

패류양식장과 실내 사육수조에서 큰구슬우렁이 *Glossaulax didyma didyma* (Gastropoda: Naticidae)에 의한 말백합 종패와 성패의 패각 위 천공특징 및 폐사에 관한 연구

박영제¹, 김성한²

바다녹색산업연구소¹, 군산대학교 해양생명과학과²

Studies on Boring Characteristics and Mortality on the Valves of the Seed and Adult *Meretrix petechialis* by *Glossaulax didyma didyma* (Gastropoda: Naticidae) in the Shellfish Aquafarm and the Indoor Aquarium

Young-Je Park¹ and Sung Han Kim²

¹Sea Green Industry Institute, Bucheon 420-851, Korea

²Department of Aquaculture and Aquatic Sciences, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

Boring characteristics, boring rate, and predation, rates on the valves of the seed and adult clams of *Meretrix petechialis* by *Glossaulax didyma didyma* in the shellfish aquafarm and the indoor rearing aquarium were investigated by various morphometric data. The investigations were carried out from June to September, 2007. The morphology of drilled holes on the valves of *M. petechialis* showed the crater type as seen in the spats of *Ruditapes philippinarum* and *M. lusoria*. The sizes of the outer diameters of holes were greater than the inner diameters of the holes on the valves of *M. petechialis* in the shellfish aquafarm and the indoor aquarium at the laboratory. On the whole, the sizes of the holes on the valves of the seeds of *M. petechialis* was smaller than those bored holes on the adult valves. The location of the bored holes on the valves of the seeds varied widely with the the sizes of the individuals of *M. petechialis*, while most of holes on the valves of adult clams were located near the umbo position of the valves of the clams in the shellfish aquafarm and the indoor aquarium at the laboratory. On the whole, the outer and inner diameters of the bored holes increased with increase of shell lengths of the clams in the shellfish aquafarm and the indoor rearing aquarium at the laboratory. The authors could confirm experimentally the boring snail, *G. didyma didyma*, drilled the seeds and adult clams of *M. petechialis*. In the experiments for 15 days (three times repeated) in the indoor rearing aquarium at the laboratory, the mortality of dead shells to total shells of *M. petechialis* by boring snail *Glossaulax didyma didyma* was totally average 41.5%, and percent of drilled shells to total dead shells of clams by the boring snail was average 47.1%. Of total shells, percent of drilled shells to total shells of clams by the boring snail was totally average 19.3%. Predation of *G. didyma didyma* were greater at night than the day time. Average 0.5 seed and adult individuals of *M. petewchialis* were consumed per *G. didyma didyma*, per day. Predation varied with shell lengths of *M. petechialis* and shell widths of *G. didyma didyma*.

Keywords: *Glossaulax didyma didyma*, *Meretrix petechialis*, Boring characteristics, Boring rate, and Predation rate

서 론

Received June 19, 2011; Accepted June 23, 2011
Corresponding author: Park, Young-Je
Tel: +82 (32) e-mail: scallop@hanmail.net
1225-3480/24380

자연집단에서 이매패류의 폐사원인이 되는 것으로는 환경적으로는 물리·화학적 변화와 세균 및 기생충, 해적생물 등에 의한 생물학적 요인 등을 들 수 있다. 이들 중 자원감소에 크게 영향을 미치고 있는 해적생물들에 의한 양식생물들의 피해는

아주 큰 것으로 잘 알려져 있다(Lee, 1969). 지금까지 패각에 천공하는 것으로 알려진 것은 식물에서는 조류, 균류, 세균류가 있고, 동물에서는 해면동물의 *Cliona*, 편형동물의 *Pseudostylochus*, 다모류의 *Polydora*, 만각류의 *Trypetesa*, 부족류의 *Lithophaga*, 복족류의 6과 등이 보고되어 있다(Carriker, 1961a, b). 지금까지 바지락 *Ruditapes philippinarum* 의 패각을 천공하여 폐사시키는 해적생물인 천공복족류로는 큰구슬우렁이 *G. didyma* (Tamura, 1960), *Natica maculosa* (Watanabe, 1938), *N. severa* (Choi, 1962), *Fasinus perplexus* (Tanita, 1960), *Rapana thomasi* (Yoshita, 1939), *Tectonatica janthostomides* (Hamada, 1961) 등이 알려져 있다. 또한 Yoshita (1939) 는 한국에서 굴의 패각에 천공하는 생물로써 대수리 (*Thais tumulosa clavigera*), 두드레고둥 (*T. bronni*, *Ocenebra japonica*), 입뿔고둥 (*Cerastoma burnetti*), 피뿔고둥 (*Rapana thomasi*) 등 5종을 보고하였다. 그밖에 천공복족류로 알려진 것은 Hanks (1960)에 의해 *Polinices duplicata*, *P. duplicatus*, *P. triseriata*, *P. heros*가 보고되었고, Turner (1953)에 의해 *Nassarius obsoletus* 이 (1969) 에 의해 *Neverita didyma* 가 보고되어 있다. 그리고 Carrier (1951)는 *Bussycon caria*와 *B. canaliculatum* 등 여러 종들이 이매패의 치패에 천공하고 있다고 보고하였다. 또한 Carriker(1961) 는 이매패의 일종인 *Mercenaria mercenaria*의 착생치패가 *Urosalpinx cinerea*와 *Eupleura caudata*에 의해서 천공된다는 사실을 밝혔다. 그러나 2종의 복족류는 한국에서는 발견되지 않았다 (Lee, 1956). Hanks (1960) 는 변태를 한 *Polinices duplicatus* 가 이매패의 치패에 천공한다고 보고하였으며, 또한 Hanks, (1960) 에 의해서 *P. triseriata*와 *P. heros*가 천공을 하는 것으로 보고되어 있다. 그밖에 Turner (1953) 에 의해 *Nassarius obsoletus*가 그리고 Carrier (1951) 에 의해 *Busycon caria*와 *B. canaliculatum*가 이매패류의 치패들을 천공하는 것으로 보고되어 있다.

본 조사지역 내의 백합, 말백합, 바지락, 가무락조개 등의 패류양식장에서는 천공되어 폐사된 이들 양식생물들을 흔히 볼 수 있었다. 지금까지 이들 조개류 중 백합류의 천공폐사에 관해 보고된 것으로는 Lee (1969) 의해 보고된 백합 (*Meretrix lusoria*) 치패의 천공율이 보고되어 있을 뿐이다. 백합양식에 피해를 주는 천공복족류는 *Neverita didyma*와 *Natica severa*라고 보고되어 있으나 조사방법 문제로 연구결과가 뚜렷하지 못하여 상당한 견해차를 보이고 있다. 아울러 중요한 양식생물인 말백합에 피해를 주고 있는 해적생물의 생태 및 천공에 의한 말백합 폐사율과 관련된 조사, 보고는 찾아볼 수 없었다. 따라서 말백합의 증양식 기술개발 연구의 일

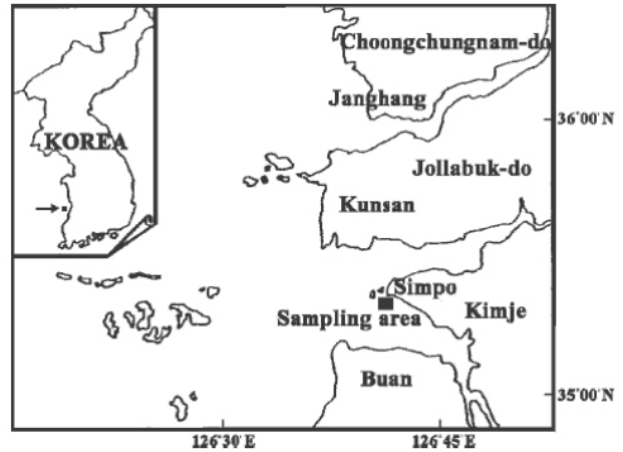


Fig. 1. Map showing the sampling area.

환으로서 천공복족류인 큰구슬우렁이 (*G. didyma didyma*) 에 의한 말백합 종패 및 성패의 천공폐사율과 관련된 기초자료 조사, 연구는 무엇보다 시급한 실정이다. 본 조사에서는 양식장의 자연집단과 실내 사육수조에서 큰구슬우렁이에 의해 말백합의 패각에 뚫린 천공의 형태적 특징, 천공위치 분포빈도, 천공률, 주야간별 천공, 식해현상 등에 관한 양식의 기초자료를 얻고자 조사하였던바 몇가지 양식과 관련된 귀중한 기초정보 자료를 얻었기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 패류양식장 내에서 폐사된 패각들 중 천공된 패각들의 특징 조사

1) 패류양식장 내에서의 표본채집, 천공의 형태적 특징 및 천공의 크기 측정

본 조사 재료는 2007년 6월부터 9월까지 패류양식장에서 서식 밀도가 높은 구역 (Fig. 1) 일대에서 폐사된 말백합 종패와 성패를 258-294 개체를 월별로 채집하였다. 천공된 패각의 각장 크기와 구멍의 크기 관계를 파악하기 위해 Vernier caliper로 소숫점 2단위까지 측정하였다. 구멍의 크기는 외경 (outer diameter) 과 내경 (inner diameter) 으로 구분하여 Vernier caliper로 측정하였다.

2) 패류양식장 내에 폐사된 말백합 패각에 형성된 천공 위치의 분포 빈도 및 좌, 우각의 천공빈도 분석

양식장 내에서 천공복족류인 큰구슬우렁이에 의해 천공되어 폐사된 말백합의 종패를 수거하여 이들을 대상으로 패각 상부에 출현하는 천공부위의 구획을 이 (1969) 의 방법에 따라 14 구획 (Fig. 2) 으로 나누어 구획별 천공빈도를 측정하였다. 말백합이 성장하여 각장이 커짐에 따라 구멍의 위치 분포양상이 어떻게 달라지는가를 밝히기 위해 종패에 해당되는 작은 개체

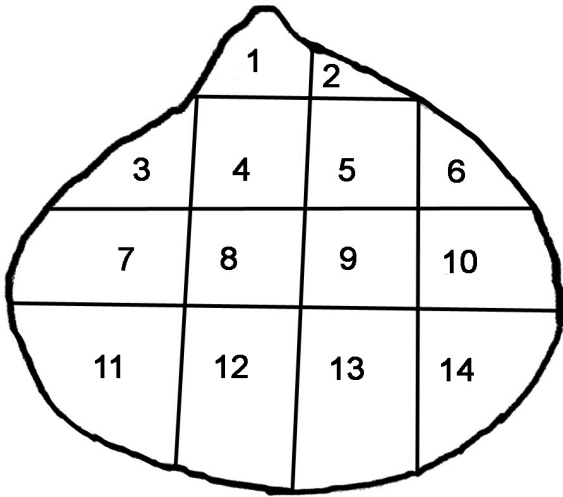


Fig. 2. Compartments of the valves of *Meretrix petechialis*.

부터 성패에 해당하는 큰 개체들에 이르기까지 양식장 내에서 각장 20.35-49.40 mm 범위의 폐사된 개체들의 패각을 패류 양식장에서 채집하여 천공위치 분포 빈도와 좌, 우각의 천공빈도 출현 관계를 해석하였다.

2. 실험실 실내 사육수조에서 큰구슬우렁이에 의해 천공 폐사된 패각들의 천공 특징 조사

1) 사육수조 내에서 실험할 천공복족류 선정

말백합 양식장 내에서 조사된 천공상태 양상과 실험실 내에서 큰구슬우렁이에 의해 천공되어 폐사된 개체를 대조하기 위해 조사지역 내에 널리 분포하는 큰구슬우렁이 (*G. didyma*) 와 피빨고둥 (*Rapana venosa*) 2종을 대상으로 7월 1일 채집하여 실험실 내에서 예비 실험한 결과, 큰구슬우렁이만 활발하게 천공을 뚜렷이 하였기에 1종만을 조사대상으로 하여 조사하였다.

2) 사육수조 수질, 먹이공급 관리

실험재료 채집은 7월 26일부터 9월 11일까지 3개월 간 수시로 채집하여 3일간 실험실 환경에 적응시킨 후, 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 용기의 크기는 90 cm × 40 cm × 40 cm의 유리로 제작된 수조 5개로 용기 바닥에 순환여과장치를 설치한 후 약 12 cm의 높이까지 모래를 깔고 여과해수를 넣은 후 매회 각 수조에 큰구슬우렁이를 4마리씩 넣고 말백합 종패 (각장 20.0-35.9 mm) 를 수조당 60마리씩 넣고 매회 15일간씩 3회 실시하였다. 천공 여부조사는 매일 오전 9시에 확인한 후 기록하였다.

실내 사육기간 중 수조 내에 서식하는 말백합의 먹이공급은 해수 내에서 배양시킨 식물플랑크톤 (*Tetraselmis tetrahele*,

Isochrysis galbana, *Nitzschia* sp., *Chaetoceros gracilis*, *Chlorella ellipsoidea*, *Nannochloris oculata*) 을 대략 $4-6 \times 10^8$ cells·G⁻¹·day⁻¹ 밀도로 먹이가 부족하지 않게 충분히 공급하여 주었다. 수조 내 식물플랑크톤의 세포 밀도 측정은 particle counter (TA-II. Coulter Electronics Ltd.) 로 측정하였다. 사육수조 내의 자연여과해수 관리는 염분계로 31.5 psu를 유지시켰고, 수류는 0.5 L/min, 해수온 25 ± 0.5°C를 유지시켰으며, 매일 해수를 교체하여 주었다.

3) 실내 사육수조 내 말백합 패각에 형성된 천공의 형태 및 천공 종류별 특징 조사

양식장 내에서 천공복족류인 큰구슬우렁이에 의해 천공되어 폐사된 개체들을 조사한 방법과 동일하게 실내 사육수조 내에서 큰구슬우렁이에 의해 천공되어 폐사된 말백합의 종패를 수거하여 이들을 대상으로 패각 상부에 출현하는 천공들을 Vernier caliper로 각각 측정하였고, 큰구슬우렁이에 의해 패각 위에 형성된 천공들의 일반적인 천공형태를 조사하여 양식장 내에서 천공 폐사된 말백합의 천공형태와 비교하였다. 또한 사육수조 내에서 조사된 말백합의 패각에 천공된 구멍 (hole) 들 중 외경 (outer diameter) 들의 평균값과 내경(inner diameter) 들의 평균값 측정치를 수리적으로 계산하여 각장의 크기 증가와 천공된 구경 (외경들과 내경) 들 간의 관계를 양식장 내에서 얻은 결과들과 비교 검토하였다.

4) 실내 사육수조 내 말백합 패각에 형성된 천공위치 분포 빈도 및 좌, 우각의 천공빈도 분석

양식장 내에서 조사된 방법과 동일한 방법으로 천공위치 분포 빈도를 파악하기 위해 패각의 천공부위를 Lee (1969) 가 백합 (*Meretrix lusoria*) 치패 조사시 사용한 방법과 동일하게 천공의 위치를 14구획으로 나누어 조사하였다,

5) 실내 사육수조 내에서 말백합 패각에 천공된 천공률, 천공형태 및 천공 크기의 특징 비교

실내 수조에서 큰구슬우렁이 (*G. didyma*) 에 의한 말백합 종패 (각장 20.01-36.0 mm) 의 천공률과 천공형태를 3차에 걸쳐 조사하였다. 실내 수조에서 각장별로 천공된 외경 (outer diameter) 들의 평균 측정값들과 내경 (inner diameter) 들의 평균 측정값들을 양식장 내에서 조사된 결과들과 비교하였다.

6) 실내 사육수조 내의 말백합 패각에 형성된 천공위치 분포 및 좌우각의 천공빈도

실내 사육수조에서 큰구슬우렁이에 의해 폐사된 말백합 패각의 천공부위를 14 구획으로 나누어 천공위치 분포와 말백합 좌우각의 천공빈도를 패류양식장의 결과와 비교 고찰하였다.

Table 1. Percentages of drilled shells to dead shell of *Meretrix petechiales* in Simpo shellfish aquafarm, Kimje, Korea

Collection Date	Shell length (mm)	Total Dead shells	Drilled shells	Drilled shells to dead shell (%)
June 17, 2007	20.35-49.90	258	51	19.8
July 22, 2007,	20.41-49.81	267	46	17.2
August 12, 2007	22.04-49.72	294	48	16.3
September 3, 2007	20.53-47.63	272	60	22.1
Total		1,091	205	75.4
Average		272.8	51.3	18.9

Table 2. Average diameters of drilled holes bored at the valves of *Meretrix petechiales* in Simpo shellfish aquafarm, Kimje, Korea

No. of Samples	Shell length (mm)	Average Outer diameter (mm)	Average Inner diameter (mm)
5	20.32 - 22.00	2.52	1.25
7	22.01 - 24.00	2.72	1.36
15	24.01 - 26.00	2.83	1.43
14	26.01 - 28.00	3.25	1.56
17	28.01 - 30.00	3.23	1.64
14	30.01 - 32.00	3.69	1.72
18	32.01 - 34.00	3.81	1.81
28	34.01 - 36.00	3.89	1.85
22	36.01 - 38.00	3.78	1.91
20	38.01 - 40.00	3.91	1.93
19	40.01 - 42.00	4.06	2.15
15	42.01 - 44.00	4.15	2.26
13	44.01 - 45.88	4.21	2.32
207	20.32-45.88	2.52-4.21	1.25-2.32

7) 실내 사육수조 내의 말백합 패각에서 일어나는 주야간별 천공, 식해조사

사육 수조 내에서 큰구슬우렁이에 의해 말백합의 패각에 천공이 일어나는 시기를 주야간별로 조사하였고, 15일간 실험기간 중의 천공률과 큰구슬우렁이 1마리가 포식하는 말백합 종패 개체수를 조사하였다.

결 과

1. 패류양식장 내 말백합 패각에 천공된 천공률, 천공형태, 천공크기의 특징

1) 패각에 천공된 천공률

패류양식장 내에서 6월부터 9월까지 폐사된 말백합의 패각을 수집하여 폐사된 총 패각들 (평균 272.8 개체) 중 패각에 천공이 형성되어 폐사된 개체들 (평균 51.3 개체) 의 천공률은 평균 18.9%를 나타내었다 (Table 1).

2) 천공형태

천공복족류 (큰구슬우렁이 등) 에 의해 패각 위에 형성된 천공들의 일반적인 천공형태도 Carrier (1961) 가 이미 보고한 형태들과 매우 비슷한 분화구형을 나타내었다 (Fig. 3).

패류양식장 내에서 천공복족류에 의해 자연에서 천공되어 폐사된 개체들을 수집하여 이들을 대상으로 패각 상부에 출현하는 천공들을 Vernier caliper로 각각 측정된 결과 (Table 2), 이때패류 패각들은 성장함에 따라 패각의 두께가 점차 두꺼워져, 천공복족류들이 갖는 치설로 무리적인 수단으로 천공을 하게 되는 경우, 각장이 좀 더 큰 패각의 경우는 천공 주변을 좀 더 넓게 파야 천공 내부까지 구멍을 낼 수 있는 것으로 판단된다.

패류양식장에서 말백합 종패와 성패들 (각장 20.32-45.88 mm 범위) 에 천공된 구멍 (hole) 들 중 외경 (outer diameter) 크기들의 평균값 (평균 2.52-4.21 mm 범위) 과 내경 (inner diameter) 크기들의 평균값 (평균 1.25-2.32 mm 범위) 측정치를 수리적으로 계산한 결과, 직선식 (linear equation) 으로 나타낼 수 있었다. 즉, 각장의 크기가 점차 증

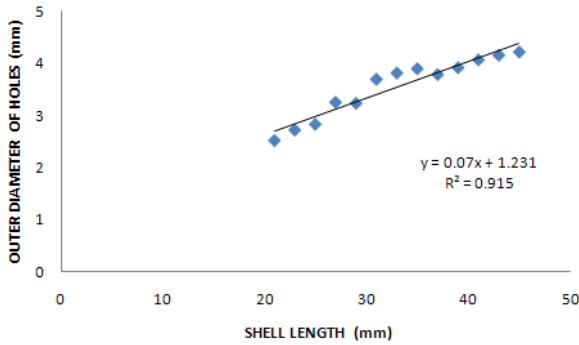


Fig. 3 . Relationship between mean shell length and average outer diameter of holes of *Meretrix petechiales* in Simpo, Kimje, Korea.

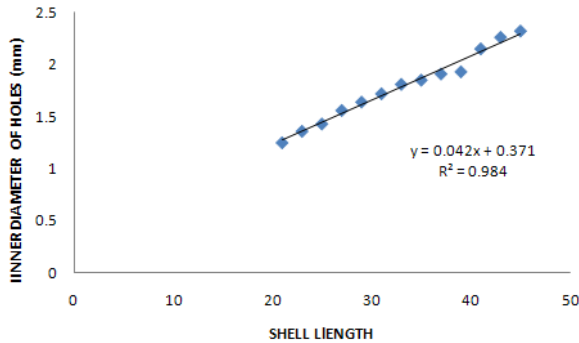


Fig. 4. Relationship between mean shell length and average inner diameter of holes of *Meretrix petechialis* in Simpo, Kimje, Korea.

가함에 따라 외경들과 내경들 모두 각각 비례하여 천공 크기가 증가되는 경향을 보였다 (외경: $Y = 0.07x + 1.231$ ($R^2 = 0.915$), 내경: $Y = 0.042x + 0.371$ ($R^2 = 0.984$), 이들 현상의 출현은 천공복족류들에 의해 이매패류의 패각 상부에 출현하는 천공들에서 예외적으로 출현하는 특이한 형태 및 생태학적 현상으로 간주된다 (Figs. 3, 4).

3) 양식장 내 말백합 패각에 형성된 천공위치 분포 빈도 및 좌, 우각의 천공빈도

양식장 내에서 이미 폐사된 말백합의 패각들 (각장 20.35-49.90 mm) 을 수집하여, 패각 상부에 천공이 출현하는 개체들을 대상으로 천공이 어느 부위에서 많이 출현하고 있는지 조사하기 위해 패각의 천공부위를 Lee (1969) 가 백합 (*Meretrix lusoria*) 치패 조사시 사용한 방법과 동일하게 14 구획으로 나누어 (Fig. 2) 조사한 결과, 천공위치 분포 빈도는 1-5의 구획 (17-62 holes 범위) 에 대부분 집중되어 나타났다 (Table 3). 본 조사에서 양식장 내에서 무작위로 말백합을 채집하여 천공된 위치와 이들 위치의 출현 빈도를 조사한 결과, 말백합이 종패의 크기에 해당되는 경우에는 총 14 구획에서 천공이 일어나는 현상을 보였으나, 좀 더 말백합의 각장 크기가 성장하게 되면 특히, 성패 개체들의 경우에는 총 14 구획 중 1-5 번에 치우쳐 천공이 일어나는 특징을 보였다.

본 조사에서, 좌각과 우각의 천공빈도를 조사한 결과, 일정한 일관된 특징을 보이지 않았고 유의성 검증에서도 유의하지 않아 ($p > 0.05$), 좌각과 우각의 천공빈도 조사 결과치는 조사 경우에 따라 다르게 나올 수 있을 것으로 판단되었다 (Table 4).

Table 3. Locations of holes on the valves of *Mretrix petechiales* in Simpo shellfish aquafarm, Kimje, Korea

Shell length (cm)	Compartments														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
20.35-22.00	4	2		2	2			1	1		1	1		1	16
22.01-24.00	3			4	3		1	1		1	1	1	1		15
24.01-26.00	3	2	2		2	1			1		1	1		13	
26.01-28.00	3		2	4	3	2	2	1		1	1	1	1	21	
28.01-30.00	2	3	1	3	2				1					12	
30.01-32.00	3		2	5	4		1						1	16	
32.01-34.00	2	3		7	3									15	
34.01-36.00	3		2	4	4									13	
36.01-38.00	2		1	5										8	
38.01-40.00	4	3	2	5	4									18	
40.01-42.00	3	3		7										13	
42.01-44.00	2		1	7	3									13	
44.01-46.00	3		1	5	3									12	
46.01-47.32	3	2	3	4	3									15	
Total	40	18	17	62	36	3	4	3	3	2	4	4	3	1	200

Table 4. Locations of holes on the left and right valves of *Meretrix petechialis* in Simpo shellfish aquafarm, Kimje, Korea

Shell length (mm)	Left valve (No. of valves)	Left valve (No. of valves)	Total (No. of valves)
20.32 - 22.00	8	8	16
22.01 - 24.00	6	9	15
24.01 - 26.00	7	6	13
26.01 - 28.00	9	12	21
28.01 - 30.00	7	5	12
30.01 - 32.00	6	10	16
32.01 - 34.00	8	7	15
34.01 - 36.00	5	8	13
36.01 - 38.00	3	5	8
38.01 - 40.00	8	10	18
40.01 - 42.00	5	8	13
42.01 - 44.00	7	6	13
44.01 - 46.00	5	7	12
46.01 - 47.32	9	6	15
Total	93	107	200
(%)	46.50	53.50	100.00

2. 실내 사육수조 내의 말백합 패각에 천공된 천공물, 천공 형태 및 천공크기의 특징

실내 사육수조에서 큰구슬우렁이 (*G. didyma*)에 의한 말백합 종패 (각장 20.32-33.83 mm) 의 천공물을 3회 반복 조사하여 평균값을 Table 5에 나타내었다. 실내 사육수조에서 15일간 3회에 걸친 천공폐사 실험 기간 중, 큰구슬우렁이가 말백합 종패와 성패에 천공하는 것을 확인하였으며, 다음과 같은 몇 가지 중요한 결과를 얻었다: 사육수조 내 실험에서 패각 위에 출현하는 천공형태는 패류양식장에서 발견되는 분화구형을 나타내었다. 실험에 사용된 총 개체들 중 폐사된 총 개체들의 비율은 평균 41.5%이었고, 시료 총 폐사개체들 중 총 천공 폐사된 개체들의 비율은 평균 47.1%이었으며, 총 개체들 중 천공되어 폐사한 개체들의 천공폐사율(천공율)은 평균 19.3%를 나타내었다.

실험실 내 수조에서 각장별 천공된 외경 (outer diameter) 들의 평균 측정값들 (2.66-3.80 mm 범위) 과 내경 (inner diameter) 들의 평균 측정값들(1.27-1.78 mm 범위) 은 양식장 내에서 조사된 결과들과 같이, 각장의 크기가 증가함에 따라 비례하여 천공의 외경들 ($Y = 0.10x + 0.406$ $R = 0.989$) 과 내경들 ($Y = 0.043x + 0.400$ $R^2 = 0.873$) 의 직경들이 직선식 (linear equation) 으로 증가되는 경향을 보였다 (Table 6, Figs. 5, 6). 이러한 조사 결과를 패류양식장에서 채집된 폐사된 패각들에서 나타난 결과들과 비교하여 본 결과 거의 동일한 경향을 보였다. 따라서 이들 현상 역시 천공 복족류들에 의해 일반적으로 패각 상부에 출현하는 천공들의 형태 및 생태학적 특징인 것으로 간주되었다.

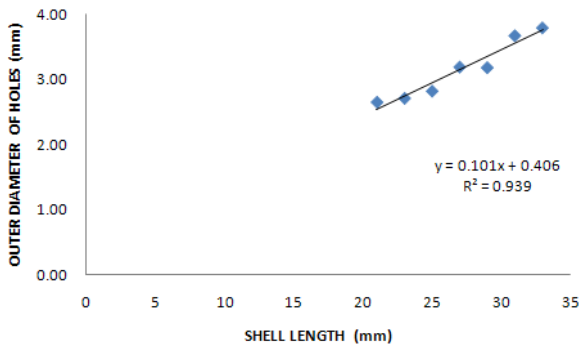


Fig. 5. Relationship between mean shell length and average outer diameter of holes of *Meretrix petechiales* in the indoor aquarium at the laboratory.

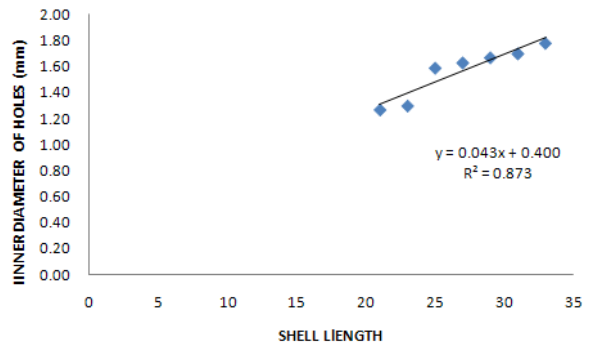


Fig. 6. Relationship between mean shell length and average inner diameter of holes of *Meretrix petechialis* in the indoor aquarium at the laboratory.

Table 5. Experiments of the mortality and boring rates of the seeds and adults of *Meretrix petechialis* the by *G lossaulax didyma didyma* at water temperatures of 23°C±5°C from July 29 to September 11, 2007

Experiment Aquarium No.	Total shells	Survived shells	Total dead shells	Drilled shells	Dead shells to total shells (%)	Drilled shells to dead shells (%)	Drilled shells to total shells (%)	Shell length (mm)
The first experiment (for 15 day)								
Aquarium I	60	33	27	12	45.0	44.4	20.0	20.3-33.8
Aquarium II	60	31	29	12	48.3	41.4	20.0	"
Aquarium III	60	35	25	11	41.7	44.0	18.3	"
Aquarium IV	60	29	31	13	51.7	41.9	21.7	"
Aquarium V	60	31	29	10	48.3	34.5	16.7	"
Total	300	159	141	58	235.0	206.2	96.7	
Average	60	31.8	28.2	11.6	47.0	41.2	19.3	
The second experiment (for 15 days)								
Aquarium I	60	36	24	13	40.0	54.2	21.7	"
Aquarium II	60	39	21	12	35.0	57.1	20.0	"
Aquarium III	60	37	23	13	38.3	56.5	21.7	"
Aquarium IV	60	32	28	14	46.7	50.0	23.3	"
Aquarium V	60	34	26	12	43.3	46.2	20.0	"
Total	300	178	122	64	203.3	264.0	106.7	
Average	60	35.6	24.2	12.8	40.7	521.8	21.3	
The third experiment (for 15 days)								
Aquarium I	60	39	21	12	35.0	57.1	20.0	"
Aquarium II	60	38	22	10	36.7	45.5	16.7	"
Aquarium III	60	40	20	9	33.3	45.0	15.0	"
Aquarium IV	60	35	25	12	41.7	48.0	20.0	"
Aquarium V	60	38	22	9	36.7	40.9	15.0	"
Total	300	190	110	52	183.4	236.5	86.7	
Average	60	38.0	22.0	10.4	36.7	47.3	17.3	
Average total	180	105.4	74.6	34.8	124.4	141.3	57.9	
Average	60	35.1	24.9	11.6	41.5	47.1	19.3	

Table 6. Average diameters of drilled holes on the valves of *Meretrix petechialis* in the indoor rearing aquarium at the laboratory

No. of Samples	Shell length (mm)	Average outer diameter (mm)	Average inner diameter (mm)
20	20.32-22.00	2.66	1.27
19	22.01-24.00	2.72	1.30
28	24.01-26.00	2.83	1.59
30	26.01-28.00	3.20	1.63
26	28.01-30.00	3.19	1.67
28	30.01-32.00	3.68	1.70
16	32.01-33.83	3.80	1.78
Total: 167	20.32-33.83	2.66-3.80	1.27-1.78

Table 7. Locations of holes on the valves of *Meretrix petechialis* in the indoor rearing aquarium at the laboratory

Shell length (cm)	Compartments														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
20.32 - 22.00	3	2	1	1	3										20
22.01 - 24.00	4	2	3	8	2										19
24.01 - 26.00	4	2	2	7	4	1	3	1	1	1	1	1			28
26.01 - 28.00	5	3	3	10	4	1	1	1			1				30
28.01 - 30.00	7	4	3	8	4										26
30.01 - 32.00	8	2	2	10	6										28
32.01 - 33.83	2	3	1	6	4										16
	33	18	15	50	27	2	4	2	1	1	2	1	0	0	167

Table 8. Locations of holes on the right and left valve of *Meretrix petechialis* in the indoor rearing aquarium at the laboratory

Shell length (mm)	Left vale (No. of individuals)	Right valve (No. of individuals)	Total (No. of individuals)
20.35-22.00	12	8	20
22.01-24.00	11	8	19
24.01-26.00	12	16	28
26.01-28.00	16	14	30
28.00-30.00	14	12	26
30.01-32.00	10	18	28
32.01-33.83	9	7	16
Total	84	83	167
(%)	50.30	49.70	100

1) 실내 사육수조 내의 말백합 패각에 형성된 천공부위 및 좌우각의 천공빈도

패각의 천공부위를 Fig. 2와 같이 14 구획으로 나누어 실험실 수조 내에서 조사한 결과를 보면, 말백합의 각장이 작은 종패의 경우는 주로 1-5번 구획에서 많이 출현하였으나, 일부는 14구획 중 12 구획에서 불규칙하게 산발적으로 출현빈도를

보였다. 그러나 말백합 성패의 경우는 각정부 주변부위인 1-5번 구획에 천공빈도가 집중되는 경향을 보였다 (Table 7).

실험실 내 수조에서 조사된 좌각과 우각의 천공빈도도 양식장 내에서 조사된 결과와 유사하게 불규칙한 특징을 보여, 조사 시기에 따라 다른 결과를 보일 수 있을 것으로 판단되었다 (Table 8).

Table 9. Feeding rates of *Glossaulax didyma didyma* on the seed *Meretrix petechialis* in the indoor rearing aquarium at the laboratory Shell width of *Glossaulax. didyma didyma*: 45-50 mm No. of individuals of snails: 4

Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total	Drilled per snail per day
Day time	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5	0.50 (0.50 individuals / day)
Night	0	3	4	4	0	2	3	4	0	0	3	0	2	0	0	25	
Total	0	3	6	5	0	2	3	4	0	1	4	0	2	0	0	30	

2) 실험실 수조 내의 말백합 패각에서의 일어나는 주야간별 식해현상

실험실 수조 내에서 사육 중인 말백합을 천공 포식하는 큰구슬우렁이 (*G. didyma didyma*) 에 의한 주야간별 천공형성 조사에서 천공 식해가 주로 일어나는 시기는 주간 보다 주로 야간에 이루어지는 경향을 보였다. 15일간의 실험기간 중 큰구슬우렁이를 대상으로 포식을 조사한 결과, 큰구슬우렁이 1마리는 평균 1일에 말백합 종패 0.5개체를 포식하는 것으로 나타났다 (Table 9).

고 찰

지금까지 우리나라에서 이매패류 (바지락과 백합) 의 치패 패각에 형성된 천공의 형태와 특징에 관해 보고된 2가지 결과를 본 조사 결과에서 나타난 천공의 형태적 특징과 상호 비교하여 보면, 바지락과 백합 2종의 치패들과 말백합 (1종) 의 종패 및 성패들은 각각 종들과 각장의 크기가 달랐어도 몇 가지 공통적인 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다. 본 조사에서, 패류양식장과 실내 사육수조 실험 후 채집된 말백합 성패와 종패의 패각에 형성된 천공들의 형태는 분화구형을 나타내었으며 천공의 경우 외경의 크기가 내경 보다 좀 더 크게 나타났다. 천공복족류에 의한 이매패류의 천공 현상에 관해서 Carrier (1961) 는 몇 가지 사실을 관찰하고 보고하였다. 그는 비록 천공복족류의 종들이 서로 달라도 이에 의해 이매패류의 패각에 출현하는 천공의 형태학적 특징은 분화구형이라고 보고하였는데, 이는 본 조사 결과와 상호 일치한다. 본 조사에서 천공의 외경과 내경의 크기는 말백합 각장의 크기가 증가하면 이에 따라 외경과 내경의 크기가 증가되었는데, 이 현상도 Carrier (1961) 가 보고한 결과와 동일한 경향을 보이는 점이라 말할 수 있다. 이상의 결과를 우리나라에서 조사된 서로 다른 종인 바지락과 백합 치패의 천공에서 나타나는 현상과 비교하여 보면 종에 따라서도 서로 공통적인 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다.

최 (1962) 는 천공복족류인 돌우렁이 *Natica severa*에 의해 바지락 (*Tapes philippinarum*) 치패의 패각에 천공이 형

성되고 있는데, 바지락 치패 패각에 형성된 천공의 형태는 분화구형이었다고 보고하였으며, 천공은 외경과 내경 즉, 2 종류로 나누어 볼 수 있는데, 외경이 내경 보다 좀 더 구멍이 크게 나타났다고 보고하였다. 그러나 그는 실제 천공복족류인 돌우렁이 (*Natica severa*) 가 바지락 치패를 천공하고 있는 모습을 명확히 관찰하지 못하였다고 보고한 바 있다.

또한 이 (1969) 도 큰구슬우렁이 (*Neverita didyma*) 와 돌우렁이 (*Natica severa*) 2종류의 천공복족류에 의해 백합 (*Meretrix lusoria*) 치패의 패각에 출현한 천공 형태에 관해 상기 보고들과 유사한 결과를 다음과 같이 보고하였다. 비록 천공복족류가 2종으로 서로 달랐어도 모두 분화구형을 나타내었고, 천공된 구멍의 크기를 조사하여 본 결과에서도 외경이 내경보다 크게 나타나, 최 (1962) 가 바지락 치패의 천공에 관해 이미 보고한 결과와 동일한 경향을 보였다고 보고하였다. 따라서 본 조사에서 천공복족류인 큰구슬우렁이에 의해 말백합의 종패와 성패의 패각에서 각각 출현하는 천공의 형태학적 특징 즉, 분화구형과 외경과 내경의 증감 현상은 바지락 (최, 1962) 과 백합 (이, 1969) 의 치패들에서 각각 나타나는 현상과 동일한 경향을 보이고 있다.

본 조사에서 각장의 크기가 서로 다른 말백합의 종패와 성패 패각에서 출현하는 천공의 경우도 외경이 내경보다 좀 더 크게 나타나 동일한 경향을 보였고, 외경과 내경의 크기는 말백합 각장의 크기가 증가함에 따라 비례하여 증가하는 특징을 수치로 확인하였다. 이 현상은 최 (1962) 에 의한 바지락 치패 조사 결과와 이 (1969) 에 의한 백합 치패 조사 결과와 상호 공통된 동일한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

일반적으로 구슬우렁이과 (Naticidae) 에 속하는 천공복족류의 종들에 의해 이매패류의 치패, 종패 그리고 성패 패각에 형성되는 천공의 형태는 모두 분화구형을 나타내었으며, 이매패류의 종들이 달랐어도 천공의 외경과 내경의 크기는 천공복족류 종들의 고유특성 보다 오히려 천공이 일어나는 이매패류 종들의 각장의 크기에 따라 외경과 내경의 크기가 다르게 나타나게 되는 것으로 알려져 있다.

본 조사에서, 각장의 크기가 점차 증가함에 따라 외경들과 내경들 모두 각장에 비례하여 천공 크기가 증가되는 경향을 보

었다. 이들 현상의 출현은 천공복족류들에 의해 이매패류의 패각 상부에 출현하는 천공들에서 예외적으로 출현하는 특이한 형태 및 생태학적 현상으로 간주되고 있다.

우리나라에서 이매패류의 패각에 천공하여 포식하는 천공복족류에 관해 조사한 연구결과로는 최 (1962) 의 바지락 치패 조사와 이 (1969) 의 백합 치패 조사가 수행된바 있다. 이들의 조사결과에 의하면 천공하는 천공복족류는 비교적 크기가 작은 구슬우렁이과 (Naticidae) 종들 (species) 로 밝혀졌으며, 천공복족류에 의해 이매패류의 치패를 대상으로 조사한 결과, 천공되는 위치는 총 14 구획에서 천공이 일어났으나 대부분은 1-5번의 부위에서 일어나는 공통특징을 보인다고 보고되어 있다. 그러나 이번 조사에서는 치패가 아니고 좀 더 성숙된 말백합 종패와 성패를 대상으로 패류양식장 내에서 채집된 죽은 패각들과 실내 사육수조에서 큰구슬우렁이가 말백합의 종패와 일부 성패를 천공하여 폐사된 패각들을 대상으로 조사된 결과를 비교하여 보면, 종패 중 일부 각장의 크기가 작은 종패와 성패에 이른 비교적 큰 개체들은 천공위치 분포가 다른 현상을 보였다. 조사된 천공위치 분포빈도 결과를 우리나라에서 조사된 최 (1962) 에 의한 바지락 치패 조사 결과와 이 (1969) 에 의한 백합 치패에 출현한 천공위치 분포빈도 결과를 본 조사 결과들과 비교하여 보면 다음과 같다.

본 조사에서 양식장 내에서 무작위로 말백합을 채집하여 천공된 위치 및 이들 위치의 출현 빈도를 실내 사육수조 내에서 큰구슬우렁이에 의해 천공되어 식해된 말백합의 종패와 성패의 천공된 위치와 비교하여 보면,

말백합이 종패의 크기에 해당되는 경우에는 치패를 조사하였던 최 (1962) 와 이 (1969) 에 의해 보고된 결과에서와 같이, 총 14구획에서 천공이 일어나는 유사한 현상을 보였으나, 좀 더 말백합의 각장 크기가 성장하게 되면 특히, 성패 개체들의 경우는 총 14 구획 중 1-5번에 치우쳐 천공이 일어나는 특징을 보였다. 천공 위치는 전반적으로 유사하였으나 조금 다른 현상을 나타내었는데, 이는 큰구슬우렁이가 족부 (천공선이 존재) 로 말백합을 꼼작 못하게 부착하여 치설 (radula) 로써 물리적으로 구멍을 뚫는 접촉부위는 1-5번 구획 부위로 이루어져 자연적으로 천공위치가 이들 부위에 집중 적으로 나타나게 되는 것과 관련이 있다고 판단된다. 어린 종패 크기에서는 천공복족류 (큰구슬우렁이) 의 족부 내에 말백합 패각이 모두 포함되어 들어가게 되므로 1-14번 구획까지 모두 해당될 수 있을 것으로 판단되나, 말백합의 각장이 성장하여 성패가 되면 상대적으로 천공복족류의 족부 면적은 일부분 (주로 1-5번 구획) 만이 한정되어 접촉이 일어나게 되므로 그 접촉부위에서만 천공이 일어나게 되는 것으로 판단된다. 특히, 천공은 패각의 각정 부위 주변에서 대부분 일어나는 것을 관찰할 수 있는데, 이것 역시 족부에만 천공선이 분포되어 있어서 접촉이 주

로 각정부 주위에서 일어나고 있어 천공이 주로 각정 부위에서 일어나게 되는 것으로 사료된다.

실내 사육수조에서 큰구슬우렁이 (*G. didyma*) 에 의한 말백합 종패 (각장 20.32-33.83mm) 의 천공률을 3차에 걸쳐 조사한 결과, 천공형태는 양식장 내에서 채집되어 출현하는 형태와 같이 분화구형을 나타내었다. 사용된 시료 전체 개체 중 천공되어 폐사한 개체들의 천공폐사율은 3회 평균하였을 때 천공율은 평균 19.3%를 나타내었고, 폐사개체 중 천공되어 폐사한 총 패류수는 3회 평균 47.1%로 계산되었다. 이 (1969) 는 천공복족류 큰구슬우렁이 (*Neverita didyma*) 와 돌우렁이 (*Natica severa*) 2종을 대상으로 하여 백합 치패의 폐사율을 조사하였는데, 자연집단에서의 자연폐사율은 12.1%이었고, 이중 천공폐사율은 38.1%라고 보고한바 있다. 본 조사에서 패류양식장 내에서 말백합의 종패와 성패의 폐사율을 조사하지 않았기 때문에 비교할 수 있는 자료는 없다.

다만 실내 사육수조 내에서 실험 조사된 결과를 보면, 큰구슬우렁이와 말백합 종패와 성패를 사육할 경우, 총 조사 개체수에 대한 폐사된 개체수의 비율은 전체적으로 평균 41.5%를 나타내었고, 폐사 개체수에 대한 천공된 개체수의 비율은 평균 47.1%이었으며, 총 조사 개체수에 대한 천공된 개체수의 비율은 평균 19.3%로 사육수조 내에서는 모두 비교적 높은 비율을 보였다.

큰구슬우렁이의 천공 포식물은 매우 활발한 상태를 보여 주었는데, 만약 자연집단에서 천공되어 폐사하는 폐사율을 감안한다면, 큰구슬우렁이에 의한 폐사량은 자원량 감소에 크게 영향을 미칠 수 있을 것으로 보아 앞으로 큰구슬우렁이의 자원관리 및 구제 대책에 대한 연구가 아울러 요망된다.

실내 수조 내에서 사육 중인 말백합을 천공 식해하는 큰구슬우렁이 (*G. didyma didyma*) 에 의한 주야간별 천공형성 조사에서 천공 식해가 주로 일어나는 시기는 주간 보다 주로 야간에 이루어지는 경향을 보였는데, 이 현상은 최 (1962) 가 자연집단 생태계에서 천공복족류인 동우렁이 (*Natica severa*) 에 의한 바지락의 천공 포식 조사에서도 동일한 경향을 보였고, 또한 이 (1969) 가 자연집단 생태계에서 큰구슬우렁이와 동우렁이에 의한 백합의 천공 포식 조사에서도 같은 경향을 보인 것으로 보고되어 있다.

이와 같이 천공포식자들은 대부분이 야행성 동물이므로 주간 보다는 야간에 섭식활동이 활발하게 나타남을 실험을 통해서 알 수 있다.

본 조사에서 15일간의 실험기간 중 큰구슬우렁이를 대상으로 3회에 걸쳐 천공 포식을 조사한 결과, 큰구슬우렁이 1마리는 평균 1일에 말백합 종패 0.5개체를 식해하는 것으로 나타났다. 이 (1969) 는 자연 집단 생태계에서 하루에 큰구슬우렁이가 백합 치패 몇 개체를 천공 섭식하는지 파악하기 위해 실

험을 한 결과, 일평균 백합 치패 1.7개체를 천공 섭식하는 것으로 보고하였다. 따라서 이들 결과를 상호 비교하면 큰구슬우렁이의 대략적인 일 평균 천공 섭식량을 유추할 수 있다.

요 약

패류양식장과 실내 사육수조에서 큰구슬우렁이(*Glossaulax didyma didyma*) 에 의해 말백합 종패와 성패를 대상으로 패각에 형성된 천공들의 형태적 특징, 천공을 및 포식물 등 여러 가지 형태수치 조사 결과자료를 비교 분석하였다. 천공 조사는 2007년 6월부터 9월까지 패류양식장과 실내 사육수조에서 수행하였다. 패류양식장에서 조사된 말백합 종패와 성패의 패각에 형성된 천공형태는 분화구형으로, 자연생태 집단을 대상으로 이미 조사된 바지락 치패와 백합 치패에서 흔히 나타나는 분화구형들과 동일한 경향을 나타내었다. 패류양식장 조사와 실내 사육수조 조사에서, 말백합 성패와 종패의 패각 위에 나타나는 천공들의 크기를 보면, 천공 외부의 외경들의 크기가 내부의 내경들의 크기 보다 더 큰 것으로 나타났다. 전반적으로 말백합 종패의 패각 위에 출현하는 천공들의 외경과 내경의 크기는 성패 패각 위에 출현하는 천공들의 크기보다 좀 더 작았다. 말백합 종패 패각 위의 천공들의 위치는 말백합 각장의 크기에 따라 넓게 다르게 나타났다. 그러나 패류양식장과 실내 사육수조 조사에서, 말백합 성패 패각 위에 출현하는 대부분 천공들의 위치 분포상은 말백합 패각의 각정 부위 가까이에 위치하였다. 전반적으로 볼 때, 패류양식장과 실내 사육수조 조사에서 천공들의 외경과 내경은 말백합의 각장이 증가함에 따라 비례하여 증가하는 경향을 보였다.

실내 사육수조에서 15일간 3회에 걸쳐 천공폐사 실험을 하는 동안 저자들은 큰구슬우렁이가 말백합 종패와 성패에 천공하는 것을 확인할 수 있었으며, 다음과 같은 결과를 얻었다: 패각 위에 출현하는 천공형태도 역시 분화구형을 나타내었다. 실험에 사용된 총 개체들 중 폐사된 총 개체들의 비율은 평균 41.5%이었고, 시료 총 폐사개체들 중 총 천공폐사된 개체들의 비율은 평균 47.1%이었으며, 총 개체들 중 천공되어 폐사한 개체들의 천공폐사율(천공률)은 평균 19.3%를 나타내었다.

큰구슬우렁이의 포식율을 조사한 결과, 포식 행동은 주간보다 야간에 좀 더 활발하게 나타났다. 특히, 말백합 종패와 성패의 경우, 큰구슬우렁이가 한 개체가 말백합을 천공하여 포식하는 일간 평균 포식량을 실험결과를 토대로 산출한 결과 평균

0.5 개체로 밝혀졌다. 전반적으로 포식은 말백합의 각장과 천공복족류(큰구슬우렁이)의 각폭(shell width)에 따라 다르게 나타나는 특징을 보였다.

사 사

본 연구 수행에 많은 도움을 주시고 논문을 교람하여 주신 군산대학교 해양과학대학 명예교수 정의영 교수님께 감사드립니다.

REFERENCES

Carriker, M.R. (1951) Observation on the penetration of tightly closing bivalves by Busycon and other Predators. *Ecology*, **32**: 73-84.

Carriker, M.R. (1961a) Internation of functional morphology, behavior and autecology in early stages of the bivalve *Mercenaria mercenaria*. *Journal of Elisha Mitchell Science Society*, **77**: 168-241.

Carriker, M.R. (1961b) Comparative functional morphology of boring mechanism in gastropods. *American Zoologist*, **1**: 263-266.

Choi, K.C. (1962) Preliminary studies on the snails that Bore the valves of young Bivalve, *Tapes philippinarum*. *Journal of Korean Zoology*, **5**: 47-50.

Hanka, J.E. (1960) *The early life history of the New England clam drills, Polinices duplicatus* (Say), *Polinices heros* (Say), and *Polinices triseriata* (Say) (Naticidae: Gastropoda). Unpublished Ph. D. dissertation, University of New Hampshire. 122pp.

Kinoshita, T. (1936) *Hokkaido Fisheries*, No. 321.

Lee, B.D. (1956) The catalogue of molluscan shells of Korea. *Bulletin of Pusan Fisheries College*, **1**: 1-48.

Lee, J.J. (1969) Studies on the mortality of the young bivalves, *Meretrix lusoria*. (1) Boring Rates of drills on the young bivalves, *Meretrix lusoria*. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **2**: 63-70.

Tamuram M. (1960), *Shallow Sea Aquaculture*. Kousesha kouseikaku Co. 249 pp.

Turner, H.J. (1953) The drilling mechanism of the Naticidae. *Ecology*, **34**: 222-223.

Turner, H.J. and George, C.J. (1955) Some aspects of the bivalve of the quahaug, *Venus mercenaria*, during the early stages. 8th Report of Investigation of Shellfish Mass, Department of National Research Divion Marine Fisheries Commonwealth, p.5-14.

Watanabe, T. (1938) *Aquaculture*. **8**: 10-12..

吉田 裕. (1939) 朝鮮總督部 水産試験場研究報告 9: 125.