Ⅱ. 南大洋의 海況

張 善 德
〈釜山水産大學 敎授〉

目 次

1. 探檢, 調査의 歷史
2. 海流
3. 海況과 물덩이
4. 海水
5. 文獻

南極大陸을 둘러싸는 남위 40° 以南 海域을 南大洋이라 부른다. 아열대 收斂線이 뚜렷한 海域은 이 收斂線을 南大洋의 경계선으로 한다. 이 收斂線은 氷山이나 流氷의 北쪽 限界線과 거의 일치한다.

南大洋(Southern ocean)은 과거에 南氷洋, 南極洋. 南極海, 英語로는 Antarctic 등으로 불리어졌으나, 최근에 南大洋이라 부르기로 결정되었다.

南極大陸은 2000*m* 두께의 어름으로 덮혀 있다. 이 어름의 부피는 3000萬km^3로서 地球上 어름의 약 90%를 차지한다.

南大洋의 넓이는 7,500萬km^2로서 南極대륙의 약6배, 전 海洋넓이의 22%를 占한다. 그러나 熱含量은 전 海洋의 10%에 불과하다. 따라서 南大洋은 氣候에 큰 영향을 미친다. 水溫은 −1.8~10℃로서 매우 낮은편이다. 이 海域 海水의 氷点은 약 −1.9℃이다.

1. 探檢, 調査의 歷史

서기 650年경 Polynesia人이 New Zealand 南方海域을 항해하는 동안에 海氷의 漂流를 발견하였다는 傳說이 있으며, 이들이 마리오族이라는 說이 있다.

그러나 記錄으로는 J. Cook 船長이 史上 처음으로 1773~75年에 3회에 걸쳐 南極圈에(66° 33′ S)進入한 것으로 알려져 있다. 그는 群氷에 싸여 南極大陸發見은 실패하였지만 南極周極水의 存在를 확인하였다. Cook의 航海報告書에는 이 해역에 고래와 海豹가 많이 分布한다고 記錄되어 있어 南極 수렵시대의 幕을 올린 셈이다.

1920年에 N. Palmer(美), E. Bransfield(英), T. Bellingshausen(蘇)등이 各各 南極大陸을 發見하였고(南極半島), 18세기 중엽에 南極大陸 변두리까지 확인 완료하였다. 1820~28年사이는 海豹 수렵시대로 꽃을 피웠으나 남획으로 자원이 감소됨으로써 짧게 막을 내렸다. 그후 다시 1880年에 Argentina 수렵선이 2개월간에 海豹 14,600頭를 포획한 記錄이 있다.

南極大陸의 科學的 調査中 중요한 것을 표 1에 要約하였다. 한편 南大洋에서의 海洋觀測은 18世紀 末葉에 本格化되었다. 즉 1872~76年에 有名한 英國의 Challenger號 (木船 2300톤) 海洋調査航海中 1874年 1月 南極圈에 도달하여 水溫, 海氷, 海底生物, 堆積物, 測深 및 펭귄의 生態 등을 조사하였다. Thomson 敎授가 지휘한 이 硏究航海結果 J. Murray는 南極大陸 地質圖를 作成하였고, Challenger report (全50권)는 現代海洋學의 始發点을 이루었다.

〈표. 1〉 南極大陸의 主要 科學的 調査

年 度	內 容
1928	H. Foster 隊(英)와 B. Pendleton 隊(美)磁氣測定과 重力의 振子觀測 등 실시
1941-71	南磁極調査時代
1841	James Ross(英)는 南磁極 發見을 위해 Ross Sea를 調査
1841頃	D. d'Urville 隊(佛)와 C. Wikes 隊(美)는 南極大陸 東部沿岸을 조사
1874	英, 獨, 美의 조사대 Selguellen島 越冬
1882-3	第1回 極觀測年, 獨의 조사대 south Georgia 島에서 越冬 관측
1909	Shackleton隊의 物理學者 D. Mawson 등 南磁極 發見

〈표. 2〉 南大洋의 主要 海洋觀測

年 度	內 容
1874	Challenger號(英), 南大洋의 水溫, 海氷, 生物, 堆積物조사, 測深, Thomson 教授등
1828-9	Belgica號(벨기), Adrien de Gerlache隊 南極半島—Bellighausen海 조사
1901-4	Antarctic號(스위든), O. Nordenskjöld 박사
1901-3	Gauss號(獨), E. V. Drygalski 교수
1902-4	Gauss號(英), W. S. Bruice 박사
1908-10	Par號(佛), J. B. Charcot 박사
1911-12	Deutchland號(獨), W. Filchner 박사
1925-27	Meteor號(獨), Merz 박사 S. Sandwitch 海溝發見(최고수심 8264*m*)
1925-39	Discovery號(英)및 Scoresby號, 10回의 南極부근 해역조사, Discovery report는 最重要文献
1927	Norvegia號(놀웨이), Mosby 隊
1933	Christensen隊
1921-31	(英, 호주, 뉴지런드), Banzare隊
1938-39	(獨), A. Ritscher隊
1947-48	Brategg號(놀웨이), 90—150°W 海域에서 수온, 염분 및 플랭크톤 조사
1949	스와라 捕鯨船團(쏘련)
1950-55	Discovery 2世號(英)
1956-58	IGY(日, 美, 蘇등)12개국 海洋관측 참가 Ob號(쏘련)
	Soya(日)및 Umitaka-Maru(日, 東京 水大)南大洋 海洋관측 참가

國際地球觀測年(IGY)에는 12개국이 관측에 참가하였고, 그 이후에도 여러나라가 남극 관측에 열을 올렸다. 이웃나라 日本의 東京水産大學 Umitaka-Maru는 4차례에 걸쳐 南大洋 海洋관측과 Krill 어업조사를 실시한 바 있다.

Krill 어업과 관련된 조사항해는 미국, 쏘련을 위시하여 서독, 프랑스, 아르헨틴, 칠레, 폴란드, 대만 등 여러 나라가 실시하였다.

2. 海流

表層海流는 바람과 밀접한 관련을 가지며 南極大陸을 둘러싸고 대체로 環狀으로 분포한다. 低壓帶는 평균적으로 大西洋에서는 약간 北쪽에 大平洋에서는 약간 南쪽에 偏在하는 경향이 있으나 대체로 65°S Lat 부근에 자리잡고 있다. 이보다 北쪽에는 西風이 우세하여 東向流인 西風皮流가 存在하는 바(그림. 1), GEK에 의한 測流結果는 大西洋 및 印度洋의 45~65° S. Lat에서 0.1~0.8*kt*였고 主로 0.1~0.5*kt* 범위였다(그림. 2). Ishino(1963)가 海水의 密度分布로부터 力學計算한 果結는 10~20*cm/sec*로서 兩者는 비교적 잘 一致함을 알 수 있다.

한편 低壓帶 南쪽에서는 東風이 우세하여 西流가 南

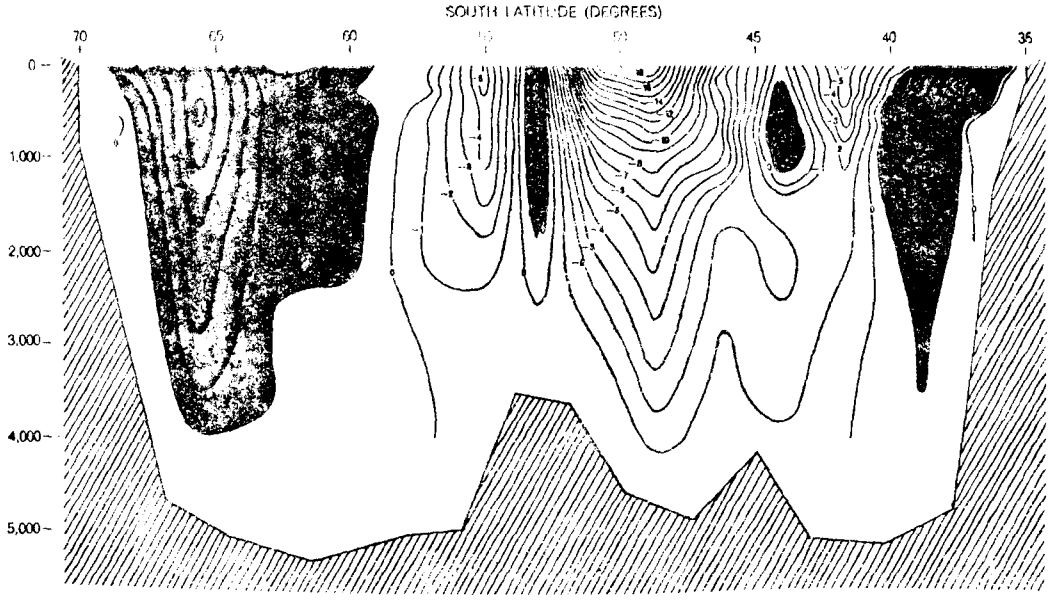

그림 1. 海流의 流速分布圖(*cm/sec*). 검은색 부분은 西流를 나타냄.

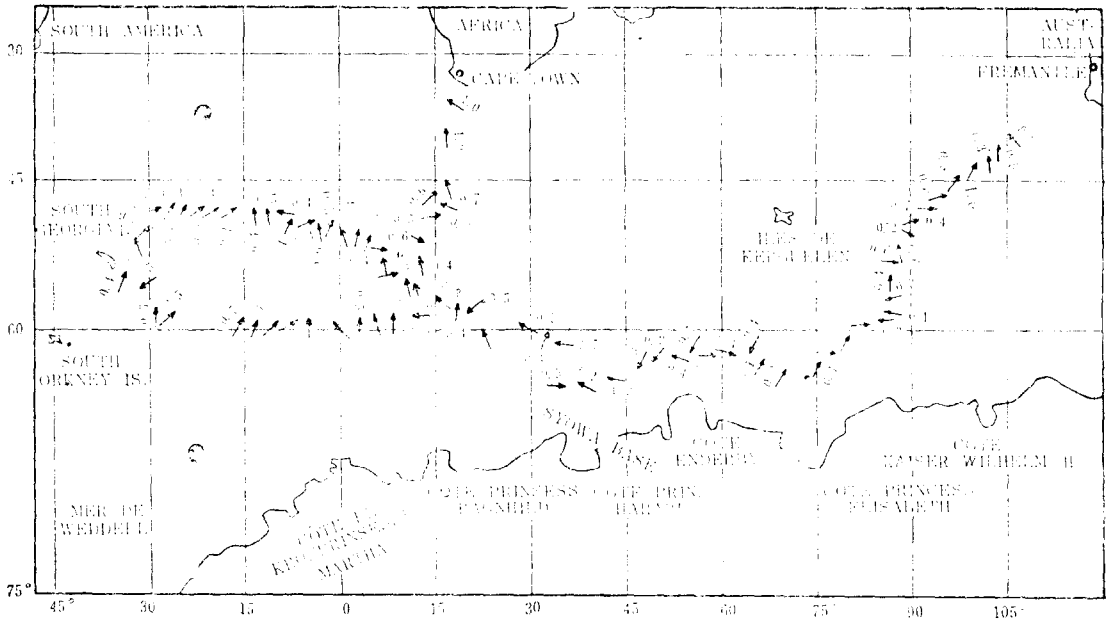

그림 2. GEK에 의한 추류결과.

極大陸沿岸을 따라 存在하다. 그러나 이 西流는 매우 弱하고 流向도 地形의 영향을 받기 쉽니.

이 東流와 西流사이에는 地球自轉의 偏向力 등으로 인하여 發散域이 形成되고 용솟음(Upwelling)현상이 일어나 下層의 영양염류를 上層으로 운반함으로써 生産力이 높아 *Euphausia* 등 플랑크톤이 많이 번식 분포한다. 특히 크릴, *Euphausia superba*는 Patch狀으로 分布하며 이를 먹기 위해 고래등이 모여들어 좋은 漁場이 形成된다. 이 發散域은 風系와 海洋—大氣間에 너어지 交換 등과 관련되어 時期 및 海域別로 移動한다.

또 發散域 南方海域에는 시계방향 및 反시계방향의

環流가 존재한다. 이 海流에 依한 海水輸送量은 표. 3과 같다.

〈표. 3〉 남대양의 海水輸送量($\times 10^6$ m^3/sec)

區 間	Sverdrup(1942)	Kort(1962)
Africa—南極연안	120	190
Tasmania—南極연안	150	180
Cape Horn—南極연안	90	150

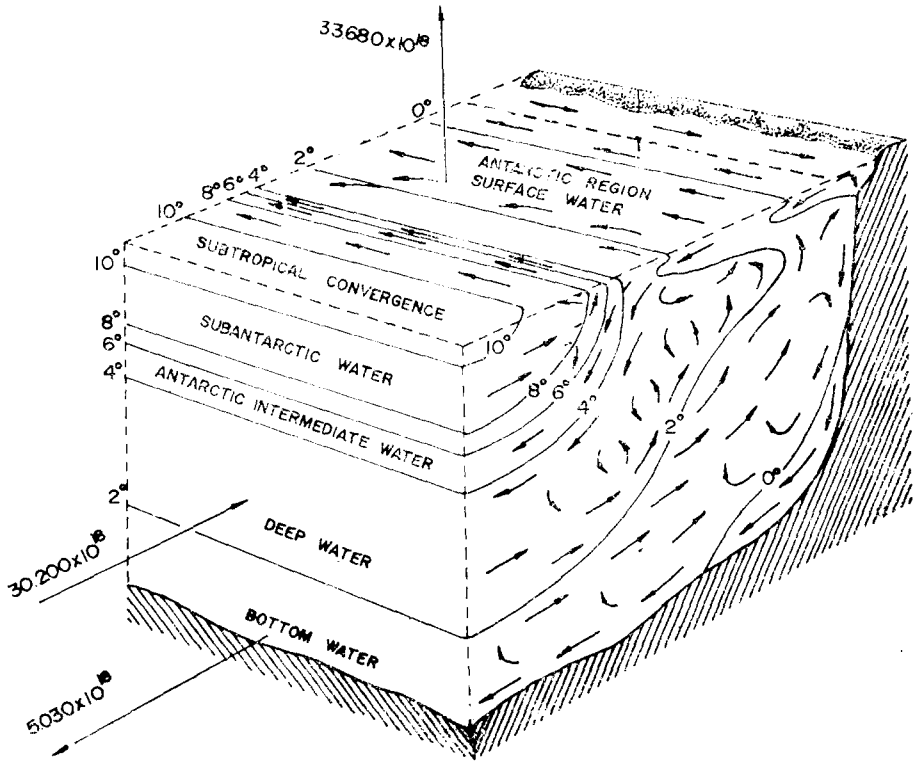

그림 3. 海流 模式圖와 수온 분포.

3. 海況과 물덩이

남대양에는 다음과 같은 5개의 대표적인 물덩이 水塊가 존재하는 바, 이에 관하여는 Daecon(1957)의 상세한 보고가 있다.

남위 60° 부근 해역에서 鉛直斷面을 보면 南極表層水(Antarctic surface water)와 南極低層水(Antarctic bottom water)가 구분되어 층경침 현상이 뚜렷하게 나타난다. 한편 남극 대륙에서 먼 거리에 있는 남위 45° 부근해역에서는 表層으로부터 아랫쪽으로 南極表層水(Subantarctic water), 南極中層水 (Antarctic intermediate water) 및 北太平洋深層水 (North atlantic deep water)가 각각 존재한다(표. 4). 그리고 남위 45° 以北 海域에는 高溫, 高鹽分의 아열대수(Subtropical water)가 넓게 分布한다.

〈표. 4〉 南大洋 부근의 물덩이 성질

물 덩 이	水溫	鹽分
南極表層水	〈氷点	<34‰
南極底層水	底	高
亞南極表層水	高	底
南極中層水	低	低
北大西洋深層水	>1.0℃	>34.7‰

南大洋에는 太平洋, 大西洋 및 印度洋에 따라 多少

의 差는 있으나 대체로 남위 60° 부근에서 南極大陸 주으로 發散域(Zone of divergence)이 존재한다. 이 發散域은 東風에 依한 西流와 偏西風에 依한 東流사이에서 Coriolis 효과와 海底地形 등에 起因하여 발달하는 것으로 생각된다. 따라서 이 海域에는 용솟음(Upwelling)이 일어나고 表層의 두께는 얇다. 이 湧昇流를 따라 中·底層의 영양염류나 프랑크톤 등이 表層부근으로 運搬됨은 前述한 바와 같다.

남위 55° 부근 해역에는 南極收斂線 (Antarctic convergence)이 있고 이 부근에서 水溫은 약 2℃ 上昇한다. 계속 北方으로 감을 따라 水溫은 천천히 상승한다. 남위 40~45° 부근해역에는 亞熱帶收斂線(Subtropical convergence)이 存在하는 바, 여기서 水溫이 急히 上昇한다. 이 以北에는 15℃ 이상, 35‰ 以上의 高溫, 高鹽分水가 分布한다.

南極收斂線과 亞熱帶收斂線사이의 海域을 亞南極海(Subantarctic sea)라 부른다.

4. 海　　氷

얼음으로 뒤덮인 南極大陸 주위에는 海氷域이 있다. 이 海氷域의 면적은 여름에는 약 500萬km^2, 겨울에는 약 2000萬km^2에 이른다. 1964年 8月 28日~9月2日에 인공위성 Nimbus-1에 의해 관측한 海氷面積은 TV카메라에 의한 것은 1981萬km^2, 赤外線 카메라에 의한 것은 1678萬km^2로 나타났다.

南極부근 해역에서는 氷河水 즉 氷山이 主로 나타나는 바, 이중 큰 것은 海面上의 높이 30~40m, 길이 약 100mile에 이르는 것도 있다. 이들 氷山은 頂上部가 平坦한 卓狀氷山(tabular berg)가 가장 많다. 이들은 棚氷(ice shelf)으로부터 分裂(calving)되어 생기는 것이다.

南極 부근해역에서는 海水가 얼어서 海氷이 形成된다. 海水의 氷点은 염분(염소량)의 증가에 따라 낮아진다. 즉 염소량 19.0‰에서 氷点은 −1.9℃이다. 氣溫이 낮아지는 南極의 가을(3~4月)에 結氷이 시작된다.

맨처음 바늘모양 또는 엷은 널판 모양의 얼음 結晶이 表面에 생기는데 이를 氷晶(frazileice)이라 한다.

ice cream狀에서 차츰 氷板으로 변한다. 두께 10~0cm의 氷板을 板狀軟氷(young ice)이라 한다. 이 위를 사람이 걸어 다닐 수 있다. 두께 30~200cm의 것은 1年氷이라하고, 그 다음해에 녹지않고 다시 겨울을 맞아 두터워지는 것을 2年氷 그리고 그 以上을 多年氷 이라한다.

海氷의 成長을 간단히 살펴본다. 두께 h인 얼음의 表面과 底面의 온도차를 T, 얼전도율을 K라하면 dt 시간에 단위면적당 위로 향하는 열량은

$$K\left(\frac{T}{t}\right)dt \cdots\cdots (1)$$

이 열량은 底面에서 얼음 두께가 dh만큼 증가할 때 생기는 潛熱과 같다. 따라서

$$\left(\frac{K}{T}\right)t \quad d=L\rho dh \cdots\cdots (2)$$

但 L: 潛熱

ρ: 얼음의 밀도

이 식을 적분하고 $t=0$일 때 $h=0$이라 하면

$$h=\frac{2K}{\rho L^2}\int T\,dt$$

또는

$$h=\sqrt{\frac{2K}{L\rho}}\left(\int T dt\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$=\sqrt{\frac{2K}{L\rho}}\left(\sqrt{E_t}\right) \cdots\cdots (3)$$

이 식에서 E_t는 積算온도로서 純水에서는

$$h=3.60\sqrt{E_t} \cdots\cdots (4)$$

여기서 h는 cm, E_t는 deg-day이다.

한편 日本 北海道 부근에서 실측한 값은

$$h=2.1\sim2.7\sqrt{E_t} \cdots\cdots (5)$$

였다. 한편 北氷洋에서의 Zubov가 求한 실험식은

$$h^2+50h=8E_t \cdots\cdots (6)$$

이다.

南極大陸 Showa기지 부근에서의 1年氷의 두께는 약 150cm이다. $E_t=4040$ deg-day로 하여 $h=2.4\sqrt{E_t}$를 사용하여 구하면 약150cm이다. Zubov의 식(5)를 사용하여 구하면 156cm이다. 南極연안의 年平均기온이 −10℃ 전후임으로 降雪量이 없는限 1年氷의 두께는 2m 以上이 될 수 없다는 결론이다.

南極연안의 定着氷(fast ice)은 연안부근의 西向流 때문에 沿岸으로부터 外洋으로 移動한다. 低氣壓이 西에서 東으로 向하여 移動하고 때로는 南極大陸에 上陸한다. 이때 定着氷이 깨져서 流氷이 된다. 定着氷은 大体로 4月中旬頃에 結氷된다.

10月末경에는 얼음이 녹기 시작하고 부서지기 시작한다. 海氷域 2000萬km^2의 大部分이 流氷(pask ice)이다.

文　　献

Deacon, G. E. R. (1933): A general account of the hydrology of the South Atlantic Ocean. Discovery Report, 15.

Ishino, M. (1963):Studies on the oceanography of the Antarctic Circumpolar Waters. J. Tokyo Univ. Fish, 49(2).

石野誠 *et al.* (1964): インド洋南極海ちおよび大西洋 南極海の 海況について. 同上, 8—67.

態凝武晴態(1964)：南極洋調査概要. 東水大特研報 7(1), 1—7.

_____(1964)：南極洋に おける海流と 西偏循環流轉流. 同上, 68—79.

_____*et al.* (1964):海鷹丸に よる パツクアイスおよび 氷山の 觀測.

Uda, M. (1961): Deep birculation in the Anatrctic Ocean. Antarctic Record, No, 11.

U. S. N. O. O. (1957): Oceanographic Atlas of the Polar Seas. Part 1. Antarctic. U. S. N. O. O. Publ, No, 705.