HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ホタテガイ養殖業の機械化に関する研究：Ⅰ．ホタテガイ貝殻の形状について
Author(s)	見上，隆克
Citation	北海道大學水産學部研究彙報，32(3)，242-249
Issue Date	1981-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23764
Type	departmental bulletin paper
File Information	32(3)_P242-249.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
32(3), 242-249. 1981.

ホタテガイ養殖業の機械化に関する研究
I. ホタテガイ貝殻の形状について

見上隆克*

Studies on the Mechanization of the Scallop Culture
I. On a shell profile of scallop

Takayoshi MIKAMI

Abstract

In order to investigate an injury of a scallop shell in the culture process, the author photographed a number of culturing scallops and assumed that a shell profile of scallop consisted of three circular arcs by measuring the shell of a normal culturing scallop.

If a point is determined to minimize the variance between a shell profile of scallop and a circumscribed cricle, some demensions of injuried scallop can be compared to a normal one.

緒　　言

ホタテガイ養殖業では，これまでホタテガイ選別機，ホタテガイ掃除機，籠掃除機，ラインホーラ，クレーンなど多くの機械が使用されて来た。このうち，ホタテガイ選別機，同掃除機はホタテガイの選別分散作業中に使われ，育成中の生物に直接機械が関与する点で，これまでの漁業・養殖業にない特徴をもっていた。しかし，これら二つの機械は1975年の青森県むつ湾，1977年の噴火湾での大量へい死発生以来，出荷時に一部の漁家が使用している以外は，全く使われなくなった。ホタテガイ養殖漁家の聞き取り調査では，その理由として，「ホタテガイの成育に悪影響を与える」，「扱う量が減ったので使う必要がない」などをあげている[1)]。機械が生物に与える影響は物理的な影響と生理的な影響の二つが考えられるが，機械的振動とかかわって，ネットの振動によるへい死が報告されているだけで[2)]，機械の影響については未だ明らかでなく，将来，再び機械が必要とされても，その設計のための基礎資料は全くないのが現状である。

物理的影響は機械の回転や振動によって，貝が機械に衝突したり，貝同志がぶつかり合って，衝撃による貝の損傷を生ずるものである。この点を明らかにするため，まず一般的にホタテガイの貝殻のどの部分に損傷が起りやすいかを調べる目的で，養殖中のホタテガイを写真撮影し検討することにしたが，損傷前の貝殻の形状が明らかでないので，その推定方法を求めた。その結果，損傷の度合を数量的に表わせることが分ったので報告する。

本報告を作成するにあたり，終始ご指導と有益な助言を頂いた北海道大学水産学部五十嵐脩蔵教授，写真撮影および助言を頂いた当講座大学院生山下成治君，ならびに，ホタテガイの写真撮影に快くご協力頂いた森町尾白内，高瀬俊雄氏に深甚なる謝意を表する。

* 北海道大学水産学部漁業機械学講座
(*Laboratory of Mechanical Engineering for Fishing, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

方　　法

損傷のない正常貝の形状を調べるため，北海道森町，鹿部町，渡島当別町産の中成貝および成貝を収集した。これらの貝は約3年間にわたって集められたが，浜からの移送，途中の管理方法が悪く，その外周部に多くの損傷が見られた。正常貝の形状を調べるには損傷の全くない貝を資料とする必要があるので，比較的損傷の少ない成長障害輪をもった貝を選んだ。

ホタテガイの貝殻は，蝶番および耳状部を除く縁辺部が比較的に薄くなっており，かつ左右の貝殻のうち左殻よりやや大きい右殻が損傷を受けやすいと考えられるので，この右殻を計測の対象とし，比較的厚く損傷が受けにくいと考えられる蝶番および耳状部は計測しなかった。計測に供した成長障害輪の殻長は 18 mm から 135 mm であった。この成長障害輪を写真撮影し，拡大して模造紙にそのパターンをトレースした。

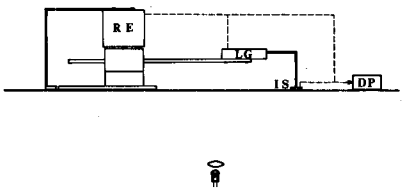

Fig. 1. Schematic diagram of apparatus for measuring a shell profile of scallop.
RE: Rotary Encorder　LG: Linear Gauge Sensor
IS : Image Sensor　DP: Data Processing Unit

トレースした貝殻のパターンは図1に示した装置により計測した。用いたロータリエンコーダ（図1の RE）は1回転あたり 1000 パルスの出力が出され，0.36° 毎の回転角が測定可能である。また，リニアゲージセンサ（図1の LG）は最大長 100.00 mm まで測定可能である。これはロータリエンコーダの軸に取り付けた回転体にアームを出し，その先端に固定された。振幅変化の小さい振動をもったパターンはリニアゲージセンサだけではトレースできないので，その先端にイメージセンサ（図1の IS）を取り付けた。イメージセンサは受光部が 28×28μ，512 ビット（受光窓最大長 14.4 mm）のものを，計測の都合上 56μ，256 ビットの精度におとして用いた。この装置をパターンの描いた模造紙上にのせ，エンコーダの中心がパターンの中心に位置するようセットし，イメージセンサの受光窓が貝のパターン上をトレースするようにして，アームを回転させた。アームはパターンの大きさによって，その長さを調節した。この結果，0.36° 毎に，回転中心からパターンまでの距離を求めることができた。

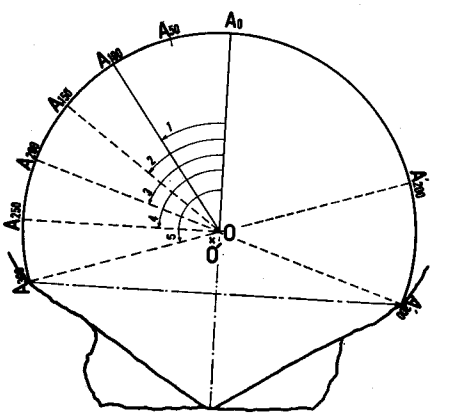

Fig. 2. Analytical points of the deviation.

貝殻の縁辺部における形状の推定はできるだけ簡単な近似で表されることが望ましい。一般に，その形状は半円形に近いと言われているので[3)4)]，円弧近似の数値解析を試みた。その解析方法を図2に示す。ほぼ直線をなしている耳状部から，わん曲し始める両端をそれぞれ

A_{300}, A'_{300} とし，A_{300} と A'_{300} を結ぶ線に内靱帯から垂直に立てた線が縁辺部と交る点を A_0 とする。A_{300} から A'_{300} までは図1の装置で約 600 点の離散的データが得られるが，左右はほぼ対称形と考え，片側のみ約 300 個のデータについて解析した。点 A_0 から 100 個目の点を A_{100} とし，また，この点から 50 番目毎に，A_{150}, A_{200}, A_{250}, A_{300} とし，$\overset{\frown}{A_0A_{100}}$, $\overset{\frown}{A_0A_{150}}$, $\overset{\frown}{A_0A_{200}}$, $\overset{\frown}{A_0A_{250}}$, $\overset{\frown}{A_0A_{300}}$ の1から5まで5つの区間にわけた。そして，A_0 からどの点まで1つの円弧で近似できるか調べた。

最初に，区間1について A_0, A_{50}, A_{100} の3点を通る円の方程式を解いて，仮の中心 O′ を決定し，分散

$$S^2_{100} = 1/100 \sum_{i=1}^{100} (x_i - \bar{x})^2 \qquad \text{ただし，} \quad x_i = A_1O',\ A_2O', \cdots\cdots A_{100}O'$$

を求めた。次に，O′ を移動し S^2_{100} が最小となるような中心 O を求めた。この点 O を基準にして，O から観測点までの長さ x_i のばらつきを見るため，平均値からの偏差 $d_i = x_i - \bar{x}$ をとり，100 個の相対度数を求めた。さらに，中心点 O を同じにして，区間2の $x_i = A_1O$, A_2O, ·····, $A_{150}O$ の平均値からの偏差をとり，150 個の相対度数を求めた。同様にして，区間3, 4, 5についても平均値からの偏差，およびその相対度数を求め，これら5つの場合について比較した。なお計測器の中心を基準に A_{300} から A'_{300} までは約 600 (216°) の観測点があったが貝によってその数は異なった。

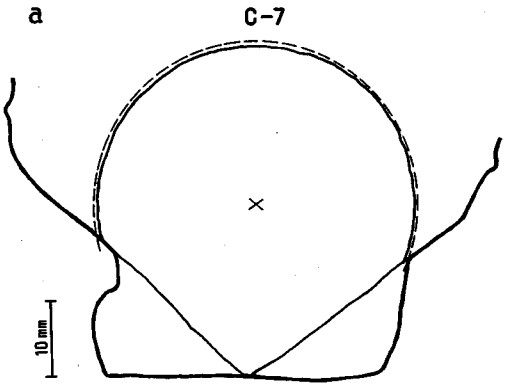

Fig. 3-a. Diagrammatic sketch of valve of scallop and an approximate cricle.

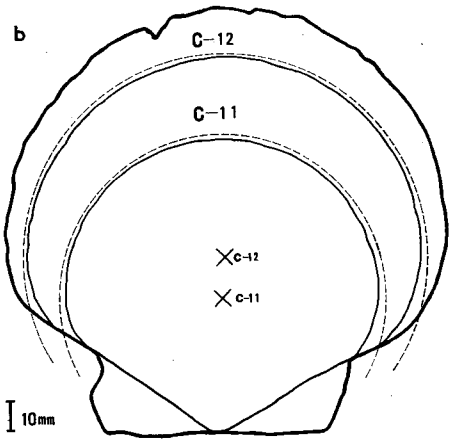

Fig. 3-b. Diagrammatic sketch of valve of scallop and approximate circles.
——: Outline ——: Growth line
---: Approximate circle

区間1から5までの比較を行った後，円弧近似の方法を決め，それを用いて，損傷があると思われる貝の損傷前の形状を推定し，損傷の度合を見た。損傷貝は，11月に森町沖で写真撮影したものを用いた。この時期は時化が多く，最も損傷の起りやすいと考えられる期間である。損傷前の形状推定の条件は正常貝が部分的に損傷を受け凹ができ，かつ，損傷の受けていない部分が残っているものとした。したがって，その推定方法は近似した円弧が損傷貝のパターンに外接し，その外接円と損傷貝のパターンとの間にできる凹の部分が最小となるような円弧を見つけることであった。

結　　果

貝殻の形状を簡単に近似するには，1つの円弧で近似することが望ましく，多

数の複雑な曲線から成り立っているような場合は，損傷の多い貝殻から，損傷前の形状を推定することは困難なことである。

図3に，成長障害輪について示したが，このC-7（図3-a），C-11，C-12（図3-b）ともほぼ円弧上にのると考えられる。これら3例とも，近似できると思われる円弧（破線）は外側にずらして示してある。どの貝殻もそのパターンは近似円弧に比べて，多少凹凸があるが，これは成長障害輪ができた時点での損傷と考えられる。しかし，その近似円弧はC-7のように，ほぼ1つの円弧で近似されるものと，C-11，C-12のように，端に行くにしたがって，内側に曲り，1つの円弧では近似できないものの2種類があった。1つの円弧で近似できないものは，どの部位まで近似できるか調べる必要があり，

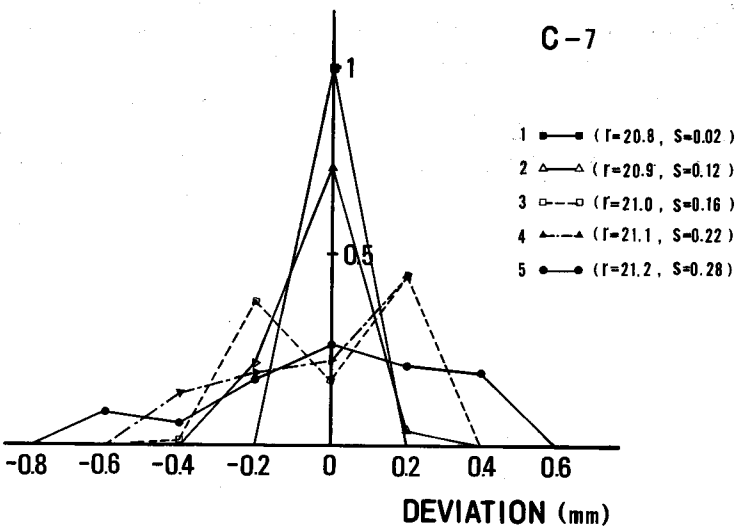

Fig. 4. Distribution of the deviation of shell No. C-7.

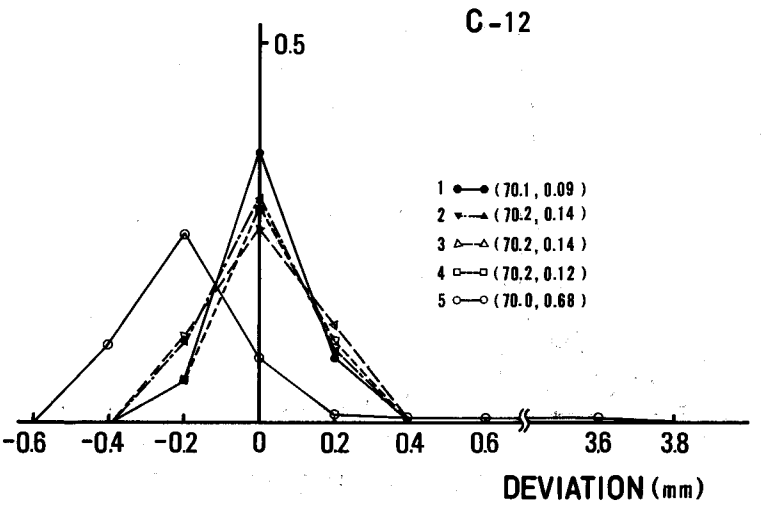

Fig. 5. Distribution of the deviation of shell No. C-12.

C-7, C-12 について検討を加えた。

図4は C-7 について，平均値からの偏差 d_i の相対度数を求めたものである。図中，1は $\widehat{A_0A_{100}}$, 2は $\widehat{A_0A_{150}}$, 3は $\widehat{A_0A_{200}}$, 4は $\widehat{A_0A_{250}}$, 5は $\widehat{A_0A_{300}}$ の区間をそれぞれ調べたものである。区間1は平均半径が 20.8mm，標準偏差が 0.02 で，d_i が ±0.2mm の中に全度数入っていることを示す。中心から端に行くにしたがって，平均値からの偏差も大きくなり，区間3では双峰形分布となり，この区間における貝殻のパターンは平均半径の両側に同程度の偏差をもっていることを示し，このことは図3を見ると貝殻のパターンが波うっていることからも良く知れる。

一方，C-12 では図5に示すように，区間 1, 2, 3, 4 とも同様の傾向を示し，±0.4mm の精度に入っているが，区間5では −0.6〜3.8mm の偏差で，正に歪んだ分布を示し，貝殻パターンが，平均半径より内側に，一部分大きくわん曲していることを表している。しかも，区間1から4では偏差が小さく，区間5で偏差が大きくなることから，貝殻の耳状部に近い方でわん曲してかることを示し，このことは図3からも明らかである。このわん曲部分の偏差値は貝殻の大きさで異なるであろうから，偏差と平均半径の比 $d_i/\bar{x}$ をとると，区間1から4までは ±0.6%，区間5では −0.85〜5.4% になっている。また，C-7 のそれは区間1が ±1%，区間2が ±2%，区間3と4が −3〜2%，区間5が

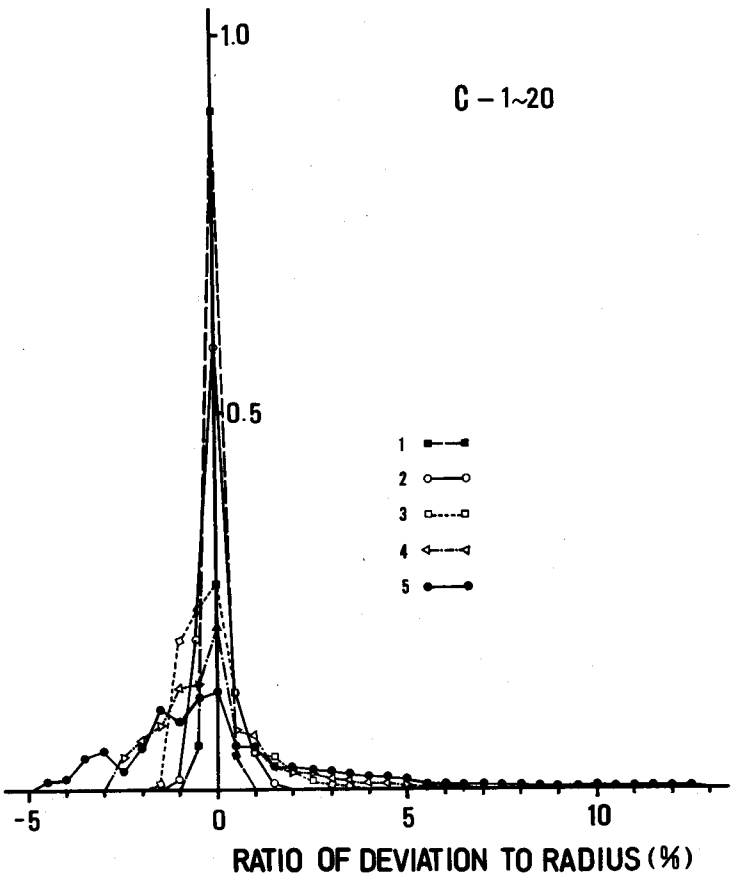

Fig. 6. Distribution of the ratio of the deviation to radius in total shells.

−4〜3% となっている。

次に，損傷のないと考えられる20個体について同様の解析を行い，偏差と平均半径の比をとり，その相対度数を求めたものを図6に示す。区間1では平均半径からの偏差が平均半径の ±1% 以内になっているが，区間2で ±2%，区間3で −2〜4%，区間4では −4〜7%，区間5では −6〜12.5% になっている。区間3, 4, 5ではいずれも偏差が正側に大きく表われ，この場合も平均半径より内側にわん曲しているものが多いことを示し，区間4で円弧近似してもかなりの誤差をもつことになる。貝殻の片側で最大2個の円弧近似をするとして，A_0 点からあまり近い所で区切ると，もう1つの円弧の誤差が大きくなるので，区間3の間で近似することが誤差を少くする限界のように思われる。そこで，区間3の間で1つの円弧近似似をした場合，$\overset{\frown}{A_{200}A_{300}}$ の区間の誤差が問題となるが，図7に示すように −1.5〜2.5% の間に入り，ごくわずかに内側にわん曲していることを示している。以上の結果から，1つの貝殻のパターンを真中部分（図2の $\overset{\frown}{A_{200}A'_{200}}$）および両端部分の3つの円弧で近似することにした。

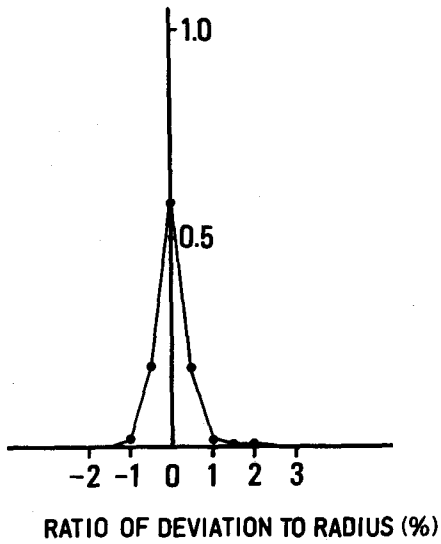

Fig. 7. Distribution of the ratio of the deviation to radius in total shells from A_{200} to A_{300} shown in Fig. 2.

図8は，実線が損傷のある貝を計測したパターン，破線が推定された形状を示したものであり，X-

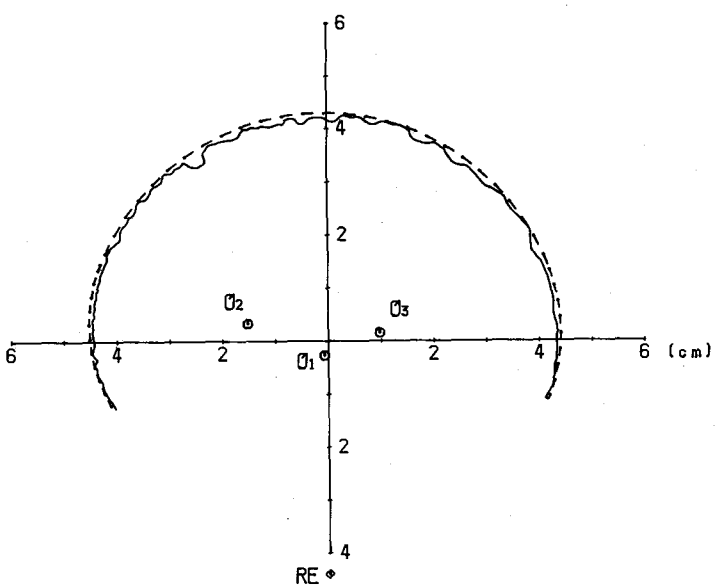

Fig. 8. An example of the plot showing a shell profile of scallop and a circumscribed cricle.
——: Shell profile ----: Circumscribed circle

Y プロッタを用いて描かせた1例である。損傷前の形状推定は図2の $\overset{\frown}{A_{200}A'_{200}}$ の区間の分散が最小になる中心を求め，次にこの中心を通って貝のパターンに外接する円弧を決める方法によった。この円弧の中心が図8の O_1 である。原点は計測の際の中心で，近似円弧の中心からわずかにずれた。図8の O_2 は左端の近似円弧の中心で，線分 O_1A_{200} 上に中心をもち，かつ O_1 に中心をもつ円弧に接し，$A_{200}A_{300}$ の区間のパターンに外接する円弧の中心である。O_3 は右端の近似円弧の中心である。損傷前の貝の推定パターンは損傷後のパターンに数個所で接し，良く近似しているように思われる。なお，図8の RE は内靱帯の位置を示している。

図9は推定した近似円弧と損傷した貝のパターンとの差をとり，損傷深さを求めたものである。横軸の角度は図8の横軸と貝のパターンの観測点とのなす角を示している。すなわち，図9の 0° は損傷パターンと横軸正方向との交点と対応している。130° 近辺に大きな損傷が生じており，約 3.2 mm の山が出ていることが分る。

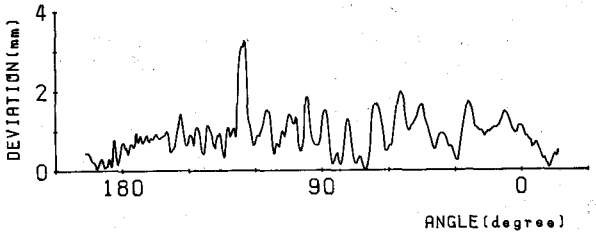

Fig. 9. Deviation between solid line and broken line shown in Fig. 8.

考　　察

損傷貝から損傷前のパターンを推定する場合，誤差の程度が重要な問題となる。図2の区間1の範囲で分散が最小となる円弧を求めた場合，平均半径からの偏差が ±1% であったこと，また，同じ中心を使って区間3を調べた場合 −2〜4% となったことから，区間3では A_0 に近い方で中心よりパターンまでの長さが平均半径より長く，外側にパターンが位置し，また，A_{200} 点に近い方では平均半径より短く内側に位置し，その区間は短いと考えられる。したがって，A_0 近辺では平均半径からの偏差が 2% 程度有し，A_{100} 近辺で偏差が小さく，A_{200} に近づくにしたがって急に偏差が大きくなって 4% までに達するものと思われる。損傷貝の近似では $\overset{\frown}{A_{200}A'_{200}}$ の区間を1つの円弧で近似し，分散最小となる外接円を引いたので，誤差は平均化されたものとなる。

一方，円弧近似の精度を調べるのに使用した貝殻の成長障害輪は図3に見るように，完全に損傷のないパターンではないので，求めた偏差値の中にはこの分も含まれるのではないかと思われる。$\overset{\frown}{A_0A_{300}}$ の円弧近似を調べる方法として，まず最初に $\overset{\frown}{A_0A_{100}}$ の区間で分散最小となる中心を決定したので，この区間に損傷がある場合は，その基準となる中心もずれ，区間2から5までの偏差に影響を及ぼす。損傷の全くない貝を手に入れることはむずかしいが，本実験ではサンプル数が少いので，さらに数多くの貝殻について分析を加えれば精度は上るものと思われる。また，得たサンプルが限られた地域の貝であったので，他の地域のものについても検討する必要があろう。

損傷の少い正常貝については多数の円弧で近似すれば精度は上るが，損傷貝を多数の円弧で近似することは好ましくない。例えば，損傷の形状が図8の −10° から 28° までのようになだらかになっている場合は，そのパターンに追随し，近似した円弧にへこみが生ずる。また，大きな欠刻を生じた貝殻でも同様のことが言える。また，3つの円弧近似でも，半分以上が変形した欠刻貝では近似不可能である。どの場合でも，ホタテガイ貝殻の損傷を調べるには，過去にできた成長障害輪との対比を行

えば，より完全に求まるものと思われる。しかし，円弧近似の精度が限りなく増したとしても，非常に小さい損傷を論ずることが生物学的に意味のあることなのかは今後検討する必要があろう。

近似した円弧の精度がその半径の 2% 程度であると見積れば，図8のホタテガイは 45mm の半径で誤差が 0.9mm であるから，中成貝，成貝についての損傷は十分論じられ，図9の 0.9mm より上に 20 数個の山が読みとれる。この結果をもとに，今後は森沖で写真撮影した養殖中のホタテガイについて，損傷の部位，深さ，幅などについてさらに検討を加えたい。

要　　約

損傷の少ないホタテガイ貝殻と損傷の大きい貝殻のパターンを調べ次の結果を得た。

1. 損傷の少ない貝殻の縁辺部の形状は真中から片側約 100° まで，1つの円弧で近似され，残る区間も1つの円弧で近似できるので，1個体3つの円弧で表わせることが分った。

2. 以上の結果をもとに，損傷した貝殻のパターンから損傷前の貝殻の形状を推定するには，貝殻縁辺部の中心から左右約 100° の区間において，分散が最小となり，かつ損傷貝のパターンに外接する円弧1つを求め，さらに両端についてはこの円弧に接し，かつ損傷貝のパターンに接する円弧を見つける方法をとれば良いことが分った。

3. 損傷した貝のパターンに近似した外接円，すなわち損傷前の形状と損傷貝の形状との偏差をとることにより，損傷の度合を数量的に表わすことが可能となった。

文　　献

1) 見上隆克 (1980). ホタテガイの増養殖と利用—増養殖の体系化にむけて　5. 機械化技術の考え方. 水産学シリーズ **31**, 66–78, 恒星社厚生閣, 東京.
2) 森　勝義・菅原義雄・小畑一臣 (1974). 三陸沿岸における養殖ホタテガイの大量へい死に関する研究 I. 貧栄養＋振動の両実験下で発生するへい死について. 魚病研究 **9**, 10–18.
3) 今井丈夫監修 (1970). 浅海完全養殖. 468 p. 恒星社厚生閣, 東京.
4) Bourne, N. (1964). Scallop and offshore fishery of the Maritimes. *Fish. Res. Bd. Canada, Bull*, No. **145**. 60 p. Ottawa.