Bull. Korean Fish. Soc. 21 (5), 303~310, 1988

韓水誌 21 (5), 303~310, 1988

남극크릴새우*의 번식, 섭이와 수명에 관한 총설

서 해 립
전남대학교 자연과학대학 해양학과

Review on the reproduction, feeding and longevity of the Antarctic Krill, *Euphausia superba*

Hae-Lip SUH
Department of Oceanography, College of Natural Sciences, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

This review has dealt with the topics of biology of Antarctic krill, *Euphausia superba*. There are much of work on various aspects of the biological pattern of krill, in particular on reproduction, feeding and longevity. Nevertheless, the details of winter biology of krill still remained to be unclear. It is suggested that three kinds of energy pathways, from inorganic or organic materials to krill, may occur in the Antarctic Ocean.

서 론

남극크릴새우를 인류가 직접 이용하게 됨에 따라, 이들에 대한 효과적 관리에 대하여 국제적 관심이 높아지고 있다. 남극크릴새우는 체장이 5~6*cm*에 달하는 새우와 비슷한 작은 생물이지만 자원량이 약 4억7천만*ton*에 이를 것으로 추정되는 남극생태계의 중추적인 생물로 널리 알려져 있다 (Laws, 1985). 따라서 남극크릴새우의 자원량의 변동은 남극생태계를 구성하는 다른 생물에 직접적인 영향을 줄 수 있으므로 남극크릴새우의 생태에 관한 정확한 지식은 남극생태계를 이해하는 데 필요불가결한 요소이다.

남극해에는 7종의 크릴새우류가 서식하고 있다. *Euphausia*속에는 *Euphausia vallentini, Euphausia triacantha, Euphausia frigida, Euphausia superba, Euphausia crystallorophias*의 순으로 북에서 남으로 주극분포 (circumpolar distribution)를 하며, *Thysanoessa*속에는 *Thysanoessa macrura*가 *Euphausia superba*와 거의 같은 분포역에, *Thysanoessa vicina*는 그보다 북쪽 해역에 분포한다 (John, 1936).

남극크릴새우에 대한 생물학적 연구는 1930년대부터 시작되어 지금까지 방대한 연구가 진행되었음에도 불구하고, 아직 불명확한 곳이 적지않게 남아있다. 이곳에서는 남극크릴새우의 생물학중 흥미있는 연구가 이루어졌던 분야, 예를 들어 번식, 섭이와

* 크릴(krill)의 어원은 노르웨이의 포경업자들이 고래의 위내용물에서 관찰되어지는 유포지아목의 갑각류를 일컫던 단어에서 비롯되는데, 그들이 사용했던 단어 중 large krill은 *Meganyctiphanes norvegica*, 또한 small krill은 *Thysanoessa inermis*를 가르킨다는 것이 밝혀졌다 (Mauchline and Fisher, 1969). *Euphausia superba*에 대한 일반명으로는 krill (洪, 1977), 남극새우 (국립수산진흥원, 1979)와 남빙양새우 (국립수산진흥원, 1982)가 사용되어 왔다. 유포지아목의 갑각류 (euphausiid crustacean)는 분류학적 특징으로 보아 새우가 속하는 십각목과 쉽게 구별되어지며 (Mauchline and Fisher, 1969 ; 洪, 1977), Iwasaki and Nemoto (1987)에 의하면 남극해에 7종의 새우 (pelagic shrimp)가 분포하고 있으므로 남극새우 또는 남빙양새우라는 명칭을 유포지아목의 갑각류인 *Euphausia superba*에 사용하는 것은 분류학적 용어의 혼동을 불러 일으킬 수 있다. 따라서, 이곳에서는 유포지아목의 갑각류의 일반명으로 "크릴새우목"을, 또한 *Euphausia superba*의 일반명에 "남극크릴새우"를 각각 사용했다.

수명에 대한 최근의 연구를 소개함과 아울러 금후 밝혀져야될 부분을 정리해 보았다.

번 식

남극크릴새우의 번식기는 남극의 여름, 즉 11월에서 3월에 걸쳐 이루어지며 이 시기에는 암수 모두의 생식기관은 붉은 색을 띤다. 교미(交尾)는 새우류와 마찬가지로 수컷이 암컷에 정포(spermatophore)를 부착시킴으로써 이루어진다. 암컷이 부착하고 있는 정포의 수는 보통 2개이지만, 4~6개인 경우도 드물지 않게 보이기도 한다. 이러한 현상은 수컷이 2개의 정포 밖에 갖고 있지 않음을 감안한다면 중교미(重交尾)가 이루어지고 있는 것으로 생각되어진다. 크릴새우류에는 흉지(thoracopods)의 난막(卵膜) 안에서 알을 부화(孵化)시켜 방출하는 종류와 직접 알을 해중에 방출하는 종류가 있으나 남극크릴새우는 후자에 속한다.

암컷 1개체의 난소에 들어있는 난수는, 암컷의 크기에 비례하지만 대략 10,000개 전후이며, 그중에서 완숙한 것이 방출되어진다. Ross and Quetin (1983)의 실내실험(室內實驗)에 의하면, 남극크릴새우는 1회에 약 2,500개를 방란하며, 이것을 여름 동안 대략 1주일 간격으로 9~10회 반복한다고 가정하여 총산란수는 약 22,000개에 이를 것이라고 추정했다. 이러한 추정치는 최근 Cuzin-Roudy (1987)에 의해서도 지지되어졌다. Ross and Quetin (1983)에 의한 산란기간 동안의 지속적인 조사는 얼음이 얼지않고, 또한 남극크릴 새우의 채집이 쉬운 장소에 설치된 상주기지가 없이는 하기 어려운 연구였다는 점에서 그들의 연구는 귀중하다.

Discovery 항해에서 채집된 남극크릴새우를 조사한 Marr (1962)는 표층에서 방출되어진 알은 해수보다 비중이 크므로 가라앉으면서 난할을 거듭하여 수심 2,000*m* 부근에서 부화되며, 부화후 nauplius는 표층으로 헤엄쳐 올라오기 시작하여 수심 500*m* 부근에서 metanauplius기를 지나, 부화후 20~30일에는 calyptopis기가 되어서 먹이가 있는 표층에 도달한다는 이른바 "developmental descent and ascent" 설을 주장했다. 이러한 가설은 그 후 여러학자들에 의해서 폭넓게 받아들여져 부화심도와 부화기간이 유생생잔율에 직접적인 영향을 줄 수 있다고 생각되었다. 1기압에서는 부화에 약 1주일이 걸리며, 알의 침하속도는 150~200*m*/일이라는 실내실험 결과에서, 부화심도는 1,000~1,400*m*일 것이라고 추정되었다 (Ross and Quetin, 1983). 그러나 낭배기에는 침하속도가 약 1/2로 감소한다는 사실이 밝혀짐에 따라 부화심도는 다시 700~800*m*로 고쳐졌으며, 포란하고 있는 남극크릴새우가 최대 25기압까지 견딜 수 있으므로, 만일 산란이 200*m*에서 이루어진다고 가정한다면 부화심도는 800~1,000*m*가 될 것이다 (George and Strömberg, 1985). 따라서 알과 초기유생은 대단히 높은 수압을 받게 되어 있다. Nauplius I기는 210기압, nauplius II기는 150기압의 높은 압력에 견딜 수 있다. 알에 서서히 압력을 가하게 되면 1기압의 상태보다 발생이 빨리 진행된다. 즉, 32세포기까지 1기압에서 13시간 걸리던 것이 서서히 5~20기압까지 가압(加壓)하면 5~8시간 만에 끝난다 (George and Strömberg, 1985).

최근 Ross et al. (1988) 는 수온과 먹이가 nauplius기에서 calyptopis기에 이르는 초기유생발달에 미치는 영향을 분석하였다. 그들에 의하면 알이나 nauplius기에 특히 저온에 민감한 시기 (cold sensitive period) 가 있으며, 이때에 −1℃정도의 차거운 물과 만난다면 먹이의 많고 적음에 관계없이 결국 죽게 된다고 한다.

무사히 긴 여행을 마치고 표층에 도달한 calyptopis기 유생은 탈피를 두번하고 나서 (따라서 calyptopis기는 3기가 있음) furcilia기 유생이 되며, furcilia기에 흉지와 복지 (pleopod)는 탈피를 거듭하면서 발생한다 (Fig. 1). 복지의 발생과정은 종류에 따라 또는 같은 종에서라도 먹이와 수온등 환경조건에 따라 달라진다. 남극크릴새우는 분류학적으로 *Euphausia*속의 subgoup III에 속하며, 이 subgroup에 속하는 종들은 비슷한 형태적 특징을 갖는 것 이외에 지리적으로도 기초생산의 변화가 시·공간적으로 커다란 해역에 분포하는 점이 공통이다. *Euphausia*속 중에서 복지의 발생과정에 커다란 변화가 있는 것은 이 subgroup 뿐이다 (Fraser, 1936). 남극크릴새우의 경우, 환경이 좋을 때 calyptopis III기 유생 (복지는 아직 갖고 있지 않음)은 탈피하면 5쌍의 강모 (setae)가 없는 복지를 갖는 furcilia I기 유생이 되며, furcilia II기에는 5쌍의 복지에 강모를 갖게 된다. 그러나 환경조건이 좋지 않으면 체장도 작아질뿐 아니라 furcilia II기로 넘어오면서 5쌍 복지에 한꺼번에 강모가 나지않고 1~4쌍의 강모가 없는 복지가 먼저 발생되며, 그후 5쌍의 복지에 모두 강모가 생길 때까지 탈피를 거듭한다. 탈피를 자주하면 할수록 포식자에 의한 사망율은 높아질 것이므로 유생의 발생단계별 개체수의 변동으로부터 연급군 (year class) 간의 생잔율을 비교할 수 있으며, 이러한 연구는 남극크릴새우의 자원 관리에 커

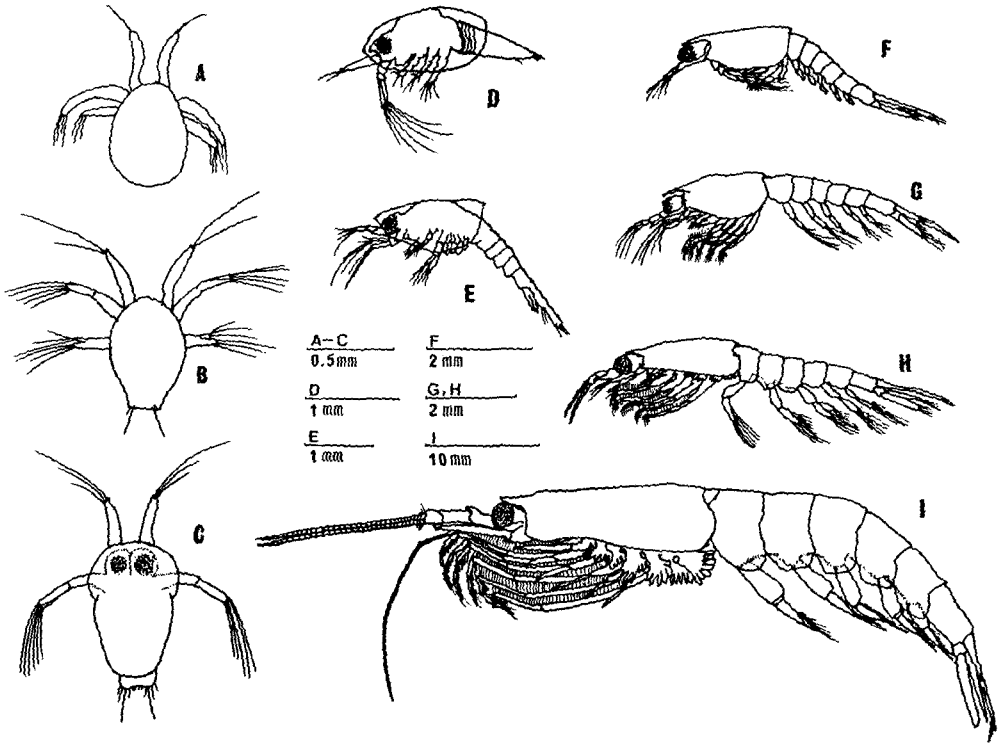

Fig. 1. *Euphausia superba*. A, nauplius Ⅰ; B, nauplius Ⅱ; C, metanauplius; D, calyptopis Ⅰ; E, calyptopis Ⅲ; F, furcilia Ⅰ; G, furcilia Ⅱ; H, furcilia Ⅴ; I, adult.

다란 도움을 줄 것이다. 그러나 아직 충분한 연구가 이루어졌다고 할 수 없는 분야이다.

발생단계별 소요기간은 사육실험에 의하여 추정되어졌다. 사육실험에 의하면 furcilia기 유생은 부화 후 약 63일에 나타나며 furcilia Ⅵ기유생 (furcilia기는 6기가 있음) 이 나타나는 것은 부화후 127일이라고 한다 (Ikeda, 1985). 그리고, furcilia Ⅵ기에서 탈피하여 미성체 (juvenile) 가 되며, 이때의 체장은 약 11*mm* 정도가 된다. 그후 탈피를 거듭하여 성장, 성체가 되면 수컷의 체장은 35~60*mm*, 암컷은 41~61*mm*에 이른다고 하나 (Bargmann, 1945), 최근 Kikuno and Kawamura (1983) 는 35*mm*의 방란을 마친 암컷 (spent female) 이 있음을 보고하고 있으므로 남극크릴새우의 성체의 체장은 암수 구별없이 35~60*mm*의 범위로 보는 것이 타당하다고 생각된다.

섭 이

남극생태계는 남극크릴새우를 기초로 하는 매우 단순한 것으로 생각되어져 왔다. 즉 식물플랑크톤 (주로 규조류), 남극크릴새우, 그리고 포식자(고래류, 물개류, 조류, 어류, 두족류등)의 3단계의 먹이연쇄로 특징지어진다 (Fig. 2). 이러한 생각은 대부분 식물플랑크톤이 풍부한 여름에 채집된 남극크릴새우의 위내용물 (stomach content) 조사에 기인한다 (Hart, 1934 ; Barkley, 1940 ; Marr, 1962). 부유성 감각류에 있어, 위내용물조사에 의한 식성조사에는 크게 나누어 net feeding과 소화에 의한 분류의 어려움 등의 장애요소가 있다 (Roe, 1984). 남극크릴새우의 경우에는 후자가 더욱 커다란 영향을 준다고 하겠다. 즉 남극크릴새우의 구기 (mouthparts)와 gastric mill에 의한 소화작용에 견디어 낼 수 있는 견고한 각을 갖는 종류 만이 위내용물로서 관찰되기 때문에 규조류의 중요성이 과대평가될 수 있었다. 그러나 위내용물중 무정형물 (amorphous material) 또는 detritus의 존재가 일찌기 잘 알려져 있음에도 불구하고 기원이 불확실하다는 이유로 그 중요성이 과소평가되어 왔다. 이 detritus의 기원으로는 규조류의 내용물 또는 무각(無殼)의 먹이생물일 것으로 추정되어지고 있다.

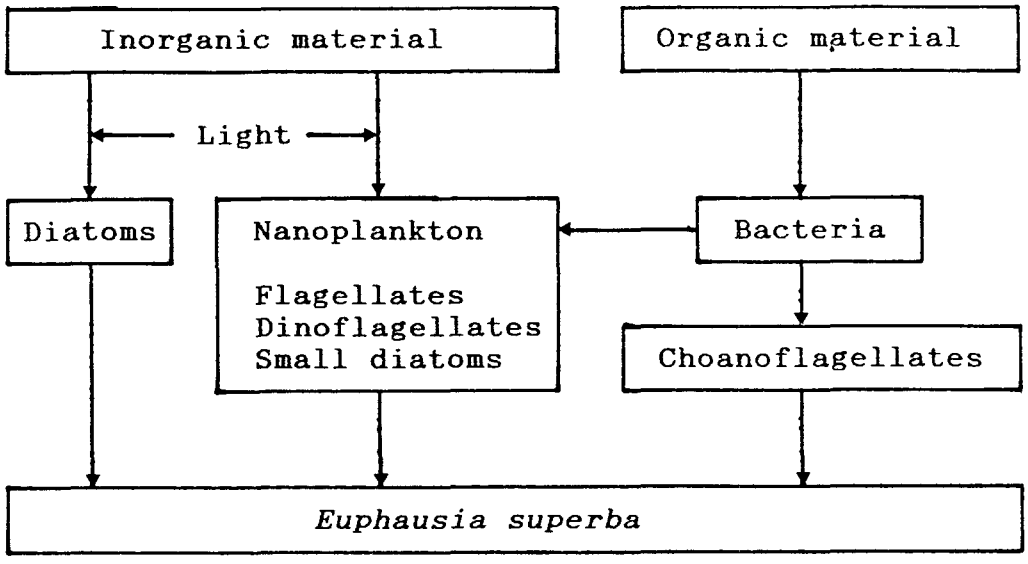

Fig. 2. Three kinds of energy pathways from inorganic or organic materials to krill.

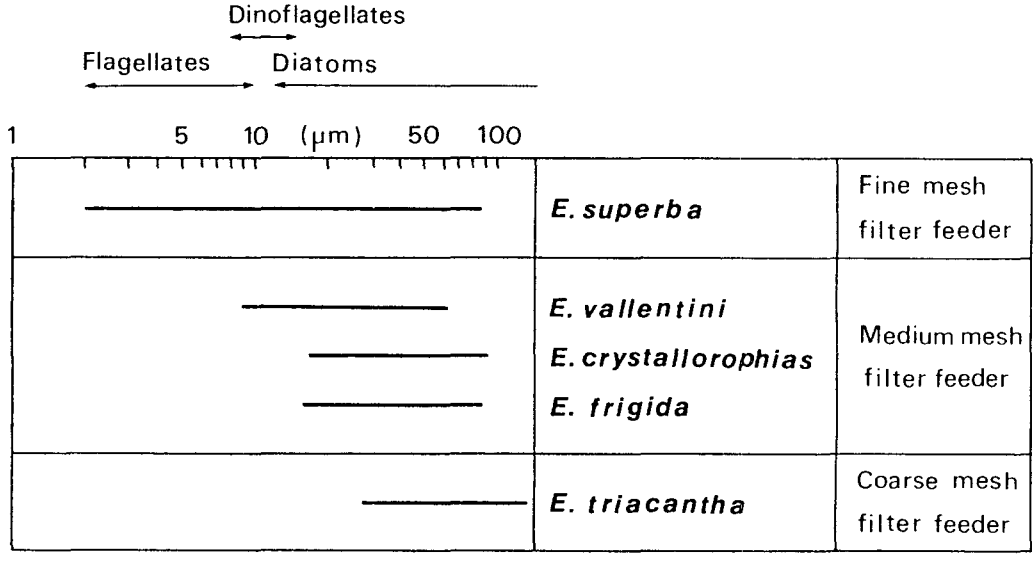

Fig. 3. The food spectra of adult animals in five *Euphausia* species as related to food size. The different species can be classified as three filtering types according to their apparent ability to feed on nanoplankton (2~20 μm in size) and flagellates (2~10μm) (after Suh and Nemoto, 1987).

한편, 남극해의 식물플랑크톤의 현존량(biomass)의 약 70%는 20μm이하의 nanoplankton에 의한 것이며, 이들은 편모조류(flagellates), 와편모조류(dinoflagellates)와 소형 규조류로 구성되어져 있다(Bröckel, 1981). 2~10μm인 편모조류는 무각 혹은 부숴지기 쉬운 각을 갖고 있으며, 또한 남극크릴새우의 gastric mill의 구조가 매우 발달되어 있으므로(Suh and Nemoto, 1988), 종래의 위내용물 조사방법으로서는 nanoplankton에 대한 정확한 평가가 이루어지기 어려웠다. 최근에 주사형전자현미경으로 남

Table 1. Expected longevity of *Euphausia superba*

Longevity (Year)	Method	Author
2	Length distribution	Ruud (1932) ; Fraser (1934) ; Bargmann (1945) ; Nemoto (1969) ; Mackintosch (1972)
4	Length distribution	Ivanov (1970)
6	Length distribution	Siegel (1987)
6~7	Length distribution	Rosenberg et al. (1986)
6	Age pigment	Ettershank (1983, 1985)
3~4	Lab rearing	Mauchline (1980)
4~7	Lab rearing	Ikeda et al. (1985)
7~8	Lab rearing	Ikeda and Thomas (1987)
8~11	Lab rearing	Ikeda (1985)

극해에 분포하는 *Euphausia*속 5종의 대표적 섭이기관인 food basket의 미세구조를 조사하여 섭이상태를 추정하는 연구가 이루어졌다 (Suh and Nemoto, 1987). 그들에 의하면 *Euphausia*속 5종중 남극크릴새우가 가장 미세한 여과섭이기관을 가지며, 지름 2~3μm의 입자까지도 먹을 수 있다고 추정했다 (Fig. 3). 그리고 무기물에서 규조류를 거쳐서 남극크릴새우에 이르는 먹이연쇄 이외에 *nanoplankton*을 경유하는 먹이연쇄의 중요성을 주장하였다.

그러나, 식물플랑크톤과 남극크릴새우의 분립 (fecal pellet) 의 화학조성을 비교 분석한 결과, 앞의 먹이연쇄들과는 다른 먹이연쇄의 존재 가능성이 시사되었다 (Tanoue and Hara, 1986). 그들에 의하면 남극크릴새우는 남극 현장의 식물플랑크톤 중 규조류보다 입금편모조류 (choanoflagellates) 를 많이 섭취하며, 입금편모조류가 박테리아나 detritus를 먹이로 하고 있으며 박테리아에 의한 생산이 남극해에 있어서는 상당히 높으므로 유기물에서 박테리아와 입금편모조류를 경유하여 남극크릴새우에 이르는 먹이연쇄가 존재할 것이라고 추정하였다. 하지만 입금편모조류의 현존량 (biomass) 이 남극크릴새우자원을 유지할 만큼 충분한가 하는 검토가 아직 이루어져 있지 않으므로, 이러한 먹이연쇄가 과연 얼마나 중요한 역할을 수행하는가에 대해서는 보다 깊은 연구가 필요하다고 하겠다.

이상에서 본 바와 같이 남극크릴새우를 중심으로 하는 먹이연쇄가 상당히 복잡하게 얽혀져 있음을 알 수 있겠다. 앞으로 3종류의 먹이연쇄중 어느 것이 남극크릴새우에 이르는 energy flow에 중요한 역할을 하는가를 정량적으로 파악하는 작업이 남아 있다고 할 수 있다.

수 명

수산자원의 관리를 위해서는 대상생물의 나이, 성장과 수명에 대한 정확한 지식을 얻는 일이 대단히 중요하다. 남극크릴새우의 수명에 대해서 확립되어진 결론은 아직 없다. 크릴새우류는 명확한 연령형질을 갖고있지 않으며, 또한 일생 동안의 탈피회수도 가변적이므로 현장에서 채집되어진 개체의 연령을 결정하여 그의 성장속도와 수명을 추정하는 것은 대단히 어렵다고 볼 수 있다. 이러한 어려움을 반영이나 하는 것처럼, 지금까지 추정되어진 남극크릴새우의 수명은 2~11년의 커다란 폭을 갖는다. 이러한 연령추정은 크게 나누어 체장조성의 해석법, 연령색소의 정량법과 사육실험법 등의 3가지 방법에 의하여 이루어졌다 (Table 1).

체장조성의 해석에 의한 방법은 체장빈도분포의 정점의 수에 따라 연령군을 분류하여 그로부터 연평균성장을 추정하는 고전적 방법과, 최근의 컴퓨터에 의한 다중정규분포의 해석법에 기초하여 체장조성의 시계열 데이터에서 성장속도와 연령군을 동시에 추정하는 새로운 방법이 이용되고 있다. 그러나 어떠한 방법을 이용하더라도 체장조성에서 연령군과 성장속도를 추정하기 위해서는 우선 표본이 단일군집 (single population) 에서 추출되었다는 점과 체장은 연령과 함께 증가한다는 점이 가정되어야 한다. 남극해에 주로분포하는 남극크릴새우자원이 단일군집으로 구성되어 있는가 아닌가는 일찌기 관심의 대상이 되어왔다. 이 문제에 대해서는 두가지의 가설이 발표되어있다. 즉 Weddell/Scotia Sea와 Bellingshausen Sea에 각각 다른 유전적 계군 (genetic stock)이 존재할 것이라는 것과 (Fevolden and

Ayala, 1981 ; Anderson, 1982), 위의 두 해역에 분포하는 남극크릴새우는 단일군집일 것(Schneppenheim and MacDonald, 1984)이라는 상반된 가설이었다. 최근 Fevolden (1986)은 남극반도(Antarctic Peninsula)의 서쪽에서 채집한 남극크릴새우의 유전적 변이(genetic variation)를 조사하여 서로 다른 유전적 계군(genetic stock)은 존재하지 않음을 보고했다. 그러므로 현단계에서 남극크릴새우는 단일군집으로 구성되어져 있다고 보는 것이 타당하리라 여겨진다.

연령색소인 lipofuscin를 이용한 연령추정은 곤충학자들에 의해서 곤충의 연령을 추정하기 위하여 개발된 방법이다. 이 방법은 생물의 호흡의 결과로서 lipofuscin이 세포내에 축적되어지며, 그 축적량과 생리적 연령(즉, 산소호흡의 적산치) 과의 사이에는 정(正)의 상관관계가 있다는 원리를 이용하는 것이다. Ettershank (1983, 1985) 는 이 방법을 이용하여 남극크릴새우의 수명은 6년이라고 추정했다. 그러나 그후 시료보존과 분석방법에서 또한 연령색소 그 자체에도 불확실한 점이 많다는 것이 밝혀져서 (Nicol, 1987) 아직 본격적인 이용에는 이르지 못하고 있다.

실내사육실험에서는 동일개체 또는 개체군에 대하여 장기간에 걸쳐 그 성장을 추적할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 단점으로 그 결과를 자연의 개체군에 적용하기 위해서는 우선 실험조건이 얼마나 자연조건에 가까운가를 검토하지 않으면 안된다. 실내사육실험에는 투이(投餌) 사육실험방법과 무투이(無投餌) 사육실험방법이 있다. 투이사육실험은 남극크릴새우의 성장이 주로 여름에 일어날 것이라는 가정아래, 성장에 가장 중요한 먹이 환경을 최적의 상태로 유지하여 최대성장속도를 계산하여 여름 동안의 남극크릴새우의 성장을 추정하는데 이용된다. Ikeda et al. (1985) 는 3년에 걸친 장기 사육실험을 한 후, 특히 성장이 좋았던 4개월 동안의 일간성장율을 바탕으로 수명은 4~7년이 될것으로 추정했다. 이것은 겨울 동안 남극크릴새우는 성장을 중지한다는 가정에서 얻어진 추정치이며, 만약 체장이 감소한다면 수명은 더욱 늘어나 8~11년이 될 것이다 (Ikeda, 1985). 무투이사육실험은 남극의 겨울동안의 먹이 환경이 극히 나쁠 것이라는 가정으로 부터 여과해수(먹이가 없는 상태의 해수)를 이용하여 이루어졌다. Ikeda and Dixon (1982) 은 여과해수로 211일 동안이나 남극크릴새우를 살리는 데 성공하였다. 사육기간동안 탈피는 정기적으로 이루어졌으나 몸의 화학조성비율은 변하지 않았으며 오히려 탈피를 거듭할수록 체장이 줄어들었다고 보고하면서, 몸의 수축(body shrinkage) 이 남극크릴새우의 월동전략일 것이라고 추정했다. 만약 몸을 수축시켜서 에너지의 소비를 줄이는 것이 남극크릴새우의 월동전략이라면, 종래 체장조성의 해석에 의해서 추정된 수명은 현저한 과소평가일 수 있다. 이 점에서 Ikeda and Dixon (1982)의 연구는 중요한 의미를 갖지만, 실제 겨울 동안 남극크릴새우가 아무것도 먹지 않는다고는 생각하기 어렵다. Kawaguchi et al. (1986)은 겨울에 fast ice 밑에서 채집한 남극크릴새우의 위내용물을 분석하여 월동기간중에 해저의 detritus를 먹고 있다고 보고하였다. 또한, 다른 동물플랑크톤을 포식하거나 또는 공식(共食) 현상도 일어날 수 있다. 만약 겨울에도 먹이를 먹고 있다면 적어도 몸의 수축은 일어나지 않을 것이므로 몸의 수축을 가정하여 추정되어진 수명 (Ikeda et al., 1985 ; Ikeda, 1985)은 재검토되어야 할 것이다. 1년중 절반이 겨울이라는 남극의 환경을 감안한다면 월동전략에 관한 연구는 남극크릴새우의 완전한 생활사(life history)를 파악하는 데 있어서 없어서는 안될 부분인 것이다.

한편 Ikeda and Thomas (1987)는 6년 동안의 남극크릴새우의 실내사육에 성공하였음을 보고했다. 그리고 실험을 시작할 때 이미 1~2세였음을 감안하여 남극크릴새우의 수명은 적어도 7~8년은 될 것이라고 추정했다. 이들의 연구는 남극크릴새우의 장기사육의 길을 열었으며, 또한 종래 사육실험에 의한 수명추정이 주로 고성장기의 성장율과 성장정지 또는 몸의 수축을 가정하여 이루어진 데 반하여, 직접사육에 의하여 수명을 확인했다는 데에 그 의의가 크다 하겠다.

결 론

남극크릴새우의 연구 분야중 최근에 깊이 있게 다루어진 분야의 정보를 소개하였다. 남극크릴새우의 최대 매력은 막대한 자원량에 있다는 것은 두말할 필요가 없다. 하지만, 자원관리를 위하여 중요한 먹이연쇄와 수명에 대하여 아직 통일된 결론은 얻지 못한 실정이다. 이러한 점은 무엇보다 가혹한 남극의 겨울, 즉 자연환경 때문에 현장조사가 극히 제한되었다는 것이다. 현재 상설기지를 이용한 주년조사를 실시하고 있는 연구자들은 경쟁적으로 남극크릴새우의 겨울상태에 관한 연구를 진행시키고 있으며, 이들의 연구결과는 남극크릴새우의 생태를 이해하는 데에 크게 기여할 것으로 기대된다.

문 헌

Anderson, R. C. 1982. Isozyme variation in euphausiids. Ph. D. thesis, Univ. East Anglia, 184p.

Bargmann, H. E. 1945. The development and life-history of adolescent and adult krill, *Euphausia superba*. Discovery Rep. 14, 325~350.

Barkley, E. 1940. Nahrung und Filterapparat des Walkrebschens *Euphausia superba* Dana. Z. Fisch. 1, 65~156.

Bröckel, K. V. 1981. The importance of nanoplankton within the pelagic Antarctic ecosystem. Kieler Meeresforsch. 5, 61~67.

Cuzin-Roudy, J. 1987. Gonad history of the Antarctic krill *Euphausia superba* Dana during its breeding season. Polar Biol. 7, 237~244.

Ettershank, G. 1983. Age structure and cyclical annual size change in the Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana. Polar Biol. 2, 189~193.

Ettershank, G. 1985. Population age structure in male and juveniles of the Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana. Polar Biol. 4, 199~201.

Fevolden, S. E. 1986. Genetic variation of *Euphausia superba* Dana in the Antarctic Peninsula waters. Sarsia 71, 169~175.

Fevolden, S. E. and F. J. Ayala. 1981. Enzyme polymorphism in Antarctic krill (Euphausiacea) ; Genetic variation between populations and species. Sarsia 66, 167~181.

Fraser, F. C. 1936. On the development and distribution of the young stages of krill (*Euphausia superba*). Discovery Rep. 14, 3~192.

George, R. Y. and J.-O. Strömberg. 1985. Development of eggs of Antarctic krill *Euphausia superba* in relation to pressure. Polar Biol. 4, 125~133.

Hart, T. J. 1934. On the phytoplankton of the southwest Atlantic and the Bellingshausen Sea. Discovery Rep. 8, 1~268.

Ikeda, T. 1985. Life history of Antarctic krill *Euphausia superba* : a new look from an experimental approach. Bull. Mar. Sci. 17, 599~608.

Ikeda, T. and P. Dixon. 1982. Observations on moulting in Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Aust. J. Mar. Freshw. Res. 33, 71~76.

Ikeda, T., P. Dixon and J. Kirkwood. 1985. Laboratory observations of moulting, growth and maturation in Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Polar Biol. 4, 1~8.

Ikeda, T. and P. G. Thomas. 1987. Longevity of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) based on a laboratory experiment. Proc. NIPR Symp. Polar Biol. 1, 56~62.

Ivanov, B. G. 1970. On the biology of the Antarctic krill *Euphausia superba*. Mar. Biol. 7, 340~351.

Iwasaki, N. and T. Nemoto. 1987. Distribution and community structure of pelagic shrimps in the Southern Ocean between 150°E and 115°E. Polar Biol. 8, 121~128.

John, D. D. 1936. The southern species of the genus *Euphausia*. Discovery Rep. 14, 193~324.

Kawaguchi, K., S. Ishikawa and O. Matsuda. 1986. The overwintering strategy of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) under the coastal fast ice off the Ongul Islands in Lutzow-Holm Bay, Antarctica. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue. 44, 67~85.

Kikuno, T. and A. Kawamura. 1983. Observations of the ovarian eggs and spawning habits in *Euphausia superba* Dana. *In* : Nemoto, T. and T. Matsuda, eds., Proceedings of the BIOMASS colloquium in 1982. National Institute of Polar Research, Tokyo, 104~121.

Laws, R. M. 1985. The ecology of the Southern Ocean. Am. Sci. 73, 26~40.

Mackintosh, N. A. 1972. Life cycle of Antarctic krill in relation to ice and water conditions. Discovery Rep. 36, 1~94.

Marr, J. W. S. 1962. The natural history and geography of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Discovery Rep. 32, 33~464.

Mauchline, J. 1980. The biology of euphausiids. Adv. Mar. Biol. 18, 373~595.

Mauchline, J. and L. R. Fisher. 1969. The biology of euphausiids. Adv. Mar. Biol. 7, 1~454.

Nemoto, T. 1969. Food of baleen whales with reference to whale movements. Sci. Rep. Whales Res. Inst. Tokyo, 14, 149~290.

Nicol, S. 1987. Some limitations on the use of the lipofuscin aging technique. Mar. Biol. 93, 609~614.

Roe, H. S. J. 1984. The diel migrations and distribu-

tions within a mesopelagic community in the north-east Atlantic. 2. Vertical migrations and feeding of mysids and decapod crustaceans. Prog. Oceanogr. 13, 269~318.

Rosenberg, A. A., J. R. Beddington and M. Basson. 1986. Growth and longevity of krill during the first decade of pelagic whaling. Nature, Lond. 324, 152~154.

Ross, R. M. and L. B. Quetin. 1983. Spawning frequency and fecundity of the Antarctic krill *Euphausia superba*. Mar. Biol. 77, 201~205.

Ross, R. M., L. B. Quetin and E. Kirsch. 1988. Effect of temperature on developmental times and survival of early larval stages of *Euphausia superba* Dana. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 121, 55~71.

Ruud, J. T. 1932. On the biology of southern Euphausiidae. Hvalrad. Skr. 2, 1~105.

Schneppenheim, R. and C. M. MacDonald. 1984. Genetic variation and population structure of krill (*Euphausia superba*) in the Atlantic sector of Antarctic waters and off the Antarctic Peninsula. Polar Biol. 3, 19~28.

Siegel, V. 1987. Age and growth of Antarctic Euphausiacea (Crustacea) under natural conditions. Mar. Biol. 96, 483~495.

Suh, H.-L. and T. Nemoto. 1987. Comparative morphology of filtering structure of five species of *Euphausia* (Euphausiacea, Crustacea) from the Antarctic Ocean. Proc. NIPR Symp. Polar Biol. 1, 72~83.

Suh, H.-L. and T. Nemoto. 1988. Morphology of the gastric mill in ten species of euphausiids. Mar. Biol. 97, 79~85.

Tanoue, E. and S. Hara. 1986. Ecological implications of fecal pellets produced by the Antarctic krill *Euphausia superba* in the Antarctic Ocean. Mar. Biol. 91, 359~369.

國立水産振興院. 1979. 南極새우漁獲試驗調査報告書. 137p.

國立水産振興院. 1982. 南永洋새우漁場試驗調査報告書. 146p.

洪性潤. 1977. Krill의 생태. 南大洋의 크릴 (krill). 韓國水産學會·韓國漁業技術學會. 14~21.

1988년 9월 22일 접수
1988년 11월 9일 수리