

アサリを指標とした環境調査と潜堤を用いた海水制御の効果

大島 義徳

西川 直仁

(本社エンジニアリング本部)

藤井雄太

Field Survey for Environmental Improvement Using Clams as an Index and the Effect of Seawater Control Technology

Yoshinori Oshima Naohito Nishikawa

Yuta Fujii

Abstract

In the development and disaster recovery projects of coastal areas, it is important to maintain or improve the shore environment such that it can be enjoyed continuously. Short-necked clams, which are popular and distributed widely from Kyushu to southern Hokkaido, are often used as an environmental index for estimating environmental conservation quality in the shore area in many local regions. Many local authorities have hoped for their increase in number. In Watari-cho, Miyagi Prefecture, where clams are also desired to revive, environmental investigations have been conducted. Subsequently, environmental conservation measures are developed and their effects were demonstrated. For example, to reduce the adverse effects on clams of low salinity owing to the formation of the salinity layer discontinuity of brackish lake, we developed a technique using submerged breakwater to maintain a sea water of high salinity concentration in a farm for clams, and its effectiveness is confirmed by field tests. As a continuing nationwide effort to restore clams, we report the case studies for recovering clams in this area.

概要

海岸域の開発事業や震災からの復興事業においては、自然の恵みを持続的に享受できるように沿岸域の環境を維持または改善していくことが重要となっている。沿岸部の環境保全策の立案にあたり、九州から北海道南部まで広範囲に分布して親しまれてきたアサリは、地元からの復活の要請も多く、水域環境の指標とされることが多い。大林組は、宮城県亶理町の鳥の海湾において、当地でも望まれているアサリの資源回復への貢献を目指して、環境調査とその結果に基づく環境保全対策の立案、効果の実証検討を行った。例えば、アサリへの悪影響が懸念される汽水湖の塩分躍層の形成に伴う低塩分濃度の影響低減に向けては、潜堤を利用して高濃度塩分の海水をアサリの育成場に留める方策を考案し、その有効性を確認した。全国的に続けられているアサリ回復に向けた取り組みのひとつとして、当地でのアサリの回復に向けた検討事例を報告する。

1. はじめに

アサリは、1980年代半ばに全国的に減少し、その後の各地での生産量回復に向けた取り組みにも関わらず、持続的な資源回復基調に戻すまでの対策例は得られていない。しかし、古くから食材やレジャーの対象として親しまれてきたアサリの資源回復を願う地域は多い。赤潮や底泥の嫌気化などの生物環境悪化と連動する面もあり、水域環境保全の指標や目標として、アサリに着目することも多い。そのため、長年にわたって、各地でアサリの減少要因の探索や資源回復のための対策案について研究が行われている¹⁾。報告されている主な減少要因と対策例をTable 1に示す^{1), 2)}。これらの要因は、地域ごとに影響の有無や大小が異なり、複合的に影響することもある。未だに確立されたアサリの資源回復策はなく、地域ごとに適切な対策を見極める必要がある。

宮城県亶理町の鳥の海湾は、阿武隈川河口にある汽水域で、かつては潮干狩り場として賑わった。しかし、全国と時を同じくしてアサリが減少した歴史があり¹⁾、地域振興のための観光資源のひとつとしてアサリの復活に期待している。筆者らは、鳥の海湾において、アサリ資源の回復に向けた対策立案を目指して環境調査を実施し、主要因の推定を行った。さらに、考えられた要因ごとに

Table 1 アサリの主な減少要因と対策例
Main Reduction Factors of Clams and Countermeasures

減少要因	影響	主な対策例
有機物堆積、青潮	酸素欠乏	底質改善、覆砂
過度の貧栄養	エサ不足	水質規制緩和
泥分や有機物の堆積、母貝の不足	幼生の着底不良	着底促進、母貝保護区の設定
外敵の浸入・繁殖	食害・外敵	外敵の駆除、防護網の設置

対策の効果を実証試験により確認した。特に、汽水湖に特有の塩分躍層の悪影響を無動力で解消するための潜堤などを用いた施設を考案し、その効果を検証した。

実施した原因推定調査と対策案検討の項目をFig.1に示す。まず、主な減少要因を推定するため、アサリの個数やサイズなどの調査に合わせて、底質の性状や水質など成育に影響を与えそうな環境項目の調査を行った。その後、湾内に稚貝を放して生存状況を調べることで、外敵からの食害影響や、稚貝が供給されていればどの程度生存できるかを判断するための知見を得た。また、アサリの放卵時期に合わせて表層海水を採取して幼生の数を調べ、十分な幼生が供給されているかを調べた。

稚貝の育成試験は、対策の効果確認の目的も兼ねて、外敵を防除する網や、稚貝を供給していく栽培漁業的な取り組みの有効性を評価した。また、低塩分の悪影響を抑制する方策として、潜堤による海水攪乱技術を考案し、その効果を実証試験で確認した。

2. 環境調査と稚貝成育試験、幼生供給量調査

2.1 現地調査の位置と概要

鳥の海湾は、Table2に示すように自然環境保全調査等で過去にもアサリや底生生物の個体数の調査が行われ、亘理町主体の調査も実施されている。これらの調査と比較できるように、調査地点を選んだ。これまでの調査で読み取れない、アサリと周辺環境の年間を通じた関連性を把握できるように、4回の継続調査を計画し、選択した地点ごとに底質と水質の状況および、アサリの生息状況調査を実施した。鳥の海湾の調査地点をFig.2に示す。このうちE地点は、当該湾内では目立って殻長3cm以上の成貝が多く見られる地点であることが試験途中で判明したため、3回目の調査より調査地点に加えた。

2.2 現地調査の方法

2.2.1 アサリ個体数と環境調査 各調査地点において、生存しているアサリを計数した。50cm四方のコードラートを当てて、その枠内の個数を調べる試験を1度の計測につき3連で実施し平均した。ただし、12月の調査においては大きな干潮が深夜となるため、水中で10cmの深さまで底泥をスコップで掘り、10Lを採取した。この10Lに含まれるアサリを計数し、面積当たりに換算した。

底質は各地点で、概ね5cm深さで採取し、酸化還元電位(以下、ORP)はその場に携帯式ORP計を差し込んで測定し、硫化物濃度と強熱減量は、室内試験で底泥調査法に基づいて実施した。また底質の粒度分布を湿式ふるい分け法で実施し、泥分率と中央粒径を算出した。

2.2.2 稚貝成育試験 コンテナ内に底質の砂を敷きつめたものを湾内に設置し、アサリの稚貝や成貝を放して成育と生残状況を確認した。Table3に試験条件を示す。コンテナは、50cm×36cmのポリプロピレン製で中に砂の流出防止用に薄いPP製の不織布を敷いた。コンテナ内の

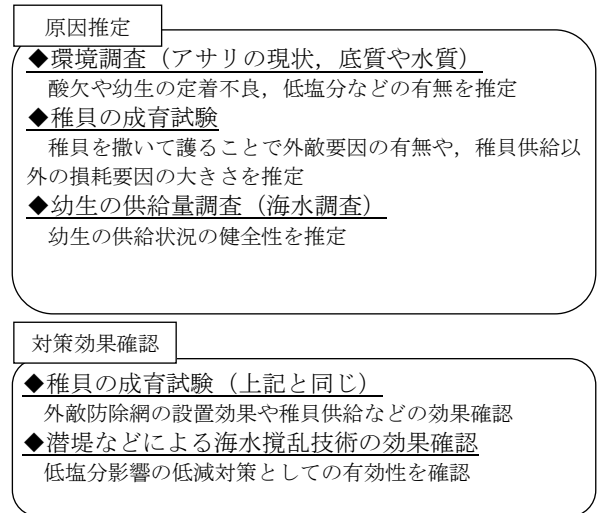


Fig. 1 実施した調査と検討項目
Survey and Examinations Executed

Table 2 鳥の海湾での既往のアサリ関連調査
Reference Study on Clam in Torinoumi

調査名	実施者	時期
鳥の海調査	宮城県水産試験場	2000年
生態系監視調査	環境省生物多様性センター	2012年 2013年
鳥の海環境改善対策	亘理町(震災復興事業)	2013年



Fig. 2 鳥の海湾と調査位置
Survey Point in Torinoumi

Table 3 稚貝成育試験ケース一覧
Cases of Juveniles Growth Test

ケース	試験条件		備考
	設置場所	底質由来	
A-A	A 地点 →A'地点	A	当初、夏季試験は深い防潮堤沿いに設置→冬季試験以降砂地へ移設
A-B		B	
A-E		E	
B-B	B 地点	B	ぬかるんだ微嫌気部分
E-E	E 地点	E	成貝多い地点
E-B		B	底質が微嫌気

Table 4 稚貝成育試験の実施期間
Term of Juveniles Growth Test

	設置/回収日	期間	備考
夏季試験	2016.8/4~2016.10/29	86 日	覆い網なし
冬季試験	2016.11/6~2017.3/23	138 日	覆い網設置
春季試験	2017.3/24~2017.6/22	91 日	計測後継続

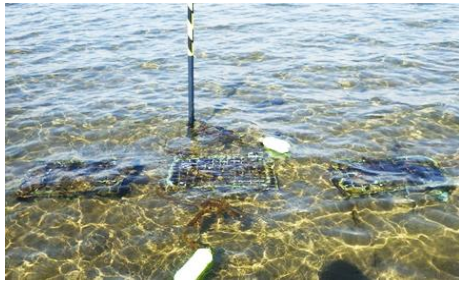


Photo 1 コンテナ設置状況
Container Installation Status

飼育とすることで、ツメタガイなどの外敵から保護し、アサリの初期数量を既知とし出入りを制限することで、幼生の供給状況と成長阻害要因を切り分けて考察できる。底質を、成貝の少ないB地点と、成貝の多いE地点由来で比較し、底質の影響を確認した。試験期間をTable 4に示す。A付近では、塩分が濃くなりやすい深い部分に設置していたが、流れが急になりすぎることもあり、冬季からは、砂浜部分に移した。また、冬季試験からは、コンテナに4cm目の金網の蓋を設置した。試験体設置状況をPhoto 1に示す。

2.2.3 幼生供給量調査 湾内の3地点を対象に、表層水中のアサリ幼生の数を調査した。採水地点は、Fig. 2の星印(★)で示す湾入口の導流堤内と北側滞筋部、南側滞筋部とした。採水は、漁船の上から浮き輪を付けた水中ポンプを浮かべ、くみ上げた水をプランクトンネット(75μm)でろ過し、網に溜まった懸濁分を海水で逆洗浄したものを冷蔵送付した。採水は、宮城県でアサリ幼生の大量発生がみられる7月半ばから8月上旬を網羅するように設定した³⁾。採水日をTable 5に示す。試料水は解凍し、濃縮した後、顕微鏡観察で幼生を計数した。観察は、アサリ幼生に特異的なモノクローナル抗体を用いた蛍光抗体法により染色して実施した。

2.3 結果

2.3.1 アサリ個体数と環境調査 測定地点ごとのアサリの個体数をTable 6に、重量平均と成貝比率をTable 7に示す。アサリの個体数では、既往の調査結果から類似地点の結果も掲載した。全般的に、アサリの個体数が震災前よりも増加していたが、アサリ漁を行うには依然として少なく、成貝はほとんど見られなかった。途中で測点に加えたE地点のみこの区域内としては多くの成貝が見られた。AとD地点で、初冬から春先までに個体数が減り、夏にかけて個体数が増える傾向であった。D地点では、成貝が見られないものの、4回目調査では、稚貝の数が他の地点に比べて著しく増加した。

Fig. 3に、A地点とD地点、E地点の海水の塩分濃度の変化と約20km南に位置する相馬の潮位を示した。A地点とD地点では、ほぼ同調して塩分濃度が変化していた。干潮時に表面水位が下がると、塩分が15%くらいまで低下し、満潮時には海水とほぼ同等の35%まで回復した。E地点においては、その地形の影響からか、塩分濃度の変化が穏やかで、極端な低塩分濃度にはなっていなかった。

Table 5 表層水採取日 (計 19 日)

Sampling Day of Sea Water	
年月	日
2016年6月	17, 21, 25, 28
2016年7月	1, 5, 8, 12, 15, 19, 22, 26, 29
2016年8月	3, 5, 10, 19, 23, 26

Table 6 アサリの生息数 (既往調査分を細字で併載)

調査名	時期	調査地点				
		A	B	C	D	E
県水試	'00	1	20	/	11	/
生物多様性調査	'12.7	1	0	0	/	/
	'13.6	1	0	0	/	/
亘理町	'13.9	1.5	0	2.7	0.5	/
1回目	'14.7	35	0	17	36	/
2回目	'14.12	60	/	80	40	/
3回目	'15.5	9	5	1	40	7
4回目	'15.7	11	9	9	193	6

Table 7 アサリの重量と成貝割合 (成貝は3cm以上)

Weight and Adult Shell Ratio						
項目	調査	A	B	C	D	E
重量 (g/個)	1回目	0.0	/	2.2	0.1	/
	2回目	0.5	/	1.4	0.3	/
	3回目	0.2	0.2	0.9	0.3	3.9
	4回目	0.8	0.1	1.5	0.1	9.0
成貝割合 (%)	1回目	0%	/	23%	0%	/
	2回目	0%	/	0%	0%	/
	3回目	0%	0%	0%	0%	10%
	4回目	0%	0%	14%	0%	56%

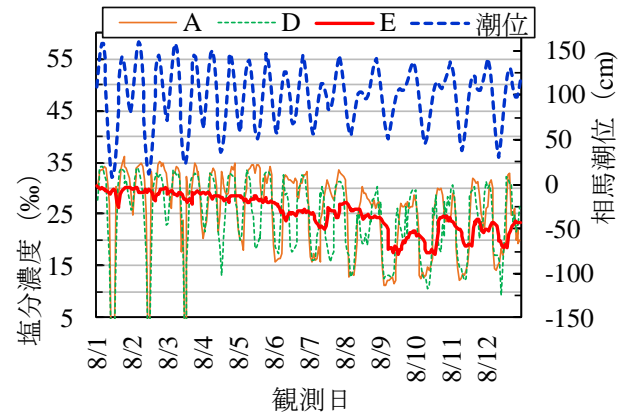


Fig. 3 海水の塩分濃度と潮位度
Salinity of the Seawater and Tide Level

Table 8 底質の酸欠関連要因の測定結果
Sediment Test Result about Oxygen-Deficiency

項目	調査回	測定値					適合範囲
		A	B	C	D	E	
ORP =現地計測 (mV)	1	40	-159	70	90	/	> -100
	2	180	/	93	168	/	
	3	125	194	108	135	128	
	4	82	-230	90	-18	-180	
強熱減量 (%)	1	1.2	1.8	1.0	2.0	/	2~4
	2	0.85	/	0.90	1.3	/	
	3	1.7	2.3	1.6	1.8	1.4	
	4	1.1	2.2	1.0	1.3	1.6	

底泥の測定結果を酸欠関連要因と土質関連要因に分けて、それぞれTable 8とTable 9に示した。既往の文献²⁾から、アサリの成育に適していると考えられる適合範囲も示した。ORPが低く、嫌気状態になるのは、7月のB地点とE地点であり、その他の地点では概ね好気状態が保たれていた。強熱減量は概ね少なめで推移しており、有機物の堆積などが多くないことが分かった。

土質は、泥分は全地点で10%未満であり、泥の堆積は見られなかった。

2.3.2 稚貝成育試験 夏季試験におけるコンテナに放したアサリの生存率と殻長の変化をそれぞれ Fig. 4 と Fig. 5 に示す。各コンテナで殻長約2cmの25個体を放し、A地点では10~20%のみ生残し、ほとんど成長が見られなかった。また、細かく砕けた殻が残っており、エイなどの外敵による食害が大きかった。B地点やE地点に置いたケースでは、60~70%残留しており、5mm程度の成長が見られた。底質による差は置いた場所による差ほど大きくなかった。

冬季試験と春季試験の生存率を Fig. 6 に示した。全てのケースで4cm程度の金属網で覆いエイなどの食害を防いだ。また、A地点では、流れの小さい砂浜に移したこともあり、3cm 個体では、冬季と春季ともに15個のうち70%以上が生存し、大きなストレスはなかったことが示された。1~2cmの稚貝についても、冬と春で3cm 個体とほぼ同様の傾向が見られ、多くの地点で80%が生存していた。殻長の変化を、3cmの成貝と1~2cmの稚貝に分けて、それぞれ Fig. 7 と Fig. 8 に示した。3cm 個体については、冬季の4.5ヶ月と春季の3ヶ月で2~4mmの成長であった。1~2cmの貝は最大値と最小値のみの測定を行ったが、冬季でも成長の大きいB地点で6mm以上、春季も4mm程度の成長が見られた。

2.3.3 幼生供給量調査 アサリの幼生は、19日分の3地点の全試料について1個体も観察されなかった。一方で、アサリ以外の二枚貝浮遊幼生として、マガキを中心にアサリ以外のマルスダレガイ科やウロコガイ科など100μm程の二枚貝幼生や100μm未満の動物プランクトンが観察された。このため、採水や濃縮方法は問題なかったと考えられる。現在は、幼生の湾内生産が低調であることが示された。原因としては、供給元となる母貝が十分な密度で存在できていないことなどが考えられる。

2.4 アサリの成長阻害要因の考察

鳥の海湾でのアサリは、本調査時点でもアサリ漁を行うには少ない状態が続いていることがわかった。成育不良の要因として、泥分が多いことによる稚貝の着底不良と、有機物の堆積による酸素不足、過度の低塩分に重点をおいて環境調査を行った。その結果、多くの場所では、有機物や泥分の堆積は進んでおらず、底質には大きな不具合要因はみられなかった。一方で、塩分躍層の影響から、干潮時には5~10%まで塩分濃度が低下する影響が見られ、これは大きなストレスになっていると推定される。

Table 9 底質の土質関連要因の測定結果
Sediment Test Result of Soil Classification

項目	調査回	測定値					適合範囲
		A	B	C	D	E	
中央粒径 (mm)	1	0.47	0.35	0.47	0.33	/	0.25 ~1
	2	0.42	/	0.42	0.29	/	
	3	0.38	0.35	0.46	0.38	0.15	
	4	0.18	0.27	0.32	0.30	0.22	
泥分率 (%)	1	4.8	5.6	1.7	6.9	/	<30
	2	1.7	/	1.5	4.3	/	
	3	5.4	7.0	3.0	4.9	5.5	
	4	7.1	3.9	0.1	0.9	0.9	

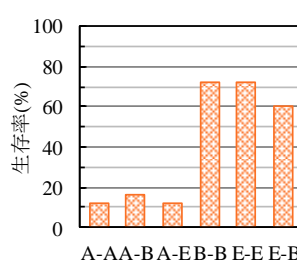


Fig. 4 夏季の生存率
Survival Rate in Summer

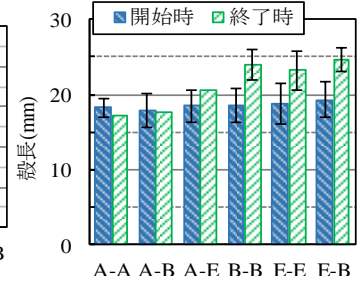


Fig. 5 夏季の殻長変化
Shell Length Change/ Summer

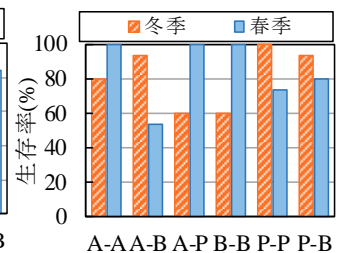
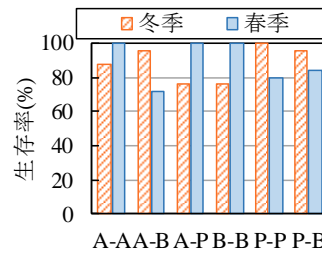


Fig. 6 冬季と春季の生存率 (左3cm, 右1~2cm)
Survival Rate in Winter and Spring

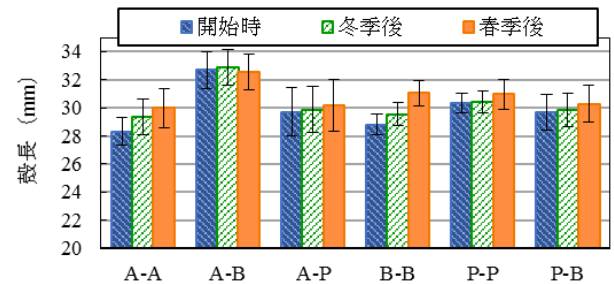


Fig. 7 冬季と春季の殻長の変化 (約3cm 成貝)
Shell Length Change in Winter and Spring Term

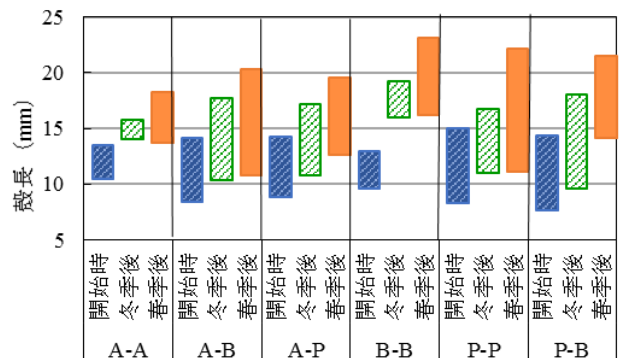


Fig. 8 冬季と春季の殻長の変化 (1~2cmの稚貝)
Shell Length Change in Winter and Spring Term

稚貝を環境中のコンテナに放す育成試験では、外敵の食害圧が強いことが示された。食害が少なかった所では、2cm稚貝の夏季の3ヶ月では70%程度の生存率で、冬季の4.5ヶ月と春季の3ヶ月では、3cmの成貝は70%以上生存し、1~2cmの稚貝で低い試験区でも平均すると80%程度は生存した。外敵から防除することで、年間に換算して30%程度は生存すると推定される。

また、現状では幼生供給量不足であるため、育成環境を整え、外的を防除するなどの保護を行っても、アサリが自然回復するには、長い時間がかかる。環境面の改善以外に、親貝保護区を設置するか、栽培漁業的な稚貝育成技術を組み合わせることなどの組み合わせを行うことが望まれる。

3. 潜堤等による海水攪乱による低塩分対策

3.1 海水攪乱技術の概要

鳥の海湾では、Fig.3のように干潮時にアサリのいる浅場の塩分濃度が干潮時に大きく低下する。鳥の海湾で比較的深い漣筋と漁港で深さ毎の塩分濃度を測定した結果をFig.9に、調査地点をFig.10に示す。水深1m程度のところに明確な塩分躍層が形成され、上層に5~15‰の汽水が、1.5m以深には30‰程度の海水が存在することが分かる。浅場での低塩分がアサリの成長に悪影響を与えている可能性が高いため、潜堤などにより潮汐の影響を抑制し、表層の低塩分濃度の水に触れる時間を減らすことで、悪影響を低減できると考えた。

潜堤を設置する位置や高さなどの概要をFig.11に示した。大潮の干潮時には干出し、満潮時には水中に戻る潮間帯を対象とし、アサリを育成させたい区画を潜堤で囲う。潜堤も大潮の干潮時には干出し、満潮時には沈む高さに設定する。潜堤は、透水性が十分に低い材料で作られ、水が簡単に抜けないようにする。こうすることで、干潮時に水が引いていく際に、高濃度塩分が干潮時でもアサリ育成場に停滞し、低塩分にさらされる時間が減少することを期待した。

3.2 効果確認試験の方法

鳥の海湾内の小島の前の浅瀬に、内側で3m四方となるように試験区を設置し、試験区内部での水質測定とアサリの飼育を行って比較した(Photo 2参照)。試験区は、潜堤を設置する試験区Fと、何も処理しない対照区Gの2つを比較した。試験区Fの構成をFig.12に示した。潜堤は、止水用に強化樹脂性の波板を底盤に15cm差し込み、土のうを板の両側に積んで安定させ高さが30cmになるように設置した。

評価のため、アサリを放流して生存率と成長を確認し、各区分での塩分濃度を確認した。各試験区内の浅めと深めの2箇所に、アサリの飼育用に網状コンテナ(50cm×36cmポリプロピレン製)を埋設し、表面に4cmの金網を食害防止対策として取り付けた。各コンテナ内には、1cm

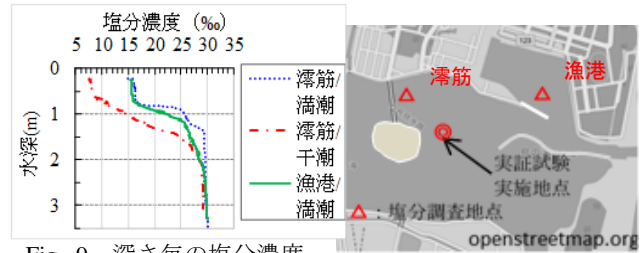


Fig. 9 深さ毎の塩分濃度
Salinity of Each Depth

Fig. 10 試験地点
Survey Spot

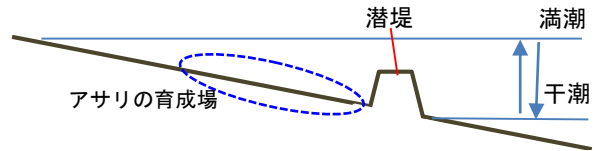


Fig. 11 潜堤設置の考え方概要
Outline of Submerged Breakwater

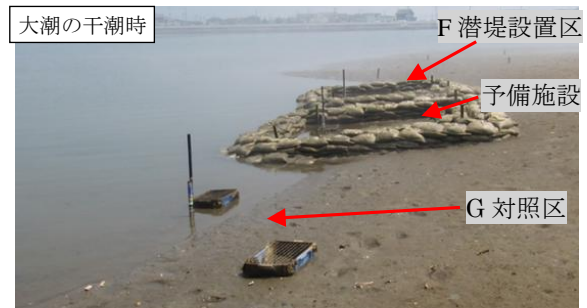


Photo 2 潜堤を用いた低塩分対策の現地試験
Field Test of Technique for Controlling Low Salinity with Submerged Breakwater

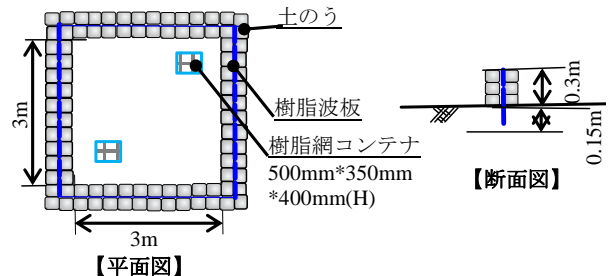


Fig. 12 試験区Fの構成
Structure of Test Area F

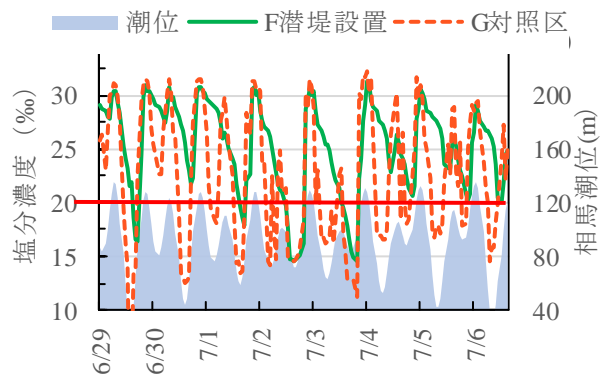


Fig. 13 塩分濃度と潮位変化
Salinity Concentration and Tide Level

台、2cm台、3cm台、4cm台のアサリをそれぞれ、20、10、20、10匹ずつの計60匹を放した。また各区画に多項目水質計を底質から5cmの高さになるように設置し、塩分濃度を区画毎に計測した。

3.3 効果確認試験の結果

3.3.1 塩分濃度への影響 各区画の塩分濃度と、その際の潮位変化をFig. 13に示した。潜堤設置区において、干潮時の塩分濃度の低い時間を短縮させる効果が見られ、塩分濃度はアサリの生育に適しているとされる20‰以上を概ね保った。

3.3.2 アサリの生存率と成長への影響 区画ごとのアサリの6月半ばからの4ヶ月間での生存率と殻長変化を、それぞれFig. 14とFig. 15に示す。アサリは概ね80~100%の生存率を示したが、1cm台の対照区では68%と比較的低い生存率であった。これが、Fの潜堤設置区では、生存率が高くなる傾向がみられた。2~3cm台の稚貝では、対照区の生存率が十分に高く、差違が生じなかった。4cm台の成貝でも、対照区と潜堤設置区の両方で80%の生存率であり同等であった。殻長は、1cm台の稚貝のみが約1cm成長し、大きな個体ほど殻長の成長が小さくなる傾向が、どの区画においても観察された。つまり、成長速度には、潜堤設置の影響がほとんどなかった。

3.4 潜堤を用いた低塩分対策の効果

適切な位置に潜堤を設置することにより、塩分躍層による浅場での低塩分の悪影響を、低減できることがわかった。その結果、特に環境ストレスに弱いアサリの1cm稚貝の生存率を向上させることができた。潜堤を安定して安価に作る方法など、具体的な工法として確立するためには課題が残るものの、無動力で低塩分濃度対策の方向性を示すことができた。

4. まとめ

鳥の海湾での環境調査および、対策の有効性確認などにより、当地でのアサリの成育阻害要因の推定と対策立案を行った。得られた結果を以下に示す。

- 1) 鳥の海湾のアサリ成育不良に関して、低塩分濃度の悪影響と食害被害、ならびに幼生の供給量不足の影響が大きいことが分かった。
- 2) 食害には当面の対策として防護網が有効であることが確認できた。防護網の設置により、供給した稚貝は、3カ月では平均8割程度、年間では30%程度の確率で生存できることが示された。
- 3) 低塩分対策として、潜堤でアサリ育成用の干潟を囲うことで、干潮時の極端な低塩分の影響を緩和

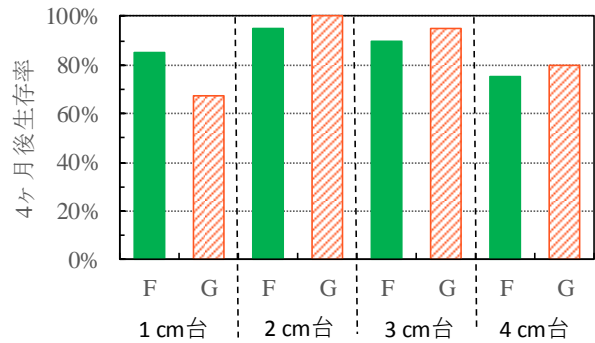


Fig. 14 サイズごとの4ヶ月生存率
Four Months Survival Rate by Size Class

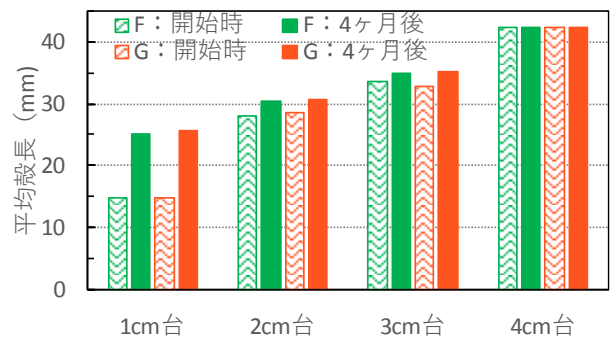


Fig. 15 サイズごとの殻長変化
Changes in Shell Length by Size Class

することができ、その結果、生存率の低い稚貝の生存率を向上させることが分かった。

- 4) 幼生の供給量不足への対策は、未検討課題として残されている。アサリによらず漁業資源の枯渇が懸念されており、稚貝の養殖施設などを簡易に安価に運用できる手法の検討などを行う必要がある。

謝辞

調査や試験に様々なご示唆をいただいた東北大学工学部西村教授ならびに特定非営利活動法人環境生態工学研究所の皆様へ感謝いたします。

参考文献

- 1) 鳥羽光晴:アサリ資源回復をめぐるこれまでとこれから、豊かな海, pp.57-63, N0.36,2015.7
- 2) 藤田光一,他:自然共生型流域圏・都市の再生資料集(I):水物質循環モデルを活用した水環境政策評価:東京湾とその流域を対象として, 国土技術政策総合研究所資料, pp.298, 2006.2
- 3) 阿部博和:アサリ幼生出現状況を捉える, 東北水研研究レター, N0.35,2015.3