

掃海面積法による石巻湾アカガイの資源量推定

渡邊 一仁^{*1}

Estimation of Ark shell *Anadara broughtonii* Stocks by Using Towing Area Method in Ishinomaki Bay

Kazuhiro WATANABE^{*1}

キーワード：石巻湾，アカガイ資源，掃海面積法，資源評価，東日本大震災

仙台湾内の北側に位置する石巻湾は、仙台湾中南部の仙台新港地先漁場、閑上南部地先漁場とならんで、宮城県におけるアカガイ *Anadara broughtonii* 生産の主要な漁場の1つである。2011年3月11日の東日本大震災以降、石巻湾のアカガイ漁業者は瓦礫撤去事業に従事していて、これまでアカガイ漁業は行われてこなかった。現在、震災から3年近くが経過して、瓦礫撤去に一定の目途がついたことから、アカガイ漁業者はアカガイ漁業の再開を検討しはじめた。一方、震災前の石巻湾のアカガイ漁業は、過剰な漁獲圧により、アカガイ資源が大幅に減少していた。このような経験から、従前と同じ漁獲を再現してしまうと、仮にアカガイ漁を再開しても、すぐにアカガイ資源が枯渇してしまう恐れがある。このため、アカガイ漁業者はアカガイ資源を適切に利用するための漁獲と管理方法を模索している。

仙台湾や石巻湾におけるアカガイに関する既往の知見では、菅野¹⁾が仙台の底質とアカガイ漁場について報告したのが始まりとされる。また、佐々木²⁾が仙台湾におけるアカガイ加入初期過程を整理している。松浦・阿部³⁾は、石巻湾に着目したアカガイ資源分布を報告しており、その後、佐々木^{4,11)}、渡邊ら¹²⁾は仙台湾アカガイの資源特性値や分布密度などを報告している。田邊ら¹³⁾はアカガイ貝桁網の漁獲効率を求め、仙台湾のアカガイ資源評価を前進させた。震災後の仙台湾南部の情報では、渡邊らが

二枚貝¹⁴⁾、渡邊¹⁵⁾が仙台湾中南部アカガイの東日本大震災による影響を報告しており、仙台湾中南部の事例として、震災後にアカガイ資源が増加したことが分かっている。石巻湾においても同様の現象が期待されるが、石巻湾の系統だったアカガイ調査は震災後行われていない。

以上の背景から、本研究では、まず漁業者が自分たちでできるアカガイ資源情報把握のための評価方法を検討する。また、検討した方法により、石巻湾内のアカガイ資源の状況を把握する。さらに、漁獲条件に基づくシナリオ分析により、アカガイ資源の動的変化を考察し、今後の石巻湾アカガイ漁業に資することを目的とした。

方法

1 評価の枠組み

石巻湾で漁獲されたアカガイは、これまでは銘柄別に分けられることなく、そのまま市場に水揚げされており、総漁獲量が把握できるとどまる。このため、市場や漁協が持つ漁獲統計は資源の実態把握には使用できない。このため、漁獲開始時のアカガイ資源の状況をいち早く把握できる方法に、漁期前や漁期中などに漁業者が自分たちで実施できる漁業から独立した調査として、掃海面積に基づく資源状況の把握（掃海面積法）を採用した。石巻湾のアカガイ漁場は第一種共同漁業権第142号（通

^{*1}水産技術総合センター

称：くの字漁場)である。漁場内には水深や底質を考慮して区分した12ラインを定めた(図1)。また、この先の資源量推定においては、区分した12ラインの所管エリアを面積として定めておく必要がある。ここでは、各ラインの中心から等距離になる位置が区分箇所には適切と考えて「区切り」を定義し、各ラインの所管エリアを図2のように分類した。分類された面積は多角形となるため、各エリアの面積はGoogle Mapの多角形ツールver.3¹⁶⁾を用いて算出し、石巻湾アカガイの資源量推定のための基礎とした。これにより、各ラインのアカガイ採取状況から、分布密度や殻長組成、資源量の直接的な算定ができるようになり、漁業と資源モニタリングの両立が可能となる枠組みとした。なお、今回定めた方法は、非常に短期間での調査であり、アカガイの資源特性に依存するところが大きく、以下の5つの仮定を前提に成り立つものである。

①アカガイの調査期間中の移動や加入はない。②調査期

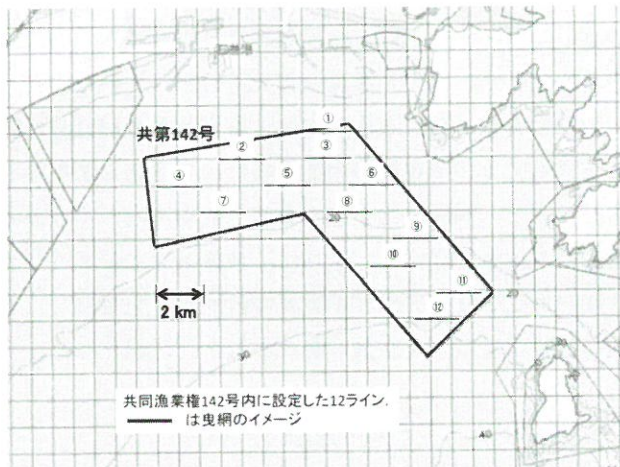


図1 本研究で定めた調査ライン

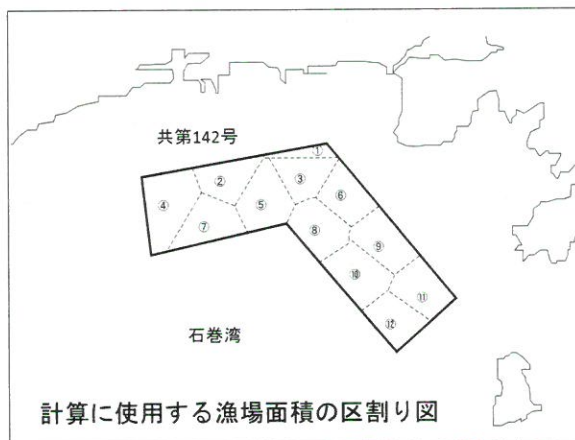


図2 所管エリア区切りのイメージ

間が短く、アカガイの自然死亡は無視できる、③調査中のアカガイの成長は無視できる、④アカガイの採集効率は0.54¹³⁾を採用する、すなわち、アカガイ貝桁網の通過した場所のアカガイは54%が漁獲される。⑤アカガイは漁船の真下で漁獲する、すなわち、漁船の位置がアカガイの漁獲位置と一致する。

2 データの収集

調査は2013年11月13-15日の風の良い日に渡波漁船漁業協同組合所属のアカガイ漁船、第八正利丸を用いて実施した。調査区域は前述の石巻湾アカガイ漁場(共同漁業権第142号)の12ラインである。今回使用した貝桁網は桁幅135cm、爪幅40mm、爪長さ37cm、目合36mmで、石巻地区の標準的な仕様となっている。船にはこの貝桁網を4丁搭載しており、それぞれのラインに対して、漁業の実態にあわせて3ノット程度の速力で20分間曳網してアカガイを採集した。

3 データの分析

漁獲したアカガイは、すべて精密測定を行い、ラインごとに殻長組成や重量を計測した。次に、漁場内の分布密度は渡邊ら¹⁴⁾に基づいて計算した。すなわち、次の(1)~(3)式より曳網距離、曳網面積を導くことで求めた。

$$L \text{ (m)} = v \text{ (m/s)} \times t \text{ (s)} \quad \dots (1)$$

$$S \text{ (m}^2\text{)} = L \text{ (m)} \times w \text{ (m)} \times n \text{ (丁)} \quad \dots (2)$$

$$D \text{ (g/1000m}^2\text{)} = G \text{ (個)} / S \text{ (m}^2\text{)} / Ef \times 1000 \quad \dots (3)$$

ここで、 L は曳網距離、 v は曳網速度、 t は曳網時間、 S は曳網面積、 w は貝桁間口幅、 n は貝桁網数、 D は分布密度、 G はアカガイ漁獲個数、 Ef は採集効率(0.54)¹³⁾を表す。また、アカガイの資源量は各ラインの分布密度と対応する所管エリア面積を乗じ、それらを積み上げることで石巻湾アカガイ漁場全体の量として試算した。

結果

1 漁獲アカガイの殻長組成

図3は今回の調査で得られた石巻湾アカガイ漁場全体での漁獲アカガイのプールの殻長組成である。漁獲総数396個に対して、最大で89.6mm、最小で38.4mmの殻長範囲となり、山の形は56-60mmと71-75mmの階級にモードを持つ2峰型の形状となった。また、図4は、ライン別の漁獲アカガイの殻長組成を示したものである。最も

漁獲の多かったLine5（93個）では、60mmがモードとなっており、次いで漁獲の多かったLine7（65個）とLine8（47個）のモードはそれぞれ74mm、71mmであった。漁獲個数の少なかったLine12（14個）では40～75mmサイズが偏りなく獲れていた。なお、漁獲の多かったLine5、Line7、Line8でそれぞれ全漁獲の23%、16%、12%となり、この3カ所で全体の51%を占めた。一方、漁場内で最も浅場のLine1や漁場の東側に位置するLine11、Line12

では、アカガイはあまり漁獲されなかった。

2 漁獲アカガイの分布密度

石巻湾のアカガイの分布密度を表したものが図5である。各所管エリアの分布密度は0～51.7個/1,000m²の範囲にあった。漁獲の多かったLine5、Line7、Line8で分布密度が高く、それぞれ51.7個/1,000m²、48.1個/1,000m²、34.8個/1,000m²であった。一方、Line1とLine11では漁獲が無かったことから、分布密度は0個/1,000m²となった。

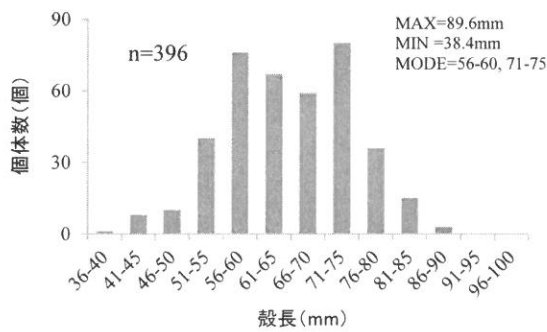


図3 殻長組成（石巻湾）

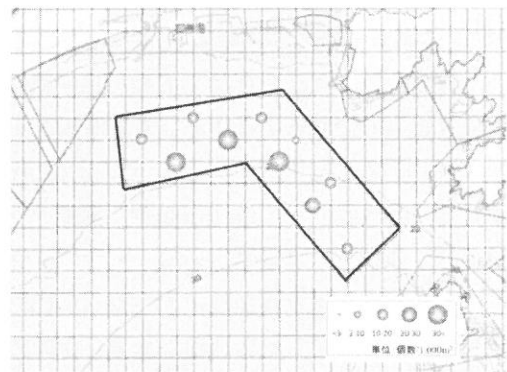


図5 石巻湾アカガイ漁場におけるアカガイの分布密度

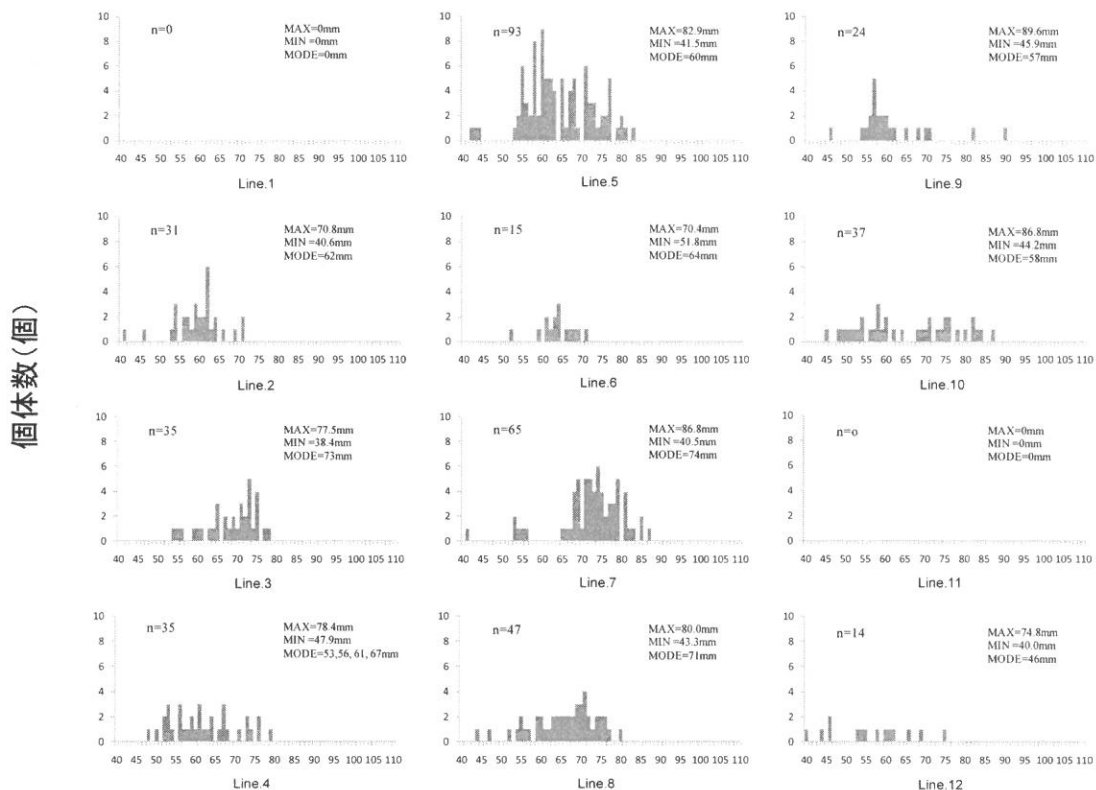


図4 ライン別のアカガイ殻長組成

表3 アカガイの取り残しを30~60%まで変化させた時の漁獲個数と漁獲重量

残り残し	30% (=70%漁獲)		40% (=60%漁獲)		50% (=50%漁獲)		60% (=40%漁獲)	
	個数(千個)	重量(t)	個数(千個)	重量(t)	個数(千個)	重量(t)	個数(千個)	重量(t)
70>	0	0	0	0	0	0	0	0
71-75	120	11.7	103	10.0	86	8.3	68	6.7
76-80	58	6.8	50	5.8	41	4.8	33	3.9
81-85	26	3.6	22	3.1	19	2.6	15	2.1
86-90	5	0.9	4	0.7	4	0.6	3	0.5
合計	209	22.9	179	19.7	149	16.4	119	13.1
安全率(80%)を考慮		18.3		15.7		13.1		10.5

3 石巻湾アカガイ資源量の試算

表1は、本調査で得られた結果を基に、石巻湾アカガイ漁場の資源個数および現存量を求めた際の項目と計算結果を示したものである。項目として漁獲個数(個)、漁獲重量(g)、使用した貝桁数(丁)、曳網面積(m²)、アカガイ密度(個数ベース:個/1,000m²、重量ベース:g/1,000m²)、所管エリア面積(m²)、そして面積の引き伸ばしにより求めた推定資源個数(千個)、推定資源量(t)をラインごとに整理し、全体の集計結果と併せてまとめた。これにより、石巻湾アカガイ漁場にはおよそ838千個、65tのアカガイが現存すると推定された。

考察

1 震災後の石巻湾アカガイ漁場のアカガイ資源

東日本大震災の影響に伴う石巻湾アカガイ資源への影響が心配されたが、アカガイは石巻湾内に現存していることが確認された。石巻湾アカガイ漁場全体の漁獲物組成は、渡邊ら¹²⁾の東日本大震災前の2009-2011の調査結果に従うならば1つの山となっているはずのものが2峰型を示した。つまり、山と山の間に対応する61~70mmサイズが漁獲されなかった。震災からの経過が3年という期間を考えると、東日本大震災前年の夏季に発生した稚貝が津波によって流されてしまい、その後、漁業も行われていないことから、その年級が欠けた組成を反映した結果と推察される。漁場でのアカガイ分布にはラインごとに疎密の差がみられた。この分布状況は、松浦・阿部³⁾や渡邊ら¹²⁾の調査結果と合致する部分も多く、漁場の東側で少ないことや、くの字の付け根付近で高い密度にあるなど、石巻湾内のアカガイの分布傾向に大きな変化の

表1 石巻湾アカガイ漁場の資源量

Line	漁獲個数(個)	漁獲重量(g)	使用した貝桁数(丁)	曳網面積(m ²)	アカガイ密度		所管エリア面積(m ²)	推定資源個数(千個)	推定資源量(t)
					(個/1000m ²)	(g/1000m ²)			
1	0	0	4	3,333.6	0.0	0.0	2,386,592	0	0
2	31	1,904	4	3,333.6	17.2	1,057.5	3,226,081	56	3
3	35	2,944	4	3,333.6	19.4	1,635.4	2,555,765	50	4
4	35	2,362	4	3,333.6	19.4	1,312.1	5,298,369	103	7
5	93	6,801	4	3,333.6	51.7	3,778.3	3,215,926	166	12
6	15	1,041	4	3,333.6	8.3	578.4	2,842,108	24	2
7	65	6,310	3	2,500.2	48.1	4,673.8	3,747,831	180	18
8	47	3,766	3	2,500.2	34.8	2,789.1	2,643,912	92	7
9	24	1,603	4	3,333.6	13.3	890.3	4,312,068	57	4
10	37	2,920	3	2,500.2	27.4	2,162.5	3,069,680	84	7
11	0	0	3	2,500.2	0.0	0.0	4,269,736	0	0
12	14	740	3	2,500.2	10.4	547.8	2,513,168	26	1
合計	396	30,390	—	—	—	—	40,081,235	838	65

表2 漁獲対象となるアカガイ資源の内訳

殻長範囲(mm)	個体平均重量(g)	銘柄	資源個数(千個)	資源量(t)
再放流対象	70>		539,887	
	71-75	中	171,094	16.7
	76-80	大	82,550	9.7
漁獲販売対象	81-85	特	37,271	5.2
	86-90	特	7,445	1.2
小計			298,360	32.8
合計			838,247	

ないことを示唆する。分布密度は震災前と比べ相対的に増加していたことから、2009-2011年に調査された石巻湾アカガイ漁場の67mmをモードとしていた単峰型の分布形状¹²⁾とは異なるものの、新規に加入しはじめた

60mm前後の小型貝や70mm以上の母貝が捉えられているので、乱獲のない適切な漁獲方法を運用することで、石巻湾におけるアカガイ漁業の復旧・復興は可能であると考えられた。

2 漁獲シナリオに基づく漁獲量と資源動向

石巻湾のアカガイを持続的に利用するために、漁業者の間では、“質”と“量”の両面からの資源管理へ向けた取り組みが検討されている。質的な観点からは、渡邊ら¹³⁾はアカガイ資源の再生産を促しながら最大の漁獲を得るアカガイの漁獲サイズとして70mm以上を提案しているが、この提案に基づいて、漁業者はアカガイの漁獲サイズを70mm以上とすることを決定した。爪幅や網目の目を拡大することによる改良漁具が導入されることになった。一方、漁獲量については現在の資源量からの漁獲可能量の算定が求められていた。ここでは、アカガイ母貝の取り残しを変化させた場合の漁獲量とその時の動向を検討する。シナリオの前提条件は次の3つである。①アカガイの漁獲サイズはすべて70mm以上とし、これより小さいサイズはすべて再放流する。②漁獲物は殻長別資源量の割合に応じて、各階級とも同じ比率で漁獲される。③漁獲対象となるアカガイは、1年に10mm大きくなる¹²⁾とする。

表2はアカガイの資源量から出荷先として検討している築地市場の銘柄に合わせた殻長範囲、個体平均重量、資源個数と資源重量を整理したものである。71mm以上を産卵母貝とすると、現状では資源量の36%に相当する298,360個が母貝として存在することになる。

表3はアカガイ母貝の取り残しを30~60%に変化させた場合の漁獲可能量をしたものである。また、漁獲量に安全率80%を考慮した場合の漁獲量も併せて記載した。

表4 漁獲シミュレーションに基づく資源動向予測

獲り残し	自然死亡率		
	20%	30%	40%
30%(=70%漁獲)	減少	減少	減少
40%(=60%漁獲)	維持	減少	減少
50%(=50%漁獲)	増加	減少	減少
60%(=40%漁獲)	増加	増加	減少

これによると、30%の取り残しで22.9t(安全率を考慮すると18.3t, 以下同じ)、40%の取り残しで19.7t(15.7t)、50%の取り残しで16.4t(13.1t)、60%の取り残しで13.1t(10.5t)という結果であった。

また、表4は取り残しと自然死亡の割合を変化させた場合の次年度(2015年度)の資源動向のシミュレーション結果を表したものである。これによると、20%の自然死亡に対しては、40%のアカガイ母貝取り残しで現状維持、50%、60%の取り残しなら増加と予測された。また、30%の自然死亡に対しても60%の取り残しであれば増加という結果が得られた。60%の取り残しでの漁獲可能量は13.1tであり、これは安全率を考慮した取り残し50%と同値である。今回のシミュレーションの対象になっているアカガイは、すでに加入の始まっている50mm以上サイズである。浮遊幼生からの着底期や着底した後の稚貝期などの初期減耗の大きな時期を経過しており、ヒトデなどによる捕食の減耗はあるにしても、30%の自然死亡を見ておけば、東日本大震災のような大きなイベントが起きない限りは、現実的な評価ができるものと考えられる(アカガイの自然死亡係数Mは0.18と報告¹²⁾されており、アカガイの寿命は他の漁獲対象となる水産生物に比べて比較的長い)。したがって、現状の石巻湾アカガイ漁場の資源的な見地から提案できる漁獲量としては、年間13.1tを上限に設定することが妥当と考えられた。なお、この13.1tという数値は、同漁場の震災前2008-2010年の年間漁獲量11.5-20.9tの漁獲量に対しても、極端に少ないわけではない。また、銘柄別の価格を考慮すれば、従来に比べ漁獲サイズが大きくなり、漁獲物の選別と出荷先(石巻市場、築地市場)への計画出荷で漁獲高は2~3倍程度まで上回るものと試算されている。資源の持続と経済性の向上を両立した漁業が成り立つ新しい取り組みが期待される。

3 今後の取り組みについて

本研究では、石巻湾アカガイ漁場におけるアカガイの資源状況を把握するために、掃海面積法をアカガイ漁場に適用し、ラインごとに所管エリアを分類することで資源量の推定を行った。また、得られた結果から、資源量の動向予測を行い、今後の計画的な漁獲管理方法を提案した。しかし、本調査結果の限界も併せて述べておく。本調査結果は震災後、初めての調査であり、調査はすべ

て同じ漁船と漁具で短期間の間に実施したものである。特に、各ラインとも1回の曳網によるものであり、4つの貝桁を曳いているとはいえ、アカガイの分布の偏りと抽出誤差に対しては考慮しなかった。よって、得られた推定値は信頼範囲を示せなかったことから、今後調査回数を精査するなど改善の余地がある。これらの点は、次回以降の調査において、調査体制の確立とアカガイ資源の

評価システムの醸成に向けて研鑽を進めていくことが望まれる。また、今回提案した漁業管理方法を定着させるためには、漁業者が自分たちで判断できる状況に持っていくことが大事である。自ら実施した調査で得られた数値を入力するだけで自己診断ができるような分析ツールも開発を進めていきたいと考える。

要 約

本研究では、石巻湾でのアカガイ資源調査の枠組みを検討し、東日本大震災後に初めて石巻湾アカガイの資源調査を実施した。本研究で得られた成果は次のとおりである。

- 1) 石巻湾の第一種共同漁業権142号内にはおよそ838千個、65tのアカガイが現存すると推定された。
- 2) アカガイの殻長組成は56-60mmと71-75mmの階級にモードを持つ二峰型を示し、61-70mmサイズのアカガイ（2010年級）は震災の影響で減少したことが示唆された。
- 3) アカガイの分布密度は震災前と同様の傾向で分布しており、通称「くの字」の付け根付近では51.7個/1,000m³など高い値を示していた。

- 4) 資源評価の結果から、70mm以上のサイズで13.1tを漁獲可能量とすれば、次年度もアカガイ資源量が増加することをシミュレーションにより示した。
- 5) 本評価手法は最初の試みであり、今後改善を加えていくことで、石巻湾のアカガイ管理に貢献することが期待される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、渡波漁船漁業協同組合代表理事組合長の雁部宏充様、事務局長の加藤智美様、第八正利丸船頭の平塚秀一様には、今回の調査のきっかけと実際の資源調査で多くのご協力をいただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 菅野尚. 仙台湾の底質とアカガイ漁場について. 東北水研研究報告, 1966; 26:55-75.
- 2) 佐々木良. 仙台湾におけるアカガイ初期加入過程に関する再検討. 宮城水産研報, 1997; 15:6-79.
- 3) 松浦裕幸, 阿部修久. 石巻湾におけるアカガイ資源に関する調査. 宮城水産研報, 2006; 6:59-64.
- 4) 佐々木浩一. 仙台湾中部・南部沿岸域の底層環境特性とアカガイ資源の分布状態. 平成15年度受託研究「仙台湾ブランド赤貝資源緊急再生事業計画」報告書, 2003:1-20.
- 5) 佐々木浩一. 仙台湾中部・南部沿岸域の海洋環境の特性とアカガイ資源の現状. 平成16年度受託研究「仙台湾ブランド赤貝資源緊急再生事業計画」報告書, 2004:1-61.
- 6) 佐々木浩一. 仙台湾中部・南部沿岸域のアカガイ資源の現状と再生に向けての方策. 平成17年度受託研究「仙台湾ブランド赤貝資源緊急再生事業計画」報告書, 2005:1-77.
- 7) 佐々木浩一. 操業記録からみたアカガイ資源の分布特性と資源調査体制の見直しについて. 平成18年度受託研究「ブランド水産資源の資源管理型漁業推進事業（仙台湾ブランド赤貝資源緊急再生事業）」報告書, 2006:1-71.
- 8) 佐々木浩一. アカガイ・コタマガイ資源の現状および漁場における低酸素状態の特性について. 平成19年度受託研究「ブランド水産資源の資源管理型漁業推進事業（仙台湾ブランド赤貝資源緊急再生事業）」報告書, 2007:1-113

- 9) 佐々木浩一. 平成20年度受託研究「ブランド水産資源の資源管理型漁業推進事業(仙台湾ブランド赤貝資源緊急再生事業)」報告書, 2008:1-45
- 10) 佐々木浩一. 平成21年度受託研究実施報告書「仙台湾ブランド二枚貝類資源の増大と資源管理型漁業の推進事業」, 2009:1-19.
- 11) 佐々木浩一. 平成22年度受託研究実施報告書「仙台湾ブランド二枚貝類資源の増大と資源管理型漁業の推進事業」, 2010:1-4.
- 12) 渡邊一仁, 田邊徹, 鈴木矩晃. 仙台湾アカガイの資源状況と管理手法の検討. 宮城水産研報, 2012; **12**:13-21.
- 13) 田邊徹, 渡邊一仁, 鈴木矩晃, 小野利則. 仙台湾におけるアカガイ貝桁網の漁獲効率の推定. 日本水産学会誌, 2012;**78** (6) 1112-1117.
- 14) 渡邊一仁, 庄子充広, 佐々木浩一. 東日本大震災による仙台湾中南部海域の二枚貝漁業への影響. 宮城水産研報, 2013; **13**:23-29.
- 15) 渡邊一仁. 東日本大震災の津波によるアカガイ漁業への影響-宮城県閑上地区の事例として-. 環境情報科学学術研究論文集, 2013; **27**:227-232.
- 16) グーグルマップ多角形ツールver.3 (2014.2.3参照確認)
http://wisteriahill.sakura.ne.jp/GMAP/GMAP_CALCAREA_V3/

