較的流れが恒常的であり、流速測定頻度は64.9%であった。流向は北が卓越し、出現頻度は47.7%であった。北方向の流速は最大9.7cm/sec、最小1.4cm/sec、平均2.8cm/secであった。次いで北西の流れが卓越し、出現頻度は27.9%、平均流速2.8cm/secであった。

表層引き潮の流速測定頻度は76.9%であった。流向は南東が卓越し、出現頻度は51.6%、流速は最大5.5cm/sec、最小1.4cm/sec、平均2.4cm/secであった。次いで東の流れが卓越し、出現頻度25.8%、平均流速は2.9cm/secであった。

底層では大潮時と異なり、表層よりもわずかながら断続的な流れであった。込み潮の流速検出頻度は72.4%であった。流れの方向は大潮時と同じく表層より45度東へずれ、北東の流れが卓越した。出現頻度は66.7%であり、流速は最大9.7cm/sec、最小1.4cm/sec、平均4.7cm/secであった。次いで北の流れが卓越し、出現頻度20.0%、平均流速2.0cm/secであった。

底層引き潮の流速測定頻度は56.8%であった。込み潮時と異なり、流れの方向は表層と反対の北西が卓越し、出現頻度は36.7%、流速は最大4.1cm/sec、最小1.4cm/sec、平均1.9cm/secであった。次いで北の流れが卓越し、出現頻度30.4%、平均流速は2.3cm/secであった。

小潮時は表層、底層ともに、大潮時よりも流れは恒常的であったが、表層の流れは大潮時同様複雑であり、小割網生簀の影響を受けていると考えられた。流速は大潮時よりも全体に小さかったが、底層でも主な流れの平均流速が1.9~2.9cm/secあり、最大流速15~16cm/secを記録しており、養魚堆積物が移動しやすい環境下にあったと考えられる。

大潮、小潮時の表層、底層を総合すると、ほぼ八方に流れが分散しており、養魚堆積物の負荷は一時的には特定の方向に偏るものの、潮回りと給餌時間の組み合わせで、長期的には、小割網生簀の直下及

び周辺において平均化されると考えられる。

2 養魚堆積物捕捉効果

(1) セディメントトラップ設置場所の相違による養魚堆積物捕捉量の差

得られたセディメントは所定の方法によって種類別に選別したが、糞については、識別可能なものも、わずかな衝撃で粉々に壊れ、作業の過程で浮泥化した。したがって、セディメント回収作業の過程でも糞のかなりの部分が浮泥化していることが考えられ、浮泥と糞を分別することは困難であると判断し、明らかに糞であったものも浮泥に含めて処理した。

明らかに残餌と判断されるものは採取されなかった。これは、ハマチ飼育に用いた餌がピュアーモイストペレットであり、しかも、できるだけ残餌が生じないように丁寧に給餌されていたことによると考えられる。

大潮時 大潮時の結果を表2-1に示した。小割網生簀下で捕捉されるセディメント全体の量は中央部で最も多かった。小割網生簀の北西端で捕捉されたセディメントは中央部の次に多く、対中央部比で98.1%、他の3辺は71~83.6%とやや少なかった。

小潮時 小潮時の結果を表2-2に示した。小潮時には、縁辺部と中央部に大きな差はなかったが、小割網生簀下で捕捉されるセディメント全体の量は南西端で最も多く、対中央部比で107.6%であった。次いで多かったのが中央部であった。残り三方の縁辺部と中央部との差は大潮時よりもさらに少なく、対中央部比で96.1~98.0%であった。

さらに、分別できた餌由来固形物の量を比較すると、中央部に対し小割網生簀の縁辺部は非常に少なく、大潮時で中央部の0~33.3%、小潮時で2.5~7.5%であり、餌由来固形物のほとんどは大潮時であっても小割網生簀直下に落下し、縁辺部に落下する割合がかなり少ないことが明らかになった。

なお、小潮時に採取された浮泥の量は他の実験の場合に比較して極端に多かった。これは、実験を実施した日の数日前から網替え、網洗いが集中し、その影響を受けたものと考えられる。

表2-1 小割網生け簀直下において採集されるセディメントの場所、
種類別乾燥重量と中央部を100%とした場合の比較
(9月、大潮時)

セディメント の種類	場所別セディメントの量 (g) と割合 (%)				
	中央	北西端	南東端	南西端	北東端
浮泥 (含糞) (%)	2.04 (100)	2.05 (100.5)	1.77 (86.8)	1.57 (77)	1.49 (73)
付着性生物 (%)	0.01 (100)	0.03 (300)	0.02 (200)	0.05 (50)	0.01 (100)
餌料由来固形物 (%)	0.03 (100)	0.01 (33.3)	0 (0)	0 (0)	0.01 (33.3)
その他 (%)	0.06 (100)	0.01 (16.7)	0 (0)	0.01 (16.7)	0.01 (16.7)
合計	2.14 (100)	2.10 (98.1)	1.79 (83.6)	1.63 (76.2)	1.52 (71)

調査日 '94.9.19~20

表2-2 小割網生け簀直下において採集されるセディメントの場所、
種類別乾燥重量と中央部を100%とした場合の比較
(11月、小潮時)

セディメントの種類	場所別セディメントの量 (g) と割合 (%)				
	中央	北西端	南東端	南西端	北東端
浮泥 (含糞) (%)	54.29 (100)	53.30 (98.2)	52.25 (96.2)	58.5 (107.8)	52.89 (97.4)
付着性生物 (%)	0.04 (100)	0.01 (25)	0.02 (50)	0.03 (75)	0.01 (25)
餌料由来固形物 (%)	0.04 (100)	0.001 (2.5)	0.003 (7.5)	0.001 (2.5)	0.003 (7.5)
その他 (%)	0.02 (100)	0.001 (5)	0.001 (5)	0.001 (5)	0.01 (50)
合計 (%)	54.39 (100)	53.3 (98.0)	52.27 (96.1)	58.53 (107.6)	52.91 (97.3)

調査日 '94.11.28~29

表3-1 小割網生け簀直下中央において採集されるセディメントの実験区、内容別乾燥重量（実験1、12月、大潮時）

セディメントの内容	セディメントの乾燥重量 (g)			
	1区	2区	3区	5区
浮泥 (含糞)	0.5	0.95	1.36	1.27
付着性生物	0.04	0.14	0.02	0.01
餌料由来固形物	0.04	0.02	0.01	0.01
その他	0.002	0.004	0.004	0.007
合計	0.58	1.11	1.39	1.30

調査日 '94.12.6~7

表3-2 小割網生け簀直下中央において採集されるセディメントの実験区、内容別乾燥重量（実験1、11月 小潮時）

セディメントの内容	セディメントの乾燥重量 (g)				
	1区	2区	3区	4区	5区
浮泥 (含糞)	2.64	2.45	2.55	2.74	1.36
付着性生物	0.04	0.17	0.1	0.23	0.04
餌料由来固形物	0.012	0.012	0.010	0.001	0.020
その他	0.006	0.004	0.009	0.061	0.002
合計	2.70	2.64	2.77	3.03	1.42

調査日 '94.11.14~15

(2) 養魚堆積物捕捉浄化装置の有無によるセディメント、残餌着底状況の差

実験1 大潮時の結果を表3-1に、小潮時の結果を表3-2に示した。なお、大潮時の調査において、4区のセディメントトラップが転倒し、セディメントを回収できなかったのが欠測とした。

大潮時の調査では、捕捉されたセディメントの合計は装置設置区の3区が最も多く 1.39 g、1区が最も少なく 0.58 g、3区と5区が中間的な値でそれぞれ1.39、1.3 gであった。分別できた餌料由来固形物は1区が多く 0.04 g、2区が0.02 g、3区

と5区が0.01 gであった。付着性生物は2区が最も多く 0.14 g、1、3区はそれぞれ0.04、0.02 g、5区は0.01 gであった。

以上の結果を総合すると、大潮時において装置設置区と対照区の間に明瞭な相違点が認められず、養魚堆積物捕捉浄化装置の効果は判然としなかった。これについては、実験3、4で後述するように、大潮時には模擬餌料の落下の中心が小割網生け簀直下中心より1.5m縁辺部へずれた場所にあり、セディメントトラップを設置した小割網生け簀直下中央に落下する量が対照区設置区ともに少なかったこと、供試

餌料がピュアーモイストペレットであり、餌料由来固形物の量が元々少ないこと糞と浮泥を分別できなかったことなどが理由として考えられる。

小潮時の調査では、捕捉されたセディメントの合計は対照区である5区が最も少なく、1.42 gであった。装置設置区は2.64～3.03 gと5区の約2倍であった。逆に、分別できた餌料由来固形物の量は、装置設置区が0.001～0.012 gであったのに対し、対照区は0.02 gと2～20倍の値であった。エビ、カニ等の生物は装置設置区が0.004～0.061 gであったのに対し、対照区は0.002 gと2分の1から30分の1であった。

このことから、小潮時においては養魚堆積物捕捉浄化装置は流れを弱め、海水中の浮泥の沈降を助長するが、一方で養魚堆積物もよく捕捉していることが明らかになった。

実験2 冷凍魚の切り身を用いた実験を行い、結果を表4に示した。なお、1区は装置の底網がセディメントトラップ支持台に引っかかり、操作不能となったため欠測となった。

今回は、残餌と思われるものが数切れ採取されたが、残餌として扱えるほど大きな切り身ではなく、餌料由来固形物に含めた。また、前述したと同じ理由により、糞は浮泥に含めて処理した。

浮泥は装置設置区が17.2～28.4 gと5区の13.8 gより多く、また、付着性生物も装置設置区が0.61～3.43 gと対照区の0.42 gよりも多かった。それに伴い、セディメントの合計も装置設置区が18.7～32.2 gと5区の15.8 gより多い結果となった。

逆に、餌料由来固形物は装置設置区が0.03～0.49 gと少なく、5区の1.37 gの約3分の1～46分の1であった。

上述したように、小潮時においては養魚堆積物捕捉浄化装置は流れを弱め、海水中の浮泥の沈降を助長するが、一方、養魚堆積物もよく捕捉していると考えられる結果が得られたが、本実験において冷凍餌を用いることにより、その傾向がさらに顕著に把握された。今回は大潮時に行ったのであるが、大潮時においても同様に養魚堆積物捕捉浄化装置の効果が認められることが明らかになった。

実験3 小割網生簀を空の状態にし、模擬餌料を用いて養魚堆積物の分布状態を調査した。調査ラインを小割網生簀設置方向と平行に取り、模擬餌料の海底分布状態を潜水調査し、写真撮影により切り身の数を計測した。結果は次のとおりである。

餌の散布時刻は引き潮時であり、風は東風であった。散布された模擬餌料は表層では南西へ流れ、下層では北東に流れるのが観察された。また、潜水調

表4 小割網生け簀直下中央において採集されるセディメントの実験区、内容別乾燥重量（実験2、12月、大潮時）

セディメントの内容	セディメントの乾燥重量 (g)			
	2区	3区	4区	5区
浮泥 (含む糞)	17.2	18.0	28.4	13.8
付着性生物	0.61	1.88	3.43	0.42
餌料由来固形物	0.49	0.13	0.03	1.37
その他	0.37	0.10	0.3	0.18
合計	18.7	20.1	32.2	15.8

調査日 '94.12.22～23

査中に込み潮になり、模擬餌料が北東方向へ海底上を転がる様子が観察された。模擬餌料は楕円形の同心円状にほぼ一様に分布していたが、海底の窪みや土囊等の隅により多く入り込んでいる状態も観察された。

模擬餌料分布の中心は、小割り網直下中心部より約1.5m縁辺部方向へずれた場所にあった。分布の方向は東北東であり、調査のラインよりも約15度傾

いていた。分布の方向は2区と5区とはほぼ同じであった。あらかじめ定めた調査定点は分布の中心線をはずれてはいるものの2区と5区の分布状態を比較する事は可能な状態であった。

調査地点における模擬餌料切り身の数には表5に示した。対照区では小割網生簀直下に m^2 あたり422～778個、平均228個の切り身があったのに対し、2区では11～33個、平均71個と対照区の約3分の1であっ

表5 養魚堆積物捕捉浄化装置の有無による海底への模擬残餌堆積状況の差（実験3、大潮時）

調 査 地 点		模 擬 残 餌 切 り 身 の 数 (個/ m^2)	
(小割網生簀直下 中央からの距離)		対照区 (5区)	装置設置区 (2区)
	0 m	450	11
北東	1	422	33
北東	2	778	28
北東	4	22	39
北東	6	83	28
北東	8	61	22
北東	10	78	22
南西	1	67	256
南西	2	167	144
南西	4	62	17
南西	6	89	72
南西	8	72	39
南西	10	94	44
南東	1	67	67
南東	2	33	44
南東	4	17	---
南東	6	11	---
南東	8	---	---
南東	10	---	---
北西	1	44	44
北西	2	22	11
北西	4	44	0
北西	6	22	26
北西	8	---	33
北西	10	---	11
平均		141	50
小割網生簀直下の平均		228	71

注 南東及び北西方向は5区と2区の4m以遠の地点で重なり合う部分がある。重なった部分は測定対象外とし、「---」で表した。

た。半径10m四方の平均では、5区が㎡あたり141個、2区が50個と対照区の約3分の1であった。

養魚堆積物捕捉浄化装置の上では西側に集中して模擬餌料が乗っていた。

以上のことから、大潮時であっても装置は残餌をよく捕捉し、実験規模すなわち、小割網生け簀の大きさ3.5m角、装置の大きさ2.5m角、小割網と装置の間隔約2.5mで模擬残餌の海底への堆積は約3分の1に減少することが明らかにされた。

実験4 模擬餌料を用い、調査ラインを模擬餌料の分布の中心を通り、分布の方向を基準に十文字に取り、模擬餌料の海底堆積量を計った実験4の結果は次のとおりである。

大潮時 大潮時の餌の散布時刻は引き潮時であり、風は北西風であった。散布された模擬餌料は表層では南東へ流れ、下層では南方に流れるのが観察された。潜水調査は模擬餌料着底後直ちに行ったので、実験3の場合のように、込み潮によって模擬餌料が反対方向へ海底上を転がることはなかった。模擬餌料は楕円形の同心円状にほぼ一様に分布していたが、海底の窪みや土壌等の隅により多く入り込んでいる状態も観察された。

模擬餌料分布の中心は、小割網直下中心部より約2m縁辺部へずれた場所にあった。分布の方向は南であった。分布の方向は2区と5区とはほぼ同じであったが、図6-1に示すように主な分布範囲

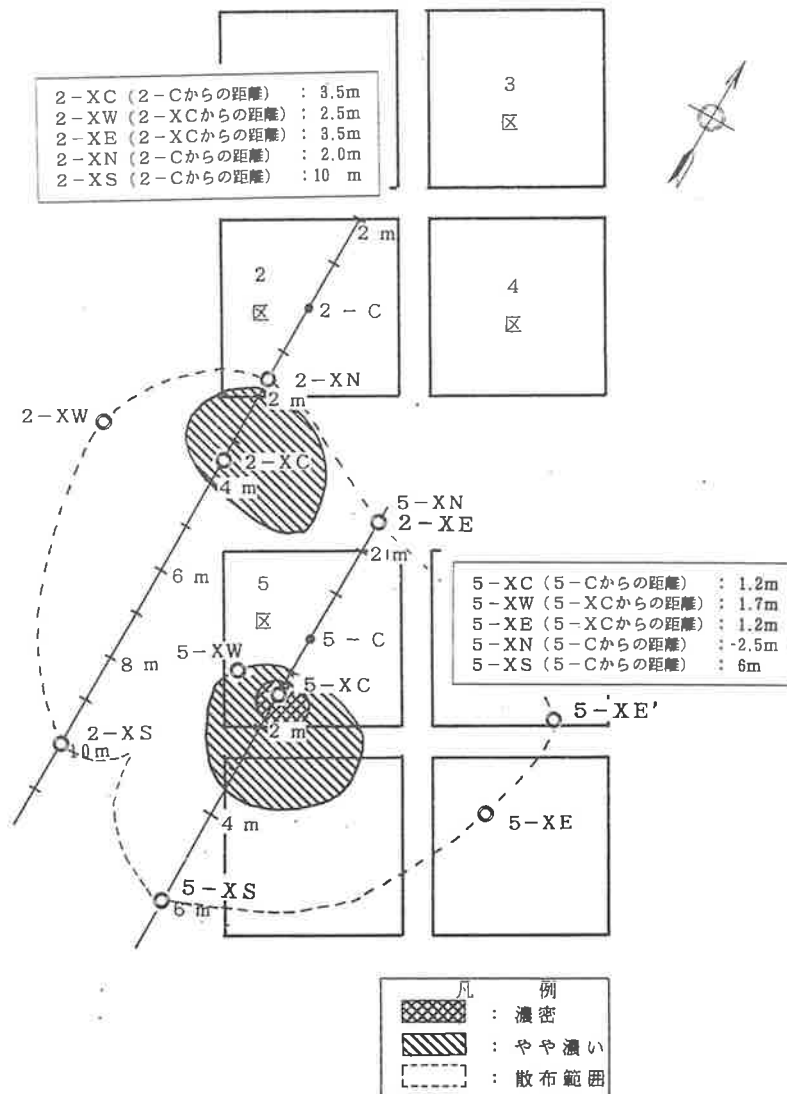


図6-1 模擬餌料堆積状況見取り図と採泥地点（大潮時）

表 6 - 1 養魚堆積物捕捉浄化装置の有無による海底への模擬
残餌堆積状況の差 (実験 4、大潮時)

調 査 地 点	模 擬 残 餌 切 り 身 の 量 (g/m ²)	
(ライン基点からの 距離 m)	対照区 (5区)	装置設置区 (2区)
(主ライン)		
-1	3.63	0.01
0 (C)	3.27	0.08
1	9.0	0.46
2	6.16	3.67
3	0.39	0.92
4	0.21	3.1
5	1.38	0.11
(副ライン)		
XC	100.6	6.84
XW	0.03	0.31
XE	10.5	2.2
YN	2.2	0.02
XS	0.01	0.42
全平均	11.4	1.5
小割網生け簀直下の平均	5.5	1.1
模擬餌料分布範囲内の平均	22.7	2.0

調査日 '95.2.16

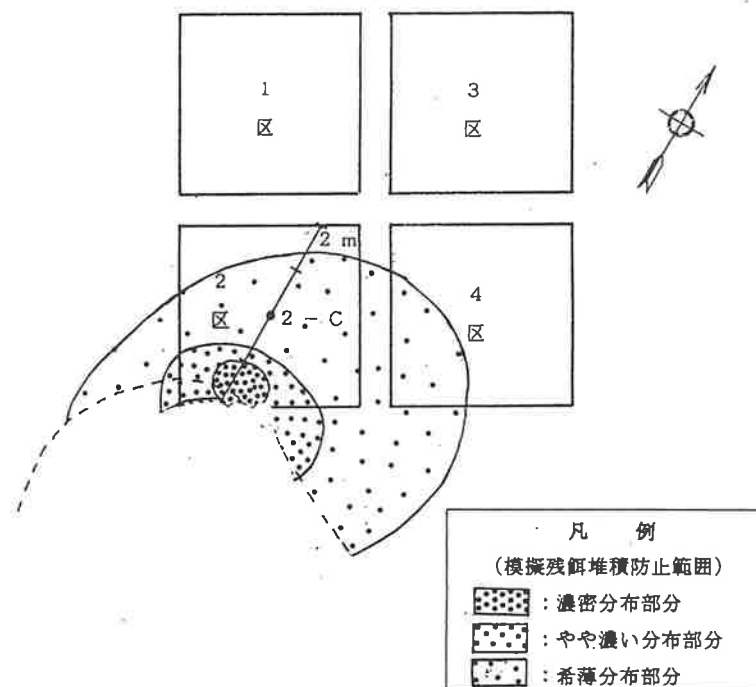


図 6 - 2 養魚堆積物捕捉浄化装置による海底への模擬餌料堆積防止範囲 (大潮時)

については重ならなかったが、少量分布範囲については1部重なる部分があった。

調査定点における模擬餌料堆積量は表6-1に示した。対照区では小割網生簀直下に㎡あたり3.27～9.0 g、平均5.5 gであったのに対し、2区では0.46～3.67 g、平均1.1 gと対照区の約5分の1であった。また、主分布範囲内の堆積量は5区が㎡あたり0.01～100.6 g、平均22.7 gであったのに対し、2区では0.02～6.84 g、平均2.0 gと対照区の約14分の1であった。また、全調査点の平均は5区が㎡あたり11.4 gであったのに対し、2区では1.5 gと対照区の約8分の1であった。

養魚堆積物捕捉浄化装置上では南隅に集中して模

擬餌料が乗っていた。

図6-1の5区と2区を重ね合わせ、養魚堆積物捕捉浄化装置によって海底への残餌の堆積が防止できる範囲を推定し、図6-2に示した。

小潮時 小潮時の餌の散布時刻は込み潮時であり、風は無風であった。散布された模擬餌料は表層では南へ流れ、中層では南西方向に、下層では北東へ流れるのが観察された。

模擬餌料は楕円形の同心円状にほぼ一様に分布していたが、海底の窪みや土嚢等の隅により多く入り込んでいる状態も観察された。

模擬餌料分布の中心は、小割り網直下中心部より約1.2m縁辺部へずれた場所にあった。分布の方向

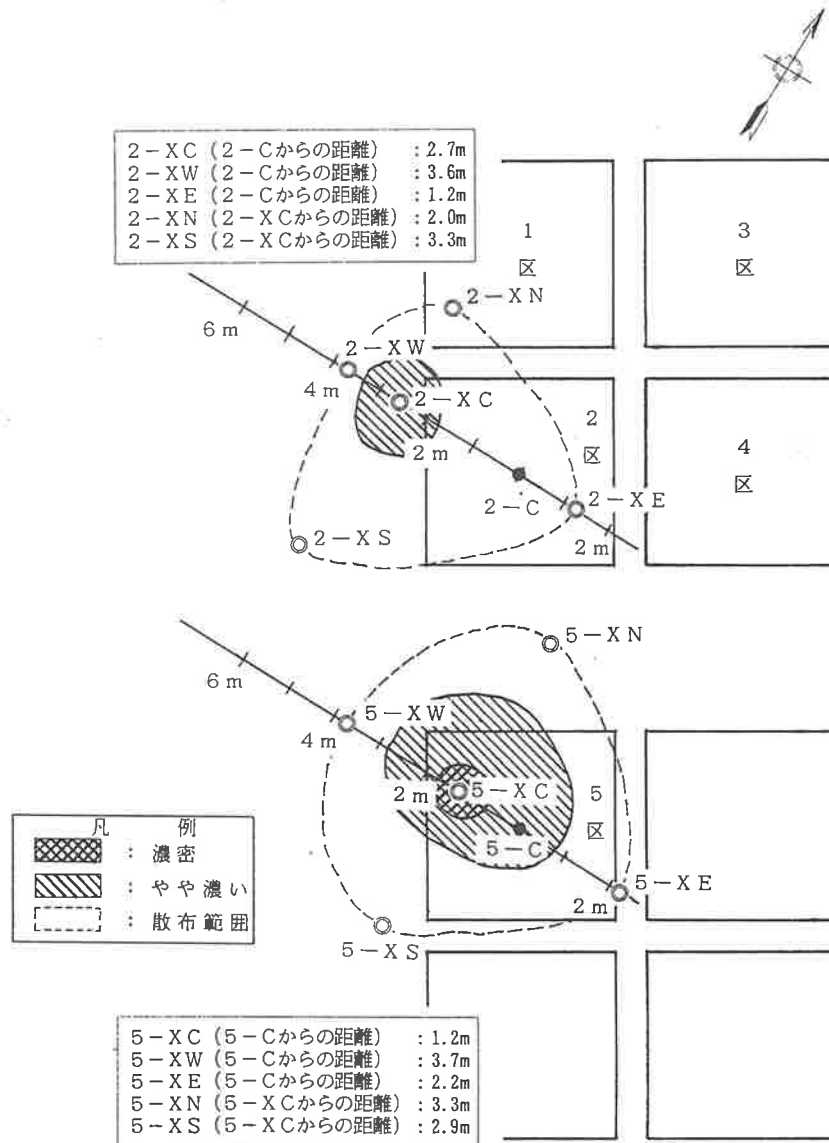


図7 模擬餌料堆積状況見取り図と採泥地点（小潮時）

表6-2 養魚堆積物捕捉浄化装置の有無による海底への模擬
残餌堆積状況の差(実験4、小潮時)

調査地点	模擬残餌切り身の量(g/m ²)	
(ライン基点からの 距離 m)	対照区(5区)	装置設置区(2区)
(主ライン)		
-1	0.43	3.94
0 (C)	0.34	6.76
1	91.2	58.3
2	14.0	7.14
3	2.49	3.29
4	0.39	0.14
5	0.1	0.83
(副ライン)		
XC	61.4	19.83
XW	1.77	0.21
XE	2.19	4.9
XN	11.62	0.12
XS	6.19	0.06
全平均	16.0	8.8
小割網生簀直下の平均	26.5	19.0
模擬餌料分布範囲内の平均	16.6	5.0

調査日 '95.2.16

は西であった。2区と5区の分布の方向はほぼ同じであり、図7に示すように分布範囲は重ならなかった。

調査定点における模擬餌料堆積量は表6-2に示した。対照区では小割網生簀直下でm²あたり0.34～91.2g、平均16.0gであったのに対し、2区では3.94～58.3g、平均8.8gと対照区の約2分の1であった。また、主分布範囲内の堆積量は5区がm²あたり1.77～61.4g、平均16.6gであったのに対し、2区では0.06～19.8g、平均5.0gと対照区の約3分の1であった。また、全定点の平均は5区がm²あたり16.0gであったのに対し、2区では8.8gと対照区の約2分の1であった。

養魚堆積物捕捉浄化装置上では中央西寄りから西隅に集中して模擬餌料が乗っていた。

以上、模擬餌料の分布の状態から、残餌は1回の給餌では、1方向へ偏って分布するが、潮まわりと

給餌時間の組み合わせによる様々な潮流条件の下、小割網生簀中心に投入された餌は小割網生簀直下に満遍なく分布すること、残餌の落下の中心は小割網生簀直下中心よりやや縁辺部へずれる場合が多いことなどが明らかにされた。

また、装置は残餌をよく捕捉し、実験規模すなわち、小割網生簀の大きさ3.5m角、装置の大きさ2.5m角、小割網と装置の間隔約2.5mで大潮時には模擬残餌の海底への堆積を約5分の1から14分の1に、小潮時には3分の1から2分の1に減少することが明らかにされた。

3 養魚堆積物捕捉浄化装置の浄化能力

水質分析の結果を表7-1、7-2に示した。いずれの実験区の装置も好気的環境が維持され、DOは7.6～8.2ppm、Ehは337～451mV、AVSはいずれも0ppmであった。CODも0.51～1.09 O₂

mg/l と低い値であった。1区、2区の上段と下段の比較ではほとんど差が認められなかった。2段タイプと1段タイプの比較では、1段タイプがやや酸素濃度が低い傾向が認められた。ただし、1区は調査期間中の総負荷量が他区の約2分の1であり、2区は採水時期がずれているので厳密な比較は出来ない。3区と4区の比較では、3区のCODが低く、イトゴカイ添加の効果の可能性が考えられる。後述

するように、生物相の調査を待って考察したい。生物相についてはゴカイ、エビ、カニ、魚類等が生息し、生物浄化作用が働いていることが明らかになった。詳細については現在、分類、計量中であるので平成7年度にまとめて報告する。

なお、これらの生物の内、魚類、甲殻類は全長が2cm以上に成長しているものが多く、装置の網目を抜けて外部へ出ることが出来ない状態になっていた。

表7-1 養魚堆積物捕捉浄化装置内の水質

水質項目	養魚堆積物捕捉浄化装置内の水質			
	1 区		3 区	4 区
	上段	下段		
水温 (°C)	13.4	13.0	13.4	13.4
pH	8.2	8.2	8.3	8.2
Eh (mV)	453	450	453	451
DO (ppm)	8.2	8.1	7.6	7.8
COD (O ₂ mg/l)	0.66	0.51	0.67	1.09
AVS (ppm)	0	0	0	0

注1 '95.2.16 採水

注2 3区の期間中の総負荷量は他区の約2分の1

表7-2 養魚堆積物捕捉浄化装置内の水質

水質項目	養魚堆積物捕捉浄化装置内の水質	
	2 区	
	上段	下段
水温 (°C)	14.3	14.6
pH	8.4	8.3
Eh (mV)	337	349
DO (ppm)	8.2	8.2
AVS (ppm)	0	0

注 '95.3.9 採水

表8 小割網生け簀直下中央部の底質

項目	底 質				
	1区	2区	3区	4区	5区
泥温 (°C)	17.9	18.5	18.3	18.8	18.2
pH	7.1	7.5	8.1	7.4	7.7
Eh (mv)	-114	-82	-134	-153	-156
AVS (mg S /g dry mud)	1.12	1.05	1.58	1.52	1.59
酸化層 (mm)	0.2	0.2	0.5	0.2	0.0*
強還元層 (cm)	0	0	0	0	0
中還元層 (cm)	1.1	1.1	1.9	1.1	1.3

* : 白色の菌膜層が0.5mm形成されていた。

天然への生物リサイクルを考慮すると、より大きい目合いの装置を開発する必要性が明らかになった。

4 養魚堆積物捕捉浄化装置の底質浄化作用

表8に示すように、AVSは5区でわずかながら高い値であったが、装置設置の効果を議論できるほどの差は認められなかった。COD、IL、T-C、T-Nについては分析作業を継続中であるので平成7年度にまとめて報告する。

酸化層、還元層については表8に示すように、酸化層はすべての装置設置区で0.2から0.5mm形成されていたのにたいし、対照区の5区では白色の菌膜層が0.5mm形成され、酸化層は形成されていなかった。このことから、この装置を長期にわたって使用すれば、底質浄化に大きく寄与することが期待できると考えられた。

5 装置に関する設置、使用上の問題点

(1) 浮力変化、閉塞等

11月、2月、3月の潜水調査の結果、装置は設置当初の状態をほぼ保っており、強度には問題が認められなかった。ただし、浮力が消失し、そのため、1区では横方向のアングルがたわんだ状態になり、3月には装置の底網が下のセディメントトラップの先端に引っ掛かった状態になった。

装置外側の網地にカンザシゴカイ類やホヤ類が付着していたが、目づまりを生じるほどにはなっていなかった。K容器そのものにはほとんど付着性生物が付着しておらず、装置の閉塞も生じていなかった。水深別に付着性生物の有無を調査したところ海底上0.5mの位置でも若干の付着が認められたが、海底上2.5m以浅と比較すると極端に少なかった。

実際の魚類養殖漁場では、水深がさらに深いため付着性生物による閉塞はさらに少なくなると考えられる。ただし、漁場によっては、付着性生物による閉塞を防ぐ必要性が高まることも考えられ、また、長期にわたって使用することを考慮すると閉塞はできるだけ防止することが望ましい。これに対する方策として、より大型のK容器を用い、ネットの口径を大きくするなどの工夫を加える必要があると考えられた。

(2) 有害物質、有害生物の発生の有無

養殖魚類の飼育に影響を及ぼすような有害物質、有害生物の発生は認められなかった。装置内の生物については調査を継続中であるので平成7年度にまとめて報告する。

(3) 養魚作業に及ぼす影響

7月から12月までの期間中、養魚作業に影響するような不都合は生じず、施設内で実施されたハマチの配合餌料飼育試験も正常に行われた。

6 実用化にむけての装置、構造上の問題点

装置を陸上で組み立てる作業と、海面に浮かべた装置を所定の位置に固定する作業については、ほとんど問題はなかった。

問題点としては、組み立てた装置を海面に下ろす作業に困難性があった。この点については海中に直接硬質ネットの支持板を設置し、そのうえに直接K容器の小袋を取り付ける方法に変更することによって作業ならびに装置が簡便になると考えられる。

要 約

1 目 的

養殖小割網生簀の直下に落下する堆積物を海底に落下する途中で捕捉し、浄化することにより、底泥の汚染、環境の悪化を軽減する。

陸上で開発された高性能合併浄化槽の装置の考え方と構造の一部を導入し、小割網生簀直下の中層に設置する養魚堆積物捕捉浄化装置を開発する。

2 平成6年度の調査の概要

実験場所 高知県水産試験場専用水面

実験施設 3.5×3.5×3.5mのハマチ飼育試験用小割網生簀

養魚堆積物捕捉浄化装置 乳酸菌飲料の底を切り取ったものを2,500個ずつ小袋に入れ、それを漁網で仕立てた2.5m角の箱網に並べた。箱網の高さは0.8mと0.4mとした。

実験区 次の5つの実験区を設定した。

- 1区：装置の高さ0.8m、垂下式
- 2区：装置の高さ0.8m、海底固定式
- 3区：装置の高さ0.4m、海底固定式、イトゴカイ植え付け
- 4区：装置の高さ0.4m、海底固定式、
- 5区：対照区（装置無し）

装置の設置期間 平成6年6月22、23日に設置し、平成7年3月22日に回収した。

3 結果の概要

(1) 流向流速

大潮時 大潮時の表層の込み潮について、流向は北西が卓越し、流速は最大16.6cm/sec、平均4.8cm/secであった。表層引き潮の流向は南東と南が卓越し、南東の流速は最大12.4cm/sec、平均6.3cm/secであった。南方向の流速は最大11.0cm/sec、平均3.5cm/secであった。

底層込み潮は表層よりも恒常的に流れており、流れの方向は表層より45度東へずれ、北東の流れが卓越した。流速は最大9.7cm/sec、平均4.7cm/secであった。底層引き潮は、込み潮時と異なり、流れの方向は表層と同じく、南東が卓越し、流速は最大6.9cm/sec、平均2.7cm/secであった。

小潮時 小潮時の表層込み潮について、流向は北が卓越し、最大9.7cm/sec、平均2.8cm/secであった。表層引き潮の流向は南東が卓越し、最大5.5cm/sec、平均2.4cm/secであった。

底層込み潮の流向は大潮時と同じく表層より45度東へずれ、北東の流れが卓越した。流速は最大9.7cm/sec、平均4.7cm/secであった。

底層引き潮の流向は、表層と反対の北西が卓越し、流速は最大4.1cm/sec、平均1.9cm/secであった。

大潮、小潮時の表層、底層を総合すると、ほぼ八方に流れが分散しており、養魚堆積物の負荷は一時的には特定の方向に偏るものの、潮回りと給餌時間の組み合わせで、長期的には、小割網生簀の直下及び周辺において平均化されると考えられた。

(2) 装置の養魚堆積物捕捉効果

セディメントトラップ設置場所の相違による養魚堆積物捕捉量の差

小割網生簀下で捕捉されるセディメントの量は縁辺部と中央部で大きな差はなかったが、分別できた餌料由来固形物の量を比較すると、中央部に対し、小割網生簀の縁辺部では、大潮時で0～33.3%、小潮時で2.5～7.5%と大きな差があることが明らかになった。

養魚堆積物捕捉浄化装置の有無によるセディメント、残餌着底状況の差

大潮時調査では採取されたセディメントの合計や

餌料由来固形物の量に装置設置区と対照区の間で明瞭な相違点が認められず、養魚堆積物捕捉浄化装置の効果は判然としなかった。

小潮時の調査では、捕捉されたセディメントの量は対照区である5区は装置設置区の約半分と最も少なく、装置の設置が流れを弱め、海水中の浮泥の沈降を助長すると考えられる結果であった。逆に、餌料由来固形物の量は、装置設置区では対照区の2分の1から20分の1であり、装置は養魚堆積物をよく捕捉していると考えられた。また、エビ、カニ等の生物は装置設置区で対照区の2倍から30倍であった。

冷凍魚の切り身を用いた実験では、浮泥、付着性生物ともに装置設置区が対照区よりも多く、それに伴い、セディメントの合計も装置設置区が18.7～32.2 gと5区の15.8 gより多い結果となった。

逆に、餌料由来固形物は装置設置区が少なく、5区の約3分の1から46分の1であった。

模擬餌料を用いて残餌の分布状況を調査したところ、散布された模擬餌料は潮流とともに様々な方向へ流れ、着底してから底層の流れによって海底上を転がる様子が観察された。模擬餌料は楕円形の同心円状にほぼ一様に分布していたが、海底の窪みや土嚢等の隅により多く入り込んでいる状態も観察された。

模擬餌料分布の中心は、小割網直下中心部より約1.2～1.5 m縁辺部へずれた場所にあった。分布の方向は流れの方向に沿い、分布の幅は4～6 mであった。

大潮時における模擬餌料切り身の海底上に堆積した数を比較すると小割網生簀直下では装置設置区は対照区の約3分の1であった。半径10 m四方内の平均でも、装置設置区は対照区の約3分の1であった。

大潮時の模擬餌料の海底上に堆積した量を重量で比較すると小割網生簀直下については装置設置区は対照区の約5分の1であった。模擬餌料の主分布範囲内の堆積量について比較すると装置設置区は対照区の約14分の1であった。また、全定点の平均では装置設置区は対照区の約8分の1であった。

小潮時の模擬餌料の海底上に堆積した量を重量で

比較すると小割網生簀直下では装置設置区では対照区の約2分の1であった。模擬餌料の主分布範囲内の堆積量については装置設置区では対照区の約3分の1であった。全定点の平均では装置設置区では対照区の約2分の1であった。

(3) 装置の浄化能力

いずれの実験区の装置も好氣的環境が維持され、装置内の水質はDO 7.6～8.2 ppm、Eh 337～451 mV、AVS 0 ppm、COD 0.51～1.09、O₂ mg/lであった。2段タイプにおいて上段と下段の差はほとんど認められなかった。2段タイプと1段タイプの比較においても大きな差は認められなかった。イトゴカイ植え付け区ではイトゴカイの生息が認められ、比較区である4区よりもCODが低い結果が得られた。

生物相については微小動物の他、ゴカイ、エビ、カニ、魚類等が多数、多種類生息し、生物浄化作用が盛んに行われていることが明らかになった。

(4) 養魚堆積物捕捉浄化装置の底質浄化作用

潜水により小割網生簀直下中央付近で柱状採掘した泥について分析したところ、AVSは対照区でわずかながら高い値であったが、装置設置の効果を議論できるほどの差は認められなかった。

酸化層は装置設置区で0.2～0.5 mm形成されていたのに対し、対照区では白色の菌膜層が0.5 mm形成されて、酸化層は形成されていなかった。

(5) 装置に関する設置、使用上の問題点

浮力変化・閉塞等

浮力は減少したものの、装置は設置当初の状態をほぼ保っていた。ただし、垂下区では横方向のアンクルがたわみ、セディメントトラップ支持台にひっかかる状態にまでになった。

K容器を収容している箱網の網地にはカンザシゴカイ類やホヤ類が付着していたが、目づまりを生じるほどにはなっていなかった。K容器そのものにはあまり付着性生物が付着しておらず、装置の閉塞も生じていなかった。

有害物質、有害生物の発生の有無

養殖魚類の飼育に影響を及ぼしたと考えられるような事象は認められなかった。

養魚作業に及ぼす影響

養魚作業に影響するような不都合は生じず、施設内で行われたハマチ飼育試験も正常に行われた。

(6) 実用化にむけての装置、構造上の問題点

装置を陸上で組み立てる作業と、海面に浮かべた装置を所定の位置に固定する作業については、ほとんど問題はなかった。

ただし、組み立てた装置を海面に下ろす作業に困難性があった。この点については海中に硬質ネットの支持板を設置し、そのうえに直接K容器の小袋を取り付ける方法に変更することによって作業ならびに装置が簡便になると考えられた。