

## 남극반도 브라반트섬 연안과 젤라쉬 해협 해상 탄성과 탐사 연구

남상헌 · 김예동

한국해양연구소 극지연구센터

### Marine Seismic Survey off Brabant Island and in Gerlache Strait, Antarctic Peninsula

Sang-Heon, Nam and Yeadong, Kim

Polar Research Center, Korea Ocean Research & Development Institute,  
Ansan, P.O.Box 29, Seoul 425-600, Korea

**요약:** 젤라쉬해협의 성인과 빙하 퇴적구조 연구를 위해 water gun을 이용한 탄성과 탐사가 '91/'92년 남극 하계기간중 실시되었다. 젤라쉬해협 내부는 매우 불규칙한 해저지형을 보이며 해저 퇴적층이 거의 보이지 않는다. 이는 빙하기중 반복되는 빙하 삭박작용과 해협을 따라 북동쪽으로 흐르는 강한 해류의 영향으로 남극반도에서 유입되는 빙하퇴적물이 쌓이지 못하기 때문으로 사료된다. 젤라쉬해협 북동쪽 입구에 나타나는 좁은 폭의 계곡은 브랜스펠드해협 Western Subbasin의 연장으로서 지각확장의 영향을 받았으며, 젤라쉬해협의 남서부 앤버스섬 부분은 빙하침식작용에 의해 생성된 것으로 사료된다.

**주요어:** 브라반트섬, 빙하 침식, water gun, 내사.

**ABSTRACT:** Seismic reflection survey using water gun system was carried out in the Gerlache Strait to study its origin and the distribution of the glacial deposit during the '91/'92 field season. The bottom of the Gerlache Strait shows very rugged topography with almost free of sediments. This may result from erosion and transportation by the strong current which flows to the northeast along the Gerlache Strait. A narrow valley at the northeast margin of the Gerlache Strait is considered to be a part of the Western Subbasin of Bransfield Strait which was formed by the late Cenozoic back-arc extension. The southwestern part of the Gerlache Strait adjacent Anvers Island may be of glacial origin.

**KEY WORD:** Brabant Island, glacial erosion, water gun, implosion.

#### 1. 서 론

남극반도 태평양 연안지역은 적어도 고생대 말기부터 중생대 초기 사이에 곤드와나 거대륙의 convergent margin을 형성하고 있었다(Dalziel and

Elliot, 1982). 이는 남미대륙의 남부와 남극반도에 분포하는 쥘라기 이전의 기반암으로부터 추정될 수 있는데 이는 주로 fore-arc 환경에서 퇴적된 graywacke, shale과 blueschist 상의 변성화산암류로 구성되어 있다. 중기 쥘라기 이전의 심성암류는 남

미대륙과 남극반도에 드물게 나타나는데 fore-arc 암석의 대륙쪽에 분포하고 있어 subduction의 방향은 현재와 같았음을 지시하고 있다.

한편 남극반도 북서해역에 나타나는 자력이상 분포는 계속된 subduction작용으로 ridge-crest와 trench의 충돌이 약 50Ma부터 시작되어 신생대 말 기인 4Ma까지 계속되었음을 지시하고 있다(Barker, 1982). 즉 Hero와 Shackleton 파쇄대(fracture zone) 사이에 북동방향으로 분포하는 자력 이상대는 북서쪽으로 갈수록 해양지각의 나이가 적어짐을 알 수 있고, 또한 확장중심이 존재하는 것을 암시하고 있다. 그러나 Hero 파쇄대의 남서해역에서는 남극반도에서 멀어질수록 해양지각의 나이가 많아지고 있으므로, 이는 확장중심이 반도쪽으로 이동하였음을 지시한다(Barker and Dalziel, 1983). Hero와 Shackleton 파쇄대 사이 즉 브라반트섬 북동해역에서 드레이크해협(Western Drake Passage)의 형성과 관련된 또 다른 trench가 존재하고 있으며 해양지각의 형성은 20Ma부터 4Ma까지 계속되다가 현재는 지각확장작용이 정지되었으나 subduction 작용은 계속되고 있을 가능성이 있다(Larter, 1991).

브랜스필드해협의 배호확장 작용은 지난 1.3Ma 동안 30km정도 확장된 것으로 추정되는데 Barker and Dalziel(1983)은 배호확장의 원인이 이미 subduction된 해양지각이 계속적으로 침강하고 있기 때문으로 설명하였다. 동 드레이크해협(Eastern Drake Passage)은 6Ma 전에 이미 지각확장 작용이 끝났으며, 이는 이 지역의 지각확장과 subduction 작용이 남서쪽으로 갈수록 오랫동안 지속된 양상을 보인다. 이와 같은 경향은 브랜스필드 해협 내에서도 관찰되는데, 즉 해상 자력 자료에 의하면 브랜스필드 해협 동쪽 분지는 서쪽 분지에 비해 현무암질 관입체의 폭이 넓고 서쪽으로 갈수록 폭이 좁아지면서 디셉션섬에서는 현재도 확장 작용이 계속되고 있는 것으로 추정된다(김 외, 1991).

남극반도 대륙붕 지질에 대해서는 시추자료가 없기 때문에 해안과 주변섬에서 관찰되는 노두로부터 유추될 수 있다. 전술한 바와 같이, 중생대와 신생대 초기까지 남극반도 전지역은 subduction과 관련된

화산활동이 활발하였으므로 화산 쇄설성 퇴적물이 반도 연변분지에 쌓여 있다(Anderson, 1990).

한편 남극반도 지역의 고기후는 백악기부터 신생대 팔레오세에 걸쳐 산림이 우거져 있었으며, 이는 제임스로스섬과 세이모아섬에서 관찰되는 1200m 두께의 사암, 실트스톤, 머드스톤으로 구성된 Marambio Group에 함유된 화석으로부터 유추되어진다. 신생대 제3기 퇴적층은 킹조지섬에서도 나타나는데, 여기에 팔레오세와 이오세의 화분화석이 다량 함유되어 있는 것으로 미루어 온난습윤한 기후였음을 지시한다. 남극반도 지역의 기후는 올리고세 이후 한랭해졌으며 이 지역에서 가장 오래된 빙하 퇴적물은 올리고세 혹은 이오세에 생성된 것이다(Birkenmajer, 1987). 그러나 이 퇴적물에는 간빙기의 우수성 퇴적물이 섞여있는 것으로 미루어, 초기의 빙하는 비교적 온화한 기후에서 형성되었던 것으로 추정되며 같은 시기에 대륙사면으로는 quartz-rich turbidite가 공급되었다. 남극반도에 현재와 같은 규모의 빙하는 중기 마이오세에 와서야 형성되었으며 대륙붕에도 빙하 퇴적물이 공급되기 시작하였다(Anderson, 1989). 그러나 대륙붕 빙하 퇴적물 중에도 몇번의 빙하 삭락작용의 흔적이 보이고 있으며, Larter and Barker(1989)는 남극반도 지역 탄성과 자료로부터 지난 6Ma 동안 적어도 8번의 빙하 퇴적 작용이 있었음을 지적하였다.

앤버스 파쇄대 남서부에서는 두꺼운 퇴적층이 outer shelf와 대륙사면까지 발달되어 있으며 그 두께는 남서쪽으로 갈수록 증가하고 있다. 앤버서, 브라반트섬과 남극반도 사이에 위치한 젤라쉬 해협의 성인에 대해서는 알려진 바 없으며 빙하 침식에 의해 생성된 것인지 혹은 대륙 연변부의 확장작용에 의한 것인지 확실치 않다. 또한 젤라쉬 해협의 해저 지질에 대해서도 기존에 연구된 바가 거의 없으나, 일반적으로 퇴적물이 거의 없는 것으로 알려지고 있다(Anderson, 1991).

## 2. 조사장비 및 방법

연구해역의 해저퇴적물 분포 및 지층구조를 파

악하기 위하여 설정된 각측선에서 해양탄성과 탐사가 수행되었다(Fig.1). 현장조사는 남극 제 5 차 하계 연구의 제 1차 cruise의 일환으로 '91년 12월 31일부터 '92년 1월 12일까지 실시되었으며 해저퇴적물 시료채취를 위한 piston coring과 병행되었다.

본 연구에 이용된 water gun(S80, SSI사)은 널리 쓰이는 air gun과는 달리, 고압의 공기를 이용하지만 이를 직접 방출하지 않고 공급된 공기가 gun 내부의 shuttle을 움직여, 이에 따른 해수의 빠른 운동을 일으킴으로써, 공동(cavity)의 생성과 내사(implosion)에 의한 음파를 발생시키는 음원발생기이다. 따라서 water gun에 의한 발생 신호음의 일반적인 특징은 지속적인 bubble pulse가 발생하지 않으며 주 주파수 영역이 air gun보다 약간 높은 것이 특징이다.

고압의 공기장비를 남극과 같은 차가운 해수중

에서 사용하는 경우(여름 기간 해수온도: 0~1°C) 반복되는 고압공기의 방출에 따라 장비 자체의 온도가 낮아지므로 공기배출구가 동결되어 막히거나 피스톤이 움직이지 않는 경우가 있다. water gun의 경우는 5°C 이하의 물속에서 사용하는 경우에는 반드시 manifold를 거쳐 부동액을 공기와 혼합해 방출시켜야 한다. 단 공급되는 부동액의 양은 부동액의 종류나 사용되는 공기압 및 해수의 온도에 따라 적절히 조절되어야 한다.

현장에서 최적자료 획득을 위한 탄성과 장비의 setting은 다음과 같으며 Fig.2는 이들 장비의 구성체계를 도식화하여 표현한 것이다.

### 1) 고압 공기의 생성

- compressor의 작동으로 3000 psi를 유지하는 고압공기 생성

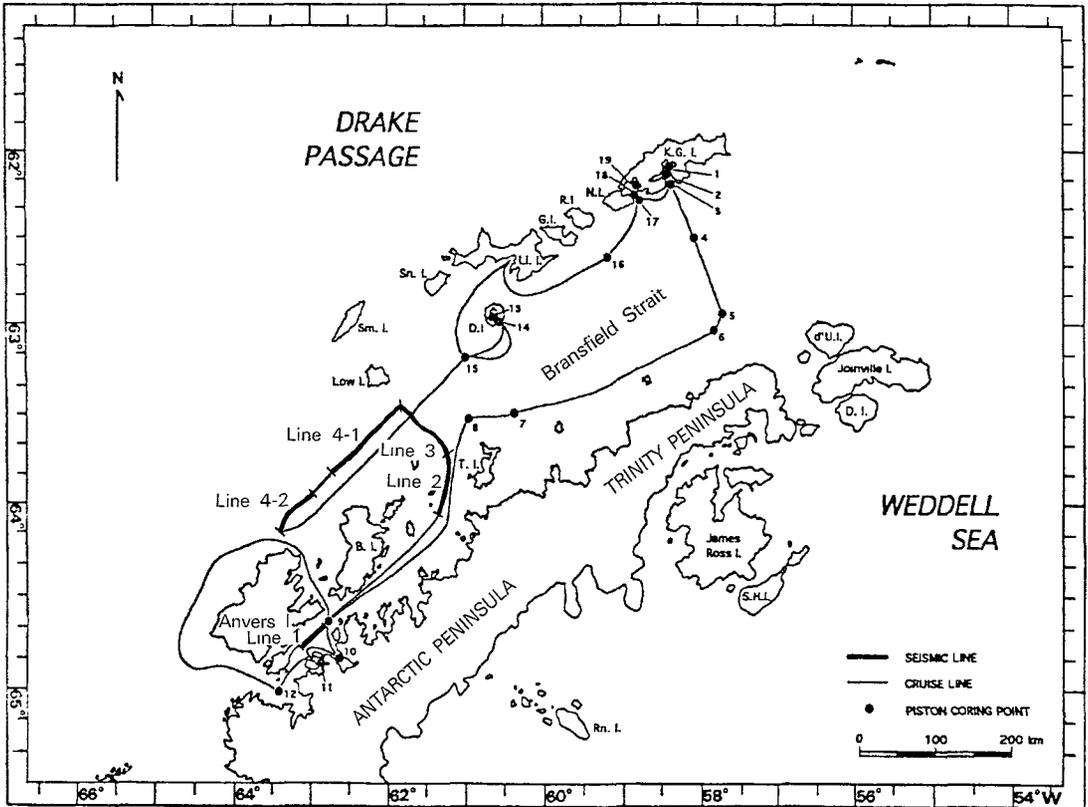


Fig.1. Location map of seismic survey line.

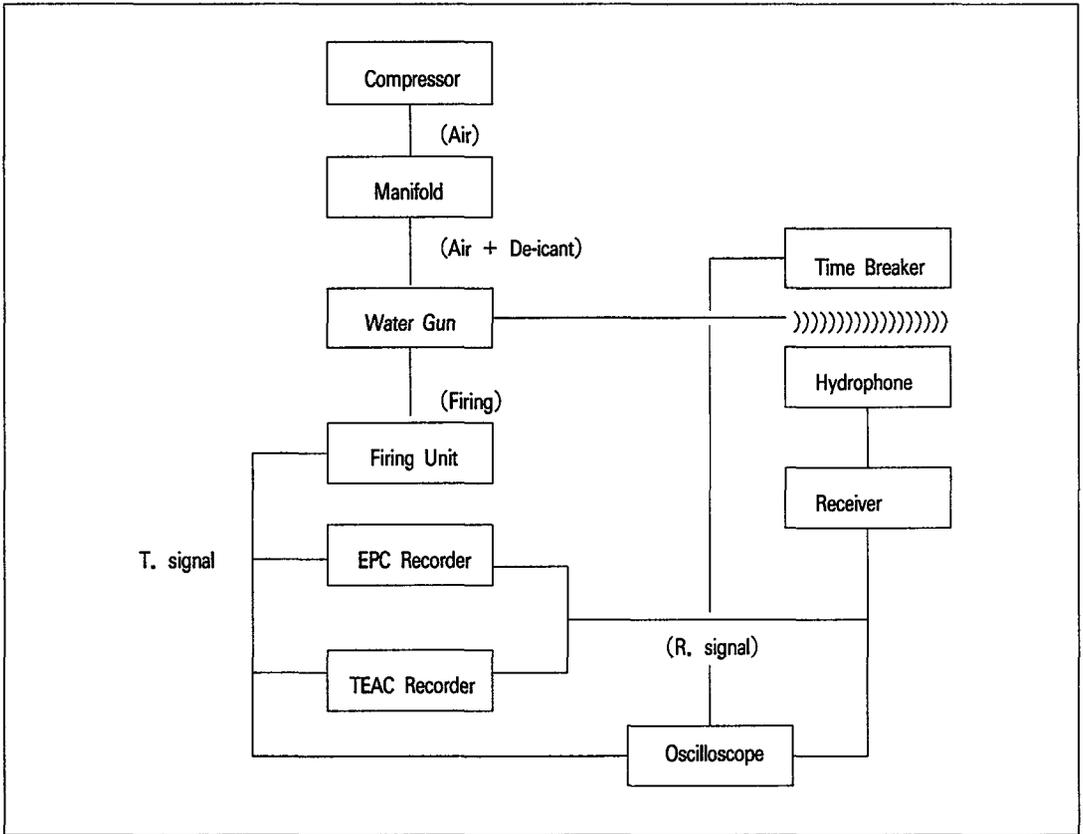


Fig.2. Schematic diagram of seismic system.

- manifold를 경유, anti-freezer(de-icant)를 주입
  - 선상폭발 : 300 psi, 2~3회
  - 초기폭발 : 300 psi, 2~3회
  - 연속폭발 : 3000 psi
  - de-icant : 0.4 cc/shot(8 sec/shot, or 1 gallon/day)

2) Firing

- EPC recorder로부터 trigger signal 생성(매 8초 간격)
- voltage와 current의 증폭을 위하여 firing unit를 경유, gun의 solenoid 구동을 위하여
  - intensity : to 4 amp.
  - duration : 36 to 48 ms
  - tension : 60 volts

3) Gun 및 Hydrophone 예인

- 수심 3m를 유지하도록 buoy에 gun을 장착
- gun 주위에 time breaker 장착
- gun을 좌현 선미로부터 15m 간격을 두고 예인
- Hydrophone은 우현 선미로부터 25m 간격을 두고 예인

4) 기록

- receiver를 통한 증폭 및 filtering
  - gain : 9 dB to 18 dB
  - HP filter : 1.5 kHz
  - LP filter : 100 Hz
- EPC 4800S 및 TEAC R61 analog tape에 복수 기록

이상과 같은 장비운용과 병행하여 탐사위치의 파악을 위한 실시간 위치 측정이 이루어졌다. 사용 장비로는 GPS 측위방법을 이용하는 Ashtech L-XII를 사용하였으며, 전 조사기간에 걸쳐 10분 간격으로 위치좌표가 입력되었고, 이에 대한 보상을 통하여 측선상의 탐사위치가 확정되었다.

### 3. 자료처리

먼저 water gun의 폭발에 따른 탄성파(음파)의 발생과정을 살펴보면(김과 남, 1992 ; Safer, 1985), 고압의 압축공기에 의한 피스톤 운동으로 초기에 해수의 유동으로 최초의 음파( $P_1$ )가 발생하고(growth phase) 곧이어 팽창되던 공동이 순간적으로 붕괴·폭발(implosion)되면서 강한 음파( $P_2$ )를 생성하게 된다(collapse phase). Growth phase와 col-

lapse phase 이후 발생하는 파형으로는, 붕괴된 공동의 반작용(rebound)으로 약간의 bubble pulse를 형성하는데, 이는 air gun에서 생성되는 경우와는 달리 매우 작다. 이러한 지속적인 bubble pulse의 발생은 rectified diffusion으로 알려진 공동내의 잔류공기에 의한 현상으로 설명된다(Hsieh and Pleisset, 1963 ; Safar, 1968).

현장조사 기록에서도  $P_1$ 과  $P_2$ 에 의한 현상(Fig. 3)을 볼 수 있다. 즉 gun의 폭발에 의한 발생 신호음은 gun으로부터 10m 내외의 거리에 있는 hydrophone에 도달하게 되는데, 기록지상에서 보면 triggering 이후의 30ms 주위에서 먼저  $P_1$ 에 의한 직접파가 기록되며, 65ms 내외에서  $P_2$ 에 의한 주 signal의 직접파가 기록된다. 이러한 신호음의 발생 원인을 유추해 보면 다음과 같다.

초기신호  $P_1$ 에 의한 30ms에서의 직접파는 gun의

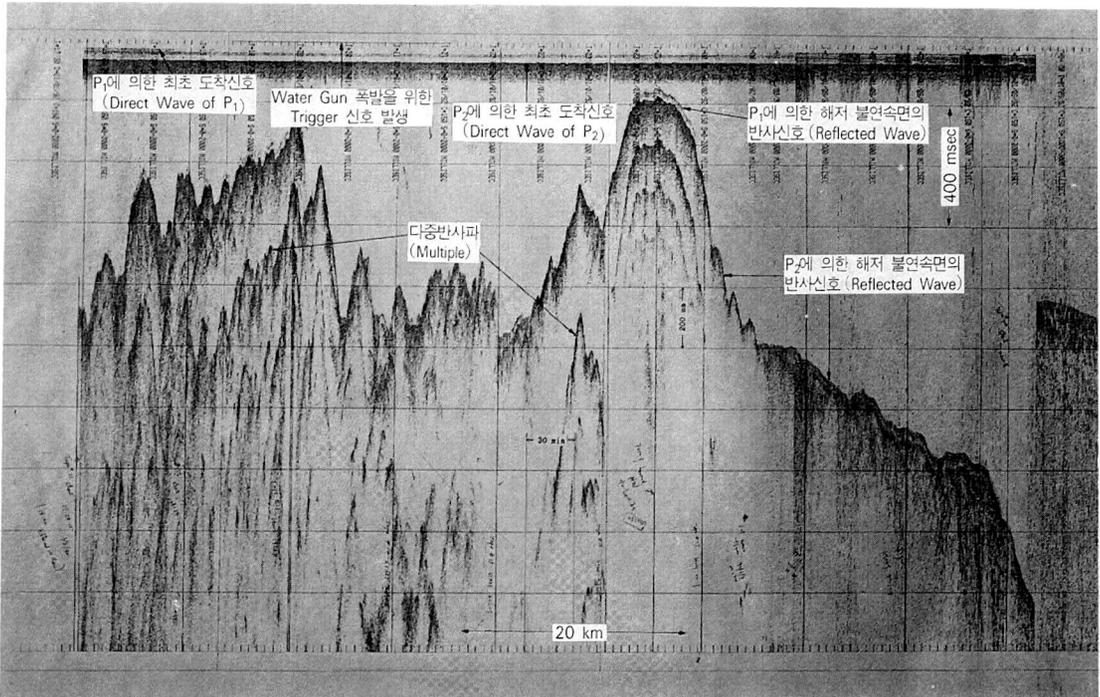


Fig. 3. Seismic field records of line 1 and line 2. Source signature and time delay are shown in the records.

수심 3m, hydrophone과 gun과의 10m로 인한 거리에 따른 시간지연과 EPC에서의 trigger 발생으로부터 firing unit를 경유하여 gun의 solenoid 구동, 폭발에 이르는 기계적인 시간지연으로 파악되며, 65ms 내외에서의 P<sub>2</sub>에 의한 직접파는 앞의 시간지연에 내사(implosion)까지의 시간지연이 추가된 것이다.

따라서 얻고자 하는 해저로부터의 반사신호음이 내사에 의한 P<sub>2</sub>의 반사파임을 전제하면, 전체의 기록에 대하여 시간지연에 따른 보정이 필요하다. 즉

P<sub>2</sub>에 의한 직접파의 시간지연중에서 gun으로부터 hydrophone까지의 거리에 의한 시간지연을 제외한 것이, 시간지연에 대한 요구되는 보정치이다. 실제 현장자료의 독취에서는 이상과 같은 시간지연을 고려하여 전 특선에 걸쳐 약 60ms가 지연된 것으로 보고, 이에 따른 시간보정을 실시하였다.

Fig.3은 현장에서 획득한 기록지의 사진이며, 시간지연에 대한 보정 후, 각 측선의 profile들은 Fig.4, 5, 6, 7 및 8에 나타내었고, 각 측선의 시작지점과 종료지점에 대한 위치는 Table 1에 정리되었다.

Table 1. Coordinates of each survey line.

Line No.	Point	Latitude	Longitude	Distance
Line 1	FM	64° 45.1462' S	63° 04.0423' W	15,490.9 m
	TO	64° 38.5449' S	62° 52.1388' W	
Line 2	FM	64° 04.2738' S	61° 21.8055' W	40,957.9 m
	TO	63° 42.6129' S	61° 12.4731' W	
Line 3	FM	63° 42.6129' S	61° 12.4731' W	42,067.6 m
	TO	63° 27.2230' S	61° 49.7635' W	
Line 4-1	FM	63° 27.2230' S	61° 49.7635' W	64,988.9 m
	TO	63° 51.1752' S	62° 47.1459' W	
Line 4-2	FM	63° 54.1225' S	62° 54.4227' W	37,609.4 m
	TO	64° 08.4100' S	63° 27.1240' W	

#### 4. 각 측선 개요

Fig.1의 각 측선에 대하여 실시된 해양탄성과 탐사에 따라, 동 측선에서의 기록지 판독과 해석에 의한 해저지형 및 지층구조는 다음과 같다.

##### 가. 측선 1 (Fig.4)

이 지역은 브라반트섬 남서쪽 젤라쉬 해협의 일부분으로, 앤버스섬과 브라반트섬 사이의 해협과 합류되는 곳이다. 이 지역에 대한 해양 탄성과 탐사결과, 225m~700m에 이르는 수심분포를 보이는 본 해역은 험한 해저 지형을 이루며, 퇴적층이 거의

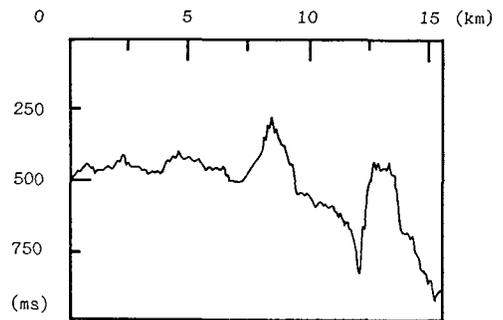


Fig. 4. Profile of seismic line 1  
L:WSW - R:ENE

나타나지 않는 암반 노출지역으로 판단된다. 특히 동 측선의 북동부지역은 경사 10° 내외의 급격한

수심변화를 보이는 좁은 협곡(수심 600m 이상)이 분포하고 있다. 동 측선은 뒤에서 언급되는 측선 2 또는 측선 4-1 지역과 매우 유사한 해저지형을 보이며 이는 빙하에 의한 침식지형과 관련됨을 시사한다.

#### 나. 측선 2 (Fig. 5)

이 지역은 젤라쉬 해협의 북동쪽 부분에서 트리니티섬 서쪽해역에 이르는 지역으로, 크기는 젤라쉬 해협의 일부로 볼 수 있다. 대체로 수심 150m~700m에 분포하는 동 지역 역시 측선 1과 유사한 해저지형을 보여준다. 즉 대부분의 지역에서 급격한 수심변화를 갖는 암반 노출지역으로 생각되며, 해저면에는 심한 기복과 더불어 퇴적층후가 거의 나타나지 않는다. 특이한 것은 폭 370m~900m에 이르는 깊은 협곡이 측선 내에 빈번히 나타나고 있는데, 이는 남서 방향에서 북동 방향의 경사가 심한 계곡으로서 빙하에 의한 U자형 빙식지형으로 예상된다. 즉 남극반도로부터, 빙하기에 grounding된 빙하가 북서쪽으로 이동함에 따라 침식되어 형성된 해저지형으로 사료된다. 이러한 협곡의 해저면에는 퇴적물이 쌓여있으나 탄성과 기록지에서는 너무 협소한 계곡이기 때문에 정확한 층후를 계산할 수 없었다.

측선 1과 2에서 퇴적층이 거의 보이지 않는 이유는 주변으로부터 퇴적물의 공급량이 상대적으로 적은 것보다 젤라쉬 해협을 따라 북동쪽으로 흐르는 강한 해류의 영향으로 남극반도에서 공급되는 빙하퇴적

물이 이동되기 때문으로 사료되나(Niler et al., 1991), 차후 이에 대한 해양물리학적인 검증이 요망된다.

#### 다. 측선 3 (Fig. 6)

이 지역은 측선 양단의 수심이 140m 내외로부터 북측 중앙부는 수심 1300m 이상에 달하는 브랜스필드 해협의 Western Subbasin에 걸치는 지역이다. 이 지역에서는 측선 2와 계속되는 남단으로부터, 퇴적층이 존재하지 않는 약 7°~8°의 경사면을 갖다가, 수심 700m 지점을 전후하여 약 50ms의 퇴적층이 존재한다. 이후 Western Subbasin에 이르러서는 150ms 이상의 두꺼운 퇴적층이 향사구조를 이루며 발달해 있다. 이후 Western Subbasin의 경계부로부터 동 측선의 북단에 이르기까지는 45° 이상의 경사를 보이며 급격한 수심 감소와 함께 로우섬의 남쪽 해상에 도달한다.

남극반도 북단으로부터 넓은 지역에 걸쳐 대륙붕(Orleans Trough로 구분됨)이 분포하는데, 이것의 일부분인 트리니티섬 주변해역을 벗어나면서 나타나는 50ms 내외의 퇴적층은 육성기원의 퇴적물로서, 이 지역에서의 수괴운동에 따라 널리 분포되어 Western Subbasin의 표층 퇴적물의 일부분을 형성하리라 예상된다. 즉 이 지역에서의 수괴운동을 살펴보면 브랜스필드 해협의 해류는 남서쪽의 벨링스하우젠해로부터 유입되며, 이는 웨델해로부터 이루어져 남극반도 연안을 따라 남서방향으로 진행해

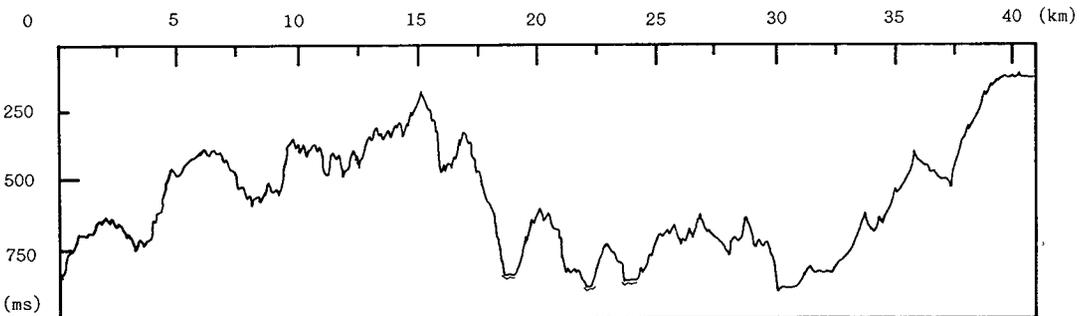


Fig. 5. Profile of seismic line 2 (L:SWS - R:NEN)

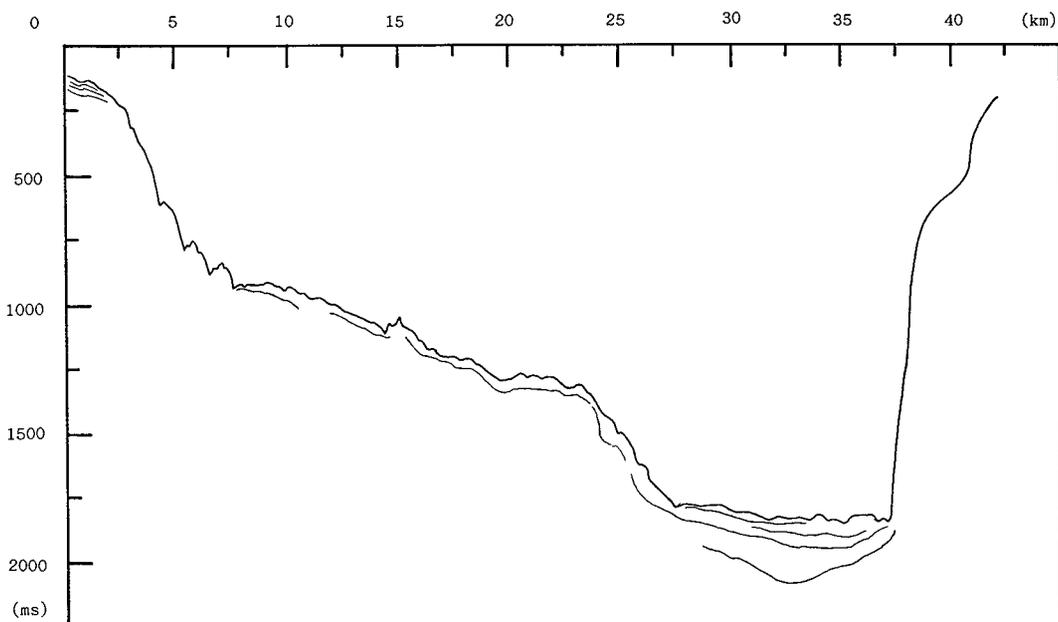


Fig.6. Profile of seismic line 3 (L:SES - R:NWN)

은 해수의 영향으로, 트리니티섬 부근에서 북동방향으로 사행진행한다(석, 1990). 또한 Western Subbasin의 두꺼운 퇴적층(150ms 이상)은 킹조지 분지(Central Subbasin)와 같이 표층수에서의 생물학적 생산성에 따른 생물기원의 연니(윤 외, 1991)로 예상된다.

한편 Western Sibbasin 내의 두꺼운 퇴적·항사 구조와 더불어 북단의 급격한 경사구조는 브랜스필드 해협과의 성인과 밀접한 연관관계를 보여주는 것으로 사료된다.

**라. 축선 4 (Fig.7, Fig.8)**

이 지역은 로우섬의 남쪽해상으로부터 앤버스섬 북쪽해역에 이르는 지역이다. 로우섬에서 멀어지면서 약간의 수심변화를 보이다가(140m~675m) 곧 250m 내외의 평탄한 수심분포를 나타내며, 앤버스섬 북측에 가까이 이르러서는 수심이 다소 완만하게 깊어지며, 이후 급격한 수심변화를 보이며 축선이 종료된다. 이 지역에서의 퇴적층후는 로우섬 남쪽해역과 축선 중앙부에 얇은 퇴적층만이 존재

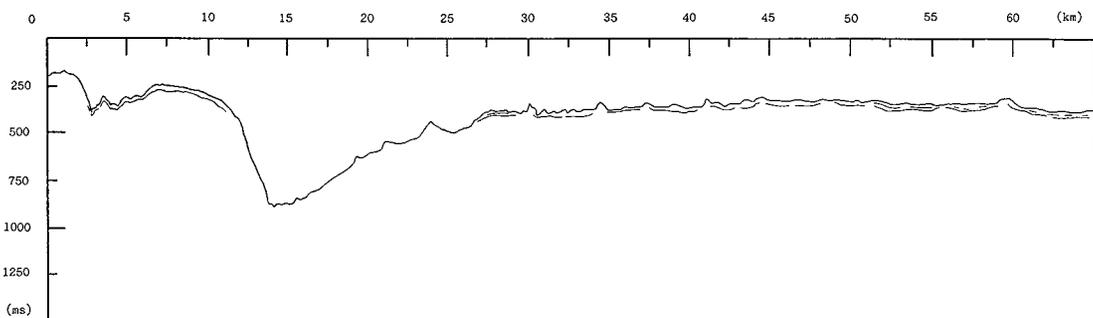


Fig.7. Profile of seismic line 4-1 (L:ENE - R:WSW)

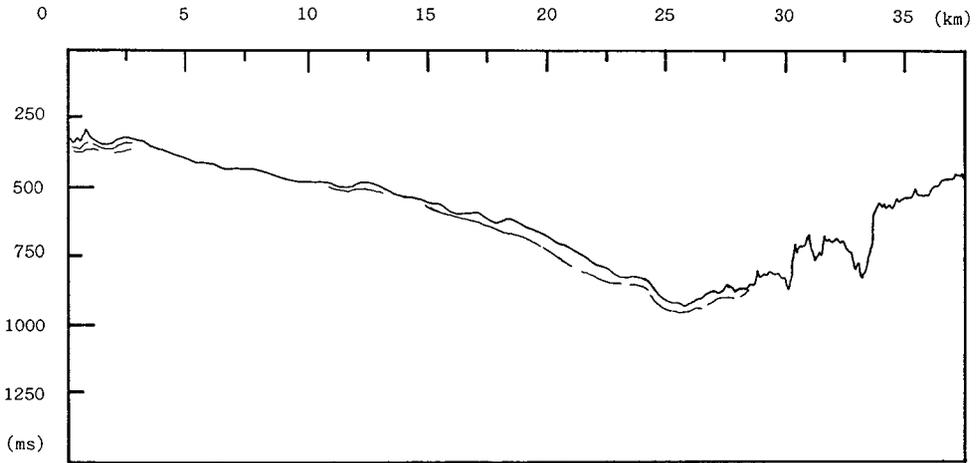


Fig. 8. Profile of seismic line 4-2 (L:ENE - R:WSW)

하며, 앤버스섬 북측해역에서는 기반암 돌출과 유사한 협산 해저지형을 나타낸다. 특히 브라반트대지가 끝나면서 수심변화가 심해지는 앤버스섬의 북측해역은 측선 1에서의 해저지형과 매우 유사하며, 이는 측선 1로부터 앤버스섬과 브라반트섬 사이의 해협을 거쳐 빠지는 남동-북서방향의 커다란 빙하곡으로 판단된다. 또한 브라반트대지의 대륙붕 지역에서는 여러 군데에서 약 20m 내외의 해저 돌출구조를 보여준다. 이는 관입등에 따른 해저화산이나 빙하에 의한 침식구조에 기인하는 것으로 유추되나 보다 명확한 성인은 정밀 탐사·해석 및 시추 등을 통하여 밝혀질 것이다.

### 5. 토의 및 결론

남극반도 태평양 연안 지역중 Hero 파쇄대 남서부는 50Ma부터 ridge crest와 trench의 충돌이 있었으며 특히 브라반트섬 부근에서는 4Ma까지 계속되었다. 따라서 이러한 구조활동과 연관된 지각 확장 작용이 남극반도 연안을 따라 나타난다. 남극반도 남서부의 George VI Sound는 팔머랜드와 알렉산더섬 사이에 존재하는 해협으로 기반암의 심도가 800~1000m에 달한다. 이는 시기는 알 수 없으나 지각확장 작용으로 생성된 폭 30~70km의

해협으로 알려져 있다(Maslanyj, 1987). 또한 젤라쉬 해협 북동부의 폭 100km인 브랜스필드 해협은 전술한 바와 같이 지난 1.3Ma동안 30km 정도 확장된 것으로 알려져 있다. 위와 같이 젤라쉬 해협은 북동부와 남서부의 지각확장 지역 사이에 존재하는데 그 성인에 대해서는 알려진 바 없다.

젤라쉬 해협은 폭이 15~35km인 좁은 해역으로 지질학적으로 유사한 앤버스, 브라반트섬과 남극반도 사이에 존재한다. 즉 양측 모두 중생대 말기부터 신생대 사이에 생성된 magmatic arc의 암석으로 구성되어 있다. 젤라쉬 해협은 브라반트섬을 따라 좁은 폭을 갖는 최대 수심 1000m의 계곡을 제외하고는 대개 500m 이내의 수심을 갖는다. 측선 1과 2에서 보듯이 젤라쉬 해협 내에는 퇴적물이 거의 피복되지 않은 상태에서 매우 불규칙한 해저지형을 보인다. 다만 불규칙한 지형내의 작은 계곡 내에서 얇은 퇴적층이 보일뿐이다. 그러나 젤라쉬 해협 북동쪽 입구에서는 50ms 두께의 퇴적층이 관찰되며 계곡의 하부에는 150ms 이상의 충후를 갖는 퇴적층이 관찰되는데 이는 브랜스필드 분지의 일부로 사료된다. 이상으로 보아 젤라쉬 해협은 George VI Sound나 브랜스필드 해협과는 달리 비교적 기반암의 심도가 얇고 퇴적물이 없는 것으로 미루어 볼 때 적어도 앤버스섬 부분의 해협은 빙하침식에 의해

생성된 것으로 여겨진다. 그러나 젤라쉬 해협중 브라반트섬 북동부의 좁은 계곡은 브랜스필드 해협 Western Subbasin의 연장으로, 브랜스필드 지각 확장 축의 일부분일 가능성을 배제할 수 없다. 다만 반복되는 빙하 삭박 작용과, 젤라쉬 해협을 따라 북동 방향으로 흐르는 강한 연안 해류에 의해 남극반도에서 유입되는 빙하 퇴적물이 이동되어 퇴적물이 쌓이지 않는 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 김예동, 남상현, 1992. 음원의 공기압과 수심변화에 따른 Water Gun 신호음의 특성 연구. 한국해양연구소, BSPE 00248-453-7, 47p.
- 김예동, 정태웅, 남상현, 1991. 남극 브랜스필드 해협의 자력이상. 남극 환경 및 자원탐사 기술. 과학기술처. BSPG 00140-400-7, 117-194.
- 석문식, 1990. 브랜스필드해협의 1989/90 하계 해황 특성. 남극환경 및 자원탐사 기술. 과학기술처. BSPG 00111-317-7, 157-188.
- 윤호일, 장순근, 박병권, 1991. 킹조지분지 코아퇴적물에 나타난 퇴적상. 남극환경 및 자원탐사 기술. 과학기술처. BSPG 00140-400-7, 331-384.
- Anderson, J.B., 1989. Antarctica's Glacial Setting. In: Anderson, J.B. and B.F. Molnia, (Ed.) Short Course in Geology. Vol.9. Glacial Marine Sedimentation, 11-57, American Geophysical Union.
- Anderson, J.B., 1989. Geology and Hydrocarbon Potential of the Antarctic Continental Margin. In: Mineral Resources Potential of Antarctica. Antarctic Research Series Vol.51, 175-201, American Geophysical Union.
- Anderson, J.B., 1989. personal communication.
- Barker, P.F., 1982. The Cenozoic Subduction History of the Pacific Margin of the Antarctic Peninsula: Ridge Crest-Trench Interactions. Geol. Soc. London, 139: 787-801.
- Barker, P.F. and I.W. Dalziel, 1983. Progress in Geodynamics in the Scotia Arc Region. In: Cabre R.(Ed.) Geodynamics of the Eastern Pacific Region, Caribbean and Scotia Arcs. Geodynamic Series Vol.9, 137-170, American Geophysical Union.
- Birkenmajer, K., 1987. Oligocene-Miocene Glacio-Marine Sequences of King George Island (South Shetland Islands), Antarctica. Palaeontol. Polon., 49, 9-36.
- Dalziel, I.W. and D.H. Elliot, 1982. West Antarctica: Problem Child of Gondwanaland. Tectonics, 1: 3-19.
- Hsieh, D.Y. and M.S. Plesset, 1963. Theory of rectified diffusion of mass into gas bubbles. Journal of Acoustical Society of America 33: 206-215.
- Larter, R.D. and P.F. Barker, 1989. Seismic Stratigraphy of the Antarctic Peninsula Pacific Margin: A Record of Pliocene-Pleistocene Ice Volume and paleoclimate. Geology, 17: 731-734.
- Larter, R.D., 1991. Debate and Reply: Preliminary Results of Seismic Reflection Investigation and Associated Geophysical Studies in the Area of the Antarctic Peninsula, by the GRAPE Team. Antarctic Science, 3: 217-222.
- Maslanyj, M.P., 1987. Seismic Bedrock Depth Measurements and the Origin of George VI Sound, Antarctic Peninsula. Br. Antarct. Surv. Bull. 75: 51-65.
- Niler, P.P., Amos, A. and Hu, J.-H., 1991. Water masses and 200m relative geostrophic circulation in the western Bransfield Strait region. Deep-Sea Resear., 38: 943-959.
- Safer, M.H., 1968. Comment on papers concerning rectified diffusion of cavitation bubbles. Journal of Acoustical Society of America 43: 1188-1189.
- Safer, M.H., 1968. On the calibration of the water gun pressure signature. Geophysical Prospecting, 33: 97-109.