

제주도 함덕 연안에 서식하는 구멍연잎성게, *Astriclypeus manni* (VERRIL 1867)의 생태학적 특성에 관한 연구

강도형 · 최광식 · 정상철
제주대학교 해양생산과학부

An Ecological Study on the Sand Dollar, *Astriclypeus manni* (VERRIL 1867), in Hamdock, Cheju Korea

Do-Hyung KANG, Kwang-Sik CHOI and Sang-Chul CHUNG

Faculty of Applied Marine Sciences, Cheju National University, 1 Ara 1 Dong Cheju, Cheju 690-756, Korea
E-mail: skchoi@cheju.cheju.ac.kr

The sand dollar, *Astriclypeus manni* is commonly encountered on a subtidal sand bottom along the coast of Cheju Island. Limited information has been reported on their biology despite their natural abundance. This study reports ecology and an annual reproductive cycle of the sand dollars present at Hamdock, northern coast of Cheju Island. *A. manni* collected from Hamdock revealed that they are 80 to 200 mm in test diameter. Sediment grain size analysis indicated that *A. manni* mostly occurs on medium (particle diameter of 500 μ m) to very fine sand (particle diameter of 125 μ m), particularly on fine sand (particle diameter of 250 μ m). Internal morphology and *in situ* observations on their feeding habit indicated that *A. manni* is a deposit feeder, feeding on organic debris contained in the sediment around its habitat. *A. manni* were more frequently observed near *Zostera marina* bed where content of organic matter in the sediment is considered to be higher. Gonadal tissues of the male were yellow in color while female gonads appeared to be purple. Fully mature eggs, with a mean diameter of 381 μ m, and sperm were observed from the histological slides of the sand dollars collected in late July to August, suggesting that *A. manni* spawn during July to August when water temperature reaches 20 to 25°C.

Key words: sand dollar, *Astriclypeus manni*, Cheju, ecology, gonadal maturation, feeding

서 론

구멍연잎성게, *Astriclypeus manni*는 성게강 (Class Echinoidea), 연잎성게목 (Order Cylpeasteroidea)에 속하는 부정형성게로 수심 6-35 m 천해의 모래 속 또는 위에서 서식하고, 한국의 제주도 및 일본의 Sagami Bay, Boso peninsular, Amami-Oshima Island, Ogasawara Island, 중국 남부와 캄보디아 등에 분포하는 것으로 알려져 있다 (Shin and Rho, 1996). 형태학적으로 *A. manni*는 납작한 원반 또는 방패 모양으로서, 오방사 대칭이며 입과 항문을 연결하는 선에 따라 앞과 뒤의 방향성이 있다. 몸통의 표면은 보통 5 mm 이내의 짧은 가시들로 덮혀 있고, 이 가시들은 먹이섭취 혹은 은신을 위해 모래를 뒤덮거나 이동하는데 이용된다 (Barnes, 1987; Pomory, 1995). 연잎성게류는 일반적으로 퇴적물식자로 알려져 있으며 퇴적물 내에 포함된 유기물을 섭취하며, 먹이 섭식 과정을 통하여 연성 저질의 공간적 순환에 있어 중요한 역할을 한다 (Pomory et al., 1995; Vernon 1991).

우리 나라의 경우 성게에 관한 연구는 수산업적으로 중요한 보라성게 및 말뚝성게 (Yoo et al., 1982; Kang et al., 1993; Lee et al., 1998; Park and Son., 1998)에 관한 다수의 연구 보고가 있다. 그러나 보라성게나 말뚝성게류와 같은 정형성게류와 달리 부정형성게류인 구멍연잎성게는 제주도 연안 및 동남 아시아에 널리 분포하고 있음에도 불구하고 채집의 어려움과 낮은 수산업적 가치로 인하여 이들의 생태 및 생활사에 관한 연구는 거의 이루어지지

않고 있는 실정이다.

이 연구는 제주 함덕 연안에 분포하고 있는 구멍연잎성게의 생태학적 특성에 관한 연구로 구멍연잎성게의 생태 및 번식에 대한 기초자료를 확보, 이들의 생활사를 이해하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

조사지 개황

연구 지역은 제주도 북제주군 함덕 연안으로 조사지 주변은 여러 둘러 쌓여있는 지역이다 (Fig. 1). 이 지역의 수심은 대조 밑물 시 3~4 m, 썰물 시 2~3 m 로 비교적 얕은 지역이다. 이 지역에는 구멍연잎성게가 집단으로 서식하고 있으며, 서식지에는 해양 현화 식물인 갈파, *Zostera marina* 군락이 발달되어 있다. 이 지역의 연중 수온은 12~25°C, 염분은 30~34‰의 범위를 갖는다.

시료 채취 및 현장 관측

구멍연잎성게의 섭식 활동은 SCUBA를 이용하여 관찰하였으며, 카메라 (Nikon F-90)를 underwater camera housing (NX 90)에 장착하여 현장에서 수중 촬영하였다. 생식소 분석을 위한 시료는 만조시 SCUBA를 이용하여 월 별로 채집하였으며, 현장에서 채집 후, 실험실로 옮겨 버니어캘리퍼스를 이용, 입과 항문을 연결하는 선에 맞춰 각장을 0.1 mm까지 측정하였다. 각장 측정이 끝난

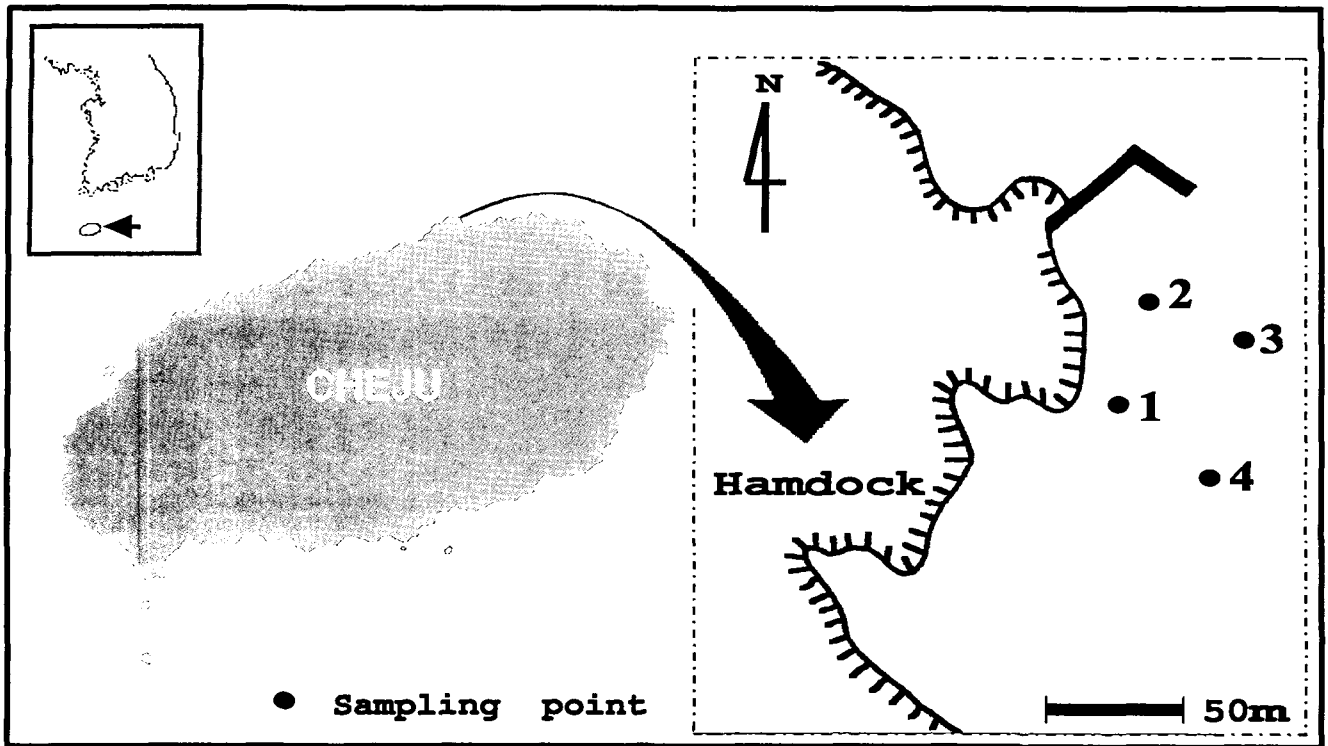


Fig. 1. Location of the study area.

개체는 생식소 분석을 위하여 전기톱을 이용하여 입 주위의 각을 원형으로 절개한 후, 생식소를 추출하였다. 추출된 생식소는 Bouin's solution에 고정한 후 흐르는 수돗물에 수세한 뒤, 70% 알콜에 보관하였다.

현장의 수온은 구멍연잎성계가 서식하는 수심 2~3 m의 수심에서 측정하였으며, 염분은 해수 시료를 실험실로 옮긴 뒤, 염분측정기 (YSI-85)로 측정하였다.

퇴적물 입도분석

구멍연잎성계가 집단으로 서식하고 있는 함덕 연안의 퇴적물 특성을 이해하기 위하여 SCUBA를 이용, 입도의 4개 지역 (Fig. 1) 퇴적물을 15 cm 깊이까지 채집하였다. 실험실로 옮겨진 퇴적물 시료는 3%의 H_2O_2 와 0.1 N HCl을 차례로 가하여 유기물과 탄산염을 제거한 뒤 60°C 건조기에서 48 시간 건조하였다. 건조 퇴적물 시료는 63 μm 습식체를 이용, 63 μm 이상 및, 그 이하의 크기로 분리하였다. 63 μm 이상인 입자는 표준체를 이용, 진동체질을 통해 입자를 분리하였고, 분리한 입자들은 입도 별 중량백분율을 구하여 건조량비 (%)와 누적건중량비 (%)로 표시하였다 (Lim, 1993).

생식세포의 조직학적 관찰

생식소 관찰을 위한 구멍연잎성계 시료는 SCUBA에 의하여, 1998년 3월부터 1999년 3월 까지, 매 월 10~15 개체를 채집하였다. 생식소 관찰을 위한 조직 슬라이드는 Powell et al. (1993)의 방법에 따라 알콜을 이용하여 탈수한 뒤 파라핀에 포매하였다. 포매된 조직 시료는 마이크로톰을 사용하여 6 μm 두께로 절단하여

절편을 제작한 후, Harris' Hematoxylin과 Eosin Y (Howard and Smith, 1983; Powell et al., 1993)로 염색하였다. 생식세포의 조직 시료는 광학 현미경을 이용하여 관찰하였으며 난의 크기는 컴퓨터 화상분석 software인 Image Pro[®]를 이용하여 측정하였다.

구멍연잎성계의 생식소 발달단계는 휴지기 (resting stage), 성장기 (growing stage), 성숙전기 (premature stage), 성숙기 (mature stage), 방출기 (partly spawned stage), 소모기 (spent stage) 등, 6 단계로 구분하였으며 (Byrne, 1990), 그 기준은 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

구멍연잎성계의 분포 및 크기

이 연구를 통하여 채집된 구멍연잎성계는 그 크기가 각장 80~200 mm 정도이다 (Fig. 2). 총 129 개체의 구멍연잎성계 각장을 분석한 결과, 주로 130~180 mm 사이의 개체들이 가장 많이 분포하고 있었으며, 조사 기간 중 채집된 개체 중 가장 작은 개체는 각장 81.6 mm 이었으며, 가장 큰 개체는 각장 199.3 mm 이었다. Shin and Rho (1996)는 성산포 연안에서 채집된 구멍연잎성계의 각장을 118.0~137.0 mm로 보고한 바 있는데, 이 연구에서 채집된 개체들의 크기분포는 더 다양하게 나타나고 있다.

본 조사 기간 중 각장이 80 mm 이하의 작은 개체는 관찰되지 않았다. 이 지역에서 구멍연잎성계의 작은 개체가 발견되지 않은 것은 어린 개체와 성체의 서식지가 다른 것에 기인하기보다는 채집 방법상의 문제에 기인한 것으로 사료된다. 현장 관찰결과,

Table 1. The pattern of gonad growth of the sand dollar, *A. manni* based upon histological observations

Stage	Female	Male
Resting stage (휴지기)	Ovaries contain primary oocytes (PO) and clusters of early oocytes along the ascinal wall and extensions of nutritive phagocyte (NP) project into lumen.	Testis the ascinal wall is lined with a thin nutritive phagocytes of primary spermatocytes.
Growing stage (성장기)	Growing ovary with early vitellogenic oocytes (EV) and nutritive phagocytes. The primary oocytes increase in size.	The basophilic layer increase in depth as columns of spermatocytes project centrally.
Premature stage (성숙전기)	Vitellogenesis continues and premature oocytes at all stages of development are present in the ovary. Nutritive phagocytes surround vitellogenic oocytes (VO).	Premature testes contain columns of spermatocytes along the ascinal wall and spermatozoa accumulated in the lumen and nutritive phagocytes around periphery.
Mature stage (성숙기)	Prespawning ovaries are filled with closely-packed ova and nutritive phagocytes are reduced.	Mature testes are packed with spermatozoa and the nutritive phagocytes are limited to the periphery.
Partly spawned stage (방출기)	Partly spawned ova are loosely packed with spaces vacated by spawned ova. Ova may also be present in the oviduct. Vitellogenesis is mostly finished and the nutritive phagocytes are reduced.	Partly spawned testes are similar to those of premature stage, except that there are spaces in the ascinal lumen and spermatozoa may be less concentrated.
Spent stage (소모기)	Spent ovaries have thin ascinal walls and appear empty except for relict ova.	Spent testes have thin ascinal walls and a pale meshwork of nutritive phagocytes around the periphery.

구멍연잎성게는 파도에 의하여 대부분 모래 속에 묻혀 있어 SCUBA에 의한 육안적 관찰이 용이하지 않았다. 특히 이 연구에서는 SCUBA를 이용한 채집만이 수행되어, SCUBA에 의존한 채집 시 상대적으로 관찰이 용이한 대형 개체만이 채집되었을 가능성이 높았다. Pearce and Scheibling (1990)은 sand dollar, *Echinarrachnius parma*의 경우 구멍연잎성게처럼 한 지역에 집단으로 서식하고 있음을 보고하였으며, sand dollar 유생의 착생은 성체의 분포지역에 집중한다고 보고한 바 있다. Hamel and Himmelman (1992) 역시 *E. parma*의 집단에 어린 개체와 성체가 공존하고 있음을 보고한 바 있으며, 이들의 분포와 파도의 세기와는 밀접한 관계가 있음을 보고하였다.

A. manni의 외형적 특성 및 생태

조사 기간 중, 수온과 염분의 계절에 따른 변화는 Fig. 3. 과 같다. 수온의 경우, 연중 12.0~25.1°C의 변화 범위를 갖고 있었으며, 염분의 경우 30.2~33.9%의 계절적 변이를 보였다.

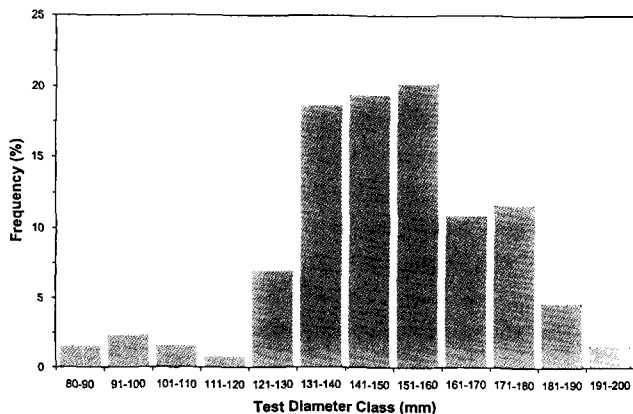


Fig. 2. Size frequency distribution of the sand dollar, *A. manni*, in Hamdock.

*A. manni*의 외형적 특징은 Fig. 4와 같다. 배면 (dorsal side)에는 뚜렷한 잎 모양의 화문 (petaloid, PT) 및 화문공 (pore series of petal, PPT)이 5개 존재하며, 각의 중앙에는 천공판 (madreporite, MP)과 생식공 (gonopore, GP)이 위치하고 있다. 또한 각 화문과 각의 주변에는 5개의 긴 투공 (lunule, LU)이 존재하고, 측면에는 잘 발달된 5개의 보대구 (ambulacral groove, AG)가 존재한다. 복면 (ventral side) 중앙에는 입 (mouth, MU)이 위치하고 그 뒤에 항문 (anus, AN)이 존재한다. Fig. 4의 C와 D는 구멍연잎성게의 내부 형태로, *A. manni*의 구기 (Aristotle's lantern)를 보여주고 있다. 정형성게류와 달리 부정형성게류인 sand dollar는 퇴적물내의 유공충, 저서규조류와 유기물 등을 먹이로 삼는 것으로 알려져 있으며 (Reidenauer, 1989), 이에 따라 해조류를 주 먹이로 삼는 정형성게류와 달리 구기가 덜 발달되어 있는 것으로 추정된다. 구멍연잎성게의 경우 다른 sand dollar류와 같이 퇴적물을 먹이로 삼는 것이 현장에서 확인되었다.

Fig. 4의 E, G는 함덕 연안의 수심 3 m 에서 관찰한 구멍연잎성게의 배설물과 배설물 배출 광경이다. 한편, 구멍연잎성게의 위 내용물을 분석한 결과, 세립질의 퇴적물이 존재하는 것이 이

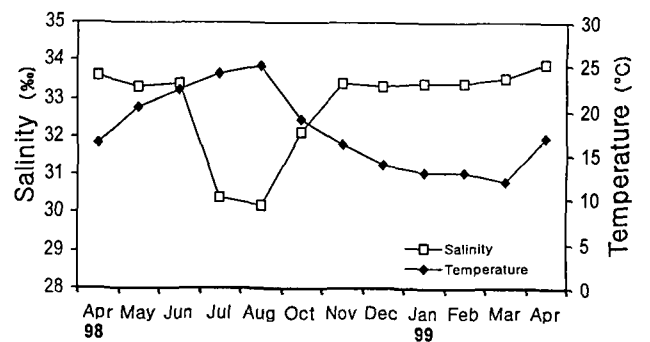


Fig. 3. Seasonal variation of water temperature and salinity at Hamdock.

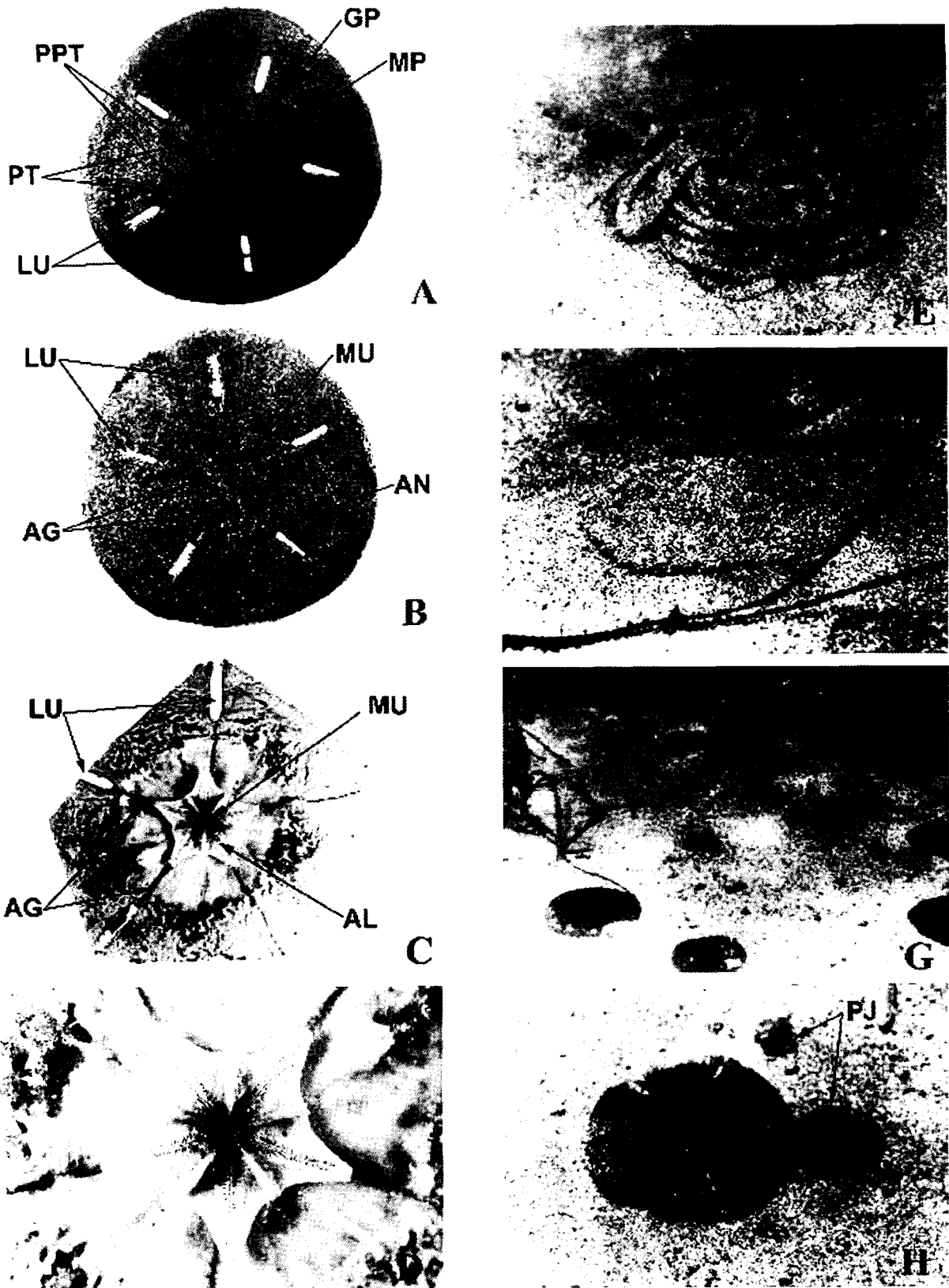


Fig. 4. Morphology and ecological habitat of the sand dollar, *Astriclypeus manni* in Cheju. A. Dorsal view of *A. manni*. PPT: pore series of petal, GP: gonopore, MP: Madreporite, PT: Petaloid, LU: lunules. B. Ventral view of *A. manni*. AG: ambulacral groove, MU: mouth, AN: annus, LU: lunules. C. Internal structure. LU: lunules, MU: mouth, AL: Aristotle's lantern, AG: ambulacral groove. D. Aristotle's lantern of *A. manni*, a magnified view. E. Feces of *A. manni* observed at a depth of 3 m. F. *A. manni* covered with fine sand observed near the turtle grass bed, *Zostera marina*. G. Aggregation of the sand dollar near the turtle grass bed. H. *A. manni* and an irregular sea urchin, *Peronella japonica* (PJ).

연구를 통하여 확인되었다. 따라서 구멍연잎성게는 다른 sand dollar 류와 같이 세립질의 퇴적물을 입을 통하여 연속적으로 흡수한 뒤, 장 내에서 유기물을 흡수하고 남은 퇴적물은 다시 배설하는 것으로 생각된다.

Reidenauer (1989)는 sand dollar의 먹이로 퇴적물 내에 서식하는 저서 요각류, 유공충 등 이라고 보고한 바 있다. 이 연구에 있어 구멍연잎성게의 위 내용물에 대한 구체적인 분석은 이루어지지 않아 이들의 먹이 종류를 파악할 수 없었으며, 앞으로 이에 대한 구체적인 연구가 필요시 된다.

퇴적물의 입도 분석

연구 조사 지역인 함덕 연안의 퇴적물 입도 분석 결과는 Table 2 및 Fig. 5와 같다. 함덕 연안의 4개 조사정점 (Fig. 1) 에서 채집된 퇴적물 시료를 분석한 결과, 모든 조사정점의 퇴적물은 입자 크기가 125~250 μm (2~3 Φ)인 세립질 내지 미립질의 모래 (fine sand~very fine sand)로 이루어져 있음을 알 수 있었다. 일반적으로 퇴적물의 입자 크기는 연잎성게류 (sand dollar)의 분포에 제한적 요인으로 작용하며, 연잎성게류는 퇴적물의 입자 크기가 63 μm 이상, 1 mm 미만의 입자로 이루어진 연성저질에 주로 분포하는 것으로 보고되고 있다 (Weihe and Gray, 1968; Dexter, 1977; Jumars et al., 1982; Lopez and Levington, 1987). Pomory et al. (1995)은 연잎성게류인 *Mellita tenuis* 역시 구멍연잎성게와 유사한 크기의 퇴적물 입자를 선호하고 이동할 때보다 먹이 섭취를 하는 동안에 더 높은 입자 선별 능력을 갖는다고 보고하고 있다. 이 연구 지역의 퇴적 환경도 다른 연잎성게류가 분포하고 있는 환경과 유사한 것으로 판단되며 구멍연잎성게의 분포에 퇴적물의 입도 구성이 영향을 미치고 있는 것으로 사료된다.

생식소의 발달

구멍연잎성게의 암, 수는 성숙한 경우 생식소의 색깔로 구분할 수 있는데, 암컷의 경우 생식소는 짙은 보라색을 띠며 수컷의 생식소는 노란색을 띤다. 구멍연잎성게의 생식소는 아리스토텔렌턴 주변부에 위치하며, 그 주위는 장 (intestine)으로 둘러 쌓여있다.

Fig. 6은 구멍연잎성게 수컷의 계절에 따른 생식소의 변이를 나타낸 그림이다. Fig. 6-A는 1999년 2월에 채집된 개체의 정소로 휴지기 상태이다. 정원세포와 1차 정모세포로 구성된 얇은 층과

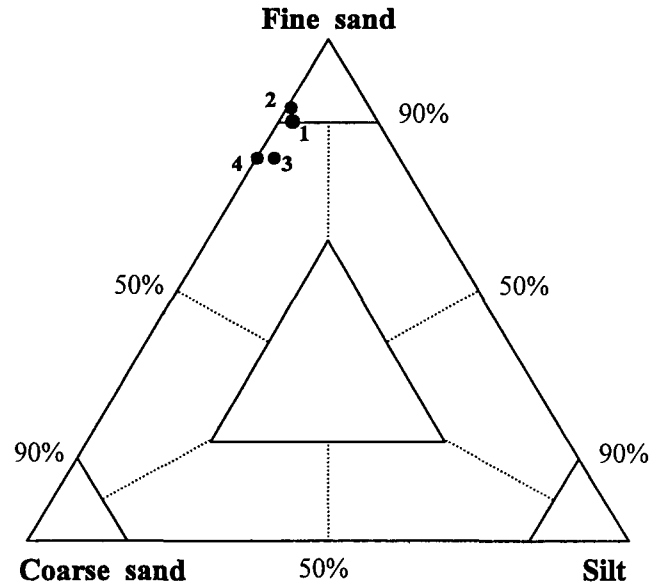


Fig. 5. Composition of sediment collected at subtidal area of Hamdook in Cheju. The numbers in the illustration represent sampling locations in Fig. 1.

영양세포 (nutritive phagocytes, NP) 및 소엽 (lumen, LM) 등이 관찰된다. Fig. 6-B는 1998년 4월 중순경에 채집된 개체의 정소로, 정모 세포가 소엽 상피에서 발달하고 있는 모습과 영양세포가 증가하는 모습을 보여준다. Fig. 6-C는 성숙전기의 정소로 소엽이 보다 확장되며 정자의 축적과 영양세포의 관찰이 가능하다. Fig. 6-D는 성숙기의 정소로 1998년 7월에 채집된 개체로부터 관찰되었다. 성숙한 정소는 정자 (sperm, S)로 가득 채워지고 영양세포는 표면에 국한된 것이 관찰된다. Fig. 6-E는 방출기로, 일부 정자의 방출이 일어나 소엽 내의 빈 공간이 형성되고 잔존한 정자들이 관찰된다. Fig. 6-F는 소모기의 정소로, 1998년 10월 경에 채집된 개체로부터 관찰되었다. 소모기의 정소에는 미량의 잔존 정자와 영양세포가 관찰되며 소엽은 대부분 빈 공간으로 남아있다.

Fig. 7은 구멍연잎성게 암컷의 연중 생식소 변화를 보여주는 그림이다. Fig. 7-A는 1999년 2월에 채집한 구멍연잎성게 암컷의 생식소로, 휴지기 상태를 보여주고 있다. 휴지기에는 크기가 작은 난원세포 (previtellogenic oocyte, PO)가 난소벽을 따라 분포하며,

Table 2. Result of sediment grain size analysis. DWT (%)=percent dry weight of sediment, Cum. DWT (%)=cumulative percent dry weight of sediment

SIEVE			SEDIMENT							
			SITE 1		SITE 2		SITE 3		SITE 4	
μm	Phi Scale	Size Class	DWT. (%)	Cum. DWT (%)	DWT. (%)	Cum. DWT (%)	DWT. (%)	Cum. DWT (%)	DWT. (%)	Cum. DWT (%)
2,000	-1	Very Coarse Sand	0.095	0.095	0.090	0.090	0.838	0.838	0.398	0.398
1,000	0	Coarse Sand	0.284	0.379	0.146	0.236	1.075	1.913	0.514	0.912
500	+1	Medium Sand	8.568	8.947	6.485	6.721	15.982	17.895	16.883	17.795
250	+2	Fine Sand	52.399	61.346	58.366	65.087	67.837	85.732	66.635	84.430
125	+3	Very Fine Sand	36.978	98.324	34.095	99.182	14.051	99.783	15.312	99.742
63	+4	Coarse Silt	1.672	99.996	0.815	99.997	0.215	99.998	0.255	99.997
<63	>+4	Silt	0.004	100.000	0.003	100.000	0.002	100.000	0.003	100.000

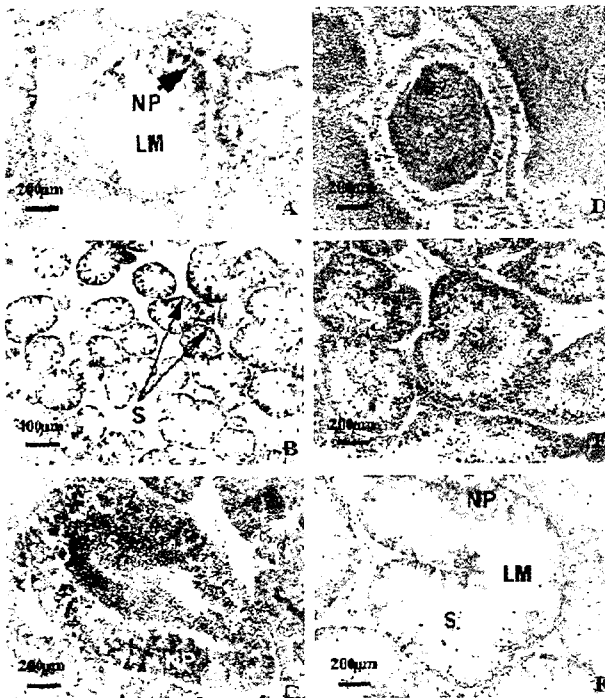


Fig. 6. Histology of testis. (A) Resting stage: cross section of recovering testis containing nutritive phagocytes (NP) and lumen (LM). (B) Growing stage: columns of spermatocytes project centrally in growing testis. (C) Premature stage: premature testis with spermatozoa (S) in center and nutritive phagocytes around periphery. (D) Mature stage: mature testis filled with spermatozoa and largely devoid of nutritive tissue. (E) Partly spawned stage: partly spawned testis with spaces vacated by spawned spermatozoa. (F) Spent stage: spent testis appear to be devoid of content, although relict spermatozoa may be present.

영양세포들이 관찰된다. Fig. 7-B는 1998년 4월에 채집된 개체의 난소로, 초기난모세포 (early vitellogenic oocyte, EV)가 관찰되며, 초기난모세포의 직경은 평균 $137 \mu\text{m}$ 이다. Fig. 7-C는 1998년 6월 초에 채집된 개체의 생식소로, 성숙전기의 난소 및 성장난 (vitellogenic oocyte, VO)을 포함하고 있으며, 난의 크기는 직경 $262 \mu\text{m}$ 정도이다. 이 때, 난 내에 핵 (nuclear, N)이 관찰되며 성장기와 비교 시 난의 크기는 두 배 이상 증가하여 소엽을 채우기 시작한다. Fig. 7-D는 성숙기의 난소로 완숙한 알을 포함하고 있다. 완숙한 알 (ova, O)의 직경은 평균 $381 \mu\text{m}$ 정도이다. Fig. 7-E는 방출기의 구멍연잎성계 암컷의 생식소로, 성숙난과 성장난이 동시에 존재하며, 방란의 의한 빈 공간이 관찰된다. Fig. 7-F는 1999년 1월에 채집된 개체의 난소로, 소모기의 난소를 보여준다. 난소에는 잔존 난모세포 (relict ova, RO)가 관찰되며 일부 영양세포를 제외하고는 소엽이 거의 비어있는 상태이다.

Fig. 8은 합덕 연안에서 서식하는 구멍연잎성계의 계절에 따른 성숙 정도를 나타낸 그림이다. 수컷의 경우 11월부터 3월까지 채집된 대다수의 개체는 휴지기의 생식소를 포함하고 있었으며, 4~5월 사이 성장기를 거쳐 7월까지 성숙하였다. 구멍연잎성계의

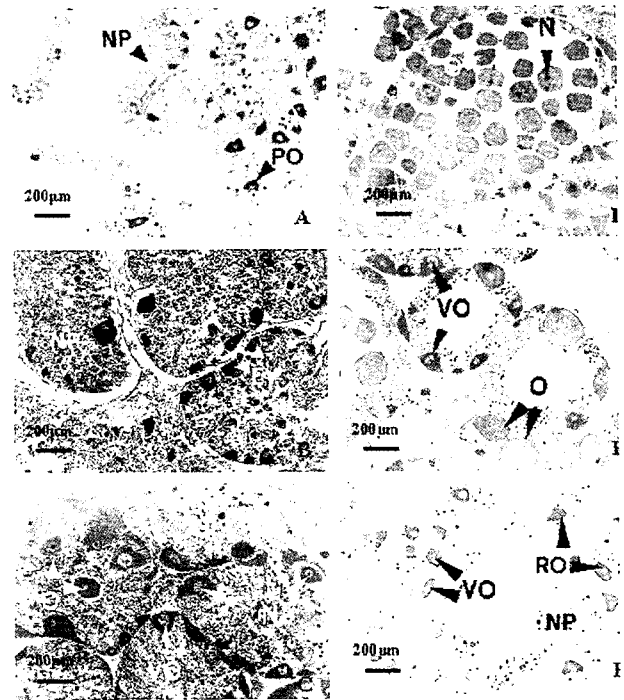


Fig. 7. Histology of ovaries. (A) Resting stage: cross section of recovering ovary containing nutritive phagocytes (NP) project into lumen (LM); small pre-vitellogenic oocytes (PO) occur along ovary wall. (B) Growing stage: growing ovary with early vitellogenic oocytes (EV). (C) Premature stage: premature ovary (O) with oocytes at all stages of development and nutritive phagocytes surround vitellogenic oocytes (VO). (D) Mature stage: mature ovary packed with ova, nutritive phagocytes are reduced to a thin layer along ascinal wall. (N: nuclear) (E) Partly spawned stage: partly spawned ovary with loosely packed ova and a paucity of nutritive material, and the spaces vacated by spawned ova. (F) Spent stage: spent ovary largely devoid of ova and nutritive phagocytes; all vitellogenic oocytes and relict ova will be resorbed.

방정 시기는 8~10월에 성기를 보였으며, 방정은 10월까지 계속된 것으로 추정된다. 구멍연잎성계의 암컷도 수컷과 유사한 생식소의 계절적 발달과정을 갖는 것으로 사료된다. 암컷의 경우 10월부터 3월까지 생식소가 휴지기에 있었으며 성장기의 알은 3~5월까지 관찰되었다. 성장난은 5~7월 사이에 관찰되었으며 완숙난과 방란된 개체가 7~8월에 관찰되었다. 수컷과 비교시 10월에 채집된 암컷 구멍연잎성계에서는 방란 중인 개체가 관찰되지 않았다.

Shin and Rho (1996)는 제주 성산 지역에서 채집된 구멍연잎성계의 산란시기를 6월경으로 보고한 바 있다. 본 연구지역인 합덕연안에서 채집된 개체들의 생식소 분석결과, 이들은 7~8월경에 성숙한 난 및 정소가 관찰됨을 비추어 볼 때 구멍연잎성계의 산란 시기는 지역에 따라 다소 차이가 있으나, 제주도의 경우 6~8월경으로 추정된다. sand dollar류의 산란시기는 종과 지역에 따라 다른데, Vernon et al. (1993)은 방패연잎성계류인 *Clypeaster ravenelii*의 경우 2월말 경에 산란한다고 보고하였고, 우리 나라 연안에

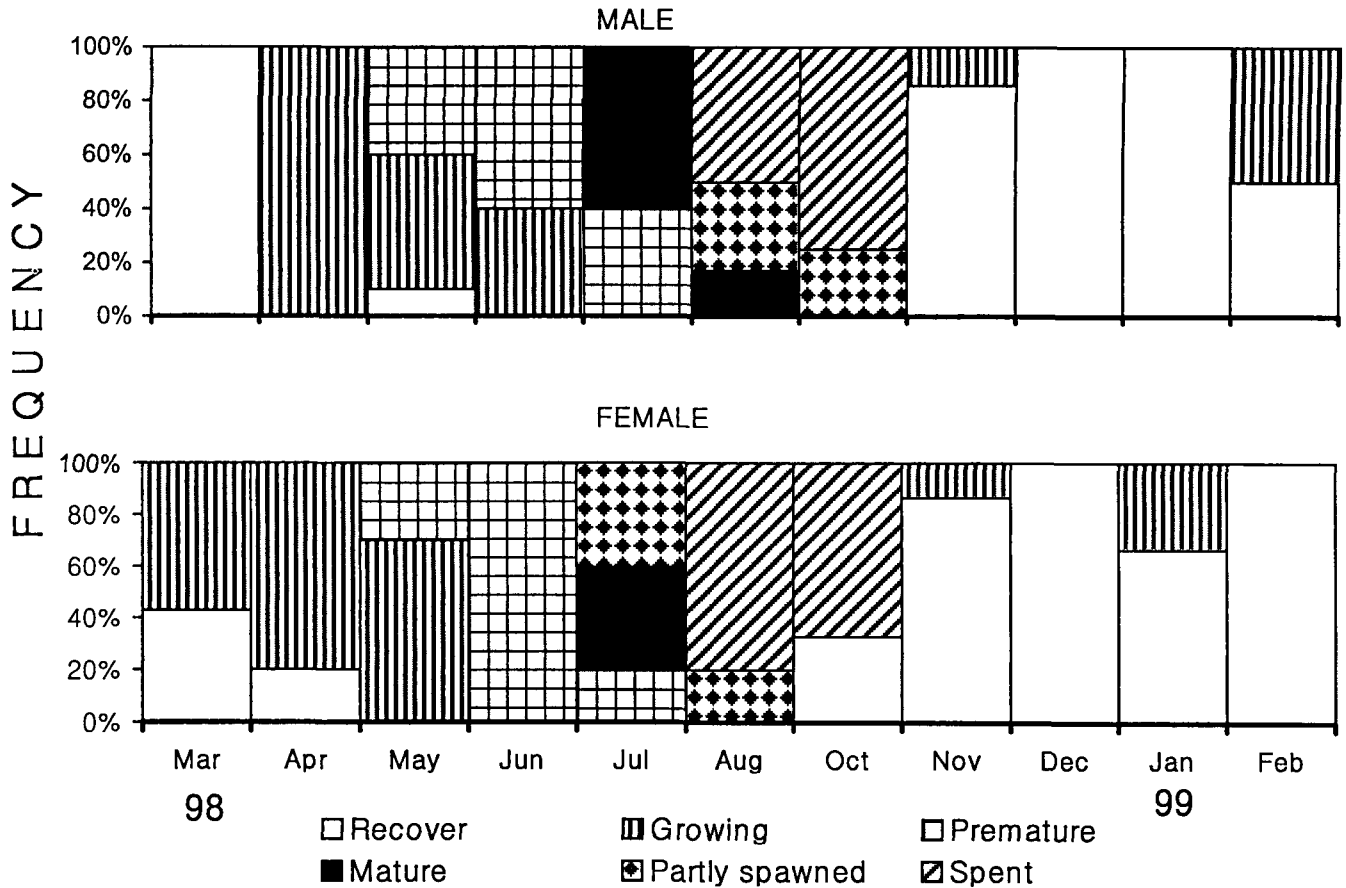


Fig. 8. Frequency distribution of reproductive stage of male and female sand dollar, *A. manni*.

널리 분포하고 있는 정형성게류인 보라성게의 산란시기는 6~10월경으로 알려져 있다 (Yoo et al., 1982; Kang et al., 1993). 한편, 우리 나라 전역에 분포하는 정형성게류인 둥근성게, *Strongylocentrotus nudus*와 말뚝성게, *Hemicentrotus pulcherrimus*의 산란은 3월에서 5월의 10~15°C와 9월에서 10월의 18~23°C에서 이루어진다 (Park et al., 1998). 함덕 연안에 서식하는 구멍연잎성게의 경우, 산란 시기로 추정되는 7~8월경의 수온은 20.5~24°C의 범위를 보여 아마 이러한 수온 범위 내에서 구멍연잎성게의 산란이 이루어지는 것으로 추정되나, 이에 대한 보다 심도 깊은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

이 연구는 제주도 함덕연안에 분포하는 구멍연잎성게의 생태 및 번식생활사에 관한 연구보고서이다. 시료는 북제주군 함덕에서 SCUBA를 통하여 채집하였으며, 실험실로 옮긴 뒤, 크기 및 생식소에 대한 분석을 수행하였다. 구멍연잎성게의 크기는 가장 80~200 mm 이었으며, 가장 140~170 mm 의 개체가 주를 이루었다 (N=129). 구멍연잎성게는 세립질 또는 미립질 (125~250 μm (2~3Φ))의 사질에 주로 분포하였으며, 퇴적물내의 유기물을 섭취하는 퇴적물식자로 확인되었다. 성숙한 암컷의 생식소는 보라색을 띠며,

수컷은 짙은 노란색을 띤다. 암, 수 모두 11~3월 사이 휴지기를 거쳐 6월 경에 성숙하며, 주 방란 방정은 7~10월 사이에 이루어진 것으로 추정된다. 암컷의 경우 성숙한 난은 그 직경이 평균 381 μm이었다.

감사의 글

본 연구에 있어 함덕 연안의 구멍연잎성게 채집과 분석에 많은 도움을 준 제주대학교 대학원 수산생물학과의 이주한, 이창호군에게 감사드립니다. 이 연구는 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 과제 지원사업의 후원으로 수행되었으며, 후원에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

Barnes, R.D. 1987. The Echinoderms. *Invertebrate zoology*. The Dryden Press, Orlando, Florida. pp 804~813.
 Byrne M., 1990. Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus ividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Marine Biology*. 104, 278~281.

- Dexter, D.M. 1977. A natural history of the sand dollar *Encope stokesi* L. Agassiz in Panama. Bull. Mar. Sci. 27, 544~551.
- Hamel, J.-F. and J.H. Himmelman. 1992. Sexual dimorphism in the sand dollar *Echinarachnius parma*. Marine Biology. 113, 379~383.
- Howard, D.W. and C.S. Smith, 1983. Histological techniques for marine bivalve mollusks. Oxford Lab., National Marine Fisheries Serv., Oxford. pp 35, 65.
- Jumars, P.A., R.F.L. Self and A.R.M. Nowell. 1982. Mechanics of particle selection by tentaculate deposit-feeders. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 64, 47~70.
- Kang, K.H., K.S. Bang, J.H. Li, S.K. Yoo. 1993. Influence of Water Temperature and Salinity on Spawning Induction, Larvae Rearing Collection of Sea Urchin, *Anthocidaris crassispina*. Bull. Nat Fish. Res. Dev. Agency. 48, 157~166 (in Korean).
- Lee, K.W., C.H. Shon, S.C. Chung. 1998. Marine algal flora and grazing effect of Sea Urchins in the coastal waters of Cheju Island. Journal of Aquaculture. 11 (3), 401~419 (in Korean).
- Lim, H.S. 1993. Ecology on the macrozoobenthos in Chinhae Bay of Korea. Ph. D. Thesis. Nat. Fish. Univ. Pusan. pp 24 (in Korean).
- Lopez, G.R. and J.S. Levinton. 1987. Ecology of deposit-feeding animals in marine sediments. Q. Rev. Biol. 62, 235~260.
- Park, Y.J., Y.S. Son. 1998. Growth and maturity of *Strongylocentrotus nudus* and *Hemicentrotus pulcherrimus* inhabiting the coastal area of Kyungbuk, Korea. Bull. Nat Fish. Res. Dev. Inst., 54, 11~17 (in Korean).
- Pearce, C.M. and R.E. Scheibling. 1990. Induction of settlement and metamorphosis in the sand dollar *Echinarachnius parma*: evidence for an adult-associated factor. Marine Biology. 107, 363~369.
- Pomory, C.M., Robbins, B.D. and Michael T.L. 1995. Sediment grain size preference by the sand dollar *Mellita tenuis* Clark, 1940 (Echinodermata: Echinoidea): a laboratory study. Bull. Mar. Sci. 56, 778~783.
- Powell, E.N., E.A. Wilson-Ormond, and K.S. Choi. 1993. Gonadal analysis - *Crassostrea virginica*. NOAA Technical Memorandum NOSORCA 71, vol. 11. 55~62.
- Reidenauer, J.A. 1989. Sand-dollar *Mellita quinquesperforata* (Leske) burrow trails: sites of harpacticoid disturbance and nematode attraction. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., Vol. 130, pp. 223~235.
- Shin, S., B. J. Rho. 1996. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 36. *Echinodermata*. Ministry of Education. pp 125, 264~280, 505~517 (in Korean).
- Vernon, J.D. McClintock, J.B., Hopkins, T.S., Watts, S.A. and Marion, K.R. 1993. Reproduction of *Clypeaster ravenelii* (Echinodermata: Echinoidea) in the northern Gulf of Mexico. Int. J. Invert. Repro. Develop., 24 (1), 71~78.
- Weihe, S.C. and I.E. Gray. 1968. Observations on the biology of the sand dollar *Mellita quinquesperforata* (Leske). J. Elisha Mitchell Scient. Soc. 84, 315~327.
- Yoo, S.K., S.B. Hur, H.Y. Ryu. 1982. Growth and spawning of the Sea Urchin *Anthocidaria crassispina* (A. Agassiz). Bull. Korean Fish. Soc. 15 (4), 345~358 (in Korean).

1999년 1월 20일 접수

1999년 5월 8일 수리