

먹이生物의 大量生産에 關한 研究

鄭相喆 · 卞忠圭
(濟州大學校 海洋科學大學)

Study on Mass Production of Living Food for Fisheries

Sang-chul CHUNG and Choong-kyu PYEN

(Coll. Ocean Science, Cheju National Univ.)

Gilbert's medium showed favourable adaptability at various irradiance and it supported cell growth to 2.5×10^7 cells/ml. Under fluorescent illumination, Johnston's medium supported cell growth to 7×10^7 cells/l at 21°-24°C, and so was assumed to be adequate.

In the most efficient medium Johnston's diatoms inoculated at the density of 100 cells/ml reached a peak after 6-7 days, and increased to 10,200 cells/ml at 22°-24°C.

The growth of rotifers fed on a mixture of chlorella and yeast were more favourable than the groups fed on yeast only.

In the groups of rotifers fed on chlorella only, there were no difference between the rates of increase by concentration of prey. But the yield of rotifers was high in the case of more concentration of chlorella ($3 \sim 4 \times 10^7$ cells/ml).

The time required to egg formation varied from 40 hours to 90 hours. There was a delaying tendency as generations of culture developed. The necessary time in spawning was 13-15 hours.

When the water temperature was raised to 29°C, rotifers formed resting eggs. All of the resting eggs floated after adding NaCl up to 20%.

At the coastal zone of the study area, the dominant species of zooplankton population were copepods *Calanus sinicus* and *Acartia clausi*. On the other hand *Pseudodiaptomus marinus* and unidentified benthic harpacticoid sp. dominated in the tide pools.

28 Species of diatoms attached to a polyethylene plate (30 × 30cm) were submerged in an outdoor seawater tank. The zooplankton formed in the tank were mostly of polychates and copepods.

緒 言

輪虫類는 袋形動物에 屬하고 後生動物中 最小의 生物로서 그 分布는 넓으며 極地에서 熱帶 水域까지 棲息하고 있다. 輪虫類는 活性汚泥中의 重要 生物로서 옛부터 關心의 對象이 되어 왔으나 近年에 와서 水産分野의 各種 魚類 및 甲殼類의 幼生期 餌料로서 研究가 進行되고 있다. 其中 바퀴벌레(Rotifer) *Branchionus plicatilis* O. F. Muller가 餌料生物로서 各種 水産種苗生産에 普及하게 된 背景에는 本種이 原來 汽水池나 沿岸水域에 分布하는 것이기 때문에 環境條件에 對한 許容범위가 넓고 人爲의 培養管理가 容易하다는 點과 好條件下에서는 암컷만으로도 單性生殖에 따라 大量繁殖이 可能하다는데 있다고 볼 수 있다. 水産種苗의 人工的 生産에 必要한 幼生期의 餌料로서 플랑크톤의 量的確保가 要求됨으로 Rotifer의 大量培養法을 確立하고 種苗生産의 發展을 爲한 研究努力이 期待되고 있는 實情이다. 이 分野의 研究로는 Pyen & Song(1970)이 貝類 및 動物性플랑크톤의 먹이로서 植物性플랑크톤 培養에 關하여 報告한 바 있으며, Moon(1980)이 輪虫의 接種密度와 適正 *Chlorella* 濃도에 關하여 報告한 바 있고,

外國에서는 Hiramoto(1972), Hino & Hirano(1976, 1977), Watanabe 等(1978), Kokura 等(1982) 等の 報告가 있다.

앞으로 重要魚貝類 및 甲殼類의 人爲的 量産管理가 必然의이고 이들의 初期餌料로서의 플랑크톤의 大量生産確保는 前提되어야 할 課題이므로 Rotifer 뿐만아니라 沿岸에서의 動物性 플랑크톤의 生態研究와 이들의 生活環境을 調整해 주고 年中 管理確保 할 수 있는 技術과 基礎研究가 繼續되어 나가야 될 것으로 생각되어 本 研究에서는 植物性 플랑크톤을 비롯한 Rotifer에 關한 研究와 養魚池 및 西歸浦의 沿岸性 플랑크톤類를 分類하여 여기에 發表하는 바이다. 本 實驗에 協助하여준 서울大學校大學院生 李東燮君과 本大學校增殖學科 柳寅赫君, 海洋資源研究所 趙雲三助教와 國立水産振興院 鄭昌株, 李三根 技士에게 謝意를 表하는 바이다.

資料 및 方法

本 實驗에 사용된 溶液은 Table 1에 나타내었으며, 培養水槽는 30 × 30 × 60 cm, 85 × 50 × 50 cm의 四角水槽들과 2ℓ의 둥근 후라스크들을 사용하였다. 光源은

Table 1. Composition of medium used in stock culture of phytoplankton

Modified PI	Yoshida	Gilbert (1963) ⁽²⁾	Green Water	Kampsal+Clewatt	Kampsal
NaNO ₃ 200 g	(NH ₄) ₂ SO ₄ 0.1 g	KNO ₃ 1100mg	(NH ₄) ₂ SO ₄ 10 g	Kampsal ⁽³⁾ 1 ml	Kampsal 1 ml
Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O 50 g	CaO 15mg	K ₂ HPO ₄ 40mg	CaO 15mg	Clewatt 1 ml	Sea Water 1000ml
Na ₂ EDTA mix ⁽¹⁾ 3 g	(NH ₂) ₂ Co. 5mg	NgSO ₄ 7H ₂ O 62mg	Clewatt 30mg	Sea Water 1000 ml	
Dist. Water 1000ml	Clewatt ⁽⁴⁾ 1mg	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O 144 mg	Sea Water 1000ml		
	Sea Water 1000 ml	Sea Water 1000 ml			

Johnston(1963)	Nutrients A	Provasoli et al.(1959)
NaNO ₃ 0.1 g	NaNb ₃ 250mg	ZnSO ₄ · 7H ₂ O 0.2mg
K ₂ HPO ₄ 0.01 g	K ₂ HPO ₄ 27 mg	Mo · O ₃ 40 μg
FeSO ₄ · 7H ₂ O 4.37mg	FeSO ₄ 7H ₂ O 4.37 mg	Tris 1 g
MnCl ₂ · 4H ₂ O 5.10mg	MnSO ₄ 7H ₂ O 1 mg	Biotin 1 μg
ZnSO ₄ · 7H ₂ O 1.60mg	CuSO ₄ 5H ₂ O 10 μg	Thiamine Hcl 0.01mg
Na ₂ EDTA · 2H ₂ O 0.2 mg	CoSO ₄ 7H ₂ O 14 μg	Sea Water 500 ml
Sea Water 100 ml		

(1) Na₂ EDTA mix, 1000ml, contains: Na₂EDTA, 3g; FeCl₃ 6H₂O, 0.24g; ZnCl₂, 0.03g; MnCl₂ 4H₂O, 0.27g; CoCl₂ 6H₂O, 0.8mg; CuSO₄ 5H₂O, 0.4mg; (Modified PI sol: quoted from Takeda 1970)

(2) Gilbert (1963): quoted from table 14.3, shirota 1975.

(3) Kampsal: Nutrimnt made in choong-Ang agriculture-equipment Co. LTD. KOREA.

(4) Clewatt: EDTA, 3.0g; Fe(Cl), 80mg; Mn(Cl), 120mg; Zn(Cl), 15mg; Co(Cl), 3mg; Cu(SO₄), 1.2mg.

螢光燈 (20 W) 을 利用하였으며, 四角水槽의 경우 위에서 照射하였고 후라스크의 경우 유리관을 利用하여 밑에 光源을 設置하여 照射하였다. 各 培養水槽에는 濾過된 空氣를 實驗期間中 계속 注入하였다 (Marine Ecology vol. III part I p. 225 ~ 226 참조).

試料은 汽水性 Rotifer 와 本大學校 附屬 海洋資源研究所 앞의 tide pool 과 海岸水域 (Chung, 1983의 station 참조) 에서 1984년 9월 動物性플랑크톤 net로서 1m/sec 속도로 水平採集하여 85×50×50cm의 水槽에서 培養하였다. 餌料로는 chlorella sp. 를 1日에 8×10^7 cell 씩 投餌하였다.

Rotifer 培養에 사용된 給餌量은 yeast의 경우, yeast 0.1g을 海水 1000 ml에 溶解시킨後 水槽의 海水量 500 ml에 對하여 100 ml을 供給하였고, chlorella의 경우는 4×10^6 cells/ml을 水槽의 海水量 500 ml에 對하여 100 ml를, chlorella + yeast의 경우는 上記의 半을 混合하여 各 水槽마다 2日에 1回 供給하였다.

野外 콘크리트 水槽內에 30×30cm의 polyethylene 波板을 垂下시켜 附着性植物 플랑크톤을 月別로 調査하였다.

植物性플랑크톤의 試料은 全體容量을 500 cc 되게 한後 그 中 10 ml를 5倍로 희석하여 Micro pipett 로 0.2 ml 抽出하여 1500 倍率의 顯微鏡下에서 計數하여 全體容量의 個體數로 換算하였다.

結 果

1) Chlorella의 培養

輪虫類 및 動物性플랑크톤의 먹이가 되는 chlorella sp.의 培養을 Table 1의 溶液으로 北向窓側에 間接光線 (Fig. 1) 과 20W의 螢光燈下 (Fig. 2)에서 水溫 23~28°C, pH 7.75~8.2의 條件에서 實施하였다. 2.5×10^6 cells/ml 濃度에서 시작된 各 實驗區는 Fig. 1에서와 같이 peak에 도달하는 時間은 Gilbert 氏液의 14日을 除外하고는 12日만에 到達되었으며, Green Water區는 4.5×10^6 cells/ml, Gilbert 氏區는 40.3×10^6 cells/ml, Kampsal 區에서는 23.0×10^6 cells/ml, Kampsal + clewatt 區에서는 22.3×10^6 cells/ml, Yoshida 氏區에서는 16.4×10^6 cells/ml 個體로 各 增加하였으며, Kampsal 區와 Yoshida 氏區에 있어서는 18日이 經過한 後에도 다시 增加하는 傾向이 있었다.

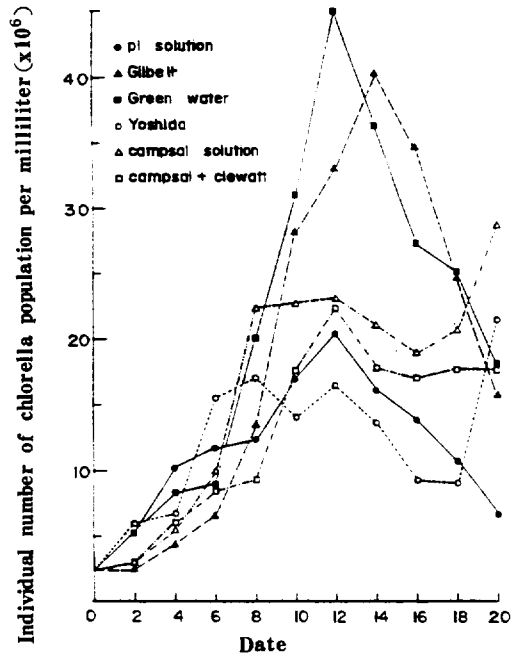


Fig. 1. Daily increasement of the number of chlorella sp. density by each solution beside the window.

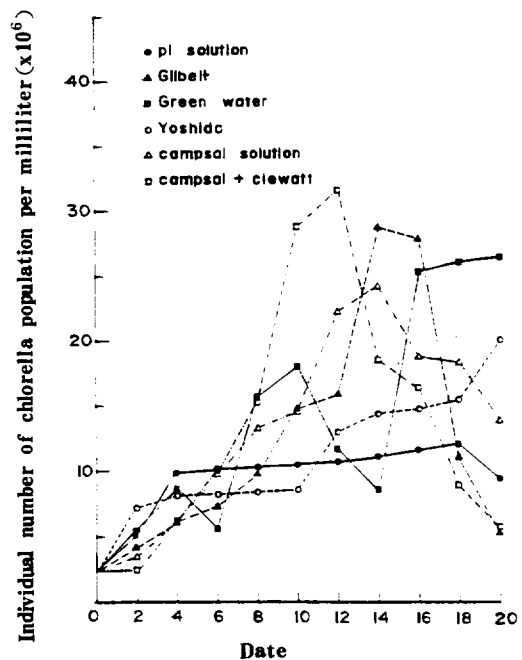


Fig. 2. Daily increasement of the number of chlorella sp. density by each solution under fluorescent light.

螢光燈下의 Fig. 2에서 pi區는 18日만에 1.2×10^6 cells/ml, Kampsal 區는 14日만에 24.2×10^6 cells/ml, Kampsal + clewatt 區에서는 12日만에 31.5×10^6 cells/ml, Green water 區는 20日만에 26.5×10^6 cells/ml, Gilbert 氏區에서는 14日만에 28.7×10^6 cells/ml로 peak을 이룬後 漸次減少되었으며, 特히 Yoshida 氏區에서만 10日만에 18×10^6 cells/ml로 增加後 감소하여 16日째부터 다시 25.4×10^6 cells/ml로 增加하기 시작하였다. 以上에서 間接光線下에서는 Green water 區와 Gilbert 氏溶液이, 螢光燈下에서는 Kampsal 과 Gilbert 氏溶液이 良好하였으며 一般的으로 光의 強弱에 適應性이 강한 것은 Gilbert 氏 溶液이었다.

Fig. 3은 Gilbert 氏溶液과 Johnston 氏溶液을 選定하여 chlorella를 培養中 증발한 溶液만큼 계속 溶液을 보충하면서 螢光燈下에서 培養한 結果이다. 어느 溶液에서도 뚜렷한 peak가 存在한다기보다는 環境이 收容할 수 있는 限界線에 漸近하는 形狀을 보이고 있다. 이 曲線을 Logistic 式 $\{y = L / (1 + e^{-ax})\}$, 단, x 는 時間, y 는 個體數, a 는 時間原點을 取하는 方法에 關係하는 定數, b 는 個體群의 自然增加率, L 은 個體群의 極限}에 適用시킨 結果, Gilbert 氏溶液에서는 $20^\circ \sim$

21°C 로 水溫을 固定한 重復實驗에서 얻은 두 曲線에 大差없이 平均値를 取하여 計算된 式은 $y = 2,507 \times 10^7 / (1 + e^{4.2637 - 0.5829x})$ 으로 12日째의 實測值인 4.9×10^7 의 한 點을 除外하고는 잘 一致하는 傾向이다. 한편, Johnston 氏溶液에서는 水溫 $23^\circ \sim 27^\circ\text{C}$ (Fig. 3의 B')와 $21^\circ \sim 24^\circ\text{C}$ (Fig. 3의 B)에서 培養한 個體數에 17日後부터 큰 差異를 보였다. Logistic 曲線으로 나타내면, 高水溫에서는 $y = 1,805 \times 10^7 / (1 + e^{8.9263 - 0.7411x})$, 低水溫에서는 $y = 4,032 \times 10^7 / (1 + e^{7.5868 - 0.4670x})$ 이었다. 後者の 경우 理論的 極限值 $4,032 \times 10^7$ cells/ml는 實測值 (7.6×10^7 cells/ml)보다 낮은 값으로 나타나고 있다. 上記의 式에서 求한 自然增加率은 約 $0.5 \sim 0.7$ 의 範圍로 높은 率로서 나타난다.

2) Diatom의 培養

Diatom sp.의 培養液은 Johnston 氏溶液, Nutrients A, Provasoli et al. 氏溶液 3가지로 本 研究所 앞 海岸의 tide pool에서 採集한 diatom sp.를 自然水溫 ($25^\circ \sim 27.5^\circ\text{C}$)에서 培養한 結果 Fig. 4와 같이 各 溶液 共히 7日만에 peak에 到達하였으며, Johnston 氏溶液에서

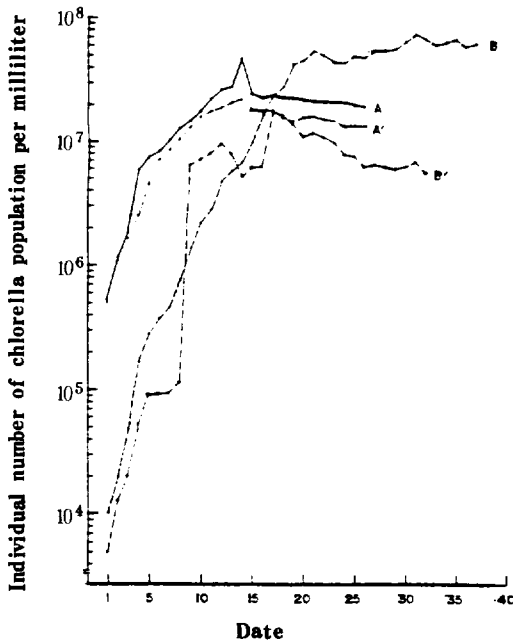


Fig. 3. Daily increasement of the number of chlorella sp. density fed on Gilbert (A and A': $20^\circ \sim 21^\circ\text{C}$) and Johnston solution (B $21^\circ \sim 24^\circ\text{C}$, B' $23^\circ \sim 27^\circ\text{C}$).

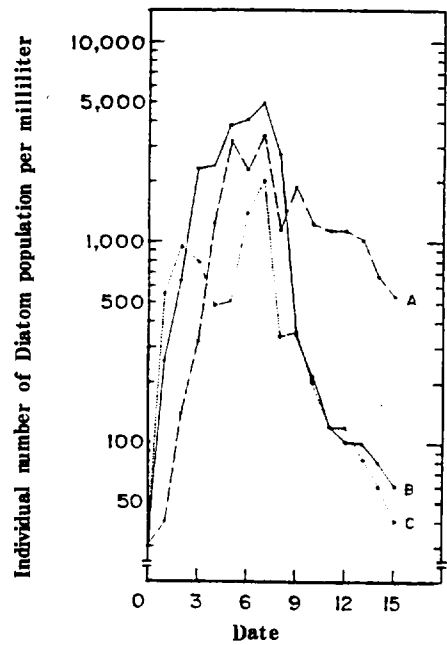


Fig. 4. Daily increasement of the number of diatom sp. density fed on Johnston(A), Nutrients I(B) and Provasoli(C) solution.

4900 cells/ml, Nutrients A는 2020 cells/ml, Provasoli et al 溶液에서는 3420 cells/ml로서, Johnston氏 溶液에서 가장 좋은 效果를 나타내었다. 그리고, Johnston氏 溶液으로서 18~21℃ (實驗當時의 自然水溫), 22~24℃, 25℃ 以上の 各水溫別 成長度는 Fig. 5와 같이 22~24℃에서 100cells/ml에서 培養시작한 diatom 數가 6日만에 11,200 cells/ml까지 增加하였고, 18~21℃에서는 10200 cells/ml, 25℃ 以上에서는 低水溫의 약 半數인 550 cells/ml로 增加하였다. 즉, 水溫이 上昇하면 1日 빨리 peak에 到達하는 傾向이 있는 듯하나 25℃ 以上이 되면 增加量은 매우 낮다는 것을 알 수 있다. 培養 3日後 부터는 *Skeletonema*와 *Chaetoceros*가 優占種으로 나타나기 시작하였다.

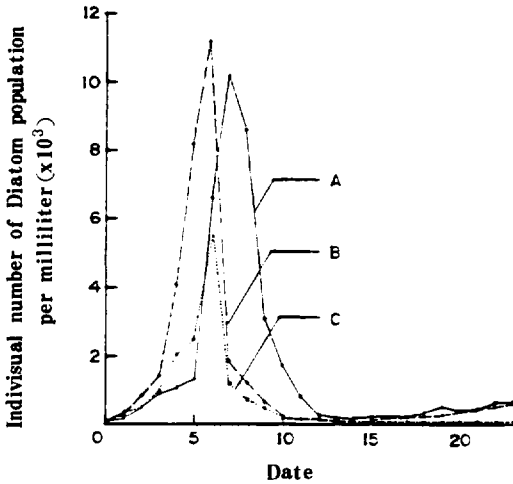


Fig. 5. Daily increased number of Diatom sp. density by water temperature. A: 8~21°C, B: 22~24°C, C: over 25°C

3) Rotifer의 培養

Rotifer 增加量을 推定키 爲하여 먹이의 種類, 即 yeast, chlorella+yeast, chlorella 區로 나누어 5個體/ml의 Rotifer를 投入後 調査한 結果는 Fig. 6과 같다. chlorella+yeast 區가 24日만에 48個體/ml, chlorella 區는 12日만에 37個體/ml, yeast 區는 22日만에 26個體/ml로 peak를 이룬 後 감소하였다. 增加速度는 yeast 區가 가장 낮고, chlorella 區와 chlorella+yeast 區는 12日까지는 비슷한 增加速度로 良好한 增加를 하고 있으나, chlorella+yeast 區는 24日까지 계속 增加

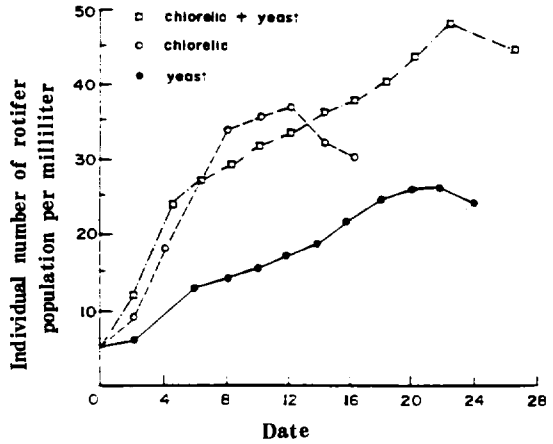


Fig. 6. The growth of the rotifer population when 5 inds./ml were initially stocked, fed respectively marine chlorella, baker's yeast and chlorella supplemented with yeast.

하므로 가장 좋은 增加量을 갖는다. 特히 yeast 區는 水質變化가 현저하게 빨리 일어나는 것을 볼 수 있었다. 따라서 水質變化에 큰 영향을 미치지 않는 chlorella의 給餌量에 따른 Rotifer의 增加量은 Fig. 7과 같다.

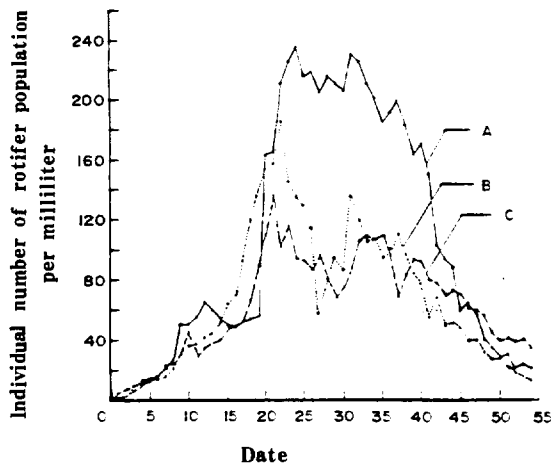


Fig. 7. Daily increased number of rotifers when 1 ind./ml were initially stocked, fed on different concentrations of chlorella sp..

A: chlorella $3 \sim 4 \times 10^7$ cells/ml
 B: chlorella $4 \sim 5 \times 10^6$ cells/ml
 C: chlorella 3×10^6 cells/ml

1個體/ml의 Rotifer 에 chlorella 濃度를 달리한 $3 \sim 4 \times 10^7$ cells/ml, $4 \sim 5 \times 10^6$ cells/ml를 給餌한 結果 peak에 到達하는 時日은 21~23日이었고 또한 peak에 到達할 때 까지의 增加速度도 유사하였으나 增加量에 있어서는 현저한 差異를 보였다. 卽 $3 \sim 4 \times 10^7$ cells/ml의 量이 가장 좋은 增加量으로 23日만에 235個體/ml로 되었고, $4 \sim 5 \times 10^6$ cells/ml에서는 185個體/ml로, 3×10^6 cells/ml區에서는 136個體/ml로 各各 增加하였다.

Rotifer의 卵形成期로부터 脫落까지의 經過時間을 推定키 위하여 3個體를 選定하여 各世代間 測定한 時間은 Table 2와 같다. 첫世代에 있어서 卵形成에 所要되는 經過時間은 40時間 5分내지 94時間 25分, 卵形成後 脫落까지의 經過時間은 13時間 30分내지 14時間 35分의 範圍였다.

2世代에 있어서도 前述의 同一한 方法으로 培養한 結果 卵形成에 所要되는 經過時間은 45時間 10分내지 88時間, 卵形成에서 脫落까지에는 12時間 25分내지 15時間 45分의 범위이고, 3世代에서는 卵形成時間과 脫落까지의 經過時間은 各各 47時間 35分내지 90時間, 13時間 50分내지 15時間 10分, 4世代에서는 各各 42時間내지 96時間 45分, 12時間 20分내지 15時間 35分의 범위였다. 卽 卵形成所要經過時間에 있어

서는 빠른 것은 約 40時間에서 늦게 形成되는것은 約 90時間에 이르는 상당한 時間差를 갖는데 比해 脫落의 時間은 13時間내지 15時間에 지나지 않는다. 또한 卵形成所要平均經過時間에 있어서는 1段階의 46時間 16분이 5段階에 이르면 96時間 5分으로 約 2倍의 時間이 要求되었으며 卵形成 次數가 거듭할수록 卵形成 所要時間이 길어지는 傾向이 있었다.

耐久卵을 形成시키기 위하여 20℃內외의 水溫을 2日에 걸쳐 28°~29°로 上昇시켜 固定한 後, Rotifer의 生殘數와 耐久卵의 形成數를 調査한 結果, Table 3과 같다. 30個體/ml의 Rotifer는 水溫을 29℃로 上昇시킨 後 거의 直線의으로 감소하여 6日째는 2個體/ml만 남는 反面, 29℃의 水溫에서 耐久卵을 形成하기 시작하여 5日째 15個의 耐久卵이 形成되어 Rotifer의 實驗個體數의 50%에 해당되는 卵을 얻을 수 있었다. 底層에 沈降하는 耐久卵을 浮上採集하기 위하여 NaCl 溶液을 Table 4와 같이 實施하였던 바, 20% 濃度에서 100%의 浮上卵을 얻을 수 있었다.

4) Copepoda의 培養

西歸浦海岸에서 採集한 動物性플랑크톤의 優占種을 月別로 많이 出現하는 順序로 나열한 것이 Table 5이고,

Table 2. Elapsed time for production and offspring of egg by each generation (unit, hour:minute)

Generation	Elapsed Time	1st Egg	1st off	2nd Egg	2nd off	3rd Egg	3rd Egg	4th Egg	4th off	5th Egg	5th off
		produc- tion	spring from Egg	produc- tion	spring from Egg	produc- tion	spring from Egg	produc- tion	spring from Egg	produc- tion	spring from Egg
1st A		49:45	14:35	71:05	13:50	94:25	14:25	—	—	—	—
1st B		49:15	14:00	60:15	14:30	77:15	13:40	—	—	—	—
1st C		36:45	13:30	40:05	14:00	44:15	13:35	—	—	—	—
2nd A		47:20	12:25	63:00	14:35	81:30	15:00	—	—	—	—
2nd B		49:00	15:45	54:15	13:55	59:35	14:15	78:50	14:10	—	—
2nd C		45:10	12:50	69:10	14:20	88:00	14:25	—	—	—	—
3rd A		48:5	14:20	67:55	14:00	86:00	15:00	—	—	—	—
3rd B		47:35	15:00	71:10	15:10	90:00	14:15	—	—	—	—
3rd C		50:10	14:40	68:25	14:30	86:55	13:50	—	—	—	—
4th A		42:00	12:20	65:30	14:10	69:00	14:20	72:25	15:30	—	—
4th B		47:40	14:50	67:15	13:50	71:10	15:30	75:10	14:00	96:45	15:20
4th C		42:25	15:35	69:10	15:05	72:15	13:55	77:15	14:25	95:25	14:35
Mean		46:16	14:09	63:56	14:20	76:42	14:21	76:07	14:31	96:05	14:58

Table 3. Survival number of rotifers and cumulative production of resting eggs according to increasement of water temperature

Day elapsed	0	1	2	3	4	5	6
Water temp. (°C)	20	23	28	28	29	29	29
Survival No. of rotifers	30	29	21	17	15	4	2
Cumulative prod. of resting eggs	0	0	2	4	6	15	15

Table 4. Floating rate of rotifer's resting eggs by concentration of sodium chloride

NaCl Sol. (%)	Resting Eggs (%) in bottom	Floating Eggs (%)
8	90	10
12	63.3	36.7
16	23.4	86.6
20	0	100

採集된 動物性 플랑크톤의 10% 이상을 占有하는 種을 淸의상 優占種이라 하였다.

Table 5에서 보는 바와같이 가장 많이 出現하는 2種 *Acartia clausi*와 *Calanus sinicus*의 各 10個體씩 選定하여 diatom을 給餌하면서 培養한 結果는 Fig. 8과 같다. *Acartia clausi*의 경우 時間의 經過와 더불어 個體數의 감소는 거의 直線的이며, 10^3 cells/ml 보다 10^4 cells/ml 를 投餌한 것이 4日간이나 더 生存하는 것으로, diatom의 給餌量이 많을수록 生存하는 時間이 길어지는 傾向이 있었다. *Calanus sinicus*의 경우에는 2日間은 給餌量에 關係없이 現狀을 유지하고 3日後부터는 給餌量에 따라 減少差가 일어나기 시작하여, 적은 給餌量인 10^3 cells/ml 인 경우 20% 死亡이 일어나고, 6日後부터는 共히 비슷한 指數的인 傾向으로 減少하고 있다.

Tide pool에서 採集한 Copepoda는 *Pseudodiaptomus marinus*, Unidentified benthic harpacticoid sp., *Euterpina acutifrons*의 3種이었으나, *Euterpina acutifrons*는 全 動物性 플랑크톤의 10% 以下였다. 따라서 *P. marinus*의 harpacticoid sp.를 選定하여 培養한 結果가 Fig. 9이다. Fig. 9의 A는 Unidentified benthic harpacticoid sp.의 20個體에 對하여 chlorella $5 \times 10^3 \text{ cells/ml}$ 와 tide pool에 棲息하는 底棲藻類群으로 培養한 것이고, B는 *P. marinus*와 20個體에 對하여 10^4 cells/ml 의 chlorella로서 培養한 것으로, 어느 경우에도 直線的으로 減少하는 傾向으로 비슷한 樣相을 보이고 있다. 外洋性 플랑크톤인 *Acartia clausi*와 *Calanus sinicus* 보다는 長期間 生存하는 傾向이 있었다.

5) 水槽內的 플랑크톤의 月別變化

培養水槽內 6個月以上 垂下한 polyethylene 波板(30 × 30 cm)에 附着한 플랑크톤의 種類와 그 數量은 Table 6, 7과 같다. 動物性 플랑크톤에 있어서 copepoda는 年中 出現하고 있으나 特히 6月부터 10월에 많은 出現量을 보이고, *Microsetella norvegica* sp.는 7, 8월에 主로 出現하고 있다. *Tigriopus japonicus* sp.는 年中 出現한다고 볼 수 있으나 特히 6月과 9월에 많이 出現하고 있다. Polychaeta도 年中 出現하고 있으나 水溫이 가장 높은 8월에 많이 出現하고 있는 것이 特徵이다. 植物性 플랑크톤에 있어서는 硅藻類 8科 22

Table 5. Dominant species made in order of zooplankton's abundance on the coast of Seogwipo in Aug.-Oct., 1983

Aug. 1982	Sep. 1982	Oct. 1982
<i>Acartia clausi</i>	<i>Acartia pacifica</i>	<i>Oncaea venusta</i>
<i>Calanus sinicus</i>	<i>Temora discaudata</i>	<i>Calanus sinicus</i>
<i>Paracalanus parvus</i>	<i>Calanus sinicus</i>	<i>Undinula vulgaris</i>
	<i>Oncaea venusta</i>	

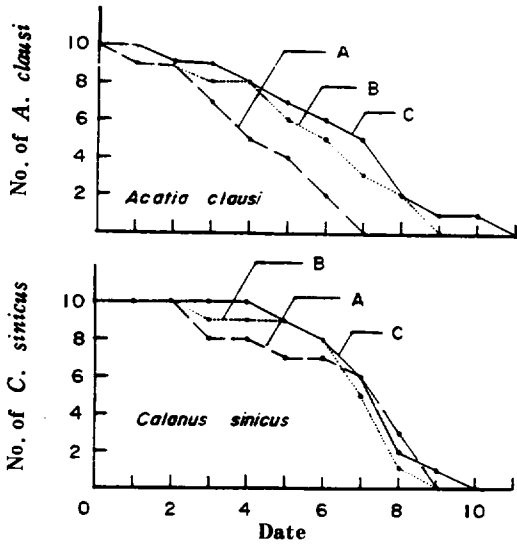


Fig. 8. Dialy change of *Acatia clausi* and *Calanus sinicus* fed on diatoms
 A: diatom 10^3 cells/ml
 B: diatom 5×10^3 cells/ml
 C: diatom 10^4 cells/ml

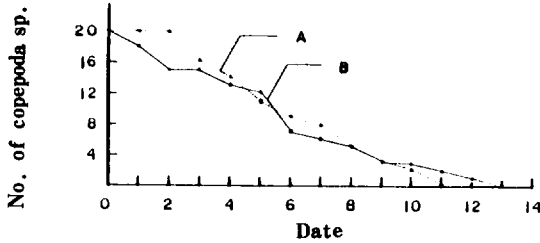


Fig. 9. Dialy growth of unidentified benthic harpacticoid sp. population (A) and *Pseudodiaptomus marinus* population (B), fed on chlorella of 5×10^3 cells/ml and benthic algal clump collected in tide pool for A, chlorella of 10^4 cells/ml for B.

屬 28種 濫藻類 및 雙鞭毛藻類가 各 1種씩 總計 30種이 出現하였다. 4月에는 *Biddulphia aurita*가 50.3%를 차지하였고 5月에는 同種이 80.4%로 增加하였다가 6月에는 26.1%인 反面 *Stephonopyxis palmerana*가 33.6%로 增加하였고, 7月에는 *Licmorhora abbreviata*가 39.7% *Striatella unipunctata*는 34.6%로서 優占, 8月에는 濫藻類인 *Trichodesmium* sp.가 57.6%로 顯著하게 出現하였다. 9月에는 *Thalassiosira flanelfeldii*와 *Thalassionema nitzschioides*가 各各 20.8% 20.0%로, 10月에는 *Navicula membranacea*가 42.0% *Nitzschia serial*는 39.3%로 優占하였고, 11月에는 *Licmorhora abbreviata*가 84.7%로 大出現을 하였으며, 12月에는 *L. abbreviata*가 53.1% *Thalassionema nitzschioides*가 33.3%로 出現하였다. 이와같이 月別 出現組成은 顯著한 差異가 있었으며, 夏季에는 附着種 및 量이 比較的 貧弱한 傾向이었다.

考 察

*Chlorella*의 培養에 있어서 Gilbert氏溶液과 Johnston氏溶液이 比較的 良好한 편으로 最大生産量은 1.8×10^7 cells/ml의 큰 變動을 나타내고 있으나, Johnston氏溶液의 $21^\circ \sim 24^\circ \text{C}$ 에서 培養한 曲線 이외는 logistic 曲線에 잘 一致하고 있다. logistic 曲線으로 推定한 最大極限值인 1.8×10^7 cells/ml 내지 4.0×10^7 cells/ml의 濃度까지는 培養할 수 있다는 結論이다. logistic 曲線을 利用한 生産量모델에 있어서의 變曲點은 最大極限值的 50%인 9×10^6 cells/ml 내지 2.0×10^7 cells/ml가 Hjort等(1933)의 適正漁獲量(optimum catch)에 해당된다. 換言하면, 小量의 *chlorella*를 接種하여 $9 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^7$ cells/ml 까지 增加시키면, 그 以後 3~4日(自然增加率이 0.5~0.7)에 1回씩 $9 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^7$ cells/ml를 他生物의 먹이로서 계속 投餌할 수 있을 것으로 思料된다.

Table 6. List of zooplankton species in the seawater tank, 1984

Month	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Sorting Volume (cc)	61.1	21.7	13.4	45.2	75.0	30.8	26.0	83.0	179.0
Copepoda	37	41	800	1000	860	370	1100	184	200
<i>Microsetella norvegica</i> sp.				280	452	8	88		
<i>Tigriopus japonicus</i> sp.	10	10	104			100		72	68
Polychaeta	26	20	17		336	72	4	48	24
Others	86	58	412	5	356		11	8	

먹이生物의 大量生産에 關한 研究

Table 7. List of phytoplankton species in seawater tank, 1984

Species	Total No. cells (x10 ³)	
April		
<i>Actinoptychus undulatus</i>	405	
<i>Biddulphia aurita</i>	1182.5	
<i>Cocconeis scutellum</i>	82.5	
<i>Grammatophora marina</i>	117.5	
<i>Hyalodiscus stelliger</i>	182.5	
<i>Striatella unipunctata</i>	40	
<i>Thalassiothrix flauenfeldii</i>	340	
May		
<i>Biddulphia aurita</i>	310	
<i>Cerataulina bergonii</i>	62.5	
<i>Cocconeis scutellum</i>	105	
<i>Nitzschia paradoxa</i>	217.5	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	182.5	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	235	
<i>Thalassiothrix flauenfeldii</i>	4575	
June		
<i>Biddulphia aurita</i>	245	
<i>Cocconeis scutellum</i>	190	
<i>Melosira</i> sp.	27.5	
<i>Navicula membrane</i>	5	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	315	
<i>Striatella unipunctata</i>	67.5	
<i>Thalassiothrix flauengeldii</i>	87.5	
July		
<i>Biddulphia aurita</i>	27.5	
<i>Cerataulina bergonii</i>	92.5	
<i>Landeria borealis</i>	20	
<i>Licmophora abbreviata</i>	390	
<i>Navicula membrane</i>	50	
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	60	
<i>Striatella unipunctata</i>	340	
August		
<i>Biddulphia aurita</i>	32.5	
<i>Licmophora abbreviata</i>	152.5	
<i>Navicula membrane</i>	67.5	
<i>Nitzschia closterium</i>	77.5	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	60	
<i>Trichodesmium</i> sp.	530	
September		
<i>Amphiprora gigantea</i>	32.5	
<i>Biddulphia aurita</i>	122.5	
<i>Cocconeis scutellum</i>	287.5	
<i>Licmophora abbreviata</i>	265	
<i>Mestogloia minuta</i>	92.5	
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	92.5	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	157.5	
<i>Thalassiosira flauenfeldii</i>	370	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	355	
October		
<i>Amphora lineata</i>	10	
<i>Ceratium fusus</i>	5	
<i>Diploneis splendida</i>	42.5	
<i>Grammatophora arcuatum</i>	10	
<i>Navicula membrane</i>	355	
<i>Nitzschia paradoxa</i>	35	
<i>Nitzschia seriata</i>	332.5	
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	27.5	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	26.5	
November		
<i>Biddulphia aurita</i>	7.5	
<i>Cocconeis scutellum</i>	22.5	
<i>Ceratium fusus</i>	7.5	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	45	
<i>Licmophora abbreviata</i>	5987.5	
<i>Navicula membrane</i>	3.5	
<i>Nitzschia seriata</i>	230	
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	210	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	67.5	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	483	
December		
<i>Amphora lineolata</i>	27.5	
<i>Biddulphia reticulata</i>	10	
<i>Ceratium fusus</i>	30	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	262.5	
<i>Licmophora abbreviata</i>	4485	
<i>Navicula membrane</i>	185	
<i>Nitzschia closterium</i>	35	
<i>Nitzschia seriata</i>	120	
<i>Nitzschia paradoxa</i>	7.5	
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	242.5	
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	132.5	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	82	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2812.5	
<i>Thalassiothrix flauenfeldii</i>	7.5	

* per one collector (30 cm x 30 cm)

Hirayama(1972)는 Rotifer의 個體群 成長에 對한 chlorella 濃度別 澗水率調査에 있어서 $2.1 \times 10^6 \text{ cells/ml}$ 가 下限界值로서 그 以下일 경우 空腹狀態가 된다고 報告하고 있고, Moon(1981)은 $3 \times 10^6 \text{ cells/ml}$ 의 chlorella 濃도에 10 個體/ml를 接種한 경우가 日間 增加率이 가장 良好하여 9日만에 192.5 個體/ml까지 增加하였다고 한다. 本 實驗에서는 Hirayama가 報告한 下限界值보다 많은 $3 \times 10^6 \text{ cells/ml}$ $4 \sim 5 \times 10^6 \text{ cells/ml}$ $3 \sim 4 \times 10^7 \text{ cells/ml}$ 의 3가지로 投餌量을 달리한 結果(Fig.7), 投餌量이 많은 편이 Rotifer의 生産量이 좋았고 1 個體/ml가 10~11日만에 40~60 個體/ml의 일시적인 peak後 감소하는듯 하다가 急增加하여 21~23日에서 235 個體/ml의 peak를 보였다. 增加量이 급격히 일어나는 시기는 15日에서 23日 사이였으며, 15日째의 約 60 個體/ml가 23日째의 235 個體/ml로 增加하였다. 即, $3 \sim 4 \times 10^7 \text{ cells/ml}$ 의 chlorella 濃度에서 60 個體/ml를 接種시키면 7~8日後는 約 4배의 增加量인 235 個體/ml를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

夏期 高水溫期에 不足하기 쉬운 chlorella의 補充을 위하여는 yeast의 混用이, rotifer의 增加量에는 보다 더 効果的이라는 것은(Fig.6), Hiramoto(1972)의 實驗結果와 一致하였다. yeast는 부패하기 쉬운 缺點이 있으므로 水溫에 따른 混用하는 量의 決定에 關하여 次後 檢討할 必要가 있다. 한편 Watanabe등(1978)에 의하면 yeast는 海產魚의 必須脂肪酸(EFA)의 含有가 不足하다고 하며, Yamaguchi(1978)는 yeast의 缺點을 補充하기 위하여 幼生期の 먹이로서 利用하기 1~2日전에 chlorella 單一培養 水槽內에서 收容後 給餌함으로서 仔魚의 營養供給面에서 有利하다고 報告하고 있다.

Hino等(1976, 1977)에 의하면, 兩性生殖의 過程에서 적어도 2段階의 單爲生殖이 있다고 하였으며 첫段階는 兩性生殖雌虫(mictic female)을 生成하는 能力이 要求되는 것으로 生殖世代가 進行됨에 따라 自然이 生成되고, 2段階는 高密度와 같은 外部的要因의 作用에 의함이며 오직 첫段階를 거친 個體들에만 해당된다고 한다. 또 Rotifer의 世代別 增加量에 對하여는 부화한後 次世代의 암컷이 生産될때까지는 36~48時間이 所要된다고 하였다. 本 研究에서는 1世代에서 平均 60時間, 2世代에서는 78時間, 3世代에서는 91時間으로, 次世代로 갈수록 많은 時間이 要求되어 Hirano 結果보다는 約 2배정도의 時間이 所要되어 앞으로 檢討될 과제이다.

Rotifer는 夏期 및 冬期の 高 低水溫에 大部分 死滅

하므로 種株保存을 爲한 耐久卵 造成方法에 있어서는 30℃의 水溫으로 上昇시켰더니 母體의 死亡으로 耐久卵을 얻지 못하였고, 29℃의 水溫에서 耐久卵의 生成과 同時에 母體의 死亡이 있었다. 耐久卵의 生成은 母體의 個體數의 50%에 지나지 않아 좋은 結果라고는 할 수 없으나 水溫上昇에 의해서도 種株保存을 할 수 있다는데 意義가 있다. 또 生成된 耐久卵을 底層의 雜物質과 分離키 위하여 20%의 NaCl을 사용하면 100%의 效果를 얻을 수 있으나, NaCl로 인한 耐久卵이 次世代의 부화에 어떠한 영향이 미치는가에 對한 檢討는 하지 못하였다. Kokura等(1982)에 의하면, NaCl의 濃度別 부화율 試驗에서 16% 濃度에서 83.1%, 18% 濃度에서는 89.0%의 높은 부화율을 보였다고 한다.

貝類 및 魚類의 種苗生産에 必要한 動物性 플랑크톤의 培養確保方法으로서 陸上水槽內에 polyethylene 波板을 垂下시키는 方法이 效果가 있었다는 Pyen等(1982)의 報告에 따라, 波板에 附着한 種을 分類하였다. 動物性 플랑크톤으로서 polychaeta와 copepoda가 많이 採集되었고, 植物性 플랑크톤에 있어서는 月別의 出現種과 出現量에 差가 현저하였다. 또 外洋性의 copepoda 培養은 極히 어려워 10日以內에 全部 死滅하였다. 이러한 對策을 강구하기 위해서는 水槽內의 polyethylene에 自然發生한 플랑크톤中, 優占種을 選別하여 集中 培養하는 方法과 外洋性의 copepoda에 對한 大量採集方法, 例를 들면 夜間의 集魚燈을 利用하여 pump로서 採集하는 方法이 檢討되어야 할 것이다. 이러한 餌料의 供給으로 인한 稚貝 또는 稚魚에 야기되리라 믿어지는 病發生에도 더 많은 研究가 기대된다.

要 約

1. 光의 強弱에 適應性이 강한 溶液은 Gilbert 氏溶液으로 限界收容力은 $2.5 \times 10^7 \text{ cells/ml}$ 이었다. 또 21~24℃의 水溫範圍에서 螢光燈下의 Johnston 溶液은 實測值의 限界力 $7 \times 10^7 \text{ cells/ml}$ 로 더욱 效果的이었다. Chlorella의 自然增加率은 0.5 내지 0.7의 높은 값이었다.
2. 本 實驗에 사용된 溶液中 Johnston이 가장 效果가 있었으며, 100 cells/ml에서 接種한 Diatom의 培養은 6~7日만에 peak에 到達하였고, 22~24℃의 水溫에서 10200 cells/ml까지 增加하였다.

3. Rotifer의 培養에 있어서 chlorella만 給餌하는 것 보다 chlorella와 yeast를 混用하는것이 보다 效果的이었다.
4. Chlorella만을 給餌하였을 경우 給餌量에 따른 增加速度는 差異가 없었으나, 給餌量이 $3\sim 4 \times 10^7$ cells/ml의 水槽에서 Rotifer의 增加量이 높았다.
5. Rotifer의 卵形成所要經過時間에 있어서 빠른 것은 約 40時間에서 늦은 것은 約 90時間으로 初期段階 보다 後期段階로 갈수록 길어지는 傾向이 있으며 脫落의 時間은 13시간내지 15시간이 所要되었다.
6. Rotifer의 경우, 水溫을 29℃로 上昇시켰을 경우 耐久卵이 形成되며, 20%의 NaCl을 添加하였을 경우 沈澱卵이 全部 浮上하였다.
7. 西歸浦沿岸에 많이 出現하는 動物性 플랑크톤은 *Calanus sinicus*와 *Acartia clausi*이며 tide pool에서 採集한 Copepoda는 *Pseudodiaptomus marinus*와 unidentified benthic harpacticoid sp.이다. 培養에는 tide pool 種이 外洋性보다 長期間 棲息하는 傾向이 있었다.
8. 野外시멘트 水槽內에 垂下한 採苗板 (30×30cm)에 附着된 植物性 플랑크톤은 硅藻類가 8科 22屬 28種이었고, 水槽內에 發生하는 動物性 플랑크톤은 橈脚類와 多毛類의 出現率이 높았다.

文 獻

- Chung, S. C., H. K. Rho, K. S. Park, and D. S. Jeon(1983): Ocean environments and primary production in the coastal water of Seogwipo. Bull. Korean Fish. Soc. 16(4), 305-315.
- Hino, A. and R. Hirano(1976): Ecological studies on the Mechanism of Bisexual Reproduction in the Rotifer *Brachionus plicatilis* I. Bull. of the Japanese Soc. Fish., 42(10), 1093-1099.
- Hino, A. and R. Hirano(1977): Ecological studies on the Mechanism of Bisexual Reproduction in the Rotifer *Brachionus plicatilis* II. Bull. of the Japanese Soc. Sci. Fish., 43(10), 1147-1155.
- Hiramoto, Y.(1972): Studies of mass culture for *Brachionus plicatilis* O.F. Muller-1. Report of Tottori Fisher Experist.
- Hirayama, K. and S. Ogawa(1972): Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture-I. Filter feeding of rotifer. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 38(11), 1207-1214.
- Hjort, J., G. Jahn, Per Ottestad(1933): The optimum catch. Havalradets Skrifter, (7) 92-127.
- Johnston, R.(1963): Effects of gibberellins on marine algae in mixed cultures. Limnol. Oceanogr., 8, 270-275.
- Kinne, O.(1976): Marine ecology, Vol. III, part I, John Wiley & Sons, p.577.
- Kokura, T., S. Ogawa, C. Kitajima(1982): Mass collection of the Dormant Egg of Rotifer, *Brachionus plicatilis* O.F. Muller, Bull. of Nagasaki Prefe, In st. of Fisher No. 8.
- Moon, Y. B. (1981): Optimal Density of Initial Inoculation of Rotifer and Optimal Density of Chlorella for Sustainable Daily Harvest of Rotifer. Bull. of the Korean Fish. Soc., Vol. 14: No. 2.
- Provasoli, L., Shiraishi, and J.R. Lance(1959): Nutritional idiosyncrasies of *Artemia* and *Tigriopus* in monoxenic culture. Ann. N. Y. Acad Sci., 77(2), 250-261.
- Pyen, C. K. and J. Y. Jo(1982): Seed production of Red Sea-Bream, *Chrysophrys major*, Bull. Korean Fish. Soc. 15(1), 161-170.
- Pyen, C. K. and I. M. Shong(1970): The culture of food organisms for the production of edible Molluscan seedlings. Bull. Fish. Res. Der. Agency 6.
- Shirota, A.(1975): Fresh-Marine organism as living feed for fisheries. Tokyo, Japan p.514.
- Takeda, K. (1970): Culture experiments on the relative growth of a marine centric diatom, *Chaetoceros calcitrans* Takano, in

various concentrations of Nitrogen. Bull.
Plankton Soc. Jap., 17(1), 11-19.

Yamaguchi, M.(1978): Fundamental and Culture
method of Sea Bream. Koseisha Tokyo,
pp.197-217.

Watanabe, T., C. Kitajima, T. Arakawa, K.

Fukusho, and S. Fujita(1978): Nutritional
quality of rotifer *Branchionus plicatilis*
as a living feed from the viewpoint of
essential fatty acid for fish. Bull. Jap.
Soc. Sci. Fish., 44(10), 1109-1114.