

ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (Jay) の呼吸量と排泄量

—特に正常貝と異常貝の比較について—

土 屋 誠

東北大学理学部附属臨海実験所

ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (Jay) は底生性の懸濁物食性二枚貝である。近年、垂下養殖が盛んに営まれるようになり、生息場所が人為的に水塊中にまで拡大された。この養殖方法は生態学的な見地から判断すると重要な意味がある。懸濁物食者は水中の懸濁物質やプランクトンを餌として摂取し、糞あるいは擬糞を再び水中に排泄するが、多量の懸濁物食者が水塊中に存在することによって、水中懸濁物やプランクトンが、より早く沈降可能な糞・擬糞に形態変化することになる (Haven and Morales - Alamo (1966) はカキの一種である *Crassostrea virginica* の排泄活動について研究し糞の沈降スピードは水中懸濁物のその約7倍であると報告している)。換言すれば、水中に存在する有機物が、海底へより早く移行するわけであり、海底の富栄養化を促進することにもなる。すでにカキ、真珠、ハマチ養殖場では漁場老化や汚染が問題となっているが、これは上記のように養殖生物の排泄物が海底に堆積することに起因する底層水の溶存酸素不足、硫化水素の発生が原因であろうと考えられている (Fox and Coe 1943、Ito and Imai 1955、太田 1959、沢田・谷口 1968、荒川ら 1971、井上 1974)。現在、陸奥湾では漁場の富栄養化や老化は表面化していないが、糞・擬糞排泄量の現状を把握することは、将来の養殖場管理を考える上で有益であろう。

近年、陸奥湾内で養殖ホタテガイの大量斃死、あるいは異常貝(貝殻の一部が欠損したり、着色している個体)の出現が大きな漁業問題になっているが、その原因は十分に解明されていない。本報においては、正常貝と異常貝について呼吸量および排泄量を測定し、結果を比較検討することによって、異常発現機構の原因解明に関する基礎データを得ようと試みた。

本研究の一部はすでに印刷中 (Tsuchiya 1981) であるが、本報では若干のデータを加え、この重要な問題について再検討したい。

本論に入るに先だち、材料入手に関してお世話いただいた青森県水産増殖センター、青森市漁業協同組合久栗坂支所、有益な助言を賜った青森県水産増殖センター伊藤進博士、ホタテガイ部の職員の方々、および東北大学理学部附属臨海実験所長内健治教授はじめ職員の方々に御礼申し上げる。研究費の一部は青森県よりの受託研究費を使用した。

I 材 料 と 方 法

1 材 料

青森県水産増殖センターより提供された昭和51年度産および昭和52年産のホタテガイ(正常貝)から、さまざまなサイズの個体を任意抽出し、サイズと呼吸量、糞排泄量および擬糞排泄量の関係を調べた。

正常貝と異常貝の呼吸活動と排泄活動の比較には、昭和52年横浜地先で自然発生した稚貝を、昭和53年3月に採集し、久栗坂地先においてパールネットで垂下養殖した個体の中から、正常貝と異常貝

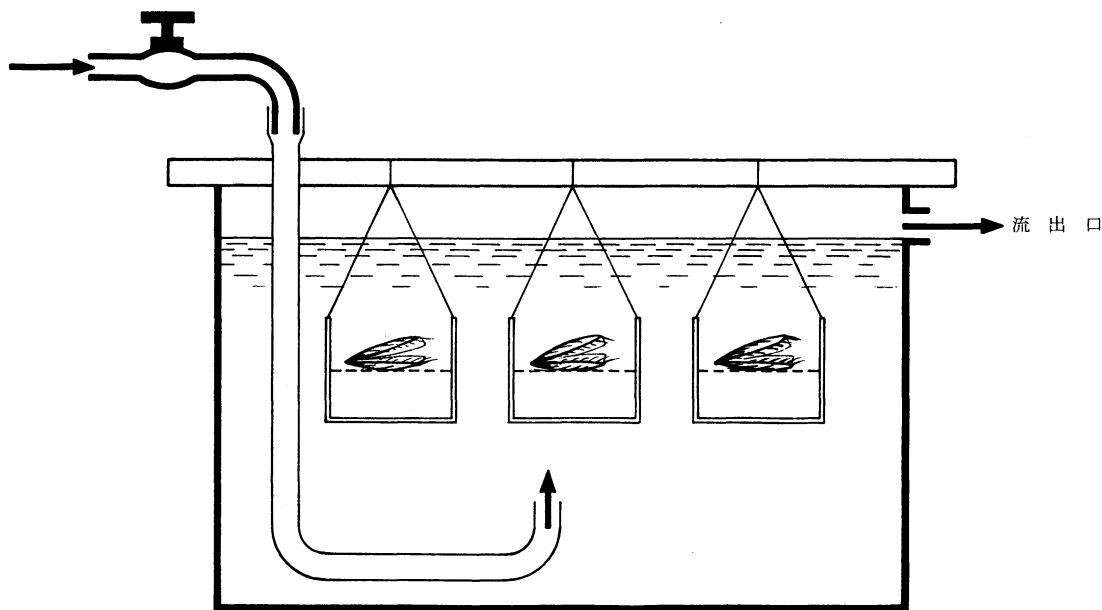
を任意抽出して実験に供した。実験は冬季に行った。

2 呼吸量測定法

既知量の溶存酸素をもつ海水で満たしたプラスチック製の容器にホタテガイを入れ、一定時間暗所に静置した後、再び溶存酸素量をウィンクラー法で測定し、前後の溶存酸素量の差を求め、同様に測定したホタテガイを入れていない容器(コントロール)における酸素消費量との差をホタテガイの呼吸量とした。得られた値を、1個体、1時間あたりの呼吸量に換算した。呼吸量および単位重量(1g, 本報ではホタテガイの重量はすべて殻込湿重量で示した。)・1時間あたりの呼吸量に換算した。

3 排泄量測定法

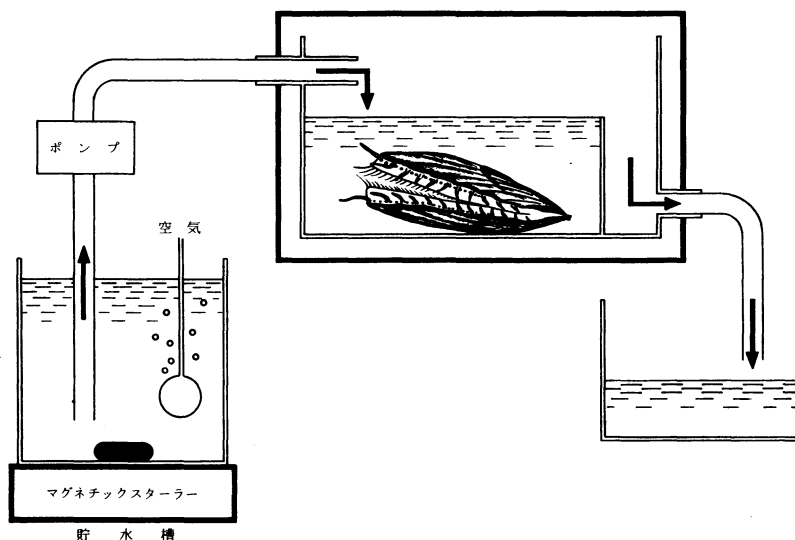
排泄量の測定には2種類の飼育実験装置を使用した。第1図は自然海水の流水飼育下における排泄量を測定するための装置である。長さ24cm、巾15cm、深さ10cmのプラスチック製の容器、あるいは容量1ℓのポリビン(いずれも底部から5cmの高さの所に2mm目のナイロン製ネットが取り付けられている)



第1図 飼育実験装置。流入口を水道蛇口よりホースで水槽下部まで引き、水槽上部より流出するオーバーフロー方式の飼育装置。矢印は水の流れを示す。

にホタテガイを入れ、毎分2~3ℓ以上の自然海水を流した大型水槽に垂下する。24時間後に容器を引き上げ、容器の底に沈殿した排泄物を糞と擬糞とに分けて、それぞれピペットで採取する。採取した糞と擬糞は蒸留水で洗浄後、孔径0.45μmのメンブレンフィルター上に吸引濾過し、デシケーター中で乾燥後、計量した。糞量と擬糞量は、1個体、1日あたりの排泄量および単位体重、1日あたりの排泄量として示した。実験は自然光条件下で行った。

第2図は餌量と排泄量の関係を調べるための装置である。餌には、自然海水を流した大型水槽の底部に沈降堆積した水中懸濁物を集めて使用した。貯水槽に貯えられた餌を含む海水は定量ポンプによってホタテガイ飼育槽に供給され、流出した海水はタンクにたまる。飼育槽底部に排泄された糞・擬糞をピペットで吸い上げ、上記方法で計量する。実験に供試した個体は、実験終了後濾過海水中に数日間放置すると消化管内容物をすべて糞として排泄するので、これを集めて同様に処理する。貯水槽内に投与する餌の量を変えて実験を繰り返し、餌量と排泄量の関係を解析した。実験はすべて暗黒条件下で行った。



第2図 飼育実験装置。貯水槽内の海水はエアレーションが施してあり、また餌が均一化するよう常にマグネチックスターラーを回転させてある。流量は1 l / 時である。

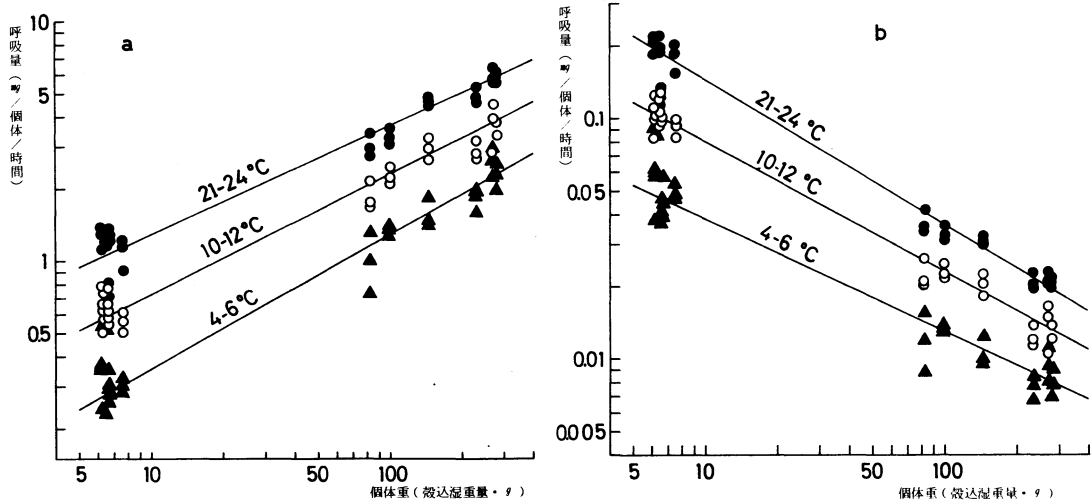
糞・擬糞および餌の一部は、蒸留水で洗浄し、乾燥後 *Strickland and Parsons* (1972) の方法で含有炭素量を測定した。

Ⅱ 結果および考察

1 呼 吸 量

最初、さまざまなサイズ(成長段階)の正常なホタテガイの呼吸量を、人為的にコントロールされた4-6、10-12、21-24℃の水温条件下で測定し、サイズと呼吸量と水温との関係を解析した。結果を第3図a・bに示す。第3図aから明らかなように、大型の個体ほど1個体あたりの呼吸量は大きく、水温条件が21-24℃の時には、250gの個体が、1個体・1時間あたり5.5mg、100gの個体が3.6mg、7gの個体が1.1mgの酸素をそれぞれ消費した。いずれのサイズにおいても、呼吸量は水温の下降とともに減少し、4-6℃の水温条件下では、呼吸量はそれぞれ、2.1mg、1.3mg、0.3mgであった。第3図bは同じ結果を単位体重(1g殻込湿重量)・1時間あたりの呼吸量で示したものである。明らかに若令個体ほど呼吸量が多いことがわかる。

ホタテガイ類の呼吸活動については若干の報告がある。*Fuji and Hashizume* (1974) は陸奥湾



第3図 正常貝の個体重と呼吸量との関係。呼吸量は、1個体・1時間あたり（a）および単位体重・1時間あたり（b）の値として示してある（Tsuchiya 1981より改変）。

茂浦でホタテガイの呼吸量を測定し、呼吸活動は夏に活発で、冬に低いことを報告している。また van Dam (1954) も *Pecten grandis* と、*P. irradians* について同様の結果を得ている。一方、Vahl (1978) は *Chlamys islandica* について調べ、呼吸量は4月になると上昇を開始し、4月下旬～5月に最大となり、その後減少し、冬季に最小になることを報告した。*C. islandica* の呼吸活動が、他の種類と若干異なることは注目されるが、この原因については不明である。いずれにしてもホタテガイ類の呼吸活動にとって、水温が重要な要因であることが理解出来る。

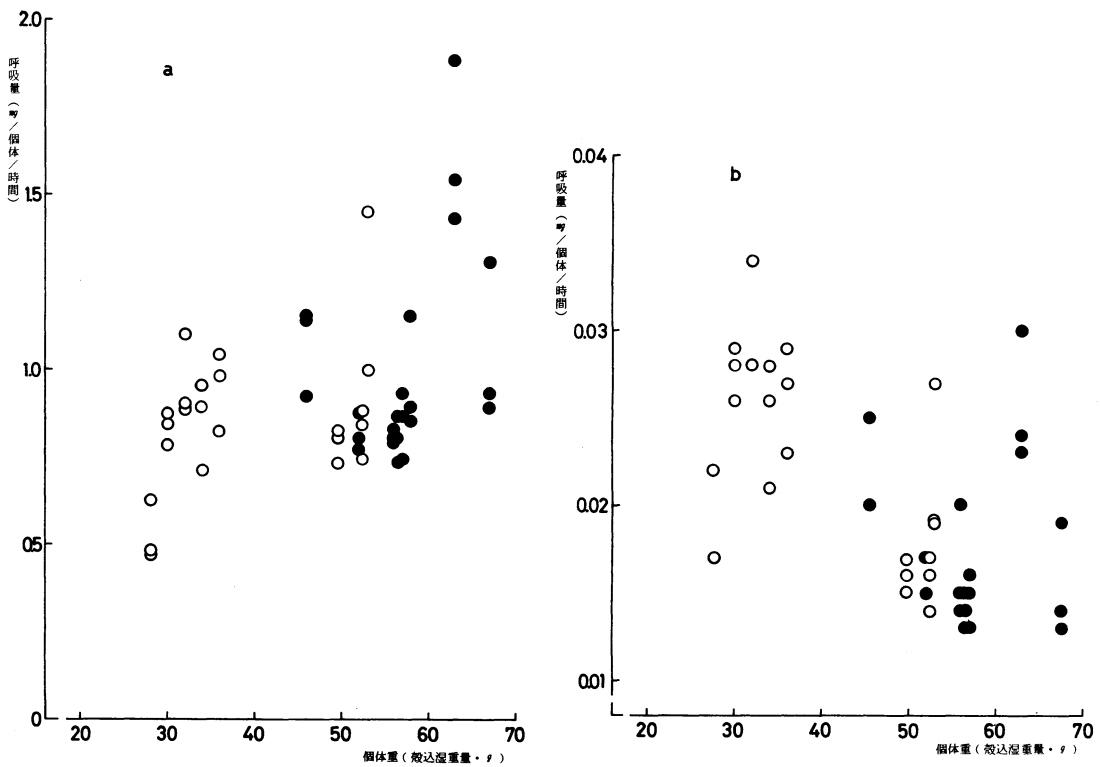
次に生後約1年半を経過した正常貝と異常貝について、実験室内で呼吸量を測定した。実験期間中の水温は10.5～11.8℃であった。結果を第4図a・bに示す。

同年令であるにもかかわらず正常貝と異常貝の間には個体重に差が認められる。後述するように殻長も異常貝の方が短いことから、異常貝では成長が遅滞していることがわかる。これは異常貝の大きな特徴の1つであるが、成長の遅滞がホタテガイの代謝活動に何らかの影響を及ぼしている可能性がある。

呼吸量は正常貝・異常貝ともに個体差が大きかったが、一般的な傾向としては、1個体・1時間あたりの呼吸量は正常貝の方が異常貝よりも大きく（第4図a）、反対に単位重量・1時間あたりの呼吸量は異常貝の方が大であった。この実験で得られた数値を、前記の正常貝のみによる実験結果の値（第3図a・b）とサイズ・水温を考慮して比較すると、両者の間に顕著な差は認められない。以上の結果から判断すると、正常貝と異常貝の間の呼吸量の差はサイズの差に起因するものと考えられ、他の貝の異常性が呼吸活動に影響を及ぼしているような結果は得られていない。サイズ・年令・呼吸量3者間の関係はより詳細に検討する必要がある。

2 陸奥湾全域における垂下養殖ホタテガイによる糞・擬糞排泄量の推定

陸奥湾全域で垂下養殖されているホタテガイが排泄する糞と擬糞の総量を推定するためには、陸奥

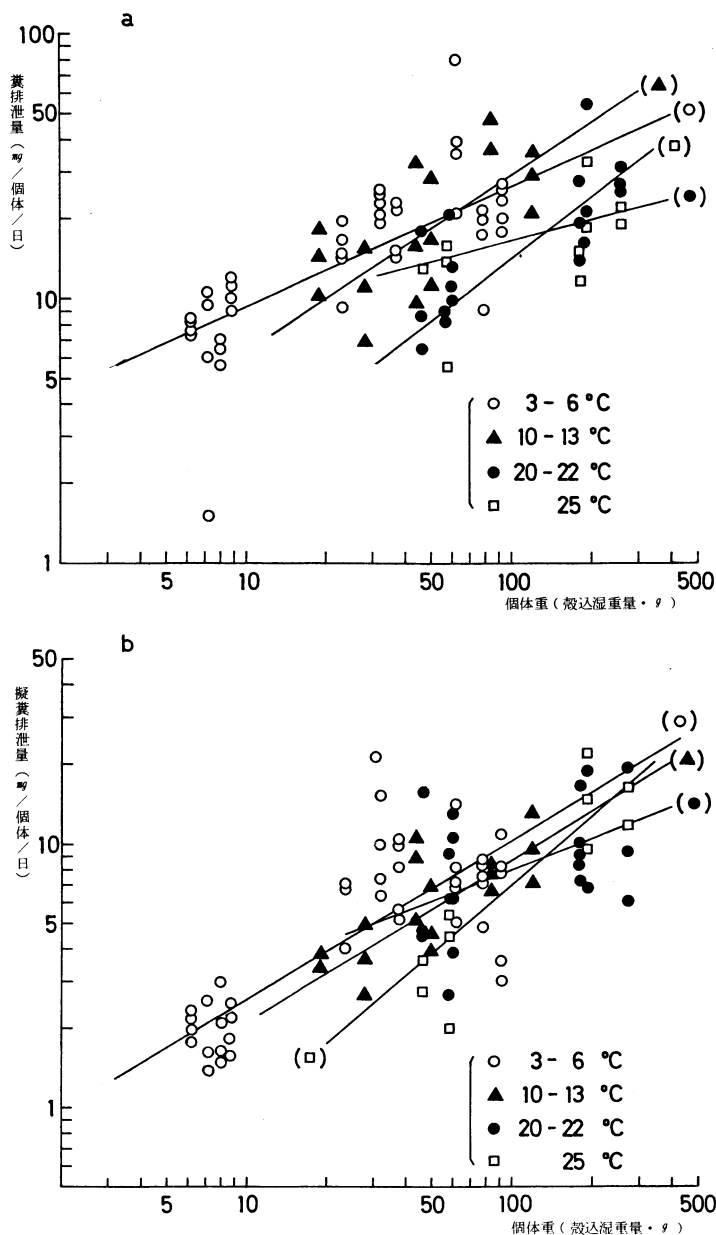


第4図 正常貝(●)と異常貝(○)の個体重と呼吸量の関係、呼吸量は1個体・1時間あたり(a)および単位重量・1時間あたり(b)の値として示した。同年令であるにもかかわらず、個体重は異常貝よりも正常貝の方が大である。

湾全域に垂下養殖されているホタテガイの個体数とそのサイズ分布、サイズの排泄量の関係およびその季節変化、餌濃度(懸濁物質)と排泄量の関係および陸奥湾における懸濁物質の実態、などの項目についての情報を得る必要がある。

実験期間中に測定された自然海水中の懸濁物質量は、最大値が、 13.4 mg/l 、最小値が 2.0 mg/l であり、通常 $5 \sim 10 \text{ mg/l}$ の値が測定され、 12 mg/l を超えることは稀であった。また懸濁物質量の顕著な季節変化は認められなかった(Tsuchiya 1980)。また海水表層の水温は、最高 27.1°C 、最低 3.6°C であり(東北大学理学部附属臨海実験所、未発表海洋観測資料による)、 10 m の深度における水温は、最高 24.67°C 、最低 57.9°C であった(Tsuchiya et al. 1979)。

第5図には各水温条件における個体重と1個体・1日あたりの糞(a)および擬糞(b)排泄量(排泄量はすべて乾燥重量で示す)の関係を示す。おおまかな傾向としては、大型の個体ほど排泄量が大きいと言える。しかしながら同サイズのホタテガイであっても個体差が大きいことがわかる。例えば、 $10 \sim 13^\circ\text{C}$ の水温条件下において、 19 g の個体は1日に $9.12 \sim 18.0 \text{ mg}$ の糞と $1.8 \sim 3.8 \text{ mg}$ の擬糞を排泄し、 44 g の個体は $9.5 \sim 32.4 \text{ mg}$ の糞と $5.0 \sim 10.5 \text{ mg}$ の擬糞を、また 120 g の個体は $20.9 \sim 36.3 \text{ mg}$ の糞と $7.1 \sim 13.0 \text{ mg}$ の擬糞を排泄した。水温 $3 \sim 6^\circ\text{C}$ における排泄量は $10 \sim 13^\circ\text{C}$ における



第5図 個体重と糞 (a) および擬糞排泄量 (b) の関係。各水温条件下における個体重と排泄量の関係式は次の通りである。

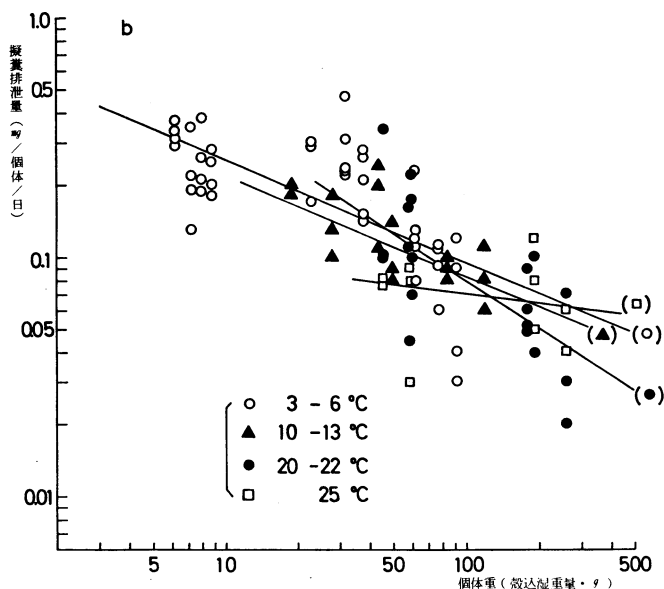
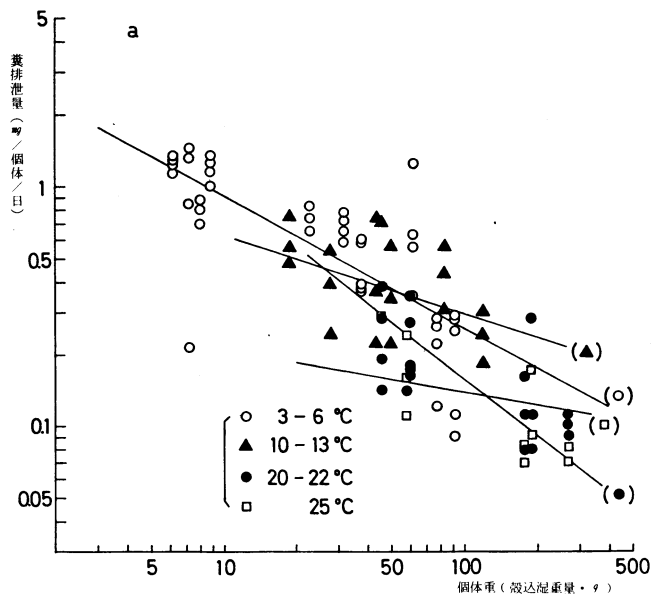
- 糞 ; ○, $Y = 3.2963 X^{0.4516}$ ($r = 0.6842, p < 0.001$)
 ▲, $Y = 1.3703 X^{0.6626}$ ($r = 0.7402, p < 0.001$)
 ●, $Y = 5.1440 X^{0.2506}$ ($r = 0.4227, p < 0.1$)
 □, $Y = 0.3684 X^{0.7900}$ ($r = 0.8489, p < 0.001$)
- 擬糞 ; ○, $Y = 0.6345 X^{0.6054}$ ($r = 0.8227, p < 0.001$)
 ▲, $Y = 0.5065 X^{0.6163}$ ($r = 0.7581, p < 0.001$)
 ●, $Y = 1.3354 X^{0.3864}$ ($r = 0.4854, p < 0.05$)
 □, $Y = 0.1331 X^{0.8600}$ ($r = 0.8528, p < 0.001$)

(Tsuchiya 1981)

それと類似していたが、25℃においては、大型個体の糞排泄量は低水温下(3~6および10~13℃)における排泄量よりも小さかった。20~22℃の水温条件下における糞排泄量は、すべてのサイズグループについて、低水温下における排泄量よりも小であった。以上のように糞排泄量は冬季において大、夏季において小という傾向が認められたが、擬糞排泄量に関しては顕著な季節的变化は認められなかった。

次に排泄量を単位体重あたりの量に換算した(第6図)。この場合、排泄量は小型の個体ほど大であった。10~13℃の水温条件下において、19gの個体は1日に0.49~0.74mgの糞と0.10~0.20mgの擬糞を排泄し、44gの個体は0.22~0.72mgの糞と0.11~0.24mgの擬糞を、また120gの個体は0.17~0.30mgの糞と0.06~0.11mgの擬糞を排泄した。

青森県水産増殖センターでは毎年2回、漁業協同組合を通して、湾内のホタテガイ養殖を営んでいる漁師に対し、養殖量と貝のサイズ分布に関する資料を得るためのアンケート調査を行っている。このデータを用



第6図 個体重と単位体重あたりの糞 (a) および擬糞排泄量 (b) の関係。各関係式は次の通りである。

- 糞 ; ○, $Y=3.2953X^{-0.5485}$ ($r=-0.7552, p < 0.001$)
 ▲, $Y=1.3292X^{-0.3236}$ ($r=-0.4701, p < 0.05$)
 ●, $Y=5.7743X^{-0.7692}$ ($r=-0.8345, p < 0.001$)
 □, $Y=0.3436X^{-0.2000}$ ($r=-0.3900, p > 0.1$)
 擬糞 ; ○, $Y=0.6918X^{-0.4286}$ ($r=-0.7101, p < 0.001$)
 ▲, $Y=0.6093X^{-0.4314}$ ($r=-0.6890, p < 0.001$)
 ●, $Y=1.6924X^{-0.6643}$ ($r=-0.6763, p < 0.001$)
 □, $Y=0.1270X^{-0.1300}$ ($r=-0.2475, p > 0.1$)
 (Tsuchiya 1981)

いて陸奥湾全域に垂下養殖されているホタテガイが排泄する糞・擬糞量を推定した。

第1表は1980年5月(a)および1980年10月(b)における陸奥湾全域で垂下養殖されているホタテガイが排泄する糞・擬糞量の推定を試みた計算例である。ホタテガイの殻長から体重への換算の一部は、山本(1964)に示されているデータを利用した。またさまざまなサイズのホタテガイが排泄する糞・擬糞量は、第5図に示したデータを用いた。

例えば1980年5月の場合には次のように計算する。5月の平均水温は約12°Cである (Tsuchiya et al., 1979) ので、各サイズのホタテガイの1日あたりの平均排泄量は次の関係式を用いて算出した。

糞: $Y=1.3703X^{0.6626}$

擬糞: $Y=0.5065X^{0.6163}$

(第5図参照)。殻込湿重量10~20g(平均15g)の

個体は、1日1個体あたり8.24mgの糞と2.69mgの擬糞を排泄する。またこのサイズのホタテガイは漁民からのアンケート調査資料により、陸奥湾全体で1,641×10⁴個体が垂下養殖されていることがわかっているので、全体では1日に、

第1表 1980年5月(a)および1980年10月(b)における陸奥湾全域で垂下養殖
 されているホタテガイが排泄する糞・擬糞量の推定(Tsuchiya 1981)。

ホタテガイ重量 (g)	糞 量 (mg/個体/日)	擬糞量 (mg/個体/日)	養殖数 ×10 ⁴	糞 量 (g/日)	擬糞量 (g/日)
a : May, 1980					
1 year - old					
10 - 20	8.24	2.69	1,641	135,218.4	44,142.9
20 - 30	11.57	3.68	10,942	1,265,989.4	402,665.6
30 - 40	14.45	4.53	10,122	1,462,629.0	458,526.6
40 - 50	17.07	5.29	3,009	513,636.3	159,176.1
50 - 60	19.50	5.99	1,094	213,330.0	65,530.6
60 - 70	21.78	6.64	547	119,136.6	36,320.8
2 year - old					
50 - 60	19.50	5.99	16	3,660.8	958.4
60 - 80	22.88	6.95	69	15,787.2	4,795.5
80 - 110	27.03	8.11	296	80,008.8	24,005.6
110 - 135	32.70	9.68	679	222,033.0	65,727.2
135 - 175	37.91	11.11	487	184,621.7	54,105.7
175 - 225	45.87	13.26	174	79,813.8	23,072.0
225 - 275	53.18	15.22	16	8,508.8	2,435.2
275 - 325	60.01	17.03	5	3,000.5	851.5
		<i>Total</i>	29,097	4,307,374.3	1,342,313.7
b : October, 1980					
0 year - old					
1	5.14	1.34	3,326	170,956.4	44,568.4
2	6.12	1.76	42,412	2,595,614.4	746,451.2
3	6.77	2.04	22,453	1,520,068.1	458,041.2
4	7.28	2.28	10,811	787,040.8	246,490.8
5	7.70	2.49	4,158	320,166.0	103,534.2
1 year - old					
10 - 20	10.14	3.80	208	21,091.2	7,904.0
20 - 30	11.52	4.63	208	23,961.6	9,630.4
30 - 40	12.54	5.28	1,871	234,623.4	98,788.8
40 - 50	13.35	5.81	2,911	388,618.5	169,129.1
50 - 60	14.04	6.28	4,990	700,596.0	313,372.0
60 - 70	14.64	6.70	4,990	730,536.0	334,330.0
70 - 80	15.18	7.08	2,495	378,741.0	176,646.0
80 - 90	15.66	7.43	1,871	292,998.6	139,015.3
90 - 100	16.10	7.76	1,040	167,440.0	80,704.0
100 - 110	16.51	8.06	208	34,340.8	16,764.8
		<i>Total</i>	103,952	8,366,792.8	2,945,370.2

135, 218.4 gの糞と44, 142.9 gの擬糞を排泄することになる。同様の計算をすべてのサイズグループについて行う。その結果、この時期には陸奥湾に29, 097×10⁴ 個体のホタテガイが垂下養殖されており、これらのホタテガイは1日に4, 307, 374 gの糞と1, 342, 313 gの擬糞を排泄すると推定される。同様の方法で1980年10月(この時期に垂下養殖されているホタテガイの個体数は、0年貝が83, 160万個体、1年貝が20, 793万個体である)における排泄量を推算する(計算にはサイズと排泄量の関係式: 糞: $Y = 5.1440 X^{0.2506}$ 、擬糞: $Y = 1.3354 X^{0.3864}$ を用いた)と、糞排泄量は1日あたり8.37トン、擬糞排泄量は2.95トンとなる。

以上の計算には、養殖個体はすべて正常貝であるという仮定が含まれている。異常貝が存在する場合の計算方法が問題となるが、後述するように餌濃度が10mg/l程度の場合、正常貝と異常貝の排泄活動には差が認められていないので、この点については特に考慮する必要はないと考えられる。

以上のように室内実験によって得られたデータを基礎にして計算すると、1日あたり4.3~8.4トンの糞と1.3~3.0トンの擬糞が海水中に排泄されることになり、年間には約2,300トンの糞と約780トンの擬糞が排泄されると推定される。

次にこの結果が野外における排泄量を正確に表わしているかどうかの検定を試みる。*Fuji and Hashizume*(1974)は各年令群毎に成長を調べ、それぞれのエネルギー収支を報告しているので、そのデータと比較することにより検討した。結果を第2表に示す。*Fuji and Hashizume*(1974)によると、1年貝は8月には1個体あたり殻9g、軟体部0.85g(いずれも乾燥重量)の重量を持ち、2ヶ月の10月にはそれぞれ12g、1.1gに成長する。いま軟体部の水分含有量を75%(宇田ほか1962)として殻込湿重量を算出すると、8月には12.4g、10月には16.4gとなる。この2ヶ月間の平均湿重量を14.4gとすると、この個体は本実験の結果から計算すると1日あたり10.04mgの糞を排泄すると推定される。糞中には約20%の有機物が含まれている(土屋、未発表資料)ので、1日あたりの有機物排泄量は2.01mgであり、2ヶ月間には120.6mgの有機物が排泄される。同様の計算を各月、各期間について行い、合計すると1個体の1年貝が糞として排泄する有機物量は年間1,089.6mgと計算できる。一方、1年貝のエネルギー収支のデータから判断すると、食物として摂取された有機物は、呼吸エネルギー、成長部分、糞、卵などに分配されるが、このうち糞量と純同化量(成長量、この場合は軟体部のみ)の比は21.1:24.1(1:1.14)であることが示されている(*Fuji and Hashizume* 1974)。いま1,089.6mgの有機物を排泄した場合の成長量は $1,089.6 \times 1.14 = 1,241.1$ mg/年と計算できる。1個体の1年貝は8月から翌年の8月までに軟体部が6.63g成長するが、このうちの有機物量は6.17gである(軟体部の有機物含有量を宇田ほか(1962)より93%とした)。すなわち年間6.17gの有機物が体内に蓄積されなければならないことになるが、本実験の結果を基準にして推定した有機物純同化量はそれを下回っている。推定値の約5倍の排泄量がなければ実際にそぐわないことが理解出来る。

同様に2年貝、3年貝について計算すると、野外における排泄量は本実験結果からの推定値をそれぞれ6.8倍、5.0倍しなければならない。1、2、3年貝の平均は5.6倍である。

擬糞量についての検定は困難である。糞をより多く排泄するわけであるから、それだけ摂食活動が盛んであり、より多くの餌を消化管の中に取り込む。この場合、懸濁物質量が少なければ大部分が消化管内に取り込まれ、擬糞排泄量は極めて少ないという考え方も可能である。あるいは糞の場合と同様に擬糞も多量に排泄されるかも知れない。ここでは一応若干の幅をもたせて考えたい。擬糞量が変

化しないと化定すると総排泄量は $2,300 \times 5.6 + 780 = 13,660$ トン/年、擬糞量も 5.6 倍であると仮定すると $(2,300 + 780) \times 5.6 = 17,248$ トン/年、と推定される。

本実験の結果が自然海水中における排泄量を過小評価したのは、ホタテガイが室内の狭い容器内に持ち込まれた場合、貝が正常に機能を果たさないことなどが原因と考えられる。この機構等についてはさらに検討されなければならない。

第 2 表 排泄量の検定、数値はいずれも 1 個体あたりの値で示してある。

	殻重*	軟体部 乾重*	軟体部成長量 (有機物量)	軟体部 湿重	総湿重	平均 湿重	糞量	有機物 排泄量	有機物 排泄量
	(g)	(g)	(g/年)	(g)	(g)	(g)	(mg/日)	(mg/日)	(mg/2ヶ月)
1年貝									
8月	9	0.85		3.40	12.4				
10	12	1.10		4.40	16.4	14.4	10.04	2.01	120.6
12	18	2.02		8.08	26.1	21.3	10.40	2.08	124.8
2	24	3.99		15.96	40.0	33.1	16.01	3.20	192.0
4	33	4.74		18.96	52.0	46.0	18.58	3.72	223.2
6	43	5.66		22.64	65.6	58.8	20.38	4.08	244.8
8	61	7.48	6.63	29.92	90.9	78.3	15.34	3.07	184.2
計			(6.17)						1,089.6
2年貝									
8月	62	6.81		27.24	89.2				
10	64	6.05		24.20	88.2	88.7	15.83	3.17	190.2
12	64	6.68		26.72	90.7	89.5	26.92	5.38	322.8
2	80	10.21		40.84	120.8	105.8	27.06	5.41	324.6
4	97	13.25		53.00	150.0	135.4	30.25	6.05	363.0
6	102	14.67		58.68	160.7	155.4	38.80	7.76	465.6
8	107	13.55	6.74	54.20	161.0	160.9	18.38	3.68	220.8
計			(6.27)						1,887.0
3年貝									
8月	108	12.38		49.52	157.5				
10	110	10.34		41.36	151.4	154.5	18.19	3.64	218.4
12	110	11.08		44.32	154.3	152.9	38.39	7.68	460.8
2	128	15.02		60.08	188.1	171.2	33.63	6.73	403.8
4	140	14.10		56.40	196.4	192.3	35.44	7.09	425.4
6	147	21.74		86.96	234.0	215.2	48.15	9.63	577.8
8	147	18.87	6.49	75.48	222.5	228.3	20.06	4.01	240.6
計			(6.04)						2,326.8

* Fuji and Hashizume (1974) より引用

排泄された糞・擬糞の何%が海底に沈降するかという点については全く明らかにされていない。荒川ら(1971)は広島湾のカキ養殖場でマガキの排泄量を調べ、静水域では排泄されたものの20%が海底に沈降、堆積すると報告している。陸奥湾の場合、波浪や海流による水の動きは相当大きいと考えられるが、こうした場所では排泄された糞・擬糞はただちに拡散し、海底に沈降する量は極めて少ないことが予想される。拡散した部分が再びホタテガイその他の生物の餌として利用される過程が存在すると考えられるが、このあたりの問題に関する定量的データは皆無である。排泄物とホタテガイ養殖場の水質および底質環境との関連は今後の重要な研究テーマである。

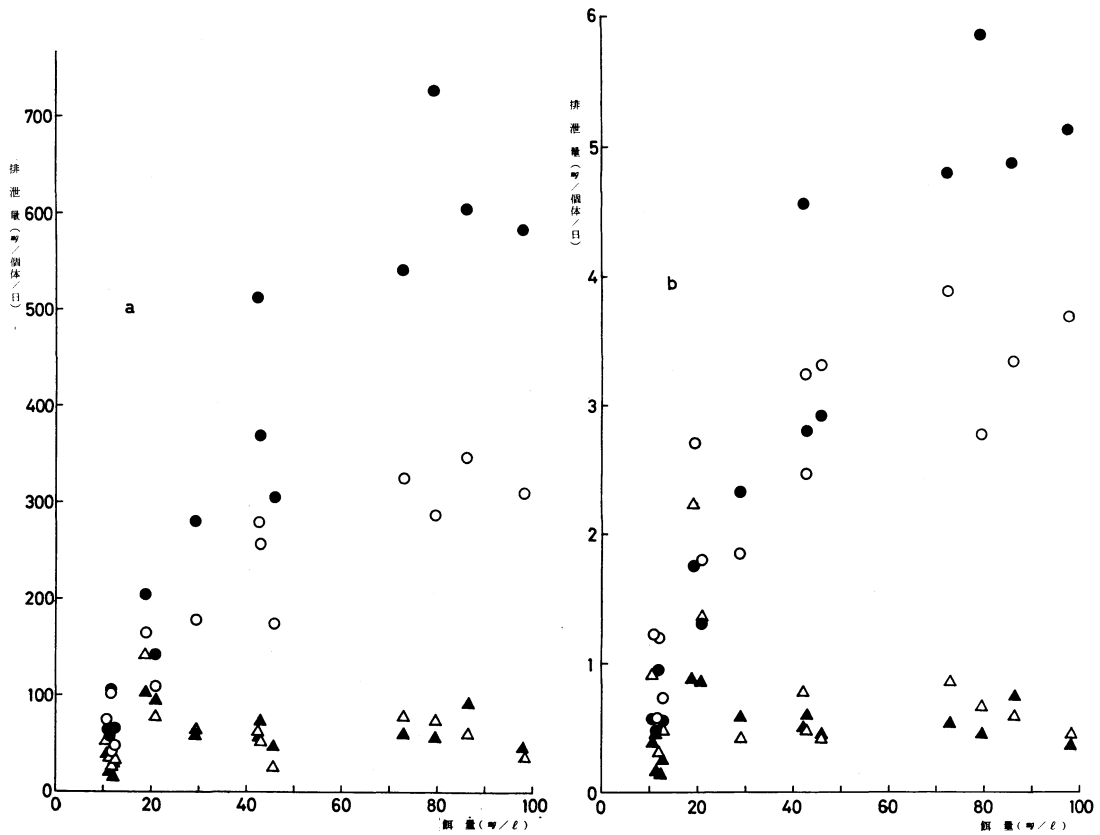
3 正常貝と異常貝の排泄活動の比較

第2図に示した飼育実験装置を用いて、正常貝および異常貝に異なった濃度の餌を与え、排泄量を測定した。結果を第7図に示す。第7図aは餌濃度と1個体・1日あたりの排泄量の関係を示したものである。正常貝・異常貝ともに餌の量にかかわらず、排泄される糞の量は大きく変化せず、その量は大部分が100 mg以下であった。擬糞量は餌濃度の増加とともに増加する傾向が認められ、正常貝を餌濃度20mg/lで飼育した場合、1個体・1日あたり170 mg、40mg/lで飼育した場合、400 mg、90 mg/lで飼育した場合、600 mgの擬糞排泄量が測定された。餌濃度20mg/l以下の低濃度条件下における実験では、正常貝と異常貝の間に擬糞排泄量の差は認められなかったが、40mg/l以上の濃度の飼育水を供給すると、異常貝の排泄する擬糞量は正常貝の排泄するそれよりも少なくなり、特に餌濃度が70mg/l以上の飼育水で飼育した場合では正常貝の約1/2であった。しかしながら、すでに述べたように正常貝と異常貝とは個体重に差があり(第4図)、また個体重が大きいほど1個体あたりの擬糞排泄量は大である(第5図)ので、この正常貝と異常貝における排泄量の差は個体重による差である可能性がある。

そこで次にこの測定値を単位体重・1日あたりの排泄量に換算して検討した(第7図b)。この単位に排泄量を換算すると、一般的には第6図に示したように小型個体ほど擬糞排泄量は大である。故にこの差がサイズの差によるものであれば、単位体重あたりの擬糞排泄量はサイズの小さい異常貝の方が大になるはずである。しかしながら本実験において高濃度の餌を含んだ飼育水を供給した場合、正常貝の方が、個体重が大きいにもかかわらず、異常貝よりも擬糞排泄量は大であった。

昭和54年度にも正常貝と異常貝の排泄量を測定し、同様の結果を得た(第3表)。この場合、正常貝と異常貝の差は第7図に描かれた結果よりも顕著ではない。これは実験に使用したサンプルの問題と考えられるので、以後、異常の程度を考慮して(異常の程度を定量化して)解析を進める必要がある。

以上の結果は異常貝には排泄活動を弱める何らかの要因が存在することを示唆している。



第7図 正常貝と異常貝の糞・擬糞排泄量と餌濃度の関係。a：1個体・1日あたりの排泄量
b：単位体重・1日あたりの排泄量、糞：▲・正常貝、△・異常貝、擬糞：●・正常貝、○・異常貝 (Tsuchiya 1981)。

4 糞・擬糞の含有炭素量

正常貝と異常貝の排泄した糞と擬糞を集め、含有炭素量を測定した(第4表)。餌(海水中の懸濁物質)中に含まれている炭素量は5.6%である。糞・擬糞中の含有炭素量は餌中のそれよりも少なかった。擬糞中の炭素量は正常貝で4.5%、異常貝で4.1%であり、両者の間に大きな差は認められない。この結果はホタテガイが餌の中に含まれている有機物を積極的に消化管内に取り込んでいることを意味している。また正常貝と異常貝の擬糞の含有炭素量に顕著な差が認められないという結果から、有機物の取り込み能力は両者の間に差がないものと考えられる。糞中の炭素量は正常貝と異常貝の間に差が認められた。すなわち、正常貝の糞の含有炭素量は2.3%であったのに対し、異常貝の糞の含有量は5.0%であった。異常貝の有機物吸収能力が正常貝よりも劣っていることが、示唆されるが、この事実は正常貝と異常貝のサイズの差(成長速度の差)にも関連があると考えられる。

ホタテガイのような懸濁物食者は鰓と唇弁上にある繊毛によって海水中に含まれている懸濁物質、プランクトンをこし分け、食物を消化管中に運び、不要な諸物質を擬糞として体外に排泄する。本実験において正常貝と異常貝が排泄する擬糞および糞に含まれる有機物量に差が認められたわけであるが、この原因は、鰓と唇弁の濾過能力に差があること、および鰓の大きさに差があること、などの可能性が考えられる。そこで次に正常貝と異常貝を8個体ずつ選び、体の各部分の重量を測定し、比較

第3表 正常貝と異常貝の糞および擬糞排泄量。実験は青森県水産増殖センターより提供された2年貝を用いて、昭和55年2月に行なわれた。

	個体重 (g/個体)	餌量 (mg/l)	糞量 (mg/個体/日)	擬糞量 (mg/個体/日)	糞量 (mg/g/日)	擬糞量 (mg/g/日)
正常貝	76.1	156.0	185.5	221.3	2.44	2.91
異常貝	55.1	156.0	133.8	103.8	2.43	1.88
正常貝	79.7	63.4	139.0	138.5	1.74	1.74
異常貝	56.8	63.4	113.5	86.8	2.00	1.53
正常貝	69.2	93.2	172.5	69.5	2.49	1.01
異常貝	59.6	93.2	89.5	73.0	1.50	1.22
正常貝	73.2	130.0	190.3	351.3	2.60	4.80
異常貝	60.7	130.0	138.5	240.0	2.28	3.95
正常貝	75.1	90.6	178.8	221.0	2.38	2.94
異常貝	61.8	90.6	120.0	253.1	1.94	4.10

第4表 正常貝と異常貝の糞・擬糞の含有炭素量。表に示された値は5回の測定の実測値である。

	餌	糞	擬糞
正常貝	5.6%	2.3%	4.5%
異常貝	5.6%	5.0%	4.1%

検討した(第4表)。結果は総重量(殻込湿重量)、肉重/総重量、鰓重/肉重(いずれも湿重量)で示した。今回得られた正常貝の肉重/総重量比を従来得られているデータ(青森県、未発表資料)と比較すると、ほぼ同値であり、これらの値は正常貝の一般的な値を示していると考えられる。正常貝と異常貝について得られた平均値を比較してみると、総重量、肉重/総重量、鰓重/肉重とも異常貝の方が、やや小さい。しかしながら総重量以外は正常貝と異常貝の間に有意な差は認められなかった。すなわち鰓の肉重に対する比は正常貝と異常貝の間に差があるとは言えない。

第4表から明らかなように、異常貝の個体間の体重の差は正常貝に比較すると大きく、そのために総重量、肉重/総重量、鰓重/肉重とも個体間の差が正常貝よりも大きくなっている。これは“異常貝”と表現しても、異常の程度に差があるためと考えられ、将来、異常の程度を示す何らかの指標を見つけることが必要であろう。

鰓重/肉重の値に差がなく、排泄される擬糞量に差があるという事実から判断すると、次には鰓の

第5表 正常貝および異常貝の総重量（殻込湿重量）、肉重量、鰓重量（いずれも湿重量）。

8個体の測定値とそれぞれの平均値±90%信頼限界（CI）を示す（*Tsuchiya* 1981）

個 体 番 号	体 長 (mm)	総個体重 (g)	肉重/総個体重(%)	鰓重/肉重 (%)
正 常 貝				
1	76	67.5	31.53	11.04
2	79	57.0	28.92	14.22
3	74	56.6	29.40	13.78
4	73	56.0	31.89	14.66
5	74	45.6	31.40	14.35
6	79	41.6	33.13	12.86
7	80	63.3	35.13	13.35
8	79	52.4	32.40	14.17
平均 ± 90% CI	76.75 ± 5.34	55.00 ± 16.13	31.73 ± 3.75	13.55 ± 2.22
異 常 貝				
1	69	52.3	33.24	12.92
2	70	52.8	34.57	13.58
3	65	34.3	31.10	12.57
4	69	49.5	29.37	12.33
5	60	27.7	19.32	15.00
6	59	33.1	29.41	12.96
7	59	30.1	35.63	8.60
8	66	36.1	26.11	13.33
平均 ± 90% CI	64.63 ± 8.87	39.49 ± 19.59	29.84 ± 9.97	12.66 ± 3.47

濾過能力について検討しなければならない。また貝が異常貝に変化したかゆえに濾過能力も低下したのか、あるいは何らかの原因で濾過能力が低下し、その結果として異常の症状が出現したのか、という疑問点についても解明されなければならない。

Ⅲ 要 約

陸奥湾において垂下養殖されているホタテガイについて、呼吸量と糞・擬糞排泄量を測定し、次の結果を得た。

1. 1 個体・1 時間あたりの呼吸量は大型個体ほど大であり、反対に単位体重あたりの呼吸量は小型個体ほど大であった。
2. 正常貝と異常貝の呼吸活動は、両者の間に顕著な差は認められなかった。
3. 1 個体・1 時間あたりの糞および擬糞排泄量は大型個体ほど大であり、反対に単位体重あたりの排泄量は小型個体ほど大であった。
4. 陸奥湾全域に垂下養殖されているホタテガイが排泄する糞・擬糞排泄量は年間 14,000 ～ 17,000 トン（乾燥重量）と推定された。
5. 正常貝と異常貝の擬糞排泄能力は、餌濃度が低い場合は両者の間に差が認められないが、餌濃度が高い場合（懸濁物質量、 $40\text{mg}/\ell$ 以上）には異常貝の擬糞排泄能力が正常貝のそれよりも低下した。
6. 糞中に含まれている有機物量は正常貝よりも異常貝の方が大であった。

Ⅳ 参 考 文 献

- 荒川好満・楠木豊・神垣正昭、1971. カキ養殖場における生物源堆積現象 (*Biodeposition*) の研究 (I) 養殖適正密度について。貝類雑、30, 113 - 128.
- Fox, D. L. and W. R. Coe, 1943. *Biology of the California sea mussel (Mytilus californianus)*. II. Nutrition, metabolism, growth and calcium deposition. *J. Exp. Zool.*, 93, 205 - 249.
- Fuji, A. and M. Hashizume, 1974. Energy budget for a Japanese common scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay), in Mutsu Bay. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 25, 7 - 19.
- Haven, D. S. and R. Morales-Alamo, 1966. Aspects of biodeposition by oysters and other invertebrate filter feeders. *Limnol. Oceanogr.*, 11, 487 - 498.
- 井上裕雄, 1974. ハマチ養殖場の環境とくに水質について。水産土木, 10, 71 - 85.
- Ito, S. and T. Imai, 1955. Ecology of oyster bed. I. On the decline of productivity due to repeated cultures. *Tohoku J. Agr. Res.*, 5, 251 - 268.
- 太田繁, 1959. アコヤガイの食性に関する研究 II. アコヤガイの糞の量の季節的变化。真珠研報, 5, 429 - 433.
- 沢田保夫・谷口宮三郎, 1968. 真珠養殖漁場の養殖海洋学的研究 V. 老化漁場における底泥の有機物量およびフェオフィチン量の季節的变化について。真珠研報, 13, 1689 - 1702.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, No. 167, 310 pp.
- Tsuchiya, M. 1980. Biodeposit production by mussel *Mytilus edulis* L. on rocky shores. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 47, 203 - 222.
- Tsuchiya, M. 1981. Biodeposit production and oxygen uptake by the Japanese common scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay). *Bull. Mar. Biol. Stn.*

Asamushi, Tohoku Univ., 17, 1—15.

Tsuchiya, M. T. Mayama and S. Tamura, 1979. *Oceanographical conditions observed at definite station off Asamushi. Bull. Mar. Biol. Stn. Asamushi, Tohoku Univ.*, 16, 201.

宇田道隆、大島泰雄、熊凝武晴、末広恭雄、高橋泰彦、東秀雄、檜山義夫、亘理信一（編）1962.
水産ハンドブック 東洋経済新報社、東京

Vahl, O., 1978. *Seasonal changes in oxygen consumption of the Iceland scallop (Chlamys islandica (O. F. Müller) from 70° N, Ophelia*, 17, 143—154.

Van Dam, L., 1954. *On the respiration in scallop (Lamellibranchiata). Biol. Bull.*, 107, 192—202.

山本護太郎, 1964. 陸奥湾におけるホタテガイ増殖 水産増養殖叢書 6 日本水産資源保護協会、東京