Bull. Mar. Res. Inst.
Cheju Nat. Univ., 15 : 33~44, 1991

濟州大 海洋硏報, 15 : 33~44, 1991

전복의 增殖에 關한 硏究
V. 참전복 浮遊幼生의 垂直分布에 미치는 빛과 低鹽分의 響影

盧 選

濟州大學校 海洋科學大 增殖學科

Studies on the Propagation of the Abalones
V. Effects of light and sea water of reduced salinity on vertical distribution of swimming larvae of *Haliotis discus hannai* Ino.

Sum RHO

Dept. of Aquacluture, College of Ocean Science, Cheju National Univ.

The effects of light and sea water of reduced salinity on vertical distribution of swimming larvae of an abalone, *Haliotis discus hannai*, were studied in sea and laboratory experiments. Trochophores and veligers were negative geotaxis, and most of them were swarming on the surface without showing phototactic reaction. Veligers lost negative geotactic behavior after 72-90 hours from hatching.

Low salinity water on the surface retard surface swarming of the larve. Compared to veligers trochophores were more tolerable to the low salinity. The salinity which affects the geotactic behavior was 24.57‰ and 30.01‰ in trochophore and veligers respectively.

緖 論

전복의 種苗生産 過程에서 幼生의 生態的 習性을 正確히 파악하여 利用하는 것은 管理面에서 省力化와 生殘率 向上의 見知에서 重要하다.

전복屬의 까막전복, 시볼트전복(猪野, 1952), 말전복(矢野 等, 1977)의 담륜자(trochophore) 幼生은 走光性이지만 말전복은 被面子(veliger) 幼生으로 되면 이 性質이 消失된다 (矢野 等, 1977).

天然海域에 있어서 까막전복, 시볼트전복, 참전복, 말전복 등의 幼生은 부화後 底棲生活에 들어 가기전 수일 동안 浮游生活을 보내고 그 生活環境은 鹽分濃度가 높은 外海域에 있는 것이 밝혀졌다 (富田 等, 1979; 富田 等, 1980). 또 矢野 等(1977)은 말전복 浮游幼生의 走光性과 負의 走光性에 미치는 低鹽分 海水의 影響에 對하여 報告한바 있다.

그러나 種苗生産의 主對象種이 되고 있는 참전복 浮游幼生에 對하여는 구체적인 硏究 結果는 찾아 볼 수 없는 실정이다.

本 硏究에서는 참전복의 各 發生段階別 幼生의 빛에 대한 反應과 上層에 低鹽分濃度의 成層이 있을 때 幼生의 浮上에 미치는 영향을 밝히고 大量生産時 合理的인 浮游幼生의 管理 技術을 규명하고자 實施하여 얻은 結果를 보고한다.

材料 및 方法

부화된 各 段階別 浮游幼生의 빛에 對한 反應과 容器內에서의 垂直分布를 알기 위하여 Fig. 1과 같은 實驗裝置를 만들어 3단계의 實驗을 하였다.

實驗Ⅰ. 內徑 20㎜되는 투명한 U字 유리관을 만들어 절반은 검정색 비닐테이프로 감고 절반은 그대로 둔채 부화後 2時間, 48時間, 72時間 經過한 부화幼生, 120~525尾를 海水와 함께 넣어 30分後의 各 位置別 幼生數를 計數하였다.

實驗Ⅱ. 內徑 20㎜, 길이 1m의 투명유리관 4개에 10㎝ 間隔으로 눈금을 새긴후 밑부분은 고무마개로 密封하여 海水를 채운뒤 實驗Ⅰ과 마찬가지로 各 段階의 幼生을 140~250尾를 收容하였다. 3個는 暗室에 設置하여 1개는 캄캄한 곳에, 1個는 윗면 10㎝ 部分에, 1개는 아래쪽 10㎝ 부근에 30w 小型電球를 設置하고 나머지 1個는 창가의 밝은 곳에 빛이 充分히 通하도록 設置한후 30分 後에 幼生의 垂直分布 狀態를 觀察 計數하였다.

實驗Ⅲ. 보다 넓은 場所에서 規模를 크게한 實驗으로서 길이 5m, 直徑 30㎝의 vinyl film 주머니에 1m씩 눈금을 새기고 이속에 段階別 幼生

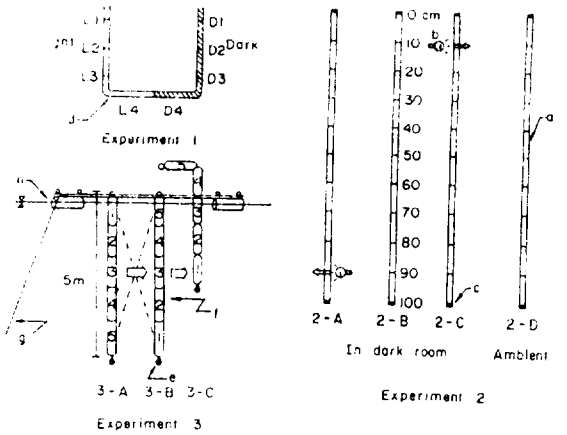

Fig. 1. The models of the experimental apparatus to examine the responses to light and verious salinity in the water column.
Arabian numbers represent the number of the unit water layers.
a : glass tube (dia. 20㎜)
b : light source (30W;220lux)
c : rubber cap
d : U-shap glass tude (dia. 20㎜)
e : stone (1kg)
f : poly film (dia. 30㎝)
g : anchor rope
h : float

Experiment 1. U-shaped tube with light and dark halves to determine the phototactic response.

Experiment 2. Straight glass tubes with different light conditions in the dark room and the ambient light condition,
2-A : Illumination at the bottom
2-B : No illumination
2-C : Illumination at the top
2-D : Ambient light condition

Experiment 3. A vinyl tube on a raft in the field.
3-A : Suspended from the surface perpendicularly for 10min
3-B : Upside down
3-C : Dividing into unit segments by consriction with rubber stings while lifting the vinyl tube to determine vertical distribution

을 5,000個體 以上 收容하여 沿岸에 設置된 뗏목에 매단後 1時間後에 들어올리면서 1m눈금을 基準으로 고무줄로 묶은후 各層의 幼生을 Muller Cauze로 걸러서 5% Formalin에 고정시킨후 현미경하에서 유생을 計數하였다.

浮游幼生의 垂直分布에 영향을 미치는 요인으로서 低鹽分에 대한 영향을 알기 위하여 底面 50㎝에 正常海水를 넣고 그 윗부분에 임의로 設定한 低鹽分層을 實驗Ⅱ와 동일한 빛 條件을 동시에 만들어 幼生의 垂直分布를 調査하였다. 모든 實驗은 各各 3~5回씩 반복 實驗을 실시하여 그 平均値를 취하였다.

結 果

浮游幼生의 垂直分布와 빛과의 關係

〈實驗Ⅰ〉 절반을 庶光시킨 U字管內의 浮游幼生과 빛과의 關係를 보면 부화後 2時間째인 trochophore幼生에서는 總 使用 個體數 679尾중

黑色部分에 336個體(49.48%), 밝은 부분에 343個體(50.52%)가 出現하여 빛과는 關係없이 出現하였다.

이러한 現象은 부화後 48時間, 72時間經過된 veliger幼生에서도 비슷하게 나타나 前者의 境遇 總 525個體의 幼生중 黑色部分에 251個體(47.81%), 밝은 部分에 274個體(52.19%), 後者의 境遇 總 235個體중 黑色部分에 121個體(51.49%), 밝은 部分에 114個體(48.51%)가 各各 出現하였다. U字管內의 黑色部分과 밝은 部分에서의 垂直的인 出現頻度는 Fig. 2에서와 같다.

어느 部分에서나 各 發生段階의 幼生은 모두 表層에 集中되었으며, 유리관 上部의 10㎝ 以內의 表層에 trochophore幼生은 67.93~71.73%가 群集되었고 부화後 48時間, 72時間째의 veliger 幼生은 境遇 83.21~89.24%가 群集現象을 보였다.

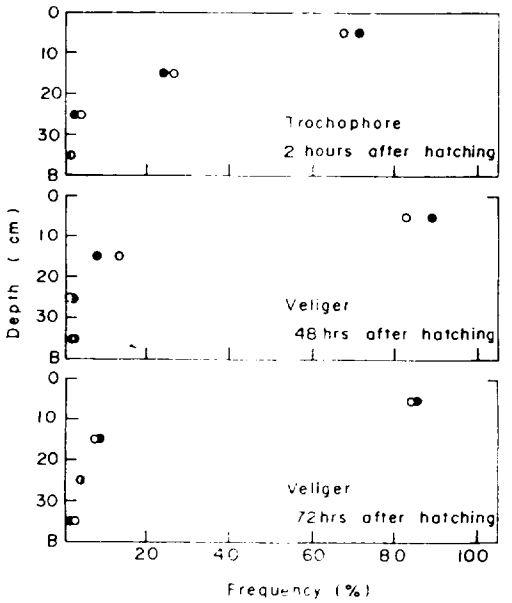

Fig. 2. Vertical distribution of the swimming larvae in the U-shaped glass tube in dark and light area.

● : Dark area, ○ : Light area

〈實驗Ⅱ〉 전혀 빛이 없는 條件과, 完全히 밝은條件, 유리관 윗면 10㎝부근에 30W 小電球를 켜둔 條件과 유리관 아랫면 10㎝附近에 同一한 小電球를 켜둔 4가지 條件에서 處理한 30分後의 幼生의 垂直分布密度를 보면 먼저 trochophore 幼生은 Fig. 3과 같다.

위에서 빛의 條件과는 關係없이 모든 試驗區의 幼生은 表層에서 10㎝ 上部에 80% 以上이 群集하였고 20% 內外의 小數幼生이 0~90㎝ 사이에 고르게 分布하였다. 이러한 現象은 Fig. 3, 4, 5, 6에서 나타낸 바와 같이 부화後 72時間後의 中期 veliger幼生에 이르러 表層群集現象이 더욱 뚜렷해져 全 試驗區에서 90% 以上이 表層 10㎝ 以上에서 分布하였다.

그러나 부화後 90時間後의 底棲移行期 veliger 幼生 부터는 Fig. 7에서 보는바와 같이 表層에 群集한 幼生이 20~30% 內外로 減少되면서 全 水層에 고르게 分散되었으며 부화後 102時間째에는 Fig. 8에서와 같이 附着을 못한 個體와 유리관벽을 포복하는 形態로 全 水層에 확산되면서 底層의 出現頻度가 차츰 높아졌다.

以上에서 참전복의 浮游期 幼生은 빛에 대한 走光性은 전혀 認識되지 않았으며 72時間 以內의 포복行動이 일어나지 않는 段階까지는 大部分 表層에 강하게 群集現象을 보였으나 頭部觸覺의 發達과 velum의 纖毛가 減少되면서 足部로 포복行動을 시작하는 무렵부터 底層으로 分散하였다.

〈實驗Ⅲ〉 實驗Ⅰ, Ⅱ에서 小型유리관 속에서의 幼生의 出現分布狀態가 大型의 容器속에서도 同一한지를 알기 위하여 沿岸에 設置된 멧목위에서 直徑 30㎝의 vinyl film주머니에서 實施한 結果를 보면 Fig. 9에서 보는 바와 같이 實驗Ⅱ에서의 結果와 有似하게 나타났다.

부화後 2時間째의 trochophore幼生과 부화後 48時間째의 veliger幼生期까지는 80% 以上이 表層 1m 以上에 群集되었으나, 小型유리관에서 보다는 한 段階 빠른 부화後 72時間째의 veliger幼生에서는 表層의 群集頻度가 50% 內外로 줄어들면서 2m層 이하로 分散하는 現象이 확인되었다. 이는 內經 20㎜의 좁은 유리관과 300㎜의 vinyl film 주머니와의 差異에서 기인되는 現象으로 생각된다.

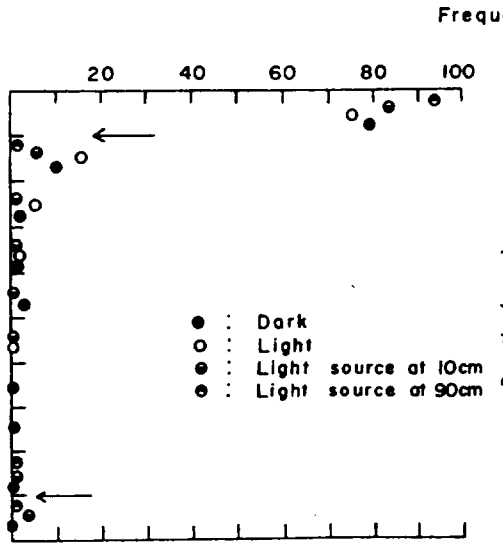

Fig. 3. Vertical distribution of the trochophore larvae 2 hours after hatching in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under different conditions of light. The arrow indicates the small light source of 250 lux.

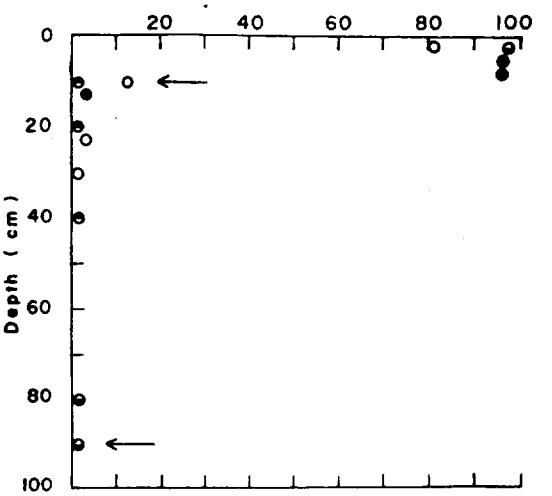

Fig. 5. Vertical distribution of the veliger larvae 48 hours after hatching in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under different conditions of light. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

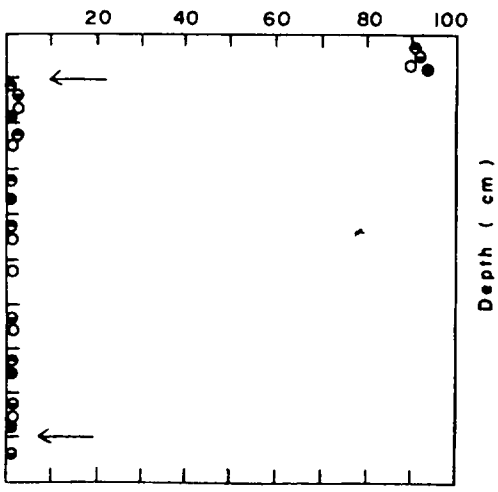

Fig. 4. Vertical distribution of the veliger larvae 24 hours after hatching in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under different conditions of light. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

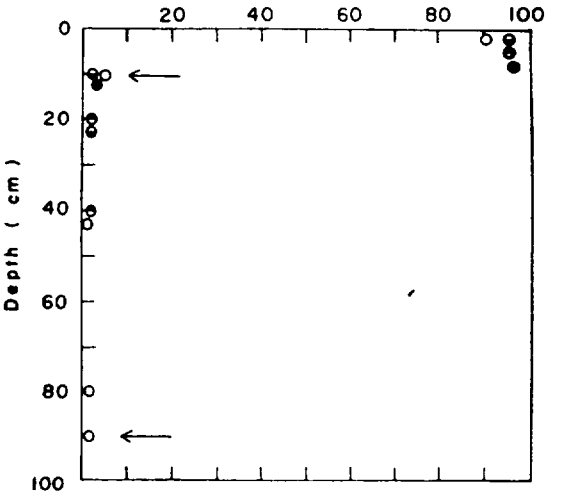

Fig. 6. Vertical distribution of the veliger larvae 72 hours after hatching in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under different conditions of light. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

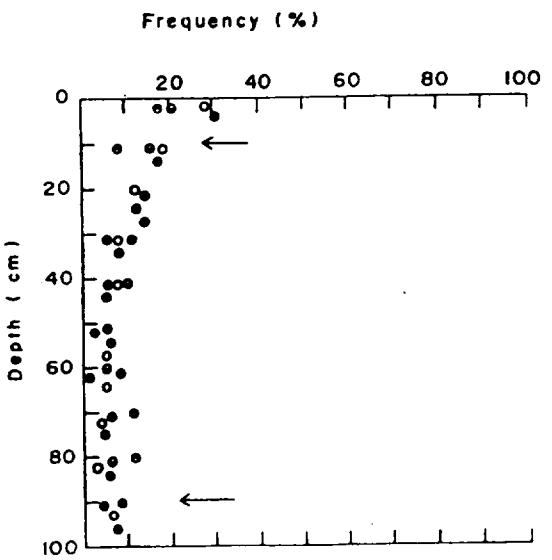

Fig. 7. Vertical distribution of the veliger larvae 90 hours after hatching in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under different conditions of light. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

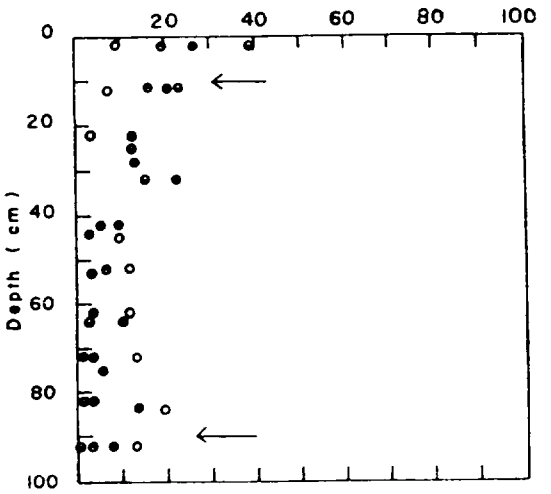

Fig. 8. Vertical distribution of the veliger larvae 102 hours after hatching in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under different conditions of light. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

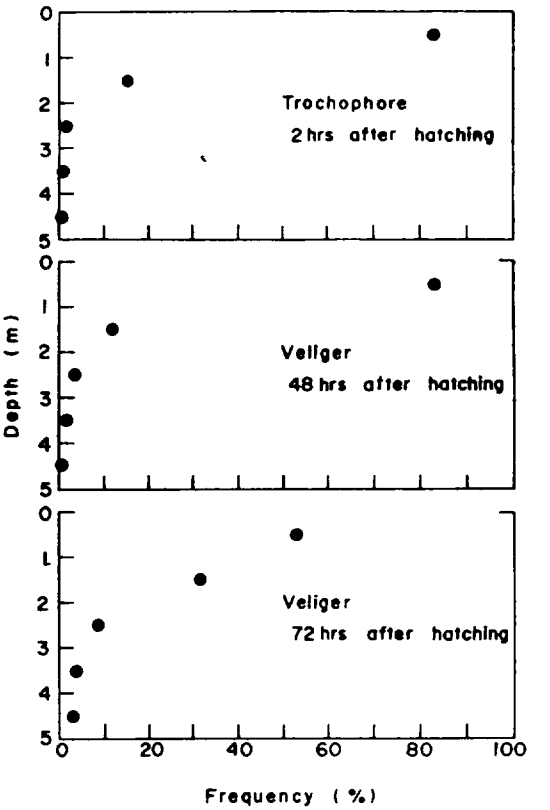

Fig. 9. Vertical distribution of the swimming larvae in the vinyl bag (diameter 30 ㎝) in shallow sea.

浮游幼生의 垂直分布와 鹽分濃度와의 關係

참전복의 浮游幼生이 天然海域에서 浮游期間中 海流나 조석류에 依하여 鹽分濃度가 낮은 水域으로 移送될 기회가 많을 것으로 생각되며 이때 低鹽分濃度가 미치는 影響을 알기 爲하여 各段階別 低鹽區間을 任意로 定하여 幼生의 反應을 調査하였다.

길이 1m, 內經 20㎜되는 유리관의 50㎝ 밑부분을 34.2‰의 正常海水를 채우고 實驗用 幼生을 넣은후 50㎝ 윗부분에는 各 段階別 低鹽分濃度의 海水를 채운뒤 30分後의 各 幼生의 水層別 分布를 보면 Fig. 10~25에서 보는 바와 같다.

먼저 上層의 30.01‰ 低鹽分濃度에서 trochophore幼生은 빛의 條件과는 關係없이 成

層을 경계로 正常海水 濃度의 上限인 60㎝ 水層에 各 實驗區 共히 20% 內外가 分布하였으나 25~70% 정도의 大量群集現象은 表層 10㎝ 以內에서 群集하고 있었다 (Fig. 10).

부화後 24時間째의 初期 veliger幼生에서는 成層을 경계로 하여 表層 10㎝ 以內와 60㎝水層에 거의 兩分되는 傾向을 보여 (Fig. 11), 이때의 幼生은 表層으로 群集하는 浮上習性에 크게 影響을 받고 있었다.

부화後 48時間째의 veliger 幼生에서도 이 兩分現象이 더욱 뚜렷하게 나타나 各 試驗區 幼生의 30~40%가 兩層에 分布하였다 (Fig. 12).

부화後 72時間째의 幼生은 지금까지 뚜렷하게 보이던 兩分現象이 表層으로 치우치는 現象을 보이면서 各層에 고르게 分散되고 있었다 (Fig. 13)).

上層의 低鹽分濃度가 24.57‰로 낮아 졌을때 부화後 2時間째의 各 試驗區의 trochophore幼生은 빛과는 關係없이 成層의 바로 밑부근인 60㎝ 水層에 50~70%가 群集하였으며 나머지 幼生의 分布도 60㎝以下의 低層에 많았다 (Fig. 14).

부화後 24時間의 veliger幼生은 少數幼生이 成層 윗쪽의 30~40㎝에 分布하고 있었지만 55~78%의 幼生이 成層의 밑에 群集되었다 (Fig. 15).

부화後 48時間째 (Fig. 16)과, 72時間째의 veliger幼生에 있어서도 成層밑의 大量群集現象은 그대로 維持되었고 단지 72時間째의 veliger 幼生에서는 上層으로 多少 移動되고 있었다 (Fig. 17).

20.66‰의 低鹽分濃度에서는 부화後 2時間째의 trochophore幼生은 各 試驗區 幼生의 53~86%가 60㎝ 成層部近에 群集하였으며 一部幼生이 表層에까지 分布하였으나 부화後 24時間 以後의 幼生에서는 60㎝ 成層에 大量群集하면서 나머지 幼生도 60㎝ 以下의 低層에만 分散 分布되는 傾向을 보였다 (Fig. 18, 19, 20, 21).

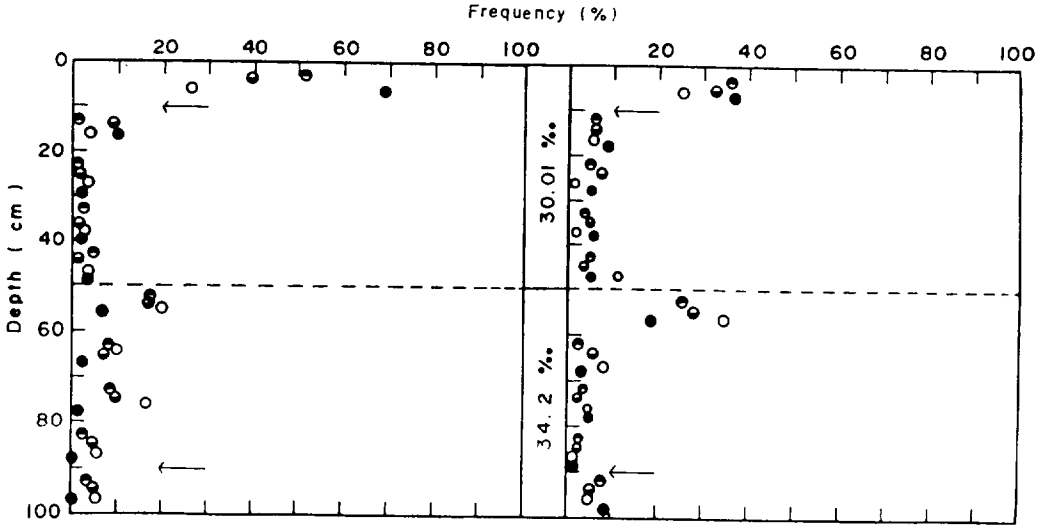

Fig. 10. Vertical distribution of the trochophore larvae 2 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

Fig. 11. Vertical distribution of the veliger larvae 24 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

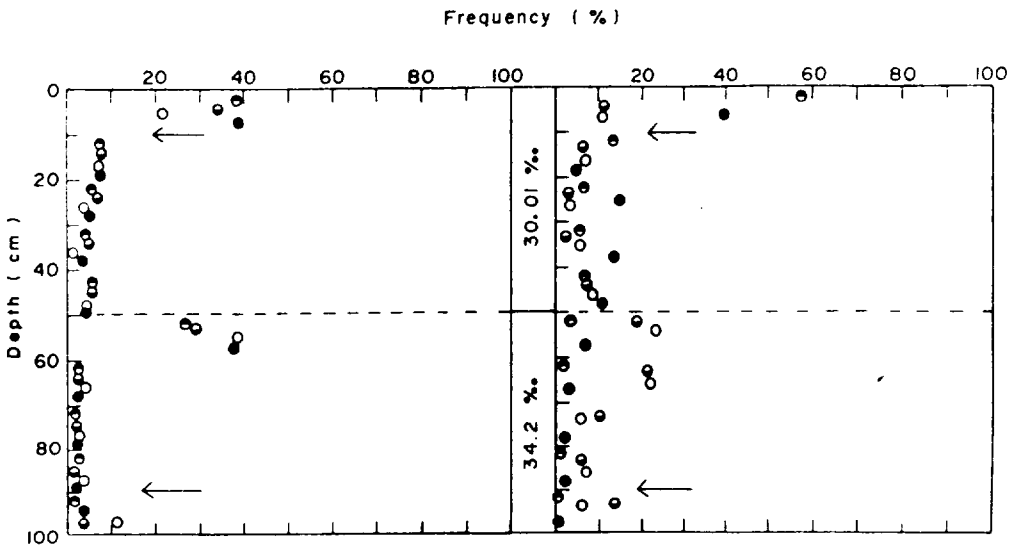

Fig. 12. Vertical distribution of the veliger larvae 48 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

Fig. 13. Vertical distribution of the veliger larvae 72 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

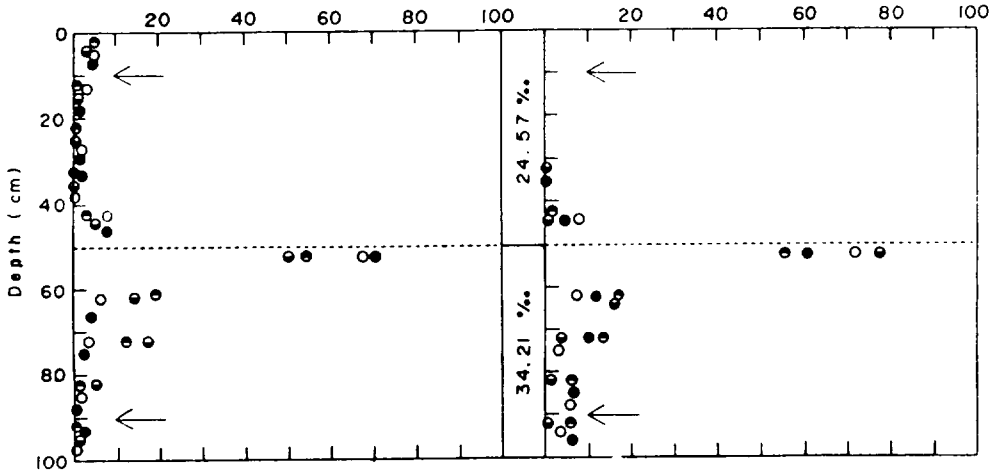

Fig. 14. Vertical distribution of the trochophore larvae 2 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

Fig. 15. Vertical distribution of the veliger larvae 24 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

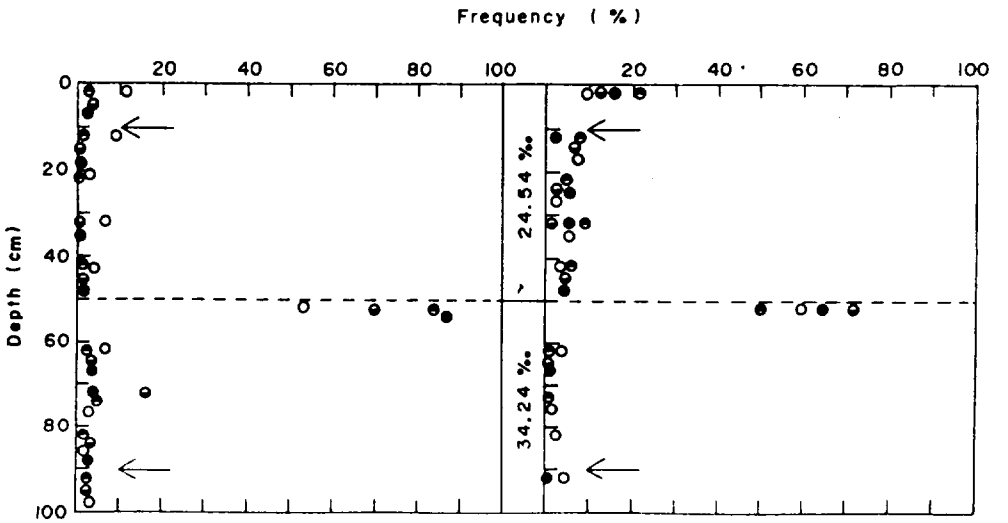

Fig. 16. Vertical distribution of the veliger larvae 48 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

Fig. 17. Vertical distribution of the veliger larvae 72 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

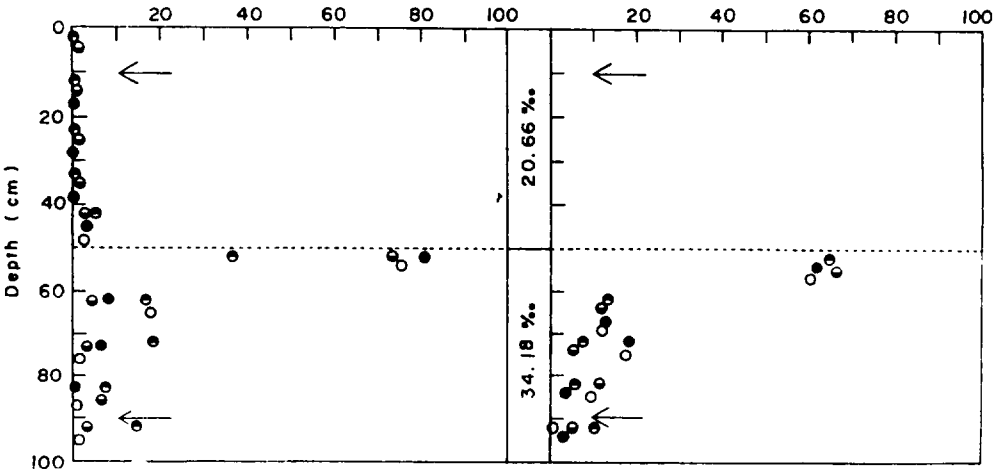

Fig. 18. Vertical distribution of the trochophore larvae 2 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

Fig. 19. Vertical distribution of the veliger larvae 24 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

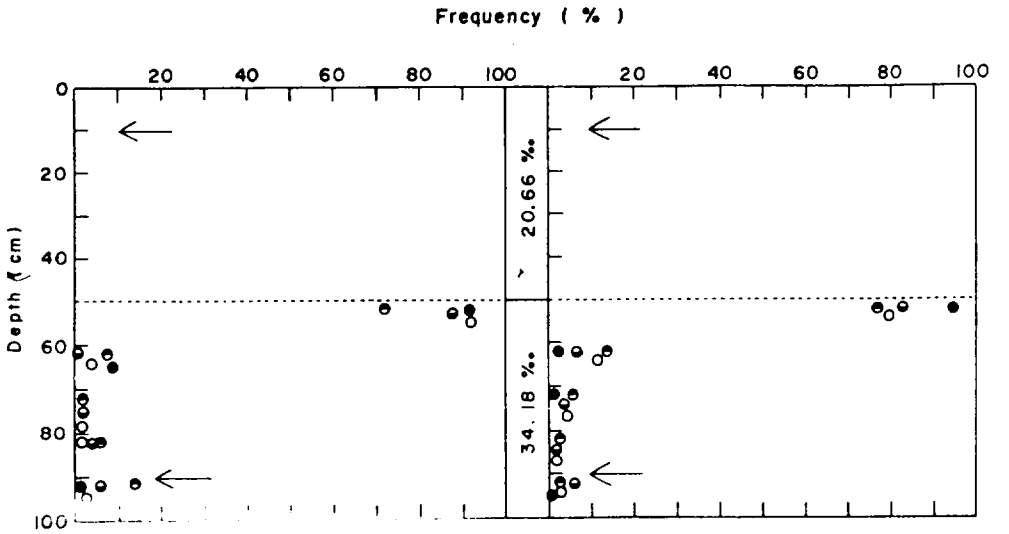

Fig. 20. Vertical distribution of the veliger larvae 48 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

Fig. 21. Vertical distribution of the veliger larvae 72 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

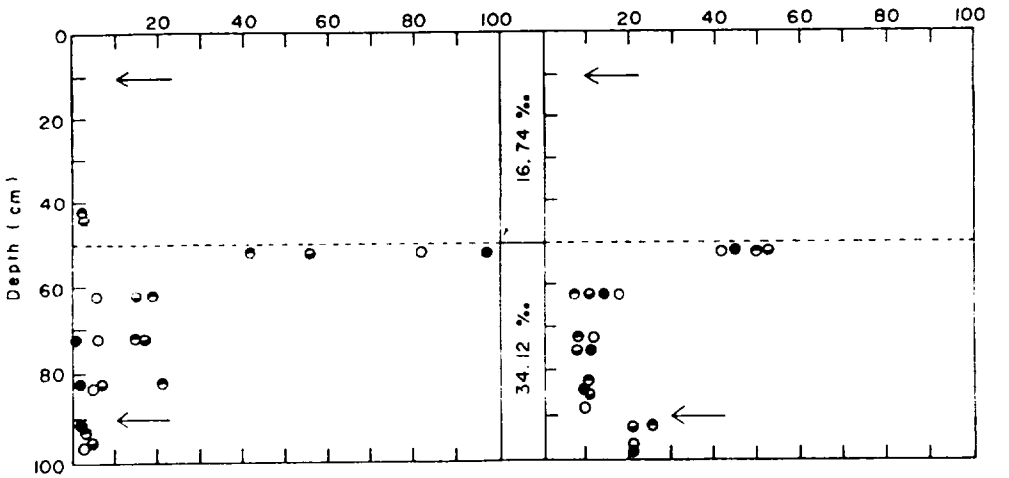

Fig. 22. Vertical distribution of the trochophore larvae 2 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

Fig. 23. Vertical distribution of the veliger larvae 24 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

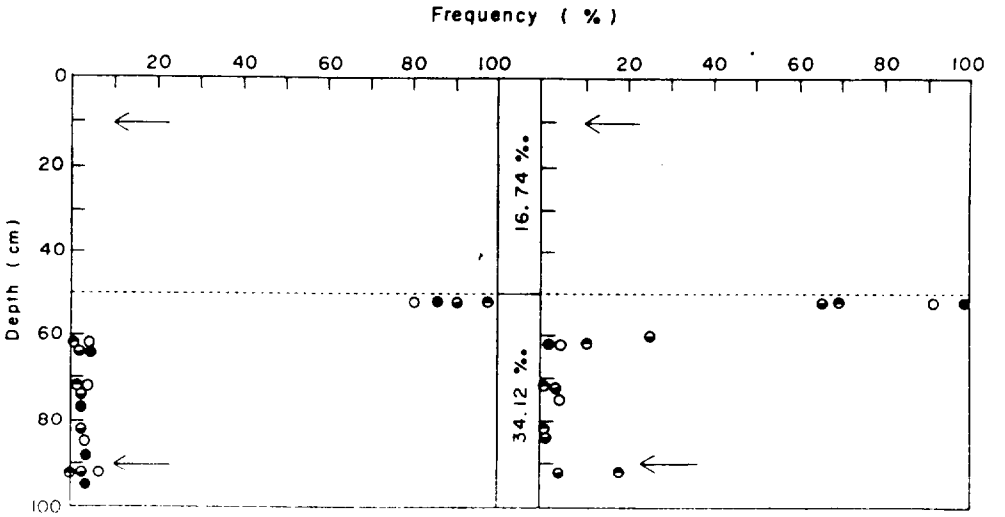

Fig. 24. Vertical distribution of the veliger larvae 48 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

Fig. 25. Vertical distribution of the veliger larvae 72 hours after hatching when the salinity of the upper layer was reduced in the glass tube (inner diameter, 20㎜) under the different conditions of light source. The arrow indicates the small light source of 250 lux. Symbols are the same as for Fig. 3.

本 硏究에서 低鹽分濃度로 設定한 16.74‰에서는 trochophore 幼生에서도 極少數의 個體가 成層 바로 윗쪽인 50㎝ 部近에 分布하고 나머지 大部分의 幼生은 20.66‰에서와 같이 成層의 아래쪽에만 分布하였다 (Fig. 22, 23, 24, 25).

考 察

전복屬의 까막전복, 시볼트전복, 말전복의 trochophore幼生에는 走光性이 있어 照度 220Lux되는 小型電球를 켜두고 約 40分後의 鉛直分布를 調査한 境遇 幼生의 大部分은 光源 혹은 그 周圍 모인다고 하였으며 말전복은 veliger 幼生이 되면서 이 性質이 消失된다고 한다 (矢野 等, 1977). 또 富田 等(1979, 1980)은 天然漁場에서 調査한 참전복의 veliger幼生의 垂直分布는 晝夜모두 6m以深에 많이 出現하였다고 報告하고 있다.

本 硏究에서는 참전복의 trochophore幼生과 veliger幼生은 光源과는 전혀 關係없는 反應을 보였으며, 유리관과 vinyl film주머니를 利用한 海中 實驗에서 低棲期 移行 以前의 大部分의 幼生은 表層에 群集하는 傾向을 보이고 있으며 이러한 現象은 低棲期로 移行하는 段階인 室內水槽에서는 부화後 90時間부터, 野外 試驗에서는 부화後 72時間째 veliger期에서 底層으로 分散되고 있어 矢野 等 (1977)이 報告한 말전복의 幼生과는 相反되는 傾向을 보이고 있어 이는 種間의 生態的 特性에 기인된 것으로 생각된다. 또 富田 等 (1979)의 天然漁場에서의 참전복 veliger幼生의 垂直分布 樣相과는 상당한 差異가 있으나 室內와 試驗施設內의 結果는 아무래도 差異가 있을 것으로 생각되나 富田 等이 調査한 veliger의 發生段階가 正確히 表示되지 않아 比較하기가 어려웠다. 또 本 硏究에서 調査된 底棲期로 移行하는 後期 veliger의 底面 分散이 天然水域에서 몇m層까지 進行될 것인가에 對하여

는 正確하지는 않지만 富田 等의 結果에 가까울 수 있는 可能性을 排除할 수 없을 것같다. 참전복의 初期幼生의 물 表面으로 群集하는 現象을 走光性과 關係가 없다고 한다면 矢野 等 (1977)이 말전복 幼生에서 指摘한 走光性外에 負의 走地性에 關聯되거나 壓力에 依한 影響이 아닌가 생각된다. 矢壤 等 (1977)은 말전복 浮游幼生의 負의 走地性에 미치는 低鹽分 海水의 影響은 發育段階에 따라 크게 달랐으며 trochophore幼生의 負의 走地性은 上層에 28.2‰의 低鹽分 海水가 있는 境遇 幼生의 大部分은 上層으로 移行하지 않고 下層의 35.2‰의 高鹽分쪽에 머무르지만 veliger의 境遇 이같은 影響은 더 낮은 鹽分인 18.6‰에서 였다고 하며 이는 부화직후의 trochophore幼生보다 發育이 進行된 veliger幼生의 抵抗性이 더 높다고 하고 있다.

本 硏究에서 참전복의 幼生에 있어서는 上層低鹽分 濃度가 30.01‰일때 trochophore幼生은 大部分이 上層에 分布하고 있지만 24～48時間째의 veliger幼生은 成層을 境界로 兩分되는 現象을 보여 trochophore幼生보다 더 敏感한 反應을 보였으며 抵抗力이 強해진 것은 부화後 72時間째의 veliger幼生부터 表層으로 移行하는 것이 顯著하게 나타났다.

보다 確實하게 影響을 미치는 鹽分濃度는 24.57‰에서 부터였으며 大部分의 trochophore幼生과 부화後 48時間 以內의 veliger幼生의 反應은 더욱 確實하게 나타나 成層을 넘어 表層으로 分布하는 幼生은 veliger 初期幼生에서는 極少數에 不過하였으며 成長이 多少 進行된 부화後 48時間 以後의 veliger幼生부터 조금씩 成層을 넘어 表層으로 移行하는 것이 增加하기 시작하였다.

全 試驗區間을 通하여 부화직후의 trochophore幼生의 低鹽分 濃度에 대한 抵抗力은 24時間後의 veliger幼生보다 월등히 強하게 나타났으며 48時間後의 veliger幼生과 비슷하거나 오히려 多少 더 強한 耐性을 보였다.

要　　約

참전복, *Haloitis discus hannai* Ino, 浮游幼生의 빛에 대한 반응과 상층에 低鹽分濃度의 成層이 있을때 유생의 浮上에 미치는 영향을 밝히기 위한 기초적인 시험을 해면과 실험실에서 실시한 결과는 다음과 같다.

참전복 trochophore 幼生과 孵化後 72시간내의 veliger 유생의 유리시험관속에서의 垂直分布는 빛의 조건과 關係없이 80-90%의 유생이 표층에 群集하였다. 참전복의 부유유생기의 負의 走地性은 유리관 내에서는 底棲期로 移行하는 孵化後 72～90시간부터 소실되기 시작하였다. 浮游幼生의 表層에 群集하려는 負의 走地性에 影響을 주는 上層部의 低鹽分海水濃度는 유생의 發生段階에 따라 차이가 나타났다. trochophore 유생에서는 24.57‰, 孵化後 24-48시간사이의 veliger 유생에서는 30.01‰에서부터 성층을 경계로 兩分되는 경향을 보였으나 72시간째의 veliger 유생은 하층 高鹽分層의 表層경계면에 群集하는 傾向이 強해졌다.

參考文獻

富田恭可. 磯貝振彦. 1979. エゾアワビ の浮游幼生の垂直分布とその日周變動. 北水試月報, 36(4) : 47～52.

富田恭可. 田嶋健一郎. 杉木　卓. 1980. 北海道北部日本海沿岸におけるエゾアワビの浮游幼生, 底生初期稚貝の出現. 北水試月報, 37 : 117～126.

猪野　峻. 1952. 邦産アワビ屬の增殖に關する生物學的硏究. 東海區水硏報, 5 : 1～102.

矢野　勳. 小川良德. 1977. マタカアワビ浮游幼生の鉛直分布に與える光, 水溫および水壓の影響. 東海水硏., 91 : 19～27.