

二枚貝類의 斃死에 미치는 懸濁浮泥의 影響

張 善 德* · 陳 平*

EFFECTS OF SUSPENDED SILT AND CLAY ON THE MORTALITY
OF SOME SPECIES OF BIVALVES

Sun-duck CHANG* and Pyung CHIN*

Effects of suspended silt and clay on the survival of the rearing bivalves, *Meretrix lusoria*, *Cyclina sinensis* and *Macra veneriformis* were studied. During sixty-five days of experimental cultures in different concentrations of suspended silt and clay and in different time of immersions, mortalities of the bivalves were checked every day, and the rates of shell movement and oxygen consumption were measured.

In general, the higher the concentration of silt and clay and the longer the immersion time, the earlier the occurrence, and the higher the rate of the mortalities of the experimental bivalves. *M. veneriformis* was subjected to earlier mortality than the others, and the period of 50% mortality was the shortest of the three species (37 days in 1,000 ppm), and longer was that of *C. sinensis* (42 days). Mortality of *M. lusoria* occurred latest and 50% mortality was seen at the immersion time of 50-51 days. Particularly, *M. lusoria* showed no mortality in the sea water with 100 ppm of suspended silt and clay, and even in the concentrations of 500 or 1,000 ppm they were able to survive without mortality only if the immersion time was short (12-18 hours per day). *M. veneriformis* and *C. sinensis* were also able to survive without mortality when the immersion time was short (12 hours per day) in low concentration (100 ppm).

Shell movements of experimental bivalves varied depending upon species. In the case of *M. veneriformis* the shell was opened continuously and *C. sinensis* opened their shells frequently, while *M. lusoria* maintained their shells closed in any experimental concentrations of sea water with suspended silt and clay.

Total metabolic activity of *M. veneriformis* was found to be highest while that of *M. lusoria* showed the lowest. Little difference of oxygen consumption in excised gill tissue was shown between the control group and the experimental groups.

Consequently, it may be stated that the mortality results from a immersion in sea water with high concentration of suspended silt and clay for long-time although the survival rates of the experimental bivalves depend also upon the species, physiological conditions, concentration of suspended silt and clay and immersion time.

The survival percentage of bivalve y in relation to the time (day) of immersion X in sea water of suspended silt and clay was found to be:

$$\begin{array}{l} M. \textit{lusoria} \quad (1,000 \text{ ppm}): y = 7.7 \times 10^9 x^{-4.77} \quad (500 \text{ ppm}): y = 259x^{-0.26} \\ C. \textit{sinensis} \quad (1,000 \text{ ppm}): y = -21x + 936 \quad (x < 44), \quad y = -0.65x + 35 \quad (x > 44) \\ \quad \quad \quad \quad (500 \text{ ppm}): y = 4.4 \times 10^5 x^{-2.27} \\ M. \textit{veneriformis} \quad (1,000 \text{ ppm}): y = -18x + 716 \quad (x < 39), \quad y = -0.89x + 39 \quad (x > 39) \end{array}$$

* 釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

序 論

潮干帶의 砂泥質 干潟地에棲息하는 蚌類에 대하여 泥質堆積이 그 斃死에 미치는 영향을 究明한바에 의하면, 두께 10 cm 以上の 泥質層에 파묻힌 狀態에서 30日 以上 經過하면 斃死가 일어나기 시작하여 39~43日에 稚貝나 成貝를 막론하고 그 50%가 斃死하였다(張等, 1976). 이러한 斃死는 低鹽分의 경우 현저히 低下되있는데, 이점은 貝類의 貝殼開閉와 密接한 관계가 있음을 究明한 바 있다. 또 泥土의 被覆은 진복을 短時間內에 죽게 하였다(五十嵐, 1944).

海洋工事時에는 1,000 ppm 以上の 懸濁砂泥가 때때로 放出되는바, 이중 粒徑이 큰 것은 그 부근에 堆積하나 粒徑이 작은 것(clay 및 colloid)은 表層에 懸濁하여 廣範하게 퍼진다. 海水中에 浮泥가 많아지면 貝類의 貝殼開閉運動이 低下되고 濾水率增減等의 현상이 일어난다는 事實이 알려져 있다(香川水試, 1974; 愛媛水試, 1974, 1975).

따라서 本研究은 數種 養殖貝類를 對象으로 懸濁浮泥의 濃度와 沈積時間에 따른 日別 生存率을 조사하고, 한편, 그들의 總代謝能을 比較檢討하여 이러한 懸濁浮泥가 그들의 生理에 미치는 影響을 究明하기 위하여 實施되었다.

材料 및 方法

實驗材料는 1977年 1月 20日에 京畿道 仁川市 東春洞 앞바다에서 採取한 蚌類 *Meretrix lusoria*, 가무라 *Cyclina sinensis*, 및 동족 *Mactra veneriformis* 으로서 保溫下에 實驗室에 運搬 實驗에 使用하였다. 懸濁浮泥를 만들기 위한 砂泥質의 底質標品도 同一場所에서 採取하여 온 것을 使用하였다.

實驗方法은 平均殼長 3.5~4.5 cm 範圍의 材料를 選別하여 種別로 各各 3種의 懸濁浮泥海水(100, 500 및 1,000 ppm)를 담은 飼育水槽에 넣었다. 이 9個의 實驗群에 各各 3種의 人工的 潮汐週期를 부여하였는데, 1個組는 24時間 계속하여 各濃度의 浮泥海水에 넣어 두었고, 다음 組는 각각 18時間 및 12時間만 各濃度의 浮泥海水에 두었다가 나머지 6時間 및 12時間 동안은 맑은 海水를 갈아 넣는 방식을 實驗期間동안 매일 反復하였다.

蚌類는 飼育水槽의 水量 60ℓ에 30尾를 넣었고 가무라과 동족은 각각 20尾씩을 海水 40ℓ에 넣었다. 水溫은 15~17°C 範圍로 調節하였으며 그 水量의 半을 10日에 한번씩 交換하였고, 通氣를 繼續시키면서 수시로 攪拌하여 浮泥의 懸濁狀態를 유지시키면서

65日間 그 生存率을 조사하였다. 懸濁浮泥의 造製는 먼저 底質標品을 滅菌乾燥시켜 秤量하고 一定量의 微孔濾過海水에 分散시킨 다음, 5分間 定置, 그 懸濁上澄浮泥液을 取하여 各濃度別 浮泥懸濁海水를 만들었다. 한편, 24時間 懸濁浮泥에 持續沈積시킨 各 實驗群에서 斃死가 어느 程度進展되고 있는데 따라 隨時로 水槽에서 生存個體를 取해서 Warburg의 檢壓裝置를 使用하여 아가미組織의 酸素消費量을 常法(Umbreit et al., 1964)에 의해 측정하였다. 그리고 一定期間동안 浮泥濃度에 따라 種別 貝類의 貝殼開閉運動을 조사하여 相對적으로 比較하였다.

結 果

採泥機를 사용해서 採取한 底質을 篩法으로 粒度分析하여 度數分布圖 및 累積曲線圖를 작성하였다 (Fig. 1 및 Fig. 2). 여기서 底質의 粒徑을 D 라 하면

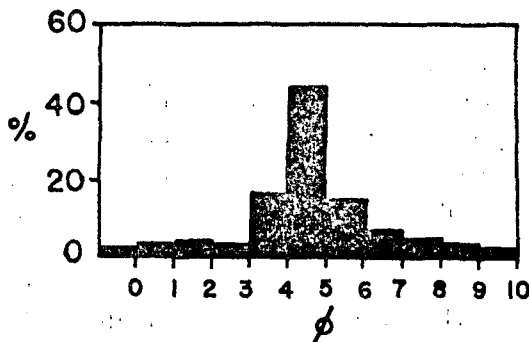


Fig. 1. Histogram of grain size of the sediments used for the experimental rearing.

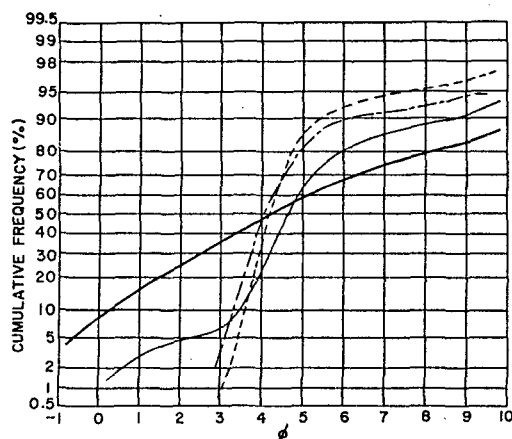


Fig. 2. Cumulative frequency curves of grain size of sediments. Solid lines denotes samples used for the experimental rearing, while dotted lines those collected at the culturing bed in Kyeong-gi Bay.

二枚貝類의 斃死에 미치는 懸濁浮泥의 影響

$\phi = -\log_2 D$ (mm)
 使用한 底質의 COD는 0.8~2.0 mg/g, 각열 減量은 5.2~7.7% 그리고 硫化物含量은 0.02~0.12mg/g 였다.

浮泥를 各各 100, 500 및 1,000 ppm으로 懸濁시킨 海水에 65日間에 걸쳐 各各 時間別로 沈積處理한 백합實驗群의 生存率 變化는 Fig. 3에 나타낸 바와 같다. 懸濁浮泥의 어느 濃度에서 나 매일 12시간

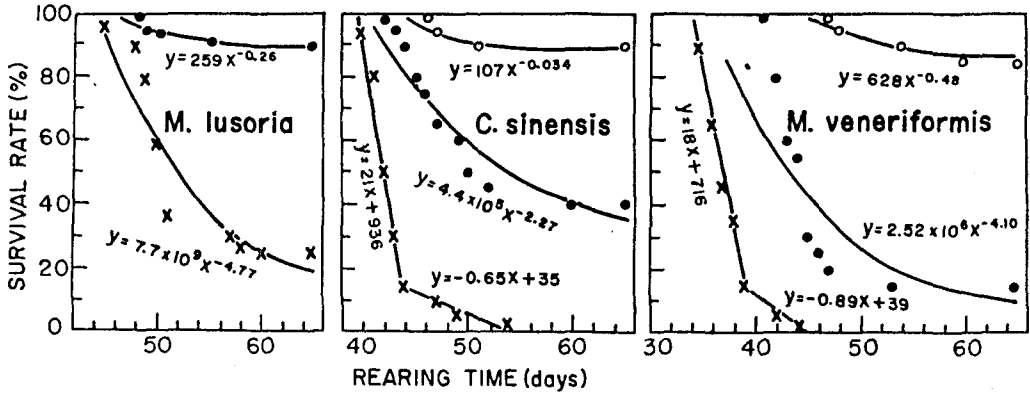


Fig. 3. Effects of continuously suspended silt and clay on the survival rate of *Meretrix lusoria*, *Macrtra veneriformis* and *Cyclina sinensis*. No mortality was found in *M. lusoria* maintained in sea water with different concentration of suspended silt and clay for 12 and 18 hours a day, respectively. Open circle denotes the survival rate of bivalves immersed in 100 ppm, whereas solid circle that in 500 ppm and cross that in 1,000 ppm of suspended silt and clay. Bivalves in control group indicated no mortality.

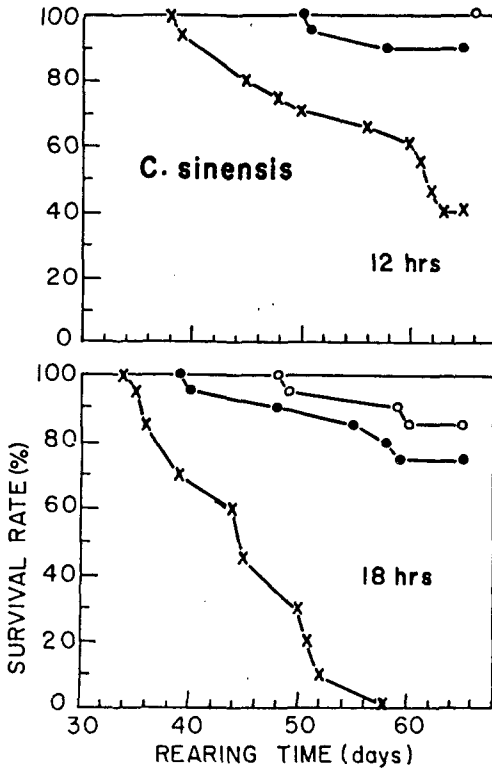


Fig. 4. Effects of suspended silt and clay on the survival rate of *C. sinensis* maintained in sea water with different concentrations of suspended silt and clay for 12 and 18 hours a day, respectively.

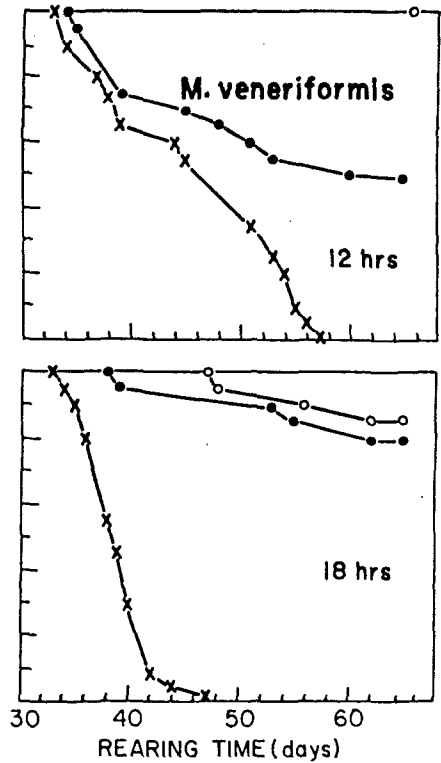


Fig. 5. Effects of suspended silt and clay on the survival rate of *M. veneriformis* maintained in sea water with different concentrations of suspended silt and clay for 12 and 18 hours a day, respectively.

및 18 시간의 反復 沈積만으로서는 對照群과 더불어 65 日間에도 100%의 生存率을 보임으로써, 浮泥中에 沈積되어도 每日 12 시간이나 6 시간 淸淨海水에 露出되면 거의 正常的 生活機能을 回復維持하는 것으로 보여진다. 特히 500 및 1,000 ppm 浮泥海水中에서는 거의 貝殼開閉運動이 低調하였는데, 淸淨海水에 옮겼을 때 곧 開殼하고, 瀘水하는 것을 觀察할 수 있었다. 따라서 적어도 65 日間의 實驗期間동안에 백합은 6 시간 이상 懸濁浮泥로부터 벗어 날 수 있는 경우에는 거의 斃死하지 않음을 알 수 있다.

한편, 24 時間 持續 沈積된 경우에도 100 ppm 浮泥區에서는 實驗期間동안 斃死現象이 나타나지 않았다. 그러나 500 ppm 區에서는 49~55 日에 斃死率 10%였고 1,000 ppm 區에서는 45 日에 斃死가 시작되어 50~51 日에 50% 斃死率을 나타내었다. 特히 12 및 18 時間 處理區에서 500 및 1,000 ppm에 沈積된 백합이 淸淨海水에서 粘性 含泥擬糞을 排出하였는데 24 時間 沈積區의 백합은 相當量을 排出하는 바, 이것은 吸入 浮泥質의 除去에 따른 結果라 생각되며, 이 점은 이 實驗群의 斃死와 잘 부합되는 因果라고 보아진다. 一般적으로 가무락과 동족도 모든 實驗區에서 擬糞을 排出하며, 特히 高濃度 懸濁浮泥海水에 오래 沈積된 수륙 精液性 含泥擬糞을 많이 排出하였다.

沈積日數 x 와 生殘率 y 사이에는 근사적으로 다음과 같은 관계를 보였다(Fig. 6.).

백합 (1,000 ppm): $y = 7.7 \times 10^9 x^{-4.77}$

(500 ppm): $y = 259 x^{-0.26}$

가무락 (1,000 ppm): $y = -21x + 936 \quad (x < 44)$

$y = -0.65x + 35 \quad (x > 44)$

(500 ppm): $y = 4.4 \times 10^5 x^{-2.27}$

(100 ppm): $y = 107 x^{-0.034}$

동족 (1,000 ppm): $y = -18x + 716 \quad (x < 39)$

$y = -0.89x + 39 \quad (x > 39)$

(500 ppm): $y = 2.52 \times 10^9 x^{-4.1}$

(100 ppm): $y = 628x^{-0.48}$

가무락과 동족의 浮泥濃度別 沈積時間에 따른 生存率의 變化는 Fig. 4와 Fig. 5에 각각 나타낸 바와 같다. 一般적으로 懸濁浮泥의 濃度가 높을 수록 그리고 沈積時間이 길수록 斃死가 빨리 시작되고 斃死率이 높아 그 生存率이 急激히 낮아짐을 볼 수 있다.

가무락의 경우, 12 時間 沈積區에서 100 ppm 浮泥 處理群은 對照群과 같이 100% 生存하였으나 500 ppm 處理群은 51~58 日에 10% 斃死하였고, 1,000 ppm 에서는 39 日에 斃死가 시작되어 61~62 日에 50%가

斃死하였다. 18 時間區에서는 100 ppm 이나 500 ppm 處理群에서도 實驗期間에 각각 15 및 25%의 斃死 現象을 보였고 1,000 ppm 에서는 35 日에 斃死가 시작되어 44~45 日에 50%가 斃死하였고, 58 日에 全部 斃死하였다.

한편, 24 時間區에서는 500 ppm 處理群이 43 日부터 斃死하기 시작하여 50 日에 50%가 斃死하였고, 1,000 ppm 에서는 40 日에 斃死하기 시작하여 42 日에 50%가 斃死하였으며, 54 日에 全部 斃死하였다.

동족의 경우도 12 時間 沈積區에서 100 ppm 群은 對照群과 같이 100% 生存하였고, 500 ppm 群은 35 日에 斃死가 시작되어 60 日에 50%가 斃死하였으며, 1,000 ppm 群은 34 日에 시작하여 45~51 日에 50%가 斃死하고 57 日에 全部 斃死하였다. 18 時間區에서는 100 ppm 또는 500 ppm 群이 實驗期間동안 각각 15% 및 20%의 斃死率을 보인 반면, 1,000 ppm 群은 34 日에 斃死가 시작되어 38~39 日에 50%가 斃死하였고 47 日에 全部 斃死하였다.

한편, 24 時間區에서는 500 ppm 處理群이 42 日에 斃死하기 시작하여 44~45 日에 50%가 斃死하였고, 1,000 ppm 에서는 35 日에 斃死하기 시작하여 37 日에 벌써 50%가 斃死하였고 44 日에 全部 急激히 斃死하였다.

考 察

貝類 種別로는 동족에서 비교적 斃死現象이 이르며 急激하였고, 가무락은 동족과 비슷하나 斃死가 多少 늦고 50% 斃死期間이 동족보다 길다. 백합은 더욱 늦고 24 時間 繼續 懸濁浮泥 持續時에만 斃死現象이惹起되었다. 이러한 現象은 Table 1에서 보는 바와 같이 種別에 따른 貝殼開閉現象과 關聯이 있는 것으로 생각되는데, 懸濁浮泥海水에 24 時間 持

Table 1. Relative rates of shell movement in sea waters with suspended silt and clay in different concentrations

Species	Silt and clay (ppm)		
	100	500	1000
<i>Meretrix lusoria</i>	+	-	-
<i>Cyclina sinensis</i>	++	++	++
<i>Macra veneriformis</i>	+++	+++	+++

-: Closed

+: Opened intermittently

++: Opened frequently

+++ : Opened continuously

Table 2. Effects of suspended silt and clay on the oxygen consumption rate of excised gill tissue

Species	Concentration of silt and clay (ppm)	QO ₂ (μ O ₂ /mg dry wt./hr.)
<i>Meretrix lusoria</i>	0	1.26
	100	1.22
	500	1.24
	1,000	1.25
<i>Cyclina sinensis</i>	0	1.36
	100	1.21
	500	1.32
	1,000	1.13
<i>Macra veneriformis</i>	0	1.56
	100	1.64
	500	1.50
	1,000	1.48

續되었을 때 동족은 계속 閉殼狀態를 維持하였고, 가무락도 비교적 閉殼時間이 긴데 비하여, 백합은 低濃度外에는 거의 閉殼狀態를 維持하였다. 即 계속 閉殼狀態를 維持하는 種類가 体内에 吸入되는 浮泥量이 많아져서 오히려 斃死되는 傾向이 큰 것으로 보여진다. 이점은 특히 懸濁浮泥의 濃도가 높을 수록, 또 沈積時間이 길수록 斃死가 빨리 시작되고 斃死率이 높은 점과도 부합되는 結果다.

Table 2에서 보는 바와 같이 實驗動物의 總代謝量도 동족이 높고, 그 다음이 가무락이고, 백합이 가장 낮은 사실도 그들의 貝殼閉閉運動과 더불어 浮泥質의 阻害作用에 보다 敏感할 수 있는 生理的 現象의 한 斷面을 보여준다. 이점은 吸入된 泥質이 貝類의 아가미에 吸着되거나 外套腔內에 沈積됨으로서 먹이攝取와 물의 疎通을 방해하여 그들의 酸素要求를 阻害하므로써 斃死原因이 된다는 것을 뜻한다. 특히 Table 2에서 보는 바와 같이 貝類組織의 酸素消費量이 種에 따라 다르나 어떤 濃度の 懸濁浮泥處理群에서도 對照群과 實驗群間에 별다른 差異가 없음을 보아 本實驗의 경우, 懸濁浮泥에 의한 斃死는 浮泥質의 物理的 作用이 가장 主된 原因이라고 볼 수 있다.

要 約

懸濁浮泥가 백합, 가무락 및 동족의 斃死에 미치는 影響을 究明하기 위하여 種別로 懸濁浮泥의 濃度

(100, 500 및 1,000 ppm)와 沈積時間(12, 18 및 24 時間)에 따른 日別 生存率을 調査하고, 또 그들의 貝殼閉閉運動과 總代謝能을 測定比較하였다.

1. 一般的으로, 懸濁浮泥의 濃도가 높고 沈積時間이 길수록 斃死가 빨리 시작되고 斃死率도 높았다.
2. 동족이 가장 먼저 斃死하기 시작하였고 50% 斃死期間이 가장 짧았으며 (1,000 ppm에서 37일) 다음은 가무락(42일), 그리고 백합이 가장 늦고 길었다(50~51일).
3. 특히 백합은 浮泥濃度 100 ppm에서는 斃死가 일어나지 않았고 또 500 및 1,000 ppm 浮泥懸濁海水에서도 沈積時間이 짧고 (1日 12~18時間) 맑은 물을 갈아주면 斃死없이 生存할 수 있었다.
4. 貝殼閉閉運動은, 동족의 경우, 어떤 實驗濃度の 浮泥海水에서나 閉殼狀態를 維持하였고, 가무락은 다소 閉殼하는 反面에 백합은 거의 閉殼狀態를 維持하였다.
5. 總代謝活性은 동족이 가장 높고 다음은 가무락이 더 백합이 가장 낮았다. 그러나 各濃度の 浮泥處理群과 對照群間에서 아가미組織의 酸素消費能은 큰 差異가 없었다.
6. 結論的으로, 백합, 가무락 및 동족이 浮泥懸濁時에 받는 影響은 貝殼閉閉運動, 總代謝活性 등과 같은 種別 生理的 差異 및 懸濁浮泥濃도와 沈積時間 등에 따라 差異가 있으나, 높은 濃度에서 계속하여 相當한 시간이 經過하면 斃死現象이 招來되는 점은 分明하다.

文 獻

張善德·陳平·成炳恩(1976): 泥質과 鹽분이 백합의 斃死에 미치는 影響. 韓水誌 9(1), 69-73.
 愛媛縣水産試驗場(1974): 泥の濁りがハガイに及ぼす 影響について. 本州四國連絡架橋漁業影響調査報告 5, 115-121.
 ——(1975): 魚介類の卵稚仔期における濁りの影響について. (豫報) 本州四國連絡架橋漁業影響調査報告. 6, 55-62.
 五十嵐彦仁(1944): 泥土による鮑の被害に就て. 日本誌 12(6), 202-203.
 香川縣水産試驗場(1974): 貝類の酸素消費に及ぼす濁りの影響について. 本州四國連絡架橋漁業影響調査報告 4, 191-200.
 Umbreit, W. W., Burris R. H. and J. F. Stauffer (1964): Manometric Techniques. Burgess Publ. Co., Minn., p. 305.