

해가리비, *Amusium japonicum japonicum* (GMELIN)의 年齡과 成長에 관한 研究

손팔원 · 하동수 · 노 섭* · 장대수

南海水産研究所 濟州分析

*濟州大學校 增殖學科

Studies on the Age and Growth of Sun and Moon Scallop, *Amusium japonicum japonicum* (GMELIN)

Pal-Won Son, Dong-Soo Ha, Sum Rho* and Dae-Soo Chang

Cheju Branch, South Sea Fisheries Research Institute, NFRDA, Cheju, Korea

*Department of Aquaculture, Cheju National University

Age, annual growth pattern, and other ecologically important observations are reporting from the analysis of annual growth annuli of the sun and moon scallop, *Amusium japonicum japonicum*.

Field survey made from 1993 to 1994 indicated that the sun and moon scallops are mostly distributed along the southern coast of Cheju-do, especially around the Sogwipo area. They inhabit on muddy sand bottom, at depth between 30 and 40 m where water temperature varies from 14 to 23°C annually. The gonadal analysis indicated that the spawning mostly occurs during October and December and they exhibit multiple spawning peaks. The formation of annual growth annuli was found to be related with their spawning period.

The shell growth on *A. japonicum japonicum* appeared that their shell growth rate is comparatively faster than that of other scallops: *A. japonicum japonicum* reaches 6.28 cm in shell height at the first year and 9.07 cm at the second year. The growth rate of gonadal somatic tissue was also found to be faster than growth rates of other scallops. One year old scallops weigh about 18.8 g, two and three year old scallops weigh 60 and 102.4 g. Based upon these observations, it is concluded that *A. japonicum japonicum* can be a valuable species for aquaculture development due to their rapid growth.

Key words : Sun and moon scallop, *Amusium japonicum japonicum*, Age, Growth

序 論

해가리비는 濟州道 沿岸, 日本 中部以南 및 中國沿岸의 水深 20~40 m의 砂泥質 海域에 分布하는 種으로서 貝殼의 表面은 平坦하며, 上殼은 紫色을 띠는 赤色이고 下殼은 乳白色으로서 해와 달의 모양을 가지고 있다하여 一名 “日月貝”

라고도 한다. 조가비는 대단히 아름다우며 또한 貝殼筋과 肉質의 맛이 좋아 產業的으로 가치가 높은 品種으로 期待된다. 가리비類에 관한 研究는 참가리비를 中心으로 生殖生態에 관한 研究(山本, 1943; Chang et al, 1985), 種苗生産에 관한 研究(結城, 1987; 卞과 盧, 1978; 姜等, 1982; 李, 1991), 養成에 관한 研究(谷田와 菅野, 1959;

柳와 今井, 1968) 등이 있다. 또한 가리비類의 年齡과 成長에 관한 研究는 Joll (1988)의 해가리비와 類似種인 *Amusium balloti*와 Williams and Dredge (1981)의 *A. japonicum balloti*에 대한 보고가 있을 뿐 우리나라 濟州道에 分布하는 해가리비에 관한 報告는 찾아 볼 수 없다.

本 研究는 해가리비의 養殖開發을 위한 基礎 研究를 目的으로 1994年度에 西歸浦를 中心으로 한 濟州道 南部海域에서 형망에 의해 採集된 것을 對象으로 해가리비 貝殼에 나타난 輪紋을 利用, 年齡과 成長 및 生態等의 關係를 究明하기 위하여 實施하였다.

材料 및 方法

本 研究에 使用된 試料는 1994年 1年동안 濟州道 西歸浦 周邊의 法環과 江汀漁場(Fig. 1)의 水深 20~40 m 海域에서 形망에 의해 採捕된 해가리비 總 527個體(Table 1)에 대하여 每月 漁獲直後에 殼高와 重量을 測定한 後, 生殖巢를 摘出하여 性 判別 및 熟度狀態 等を 調査하였다 (Table 1). 한편, 貝殼의 破損이 없으며, 殼表에 나타난 輪紋이 比較的 鮮明하다고 判斷되는 143 個體에 대하여는 輪紋을 vernier caliper로 0.01

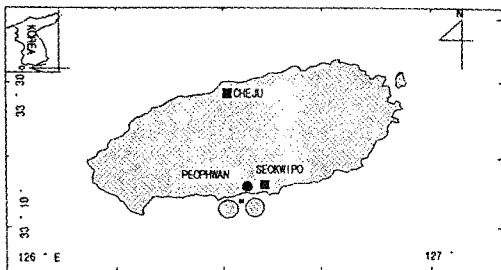


Fig. 1. Map of the Cheju-do coast, showing the areas pointed where sun and moon scallops were caught.

mm까지 測定하였다(Table 1). 輪經의 測定方法은 貝殼의 內대부로 부터 最終 貝殼 緣邊線까지를 殼高測定線上을 基準으로 하여 輪經(r_n)과 殼高(R)를 計測하였다(Fig. 2).

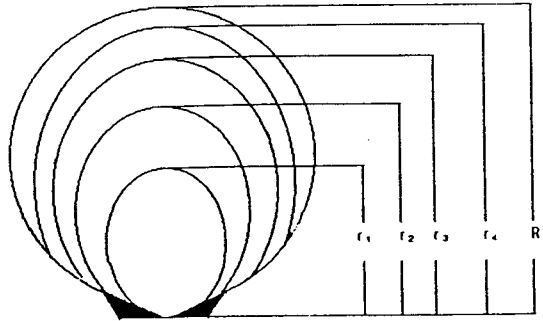


Fig. 2. Diagram of the shell radius used for age determination of sun and moon scallop.

輪紋形成時期의 推定은 各 測定個體의 緣域指數 (Marginal increment) : $(R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$ 를 月別로 計算하여 推定하였다.

해가리비의 棲息生態를 觀察하기 위하여 調査 海域의 水深 20~40 m의 海底를 Scuba裝備를 利用하여 季節別(4回)로 直接 潛水觀察하였다. 1歲 未滿의 해가리비 當年群의 成長 pattern을 把握하기 위하여 自然採苗 채롱에 부착된 稚貝의 殼高를 月別로 測定, 0+歲群의 成長을 把握하는데 補助資料로 活用하였다.

結 果

漁場環境

해가리비 主 棲息 漁場인 西歸浦 沿岸海域(爲美)의 1994年 表面水溫의 分布를 調査한 結果, 13.8~26.1°C (平年 13.8~25.8°C)로서, 平年과 類似한 水溫分布를 보였었다(Fig. 3). 全般적으로 上半期에는 平年相 또는 약간의 低溫相의 水

Table 1. The number of specimen in this study

Month	Total	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
No. of specimen	527	12	19	24	55	20	116	48	75	44	19	37	58

溫分布를 보였으나, 7월은 平年에 비하여 約 2.4 °C의 高溫相을 보였고, 下半期에는 全般的으로 0.3~2.4°C의 高溫相을 보였다.

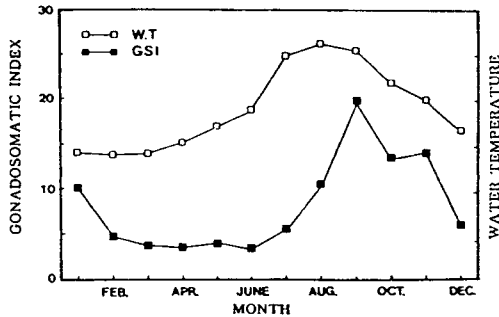


Fig. 3. Monthly changes in the gonadosomatic index (GSI) and water temperature (W.T) in 1994.

한편 法環漁場의 棲息環境 調査結果, 水溫의 分布는 14.7~24.8°C로서 定地觀測 地點인 爲美漁場과 類似한 水溫分布를 보였고, 鹽分은 31.15~34.60%였으나 夏季 보다는 冬季에 比較적 높은 鹽分을 보이고 있었으며 水素이온濃度는 8.12~8.20로 나타났다. 또한 溶存酸素의 경우는 3.87~5.85 ml/l로 나타났고, 化學的 酸素要求量은 0.23~0.64 ml/l의 범위였다(Table 2).

試驗漁場은 外洋水의 影響을 直接받을 뿐만 아니라 隣近海域 및 陸上으로 부터 汚染源이 전혀 없는 天惠의 漁場이다. 해가리비가 棲息하고 있는 場所의 底質은 砂泥質이 섞인 水深 20~40 m인 場所이며, 周邊에는 간혹 自然礁等 岩盤이 散發的으로 散在해 있는 곳이다.

해가리비의 棲息行動을 觀察한 結果, 砂泥質帶에 약간의 모래로 몸체를 덮어 측수만 모래 밖으로 나와 있도록 은폐(Scuba 裝備를 着用하고 水深 30 m에서 確認)하고 있다가 潛水夫가 接近할

때는 上下貝殼을 빠르게 開閉하여 移動하는 것이 觀察되었고, 一部 個體는 손으로도 採捕가 可能하였다.

産卵期 推定

1994年 형망에 의해 漁獲된 해가리비 中 未熟한 1歲 未滿의 稚貝를 除外한 生殖巢 重量指數(gonadosomatic index : $GW/BW \times 10^4$)의 變化를 보면, 低水溫期인 3月에서 6月 사이에는 3.09~4.69로서 比較的 낮은 變化를 보이다 7月 부터 점차 上昇하여 8月에 10.49로 急上昇하여 9月에 20.95로 最高値에 달한 後, 11月까지는 13.34~14.11의 比較적 높은 水準의 生殖巢重量指數를 維持하다가 12月에 들어 생식소 重量指數가 7.00로 減少하는 것으로 보아 主産卵期은 10~12月로 推定된다.

輪紋形成의 對應性

各 標本의 貝殼에 나타난 輪紋이 各 個體間에 對應性이 있는가를 檢討하기 위하여 年齡査定하였던 全標本 143個體에 대해 殼高(R)와 輪徑(r_n)과의 關係를 plot한 結果, Fig. 4에 나타난 바와 같이 各 年輪群에 있어서 輪徑의 測定値는 一定한 間隔으로 分布하며 殼高(R)와 輪徑(r_n)은 直線 回歸의 關係로 一定한 폭을 가지고 分布하며 거의 重複됨이 없이 分離되어 있음을 알 수 있다. 따라서 貝殼에 形成된 輪紋은 對應性이 있으므로 各 年齡形質의 輪紋을 比較的 正確히 읽은 것으로 判斷되나, 全般的으로 殼高(R)와 第 1輪과의 關係는 그림에서 나타난 바와 같이 plot된 값들은 넓게 흩어진 狀態이다. 즉 相關計數 값이 相對的으로 떨어지는 것으로 나타났다.

Table 2. Water qualities in the sampling station of Peophwan in 1994

Month	W. T (°C)	SAL. (%)	pH	DO (ml/l)	COD (ml/l)	PO ₄ -P (µg-at/l)	DIN (µg-at/l)
Feb.	15.2	34.60	8.20	4.36	0.23	0.82	9.32
Apr.	14.7	33.87	8.19	5.85	0.49	0.20	2.10
Aug.	24.8	32.34	8.14	3.87	0.28	0.00	3.22
Nov.	20.8	31.15	8.12	4.67	0.64	0.00	3.58

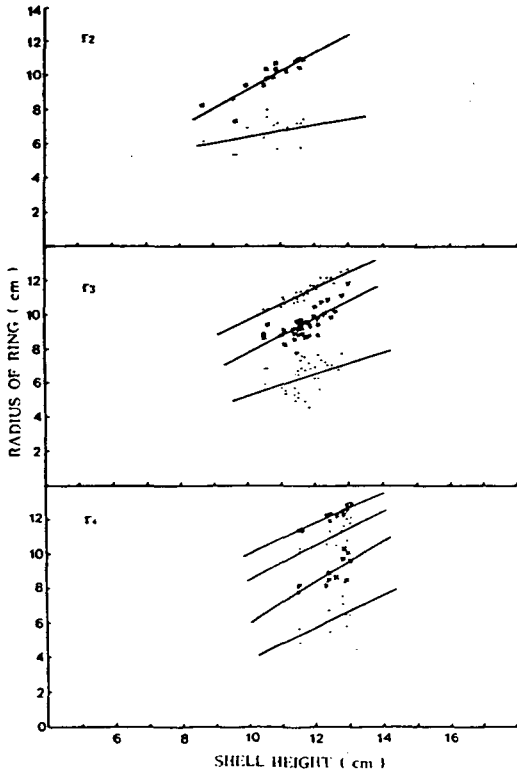


Fig. 4. Relationship between the shell height and ring radius in the each group ring of the same mark.

輪紋形成時期的 推定

n輪紋까지 形成되어 있는 貝殼에서 殼高를 R, 最外側 n번째의 輪徑을 r_n , n-1번째의 輪徑을 r_{n-1} 이라하면 貝殼의 緣邊成長率(M.I: Maginal increment)은 다음과 같이 구 할 수 있다.

$$M.I = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$$

보통 M.I는 輪紋形成 完了 直後에 最小가 되고 直前에 最大가 된다. 本 種의 경우는 Fig. 5에 나타낸 것 처럼 M.I의 값은 10월에 平均 0.80(0.24~2.43)으로 가장 높게 나타났고, 11월에는 前月の 約 折半 水準인 0.45(0.33~0.53)로 떨어져지고 있었고, 全般的으로 水溫이 上昇하는 4월부터 緣邊部의 成長(殼高成長)이 두드러지게 나타나고 있어, 同時期에 빠른 成長을 하는 것으로

여겨진다. 따라서 輪紋形成은 10월에서 12월 사이에 걸쳐서 形成되고 있는 것으로 推定되고 產卵時期와 거의 一致하고 있었다.

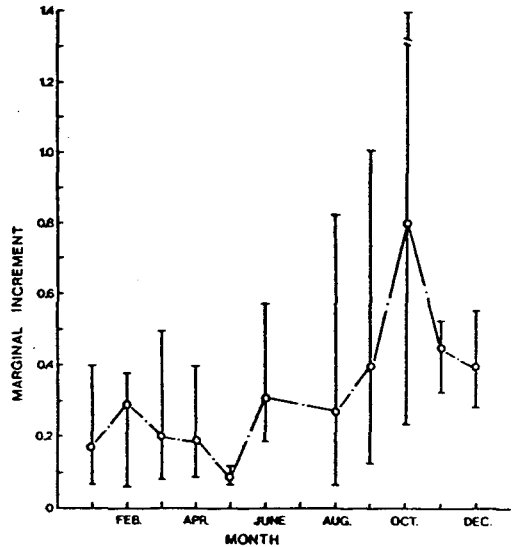


Fig. 5. Monthly changes in the rate of marginal increments of shell height in the group of the ring mark.

Lee 現象과 補正

貝殼의 各 輪紋 平均輪徑을 輪紋群數別로 計算한 것이 Table 3이며, 表에서 보는 바와 같이 高年齡時 n輪의 輪徑 보다 작은 現象이 보인다는 Lee현상이 나타남을 볼 수 있다. 따라서 Lee現象의 補正은 各 輪徑을 算術平均에 의하여 補正하였고, 그 값은 Table 3의 平均値로 나타낸 것과 같다. 한편 아직 輪徑이 없는 즉 0+歲個體群(1歲未滿 group)의 平均殼高(R)는 4.67 cm로 나타났다.

殼長과 殼高와의 關係

年齡查定이 可能하였던 總 143個體에 대하여 5 mm間隔으로 殼高의 平均値를 구하고 殼長(SL)의 成長에 따른 殼高(R)와의 사이에는 直線回歸 關係(Fig. 6)를 가지며 이를 구한 關係式은 다음과 같다.

$$R = 0.9190 SL + 3.8737$$

Table 3. Mean value and standard deviation of ring radius in each ring group

Ring group	No. of specimen	Ring radius and Standard deviation (Mean±SD, cm)				
		r ₀	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
0 ⁺	60	4.67 (0.94)				
I	7	6.86 (0.66)				
II	16	6.61 (0.80) 9.83 (1.00)				
III	49	6.34 (0.84) 9.41 (0.78) 11.23 (0.58)				
IV	11	6.17 (0.74) 8.89 (0.82) 10.99 (0.65) 12.16 (0.47)				
Total	143	Average	6.50 (0.76)	9.39 (0.87)	11.11 (0.62)	12.16 (0.47)

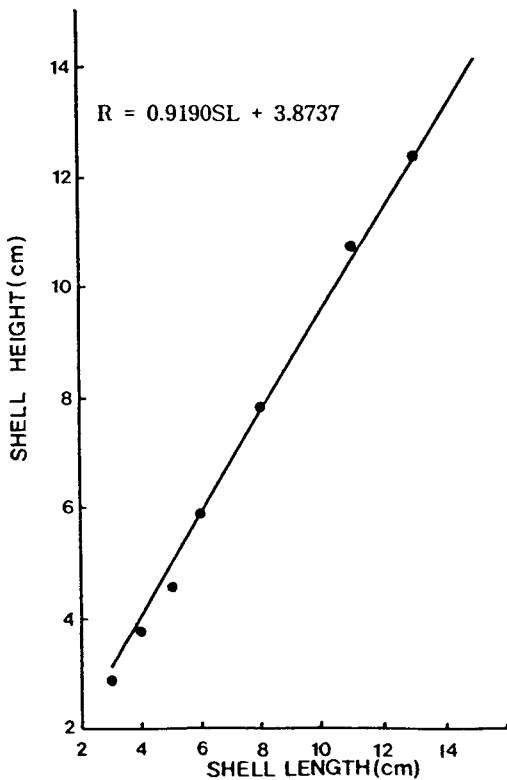


Fig. 6. Relationship between shell length (L) and shell height (R).

成長式의 推定

各 輪紋形成時의 計算殼高를 利用하여 von Bertalanffy 成長式을 適用한 해가리비의 成長式을 計算한 結果,

$$Lt = 13.25 (1 - e^{-0.5103(t+0.2598)})$$

로 推定되었다(Fig. 7). 그리고 殼高와 體重과의

關係는 다음과 같이 表示 할 수 있다.

$$W = aL_n$$

(但, W: 體重, a: 常數)

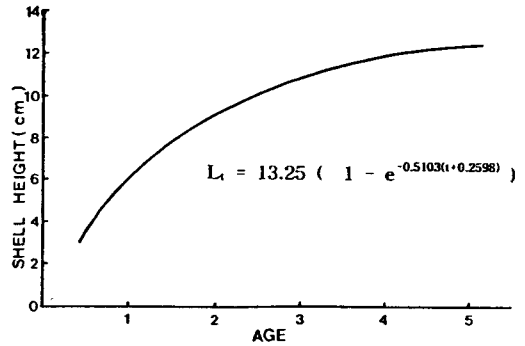


Fig. 7. Theoretical growth curve in shell height by Bertalanffy's equation.

殼高 1 cm의 各 殼高階級別 平均體重을 求하여 위의 式에 適用시켜 殼高와 體重의 回歸式을 計算한 結果는 Fig. 8과 같이 $W = 3.919 \times 10^{-5} L^{3.1595}$ 으로 나타났다.

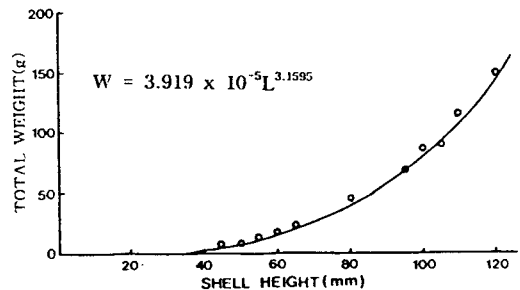


Fig. 8. Relationship between shell height and body weight.

上記 殼高 및 體重關係式에 輪紋形成時의 計算殼高을 代入하면 Table 3에 나타낸 바와 같이 輪紋形成時의 計算體重이 구해진다. 또한 L_{∞} 값을 各各 代入하면 理論的인 最大殼高 時의 體重이 얻어지므로 이렇게 얻어진 값이 理論的인 最大 體重(W_{∞})이 된다. 따라서 von Bertalanffy의 體重에 대한 成長式(Fig. 9)에 適用시킨 結果,

$$W_t = 198.8 (1 - e^{-0.5103(t + 0.2598)})^{3.1595}$$

(但, $W_t = t$ 年의 體重, $t =$ 年齡) 으로 各各 推定되었다.

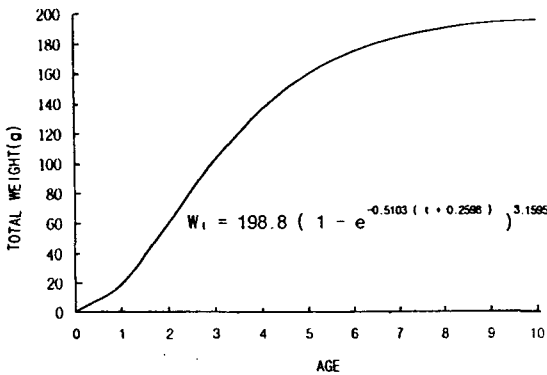


Fig. 9. Relationship between growth curve in total weight by Bertalanffy's equation.

따라서 年齡別 理論的 殼高 및 體重은 Table 4에 나타내었다.

한편 1994年 5月에서 1995年 4月 까지 採捕된 해가리비의 殼高組成을 보면, 全般的으로 1~2 歲群이 漁獲이 대체로 不良한 것으로 나타나고 있으며, 1年生으로 推定되는 殼高 6 cm 前後의 해가리비는 mode의 移行經渭로 보아 빠른 速度로 成長하고 있음을 알 수 있었다.

考 察

해가리비는 棲息海域의 表面水溫과 20~40 m水深의 水溫差等を 考慮할 때 棲息溫度的 範圍는 約 14~23℃의 範圍라고 推定되어 지고, 同 海域의 鹽分의 年 變化를 우리 所의 漁場環境調查 및 其他 여러 調查資料를 綜合하여 分析해 보았을 때, 28.00~33.50%로 여겨진다. 梁(1984)에 의하면 여름철 濟州道 沿岸은 地下에서 湧出되는 湧泉水 影響으로 沿岸쪽 水深 約 30 m까지는 30% 以下の 低鹽分을 보이나, 그외의 時期에 있어서는 外洋水의 影響을 받아 高鹽分이 된다고 밝히고 있는 점과 거의 類似함을 보이고 있다.

조개類의 生殖細胞 形成과 成熟을 支配하는 環境要因은 먹이(丸, 1976), 日照時間(Simpson, 1982), 水溫 등이 報告되고 있다(Sastry, 1979). 本 研究에서 해가리비는 日長이 길고 水溫이 20℃ 以上으로 上昇하는 7月에 生殖巢重量指數(GSI)가 增加하기 시작하여, 日長이 짧아지고 水溫이 最高에서 떨어지기 시작하는 9月에 最大 값을 나타내고 있어, 配偶者 形成과 初期生活은 長日과 水溫上昇에 起因하는 것으로 생각된다. 따라서 해가리비의 產卵時期은 10月에서 12月의 水溫 17~20℃사이로 推定된다.

輪紋形成의 對應性 檢討에 있어서 各 輪紋群에 있어서 第 1輪紋群의 分布가 全般的으로 不規則하게 나타난 것은 앞서 해가리비 產卵期에서 言及한 바와 같이 產卵時期의 차이에서 오는 成長差에 의하여 第 1輪 形成時期의 差異가 나타난 것을 意味하고, 바꾸어 말하면 初期產卵群은 成長이 좋은 반면에 產卵末期에 產卵된 個體는 成長이 나쁜 結果에서 오는 것이라고 여겨진다.

Table 4. Theoretical shell height and total weight at the time of each ring formation and each age

Shell height & Total weight	Number of ring or age				
	1	2	3	4	5
L_t (cm)	6.28	9.07	10.74	11.74	12.34
TW_t (g)	18.82	59.99	102.36	135.77	158.98

해가리비 自然採苗를 위한 '94年 10月 27日 設置한 自然採苗器(양과網속에 附着基質인 monofilament網 使用)에 附着된 稚貝 成長의 경우를 보면, 附着된 稚貝는 1월에 殼高 3.3 mm 에서 低水溫期임에도 불구하고 빠른 成長을 하여, 1995年 5月에는 平均殼高 3.5 cm까지 成長 하였고, 年齡査定에 의한 0+歲 個體群의 平均殼高가 4.67 cm (Table 3)이고, 偏差가 ± 0.94 cm로 크게 나타나고 있어 產卵時期에 의한 成長差는 認定하지 않을 수 없는 것으로 判斷된다.

緣邊成長率(M.I)을 통한 해가리비의 輪紋形成

時期는 10月에서 12月 사이의 產卵時期에 形成 되는 것으로 推定된다. 5月에서 產卵直前인 10月 까지 急激한 成長을 보인 後, 高水溫期인 夏節 期에도 生理的 스트레스에 의해 희미한 輪紋이 確認되기도 하였으나, 產卵時期에 나타난 輪紋과는 確然한 區分이 可能하였다. 4歲以上에서는 採捕 및 運搬 또는 收容시 貝殼의 緣邊部가 破損되고 生態上 跳躍하는 過程에서 他 物體에 부딪쳐 破損되는 等 高齡 個體에 대한 成長을 把握하는데는 다소의 어려움이 있었으나, 今後 持續的인 標識 放流(1995年 8月 約 80個體 實施)를 통하여

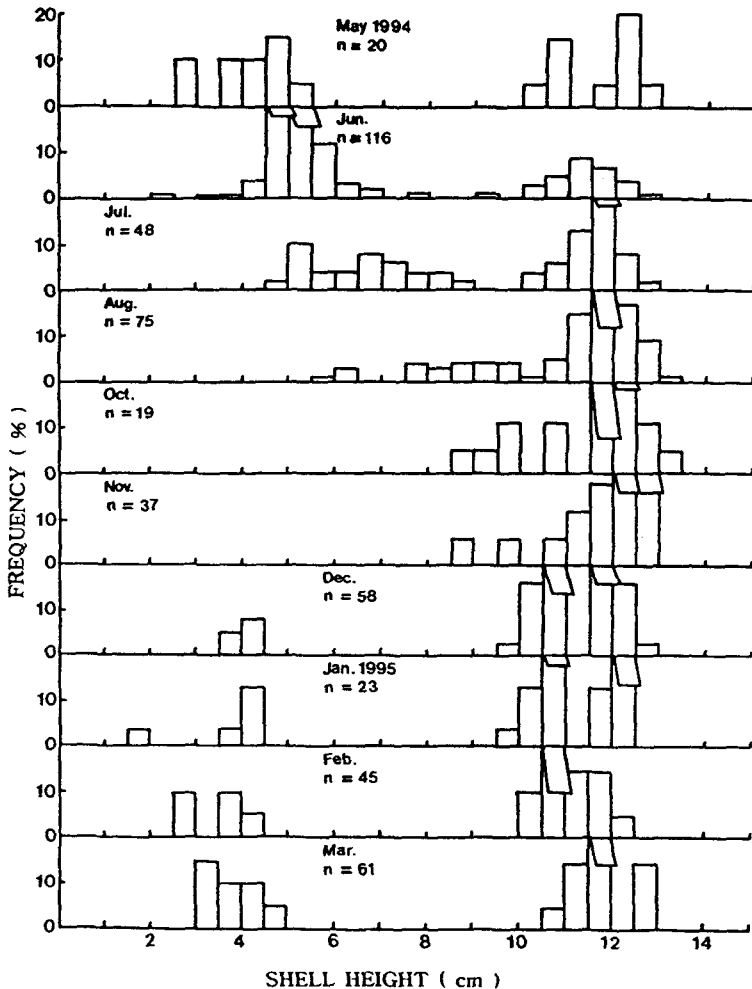


Fig. 10. Monthly frequency distribution of shell height of sun and moon scallops.

成長의 factor들을 正確히 할 必要가 있다고 생각된다. 또한 殼高組成의 年級群 分離를 통하여 各 年輪群別 平均殼高를 推定하는 方法도 있으나, Fig. 10에 나타난 바와 같이 해가리비 棲息漁場에서 형망을 安全하게 引網할 수 있는 砂泥質帶 面積의 狹小(군데군데 암초가 돌출된 海域은 形망作業 困難)로 인하여 一定海域에서만 引網이 可能하기 때문에 해가리비 試料確保에 어려움이 있었다.

Scuba 裝備를 利用한 水中觀察에서 해가리비는 diver를 피하여 급격히 逃避하는 光景이 목격되었고, 形망에 의한 採捕時도 晝間 보다는 夜間에 漁獲成果가 좋았다는 점을 감안 할 때 수많은 眼點을 가진 同 種은 어떤 物體의 接近 등, 위기를 느낄 때 순간적으로 피할 수 있는 充分한 能力을 가진 것으로 判斷된다. 殼高組成을 통해서 나타내었던 바와 같이 0⁺歲 個體群과 2~3歲群은 混在하여 採捕되는데 비하여 1歲群은 全 調查期間을 통하여 漁獲量이 현저하게 적었던 것으로 보아 試驗에 使用한 形망의 構造와 漁獲能率에도 多少의 問題點이 認定되나 年齡群別로 상당한 分布의 차이가 있거나 移動이 있는 것으로 여겨져 今後 이에 대한 具體的인 研究가 必要하다고 생각된다.

要 約

해가리비의 貝殼에 나타난 輪紋을 利用한 年齡과 成長 및 生態에 관한 몇 가지 特徵을 檢討한 結果는 다음과 같다.

西歸浦를 中心으로한 濟州道 南部海域에 주로 分布하고 있는 해가리비의 產卵期는 수온이 17~20℃되는 10月에서 12月로 나타났고, 2回 以上 多回產卵하는 것으로 判斷된다.

分布水溫은 14~23℃ 範圍이고, 主 棲息場所는 砂泥質인 水深 30~40 m였다. 貝殼에 나타난 輪紋形成 時期는 產卵期와 一致되고 있었다.

해가리비의 殼高成長은 比較的 빠른 것으로 나타났고, 1年貝의 경우 殼高 6.28 cm, 2年貝의

경우는 9.07 cm로 나타났으며, 理論的인 最大 殼高는 13.3 cm 였다.

體重의 增加는 1歲때 18.8 g, 2歲 60 g, 3歲의 경우는 102.4 g으로 急激히 增加하고, 最大體重은 198.8 g인 것으로 나타나, 今後 自然採苗에 의하여 養殖을 試圖하였을 때, 充分한 產業的 價値가 있을 것으로 여겨진다.

參 考 文 獻

- Chang, Y. J., K. Mori and T. Nomura, 1985. Studies on the scallop, *Patinopecten yessoensis*, in sowing cultures in abashiri waters reproductive periodicity. *Tohoku J. of Agric. Res.*, 35 : 91~105.
- Joll, L. M., 1988. Daily growth rings in juvenile saucer scallops, *Amusium balloti* (Bernardi). *J. Shellfish Res.*, 7 : 73~76.
- Rose, R. A, G. R. Campbell, and S. G. Sanders, 1988. Larval development of saucer scallop *Amusium balloti* (Bernardi) (Mollusca : Pectinidae). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 39 : 153~160.
- Sastry, A. N., 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). In *Reproduction of Marine Invertebrates* (eds. A. C. Giese and J. S. Pearse), Academic Press, New York, 113~292.
- Simpson, R. D., 1982. Reproduction and lipids in the Sub-Antarctic limpet *Nacella* (*Patinigera*) *macquariensis* Finlay, 1927. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 56 : 33~48.
- Williamas, M. J and M. C. L., Dredge, 1981. Growth of saucer scallop, *Amusium japonicum balloti* Habe in central eastern Queensland. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 32 : 657~666.
- 姜海遠 · 鄭成采 · 李種寬 · 趙榮朝 · 張貞源, 1982. 가리비 人工種苗生產에 관한 研究. *수진연구보고*, 30 : 111~118.
- 權倍吉 · 朴甲萬 · 李俊相, 1993. 원색한국패류도감. 아카데미서적, 351p.
- 李種夏, 1991. 혼한가리비 *Chlamys nobilis* 人工種苗生產에 관한 研究. *수진연구보고*, 45 : 175~181.
- 卞忠圭 · 盧龍吉, 1978. 가리비, *Patinopecten yessoensis* (JAY)의 人工採苗에 관한 研究. *수진*

- 연구보고, 20 : 141~155.
- 황경열·황영태, 1981. 한국동해산 민들조개의 연령과 성장. 수진연구보고, 27 : 111~117.
- 梁城基, 1984. 濟州道 三陽沿岸海域의 海洋環境學的研究. 수온, 염분 및 용존산소의 분포. 濟州大海資研報, 8 : 1~8.
- 柳晟奎·今井丈夫, 1968. 가리비의 먹이와 成長. 부산수대연구보고, 8 : 127~132.
- 丸邦義, 1976. ホタテガイの生殖に関する研究. 第1報 養殖ホタテガイの生殖周期. 北海道水試研報, 18 : 9~26.
- 谷田專治·菅野尚, 1959. アカザラガイ *Chlamys farreri nipponensis* KURODAの増殖に関する研究. (第I報 養殖場のアカザラガイ稚貝について). 東北水産研究報告, 15 : 23~33.
- 山本護太郎, 1943. ホタテガイ *Pecten (Patinopecten) yessoensis* JAYの生殖細胞形成並びに生殖時期. 日本水産學會誌, 12 : 24~26.
- 結城勝久, 1987. アカザラガイ人工種苗の量産化研究. 水産増殖, 35 : 175~182.