

남극반도 북부해역의 가스하이드레이트 분포

홍 종국¹⁾, 진 영근¹⁾, 이 주한¹⁾, 박 민규¹⁾, 남 상헌¹⁾, 구 경모¹⁾

Distribution of gas hydrates off northern Antarctic Peninsula

Jong Kuk Hong, Young Keun Jin, Joohan Lee, Minkyu Park, Sang Heon Nam, Kyoung Mo Goo

Key words : BSR, gas hydrates(가스하이드레이트), seismic survey(탄성과 탐사), South Shetland Islands(남셰틀랜드 군도), AVO

Abstract : 남극 반도 북부해역은 남극대륙 주변부에 존재하는 가스하이드레이트 매장 유망지역중의 하나이다. 남극반도 북부해역내에서 BSR이 가장 뚜렷이 나타나는 남셰틀랜드 군도의 대륙주변부에서 가스하이드레이트 특성 및 분포를 연구하기 위한 탄성과 탐사가 1992년, 2005년도 수행되었다. 이 지역에 나타나는 BSR은 대륙사면에서 광범위하게 발달되어있다. 이 지역 BSR에 대한 AVO 분석결과에 의하면 BSR 상부지층은 높은 탄성과 속도를 갖으며 하부지층은 가스를 포함하는 것으로 밝혀졌다. 탄성과 단면에 나타난 BSR의 발견지역을 대상으로 분포도를 작성하였으며, 이 지역에 대한 추가적인 탄성과 탐사 완료 후에는 정확한 매장량과 분포가 밝혀질 것이다.

1. 서론

가스하이드레이트는 물 분자와 가스(주로 메탄)로 구성된 얼음과 비슷한 고체로서 저온 고압 환경조건에서 형성된다⁽¹⁾. 발견지역은 영구동토 지대와 전세계 해양지대에 광범위하게 분포되어 있다. 최근 가스하이드레이트에 포함된 막대한 양의 메탄 때문에 미래의 에너지 자원으로서 비상한 관심을 모으고 있다. 또한 지구 기후변화와 해저사면의 안전성에도 중요한 영향을 주는 요인으로 부각되면서 많은 연구가 이루어지고 있다⁽²⁾.

남극대륙 주변부에서는 지금까지 4개의 지역에서 가스하이드레이트의 존재를 지시하는 BSR이 발견되었다⁽³⁾. 이중의 하나인 남극반도의 북부해역인 남셰틀랜드 대륙주변부에서는 활발한 지구조 활동으로 다양한 암상과 변형작용이 일어나고 있으며 이와 더불어 가스하이드레이트와 관련된 BSR이 많이 관측되고 있다^(3,4). Tinivella and Accaino⁽⁵⁾는 주시역산(travel-time inversion)방법으로 P파의 속도분포를 구하여 BSR의 상하층에 나타나는 속도 이상의 원인이 가스하이드레이트와 하부 가스층에 의한 것임을 밝혔다. 진영

근외⁽⁶⁾는 남셰틀랜드 대륙주변부에 나타나는 BSR의 심도와 가스하이드레이트의 온도와 압력 조건을 이용하여 지열류를 계산한 바 있다.

이 장에서는 1993년 1월 및 2005년 12월에 남극 남셰틀랜드 군도 북부에서 획득한 탄성과 자료에 나타나는 BSR 연구를 통하여 이 지역 가스하이드레이트의 분포 및 특성을 밝히고자 하였다.

2. 지구조활동

남극반도 태평양 주변부는 남극대륙에 존재하는 유일한 활동성 주변부으로⁽⁷⁾. 대표적인 판구조활동은 피닉스판과 남극판의 충돌로 발생한 섭입과정이다. Fig. 1은 조사지역 주변의 주요 판 경계를 보여주고 있다. 피닉스판이 남셰틀랜드 해구에서 남극판 하부로 섭입하는 과정은 6 Ma

1) Korea Polar Research Institute, KORDI, 503 Get-Pearl Tower, Songdo Techno Park, 7-50 Songdo-dong, Yeonsu-gu, Incheon, 406-840, Korea.
Tel:+82-32-260-6213 Fax:+82-32-260-6218
E-mail:jkhong@kopri.re.kr

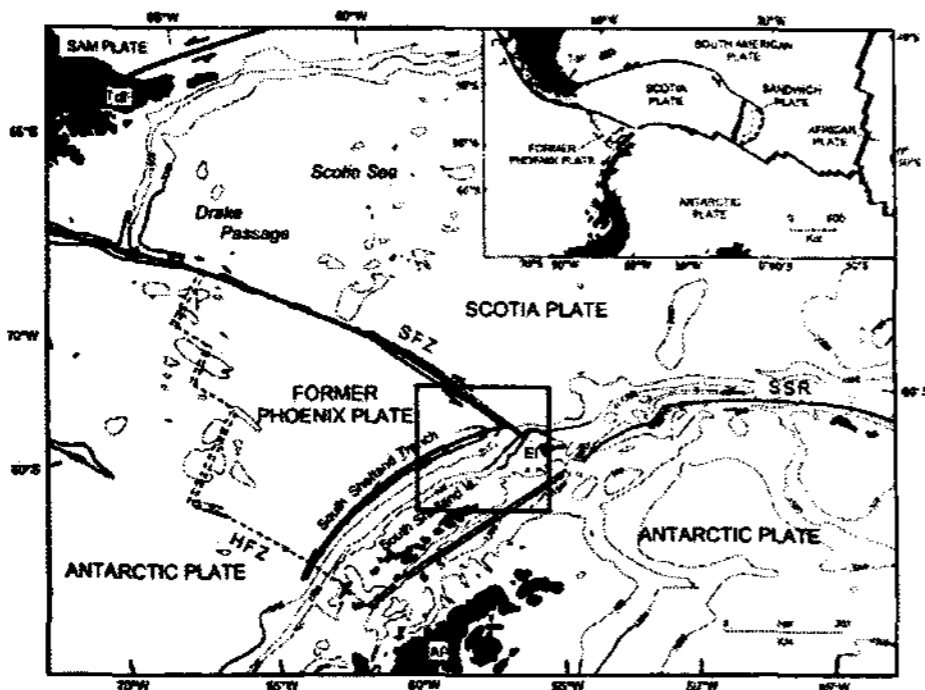


Figure 1. Major plate and microplate boundaries and motions.

부터 속도가 급감하면서 약 3.3 Ma에 중지되었다고 알려져 있으며, 섭입이 중지된 이후에도 남세틀랜드 해구는 축소되고 있는 것으로 알려져 있다⁽⁸⁾. 배호분지 위치에 있는 브랜스필드 해협이 확장하는 주장이 제기됨에 따라 피닉스판이 roll-back에 의하여 해구가 피닉스판 쪽으로 진행한다는 학설도 있다^(9,10).

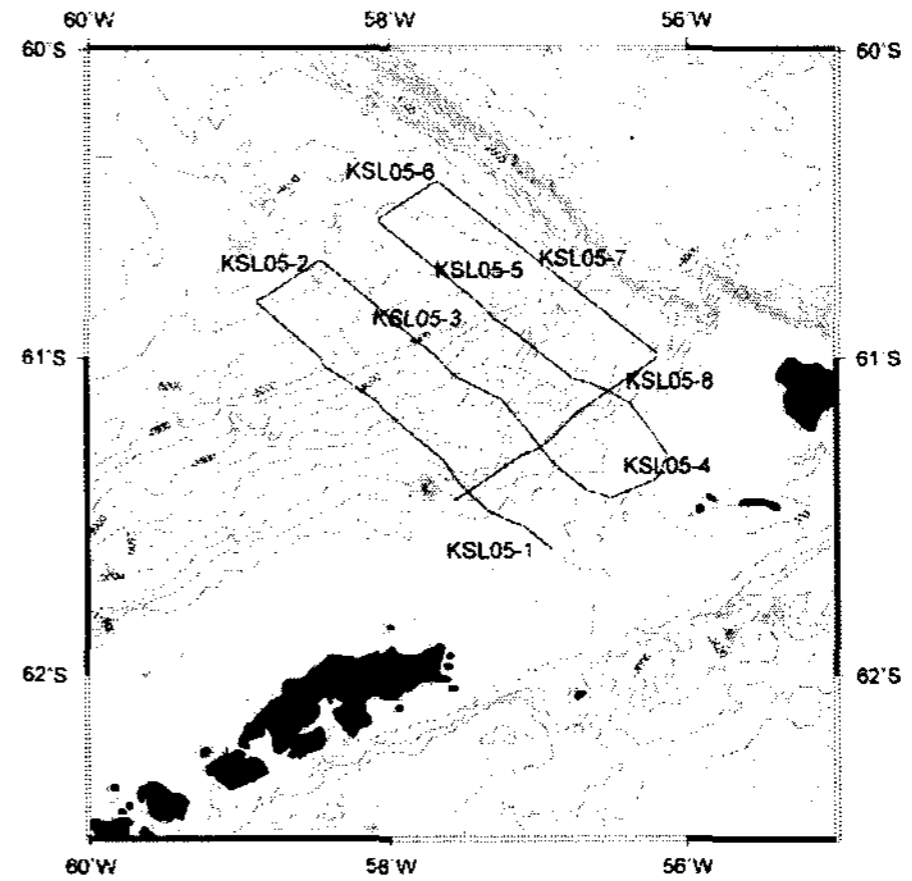


Figure 2. Track chart showing seismic survey lines

1992/1993년 남극하계기간 동안 한국해양연구원의 종합연구선 은누리호를 이용하여 획득한 탄성파 자료가 이용되었다. 자료의 처리 및 분석은 극지연구소 보유의 Promax system과 SU 등의 소프트웨어를 사용하여 이루어졌다.

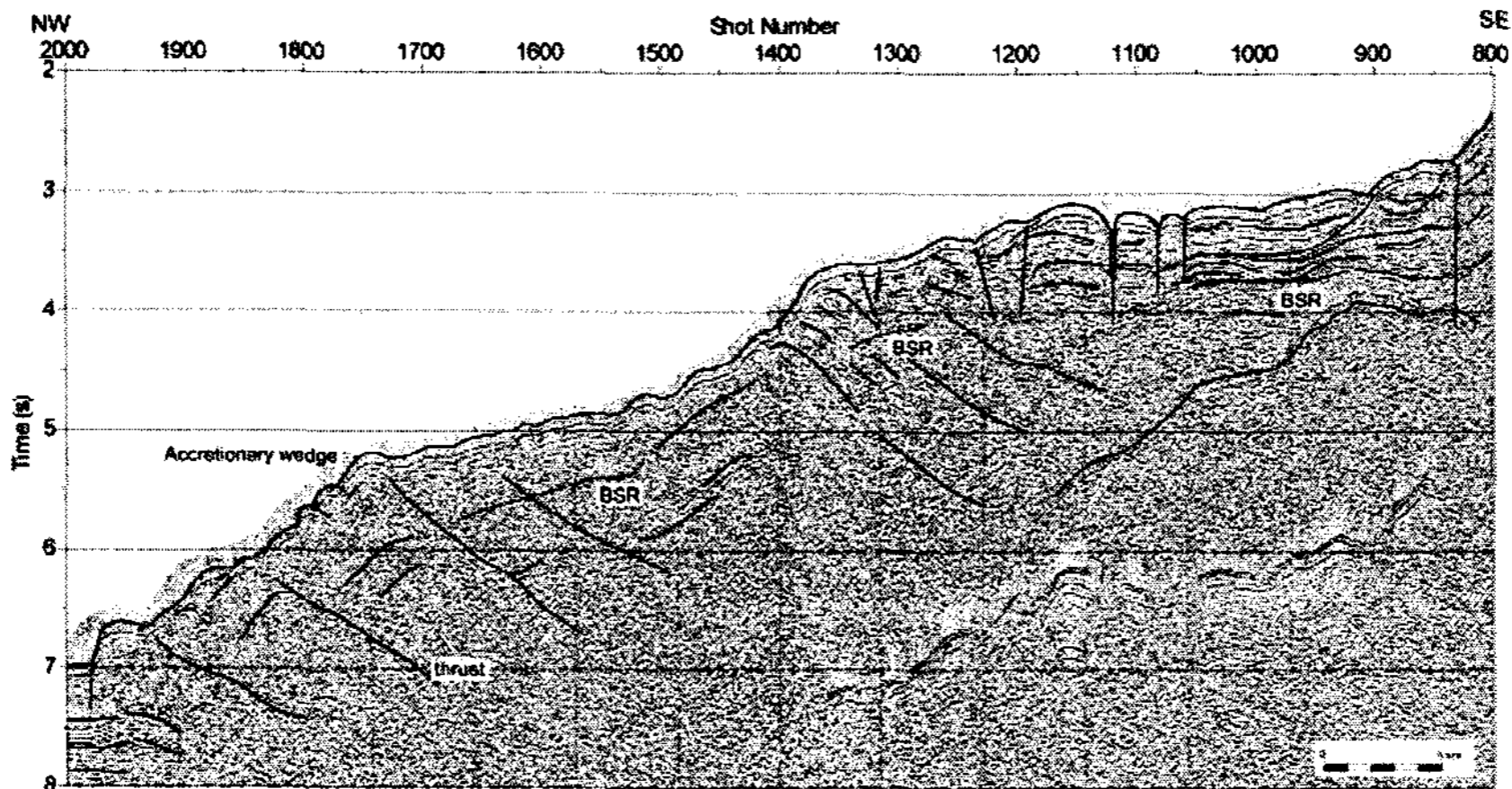


Figure 3. A part of seismic section of KSL05-1 showing continental shelf

3. 탐사자료

남극반도 북부해역의 가스수화물 분포를 파악하기 위한 탐사가 2005년도 12월 남세틀랜드 군도 북부해역에서 수행되었다. 조사선은 러시아 선적의 과학조사선 Yuzmogeologia호를 임차하여 건용량 300 in³, 48 채널 스트리머를 사용하였다. Fig.2는 동지역의 탐사축선을 보여준다. 또한 동지역에 나타난 BSR의 특성을 분석하기 위하여

4. BSR

Fig. 3에 나타난 발파점 900 - 1400 구간은 비교적 일정한 수심을 보이나 단층에 의하여 해저지층이 교란되어 나타난다. 해저면 하 1 s - 2.5 s 에 나타나는 음향기저부는 강한 반사계수를 보여 결정질 암석으로 해석된다. 이 구간에서 해저면 600 ms 하부에는 해저면과 같은 경사를 갖고 반사계수가 음인 BSR이 존재한다. 이들 BSR

은 지층경계면을 절단하고 있으며 강한 반사계수를 보이고 있다.

5. AVO 분석

1992/1993년도 자료에 나타나는 BSR에 대하여 AVO 분석을 수행하였다. 중합단면도에서 BSR은 음의 반사계수를 보이며 상대적으로 강한 진폭을 갖는다. 몇몇 지점에서는 BSR이 지층을 가로지르며 나타나는 것이 관찰되었다. 속도분석결과 BSR 경계면 상부에서는 높은 속도, 하부에서는 낮은 속도구조를 보이는데 이는 가스하이드레이트와 가스층의 경계면에서의 속도구조와 유사하다. Fig.4의 AVO 분석자료를 P-G 도면으로 표시한 결과, BSR이 뚜렷한 곳의 하부에는 가스로 채워졌음을 시사한다.

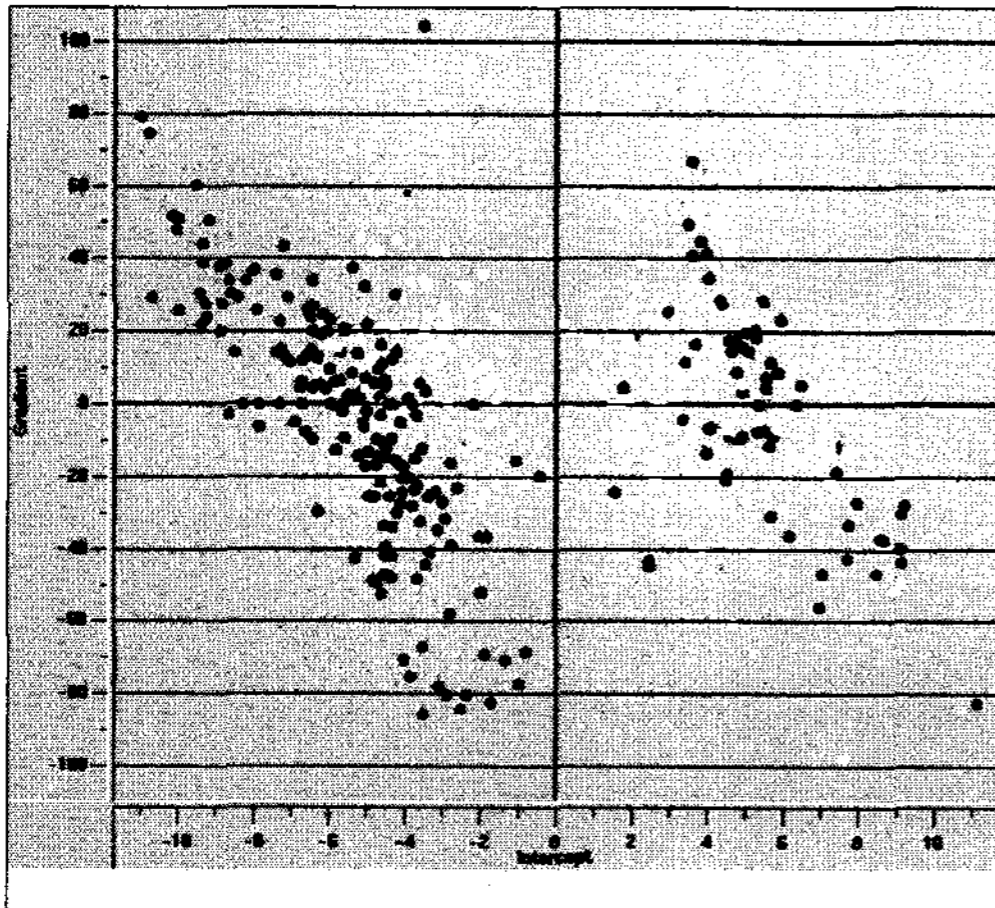


Figure 4. Cross plot of intercept and gradient of AVO responses. Black circles represent cross plots along the strong BSRs and white circles represent along the weak BSRs.

6. 결론 및 토의

남셰틀랜드 군도 북부의 대륙사면에는 BSR이 광범위하게 나타난다. BSR은 해저면 하부 약 400 ms 에 위치하며 강한 반사도를 보인다. 반사계수는 해저면과 극성이 반대이며 주변 지층 경계면을 가로지르고 있다. 탄성과 속도분석 결과, BSR을 경계로 상부의 층은 속도가 높은 층이, 하부에는 속도가 낮은 층으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 또한 AVO 분석결과 BSR 하부에는 가스로 이루어져 있음을 시사한다.

남셰틀랜드 주변부^(3,5)의 BSR이 가스하이드레이트와 관련된 BSR로 알려져있다. 최근의 연구 결과에 의하면 남셰틀랜드 주변부에는 가스하이드레이트가 광범위하게 분포되어 있으며 그 매장량은 적어도 표준상태의 메탄가스 체적으로 $10^{12}m^3$ 가 넘는 것으로 추정된다^(4,11).

Fig. 5는 연구지역의 탄성과 단면에 나타난 BSR 분포를 참조하여 작성한 가스하이드레이트의 분포도이다. 가스하이드레이트는 대체로 수심 1500 - 3000 m 의 대륙사면에 광범위하게 분포하고 있는 것으로 밝혀졌다. 이러한 가스하이드레이트 분포 및 매장량은 제 2단계 및 3 단계 탐사자료의 추가적인 분석을 통하여 명확히 밝혀질 것이다.

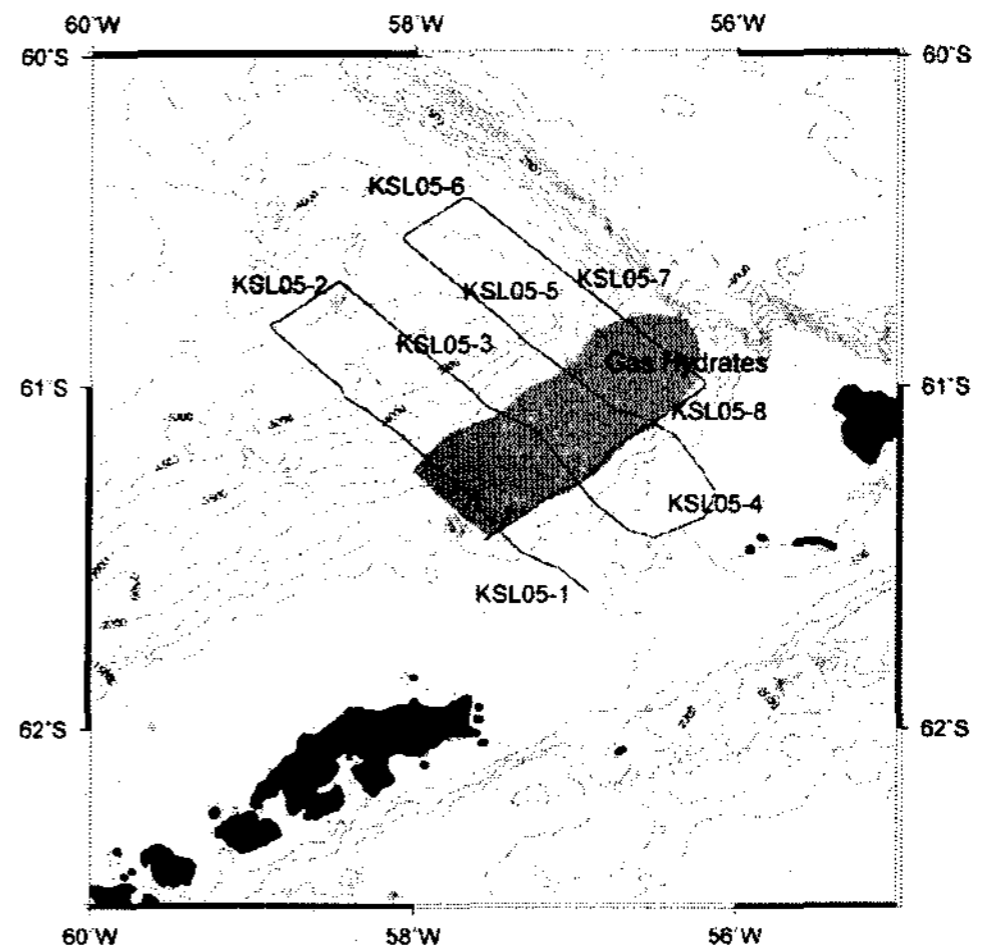


Figure 5. Map showing the distribution of gas hydrates.

사 사

이 연구는 해양수산부의 '남극해저지질 조사사업' (PM06030)의 지원을 받았다.

References

- [1] Sloan, E. D., 1998, Clathrate hydrate of natural gases, New York: Marcel Dekker, 705p.
- [2] Kvenvolden, K. A., 2000, Gas hydrate and humans, Ann. New York Acad. Sci., 912, 17-22.
- [3] Lodolo, E., A. Camerlenghi, and G. Brancolini. 1993. A bottom simulating reflection on the South Shetland Margin, Antarctic Peninsula. Antarctic Sciences, 5: 207-210.

- [4] Jin, Y. K., M. W. Lee, Y. Kim, S. H. Nam, and K. J. Kim., 2003. Gas hydrate volume estimations on the South Shetland continental margin, Antarctic Peninsula. *Antarc. Sci.*, 3, 210-218.
- [5] Timivella, U., Accaino, F., 2000. Compressional velocity structure and Poisson's ratio in marine sediments with gas hydrate and free gas by inversion of reflected and refracted seismic data (South Shetland Islands, Antarctica). *Marine Geology*, 164: 13-27.
- [6] 진영근, 남상헌, 김예동, 김규중, 이주한, 2003, 가스수화물 BSR을 이용한 남극반도 남셰틀랜드 대륙주변부의 지열류량 변화, *Ocean Polar Res.*, 25, 201-211.
- [7] Pankhurst, R. J., 1990, The Paleozoic and Andean Magmatic arcs of West Antarctica and southern South America, in Kay, S.M. and Repela, C.W. (eds), *Plutonism from Antarctica to Alaska*, Geol. Soc., Am. Special Paper, 241, 1-7.
- [8] Kim Y., Kim. H.S., Larter, R.D., Camerlenghi, A., Gamboa, L.A.P., and Rudowski, S., 1995, Tectonic deformation in the upper crust and sediments at the South Shetland trench, *Geol. Seis. Strat. Ant. Mar., Ant. Res. Ser.*, 68, 157-166.
- [9] Barker, F., 1982, The Cenozoic subduction history of the Pacific margin of the Antarctic Peninsula: Ridge crest-trench interactions, *J. Geol. Soc. London*, 139, 787-801.
- [10] Maldonado, A. , Larter, R.D., and Aldaya, F., 1994, Forearc tectonic evolution of the South Shetland margin, Antarctic Peninsula, *Tectonics*, 13, 1345-1370.
- [11] Lodolo, E., Menichetti, M., Tassone, A., Geletti, R., Sterzai, P., Lippai H., and Hormaechea, J., 2002, Reseachers targe a continental transform fault in Tierra del Fue 해, *EOS Transactions, AGU*, 83(1), 1-6.