Ca^{45} によるアコヤガイ *Pinctada martensii* (DUNKER)

稚貝の貝殻形成に関する研究—海水及び

餌料よりの摂取の比較*

渡部 哲光・吉井 義一・岡田 弥一郎

(三重県立大学水産学部)

Studies of Shell Formation in Young Pearl Oyster, *Pinctada martensii* (DUNKER),Using Ca^{45} —Comparison of the Uptake of Ca^{45} from Sea Water and Food.

Norimitsu WATABE, Giichi YOSHII and Yaichiro OKADA

(Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie)

The authors compared the uptake of Ca^{45} in the bodies of young pearl oyster, *Pinctada martensii* (DUNKER), from filtered and unfiltered (ppt. volume of plankton and other floating materials was 2.6 c.c./l.) sea water, to each of which Ca^{45} had been added to show the radioactivity of 4000 cpm/c.c..

After the radioactivity of the plankton reached maximum (Fig. 1), pearl oysters were put in to each group of the sea water and reared for periods from 2 to 72 hours. Radioactivity in the mantle, gill, other organs and shell are shown in Table 1 and Figures 2 to 5. Larger amount of Ca^{45} was incorporated in the oysters reared in the plankton sea water than in those reared in the filtered one. The difference was larger in the mantle than in the gill. By those results gills are considered as the principal organ for the uptake of Ca from sea water, and Ca taken up from plankton through digestive organs seem to be transported to gills in low degree. The amount of Ca^{45} deposited in the shell reared in the plankton sea water was twice as those in the filtered one, despite that the activity of Ca^{45} in the plankton was one-hundredth of that of the sea water. That means that Ca are taken up by the oyster in much higher degree from plankton or other floating materials than from sea water.

Ca^{45} を用いた貝殻形成の研究は、三重水試¹⁾、松井等²⁾、WILBURD & JODREY³⁾、JODREY⁴⁾、辻井等⁵⁾、堀口等⁶⁾ 及び田中等⁷⁾ によつて行われ、その何れも環境水からの Ca の摂取器官が外套膜及び鰓であり、又、外套膜はその主要な排出器官でもあることを報告している。田中等⁷⁾ は又、アコヤガイ貝殻に沈着する Ca の量を計算し、この量が海水中の Ca で十分に供給されると述べている。然し以上の研究は、何れも環境水から直接貝に移行する Ca に関するもので、これとプランクトン等の餌料を通じての量とを比較したものは未だ報告がない。海水中プランクトンには、特殊の種に属するものを除き、それに含有される Ca の量は僅少であつて、その利用の効率が海水中の Ca の場合と同程度であれば、貝殻形成に関与する量は殆ど無視得る。然し、プランクトン量の多い環境にあつては、貝殻の成長は旺盛であり、これは勿論、餌料摂取によつて貝体の成長が大となり、必然的に貝殻形成能力が増大するためであらうが、一方、この僅少な Ca を消化管を通じて高濃度に摂取し、貝殻に沈着させることも考えられる。

筆者らは、アコヤガイの貝殻形成に関し、プランクトン等の餌料に含まれる Ca の演ずる役割について、実験の比較的容易な稚貝を用いて研究した。ここにその結果を報告する。

1957 年 1 月 14 日受理

* 本研究の費用の一部は昭和 31 年度文部省科学研究費（総合研究）による。

I 実験材料及び方法

1. 試料貝としては 1956 年 9 月頃、三重県英虞湾にて採苗後養殖中のアコヤガイ *Pinctada martensii* (DUNKER) のうち、殻長約 2 cm のものを使用した。特に稚貝を撰んだのは、(1) WILBURD & JODREY³⁾、三重水試¹⁾の報告の如く、Ca の沈着量は貝殻の部分及び左右両殻によつて異なるため、貝殻の限られた部分の測定では貝殻全体への沈着量を推測し難い。然るに稚貝では、貝殻全量が両殻合せて 1~2 g. で全量灰化が容易であり、従つて測定に便である。(2) 飼育海水が少量で足り、その交換も容易である等の理由による。

2. 実験は室内の貝の衰弱することの少い秋季 10 月に行つたが、英虞湾では秋季のプランクトン量は夏季の約 1/2~1/10 で非常に少いため、ネットで集めたプランクトンを通常海水に加え、大体夏季に近い量とした(沈澱量 2.6 c.c./l.)。この海水中に Ca^{45} を加え、海水 1 c.c. の count を 4000 cpm. とした。次に、一定時間毎にこの海水 10 c.c. を取り、フオルマリン固定後回転遠心分離し、上澄及び沈澱の count を測定した。その結果、 Ca^{45} の沈澱物への移行が 10 時間で平衡に達したので、最初から 24 時間目に、前記稚貝をこの海水(以下プランクトン海水と記す)に入れ、2, 5, 8, 24, 72 時間後に 4 個体宛取出し、外套膜、鰓、その他の器官及び貝殻に分け良く水洗後乾燥し、重量を測定した。これを灰化して、その全量(貝殻は灰分約 5 mg)の放射能を科研 32 型 G.M. counter で測定した。又、同時に炉過海水に Ca^{45} を加えて 4000 cpm./c.c. とし、これに稚貝を入れ、前記同様の操作によつて各部への沈着量を測定した。なお、飼育海水は実験中何れも $20 \pm 2^\circ\text{C}$ に保ち、比重 $d_{45}^{20} = 1.023$ であつた。

II 実験結果及び考察

1. 海水中的の Ca^{45} のプランクトンへの転移

Fig. 1. Uptake of Ca^{45} in plankton and sea water

海水 (Ca^{45} の count は 4000 cpm./c.c.) 1 c.c. 当りのプランクトンに Ca^{45} の転移した状態は Fig. 1 に示す通りで、10 時間で平衡に達した。その時の放射能は 38 cpm. で、海水のそれは 3960 cpm. であつた。なお実際は、遠心沈澱物にはプランクトンのみでなく、その他の浮游物質も含まれて居り、これらにも Ca^{45} が吸着することは当然であるが、アコヤガイ等は餌料の質的選択性が殆どなく、たゞ大いさのみを選択し得る。従つてプランクトンは勿論、その他の浮游物も適当の大いさであれば消化官に入り得る。それ故、ここではこれら沈澱物を一括してプランクトンと呼ぶこととする。

2. アコヤガイへの Ca^{45} の転移

II 1 で示した通り、プランクトンに移行する Ca^{45} は 10 時間で飽和量に達する。24 時間後にこのプランクトン海水中で飼育した稚貝の外套膜、鰓、その他の諸器官及び貝殻に移行した Ca^{45} の count 数、並びに炉過海水飼育のもの夫々は、Table 1 に示す通りである。測定は何れも 4 個体に就いて行い、表にはその平均値を示してある。又、堀口等⁶⁾の述べた如く、新鮮物は水分含有量に変化し易く、又、灰分は培養時間によつて含有が変化し、更に稚貝では全量灰化によつても灰分量が僅少で、秤量誤差を生じ易い。そのため灰化物の count 数を、乾物量 100 mg に換算して表わした。

先づ、貝殻以外の内蔵部について Ca^{45} の移行沈着を見ると、Fig. 2~4 に示す通り、大体各部とも 2 乃至 8 時間で最大となり、その後稍々減少し、24 時間或いはそれ以後に平衡に達するようである。外套膜、鰓は他の各部よりも常に移行量が大きで、これらの結果は田中等⁷⁾、堀口等⁶⁾のアコヤガイ、イケチウガイにおける結果とよく一致し、これら及び WILBURD & JODREY³⁾、JODREY⁴⁾の述べる如く、鰓、外套膜が Ca の吸

Table 1. Radioactivities of each organ of young *Pinctada martensii* reared in filtered, and plankton sea water, both of which containing Ca^{45} (4000 cpm./c.c.). The radioactivities are shown in cpm./100 mg. dry matter (average value of 4 individuals).

Sea water	Organs	2 hr.	5 hr.	8 hr.	24 hr.	72 hr.
Plankton sea water	Mantle	38×100	34×100	63×100	46×100	37×100
	Gill	22×100	36×100	17×100	33×100	30×100
	Other organs	24×100	26×100	19×100	20×100	19×100
	Shells	1.0×100	1.0×100	2.0×100	4.7×100	24×100
Filtered sea water	Mantle	35×100	33×100	38×100	23×100	29×100
	Gill	26×100	13×100	24×100	27×100	35×100
	Other organs	13×100	14×100	11×100	13×100	19×100
	Shells	0.5×100	0.4×100	1.6×100	2.4×100	12×100

Fig. 2. Uptake of Ca^{45} in the mantles of young *Pinctada martensii* reared in filtered, and plankton sea water.

Fig. 3. Uptake of Ca^{45} in the gills of young *Pinctada martensii* reared in filtered, and plankton sea water.

Fig. 4. Uptake of Ca^{45} in the other organs of young *Pinctada martensii* reared in filtered, and plankton sea water.

収, 排出器官であることが推定される。

ここで, プランクトン海水で飼育した場合と, 炉過海水での場合とを比較すると, 前者の方が Ca^{45} の移

Fig. 5. Uptake of Ca^{45} in the shells of young *Pinctada martensii* in filtered, and plankton sea water.

行量が遙かに多く、特に外套膜ではそれが著しい。これは後述貝殻に就いて説明するが、環境水中の初期の量が等しい場合でも（両者何れも 4000 cpm./c.c.），餌料からの利用の方が直接鰓等から移行するよりも遙かにその効率が高いと考えられる。外套膜、及び鰓は、プランクトン海水飼育の場合は 24 時間で平衡に達している。然し、炉過海水飼育では、この時間でなおこの平衡量に達せず、鰓では 72 時間を要し、外套膜では 72 時間でも更に上昇の傾向を示している。

飼育海水による移行量の差は、前記の如く外套膜に於ては特に著しく、鰓はそれ程顕著ではない。その他の器官は外套膜と略々同様の傾向にある。鰓に於いてその差が余り著しくない理由は、この器官は直接海水から Ca を摂取する役割を果しており、餌料を通じて消化管から吸収される Ca は、前者に比較すると鰓にそれ程多く運ばれないためと考えられる。これに反し、外套膜は Ca の摂取器官であると同時に、排出の器官で、鰓及び消化管を通じて Ca が多量に運ばれて排出する。従つて、平衡に達する迄は、プランクトン海水の方が炉過海水飼育の場合よりもその移行量が大いであろう。

プランクトンの有無による Ca^{45} の沈着量の差は、貝殻において最も著しい。即ち Fig. 5 に示す通り、何れの場合においても、飼育開始後 2 時間で貝殻に沈着し、時間とともにその量は増大しているが、両者の差は 2 時間にして既に現われている。筆者らの観察によると、餌料プランクトンが消化され、糞として肛門より排泄される時間は非常に早く、1~2 時間或いはそれ以内の場合もある（未発表）。従つて、飼育後 2 時間で餌料→消化管→貝殻へと Ca^{45} が移行することは肯定出来る。プランクトン海水の場合は、炉過海水での約 2 倍量の Ca^{45} が沈着しているが、II 1 で示した通り、飼育開始時のプランクトン海水中的の Ca^{45} は 3960 cpm./c.c.、炉過海水のそれは 4000 cpm./c.c. で海水そのものの Ca^{45} 量の差は無視し得る。従つて、貝殻には両者とも、鰓等を通じて直接海水より同量の Ca^{45} が沈着したものと見做して良い。それ故、プランクトンより消化管を経て沈着した量は、この実験に於ては、直接海水より鰓等を通じて沈着した量と略々等しいと考えられる。

今、飼育開始より 24 時間後の場合を例にとると、プランクトン海水では 470 cpm./100 mg.、濾過海水では 240 cpm./100 mg. の Ca^{45} が貝殻に沈着している。比較のため、貝殻重量を何れも 2 g. とすると（実際は 2.301 g., 1.976 g.）貝殻全体で夫々 9400 cpm., 4800 cpm. が沈着したこととなる。従つて、両者の差 4600 cpm. はプランクトンより転移したものと考えられる。アコヤガイ成員の鰓を 1 時間に通過する海水の量は、筆者の実験では 20°C の時約 2 l である。実験に使用した稚貝ではその約 1/10 と考えられるから、24 時間に約 5 l の海水が通過する。この海水中的の Ca^{45} の count 数は 4000 cpm. $\times$ 5000 = 2×10^7 cpm. で、貝殻への沈着量は 4800 cpm. であるから、 $\frac{4800}{2 \times 10^7} \approx \frac{1}{5000}$ しか利用されない。所が 5 l のこの海水中的のプランクトンの Ca^{45} は 38 cpm. $\times$ 5000 = 2×10^5 cpm. で、そのうち、貝殻には前記の通り 4600 cpm.、従つて $\frac{4600}{2 \times 10^5} \approx \frac{1}{50}$ 、前者の 100 倍の利用率となる。これは鰓を通過した海水中的のプランクトン等がすべて消化管に運ばれたと仮定した場合であるから、実際にはこれより更に利用率は高いであろう。田中等⁷⁾の実験では、プランクトン及び海水中的の Ca 比が約 1:5 $\times 10^4$ で、これは特に Ca 含有量の少い時期であつたと述べており、この程度であれば、プランクトンを通じて貝殻に沈着する Ca 量は無視し得るかも知れないが、通常の場合はプランクトン中の Ca が海水に比し僅少であつても、その利用率は遙かに大きいので、貝殻形成に関与する量は無視し得ないと考えられる。

要 約

1. アコヤガイ稚貝（殻高約 2 cm.）を用いて海水及びプランクトンから Ca^{45} が貝体、貝殻に沈着する状態を比較した。

2. プランクトン海水、及び炉過海水で飼育した場合、飼育 2 時間で貝体各部に Ca^{45} が移行する。そして、何れも外套膜、鰓に多い。平衡に達する時間は炉過海水の方が長い。

3. プランクトン海水の場合は、貝体、貝殻共に Ca^{45} の移行量が多く、特に外套膜では著しい。鰓はそれ程両者間の差がない。これは鰓が直接海水より Ca を吸収する器官である事を示すものと考えられる。

4. プランクトンに移行した Ca^{45} は海水中の Ca^{45} より遙かに少い。然し、一定量の海水中のプランクトンから Ca^{45} が、貝の消化管を通じて貝殻に沈着する率は、同量の海水の Ca^{45} が直接鰓等を通じて貝殻に沈着する率よりも遙かに大きい。従つて、プランクトン中の Ca 含有量が海水に比し僅少であつても、貝殻形成に関与する量は一般に無視し得ないものと考えられる。

文 献

- 1) 三重水試時報： 169, 18-29 (1952).
- 2) 松井佳一・内田洋一・田中正三： 動雑, 61, 3-4, 119 (1952).
- 3) K.M. WILBUR and L.H. JODREY : Biol. Bull., 103, 269-273 (1952).
- 4) L.H. JODREY : Biol. Bull., 104, 389-407 (1953).
- 5) 辻井 禎・吉井義一・岡田弥一郎・井上義雄・宮村光武： 本誌, 20, 2, 107-111 (1954).
- 6) 堀口吉重・三宅正人・吉井義一・岡田弥一郎・井上義雄・宮村光武： 本誌, 20, 2, 101-106 (1954).
- 7) 田中正三・波多野博行： 日化誌, 72, 6, 602-605 (1955).