

アサリ漁場における底土の物理特性と 減耗要因の解明に関する調査

社団法人 日本水産資源保護協会

調査実施年度

平成 17 年度～平成 19 年度

緒 言

アサリの着底後の減耗要因の1つとして、波浪による急激な地形変化によりアサリが砂中から放出され、次第に衰弱して潜砂が不可能となって減耗していることが指摘されており、アサリの活力が低下する冬季にその影響が顕著であることがわかっている¹⁾。

アサリの潜砂と底質との関係についてはいくつかの研究があり、宮城県²⁾及び城戸³⁾は粒径と潜砂速度との関係があるとしているが、桜井⁴⁾は粒径との有意な相関はないとしている。また、阿久津ら⁵⁾は底土が硬くなると稚貝分布量が減少する傾向がみられることから、底土の硬さもアサリの生息の適否を判断する底質の指標と成り得ると報告している。

さらに、粒径の均質な砂で造成された干潟では、アサリが潜砂できないほど硬くなるケースがあることが指摘されている（愛知県水産試験場からの聞き取り）。

これらのことから、アサリがその場に留まることができずに減耗する現象は、外力による砂の浸食に加えて、潜砂に関係する底土の物理的な特性の違いやアサリの健康度も関係していることが考えられる。

生物の生息地の適性を評価する手法として、HSI モデル (Habitat Suitability Index Model) があり、米国の自然環境アセスメントでよく利用されている。

アサリの生息地の適性を、HSI モデルを用いて評価した事例⁶⁻⁸⁾があり、底質、水質及び地盤高等を指標としているが、潜砂行動に関連すると考えられる底土の硬さやアサリの健康度については指標に含まれておらず、季節毎の生息密度を平均化したモデルである。季節によって変化するアサリの健康度及び潜砂行動に関連すると考えられる底土の硬さを加味することによって、モデルの改良が可能と考えられる。

本調査は、アサリの生息地適性を総合的に評価するモデルを構築して生息条件の1つである底土の物理特性と冬季における生残との関係を明らかにし、今後の生残に適した漁場基盤整備検討のための基礎資料を得ることを目的とするものである。

調査の経過を図 1 に示す。

平成 17 年度は、三河湾の豊川河口海域を対象に冬季の生残とそれに関係する環境因子の調査を行い、減耗の大きい海域ではアサリが潜砂可能な柔らかい砂層（以下、表層土と仮称）の厚みが薄く、十分に潜砂できないために減耗していることが示唆された。

そのため、平成 18 年度は潜砂速度（殻長を、潜砂を開始してから殻が完全に埋没するまでの時間で除して求めた）、潜砂行動開始時間（潜砂場所を探索し始めてから潜砂行動を開始するまでの時間）を室内実験により求め、底質やアサリの健康度の指標としての肥満度及びグリコーゲンとの関係を検討した。

平成 19 年度は、以上の潜砂速度、潜砂行動開始時間と底質やアサリの健康度との関係を解析し、この結果を既往の HSI モデルに加味して平成 17 年度に調査した豊川河口海域におけるアサリ生息密度を再現して、潜砂行動に関する指標の生息地適性評価の指標としての有効性を検討した。また、今後のアサリ漁場の基盤整備検討のための基礎資料として、潜砂行動に関する指標と底土の物理特性との関係を検討した。

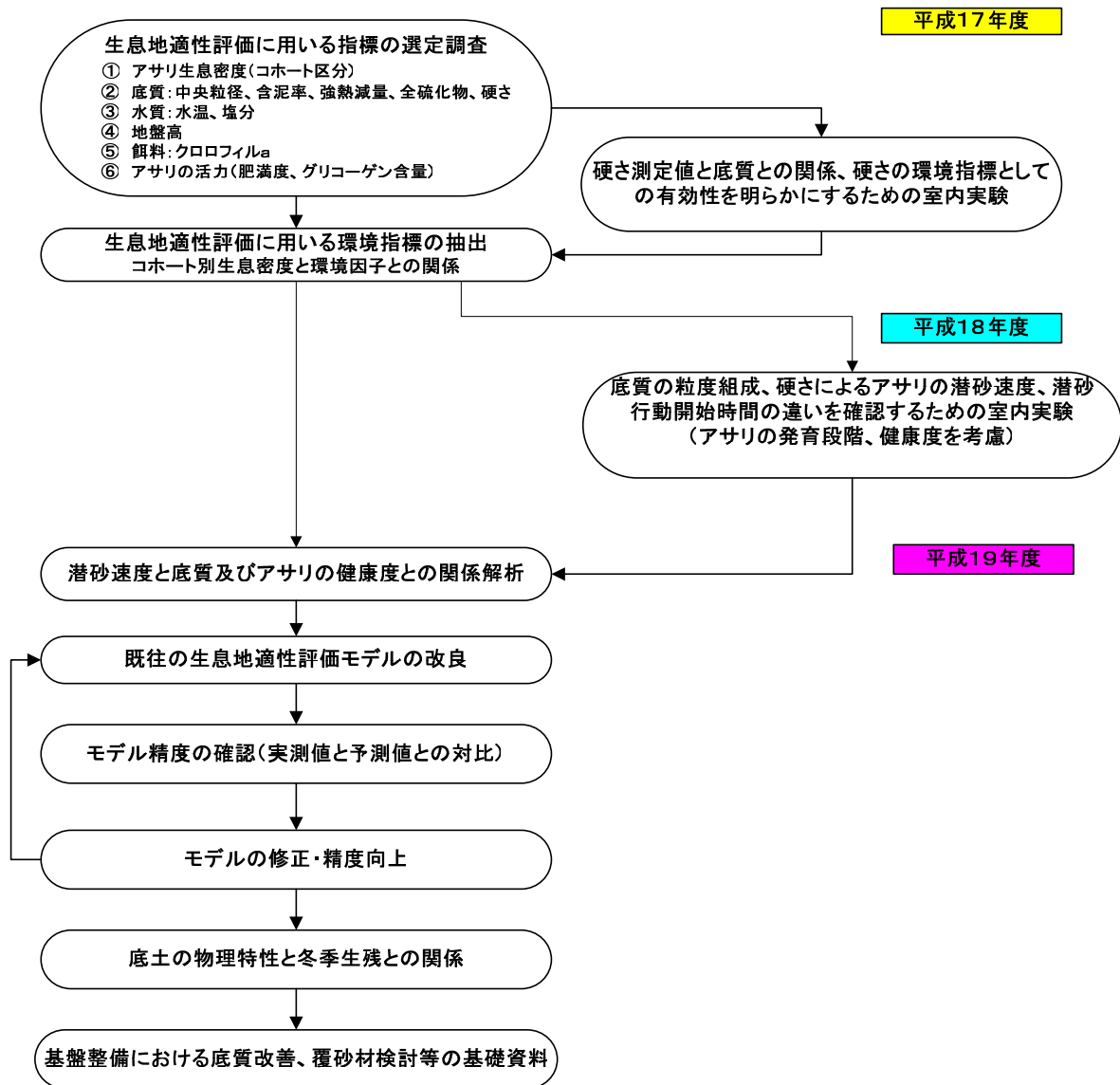


図 1 調査の経過

調査方法

平成 17 年度に実施した豊川河口海域（図 2）での現地調査及び硬度と底質との関係に関する室内実験、平成 18 年度に実施した潜砂行動に関する室内実験の方法を表 1 に示す。

表 1 調査方法

平成17 年度調 査	生息地適性 評価に用い る指標の選 定調査	調査時期	平成17年10月、平成18年1月
		調査測点	豊川河口海域で23測点
		調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ●アサリの生息状況：生息密度、サイズ、肥満度、グリコーゲン ●底質：粒度組成、強熱減量、硬度 ●水質：水温、塩分 ●地盤高
		調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ●アサリの生息状況：杵取りによる採取 ●底質：透明アクリル管による10cmまでの柱状採泥、外観・色相により層を区分して層の厚みを測定し、層別に試料採取。また、層別に山中式土壤硬度計により硬度を測定 ●水質：水温・塩分計による測定 ●地盤高：水深を測定し、潮位からDLへ換算
硬度の生息 条件指標と しての有効 性を明らか にするため の室内実験	材料	<ul style="list-style-type: none"> ●硬さ測定に用いる砂は、篩い分けにより、中央粒径0.1～3.1mmに整えた砂を4種類と豊川河口海域で粒径の異なる場所から採取した海砂4種類の計8種類 ●粒径を整えた砂の中央粒径値は、細礫に該当する3.1mm、粗砂に該当する1.3mm、中砂に該当する0.3mm、細砂に該当する0.1mmとした。 	
	実験方法	●10Lのポリバケツに砂を深さ約20cm投入して砂面まで海水を満たし、佐野他 ⁹⁾ の方法に従い、容器ごと落下させることによって震蕩させ締め固めた。震蕩の回数は、20～200回まで5段とした。	
	測定項目	●山中式土壤硬度計（平板型）により硬度を測定。	
平成18 年度調 査	アサリの潜 砂速度と底 質との関係 を解明する ための室内 実験	実験時期	平成18年7月、9月、10月、平成19年2月
		材料 砂	<ul style="list-style-type: none"> ●篩い分けにより、粒径を整えた砂3種類と豊川河口海域で粒径或いは層構造の異なる場所から採取した海砂6種類の計9種類。 ●粒径を整える砂の中央粒径値は、細礫に該当する3.1mm、粗砂に該当する1.3mm、中砂に該当する0.3mm、細砂に該当する0.1mmとした。
		アサリ	<ul style="list-style-type: none"> ●豊川河口で採取したアサリを用いた。 ●試験に用いたアサリの平均殻長は、7月が13mm、9、10月が16mm、2月が23mmであった。
		実験方法	<ul style="list-style-type: none"> ●ポリ容器に砂を深さ約20cm投入し、海水を満たした後、アサリを5個体収容し、個体別に潜砂開始から殻が砂中に埋没するまでの時間を測定。 ●2月調査では、潜砂場所を探索し始めてから潜砂行動を開始するまでの時間を測定。 ●粒径0.1mmの砂については、佐野他*の方法に従い、容器ごと落下させることによって震蕩させ締め固め、硬さの違いによる潜砂速度についても測定を行なった。
測定項目	<ul style="list-style-type: none"> ●アサリ：殻長、殻高、殻幅、軟体部重量、グリコーゲン ●底質：粒度組成、強熱減量、硬度 ●実験海水：水温、塩分 		



図2 平成17年度の豊川河口海域における調査地点

調査結果

1) 生息地適性評価に用いる指標の選定調査

平成 17 年度に、三河湾の豊川河口海域（図 2 参照）において冬季の生残とそれに関する環境因子の調査を行なった。

豊川河口（以下、B 区域）と河口から約 1Km 離れた区域（以下、A 区域）では、10 月にはいずれの区域もアサリの分布密度が高かったが、1 月にかけて減少し、特に A 区域では分布密度の低下が大きかった（図 3）。

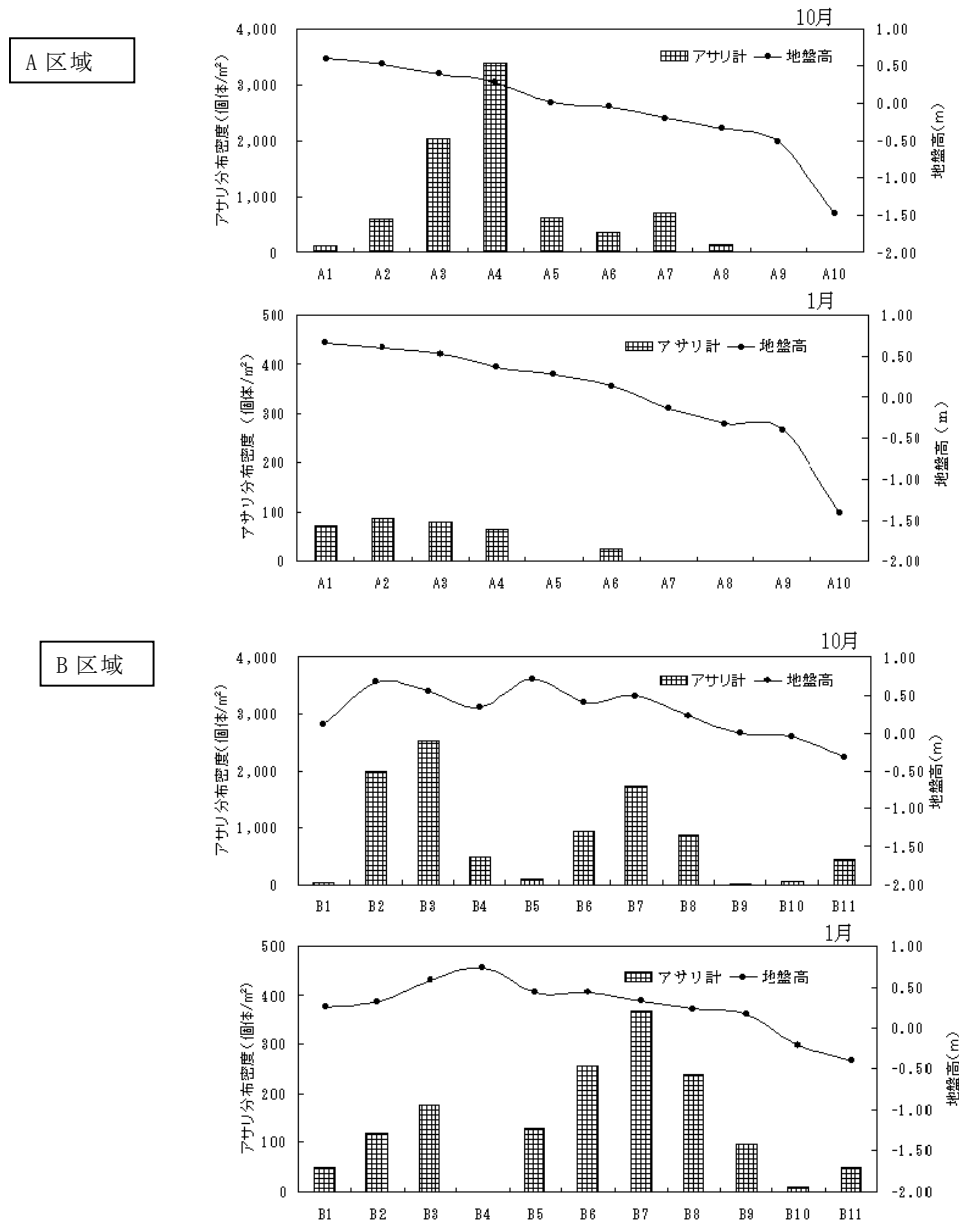


図 3 豊川河口海域におけるアサリの分布

平成 17 年 10 月、平成 18 年 1 月調査

A区域とB区域は、表2に示すように、地盤高、クロロフィルa及びアサリの肥満度やグリコーゲンについては大差はなかったが、B区域の方が、底質の中央粒径が大きく、表層土の厚みが大きい傾向がみられた。表層土の硬度は、区域による大きな違いはなかったが、A区域の下層土は表層土に比べ硬いことが特徴であった。

表2 区域別のアサリの生息状況と漁場環境

区域		A区域		B区域		C区域	
調査時期		1月	10月	1月	10月	1月	10月
生息密度 (個体/m ²)		33	796	128	839	24	128
平均殻長 (mm)		15.7	12.5	23.4	20.8	15.9	16.3
地盤高 (m)		0.60~-1.48	0.66~-1.41	0.74~-0.40	0.71~-0.32	0.31~-0.73	0.37~-0.65
底質	表層土厚 (cm)	5.7	6.2	9.5	8.7	8.0	7.0
	中央粒径 (mm)	0.39	0.38	0.62	0.78	0.27	0.31
	均等係数	2.7	2.7	3.1	3.7	2.4	2.8
	強熱減量 (%)	1.8	1.5	2.3	1.7	3.1	3.0
	全硫化物 (mg/g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	硬さ (cm)	11.3	9.8	12.2	14.5	13.0	14.5
	中央粒径 (mm)	0.36	0.41	0.58	0.71	0.38	0.29
	均等係数	3.0	3.2	3.7	4.2	3.5	2.8
	強熱減量 (%)	4.6	3.4	5.3	4.2	5.5	4.2
	全硫化物 (mg/g)	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05
下層土	硬さ (cm)	21.3	20.0	16.7	-	24.0	-
肥満度		15.3	16.6	15.9	16.7	13.8	14.4
グリコーゲン含有量 (mg/g)		11.7	6.4	10.1	6.3	6.7	5.6
クロロフィルa (μg/L)		6.5	-	6.8	-	6.6	-

表層土が薄い場所では、アサリが十分な深さまで潜砂できないことが想定されたので、A区域で表層土と下層土を採取して持ち帰り、室内で潜砂率試験を行った結果、表層土では、約2時間で全て潜砂を終えたのに対して、下層土では潜砂行動は示すものの、完全に砂中に潜る個体が約50%であった。

これらのことから、底質の硬度、粒径及び表層土の厚みも生息地適性評価の指標として有効であることが示唆された。

2) アサリの潜砂速度及び潜砂行動開始時間

平成17年度の調査結果から、冬季の減耗が底質の硬度や表層土の厚みの違い等により、アサリが十分な深さまで潜砂できないことが1つの要因になっていることが想定されたため、平成18年度は底質やアサリの健康度と潜砂速度及び潜砂行動開始時間との関係を室内実験により検討した。

(1) 水温との関係

潜砂速度と水温との関係を図4に示す。

アサリの潜砂速度は水温の低下とともに遅くなる傾向がみられたが、同程度の水温であっても、かなり差異がみられた。

(2) 底質との関係

① 中央粒径

潜砂速度と中央粒径との関係を図5に示す。

潜砂速度は、中央粒径 0.1~1.3 mmの範囲では明瞭な差異はなかったが、中央粒径 3.1 mmでは低下する傾向がみられた。

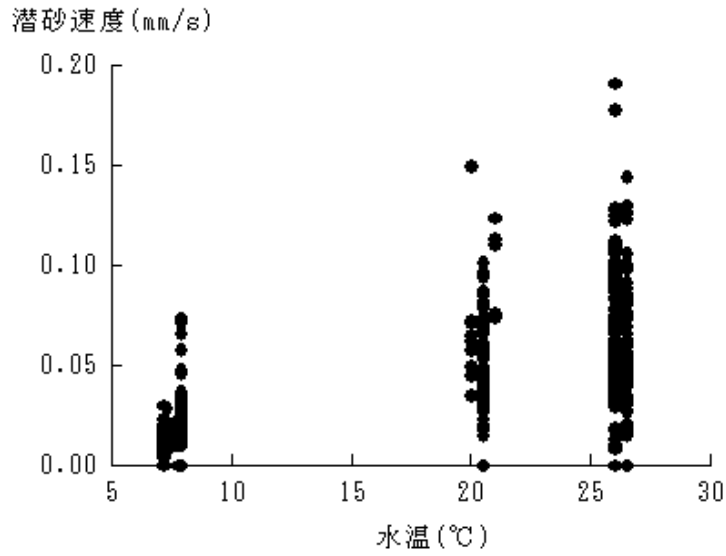


図4 アサリの潜砂速度と水温との関係

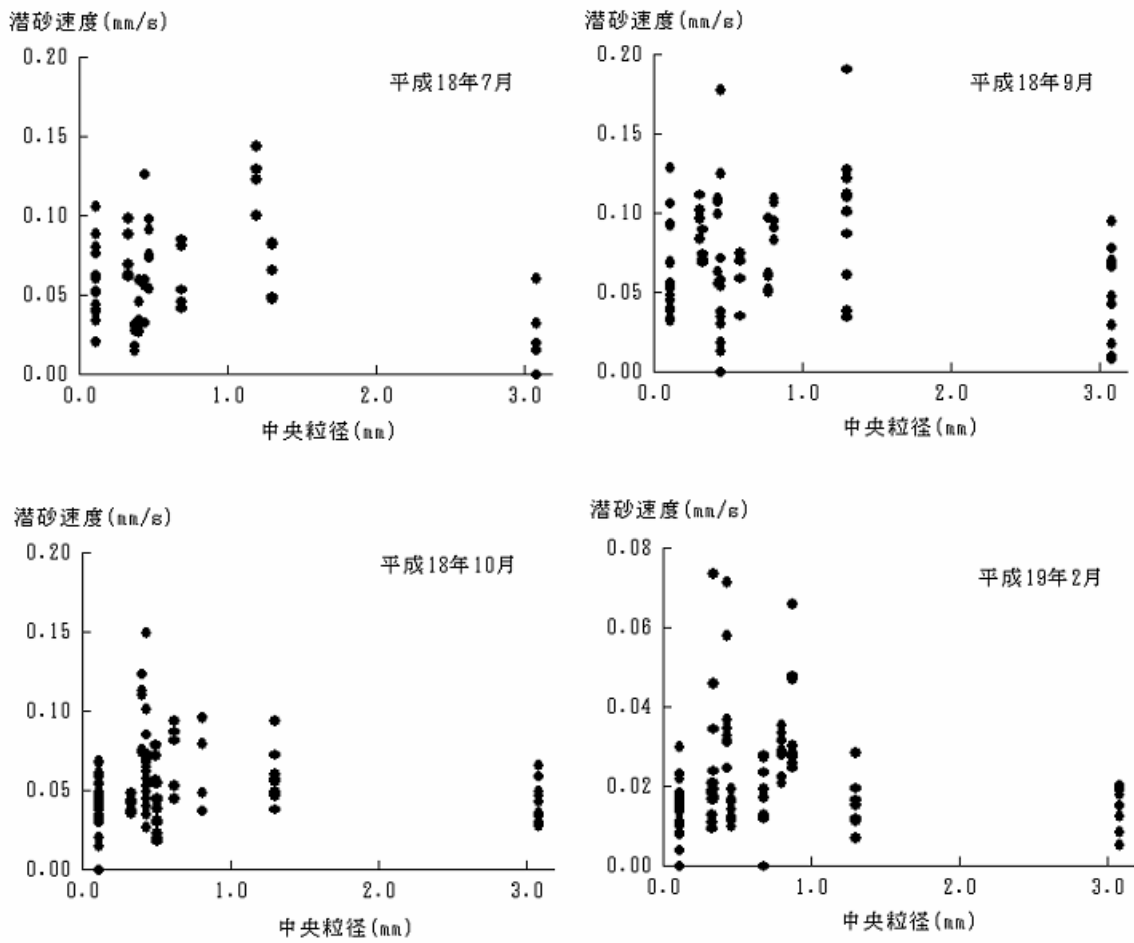


図5 アサリの潜砂速度と中央粒径との関係

また、平成 19 年 2 月の実験では、潜砂行動開始時間を測定した。
潜砂行動開始時間は、図 6 に示すように、中央粒径が小さいほど長くなる傾向がみられた。

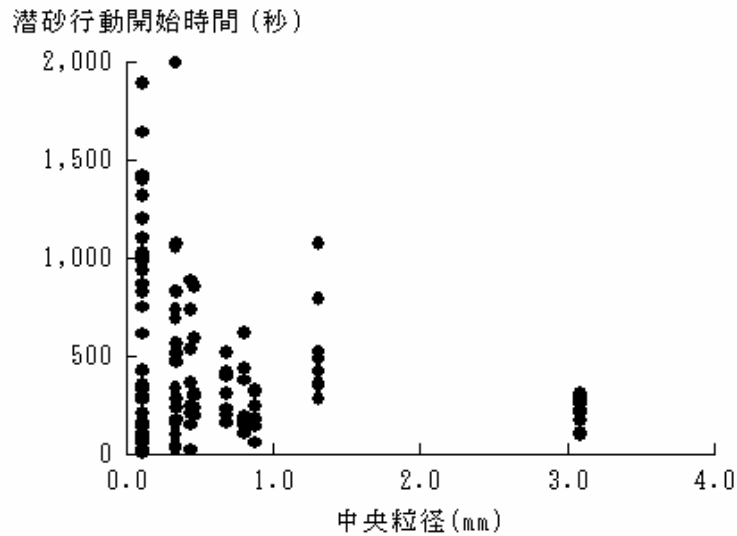


図 6 潜砂行動開始時間と中央粒径との関係(平成 19 年 2 月測定)

② 均等係数

潜砂速度と均等計数との関係を図 7 に示す。

潜砂速度と均等係数との間には明瞭な関係はみられないが、均等係数が 2 以下、3.5 以上でやや潜砂速度が低下する傾向がみられた。

また、潜砂行動開始時間は、図 8 に示すように、均等係数が 1.5 以下で長くなる傾向がみられた。

③ 硬度

潜砂速度と硬度との関係を図 9 に示す。

硬度が大きくなると潜砂速度が低下する傾向がみられ、特に、硬度が 20 mm 以上になると潜砂速度が顕著に低下した。

また、潜砂行動開始時間は、硬度が大きくなると長くなる傾向がみられた (図 10)。

(3) アサリの健康度との関係

実験に用いたアサリを対象に、健康度の指標として、肥満度及びグリコーゲンを測定し、潜砂速度との関係を検討した。

潜砂速度と肥満度及びグリコーゲンとの関係を図 11、12 に示す。

肥満度、グリコーゲンが多くなると、潜砂速度が速くなる傾向がみられるが、肥満度やグリコーゲンが高くても潜砂速度の遅い個体もみられた。

また、2 月に測定した潜砂行動開始時間は、肥満度やグリコーゲンとは明瞭な関係がみられなかった (図 13)。

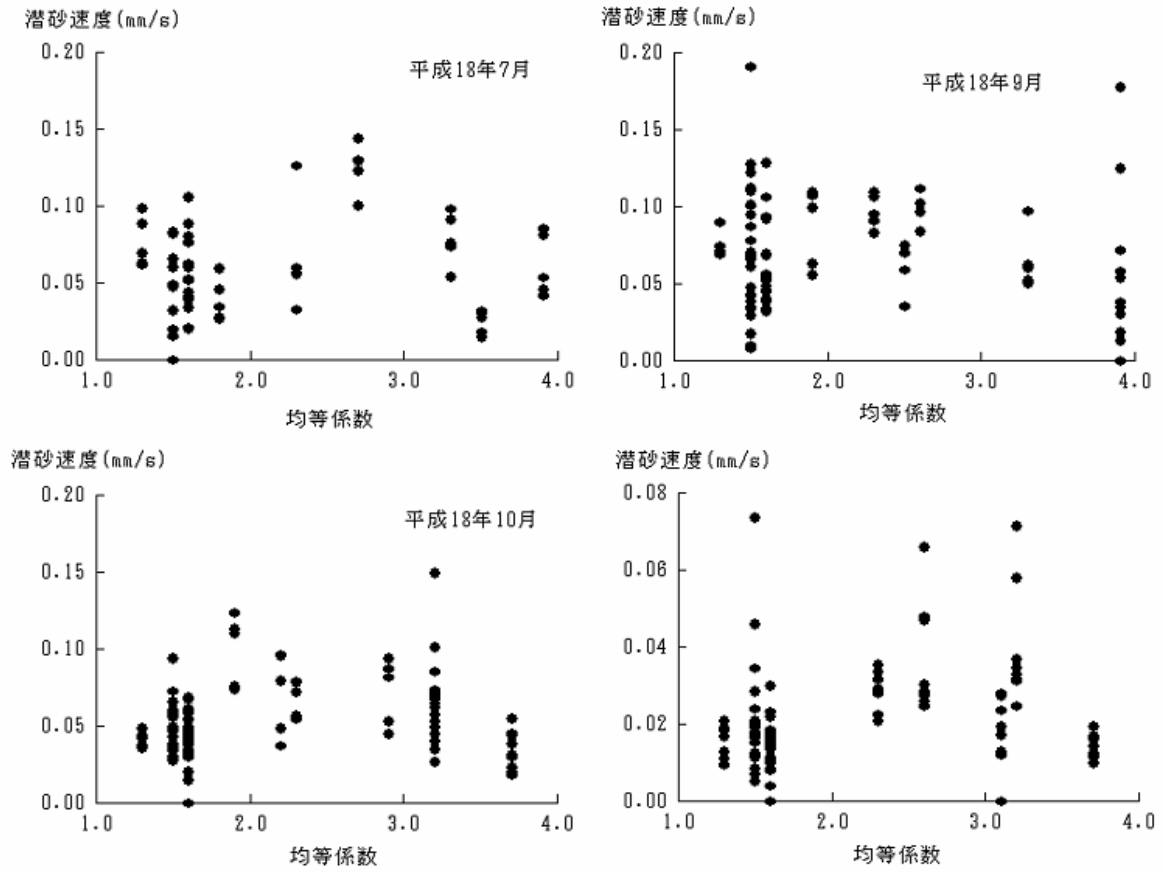


図7 アサリの潜砂速度と均等係数との関係

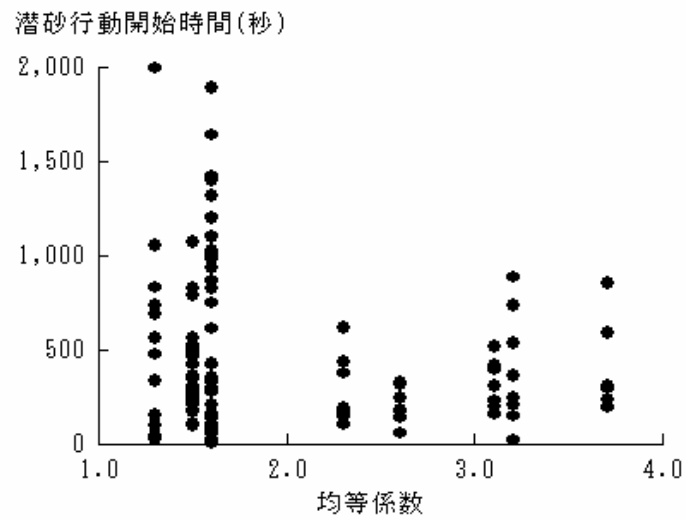


図8 潜砂行動開始時間と均等係数との関係(平成19年2月測定)

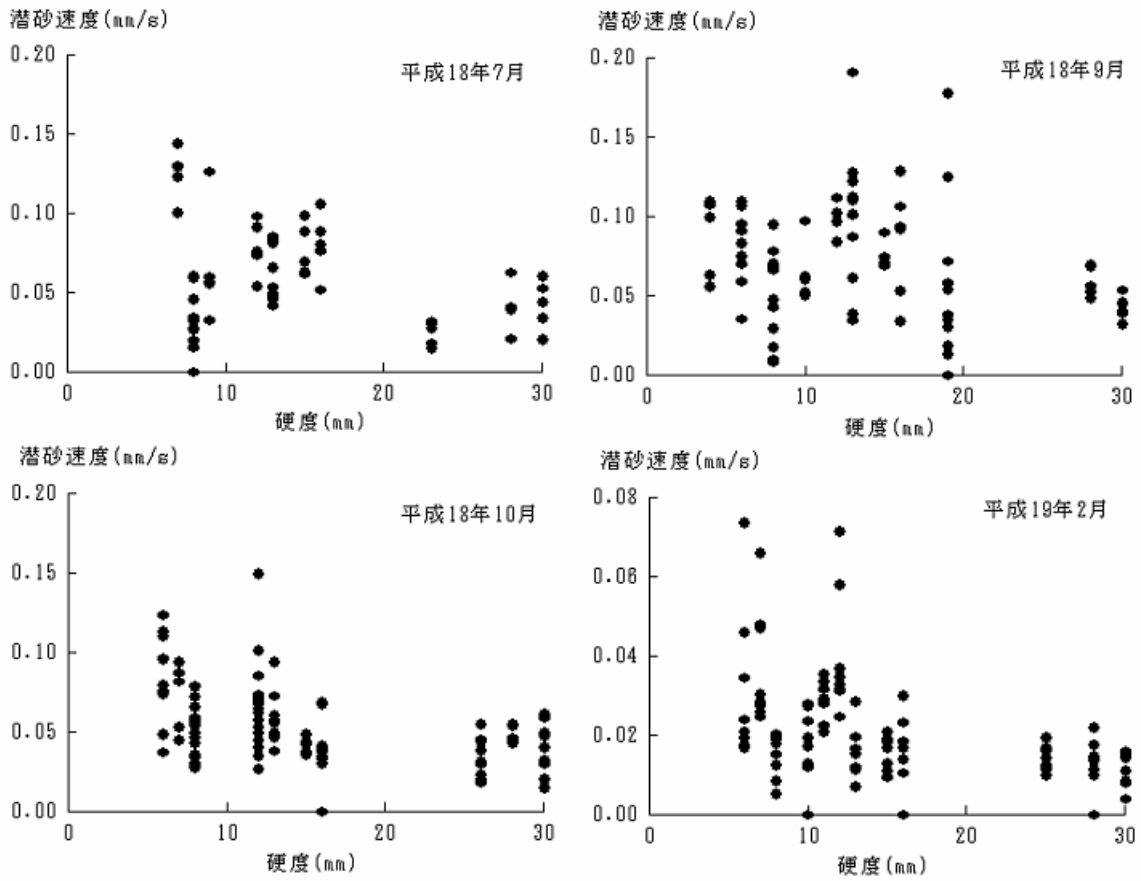


図9 アサリの潜砂速度と硬度との関係

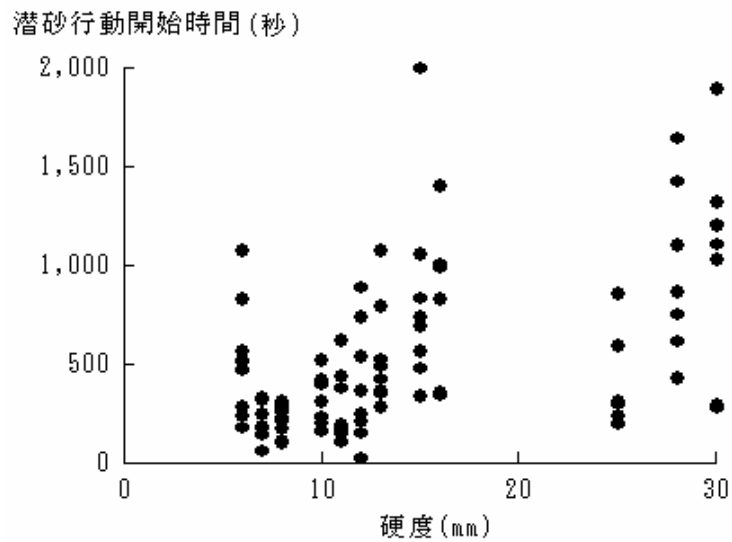


図10 潜砂行動開始時間と硬度との関係(平成19年2月測定)

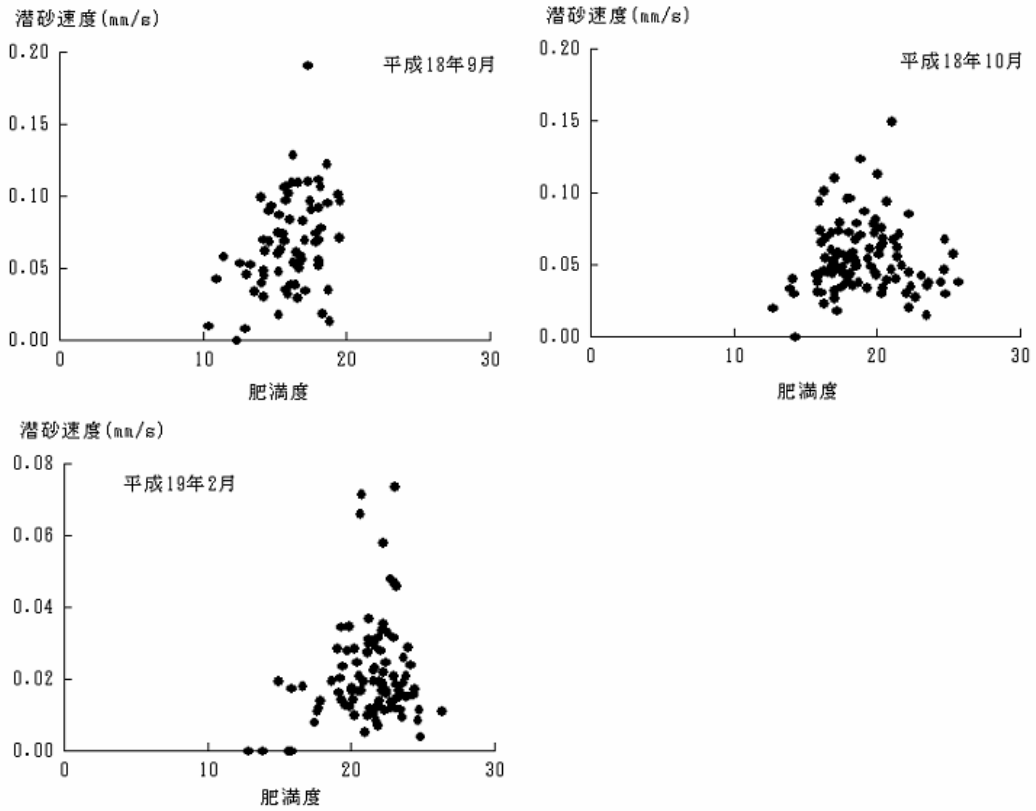


図 11 アサリの潜砂速度と肥満度との関係

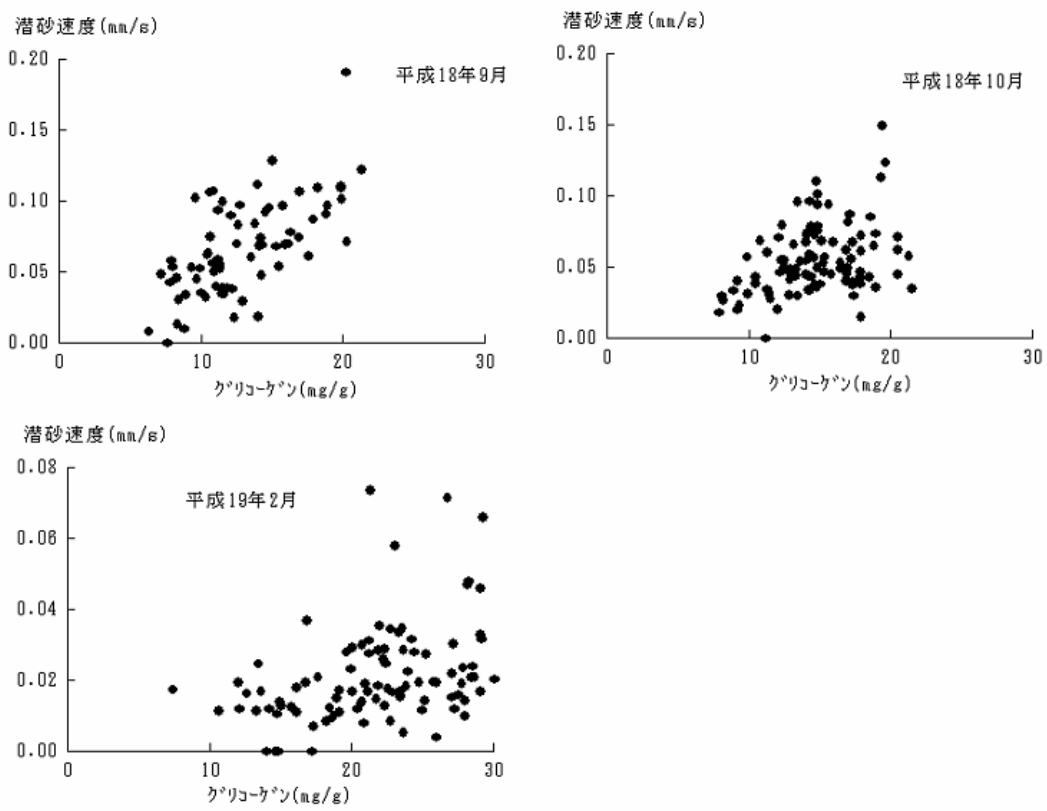


図 12 アサリの潜砂速度とグリコーゲン含有量との関係

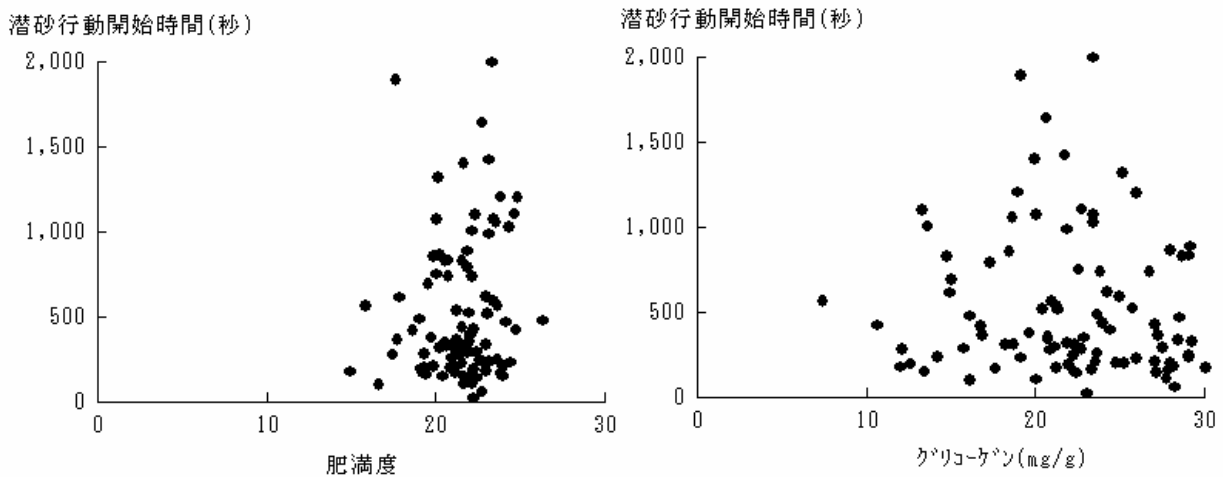


図 13 潜砂行動開始時間と肥満度、グリコーゲンとの関係(平成 19 年 2 月測定)

以上のように、アサリの潜砂速度や潜砂行動開始時間には、水温、底質、アサリの健康度等が複合的に関係していると考えられるため、重回帰分析を用いて関係解析を行った。

◆ 潜砂速度

潜砂速度を目的変数とし、水温、底質の中央粒径、均等係数、強熱減量及び硬度、アサリの健康度の指標として肥満度及びグリコーゲンを説明変数として変数増減法による重回帰分析を行った。

その結果、水温、グリコーゲン、硬度及び中央粒径が有意な変数となる重回帰式が得られ、潜砂速度 0.1mm/s 以上については計算値が実測値より小さくなる傾向を示したが、重相関係数は 0.76 と高かった(表 3、図 14)。

◆ 潜砂行動開始時間

潜砂行動開始時間を目的変数とし、底質の中央粒径、均等係数、強熱減量及び硬度、アサリの肥満度及びグリコーゲンを説明変数として変数増減法による重回帰分析を行った。

その結果、重回帰係数は 0.66 とやや低いものの、均等係数、中央粒径、硬度が有意な変数となる重回帰式が得られた(表 4、図 15)。

表 3 アサリの潜砂速度に関する重回帰式

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F 値	有意差判定確率
水温(°C)	0.004	0.869	247.333	**
グリコーゲン(mg/g)	0.002	0.390	49.763	**
硬度(mm)	-0.001	-0.363	70.256	**
中央粒径(mm)	-0.010	-0.252	34.418	**
定数項	-0.021			

目的変数 潜砂速度(mm/s) 重相関係数: 0.76

* 5%で有意
**1%で有意

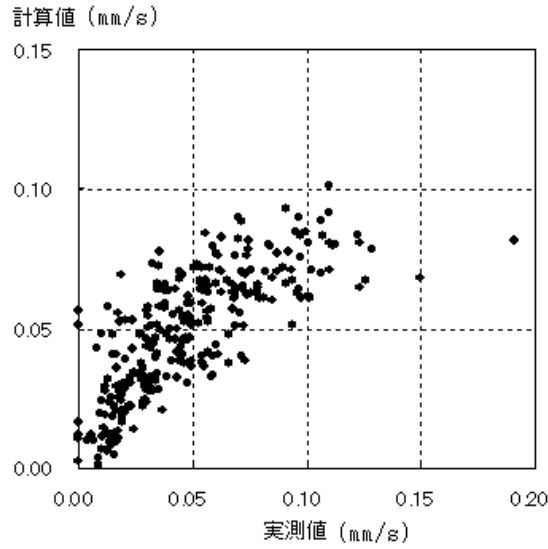


図 14 潜砂速度の重回帰式による計算値と実測値との比較

表 4 アサリの潜砂行動開始時間に関する重回帰式

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F 値	有意差判定確率
硬度 (mm)	17.011	0.343	14.317	**
均等係数	-219.688	-0.410	25.298	**
中央粒径 (mm)	-158.032	-0.296	10.414	**
定数項	862.733			

目的変数：潜砂行動開始時間 (s) 重相関係数：0.66

* 5%で有意
**1%で有意

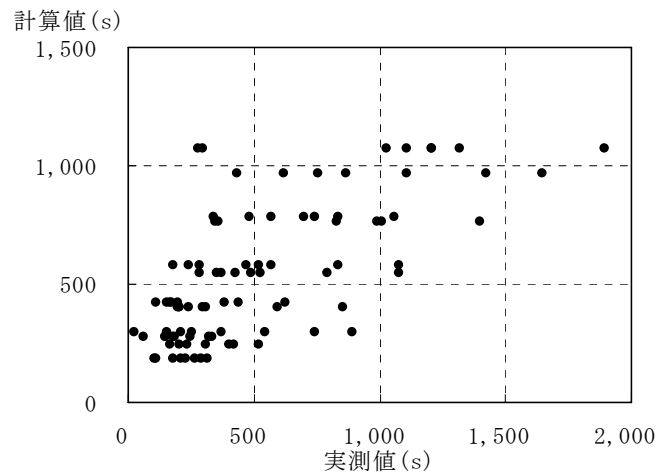


図 15 潜砂行動開始時間の重回帰式による計算値と実測値との比較

3) HSIモデルの改良

アサリのHSIモデルは、既にいくつかのモデルが公表されている(表5)。これらのうち、(社)日本アセスメント協会⁸⁾のモデルは、公表済みのモデルを総合的に検討し、新保⁶⁾のモデルを使用しやすい形(簡易に現地測定ができる、或いは既往資料が入手できる)に改良したモデルであり、今回はこのモデルを使用した。

既往のHSIモデルのパラメータのうち、潜砂行動に関するものとしては、中央粒径が4.2mm以上で潜砂行動が長くなり、生息に障害を与えるとして考慮しているが、潜砂速度には中央粒径だけでなく硬度やアサリの健康度も関係している。また、潜砂行動開始時間や潜砂可能な表層土の厚みについては考慮されていない。

そのため、潜砂速度、潜砂行動開始時間及び表層土の厚みを指標として追加することによってモデルの改良を試みた。

表5 既往のHSIモデルの概要

項目	変数	記号	備考
底質	中央粒径	V1	表面から10cmまでの底質
	泥分率	V2	//
	強熱減量	V3	//
	酸化還元電位	V4	//
	TOC	V5	//
干出	干出時間	V6	計算潮位から算出
水質	塩分	V7	年間データの算術平均
	水温	V8	//
波浪	底面摩擦速度	V9	荒天時を想定した数値解析結果

新保⁶⁾ 第1モデル: $HSI = ((V1, V2, V3, V4 \text{の最小値}) \times V6 \times V7 \times V8$

第2モデル: $HSI = ((V1, V2, V3, V4 \text{の最小値}) \times V6 \times V7 \times V8 \times V9$

市村⁷⁾ $HSI = V3 \times V5 \times V8$

(社)日本環境アセスメント協会⁸⁾ $HSI = ((V1, V2, V3, V4 \text{の最小値}) \times V6 \times V7 \times V8)^{1/4}$

(1) 新たなSI曲線の作成

① 潜砂速度に関するSI

平成18年1月に、豊川河口海域で調査した中央粒径、硬度、アサリのグリコーゲン及び水温については、愛知県水産試験場が蒲郡で観測している平成17年12月から1月上旬の平均水温を表3に示した重回帰式に代入して潜砂速度を求めた。

潜砂速度のSIは図16から、潜砂速度が0.015mm/sで1、潜砂速度が0mm/sで0とし、間を直線で補完した。

② 潜砂行動開始時間に関するSI

平成18年1月に、豊川河口海域で調査した底質の中央粒径、均等係数、硬度を表4に示した重回帰式に代入して潜砂行動開始時間を求めた。

潜砂行動開始時間のSIは図17から、潜砂行動開始時間が50秒で1、600秒で0とし、間を直線で補完した。

③ 表層土の厚みに関するSI

平成18年1月に、豊川河口海域での調査結果(図18)から、表層土の厚み10cmで1、厚み2cmで0とし、間を直線で補完した。

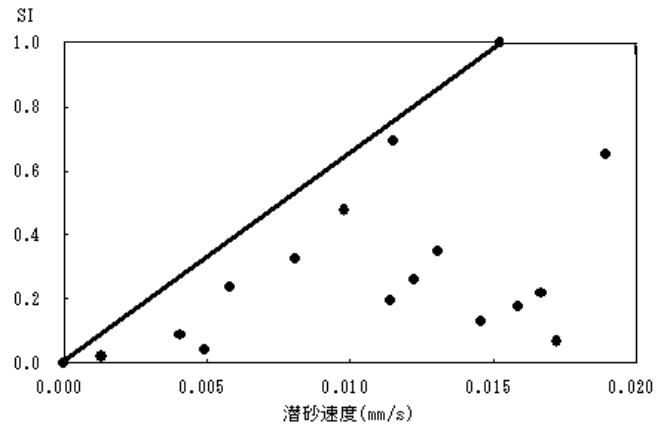


図 16 潜砂速度に関する SI

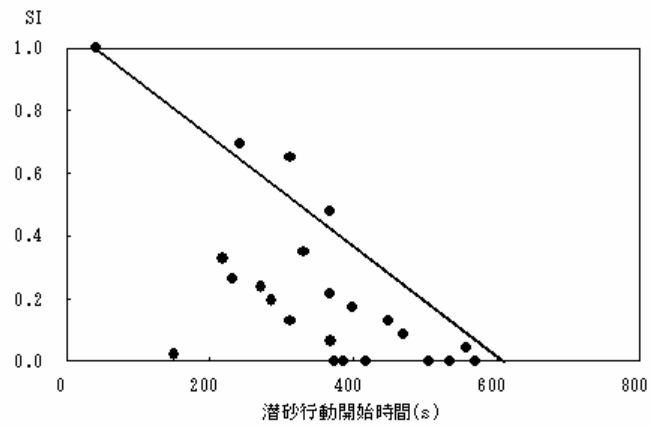


図 17 潜砂行動開始時間に関する SI

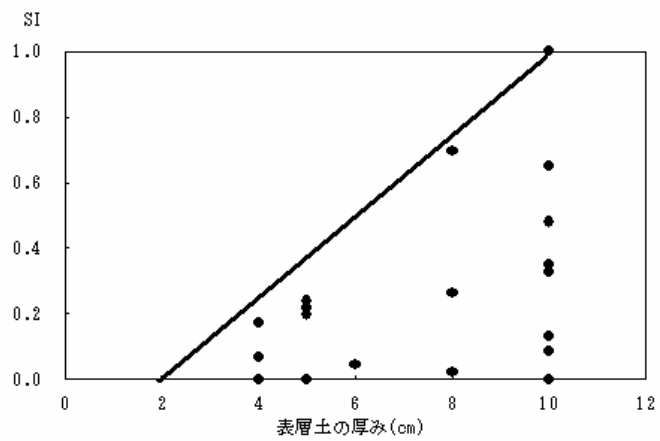


図 18 表層土の厚みに関する SI

(2) HSI モデルの検証

(社)日本環境アセスメント協会⁸⁾ の HSI モデルを参考に、平成 18 年 1 月の豊川河口海域における HSI を以下の式で求めた。

$$\text{既往 HSI} = ((\text{中央粒径 SI}, \text{泥分率 SI}, \text{強熱減量 SI の最小値}) \times \text{干出時間 SI} \times \text{水温 SI})^{1/3}$$

また、既往モデルによる HSI に潜砂速度、潜砂行動開始時間及び表層土の厚み SI を考慮して、以下の式で新たに HSI を求めた。

$$\text{新 HSI} = (\text{既往 HSI} \times \text{潜砂速度 SI} \times \text{潜砂行動開始時間 SI} \times \text{表層土の厚み SI})^{1/4}$$

計算した HSI とアサリ生息密度との関係を図 19 に示す。
上記した新たな SI を導入することにより、豊川河口海域の冬季におけるアサリ分布密度を再現することができ、潜砂速度、潜砂行動開始時間及び表層土の厚みが生息地の適性を評価する指標として有効であることがわかった。

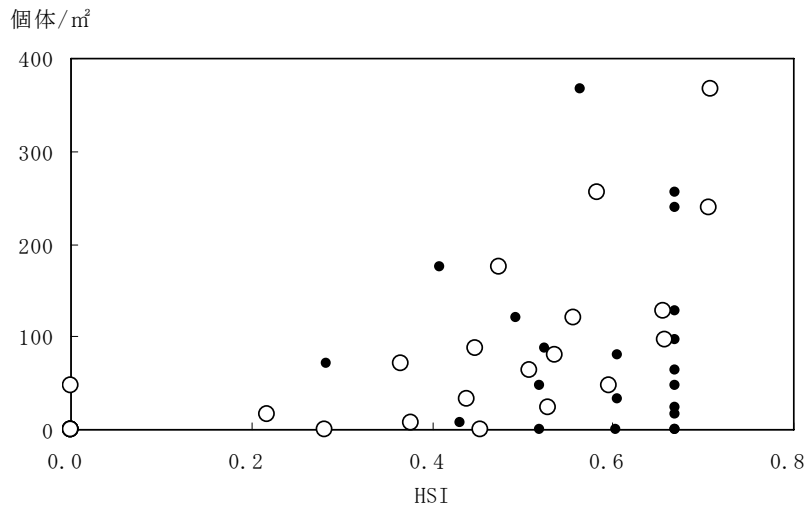


図 19 HSI と平成 18 年 1 月のアサリ生息密度との関係

● : 既往 HSI モデル、○ : 新 HSI モデル

4. 考 察

既往の HSI モデルに潜砂速度、潜砂行動開始時間、表層土の厚みに関する SI を考慮することにより、アサリの生息地の適性を評価でき、これらが生息地の適性評価に有効な指標であることがわかった。

今回の調査結果から、潜砂速度及び潜砂行動開始時間と底土の物理特性との関係を整理すると以下ようになる。

中央粒径からみると、潜砂速度は細かい粒径で速い傾向があるが、潜砂行動開始時間は、中央粒径が 0.1 mm 程度まで細かくなると遅くなる傾向がみられ、一旦、砂中から放出された場合には再度潜砂行動を開始するまでに時間がかかることがわかった。また、均等係数からみると、均等係数の小さい均質な底質で潜砂行動開始時間が長くなる傾向がみられ、粒径が細かく、さらに均等係数の小さい砂は、潜砂行動開始に時間がかかることになる。

平成 17 年度に実施した底質を震蕩して硬度を変化させる試験によると、図 20 に示すように、中央粒径 0.1 mm の細かい砂は、震蕩を加えることによって潜砂が困難となる硬度 20 mm 以上まで上昇した。波浪によって攪乱を受けている場合には硬化することはないと考えられるが、一旦、砂中から放出された場合には、潜砂行動開始時間が長いために、再度潜砂するまでに時間がかかり、アサリの生残には適切でないと考えられる。

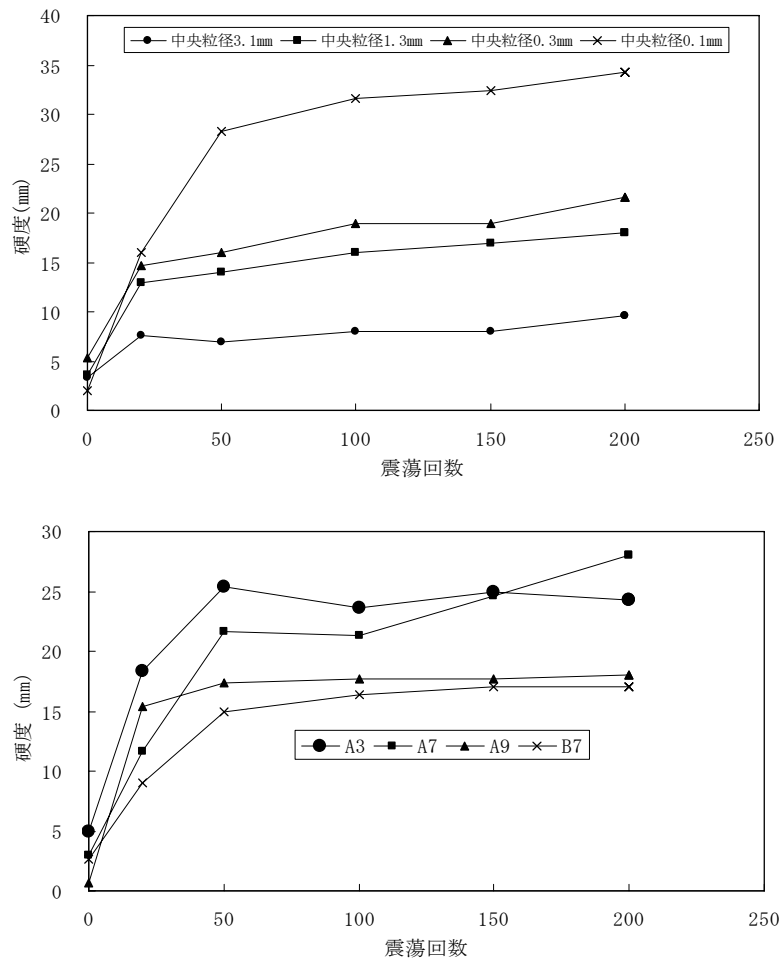


図 20 震蕩回数と硬度との関係

上：粒径を整えた砂、下：豊川河口海域の現場底土

表 6 実験に用いた砂の中央粒径、均等係数及び硬度

項目	豊川河口海域現場底土				粒径を整えた砂			
	A3	A7	A9	B7	中央粒径 3.1mm	中央粒 径1.3mm	中央粒径 0.3mm	中央粒 径0.1mm
中央粒径(mm)	0.37	0.32	0.36	0.75	3.08	1.30	0.33	0.11
均等係数	3.0	2.5	1.9	5.6	1.5	1.5	1.3	1.6
強熱減量(%)	5.4	1.5	0.7	1.8				
震蕩回数	硬度(mm)							
0	5	3	1	3	3	4	5	2
20	18	12	15	9	8	13	15	16
50	25	22	17	15	7	14	16	28
100	24	21	18	16	8	16	19	32
200	24	28	18	17	10	18	22	34

また、豊川河口海域の現場底土を震蕩によって硬度を変化させた実験によると、冬季の生残が少なかったA海域の底質は潜砂が困難となる硬度 20 mm程度まで容易に硬くなることがわかった。これに対して、生残が多かったB海域の底質は震蕩を繰り返しても硬度 15 mm前後にとどまっていた(図 20)。

硬度は、図 21 に示すように、間隙比と高い相関がみられ、砂粒子間の間隙が小さくなることによって硬くなるが、容易に硬化する底質と硬化しにくい底質とがあり、硬化しにくい海域の底質のように中央粒径が粗く、均等係数が大きく様々な粒径が混ざった底質に改良することや、或いは耕耘により潜砂しやすい硬度を維持するができれば、潜砂行動が容易となり、冬季減耗を抑制できる可能性が考えられる。

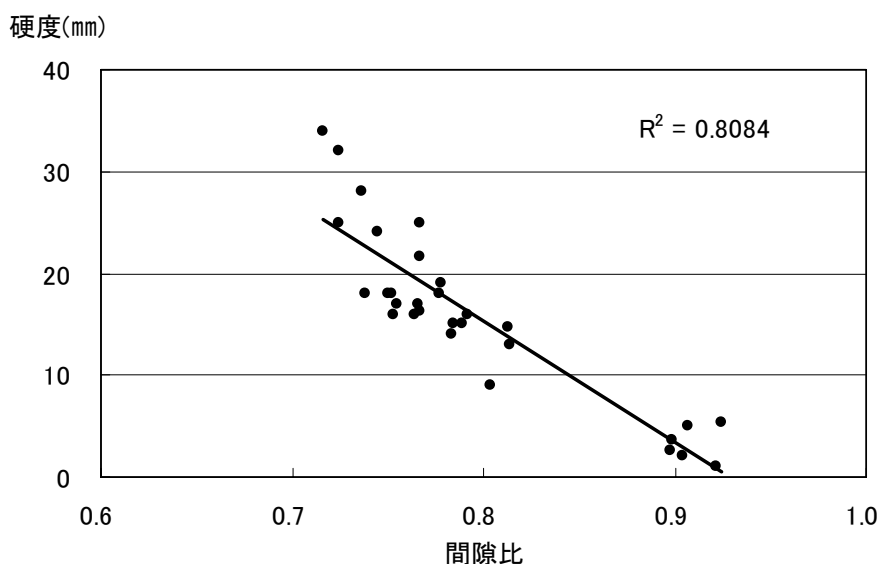


図 21 硬度と間隙比との関係

5. 摘要

- ◆ アサリの着底後の減耗要因の1つとして、波浪による砂の浸食によって砂中から放出され、次第に衰弱していることが指摘されているが、砂の浸食に対応して潜砂する事が出来れば、放出は回避されると考えられ、潜砂に関係する底土の物理的な特性の違いやアサリの健康度も減耗に関係していることが考えられた。
- ◆ そのため、アサリの潜砂に関係すると考えられる底土の物理特性と減耗要因との関係を解明するため、平成17年度から19年度の3か年にわたって調査を実施した。
- ◆ 平成17年度は、三河湾の豊川河口海域において冬季の生残とそれに関係する環境因子の調査を行ない、生息地の適性を評価する指標の検討を行った。
- ◆ 豊川河口で減耗の大きかった区域では、底土表面から数cm下に硬く締まった層があり、軟らかい表層土の厚みが薄く、アサリが十分な深さまで潜砂できずに砂中から放出され、減耗していることが想定された。
- ◆ このことから、平成18年度は底質やアサリの健康度と潜砂速度及び潜砂行動開始時間との関係を室内実験により検討した。
- ◆ アサリの潜砂速度は水温、底質の中央粒径や硬度及びアサリのグリコーゲンが関係していることがわかった。
- ◆ また、アサリの潜砂行動開始時間は、中央粒径が小さく、均等係数の小さい砂で長くなる傾向を示した。
- ◆ 平成19年度は、平成18年度の調査結果から潜砂速度、潜砂行動開始時間、潜砂可能な表層土の厚みに関するSIを求め、既往のHSIモデルにこれらを考慮してモデルの改良を検討した。
- ◆ 潜砂行動に係るこれらの指標を加味することにより、アサリの生息地の適性を評価することができ、潜砂速度、潜砂行動開始時間、表層土の厚みが生息地の適性を評価する指標として有効であることがわかった。
- ◆ 潜砂行動からみた場合、中央粒径が0.1mm程度の細かい砂は、潜砂速度は速いが、潜砂行動開始時間が長くなり、一旦、砂中から放出された場合には再度潜砂行動を開始するまでに時間のかかることがわかった。
- ◆ また、中央粒径0.1mmの細かい砂は、震蕩を加えることによって潜砂が困難となる硬度20mm以上まで上昇する。波浪により攪乱を受けていれば硬化はしないが、攪乱により砂中から放出された場合には潜砂行動開始時間が長いことから潜砂が困難となるため、アサリの生残には適切でないと考えられた。
- ◆ 硬度も潜砂速度や潜砂行動開始時間と関係がみられた。硬度は、間隙比と高い相関がみられ、砂粒子間の間隙が小さくなることによって硬くなるが、減耗の大きかったA区域のように容易に硬化する底質と、減耗の少ないB区域のように、硬化しにくい底質とがみられた。
- ◆ B区域のように、中央粒径が粗く、均等係数が大きい底質に改良することや、或いは耕耘により潜砂しやすい硬度を維持するができれば、潜砂行動が容易となり、減耗を抑制できる可能性が考えられた。
- ◆ 今後は、実証的な試験により、効果を確認していく必要がある。

6. 引用文献

- 1) (社)全国沿岸漁業振興開発協会, 1997:増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編, 平成8年度版, pp. 166.
- 2) 宮城県, 1984:松島湾地区大規模増殖場造成事業調査報告書、pp. 64.
- 3) 城戸他 1996, 海岸構造物における生物的検討-2, 発電所周辺海域を利用した二枚貝増殖場造成に向けた生物的検討, 沿岸海洋研究, 33(2), 133-146.
- 4) 桜井他, 1996:ウバガイ、バカガイおよびアサリの潜砂行動に及ぼす水温、塩分および底質粒径影響, 日水誌, 62(6), 878-885.
- 5) 阿久津他, 1995:アサリの生息と底質の硬度、粒度との関係について, 開発土木研究所月報, 503, 22-30.
- 6) 新保他, 2000:アサリを対象とした生物生息地適正評価モデル, 海岸工学論文集, 47, 1111-1115.
- 7) 市村他, 2003:HSIモデルを用いた人口干潟の生物生息場の評価, 第31回環境システム研究論文発表会講演集, 537-541.
- 8) (社)日本環境アセスメント協会, 2006:HSIモデル(生息場適正指数モデル):アサリ, 1-9.
- 9) 佐野他, 2004:干潟土壌硬さを用いた底生動物生息環境の評価, 第3回海環境と生物及び沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集, 17-22.

付 表

付表1 平成17年10月の豊川河口海域におけるアサリ分布密度、生息環境等一覧

項目	調査測点																							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	C1	C2	
アサリの分布密度 (個体/㎡)	殻長10mm未満	24	264	656	528	64	16	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	
	殻長10-20mm	80	304	1384	2864	552	344	680	120	0	8	32	1480	592	336	56	328	392	264	0	32	224	152	8
	殻長20-30mm	0	16	0	0	0	8	16	32	0	0	8	488	1944	144	56	600	1328	600	16	16	176	72	0
	殻長30mm以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	8	0	8	32	0	8
アサリ計	104	584	2040	3392	616	368	696	152	0	8	40	2000	2536	480	112	944	1736	872	16	56	432	240	16	
地盤高(m)	0.60	0.53	0.39	0.28	0.01	-0.05	-0.20	-0.34	-0.52	-1.48	0.12	0.68	0.55	0.33	0.71	0.40	0.48	0.23	0.00	-0.04	-0.32	0.65	0.37	
表層土底質	表層土厚み(cm)	6	3	6	5	5	10	10<	5	5	7	7	10<	7	8	10<	10<	8	8	10<	10<	8	10<	4
	中央粒径(mm)	0.55	0.53	0.39	0.32	0.34	0.33	0.32	0.32	0.36	0.36	0.68	0.71	0.51	0.74	0.83	1.78	0.75	0.69	0.64	0.68	0.57	0.27	0.34
	均等係数	4	3.4	3.2	2.7	2.8	2.6	2.5	2.3	1.9	1.6	2.8	1.8	3.9	4.2	3.2	5.1	5.6	3.4	4	2.8	3.6	2.5	3
	硬度(mm)	14	16	12	7	15	6	7	9	6	6	15	8	10	19	7	10	19	19	13	21	18	15	14
	IG-Loss(%)	0.9	2.3	1.6	1.7	1.9	1.3	1.5	1.2	0.7	2.1	2.8	1.4	1.5	0.8	1	1.6	1.8	1.3	1.7	3.4	1.7	2.1	3.8
下層土底質	T-S(mg/g)	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.04	0.04	0	0
	中央粒径(mm)	0.41	0.48	0.46	0.53	0.41			0.36	0.35	0.37	0.6		0.4	1.14			0.91	0.66			0.52		0.29
	均等係数	3.3	3.8	4.1	5.1	3.4			2.3	1.7	1.6	5.6		3.3	5.3			4	3.5			3.4		2.8
	硬度(mm)	24	20	22	25	24			22	21	18	16		16	19			18	18			18		28
	IG-Loss(%)	3.3	4.4	6.3	2.8	3.8			1.5	1.7	3.7	7.5		4.4	2.7			4.1	3.1			3.4		4.2
肥満度	15.9	14.8	14.1	15.1	16.7	18.2	18.3	18.6		17.7	14.7	15.2	13.6	18.5	16.7	16.7	16.2	16.3	19.7	17.4	18.6	14	14.8	
ケリコーゲン(mg/g)	4.5	5.8	6.9	9.0	6.4	6.6	6.0	6.0			4.8	4.5	5.1	7.2	4.6	7.7	5.7	7.4	7.9	7.6	6.6	5.7	5.6	

付表2 平成18年1月の豊川河口海域におけるアサリ分布密度、生息環境等一覧

項目	調査測点																							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	C1	C2	
アサリの分布密度 (個体/㎡)	殻長10mm未満	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	殻長10-20mm	64	72	80	64	0	16	0	0	0	8	24	32	0	48	24	120	40	0	8	0	24	16	
	殻長20-30mm	0	16	0	0	0	8	0	0	0	40	96	120	0	80	184	248	200	96	0	16	8	0	
	殻長30mm以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	48	0	0	0	0	32	0	0	
アサリ計	72	88	80	64	0	24	0	0	0	48	120	176	0	128	256	368	240	96	8	48	32	16		
地盤高(m)	0.66	0.60	0.53	0.36	0.27	0.14	-0.14	-0.32	-0.40	-1.41	0.26	0.32	0.58	0.74	0.43	0.43	0.33	0.23	0.17	-0.21	-0.40	0.73	0.31	
表層土底質	表層土厚み(cm)	5	5	5	4	4	9	5	5	10<	10<	10<	10<	10<	10<	8	10	10<	8	8	10<	10<	6	
	中央粒径(mm)	0.46	0.53	0.37	0.34	0.34	0.39	0.39	0.35	0.37	0.39	0.82	0.50	0.35	0.87	0.49	0.48	0.60	0.43	0.66	0.95	0.64	0.30	0.25
	均等係数	3.3	3.4	3.0	2.8	2.7	2.9	2.9	2.3	1.6	1.6	2.3	3.5	2.7	2.3	3.0	3.4	4.0	3.2	3.1	3.8	2.9	2.5	2.3
	硬度(mm)	13	14	13	12	10	12	15	12	7	5	13	17	9	9	12	16	9	13	9	16	11	12	14
	IG-Loss(%)	0.7	2.4	2.5	2	0.5	2.6	1.2	2.3	1.6	2.1	2.9	1.1	1.6	3.7	3.4	3.6	1.4	3.7	2.2	0.9	1.2	2.2	3.9
下層土底質	T-S(mg/g)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	中央粒径(mm)	0.41	0.37	0.4	0.39	0.34	0.32	0.34	0.33							0.63			0.62	0.5			0.38	
	均等係数	3.3	3.1	3.7	3.2	2.7	2.7	2.5	2.4							3.1			3.5	4.4			3.5	
	硬度(mm)	21	21	19	21	21	25	22	20							17			16	17			24	
	IG-Loss(%)	3.3	4.5	6.3	9.1	5	3.1	1.6	3.7							3.9			4.1	7.8			5.5	
肥満度	13.8	14.7	16.5	15.5		15.9					12.7	15	14.1		17.3	16.2	16.8	16.7	16.3	16	18.3	15.1	12.5	
ケリコーゲン(mg/g)	11.0	9.2	13.2	12.0		12.9					6.1	8.9	7.0		11.3	10.5	10.9	14.6	9.7	10.3	12.1	5.9	7.4	

付表3 硬度及び間隙比の測定結果

底質種類		震蕩回数	硬度(cm)	間隙比
粒径を整えた砂	中央粒径0.1mm	0	2	0.90
		20	16	0.75
		50	28	0.74
		100	32	0.72
		200	34	0.72
	中央粒径0.3mm	0	5	0.92
		20	15	0.81
		50	16	0.79
		100	19	0.78
		200	22	0.77
	中央粒径1.3mm	0	4	0.90
		20	13	0.81
		50	14	0.78
		100	16	0.76
		200	18	0.75
現場底土	A3	0	5	0.91
		20	18	0.74
		50	25	0.72
		100	24	0.72
		200	24	0.71
	A9	0	1	0.92
		20	15	0.79
		50	17	0.77
		100	18	0.75
		200	18	0.74
	B7	0	3	0.90
		20	9	0.80
		50	15	0.78
		100	16	0.77
		200	17	0.76

付表4 平成18年7月の潜砂速度試験結果

試験区	水温 (°C)	中央粒径 (mm)	均等係 数	硬度(mm)	潜砂速度 (mm/s)	潜砂行動開 始時間(分)	殻長(mm)	殻高(mm)	殻幅(mm)	肥満度	ク ³ リコーゲン (mg/g)
0.1mm20回	26.5	0.11	1.6	16	0.076		14.31	9.44	6.15	14.4	5.3
0.1mm20回	26.5	0.11	1.6	16	0.080		13.50	9.11	5.27	15.4	5.4
0.1mm20回	26.5	0.11	1.6	16	0.106		12.59	8.33	5.09	15.0	
0.1mm20回	26.5	0.11	1.6	16	0.052		11.73	8.17	5.03	12.4	
0.1mm20回	26.5	0.11	1.6	16	0.088		11.87	7.95	5.12	12.4	
0.1mm50回	26.5	0.11	1.6	28	0.063		13.73	9.62	5.19	11.7	
0.1mm50回	26.5	0.11	1.6	28	0.040		13.88	10.58	5.00	13.6	
0.1mm50回	26.5	0.11	1.6	28	0.039		14.81	9.79	5.30	13.0	6.5
0.1mm50回	26.5	0.11	1.6	28	0.021		11.30	8.33	4.98	14.9	
0.1mm50回	26.5	0.11	1.6	28	0.041		11.90	8.28	5.05	12.1	
0.1mm200回	26.5	0.11	1.6	34	0.061		13.31	9.28	4.92	13.2	
0.1mm200回	26.5	0.11	1.6	34	0.044		15.50	10.65	6.09	12.9	7.0
0.1mm200回	26.5	0.11	1.6	34	0.034		12.56	8.05	5.11	13.5	
0.1mm200回	26.5	0.11	1.6	34	0.020		11.41	7.59	4.60	11.6	
0.1mm200回	26.5	0.11	1.6	34	0.053		16.00	10.63	6.13	11.9	7.4
0.3mm	26.5	0.33	1.3	15	0.089		12.72	8.70	5.33	11.9	
0.3mm	26.5	0.33	1.3	15	0.099		14.10	9.76	5.69	12.8	4.8
0.3mm	26.5	0.33	1.3	15	0.062		13.03	8.32	4.92	15.0	
0.3mm	26.5	0.33	1.3	15	0.063		13.30	8.82	4.73	14.4	
0.3mm	26.5	0.33	1.3	15	0.070		13.43	8.59	4.89	12.4	
1.3mm	26.5	1.3	1.5	13	0.082		12.08	8.48	5.19	15.0	
1.3mm	26.5	1.3	1.5	13	0.049		13.04	8.52	5.17	12.9	4.8
1.3mm	26.5	1.3	1.5	13	0.048		12.06	8.24	4.61	13.3	
1.3mm	26.5	1.3	1.5	13	0.066		13.94	8.84	4.86	13.3	
1.3mm	26.5	1.3	1.5	13	0.083		11.58	8.13	4.79	15.0	
3.1mm	26.5	3.08	1.5	8	0.032		12.63	8.32	5.23	14.6	5.2
3.1mm	26.5	3.08	1.5	8	0.015		11.58	7.32	3.73	12.7	
3.1mm	26.5	3.08	1.5	8	0.020		14.64	10.24	5.90	14.7	5.9
3.1mm	26.5	3.08	1.5	8	0.061		14.35	10.42	6.71	13.0	7.9
3.1mm	26.5	3.08	1.5	8	0.000		13.21	8.95	5.19	13.0	
A3下	26.3	0.37	3.5	23	0.031		13.44	8.97	4.92	11.8	6.0
A3下	26.3	0.37	3.5	23	0.028		12.01	7.79	3.96	11.5	4.9
A3下	26.3	0.37	3.5	23	0.032		12.34	8.19	4.35	13.6	6.2
A3下	26.3	0.37	3.5	23	0.018		14.25	9.71	5.23	12.4	7.1
A3下	26.3	0.37	3.5	23	0.015		11.54	7.49	3.80	12.2	4.8
A3上	26.3	0.47	3.3	12	0.074		11.60	7.44	4.16	13.9	5.0
A3上	26.3	0.47	3.3	12	0.091		13.27	9.18	5.84	12.7	7.0
A3上	26.3	0.47	3.3	12	0.098		11.62	8.15	4.50	14.1	4.4
A3上	26.3	0.47	3.3	12	0.076		11.70	8.43	5.14	11.8	5.3
A3上	26.3	0.47	3.3	12	0.054		10.94	7.43	4.04	12.2	3.4
A10	26.3	0.4	1.8	8	0.046		12.86	9.09	5.76	13.4	5.5
A10	26.3	0.4	1.8	8	0.059		13.51	9.28	5.36	13.4	
A10	26.3	0.4	1.8	8	0.027		12.00	7.90	4.45	11.9	
A10	26.3	0.4	1.8	8	0.028		13.44	9.56	4.92	12.7	
A10	26.3	0.4	1.8	8	0.035		10.05	7.17	3.86	14.4	
B6	26.3	1.19	2.7	7	0.144		12.94	8.57	4.84	16.8	
B6	26.3	1.19	2.7	7	0.130		11.28	7.27	4.87	15.0	
B6	26.3	1.19	2.7	7	0.123		13.71	9.49	5.12	15.0	6.3
B6	26.3	1.19	2.7	7	0.101		13.43	8.69	5.12	15.1	4.8
B6	26.3	1.19	2.7	7	0.129		11.38	7.75	4.59	14.8	
B7	26.3	0.44	2.3	9	0.056		12.23	8.35	5.24	13.1	5.4
B7	26.3	0.44	2.3	9	0.057		12.16	7.93	4.17	12.9	3.3
B7	26.3	0.44	2.3	9	0.033		12.87	8.51	4.39	11.6	8.5
B7	26.3	0.44	2.3	9	0.060		14.36	9.68	5.09	17.0	5.0
B7	26.3	0.44	2.3	9	0.126		11.36	7.61	4.69	17.3	5.4
B11	26.3	0.69	3.9	13	0.054		12.37	8.04	5.25	11.5	
B11	26.3	0.69	3.9	13	0.046		11.64	8.11	4.91	12.5	
B11	26.3	0.69	3.9	13	0.042		13.08	8.46	4.48	13.1	
B11	26.3	0.69	3.9	13	0.086		15.39	10.33	5.90	16.0	5.8
B11	26.3	0.69	3.9	13	0.081		13.06	8.81	5.37	14.6	6.2

付表5 平成18年9月の潜砂速度試験結果

試験区	水温 (℃)	中央粒径 (mm)	均等係 数	硬度(mm)	潜砂速度 (mm/s)	潜砂行動開 始時間(分)	殻長(mm)	殻高(mm)	殻幅(mm)	肥満度	クローゲン (mg/g)
0.1mm20回	26	0.11	1.6	16	0.106		13.05	8.39	5.83	15.7	10.6
0.1mm20回	26.1	0.11	1.6	16	0.034		17.19	10.98	8.20	13.6	8.9
0.1mm20回	26.1	0.11	1.6	16	0.129		18.80	12.52	7.59	16.2	15.0
0.1mm20回	26.1	0.11	1.6	16	0.094		15.00	10.11	6.71	14.7	11.2
0.1mm20回	26.1	0.11	1.6	16	0.092		13.44	9.07	5.47	18.0	14.5
0.1mm20回	26.1	0.11	1.6	16	0.053		19.46	13.32	8.13	16.6	9.3
0.1mm50回	26.1	0.11	1.6	28	0.049		17.60	11.85	7.10	14.2	7.2
0.1mm50回	26.1	0.11	1.6	28	0.056		18.95	12.77	7.86	16.8	10.8
0.1mm50回	26.1	0.11	1.6	28	0.069		16.73	11.43	7.52	14.6	14.1
0.1mm50回	26.1	0.11	1.6	28	0.070		16.98	11.60	7.44	17.1	15.9
0.1mm50回	26.1	0.11	1.6	28	0.053		15.94	10.57	6.70	13.3	9.9
0.1mm200回	26.1	0.11	1.6	34	0.054		16.72	11.81	7.66	12.6	8.0
0.1mm200回	26.1	0.11	1.6	34	0.045		16.55	11.44	7.05	14.2	9.7
0.1mm200回	26.1	0.11	1.6	34	0.046		14.94	11.06	6.53	13.0	8.3
0.1mm200回	26.1	0.11	1.6	34	0.040		14.88	10.16	6.59	14.1	11.0
0.1mm200回	26.1	0.11	1.6	34	0.039		17.19	12.13	6.85	16.1	11.8
0.1mm200回	26.1	0.11	1.6	34	0.032		18.46	12.15	7.03	15.9	10.3
0.3mm	26.1	0.33	1.3	15	0.072		19.03	14.16	8.96	19.5	20.2
0.3mm	26.1	0.33	1.3	15	0.069		18.39	11.94	7.56	15.7	14.3
0.3mm	26.1	0.33	1.3	15	0.075		19.22	13.92	8.82	17.8	16.9
0.3mm	26.1	0.33	1.3	15	0.090		16.18	11.00	6.96	14.5	12.1
0.3mm	26.1	0.33	1.3	15	0.074		18.79	13.02	8.41	15.6	14.2
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.039		19.18	14.06	8.32	16.4	11.5
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.087		16.06	11.94	7.18	15.3	17.9
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.035		17.45	12.19	7.15	17.1	11.6
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.062		17.57	12.27	7.61	16.5	17.5
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.101		15.86	10.49	5.59	19.4	19.9
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.110		15.00	10.12	6.30	17.3	19.8
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.122		15.50	11.23	6.42	18.6	21.3
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.191		17.00	13.59	7.63	17.3	20.2
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.101		10.50				
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.113		10.80				
1.3mm	26.1	1.3	1.5	13	0.128		10.20				
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.008		19.85	14.81	8.98	12.9	6.3
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.010		14.91	9.80	5.94	10.4	8.8
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.017		15.76	10.79	7.34	15.2	12.3
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.048		16.77	11.42	7.55	15.2	14.2
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.030		14.47	10.33	6.07	16.5	12.9
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.068		16.50	11.38	8.05	17.8	15.3
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.078		15.00	10.26	7.39	18.2	16.3
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.043		18.30	14.93	9.65	10.9	7.8
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.071		11.30				
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.095		11.50				
3.1mm	26.1	3.08	1.5	8	0.066		11.50				
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.035		16.49	11.41	7.11	18.7	11.4
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.054		14.79	10.24	6.22	18.0	15.5
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.038		15.31	10.30	6.21	16.3	12.2
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.019		14.10	9.42	6.18	18.3	14.0
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.054		14.62	9.84	6.42	16.2	11.3
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.013		12.71	8.91	5.64	18.8	8.3
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.058		15.60	10.21	7.69	11.4	7.9
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.000		15.00	10.33	7.54	12.3	7.6
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.030		16.20	11.24	8.33	14.2	8.4
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.072		10.20				
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.125		10.00				
A3下	26.3	0.45	3.9	19	0.178		8.90				
A3上	26.3	0.31	2.6	12	0.112		16.70	10.57	6.31	18.0	13.9
A3上	26.3	0.31	2.6	12	0.084		16.16	11.07	7.00	16.0	13.8
A3上	26.3	0.31	2.6	12	0.097		17.05	12.08	6.68	17.4	18.9
A3上	26.3	0.31	2.6	12	0.097		16.12	10.61	6.31	19.5	15.7
A3上	26.3	0.31	2.6	12	0.102		13.82	9.19	4.95	15.9	9.6
A10	26.3	0.43	1.9	4	0.063		14.42	9.84	6.87	15.4	10.5
A10	26.3	0.43	1.9	4	0.107		15.26	10.28	6.07	15.8	10.9
A10	26.3	0.43	1.9	4	0.056		16.51	11.22	6.60	18.0	11.2
A10	26.3	0.43	1.9	4	0.109		15.30	10.40	6.62	16.1	19.8
A10	26.3	0.43	1.9	4	0.099		15.76	10.90	7.08	14.0	11.5
B6	26.3	0.81	2.3	6	0.110		18.33	12.53	7.87	16.6	18.2
B6	26.3	0.81	2.3	6	0.083		16.22	11.28	6.46	16.9	12.6
B6	26.3	0.81	2.3	6	0.095		16.11	11.18	6.85	18.6	14.8
B6	26.3	0.81	2.3	6	0.107		17.54	11.07	6.81	18.2	16.9
B6	26.3	0.81	2.3	6	0.091		18.33	12.26	7.88	17.5	18.8
B7	26.3	0.58	2.5	6	0.070		14.66	10.01	6.06	18.0	12.5
B7	26.3	0.58	2.5	6	0.059		13.52	9.18	5.32	16.7	11.2
B7	26.3	0.58	2.5	6	0.075		12.96	8.98	5.10	15.2	10.6
B7	26.3	0.58	2.5	6	0.035		15.91	10.69	6.73	15.7	10.0
B7	26.3	0.58	2.5	6	0.070		13.86	10.62	6.20	14.2	16.1
B11	26.3	0.77	3.3	10	0.052		14.66	10.01	6.06	18.0	11.3
B11	26.3	0.77	3.3	10	0.051		13.52	9.18	5.32	16.7	10.9
B11	26.3	0.77	3.3	10	0.060		12.96	8.98	5.10	15.2	13.5
B11	26.3	0.77	3.3	10	0.097		15.91	10.69	6.73	15.7	12.7
B11	26.3	0.77	3.3	10	0.062		13.86	10.62	6.20	14.2	10.4

付表6 平成18年10月の潜砂速度試験結果

試験区	水温 (°C)	中央粒径 (mm)	均等係数	硬度 (mm)	潜砂速度 (mm/s)	潜砂行動開始時間 (分)	殻長 (mm)	殻高 (mm)	殻幅 (mm)	肥満度	アリコゲン (mg/g)
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.041	15	12.46	8.81	5.09	17.9	12.9
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.068	93	14.97	10.28	5.98	18.5	14.0
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.069	35	15.01	10.02	6.50	16.4	10.8
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.034	145	15.96	12.01	7.13	13.9	8.9
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.035	95	15.87	10.38	6.25	17.5	11.3
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.038	874	25.55	17.11	10.59	23.5	17.3
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.030	338	21.72	16.62	9.57	22.0	12.8
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.038	300	22.46	15.16	9.38	25.7	15.0
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.000		24.25	18.36	12.11	14.3	11.2
0.1mm20回	20.3	0.11	1.6	16	0.039		24.51	17.22	11.46	20.7	17.3
0.1mm50回	20.3	0.11	1.6	28	0.044	214	15.03	10.22	6.20	15.8	14.4
0.1mm50回	20.3	0.11	1.6	28	0.055		14.70	10.38	6.80	16.4	12.5
0.1mm50回	20.3	0.11	1.6	28	0.054	64	16.60	11.63	7.53	17.9	13.6
0.1mm50回	20.3	0.11	1.6	28	0.046	104	13.10	8.57	6.02	16.3	12.2
0.1mm50回	20.3	0.11	1.6	28	0.043	79	14.53	9.60	5.76	19.9	18.5
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.059	329	15.51	9.96	6.01	17.2	14.2
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.062	99	15.27	9.77	6.19	19.5	17.9
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.033	70	15.87	10.34	6.45	17.0	11.4
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.048	63	15.17	10.57	6.47	17.4	12.7
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.041	115	16.74	11.92	7.31	21.3	16.8
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.049		27.76	17.63	11.30	21.7	16.9
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.031	940	21.58	15.16	9.13	16.1	11.4
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.015	428	24.38	16.20	10.38	23.4	17.9
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.021		26.82	19.10	13.39	22.2	12.0
0.1mm200回	20.3	0.11	1.6	34	0.030	163	24.56	16.16	9.07	24.7	13.4
0.3mm	20.3	0.33	1.3	15	0.044	102	14.97	10.15	6.24	16.9	14.2
0.3mm	20.3	0.33	1.3	15	0.048	34	14.13	8.97	5.52	17.2	13.3
0.3mm	20.3	0.33	1.3	15	0.036	52	15.58	10.48	6.37	18.3	14.8
0.3mm	20.3	0.33	1.3	15	0.043	159	15.81	9.92	6.36	23.1	17.9
0.3mm	20.3	0.33	1.3	15	0.038	41	14.92	10.13	6.37	18.7	14.6
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.073		13.94	9.42	5.93	18.0	14.6
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.094		17.70	11.73	6.94	16.0	14.8
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.057		17.85	11.50	6.90	17.7	9.9
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.060		14.22	9.11	5.52	16.8	11.3
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.050		14.57	10.03	6.30	18.5	14.8
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.057		20.84	14.49	8.07	20.1	15.3
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.038		21.91	15.27	9.30	24.4	17.8
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.049		21.98	14.84	9.42	19.5	16.4
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.056		21.41	14.88	8.96	21.4	17.2
1.3mm	20.3	1.3	1.5	13	0.047		20.27	14.67	9.30	21.0	15.3
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.059		18.55	12.97	8.19	18.3	14.3
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.050		18.10	11.68	6.74	16.8	12.5
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.066		15.46	10.52	6.49	16.1	13.1
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.034		16.73	11.99	7.10	20.4	14.2
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.043		17.17	11.65	7.23	15.9	10.5
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.028		26.66	18.02	10.75	22.7	11.5
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.034		24.37	17.99	11.11	19.3	14.3
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.047		23.79	16.17	9.50	24.6	17.8
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.036		24.01	16.59	9.85	23.4	18.9
3.1mm	20.3	3.08	1.5	8	0.030		21.61	15.55	9.68	20.3	17.4
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.055		13.78	9.11	5.61	17.0	12.3
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.031		15.13	10.10	6.61	15.8	9.9
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.044		14.66	9.90	6.10	18.1	13.3
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.039		17.68	11.43	6.88	15.8	10.5
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.045		13.42	9.35	5.90	17.6	14.0
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.020		23.50	15.57	10.47	12.7	9.2
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.030		23.70	15.90	9.47	14.2	8.1
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.018		22.46	15.59	9.95	17.2	7.9
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.046		22.64	16.19	10.34	19.8	16.9
A3下	20.5	0.5	3.7	26	0.023		21.89	15.34	9.25	16.3	9.3
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.068		15.51	9.57	5.76	21.1	17.3
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.069		13.73	8.80	5.69	20.4	15.1
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.074		15.88	10.28	6.73	17.3	18.9
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.102		16.77	10.98	6.67	16.3	14.8
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.071		15.08	10.34	6.13	18.8	12.1
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.085		21.67	15.05	10.07	22.2	18.5
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.040		23.19	15.67	10.02	14.1	9.2
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.068		20.80	14.62	8.92	24.7	15.9
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.053		20.05	13.24	8.34	18.5	16.4
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.027		21.84	15.01	9.71	17.0	8.2
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.062		13.69	9.04	5.21	20.2	16.8
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.050		15.47	10.12	6.18	18.6	14.8
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.071		15.40	10.44	5.78	21.5	20.5
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.072		12.75	9.09	5.67	19.8	17.9
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.150		16.16	10.17	6.09	21.0	19.4
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.063		23.61	16.31	10.33	21.4	20.5
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.058		21.63	13.68	8.41	25.3	21.3
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.065		20.93	14.00	8.55	20.4	18.8
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.035		21.97	15.38	10.20	22.3	21.5
A3上	20.5	0.43	3.2	12	0.045		26.64	18.28	11.19	22.2	20.5
A4	20.5	0.4	1.9	6	0.076		13.88	9.17	5.43	20.3	14.8
A4	20.5	0.4	1.9	6	0.074		12.94	8.33	5.81	16.0	14.1
A4	20.5	0.4	1.9	6	0.113		14.69	9.66	5.64	20.0	19.3
A4	20.5	0.4	1.9	6	0.110		17.06	11.01	6.57	17.0	14.7
A4	20.5	0.4	1.9	6	0.124		13.25	8.89	5.41	18.8	19.6
B6	20.5	0.81	2.2	6	0.049		14.02	9.77	5.83	17.5	12.9
B6	20.5	0.81	2.2	6	0.096		15.69	10.35	6.20	17.9	13.4
B6	20.5	0.81	2.2	6	0.037		13.59	9.82	6.31	17.8	14.6
B6	20.5	0.81	2.2	6	0.096		15.92	10.28	6.08	18.1	14.3
B6	20.5	0.81	2.2	6	0.079		14.82	9.72	6.39	17.4	12.3
B7	20.5	0.62	2.9	7	0.082		14.12	9.10	5.48	19.9	17.0
B7	20.5	0.62	2.9	7	0.053		14.38	10.37	6.75	16.9	15.2
B7	20.5	0.62	2.9	7	0.045		14.12	10.61	6.47	16.5	15.8
B7	20.5	0.62	2.9	7	0.087		14.64	9.65	5.56	19.1	17.1
B7	20.5	0.62	2.9	7	0.094		14.58	9.27	5.37	20.7	15.6
B11	20.5	0.49	2.3	8	0.079		14.22	9.04	5.46	18.5	14.8
B11	20.5	0.49	2.3	8	0.055		14.59	10.33	6.87	19.3	14.0
B11	20.5	0.49	2.3	8	0.057		14.23	10.36	6.39	18.0	14.5
B11	20.5	0.49	2.3	8	0.072		14.54	9.69	5.92	16.8	14.1
B11	20.5	0.49	2.3	8	0.079		14.59	9.24	5.63	19.8	14.4

付表7 平成19年2月の潜砂速度試験結果

試験区	水温 (°C)	中央粒径 (mm)	均等係 数	硬度(mm)	潜砂速度 (mm/s)	潜砂行動開 始時間(分)	殻長(mm)	殻高(mm)	殻幅(mm)	肥満度	クリオージン (mg/g)
0.1mm20回	7.2	0.11	1.6	16	0.030	346	18.94	12.59	7.93	21.2	20.7
0.1mm20回	7.2	0.11	1.6	16	0.017	1010	23.20	15.51	9.30	22.1	13.6
0.1mm20回	7.2	0.11	1.6	16	0.023	1402	22.12	14.69	9.42	21.6	19.9
0.1mm20回	7.2	0.11	1.6	16	0.000		23.86	15.21	10.33	15.8	14.8
0.1mm20回	7.2	0.11	1.6	16	0.014	361	22.83	14.79	10.13	21.9	20.7
0.1mm20回	7.2	0.11	1.6	16	0.011	829	23.54	14.87	9.85	21.5	14.7
0.1mm20回	7.2	0.11	1.6	16	0.019	991	23.77	16.15	10.15	23.1	21.8
0.1mm20回	7.2	0.11	1.6	16	0.000		24.97	17.21	10.66	12.8	14.0
0.1mm50回	7.2	0.11	1.6	28	0.014	619	22.88	15.19	10.04	17.8	14.9
0.1mm50回	7.2	0.11	1.6	28	0.010	866	21.84	15.28	10.25	20.2	27.9
0.1mm50回	7.2	0.11	1.6	28	0.022	434	22.65	15.82	10.04	22.2	27.0
0.1mm50回	7.2	0.11	1.6	28	0.018	756	19.52	13.45	8.58	20.0	22.5
0.1mm50回	7.2	0.11	1.6	28	0.012	1107	21.44	14.43	9.71	22.3	13.3
0.1mm50回	7.2	0.11	1.6	28	0.014	1644	24.87	16.55	11.04	22.7	20.6
0.1mm50回	7.2	0.11	1.6	28	0.015	1426	23.83	16.48	10.56	23.1	21.7
0.1mm50回	7.2	0.11	1.6	28	0.000		23.83	16.89	11.34	15.6	17.2
0.1mm200回	7.2	0.11	1.6	34	0.014	1322	21.01	13.90	9.01	20.1	25.1
0.1mm200回	7.2	0.11	1.6	34	0.004	1207	23.16	15.63	10.69	24.8	25.9
0.1mm200回	7.2	0.11	1.6	34	0.016	1029	21.30	13.90	9.04	24.3	23.4
0.1mm200回	7.2	0.11	1.6	34	0.008	281	22.72	14.37	9.69	17.4	20.8
0.1mm200回	7.2	0.11	1.6	34	0.016	298	20.26	13.71	8.52	22.4	27.5
0.1mm200回	7.2	0.11	1.6	34	0.015	1208	24.49	16.52	10.06	23.8	18.9
0.1mm200回	7.2	0.11	1.6	34	0.009	1110	23.00	15.46	10.51	24.6	22.7
0.1mm200回	7.2	0.11	1.6	34	0.011	1896	24.04	16.36	10.84	17.6	19.1
0.3mm	7.5	0.33	1.3	15	0.017	2217	21.68	14.86	10.12	23.3	23.4
0.3mm	7.5	0.33	1.3	15	0.017	837	21.34	14.93	10.76	20.7	29.0
0.3mm	7.5	0.33	1.3	15	0.013	698	22.37	14.26	10.29	19.5	15.0
0.3mm	7.5	0.33	1.3	15	0.021	339	22.51	15.41	9.69	22.9	28.4
0.3mm	7.5	0.33	1.3	15	0.019	568	22.41	15.15	9.97	23.6	20.9
0.3mm	7.5	0.33	1.3	15	0.011	482	25.97	17.40	10.98	26.3	16.1
0.3mm	7.5	0.33	1.3	15	0.018	740	24.08	17.16	11.30	22.1	23.8
0.3mm	7.5	0.33	1.3	15	0.010	1059	23.23	15.49	8.52	23.5	18.6
1.3mm	7.5	1.3	1.5	13	0.029	490	19.69	12.91	9.11	19.0	23.6
1.3mm	7.5	1.3	1.5	13	0.020	526	20.83	13.77	8.91	21.9	25.7
1.3mm	7.5	1.3	1.5	13	0.012	287	21.55	14.76	10.04	21.3	12.1
1.3mm	7.5	1.3	1.5	13	0.012	370	20.30	13.54	9.04	17.7	27.2
1.3mm	7.5	1.3	1.5	13	0.016	1075	20.51	13.11	9.22	23.4	23.4
1.3mm	7.5	1.3	1.5	13	0.017	354	26.85	18.92	12.40	20.5	22.8
1.3mm	7.5	1.3	1.5	13	0.012	428	23.97	16.03	10.34	24.7	10.6
1.3mm	7.5	1.3	1.5	13	0.007	795	23.69	15.92	9.96	21.8	17.3
3.1mm	7.5	3.08	1.5	8	0.005	264	21.30	13.56	9.59	20.9	23.6
3.1mm	7.5	3.08	1.5	8	0.018	105	19.88	13.29	9.14	16.6	16.1
3.1mm	7.5	3.08	1.5	8	0.013	292	18.43	12.34	8.69	21.8	15.7
3.1mm	7.5	3.08	1.5	8	0.019	232	19.40	12.61	8.57	21.5	25.9
3.1mm	7.5	3.08	1.5	8	0.020	180	19.98	13.75	10.05	19.2	32.1
3.1mm	7.5	3.08	1.5	8	0.019	111	23.46	15.38	9.66	22.1	27.7
3.1mm	7.5	3.08	1.5	8	0.015	213	27.53	18.61	12.52	23.9	27.0
3.1mm	7.5	3.08	1.5	8	0.009	315	23.90	15.22	9.37	21.7	18.2
A3 F	7.9	0.46	3.7	25	0.014	205	17.32	11.63	7.72	19.3	27.9
A3 F	7.9	0.46	3.7	25	0.017	300	22.74	14.34	10.12	22.4	21.1
A3 F	7.9	0.46	3.7	25	0.016	200	20.05	12.41	9.49	19.1	12.6
A3 F	7.9	0.46	3.7	25	0.019	202	20.44	14.15	8.98	20.8	24.7
A3 F	7.9	0.46	3.7	25	0.012	239	21.50	14.28	9.18	22.7	14.2
A3 F	7.9	0.46	3.7	25	0.012	857	24.32	16.47	9.97	19.8	18.4
A3 F	7.9	0.46	3.7	25	0.010	312	22.78	14.99	10.15	21.1	18.7
A3 F	7.9	0.46	3.7	25	0.012	596	28.71	18.99	12.70	23.4	24.9
A3 E	7.9	0.43	3.2	12	0.035	213	21.65	14.26	9.67	19.8	23.5
A3 E	7.9	0.43	3.2	12	0.025	154	17.12	11.18	7.41	20.4	13.4
A3 E	7.9	0.43	3.2	12	0.058	27	19.81	13.02	8.05	22.2	23.0
A3 E	7.9	0.43	3.2	12	0.032	892	22.57	14.84	10.01	21.8	29.1
A3 E	7.9	0.43	3.2	12	0.072	742	22.89	15.85	10.53	20.7	26.7
A3 E	7.9	0.43	3.2	12	0.037	371	24.71	17.16	11.44	21.2	16.8
A3 E	7.9	0.43	3.2	12	0.031	544	25.93	17.32	11.01	21.2	21.2
A3 E	7.9	0.43	3.2	12	0.033	252	26.79	18.33	12.32	22.5	29.0
A4	7.9	0.34	1.5	6	0.035	286	20.84	15.04	9.90	19.3	22.7
A4	7.9	0.34	1.5	6	0.021	833	22.35	15.90	10.14	20.5	28.6
A4	7.9	0.34	1.5	6	0.046	241	22.23	14.74	9.77	23.1	29.0
A4	7.9	0.34	1.5	6	0.018	568	22.57	14.02	9.39	15.8	7.4
A4	7.9	0.34	1.5	6	0.019	180	20.46	12.79	8.98	14.9	12.0
A4	7.9	0.34	1.5	6	0.024	473	28.86	19.14	12.90	24.1	28.5
A4	7.9	0.34	1.5	6	0.017	1077	23.63	16.06	10.79	20.0	20.0
A4	7.9	0.34	1.5	6	0.074	518	27.13	18.03	11.12	23.0	21.3
B6	7.9	0.87	2.6	7	0.066	333	21.87	14.92	9.52	20.6	29.2
B6	7.9	0.87	2.6	7	0.029	322	22.34	14.97	10.08	20.2	21.8
B6	7.9	0.87	2.6	7	0.028	180	16.36	10.77	6.74	21.1	21.2
B6	7.9	0.87	2.6	7	0.048	64	20.83	14.14	7.78	22.7	28.2
B6	7.9	0.87	2.6	7	0.025	146	22.72	14.85	9.25	22.4	22.4
B6	7.9	0.87	2.6	7	0.026	249	25.68	16.87	10.77	23.6	22.2
B6	7.9	0.87	2.6	7	0.047	185	25.58	16.78	11.91	22.9	28.1
B6	7.9	0.87	2.6	7	0.030	151	24.82	16.70	11.72	21.6	27.1
B7	7.9	0.8	2.3	11	0.029	110	21.40	14.46	9.11	21.6	20.0
B7	7.9	0.8	2.3	11	0.028	381	22.18	14.82	9.44	19.7	19.6
B7	7.9	0.8	2.3	11	0.021	171	21.60	14.29	8.83	23.8	17.6
B7	7.9	0.8	2.3	11	0.029	154	20.28	13.52	8.53	23.9	22.3
B7	7.9	0.8	2.3	11	0.034	166	22.41	14.30	9.02	22.1	23.3
B7	7.9	0.8	2.3	11	0.035	198	27.24	18.30	12.01	22.2	21.9
B7	7.9	0.8	2.3	11	0.032	625	25.52	16.77	10.81	22.9	24.2
B7	7.9	0.8	2.3	11	0.023	442	23.16	15.75	10.33	21.5	23.9
B11	7.9	0.68	3.1	10	0.013	311	19.29	12.57	8.50	21.8	22.3
B11	7.9	0.68	3.1	10	0.027	206	23.03	15.08	10.38	21.1	25.2
B11	7.9	0.68	3.1	10	0.012	522	21.45	13.44	8.90	23.0	20.4
B11	7.9	0.68	3.1	10	0.019	423	23.71	16.14	10.14	18.6	16.7
B11	7.9	0.68	3.1	10	0.024	164	21.71	14.22	8.83	19.4	27.8
B11	7.9	0.68	3.1	10	0.000		26.73	18.12	11.86	13.8	14.6
B11	7.9	0.68	3.1	10	0.017	236	27.87	17.79	11.09	24.4	19.1
B11	7.9	0.68	3.1	10	0.028	400	25.56	17.26	10.91	22.0	24.4