

アサリ漁場内の底質環境とその特性

山本 正昭*¹

Sediment environment and the characteristics on the fishing ground of *Venerupis philippinarum*.

Masaaki YAMAMOTO*¹

Abstract

The author investigated physical environments like as flow, bottom change, and underground temperature, etc. on the fishing ground of *Venerupis philippinarum*. As a result, the space and the temperature have understood as severe factors for clam larva as follows.

The fluctuation of the bottom caused by the current was recorded 1cm or less/hr, and that caused by the wave at typhoon was recorded 3cm or less/hr. Because the living layer of the depositing larva repeats the scouring and sedimentation by the tidal current, it will be appropriate to assume a fixed larva to be moved with the sand. The fluctuation velocity of the bottom is slower than the burrowing speed of adult clam. Therefore, whether the clam takes the burrowing action is a turning point of her survival or death caused by exposing or burying.

The soil temperature in exposed tidal flat rises rapidly in the summer sunny daytime, and the surface exceeds 37°C. At this time, though the adult shell-fish will be able to evade the high temperature by deeply diving, it is assumed that the clam larva which live in a shallow layer is caused physiological disorder and dies.

Key word: Japanese littleneck clam, *Venerupis philippinarum*, tidal flat, fluctuation of the bottom, underground temperature,

筆者は以前、流動と地盤変動および底質、地盤高と温度などを中心に、アサリの棲息する干潟の物理環境について調査した。また、干潟の温度を観測するとともに、それを推定するモデルを作成した(山本ら, 1995)。その結果を含めてアサリ漁場内の底質環境について報告する。

潮流が速い砂質の干潟では、表面の砂は潮汐に応じて小さく変動し、中期的には干潟全面が、大潮で潮流が速くなると削られ、小潮時には堆積して、動的安定を保ちながら徐々に堆積しているようである。生物にとっては物理環境要因の平均レベルだけでなく、環境要因の変動速度が適応性に大きく影響する。このような観点から、

物理環境とアサリとの関係を取り上げ、アサリ漁場となっている熊本県緑川河口干潟と福島県松川浦干潟の地温、地盤高変動、流動などを約1ヶ月づつ2年間に渡り観測を行った。

アサリの生活史は卵から着底までの浮遊期と砂中生活する底生期に分けられる。アサリの孵化後の幼生は上下に運動し全水深に分布するといわれる。2~3週間の浮遊生活の後、0.2mm前後となった幼生は粗砂等に着底し、底生期にはいる。また、底生期でも稚貝と成貝では環境に対する耐性も異なる。

浮泥については0.5%では障害はないが、2%では活力が落ち16日後20%斃死する(倉茂, 1957)。浮遊してい

る粘土粒子の沈降速度は、非常に遅くてほとんど沈降しない状態である。シルトは約10の $-3 \sim -2$ 乗 mm/s の沈降速度を持っている。それに対し、粘土が沈降するときは、凝集して沈殿し、底面上に高濃度の浮泥層を形成する。層が厚く長期間存在するとアサリがへい死すると言われ、その死亡率は浮泥層厚10cm以下で10%位、15cm以上になると70%以上を示す（梶山、藤森、野尻、1983）。

水温については初期稚貝は水温 37°C の場合5時間、 40°C の場合1時間で全滅、成貝は 40°C の場合4時間で半数斃死すると報告されている（倉茂、1957）。干出によってもたらされる急激な温度上昇や低下がへい死の原因となる可能性もある。

餌料については付着珪藻、デトリタス、プランクトンとされているが、その餌料の供給には、潮流だけでなく波浪による珪藻の付着した底質の巻き上げが貢献していると唱える研究者もある（例えば、門谷、2002）。実験では泥のみ、砂のみ、れきのみ、軟岩の穴にも生息し得る（倉茂、1957）。浮泥埋没によって死ぬのは、長期間、摂餌や呼吸ができないうためでなかろうか。

アサリの食害生物としては、稚貝期にはイシガニ、クルマエビ、シオマネキ、稚貝後期からはヒトデ、ツメタガイ、ハトエイ、カモ類等が問題とされる（例えば、全振協、1996）が、被害発生要因の解明にはこれらの動物の物理環境との関係を明らかにする必要がある。

稚貝着底時の底質粒径

Fig. 1は手にシオフキという2枚貝を持っており、その貝に黒い玉のように写っているアサリの稚貝が足糸で付着している写真である。アサリ稚貝は着定する場合は 0.5mm 以上の粒が必要といわれている（柳橋、1992）が、この稚貝は、適当な砂粒が見つからなかったのであろうか。緑川河口の粒径をFig. 2の図中に○と点線で示している。 0.5mm の粗砂は2-3%しか存在しない。一方、現在も稚貝発生場となっている三河湾の福江地区増殖場は、■で示すように粗砂以上が50%となっている。また、三重県の宮川河口干潟では、◆で示すように、約75%程度の粗砂以上の粒径がある。因みに、緑川河口域においても、過去に粗砂分が多い時期が見られた。

粒径分布の特徴としては、緑川河口の曲線は立っている。これを表現する指数は、均等係数と呼ばれ、粒径の10%と60%の比で表す。福江は19.29と均等係数は大きく、宮川は2.83であり、緑川は1.58と小さく均一な粒径となっている。この均等係数を考慮する必要がある。



Fig. 1. シオフキに着定したアサリ

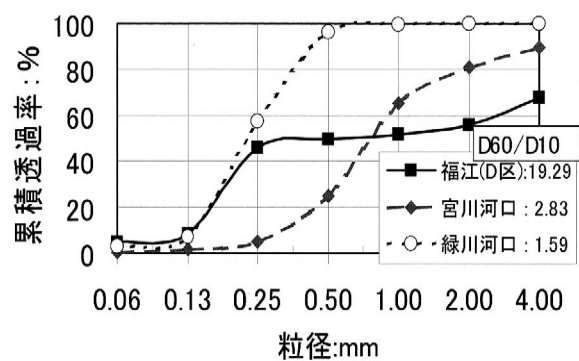


Fig. 2. アサリ漁場の粒径分布（全振協、1996）

潜砂と地盤高変動

アサリは外敵生物から身を隠したり、体を固定するため潜砂するが、その能力はどの程度か？。アサリの上に泥が堆積し埋もれた場合、水管を伸ばせる適正な深さまで浮上できなければ呼吸・摂餌ができなくなる。室内実験結果では、Fig. 3に示すように、埋没深さ10cmで3~10%、20cmで33~97%の個体がへい死したと（相良、1997）の報告がある。

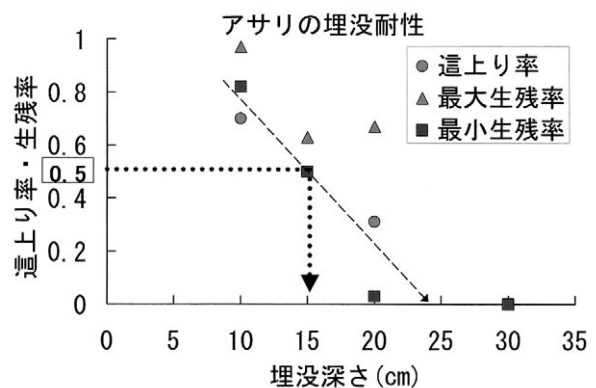


Fig. 3. アサリの埋没深さと生残率

一方、砂面が侵食される場合、それに対応して潜ることができなければ底層から放出され、生息不適地に流される恐れがある。Fig. 4は、アサリの潜砂反応時間、潜砂速度、潜砂深度を表す。上段の図は、砂面にアサリを置いたとき、潜砂反応時間（潜砂行動を起こすのにかかる時間）を対数で縦軸に、水温を横軸に示している。例えば、20℃では、1000秒（17分）掛かっている。中段の図は平均の潜砂速度を示し、温度が上がると活発になる。20℃の時2齢で0.07mm/sec、即ち時速に換算すると252mm/hrとなる。下段の図は潜砂深度を示し、これは年齢によって変わらず、殻長の約1.2倍となった。これに対し、同時に実験された外海性のウバガイは、潜砂反応時間が0才稚貝では、早く2分程度であり、潜砂速度も20℃で、オーダーが1桁大きい。潜砂深度は殻長の約2倍と深く潜る。

Fig. 5のウバガイを用いた実験では、潜砂地点の海底が侵食されたとき、どのくらいの速度になるとウバガイは放出されるかを示すもので、潜砂速度と侵食速度の比率が明瞭に分かれている。即ち、放出される限界は、侵食速度が潜砂速度とほぼ一致したときと見ることができ

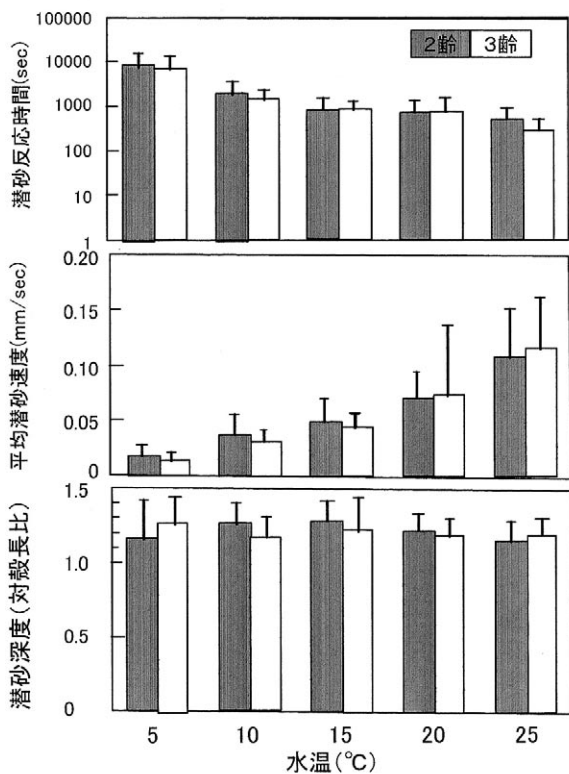


Fig. 4. アサリ2齢および3齢個体の潜砂行動の比較 (櫻井ら, 1995)

Fig. 6は、干潟の砂面の高さ変動を砂面計を用いて観測した結果である。Fig. 7に示す竿状の砂面計を、海底面に突き刺して立て、竿に切った溝に砂があるかどうかを61個の光センサーを使って定時毎に判別し砂面位置を記録する装置である。写真のように1ヶ月後には上部はフジツボ、貝等が付着しており、1ヶ月以上の使用には清掃が必要である。また、この砂面計に流れ藻が絡んだ場合、判別できなくなることがある。

この砂面計を干潟上の碎石部、粗砂覆砂区、対照区（原地盤）の3カ所に設置した。最上段の図はそのときの潮位予想曲線を表す。2段目の図が地盤高の生データである。全体的に地盤高は、大潮時に低く、小潮時に高くなっている。3段目の図は時間単位の地盤高変動速度を示す。潮汐の周期に合った半日周期で変動する 경우가多く、その地盤変化速度は、ほとんどが1日盛（1cm/hr）以下の変動であるが、一時的に3~5cmを示すときがある（竿の周りの局部洗掘の可能性有り）。なお、センサは1cm毎に埋め込まれており、分解能もそのステップに依存し、約±1cmの精度である。下段の図は、潮汐の影響を均すため日平均の高さの変動を表している。この図から、1日の変化量は4cm以下であることを示している。

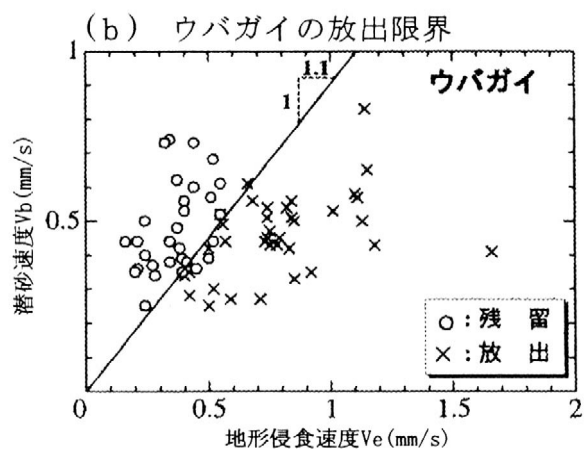


Fig. 5. 海底侵食に対するウバガイの放出限界 (山下ら, 1998), 1995)

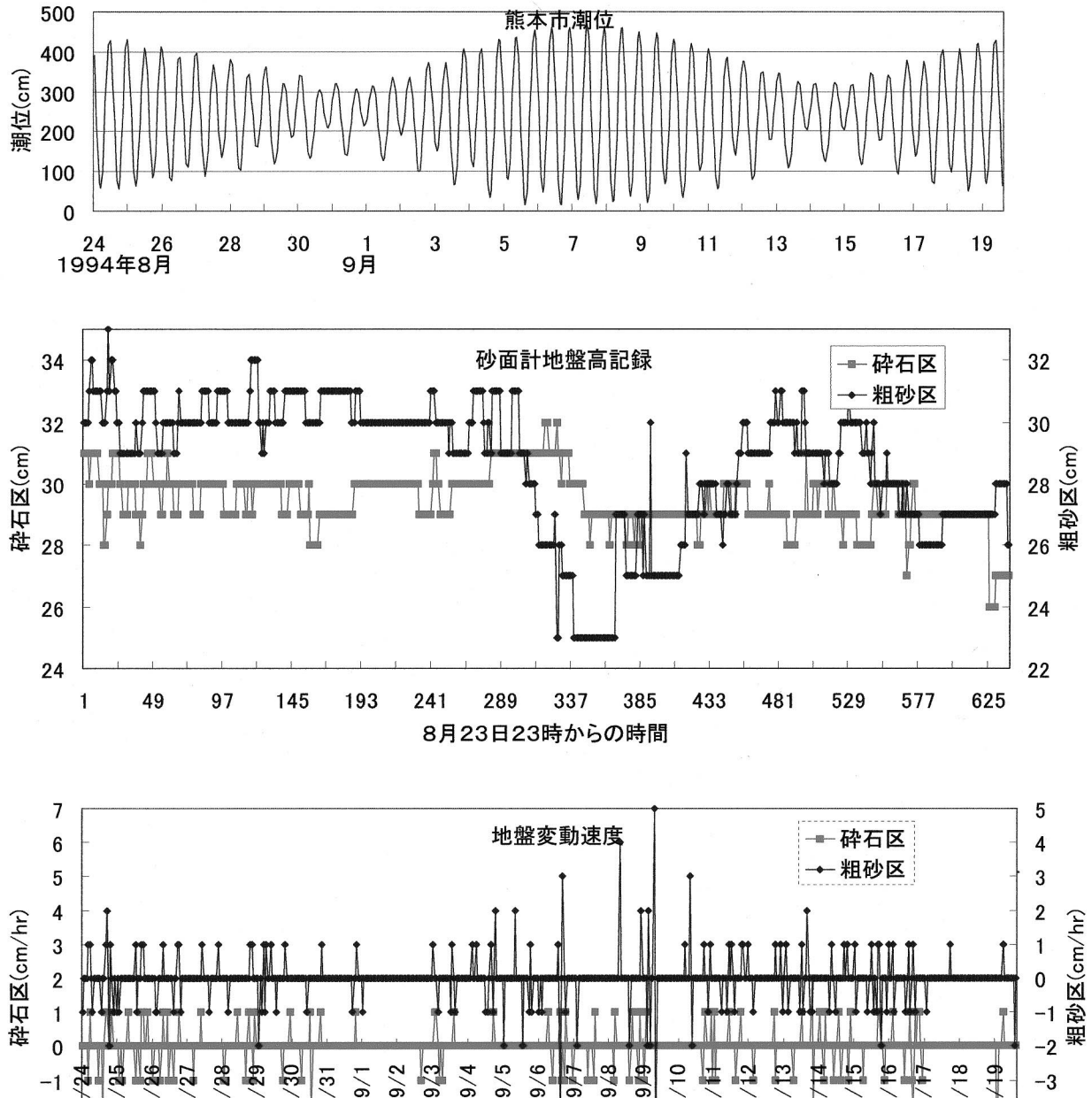


Fig. 6. 1994年の緑川川口地区干潟の地盤変動

同時に観測した流速との関連を調べてみると、通常時、流速は波動より潮流が卓越していた。Fig.8では流速 $V_{rms} = (V^2 + (\sum Vt^2) / n)^{0.5}$ (V : 平均流速, Vt : 偏差) が30cm/sec前後までは砂面の変動速度は約2cm/hr以下となるが、40cm/secから大きくなり最大5cm/hrとなった。前年の1993年8月10日に、直近を大きい台風が通過した時の記録を取ることができた。その前後の波動流速振幅と地盤変動速度の関係をFig. 9に示す。横軸の20cm/sec以上が台風時の値であり、この干潟では、波動流速が30cm/secを超えた辺りから地盤の変動も大きくなっているが、流速振幅約40cm/secでも、地盤変動速度は3cm/hrを超えることはなかった。

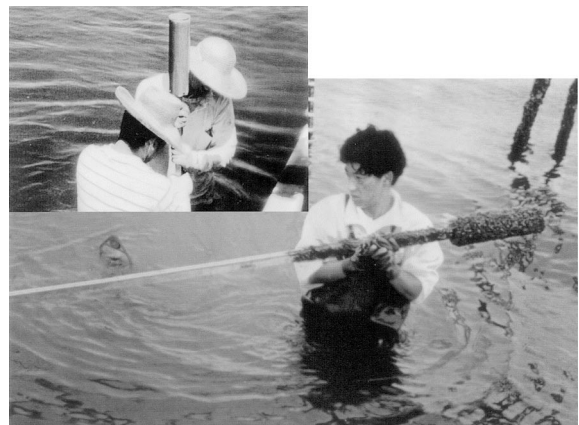


Fig. 7. 設置作業 (左上) と1ヶ月観測後の砂面計

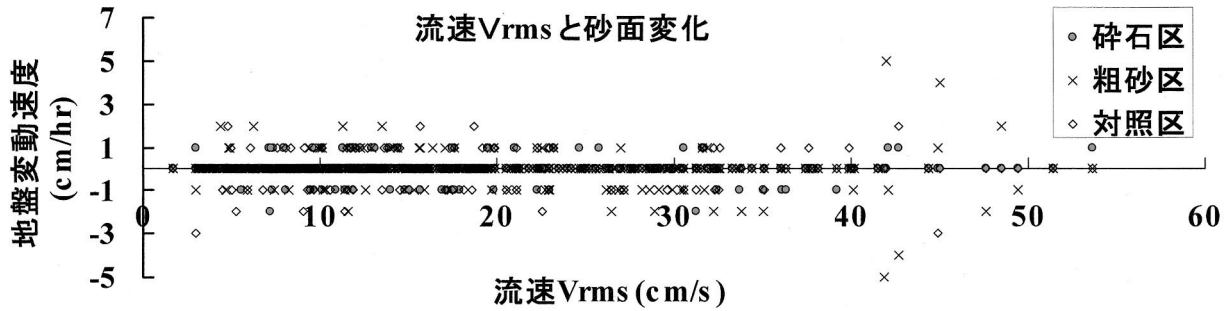


Fig. 8. 潮流と波動の合成流速と地盤変動速度

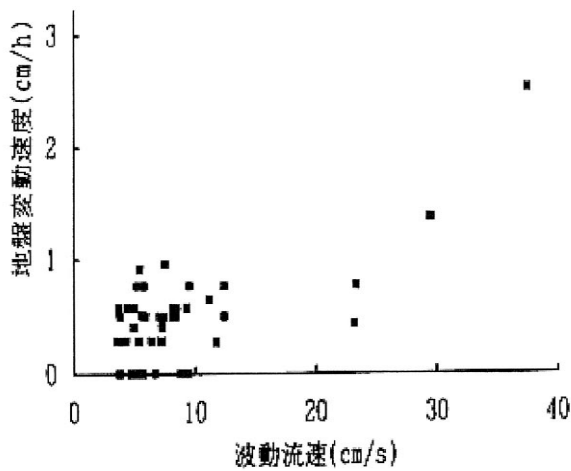


Fig. 9. 干潟における波浪と地盤変動速度

Fig. 10に日変動量の頻度分布を示す。2cmを超える変動量になるのは15%位であるが、これを外海と比べると、Fig. 11に示された外海でのこの確率は、20cm程度である。すなわち、外海では変動速度は内海の10倍程度となっており、そこに生息する二枚貝の潜砂速度も1桁違うと言えるのではない。

底質の動き易さの指標となるシルズ数とアサリの生息との関係は、激浪時のシルズ数が、0.20より大きくなると砂面は侵食を受けアサリは定位できない（柿野2000）と言われている。一方、小さすぎるとシルトまで安定しすぎ泥場化、有機物の多い底質では還元状態になりやすい。

底質の固さも稚貝の発生量に関係する。北海道開発局の調査結果では、コーン支持力が小さいところでは稚貝の発生が多いと報告されている（阿久津ら、1995）が、私見としては、砂が稚貝と一緒に移動して静穏部に溜まった結果、地面も柔らかく稚貝も集まったのではないかと考える。

海底面上を移動するものはどのくらいあるか。シルクハットを逆さに向けた形の掃流砂トラップ（Fig. 12）を塩ビパイプと塩ビ版で作り、干潟面に鏝部分を擦りつけ設置した。1994年8月24日と9月20日にFig. 13のように実験

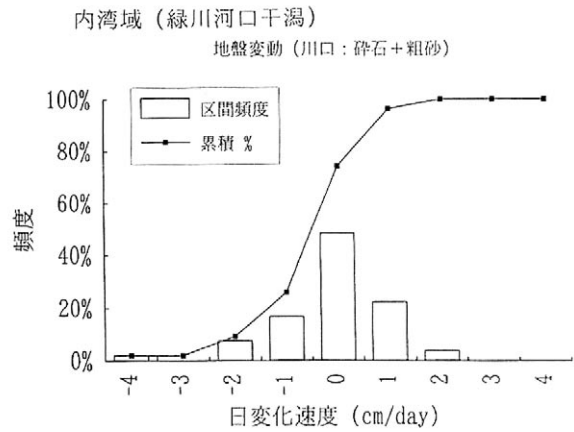


Fig.10. 干潟域の地盤変動速度の頻度分布

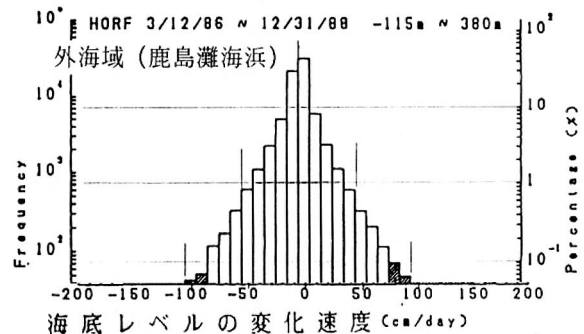


Fig. 11. 外海域の地盤変動速度の頻度分布（加藤ら、1989）

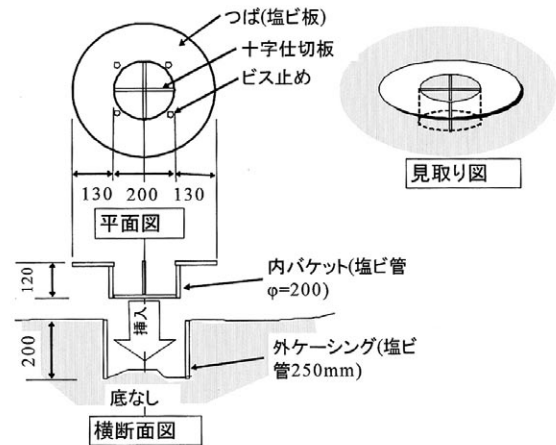


Fig. 12. 掃流砂トラップの形状と設置法

区の周り15m区間に10個並べ翌日調べたところ、このトラップに落ちた生物は、シオフキ（8/24の殻長のモードは10~14mm, 9/20は15~19mm）、マテガイ（8/24は25~29mm, 9/20は35~39mm）が多く、アサリ（8/24は10~14mm, 9/20は20~24mm）も10%ほどあった。そのほか、食害生物であるキセワタ、キサゴ、ツメタガイ等が捕えられた（Fig. 14）。これらの生物は、主動的に動いているか、砂と一緒に動かされているか判別することは困難であるが、トラップされた砂が少ないことから多くの種類は自発的に動いてトラップに落ちたのではないかと類推される。

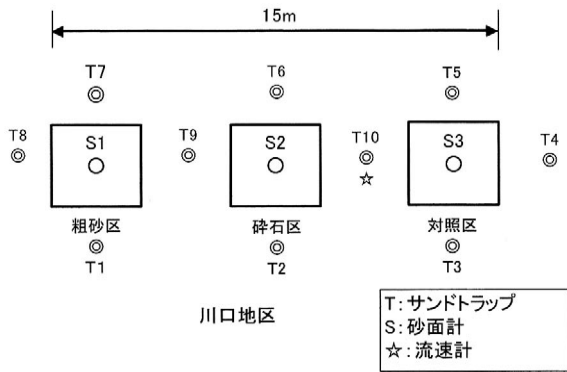


Fig. 13. トラップの配置

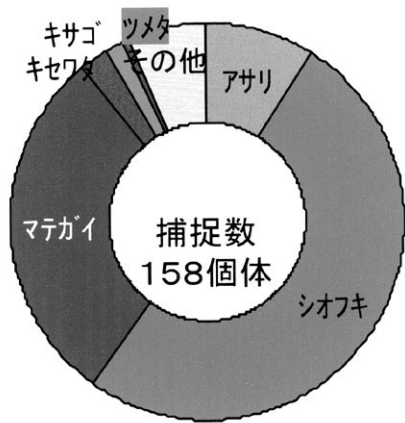


Fig. 14. トラップに捕捉された生物数

アサリの温度耐性と土中温度

地盤高が高いと、干出時間が長いので、地温の上昇が大きくアサリの生理に障害となる恐れがある。池末・松本（1956）によると、37℃では、稚貝は2.5~5時間で死亡する。成貝は37.5℃で4~16時間、40℃で2~8時間で死亡すると報告している。

地温は土中水分のほか、気温、日射量、風速、湿度等が影響する。また、地下水の湧出は地温を平準化する。

地温の計測方法は、Fig. 15に示すように、干潟土に穴を掘りセンサーを各深さに埋め、記録部を海上に設置した。緑川河口干潟における1992年8月27日~9月29日までの結果をFig. 16に示す。上段の図は全期間の地表と深さ5cmの地温である。下段の図は、8月27日から29日の気温、地表温度、地表から2.5、5、10cmの記録を拡大した。8月27~28日と9月27日に尖ったピークが現れているところは大潮の干出時である。また、大潮時には外海と水替わりするため水温・地温が下がり、小潮時には内湾の水が温められる状況を表している。なお、深さ5cmの温度計は、9月20日より不調となっている。

詳細に検討するため、シミュレーションモデルを作成した。Fig. 17は8月27日の計算結果であり、各線は1、5、10、20cmの経時変化を表す。92年の8月27日の実測値とシミュレーションはほぼ合うと考えられる。Fig. 18は温度の深さ方向の変化を表す。表面下1cmでは36℃に達している。干出時間が長いところは40℃を超えることになり稚貝のみならず、成貝の生息環境としても問題となる。しかし、深さ5cmになると和らげられる。

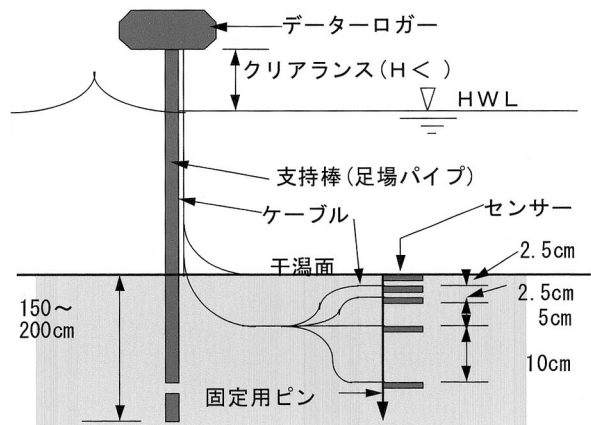


Fig. 15. 地温測定方法

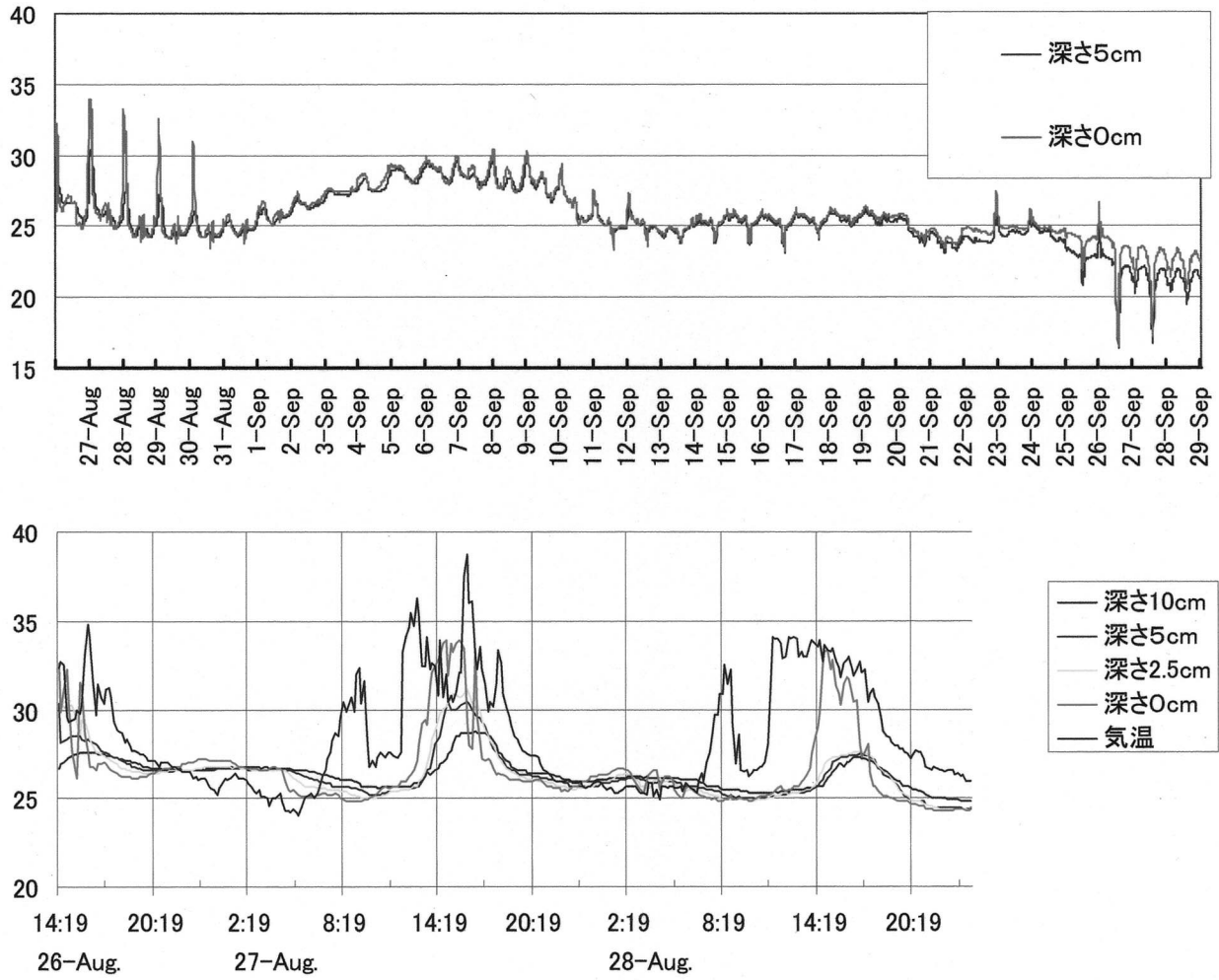


Fig. 16. 干潟の地中温度の経時変化

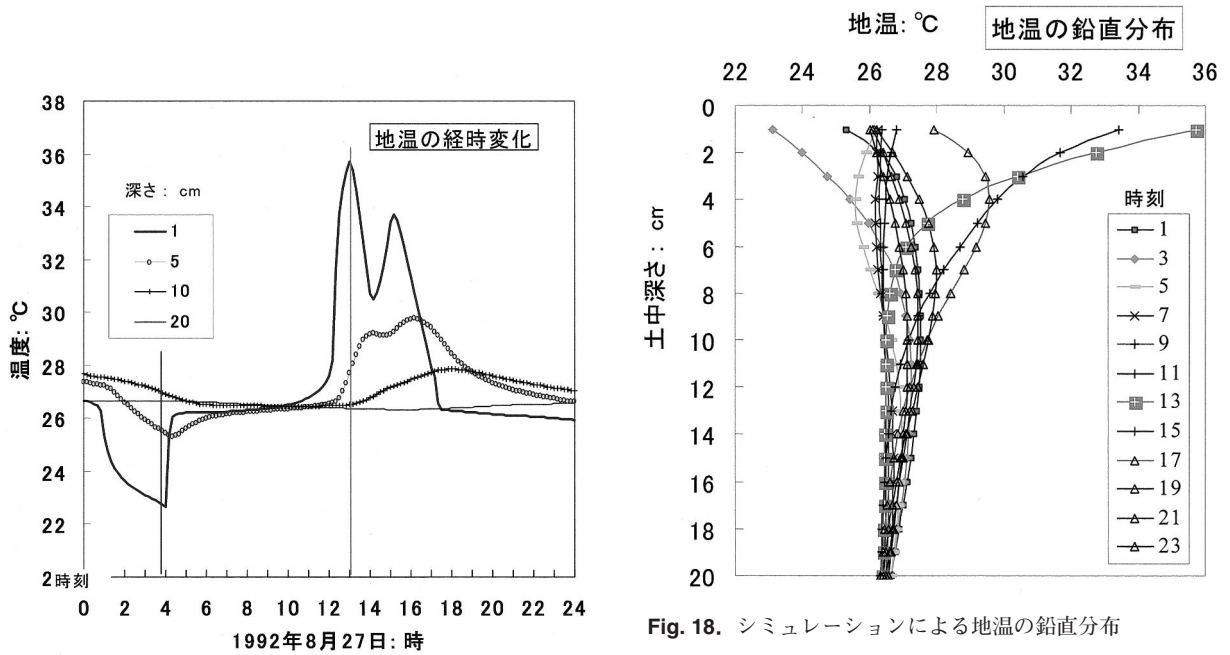


Fig. 17. シミュレーションによる地温の経時変化

Fig. 18. シミュレーションによる地温の鉛直分布

まとめ

筆者は、干潟に棲息するアサリの物理環境、即ち、流動と底面変動、土中温度などを調査した結果、アサリ生息場の環境は、以下のように、貝の幼生にとって、厳しい環境であることが分かった。

- ① 緑川河口のアサリ漁場の底面の変動は、潮流で1cm/hr以下、台風の波浪で3cm/hrであった。
- ② 稚貝の生息層は、潮流により侵食と堆積を繰り返すので、着底稚貝は、砂粒とともに動いていると判断するのが妥当であろう。
- ③ 底面の変動速度は、アサリ成貝の潜砂速度より遅いので、アサリが潜砂・浮上行動を取るかどうか、露出や埋没によるアサリの生死の鍵であろう。
- ④ 夏季の晴れた日中の干出時には、急激に地温が上昇し表面は37℃を越える。
- ⑤ この時、成貝は、深く潜ることによって高温層を回避することができるのであろうが、浅い層に棲む稚貝は、生理障害を起こし死亡することも想定される。

この課題に関連して、稚貝期の潜砂・浮上能力、稚貝の発生と底質の関係、干潟の高温によりどの程度活性が低下するかを今後、調べる必要がある。

参考文献

- Jun Kakino 2000 : Dispersal of Japanese Littleneck Clam *Ruditapes philippinensis* (ADAMS and REEVE) in Relation to Changes of Bottom Level due to Water Action on Banzu Tidal Flats, Tokyo Bay. 水産工学 37 (2) 115-128.
- 阿久津孝夫, 山田俊郎, 佐藤仁, 明田定満, 谷野健二, 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.
- 池末弥, 松本直, 1956 : アサリの生態学的研究-1 沈着期アサリの低比重並びに高温に対する抵抗力, 有明海研究報告3, 16-23.
- 加藤一正, 村上裕幸, 柳嶋慎一, 栗山喜昭, 磯上知良, 1989 : 波崎海洋研究施設(鹿島灘)で観測された海底レベルの変化, 第8回水産工学推進会議報告書, 1989.6, 9-12
- 梶山実, 藤森常生, 野尻節郎, 1983 : 畠口地先アサリへの死調査(その1), 昭和57年度熊本県のり研究所事業報告書, 197-200.
- 倉茂英次郎, 1957 : アサリの生態研究, 特に環境について, 水産学集成, 東京大学出版会, 611-655
- 門谷茂, 2002 : 砂浜干潟域における環境と物質循環系,

日本水産工学会14年度春季シンポジウム講演要旨, 234-237.

相良順一郎, 1977 : 貝類養殖における干潟の利用について, 水産土木, 13 (2), 17-20.

櫻井泉, 瀬戸雅文, 高谷義幸, 1995 : 北海道砂泥海域資源開発調査(環境保全型沿岸域利用調査), 平成6年度北海道立中央水産試験場事業報告, 188-199.

山本正昭, 萩野静也, 石田宏, 1995 : アサリ漁場造成計画のための物理環境調査, 水産工学研究所報告, 16, 水産工学研究所, 1-28.

山下俊彦, 和田彰, 鳴海日出人, 渥美洋一, 櫻井泉, 1998 : 振動流場でのウバガイ稚貝の潜砂に関する実験的研究, 第22回海洋開発シンポジウム, 土木学会, 327-332.

全国沿岸漁業振興開発協会, 1996 : 増養殖場造成計画指針・ヒラメ・アサリ編, (社)全国沿岸漁業振興開発協会, 123-304

柳橋茂昭, 1992 : アサリ幼生の着底場選択性と三河湾における分布量, 水産工学, 29 (1), 55-59

質疑応答

山崎氏 「水産総合研究センターの山崎と申します。稚貝にとって干潟はその厳しい環境だというのは、理解できたのですが、その干潟の環境の状況というのは、20年、30年変わってないと思うのです。そういう点で干潟は、厳しいという意味で、稚貝にとっては変わらない場所だと思うのですが、アサリの漁獲量が急変しているということ、干潟の厳しい環境との関わりが、どういうふうにつながっていくのかとお考えがあれば、ご紹介ください。」

山本氏 「はい、あのここですね、干潟の歴史について少し調べましたところ、形跡として残っておるのは、粒度が変化しているというのが一点、そして、もう一点はですね、砂層ですね、1メートルぐらいサンプリングしております。その時には、下の方で粒度の大きいものが出たりしました。そこで、そのような粒度の変化と、アサリの生産量を結びつけようと試みたんですが、柱状のものからだと、いつの年代なのかというのが、なかなか分からないという問題があります。それから、データとして残っていましたが、粒度と、アサリの生産量との関係ですけれども、その相関性というのは、ちょっと見つけることができませんでした。しかし、これはもっと解析が必要ではないかなと思いますし、もっと昔

からのデータを集める必要があるのかなという
ふうに考えています。』

司 会 「セッション1の全体のまとめとも関係すると思
うんですけど、干潟の中での砂の変化とい
うか、稚貝にとって厳しい状況に出会うと稚貝
のエネルギー状態が低下し、先ほど言われた潜
砂速度とか、そういうものとの関係で、うまく
対応できなくなるような条件が揃うと、そこで
生き残れなくなるというようなことが起って
るんじゃないかということは、予想はされるか
なという気はします。それについては、これか
ら実証できるデータをとって詰めていなければ
いけない問題であろうかというふうに思います。』