

5 アワビ稚貝用人工飼料の実用化に関する研究一Ⅲ

人工飼料飼育における高水温下の換水と給餌

真岡東雄・中村烈*

最近、アワビ稚貝の餌料として、各地で人工飼料が使用されるようになって来ている。しかし、飼育装置や飼育方法は従来の生海藻を餌料とした場合と同様の場合が多く、飼料の腐敗から飼育水の悪化を招き易い。特に、夏期の高水温時にはこの傾向が顕著で、酸素不足からくる“ハナアゲ”やへい死をおこすこともでてきている。

前報¹⁾の大量飼育結果をみると海水の交換率や投餌量が稚貝の成長を大きく左右することが推定された。また、井岡²⁾も稚貝の飼育について給水量が最も重要な要素であると述べている。そこで、人工飼料での飼育方法を確立するための基本的要素として（特に高水温下での）換水量及び給餌量についての実験を行い、ある程度の目安を得たので、その概略を報告する。

実験Ⅰ 飼育水温と換水率

高水温時に特に問題となる給水量を最小限どの程度にしておいたらよいかの検討を行なった。

〔材料及び方法〕

実験は昭和53年8月18日から9月28日の41日間、高水温区（26～28℃）6試験区（換水率50，70，100，200，300，400%/時）、高温区（21～23℃）6試験区（換水率は高水温区と同様）を設定し、20ℓ容（実水量16ℓ）スチロール水槽で行なわれた。

飼育水はすべてろ過海水を使用し、高水温区は水中ヒーターで所定の温度に高めた海水を各試験区に給水した。

実験に使用した稚貝は殻長1.6cm台のもので1試験区当たり100個体である。

餌料は第1表に示した人工飼料を使用し、全試験区とも日間給餌率がほぼ2.5%になるように2日に1回残餌を除去後に与えた。

また、日間給餌率、日間成長率、日間殻長伸率は次式により計算した。

(1) 日間給餌率

$$= \frac{\text{総給餌量}}{\text{中間総重量} \times \text{飼育日数}} \times 100$$

(2) 日間成長率

$$= \frac{\text{平均増体重量}}{\text{中間平均体重} \times \text{飼育日数}} \times 100$$

第1表 供試人工飼料の成分と形態

（日本農産工業KK計算値）

成分分析値(%)		形態
水分	16.0	圧ペン固型飼料 直径 9～16mm 厚さ 13～18mm 重量 180～250mg
粗蛋白質	30.0	
粗脂肪	3.5	
粗繊維	2.0	
粗灰分	12.0	
可溶性無窒素物	36.5	
カルシウム	2.85	
リン	1.35	

* 日本農産工業株式会社 開発室

$$(3) \text{ 日間殻長伸率} = \frac{\text{平均増殻長}}{\text{中間平均殻長} \times \text{飼育日数}} \times 100$$

〔結果と考察〕

第2表に実験期間中の飼育環境を示した。水温は外気温に影響されて、常温区では給水量の多い方がやや低く、高水温区では逆に給水量の低い方が低下した。日間給餌率は給水量のすくない方が高い傾向を示している。これは稚貝の生長量の差に原因がある。

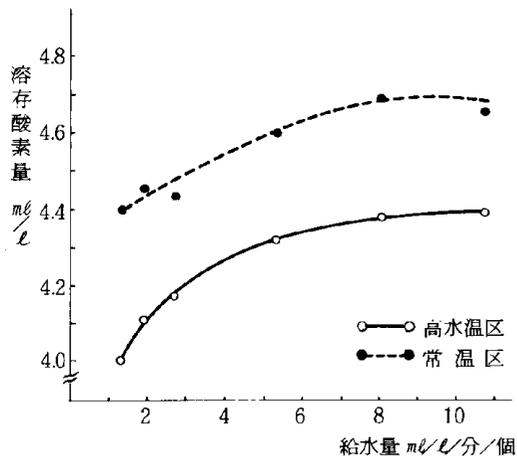
第2表 実験Iにおける飼育環境

実験区		換水率 %/時	給水量 ml/分/個	水温 ℃	給餌率 %/日	溶存酸素量 ml/l	酸素飽和量 %	pH
常温区	1	50	1.33	22.3	2.93	4.40	83.4	8.03
	2	70	1.87	22.3	2.39	4.45	84.5	8.06
	3	100	2.67	21.2	2.56	4.43	84.1	8.08
	4	200	5.33	22.1	2.38	4.60	87.3	8.14
	5	300	8.00	22.1	2.41	4.69	88.8	8.16
	6	400	10.67	22.1	2.48	4.66	88.3	8.17
高水温区	7	50	1.33	26.0	2.62	4.01	80.8	8.01
	8	70	1.87	26.5	2.47	4.11	83.8	8.06
	9	100	2.67	26.7	2.57	4.17	85.3	8.08
	10	200	5.33	27.0	2.36	4.32	90.0	8.12
	11	300	8.00	27.2	2.54	4.38	90.6	8.14
	12	400	10.67	27.3	2.41	4.39	91.1	8.15

第2表の溶存酸素量と給水量の関係を示すと第1図のようになる。溶存酸素量は総体的に高水温区が低いがいずれの区でも給水量と非常によく対応し、給水量が8ml/分/個以上では変化がすくないがそれ以下では給水量が減少すると溶存酸素量も低下する傾向がみられた。

また、pHも溶存酸素量と同様、給水量の減少にともなって、低下する傾向がみられた。このように換水率が最も低く、また高水温であった7区は溶存酸素量が4ml/l以下、pHが8.0以下になることもしばしばで特に悪い水質下にあった。

第3表に稚貝の生長量を示した。第3表の日間成長率及び殻長の伸びと給水量の関係をそれぞれ第2図と第3図に示した。まず、日間成長率と給水量の関係についてみると常温区では給水量の減少に応じて日間成長率は徐々に低下する傾向を示しているが高水温区では給水量1.87ml/分/個以上ではほぼ一定の1.8%前後の成長率を示したが給水量1.33mlの7区では1.24%の成長率に



第1図 飼育水の溶存酸素量と給水量の関係

第3表 実験Iにおける稚貝の成長量

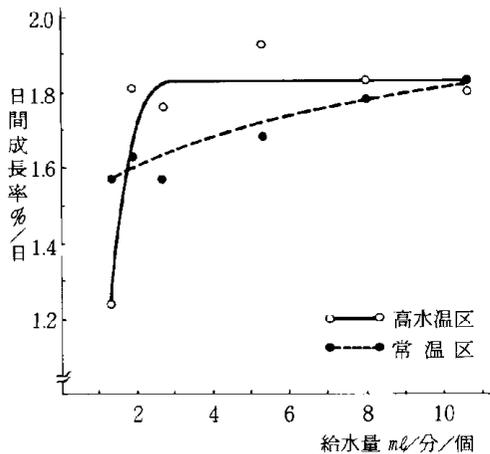
実験区	個体数		体 重				殻 長					
	Aug. 18 個	Sept. 28 個	Aug. 18 g	Sept. 28 g	増重量 g	日間成長率 %/日	Aug. 18 cm	Sept. 28 cm	生長量 cm	10日当生長量 cm	日間殻長伸率 %/日	
常温区	1	100	99	0.55	1.07	0.52	1.57	1.64	2.04	0.40	0.098	0.53
	2	100	97	0.57	1.14	0.57	1.63	1.61	2.05	0.44	0.107	0.59
	3	100	98	0.56	1.09	0.53	1.57	1.64	2.06	0.42	0.102	0.54
	4	100	99	0.59	1.21	0.62	1.68	1.66	2.10	0.44	0.107	0.57
	5	100	99	0.53	1.14	0.61	1.78	1.65	2.08	0.43	0.105	0.56
	6	100	100	0.55	1.21	0.66	1.83	1.65	2.07	0.42	0.102	0.55
高温区	7	100	96	0.54	0.91	0.37	1.24	1.61	1.88	0.27	0.066	0.38
	8	100	99	0.56	1.22	0.66	1.81	1.62	2.06	0.44	0.107	0.58
	9	100	99	0.53	1.13	0.60	1.76	1.61	2.03	0.42	0.102	0.56
	10	100	100	0.54	1.24	0.70	1.92	1.62	2.09	0.47	0.115	0.62
	11	100	97	0.55	1.21	0.66	1.83	1.62	2.06	0.44	0.107	0.58
	12	100	100	0.54	1.17	0.63	1.80	1.61	2.03	0.42	0.102	0.56

急激な低下を示した。また、殻長の伸びについてみると常温区、高水温区とも同様の傾向で、給水量1.87 ml以上ではほぼ一定の伸びを示したが給水量1.33 mlの実験区はいずれも低下していた。特に高水温区では0.066 cm/10日の成長しかなかった。

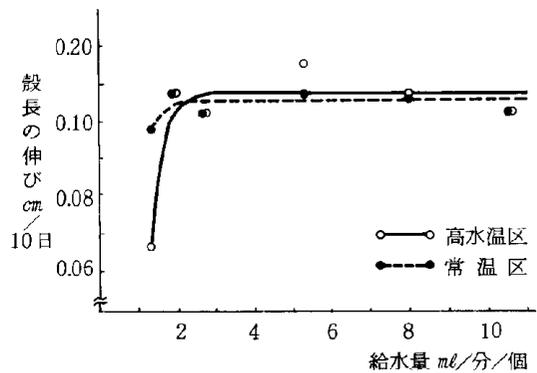
飼育期間中の観察で給水量の最もすくない1区および7区では飼育水は白濁しており、稚貝も水面近くに這い上っていたことから水質がかなり悪くなっていたことをうかがわせた。

また、すべての実験区で餌料が食べつくされたことはなかったので、餌料不足による成長低下は考えられず、成長率の差は水質の悪化によるものと思われる。

上述の結果から水温21~23℃では多少成長は低下するが殻長1.6~2.1 cm程度の稚貝1個当たり毎分1.33 mlの給水量で飼育が可能であるが、26~28℃の高水温では1.33 ml/分/個では成長はいちじ



第2図 日間成長率と給水量の関係



第3図 殻長の伸びと給水量の関係

るしく阻害されるので長期間の飼育は困難であり、正常な成長を期待するには1.87 ml/分/個以上の給水量が必要であろう。井岡²⁾はほぼ同様なサイズの稚貝 3,000個を用いて、300 l/時(1.67 ml/分/個)及び200 l/時(1.11 ml/分/個)の給水量で飼育した結果26℃以上の高水温時には200 l/時では成長が悪いが300 l/時ではよく成長している。この結果は本実験結果とはほぼ一致している。また、水質の面からいうと溶存酸素量で4 ml/l, pHで8.0がアワビ稚貝を飼育できる限界であろう。

実験Ⅱ 飼育水温と給餌量

実験Ⅰで一定給餌率下における給水量の検討を行なった結果、給水量が1.87 ml/分/個以上であれば高水温下(27℃)においても十分飼育が可能であるとの結論を得た。そこで本実験では換水率を一定として給餌量を変化させて、高水温下における適正給餌率を求めた。

〔材料及び方法〕

実験は昭和53年10月21日から12月5日までの45日間、高水温区(26~28℃)4試験区(日間給餌率1.5, 2.0, 2.5, 3.0%/日)常温区(13.9~17.8 平均16.0℃)4試験区(日間給餌率は高水温区と同じ)を設定して行なわれた。給水量はすべての試験区で同一の1.87 ml/分/個(換水率70%)とした。その他の方法は実験Ⅰに準じた。

なお、餌料効果率は次式により計算した。

$$\text{餌料効果率} = \frac{\text{増体重量}}{\text{総餌料量}} \times 100$$

〔結果と考察〕

表4に稚貝の生長量を示した。また、表4の日間成長率と日間給餌率の関係を図4に示した。日間成長率は常温区よりも高水温区の方が常に高い傾向を示しているが、両区とも日間給餌率が2.3%/日以下では餌料不足による成長率低下をまねくがこれ以上では残餌による水質悪化を来すば

第4表 実験Ⅱにおける稚貝の生長量

実験区	日間給餌率	個体数		体 重				殻 長					飼料効率	
		Oct. 21	Dec. 4	Oct. 19	Dec. 5	増重量	日間成長率	Oct. 19	Dec. 5	生長量	10日当生長量	日間殻長伸率		
	%/日	個	個	♀	♀	♀	%/日	cm	cm	cm	cm	%/日	%	
常温区	1	1.39	100	100	0.78	1.27	0.49	1.06	1.80	2.18	0.35	0.084	0.42	76.4
	2	1.84	100	100	0.77	1.29	0.52	1.12	1.81	2.15	0.34	0.075	0.38	62.0
	3	2.33	100	100	0.78	1.41	0.63	1.28	1.83	2.18	0.35	0.078	0.39	55.1
	4	3.02	100	100	0.74	1.35	0.61	1.30	1.82	2.17	0.35	0.078	0.39	43.2
高温区	5	1.30	100	99	0.80	1.39	0.59	1.20	1.84	2.20	0.36	0.080	0.40	101.2
	6	1.79	100	97	0.78	1.56	0.78	1.48	1.85	2.24	0.39	0.087	0.42	81.5
	7	2.21	100	100	0.78	1.71	0.93	1.66	1.81	2.37	0.56	0.125	0.60	75.2
	8	2.90	100	100	0.78	1.68	0.90	1.63	1.84	2.37	0.53	0.118	0.56	56.5

かりで成長はよくなることを示しているものと思われる。

本実験の結果から適正な換水と給餌により 26～28℃の高水温下でも十分に良好な成長をすることがわかった。第5図に餌料効率と日間給餌率の関係を示した。適正な日間給餌率 2.3%/日で給餌すると高水温下では飼料効率は約73%が期待できるが常温区では約54%にしかならない。

実験Ⅲ 稚貝および人工飼料の酸素消費量

アワビの酸素消費量と水温の関係については菊地ら³⁾が無給餌下での測定を行っているが給餌中の測定例がないので、水質管理上の基礎資料を得るための測定を行なった。

〔材料及び方法〕

実験は昭和53年12月4日から12月6日にかけて行なった。

実験に使用したアワビは大きさをほぼ均一に揃えた平均殻長 2.3 cm, 平均重量 1.7 g の人工稚貝で1試験区に 35～40個, 約60 g を収容した。また人工飼料は第1表に示したものを使用した。

実験区は高水温区(28℃)4区(稚貝のみ, 稚貝と2%/稚貝重量/日飼料, 稚貝と3.0%/日飼料, 4%/日飼料のみ)及び常温区(13℃)3区(4%飼料のみの区を除いて他は高水温区と同じ)を設けた。人工飼料は実験開始時に2日分を投入した。測定装置は第6図に示したように流水式で、高水温区は水中ヒーターで昇温させた海水を流した。

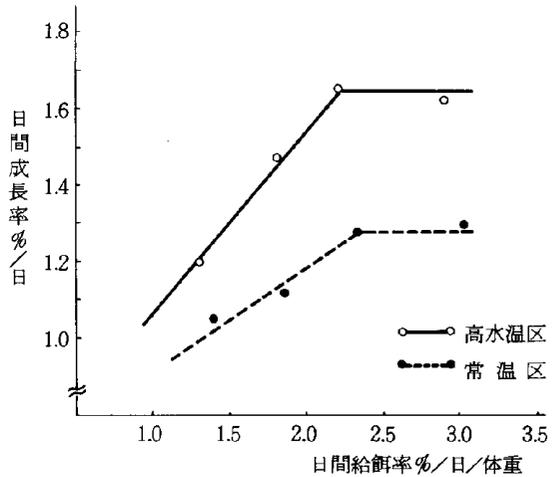
尚、酸素消費量の計算は次式による。

$$\text{酸素消費量 (ml/時/個)} = (\text{流入水の溶存酸素量 (ml/l)} - \text{流出水の溶存酸素量 (ml/l)}) \times \frac{\text{通水量 (l/時)}}{\text{個体数}}$$

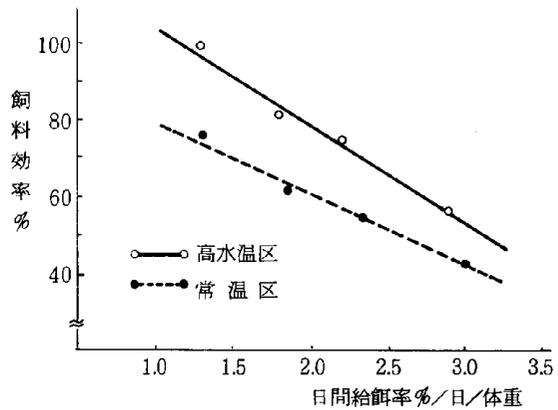
酸素消費量の測定値は附表に示した。

〔結果及び考察〕

第7図にアワビ稚貝および人工飼料の酸素消費量の変化を一括して示した。

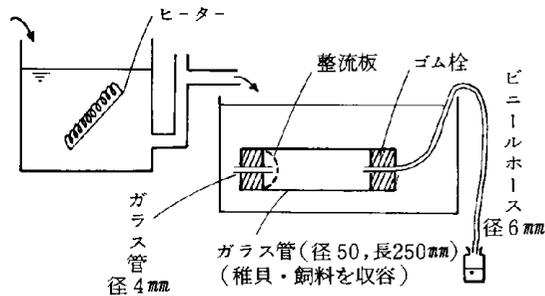


第4図 日間成長率と日間給餌率の関係



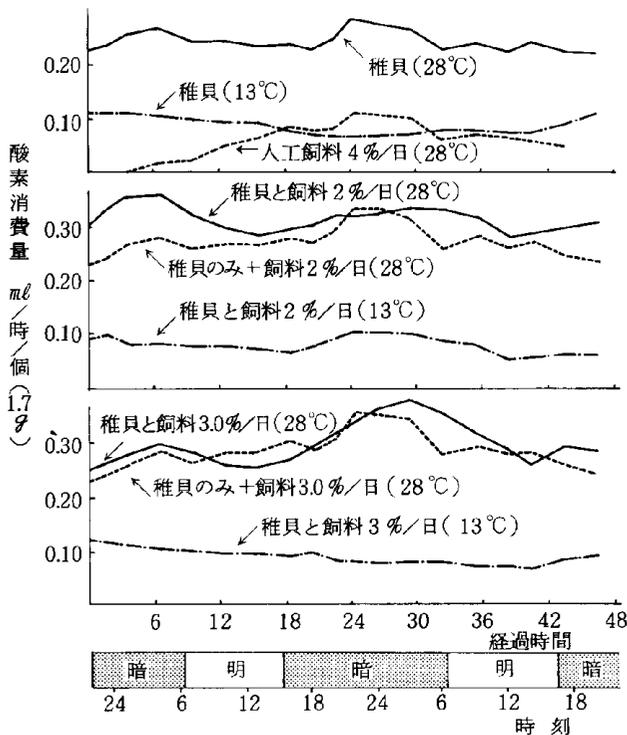
第5図 餌料効率と日間給餌率の関係

28℃の水温下での人工飼料の酸素消費量の変化をみると投入直後は全く酸素の消費はないが6.5時間頃から消費がはじまり、24時間頃にピークに達し、その後の消費は徐々にすくなくなっていく。24時間以降の消費量の減少は飼料の溶出や流出によることも考えられるが、原因は不明である。飼料の酸素消費は2%/日の飼料を2日分一度に与えた場合でも最も高い時で稚貝の6分の1の程度である。稚貝のみの酸素消費量



第6図 酸素消費量測定装置

をみると水温13℃では消費量はすくなく、顕著な日変化はみられなかったが、28℃では消費量は全体に高く、夜間は日中に比し、更に高くなる傾向がみられる。人工飼料を2%および3%与えた区では水温13℃の場合には稚貝のみの区と比べても酸素消費量に大きな変化はみられなかった。しかし、28℃の場合、消費量は増大し、特に夜間に高い傾向がうかがえる。この傾向は稚貝のみの区の消費量と飼料のその合計と比較すると明らかで、アワビが夜間に行動することと考え合わせると索餌または摂餌時には、より多くの酸素を消費するものと推察される。



第7図 アワビ稚貝および人工飼料の酸素消費量の変化

要 約

アワビ稚貝の人工飼料飼育における高水温下の換水と給餌に関する実験を行なって次の結果を得た。

- 1 高水温下(26～28℃)において人工飼料を使って飼育する時の給水量はすくなくとも187ml/分/個(1.7g)を必要とする。
- 2 適正給餌率は2.3%/日/重量程度であり、その時の飼料効率が高水温下では約73%が期待できる。
- 3 稚貝の酸素消費量は夜間に増加し、日中はすくない。また、高水温で消費量が高い。
- 4 給餌した場合、稚貝の酸素消費量が高くなる傾向がある。

参考文献

- 1) 真岡東雄：茨城水試研報Vol. 23, 1～4, 1980
- 2) 井岡 勲：山形水試資料No 118, 1～12, 1979
- 3) 浮永久・菊池省吾：東北水研研報No 35, 73～84, 1975

附表 アワビ稚貝および人工飼料の酸素消費量ml/時/個(1.7g, 2.3cm)

(昭和53年12月4～6日測定)

経過 時間	時刻 時 分	飼料4%/日 28℃	稚 貝 の み		稚貝+飼料2%/日		稚貝+飼料3%/日	
			13℃	28℃	13℃	28℃	13℃	28℃
0	21.30	0	0.107	0.231	0.096	0.303	0.121	0.252
1.5	23.00	0	0.111	0.242	0.098	0.330	0.117	0.266
3.5	1.00	0	0.109	0.263	0.087	0.354	0.109	0.278
6.5	4.00	0.017	0.105	0.270	0.087	0.357	0.105	0.300
9.5	7.00	0.026	0.098	0.246	0.079	0.319	0.098	0.285
12.5	10.00	0.053	0.096	0.244	0.080	0.302	0.096	0.260
15.5	13.00	0.067	0.094	0.234	0.076	0.285	0.094	0.256
18.5	16.00	0.088	0.079	0.237	0.072	0.293	0.088	0.272
20.5	18.00	0.077	0.071	0.231	0.082	0.298	0.093	0.295
22.5	20.00	0.084	0.067	0.251	0.097	0.317	0.081	0.316
24.5	22.00	0.110	0.069	0.278	0.108	0.320	0.082	0.346
26.5	0.00	0.108	0.070	0.275	0.107	0.325	0.077	0.366
29.5	3.00	0.102	0.069	0.266	0.106	0.335	0.082	0.380
32.5	6.00	0.061	0.081	0.232	0.088	0.327	0.082	0.362
35.5	9.00	0.072	0.078	0.243	0.078	0.314	0.071	0.321
38.5	12.00	0.067	0.072	0.226	0.057	0.279	0.070	0.290
40.5	14.00	0.058	0.075	0.241	0.060	0.289	0.067	0.258
43.5	17.00	0.047	0.092	0.223	0.065	0.294	0.083	0.295
46.5	20.00	0.029	0.110	0.219	0.065	0.306	0.088	0.284

注 飼料は実験開始時に2日分を投入した。