

남·북 Bismarck plate와 PACMANUS 열수에서의 천부지각 구조

홍종국*, 이상목**

* 한국해양연구원 해자환경자원연구본부

** 서울대학교 지구환경과학부

요 약

남·북 Bismarck 판은 호주판과 태평양 판 사이의 복잡한 판구조를 보이는 지역에 위치한다. 남·북 Bismarck 판 내부에서는 판구조 활동이 활발하게 일어나 지진의 발생빈도가 높고 활성 및 비활성화산이 많이 존재한다. 한국해양연구원은 Bismarck 해의 서부지역과 동 Manus 분지에서 판 경계부의 구조 및 열수구조의 밝히기 위하여 탄성과 탐사를 수행하였다. 탐사결과에 의하면 남·북 Bismarck 판의 경계부에는 주향이동단층대가 발달되어 있으며 이는 판의 경계를 나타내고 있다. PACMANUS 열수하부에는 돔 형태의 구조가 존재하며 이는 마그마 또는 이의 분화과정에서 형성된 지질학적인 구조로 추정된다.

1. 서론

서태평양 지역은 태평양판, 유라시아판, 그리고 인도-호주판 등 주요 지판들의 상호작용에 의하여 형성된 여러 개의 소판들이 존재한다. 그중에서 태평양판, Caroline 판, 그리고 호주판 사이에 위치하는 Bismarck 판은 파푸아 뉴기니 북동 지역에 위치하며 판의 구성은 남·북 Bismarck 판으로 나누어진다. Bismarck 판의 동부지역에는 활성 후열도분지가 형성되어 있고 Bismarck 판 전체에 걸쳐 활발한 지각운동의 결과로 많은 화산 및 열수 등이 발견되고 있다.

이번 연구에서는 한국해양연구원이 2002년 서태평양 종합 대양연구의 일환으로 파푸아 뉴기니 주변 해역에서 획득한 탄성과 탐사자료를 이용하여 서Bismarck해에 존재하는 남·북 Bismarck 판 경계부의 구조를 밝히고, 동Manus 분지에서 발견되는 열수 구조중의 하나인 PACMANUS 열수의 내부구조를 논의하고자 한다.

2. 탐사자료

Bismarck 해에 위치한 탐사지역의 천부지각구조를 밝히기 위하여 12채널 탄성과 탐사를 수행하였다. 음원으로는 2.46 ℓ의 에어건, 수신장치로는 그룹간격 6.25 m의 12채널 스트리머를 사용하였다. 탄성과 자료는 Geometrics 사의 Strata NX 탄성과 기록계를 이용하여 자기 테이프에 기록하였다. 탐사자료의 전산처리는 미국 CSM 대학에서 제작한 SU(Seismic Unix)와 프랑스 CGG사의 GEOVECTEUR를 이용하였다. 자료처리 시 탐사지역의 수심이 깊고 스트리머의 길이가 짧으므로 속도분석이 불가능하여 수층의 속도를 전체 자료에 적용한 단일 속도 NMO 보정을 수행하였다. 자료의 잡음제거를 위하여 중합전후 주파수 필터, 중합후 디컨볼루션을 적용하고 최종적으로 구조보정을 실시하였다.

3. 남·북 Bismarck 판의 경계면의 구조

Bismarck 판은 태평양판, Caroline 판, 호주판 그리고 Solomon 판 사이에 존재하는 타원형의 소규모 지판으로, 서쪽으로 이동하는 북Bismarck 판과 동쪽으로 이동하는 남Bismarck 판으로 구성되어 있다(Fig. 1). 북Bismarck 판은 남Bismarck 판과 Caroline 판 사이에 존재하며, 북쪽 경계는 Manus 해구, 서쪽으로는 Weewak 해구, 동으로는 Lyra Trough, 그리고 남으로는 Bismarck 해를 가로지르는 지진과 선구조(seismic lineation)를 경계로 하고 있다. 지진과 선구조는 Bismarck 해에서 발생한 지진과 기록들에서 나타나는 동서 방향의 선구조로서 4개의 작은 선구조가 연결된 것으로 관찰된다. 이들은 지진과기록 분석에 의하면 선구조를 따라 주향이동이 일어나고 있는 변환단층으로 해석되며 상대적인 운동은 북Bismarck 판이 서쪽으로, 남Bismarck 판이 동쪽으로 운동하고 있다(Tregoning et al., 1998).

이번 연구에서는 Bismarck해 서부에 존재하는 지진과 선구조 주변지역에 대한 천부지각구조를 밝히고자 하였다. 탄성과 축선은 남·북 Bismarck 판의 예상경계면을 횡단하도록 설계하였다. Fig. 3은 Line 2의 탄성과 단면을 보여준다. 전체 단면은 중앙부에 위치한 ridge를 중심으로 북쪽과 남쪽이 서로 다르게 나타난다. 북쪽 지역은 해저면이 평탄하지 않으며 고도 변화가 심하다. 기반암 위로 얇은 퇴적층이 덮여있으며 정단층이 다수 존재한다. 반면, 남쪽 지역은 평탄한 해저지형을 보이며 왕복주시 1 초 정도의 비교적 두꺼운 퇴적층으로 덮여있다. 해저면 하부의 퇴적층은 해저면과 평행하게 퇴적되어 있으며, 많은 수직 단층들이 보인다. 이들 수직단층들에 의한 단층면들이 수직이동 없이 수평적으로만 절단되어 주향이동단층(strike-slip fault)임을 시사한다. 이와 같은 단층들은 남·북 Bismarck 판들이 서로 반대 방향으로 이동하면서 생긴 단층이다. 그러므로 두 판 사이의 경계면은 ridge 남쪽에 발달되어 있는 주향이동 단층의 연장선이며 이들 연장선은 지진과 선구조와 일치한다. 탐사결과를 종합하여 나타난 남·북 Bismarck 판 사이의 경계면을 Fig. 2에 도시하였다.

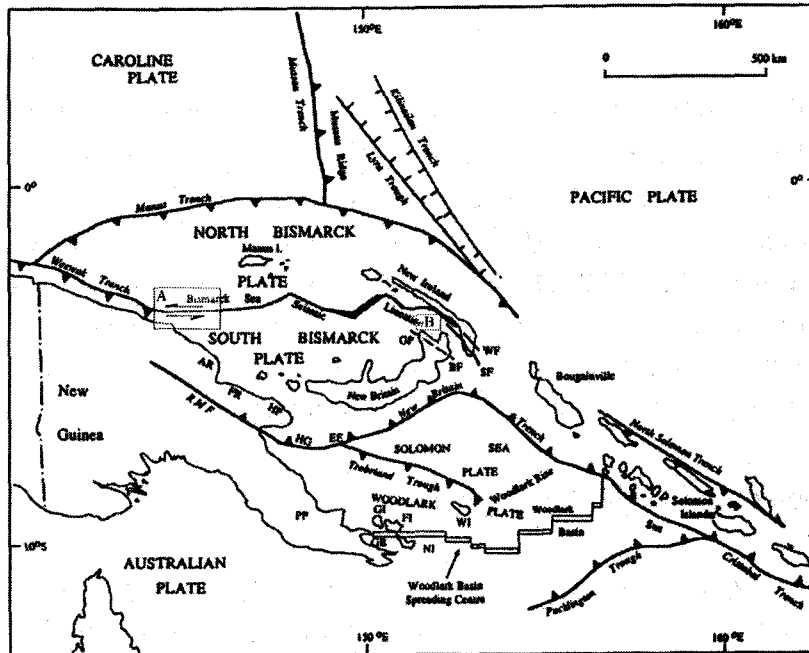


Fig. 1. Regional tectonic setting around North and South Bismarck plates. Rectangle A represents survey area in the western Bismarck sea and rectangle B is the study area for hydrothermal study.

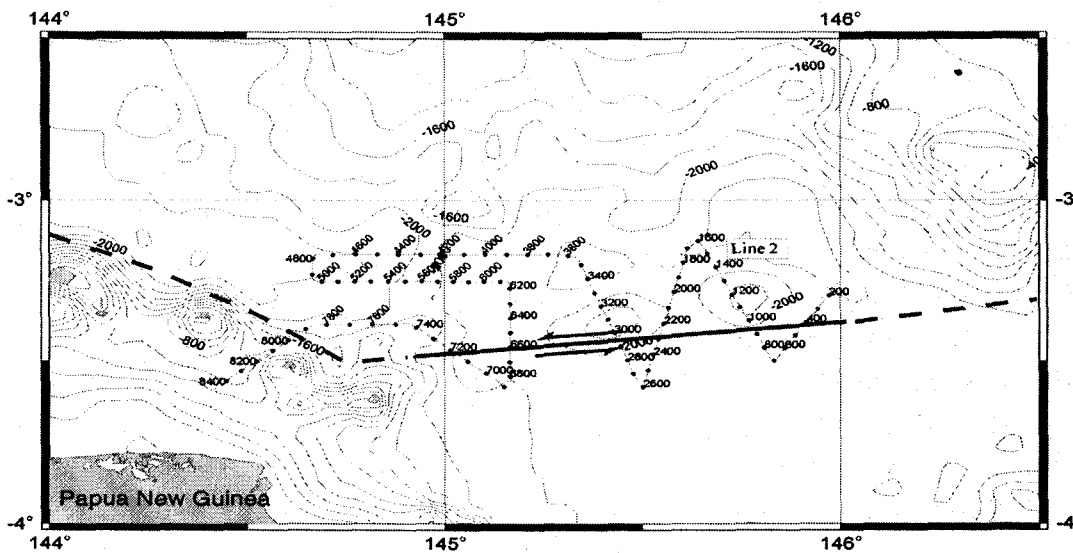


Fig. 2. Bathymetric map of the western Bismarck sea showing seismic track lines. Thick solid and dashed line represents precise tectonic boundary.

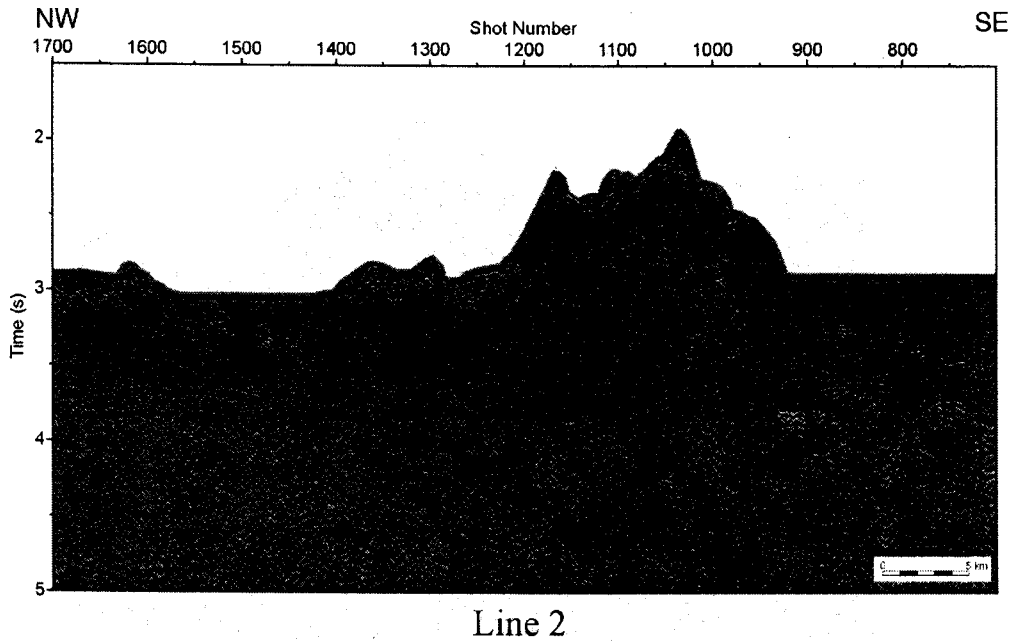


Fig. 3. Seismic section along Line 2.

4. PACMANUS 열수지대의 구조

동 Manus 분지는 비교적 빠른 속도인 10 cm/년으로 갈라지는 후열도 분지로서 두 개의 서로 마주보는 해구 사이에 놓여져 있다. Manus 분지는 인도-호주판과 태평양 판이 서로 비스듬하게 충돌하면서 생긴 복잡한 완충지대에 속해있다. Manus 분지에 대한 지구물리 탐사는 그 동안 여러 차례 수행되었으며 Taylor(1979)와 Taylor et al.(1991)은 이 지역에 대한 종합적인 지구물리 탐사를 통하여 전반적인 지형 및 지질구조를 밝힌 바 있다. Weitin 및 Djuat 변환단층 사이에 존재하는 동 Manus 분지는 작은 각도의 정단층 및 crustal thinning에 의하여 약 80 km 정도 확장되었고, 동 Manus 분지의 화산활동은 주로 호상열도 형태의 화산구조를 갖는다(Martinez and Taylor, 1996). 활발한 화산활동과 더불어 많은 열수가 발견되며 지금까지 알려진 대표적인 열수분출구로는 PACMANUS, SuSu Knolls, DESMOS 등이 있다. Pual ridge에 있는 PACMANUS 열수지대는 ODP Leg 193이 수행된 지역으로 열수의 활동이 활발한 지역이다.

PACMANUS 지대의 지질구조를 밝히기 위하여 열수분출구 상부를 횡단하는 탄성과 탐사를 수행하였다. Fig. 4는 PACMANUS를 횡단하는 탄성과 단면을 보여준다. 탄성과 단면에서 나타나는 특징적인 구조는 Pual ridge 하부 4초 부근에 나타나는 돔 형태의 구조이다. 이 반사면은 큰 반사계수를 갖으며 음(-)의 반사계수를 보인다.

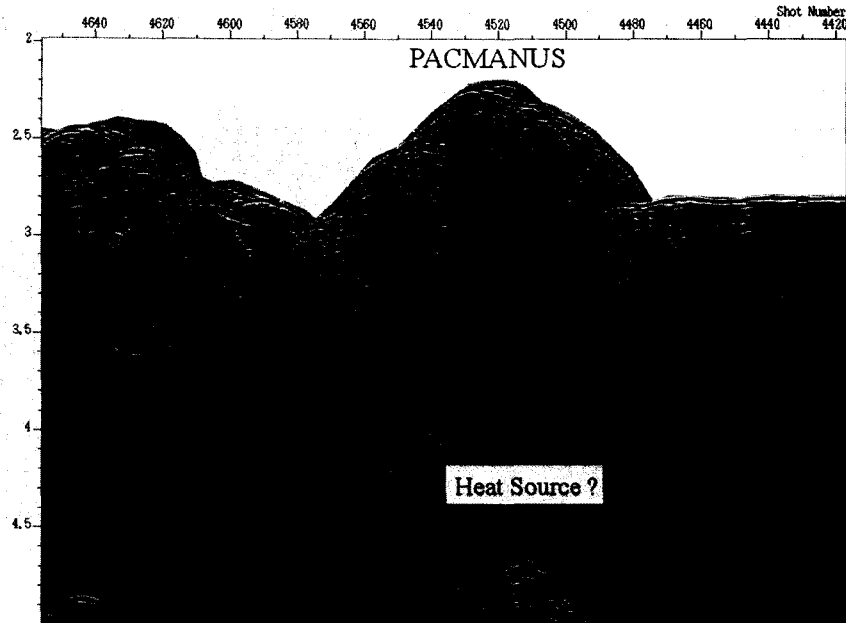


Fig. 4. Geologic structures in PACMANUS.

5. 결론 및 토의

서태평양 종합대양연구 사업의 일환으로 파푸아 뉴기니 근해에서 수행된 탄성파 탐사에서 얻어진 탐사자료를 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

남·북 Bismarck 판의 경계부는 수직 주향이동 단층이 많이 발달한 단층대에 의하여 구분된다. 이 단층대는 퇴적층을 절단하고 있으나 주어진 단면도 상에서 단층의 수평이동거리 및 방향은 알 수 없었다. 그러나 기존의 연구결과와 비교하여 볼 때 북Bismarck 판의 상대적인 이동방향은 서쪽, 남Bismarck 판의 이동방향은 동쪽으로 이동하였다. 남Bismarck 판에 존재하는 퇴적물 두께는 북Bismarck 판보다 상당히 두꺼우며 이는 파푸아 뉴기니 본토에서 운반된 다량의 퇴적물에 기인한 것이다.

PACMANUS 열수분출구를 중심으로 한 ridge의 기슭부분에 다수의 단층구조가 존재한다. 일반적으로 열수가 지속적으로 분출하기 위해서는 지속적으로 해수를 공급해주는 통로가 필요하다. 이들 단층들은 열수의 분출에 필요한 해수 공급 통로일 가능성이 높다. 열수분출구에서 왕복주시 1.5초 하부에 존재하는 돔 형태 반사면의 반사계수가 음의 값을 갖는 것은 경계면 하부의 물성이 액체 또는 기체일 것임을 시사한다. 그러므로 이 돔 형태의 구조는 열수의 하부에 존재하는 마그마 또는 이의 분화과정 중에 파생되어 나타나는 구조로서 열수의 온도를 높이는 데 필요한 열원과 깊은 관련이 있을 것으로 추정된다.

사사

이 연구는 한국해양연구원 연구과제 BSPE 824-00-1494-7의 연구비 지원을 받아 수행되었

습니다.

참고문헌

- Martinez, F., and B. Taylor, Manus Basin, Bismarck Sea, An epitome of microplate deformation, *Eos Trans. Agu*, 73, Fall Meet. Suppl., 605, 1993.
- Taylor, B., Bismarck Sea: Evolution of a back-arc basin, *Geology*, 7, 171-174, 1979.
- Taylor, B. K.A.W. Crook, J.L. Sinton, and L. Petersen, Manus Basin, Papua New Guinea, Hawaii Institute of Geophysics, Pacific Sea Floor Atlas, Sheets 1-7, 1991.
- Tregoning, P., K. Lambeck, A. Stolz, P. Morgan, S.C. McClusky, P. Be다, H. McQueen, R.J. Jackson, R.P. Little, A. Laing, and B. Murphy, Estimation of current plate motions in Papua New Guinea from global positioning system observations, *Jour. Geophy. Res.*, 103, 12181-12203, 1998.