

남극해 남스코시아 해령 주변의 지체구조

홍종국¹⁾, 진영근¹⁾, 이주한¹⁾, 남상현¹⁾, 박민규²⁾

¹⁾한국해양연구원 부설 극지연구소 극지응용연구부, jkhong@kopri.re.kr

²⁾한국해양연구원 부설 극지연구소 극지환경연구부

Tectonic features along the South Scotia Ridge, Antarctica

Jong Kuk Hong¹⁾, Young Keun Jin¹⁾, Joochan Lee¹⁾, Sang Heon Nam¹⁾,
Minkyu Park²⁾

¹⁾Polar Applied Science Div., KOPRI, KORDI

²⁾Polar Environmental Research Div., KOPRI, KORDI

요약 : 남극 웨델해 북부에 위치한 남스코시아해령을 가로지르는 측선에 대하여 다중채널 탄성파 탐사를 수행하였다. 남스코시아해령은 남극반도의 연장선에 존재하는 대륙지각으로 각각 해양지각인 스코시아해와 포웰분지와 접하고 있다. 남스코시아해령은 스코시아 판의 남쪽 가장자리를 이루고 있는 동-서 방향의 좌선 변환단층을 따라 횡장력에 의해 만들어졌다. 남스코시아해령 중앙에 위치한 중앙 함몰대는 경사부정합이 존재하며 남스코시아해령의 확장과정에 나타난 구조로 해석된다.

주요어 : 남스코시아 해령, 남극해, 탄성파 탐사, 횡장력, 중앙함몰대

Abstract : Multichannel seismic survey has conducted along the South Scotia Ridge which is located in the northern part of Weddell sea, Antarctic sea. The South Scotia Ridge is part of continental crust extended from Antarctic Peninsula. It borders on Oceanic plates, the Scotia sea plate and Powell basin. Transtensional tectonics along the sinistral transform fault plate boundary led to the creation of the present tectonic geomorphology of the South Scotia Ridge. The fan-shaped deposits with angular unconformities in the central depression is interpreted as a divergent tectonic movement along the ridge.

Keywords : South Scotia Ridge, Antarctic sea, Seismic survey, transtensional tectonics, central depression

1. 서론

후기 팔레오세부터 진행되었던 남미와 남극반도의 분리과정에서 드레이크해협(Drake Passage)을 생성되고 이에 따라 차가운 해류가 남극반도를 순환하는 남극순환류(Antarctic Circumpolar Current: ACC)가 생성됨에 따라 (Barker and Burrell, 1977) 현재 일년 내내 얼어붙은 남극대륙이 형성되었다(e.g. Gill and Bryan, 1971; Kennett, 1977).

남스코시아해령(South Scotia Ridge)은 남미와 남극반도의 분리과정에서 형성된 지역에

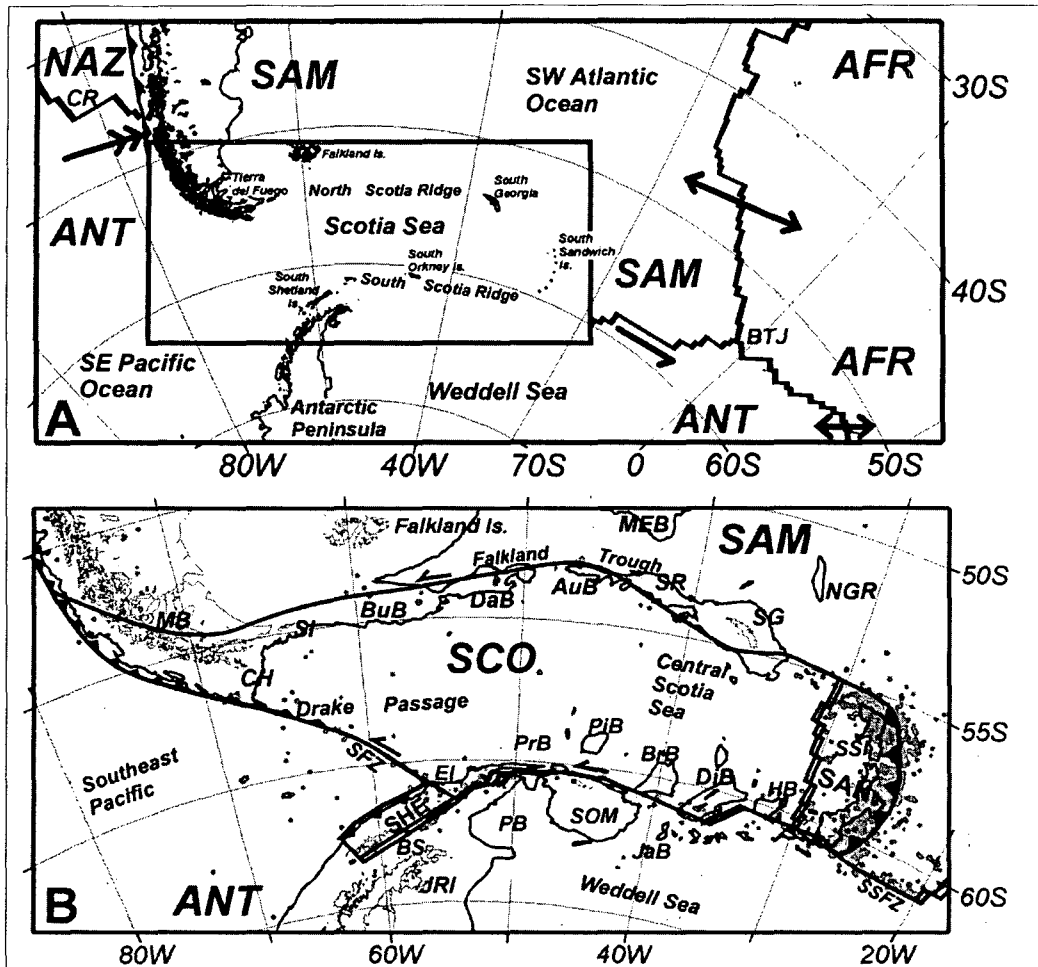


Fig. 1. Major plate and microplate boundaries and motions. (A) Major plate boundaries and motions in the Southwest Atlantic and Southeast Pacific, showing vectors of plate motion. BTJ is the Bouvet triple junction and CR the Chile Rise. Inset (B) shows smaller plates in the Scotia Sea region (Scotia SCO, Sandwich SAN and Shetland SHE), with directions of motion at boundaries, epicentres of shallow earthquakes and locations of features (after Barker, 2001).

해당하는 곳으로 스코시아판(Scotia plate)과 남극판(Antarctic plate)의 남쪽 경계부로서 북으로 스코시아해, 남으로 포웰분지와 접해있다(Fig. 1). 이는 북쪽으로 동서방향으로 이동하는 스코시아해 분지와 남쪽으로 해저확장에 의하여 형성된 포웰분지와 경계를 이루고 있으므로 이들의 판구조활동에 의하여 복잡한 지체구조를 보인다.

이번 연구에서는 남극 웨델해 북부지역에서 획득한 다중채널 탄성과 탐사자료 중 남극반도의 북동부에 위치한 남스코시아해령 지역을 포함하는 탐사자료의 분석을 통해 남스코시아해령 주변의 지질, 지체구조에 대하여 고찰하고자한다.

2. 탄성과 탐사자료

다중채널 탄성과탐사는 2000년도부터 2003년도 사이에 남극 웨델해 북부지역에서 수행되었다. Fig.2는 2000년도 탐사자료 중 남스코시아 해령을 통과하는 축선을 보여주고있다. 자료획득변수는 Table 1에 제시하였다(남상현외, 2002).

현장에서 탄성과 자료의 질을 파악하기 Linux OS 기반의 Seismic Unix를 이용하였으며,

자료는 SEG-Y 포맷으로 저장되었다. 탄성과 자료처리에 이용된 소프트웨어는 연구원이 보유하고 있는 Promax 소프트웨어를 사용하였으며 최종결과는 SEG-Y 포맷으로 저장하였다.

자료처리 과정은 자료편집, CDP 정렬, 속도분석, NMO 보정, 중합, 필터링 등의 다중채널 탄성과 처리기법을 적용하였다.

Table 1. Acquisition Parameters

연구선	Yuzhmorgeologiya(러시아 선적, 5500톤)
탄성파 기록 장치	DFS-V와 DAS-1 병행운용
탄성파 수신 장치	ITI사의 48 Channel Streamer
탄성파 음원 장치	Sleeve gun과 Impulse gun
탄성파 기록 Q/C	리눅스 OS상에서의 Seismic Unix(SU)
조사선의 평균속도	4.86 knots(50m)
평균 발파 간격	20 초
발파 당 기록시간	8 초
샘플링 간격	2 msec
공기 압력	2000 psi
근거리 옵셋	150 m
총 수신 채널수	48 channel
채널 당 수신기 간격	25 m

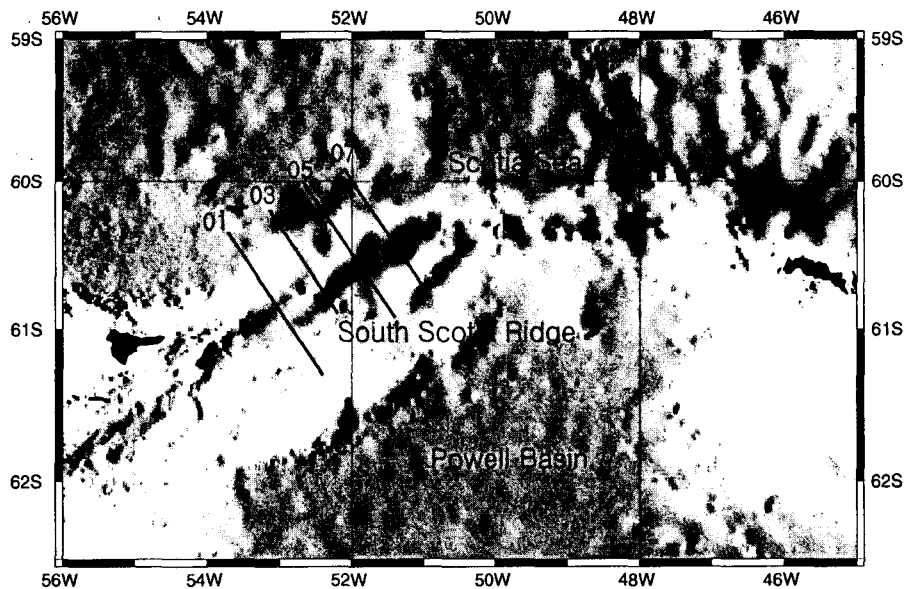


Fig. 2. Location map of seismic survey lines.

3. 남스코시아 해령의 지형 및 지질구조

남극반도 북동쪽에 인접한 남스코시아해령은 북쪽으로 스코시아해 분지와 남쪽으로 포웰분지에 접하고 있다(Fig. 2). 남스코시아해령은 중앙함몰대에 의해 분리된 거의 평행한 북쪽지맥과 남쪽지맥 두 개의 지맥(branch)으로 구성되어 있다. 남스코시아해령의 북쪽지맥은

정상부의 수심이 500 ~ 1000 m에 이르며, 주향을 따라 북쪽으로 불룩한 형태를 보인다. 남스코시아해령의 서쪽지역 끝에서는 지맥의 폭이 40 km에 달하고 동쪽지역 끝은 10 km 이하의 좁은 폭을 나타낸다. 북쪽지맥의 북쪽 사면은 스코시아해 분지쪽으로 경사졌으며, 남쪽 사면은 중앙의 함몰대와 접해있다. 남스코시아해령의 중앙 함몰대는 네 개의 좁은 해연 (deep)으로 구분된다. 서쪽에서부터 클라렌스 (Clarence), 에스페리데스 (Hesperides), 49° 30' 그리고 Eastern 해연으로 불리운다 (Acosta and Uchupi, 1996). 북쪽으로 둥글게 휘어진 남쪽지맥은 20 ~ 60 km의 폭과 500 ~ 1000 m의 깊이를 갖는다. 남극반도에서 남오크니 소대륙 쪽으로 400 km 정도 뻗어있다. 남쪽지맥은 장축 방향과 평행하게 분포하는 좁은 함몰대에 의해 둘로 분리되고, 이 함몰대의 동쪽은 에스페리데스 해연과 연결된다. 이 좁은 함몰대의 남쪽은 500 m 이하의 깊이를 갖는 넓은 구릉지대이고, 북쪽은 꼭대기가 평평한 정상부이다.

Fig. 3은 남스코시아 해령을 횡단하는 4개의 탄성과 측선에 대한 해석도이다. 북쪽지맥은 스코시아해와 경계를 이루고 있으며 스코시아해의 퇴적층 두께는 남스코시아 해령방향으로 깊어지는 형태를 보인다. 북쪽지맥의 중앙부는 비교적 평탄한 지형을 보이며 이를 중심으로 스코시아해와 중앙해연 방향의 사면으로 정단층이 발달하였다. 북쪽사면의 경우 비교적 규칙적으로 발달한 정단층에 의하여 계단 형태의 지형을 보이고 있으며 사면하부에 퇴적층이 존재한다. 남쪽 사면의 경우 단층에 의하여 절단된 블록의 크기가 서로 다르게 나타나며 사면하부의 지층구조는 거의 보이지 않는다. 정상부는 비교적 평탄하나 측선에 따라 과거 빙상의 이동통로로 생각되는 trough 형태의 지형을 보인다.

남스코시아 해령의 중앙부에 위치한 해연은 해령의 북쪽 및 남쪽 지맥에서 최대 약 4000m 정도의 고도차이를 보이며 함몰된 지형으로 내부의 구조는 2-3개의 퇴적층이 존재하는 V자 형태의 지니고 있다. 해연하부 지층에서 중심부로 경사진 단층이 존재하며 해연의 가장 자리에서 중심부로 갈수록 두께가 증가하고 있다. 이러한 구조는 해연이 점진적으로 확장되었음을 시사한다.

남쪽지맥은 남으로 해양지각인 포웰분지와 경계를 이루고 있다. 해연 방향의 북쪽사면은 정단층에 의하여 함몰된 급경사의 지형을 보이며 경사면 하부에 퇴적층이 발견되지 않는다. 정상부에는 비교적 두꺼운 퇴적층이 존재한다. 남쪽의 포웰분지 방향으로 지형이 비교적 완만하며 포웰분지와 경계부분으로 갈수록 퇴적층의 두께가 두꺼워 지고 많은 단층들이 존재한다.

4. 결론

남스코시아 해령 북쪽지맥의 지형은 많은 단층들에 의하여 남북쪽 사면 모두 급경사를 보이고 있는 반면 남쪽 지맥의 북쪽사면은 급경사를 보이나 남쪽지맥의 남쪽사면은 완만한 경사를 보이고 있다. 북쪽지맥의 지질구조는 단층, 습곡활동에 의하여 지질구조의 변형이 일어났다. 반면, 남쪽지맥의 경우 북쪽지맥에 비하여 단층 및 습곡활동이 상대적으로 적은 반면 빙하 등에 의한 침식지형이 나타난다. 이러한 다양한 지질구조는 남스코시아해령을 중심으로 활발한 지구구조적 활동이 있었음을 지시한다. 남스코시아해령은 스코시아 판의 남쪽 가장자리를 이루고 있는 동-서 방향의 좌선 변환단층을 따라 횡장력(transtensional force)에 의해 만들어졌다 (Galindo-Zaldivar et al., 1996).

남스코시아해령은 중앙 해연(central deep)에 의해 남과 북으로 나뉘어 지며, 이 경계는 단일 단층인지 아니면 확산지역인지에 대해 여러 가설이 존재한다. 해연은 주변의 지맥으로부터 약 4000 m 이상의 고도 차이를 보이는 구조로서 단순한 함몰대의 구조보다는 남스

남극해 남스코시아 해령 주변의 지체구조

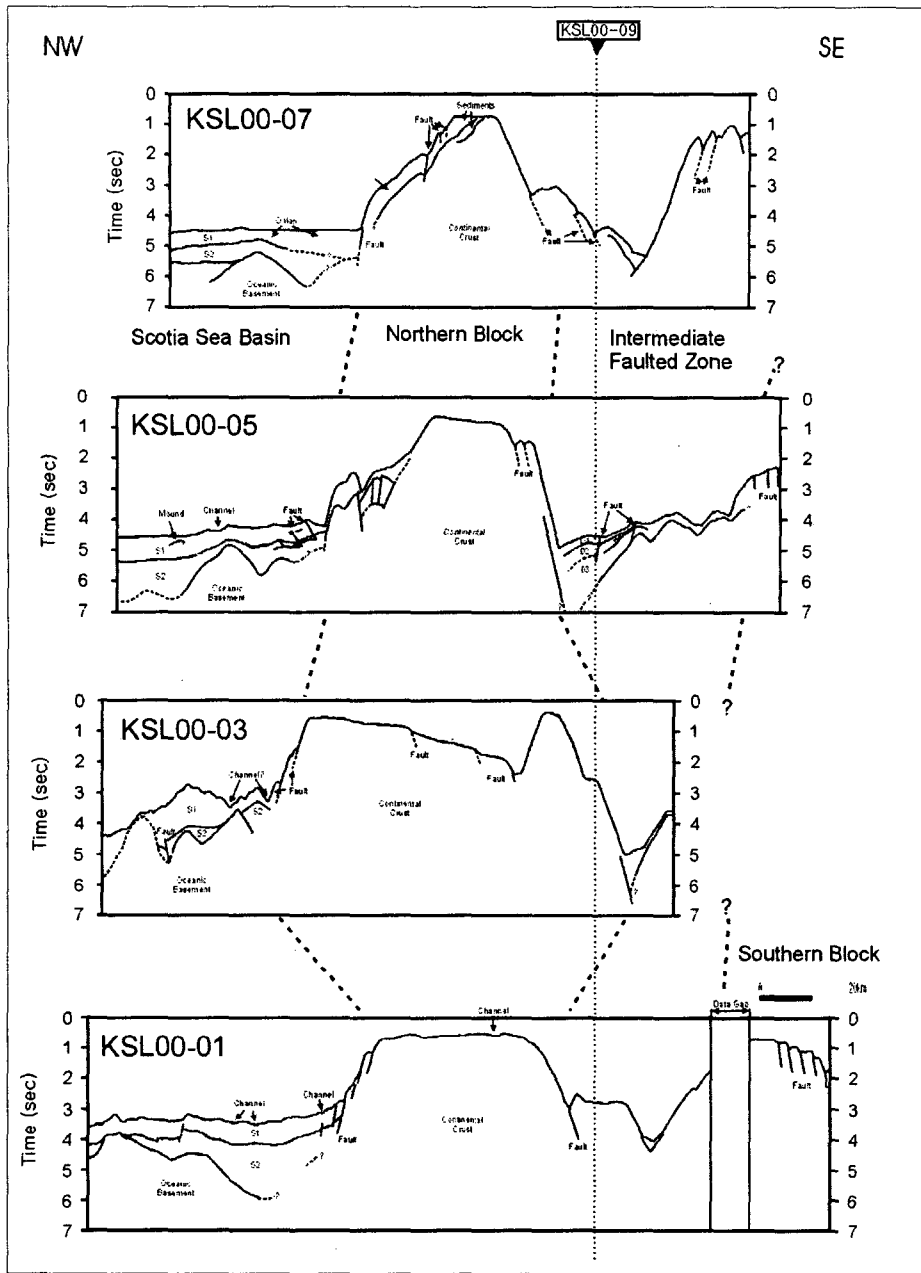


Fig. 3. Line drawing interpretations of seismic profiles showing the main tectonic features on the profiles.

코시아해령의 확장과정에 나타난 구조로 해석된다. 그러나 해연의 지형구조가 선형 보다는 원형의 구조를 보이므로 단순한 확장구조로 해석하기 어려운 점이 있다. 하지만 함몰대의 체인과 중앙에 상당히 복잡한 지역은 확산지역일 가능성을 암시한다.

함몰대를 경계로 북쪽과 남쪽 지맥은 지형적 및 구조적인 차이를 보인다. 원래 하나였던 북쪽 지맥은 지구구조적인 뒤틀림 작용에 의하여 여러 블록으로 나누어진 것으로 해석되며 (Acosta and Uchupi, 1996), 남쪽 지맥은 남쪽 경계에 연속적인 계단 모양의 단층들이 분포하는 것으로 미루어 장력이 작용하였음을 알 수 있다.

남스코시아해령의 정상부는 침식성 탁상지(erosional platform)를 형성하며, 경사의 방향이 다양하게 변화한다. 퇴적층은 남쪽 경사면에 비해 북쪽 경사면에 많이 분포하고 있으며, 부분적인 빙하 침식작용에 의한 퇴적구조가 탁상지의 가장자리에서 나타난다.

감사의 글

남극현장탐사에 많은 도움을 주신 한국해양연구원 극지연구소 연구팀과 러시아조사선 승조원에게 감사드립니다. 또한 이 연구는 극지연구소 연구과제 PE05001과 해양수산부과제 PM05020의 연구비 지원이 있었음을 밝힙니다.

참고문헌

- 남상현외, 2002, 01 남극 해저지질 조사연구, 한국해양연구원
- Acosta, J. and Uchupi, E., 1996, Transtensional tectonics along the south Scotia Ridge, Antarctica, *Tectonophysics*, 267, 31-56.
- Barker, P.F., 2001, Scotia Sea regional tectonic evolution: implications for mantle flow and paleocirculation, *Earth-Science Rev.*, 55, 1-39.
- Barker, P.F., and Burrell, J., 1977, The opening of Drake Passage, *Mar. Geol.*, 25, 15-34.
- Galindo-Zaldivar, J., Jabaloy, A., Maldonado, A., and Sanz de Galdeano, C., 1996, Continental fragmentation along the South Scotia Ridge transcurrent plate boundary (NE Antarctic Peninsula), *Tectonophysics*, 258, 275-301.
- Gill, A.E., and Bryan, K., 1971, Effects of geometry on a three-dimensional southern-hemisphere ocean model, *Deep-Sea Res.*, 18, 685-721.
- Kennett, J.P., 1977, Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the circum-Antarctic ocean, and their impact on global paleoceanography, *J. Geol. Soc.*, 145, 317-331.