

アワビの蓄養に関する研究

石田 修・田中 邦三・江野口 隆二・庄司 泰雅

はじめに

千倉町地区漁業協同組合連合会(8漁協)では、昭和46年度の構造改善事業で、アワビの低温蓄養施設を造り、昭和47年5月から操業を開始した。低温蓄養施設設置の主たる目的は、化膿性疾患^{1,2)}を防ぐことであつた(付図1)。又、千倉漁連の植木泰滋、荒井利郎氏等は、アワビ漁業解禁後の水温20℃以下(5、6月)の時には同疾患が発生しないことに^{3,4)}着目して、このことをアワビの蓄養に応用した。低温蓄養水槽は、アクアトロンを使用した循環冷却方式をとっているが、アワビの収容量増加にともなつて、7月22日頃から大量へい死(200~500kg/10トン)が認められた。

本研究は、アワビ大量へい死の原因が収容したアワビの代謝生成物を浄化する機能が低下することによつて生ずるものと推定して、その解決策の資料をもとめるために行なつた。

および、各水槽の水は、第1 汙過槽(汙過材は比重2.86の礫)、第2 汙過槽(汙過材は主にアンストラサイト、比重1.59)で汙過され、汙過海水は落差により各水槽に配水される。

一部の汙過海水は、チューリングユニットによつて冷却され、夏でも、水温を14~16℃に保持できるように自動調節されている。循環汙過海水送水ポンプは、最大1時間200トンの海水を送り、送気装置は、毎分5m³の空気を送る。

蓄養槽の総水量は199.38m³で、11、16号池が40.61m³、12~15号池が19.53m³、17、18号池9.92m³、貯水槽、給水槽を合せて、20.2m³である。水量は、アワビの量により異なるが、11トンのアワビを入れても総水量は192.06m³であるので、汙過水槽の水量を考慮して、およそ200m³の水量とすると、1時間に1回、全ての水は汙過されることになる。水槽の配置、汙過槽の断面図、原海水、汙過、送気補給系統図を図1、2、3に示した。

材料と方法

施設の構造 揚水槽からポンプアップされた原海水、

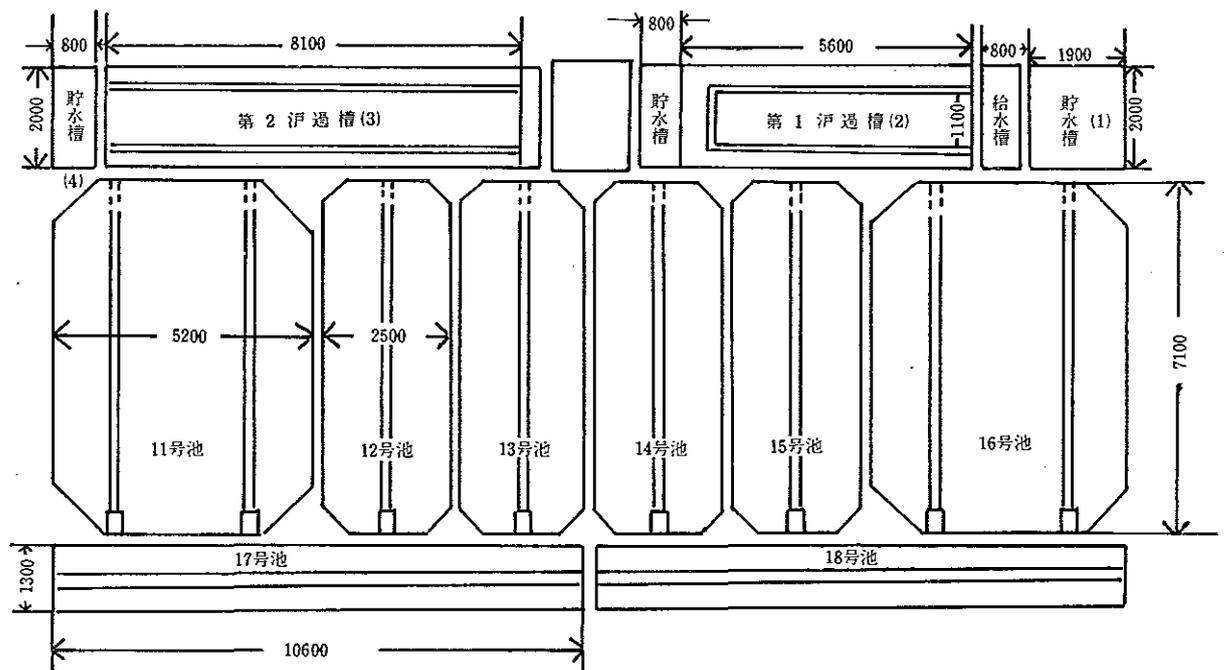
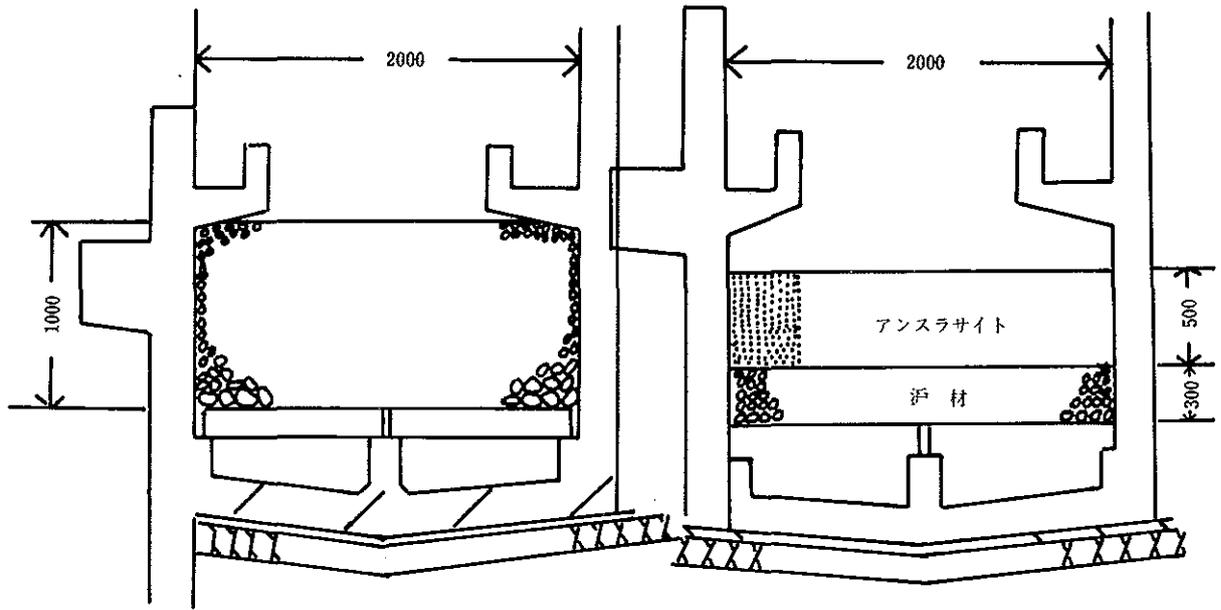


図1 千倉漁業連合会の低温蓄養場



第1 汙過槽断面図

第2 汙過槽断面図

図2 汙過槽の断面図

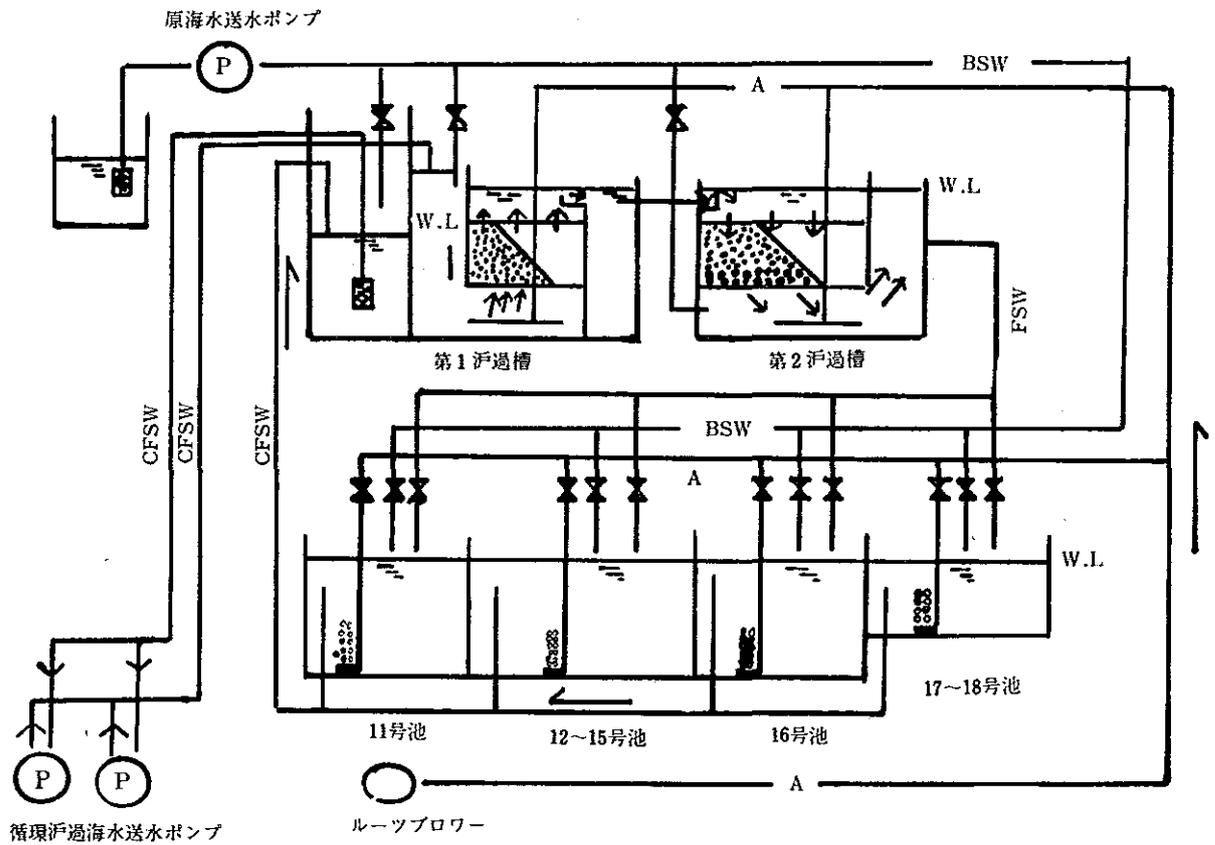


図3 原海水、汙過海水、酸素補給系統図

- BSW - 原海水
- FSW - 汙過海水
- A - エア
- CFSW - 循環汙過海水

水質分析 アンモニア態窒素はネスラー法、亜硝酸態窒素はグリースロミン法を使用し、溶存酸素量はウィンクラー法を用いた。PHは日立堀場D-2型、塩素量は鶴見精機T, S-E 2型サリノメーターで測定した。アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、溶存酸素量の分析、PHの測定は採水後2時間以内に行ない、塩素量は密栓して冷蔵庫に入れ、1週間以内に測定した。調査点、水槽の番号は図1に示した。

活性炭とアンスラサイトを汙材とした循環飼育 クロアワビ5kgに対して、粒状活性炭4kgを汙材として用い、図4に示した実験装置を作成して循環飼育を行なった。材料には、採捕直後の平均278gのものを使用し、循環水量は、毎分15ℓで、飼育水量は210ℓであった。

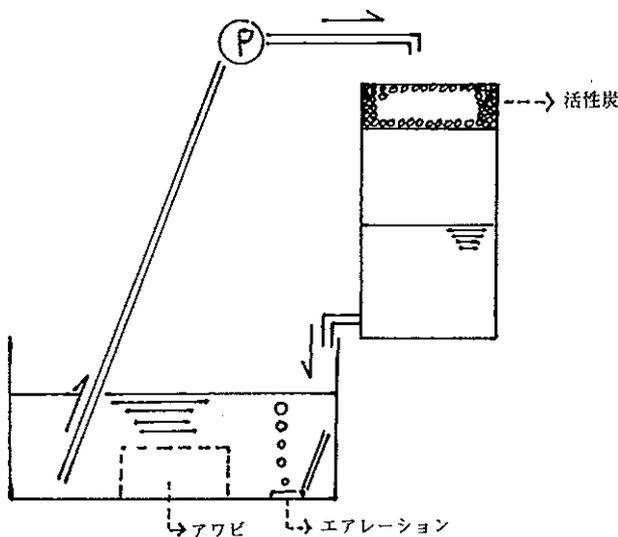


図4 活性炭を汙材とした循環式飼育 活性炭4kgを汙材に使い、水量210ℓ中にアワビ5kgを入れた。循環水量は毎分15ℓで、エアレーションをおこなった。水槽は18号池に浮かせて入れた。

活性炭とアンスラサイトを汙材とした循環飼育 0.9×0.6m (水量210ℓ) の塩ビ製水槽に、採捕直後のクロアワビ5kgを収容し、ツルミコール製4GW活性炭4kg、アンスラサイト(粒状)5kgをカゴに入れた。止水で飼育し、飼育中は送気を行なった。

酸素消費量、アンモニア態窒素生成量 田中⁵⁾が作成した実験装置を用いて、入水と排水の量の差から酸素消費量、アンモニア態窒素生成量を測定した。材料は殻長123.0~170.0mm、重量250~630gの採捕直後のク

ロアワビを用いた。

蘇生試験 水量15.33ℓを入れた水槽に、クロアワビ3個体(900g)を収容し、1日閉止水で蓄養した。蓄養前の水質は、溶存酸素量4.70ml/ℓ、アンモニア態窒素3.80μg-at/ℓ、亜硝酸態窒素0.13μg-at/ℓ、PH8.3、水温21.0℃、塩素量19.10%であった。

その後、蓄養槽(18号池)に移して、蘇生の可否を調べたが、蓄養槽の水質は、溶存酸素量4.94ml/ℓ、アンモニア態窒素6.50μg-at/ℓ、亜硝酸態窒素1.12μg-at/ℓ、PH7.6、水温15.2℃、塩素量19.04%であった。

活性炭の性状 ツルミコール製HC-8、4GW活性炭がPH、塩素量に及ぼす影響を調べるために、HC-8活性炭は、蒸留水で良く洗浄した後、20、40、60、80、100gを500mlのビーカーに入れ、容量250mlの海水(PH8.25)に浸漬し、良くかき混ぜながら2時間放置した。

4GW活性炭は、一度、海水に浸漬し、風乾したものを、HC-8と同じ方法で測定した。

結果

各水槽の蓄養量の変動 1973年7月における各水槽のアワビの蓄養量、および、総蓄養量は、表1、図5に示したとおりで、クロアワビ蓄養槽の11号、メガイ蓄養槽の16号が多く、それぞれ全体の20%前後を示した。7月13日から総蓄養量は増加し、17日には、最高の12.7トンになり、その後、減少し、25日には3.7トンになった。

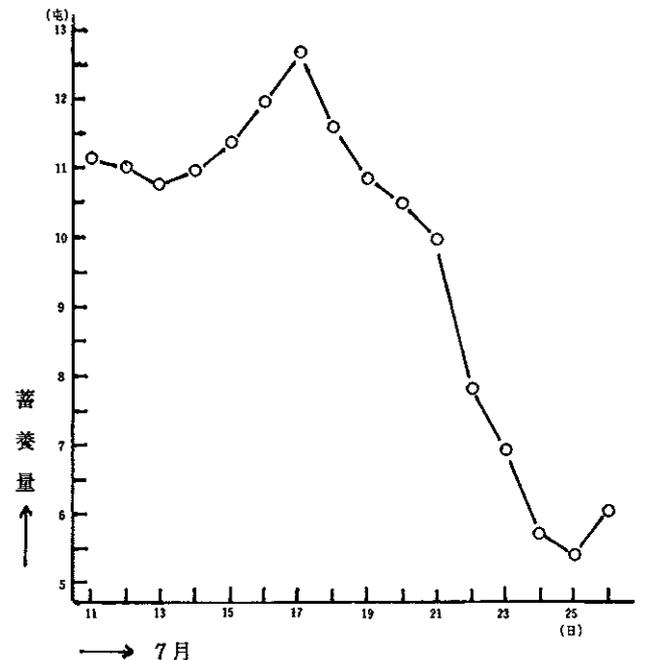


図5 アワビの蓄養量の変化

表1 7月における各水槽の蓄養量の変動

単位kg

日	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	備考
11	2,362.5 (21.2)	2,462.5 (22.2)	2,486.9 (22.8)	2,378.4 (21.7)	2,219.4 (19.5)	2,379.4 (19.9)	2,219.4 (17.5)	1,914.4 (15.1)	1,649.4 (14.8)	1,649.4 (15.8)	1,648.2 (16.6)	1,834.2 (23.7)	1,356.2 (20.6)	1,026.2 (17.9)	776.2 (14.3)	クロ
12	1,044.0 (9.4)	1,093.0 (9.9)	1,093.0 (10.1)	1,155.9 (10.5)	1,345.9 (11.8)	1,292.9 (10.8)	1,292.9 (10.2)	1,481.9 (12.8)	1,541.3 (13.8)	1,567.2 (15.0)	1,567.2 (15.8)	1,477.2 (19.1)	1,477.2 (22.5)	1,786.7 (31.1)	1,546.7 (28.5)	クロ
13	1,440.0 (12.9)	1,440.0 (13.0)	1,420.0 (13.2)	1,420.0 (12.9)	1,420.0 (12.5)	1,420.0 (11.9)	1,420.0 (11.1)	1,420.0 (12.2)	1,420.0 (12.7)	1,120.0 (10.7)	1,120.0 (11.3)	274.0 (2.8)	207.0 (2.7)	207.0 (3.6)	207.0 (3.8)	クロ
14	1,242.0 (11.2)	1,202.0 (10.8)	1,224.4 (11.4)	1,234.4 (11.2)	1,308.1 (11.5)	1,348.0 (11.2)	1,703.8 (13.4)	1,679.5 (14.5)	1,631.9 (14.6)	1,633.1 (15.6)	1,633.1 (16.4)	1,643.1 (21.2)	1,247.0 (19.0)	1,027.0 (17.9)	847.0 (15.6)	メガイ マダカ 大クロ
15	1,440.0 (12.9)	1,440.0 (13.0)	1,440.0 (13.4)	1,440.0 (13.1)	1,140.0 (10.0)	1,185.5 (9.9)	1,185.5 (9.3)	1,447.1 (12.5)	1,738.7 (15.6)	1,585.0 (15.2)	1,461.5 (14.7)	348.9 (4.5)	348.9 (5.3)	348.9 (6.1)	97.0 (1.8)	メガイ
16	2,718.0 (24.4)	2,669.2 (24.1)	2,210.7 (20.5)	2,210.7 (20.1)	2,309.6 (20.3)	2,615.8 (21.8)	2,696.3 (21.2)	2,543.6 (21.9)	2,543.6 (22.8)	2,417.9 (23.1)	2,230.8 (22.4)	2,159.9 (27.9)	1,778.2 (27.1)	1,088.5 (18.9)	1,217.8 (22.4)	メガイ
17	603.4 (5.4)	614.9 (5.5)	673.9 (6.3)	905.9 (8.2)	1,388.8 (12.2)	1,461.2 (12.2)	1,841.2 (14.5)	801.1 (6.9)	324.2 (2.9)	205.4 (2.0)	7.8 (0)	1.3 (0)	1.3 (0)	135.2 (2.4)	615.3 (11.3)	仮止め
18	271.0 (2.4)	266.7 (2.4)	228.3 (2.1)	238.6 (2.2)	258.2 (2.3)	537.3 (4.5)	335.8 (2.6)	329.1 (2.8)	303.2 (2.7)	278.4 (2.7)	235.4 (2.4)	125.4 (1.6)	154.7 (2.4)	124.7 (2.2)	125.4 (2.3)	傷アワビ
計 (トン)	11.1	11.1	10.8	11.0	11.4	12.0	12.7	11.6	11.1	10.5	9.9	7.7	6.6	5.7	5.4	

()内は各日の蓄養量の割合%

表2 入荷アワビの割合

単位%

	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日	19日	25日	26日	平均
クロ	59.0	55.1	49.8	59.1	20.2	25.8	26.6	22.5	12.7	43.1	39.9	37.6
メガイ	36.6	35.5	44.7	23.8	72.9	66.5	65.8	69.4	74.3	51.9	52.5	54.0
大クロ	4.4	2.7	0	3.1	0.7	1.0	1.0	2.4	3.3	1.3	0	2.2
マダカ	0	6.7	5.4	14.0	6.2	6.8	6.6	5.6	9.6	3.7	7.5	6.5

入荷アワビの割合 千倉漁連に入荷するアワビの種類の入荷割合は表2に示したとおりで、入荷量の大部分はクロアワビ、およびメガイである。7月11日～7月14日までは、クロアワビが多かったが、それ以後はメガイが多くなった。平均ではクロが37.6%、メガイ54.0%、大クロ2.2%、マダカ6.5%であった。

水槽の水質

ア) アンモニア態窒素 各水槽のアンモニア態窒素の変化は図6に示した。なお、この水槽には、2週間以上アワビが蓄養されていた。貯水槽1に集まった各水槽の海水は、第1汙過槽、第2汙過槽を通過し、

アンモニア態窒素の除去がおこなわれる。

第1汙過槽より、第2汙過槽の除去率が高く、第1汙過槽の除去率が平均14.8%であったのに対し、第2汙過槽は29.3%であった(表3)。又、蓄養槽11号池(各水槽の代表として)のアンモニア態窒素は、貯水槽1で原海水により希釈され、原海水による希釈率は23.8%であった。7月12日には、11号水の原海水による希釈率が0.4%と低い、この時のアンモニア態窒素は高くなっている。これは、水温の低かったことから考えて、原海水の注入量が少なかったことと考えられる。荒井の話によれば、通常は、毎時6トンの原海水を注入

しているが、水質、水温の状態により水量を調節していたということである。なお、アンモニア態窒素の増減と収容量の増減は比例していた。

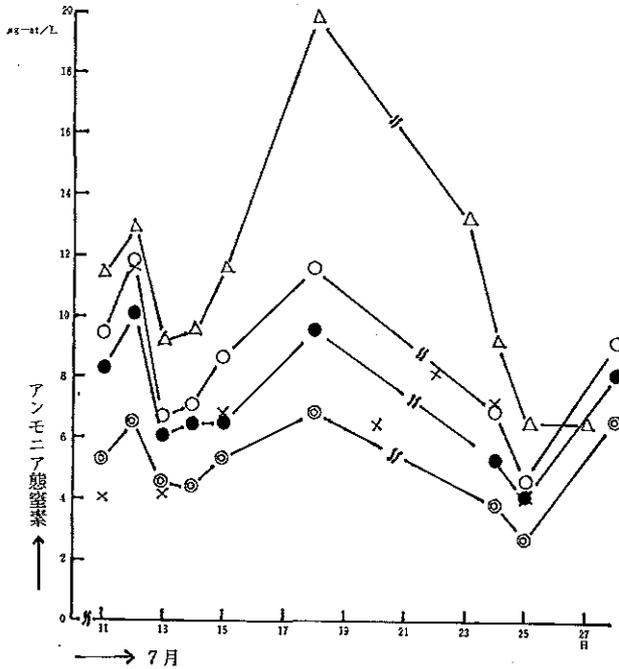


図6 各水槽のアンモニア態窒素の変化
(○貯水槽1、●第1 汙過槽、◎貯水槽4、△11号池、×18号池)

表3 アンモニア態窒素の汙過槽による除去率と原水による希釈率

月日	除去率		希釈率
	1→2	2→4	
7月11日	12.6%	36.1%	15.9%
12日	15.1	35.6	0.4
13日	9.0	24.6	27.2
14日	8.5	32.3	26.0
15日	25.3	16.9	25.0
18日	17.2	28.1	41.4
24日	21.7	27.8	25.0
25日	8.7	33.3	29.2
平均	14.8	29.3	23.8

※1：貯水槽1、2：第1 汙過槽、4：第2 汙過槽通過後の貯水槽、11：11号池

イ) 亜硝酸態窒素 7月11日～7月27日までの亜硝酸態窒素の変化を図7に示した。貯水槽に集まった

各水槽の海水は、第1 汙過槽を通過した後、わずかに減少するが、第2 汙過槽を通過した後は、逆に増加する傾向がある。各水槽の溶存酸素量(図8)と比較すると、溶存酸素量が少ない時に、亜硝酸態窒素が増加し、溶存酸素量が多くなると、亜硝酸態窒素は減少した。

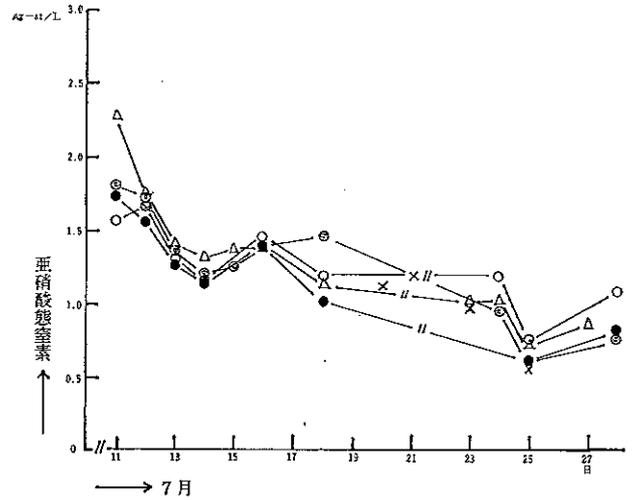


図7 各水槽の亜硝酸態窒素の変化
(○貯水槽1、●第1 汙過槽、◎貯水槽4、△11号、×18号)

ウ) 水温、PH、溶存酸素量 各水槽の水温、PH、溶存酸素量を表4、図8に示した。水温は、汙過槽を通ると0.1℃ずつ上昇するが、各蓄養槽では低下する。各蓄養槽での水温差は少なく、最高と最低で0.3℃であった(表4)。7月11日～7月18日の各水槽の水温は、14～16℃に保たれた。

PHは、7月12日に、11号池が7.4まで低下したが、普通時は7.6前後に保たれた。11号池の水温の低かった7月11、12日には貯水槽でのPHはそれぞれ、7.8、7.6あったが、第1 汙過槽を通過することにより、PHは0.1下がった。

溶存酸素量は、送気を少なくした7月11日の翌日には低下したが、その後、各水槽とも5 ml/l以上になった。貯水槽の水が汙過槽を通過すると酸素量は減少し、第1 汙過槽を通過すると、平均1.50%、飽和量で1.48%、第1 汙過槽から第2 汙過槽を通過すると、平均2.76%、飽和量で2.70%減少した(表5)。

表4 各水槽の水温

水槽 No.	1	2	4	11	12	13	14	15	16	17	原海水
注水口				14.0	14.1	13.8	13.9	13.8	13.8	14.0	22.3
水槽中間(表)				14.1	14.1	13.9	13.9	14.0	14.0	14.0	
水槽中間(底)				14.1	14.1	13.9	13.9	14.0	13.8	14.0	
排水口	14.2	14.3	14.4	14.1	14.2	13.8	14.0	14.0	14.0		

7月12日測定

表5 濾過槽を通過したときの酸素の減少率

水槽 月日	1 → 2		2 → 4	
	7月12日	+0.4%		5.8%
13日	2.7		1.8	
14日	1.2		2.9	
16日	2.4		0.6	
18日	1.6		2.7	
平均	1.50(1.48)		2.76(2.70)	

※1：貯水槽1、2：第1濾過槽、
4：第2濾過槽通過後の貯水槽、
()内の数字は飽和量を示す。

活性炭を濾材としたときの水質の変化 活性炭を濾材とした循環水槽で、アワビを飼育したときの水質の変化を図9、10に示した。

アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素は、飼育後6日までに急速に増加し、その後、増加はゆるやかになった。アンモニア態窒素は最高129 $\mu\text{g-at}/\ell$ 、亜硝酸態窒素は12.2 $\mu\text{g-at}/\ell$ であった。

飼育後11日で送気を強くすると、2日後にアンモニア態窒素の減少が認められた。溶存酸素量は、3.9 ml/ℓ ~5.1 ml/ℓ であったが、11日に送気を強くすると酸素量の増加がみられた。飼育期間中の水温は、15.0~18.8 $^{\circ}\text{C}$ であった。PHは7.7からアワビ収容後、1時間後には8.2になり、その後、飼育期間中8.2であった。塩素量は、飼育1時間後には19.0%から19.03%になった。その後は、逆に減少し、13日目では18.47%になった。

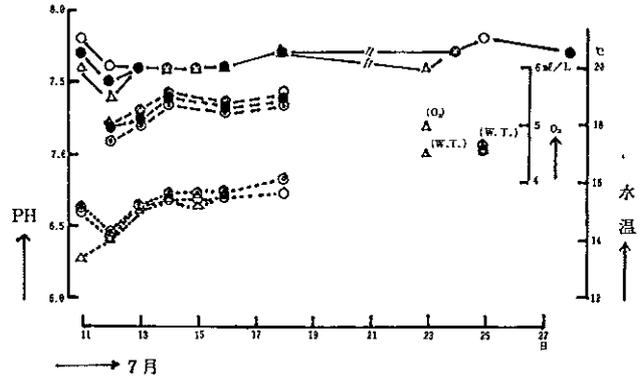


図8 各水槽の水温、PH、溶存酸素量の変化
PH—○—貯水槽1、—●—第1濾過槽、
貯水槽4、△11号、
O₂—○—貯水槽4 } 以外はPHと同一記号
水温……●貯水槽4

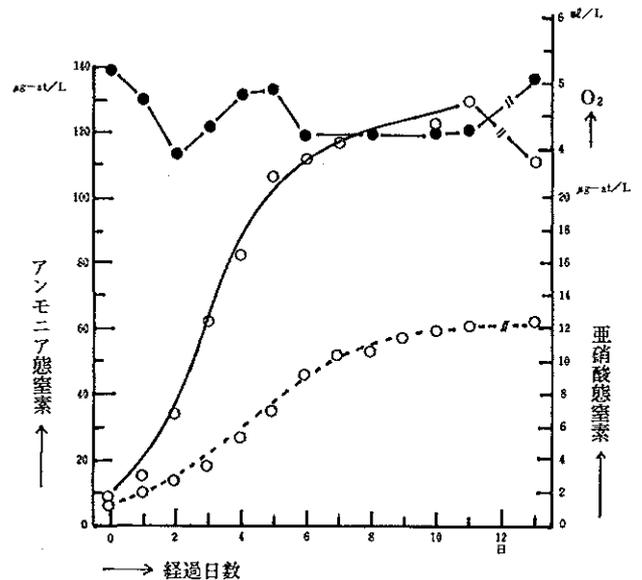


図9 活性炭を濾過材として飼育したときの
水質の変化

(アワビ5kgに対し活性炭4kgを使用し、循環飼育する。●は溶存酸素、
—○—はアンモニア態窒素、……○……は
亜硝酸態窒素をしめす)

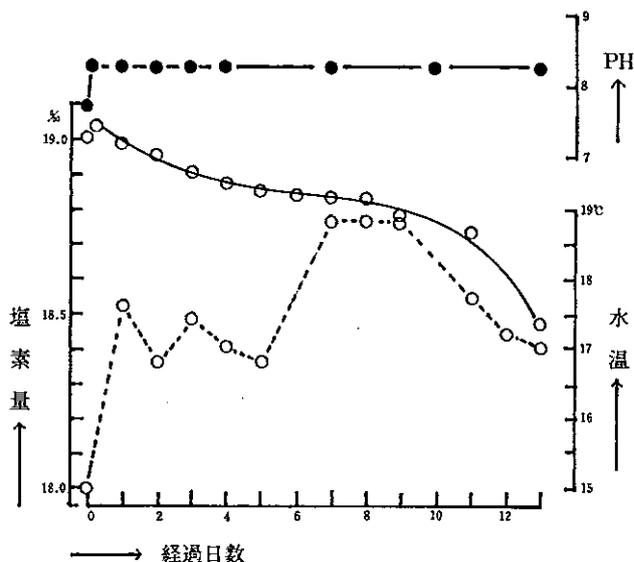


図10 活性炭を濾過材に使用したときの水質の変化
(クロアワビ 5 kg に対し活性炭 4 kg を使用し循環したときの PH—●—、水温---○---、塩素量—○—をしめす)

活性炭を濾材としたときの生存率 生存率は、図11に示したとおりで、飼育後4日目に18個体中1個へい死し、6日後にさらに1個へい死したのみで、その後のへい死はみられなかった。へい死した個体は、腹足部に磯金による外傷があった(付図1)。

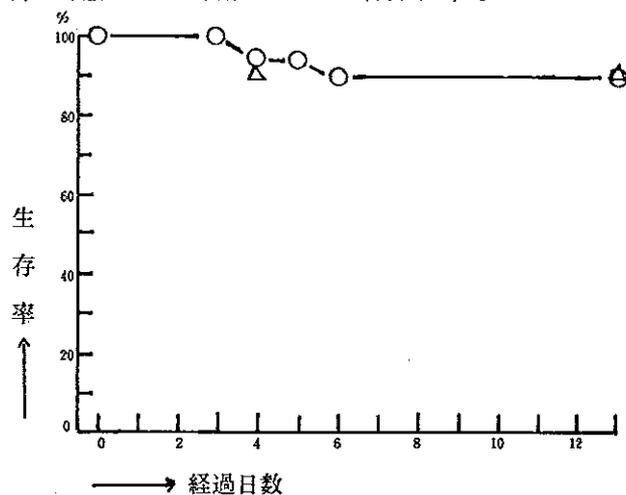


図11 活性炭を濾過材に使用したときの生存率
(クロアワビ 5 kg に対し活性炭 4 kg を使用し循環飼育する。△は対照(正常海水)の生存率を示す。個体数18個)

活性炭とアンスラサイトを飼育槽に入れたときの生存率 生存率は図12に示したとおりで、飼育後16日目までは、生存率は100%であったが、その後、生存率は低

下し、28日目では47%に減少した。飼育期間中のPHは、飼育後2日目には7.6から8.3になったが、その後低下し、14日目以降30日目までは7.8であった。その後、PHは上がり、34日目には8.0になり、へい死はとまった。

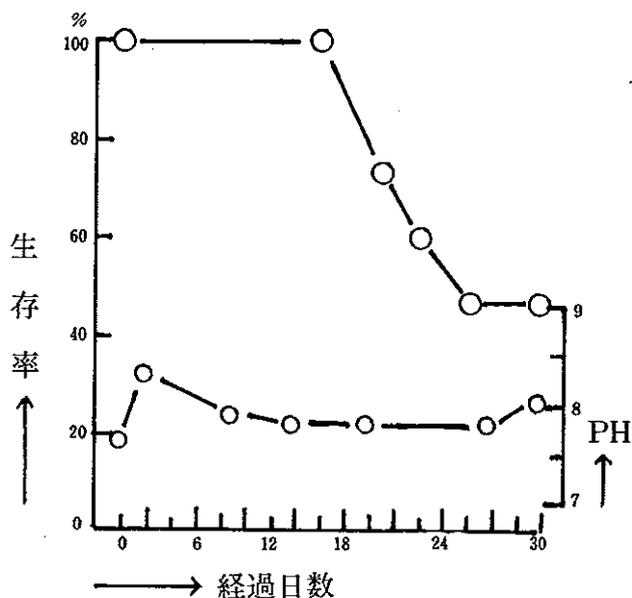


図12 活性炭、アンスラサイトを水槽に入れたときの生存率
(活性炭 4 kg、アンスラサイト 5 kg をアワビ 4 kg に対して使用し、エアレーションをおこなって止水飼育した)。

クロアワビの酸素消費量 水温15.4~16.0°C (PH 7.6~7.8) では、軟体部湿重量あたりの酸素消費量は、8.09~18.38 ml/h.kgで、平均11.53 ml/h.kgであった。全重量あたりでは、5.62~12.77 ml/h.kgで、平均8.14 ml/h.kgの酸素を消費した。水温24.8°C、PH 8.30では、軟体部湿重量あたり20.60 ml/h.kgの酸素を消費した(表6)。

クロアワビのアンモニア態窒素生成量 水温15.8~16.6°C、PH 7.6~7.8では、全重量あたりのアンモニア態窒素の生成量は12.32~21.36 g-at/h.kgであった。水温19.2°C、PH 7.7では、554.69 g-at/h.kgに増加するが、水温24.8°C、PH 8.3では40.24 g-at/h.kgで、前者の条件での値より低かった(表7)。

表6 クロアワビの酸素消費量

測定回数	個体数	材 料		殻 長 (cm)	水温 (°C)	PH	O ₂ ml ¹⁾		流 量 ℓ Perh	月 日	時 刻
		全重量 (g)	軟体部 湿重量 (g)				消費量 Perkg.h	消費量 Perkg.h			
1	3	940	653	12.3-13.0	15.4	7.75	5.62	8.09	48	7月19日	12:10
2	3	〃	〃		15.4	7.75	10.72	15.44	48	7月19日	13:10
3	3	〃	〃		15.5	7.75	5.62	8.09	48	7月19日	14:10
4	3	〃	〃		15.8	7.60	12.77	18.38	48	7月20日	9:30
5	10	3,820	2,740	12.3-17.0	15.8	7.60	7.41	10.34	48	7月20日	10:30
6	10	〃	〃		16.0	7.60	7.29	10.16	48	7月20日	11:30
7	10	〃	〃		16.0	7.60	7.43	10.34	24.48	7月20日	15:35
8	10	〃	〃		15.9	7.60	9.81	13.68	23.28	7月21日	11:00
9	10	〃	〃		15.9	7.80	6.62	9.22	18.72	7月22日	11:00
10	10	〃	〃		19.2	7.70	9.60	13.39	18.72	7月22日	12:00
11	10	〃	〃		16.6	7.70	6.42	8.95	27.84	7月23日	15:00
12	10	〃	〃		16.3	7.60	8.93	12.45	23.52	7月24日	11:00
13	10	〃	〃		17.6	8.30	10.22	14.26	25.20	7月25日	11:00
14	10	〃	〃		24.8	8.30	14.78	20.60	25.20	7月25日	12:00

1) 全重量の酸素消費量

2) 軟体部湿重量の酸素消費量

表7 クロアワビのアンモニア態窒素生成量

測定回数	個体数	材 料		殻 長 (cm)	水温 (°C)	PH	NH ₄ -N μg-at		流 量 ℓ Perh	月 日	時 刻
		全重量 (g)	軟体部 湿重量 (g)				生成量 Perkg.h	生成量 Perkg.h			
1	10	3,820	2,740	12.3-17.0	15.8	7.6	0	0	48	7月20日	10:00 (開始直後)
2	10	〃	〃		16.0	7.6	21.36	29.78	48	7月20日	11:30
3	10	〃	〃		16.0	7.6	12.82	17.87	24.48	7月20日	15:35
4	10	〃	〃		15.9	7.8	14.21	19.81	18.72	7月22日	11:00
5	10	〃	〃		19.2	7.7	54.69	76.24	18.72	7月22日	12:00
6	10	〃	〃		16.6	7.7	15.19	21.17	27.84	7月23日	15:00
7	10	〃	〃		16.3	7.6	17.23	24.04	23.52	7月24日	11:00
8	10	〃	〃		24.8	8.3	40.24	56.10	25.20	7月25日	11:00

1) 全重量に対するNH₄-Nの生成量2) 軟体部湿重量に対するNH₄-Nの生成量

蘇生試験 1日間アワビを止水で蓄養すると、アワビは極めて弱り、指で押しても、腹足部の筋肉収縮は殆んど認められなかった。腹足部はやわらかくなり、指で押すと、指は殻まで簡単に到達した。一日間蓄養後の水質は、溶存酸素量0.7ml/ℓ、アンモニア態窒素

44.91μg-at/ℓ、亜硝酸態窒素5.33μg-at/ℓ、PH7.2 水温20.8°Cであった。このアワビを18号池に移した結果、4日目に腹足部に傷がついたアワビが1個体へい死し、他の2個体は10日間以上生存した(表8)。

表8 蘇生試験

	0日	1日	蘇生水槽
溶存酸素量 (ml/l)	4.70	0.79	4.94
アンモニア態窒素 (μg-at/l)	3.80	44.91	6.50
亜硝酸態窒素 (μg-at/l)	0.13	5.33	1.12
PH 値	8.3	7.2	7.6
水 温 (°C)	21.0	20.8	15.2
塩 素 量 (%)	19.10	—	19.04

供試個体数3個

活性炭の性状

イ) HC-8の性状 PHは、30g/250ml S.Wで、8.85になり、それ以上の活性炭量では、PHの上昇が弱まった。塩素量は、30g/250ml S.Wの活性炭量までは増加するが、それ以上の量では塩素量が低下した。HC-8活性炭を蒸留水で2時間洗浄し、その後、250mlの海水に2時間浸漬した後では、同量のHC-8のPHより9.2と高くなった。塩素量は18.79%で低下した。

ロ) 4GWの性状 HC-8活性炭と同じ方法で測定すると、PH値は30g/250ml S.W以上では8.4で安定していた。一方、塩素量は30g/ml S.Wで19.01%になり、同量のHC-8より高くなった(図13)。

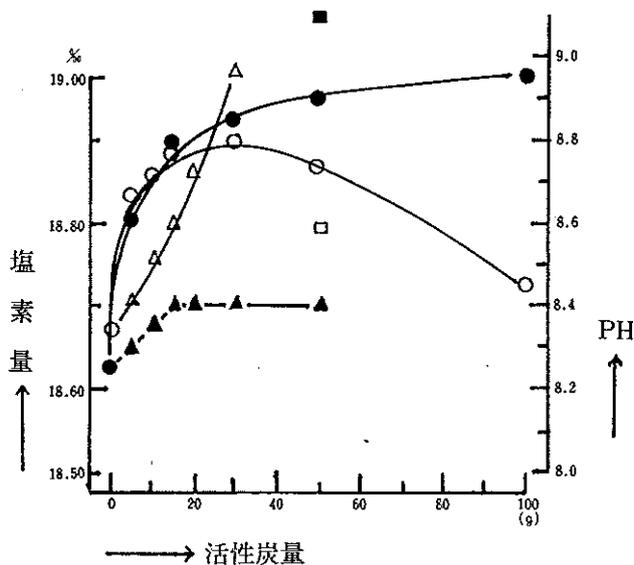


図13 活性炭の性状例

○はHC-8の塩素量、●はPH)をしめす
 △は4G・Wの塩素量、▲はPH)をしめす
 □はD.Wに2時間浸漬した後海水に2時間浸漬したときの塩素量、■はPHをしめす(HC-8)。

考 察

PH 無脊椎動物に及ぼすPHの影響については、アコヤガイ、マダコなどで知られている。桑谷ら⁶⁾は、アコヤガイは、PH7.36、PH7.48の飼育水では大部分がへい死し(致死限界は7.5と推定している)、PH7.935で成長が止まり、又、PHが低いと貝殻の溶解がおこると報告している。更に、小林⁷⁾は、アコヤガイの心臓の搏動はPH7.0以上では対照区より増加し、6.4で影響を受け、場合により停止し、又、繊毛運動は酸性側で著しく影響され、PH6.3で42分で停止するが、アルカリ側では影響が少なく、むしろ促進的である⁸⁾と報告している。

マダコでは、平山⁹⁾が、循環濾過飼育法で、飼育水のPHが7.2、アルカリ度0.78~0.8WN、硝酸態窒素518 ppmになるとマダコは生存できないと報告している。

過去2年間の経験から、PH7.5以下になるとアワビの大量へい死がおこりやすくなる(荒井¹⁰⁾)。又、活性炭とアンストラサイトを入れた水槽のアワビが、PH7.8の飼育水でへい死が認められるようになることなどを考え合せると、PHの低下はアワビについても多大な影響を与えると考える。

今回の実験で、蓄養槽のアンモニア態窒素最高18.9 μg-at/l、亜硝酸態窒素2.2 μg-at/l、PH7.6の飼育水では大量のへい死がおこるが、活性炭を濾材として循環飼育した場合、アンモニア態窒素最高129 μg-at/l、亜硝酸態窒素12.2 μg-at/lになってもアワビのへい死がおこらないことは、PHが8.2と高いことが原因していると考えられる。長期蓄養では7.9以上のPHが必要と思われる。PHをあげるには活性炭が有効と思われるので、今後、更に活性炭の性状などを検討したいと考える。

アンモニア態窒素 PHによってアンモニア態窒素の毒作用が異なることは魚類で知られており、板沢ら¹¹⁾はPH値が高いほど環境水のアンモニア濃度が等しくても血中アンモニア濃度が大きくなると報告している。又、平山¹²⁾は、循環濾過槽でクロダイを飼育して、アンモニア態窒素が67PPmになっても、PHが6.0と低いために、飼育に支障がないとしている。これらのことは、PHが低ければ魚類に対するアンモニアの毒作用は低下することを示していると思われる。

一方、アワビの蓄養槽では、蘇生試験で示したように、1日間アワビを止水に入れておくと、PHの低下、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素の増加、溶存酸素量の減少がおこる。このことは、アワビの呼吸、排泄物

の酸化により、溶存酸素量が減少し、逆に、全炭酸が増加し、PHの減少がおり、又、排泄物の酸化分解により、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素の増加がおこると考えられることから、魚類と異なるアワビについては、飼育水のPHをあげ、アンモニアを除去することが良いと考える。

11トン以上が4日間続くと、アンモニア態窒素は最高の $19.8\mu\text{g-at}/\ell$ に達し、その後4日目に大量へい死がおこったことから、PHの低い水槽で長期間蓄養する場合は、これ以下にする必要があると思われる。

亜硝酸態窒素 循環濾過式蓄養方法では、毒性の強いアンモニアを亜硝酸へ、亜硝酸を硝酸へかえる硝酸化成細菌の考慮が必要であるが、この濾過槽では第1濾過槽を通過した後、飽和量で溶存酸素量が1.50%、第2濾過槽を通過した後、2.76%が減少する。平山¹³⁾は濾過中の溶存酸素の減少量は主として、生物化学的な有機物の酸化、および、硝化作用により消費されたものとして考えてきしつかえないとしていることから、濾過槽は硝酸化成能があると考えられる。しかし、酸素の減少量が少ないことから、硝酸化成能は弱いと考える。

アワビ11トンを収容するのに必要な濾過槽の大きさ PHが7.6以下に下がりアンモニア態窒素が $19.8\mu\text{g-at}/\ell$ に達すると、蓄養槽のアワビは腹足部が極めてやわらかくなり、指で押すと簡単に殻まで到達するような病状で、約500kgがへい死した(腸管部が著しくふくらむ個体がまれにあった。付図3)。従って、アンモニア態窒素を100%除去するとして、アンモニアの毒作用を失くすための濾過槽を試算すると現在の濾過槽の2.27倍、原水の希釈を考えれば、1.47倍必要であると考えられる。

動物種、その他の条件が異なるが、従来の循環飼育の例から、濾過槽の大きさを試算すると、濾過槽での酸素消費量を20%¹⁴⁾にするには、現在、第1、第2濾過槽合せて酸素消費量が飽和量で4.18%であるので、4.78倍の濾過槽が必要であると思われる。

濾過材の重量から試算すると、濾過材は、飼育水族の重量の30倍あれば大体飼育に支障がないといわれているので¹⁵⁾、第1濾過槽、第2濾過槽合せて67.69トンであるので、アワビの収容量を11トンとすると、濾過材は330トン必要であるので、現在の4.87倍必要であろう。現在の濾過槽で長期間安全蓄養するには3~6トンが限界と思われる。

アワビ11トンを収容したときのアンモニアの増加、止水にしたときの酸素の減少 現況で、水槽の掃除などを行わないで、アワビのアンモニア生成量から、

アンモニアの増加をおよそ推定すると水温 $15.8\sim 16.6^\circ\text{C}$ 、PH $7.6\sim 7.8$ でアンモニア態窒素は $0.28\mu\text{g-at}/\text{h}\cdot\ell$ づつ増加するので、原水の希釈、濾過槽での除去を考慮して、 $19.8\mu\text{g-at}/\ell$ には、およそ3日で到達し、危険な状態になる。

アワビの酸素消費量の研究^{5,16)}はあるが、今回のクロアワビの消費量(水温 $15.4\sim 16.0^\circ\text{C}$ 、PH $7.6\sim 7.8$)から止水にした場合に無酸素になる時間を試算すると、蓄養槽の酸素を $5\text{ml}/\ell$ とした場合、11トンでは、11.2時間で無酸素になる。したがって、送気の効果は極めて大きいと考えられる。

以上のようなことから、千倉漁連の低温循環水槽でのアワビの収容量は、濾過能力をはるかにこえた量であるといえる。この水槽で、2年間大量のアワビを蓄養してこられたのは、1つには組合員のアワビを“見る目”(異常なアワビを発見できる)によるものと、多大な管理労力によるものと考えられる。

今後は、さらに、濾過材の量、質などを検討し、アワビの生理、病因などを究明する必要があると考えられる。

要 約

- 1) 千倉漁連の低温循環蓄養槽のアワビのへい死原因の研究を行なった。
- 2) 水槽の容量は最大 200m^3 で、濾過循環ポンプの揚水量は、最高 $200\text{トン}/\text{h}$ であった。送気装置は毎分 5m^3 の給気を行なう。
- 3) 第1濾過槽の濾過材は比重2.86の礫で、 36.33トン 使われ、第2濾過槽は主に比重1.59のアンスラサイトで、 31.36トン 使われていた。
- 4) 入荷アワビは、クロアワビ、メガイが主で、蓄養量は最高 12.7トン であった。
- 5) アンモニア態窒素は原海水で23.8%希釈され、第1濾過槽で14.8%、第2濾過槽で29.3%除去される。
- 6) 蓄養槽の水温は $14\sim 16^\circ\text{C}$ に保たれた。PHは7月12日に11号水槽で7.4まで低下したが、通常は7.6前後であった。
- 7) 溶存酸素量は第1濾過槽を通過すると平均1.5%、第1濾過槽から第2濾過槽で2.8%減少した。
- 8) アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素が多くても、PH8.2以上だと生存率が高い。
- 9) PHが7.6以下になると、アンモニア態窒素 $19.8\mu\text{g-at}/\ell$ でも危険である。
- 10) クロアワビの酸素消費量は全重量あたりでは、水温 $15.4\sim 16.0^\circ\text{C}$ 、PH $7.6\sim 7.8$ で、平均 $8.14\text{ml}/\text{h}\cdot\text{kg}$

であった。

11) アワビを止水に収容しておく、PHの低下、溶存酸素量の減少、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素の増加がおこる。PH7.2、溶存酸素量 $0.7\text{ml}/\ell$ 、アンモニア態窒素 $44.91\mu\text{g-at}/\ell$ 、亜硝酸態窒素 $5.33\mu\text{g-at}/\ell$ ではアワビは極めて弱るが、蓄養槽に移すと蘇生した。

12) 活性炭にはPHを維持する効果がある。アワビ5kgに対して、PHの維持には活性炭4kgが有効である。また、活性炭は塩素量に変化を与える。

13) アワビ11トンを収容するためには現在の汙過槽の2.3~4.9倍必要である。

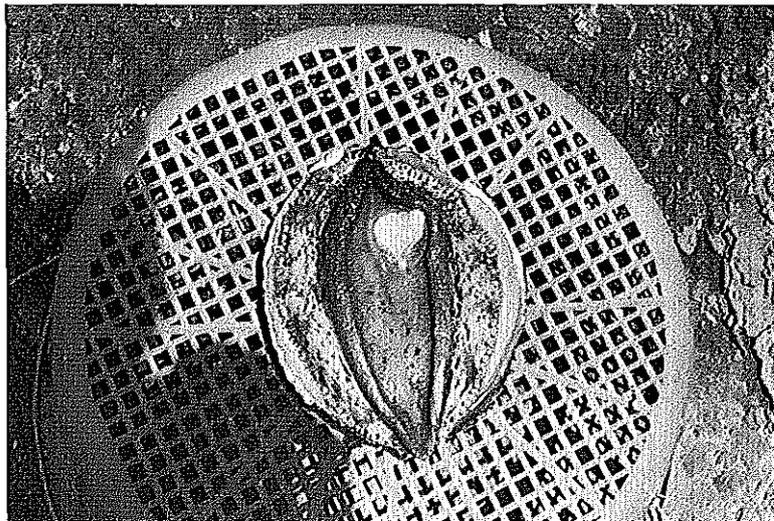
14) 現況で、アワビを11トン収容すると、アンモニアは $0.28\mu\text{g-at}/\text{h}.\ell$ ずつ増加し、3日で危険な状態になる。止水にすると、11.2時間で無酸素になる。

文 献

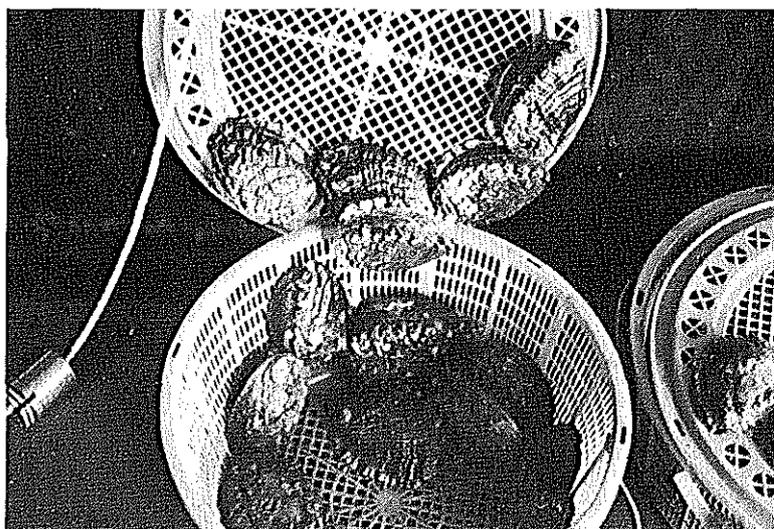
- 1) 波部忠重・鈴木禾甫・松永順夫外：傷アワビのジャンカ病に関する研究—I. 日本農学大会水産部会講演要旨, 330 (1966)
- 2) 高柳健・大場俊雄・中村勉：漁獲による損傷アワビの治療と傷に起因する化膿性疾患の発生防止について. 日本農学大会水産部会講演要旨, 216 (1965)
- 3) 磯野フジ：私信 (1973)
- 4) 田中邦三：アワビの蓄養. 養殖5月号, 49~52 (1967)
- 5) 田中邦三・外房における蓄養事業について.

千水試報告, 24, 37~41 (1971)

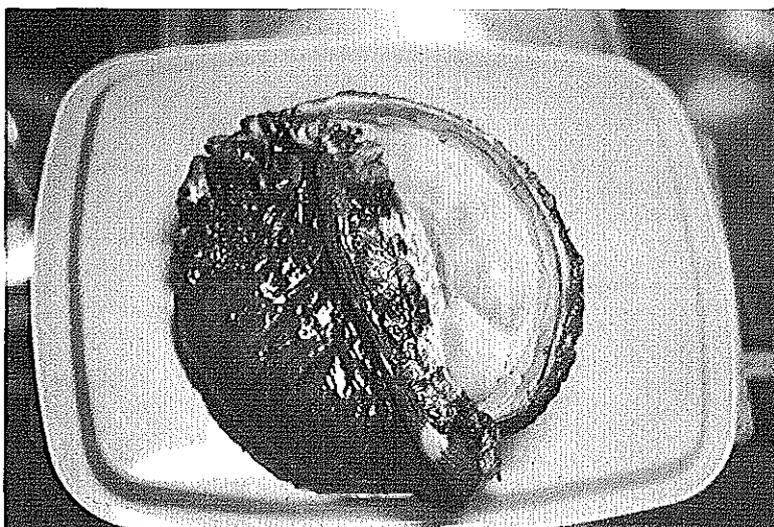
- 6) 桑谷幸成・西飯保：アコヤガイの成長におよぼす飼育水のPHの影響について. 日水誌, 35 (4), 342~350 (1969)
- 7) 小林博：アコヤガイの環境変化に対する抵抗性の研究—I. 水産講習所研報, 4 (1), 95~110 (1955)
- 8) 小林博・松井淳平：アコヤガイの環境変化に対する抵抗性の研究—I, 水産講習所研報. 3 (2), 123~131 (1953)
- 9) 平山和次：海中の硝酸塩のマグコに与える影響. 日水誌32 (2), 105~111 (1966)
- 10) 荒井利郎：私信 (1973)
- 11) 板沢靖男・杉浦正悟：水中アンモニアの魚に対する毒作用機構—V. 日本農学大会水産部会春季講演要旨, 251 (1971)
- 12) 平山和次：海産動物飼育海水の循環汙過式浄化法に関する研究—VI. 日本農学大会水産部会講演要旨, 230 (1966)
- 13) 平山和次：海産動物飼育海水の循環汙過式浄化法に関する研究. 日水誌31 (12), 977~981 (1965)
- 14) 広崎芳次：水中生物の飼育法. 大日本図書株式会社, 16~17 (1966)
- 15) 佐伯有常：魚介類の循環汙過式飼育法の研究. 日水誌, 23 (11), 684~695 (1958)
- 16) 相良順一郎・荒川清：アワビの大きさと酸素消費量の関係. 日本農学大会水産部会, 305 (1966)



付図1、磯金による外傷



付図2、アワビ6kgをカゴに入れて蓄養槽に入れる。



付図3、内臓部が異状にふくれたアワビ