

남극해 어류자원의 현황 및 생물학적 특징

김수암
해양연구소 극지연구실

Status of Antarctic fisheries and some biological characteristics of fishes

Suam Kim
Polar Research Lab., KORDI

요약 : 남극해에 서식하는 어류는 지금까지 약 200 여 종이 보고되었고, 그 중 남극대구류 (Antarctic cods *Nototheniidae*)와 남극빙어류 (Icefishes: *Channichthyidae*)는 이미 1960 년대 부터 상업적으로 포획되어 왔다. 1970/71 년에는 약 40만톤 가량의 남극대구가 어획되었으나, 몇몇 국가의 무분별한 남획으로 자원이 고갈되어, 최근 남극해의 총 어획량은 매년 10 만톤 정도에 불과하다. 한랭 환경에 노출되어 있는 남극의 어류들은 수명이 길고, 성장율이 낮으며 또한 성숙 연령이 늦기 때문에 한 번 남획되면 본래의 상태로 회복되기에는 긴 시간이 요구되는 것으로 판단된다. 남극해에 서식하는 어류는 에너지를 절약할 수 있는 방향으로 적응되어 왔다. 천해의 남극대구류는 영하 2°C 정도의 수온에서도 얼지 않고 생존하는데, 이는 체내에 부동액을 함유하고 있어 체내에서 얼음의 생성 및 확산이 일어나지 않기 때문이다. 또한 신장을 통한 부동물질의 배출이 억제되기에 에너지의 큰 소모없이 몸의 결빙을 막을 수 있다. 한편, 남극 빙어류의 경우에는 혈액내에 적혈구와 헤모글로빈을 갖고 있지 않으며, 산소운반을 오직 혈장에 녹는 용존산소량에 전적으로 의존한다. 헤모글로빈의 결핍은 산소의 체내 운반능력을 저하시키지만, 대신 혈액의 점성도를 낮게 해주어 적은 에너지로 혈액을 온 몸에 유통시킨다. 더우기 남극빙어류는 다른 어종에 비하여 혈액이 많고 커다란 심장과 굵은 혈관을 갖고 있어 혈액순환이 용이하고, 이는 산소가 풍부한 남극해에 적합하게 적응한 결과라고 볼 수 있다.

주요어 : 남극해, 남극대구, 남극빙어, 체내 부동액, 헤모글로빈의 결핍

Abstract . Commercial Antarctic fisheries began in the late 1960' s in the Atlantic and Indian sectors of the Southern Ocean, and peaked in the 1970/71 seasons, recording around 400,000 metric tonnes of catch. Since then annual catches have generally decreased and have apparently stabilized at 100,000-200,000 metric tonnes, with some fluctuations in numbers over the years Two main target species were *Notothenia rossu* and *Champsocephalus gunnari*, but the fisheries for *N. rossu* have almost perished due to overfishing. When the fishery of a certain species collapses in the Antarctic area, it takes a very long time to recover, because Antarctic fishes have slow growth rate, long life span, and deferred sexual maturity. To reduce the energy requirement in the cold Antarctic environment, some shallow - water fishes produce antifreeze to eliminate ice crystals, so that they protect themselves against freezing without any extra efforts. Also, some fishes (*Channichthyid*) have lost hemoglobin through the evolutionary process. Transporting oxygen from the gill to tissues depends only on the oxygen - carrying capacity of the blood, and so much more blood is needed to be pumped to provide sufficient oxygen. Large size of heart and capillaries, low viscosity of blood due to the absence of red blood cells, and the fast heart rate with large volume of blood might be some ways fish have adapted in oxygen - rich Antarctic waters to overcome the disadvantages of no hemoglobin.

key words Southern Ocean, Antarctic cod, Icefish, Antifreeze, Lack of hemoglobin

서론

남극대륙은 약 4000 만년 전 신생대 제3기 초부터 한냉한 기후가 시작되어 현재에 이르고 있으며 (Elliot, 1985), 이를 둘러싼 대륙의 주변부를 남극해라고 부른다. 남극해의 표층에는 약 2200-2500 만년 전에 형성된 남극수렴대라는 고리모양의 띠가 있어 그 외부의 바다인 태평양, 인도양, 대서양의 표층해수의 교환을 제한한다 (Fig. 1). 따라서 남극해는 외부의 바다와는 지도 상으로 보아 명확한 구분이 없음에도 독특한 해수의 성질을 유지할 수 있었으며, 그 안에 살고 있는 생물체들은 다른 지역으로부터 오랜 세월 동안 고립되어 독자적으로 극지환경에 적응하는 방향으로 진화를 하게 되었다. 지구의 기후가 추웠던 1500 만년 전에는 남극수렴대가 남위 40°까지 확장되었었고, 그 이후에 계속된 따뜻한 기후 때문에 남극수렴대는 현재 남위 50-60°에 머무르고 있다. 남극수렴대의 남북 이동에 따라 몇몇 어종의 서식처는 남극으로부터 벗어나 남미대륙이나 뉴질랜드의 대륙붕으로 확장되기도 하였으며,

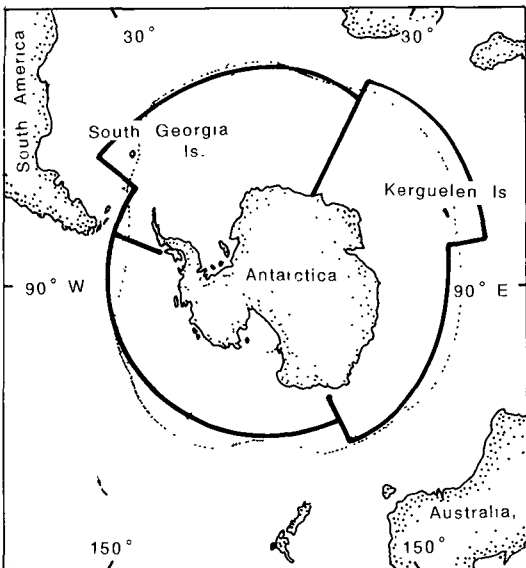


Figure 1. Location of Antarctic Convergence (···) and FAO areas (—) for fishing statistics in the Southern Ocean (from Phillipot (1985) and Kock et al (1985)).

또한 남미대륙에 살던 것이 남극 주변부로 이동하여 서식하는 종도 생기게 되었다.

남극해 어류에 대한 첫 보고가 19세기 중반의 Sir James Clark Ross Expedition (1839-1843)의 결과로서 기록된 이래, 현재 까지 약 200여 종의 어류가 보고 되었다. 남극수렴대는 주로 표층수의 교환을 방해하므로 남극해 표층 어종의 85% 이상이 남극 고유종이고, 반면에 심해어의 경우 오직 25% 미만이 남극 고유종이다 (Kock, 1985). 남극해 어종의 자원량 분포는 아직 전반적으로 조사되지 않았으나, 대서양 쪽과 인도양 쪽 남극해에서 어획이 주로 이루어지고 있고, 태평양 쪽에서는 거의 어획이 이루어지지 않고 있다. 현재 16종이 FAO의 어획 통계에 보고되고 있고 (Table 1), 이들 중 대부분의 어종은 트롤에 의한 저서어류에 국한되어 있으나, 미래에는 연어와 송어의 이식에 의한 표층어류의 생산도 가능하리라고 생각된다 (Kock et al, 1985).

남극어류의 큰 특징은 한냉환경에서의 적응을 들 수 있다. 수온이 빙점 이하로 내려갈 때를 대비하여 체내에 분자량이 큰 glycoprotein을 만들어 내어 부동액의 역할을 하게 하거나 (De Vries, 1970), 혈액 내의 헤모글로빈 농도를 감소시킴으로써 혈액의 점성도를 낮추고, 따라서 체내의 순환을 용이하게 하여 에너지의 과다소비를 방지하는 기작들은 가장 전형적인 예이다 (di Prisco et al., 1990). 한편, 남극해에서는 낮은 수온 때문에 어류의 신진대사율이 낮으며 성장이 느려 주로 40 cm 미만의 소형어가 많이 발견된다. 남극어류들의 수명은 일반적으로 온대권, 열대권 어종 보다 길어, 소형어의 최대연령은 9-10년, 대형어는 20-22년 정도이고, 최초로 산란을 하게 되는 나이는 5-7세 정도로 알려져 있다 (Kock et al., 1985). 이러한 느린 성장과 더딘 번식 때문에, 어업자원의 남획이 이 지역에서 일어난다면 어종들의 자원량은 단시간내에 회복하기 어려울 정도로 고갈되어 버린다.

본 논문은 기존의 자료 및 문헌을 중심으로 현재 남극해에서 이루어지고 있는 어로활동 현황과 수산자원의 합리적 관리를 위하여 필요한 생물학적, 자원학적 자료를 종합분석하고 고찰할 목적으로 준비되었다.

Table 1. List and fishing areas of commercially important species in the Southern Ocean

Scientific name	Common name	Fishing area		
		Atlantic	Indian	Pacific
<i>Chaenocephalus aceratus</i>	Blackfin icefish	X		
<i>Champocephalus gunnari</i>	Mackerel icefish	X	X	X
<i>Pseudochaenichthys georgianus</i>	Southern Georgia Icefish	X		
<i>Chaenodraco wilsoni</i>	Spiny icefish	X		
<i>Channichthys rhinoceratus</i>	Unicorn icefish		X	
<i>Chimodraco rastrospinosus</i>	Ocellated icefish	X		
<i>Notothenia gibberifrons</i>	Humped rockcod	X		
<i>Notothenia rossii</i>	Marbled rockcod	X	X	
<i>Notothenia squamifrons</i>	Grey rockcod	X	X	
<i>Patagonothen brevicauda guntheri</i>	Patagonian rockcod	X		
<i>Trematomus spp.</i>	Antarctic rockcod			X
<i>Dissostichus eleginoides</i>	Patagonian toothfish	X	X	
<i>Pleuragramma antarcticum</i>	Antarctic silverfish		X	X
<i>Micromesistius australis</i>	Southern blue whiting	X		
Myctophidae spp	Lantern fish	X		X
<i>Rajiformes spp.</i>	Skate and Ray	X	X	

* Source FAO (1986) and CCAMLR (1989).

어획의 현황

남극해에서의 어획은 19세기의 물개잡이, 20세기 초중반의 고래잡이에 가려 60년대까지는 빛을 보지 못하였다. 이미 20세기 초에는 어류자원이 비교적 풍부하게 존재한다고 알려졌었고, 두리그물(purse seine)이나 소형저서트롤에 의한 어업이 아르헨티나, 노르웨이, 일본 등에 의해 30년대와 50년대에 시도 되었으나, 어장이 너무 멀리 떨어져 있고, 잦은 악천후, 짧은 조업일수, 비싼 노동력 등의 요인으로 다른 원양어업지역 보다 생산단가가 2배 이상 되기에 어로활동이 매우 미약하였다 (Kaczynski, 1982).

그러나 60년대 중반에 소련의 시험조업이 대서양 쪽 남극해인 스코티아 해역에서 성공적으로 이루어진 이래, 주로 동구권 국가들에 의해 본격적인 어업이 시작되었다. 일반적으로 어업량은 해에 따라 심한 기복을 보이고 있으며, 대서양 쪽이 인도양 쪽(주로 Kerguelen 섬 부근)보다 어획량이 많다 (Fig. 2). 70년대 초반과 후반에 약 30-40만톤의 어획을 기록하였으나, 자원량은 점

점 줄어들어 현재에는 연간 약 10만톤의 생산량을 보이고 있다. 그림 2에서 보여지는 특징은 어획량의 급한 증가와 감소인데, 이러한 원인은 새로이 개척되는 어장 및 어종에 대해 무절제하게 어획하였기 때문이라고 생각된다. 그림3에서는 남극에서 어획되는 대표적인 4어종을 골라 연도별 생산량을 그려 보았다. 남극대구류 중에서 *Notothenia rossii*와 *N. squamifrons*, 남극빙어류 중의 *Champocephalus gunnari*, lantern fish 인 Myctophidae spp 는 전체 어획량의 약 80%를 차지하고 있다. 어업의 초기인 70년대 초에는 대서양 쪽 남극해의 남조지아(South Georgia) 섬에서 남극대구의 일종인 *N. rossii*에 대한 어획이 주종을 이루어 왔으나, 이 자원에 대한 남획으로 이 자원량은 급격히 감소하여 현재에는 거의 회복이 안되고 있다. (Fig 3). *C.gunnari*는 70년대 후반 부터 현재에 이르기 까지 가장 어획이 많이 되는 어종이다. 해마다 변동이 있기는 하지만 전체 어획량의 약 50% 정도이며, 대서양 쪽과 인도양 쪽에서 고루 잡히고 있다. *C.gunnari*와 더불어 *N. squamifrons*도 70년대 초반 부터 꾸준한 어획되었고, 어획량은 계속 감소추세에 있다. 특기할만한 점

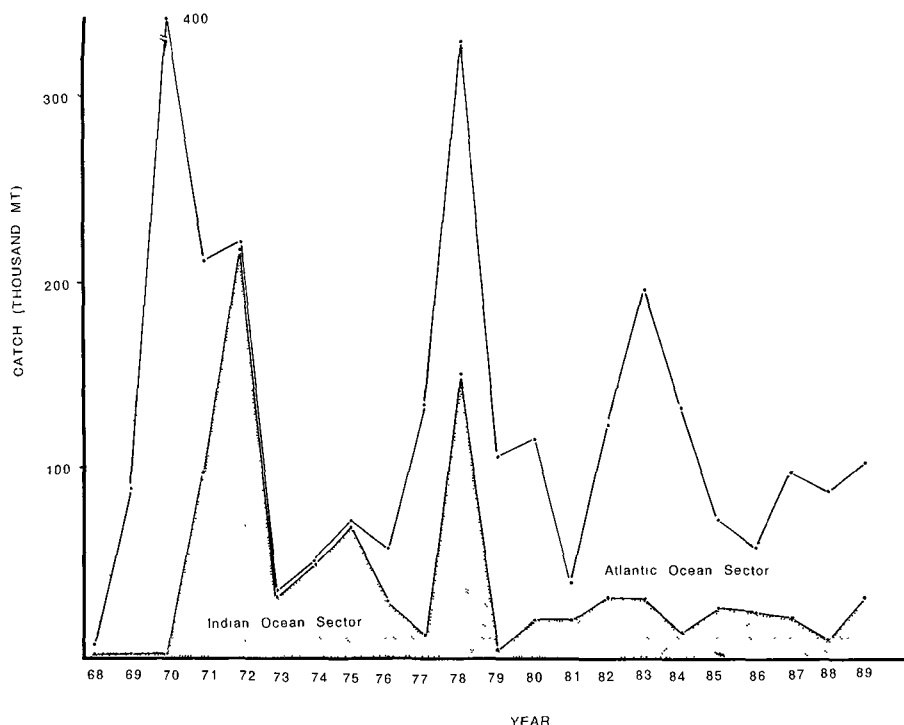


Figure 2. Total fish catches from the Atlantic (white) and Indian (grey) Ocean Sectors in the Southern Ocean

은 lantern fish의 어획이 최근에 들어와 늘어남 점인데, 이 자원에 대한 보호조치가 곧 뒤따르지 않는다면 열거된 다른 종들과 마찬가지로 곧 자원이 고갈되어질 가능성이 높다.

남극어류의 생물학적 특징

1. 성장과 산란

남극어류는 일반적으로 성장이 느리고, 성장시기도 약 4개월 동안의 여름에 국한되어 있다. 남극빙어(*C. gunnari*)나 남극대구류 중의 *N. rossii*와 같이 중층에서 크릴을 먹고 사는 몇 종은 예외로서 성장과 성숙이 빠르지만, 대부분의 저서어류들은 열대성, 온대성 어종들에 비해 성장도 느리고, 산란에 이르는 나이도 지연되며(5세-7세) 오래사는 특성이 있다 (Fig 4). 수온이 낮고 환

경의 연변화가 심하지 않은 곳에 사는 어류들은 적은 수의 커다란 알을 낳는 습성이 있는데 (K-strategy), 남극어류중의 상당수가 이 범주에 속한다. 어체 무게 1gram 당 4-30개의 알을 낳으며, 알의 직경은 약 3-6mm가 된다. 남극해의 환경에서는 난소의 성숙이 2년에 걸쳐 완성되며, 보통 가을에서 겨울에 걸쳐 산란을 한다. 한 산란기에 한번 산란하며 태어난 알은 유적(oil droplet)이 없으므로 바닥으로 침강한다. 이는 비정상적 염분이나 온도를 갖는 겨울의 표층수로 부터 보호받는 생태학적 잇점으로 간주된다. 태어난 알은 5개월 정도 지나서 봄이 되었을 때 부화가 되고, 부화시에는 비교적 커다란 치어가 탄생된다. 이렇게 K-strategy로 부화된 어류는 수는 적으나 크기가 커서, 유영능력이 좋아 먹이를 잡는데 어려움이 없고, 큰 생물체로 부터 피신할 수 있는 능력도 좋으므로 사망율이 적다(Kock, 1985).

낮은 수온이 성장율을 저하시키는지에 대해서

남극해 어류

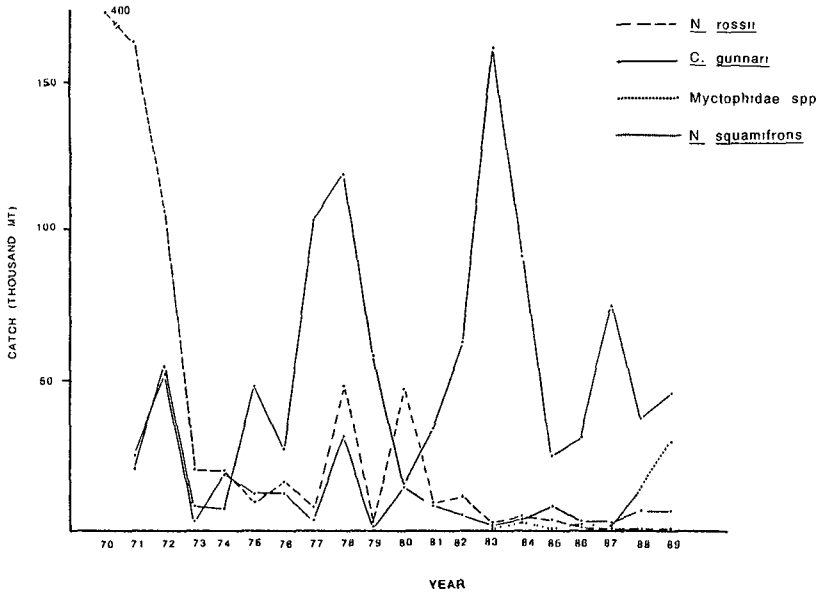


Figure 3. Catches of four major fish species from the Southern Ocean

는 아직 결론을 내리지 못하고 있다. 대부분의 남극해 생물들—갑각류, 연체류, 어류 등—은 성장율이 낮긴 하지만, 낮은 온도 때문에 효소의 활동이 미약해진 것은 아닌 것 같다. 어류들은 4000만 년 동안 찬 수온에 적응되었기에 (cold adapted), 열대어류와는 다르게 낮은 온도에서도 효소활동을 활발히 할 것으로 추측된다. 남극대구류와 열대어류의 근육에서 뽑아낸 효소의 활동을 온도에 따라 조사해 보면, 저온에서는 남극대구류의 효소작용이 열대어 보다 훨씬 활발함을 알수 있다 (Fig 5). 따라서 낮은 성장율이나 느린 성숙은 해수 온도 이외의 다른 요인, 즉, 짧은 여름 동안에 존재하는 먹이생물량에 따라 결정될 수도 있으리라 추측된다 (Walton, 1987).

어류 가운데에는 자라면서 먹이나 산란 때문에 서식환경을 바꾸는 경우가 많다. 비교적 연구가 많이 되어 있는 *N. rossii*의 경우, 첫해에는 해안에서 멀리 떨어진 물속에서 생활하면서 크릴이나 요각류 (copepods)를 먹고 산다. 다음해에는 해안가로 이동하여 5-6년 동안 해안가의 갈조류가 많은 지역의 바닥에 가까이 살면서 해초 근처에

있는 단각류 (amphipods)나 크릴을 먹고 산다. 산란 나이에 이르러 그들은 다시 외양으로 나가 약 150-350 m 깊이에 머무르면서 크릴, 어류, 피낭류 (salp) 등을 중층에서 잡아 먹는다.

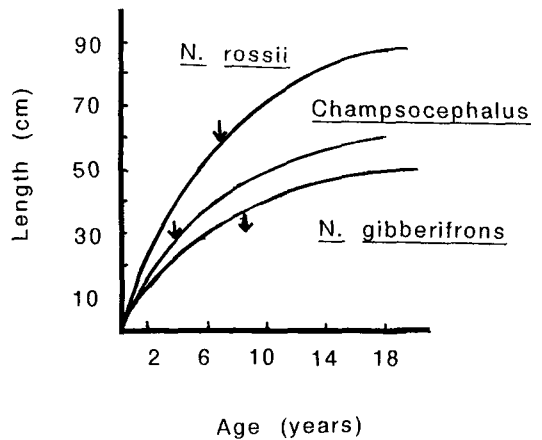


Figure 4. Growth curves for three species of Antarctic fish. Arrows mark sexual maturity (from Walton (1987)).

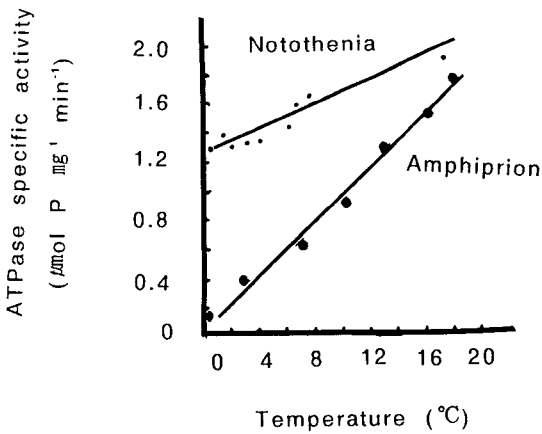


Figure 5. The effect of temperature on the activity of the enzyme ATPase extracted from the Antarctic fish (Notothenia : small dots) and tropical fish (Amphiprion:large dots) (from Walton (1987)).

남극대구류들과 몇몇 남극빙어 종류는 부레를 갖고 있지 않다. 그러나 어류의 주된 먹이는 크릴이고, 크릴은 해양의 중층에 살고 있기에 그들은 바닥으로 가라앉지 않고 떠 있을 수 있도록 적응되어 왔다; 뼈의 석회화 정도가 약하고, 피하에 두꺼운 지방층을 갖고 있거나, 척추축이 비어 에너지를 소모하지 않고, 크릴이 많은 수중에 떠서 생활할 수 있다(May, 1988).

2. 헤모글로빈의 결핍

척추동물의 혈액에는 적혈구가 있으며, 적혈구 내에는 헤모글로빈이 있어 보다 많은 산소가 아가미를 통하여 혈액에 용해될 수 있다. 남극어류는 다른 지역의 어류 보다 적혈구의 수가 훨씬 적고 (di Prisco et al., 1990), 특히 남극빙어류 (icefish)는 헤모글로빈이 전혀 없어 혈액의 빛깔이 거의 투명하다(Ruud, 1965). 남극빙어류는 산소운반을 오직 혈액에 용존되는 산소량에 의존하여 각 세포조직에 산소를 공급하는데, 이는 헤모글로빈을 이용하는 어류들 보다 훨씬 비효율적(약 10%)인 방법인 것이다. 따라서, 남극빙어류는 조직에서의 산소부족 현상 때문에 활발하게 움직이지 못하고, 먹이도 능동적으로 찾지 못하리라고 추측

하여 왔다. 그러나 최근의 연구결과에 의하면, 남극빙어류에 대한 이러한 추측은 옳지 않으며, 그들은 환경에 적응하여 진화과정에서 헤모글로빈을 잃어 버린 것이고, 이러한 헤모글로빈의 결핍은 에너지의 과다지출을 막아 극지환경에 적극적으로 적응해 나가는 방법이라는 것이 판명되었다.

남극빙어류에 헤모글로빈이 없다면 두가지의 의문점이 제기되어질 수 있다. 첫째, 남극빙어류의 산소소모량은 적혈어류와 비교하여 다른가? 둘째, 산소소모량이 크게 다르지 않다면, 어떻게 산소를 운반하는가? 첫번째 질문은 Ralph and Everson (1968)의 실험에 의해 규명되었는데, 그림6에서 볼 수 있듯이 남극빙어의 한 종류인 *Chionocephalus aceratus* 는 적혈어류인 남극대구류와 거의 유사한 산소소모율을 보였다. 두번째의 질문도 일련의 실험 및 관찰 결과로 해당의 실마리를 유추해 볼 수 있다.

먼저 남극빙어는 얼마만큼의 혈액을 단위 시간 내에 공급할 수 있는 지에 대해 생각해 보자. 남극빙어 혈액의 포화 용존산소량은 6.7 ml/l이다 (Ruud, 1965). 산소 22.4l의 무게가 32 gram 이기에 6.7 mlO₂/l 는 9.57 mgO₂/l 와 동일하다, 즉, 혈액 1l 당 9.57 mg 의 산소가 운반되어질 수 있는데, 혈액 내에는 최소한 25%의 산소가 항상 녹아 있으므로, 아가미에서 조직까지 운반되어 이용될 산소는 7.2 mg/l 이다. 한편 그림 6에 의하면, 1kg의 무게를 가진 남극빙어는 1시간에 45.2 mg의 산소를 소모한다. 이 두 결과를 이용하면, 1시간 당 공급되어야 하는 혈액의 양이 계산된다. 즉, (45.2 mg/hr)/(7.2 mg/l) ≃ 6l/hr 가 되어 1시간 당 6l의 혈액이 심장을 통해 아가미로 공급되어야 한다(Everson and Ralph, 1970). 이러한 양은 같은 무게의 다른 해역 어류 보다 월등히 많아, 북대서양 대구 *Gadus morhua* 에 비한다면 약 10배에 해당된다(Johansen, 1962). 한편, 남극빙어류는 다른 어류에 비하여 혈액의 양이 많으며(몸무게의 8-10%), 심장의 크기도 2배 이상이고 심장박동이 빠르다. 또한, 남극빙어류는 실핏줄이 굵어 혈압이 낮으며, 헤모글로빈의 결핍은 혈액의 점성도를 낮추어 준다. 따라서 남극빙어는 적은 에너지로 혈액을 심장으로 부터 세포조직 및 기관에까지 공급할 수

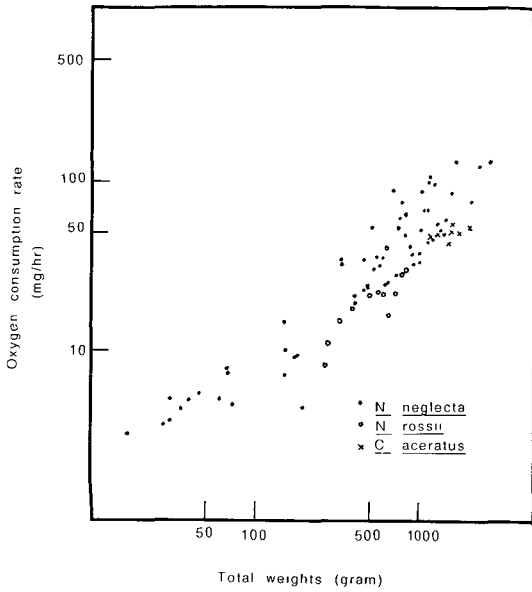


Figure 6. Relationship between weight and oxygen consumption in icefish (*C. aceratus*, *N. neglecta*, and *N. rossii* (from Everson and Ralph (1970)).

있고, 많은 양의 혈액을 아가미로 보내 산소를 공급받을 수 있도록 되어 있다. 특히 쉰 때에는 적혈어류 보다 신진대사가 훨씬 경제적이기에, 환경에 적절히 적응한 경우라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 적응방법은 용존산소가 낮은 해수에서는 가능하지 못하고 남극해와 같이 수온이 낮아 어류의 산소소모율이 적고, 용존산소량도 높은 해수에서만 이루어질 수 있다(Holeton, 1979).

3. Supercooling 과 체내 부동액

남극의 혹심한 추위는 해수의 수온을 영하로 내려가게 한다. 온도가 빙점 이하로 내려가면 얼음이 얼고, 보통의 어류들은 생존을 할 수 없게 된다. 남극 대구류는 남극해에서 가장 흔하게 발견되는 종의 하나인데, 이들은 추운 남극환경을 잘 극복한 어종이다. 따뜻한 여름철에는 수온이 문제가 안되고, 날씨가 추워지면, 일부 몇 종들은 supercooling 이라는 자연현상을 이용해서 상황을 극복해 나간다. 즉, 온도가 빙점 이하로 서서히 내려갈 때, 얼음의 결정이나 빙핵이 없으면 얼

음은 형성되지 않는데, 이 기작을 이용하여 심해에 살고 있는 어류들은 혈액이 동결되지 않고 겨울을 보낸다(Walton, 1987). 그러나, 천해에 살고 있는 어종들은 체액속에 분자량이 큰 glycoprotein 이나 peptide 의 결합을 함유하여 몸이 얼게 되는 것을 방지하는데, 영하 2℃ 정도의 해수에서 생존할 수 있다고 한다. 현재 8종의 부동물질이 발견되었으나 그들의 정확한 생리적 기능은 밝혀지지 않았다. 액체의 빙점은 그 속에 녹아 있는 물질의 농도가 질어질수록 낮아지는데, 남극 대구류의 혈액에 있는 glycoprotein 의 양은 빙점을 크게 낮출 수 있는 정도는 아니다. 아마도 glycoprotein 이 혈액 속에서 생성되는 빙핵과 결합되어 얼음결정을 못 만들게 하고 체액의 결빙을 막게 하리라고 생각된다(Walton, 1987).

부동액을 갖고 있는 어류들은, 몸이 얼지 않게 되는데 특별히 에너지를 쓰지 않아도 되는 잇점이 있다. 그들은 오직 부동액을 만들 때 필요한 에너지만 있으면 되고, 신장을 통한 부동물질의 배출만 방지한다면 에너지의 큰 소모없이 겨울을 보낼 수 있다. 실제로 남극대구류들은 사구체에 의한 걸름작용(filtering)에 의해 오줌을 만드는 것이 아니라, 신장에서의 분비작용(secretion)을 통하여 오줌을 몸 밖으로 배출하기 때문에 크기가 큰 glycoprotein 은 혈관 속에 계속 남아 있게 된다.

어업자원 관리에 대한 고찰

남극 생물자원의 포획 기록을 보면, 갑작스런 수확후의 급격한 감소라는 현상이 뚜렷하다. 이는 유용자원이 한 지역에서 발견되면, 무절제한 포획활동을 하여, 단기간에 자원을 고갈시켜 버리기 때문이다. 이러한 남획의 대표적인 예들은 19세기의 물개자원, 20세기 초중반의 고래자원인데, 20세기 후반에 들어와 남극해어류도 예외없이 적용 당하고 있다. 그림7은 대서양 쪽 남극해의 대표적인 몇 종의 어류에 대해 연간 어획량을 도시화해 본 것이다. 남조지아 섬 부근에서 발견된 남극대구 *N. rossii* 는 단 두차례에 어업시기를 거치는 동안 거의 전멸되었고, 남오크니(South Orkney)섬과 남극반도 부근의 남극빙어 *C. gunnari* 도 한 두해의 어획 이후 거의 자취를 감추어

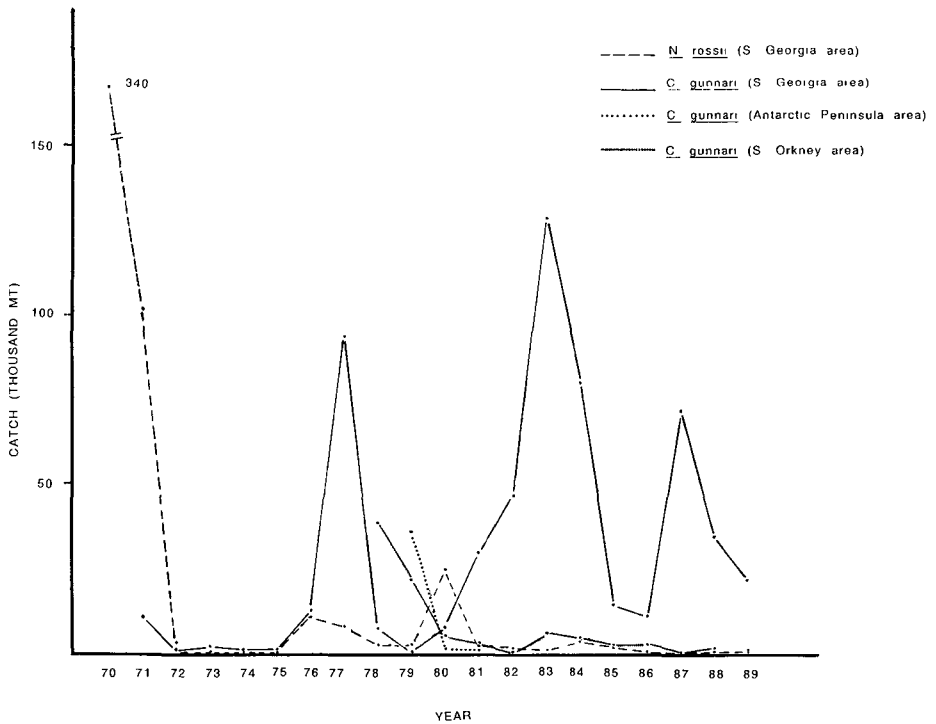


Figure 7. Catches of some major fish species in three subareas of the Atlantic sector of the Southern Ocean

버리는 것으로 나타났다. 예외로서 남조지아섬의 남극빙어는 전반적으로 감소추세에 있기는 하지만 비교적 기복을 갖고 생산되는데, 이는 최근 부터 남극해양생물자원보존협약(Convention on the conservation of Antarctic Marine Living Resources:CCAMLR)에 의해 결정되는 어획할당제도와 남극빙어의 빠른 성장을 때문이라고 생각된다.

앞에서 언급되었듯이, 남극어류는 적은 수의 알을 낳고, 성장도 느리고 산란연령도 높다. 이러한 종들이 남획에 의하여 자원량이 고갈되면 원상태로 회복되는데 시간이 많이 걸리고 자원보호에 각별한 배려가 필요하다. 그러나, 남극해에서의 어업은 한 국가나 기관의 일사불란한 통제를 받고 있는 것이 아니기에 효과적으로 자원의 관리를 할 수 없다. 비록 CCAMLR 회원국 사이에 자율적인 결정을 내린다 하더라도, 그것을 위반한 국가들에 대하여 강제를 가할 수 있는 힘이 없다. 더

욱 CCAMLR 내부적으로는, 결의사항을 정하는데 만장일치제를 채택하고 있으므로, 시정되어야 할 점들이 신속하게 처리가 안된다는 약점이 있다. 예를들면, 남극해에서의 어업은 주로 소련에 의해 주도되어 왔고 이미 남극해 어장이 황폐해 졌다고 생각되는데 이의 회복을 위하여 소련은 노력을 기울이지 않고 있다. 몇몇 국가들은 어족의 감소를 막기 위해서는 그물눈의 크기를 제한해야 하며, 경우에 따라서는 어업행위 자체도 일정기간 동안 금지해야 한다고 주장하고 있으나 소련은 이를 받아들이지 않고 있다.

CCAMLR은 개별종에 대한 고찰 보다는, 전체 생태계의 효과적인 관리를 위해 어획어종은 물론 그와 관련이 되는 모든 생물종에 대한 생태학적 이해를 높이려고 노력하고 있다. 그러나 몇몇 어업 국가들은 어획정보를 신속하고도 올바르게 보고 하지않거나, CCAMLR 발효전인 1982년 이전의 자료들을 제출하지 않음으로써 전체 자원

량의 파악 및 관리에 어려움을 주고 있다. 한편, 남극 해양생태계의 구조와 기능에 대한 이해를 깊게 하고, 나아가 잠재 생물자원의 관리를 올바르게 하기 위해 범 국가적인 조사기구가 필요하다는 인식이 자연발생적으로 생기게 되었다. 따라서 남극과학위원회(Scientific Committee on Antarctic Research:SCAR)는 BIOMASS(Biological Investigation of Marine Antarctic System and Stocks)라는 계획을 1976년에 시작하여, 총 11개국이 참가하여 3차에 걸친 국제 공동 연구를 남극에서 수행하게 하였다.

장기적으로 보아, 남극 어류자원은 생태계의 파악에 힘입어 보다 효과적인 관리방안이 제시되리라 생각된다. 그러나 몇몇 국가에 의해 행해지는 그릇된 어업정책은 순간적으로 어업자원을 고갈시킬 수도 있을 것이다. 해역 별로 총 허용 어획량을 정함과 동시에 어선의 수를 제한한다던가, 그물눈의 크기를 제한하여 성어만을 어획한다든가, 신속한 어획정보 제출을 통해 자원량 판단을 빨리 내리게 할 수 있는 제도적 장치가 절실히 요구된다.

참고문헌

- CCAMLR 1989. Report of the working group on fish stock assessment Hobart, Australia, 25 Oct -2 Nov 1989.
- De Vries, A L 1970. Freezing resistance in Antarctic fishes, pp 320-380. *In* M W Holdgate (ed.), Antarctic Ecology Academic Press, London and New York
- di Prisco, G, R D'Avino, L Camardella, C Caruso, M Romano, and B Rutigliano 1990. Structure and function of Hemoglobin in Antarctic fishes and evolutionary implications. *Polar Biol* 10 : 269-274.
- Elhot, D H 1985. Physical geography - Geological evolution, pp 39-61. *In* W N Bonner and D W H Walton (eds), Key environment Antarctica, Pergamon Press
- Everson, I and R Ralph 1970. Respiratory metabolism of *Chaenocephalus aceratus*, pp 315-319. *In* M W Holdgate (ed), Antarctic Ecology Academic Press, London and New York
- FAO 1986. Yearbook of Fisheries statistics, Vol 62 Catches and landings.
- Holeton, G F 1970. Oxygen uptake and circulation by a hemoglobinless Antarctic fish (*Chaenocephalus aceratus* Lonnverg) compared with three redblooded Antarctic fishes, pp 272-286. *In* M. S Love and G M. Cailliet (eds), Readings in ichthyology. Goodyear Publishing Co Inc, Santa Monica, California, 525 p
- Johansen, J 1962. Cardiac output *Comp. Biochem Physiol.* 7 : 169-174.
- Kaczynski, V 1982. Distant - water fisheries after 200 mile economic zone Inst for Marine Studies, Univ of Washington, Seattle 63 p.
- Kock, K H 1985. Marine habitats - Antarctic fish, pp 173-192. *In* :W. N. Bonner and D W F Walton (eds), Key Environment Antarctica, Pergamon Press.
- Kock, K. H, G Duhamel, and J C. Hureau 1985. Biology and status of exploited Antarctic fish stocks A review BIOMASS Vol 6, SCAR and SCOR, Scott Polar Research Inst., Cambridge, England, 143 p.
- May, J. 1988. The greenpeace book of Antarctica, Doring Kindersley, London, 192 p
- Phillpot, H. R 1985. Physical Geography - Climate, pp. 23-38. *In* :W N Bonner and D W H Walton (eds), Key environment Antarctica, Pergamon Press
- Ralph, R and I Everson 1968 The respiratory metabolism of some Antarctic fish *Comp Biochem. Physiol* 27 : 299-307.
- Ruud, J T 1965. The icefish. *Scient. Am* 213 : 108-114.
- Walton, D. W. H. (ed) 1987. Antarctic science Cambridge Univ Press, 280 p