

Ⅲ. Krill의 生態

洪 性 潤
〈釜山水産大學 專任講師〉

Krill은 南大洋에 분포하는, 유포지아목(Order Euphausiacea)에 속하는, *Euphausia superba* Dana의 일반적인 명칭이다, 南大洋의 먹이사슬 및 해양생태학 營養構造에 있어서 매우 중요한 위치를 차지하고 있어 고래, 물개 및 다른 동물들의 주요한 먹이가 되고 있기 때문에 포경업자들은 물론 해양생태학도들의 매우 큰 관심의 대상이 되어 왔다.

지난 십년간에 걸쳐 Krill을 인간의 먹이로 개발해 보려는 시도가 여러점으로 검토 시행되었으며 本誌도 지움이 의도하는 점 역시 그러한 시도의 일환이다.

Krill을 식량자원으로서 개발하기 위하여 종합적으로 검토함이 매우 필수적인 일이며 그 중에서도 Krill의 생태학적인 고찰은 매우 중요하며 또한 흥미로운 것이다.

본 연구는 Order Euphausiacea의 일반 생물학적인 문제와 南大洋의 생태에 있어서 Krill의 중요성등을 기초로하여 Krill의 생태학적인 고찰을 하려한다.

1. Order Euphausiacea (유포지아목)의 分類 및 형태

유포지드(euphauscid)라고 총칭되는 유포지아목의 생물들은 甲殼類의 가장 큰 무리인 軟甲甲殼類(Class Malacostraca)의 한 목(Order)이다. 유포지아목은 우리가 잘 알고 있는 새우나 게가 속하는 十脚類目(Order Decapoda)과 더불어 새우류(Superorder Eucarida)로 불리우기도 하나 유포지드는 새우와는 쉽게 구별 되어 진다.

Calman(1909)의 기술에 따르면 유포지아목은 다음과 같이 정의 된다. 원시적인 Caridoid facies (새우의 전형적인 형태 모형)을 가지고 있는 새우류(Superorder Eucarida)로써 두번째 작은턱(maxilla)의 外肢는 작다. 胸肢는 하나도 턱발(maxilliped)로 변조되어 있지 않다. 아가미는 한결이며 胸肢의 바닥마디(coxopodite)에 나 있다. 알은 nauplius 幼生으로 부화한다.

일반적 형태는 작은 새우의 모양이다(그림 1). 頭胸甲(carapace)은 모두 胸節에 고착되어 있다. 흉지는 모두 外肢를 가진다. 흉지의 內肢는 집게발(chela)를 이루는 種들도 있다. 흉지의 기부에는 아가미가 있다. 뒷쪽의 흉지는 한쌍 혹은 두쌍이 퇴화되거나 흔적적으로 남아 있다. 그러나 이러한 경우에도 아가미들은 그대로 남아 있다. 아가미들은 두흉갑에 의하여 덮혀 있지 않고, 노출되어 육안으로도 보인다. 腹節과 腹肢(pleopod)들은 잘 발달되어 있으며 수컷의 경우 첫

目 次

1. Order Euphausiacea의 분류 및 형태
2. 南大洋의 生態界
3. 南大洋의 생태적인 영양구조와 Krill의 중요성
4. Krill의 분포
5. Krill의 성장 및 생활사
6. Krill의 자원량
7. 文獻

체와 둘째 腹肢는 교점기(petasma)로 변형되어 있으며 특히 교점기의 内肢의 변형된 구조와 형태는 매種마다 특징적이어서 중요한 분류학적 특징이 된다. 尾節(telson)은 끝부위에 움직여지는 가시가 두개있다. *Bentheupansia*를 제외한 모든 종의 유포지드들은 發光器(photopore)를 갖고 있는데 둘째와 일곱째 흉지의 기부에서 각각 한쌍씩, 두눈자루 위에 한쌍씩, 그리고 앞쪽 4개의 복절의 양 腹肢사이에 각각 4개의 발광기가 있다. 이 발광기의 수는 종에 따라 다르다.

교점시에 수컷은 교점기(petasma)로 정낭(spermatophore)을 암컷의 흉지에 있는 thelycum에 부착시킨다. 알은 대부분의 경우 해수중에 방란된다. 그러나 알을 양쪽 흉지들 사이에 점질물을 막으로 싸서 보호하는중(*Nyctiphanes*, *Meganyctiphanes Pseudeuphausia*)들도 있다. 알은 nauplius 유생으로 부화하며, 형태적인 특징이 각각 뚜렷한 Metanauplius, Calyptopi⁸ 및 Furcilia 幼生の 단계를 거쳐 Juvenile로 변태반생한다.

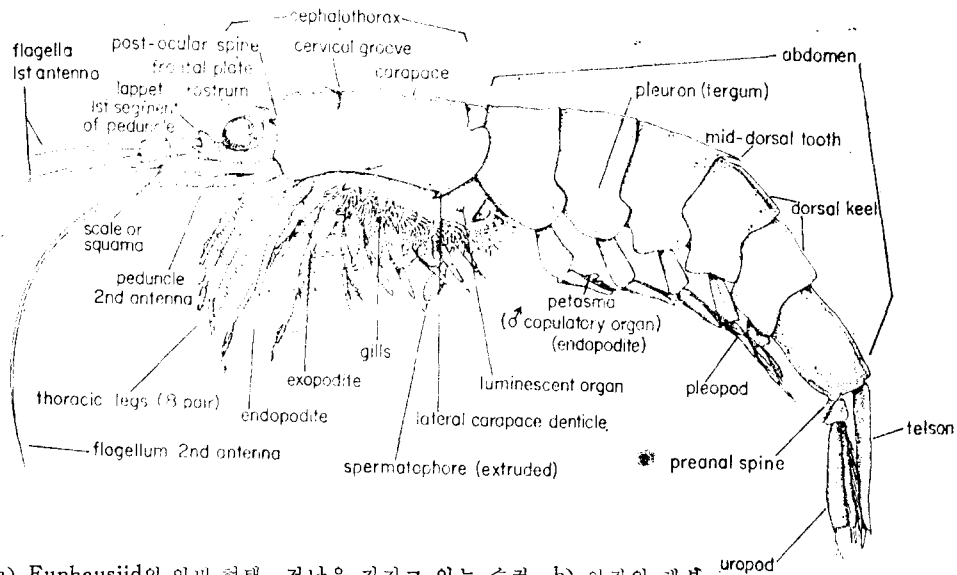


그림 1. a) Euphausiid의 일반 형태, 정낭을 가지고 있는 수컷. b) 암컷의 해부도(수컷의 정낭을 달고 있다. c) 尾節 및 尾肢(uropod), furcilia 幼生과 成体の 것들(둘다 *Thyssonopoda egregia*의 것임(Brinton, 1975).

유포지드는 세계적으로 현재 약 90종이 기재되어 있으며, 우리나라 근해에는 *Euphausia pacifica*와 *E. nana*가 가장 많이 분포한다 (Komaki and Matsue, 1958; Brinton, 1962 a, b; Hong, 1969). 이들은 각종 해양 동물의 먹이로서 중요하며 수직회류현상(Diurnal vertical migration), DSL 및 찬란한 발광현상 등으로 해양생물학적 흥미를 많이 끌어난 부유생물이다 (Rudd, 1932; Nemoto, 1959, Brinton, 1967; Boden and Kampa, 1967).

2. 南大洋의 生態界

남대양은 매우 특성이 있는 바다이며, 그곳에 적응한 해양생물 군집의 생태는 매우 흥미롭다. 일반적으로 볼 때 무기적인 환경이 그 연화가 거의 없이 매우 안정되어 있다(Currie, 1964). 특히 남대양 특유의 해양순환의 결과로 인하여 수직적인 혼합이 잘 되므로 인

산염, 질산염, 규산염, 등이 풍부하며 (El-Sayed, 1950) 용존산소량의 경우 언제나 95% 이상의 포화도를 보이고 있다. 수온의 변화도 매우 적어서 남대양 저층수 경우 $-1 \sim 1.9^{\circ}\text{C}$ 이며 표층수의 경우 $6 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 의 수온 분포를 보인다. 염분 농도의 변화도 매우 적어서 단지 1%정도이다. 이곳 생태계 기초 생산에 관여되는 가장 큰 제한 요일의 하나는 태양 에너지이다. 그러므로 기초생산의 대부분은 1~3월에 걸친 약 3개월 동안에 일어나며 그 생산력은 매우 높다 (El-Sayed, 1966 a, b, 1968, 1970).

이러한 풍부한 기초생산을 토대로 하여 막대한 제생산이 일어나고 있으며, 생물 군집의 특성으로는 종의 수는 작으나 개체의 수는 많고 또한 turnover rate는 작기 때문에 life span이 길며 개체의 몸체들이 일반적으로 크다. 어류중 90% 이상이 Nototheridae (ice fish類)科的 종들로서 종의 수가 단순하며 이 고

기들은 또 20~70kg의 무거운 체중을 가지고 있다. 그리고 체중이 약 100ton에 달하는 거대한 대왕고래 (*Balaenoptera musculus*)가 남대양에 살고 있는 것도 남대양의 해양 생태학적인 특징으로 보아 우연한 것은 아니다.

남대양 해안 생물상은 매우 빈약한데 이것은 주로 結氷(pack ice)으로 인하여 태양광선의 흡수가 좋지 않으며 寒波나 얼음의 물리적인 충돌 및 파찰에 의하여 부착 해조의 번식과 해안 동물의 서식이 곤란하기 때문이다. 대부분의 저서 생물상은 풍부한데 (Belyaev, 1958; Ushakov, 1962) 특히 海綿의 군집은 매우 번무하여 세계의 어느 바다 보다도 해면의 군집이 가장 번성할 곳이라고 생각될 정도이다.

鳥類는 약 30種가량 되는데 그중 약 15종가량이 남극대륙에서 새끼를 낳고 있다. 이들의 종의 수는 많지 않으나 각 종들은 그 무리들이 매우 커서 개체수는 엄청나게 많다. 또한 바다 표범, 물개 및 고래 등의 해수류들이 많이 살고 있다.

3. 南大洋의 생태적인 영양구조와

Krill의 중요성

남대양의 막대한 기초생산을 하고 있는 식물플랑크톤들은 크기가 주로 40 μ 이하 大綱의 *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Rhizosolenia*와 같은 珪藻들이 가장 많다.

남대양의 일차 생산량 추정치에는 많은 차이들이 있으며 종합적인 면에서 제검토 되어야 될 문제이다. 추정치들을 보면, 0.2~0.5gC/m²/day (Anderson and Banse, 1961), 100gC/m²/year (Ryther, 1963), 43gC/m²/year (Currie, 1964), 1gC/m²/day (Strickland, 1965)와 같으며 이 값들은 주로 생산이 일어나는 100일간을 기준으로 한 것이다. 전세계 해양 면적의 약 20%를 차지 하고 있는 이 넓은 남대양에 있어서 이러한 값의 차이는 놀랄것은 안되지만 물리학적 성상이 비교적 균일한 이 남대양의 수역에 있어서 기초생산의 지역적인 차이가 너무도 현저함을 알 수가 있다. 가장 높은 생산은 Scotia Sea, Weddel Sea의 남서부 Antarctic Peninsula의 서쪽 특히 Gerlache Strait에서 나타나며 Weddel Sea의 경우는 거의 생산이 없을 정도이다 (Burkholder and Sieburth, 1961; Mandelli and Burkholder, 1966; El-Sayed, 1966 a, b). 이러한 값들에서 볼 때 약 100일간에 걸친 여름철 동안의 기초 생산은 하루 1—

3gC/m²/day 정도이며 년평균 43—100gC/m²/year의 범위의 량이다. 이 값은 세계 전해양의 평균 기초생산은 약 0.15gC/m²/day인데 비하여 남대양의 평균치는 약 0.89gC/m²/day로써 단위 면적당 약 6배에 해당하는 높은 생산을 하고 있는 셈이다. 이러한 단위 면적당 생산을 기초로하여 남대양의 총기초생산량을 추산해 볼 수 있는데 Antarctic Convergence以南 해역의 면적을 1.78×10⁷km² (1.18—2.38×10⁷km²)로 잡으면 (Mackintosh and Brown, 1956)이 해역의 총기초생산량은 3.03×10⁹ton/year (El-Sayed, 1971) 혹은 330×10⁹ton/year (El-Sayed, 1968 a)로 추산된다. 이 생산량을 전 해양의 총기초생산을 15×10⁹ton/year로 볼 때 약 20%에 해당되는 생산량이다.

이러한 막대한 량의 기초생산을 소비하는 것들은 주로 copepods, chaetognaths와 euphausiids들과 같은 동물 플랑크톤들이다 (Mackintosh, 1934, 1937; Hardy and Gunther, 1935; Voronina, 1966; Hopkins, 1970). 이들 중에서 가장 우점적인 草食者가 euphausiids들이다.

동물 플랑크톤은 종류들에 따라서 수직 및 수평적인 분포들이 각기 다르지만 1,000m보다 낮은 水層에 분포하는 모든 동물 플랑크톤들은 봄과 가을에 걸쳐 (11월—4월)그들 생체량의 반 이상이 250m위의 표층에 밀집해 있다. 그러나 겨울철인 5월부터 11월 간에는 이들의 대부분이 1,000m이하의 수층에 분포한다 (Hopkins, 1970).

동물 플랑크톤의 생산에 관한 자료들은 불충분하지만, 년생산은 약 10g/m²라고 추산된다 (Foxton, 1956, Hopkins, 1966, 1970). 이 생산량을 남대양의 총 면적의 경우에서 생각해 보면 약 0.178×10⁹ton이 되며 실제로는 이보다는 훨씬 많으리라고 예상된다 (El-Sayed, 1971).

4. Krill의 분포

남대양의 생태학적 영양구조의 가장 우점적인 草食者인 euphausiids는 남대양의 물덩이 (water mass) (Suerdrup *et al.*, 1942; Deacon, 1964)의 중요한 指標가 된다 (Gohn, 1936). Subantarctic zone에는 주로 *Euphausia valentini*, *E. longirostris*, *E. lucens*, *E. imilis*들이 분포하며, Antarctic convergence以南의 Antarctic zone에는 *E. triacantha*, *E. frigida*, *E. superba*, *E. crystallorophias*들이 분포한다. Antarctic zone에 분포하는 종들 중에서 특히 *E. superba*와 *E. crystallorophias*의 두종은 流水(Pack-ice)의 분포하

는 지역에 밀집되어 분포한다(Rudd, 1932; John, 1936)(그림 2). 그들 중에서 Krill이라 불리는 *E. superba*는 양적으로 가장 많고 고래, 물개, 뱀목 등의 중요한 먹이가 되며 이들 척추동물들의 분포와 밀접한 관계를 보여주고 있다. 특히 포경어장과 krill의 분포는 거의 일치하고 있다(Hardy and Gunther, 1935; Nemoto, 1959, 1968).

Krill은 일반적으로 West Wind Drift의 수렴대 지역과 Weddell Sea의 수렴지역과 같이 渦流가 생기는 곳, 해저의 지형적 특성에 의하여 표면해류가 교란되는 곳 등에 밀집되어 분포한다 (Avilov *et al.*, 1969; Bogdonov *et al.*, 1969; Sasaki *et al.*, 1968). 특히 South Georgia의 동북지역에 밀집하여 분포한다고

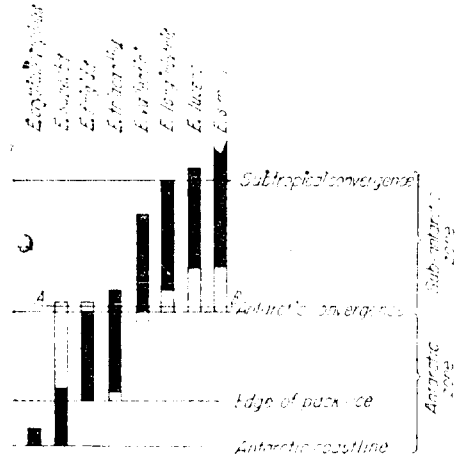


그림. 2. 남대양의 물덩이의 분포와 연관된 *Euphausia* 종류들의 분포. 흑색부분: 흔히 분포하는 범위, 백색부분: 분포가 가능한 범위 (John, 1936).

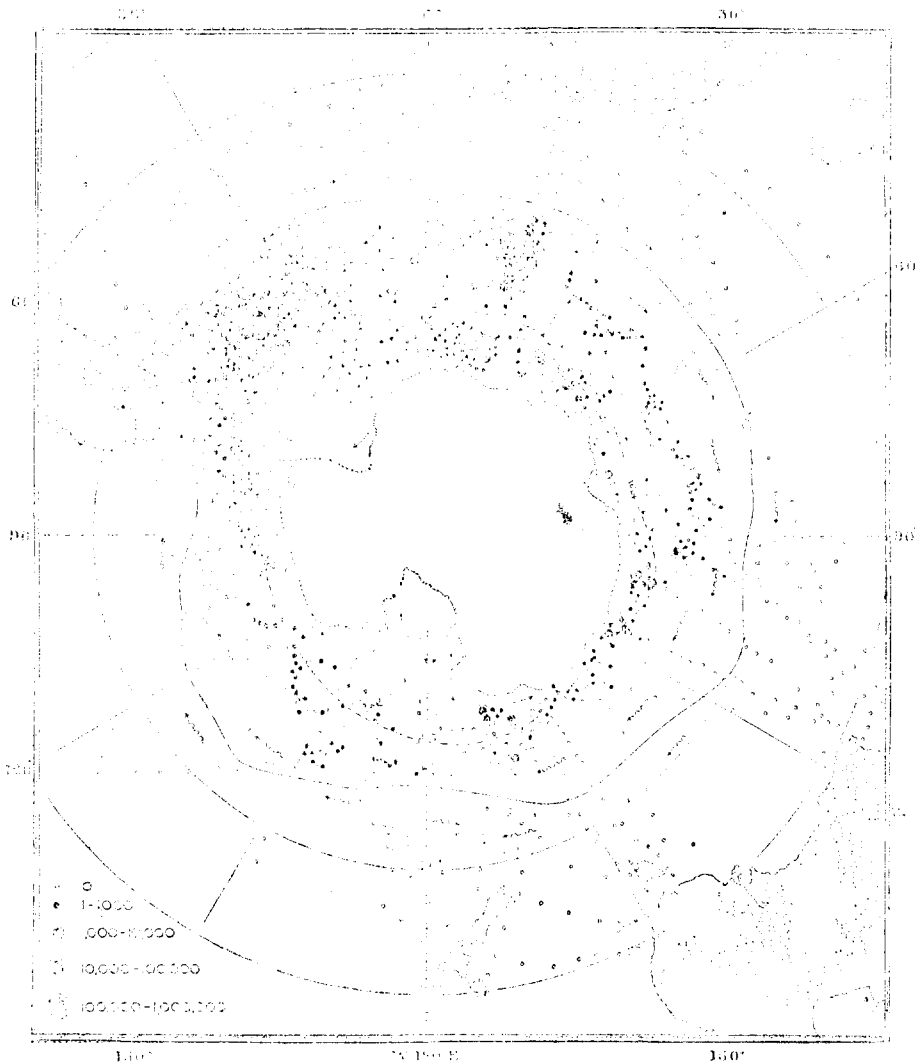


그림. 3. 南大양의 *Euphausia superba*의 분포도 (Marr, 1962).

알려지고 있다 (Marr, 1962). Krill의 분포는 또한 East Wind 나 Weddell Drifts의 냉수괴와 밀접한 관계를 가지고 있다고 알려져 있고, South Georgia 동북지역의 분포도 Weddell Drift의 지류가 이곳까지 영향을 미치고 있음을 알 수 있다(그림 3).

Marr(1962)에 의하면 Krill이 분포하는 수역의 수온 범위를 $-1.89 \sim 3.90^{\circ}\text{C}$ 로 보고하고 있으며 3.50°C 이상의 수역에는 거의 없다고 한다. 그러나 Ivanov(1970)에 의하면 2월에서 4월 초순까지 표면에 밀집한 Krill의 Patch는 3.5°C 이상 수온의 수역에서도 채집되었다고 하며 South Georgia 연안의 북서쪽 근해에서는 표층 수온이 4.0°C 되는 곳의 $30 \sim 40\text{m}$ 수심에서도, 또한 표층 수온이 4.6°C 되는 곳의 50m 수심의 수온이 3.94°C 되는 곳에서도 아주 밀집된 분포의 기록이 있다.

Krill은 밀집된 분포를 하는 곳에서는 두께가 약 $1 \sim 2\text{m}$ 그 깊이가 수 10m 내지 100m 정도에 달하는 밀집된 Patch를 형성하는 장관을 이룬다(Marr, 1962). 이러한 표층의 밀집된 群은 $10 \sim 16\text{Kg}/\text{m}^3$ 정도의 밀도를 보이기도 한다.

5. Krill의 성장 및 생활사

Krill의 생활사는 명확하지는 않으나 3년에 成체가 된다는 것이 초기 연구자들의 보고인바, Rudd(1932), Bargman(1945), Nemato(1959), Marr(1962) 등의 연구에 의하면 대부분의 Krill은 3년만에 성숙하여 산란하게 되고 4년째에는 죽게 된다고 알려져 왔다. 그러나 이들은 대부분이 어린 개체들의 체장조성 및 그들의 연령 추정에 무리가 있었다고도 생각되어 진다. 이점을 고려하여 Ivanov(1970)은 채집된 모든 개체들의 체장조성을 분석한 결과 Krill은 4년에 성체가 된다고 보고하고 있다. 그에 의하면 체장이 22mm 이하의 1년생, $31 \sim 36\text{mm}$ (주로 $30 \sim 33\text{mm}$) 크기의 2년생, $36 \sim 45\text{mm}$ (주로 $39 \sim 42\text{mm}$) 크기의 3년생, $45 \sim 54\text{mm}$ (주로 $48 \sim 51\text{mm}$) 크기의 4년생들과 또 이보다 큰 어떤 개체들은 5년째가 되면 $57 \sim 60\text{mm}$ 의 크기가 되는 것들도 있다고 한다. 이러한 문제는 연령군의 구성 및 산란하는 횟수 등에 관하여 좀더 면밀한 검토가 필요하다.

산란횟수 및 주 산란장에 관한 보고들에 의하면 일반적으로 3년생의 것들이 산란을 하는데, Marr(1962)에 의하면 Krill은 주로 남극의 연안, Bransfield Strait와 Weddell Drift의 서쪽 해역에서 주로 산란한다고 한다. 아직 발표되지 않은 소련 과학자들의 보고에 의하면 연안에서 보다는 外洋에서 산란한다는 보

고도 있다.

성숙한 암컷은 약 $1,000 \sim 3,000$ 개의 알을 방란한다고 알려져 있고 수산란기는 식물 플랑크톤 생산이 가장 많은 11월에서 2월에 걸친 약 4개월 간이다. Marr(1962) 및 Bargman(1945) 등의 보고에 의하면 Krill의 생활사는 남대양의 해수 순환에 적응하여 계절적인 수직해류현상을 보여 주고 있다. 11월에서 2월에 걸친 여름철 주로 연안에서 산란 되어진 알들은 남대양 저층수 (Antarctic Bottom Water)에 의하여 서서히 $1,000 \sim 2,000\text{m}$ 깊이의 수층으로 가라 앉으며 자연적으로 표층수의 이동과 더불어 북동쪽으로 이동한다. 이러한 北進과 더불어 알은 부화를 거쳐 Calyptopis, Furcilia 등의 유생으로 발생한다. 이들은 남위 $50 \sim 60^{\circ}\text{S}$ 부근의 Antarctic convergence 해역에 이르러 되면 $2,000 \sim 3,000\text{m}$ 수층에서 남극대륙 쪽으로 南進하는 남대양심층수(Antarctic deep water)에 의하여 되돌아 남극대륙의 연안으로 돌아오게 된다. 이때에 幼生들은 日周수직회류 (Diurnal vertical migration)를 하는 습성이 있어 주야로 서로 방향이 다른 표층수와 심층수의 이동에 의하여 수평적인 분포가 고정되어 있을 것도 같으나, 발생이 진행됨에 따라서 후기의 유생들은 초기의 유생들 보다는 심층수에 머무르는 습성이 많으므로 인하여 결국은 Juvenile이 가까워짐에 따라 연안으로 돌아오게 된다. 이러한 결과로 인하여 11~4월에 산란된 무리들의 Juvenile들이 9~10월경에 남대양 연안의 표층수로 돌아오게 되어 11~4월의 여름철에 많은 먹이를 먹으며 성장하게 되는 일생을 보낸다고 알려져 있으며 이러한 Krill의 생활사는 이들을 먹이로 취하는 고래나 펭귄 등의 이동을 수반하는 흥미있는 생태학적인 대이동의 원동력이 된다.

이러한 생활사의 연구는 아직도 보완되어야 할 점이 너무나 많고, 이에 따라서 많은 생태학적인 연구가 필요하다.

6. Krill의 자원량

Krill의 자원량을 추정하는 것은 남대양의 생태학적 영양구조의 역할을 이해 하는데 매우 중요한 일이다. Euphausia superba를 Krill이라고 부르기 시작한 포경업자들은 Krill의 분포와 고래의 분포에 관하여 매우 큰 관심을 갖고 있었으며, 주로 고래자원 및 포경어획량으로부터 Krill의 생태 및 자원량을 추정하려는 시도를 많이 해왔다 (Rudd, 1932; Mackintosh and Brown, 1956; Nemoto, 1959, 1968). 이러한 방법

은 이용자원의 관점에서 볼 때 매우 다양성 있고 생태학적으로도 가능한 방법의 하나이다.

Krill의 가장 우세한 포식자인 수염고래들의 경우 Mackintosh and Brown(1956)의 보고에 의하면 1950년대의 포경어획량으로 미루어 보아 약 34萬尾의 고래 자원이 있었다고 가정할 때 고래 한마리의 평균 중량을 약 53ton으로 잡으면 남대양의 전 고래의 생체량(biomass)은 180만ton이 된다(El-Sayed, 1951). 그런데 일반적으로 50ton이상의 체중을 가진 고래는 하루에 2~3ton의 Krill을 먹는다고 추산되며(Mackintosh and Brown, 1956; Nemoto, 1959, 1968), 1910년 당시의 남대양의 고래자원을 약 50萬尾 정도로 추산할 때 고래들이 Krill을 먹는 6개월간의 Krill의 총 포식량은 2.7억ton이라고 추산되며, 실제의 양은 이것의 수배에 달하리라고 생각된다.

수염고래뿐만 아니라 물개나 鳥類들에 의하여 포식

되는 Krill의 양도 상당하리라 예상된다(Holdgate, 1976). 이러한 포식자들의 생체량의 추산에도 많은 무리각 있고 더구나 아직도 잘 알려지지 않은 남대양 생태계의 영양적인 역할, 대사율 및 영양단계에 따른 생태학적 효율등의 문제로 인하여 Krill은 물론 다른 초식자 및 포식자의 자원량 추정은 어려운 일이다. 그러나 여러가지 관점에서 추정된 다음과 같은 결과들이 있다(표. 1). 이들의 추정량에 관해서는 구구한 논란이 많겠지만 비교해 볼만한 가치가 있다. 표 1에서 볼 때 이용가능한 어획량이라 함은 지속적인 어획 생산을 고려한 가능한 범위의 최소치를 택한것이고 대부분 1~2억ton의 범위임을 알 수 있고, 이에 의하면 Krill의 실제 자원량은 수 10배에 달하리라 예상된다 또한 이 자원량을 다당한 숫자로 보아야 할지는 의문이지만 Krill을 먹는 포식자들의 생산량으로 보아 더 무니 없는 숫자는 아니다.

〈표. 1〉 Krill 자원의 추정량, 1년단위, 1억톤(FAO, 1974)

	고래의 소비량	물개의 소비량	총소비량	총생산량	지속적인 어획생산량
Moiseev(1970)	1.5	—	—	—	—
Gulland(1971)	—	—	—	5	2
Omura(1973)	—	—	—	—	1-2
Lyubimoua et al. (19773)	—	—	—	0.8-5	1-2
Lagunov et al. (1973)	—	—	—	—	≥1
Oritsland(1974)	—	0.45-2.80	—	—	—
FAO(1974)	—	—	2.5-3.0	—	—

런제 세계의 총 어획고를 0.7억ton으로 볼 때 이에 비하면 추산된 Krill의 자원량이 얼마나 큰것인가를 비교할 수 있다.

위의 같이 Krill에 관련된 많은 생태학적인 사실들이 알려져 있으나 이러한 각각의 생태학적인 기구들이 어떻게 작용하는지에 관하여는 잘 알려져 있지 않고 대체로써 각 영양단계에 있는 생물들의 生体量, 대사율 및 생태학적 전환율(turnover rate), 생활사, 생리, 주요生物群의 力學的인 변동등에 관하여 많은 연구가 필요하며, 이러한 남대양 생태계의 종합적인 이해와 아울러 Krill의 생태 및 그 자원의 이용에 관한 이해와 기술들이 발전하리라 생각한다.

7. 文 獻

Avilov, I. K., A. A. Elizarov, I. P. Kanaeva and G. W. Lavrov(1969): On the exp-

- erimental fishing for krill in the Scotia. (Russ.). Trudy vses. nauchnoissled. Inst. morsk. ryb. Khoz. okeanogr., 66, 246-248.
- Bargmann, H. E. (1945): The development and life history of adolescent and adult krill, *Euphausia superba*. Discovery Rep., 23, 103-178.
- Belyaev, G. M. (1958): Some patterns in the quantitative distribution of the bottom fauna in the Antarctic. Soviet Antarctic Inform. Bull., 1, 119-121.
- Boden, B. P. and E. M. Kampa(1967): The influence of natural light on the vertical migrations of and animal community in the Symp. Zool. Soc. Lond on. 19, 15-26.
- Bogdanov, M. A., E. V. Solyankin, V. V. Khvatskiy and S. G. Oradoysky (1969): On

- frontal zone in the Scotia Sea. (Russ., Engl. Summary). *Okeanologia*, 9, (6), 966-974.
- Brinton, E. (1962 a) : Two new species of Euphausiacea, *Euphausia nana* and *Stylochiron robustum* from the Pacific. *Crustaceana*, 4(3), 167-179.
- _____ (1962 b) : The distribution of Pacific euphausiids. *Bull Scripps Inst. Oceanogr. Univ. Calif.*, 8(2), 52-270.
- _____ (1967) : Vertical migration and avoidance capability of euphausiids in the California Current. *Limnol. Oceanogr.*, 12, 451-483.
- _____ (1975) : Euphausiids of Southeast Asian waters. *NAGA Rep*, 4(5), 1-128.
- Burkholder, P. R., and E. F. Mandelli (1965) Productivity of microalgae in Antarctic sea ice. *Science*, 149(3686), 872-874.
- Burkholder, P. R. and Sieburth (1961) : Phytoplankton and chlorophyll in the Gelache and Bransfield Straits of Antarctica. *Limnol. Oceanogr.*, 6, 45-52.
- Calman, W. T. (1909) : Crustacea. *In Treatise on Zoology*. Ed. E. R. Lankester Vol. 8. A. & C. Black, London.
- Currie, R. T. (1964) : Environmental features in the ecology of Antarctic seas. *In Biologie Antarctique*. Ed. R. Carrick, M. W. Holdgate and J. Prevost, p. 81-86. Herman, Paris.
- Deacon, G. E. R. (1964) : Antarctic oceanography: The physical environment. *ibid*, p. 81-86.
- El-Sayed, S. Z. (1966 a) : Phytoplankton production in Antarctic and Sub-antarctic waters (Atlantic and Pacific sectors). Paper presented at the Second International Oceanographic Congress, Moscow, 30 May-9 June, 1966.
- _____ (1966 b) : Prospects of primary productivity studies in Antarctic waters. *Symposium on Antarctic Oceanography*, 1966, 227-239.
- _____ (1968 a) : On the productivity of the southwest Atlantic Ocean and the waters west of the Antarctic Peninsula. *In Antarctic Research Series*, 11, *Biology of the Antarctic Seas*, III, Ed. G. A. Llano and W. L. Schmitt, p. 15-47. Am. Geophys. Union, Washington, D. C.
- _____ (1968 b) : Productivity of Antarctic and Subantarctic waters. *In Antarctic Map Folio Series*, Folio 10, Ed. V. Bushnell, pp. 1-6. Am. Geograph. Soc, New York.
- _____ (1970) : On the productivity of the Southern Ocean. *In Antarctic Ecology*, Ed. M. W. Holdgate, vol. I, p. 119-135. Academic Press, London and New York.
- _____ (1971) : Dynamics of trophic relations in the Southern Ocean. *Research in the Antarctic*, 1971. 73-91.
- FAO (1974) : Information consultation on Antarctic Krill. *FAO Fish. Rep.*, 153, 1-9.
- Foxton, P. (1956) : The standing crop of zooplankton in the Southern Ocean. *Discovery Rep.*, 28, 193-235.
- John, D. D. (1936) : The Southern species of the genus *Euphausia*. *ibid*, 14, 193-324.
- Hardy, A. C. and E. R. Gunther (1935) : The plankton of the South Georgia whaling grounds and adjacent waters, 1926-1927. *ibid*, 2, 1-455.
- Holdgate, M. W. (1967) : The Antarctic ecosystem. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, Series B,
- Hong, S. Y. (1969) : The Euphausiid crustaceans of Korean waters. *In the Kuroshio (A symposium on the Japan Current)* Ed. J. C. Marr 1969, Univ. Hawaii Press, 661 pp, 291-300.
- Hopkins, T. L. (1966) : Zooplankton standing crop in the Atlantic sector of the Antarctic Ocean. *In Second International Oceanographic Congress Abstract*, Ed. A. P. Vigradov, 1-160. Nauka, Moscow.
- _____ (1970) : Zooplankton standing crop in the Pacific sector of the Antarctic. *In Antarctic Research series* 16, *Biology of the Antarctic Seas*, IV, Ed, G. A. Llano. and W. L. Schmitt

- itt, Am. Geophys. Union, Washington, D. C.
- Ivanov, B. G. (1970): On the biology of the Antarctic krill, *Euphausia superba*. Mar. Biol, 7, 340-351.
- Komaki, Y. and Y. Matsue (1958) Ecological studies on the Japan Sea. Rep. Surv. War. Tsushima Curr. Reg., 2, 146-162.
- Mackintosh, N. A. (1934): Distribution of the macroplankton in the Atlantic sector of the Antarctic. Discovery Rep., 9, 67-158.
- _____ and S. G. Brown (1956): Preliminary estimates of the southern populations of the larger baleen whales. Norsk Hvalfangstiid, 5, 469-480.
- Mandelli, E. F. and P. R. Burkholder (1966): Primary productivity in the Gerlache and Bransfield Strait of Antarctica. J. Mar. Res, 24, 15-27.
- Marr, J. W. S. (1962): The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Discovery Rep., 32, 33-464.
- Moiseev, P. A. (1968): Some aspects of commercial utilization of the Antarctic *Euphausia* resources. Abstract of symposium on Antarctic Ecology, 29 July-2 August, 1968. Cambridge, England.
- Nemoto, T. (1959): Food of baleen whales with reference to whale movement. Rep. Whale Res. Inst., Tokyo 14, 149-290.
- _____ (1968): Feeding of baleen whales and krill, and the value of krill as a marine resource in the Antarctic. In S. C. A. R. Symposium on Antarctic Oceanography, Santiago Chile, 13-16 September 1969, pp 240-253. Cambridge. Scott Polar Research Institute 1968.
- Ruud, J. T. (1932): On the biology of Southern Euphausiidae. Hvalrad. Skr. 2, 1-105.
- Ryther, J. H. (1963): Geographic variations in productivity. In The Sea, Ed. M. N. Hill, 2, p. 347-380. John Wiley & Sons, New York.
- Sasaki, Y., K. Inoue and K. Matsuike (1968): Distribution of *Euphausia superba* in the Antarctic Ocean from view points of the fishing operation. J. Tokyo Univ. Fish., 9(2), 129-134.
- Strickland J. D. H. (1965): Production of organic matter in the primary stages of the marine food chain. In Chemical Oceanography I. Ed. J. P. Riley and G. Skirrow, P. 477-610. Academic Press, New York.
- Sverdrup, H. U., M. W. Johnson and R. H. Fleming (1942): The Oceans: their physics, chemistry, and general biology. Prentice-Hall, New York, 1087 pp.