

貝類養殖을 爲한 適地環境要因에 關한 研究

李 春 九* · 張 楠 基** · 崔 信 錫*

(*忠南大學校文理科大學 **서울大學校師範大學)

STUDIES ON ENVIRONMENTAL FACTORS IN MARINE BIVALVE CULTURE

by

Choonkoo LEE*, Nam Kee CHANG**, Shin Sok CHOI*

*Choongnam National University

**Seoul National University

1. Physicochemical properties of sea water and soil of Korean tidal flats densely populated with species of *Maetra veneriformis*, *Cyclina sinensis*, *Meretrix lusoria*, and *Tapes philippinarum*, were investigated in order to find out the index of environmental factors in marine bivalve culture.

2. The turbidity varied with the change in concentrations of organic matter, silicate, and the exchangeable copper in sea water. All of these concentrations in Incheon, Kunsan, and Hansando were higher than those in Yusoo. In the 5 areas investigated the lowest were detected at Kangnung.

3. The minerals and organic matter content in sea water did not vary significantly among the different bivalve beds. And it was presumed that the soil texture was one of the most important environmental factors for the density of the bivalves in tidelands.

4. The soil texture index of the different bivalve beds was obtained as follow:

Soil Texture Index for Bivalves

Soil texture Bivalve bed	Silt & Clay (%)	Fine sand (%)	Coarse sand (%)
<i>Maetra veneriformis</i>	1-20	70-90	0-20
<i>Cyclina sinensis</i>	10-30	50-80	2-23
<i>Meretrix lusoria</i>	3-40	20-60	10-50
<i>Tapes philippinarum</i>	2-30	10-35	50-90

5. There were no significant differences of pH, the exchangeable calcium, and the exchangeable copper contents of bottom soils in the 4 different bivalve beds. As important factors in these areas, it seems that the amount of chemical properties might not affect the distribution of bivalve species.

6. Among the 4 beds the soil organic matter content was highest at the *T. philippinarum* bed and varied with the total nitrogen content.

7. Among the different bivalve beds, it was significant that the water holding capacity and available phosphorus content were highest at the *M. veneriformis* bed.

1. 緒 論

海産 二枚貝類는 우리나라 水産養殖高의 70%를 차지하고 있으며, 좋은 蛋白質源인 동시에 沿岸漁民의 所得增大 내지는 主要한 外貨 獲得源의 位置를 차지하고 있다.

이들 貝類의 養殖面積은 3,905km²의 全國 干潟地中 約 3.3%에 불과하고 18.3%가 養殖適地인 것으로 調査되어 있다. 그러나 貝類養殖場이란 다만 남획을 止揚하고 保護할 뿐이며 진정한 養殖을 하고 있는 곳이 아니고 보면, 이들 21.6%의 干潟地를 科學的으로 好適條件을 조사 研究하여 진정한 貝類養殖場으로서 개간 經營하면 앞으로의 貝類養殖高를 현재의 7내지 20배까지 증가시킬 수 있을 것이다. 그러므로 貝類養殖을 爲한 간석지의 研究는 重要한 産業價値를 가지고 있고 또한 時急히 要請되고 있는 것이다.

Kurashige(1941)는 韓國에서 研究한 結果 바지락의 適生條件을 土質뿐만 아니라 浮泥의 多寡와 地盤의 安全性 등이 重要한 것이 아닌가 推論하였고, Ikematsu(1953) 및 Ikematsu와 Wakita(1955, 1957)는 日本 有明海에서 바지락 養殖場 潟土의 粒子組成과 몇가지 要因關係를 研究하였으며 특히 客土를 함으로써 幼貝의 棲息密度를 2내지 4배까지 增加시켰다.

Choi(1965)는 韓國 仙才島에서 土性과 바지락 棲息密度를 밝힌바 있고, Nishioka와 Yamamoto(1943)는 가리비가 底質과 밀접한 關係를 가지고 分布하며 특히 砂礫質을 함유하는 安定한 地盤을 좋아하는 것으로 보았으며, 이 밖에도 몇가지 貝類의 生理生態에 對한 海水中 浮游物의 影響에 관한 많은 研究가 있다(Loosanoff & Tommers 1948, Chiba & Ohshima 1957, Yamamoto 1957, Davis 1960, Choi & Lee 1961, Loosanoff 1962, Lee & Lee 1968).

Okuda와 Sato(1955) 및 Okuda(1955)는 日本 松島灣에서 底土의 粒子分析과 化學分析을 한바 있다.

筆者들은 앞으로 干潟地 土壤을 物理化學的으로 分析함으로써 各種 貝類의 養殖 適地 與否를 判定할 수 있는 方法 즉 各種에 對한 適地 要因 指數表를 만들기 爲하여 그 基礎段階로서 우리나라에서 各種 貝類의 棲息密度가 높은 地點을 選擇하여 土性과 化學成分等を 調査研究한 바 그 結果를 報告한다.

2. 研究 方法

調査地域의 選定

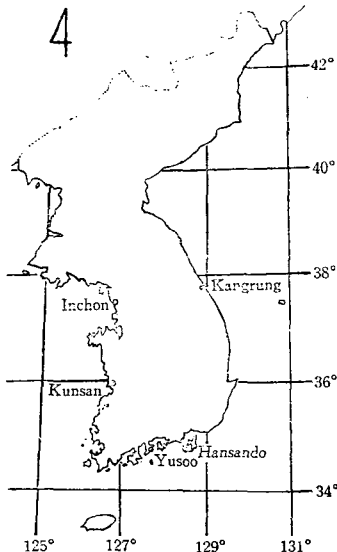


Fig. 1. Sampling localities of sea water and bottom mud.

本研究의 調査地域으로서 西海岸에서는 仁川 송도의 대합(*Meretrix lusoria*) 群聚, 용유도의 동죽(*Mactra veneriformis*)과 가무락(*Cyclina sinensis*) 群聚, 그리고 群山의 대합 棲息地를 調査地域으로 선정하였고 南海岸에서는 한산도 제승당 近海의 바지락(*Tapes philippinarum*) 群聚와 麗水의 장군도에 있는 바지락과 가무락 群聚를 各各 대상 지역으로 擇하였다.

東海岸에서는 西海岸이나 南海岸과는 달리 단조롭고 간만의 차가 적기 때문에 調査地域으로 擇할 만한 곳이 없었으나, 三海岸을 比較하기 爲하여 강능의 안인을 調査地域으로 선정하여 水質만을 비교하였다.

各調査地域의 地理的 位置는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

海水와 土壤試料의 採取法

海水는 各貝類群聚의 調査地域에서 約 3l씩 採水하여 48시간 以內에 水質分析을 行하였으며, 그동안은 냉장고에 보관하였었다.

土壤은 約 600~1000g을 Vinyl 봉투에 넣어서 實驗室로 운반하여 氣乾시킨후 2mm의 체로 쳐서 分析에 使用하였다.

採土層의 區別은 表層, 20cm 그리고 30cm等 3개의 층으로 구분하여 採土하였다.

調査方法

1. 水質分析

海水의 pH는 채수 즉시 여과지로 여과하여 實驗室로 옮겨 Beckman pH Meter로 測定하였고, Korringo와 Postma의 方法에 依하여 有機物을 定量하였다.

混濁度와 硅酸鹽은 Fisher Chemical Electrophotometer를 使用하여 比色的으로 測定하였으며 溶存酸素量은 Winkler의 方法으로 決定하였다.

2. 土壤分析

土壤의 物理的 分析은 Kühn 法에 依하여 行하였으며, pH는 土壤과 증류수를 1:2.5로 섞은 混液에 유리전극을 使用하여 測定하였다.

有機物은 灼熱消失量으로 나타냈는데 100°C에서 건조시킨 土壤을 전기로에서 550~580°C로 4時間가량 加熱하여 秤量決定하였다.

有效磷酸은 Ammonium Molibdate와 제2염화석을 使用하여 比色的으로 測定하였고, Ca은 Calcium Oxalate로 침전시켜 결정하였다.

總窒素은 Kjeldahl法으로 定量하였다.

3. Cu의 定量

海水와 土壤의 Cu 함량은 H₂SO₄와 HClO₄의 혼합용액으로 H₃PO₄에 중탕分解하여 Carbamate로 발색하여 Electrophotometer로 定量하였다.

3. 結果 및 論議

水質分析 結果

인천, 군산, 여수, 한산도, 강능 등에서 海水를 採水하여 pH, 혼탁도, 유기물, 용존산소량, 규산염 그리고 Cu의 함량等を 分析한 結果는 Table 1과 같다.

Table 1에서 보는 바와 같이 海水의 pH는 調査地域間에 差異가 없으며 7.0~8.0이었다. Ito(1952)에 依하여 測定된 日本의 福島縣 松川浦 近海의 海水 pH는 7.0~9.0이었고, Okuda(1955)가 日本의 Shiogama에서 測定한 結果는 pH 6.9~9.0이었다. 따라서 海水의 pH는 大體 7.0~9.0으로 大差가 없다는 것을

Table 1. Chemical Properties of Sea Water in Inchon, Kunsan, Yusoo, Hansando & Kangnung Areas

Factor \ Area	Inchon	Kunsan	Yusoo	Hansando	Kangnung	L.S.D.
pH	7.75±0.91	7.65±0.45	7.42±0.54	7.67±0.21	7.66±0.22	0.52
Turbidity (%)	0.85±0.11	0.83±0.13	0.15±0.07	0.84±0.23	0.01±0.00	0.09
Organic matter (mg KMnO ₄ /l)	7.2±0.4	6.7±0.7	2.4±1.2	6.8±0.5	2.3±0.9	1.1
Dissolved Oxygen (cc/l)	4.8±0.3	4.2±0.5	4.5±0.4	4.3±0.4	4.6±0.6	0.8
Silicate (mg/l)	9.4±0.8	9.2±0.6	3.4±0.4	9.0±0.4	1.3±0.5	1.3
Copper (mg/l)	0.018±0.005	0.017±0.003	0.012±0.005	0.017±0.004	0.010±0.004	0.006

알 수 있었다.

海水의 혼탁도는 仁川, 群山 그리고 한산도 近海에서는 差異가 없고, 이들과 여수, 강능간에서는 현저한 차이가 있었으며 특히 강능의 海水에서 가장 혼탁도가 낮았다.

有機物의 含量은 혼탁도와 같은 경향을 나타내어 인천, 군산 그리고 한산도의 海水에서 가장 높았고 여수, 강능의 순위로 낮았으며 용존산소량은 5개의 調査地域間에서 有意差가 존재하지 않았다.

구산염은 혼탁도와 有機物의 함량과 같이 仁川, 群山 그리고 한산도의 海水에 가장 함량이 많았고, 여수, 강릉순으로 적었다.

Cu의 함량은 0.010~0.018mg/l로서 비슷한 경향을 나타내었다.

이 結果들을 Ito (1952)에 依하여 測定된 日本의 경우와 비교하면 용존산소량은 낮은 편이나 같은 범위였다.

그리고 인천, 군산, 한산도 近海의 광범한 干潟地의 海水의 혼탁도가 0.83~0.85‰, 有機物의 함량이 6.7~7.2 mg KMnO₄/l, 구산염은 9.0~9.4mg/l, 그리고 置換性 Copper는 0.017~0.018 mg/l로 大差가 없는 것으로 미루어 보아 西海岸과 南海岸에 발달된 干潟地는 海水中에 함유되어 있는 無機鹽類 및 有機物의 함량은 差異가 별로 없는 것으로 貝類棲息地의 環境要因은 주로 土壤조건에 따라 적지를 구별할 수 있다고 생각된다.

底質土壤의 物理的 分析 結果

인천, 군산, 한산도, 그리고 여수에서 동족, 가무락, 대합, 그리고 바지락등의 貝類가 밀집하여 서식하고 있는 各 干潟地의 土壤을 分析한 結果는 Fig. 2와 같다.

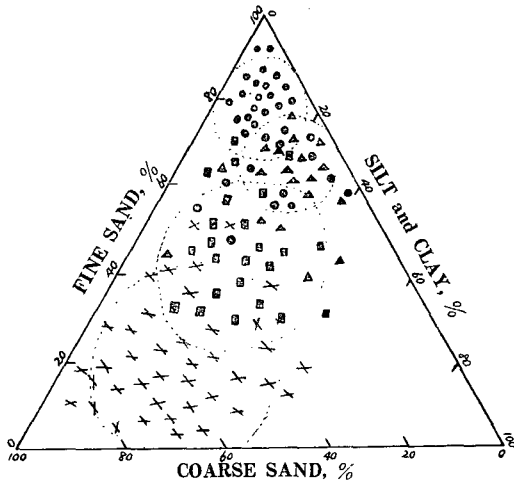


Fig. 2. Soil texture of various bivalve beds.

- · · : *Mactra veneriformis*
- ▲▲▲ : *Cyclina sinensis*
- ■ ■ : *Meretrix lusoria*
- × × × : *Tapes philippinarum*

的으로 分析하여 바지락의 棲息密度와 比較調査한 結果 粗砂以上の 粒子가 60%以上이고 微砂와 細砂의 含量은 10%內外라는 것이 特色이라고 지적한바 있다. 이 結果와 本調査結果와는 一致하는 것이라고 생각된다.

Ikematsu와 Wakita (1955)는 軟泥가 많은 바지락棲息地에는 수시로 0.25~0.50cm 두께로 모래를 客土함으로써 현저한 增殖 효과를 볼 수 있었다. 이러한 事實에 비추어 바지락 棲息地의 土壤의 物理的 組成을 理解할 수 있다.

바지락 以外の 동족, 가무락 그리고 대합에 관한 土性의 研究는 아직 精確히 알려져 있지 않으며 本研究結果에 依하면 Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 貝類는 보통 泥質土壤에서는 棲息하지 않으며, 貝類에 따라 明確한 土性의 差가 存在하는 것은 아니나 棲息密度가 가장 높은 저질토양의 粒子組成을 고려하면 그입자조성의 크기에 따라 동족≧가무락≧대합≧바지락의 순으로 나눌 수 있으며, 土性外에 土壤의 化學的 特性이 關여한다고 생각된다.

底質土壤의 化學的 特性

各種 貝類棲息地의 底質土壤의 化學的 組成을 分析한 結果는 Table 2와 같다.

Fig.2의 結果에서 보는 바와 같이 동족, 가무락, 대합 그리고 바지락의 棲息地土壤을 泥土와 微砂, 細砂 그리고 粗砂로 구분하여 三角圖表를 作成하여 보면 大概 동족은 泥土와 微砂의 含量이 1~20%, 細砂10~90%, 粗砂0~20%의 粒子組成을 가진 干潟地가 最適地이며, 가무락은 泥土와 微砂가 10~30%, 細砂 50~80%, 粗砂 2~23%인 土性을 가진 土壤에 많이 棲息하고 있다는 것을 알았다. 대합은 泥土와 微砂가 3~40%, 細砂 20~60%, 粗砂10~50%인 곳이며 바지락은 泥土와 微砂가 2~30%, 細砂 10~35%, 粗砂 50~90%인 底質土壤에서 密集棲息하고 있다는 結果를 얻었다.

이것은 Ikematsu와 Wakita (1955)가 바지락을 增殖할 目的으로 干潟地客土를 行하고 粒子組成의 時期的 變化를 研究한 三角圖表法에 依하여 研究되었다.

Kurashige(1940)는 韓國全域의 바지락 棲息地 土壤을 物理的으로 分析하여 潮流가 緩慢한 곳에서는 泥土의 成分이 많이 包含되어 있어도 棲息할 수 있지만 潮流의 流速이 빠르거나 파도가 센 곳에서는 泥土의 含量이 높을 경우에는 바지락이 棲息할 수 없다는 것을 發表하였으며, Choi (1965)는 仙才島에서 바지락의 棲息地土壤을 物理

Table 2. Chemical Properties of Soils of Various Bivalve Beds

Area	Site No.	Factor						
		pH	Organic matter (%)	Available phosphorous (ppm)	Water holding capacity (%)	Total N (%)	Exchangeable Ca (%)	Exchangeable Cu (μgm)
Kangnung (None)	1	6.45	0.30	3.2	2.31	0.19	0.015	8.1
	2	6.60	0.51	3.8	2.53	0.16	0.017	7.2
	3	6.70	0.71	3.9	2.15	0.18	0.020	9.4
Bongam B (<i>T. philippinarum</i>)	4	7.40	5.46	19.2	19.4	6.22	0.232	78.8
	5	7.10	6.28	19.5	17.3	8.62	0.215	82.9
	6	7.24	4.64	19.6	17.6	5.20	0.253	80.5
Bongam A (None)	7	7.00	2.37	12.5	5.50	1.47	0.034	62.0
	8	7.14	2.20	18.4	5.60	1.20	0.053	78.8
	9	7.15	1.55	18.2	5.32	0.94	0.092	79.5
Jeseungdang B (<i>T. philippinarum</i>)	10	7.30	5.64	4.3	16.9	6.62	0.216	77.0
	11	7.35	5.19	3.7	15.3	6.88	0.192	77.5
	12	7.21	7.55	4.5	23.4	8.04	0.153	80.4
Jesungdang A (<i>T. philippinarum</i>)	13	7.39	7.82	3.9	24.3	7.98	0.586	39.7
	14	7.10	9.01	4.4	24.7	8.62	0.343	62.0
	15	7.37	10.10	5.4	28.9	9.75	0.731	85.3
Yusoo A (<i>T. philippinarum</i>)	16	7.45	6.00	5.4	19.2	5.56	0.069	49.5
	17	7.15	6.37	8.9	19.8	5.99	0.043	53.5
	18	7.13	7.82	13.4	21.5	6.02	0.073	70.5
Yusoo B (<i>C. sinensis</i>)	19	7.50	7.64	23.3	22.4	6.98	0.070	61.0
	20	7.30	8.37	28.4	24.0	7.62	0.061	65.1
	21	7.00	8.82	43.2	25.3	7.75	0.074	82.9
Songdo, Incheon (<i>M. lusoria</i>)	22	7.39	2.55	36.4	21.2	3.66	0.087	82.5
	23	7.32	3.00	40.8	22.5	4.75	0.096	83.3
	24	7.21	2.64	34.7	19.8	3.58	0.178	85.1
Kunsan (<i>M. lusoria</i>)	25	7.05	2.37	24.8	24.1	4.37	0.088	75.5
	26	7.12	3.46	34.7	25.3	4.96	0.075	78.5
	27	7.04	2.82	29.1	23.5	4.94	0.081	98.8
Yongyudo, Incheon A (<i>M. veneriformis</i>)	28	7.61	5.37	29.8	35.9	7.47	0.271	78.5
	29	7.70	6.55	32.3	32.8	8.20	0.161	78.9
	30	7.02	2.91	34.7	23.9	5.05	0.059	81.5
Yongyudo, Incheon B (<i>C. sinensis</i>)	31	7.12	4.31	12.2	22.0	5.73	0.073	75.4
	32	7.45	2.64	17.9	21.7	4.11	0.051	77.1
	33	7.60	2.00	11.8	24.1	4.25	0.062	76.5

底質土壤의 pH, 有機物, 保水能, 有效磷酸, 총질소, 置換性 Ca, 置換性 Cu 등에 관한 分析을 行한 精確한 報告와 貝類의 棲息地別로 分析比較하여 그 分布와 土壤條件을 論한 研究은 아직 없다.

바지락, 대합, 가무락, 동족별로 저질의 化學的 特性은 다음과 같다.

1. 土壤pH

여러가지 패류의 棲息地別 底質土壤의 pH를 比較하면 pH에는 別로 變化가 없고 7內外로서 거의 同一한 結果

를 나타내었다(Table 2).

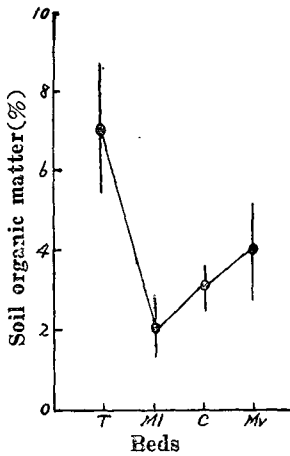


Fig. 3. Soil organic matter content of different bivalve species beds.

T : *T. philippinarum* bed
 MI : *M. lusoria* bed
 C : *C. sinensis* bed
 Mv : *M. veneriformis* bed

2. 土壤有機物

유기물의 함량은 바지락의 棲息地에서 가장 높았고, 대합, 가무락 그리고 동족의 棲息地土壤間에서는 有機物の 含量에 有意한 差가 없었다. 특히 바지락 棲息地만이 많은 有機物을 함유하고 있다는 것은 흥미 있는 일이다(Fig. 3).

3. 底質土壤의 保水能

各貝類 棲息地間의 保水能을 比較하면 Fig. 4와 같다.

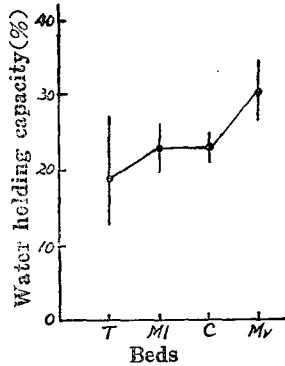


Fig. 4. Water holding capacity of different bivalve species beds.

貝類 棲息地의 保水能은 동족에서 가장 크며 바지락의 棲息地는 平均値로서는 가장 적으나 實測值의 편차가 심했다. 대합과 가무락은 거의 同一하였다.

우리가 현장에 나가보면 실제로 대합과 가무락밭은 대개 土壤이 安定한 편이고 동족과 바지락밭은 土壤이 빠지는 程度에서 棲息한다는 것을 알 수 있으나 바지락의 경우는 모래가 많고 자갈이 섞인 곳까지 서식하는 것을 볼 수 있다.

4. 有效磷酸

有效磷酸의 含量은 貝類에 對한 直接的인 영향도 있겠지만 Armstrong과 Atkins(1950)에 依하면 植物性 플랑크톤에 미치는 間接적인 영향이 또한 크리라고 생각된다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 바지락, 대합 그리고 가무락의 서식지 사이에서는 有效磷酸量의 含量差가 存在하지 않으나, 이들과 동족 棲息地와는 有意한 差가 있었다.

5. 總窒素

底質土壤의 總窒素含量은 大部分이 有機物에서 유래한 것으로 단백질의 구성물질이므로 貝類의 먹이에도 關係하지 않을까 생각되나 正確한 것은 아직 알 수 없다. 그 量的水準을 比較한 結果는 Fig. 6과 같다.

대합의 서식지를 제외하고는 바지락, 가무락 그리고 동족밭에서 서로 有意差가 存在하지 않았다.

6. 置換性 Ca

土壤중에 함유되어 있는 Ca는 堆積 形成에 使用되며, 한편으로는 죽은 貝類等의 堆積 용해에 依하여 大部分의 Ca이 置換性으로 變化하게 된다고 생각된다.

貝類 서식지의 Ca의 함유수준을 比較하면 Fig. 7과 같다.

가무락의 棲息地에서 가장 낮고 바지락 가무락 동족의 棲息地間에서는 含量的 差異는 있으나 有意性이 存在하지 않았다. 그러나 바다의 底質에는 堆積이 많으므로 堆積 形成에 큰 影

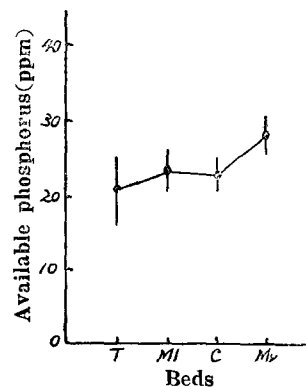


Fig. 5. Available phosphorus content of different bivalve species beds.

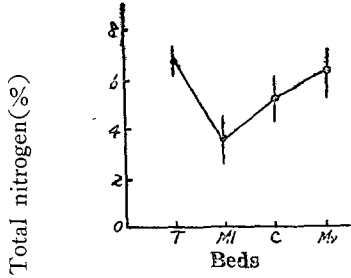


Fig. 6. Total nitrogen content of different bivalve species beds.

항을 미치리라고 생각되지 않는다.

7. 置換性 Cu의 含量

貝類의 呼吸色素의 重要구성원소인 Cu의 濃度가 各種貝類의 分布를 제한 할 수 있는지의 여부를 究明하기 위하여 서식지 土壤의 Cu含量을 調査한 結果는 Fig. 8과 같다.

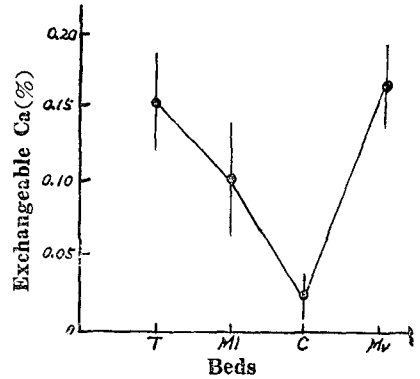


Fig. 7. Exchangeable calcium content of different bivalve species beds.

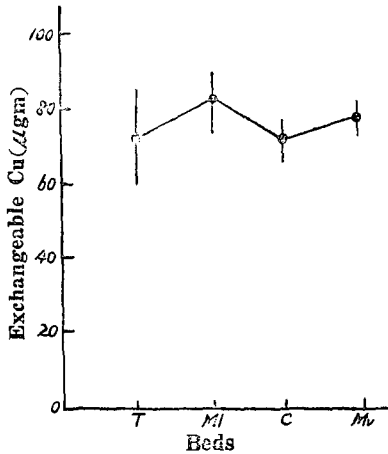


Fig. 8. Exchangeable copper content of different bivalve species beds.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 Cu의 含量水準은 貝類의 棲息地間에 有意差가 本調査地域間에는 없었다.

8. 非棲息地 土壤의 化學的 特性

非棲息地 土壤의 化學的 特性은 Table 2에서 보는 바와 같이 貝類의 棲息地와 比較하면 土壤의 有機物, 有效磷酸, 保水能, 總窒素, 置換性 Ca의 含量은 非棲息地가 훨씬 그水準이 낮으나 pH만은 서로 비슷한 결과를 나타내었고, Cu의 含量은 崩암B 서식지의 경우는 貝類의 棲息地와 같은水準이 있으며 안인은 훨씬 낮았다.

4. 要 約

1. 各種 貝類의 養殖을 爲한 適地要因 指數表를 만들기 위하여 貝類의 密度가 높은 棲息地의 海水와 底質土壤에 對하여 物理化學的 研究을 實施하였다.
2. 海水의 혼탁도와 有機物, 硅酸鹽, 置換性 Cu의 含量은 相互관련이 있으며, 인천, 군산, 그리고 韓山도近海의 海水에 서는 이들 含量이 높고, 여수에서는 이보다 낮으며, 江寧의 海水는 가장 낮았다.
3. 各種 貝類가 棲息하고 있는 地域의 海水중에 함유되어 있는 無機鹽類와 有機物의 含量은 各棲息地間에 有意差가 存在하지 않았으며, 適地環境要因은 주로 土壤條件이라고 推定할 수 있었다.
4. 有用貝類의 適地土性은 粒子組成의 크기로 볼 때 中等粗粒(가무락) ≤ 微粒 ≤ 細粒의 순으로 되어 있었다.
5. 저질토양의 置換性 Ca, Cu의 含量은 各棲息地間에 차이가 없으며, 본조사지역에서 貝類의 棲息에 큰 영향

貝 類 棲 息 場	泥 土 와 微 砂 (%)	細 砂 (%)	粗 砂 以 上 (%)
동 축	1~20	70~90	0~20
가 부 락	10~30	50~80	2~23
대 합	3~40	20~60	10~50
바 지 락	2~30	10~35	50~90

을 미치지 않는것 같다.

6. 저질토양의 有機物 含量은 바지락 서식지에서 가장 높았으며, 總窒素는 有機物の 含量과 관련이 있었다.
7. 保水能과 有效磷酸量은 동족서식지에서 높고, 바지락, 대합, 가무락서식지간에는 有意差가 존재하지 않으며 낮았다.

참 고 문 헌

- Armstrong, F.A.J. and W.R.G. Atkins (1950): The suspended matter of sea water. Jour. Mar. Biol. Ass. U. K., 29: 139-143.
- Chiba, K. and Y. Ohshima (1957): Effect of suspending particles on the pumping and feeding of marine bivalve, especially of Japanese neck-clam. Bull. Jap. Sci. Fish., 23: 348-353.
- Choi, K. C. and C. Lee (1961): Studies on ciliary activity of bivalve, *Tapes philippinarum*, during developmental stages. Kor. Jour. Zool., 4: 33-38.
- Choi, K.C. (1965): Ecological studies on early stages of the bivalve, *Tapes philippinarum*. Coll. Ed. Rev., 7: 161-234.
- Davis, H.C. (1960): Effects of turbidity-producing materials in sea water on eggs and larvae of the clam, *Mercenaria mercenaria*. Biol. Bull. 118: 48-54.
- Ikematsu, W. (1953): Studies on the occurrence of *Venerupis semidecussata* (Reeve) and its environmental factors. Ariake Sea Res. Rep 1: 10-34.
- Ikematsu, W. and J. Wakita (1955): Studies on the scattering sands in clam bed, for aimed at propagation of *Venerupis semidecussata* (Reeve). I. The changes in granular composition of clam bed. Ariake Sea Res. Rep. 2: 9-29.
- Ikematsu, W. and J. Wakita (1957): Studies on the scattering sands in clam bed, for aimed at propagation of *Venerupis semidecussata* (Reeve). II. On the effects of scattering sands based on an estimation by the amount of setting clam seeds. Ariake Sea Res. Rep., 4: 1-12.
- Ito, S. (1952): Studies on the propagation of short-necked clam in Matsukawa-ura, Fukushima-prefecture. Rep. Fukushima-pref., pp. 1-18.
- Kurashige, E. (1941): Granular composition of short-necked clam beds in Korea. The Sea and Sky, 21: 125-136.
- Lee, C. and J.J. Lee (1968): The effect of some factors on the mortality of trochophora of oyster, *Crassostrea gigas*. Bull. Kor. Fish. Soc., 1: 45-49.
- Loosanoff, V. L. and D. Tommers (1948): Effects of suspended silt and other substances on rate of feeding of oyster. Science, 107: 69-70.
- Loosanoff, V.L. (1962): Effects of turbidity on some larval and adult bivalves. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst., 14th Annual Sess., pp. 80-94.
- Nishioka, C. and G. Yamamoto (1943): On the distribution of the common Japanese scallop, *Pecten yessoensis* Jay, and its relation to the bottom material in Mutsu Bay. Rep. Inst. Agr. Res., 9: 1-14.
- Okuda, T. and S. Sato (1955): Fundamental investigation on the marine resources of Matsushima Bay. I. On the bottom materials of Matsushima Bay. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 4: 187-207.
- Okuda, T. (1955): On the soluble nutrients in Bay Deposits. IV. An experiment on the behavior of phosphate-phosphorus between mud and sea water. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 5: 79-91.
- Yamamoto, G. (1957): Tolerance of scallop spats to suspended silt, low oxygen tension, high and low salinities and sudden temperature changes. Tohoku Sci. Rep., 23: 73-82.