

殻脈を利用した小川原湖の ヤマトシジミの成長速度推定

ESTIMATION BY THE GROWTH STRIATIONS FOR GROWTH SPEED
OF CORBICULA JAPONICA FROM LAKE OGAWARA

鶴田 泰士¹・石川 忠晴²

Yasushi TSURUTA and Tadaharu ISHIKAWA

¹ 学生会員 東京工業大学大学院総合理工学研究科 環境物理工学専攻 (〒226 横浜市緑区長津田 4259)

² 正会員 工博 東京工業大学教授 東京工業大学大学院総合理工学研究科 環境物理工学専攻

A new technique is developed for estimating the age of a *Corbicula Japonica* which is one of common aquatic products in brackish water regions in Japan. The basic idea is as follows: Because the number of striations between two annual rings are almost constant, the age can be approximately estimated by counting the number of striations on the shell instead of annual rings when annual rings are not clear. A laser telemeter is used for measuring the shape of shells with an accuracy of 1 μ m. All of the measurement processes are automated. As a result, the age and the growth rate of *Corbicula Japonica* can be easily estimated with a short time.

Key Words: *Corbicula Japonica*, growth rate, automatic measurement

1. はじめに

ヤマトシジミは我が国の汽水域に広く分布し、汽水域漁業の最も重要な産物のひとつとなっている。ヤマトシジミは幼生時に浮遊して移動するが、定着してからは、当然のことながら、魚類等に比べて移動性は小さい。このため、生息域の水環境によって成長速度等が異なってくると考えられる。このことは逆に、ヤマトシジミの成長速度を通して汽水域の水環境を評価できる可能性を示唆している。

成長速度を求めるには、まず各個体の年齢を推定する必要がある。従来の研究における年齢推定法は2種類あり¹⁾、ひとつは殻長の頻度分布から推定するものであるが、個体差が大きい場合には誤差が大きくなる。今ひとつは「輪紋」を利用する方法である。

輪紋は冬季にシジミの活性が低下することによって形成される”小さな段差”である。したがって輪紋個数を判読できれば、それから年齢を推定するのが最も確実な方法である。しかし後述のように、輪紋の明確度は個体によって異なり、良く判読できない個体も多い。

ヤマトシジミの殻面には、成長に伴って多数の縞が形成される。この縞には、人間の目で判読できる

「殻脈」と、顕微鏡等で確認される「微細成長縞」とがある。このうち微細成長縞はストレス等により発生するために不規則性が高い。一方、殻脈は、0.5mm程度の間隔の比較的規則正しい縞模様で、目視や手触りで容易に分かり、後に述べるように機械的な測定が可能であることから、年齢推定に利用できる可能性がある」と筆者らは考えた。

そこで本研究では、青森県小川原湖でヤマトシジミを採取し、まず輪紋の明確な個体について輪紋と殻脈の関係を調べた上で、殻脈間隔からヤマトシジミの成長速度を推定する方法を検討した。また、その方法を用いて、小川原湖内における場所ごとの成長速度の違いを調べた。

2. 現地調査の概要

(1) 小川原湖の概要

小川原湖の形状を図-1に示す。湖面積は65.6km²、最大水深25m、平均水深11m、常時の水面高はT.P. 40cmである。湖面積では我が国で11番目であり、汽水湖としては福井県の水月湖について2番目の深さである。同図の等深線からわかるように、水深5m以下で湖棚が発達する特異な水深分布をしている。

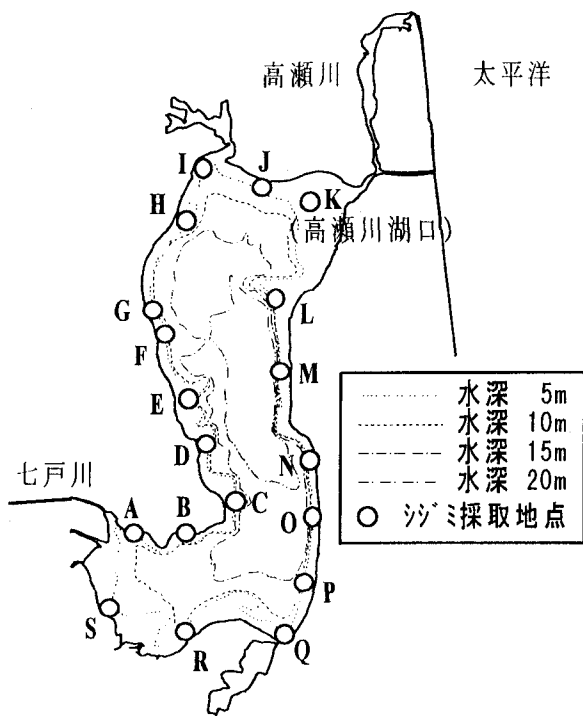


図-1 小川原湖の形状

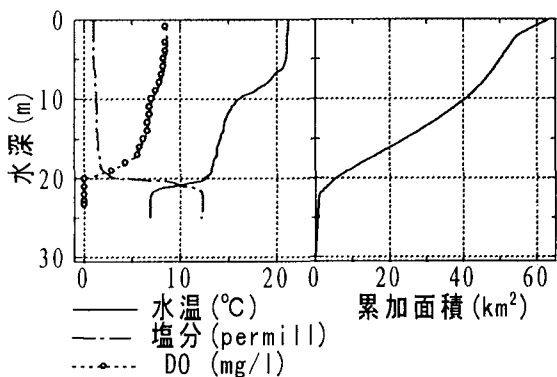


図2-a(左)夏期の成層状態

図2-b(右)水深の累加曲線

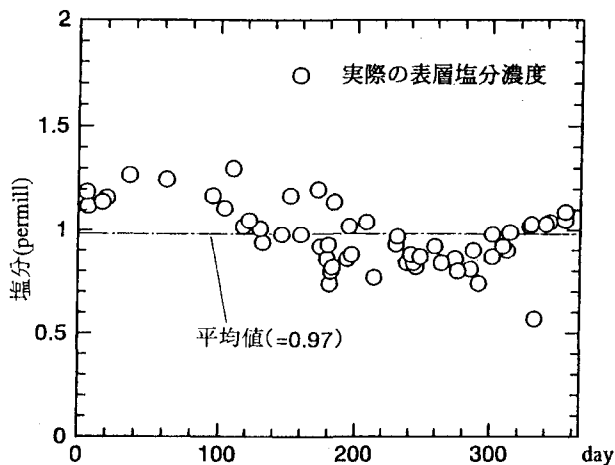


図-3 表層の塩分濃度

排水河川である高瀬川は、滞筋が狭小であり、また延長が約6 kmあるため、海水が湖まで遡上する頻度はかなり低い²⁾。また流入した海水は、すぐには湖水と混じらずに、湖盆地形の斜面を傾斜プルームとなって流れ下り、湖心部に塩分成層を形成する。

小川原湖の夏期(平成9年7月3日)の成層状態を図-2-aに、水深の累加曲線を図-2-bに示す。水深19m付近に強い塩分躍層が、また水深6～10m付近に水温躍層が見られる。塩分は表層で約1‰、底層で約12‰(海水の約1/3)となっている。溶存酸素は水温躍層の上部でほぼ飽和状態だが底層ではゼロとなっている。水温成層より上部は塩分、溶存酸素とも一定値に近く、いわゆる混合層になっている。

ヤマトシジミの多くは、水深10m以浅に分布しているが、ほぼ年間を通じて混合層の中にある。したがって、溶存酸素は十分である反面、塩分は小さい。図-3は年間の表層塩分の季節変動²⁾を示しているが、通年にわたって1‰程度であり、この値は既往の文献にあるシジミの最適生息環境(3.5～10.5‰)³⁾に比較するとかなり小さい。

(2) シジミの採取方法

図-1に示す19地点において水深2.5mから採取した。採取期間は平成9年8月23、24日である。採取にはエックマンバージ採泥器を用い、4回採取して合計した。同装置の採泥面積は400cm²、採泥深は約10cmだが、水草の繁茂具合や湖底堆積物の締まり具合によって採泥量にはバラツキがあったので、採泥量が少ない場合にはさらに採取した。したがって、以下の解析では採取した絶対量は問題にせず、固体としての特徴や大きさの頻度分布形等を対象とした。

3. 解析項目と解析方法及び結果

(1) 大きさの頻度分布

表-1に示す目の篩いにかけて分類し、篩い目の中間値を“径”とした。図-4に平均径と標準偏差の分布状態を示す。また、特に差の見られる数地点について頻度分布形を図-5に示す。全般に、淡水が流入する南西部に大型のシジミが多く、海水の流入する北東部は小型が多い。しかし同図での比較は年齢を考慮していないので、成育状況そのものを表しているとはいえない。実際、図-5によれば、“径”の頻度分布に複数のピークの現れることが多く、異なる年齢の個体の混在していることがわかる。

(2) 輪紋と成長曲線

ヤマトシジミは水温が低くなると湖底下に潜り活

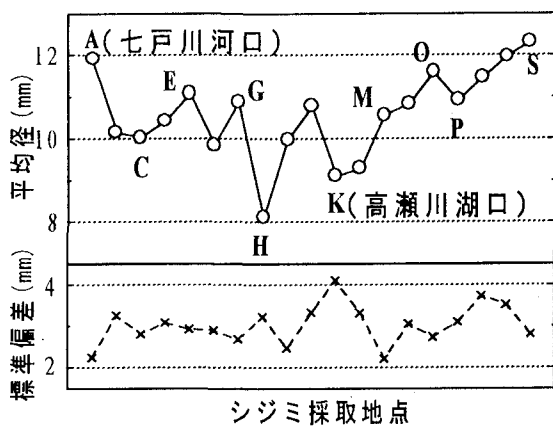


図4 平均径と標準偏差の分布

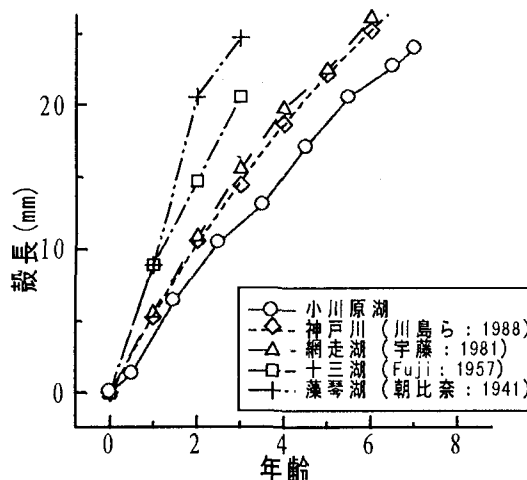


図6 成長曲線の比較

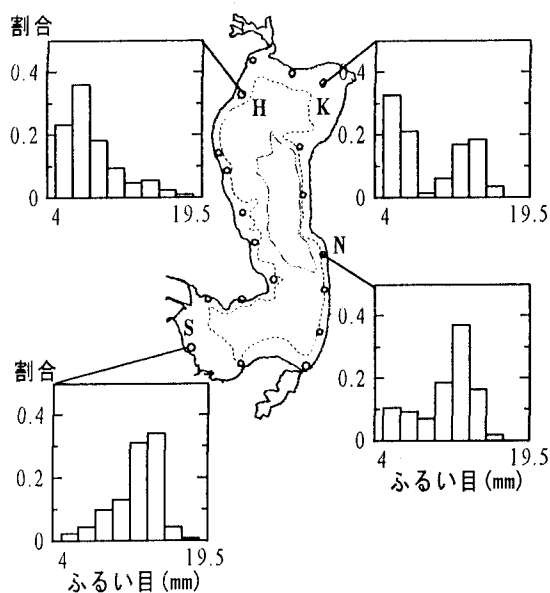


図5 頻度分布形の例

性の低い状態になる。この時期にシジミの殻の伸張速度が衰え、殻面に段差状の輪が形成される¹⁾。この輪は輪紋と呼ばれ、樹木の年輪と同様に年齢を表すことが知られている。しかし、殻表面の形状変化はかなり微妙であるため、明確に判別できない個体も多い。

そこでまず、輪紋が明確に見て取れるシジミのみを選別して成長曲線を作成したところ図-6を得た。図中には既往の文献に示されている成長曲線¹⁾も示しているが、小川原湖のヤマトシジミは比較的成長の遅い部類に入ることがわかる。この原因は、小川原湖表層の塩分が低いためであると考えられる。

(3) 年間の殻脈発生個数

前述したように、ヤマトシジミの殻面には殻脈と

微細成長縞があり、前者は肉眼で判読できるが、後者はできない。しかし不思議なことに、殻脈に関する研究がほとんど見られないのに対し、微細成長縞についてはかなり研究が進んでいる。既存の研究成果⁴⁾によれば、微細成長縞は一日単位的环境変動と外因性のストレス(大気接触や貧酸素状態など)によって形成されると考えられている。そこで仮に、殻脈が巨大な成長縞であると考えれば、その形成原因は、季節単位的环境変動か、或いは極めて大きなストレスということになる。しかし、後に述べるように、年間の殻脈発生個数は、小川原湖の場合には7本程度であり、季節的な環境変動が原因であるとは考えにくい。また、殻脈の発生原因を外因性のストレスと考えるのは、以下の理由で適当でない。すなわち、外因性のストレスは環境条件の変動によるから、例えば河川の感潮部と汽水湖では非常に異なるはずである。本研究でシジミを採取した小川原湖の2m深では、河川感潮域に比べれば、塩分や水温の変動は(年サイクルを除けば)非常に小さく、年間に7回というような周期のストレスは考えにくい。にもかかわらず、他水域のシジミと同様の大きさの殻脈が規則的に発達しているのである。そこで本研究

表1 篩い目と代表径

	篩い目(mm)	径(mm)
1	22.40	24.45
2	19.50	20.95
3	16.00	17.75
4	13.20	14.60
5	11.20	12.20
6	9.50	10.35
7	8.00	8.75
8	5.60	6.80
9	4.00	4.80

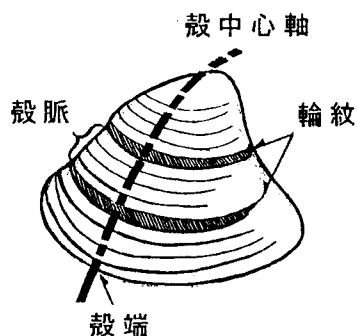


図-7 殻脈の数え方

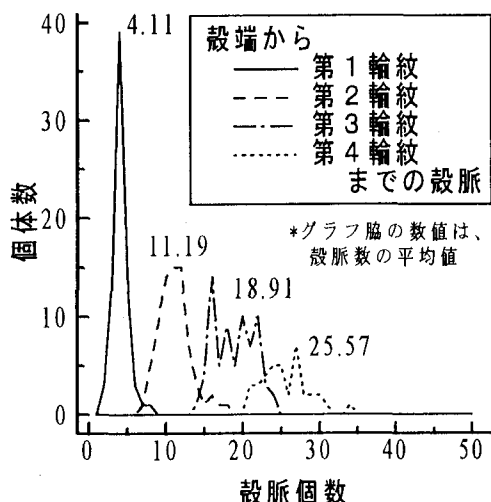


図-8 殻端と輪紋の間の殻脈個数

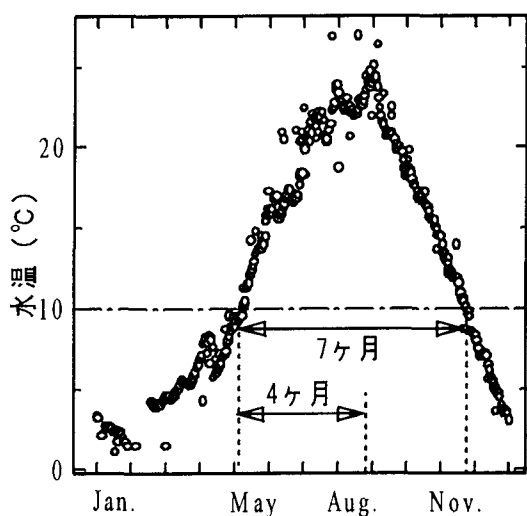


図-9 表層水温の年変動

では、発生原因の明確な輪紋との関係から年間の殻脈発生頻度を計測し、その結果の意味するところについて推測することとした。

前述したように、輪紋は年間に1本ずつ形成されるが、その形状は必ずしも明確でないので、正確に判読できない個体も多い。そこでまず、輪紋が明確

に現れている個体を選別して、殻脈と輪紋の関係について調べた。図-7に示すように、殻中心線に沿って、殻端から各輪紋までの間の殻脈個数を数えると、図-8に示す結果を得る。なお、シジミ採取時期は平成9年8月末であるから、殻端から第1輪紋までの間の殻脈は平成9年に形成されたと考えられる。同様に、第1輪紋から第2輪紋の間の殻脈は平成8年、第 n 輪紋から第 $(n+1)$ 輪紋の間の殻脈は平成 $(9-n)$ 年に形成されたものである。この図によれば、各輪紋間の平均殻脈個数はかなり一定しており、約7本となっている。ただし平成9年のみは時間が半端であるため、平均殻脈数は4となっている。

そこで次に、年間の殻脈平均発生個数(7本)の意味について考察する。また、成長期間の半端な平成9年は殻脈数が4本となっているが、この値の意味についても同時に考察する。ヤマトシジミに関する既往の研究⁵⁾によれば、水温が約 10°C 以下に低下するとシジミの活性は低下し、多くは底質深く潜ってしまう。この時に成長速度が低下して輪紋が形成される。ということは、水温 10°C 以下では殻脈は形成されないことになる。図-10は、小川原湖表層(0~4 m)で筆者らが過去に観測した結果から得られた表層水温の季節変化である。これより、表層水温が 10°C 以上である期間は、ちょうど7ヶ月である。また、8月末(平成9年シジミ採取時)までで水温が 10°C 以上の期間は4ヶ月である。したがって、殻脈が一ヶ月に一本形成されるとすれば、殻脈と輪紋の関係と符合する。

前述のように、小川原湖の水温、水質が1ヶ月単位で変動することは考えられない。また、偶発的事象によるストレスだとすると、毎年7本という規則性を説明できない。したがって、殻脈の形成は外因性ではなく、シジミの生理によるものと考えられる。人間の女性の生理をはじめとして生物の生理は月の運行に左右されることが多いから、殻脈の形成時間単位が1ヶ月であることは必ずしも不思議ではないと思われる。

上記の推論を確認するには異なる水域のシジミについて同様の分析をするのが有効であると考えられるが、筆者らは小川原湖以外でシジミを採取していない。そこでスーパーで市販されている揚子江産のシジミを購入して解析を行った。図-9は、隣り合う輪紋間の殻脈個数の頻度分布を示しているが、9本を中心としてかなり一定していることがわかる。すなわち、輪紋個数と殻脈本数の比率はそれなりに安定しており、殻脈を年齢推定に使用できる可能性が認められる。なお揚子江の緯度は北九州にほぼ等し

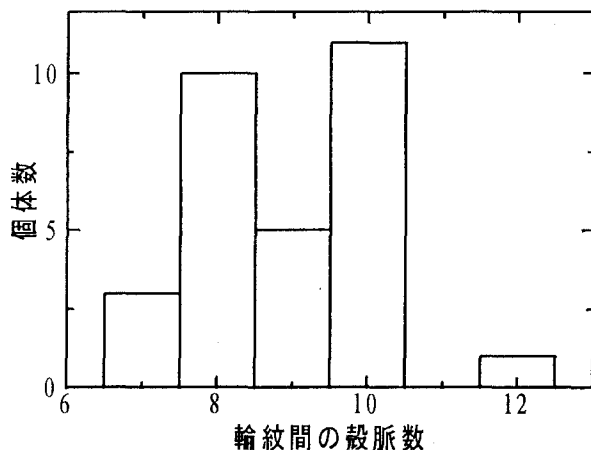


図-10 殻脈個数と時間の関係

いので、小川原湖と比較すると水温が高いと考えられる。したがってシジミの成長できる月数が多いために殻脈本数が若干多くなるものと考えられる。いずれにしろ、年間の殻脈本数が水域ごとに安定していれば、殻脈を利用した年齢推定は可能となる。

4. 殻脈計測に基づく成長速度の算定

(1) 計測方法

殻脈を計測するために、図-11に示す装置を作成した。上方にレーザー測距計(キエンス社製LK2000)を置き、その下をシジミの殻が一定速度で水平に通過するようにになっている。装置の諸元は図中に示すとおりである。得られた形状データの一例を図-12に示す。移動平均から求めた平均殻形状を差し引いて、殻脈形状のみを取り出すと図-13を得る。このグラフから、ゼロアップクロス法を用いて、殻脈数、殻脈間隔、殻脈高さ等を求めた。

(2) 殻脈計測から得られる成長曲線の妥当性

上記の計測結果から、殻端からの距離と殻脈数の関係が求められる。そこで前節の検討結果に基づき年間に7本の殻脈が形成されると仮定すると、過去1年ごとのシジミの大きさを推定できる。ただし、ここでのシジミの大きさは“殻高”であり、図-14に示す殻断面図の斜め距離で定義される。ちなみに前項の計測からデータ解析まで全てオンラインで行えるので、本手法によれば、大量のシジミの成長曲線を容易に且つ短時間に求められる。

図-15は、輪紋解析から得られたシジミの成長曲線と、上記の装置を用いて、殻脈解析で得られた成長曲線を比較したものである。いずれの場合も十分な精度で一致していることがわかる。

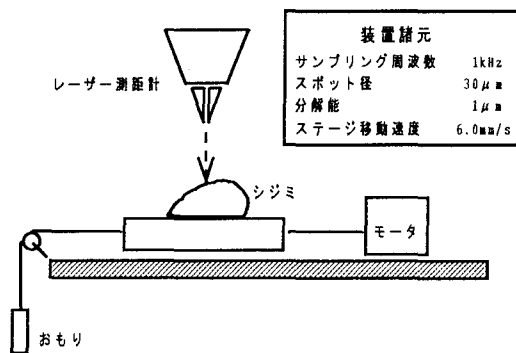


図-11 測定装置

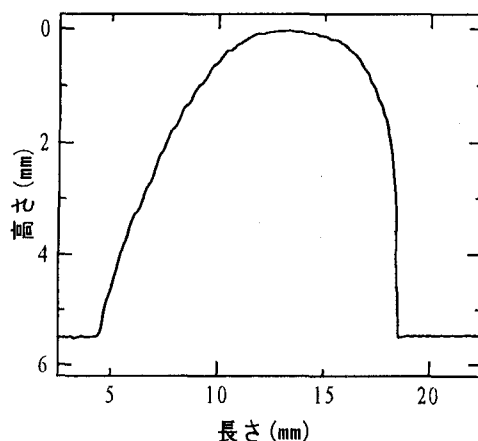


図-12 シジミの殻形状

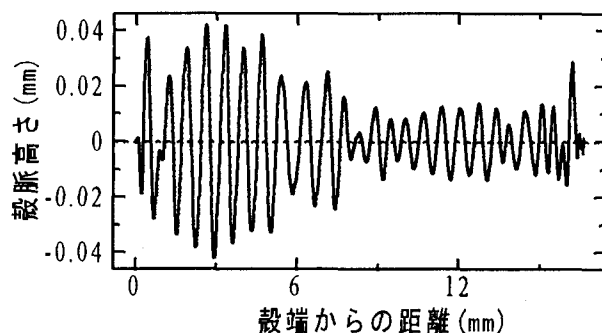


図-13 殻脈形状データ

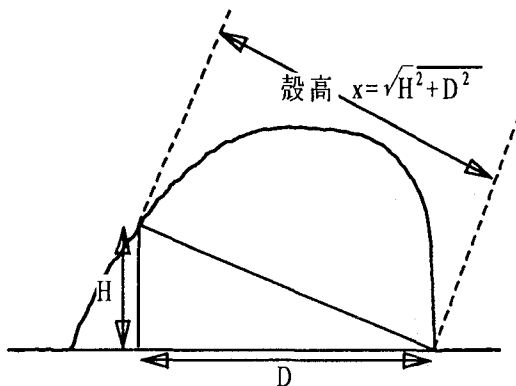


図-14 シジミの殻高

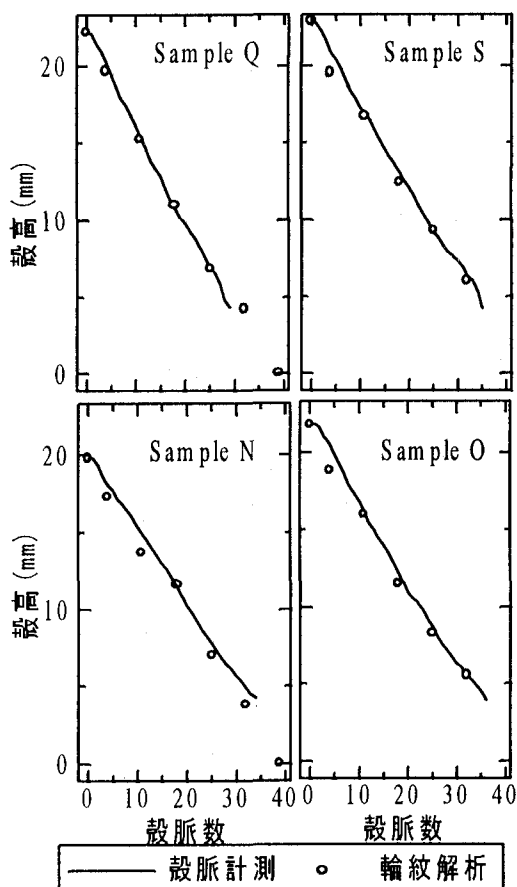


図-15 輪紋解析と殻脈計測の比較

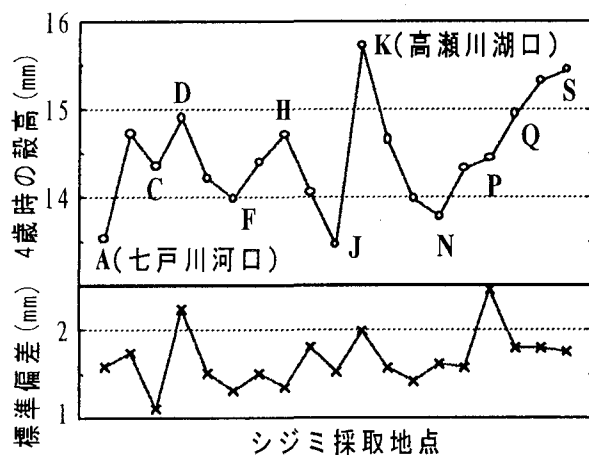


図-16 地点別成長度

(3) 小川原湖における場所ごとの成長速度

各地点から採取したシジミには、様々の年齢の個体が含まれている。そこで、同年齢のシジミについて殻高を比較するために、成長曲線から、各個体が4歳であった時の殻高を求めた。ただし個体差があるので、各地点で20個体を計測し、平均と標準偏差を求めた。その結果を図-16に示すが、年齢を考慮しない分布(図-5)とは異なっていることがわかる。

例えば、高瀬川湖口では、図-5で比較的小さい値

になっているが、図-16では大きくなっている。これは、高瀬川湖口では塩分が相対的に濃いために、若齢期のシジミが多いことによっていると考えられる。一般に、シジミの孵化にはある程度高い塩分濃度が必要である⁵⁾。また、七戸川河口では、図-5で比較的大きな値になっているが、図-16では小さくなっている。これは、塩分が相対的に薄いために、高齡のシジミしか存在しないためであると考えられる。

5. おわりに

本研究では、シジミの成長速度と水環境との関係を検討する基礎的段階として、シジミの成長速度を簡便に計測する方法を検討した。その結果、以下の知見を得た。

- 1) 殻脈は、シジミが成長する期間(水温が10℃以上の期間)において、1ヶ月に1本の割合で形成されると推測される。
- 2) 前項の仮定に基づき推定された成長曲線は、輪紋解析より推定された成長曲線と良く一致する。
- 3) レーザー測距計を用いて殻脈を計測することにより、殻を切断する等の手間をかけずに、大量のシジミの成長速度を高速且つ簡便に推定できる。今回は成長速度計測法の開発を主眼としているため、解析サンプル数が少なく、小川原湖内の成長速度の空間分布についての統計的安定性は十分でない恐れがある。今後は解析サンプル数を増やすとともに、底泥や直上水の分析を行い、シジミ成長速度と環境因子の関係を調べていく予定でいる。

本研究を行うにあたり、小川原湖漁業協同組合にご協力いただいた。また計測に際し中野竜矢君(東工大4年)に助力いただいた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 川島隆寿、山根恭道、山本孝二：神戸川産ヤマトシジミの成長と宍道湖産ヤマトシジミとの形態の相違、島根水試研究報告、第5号、pp. 94-102、1988。
- 2) 長尾正之、西部隆宏、石川忠晴、山浦勝明：小川原湖への塩分侵入現象の確率統計的考察、水工学論文集、第40巻、pp. 583-588、1996。
- 3) 田中弥太郎：ヤマトシジミの塩分耐性について、養殖研報、6号、pp. 29-32、1984。
- 4) 高安克己、小林巖雄、森田浩史、中村幹雄：宍道湖産ヤマトシジミ殻体の微細成長縞の観察、Laguna、3、pp. 103-110、1996。
- 5) 田中弥太郎：ヤマトシジミ稚仔期の形態および生理的特性について、養殖研報、6、pp. 23-27、1984。

(1997.9.30受付)