

ミヤイリガイの繁殖条件に関する研究

3. 稚貝の生育に及ぼす土壌、水の塩類の影響

二瓶 直子

東京大学医科学研究所寄生虫研究部 (主任: 田中 寛教授)

(昭和53年7月21日 受領)

はじめに

日本住血吸虫症の化学療法や免疫診断法の確立などに必要な動物実験システムの開発上重要な問題の1つは、ミヤイリガイ *Oncomelania nosophora* の実験室内大量培養である。

ミヤイリガイの生存、発育条件については、飼育装置、密度、餌、温度、水分、土壌等が多くの研究者により検討され、実験室内飼育の試みは、ある程度成功を納めてきた。多くの場合、採集貝あるいは実験室内で産卵・孵化させ殻長2~3mmに生長した稚貝を実験に供している。

ところがミヤイリガイの生活史の中で、最も飼育の困難な時期の1つは孵化直後であると思われる。松田ら(1969)の方法で飼育した場合でも、稚貝をタンクに投入した直後、又は10~14日後に死亡する例があることが分かり、その方法が常に成功するためには、更に条件を改良する必要があると考えられる。

培養の際問題となる種々の環境因子の中から、本研究では土および水について、主として孵化直後の貝を供して検討したので、その結果を報告する。これら幼弱な時期の貝の至適環境条件を、親貝の産卵条件と併わせて検討することは、ミヤイリガイひいては日本住血吸虫症の分布規定要因を解明する手がかりになり、また逆に貝の撲滅対策にも応用できるものと考えられる。

稚貝の飼育には従来土壌が供されており、また経験的にも土壌が不可欠の要因と思われる。しかしながら従来の研究では供し易い手近な土を利用し、土壌の種類・性状については議論していない。ミヤイリガイは水陸両生貝で、陸生の親貝の産卵とその孵化に、土壌の性状が大

きな影響を及ぼしていることは、第1報(二瓶, 1978a)、第2報(二瓶, 1978b)で明らかにされた。

本研究では水生の稚貝の生存・発育にも土壌が影響を及ぼしているかを、駄温浅鉢あるいは腰高シャーレの底に敷いた、各地採集土壌や人工的に作製した土壌上で飼育し、生存率、生長を比較し、至適土壌を明らかにした。

また水生の稚貝は、生存に必要な無機栄養を水中に溶解する塩類から摂取するので藻類培地と同様の見地から、各種塩類溶液を作製し、これを、底に土壌を敷いた腰高シャーレや金魚鉢に注ぎ、稚貝を飼育して、至適飼育水を開発した。

実験材料および方法

1. 実験材料

用いたミヤイリガイは、主として山梨県龍王町富竹新田より採集した成貝を、第1報(二瓶, 1978a)と同様、松田(1969)の方法に準じて、実験室内にて駄温浅鉢で飼育して産卵させ、孵化した殻長約0.6mmの稚貝である。

用いた水は、脱イオン水、水道水、甲府のミヤイリガイ生息地を流下する灌漑水のほか、人為的に脱イオン水に化学物質を溶かして作製した水(以下人工泉水と呼ぶ)である。人工泉水は田宮・渡辺(1965)を参考にして、多くの藻類培地の中から、 Ca^{++} 、 K^{+} 、 Mg^{++} 、 Na^{+} の主要陽イオンを含み、しかも貝殻に必要な Ca^{++} の濃度の高いものという基準のものに4種類を選び、それらが含有する塩類のうち5mg/l以上の塩類を処方通り溶かして作製した。このほかに、甲府盆地の灌漑水の化学分析結果(山梨県農業試験場, 1957)を参照し、そこに出現する陽・陰イオンを組み合わせ、2種の人工泉水を作

製した。

人工泉水の処方は下記の通りである。

人工泉水 A : Chu No 10の一般藻類培地の塩類の中から $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.04g, K_2HPO_4 0.01g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.025g, Na_2CO_3 0.02g, Na_2SiO_3 0.025g を蒸溜水に溶かして 1 l とした。

人工泉水 B : Fogg の珪藻類用培地の塩類のうち, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.08g, K_2HPO_4 0.01g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.025g, Na_2CO_3 0.02g, Na_2SiO_3 0.025g を蒸溜水に溶かして 1 l とした。

人工泉水 C : Jørgensen の珪藻類用培地の塩類のうち, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0.06g, MgSO_4 0.005g, Na_2HPO_4 0.005g, KHCO_3 0.20g, K_2SiO_3 0.005g を蒸溜水に溶かして 1 l とした。

人工泉水 D : Gerloff-Fitzgerald-Skoog の培地 II (藍藻用) の塩類のうち, NaNO_3 0.0413g, Na_2HPO_4 0.0082g, KCl 0.0086g, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.0209g, Na_2SO_4 0.0146g, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.0359g, Na_2CO_3 0.02g, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 0.058g を蒸溜水に溶かして全量を 1 l とした。

人工泉水 E : $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.08g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.005g, Na_2SiO_3 0.025g, Na_2HPO_4 0.005g, KHCO_3 0.18g を蒸溜水に溶かして 1 l とした。

人工泉水 F : $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.08g, K_2HPO_4 0.01g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.025g, Na_2CO_3 0.02g, Na_2SiO_3 0.025g を蒸溜水に溶かして 1 l とした。

人工泉水 A~F の 2 倍稀釈液も使い, A (1:2) と略記した。

2. 飼育方法

飼育用容器としては, 外径 9 cm, 深さ 4 cm の駄温浅鉢, 外径 9 cm の腰高シャーレとポリエチレン製金魚鉢 ($12 \times 18 \times 17 \text{cm}^3$) を用いた。

駄温浅鉢法: 成貝産卵用の飼育装置に準じた (第 1 報・二瓶, 1978 a)。すなわち駄温浅鉢の底に, 各地で採集した土壌の風乾細土約 100g を敷き, 円形の透明ガラス板で蓋をし, これを水をはったバットの中に入れ, 室光, 室温 $25 \pm 1\text{C}$ の恒温室の窓ぎわの棚の上に並べた。混合粉末飼料 (松田, 1969) を 2 mg/貝/週投与した。本法では孵化直後の貝の飼育は困難なので, 他の水槽で予め発育させた殻長 2~3 mm の稚貝を用い, 各鉢に 10 個ずつ投入した。管理は週 3 回壁に這い上がった稚貝を筆で落とすと同時に, 餌と脱イオン水 10ml/回霧吹きで吹きかけた。2 月間, 10 日目毎に貝を回収し, 実体顕微鏡下で生死を判別し, 殻長を測定した。

腰高シャーレ法: 底に供試土の風乾細土約 40g を平らに敷き, 水を 200ml 注ぎ蓋をし, 餌として稲の切り藁 5 mg/貝/月を投与し, 温度 $25 \pm 1\text{C}$, 室光の部屋の窓ぎわの棚に置いた。これには稚貝を 15 個ずつ入れた。

金魚鉢法: 風乾細土約 120g を平らに散き, 水を 2 l 注ぎ, 透明ガラス板で蓋をし, 餌として藁 5 mg/貝/月を投与し円形濾紙 (東洋濾紙, 径 12.5cm) 2 枚を壁に付着させ, 温度 $25 \pm 1\text{C}$, 湿度 $65 \pm 10\%$, 光線量が蛍光灯で約 900 Lux 10 時間照明のバイオトロン (コイトロン EA) 内で行った。これには 100 個の稚貝を入れた。

腰高シャーレ法および金魚鉢法の管理は, 週 3 回, 壁に這い上がった稚貝をピンセットで落とし, 1 月目にすべての貝を回収し, 生存率および殻長を, マイクロメーターをセットした実体顕微鏡下で測定し, 各群 3 回の繰り返しを平均した。

実験成績

1. 稚貝の生存・発育に及ぼす土壌の影響

1) 原土別比較 駄温浅鉢法

供試水田土壌は, 山梨県龍王町富竹新田等計 6 ケ所, 供試非水田土壌は, 北関東山王峠表土等計 6 ケ所で採集し, それらの風乾細土を用いた。各土壌について, 地形, 土壌型を判定し, 土性 (日本農学会法による), 腐植含量 (Tiulin 法による腐植炭素の定量) を測定した。これらの土壌分析法は第 1 報 (二瓶, 1978 a) に準じた (東京大学農学部 農芸化学教室, 1966; 青峰・船引, 1957)。

飼育実験の結果は Table 1 に示した。実験開始後 1 月目は上高砂土壌を除き, いずれも生存率 70% 以上であったが, 2 月目には著しく低下したサンプルがあった。このうち水田土壌では 2 月目富竹・熊谷土壌では夫々 90・85% と高率であったのに比し, 大田原・大宮土壌では 60・55%, 日吉土壌では 15% と更に低率であった。

上高砂土壌は生息地でありながら, 実験開始後 10~20 日に全稚貝が死亡し, この原因は採集時に既に殺貝剤・農薬等で汚染されていたのではないかと推察される。

生長面でも明らかに富竹土壌が良好であった。熊谷土壌では生存率が高いにも拘らず, 平均殻長は 2 月間ほとんど変わらず, この値は全土壌を通じて極めて小さかった。

非水田土壌では 2 月目山王峠表土で 90% であったのに比し, 同下層土 (subsoil)・中山峠下層土・尾瀬土壌で 60~50%, 河口湖土壌では 35% と低率であった。

平均殻長は 1 月目では余り差が認められなかったが,

Table 1 Survival and growth of young *O. nosophora* cultured in a clay pot containing various soil samples at bottom 20 young/2 pots/soil

Soil No.	Locality	1st month			2nd month		
		Survival rate %	Shell length (mm)		Survival rate %	Shell length (mm)	
			Aver.	Standard deviation		Aver.	Standard deviation
1	Tomitake	90	3.77	0.37	90	4.73	0.54
2	Kumagaya	90	2.65	0.17	85	2.76	0.20
3	Otawara	95	3.33	0.35	60	4.40	0.85
4	Omiya	70	2.67	0.18	55	2.87	0.26
5	Hiyoshi	70	2.86	0.28	15	2.92	0.24
6	Kamitakasago	0	—	—	0	—	—
7	Sanno-pass	100	2.58	0.27	90	3.66	0.34
8	Nakayama-pass	85	2.69	0.20	80	2.97	0.26
9	Sanno-pass (subsoil)	90	2.63	0.16	60	2.88	0.33
10	Nakayama-pass (subsoil)	85	2.59	0.19	55	2.90	0.37
11	Oze	85	2.63	0.22	50	2.68	0.22
12	Kawaguchi-lakeside	80	2.74	0.25	35	3.13	0.49

Table 2 Analysis of soils used in the Experiment

Soil No.	Locality	Prefecture	Topography	Soil type	Soil texture	Humus content
1	Tomitake-shinden Ryuo Town	Yamanashi	Lowland (alluvial fan)	Gray lowland soil	Sandy loam	2.7%
2	Kumagaya City	Saitama	Lowland allong valley	Gley soil	Loam	1.6
3	Otawara City	Tochigi	Marginal slope on upland	Eroded andosol	Clay	4.9
4	Sarugayato Omiya City	Saitama	Lowland allong valley	Alluvial soil with muck	Clay loam	12.9
5	Hiyoshi Yokohama City	Kanagawa	Lowland (flood plain)	Gray lowland soil	Clay loam	3.9
6	Kamitakasago Hatta Village	Yamanashi	Lowland allong river bed	Gray lowland soil	Loam	3.9
7	Sanno-pass	Fukushima	Mountain land	Immature brown forest soil	Loam	10.6
8	Nakayama-pass	Fukushima	Mountain land	Immature brown forest soil	Sand	3.4
9	Sanno-pass	Fukushima	Mountain land	Immature brown forest soil (subsoil)	Loam	2.4
10	Nakayama-pass	Fukushima	Mountain land	Immature brown forest soil (subsoil)	Sand	3.3
11	Oze	Gunma	Lacustrin lowland	Bog soil	Clay	24.2
12	Kawaguchi-lakeside	Yamanashi	Volcanic foot	Recent volcanic ash soil	Loam	12.0

2月目では山王峠表土でかなりの生長が認められた。生存率の低い河口湖土壌では生長が認められたが、他の土壌ではほとんど生長せず、尾瀬土壌では全土壌を通じて最低値を示した。

供試土壌の分析結果は Table 2 に示した。生存・発育共に良い富竹灰色土は、土性 (soil texture) は砂壤土 (sandy loam)、腐植含量 (humus content) 2.7% であった。それに次ぐ山王峠森林褐色土表土は腐植含量 10.6% と高いが土性は壤土 (loam) で中粒質であり、生長の良かった大田原は、それとは逆に腐植含量 4.9% と低かったが土性は埴土 (clay) であった。生長の悪かった熊谷グライ土 (Gley soil) は、腐植含量 1.6% と極端に少なく、同じく生長の悪かった尾瀬泥炭土および生存率の低かった河口湖新期火山灰土、大宮黒泥を含む沖積土等の腐植含量は 12.0~24.2% と高かった。

2) 原土別比較 腰高シャーレ法

供試土壌は、一部上記の実験と重複し、水田土壌では静岡県富士川町、神奈川県厚木など 4ヶ所、非水田土壌では千葉県下総町小浮、東京都練馬区、東京都五日市市、神奈川県三浦市、山梨県御坂町、奄美大島名瀬市等 10ヶ所、計 14ヶ所で採集した土壌やその母材の風乾細土である。このうち表土については、地形、土壌型、土性、腐植含量を分析した (第 1 報・二瓶, 1978 a)。

飼育水としては脱イオン水および人工泉水 E (1:2) を用いた。実験開始後 1 月目に全稚貝を回収し、生死を判定し殻長を測定した。同時に水質として pH メーター (日立ホリバ製 F-5) による pH と、EDTA 硬度 (半谷, 1968) を測定し、底土上生物相 (水野, 1964) を調べた。

飼育実験の結果は Table 3 に示した。脱イオン水を用いた場合、水田土壌での生存率は富竹・富士川土壌で高率であったのに比し、厚木・日吉土壌では低く、印旛沼

Table 3 Effects of soil type on the survival and growth of young *O. nosophora* reared in deep petri dishes containing various soils 30 days after start of culture

Soil No.	Locality	20 newly hatched snails/dish								*Survival rate %								**Shell length mm															
		Deionized water				Artificial spring water E (1:2)				Deionized water				Artificial spring water E (1:2)				Deionized water				Artificial spring water E (1:2)											
		Dish No.								Dish No.								Dish No.								Dish No.							
		1		2		3		Aver.		1		2		3		Aver.		1		2		3		Aver.		1		2		3		Aver.	
SR*	L**	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L	SR	L				
1	Tomitake	73	1.5	53	1.8	80	1.6	69	1.6	73	1.6	87	1.9	100	1.9	87	1.8	73	1.6	87	1.9	100	1.9	87	1.8	73	1.6	87	1.9	100	1.9		
2	Fujikawa	67	1.3	67	1.3	53	1.5	62	1.4	40	1.3	93	1.4	87	1.5	73	1.4	67	1.3	67	1.3	53	1.5	62	1.4	40	1.3	93	1.4	87	1.5		
3	Hiyoshi	20	1.7	67	1.8	33	1.8	40	1.8									20	1.7	67	1.8	33	1.8	40	1.8								
4	Atsugi	53	1.4	40	1.5	53	1.5	49	1.5	0	0	40	1.5	0	0	13	1.5	53	1.4	40	1.5	53	1.5	49	1.5	0	0	40	1.5	0	0		
5	Kokubo									53	0.9	40	1.0	93	1.1	64	1.0																
6	Inbanuma	20	1.0	13	1.0	20	1.1	18	1.0	7	1.3	0	0	87	1.3	31	1.3	20	1.0	13	1.0	20	1.1	18	1.0	7	1.3	0	0	87	1.3		
7	Omiya	60	1.2	0	0	40	1.0	33	1.0	20	1.3	67	1.5	53	0.9	47	1.2	60	1.2	0	0	40	1.0	33	1.0	20	1.3	67	1.5	53	0.9		
8	Kanto Loam	53	1.0	47	1.5	47	1.6	49	1.4									53	1.0	47	1.5	47	1.6	49	1.4								
9	Kanto Loam	20	1.0	0	0	0	0	7	1.0	0	0	13	1.0	47	1.5	20	1.2	20	1.0	0	0	0	0	7	1.0	0	0	13	1.0	47	1.5		
10	Limestone (weathering crust)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	Limestone	67	1.5	53	1.2	53	1.8	58	1.5	47	1.6	53	1.4	87	1.3	62	1.4	67	1.5	53	1.2	53	1.8	58	1.5	47	1.6	53	1.4	87	1.3		
12	Serpentine	7	1.9	53	1.4	13	1.1	24	1.5	60	1.4	80	1.3	87	1.6	76	1.4	7	1.9	53	1.4	13	1.1	24	1.5	60	1.4	80	1.3	87	1.6		
13	Granite	13	1.0	27	1.1	0	0	13	1.0	33	1.1	7	2.2	47	1.2	29	1.5	13	1.0	27	1.1	0	0	13	1.0	33	1.1	7	2.2	47	1.2		
14	Red earth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Deionized water	1 Tomitake	67	1.6	53	1.4	53	1.3	58	1.5
	6 Inbanuma	7	0.8	53	1.1	27	1.7	31	1.2

Factorial analysis

$$F_s = 7.27 > F_{26}^{13}(0.01) = 2.96$$

Significant

Factorial analysis

$$F_s = 2.35 > F_{24}^{11}(0.05) = 2.22$$

Significant

Table 4 Analysis of soil and water in the deep petri dishes used in the experiment and biological phase in the first month

Soil No.	Locality	Environment	Deionized water				Artificial spring water			
			pH	Ca in water mg/l	Biological phase on soil surface		Biological phase on soil surface			
					A	Dd			A	Dd
1	Tomitake	Paddy soil Alluvial fan	6.4	25.1	B ; D ; Navicula D ; Pinnularia	+ ++	+ +	D ; Navicula G ; Diffflugia	+ +	+ +
2	Fujikawa	Paddy soil Alluvial fan	6.1	60.7	D ; Gyrosigma D ; Navicula D ; Pinnularia D ; Surirella	+ +	+ +	D ; Navicula G ; Amoeba G ; Diffflugia	+ +	+ +
3	Hiyoshi	Paddy soil Flood plain	6.8	13.2	B ; D ; Navicula	##	##			
4	Atsugi	Paddy soil Lowland along river bed	6.1	36.5	B ; D ; Gomphonema D ; Navicula P ; Monas	++ + +	++ + +	D ; Navicula D ; Cocconeis G ; O ;	+ +	## ## ## ##
5	Koboike	Grass land Lowland along river bed						D ; Navicula D ; Pinnularia	+ +	
6	Inbanuma	Half bog soil Marsh	6.3	16.8	D ; Gomphonema D ; Surirella D ; Cymbella D ; Navicula P ; Monas	+ +	+ +	D ; Navicula D ; Pinnularia G ; Diffflugia	+ +	+ +
7	Omiya	Alluvial soil with muck	6.1	16.2	D ; Cymbella D ; Synedra D ; Navicula D ; Pinnularia	+ +	+ +	D ; Navicula D ; Cymbella G ; Monas	+ +	+ +
8	Nerima	Kanto Loam Andosol	7.0	175.4	B ; E ; D ; Navicula	+ ## +	+ ## +			
9	Nerima	Kanto Loam	6.8	21.3				D ; Navicula	+ +	
10	Itsukaichi	Limestone weathering crust	5.1	140.9				P ; Aspidisca O ;	+ +	+ +
11	Itsukaichi	Limestone	7.5	268.0				O ; Navicula	+ +	## ##
12	Miura	Serpentine	7.2	17.1	B ; D ; Gomphonema D ; Navicula	## +	## ##	D ; Navicula D ; Gyrosigma	+ +	## ##
13	Misaka	Granite	6.3	4.4	P ; Monas P ; Actinophrys	+ +		D ; Navicula	+ +	## ##
14	Amami	Red Soil	5.1	2.2	D ; Nitzschia		+			

A ; Alive Dd ; Dead B ; Bacteria E ; Eumycetes D ; Diatoms G ; Green algae P ; Protozoa O ; Others

土壌では更に低い値を示した。

非水田土壌の場合、五日市石灰岩 (limestone) 母材を最高に、関東ローム腐植層がそれに次いたが、三浦蛇紋岩 (serpentine)、御坂花崗岩 (granite) では低率で、更に関東ローム (赤土, Andosol)、奄美赤色土 (Red earth)、五日市石灰岩風化殻 (limestone weathering crust) ではほとんど生存貝を発見することができなかった。生存率についての要因分析の結果、1%の危険率で土壌の差は有意であった。

稚貝を水槽で飼育する際、密度効果のため、生存率が高くて貝の総数が多い水槽ほど、生長は遅いと考えられる (van der Schalie and Davis, 1965: 松田, 1969)。しかし富竹土壌では、生存率が高いにも拘らず殻長も大きく、非水田土壌で生存率の高かった石灰岩母材でも、同様の傾向が認められた。

人工泉水の場合も生存率に関する要因分析の結果、土壌の差は5%の危険率で有意であった。水田土壌では、脱イオン水の場合と同様、富竹・富士川土壌で高率で、小浮、大宮、印旛沼土壌の順に低下し、厚木土壌で最低であった。殻長は富竹土壌で最大であった。

非水田土壌では、三浦蛇紋岩で最高値を示し、五日市石灰岩母材が次いで高かった他は、御坂花崗岩、練馬関東ロームでは低く、脱イオン水の場合と同様、五日市石灰岩風化殻、奄美赤色土では全稚貝が死亡した。

土壌分析結果はTable 4に示した。水質のうちpHは、水田土壌では6.1~6.8であった。非水田土壌は大部分6.1~7.5で、中には5.1を示すものもあった。EDTA硬度は、水田土壌では13.2~60.7ppmで差は顕著でないが、非水田土壌では五日市石灰岩母材、同風化殻、練馬関東ローム黒ボクで、夫々268.0, 140.9, 175.4ppmと高い値を示す一方、奄美赤色土、御坂花崗岩では夫々2.2, 4.4ppmと低い値を示し、その他は16.2~21.3ppmであった。

底土上生物相は、いずれの土壌、水の場合も、細菌類、真菌類、硅藻類、原生動物が僅かに認められる程度で、各群の差は明瞭でなかった。ここで得られた生存率、生長の差は生物相の違いによるものではないと思われる。

3) 原土別比較 金魚鉢法

脱イオン水を用いて、印旛沼土壌と富竹土壌を比較した結果 (Table 5)、平均生存率はいずれも低く、夫々14, 35%であった。

2倍に稀釈した人工泉水Dで同じ土壌を比較した結果、印旛沼土壌では27%と低率であったが、富竹土壌では91%と高率であった。

以上の結果から、タンク培養のモデルとしての金魚鉢法でも、腰高シャーレ法と同様、富竹土壌に良い傾向が認められた。

4) 粒径別比較 駄温浅鉢法

ここで用いた土壌は、第1報 (二瓶, 1978a) の粒径別産卵実験の際調製したサンプルと同一のものである。すなわち甲府盆地内3地点で採集した土壌を、径2mm~50 μ (砂, sand すなわち日本農学会法の粗砂と細砂の混合)、50~10 μ (微砂, silt), 10 μ 以下 (粘土, clay) に分け、夫々の粒径部分 (separate) で飼育した。

その結果はTable 6で示した通り、2mm~50 μ , 50~10 μ では1月目の平均生存率は夫々100, 95%と高く、2月目は85, 83%と低下した。10 μ 以下では1月目57%と低かったが、その後2月目まで死貝は観察されなかった。

2月目の殻長を平均と信頼限界で示すと、粒径2mm~50 μ で2.8 \pm 0.2mmと特に小さかったのに比し、粒径50~10 μ では3.3 \pm 0.4mm、粒径10 μ 以下では3.4 \pm 0.3mmと大きい傾向にあった。

従つて粒径別には50~10 μ が適しているという結果が得られ、この値は原土のそれとほぼ同じであった。

Table 5 Effects of soil type on the survival and growth of *O. nosophora* cultured in a plastic aquarium 30 days after start of culture shown by survival rate % (SR) and shell length mm (SL)

Kind of water	Inbanuma soil						Tomitake soil			
	Aquarium No.						Aquarium No.			
	1		2		3		1		2	
	SR	SL	SR	SL	SR	SL	SR	SL	SR	SL
Deionized water	20	2.8	20	2.0	2	2.2	43	3.8	27	1.7
Artificial spring water D (1:2)	28	2.4	26	2.1	—	—	91	2.1	90	2.5

Table 6 Effects of soil particle size on the survival and growth of young *O. nosophora* cultured in a clay pot containing different separates 20 young/pot

Soil	Range of diameter									Untreated sampling soil		
	2mm-50 μ			50-10 μ			<10 μ			1st month	2nd month	
	1st month	2nd month		1st month	2nd month		1st month	2nd month		1st month	2nd month	
	Survival rate	Survival rate	Shell length	Survival rate	Survival rate	Shell length	Survival rate	Survival rate	Shell length	Survival rate	Survival rate	Shell length
Tomitake	%	%	mm	%	%	mm	%	%	mm	%	%	mm
	100	75	2.8 \pm 0.2	100	90	3.3 \pm 0.4	60	60	3.3 \pm 0.4	100	90	3.2 \pm 0.3
Kunie	100	100	2.8 \pm 0.2	95	80	2.9 \pm 0.3	60	60	3.3 \pm 0.3	85	70	2.9 \pm 0.4
Kamiengo	100	80	2.8 \pm 0.3	90	80	3.6 \pm 0.4	50	50	3.7 \pm 0.5	95	75	3.0 \pm 0.4
Aver.	100	85	2.8 \pm 0.2	95	83	3.3 \pm 0.4	57	57	3.4 \pm 0.3	93	78	3.0 \pm 0.4

Table 7 Effects of water salinity on the survival and growth of young *O. nosophora* cultured in deep petri dishes containing Tomitake soil 30 days after start of culture 20 newly hatched snails/dish

Kind of water	Dish No.						Aver.	
	1		2		3			
	Survival rate %	Shell length mm	Survival rate %	Shell length mm	Survival rate %	Shell length mm	Survival rate %	Shell length mm
Deionized water	47	2.8	40	3.0	27	2.5	38	2.8
Well water from Minatoku, Tokyo	73	3.1	73	2.5	60	2.5	69	2.1
Irrigation water from Kofu 1	73	3.2	73	2.8	60	3.2	69	3.1
Irrigation water from Kofu 2	87	2.5	53	3.0	40	3.4	60	3.0

2. 飼育水中の塩類の影響

1) 腰高シャーレ法

土壌サンプルは、至適土の富竹と不適土の印旛沼を用いた。比較した飼育水は、脱イオン水、水道水の4日以上汲み置き水、人工泉水A~Fおよびそれらの2倍稀釈液、東京都港区東京大学医科学研究所構内の井戸水、富竹土壌採集地付近2ヶ所で採水した灌漑水である。

富竹土壌を用いて、脱イオン水、井戸水、富竹灌漑水1および2を比較した結果 (Table 7), 平均生存率は、後3者に比し脱イオン水に低く、また容器による生存率のばらつきが著しかった。

印旛沼土壌を用いて、まず脱イオン水と水道水を比較した (Table 8, Exp. 1) が、生存率、殻長はいずれも低率、低生長で、両者間の差は認められなかった。

次に脱イオン水、人工泉水A, C, D, E, FおよびE (1:2) の比較の結果 (Table 8, Exp. 2) は、平均

生存率はE (1:2), 脱イオン水で夫々 87, 80%と高率であったのに比し、その他は33~53%と低率であった。生存率の要因分析の結果1%の危険率で水の差は有意であった。平均殻長はE (1:2) で最大の1.8mm, その他は1.1~1.5mmであった。

脱イオン水、2倍に稀釈した人工泉水A~Fの比較 (Table 8, Exp. 3) では、平均生存率はE (1:2) の87%が最高で、その他は29~60%と低く、生存率に関する要因分析の結果、5%の危険率で有意であった。殻長はいずれも小さく、最大のE (1:2) でも1.4mmであった。

富竹土壌を用いて、脱イオン水および2倍に稀釈した人工泉水A~Fを比較した結果 (Table 9, Exp. 1), 脱イオン水とB (1:2) を除き76~96%と比較的高い生存率を示し、級内変動が著しく水の差は有意でなかった。

このうち2倍に稀釈したA, E, Fのみにつき、再び

Table 8 Effects of water salinity on the survival and growth of young *O. nosophora* reared in deep petri dishes containing Inbanuma soil 30 days after start of culture 20 newly hatched snails/dish

Exp. No.	Kind of water	Dish No.						Ave.		
		1		2		3		Survival rate	Shell length	
		Survival rate	Shell length	Survival rate	Shell length	Survival rate	Shell length			
1	Deionized water	60	mm 1.0	40	mm 1.2	40	mm 1.1	47	mm 1.1	
	Tap water	60	1.3	40	1.1	33	1.1	44	1.2	
2	Deionized water	87	1.6	87	1.4	67	1.2	80	1.4	
	Artificial spring water A	47	1.7	40	1.1	40	1.1	42	1.3	
	Artificial spring water C	67	1.3	47	1.0	47	0.9	53	1.1	Factorial analysis F _s =6.72 > F ₁₄ ⁶ (0.01)=4.46
	Artificial spring water D	53	1.2	47	1.8	33	1.3	44	1.4	
	Artificial spring water E	53	1.6	47	1.0	13	1.6	38	1.4	Significant difference
	Artificial spring water F	53	1.4	27	1.7	20	1.5	33	1.5	
	Artificial spring water E (1:2)	87	1.9	87	1.7	—	—	87	1.8	
3	Deionized water	53	1.1	53	0.9	33	1.2	47	1.0	
	Artificial spring water A (1:2)	73	1.2	40	1.4	27	1.4	47	1.3	
	Artificial spring water B (1:2)	53	1.4	27	1.2	10	0.9	29	1.1	Factorial analysis F _s =3.04 > F ₁₄ ⁶ (0.05)=2.85
	Artificial spring water C (1:2)	73	1.2	70	1.2	43	1.3	62	1.3	
	Artificial spring water D (1:2)	73	1.3	60	1.2	33	1.1	56	1.2	Significant difference
	Artificial spring water E (1:2)	93	1.4	87	1.4	80	1.3	87	1.4	
	Artificial spring water F (1:2)	80	1.4	53	1.2	47	1.3	60	1.3	

比較した結果 (Table 9, Exp. 2), E (1:2) は, 他 2 者に比し高かった。

以上腰高シャーレによる, 飼育水中の塩類組成の比較から, 不適土の印旛沼土壌では 2 倍に稀釈した人工泉水 E で, 生存率・生長の点で優れた成績をあげることができた。至適土の富竹土壌では印旛沼土壌ほどその影響は顕著ではないが, 脱イオン水や一部の人工泉水に悪く, E (1:2) に良好な傾向が認められた。

2) 金魚鉢法

日吉土壌を用いて, 脱イオン水と E (1:2) を比較した結果では (Table 10, Exp. 1), 生存率はいずれも 80 % 代で差が認められなかったが, 平均殻長は夫々 1.3,

2.2mm で, E (1:2) により早い生長が認められた。

富竹土壌を用いて, 送気を行い, 脱イオン水と E (1:2) で比較した結果 (Table 10, Exp. 2), 前者では水槽間の生存率のばらつきが大きく, 平均 30% であったのに比し, 後者では 67% であった。平均殻長は明瞭な差が認められなかった。

考 察

ミヤイリガイの飼育・繁殖法は, 小規模なペトリシャーレ法・素焼鉢法から, 大規模ないわゆる循環方式による水槽や, タンク培養法に到るまで, 種々考案されてきた (杉浦, 1931; Vogel, 1948; Sandground and Moore,

Table 9 Effects of water salinity on the survival and growth of young *O. nosophora* reared in deep petri dishes containing Tomitake soil 30 days after start culture 20 newly hatched snails/dish

Exp. No.	Kind of water	Dish No.						Aver.	
		1		2		3		Survival rate	Shell length
		Survival rate	Shell length	Survival rate	Shell length	Survival rate	Shell length		
		%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
1	Deionized water	80	1.1	67	1.1	33	1.5	60	1.2
	Artificial spring water A (1:2)	100	1.3	87	1.1	80	1.1	89	1.2
	Artificial spring water B (1:2)	67	1.2	67	1.2	53	1.2	62	1.2
	Artificial spring water C (1:2)	100	1.4	100	1.4	87	1.3	96	1.4
	Artificial spring water D (1:2)	100	1.1	80	1.2	73	1.1	84	1.1
	Artificial spring water E (1:2)	100	1.3	80	1.1	73	1.2	84	1.2
	Artificial spring water F (1:2)	100	1.2	80	1.1	47	1.2	76	1.2
2	Artificial spring water A (1:2)	47	1.9	40	1.9	40	1.4	42	1.7
	Artificial spring water E (1:2)	87	1.9	67	1.7	60	1.6	71	1.7
	Artificial spring water F (1:2)	53	1.8	47	2.2	40	1.9	47	2.0

Table 10 Effects of water salinity on the survival and growth of young *O. nosophora* cultured in a plastic aquarium 30 days after start of culture shown by survival rate % (SR) and shell length mm (SL)

Exp. No.	Locality	Kind of water	Aeration	Aquarium No.										Aver. SR SL			
				1		2		3		4		5			6		
				SR	SL	SR	SL	SR	SL	SR	SL	SR	SL		SR	SL	
1	Hiyoshi, Kanagawa	Deionized water	—	94	1.4	87	1.5	74	1.2	—	—	—	—	—	—	85	1.3
		Artificial spring water E (1:2)	—	100	2.2	100	2.0	64	2.2	—	—	—	—	—	—	88	2.2
2	Tomitake, Yamanashi	Deionized water	+	41	2.1	39	2.4	9	1.5	—	—	—	—	—	—	30	2.0
		Artificial spring water E (1:2)	+	90	2.1	84	2.1	74	2.2	66	2.3	59	2.3	30	2.9	67	2.3

1955; 小宮ら, 1959; 松田, 1969; 松田ら, 1969; 大島ら, 1969). 循環式飼育水槽法は, 比較的少量に安定して, ミヤイリガイを发育・産卵させることができるが, 最も急速かつ大量に, しかも容易に发育させる方法は, 松田ら (1969) の示したタンク培養法であろう. 本法を常に成功させるためには改良すべき問題点がある. 今回は稚貝の基礎的生育条件として土壌, 水について検討した.

稚貝の发育に及ぼす土壌の影響に関する実験的研究は非常に少ない. 保阪ら (1959) が土性の異なる4地点で

稚貝の生長を比較し, 壤土, 埴土に比し, 礫土, 砂土でやや生長が速いことを指摘しているが, 飯島 (1965) は土質の差より軟泥土の有無だけが重要であろうと述べ, 小宮ら (1959) も土質の構成粒子が均一に大に過ぎない限り, 十分生息できると推論している.

今回, 土壌の違いが顕著に現われると思われる駄温浅鉢法と, 水槽飼育のモデルとしての腰高シャーレ法により, 各種土壌を稚貝の生長と生存率で比較したところ, 産卵に至る適な土壌 (第1報・二瓶, 1978 a; 第2報・二瓶, 1978 b) で良好な成績が認められた. 生存率・生長

の差は水田土壌間でも認められたが、それらに比し悪い非水田土壌の場合は更に差が顕著で、全く生存に不適な土壌や粒径を指摘できた。

卵の至適 pH が 7.1~8.3 であり(野島・片峰, 1976), 本研究で pH 5.1 の赤色土・石灰岩風化殻で稚貝が得られなかったこと, 地表水のカルシウム含有量がマンソン・ビルハルツ住血吸虫の中間宿主貝の分布を規定し (Alves, 1958; Williams, 1970), 今回も石灰岩母材では非水田土壌中では好成績が得られたこと, 粒径別には 50~10 μ が良く, 粘性の強い関東ローム, 赤色土等の埴土では運動すら抑制されたことを考慮すると, 非水田土壌のみでなく, 水田土壌でも, 特にその化学性・物理性が繁殖条件として, また分布規定要因として作用していると考えられる。

生息地を流下する河川水は, 銅含有量が高く, 過マンガン酸カリ消費量が多く, また場所によつては, カルシウムあるいは亜鉛含量も高いことが, 杉原 (1952), 杉原 (1953) により指摘されている。

実験室内での飼育水としては, 従来水道水の汲み置き水などが用いられ, 水の化学性の影響を検討したり, 特定の塩類溶液で飼育した例は少ない。Davis (1964) は, *O. formosana* の貝殻再生は, 脱イオン水に比し, Carriker のモノアラガイ用リンゲル液 (NaCl 2.0g, NaHCO₃ 2.0g, K₂HPO₄ 0.1g, MgCl₂ 0.3g, CaCl₂ 0.3g/l) に良いことを指摘している。

Yasuraoka (1961) は海水に対するミヤイリガイの耐性を調べる目的で行った 48 時間飼育実験で, Herbst の人工海水 (5/9 M NaCl 100 : 5/9 M KCl 2.1 : 10/27 M CaCl₂ 3.4 : 10/27 M MgCl₂ 15.9) の 10% 溶液および, Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ の全イオンを含有する溶液で好成績を得ている。野島・片峰 (1976) は泥皮を除去した産卵直後の卵を, NaCl 2.9g, KCl 0.05g, CaCl₂ · 2H₂O 0.13g, MgSO₄ · 7H₂O 0.05g, NaHCO₃ 0.2g/l 溶液で孵化させることに成功している。

これらは外環境として特定の塩類の重要性を指摘した点で重要であるが, 孵化直後の稚貝を飼育繁殖させるために人工泉水を供試した試みは知られていない。今回ミヤイリガイの大量培養のために開発した飼育水は, 無機栄養を補給する意味で, 陽イオンとしては Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺ を含有し, 中でも貝殻の主成分である Ca⁺⁺ 含有量を高くし, 陰イオンについても, Cl⁻ のみでなく, SO₄²⁻, SiO₃²⁻, PO₄³⁻, CO₃²⁻ 等を選択して独自に作製された。甲府灌漑水や人工泉水によつて生育の差が認められた。

本研究の結果から, 稚貝飼育の際第一に土壌を決定し, 次に水を選択し, 餌を考慮すべきであろうと考えられる。餌として珪藻類などが有望視される (小宮ら, 1960; Davis and Werner, 1970; 岩永・辻, 1972; 岩永, 1973)。

閉鎖水域であるタンク培養法の場合は, 特に餌として食物連鎖を利用することにより, 飼育水の生物学的・化学的汚染を防止できるものと考えられる。

要 約

ミヤイリガイ *Oncomelania nosophora* 稚貝の生存条件に関する基礎的研究として, 土壌・水の条件を, 底に湿つた土を敷いた駄温浅鉢, 底に土を敷き飼育水を注いだ腰高シャーレや 3 l 容水槽などの飼育装置で, 孵化直後の稚貝を飼育し, 生存率と殻長を比較して, 検討した。

1. 水田土壌, 非水田土壌を含む各種土壌型別比較では, 土壌による生存率・殻長の差は顕著で, 甲府盆地内生息地の富竹土壌で最高の成績が得られた。

2. 土壌の粒径別すなわち 2 mm~50 μ , 50~10 μ , 10 μ 以下の各粒径部分による比較では, 50~10 μ で良好であつた。

3. 脱イオン水, 水道水の汲み置き水, 各種の人工泉水を腰高シャーレ法で比較した結果, 飼育に不適な黒泥を含む沖積土を供した場合は, 差が顕著で, 一種の人工泉水 (CaCl₂ · 2H₂O 0.04g, MgSO₄ · 7H₂O 0.025g, Na₂SiO₃ 0.0125g, Na₂HPO₄ 0.0025g, KHCO₃ 0.09g/l) で最良の結果が得られた。至適な富竹土壌を供した場合は, 不適土に比し差は顕著でなかつた。

4. 水槽飼育では, 人工泉水で良好であつた。

以上の結果と土壌・水の分析結果から, 稚貝の飼育の際, 土壌の性状は重要である。稚貝飼育用至適土壌は, 水田土壌の灰色・灰褐色・褐色低地土で, 粒径別には中粒質であり, 不適な土壌は腐植の多い泥炭土, 黒泥を含む沖積土, 腐植の少ないグライ土を始めとする多くの非水田土壌である。

飼育水中の塩類組成および濃度も貝の生存・発育に重要な影響を及ぼし, 水を選択により良好な成績が得られる。

本研究に御助力, 御指導を頂いた, 当研究部田中寛教授, お茶の水女子大学文教育学部地理学教室浅海重夫教授に深甚なる謝意を表す。また底土上生物相の同定に御協力頂いた元当研究部技官宮本詢子氏に感謝する。

引用文献

- 1) 青峰重範・船引真吾 (1957) : 新撰土壤実験法. 訂正第3版, 334頁, 養賢堂, 東京.
- 2) Alves, W. (1958) : Chemical constituents of surface water in Southern Rhodesia, with special reference to the molluscan vectors of Bilharziasis. Bull. Wld. Hlth. Org., 18, 1071.
- 3) Davis, G. M. (1964) : Shell regeneration in *Oncomelania formosana* (Gastropoda: Hydrobiidae). Malacologia, 2, 145-159.
- 4) Davis, G. M. and Werner, J. K. (1970) : The effect of diet on the fecundity of *Oncomelania hupensis nosophora*. Jap. J. Parasit., 19, 35-53.
- 5) 半谷高久 (1968) : 水質調査法, 399頁, 丸善, 東京.
- 6) 保阪幸男・飯島利彦・佐々木孝・橋本 魁・鶴田 函次 (1959) : 野外棲息地におけるミヤイリガイの発育状況について. 寄生虫誌, 8, 745-748.
- 7) 飯島利彦 (1965) : ミヤイリガイ. 107頁, 山梨県寄生虫予防会, 甲府.
- 8) 岩永 襄・辻 守康 (1972) : 宮入貝の室内飼育に於ける基礎的研究, (I) 珪藻類飼料による飼育について. 広大医誌, 29, 1-12.
- 9) 岩永 襄 (1973) : 宮入貝の室内飼育に於ける基礎的研究, (2) 各種植物プランクトンによる飼育について. 広大医誌, 21, 249-254.
- 10) 小宮義孝・小島邦子・小山 力 (1959) : ペトリシャーレによる *Oncomelania* のかんたんな飼育法. 寄生虫誌, 8, 721-724.
- 11) 小宮義孝・小島邦子・小山 力 (1960) : 自然界における *Oncomelania* の主な食物としての珪藻類 (*Oncomelania* の食性に関する研究 IV), 日生態誌, 10, 11-15.
- 12) 松田 肇 (1969) : 日本住血吸虫症に関する実験的研究, 第1報, ミヤイリガイの実験室における飼育繁殖方法について. 寄生虫誌, 18, 523-529.
- 13) 松田 肇・橋口淳一・工藤美子・佐々 学 (1969) : タンク培養によるミヤイリガイの実験的大量飼育法について. 寄生虫誌, 18, 662-663.
- 14) 水野壽彦 (1964) : 日本淡水プランクトン図鑑. 351頁, 保育社, 東京.
- 15) 二瓶直子 (1978 a) : ミヤイリガイの繁殖条件に関する研究, 1. 産卵に及ぼす土壌型, 土壌母材, 腐植含量の影響. 寄生虫誌, 27, 345-355.
- 16) 二瓶直子 (1978 b) : ミヤイリガイの繁殖条件に関する研究, 2. 産卵に及ぼす土壌の粒徑, 土性の影響. 寄生虫誌, 27, 463-472.
- 17) 野島尚武・片峰大助 (1976) : 宮入貝卵子の発育に及ぼす塩類の影響. 熱帯医学, 18, 91-101.
- 18) 大島智夫・小山博譽・赤羽啓榮・嶋津武 (1969) : 循環方式によるミヤイリガイ飼育法. 寄生虫誌, 18, 557-567.
- 19) Sandground, J. H. and Moore, D. V. (1955) : Notes on the rearing of *Oncomelania* spp. in the laboratory. J. Parasit., 41, 109-113.
- 20) 杉原 健 (1952) : 陸水の地球化学的研究 (第2~3報). 日化誌, 73, 358-359.
- 21) 杉原 健・明石 務・横井 信 (1953) : 片山病発生地域の地表水の化学的研究 (其の2). 岡大温泉研報, 9, 43-48.
- 22) 杉浦三郎 (1931) : 日本住血吸虫中間宿主宮入貝の生物学的研究 (第二報) (二) 東医事新誌, 55, (2743), 2087-2091.
- 23) 田宮 博・渡辺 篤 (1965) : 藻類実験法. 第1版, 455頁, 南江堂, 東京.
- 24) 東京大学農学部農芸化学教室 (1966) : 実験農芸化学, 上巻, 第10版, 396頁, 朝倉書店, 東京.
- 25) van der Schalie, H. and Davis, G. M. (1965) : Growth and stunting in *Oncomelania* (Gastropoda: Hydrobiidae). Malacologia, 3, 81-102.
- 26) Vogel, H. (1948) : Über eine dauerzucht von *Oncomelania hupensis* und infektionsversuche mit *Bilharzia japonica*. Z. Parasitenk., 14, 70-91.
- 27) Williams, N. V. (1970) : Studies on aquatic pulmonate snails in central Africa. 1. Field Distribution in Relation to water chemistry. Malacologia, 10, 153-164.
- 28) 山梨県農業試験場 (1957) : 山梨県農業試験場調査試験報告一施肥改善事業一甲府盆地中央地区, 17頁, 甲府.
- 29) Yasuraoka, K. (1961) : The effect of hydrogen ion concentration and salinity of water on extruding response and survival of *Oncomelania nosophora*, the vector snail of *Schistosoma japonicum* in Japan. Jap. J. Med. Sc. Biol., 14, 61-68.

Abstract

STUDIES ON THE BREEDING CONDITIONS OF *ONCOMELANIA NOSOPHORA*
3. EFFECTS OF SOIL AND SALINITY IN WATER ON THE SURVIVAL
AND GROWTH OF THE YOUNG SNAILS

NAOKO NIHEI

(*Department of Parasitology, Institute of Medical Science, University of Tokyo*)

The survival rate and the shell length of young snails were compared by culturing under different soil and water conditions at different soil type, soil particle size, natural water from different sites and chemical components in water.

1. In comparison with soil types of paddy soils and non-paddy soils, distinct difference of the survival rates and the growth speeds was observed, and the best result was observed on a soil sample from Tomitake, a habitat of *O. nosophora* (Table 1, 3, 5).

2. In comparison with three soil separates by ASK method, i.e. 2 mm to 50 μ , 50 to 10 μ and less than 10 μ , the best result occurred on the sample consisting of the separate with a particle size of 50 to 10 μ (Table 6).

3. Culture fluids were examined comparatively among 13 kinds, i.e. deionized water, tap water which was aged for a few days and 11 kinds of artificial spring water prepared specifically to this study. In the comparison of fluids together with an inadequate soil, it appeared that the highest survival rate was obtained in the two-fold diluted artificial spring water of E which was composed of 0.04 g of $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.025 g of $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.0125 g of Na_2SiO_3 , 0.0025 g of Na_2HPO_4 and 0.09 g of KHCO_3 in one liter of deionized water (Table 8).

4. In the same experiment using an adequate soil from Tomitake, no distinct difference of the survival rate could be recognized among fluids used (Table 9).

5. When deionized water and artificial spring water of E (1 : 2) were compared in a plastic aquarium containing soil from a non-endemic paddy field or soil from Tomitake, more rapid growth or higher survival rate was observed in the spring water (Table 10).

From these results and those of analysis of soil and water used in the above experiments (Table 2, 4), it can be concluded as follows: The characters of soil give a remarkable influence on the survival rate or growth of the young snails. The soils adequate for the breeding of young are gray, gray brown and brown soils with the texture between sand and clay, while Gley soil, Bog soil, alluvial soil including muck, volcanic ash soils, subsoils and soils of which humus content are extremely low or high are all inadequate for it. Chemical components in the breeding water are important for increasing the survival rate or growth of young.