

二枚貝の開閉殻運動に関する生理学的研究(第1報) : 温度の影響(其の1)

三宅, 正人
九州大学農学部水産学教室

<https://doi.org/10.15017/21301>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 14 (2), pp.285-295, 1953-09. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :



二枚貝の開閉殻運動に関する生理学的研究 (第1報)

温度の影響 (其の1)

三宅 正 人

Physiological studies on the shell movements of bivalves. 1

Effect of temperature. 1

Masato Miyake

I. 緒 言

二枚貝は呼吸、採食、排泄等の生理作用に必要な海水を殻中に流入させる為2枚の殻を必要に応じ開閉しているが、この運動に影響を及ぼす諸種の条件を知ることは貝の利用上重要なことで、例えば食用に供しようとする貝が不潔な海水の汚水病原菌が貝の体の内外に附着した場合、新鮮な海水中に之を移し且つその開閉殻運動を盛ならしめるような条件とか刺激を与えて、新鮮な海水を外殻腔内に流入させ自ら浄化作用を為さしめることが出来るものである。日本人のように魚貝類を生食する国では殊にこの種の研究が必要と思われる。*又産業上重要な貝であるカキのように移動性を持たない貝では開閉殻運動が外部から見える唯一の運動であるから殊にその観察は重要となる。従つて二枚貝の開閉殻運動に関する研究は比較的多い。

本研究は富安及び著者の考えた化学的貝開殻法¹⁾——化学的に二枚貝を処理して閉殻筋を殻から遊離させることにより、貝をして開殻せしめると同時に遊離した剝身を簡単に採取する方法——を改良する目的をもつて行われた開閉殻運動に関する生理学的基礎実験を主とするものである。

貝を薬品溶液に浸漬する時は、元来貝が不利な環境に置かれた場合完全に閉殻する性質によつて液の殻内への侵入が妨げられる為、開殻に要する時間が長くなり、又貝肉が変質する等色々不利な点を生じて来る。然るに若し貝をして予め少しく開殻せしめることが出来るならば、液の侵入も速かとなり開殻及び貝肉の剝離に要する時間を著しく短縮せしめることが出来るであろう。

著者は二枚貝の開閉殻運動に関し逐次報告するような基礎的実験を行つて種々の新知見を得た。又この研究の結果を化学的開殻法の改良にも利用することが出来た。^{2,3,4)}

II. 常温に於ける開閉殻運動

二枚貝の開閉殻運動に関する研究はカキに就て行われたものが最も多く、Nelson,⁵⁾ Galtsoff,⁶⁾ Hopkins,⁷⁾ 田村⁸⁾等によつて研究が開始され、その他の二枚貝に就ては *Venus mercenaria* L., *Mytilus edulis* (L.) に就てLoosanoff,^{9,10)} アカガイに就て松

* 但しこの場合開閉殻運動のみでなく、鰓上皮の纖毛活力をも好適ならしめることも必要である。

谷,¹¹⁾ アコヤガイに就て小林, 東畑,¹²⁾ 又各種の二枚貝に就て Marceau^{13,14)} が夫々観察しているが, アサリ, シオフキに関してはないようである。

著者は常温に於ける貝の開閉殻運動に於て未だ明らかにされていないアサリ, シオフキの運動を調査し, その生態を若干明らかにし得たので以下に記述する。

i. 実 験 の 部

実験方法：開閉殻運動はキモグラフを用いて記録した。貝を固定する方法としては, Marceau¹³⁾ は金属板上に poix de Bourgogne を以て, Hopkins¹⁵⁾ は焼石膏と砂を以て, Galtsoff⁶⁾ は煉瓦の上にセメントと焼石膏との混合物を以て, Loosanoff⁹⁾ はコンクリート板上に砂とセメントの混合物を以て, 岩田¹⁰⁾ は板に針金を以て固定している。著者は金属類の影響を避ける為素焼板の上に焼石膏を以て固定し, 又運動の拡大装置用槓杆への接続には僅少の銅線を用いた。著者の使用した記録装置の全容は Fig. 1 の如くである。

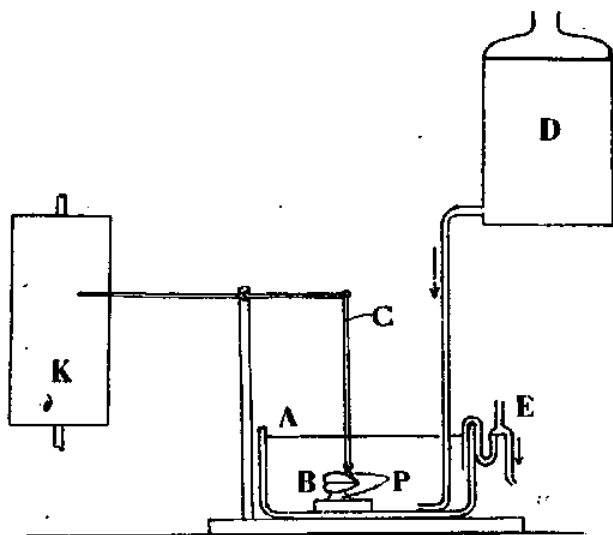


Fig. 1. 開閉殻運動記録装置。

A. 水槽. B. 二枚貝. C. 運動拡大用槓杆. D. 海水貯槽.
E. 海水面調節装置. K. キモグラフ. P. 石膏.

海水は博多湾で採取したもので S.G. 1.025 (20°C) であつた。濁っている時とか浮遊物のある時は静置して上澄液を用いた。海水の流入速度は大体 1 l/hr. 供試貝は採取直後のものを用いた。

実験結果：

A. 正常の開閉殻運動

a. アサリ *Paphia philippinarum* (Adams et Reeve), (博多湾産)

1. 24 時間運動 (19~24°C)

Fig. 2 に 4 例を示したが, その他の実験例に於てもアサリは (b) に示すシオフキと

異なり1日に少くとも1回は完全に閉殻する。而して運動の規則性及び昼夜の別は認められなかつた。

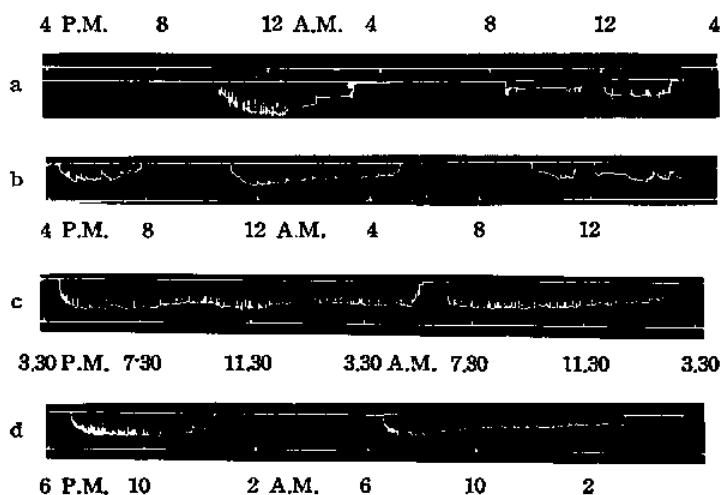


Fig. 2. アサリの24時間運動 (19~24°C).

a.	殻長	3.36 cm	温度	21~24°C	年月日	10.3. '49
b.	"	3.57 cm	"	21~24°C	"	10.3. '49
c.	"	3.35 cm	"	22~23°C	"	10.4. '49
d.	"	3.45 cm	"	19~23°C	"	10.7. '49

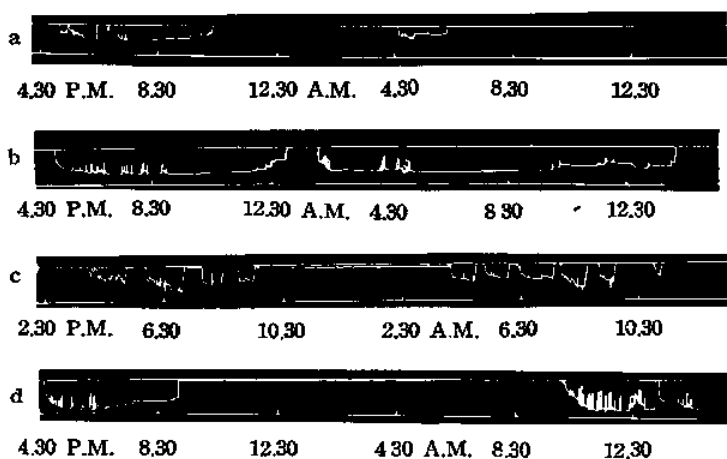


Fig. 3. アサリの24時間運動 (7~15.5°C).

a.	殻長	3.20 cm	温度	13~15.5°C	年月日	11.30. '49
b.	"	3.18 cm	"	13~15.5°C	"	11.30. '49
c.	"	2.85 cm	"	7~10.5°C	"	12.15. '49
d.	"	3.27 cm	"	12.5~15°C	"	12.1. '49

2. 24 時間運動 (7~15.5°C)

Fig. 3 に示す。低温では運動が不活潑となり完全閉殻の時間が長くなるか又はその回数が多くなることが認められた。

3. 1 時間運動 (17°C) Fig. 4 に示す。閉殻は速かであるが開殻は緩かに起ることが示されている。

b. シオフキ *Maetra veneriformis* Reeve, (博多湾産)

1. 24 時間運動 (24~27°C)

Fig. 5 に 4 例を示す。アサリと異り 24 時間中絶対に閉殻することがない。開閉殻運動の規則性、昼夜の別はその他の例に於ても認められないようであつた。

2. 24 時間運動 (9~15.5°C)

Fig. 6 に 2 例を示す。低温では運動が非常に緩かで且つ常温に於ける閉殻時の鋭さが消失していることが認められる。

B. 非正常の場合の開閉殻運動

以上の実験例は標準状態に於ける開閉殻運動を示したのであるが、貝が次第に弱まつて



Fig. 4. アサリの 1 時間運動.

殻長 2.94 cm 温度 17°C 年月日 11.14. '49

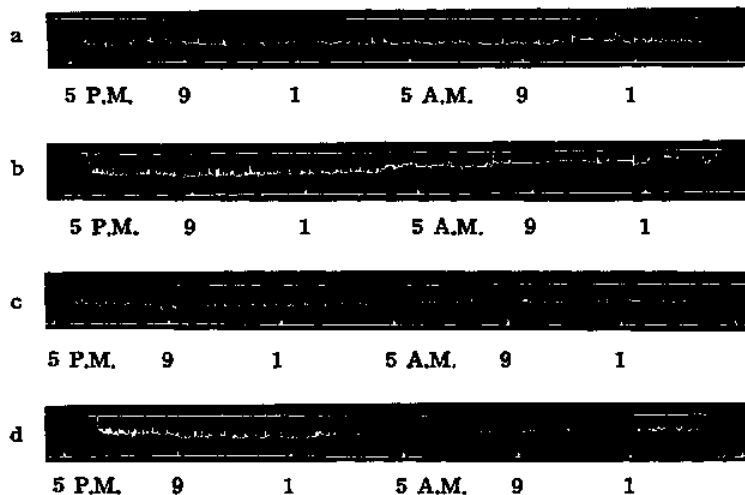


Fig. 5. シオフキの 24 時間運動 (24~27°C).

a.	殻長	3.50 cm	温度	25~27°C	年月日	9.13. '49
b.	"	3.40 cm	"	24~26.5°C	"	9.14. '49
c.	"	3.35 cm	"	25~27°C	"	9.15. '49
d.	"	3.40 cm	"	25~27°C	"	9.15. '49

行く場合とか又は空中に露出した場合の如く非正常の状態に置かれた時は次の如く変つた運動を示す。

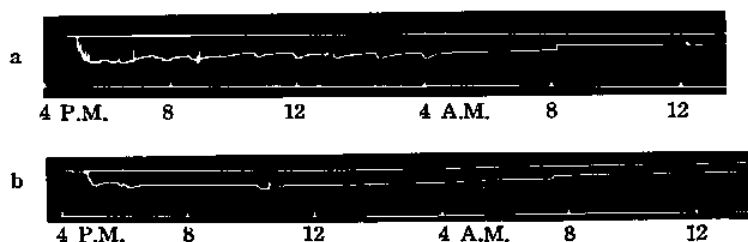


Fig. 6. シオフキの24時間運動 (9~11.5°C).

a. 殻長 3.95 cm 温度 9~11.5°C 年月日 12. 16. '49
b. " 4.00 cm " 9~11.5°C " 12. 16. '49

a. 採取直後より死亡する迄の連続運動記録

1. アサリ *Paphia philippinarum* (Adams et Reeve), (博多湾産)

Fig. 7に示すように連続10日間の記録によるとアサリは弱まるにつれ閉殻の全期間が短くなり且つ段々開閉殻運動の振巾が小さく鈍角的な運動となり——UJの形の鋭角的な運動がVAのように稍鈍角的な運動となる——更に進むとUJのように一層鈍角的な運動を示すようになる。之は更に微弱な運動に転移し最後には最早運動を呈しないようになる。

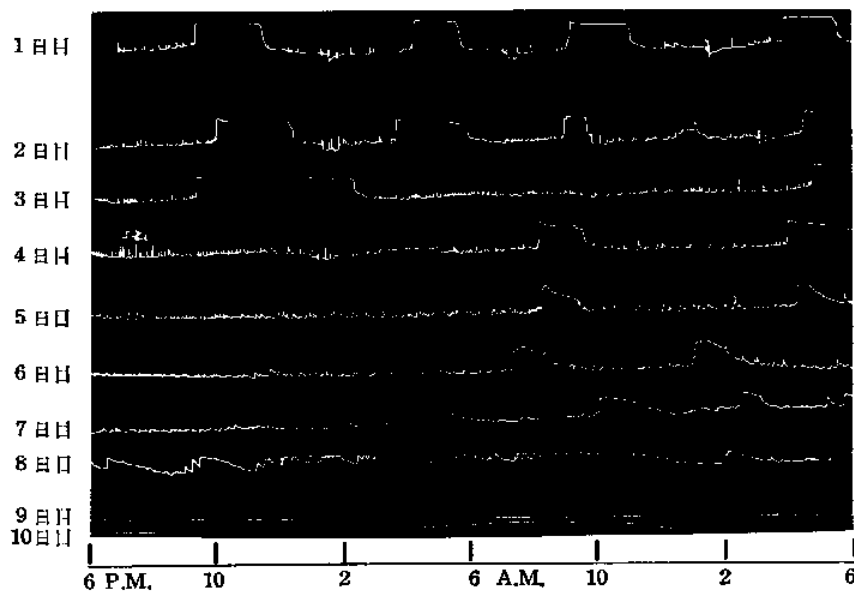


Fig. 7. アサリの連続運動記録.

殻長 3.2 cm 水温 27~32°C 年月日 7. 19~28. '50

2. シオフキ *Macra veneriformis* Reeve, (博多湾産)

Fig. 8に示す如く開閉殻運動は漸次激しくなるが、その後その振巾が小さくなり遂には

途絶えたまま開閉殻運動をしないで死亡するに至る。而してその開閉殻することがない。
5日目左端の矢印の点では外套膜及びサイフォンがなお反応した。

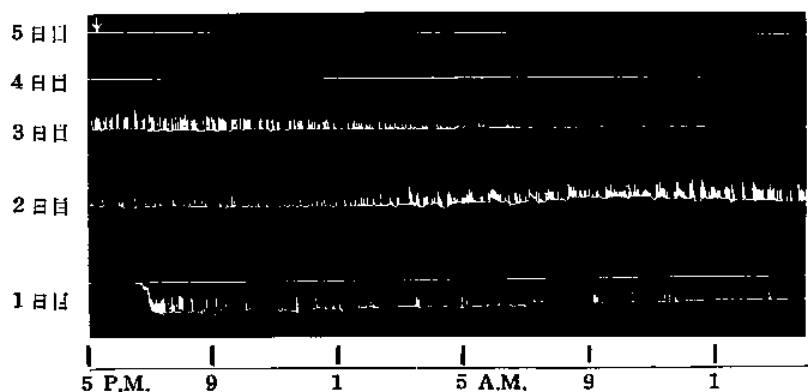


Fig. 8. シオフキの連続運動記録.

殻長 3.75 cm 水温 27~31°C 年月日 7.29~8.2, '50

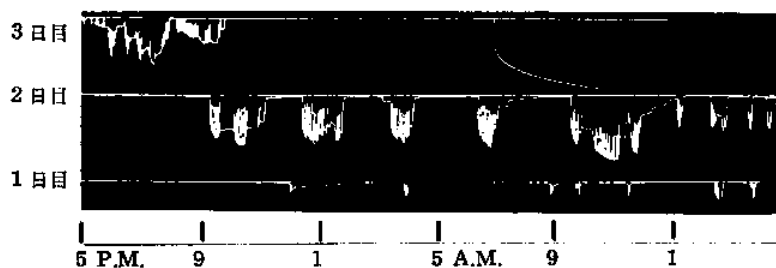


Fig. 9. 空中に露出したアサリの連続運動記録.

殻長 3.12 cm 室温 26.5~33.5°C 年月日 8.21~23, '50

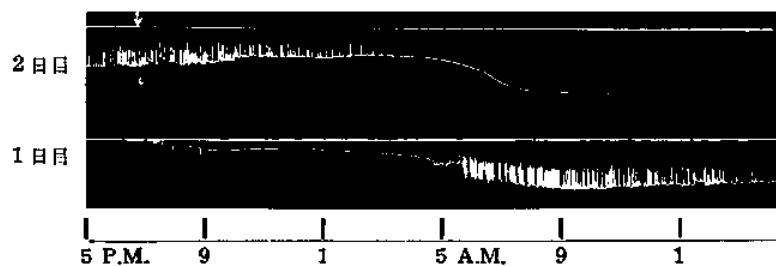


Fig. 10. 空中に露出したシオフキの連続運動記録.

殻長 3.50 cm 室温 26~32°C 年月日 8.23~24, '50

6. 空中に露出した場合の運動記録

Figs. 9 及び 10 に示す。この場合貝の体の水分蒸発を防ぐ為アサリでは元気な間は長時間に亘つて閉殻を行い弱つてもなお出来る丈閉殻を維持しようとする傾向が見られるに反

し、シオフキでは閉殻せずに入水孔及び出水孔を閉ぢ且つ左右外套膜縁を伸して閉鎖することにより、その目的を達していることが観察された。然し貝体が弱まると閉ぢた外套膜縁に隙間が出来る（Fig. 10, 2日目の左端矢印より以降）。

ii. 考 察

実験結果について考察して見るに、いづれの貝も Marceau^{13,14} が認めた如く運動記録の始めは非常に振巾が大きく後徐々に小さくなっているが、之は殻中に含まれた砂や排泄物を速かに出す為であることを著者は認めた。

アサリとシオフキに於ける大きな差異は、前者は屢々完全閉殻を行うのに反し後者は閉殻したまゝでいる点である。シオフキが閉殻を続けようとする性質は特異なもので、空中に露出した場合の如く生存上甚だ不利な環境に置かれても、なお閉殻しようともしないで或る程度閉殻したまゝ開閉殻運動を継続する。この現象を閉殻筋の機能から考えると、シオフキでは閉殻筋の平滑筋部が横紋筋部に比して僅少の割合を示して居り閉殻を維持する能力が微弱であるが、アサリでは平滑筋部がよく発達しており長時間の閉殻に堪えるようになっているので上記のような現象が見られるのである。

両貝共不規則に起る律動的な部分的閉殻が見られるが Nelson⁵ はカキの場合屢々起る部分的閉殻は濾しわけた沈澱物の排泄の為起るものと考え、Galtsoff⁶ は食餌していない場合のカキに於て、律動的な部分閉殻には不必要な濾過物や排泄物の排泄を伴わないことを認め、之は色々の刺激例えば機械的なもの、照明の変化、pH 及び瓦斯量の変化、化学物質の存在等に影響されると述べたが、之に対し Orton²⁷ は此の種の刺激が実験中に起ることを疑問とし、鰓の端から粘液の連結物を外套腔内に切離す為迅速な部分的閉殻が起る時もあるが、律動的な部分閉殻は閉殻筋の Catch component の疲労を戻す為 Motor component により行われる救助的収縮によるものと考えた。Hopkins¹⁸ は *O. gigas* に就て観察し体の内部的原因（普通の排泄）と外部的原因（水中の懸濁物等の排泄）によるものとに分けた。著者はアサリ、シオフキの場合小さい粘液性連結物は殻運動なしに出水孔から水流の作用のみにより排泄せられること、部分閉殻時には時折砂や其他の排泄物を排泄することもあるが全然出ないこともあること、及び完全閉殻は一般の排泄等に関係なく起るものであること等を認めた。

運動の規則性、昼夜の別は一般に大体認められていないように、アサリ、シオフキに就ての著者の実験でも認められなかつた。又個体差は相当あることが認められた。温度との関係に就ては、適温ならば運動が活潑であつて温度が低下するにつれて不活潑となり閉殻の傾向が増加することはカキ^{6,7,15} その他の二枚貝^{9,12} に於て認められているが、著者の実験によればシオフキでは 10°C 附近に下ると運動が非常に緩やかな特徴のある運動に変るが閉殻はしないこと、アサリでは運動そのものの形は変らぬが全体として不活潑となり又閉殻の総期間が長くなる傾向が見られた。非正常の場合、貝が死亡する迄の開閉殻運動の記録を見るとシオフキとアサリでは次のような差が目につく。即ちシオフキはアサリよりも元来弱いらしく干潟より採取したものは常に早く死亡するが、上記の実験例でも示されるように2日目から運動に異常を来し5日目に死亡している。アサリでは3日目辺りから異常となり4日目にはサイフォンを長く伸ばし10日目に死亡しているが、異常の変化は

アサリに於て顯著に現われている。シオフキは元來閉殻する機能が発達していない為、閉殻筋の機能が弱まつて来れば閉殻したまゝ死亡するが、アサリでは閉殻する機能に重点が置かれている為、閉殻筋の機能が衰弱して来てもなお閉殻しようとする努力の跡が見え運動はシオフキのそれとは著しく異なつて来る。即ち横紋筋と平滑筋の機能が共に疲労して来て各々の機能を明確に發揮出来なくなる為、運動が不分明なものとして記録されるのであろう。

空中に露出した場合には前記の如く体水分の蒸発を防ぐ為、シオフキは外套膜縁を伸して閉鎖する点が特異的である。その他両貝共閉殻運動の激しい点は一一致しているがこの現象の生理的意義は不明である。

なお干潟より採取した直後の貝でも上に示した非正常の場合の運動に類似した運動の見られることがある。之は何等かの原因により既に貝が異常状態にあることを察知せしめるもので、斯かる運動を示すものは正常の実験例中には入れるべきではないと考える。

III. 常温より 50°C に至る間に於ける運動

常温から 100°C に至る間に於ける二枚貝の開閉殻運動に就ては岩田¹⁹⁾の報告があるのみである。同氏の実験では約 20 分間の加熱により 5°C から 100°C になるように温度が上げられているが、温度の上昇速度が比較的大きい為運動の細かい点を観察するには不適当と思われたので、著者は約 60 分間で 15°C から 50°C 迄温度を上昇せしめる緩かな加熱を行い閉殻運動の変化を詳細に観察した。

i. 実 験 の 部

実験方法：加熱法としては直火を避け Fig. 1 の装置を用い、温水を海水貯槽 (D) から流し水槽 (A) の温度を上昇せしめる法によつた。

実験結果：各種の二枚貝に就て得られた運動の記録は Fig. 11 に示す。即ちアサリ、ハマグリでは 32°C 附近で一度閉殻状態に入り 41~42°C になると熱昏睡により閉殻筋が麻痺して開殻し始めることが認められる。シオフキ、サルボウでは之に反し 36~37°C で運動が停止して熱昏睡による開殻が始まる。孰れの貝に於ても 30°C 前後に於て閉殻運動が一時的激しくなる。

ii. 考 察

二枚貝の筋肉蛋白が凝固するのは Bernsteine¹⁹⁾によると 45~46°C, Kruckenberg²⁰⁾によると *Pecten jacobäus* は 42°C より、*Mytilus galloprovincialis* では 52°C, 清水²¹⁾はハマグリの内蛋白は 40°C 附近より第 1 段の熱凝固が始まることを報告している。致死温度に就ては Henderson²²⁾ は 18 種の斧足類に就て致死温度を測定し、シオフキ類は 37°C 附近、アサリ類は 43°C 附近であると述べている。倉茂²³⁾は朝鮮産アサリの夏季に於ける高温に対する致死温度は 44°C 前後にあること、水温 37~38°C で 4 時間前後浸漬しても殆んど障害のないこと、温度に対する抵抗力は時期により可成りの差があることを述べている。

著者の実験結果は大体上記の諸研究者の結果と一致している。即ちシオフキ、サルボウ

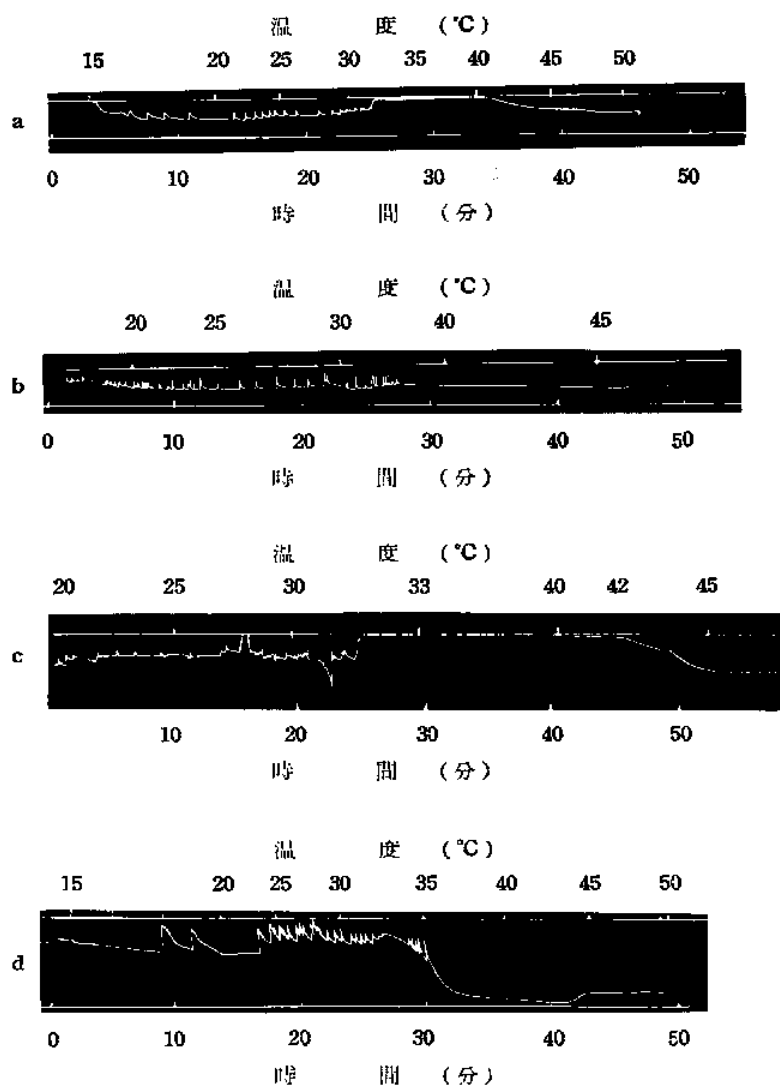


Fig. 11. 常温より 50°C に至る間に於ける開閉殻運動の変化.

a. アサリ (博多湾産)	殻長 3.43 cm	11. 12. '49
b. シオノキ (")	" 3.52 "	" "
c. ハマグリ (")	" 5.02 "	6. 8. '50
d. サルボウ (石明海産)	" 4.85 "	11. 10. '49

は 36~37°C 附近より、アサリ、ハマグリは 41~42°C 附近より熱昏睡により開殻したままの状態となる。この状態では早期に常温の海水に戻せばやがて恢復し得るが遅きに失すると最早恢復出来ずに死ぬことが認められた。

IV. 総 括

1. 未だ研究されていないアサリ、シオフキの常温に於ける開閉殻運動を調査した。
 - i. アサリは 24 時間中に数回完全に閉殻するが、シオフキは 1 回も閉殻しない。
 - ii. 両貝共運動に規則性は認められない。
 - iii. 低温ではアサリの開閉殻運動は不活潑となり閉殻の総期間が長くなる傾向が見られるが、シオフキでは非常に緩やかな鈍角的な運動を呈する。
2. アサリ及びシオフキが死亡する迄の期間に於ける運動の変化及び空中に露出した場合の運動の変化に就て調査し、両貝の運動に於ける相違点及び非正常の環境に於ける両貝の特異な運動状態を明らかにした。
 - i. シオフキは空中に露出した場合の如く甚しく不利な環境に於てもなお閉殻しない。その代り外套膜縁を伸して体水分の蒸発を防いでいる。一方アサリは出来るだけ閉殻に努めている。
 - ii. アサリはシオフキよりも生活力が旺盛であるが、衰弱して来ると平滑筋及び横紋筋の作用が明確を欠くようになり、開閉殻運動は漸次不明なものとなる。
3. 常温より 50°C 迄温度を緩かに上昇せしめた場合アサリ、シオフキ、ハマグリ、サルボウの開閉殻運動が如何に変化するかを調査した。なお感受性を失い熱昏睡に陥る温度は夫々に特有なものであることを認めた。

本研究は九州大学農学部水産化学教室に於て行つたもので終始懇篤な御指導を賜つた富安教授に衷心謝意を表する。

文 献

1. 富安行雄、三宅正人：醸工，27，109 (1949).
2. 三宅正人：日水誌，18，208 (1952).
3. 三宅正人：同，18，213 (1952).
4. 三宅正人：同，18，373 (1953).
5. Nelson, T. C. : Rep. Dept. of Biol., New Jersey Agric. College Exp. Sta., for Year ending June 30, 1920 (1921) : 317 (Loosanoff⁹⁾ による).
6. Galtsoff, P. S. : Bull. Bur. Fish., 44, 1 (1928).
7. Hopkins, A. E. : Ibid., 47, 1 (1931).
8. 田村 正 : Sci. Rep. of Tohoku Imp. Univ., 4th series, IV, 259 (1929).
9. Loosanoff, V. L. : Biol. Bull., 76, 171 (1939).
10. Loosanoff, V. L. Anat. Rec., 81 (4) : Suppl., 110 (1941).
11. 松谷善三：動，53，139 (1941).
12. 小林新二郎、東畑正敏：日水誌，14，200 (1949).
13. Marceau, M. F. : C. R. Acad. Sc. Paris, 142, 1294 (1906).
14. Marceau, M. F. : Arch. de Zool. expér. et gén., (5) 2, 295 (1909).
15. Hopkins, A. E. : J. exp. Zool., 64, 469 (1933).
16. 岩田清二：日水誌，14，82 (1948).
17. Orton, J. H. : Sci. N. S., 82, 105 (1935).

18. Hopkins, A. E. : *Physiol. Zool.*, **9**, 498 (1937).
19. Bernsteine, J. : (Fürth : *Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere* (1903) による).
20. Kruckenberg : (Fürth による).
21. 清水 亘 : *日水誌*, **12**, 104 (1943).
22. Henderson, J. T. : *Biol. Abst.*, 5-II, 1901 (1931).
23. 倉茂英二郎 : *植物及動物*, **9**, No. 12, 522 (1941).

R é s u m é

The studies, described in this report and those that are to follow, consist of the physiological experiments on the shell movements with the purpose of improving the method of "Chemical Shucking" devised by Y. Tomiyasu and the author, based on the idea that the adductor muscles might be detached very easily with chemicals, after the shell has been opened a little by a physiological treatment.

The results mentioned in the present paper are as follows.

1. The shell movements of *Paphia philippinarum* and *Macraa veneriformis* at ordinary temperature were investigated.

a. In *Macraa*, the shells were kept open continuously during 24 hours, while in *Paphia*, the shells were perfectly closed several times during 24 hours.

b. There was no regularity in movements in either of them.

c. The movements of *Macraa* became dull and inert as the temperature lowered, while those of *Paphia* became inert with the lengthening of the total period of the closure (Figs. 3 and 6).

2. The changes in the movements until death, and those out of water, were investigated, and the difference between the movements of *Paphia* and those of *Macraa*, as well as the characteristic movements of both shell-fishes, was recognized distinctly (Figs. 7~10).

a. In *Macraa* the shells were still opened even in an unfavourable condition such as the exposure in the air, and the evaporation of moisture from the body was prevented by closing together the borders of the mantles, while in *Paphia* the shells were closed longer than in normal cases.

b. *Paphia* was more active than *Macraa*, but as it grew weak, the respective function of the smooth and striated muscles became unstable and indistinct.

3. In the case of raising the temperature from the room temperature to 50°C at a rate of 1°C per 2 min., the shell-fishes lost sensibilities and fell into heat coma at a certain temperature respectively. The temperature at which the shell-fishes lost their irritability and fell in to heat coma, was about 37°C in *Macraa veneriformis* and *Anadara subcrenata*, and about 42°C in *Paphia philippinarum* and *Meretrix meretrix* (Fig. 11).