

アコヤガイの刺戟生理學的研究¹⁾ II. 化學的感覚

本 城 市 次 郎 (大阪大學理學部生物學教室)

1952年7月28日受領

筆者の知るかぎりでは、二枚貝の化學的感覚は現在なお全く研究されていない分野である。筆者は以前キール大學で v. Buddenbrock 教授の指導の下に、*Mytilus edulis* の化學的感覚について實驗を行ない、この貝の外套膜はキニーネを作用させる場合、だいたい 0.003% の濃度で閉殻反應がおこることと、しよ糖やぶどう糖に對しては 10% の濃溶液にも反應しないことをみた。この研究は當時未發表のままにおわつたが、アコヤガイ *Pinctada martensi* の刺戟性を研究する機會をあたえられたについて、*Mytilus* で行つたのと同じような實驗をこの貝について試みたのである。

この研究は京大瀬戸臨海實驗所で行なつた。所長宮地傳三郎博士以下所員各位および松井佳一博士の御援助に對して深謝の意を表する。

キニーネに對する反應

徑 18 cm, 高さ 9 cm のバットに、新鮮な貝をその右側の殻が器壁に接するように立てならべ、バットの中央に海水を導いてあふれさせておく。あらかじめ硫酸キニーネの 0.1% 海水溶液をつくつておき、これをいろいろの濃度にうすめたものを定まつた形のピペットによつて 0.5 cc ずつ作用させる。この場合ピペットは左右相閉じた外套膜縁に對し、約 0.5 cm の距離で垂直をなすようにたらし、溶液の流れ速度ができるだけ一定であるように加減する。實驗の間にはさんで時々對照實驗を行ない、この際は通常の海水をやはり 0.5 cc 同じピペットで同じように注入する。

通常の海水を注入するだけでもアコヤガイはしばしば外套膜收縮反應を示すから、この反應は單なる水流の刺戟に對してもおこると考えられる。したがつて光反應の場合とちがつて、外套膜收縮反應を化學的刺戟感受の目安とすることはできない²⁾。これに反して閉殻反應は通常の海水では決しておこらなかつたから、この反應によつてキニーネの作用を検するのが妥當である。

50 個體について 0.001-0.05% のキニーネを作用させた結果は第 1 表のようになる。この表はそれぞれの個體とキニーネ濃度について、閉殻反應がおこつた度數と反應がなかつた度數を + と - の欄にまとめたものである。

第 1 表をみてわかるように、アコヤガイは 0.001% にはほとんど全く反應しない。0.002% 以上は濃度が高くなるにしたがつて、當然なことであるが反應率が次第に高くなり、0.02% ではほとんど常に反應するようになる。平均して 0.005% が刺戟閾と考えられるから、アコヤガイのキニーネに對する感度は *Mytilus* とほぼ同じ水準にあることがわかる³⁾。

次に閉殻反應の反應時は陰影反應の場合にくらべて大きく、またその變動がきわめて著しいことは注目し値にする。全部で 171 測定値をそれぞれの濃度について平均した値を、最低および最高値と共に示したものが第 2 表である。

實驗中の水溫は 28.5-29.6°C で陰影反應の場合よりも高かつたから、反應時がかように大きな値をとることはいつそう不可解にみえる。もちろんいろいろの實驗條件が兩方の場合は非常にちがうということを考慮しなければならない。ことにキニーネの場合の反應時はピペットを刺戟位置にもたらしした瞬間から測つて

1) この研究は一部文部省科學研究費によつて行なつた。

2) 本城市次郎, 1948. アコヤガイの刺戟生理學的研究, I. 光反應, 生理生態, 2: 57.

3) 2 人の被檢者にとつて 0.01% は明らかに、0.005% はかろうじて通常の海水から區別できるが、0.002% は全く區別できない濃度である。

第 1 表

個 體 番 號	0.001 %		0.002 %		0.005 %		0.01 %		0.02 %		100 %	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1						2	10				1	
2						1	3	4			1	
3								3				
4						2	5					
5							3	1				
6		1			2	2	2	1				
7		1			1							
8		1			3			1			1	
9		1			1	1	1					
10					1	1	2				2	
11					1				1		1	
12						1	1					
13		1			1		1		1			
14		2			1	1	2	1	1			
15		1			1	2	2	1	1			
16		1				1	2					
17		1										
18		1			1	2	1	2	2	1	1	
19		1		1	2	1	3	2	3		2	
20		1		1		1	2		1			
21				1		2	2					
22				1		2	2					
23				2			1					
24		1	2		2		1					
25		1	2	1	2				1			
26		1	1	2	2				1			
27		1	1	2	2				1			
28		2	1	2	2	1	1		2			
29		2	2	1	1			1	1			
30		1		2	1	1			2			
31		1		2		2	1		2			
32		2	2						1			
33		1		2	2		1		2			
34		1		2	2				1			
35		1		2	1				1			
36		1		2	1							
37				2	1							
38		1		2		2	2		1			
39		1		2	2	1	1		1			
40		1		2	2	1	2		1			
41		1		2	2		2		1			
42		1		1		2	2		1			
43		2	2	1	1		1		1			
44	1	2	2		1							
45		2	2	1	1		1		1			
46		1		2	2	1	1					
47		1		2	2		1	1	1			
48		1		1		1		1	2			
49		1		1					2			
50		1		2	2							
計	1	45	17	47	49	35	62	19	37	1	9	0
反應率	2 %		27 %		58 %		77 %		97 %		100 %	

第 2 表

0.002 %	0.005 %	0.01 %	0.02 %	0.05 %
7.0 秒 (3.4-14.8)	5.1 秒 (1.7-13.2)	5.2 秒 (1.9-15.4)	3.2 秒 (1.2-13.8)	2.5 秒 (1.0-5.3)

いるから、その中には陰影反應の場合とちがつて刺戟の作用時が含まれているわけである。したがつてかような反應時の差異だけから、ただちに反應の機構に本質的な差異があると結論することは許されないけれども、あるいは光感覚と化學的感覚では受容器の反應速度がちがうとか、興奮傳導の經路がちがうとかいうようなことがあるのかも知れない。

反應時の變動が著しいことについても適確な説明をあたえることはむずかしい。個體により状況によつて變動のあることは當然であるが、ことにキニーネがピペットから流出する速度と方向は手加減によつて制御されるのであるから、陰影反應の場合とちがつて刺戟があたえられる條件に多少とも變動をまねがれないわけである。キニーネが外套膜縁の間から貝體の深部に送りこまれるにしたがつて、深部に位置する刺戟閾の低い化學的受容器が刺戟され、ここにはじめて反應がおこるというような場合を考えるならば、反應時は當然長びいた不規則な値をとるであろう。

とにかく第2表によつて、キニーネの濃度が増すにしたがつて反應時は短くなる傾向のあることがわかる。ただ0.005%と0.01%の場合は逆になつてはいるけれども、これは後者の場合に反應時が不當に長い數例があつたため、全體の平均値が高くなつてはいるにすぎない。個々の測定値の分布をしらべてみると、その重心は明らかに濃度に關係して移行しており、刺戟強度が高いほど反應時が短くなる傾向があることは疑ない。

次に閉殻時(閉殻反應後ふたたび殻を開くまでの時間)はいつそう甚だしい動搖を示し、これを反應時にも刺戟濃度にも關係づけることができない。閉殻時は反應時より長いのが普通で、短い場合はただ1例あつたにすぎない。この例では閉殻時が3.7秒(反應時は5.3秒)であつて、この値がまたすべての實驗を通じて最低の測定値になつてはいる。閉殻時の長いものでは1分をこえることがあるが、かような個體はどんな濃度のキニーネで刺戟しても、1分以上閉殻の状態にある場合が多かつたし、閉殻時の個體差はかなり顯著にみとめられる。とにかく107測定値を刺戟濃度にかかわらず平均すると26.7秒になるが、この値には

第 3 表

前		中		後	
反應時 (秒)	閉殻時 (秒)	反應時 (秒)	閉殻時 (秒)	反應時 (秒)	閉殻時 (秒)
4.0	15.8	10.1	16.5	1.6	12.1
5.5	15.4	5.5	15.0	1.9	12.2
		2.8	18.4	9.0	—
		4.6	17.6	10.5	13.3
				2.6	13.9
4.8	15.6	5.8	16.9	5.1	12.9

もちろん大した意味はない。

なお 0.02 %, 0.05 % などの濃い キニーネ で刺戟する場合には、しばしば一度閉殻してからまもなくふたたび殻を開き、開いたかとおもうと直ちにまた閉じることがある。閉殻時ははじめが 3-11 秒で、2 回目は何時でもこれより長くなっている。このふくざつな反應の意義は後で考察することにしよう。

さてこれまでの實驗では、殻縁中央の外套膜縁を刺戟してきたが、刺戟部位を體の前または後に移すとき、反應がどう變るかということが問題になる。9 個體について體の前端または後端に近い外套膜縁を刺戟して、これを中央を刺戟した場合と比較してみたが、筆者の實驗の範圍では、刺戟間、反應時、閉殻時などについて格別 いちじるしい差異を認めることができなかった。第 3 表は個體 Nr. 1 を 0.01 % で刺戟した場合の反應時と閉殻時を示したもので、最下欄の數字はそれぞれの平均値である。

最後にキニーネに對する反應ぜんばんを通じて、陰影反應の場合のような疲勞現象がみられなかつたことは注目に値する。同じ個體を連續して十數回刺戟しても、反應能力を全く失うようなことはなかつた。これはアコヤガイにとつてたしかに合目的であるが、外見上同じようにみえる閉殻反應に、光刺戟と化學的刺戟とでかような差異のあることは興味がふかい。

纖毛運動の實驗

二枚貝の刺戟反應としては、陰性の外套膜收縮反應や閉殻反應がみられるだけで、陽性の反應については一向に知られていない。もし化學的刺戟が纖毛運動に何か影響をあたえるならば、これを手がかりとして陽性の反應を検出することも可能であろうと考え、Galtsoff の實驗方法にならつて次のような實驗を行なつた⁴⁾。

徑 65 cm 深さ 28 cm の水盤の水面下約 10 cm に硝子板を正しく水平に固定し、その上に次の實驗裝置を組み立てる。まずアコヤガイの呼水腔に徑 6 mm、長さ 6-8 cm のゴム管を、やや背側によつた傾めの方向から貝柱にそってさしこんでおき、貝を左側の殻が上になるように硝子板の上にのせる⁵⁾。ゴム管には内徑 6 mm の丁字管の一方の水平部をつなぎ、他の水平部は内徑 5 mm、長さ 38 cm で 2 cm 間隔に目盛した硝子管に連結する。この硝子管は硝子板に對して 10° の傾斜をなすように、その端を水面近くまで上げておく。丁字管の脚部はピンチコックをそなえたゴム管によつて、カーミンの海水溶液をみたした小形の漏斗に結合する。

ピンチコックをゆるめて少量のカーミンを丁字管内に流下させると、カーミンは貝の纖毛運動によつておこる水流のため押しやられて、目盛した硝子管内をさきのとがった赤い柱となつて進んでゆく。柱のさが硝子管の中央 20 cm の距離を進むに要する時間を測定したが、この時間が短いほど流速が大きく、したがつて纖毛運動が活發なわけである。

かような方法で 12 個體について正常の流速を測つた結果は、29.0-29.8°C において 20 cm の距離を 3.8-10.1 秒、平均して 6.8 秒 (111 測定値)、すなわち毎秒 2.9 cm の値が得られる。もちろん纖毛運動が不活發になる場合は、流速が毎秒 2 cm 以下に低下することもあつたが、かような場合は貝の條件がよくないと考えられるので實驗から除外した。

4) Galtsoff, P. S. 1923. Experimental study of the function of the oyster gills and its bearing on the problem of oyster culture and sanitary control of the oyster industry. Bull. Bureau of the Fisheries, 44, No. 1035.

5) Galtsoff は呼水腔から排出される水が他へもれないように、管のまわりに綿をつめこんでいるけれども、かような處置は貝に好ましくない機械的刺戟をあたえ、結果がよくないので用いなかつた。實際綿をつめこんでいても、これを粘液にくるんで體外に排出してしまう場合が多い。筆者の實驗の目的は纖毛運動に對する化學的刺戟の影響をみることで、運動の絶對量はこの場合問題にならないのであるから、呼水腔から排出される水の全量が管を通る必要は少しもないわけである。

はじめに貝が陰性に反應することがわかっているキニーネが、纖毛運動に對してどんな影響をあたえるかということが問題である。上に述べた装置で流速が大體一定であることをたしかめておいてから、前の實驗同様に外套膜縁にキニーネを注入して刺戟直後の流速を測つたが、その結果は大體次のようになる。

まず 0.01% では大體閉殻反應がおこるが、この場合には閉殻の瞬間にはげしい勢の水流が起つて、その後しばらくは纖毛運動が全く停止し、ふたたび運動がはじまつた時の流速はやや小さいが、やがて速かにもとの速度を回復する。これに關連して注意すべきことは、閉殻反應は單に有害な刺戟を避けるだけでなく、呼吸腔から一時に多量の水を排出することによつて、積極的に刺戟物質を排除する目的を持つということである。濃いキニーネを注入する場合に、閉殻反應が2回連續して行われることを前に述べたが、これは1回の反應によつて排出しただけでは、なおキニーネの濃度を刺戟閾以下にうすめるのに不十分だつたためであらうと考える。

次に 0.005% で閉殻反應がおこる場合は前同様であるが、反應がない場合でも水流が刺戟後短時間停止して、直ちにまたもとの速度に復することがある。その他に刺戟によつて流速の變化が認められない場合も多かつたから、キニーネが纖毛運動を抑制するようにはたらくと斷言するのはなお早計であるが、少くとも運動を促進する刺戟でないことは明らかである。

最後に 0.001% ではもちろん閉殻反應はみられないし、纖毛運動に對する影響も明らかでない。刺戟によつて流速がわずかに低下した1例があるが(刺戟前 4.7 cm/秒、刺戟後 3.3 cm/秒)、大多數の場合はほとんど變化がない。

キニーネはかように纖毛運動をむしろ抑制するらしい效果を示すが、糖で刺戟した場合は如何であろうか? 果糖の 30% 海水溶液を外套膜縁に作用させると、殆んど常に閉殻反應がみられて纖毛運動も

停止するが、これは恐らく滲透壓の刺戟によるものと考えられる。これに反して 5-15% で刺戟する場合は、第4表に示すように、纖毛運動にはほとんど何の變化も認められない。したがつてわれわれは纖毛運動によつて糖に對する反應を検出することができないわけである。

第 4 表

個體番號	果糖濃度	刺戟前の流速 (cm/秒)	刺戟後の流速 (cm/秒)
19	15%	2.9	2.9
"	"	3.5	3.3
21	10%	2.6	2.6
22	"	3.0	2.8
23	5%	2.9	3.2

摘 要

1. アコヤガイの外套膜縁をキニーネで刺戟すると閉殻反應がおこるが、その閾値は平均して 0.005% である。2. この反應の反應時はかなり不規則であるが、いつばんに刺戟濃度が高いほど短くなる傾向がある。閉殻時の變動はいつそう著しい。3. 刺戟部位による反應の差異は認められないし、疲労現象もまた認められない。4. 閉殻反應と同時に纖毛運動は停止するが、キニーネには閉殻に至らないまでも、纖毛運動を多少抑制する傾向があるように見える。5. 糖の刺戟は滲透壓による以外は纖毛運動に全く影響しない。

正 誤

本誌 61 卷 12 號 (昭和 27 年 12 月號) 375 頁の渡邊宗孝氏の論文第 1 圖は、376 頁の第 4 圖と入れ替りになりました (説明はもとのまま)。ここに訂正致します。 動物學雜誌編集委員