

남극큰띠조개 *Laternula elliptica* (이매패강: 띠조개과)의 생태 및 생물학적 특성

안 인 영

한국해양연구소 극지생물과학연구그룹

=Abstract=

Ecology and Biology of the Antarctic Soft-shelled Clam, *Laternula elliptica* (Bivalvia: Laternulidae)

In-Young Ahn

Polar Research Center, Korea Ocean Research & Development Institute

The Antarctic soft-shelled clam, *Laternula elliptica* is widely distributed in shallow waters around the Antarctic Continent and islands. This bivalve species occurs in dense patches particularly in sheltered but frequently ice-impacted areas. This species mostly occurs at around 20-30 m depth and is rarely found at depths shallower than 5 m where ice abrasion by drifting or grounded icebergs is severe. It burrows deep into sediment (frequently >50 cm), which seems to be primarily a means for avoiding ice impacts. A pair of stout and highly extendable siphons appear to be a morphological feature to feed in the ice-scoured substrates while staying deep in the sediment. As one of the largest bivalves in the Antarctic waters, *L. elliptica* appears to grow rapidly, reaching to a shell length of approximately 100 mm in 12 or 13 years. *L. elliptica* feeds actively during summer when food is sufficiently provided, implying that food may be the most important factor regulating the growth. Seasonal variations in food availability, and metabolic process in starvation condition possibly during winter, however, are yet to be further investigated.

서 론

남극의 육상 환경은 겨울에는 영하 50도까지 내려가고, 여름철에는 영상으로 올라가는 등 기온의 변화가 심하고 매우 건조하기 때문에 육상 생태계는 매우 피폐한 반면, 해양 환경은 일년 내내 수온(0-2° C)과 염

분의 변화가 거의 없이(34.6-34.9 %) 물리적으로 안정된 환경으로 종다양성이 매우 높고 생물량도 풍부하다. 특히 연근해는 저서생물군집의 생물량이 온대나 열대의 연근해에 버금갈 만큼 매우 높다(White, 1984). *Laternula elliptica*는 남극에서만 서식하는 종으로서 남극대륙과 섬주변의 천해(수심 0-150 m)의 연성 저질에 널리 분포하며(Fig. 1) (Fischer and Hureau, 1985), 흔히 우점종으로 출현한다(Stout and Shabica, 1970; Hardy, 1972; Ralph and Maxwell, 1977;

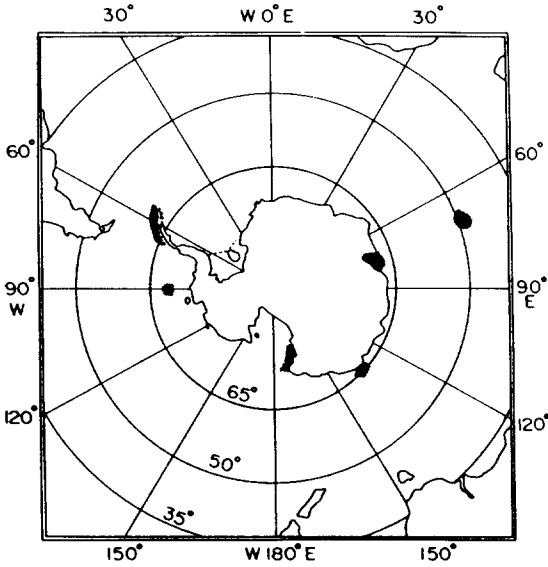


Fig. 1. Geographical distribution of the Antarctic soft-shelled clam, *Laternula elliptica*.

Zamorano *et al.*, 1986; Ahn, 1993, 1994). 또한 여과식자인 *L. elliptica*는 수중에 부유해 있는 유기물 입자를 섭취해서 배설하는 생리 과정을 통하여, 수중에서 해저로 상당량의 유기 물질을 전달함으로써, 남극 천해 생태계 유기물 순환에 크게 기여하고 있는 것으로 보고되고 있다(Ahn, 1993). 이와 같이 생태적으로 매우 중요한 생물 종임에도 불구하고 *Laternula elliptica*는 채집상의 기술적인 어려움 그리고 남극이라는 혹한 상

황에서 연구하는데 여러 가지 공통되는 어려움 등으로, 연구 대상에서 제외되어 왔다. 최근에는 지구 환경 변화와 관련된 남극 연안 환경 변화를 모니터링하는데 적합한 지표종으로 최근 널리 인식되어 가고 있기 때문에 이 종에 대한 보다 체계적인 연구가 요구되고 있다.

형태적 특성

*Laternula elliptica*는 수중에 부유해 있는 식물 플랑크톤이나 유기물 입자를 아가미(gill)로 여과하여 먹이로 섭취하는 여과식자(filter-feeder or suspension-feeder)이다. 매우 잘 발달된 아가미를 갖고 있으며, 퇴적물 속에 몸을 깊숙이 파묻고 먹이를 섭취할 수 있도록 굵고 길게 늘어날 수 있는 입수공과 출수공을 갖고 있는 한편, 패각(shell)은 아주 얇아 부서지기 쉽다(Fig. 2). *L. elliptica*가 속해 있는 family Laternulidae(띠조개과)는 조개 껍질이 아주 얇고, 조개 껍질의 뒷부분이 완전히 닫히지 않고 열려 있어, 입수공과 출수공이 밖으로 노출되어 있는 것이 특징이다. *Laternula elliptica*의 지질학적인 역사는 잘 알 수 없으나, genus *Laternula*는 중생대 말기인 백악기 후반에서부터 나타나고 있으며 열대, 아열대 및 온대수역에 걸쳐 널리 분포하고 있다. 우리 나라에도 세 종이 서식하고 있으나 각장이 5 cm 미만으로 크기가 작고, 그 중의 하나인 *L. anatina*의 경우, 남극종이 깊이 파묻혀 서식하는 것과는 달리, 수심 20 m 내외의 표층 퇴적물에 서식하고 있는 것으로 알려져 있다(Je *et al.*, 1991).

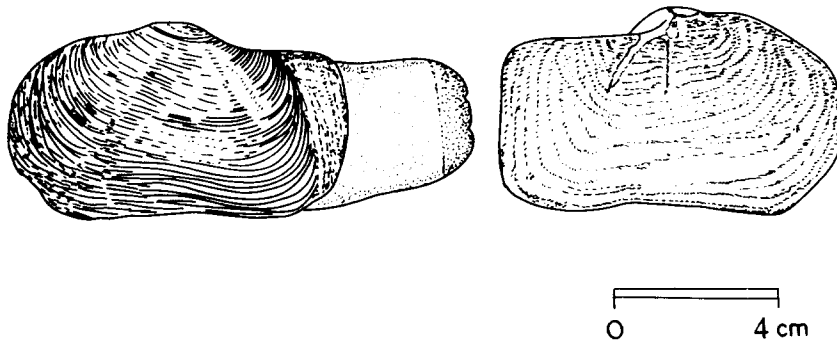


Fig. 2. Morphology of *Laternula elliptica*: Lt., a living one; Rt., the interior of the shell.

서식환경과 분포특성

남극대륙 주변의 대륙붕은 다른 대륙 주변부의 대륙붕이 평균 수심 200 m에 해저가 편평한 것과는 달리, 좁고 깊으며(평균 수심 500 m) 빙하의 이동과 압력 등으로 해저 지형이 U자 모양을 하고 있다. 즉 대부분의 남극해는 심해에 속하며, 수온 및 염도의 계절적 변화가 거의 없이 물리적으로 매우 균일한 수괴를 이루고 있다. 한편, 남극의 중요한 물리적 변수는 빙하인데 특히 수심이 낮은 연근해 환경은 기후의 변화가 극심한 육상 환경에서 물리적 환경 변화가 거의 미미한 원양 환경을 연결하는 이행대로서, 빙하의 이동에 의한 침식뿐만 아니라 빙하의 융결 및 해빙에 따른 육상으로부터의 담수와 퇴적물 유입 등으로, 지구상의 해양 환경 중에서 물리적 환경이 가장 불안정한 곳 중의 하나이다. 특히 수심 30 m 미만의 얇은 해역에서는 빙하의 좌초나 결빙 등으로 *Laternula elliptica*를 비롯한 해저에 서식하고 있는 무척추동물들의 분포에 결정적인 영향을 주는 것으로 보고되고 있다(Dayton *et al.*, 1970; Richardson and Hedgpeth, 1977; Ahn, 1994). 이와 같은 물리적 환경의 불안정성에도 불구하고, 남극해에서 광합성 식물에 의한 기초 생산의 상당량이 육상에 가까운 연안 해역에서 일어나고 있으며, 기타 먹이로 이용될 수 있는 유기물의 공급이 심해에 비해 훨씬 높기 때문에, 빙하에 의한 물리적 충격이 극심한 조간대와 아주 수심이 얇은 조하대를 제외하고

는 해저에 서식하는 저서생물(benthos) 또한 세계 어느 곳에 못지 않을 만큼 다양한 종이 풍부하게 서식하고 있는 것으로 보고되고 있다(White, 1984).

*Laternula elliptica*는 후미진 만의 수심이 얇은 곳에 대부분 서식하고 있는 것으로 여겨진다. 지금까지 이 종의 조개껍질은 1 m에서부터 500 m에 이르는 광범위한 수심에서 채집되었으나 살아 있는 표본은 거의 전부 수심 100 m 미만에서(Dell, 1990) 그리고 주로 수심 20 m 전후에서 대량 서식하고 있는 것으로 보고되고 있다(Table 1). 이 종은 또한 해안가에서 화석으로도 흔히 발견되고 있다(Berkman, 1992). 서식지 퇴적물은 일반적으로 육상 기원의 모래나 자갈이 섞인 점토질로서 주위에 대형 갈조류, 홍조류가 서식하고 있는 곳도 있다(Ahn, 1994). 이와 같이 *L. elliptica*는 빙하의 이동에 의한 침식 등으로 물리적 환경이 매우 불안한 곳에서 성공적으로 진화해 온 생물종이라 할 수 있겠다. 패각(shell)이 아주 얇아 부서지기 쉬우나, 물 속에서 보면 입수공과 출수공만을 표층에 내놓고 나머지 부위는 퇴적물 속에 깊숙이(흔히 >50 cm) 파묻고 먹이를 섭취하는 것으로 관찰되고 있다. 이와 같은 섭식 행동은 빙하에 의한 물리적 충격을 피하면서 먹이를 얻기 위해 진화해 온 하나의 방어기작으로 생각되어진다. 이와 같은 습성은 일반적으로 포식자(predators)를 피하기 위한 것으로 생각할 수도 있다. *L. elliptica*는 좌초한 빙하에 의해 퇴적물 밖으로 노출된 경우, 불가사리 등에 의해 쉽게 공격당하는 것으로 알려져 있다(Dayton *et al.*, 1974; Zamorano *et al.*,

Table 1. Densities of the Antarctic soft-shelled clam, *Laternula elliptica* in several nearshore sites.

Location	Depth (m)	# m ⁻²	kg m ⁻²	Substrate	References
Antarct. Peninsula (72°S, 68°W)	9-14	75		semi-consolidated	Stout and Shabica (1970)
Signy Island (60°S, 45°W)	6-7	9		sand/silt/gravel	Hardy (1972)
	13-15	26	1.5	sand/silt/gravel	
South Bay, Doumer Is. (64°52'S, 63°36'W)	15-20	65	2.6	muddy sand	Zamorano <i>et al.</i> (1986)
Marian Cove (62°13'S, 58°45'W)	13-17	65	4.8	mud/sand/gravel	Ahn (1993)
Collins Harbor (62°10'S, 58°47'W)	25-30	86	9.0	mud/sand/gravel	Ahn (1994)

1986). 불가사리나 갯강구(Isopoda)와 같은 운동성이 있는 포식자들은 표층에 서식하기 때문에 병하의 물리적 충격이 심한 얕은 수심에서는 거의 서식하지 않고, 수심이 깊어질수록 증가하는 것으로 보고되고 있다 (Dayton *et al.*, 1970; Gruzov, 1977; Richardson and Hedgpeth, 1977). 그러나 세종기지 부근의 물 속에서 관찰한 결과 얕은 수심에 비해 수심 20-30 m 에서 오히려 일부 노출되어 있는 *L. elliptica*가 다수 관찰되었다. 깊은 수심에서 포식자가 더 많이 출현함에도 불구하고 오히려 더 많이 노출되어 있는 것으로 보아서, *L. elliptica*가 깊숙이 파묻혀 있는 것은 포식자보다는 병하에 의한 물리적 충격을 피하기 위한 것이라고 생각된다. 병하의 충격에도 불구하고 *Laternula elliptica*가 얕은 수심에 서식함으로써 얻는 이점도 있다. 남극 해에서 광합성 식물체에 의한 기초 생산의 상당량이 육상에 가까운 연안 해역에서 일어나고 있기 때문에 병하의 충격을 피할 수 있는 방어기작이 있는 한 얕은 수심에 서식하는 것이 보다 풍부한 먹이를 얻을 수 있는 이점이 있는 것으로 생각된다.

이와 같이 *Laternula elliptica*는 일반적으로 퇴적물 내 깊숙이 파묻혀 있고, 패각이 아주 얇아 부서지기 쉽기 때문에, 실지로 채집에 의한 현존량 추정이 거의 불가능하다. 따라서 잠수부가 일정 면적내 노출되어 있는 siphon쌍(입수공과 출수공)을 계수하고, 무작위로 채집한 표본의 평균 무게를 산출하여 현존량을 추정하는 등 실제 현존량보다 낮게 추정되고 있다고 할 수 있다. 우리 나라 세종기지 근처인 폴린즈 하버에서는 수심 25-30 m 에서 최근까지 보고된 것 중 가장 높은 밀도(평균 87 개체/m²)와 현존량(약 9 kg/m²)이 보고되었다(Table 1).

성장과 생식

일반적으로 극지방의 해양 무척추동물들은 낮은 수온으로 성장과 성적 성숙이 매우 늦고 따라서 몸의 크기가 커지고 수명이 길어지기 때문에 현존량은 높더라도 생산성은 매우 낮은 것으로 생각되어지고 있다. 그러나 이러한 주장을 뒷받침해 줄 만한 신빙성 있는 자료가 매우 미흡하다. 일반적으로 해양 무척추동물의 연령, 수명 및 성장률을 정확히 추정하기가 매우 어려운데 이매패류의 경우 성장륜(growth ring)을 갖고 있는 종들이 많아, 연령 및 성장률 추정에 간접적인 지

표로 이용되고 있다. 성장륜이 일반적으로 각장(shell length)의 길이에 비례하여 증가하는 관계를 이용하여, Ralph 및 Maxwell(1977)은 *Laternula elliptica*는 각장이 100 mm인 경우 약 12년생으로 추정하고 있다. 세종기지 근해에 서식하는 *L. elliptica*의 경우에도 성장륜은 패각의 길이에 비례하여 증가하며 높은 상관($r = 0.85, p < 0.01$)을 나타내어 패각의 길이가 50 mm인 개체는 약 5년, 80 mm인 것은 약 8.5년, 100 mm인 것은 약 11년생으로 추정되었다(안, 1993). 이와 같은 성장률은 남극에 서식하는 다른 이매패들의 성장률에 비해 매우 높은 값으로서(Fig. 3), 이 종의 현존량이 높은 이유가 과연 저성장률, 긴 수명 때문인지에 대해서는 재고할 필요가 있다. 한편 Clarke(1990)은 극지방의 무척추동물들의 경우 성장률에 있어 계절적 변화가 심한데, 수온의 계절적 변화는 거의 없는 반면, 주요 먹이 원인 식물플랑크톤의 생산은 연중 변화가 심하기 때문에, 먹이가 성장률을 조절하는 가장 중요한 요인이라고 주장하고 있다.

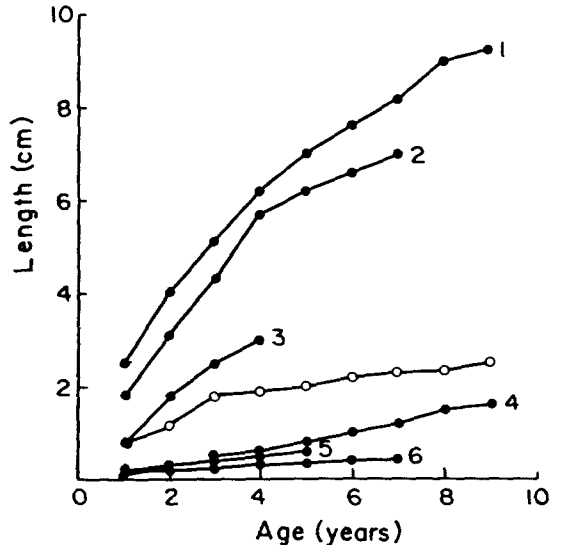


Fig. 3. Comparisons of growth rates of temperate and polar bivalve species (after Everson, 1977).

- , *Venus striatula* (Milport, U.K.);
- , polar species: 1. *Laternula elliptica*;
- 2. *Adamussium colbecki*; 3. *Gaimardia trapesina*; 4. *Yoldia eightsi*; 5. *Kidderia bicolor*; 6. *Lissarca miliaris*

*Laternula elliptica*의 유생 시기에 대해서는 거의 연구된 바가 없다. 지금까지 관찰된 바로는 난황을 갖고 있는 부유유생(pelagic lecithotrophic larvae) 단계를 갖는데, 남극의 추계에 해당하는 3월 초순에서 5월 중순에 걸쳐 산란하여, 4월 하순부터 5월에 걸쳐 해저에 착생(settlement) 하는 것으로 보고되고 있다(Bosch and Pearse, 1988). 온대 해역에 서식하는 굴, 홍합 등의 이매패들이 대부분 늦봄에서 여름에 걸쳐 산란하는 것과는 매우 다른 양상을 보이고 있다.

먹이생태 및 생리

남극의 연근해 해저에 서식하고 있는 저서동물들이 먹이의 공급에 있어 계절적 변화가 극심한 남극해에서 어떻게 적응하여 살아올 수 있었는가를 이해하기 위해서는 어떤 종류의 먹이를 얼마나 섭취할 수 있는가가 관건이 되고 있다. 한편 Ahn(1993)의 배양 실험에 의하면 단위 시간당 단위 체중당 배설량은 0.26-2.17 mg dry wt/g wet wt of clam/day로서, 온대 해역의 대표적인 여과식자인 홍합(*Mytilus edulis*)의 배설율에 버금갈 만큼 높은 값이다. 배설량은 먹이 섭취량과 직접적 연관이 있으며, 배설율이 높다는 것은 섭식 활동 또한 활발한 것을 반영한다. 이와 같은 활발한 섭식, 배설 활동은 먹이가 충분히 주어지지만 한다면, *L. elliptica*의 성장 또한 빠르게 일어날 수 있음을 시사한다고 하겠다. 먹이의 배설 과정을 통한 유기탄소의 양은 사실상 생물체가 생존 성장하는데 필요로 하는 총에너지량의 일부로서 기타 호흡, 성장, 생식, 운동 등에 필요한 에너지를 감안한다면 이 곳에 서식하는 *L. elliptica*의 군집을 유지하기 위하여는 외부로부터 상당량의 유기물 공급이 이루어져야 함을 Ahn(1993)은 피력하고 있다.

육상에서 멀리 떨어진 원양에서는 식물플랑크톤이 유일한 먹이원이 되지만 연근해에서는 식물플랑크톤 이외에도 빙설조류(ice algae) (Buckholder and Mandelli, 1965; Andrishev, 1968; Richardson and Whitaker, 1979; Palmisano and Sullivan, 1983; Grossi *et al.*, 1987), 그리고 저서미세조류(benthic micro-algae) (Gruzov, 1977; Palmisano *et al.*, 1985; Dayton *et al.*, 1986; Rivikin and Putt, 1987; Gilbert, 1991) 등이 중요한 대체 먹이원으로 평가되고 있다. 세종기지 부근 해역에 서식하는 *Laternula elliptica*를 대상으로

남극 하계 기간 중인 1-2월에 위내용물, 배설물 등을 분석해 본 결과 저서규조류가 주요 먹이원인 것으로 보고된 바 있다(Ahn *et al.*, 1993). 하계 기간을 제외한 다른 계절에는 광합성 식물에 의한 유기물 생산이 거의 일어나지 않기 때문에 이 기간동안 대체 먹이원이 있는지, 먹이가 전혀 없다면 생존해 나갈 수 있는 생리적 전략은 무엇인지 앞으로 연구해 나아가야 할 과제이다. 한편 *L. elliptica*의 섭식 및 배설 활동이 수중에서 해저로의 유기물 유입(vertical flux)을 증진시킴으로서 다른 저서생물들에게 먹이 공급을 증가시키는 중요한 생물과정으로 평가되고 있다(Ahn, 1993).

참 고 문 헌

- 안인영 (1993) 남극 킹조지섬 콜린즈 하부에 분포하는 이매패 *Laternula elliptica*의 생태적 특성. p. 589-602. 남극환경 및 자원탐사 기술, 제2단계 2차년도 연차보고서, 해양연구소, 과학기술처.
- Ahn, I.-Y. (1993) Enhanced particle flux through the biodeposition by the Antarctic suspension-feeding bivalve *Laternula elliptica* in Marian Cove, King George Island. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 171: 75-90.
- Ahn, I.-Y., Kang, J.-S., and Kang, S.-H.(1993) Primary food sources for shallow-water benthic fauna in Marian Cove, King George Island during an austral summer. *Korean J. Polar Res.*, 4(2): 67-72.
- Ahn, I.-Y.(1994) Ecology of the Antarctic bivalve *Laternula elliptica* (King and Broderip) in Collins Harbor, King George Island: Benthic environment and an adaptive strategy. *Memoirs of Nat'l Institute of Polar Research, Special Issue*, 50: 1-10.
- Andriashev, A.P. (1968) The problem of the life community associated with the Antarctic fast ice. p. 147-155, *In: Symposium on Antarctic oceanography*. Santiago, Chile, B-16, September 1966. Cambridge, Scott Polar Research Institute.
- Berkman, P.A. (1992) Holocene meltwater variations recorded in Antarctic coastal marine benthic assemblages. p. 440-449, *In: International conference on the role of the polar regions in global change*. Weller, G, Wilson, C.L. and Severin, B.A.B. (eds.) Univ. of Alaska, Fairbanks.
- Bosch, I. and Pearse, J.S. (1988) Seasonal pelagic

- development and juvenile recruitment of the bivalve *Laternula elliptica* in McMurdo Sound, Antarctica. *Amer. Zool.*, **28**: 471 (abstract).
- Burkholder, P.R. and Mandelli, E.F. (1965) Productivity of microalgae in Antarctic sea ice. *Science*, **149**: 872-874.
- Clarke, A. (1990) Temperature and evolution: Southern Ocean cooling and the Antarctic marine fauna. P. 9-22, In: Antarctic ecosystems, Kerry, K.R., Hempel, G.(eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Dayton, P.K., Robilliard, G.A., and Paine, R.T. (1970) Benthic faunal zonation as a result of anchor ice at McMurdo Sound, Antarctica. *Ecol. Monogr.*, **44**: 105-128.
- Dayton, P.K., Robilliard, G.A., Paine, R.T. and Dayton, L. (1974) Biological accommodation in the benthic community at McMurdo Sound, Antarctica. *Ecol. Monogr.*, **44**: 105-128.
- Dayton, P.K., Watson, D., Palmisano, A., Barry, J.P., Oliver, J.S., and Rivera, D. (1986) Distribution patterns of benthic microalgal standing stock at McMurdo Sound, Antarctica. *Polar Biol.*, **6**: 207-213.
- Dell, R.K. (1990) Antarctic Mollusca - with special reference to the fauna of the Ross Sea. *Royal Soc. N. Z. Bull.*, **27**: 311.
- Everson, I. (1977) Antarctic marine secondary production and the phenomenon of cold adaptation. *Phil. Trans. Royal Soc. Lond. B.*, **279**: 55-66.
- Fisher, W. and Hureau, J.C. (1985) Southern Ocean. FAO species identification sheets for fishery purposes. *FAO of the United Nations*, Vol 1, p. 98
- Gilbert, N.S. (1991) Primary production by benthic microalgae in nearshore marine sediments of Signy Island, Antarctica. *Polar Biol.*, **11**: 339-346.
- Grossi, S.M., Kottmeier, S.T., Moe, R.L., Taylor, G.T., and Sullivan, C.W. (1987) Sea ice microbial communities. VI. Growth and primary production in bottom ice under graded snow cover. *Marine Ecol. Progress Ser.*, **35**: 153-164.
- Gruzov, E.N. (1977) Seasonal alterations in coastal communities in the Davis Sea. p. 263-278, In: Adaptations within Antarctic ecosystems, *Gulf Publishing, Houston, Texas*.
- Hardy, P. (1972) Biomass estimates from some shallow-water infaunal communities at Signy Island, South Orkney Island. *British Antarct. Surv. Bull.*, **31**: 93-106.
- Je, J.-G., Park, H.-S., Lim, H.-S. and Lee, J.-S. (1991) Distribution pattern of benthic invertebrates dredged in the coastal waters of Chungchongnamdo, Korea (Yellow Sea). *Yellow Sea Research*, **4**: 103-119.
- Palmisano, A.C. and Sullivan, C.W. (1983) Sea ice microbial communities (SIMCO): 1. Distribution, abundance, and primary production of ice microalgae in McMurdo Sound, Antarctica in 1980. *Polar Biol.*, **2**: 171-177.
- Palmisano, A.C., SooHoo, J.B., White, D.C., Smith, G.A., and Stanton, G.R. (1985) Shade adapted benthic diatoms beneath Antarctic sea ice. *J. Phycol.*, **21**: 664-667.
- Ralph, R. and Maxwell, J.G.H. (1977) Growth of two Antarctic lamellibranchs: *Adamussium colbecki* and *Laternula elliptica*. *Mar. Biol.*, **42**: 171-175.
- Richardson, M.D. and Hedgpeth, J.W. (1977) Antarctic soft-bottom, macrobenthic community adaptations to a cold, stable, highly productive, glacially affected environment. p. 181-196 In: Adaptations within Antarctic ecosystems. Llano, G.A. (ed). *Gulf Publishing, Houston, Texas*.
- Richardson, M.G., and Whitaker, T.M. (1979) An Antarctic fast-ice food chain: observations on the interaction of the amphipod *Pontogeneia antarctica* Chevreux with ice-associated micro-algae. *British Antarct. Surv. Bull.*, **47**: 107-115.
- Rivikin, R.B. and Putt, M. (1987) Photosynthesis and cell division by Antarctic microalgae: comparison of benthic, planktonic and ice algae. *J. Phycol.*, **23**: 223-229.
- Stout, W.E. and Shabica, S.V. (1970) Marine ecological studies at Palmer Station and vicinity. *Antarct. J. U. S.*, **5**(4): 134-135.
- White, M.G. (1984) Marine benthos. p. 421-461, In: Antarctic ecology. Laws, R.M. (eds.). *Academic Press, London*
- Zamorano, J.H., Durate, W.E. and Moreno, C.A. (1986) Production upon *Laternula elliptica* (Bivalvia, Anatinidae): A field manipulation in South Bay, Antarctica. *Polar Biol.*, **6**: 139-143.