

氏 名(本籍) とみ 富 やま 山 たけし 毅

学位の種類 博 士 (農 学)

学位記番号 農 第 6 8 9 号

学位授与年月日 平 成 17 年 3 月 3 日

学位授与の要件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学位論文題目 非致死性水管摂食を介したイシガレイとイソシジミの種
間関係に関する研究

論文審査委員 (主 査) 教 授 大 森 迪 夫
(副 査) 教 授 室 賀 清 邦
教 授 木 島 明 博

論文内容要旨

序論

仙台湾において、イシガレイ *Platichthys bicoloratus* は外海砂浜域や干潟域（内湾・河口域，図 1）に稚魚期の成育場を形成する。干潟域では砂浜域に比べて稚魚の生息密度が高く，成長も速い。この要因として，外敵による被食が少ないこと，水温が高く食物が多いことが明らかとなっている。

しかしこれまでの研究では，食物生物の生産量で評価されるべき食物条件を

食物生物の現存量のみで評価されてきた。本研究の第一章で記載するように，干潟域ではイシガレイの生産にとって，イソシジミ *Nuttallia olivacea*（二枚貝，ニッコウガイ科）の水管といった底生生物の体の一部に対する「非致死性摂食」が極めて重要な役割を果たしている。このような非致死性摂食を被る食物生物の生産力を量的に評価した研究事例はほとんどない。

本研究ではこうした非致死性の捕食被食関係に注目し，干潟域において非致死性摂食を被る生物の生産力を解明することを目的とする。第一章では，イシガレイにとって非致死性摂食による食物の獲得が重要であり，そのような捕食被食関係が仙台湾の干潟域に普遍的に形成されていることを示す。第二章では，非致死性摂食を受ける代表的な生物であるイソシジミの，水管被食に対する成長や水管の生産量の応答を定量的に解析し，最大水管被食許容量を明らかにする。

第一章 干潟域成育場におけるイシガレイ稚魚の摂食生態

1-1 干潟域における成育場形成

1998年2月～7月の期間，宮城県名取川河口域（図 2）に定点を9つ設けて，イシガレイの成育場の形成場所を調査した。イシガレイの分布密度はいずれの月も Station 5で最も高く，3月には約2.1個体/m²であった。また，Station 6でも4月に0.9個体/m²と高く，イシガレイの成育

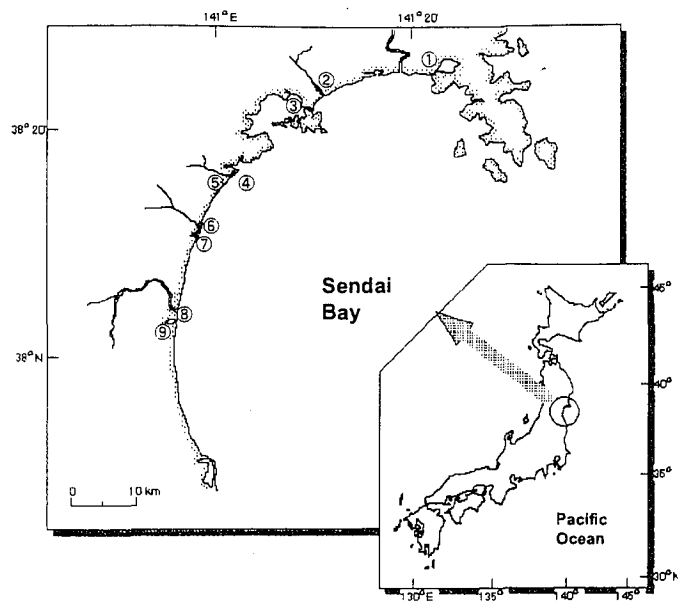


図 1. 仙台湾の主な干潟域。①万石浦，②鳴瀬川，③東名浜，④蒲生干潟，⑤七北田川，⑥名取川，⑦広浦，⑧阿武隈川，⑨鳥の海

場は河口付近の場所に形成されると考えられた。稚魚は7月にはほとんど採集されなくなった。

1-2 食物選択性からみた非致死性

摂食の重要性

名取川河口域において、イシガレイの分布密度が高い砂質（図2のStation 5）および砂泥質（Station 6）の場所でイシガレイの食物選択性を実験的に調べた。稚魚の胃内容物と環境中の食物を直接比較するために、底面1 m四方、高さ0.3 m、ステンレス製金網（目合5 mmもしくは7 mm）を側面および底面に張ったCageの中に稚魚を収容して、一定時間後に回収した。対照として、Cageの周辺で野生のイシガレイを採集した。また環境中の食物として、Cageの周辺で底生生物を採集した。

底生生物は砂泥質で多く、砂質域ではイソシジミなどの二枚貝を除いて低い密度であった。しかし、Cageに収容した実験魚とCage周辺で採集した対照魚のどちらも、場所に関係なく3月にはドロオニスピオの副感触手、4月から6月にはイソシジミの水管に強い正の選択性を

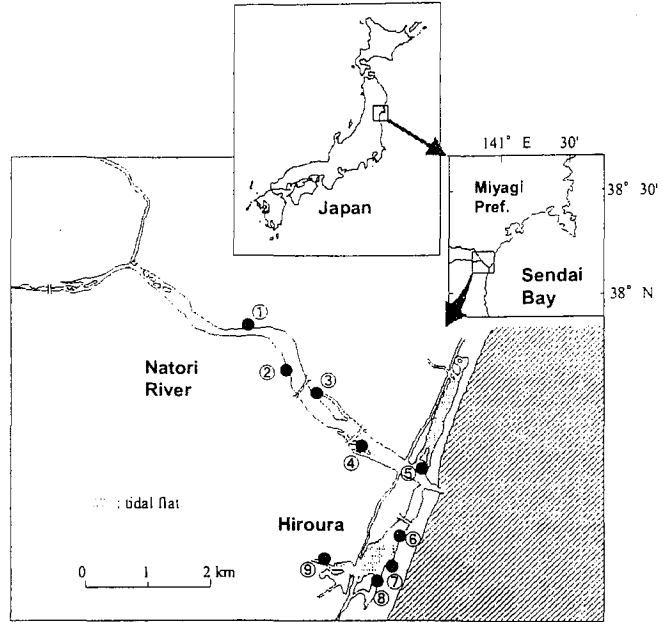


図2. 名取川河口域。黒丸は定点を、数字は定点番号を示す。

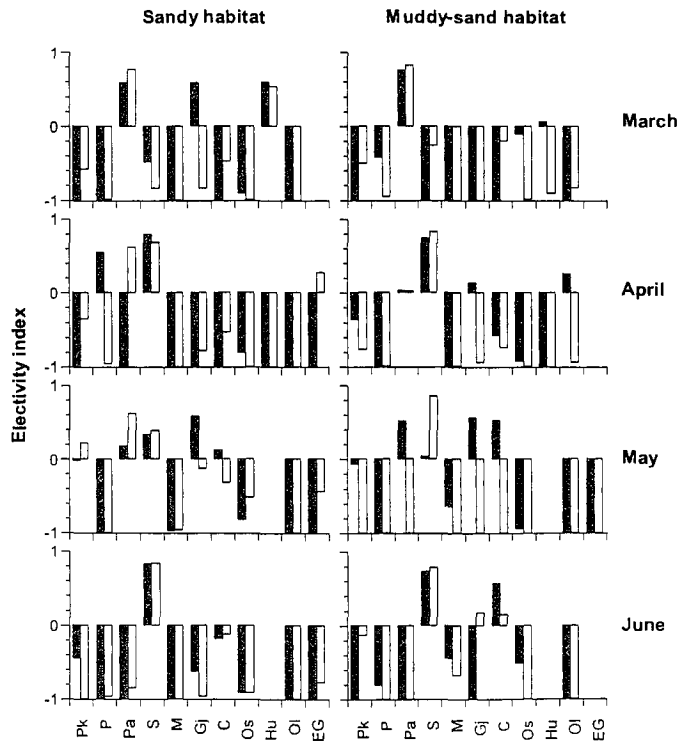


図3. Vanderploeg & Scavia (1979) の相対選択性指数によるイシガレイの食物選択性。黒と白はそれぞれCageに収容した稚魚と、Cageの周辺で採集した稚魚を示す。食物は以下のとおり。Pk=ドロオニスピオ、P=その他多毛類、Pa=ドロオニスピオ副感触手、S=イソシジミ水管、M=その他軟体動物類、Gj=ニホンドロソコエビ、C=その他甲殻類、Os=介形類、Hu=ホッカイソコムジシジミ、Ol=貧毛類、EG=シラウオ卵。

示した (図 3)。このことから、名取川河口域では、イシガレイにとって非致死性摂食が重要であると考えられた。

1-3 複数の水域における胃内容物の変異と非致死性摂食の重要性

名取川以外の水域でも、底生生物に対する非致死性摂食がイシガレイにとって重要であることを検証するため、1999年2月～6月に万石浦から鳥の海までの9水域 (図 1) でイシガレイ稚魚を採集し、胃内容物を解析した。イシガレイの分布密度は内湾域 (万石浦, 松島湾東名浜, 鳥の海) や中小河川の河口域 (七北田川, 蒲生干潟, 名取川, 広浦) で高かった。

イシガレイの食物は水域間で大きく異なるものの、いずれの水域でも多毛類の触手や二枚貝の水管が高い重要度を示した (図 4)。このことから、干潟域成育場においてイシガレイが非致死性摂食に強く依存していることが確かめられた。特に、イソシジミの水管の重要度が万石浦, 蒲生, 七北田川, 名取川, 広浦, 鳥の海において高い場合がみられ、イソシジミに対する水管摂食が仙台湾干潟域におけるイシガレイの非致死性摂食の代表的な一つであると考えられた。

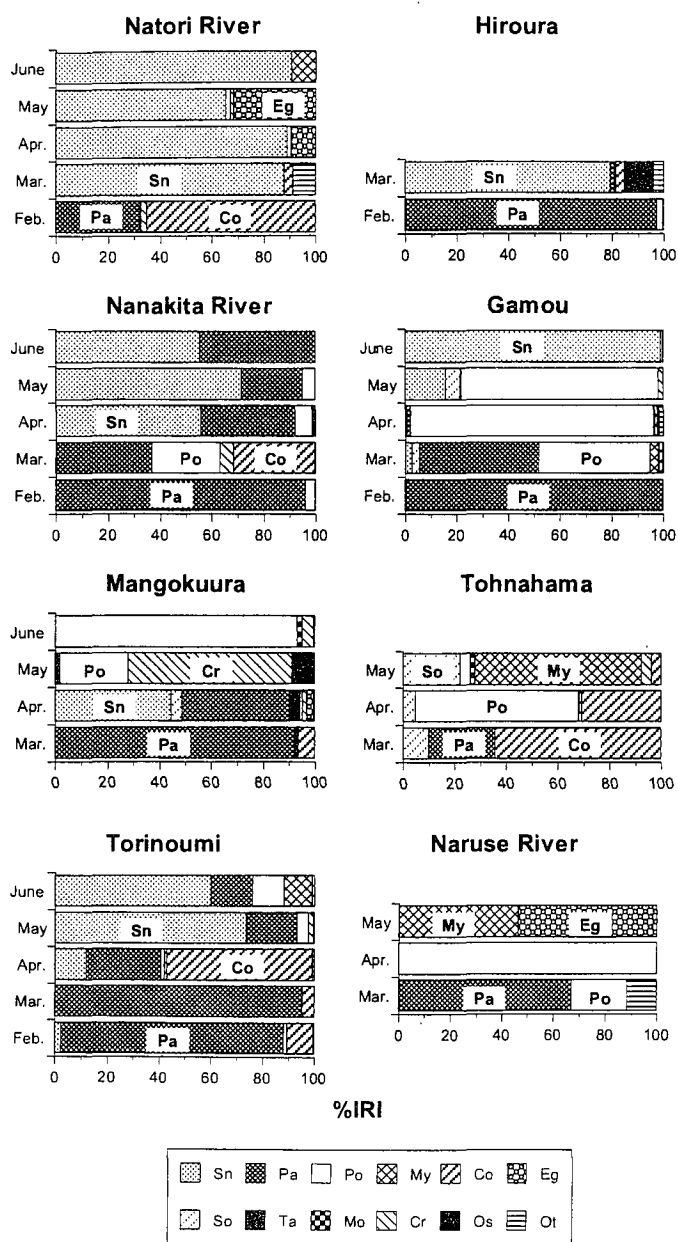


図 4. 1999 年におけるイシガレイの胃内容物組成。食物群は以下のとおり。Sn=イソシジミ水管, So=その他二枚貝水管, Pa=多毛類触手, Pa=多毛類尾部, Po=多毛類, Mo=軟体動物, My=アミ類, Cr=その他甲殻類, Co=カイアシ類, Os=介形類, Eg=シラウオ卵, Ot=その他。

第二章 非致死性摂食に対するイソシジミの応答

2-1 捕食被食関係が形成される時期とイソシジミのサイズ

名取川河口域において、イシガレイが摂食していたイソシジミの水管を観察した。それらのほとんどは入水管であった。胃内の水管のサイズをもとに、水管を摂食されるイソシジミのサイズを推定した(図5)。水管を摂食されたイソシジミの殻長は全て5 mm以上であり、イシガレイの成長に伴って大きくなった。水管を摂食されたイソシジミのほとんどは殻長40 mm未満であり、特に殻長10~25 mmの個体で被食頻度が高かった。水管被食の多い時期は、4月後半から5月前半にかけての期間であった。

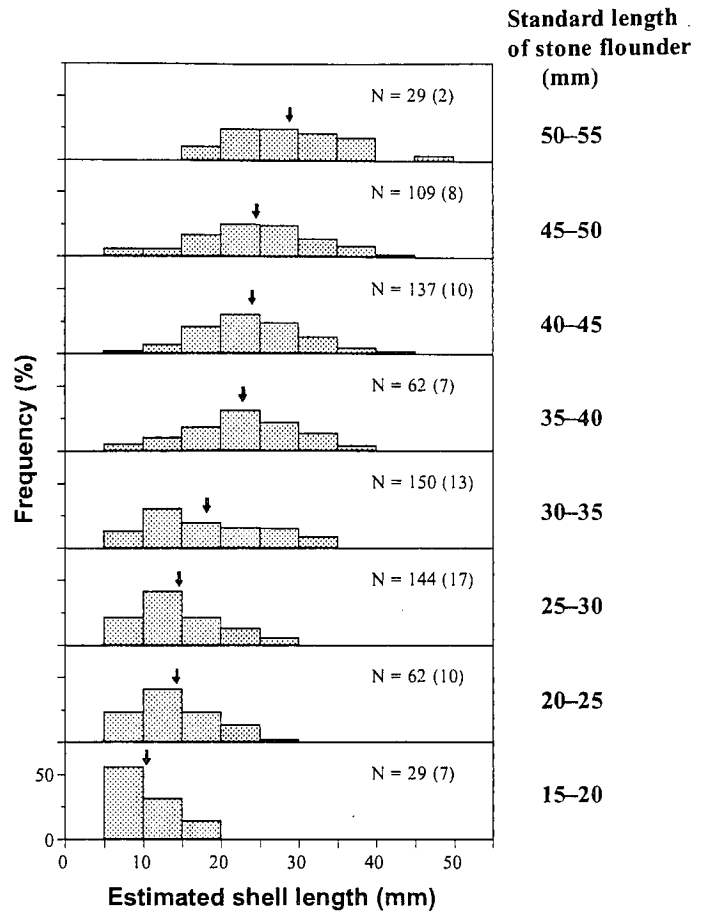


図5. イシガレイに水管を摂食されたイソシジミの推定殻長組成。イシガレイの体サイズ階級ごとに示す。()内の数字は調査魚数、矢印は平均値を示す。

2-2 水管の量的再生の特性

イソシジミの水管の量的再生を検証するために、水管を人為的に切除したイソシジミ(殻長30 mm以上)を3つの温度条件に設定した室内条件下で1ヵ月間飼育した(室内実験)。実験終了時の切除群の水管重量指数はどの温度条件においても非切除群より小さかったが、15℃と25℃の条件下では切除した重量を加えると非切除群よ

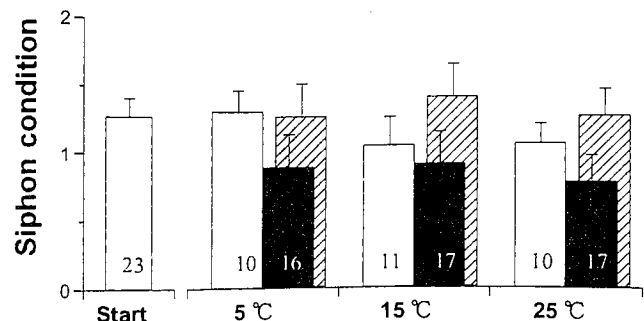


図6. 室内実験におけるイソシジミの水管重量指数。平均値と標準偏差で示す。黒と白は切除群と対照群、斜線は切除量を加えた水管重量指数。数字はサンプル数。

り大きくなり、水管が量的に再生することが確かめられた（図6）。

実際にイソシジミが生息している自然条件下での水管の量的再生を調べるため、頻度や量を変えて水管を切除した個体を Cage に收容した状態で元の生息場所に放流し、3 ヶ月後に再捕した（現場実験 I）。およそ 1 ヶ月に 1 回の頻度で水管を切除した 3 回切除群、実験開始時に 1 回だけ水管を切除した 1 回切除群のいずれも、切除量を加えた水管重量は非切除群よりもはるかに大きく、再生量が大きいことが示唆された（図8）。

水管を切除したイソシジミを現場に放流し、数日ごとにとりあげて、量的な再生速度の経時変化を調べた。1 日あたりの水管生産量は、3 日後にとりあげた群で最も高く、その後減少した（図7）。このことから、イソシジミは水管の一部を失った場合、元の大きさまで一定速度で再生させるわけではなく、失ってからごく短期間に急に再生させることが示された。

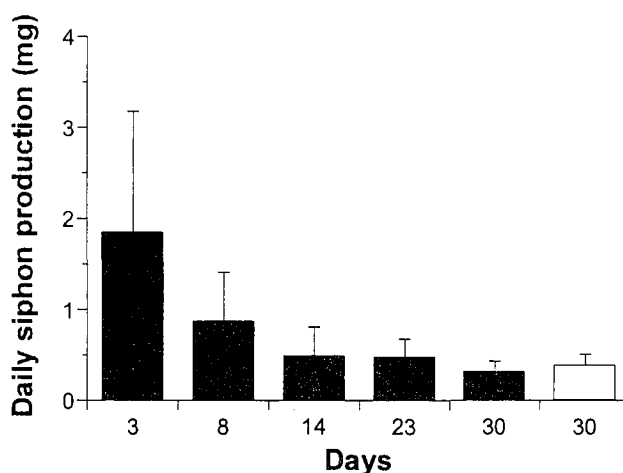


図7. 現場実験IIにおけるイソシジミの1日あたり水管生産量。平均値と標準偏差で示す。日数は実験期間。サンプル数は全て10個体。

2-3 イソシジミのサイズによる水管被食に対する応答の変異

二枚貝は、水管被食によって成長の阻害や肥満度の低下といった影響を被ることが知られている。そこで、現場実験Iの結果からイソシジミについて水管被食の影響を調べた。イシガレイの水管摂食圧は小型のイソシジミに

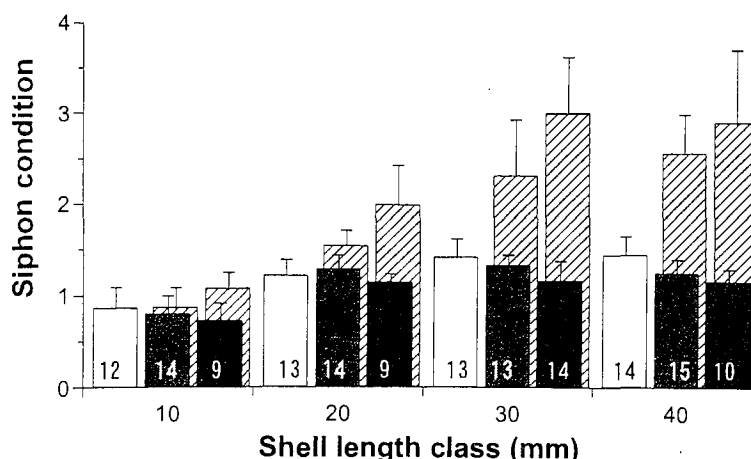


図8. 現場実験Iにおける殻長階級ごとの水管重量指数。平均値と標準偏差で示す。黒、灰色、白はそれぞれ3回切除群、1回切除群、非切除群を示す。斜線は切除量を加えた水管重量指数。数字はサンプル数。

集中していたため、イソシジミのサイズ階級ごとに解析を行った。いずれのサイズ階級においても切除量を加えた場合の水管重量は非切除群より大きく、特に殻長 30 mm 以上のイソシジミで顕著であった (図 8)。実験開始から実験終了までの水管増加量として求められる水管生産量は、切除量が大きくなるほど一次回帰的に増大した (図 9)。このような被食量に対する生産量の増大パターンは、非致死性摂食の特徴と考えられる。イソシジミの肥満度は、水管切除によって低下する傾向は認められなかった。殻長の増加量で表されるイソシジミの成長は、水管切除量に対して負の相関関係を示し、水管切除によって成長が低下することが示唆された (図 10)。生殖腺の発達段階は、水管切除によって変化する傾向は認められなかった。

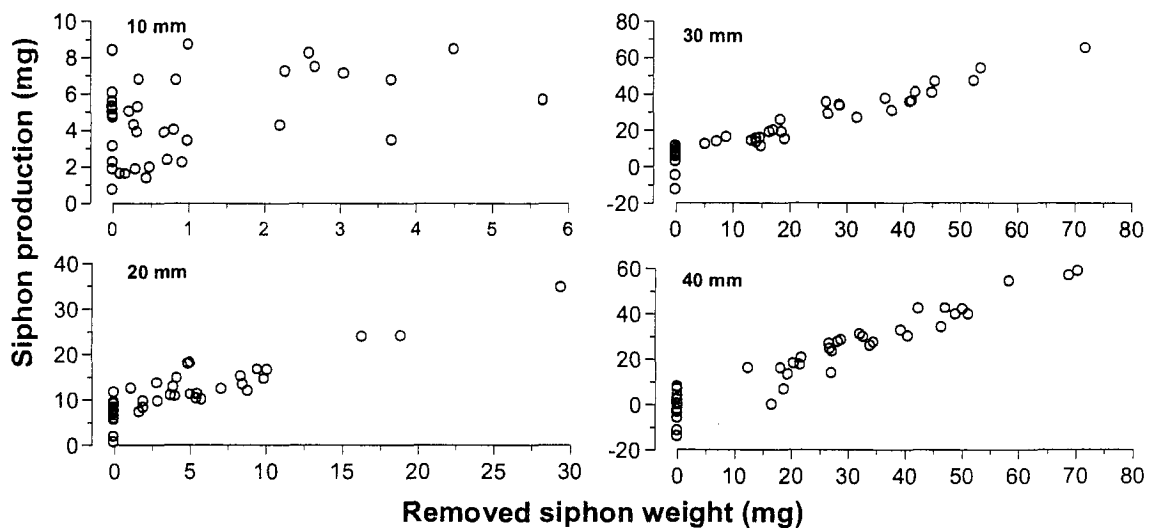


図 9. 現場実験 I における殻長階級ごとのイソシジミの水管切除量と水管生産量の関係。

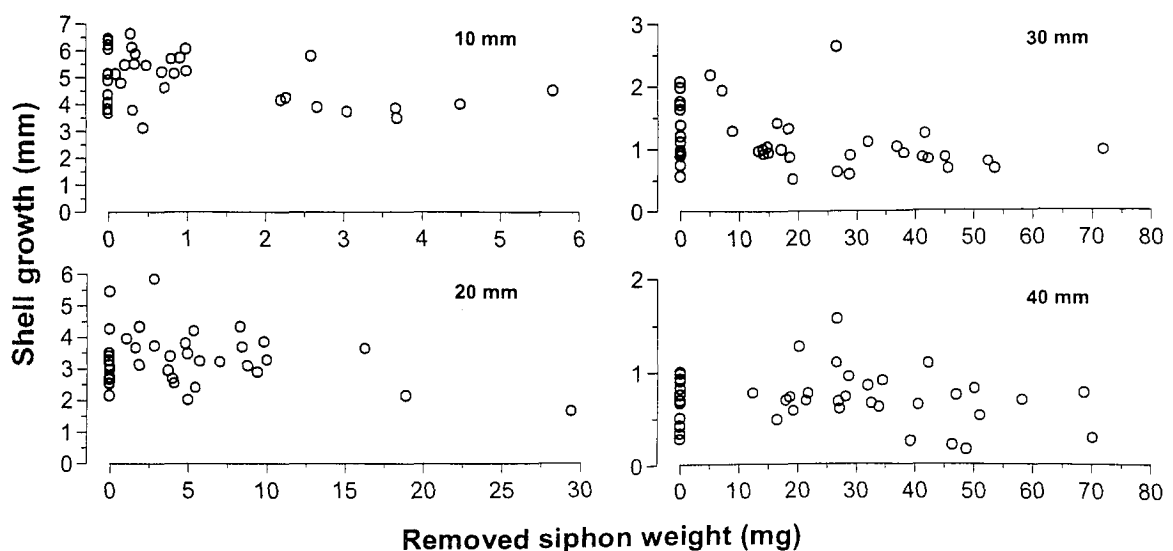


図 10 現場実験 I における殻長階級ごとのイソシジミの水管切除量と成長量の関係。

2-4 イシガレイによる水管摂食量とイソシジミの水管生産量の評価

現場実験 I の結果を基に、イソシジミ 1 個体あたりのイシガレイによる水管被食量とイソシジミの水管生産量を推定した。イソシジミはイシガレイによって水管を多く摂食され、そのことによって成長がわずかに低下するものの、水管生産量が被食のない場合に比べて 1.2~2.6 倍に増加していた (表 1)。イソシジミの成長を完全に阻害する量として推定した最大水管被食許容量は、イシガレイによる摂食量の約 30 倍と推定され、イソシジミはイシガレイにとって、極めて生産力の大きい食物生物であることが明らかとなった。

表 1. 1997 年 4 月 16 日~7 月 15 日に名取川河口域においてイシガレイによる水管被食がイソシジミに及ぼす影響の推定。SP は水管生産量を示す。

Shell length (mm)	Assumed shell length on April 16 (mm)	Cropped siphon dry weight by juvenile stone flounder per bivalve (mg)			Shell length on July 15 (mm)	Growth inhibition		Initial siphon dry weight (mg)	Siphon production (mg)	Assumed siphon production without siphon loss (mg)	Ratio of SP with siphon loss to SP without siphon loss (%)
		April 16 ~ May 15	May 16 ~ June 15	June 16 ~ July 15		mm	%				
5-10	7.5	0.54	0.11	0.03	16.40	0.16	0.42	0.55	5.01	4.08	122.7
10-15	12.5	3.89	0.86	0.28	18.95	0.54	1.09	1.84	8.90	4.72	188.6
15-20	17.5	4.66	1.61	0.75	22.46	0.46	0.75	4.10	10.98	5.20	211.3
20-25	22.5	5.69	3.34	1.89	26.19	0.50	0.66	7.44	14.27	5.42	263.1
25-30	27.5	1.85	1.38	0.94	30.53	0.12	0.13	11.97	9.05	5.33	169.9
30-35	32.5	0.77	0.80	0.58	34.73	0.04	0.04	17.80	7.03	4.86	144.6
35-40	37.5	0.15	0.51	0.44	38.99	0.01	0.01	24.99	5.33	3.98	134.0
40-45	42.5	0.06	0.30	0.23	43.32	0.00	0.00	33.63	3.59	2.64	136.2
45-50	47.5			0.18	47.71	0.00	0.00	43.79	1.42	0.80	177.3

論文審査結果要旨

イシガレイは沿岸漁業の重要底魚資源であり、着底・変態後の稚魚は外海砂浜域や干潟域（内湾・河口域）に成育場を形成する。干潟域は外海砂浜域に比べ、イシガレイ稚魚の生息密度が高く、成長も良く、外海深所の親個体群に対する貢献度も約 50%を占め、その海域での成長・生き残りはその後の親資源サイズに大きな影響を与えると考えられる。干潟域における異体類が二枚貝水管を非致死的に摂食することは 30 年以上前に報告され、その生産力が干潟域異体類の成長速度に大きな影響を与えると考えられ、その後多くの研究がなされてきた。しかし、二枚貝水管の生産力を捕食者による非致死性的摂食圧に対する応答として定量的に解明した研究はこれまでに数少ない。本研究はこうした非致死性的捕食・被食関係に注目し、干潟域において非致死性的摂食を被るイソシジミ水管の生産力を解明したものである。

最初に、著者は、仙台湾沿岸の 9 つの干潟域でイシガレイ稚魚の胃内容物調査を行うと共に、ケージ内に収容したイシガレイ稚魚の胃内容物とケージ周辺の底棲動物組成を比較することにより、イソシジミ水管やドロオニスピオの副感触手といった非致死的に捕食される食物がイシガレイ稚魚の重要な食物であり、それらの食物を選択的に摂食していることを明らかにした。

次いで著者は、個体識別を行い、人為的に水管を切除したイソシジミに珪藻を与えて飼育し、被食された水管が量的に再生されることを確認した。また、水管を切除したイソシジミを現場に放流し、一定期間毎に回収することで水管の量的再生速度の経時変化を調べた結果、イソシジミは水管の一部を失った場合、一定速度で再生するわけではなく、水管を失ってから極く短期間に急激に再生させ、摂食機能を早期に回復させていることを示した。

そこで著者は水管切除回数の異なる実験区を設定し、ケージ内に収容した状態で元の生息場に放流する 3 ヶ月間の野外実験を行い、水管切除量に対する水管生産量や殻長の成長阻害量の変化を解析した。その結果、水管生産量は切除量が大きくなるほど一回帰的に増大することが明らかになった。このような水管切除に対する水管再生量の応答はこれまでに明らかにされておらず、非致死性的摂食の特徴であると考えられる。水管切除による肥満度や生殖腺の発達に対する影響は見られず、殻長の成長に対する影響は僅かであることが示された。このような水管切除の影響の小ささは小型の二枚貝についての報告とは異なり、比較的大型のイソシジミの特色であると考えられた。

上記の実験データを用いて、名取川河口域に生息しているイシガレイ稚魚全体による水管摂食量とイソシジミの水管生産量を推定したところ、水管生産量は被食の無い場合に比べて 1.2～2.6 倍に増え、イソシジミの成長を完全に阻害する被食量として推定した最大水管被食許容量は、1997 年当時のイシガレイの摂食量の約 30 倍もの値に達し、水管摂食そのものが食物であるイソシジミ水管の生産力を高める要因になっていることを明らかにした。

この様に、異体類による非致死的水管摂食に対する二枚貝の水管再生力の応答の特色を定量的に明らかにし、その生産力が極めて高いことを示すというこれまでに見られなかった成果を上げた本研究は博士の学位を与えるに十分に値するものと判断出来る。