

表 23 アサリ個体数との各環境項目の相関係数

環境因子	相関係数 (n=119)	
	成貝	稚貝
水温	0.11	0.11
塩分	0.01	0.12
塩分 15 未満の割合	-0.08	-0.05
クロロフィル <i>a</i>	-0.13	-0.08
濁度	0.03	0.02
地盤高	0.08	0.08
流速	0.23	0.10
底面摩擦速度	-0.05	0.21
シルト・粘土分	-0.04	-0.11
強熱減量	0.14	-0.07
COD	-0.05	-0.03
硫化物	-0.16	-0.09
中央粒径	0.05	0.25
粒径 0.5 mm 以上の割合	0.13	0.25
含水率	-0.09	-0.04

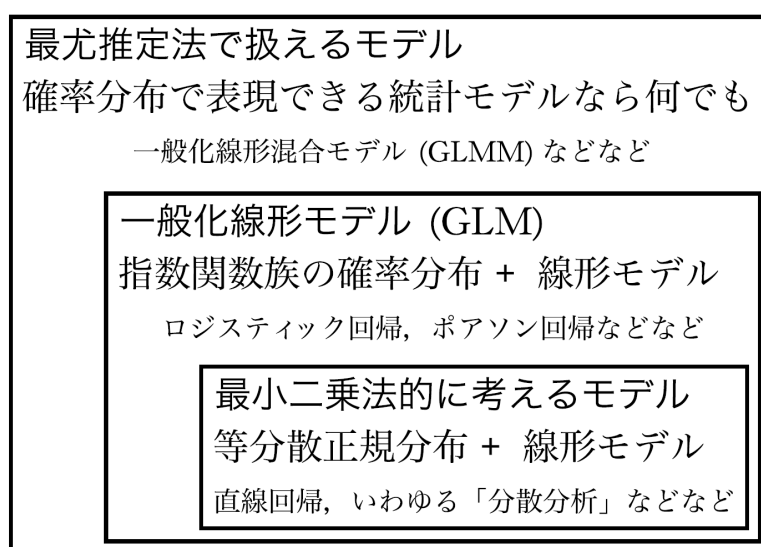


図 22 統計モデルの関係 (久保ら (2006) より引用)

②一般化線形混合モデルによる解析結果

成貝および稚貝を対象にした解析結果は、表 24 および図 23 に示す通りであり、赤池の情報量基準 (AIC : Akaike's Information Criterion) および観測値と予測値の相関をもとにモデル選択を実施した。この結果、成貝では COD, 含水率, 濁度、そして底面摩擦速度と地盤高が環境要因と

して選択され、ランダム要因に場所と年度を利用したモデルが選択された。同様に稚貝モデルの選択を実施した結果、COD, 含水率, 粒径 0.5mm 以上の割合, Chl-*a*, 濁度, 流速, 摩擦速度, 地盤高、そしてランダム要因として場所を利用したモデルが選択された。

従って、成貝および稚貝ともに、底質そして底質や水質へも影響する物理環境がアサリ個体数に影響する解析結果となった。

成貝および稚貝ともに地盤高や摩擦速度の係数値が、他の環境要因に比べて正の値で大きくなっており、摩擦速度が大きいほど個体数が増える傾向となった。前掲の図 18 および図 19 に示したアサリ個体数と底面摩擦速度の適性指数を確認すると、摩擦速度が過大となり、アサリが流失していると考えられる調査結果が含まれていない。そのため、アサリの生息環境としては、或る程度の物理的攪乱がおこり、シルト粘土分等の微細泥の堆積が起こらない様な環境の適している事が解析結果に現れていると考えられた。

また、成貝では含水率の係数が負の値となっており、調査結果が高いほど個体数が少なくなる傾向が確認された。稚貝では、粒径 0.5 mm 以上の割合の係数が、正の値で選択され、底質粒径の比較的大きい場所で個体数が増える傾向も確認された。

表 24 解析により選択された要因と設定した誤差構造

	モデル選択により利用した環境要因	ランダム要因	誤差構造
成貝	COD, 含水率, 濁度, 摩擦速度, 地盤高	場所, 年度	ポワソン分布 (対数リンク)
稚貝	COD, 含水率, 粒径 0.5mm 以上の割合, Chl- <i>a</i> , 濁度, 流速, 摩擦速度, 地盤高	場所, 年度	

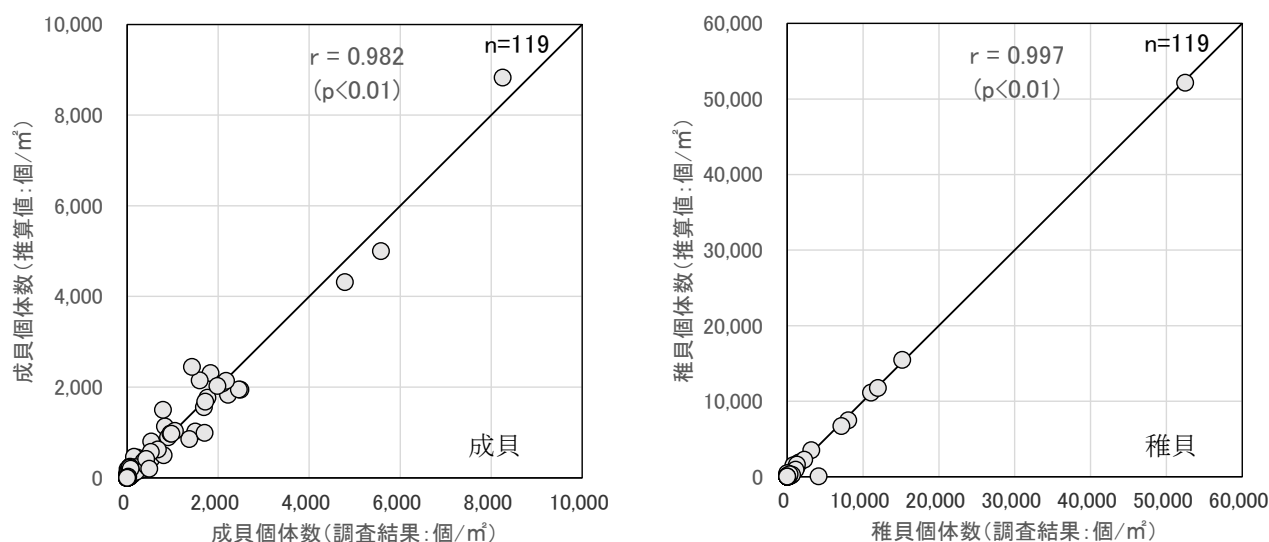


図 23 一般化線形混合モデルによる予測値と観測値の比較

2.3 増加が期待される漁獲量の推定手法の改良

昨年度までに設定した漁獲量の推定手法で設定している成長および生残に関わるパラメータについて、各実証実験で得られた成果を反映できるように設定値を検討した。

2.3.1 アサリの成長率設定値の改良

推定手法では、殻長によって変化する月成長率が設定されており、昨年度事業において、各実験場所の現地調査結果および基質入り網袋等の実験成果より設定している。しかし、昨年度の福岡県の大和高田地先 302 号地区、柳川地先 3 号地区、佐賀県の諸富地先の実証実験では、殻長約 15mm 以上の成貝の成長について検討されており、月成長率の関数化に必要な稚貝期の成長速度を算定するための情報が得られていない。そのため、3 号地区で実施された平成 29 年度までの関連事業での調査結果も用いて、稚貝期の成長速度を推定し、大和高田地先 302 号地区や諸富地先の月成長率の検討にも利用している。

今年度の実験結果においても、大和高田地先 302 号地区の低コスト型離底飼育器具による月成長率、および柳川地先 3 号地区の基質網袋では、殻長 10 mm 以下の月成長率を設定するための調査結果が得られていないため、昨年度と同様に 3 号地区の過年度の調査結果を利用した。殻長 10 mm 以上に関しては、育成実験成果等の成長速度を用いて月成長率を改良した。

諸富地先においても、原地盤では殻長 10 mm 以下の月成長率を設定するための調査結果が得られていない。しかし、図 24 に示す様に基質入り網袋による成果で、殻長 10 mm 以下の月成長率が設定可能な調査結果（図中矢印で示す発生群の成長）が得られていることから、この結果を原地盤にも適用し、月成長率の関数化を実施した。

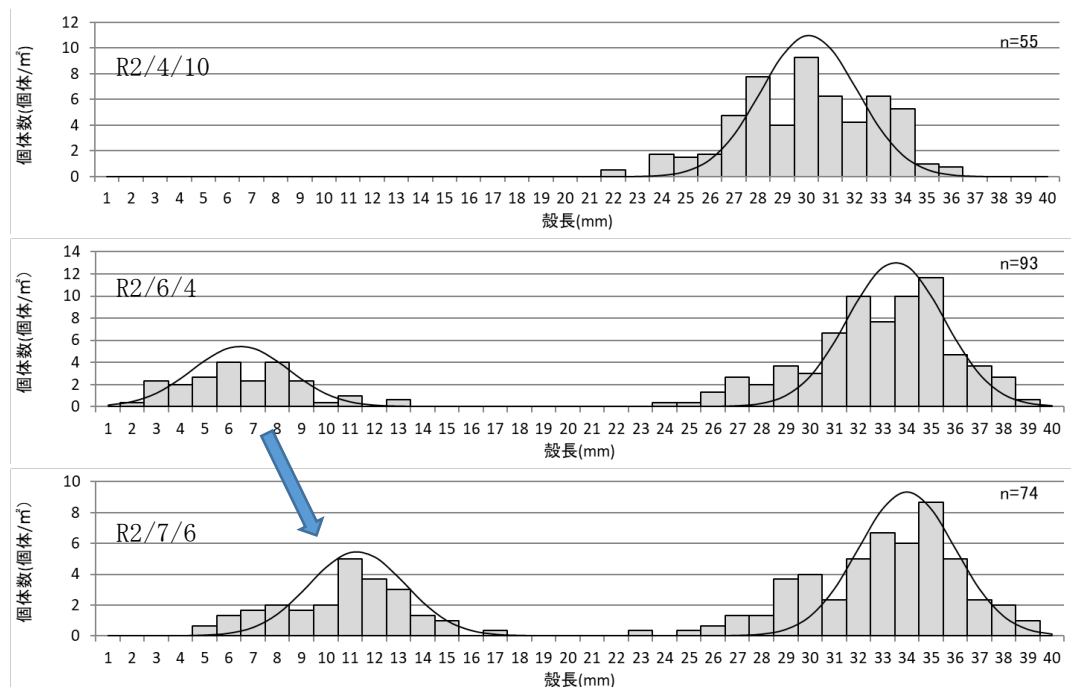


図 24 諸富地先の基質入り網（砂場直置き）の殻長組成の推移

改良した各地の月成長率は図 25 の通りであり、福岡県では 302 号地区と 3 号地区で成長率に顕著な差は見られず、昨年度に設定の月成長率と同程度となった。佐賀県の諸富地先は、泥場で

の泥分影響緩和のための離底移植で成長が遅くなる傾向であったが、砂場へ移植する事で、成長が速くなる傾向が見られた。なお、原地盤は、上記の様に砂場移植の稚貝の月成長率を用いている事から、砂場移植と同様の設定となった。

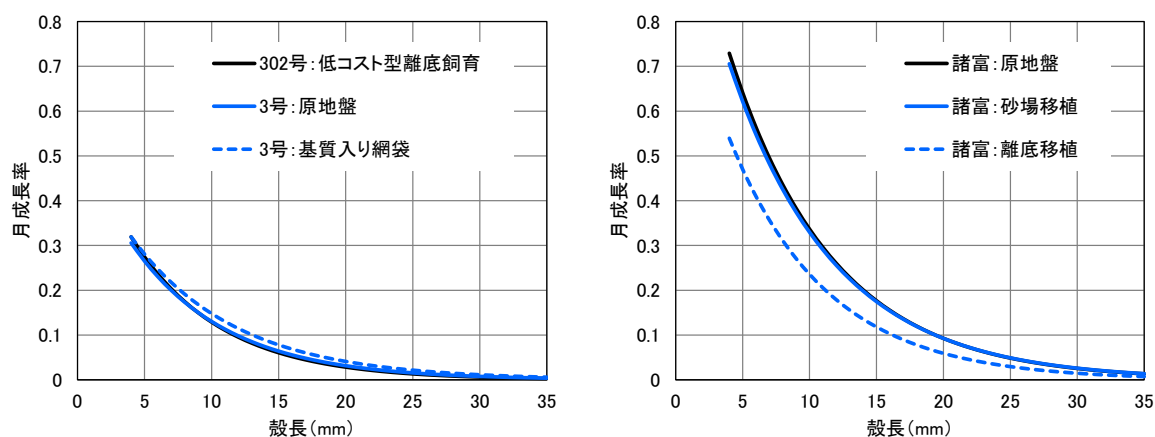


図 25 福岡県および佐賀県の実験場所における月成長率

有明海西部の長崎県小長井地先および島原市地先猛島地区では、基質入り網袋を用いた実証実験が実施され、平成 31 年度までに殻長別の成長量が得られており、基質入り網袋の月成長率は平成 31 年度に設定の関数を用いた。また、原地盤においても、平成 31 年度までと同様に小長井地先では出現個体数が少なく、平成 29 年度までの関連事業の調査結果を用いて検討した関数を用いている。島原市地先は、原地盤に漁獲に繋がる成貝が確認されていないため、原地盤での関数は設定していない。

設定した月成長率は図 26 に示した通りであり小長井地先で基質入り網袋を用いると、僅かであるが原地盤より成長が速まる傾向が見られた。島原市地先猛島地区では、原地盤で漁獲に繋がる成貝は確認されていないが、基質入り網袋を用いる事で、成貝までの成長が可能となった。

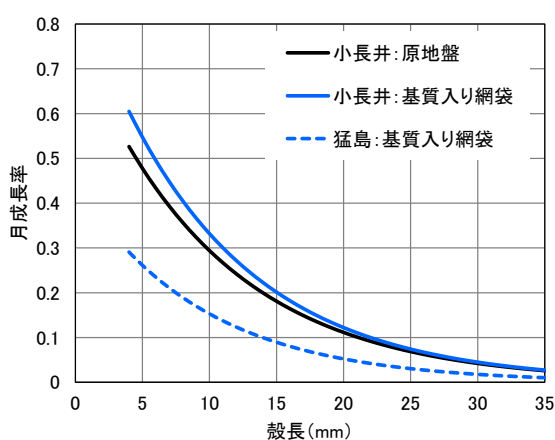


図 26 長崎県の実験場所における月成長率

有明海東部の熊本県では、岱明地先と住吉地先で実証実験が実施されているが、両地先ともに今年度より新たな技術の実証実験が開始されている。このうち住吉地先については、現地で大量発生していた稚貝を4月に採取し、角ざる育成器で約1ヶ月保護育成し、その後基質入り網袋もしくは牡蠣養殖用カゴで保護育成した結果より稚貝の月成長率を求めた。また、成貝期の月成長率は、基質入り網袋および牡蠣養殖用カゴにより母貝育成した結果より求め、稚貝期の月成長率とともに各技術の関数化を実施した。

岱明地先は、新保護区陸側に設置した軽石入り二重収穫ネットおよび収穫ネット入りラッセル袋により稚貝採取を実施し、保護区沖側に移植した実験で得られた殻長組成結果より、稚貝から成貝にかけての月成長率の関数化を実施した。

設定した月成長率は図27に示した通りであり、住吉地先で成長の速い傾向が見られた。岱明地先では、原地盤にアサリの生息が殆ど確認されない保護区沖側であっても、二重収穫ネットや収穫ネット入りラッセル袋にアサリを収容して移植する事で、保護・育成が可能となった。

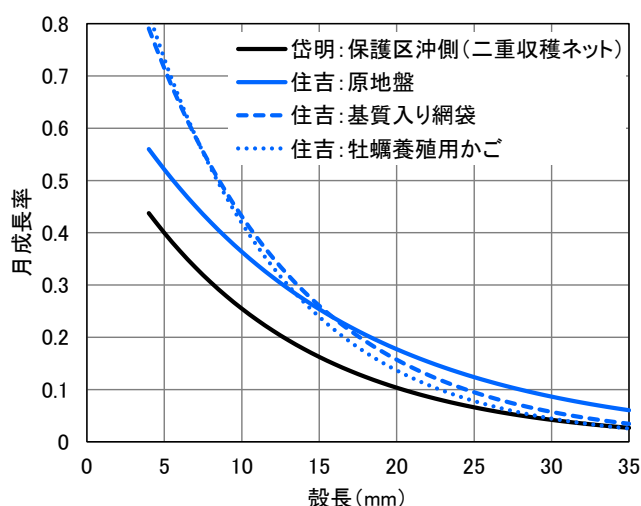


図 27 熊本県の実験場所における月成長率

以上、各地の実験結果をもとに、それぞれの場所での原地盤および技術を用いた時の月成長率を整理した結果、各実験場所のうち湾奥の福岡県の各実験場所と長崎県島原市地先の実験場所では、他実験場所に比べて月成長率が小さくなる傾向である事が確認された。

最も成長が速い地先は住吉地先であり、4月に平均殻長約3.2 mmの稚貝を角ざる育成器で保護した結果、約1ヶ月後には平均殻長約11.5 mmまでの成長が見られた。この成果を関数化に用いた事より、稚貝期の月成長率が福岡県の実験場所に比べて2倍以上となり、3号地区や302号地区に比べて、住吉地先の実験区は稚貝の成長に適した環境にあるものと考えられた。

2.3.2 アサリの生残率設定値の改良

推定手法では、減耗率として設定されており、平成 31 年度に各実証実験で検討された生残率より換算し設定している。

しかし、熊本県の岱明地先および住吉地先では、今年度から新たな技術の実証実験も実施されており、各実証実験で得られた生残率を以下に検討した。

岱明地先では、二重収穫ネットに収容して保護区沖側に移植した網袋内の個体数変化より、月生残率を求め図 28 の左図に示した。しかし、本地先での移植実験では、昨年度には令和元年 10 月の台風の襲来による個体数が大きく減耗し、そして今年度には令和 2 年 7 月の熊本豪雨の被害を受けて、泥が 10～15 cm 堆積して実験区が埋没する被害を受けた影響と考えられる生残率の低下が見られた。そのため、算出した月生残率は、同県住吉地先よりも低く、さらに過年度に検討した他地先の生残率に比べても低い結果となった。

住吉地先では、母貝育成技術の実験結果より成貝の月生残率を求め、稚貝育成技術の実験結果より稚貝の月生残率を求め図 28 の右図に示した。技術開発が進められている基質入り網袋および牡蠣養殖用カゴによる育成技術による生残率は、技術間に顕著な差の無い事が確認された。また、成貝と稚貝では、稚貝の生残率が高い傾向が見られた。

なお、推定手法での減耗率は、殻長に関わらず固定値で設定されており、技術ごとに平均値を設定した。

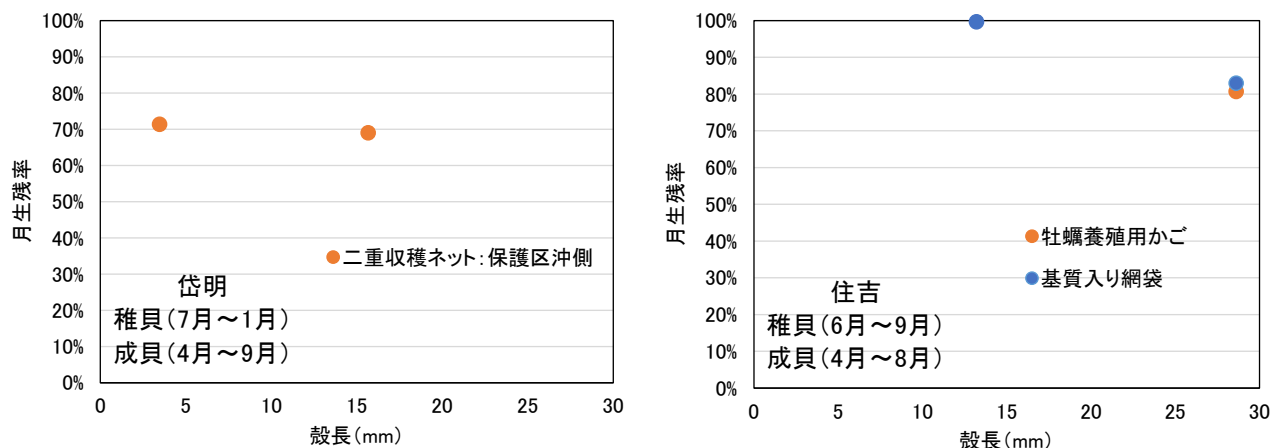


図 28 各実証実験による月生残率（左図：岱明地先、右図：住吉地先）

2.4 GIS マップの改良

2.4.1 操作性および視認性の改良

平成 31 年度に実施した漁業関係者への GIS マップについての聞き取りにおいて、改良が望まれる操作性および視認性について、以下の意見が得られており、改良を実施した。

【聞き取りにより得られた意見】

- ✓ 各実験場所の環境調査結果のページでは、環境概況の簡潔な記載が望まれる
- ✓ 全体的に文字サイズの拡大が望まれる
- ✓ 調査結果ページの情報量が多いため、年度毎の結果の表示とし、少ないクリック数でそれぞれが確認できることが望まれる

これらの意見を受けて、図 29 に示す様に各ページの文字サイズを拡大し、各環境調査結果による概況については、表現を簡潔に表形式で表示した。また、各実験場所のページに表示される環境調査結果は最新の調査結果のみを表示し、過年度調査結果については別ページに表示されるように改良した。

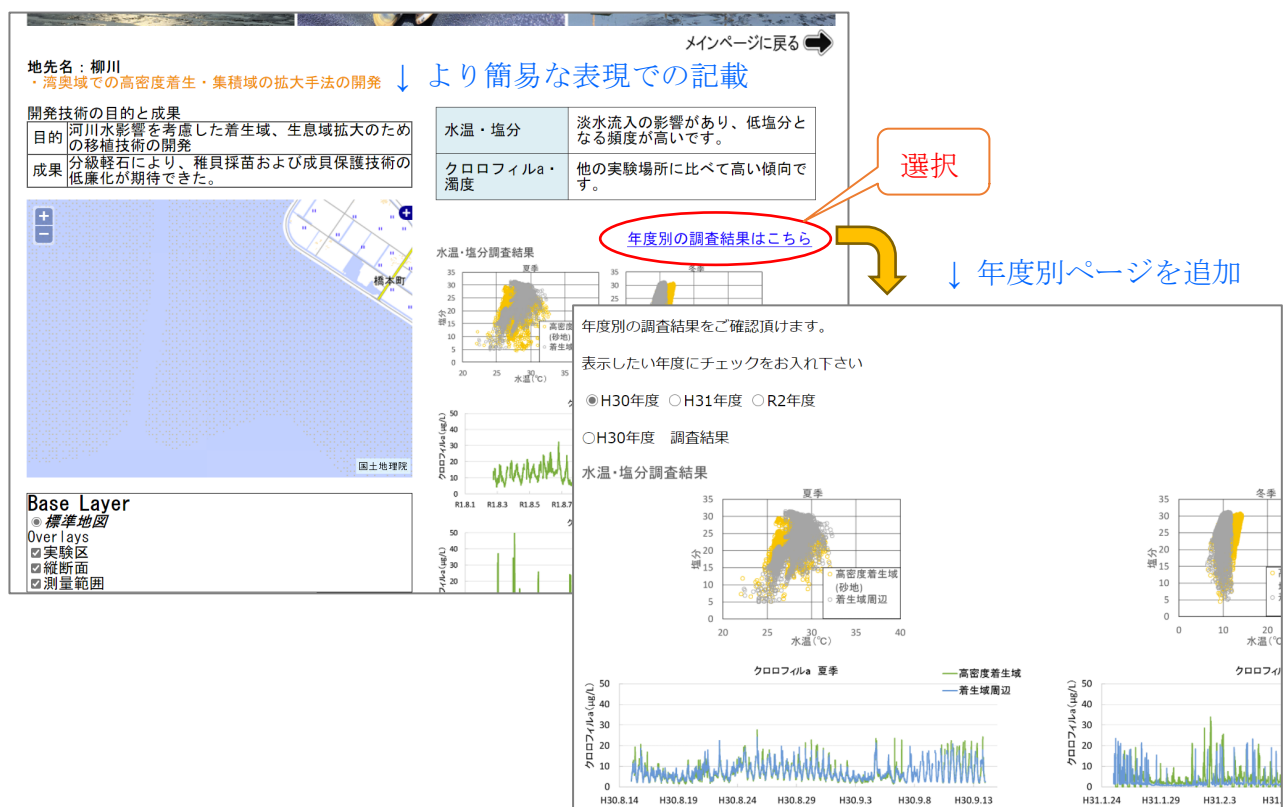


図 29 GIS マップの改良（調査結果ページ）

2.4.2 増加が期待される漁獲量の推定ページの改良

(1) 表示ページの改良

平成 31 年度に設定した漁獲量の推定ページでは、計算を開始するための条件（開始時殻長や個体数、開始月）を入力および選択する必要があった。

このページに関しても、漁業関係者への聞き取りにおいて、以下の意見が得られており改良を実施した。

【聞き取りにより得られた意見】

- ✓ 現状のシステムは残しつつ、入力項目および計算までの選択数を極力削減し、出力内容も簡易化したバージョンの表示も望まれる。
- ✓ 漁業者が技術を選択する時には、採算が取れるのかが判断材料となるため、各実証実験で検討している経済性についての表示も望まれる。

これら意見を受けて、平成 31 年度には増加が期待される漁獲量の推定ページのみであったが、以下の 4 ページ構成とし、トップページに採算性の推定へのリンクボタンを設置して、本ページに移行する様に構築した。

- ① 期待される増加量
- ② 増加量の計算条件の変更
- ③ 採算性の試算
- ④ 採算性の試算条件の変更

各ページの概要は以下の通りである。

①期待される増加量

図 30 の上段に示した表示内容であり、実証実験場所を選択するのみで、実証実験成果を反映した計算を行い、個体数および湿重量の期待される増加量を表示するように構築した。

また、個体数、殻長、湿重量の変化のグラフを表示するボタンを配置した。

②増加量の計算条件の変更

図 30 の下段に示した表示内容であり、平成 31 年度に構築したページである。本ページで開始時殻長や個体数等を変更しての再計算を可能とし、得られた結果を他ページにも反映されるように構築した。

③採算性の試算

図 31 の上段に示した表示内容であり、上記①で選択された実証実験場所での経済性の検討で採用された資材費や人件費等と、期待される増加量の計算結果より採算性を試算する様に構築した。

④採算性の試算条件の変更

図 31 の下段に示した表示内容であり、上記③の試算条件を変更しての再計算を可能とし、得られた結果を他ページにも反映されるように構築した。

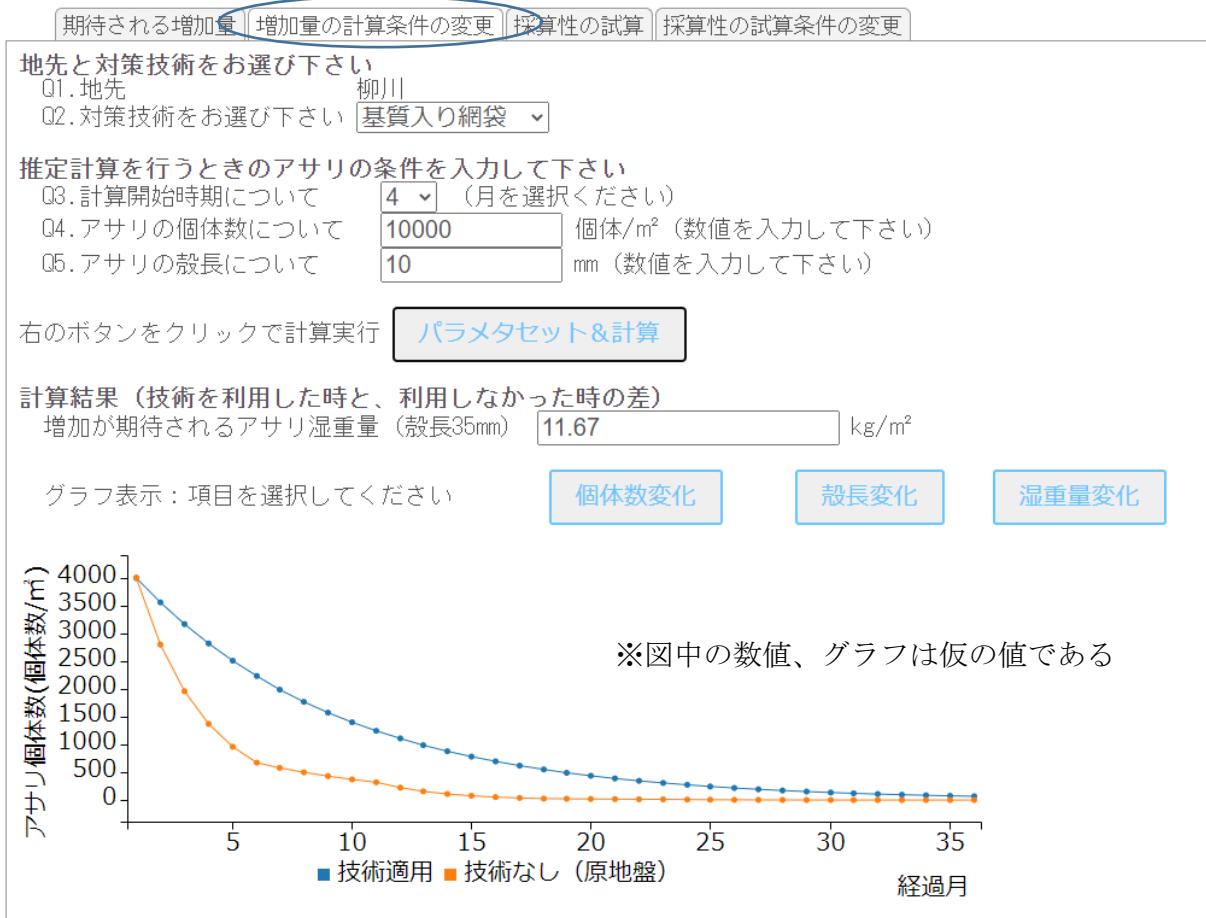
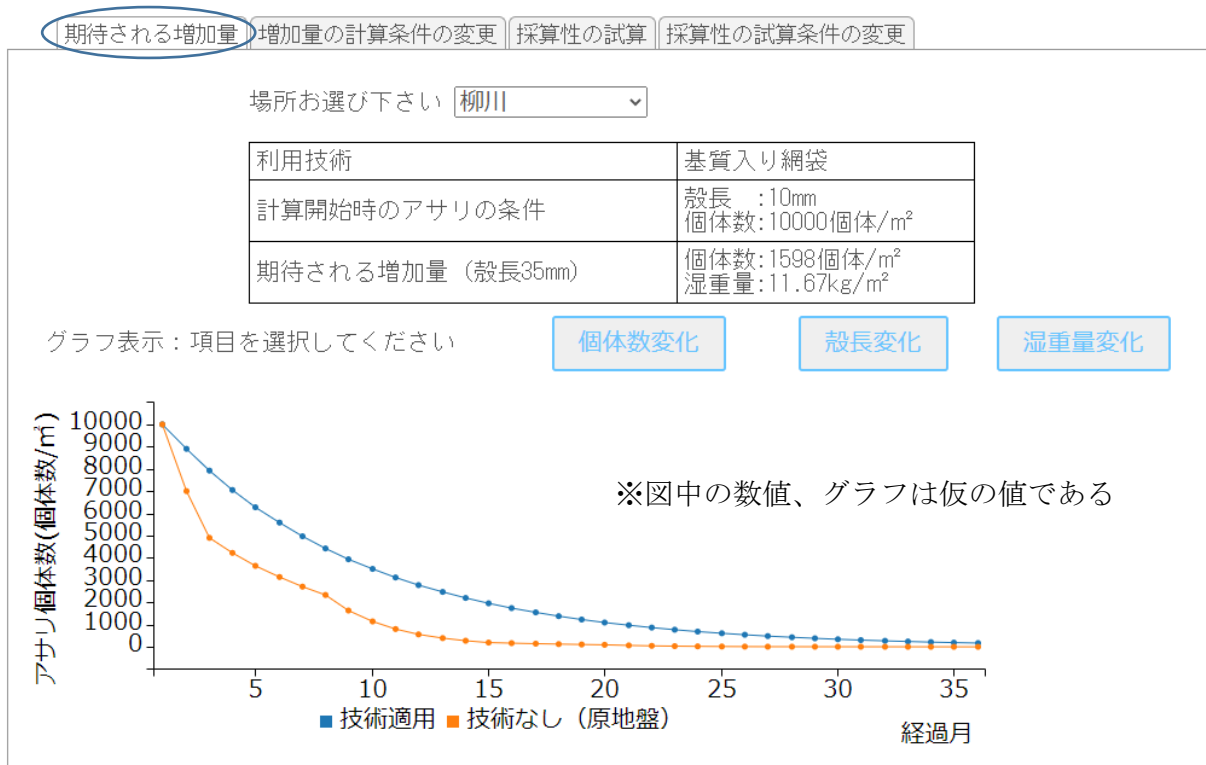


図 30 GIS マップの改良 (採算性の推定ページ 1)

期待される増加量 増加量の計算条件の変更 採算性の試算 採算性の試算条件の変更

試算場所：柳川

技術の利用で「増加が期待される収益の試算結果」

1 アールあたり

利用技術	基質入り網袋
資機材費	5,000円
人件費及び傭船費	397,200円
収益額（人件費除く）	461,800円
収益額（人件費含む）	64,600円

※資機材費は耐用年数を考慮して年あたりに換算した金額

※図中の数値は仮の値である

期待される増加量 増加量の計算条件の変更 採算性の試算 採算性の試算条件の変更

試算場所：柳川

1 アールあたり

資 材 費 等	網袋枚数	500 枚	基質量	3 L/袋
	網袋単価	20 円/枚	基質単価	10 円/L
	耐用年数	5 年	耐用年数	5 年
人 件 費 等	準備人員	2 人/日	回収人員	3 人/日
	準備日数	1 日	回収日数	1 日
	設置人員	3 人/日	人件費単価	19,200 円/日
	設置日数	1 日	傭船日数	3 日
	メンテ人員	2 人/日	傭船費単価	30,000 円/隻
	メンテ日数	4 日		
収 益	増加量	1,167 kg/a	単価	400 円/kg
	収益額（人件費除く）	461,800 円		
	収益額（人件費含む）	64,600 円	再計算	初期化

※図中の数値は仮の値である

図 31 GIS マップの改良（採算性の推定ページ 2）

(2) 採算性の推定に技術の運用サイクルを反映するための検討

実証実験を実施した、①母貝を対象とした技術開発、②稚貝育成のための技術開発、③稚貝移植のための技術開発のそれぞれで、技術の運用サイクルは異なり、さらに技術を適用することによる収益を計算するための生産額の計算方法も異なる。

そのため、採算性の推定時に技術の運用サイクルを反映させるためには、①から③の各技術に応じた設定を実施する事が必要であり、以下に各留意点について検討した。

①母貝を対象とした技術開発

ここで開発された技術は、大和高田地先において泥干潟に離底して採苗器を設置し、採取した稚貝を保護育成して母貝まで成長させる技術と、住吉地先において現地で高密度に着生する稚貝を採取して保護育成し、母貝に成長させる技術である。

そのため、採算性の推定計算を開始する時の稚貝個体数の設定方法に注意する必要がある。基本とする条件は、実証実験で得られた成果より個体数を設定するが、任意の値も設定できるものとする。また、現地で稚貝の高密度な発生が確認されない場合も想定し、基質入り網袋による採苗実験成果を反映した計算も実施できる様に設定する事が必要と考えられた。

計算開始時の稚貝個体数の設定以外は、各地の実験成果より設定した成長速度と生残率のものと、成長とともに個体数が変化し、それぞれ春と秋の2回の産卵を経て漁獲につながる計算とする。

また、生産額の算定には、産卵後の漁獲量と母貝から産卵され着生し、成長して漁獲される事を想定した漁獲量を、各実験成果をもとにしたシステム化が必要である。

②稚貝育成のための技術開発

ここで開発された技術は、柳川地先において離底式の採苗器により稚貝を採取し、基質入り網袋で移植用のアサリ種苗まで育成させる技術と、島原市地先において砂利入り網袋を原地盤に設置することにより稚貝を採取し、同じ場所で移植用アサリまで育成させる技術と、成長促進を図るために地盤高の低い沖側に採苗器を移動して、移植用アサリまで育成させる技術である。

各技術における採算性の推定で異なる点として、採苗器の設置時期、そして生産額の算定方法にある。

特に生産額の算定方法に関しては、柳川地先での実証実験で検討された様に移植用アサリを放流して漁獲量を求める方法と、島原市地先の様に移植用アサリを種苗として販売する方法に異なる。島原市地先は、物理環境が厳しい礫浜であり、原地盤がアサリの生息に適さないため、アサリ漁も実施されていない場所である。そのため、種苗として販売する事が望まれる。一方、柳川地先においても、今後、移植サイズまで成長したアサリを種苗として販売される可能性も考慮して、必要に応じて種苗販売した場合の生産額も算出できる様に設定する必要があると考えられた。

なお、採苗器の設置時期は、運用サイクルとしての計算開始時期に関係する。採算性の推定では、稚貝サイズからのアサリの成長と個体数の変化を計算しているため、実証実験により採取が確認された稚貝の個体数と確認時期を参考に設定する。

ただし、これまでに得られた初期稚貝の調査結果を見ると、個体数の増減はあるが、年間を通して確認されていることから、上記①と同様に、計算開始時の稚貝の個体数や開始月は任意に設定で

きるように、システム化する事が必要である。

③稚貝移植のための技術開発

ここで開発された技術は、諸富地先において泥土の堆積影響を回避する移植技術、小長井地先や岱明地先では、漁場内で成長の良い場所を利用する移植技術である。

各技術における採算性の推定で異なる点として、移植に用いる稚貝の採取時期の設定である。

諸富地先および岱明地先では、春季発生群および秋季発生群を対象に実証実験が実施され成果が得られた。一方、小長井地先では、地元漁業者の漁業サイクルに合わせて、秋季に移植して翌年春季に漁獲する事から、前年の春季発生群を対象にした実証実験が実施された。

そのため、採算性の推定時には、小長井地先では、春季発生群を対象として、稚貝が夏季に発生（採取）している事を想定した計算を実施するようにシステム化する事が必要である。また、春季および秋季の各発生群を対象としている諸富地先と岱明地先では、基本とする条件は、小長井地先と同様に春季発生群を対象とした設定とするが、任意で秋季発生群を対象とした計算も実施できる様に、システム化する事が必要である。

以上、各技術の運用サイクルを考慮して、採算性の推定を実施する時に留意すべき点を検討した。なお、本事業でプロトタイプとして設定した生産性の推定システムでは、初期に設定した条件（殻長および個体数）の個体群の変化を計算しており、全てが同じ殻長で個体数が減少する様子を予測する設定となっている。しかし、各個体で成長速度に差が生じ、同じ網袋内に同程度の殻長の個体を収容しても、成長に伴い大きさに差が生じて、例えば図 32 に示した様に殻長約 19 mm を中心として 10 mm 以上の差が幅を持つ分布となることも考えられる。

漁業者への情報を考慮すると、ある時点での生産額だけでなく、例えば網袋など技術を適用した場所に、どれだけの資源が生息しているかの情報も表示する事も望まれると考えられる。

そこで、各実証実験の成果より、図 32 に示した様な殻長別個体数のヒストグラムを作成して分散状況を検討し、採算性の推定システムに反映させることも望まれると考えられた。

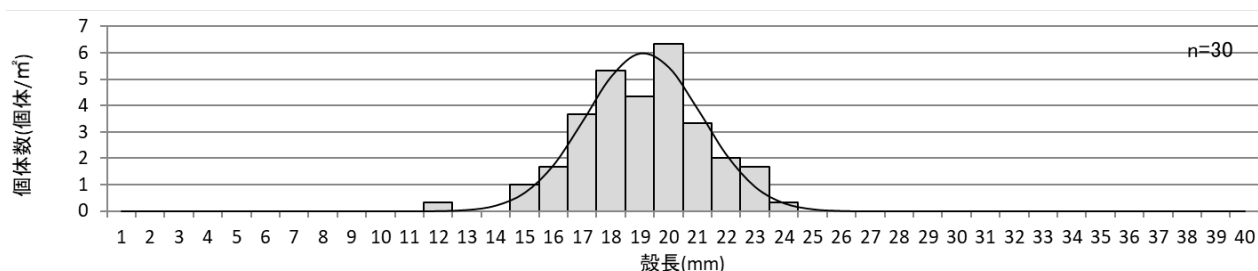


図 32 発生群の分布例（大和高田 302 号地区の調査結果例）

2.5 各実証実験の成果・評価の取りまとめ

2.5.1 稚貝採取技術の適応環境の検討

稚貝採取技術として、網袋にパームを収容した採苗器を底面から離して設置する技術、網袋に軽石または砂利、そして現地の底質を収容した採苗器を底面に直置きして設置する技術について、実証実験が実施されている。

上記の技術によるアサリへの効果として、初期稚貝の着底効果と、着底した初期稚貝の減耗を抑制する効果が期待されている。それぞれの効果については、前者は初期稚貝の個体数、後者については稚貝の個体数で評価した。

離底設置手法、基質入り網袋（直置き）の各手法による採取個体数と環境因子との関係を検討するため、各採取実験による稚貝個体数と、採苗器設置時期の物理環境、水質環境、底質環境の調査結果を整理し検討を行った。

採苗個体数との関係の検討に用いた環境項目を、表 25 に示した。なお、流速および波高、水質の各項目については、連続観測結果の平均値を用いた。

表 25 採苗個体数（稚貝）との関係の検討に用いた項目

物理環境	地盤高，流速，波高
水質環境	塩分，クロロフィル a，濁度
底質環境	シルト・粘土分，中央粒径

(1) 基質入り網袋（直置き）の検討

表 25 の各環境項目と採苗実験による稚貝採取個体数との相関関係を検討した。図 33 に各項目と稚貝個体数の関係を示し、表 26 に相関係数を示した。

図 33 に示した中央粒径を見ると、0.2mm よりも小さい粒径の場所で、稚貝採取個体数が少なくなる傾向が確認された。シルト・粘土分においても、40%以上の場所で稚貝採取個体数が少なくなる傾向であった。物理環境では、流速が速く波高の高い場所で、稚貝採取個体数が多くなる傾向が確認された。また、地盤高では C. D. L. +1.3m 付近において稚貝採取個体数が多く、この値よりも大きくなると個体数が少なくなる一山型の分布傾向が確認された。そこで、稚貝採取量が最大となった時の地盤高 C. D. L. +1.0 m を、他地点の地盤高より減算し、その絶対値に変換したデータを地盤高データとした。地盤高データの変換前および変換後と稚貝採取個体数との関係を図 34 に示したが、データを変換する事で採取個体数との相関が向上した。

各環境項目と稚貝採取個体数との相関関係を見てみると、中央粒径と稚貝採取個体数との間で相関係数が 0.5 以上と相関が高い傾向であったが、有意性は確認されなかった。そこで、アサリの生息には、様々な環境要因が複合して影響していると考えられることから、多変量解析による検討を実施した。