Korean Journal of Polar Research
Vol.2, No.2, p.87~100, December 1991

중력모델을 이용한 킹죠지섬 바톤반도의 지질구조 연구

김예동 · 이행원

한국해양연구소 극지연구센터

A Gravity Model of Geological Structure in Barton Peninsula, King George Island

Yaedong Kim and Haing Won. Lee

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

요약 : 남극 킹죠지섬 바톤반도에 위치한 세종기지 주변에서는 지하구조 연구를 위해 중력탐사가 실시되었다. 본 연구에서는 중력측정자료의 보정을 위해 Parasnis방법을 이용하여 표층의 밀도를 추정하고, 지하지질구조를 해석하기 위하여 2차원 및 3차원 중력역산을 수행하였다.

Parasnis방법으로 구한 표층의 평균밀도 값은 2.2g/cm³로서 이 지역에 광범위하게 분포하는 응회암(tuff)을 대표하는 것으로 여겨진다. 역산과정의 모델링을 위해서는 지하 암층을 이 지역에 분포하는 주된 암층인 응회암(ρ=2.2), 집괴암(ρ=2.5), 각력암(ρ=2.6), 석영섬록암(ρ=2.7) 층으로 구분하였다. Talwani등 (1959,1960)의 방법에 기초한 2차원 및 3차원 모델링의 결과로부터 마리안소만 쪽에 인접한 반도 북서쪽의 NE-SW 방향의 단층을 추정할 수 있었고, 바톤반도의 중앙에 위치한 관악봉을 중심으로 하는 지역이 소규모의 volcanic vent로서 이 지역의 분출 중심이었을 가능성을 시사해주고 있다. 또한 마그마의 관입은 NE-SW방향으로 약대를 따라 이루어진 것으로 추정되며 이는 신생대 초기에 있었던 킹죠지섬의 대규모 수평단층운동과 연관된 것으로 사료된다.

Abstract : Gravity difference was measured at 66 stations in Barton Peninsula, King George Island. Two and three dimensional computer models were made based on the Bouguer anomaly which represents density distribution under the surface. Near surface density was determined as 2.2g/cm³ by using the Parasnis method. Three other rock types, agglomerate, breccia, and quartz-diorite, exposed in the study area are used for the modeling with the average density values of 2.5, 2.6, and 2.7g/cm³ respectively.

The model suggests a NE-SW trending fault at the northwestern margin of the peninsula and the existence of a volcanic vent at the center of the area. The NE-SW profile of the model indicates that magma intrusion may have occurred along the fracture zone which runs parallel to the regional structural trend of South Shetland Islands. This volcanic activity seems to be related with the large scale strike-slip fault movement in the early Cenozoic.

서 설

중력탐사의 목적은 측정된 중력 이상으로부터 지하 밀도 이상체의 규모와 밀도 분포의 변화를 일으키는 지질구조를 파악하려는 데 있다. 본 연구에서는 남극 세종기지가 위치한 킹죠지섬 바톤반도 지역에서의 중력탐사자료를 분석하여 이 지역의 지하 지질구조를 해석하고자 하는데 그 목적을 두고 있다.

남극대륙에서는 빙하와 빙하하부 기반암의 밀도 차이가 크기 때문에 빙상(ice sheet)의 두께를 결정하는데 중력탐사가 많이 사용되었고, 또한 남극대륙 지각의 심부구조 및 지각 평형관계를 연구하는 데에도 탄성파 탐사와 더불어 널리 사용되어 왔다. Groushinsky등 (1982)의 연구에 의하면, 동남극과 서남극에

서의 Bouguer중력 이상값은 각각 -100mgal, -51mgal 정도로 나타나고, 130mgal이상되는 높은 이상값이 남극반도를 따라 스코티아해 호상열도 쪽으로 연장되는 것으로 밝혀졌다.

현재 킹죠지섬의 세종기지 주변에는 중력 기점(gravity station)이 유도되어있지 않아 측점에서의 절대중력값을 결정할 수가 없으므로, 측량기점에서의 측정값에 대한 각 지점의 상대중력값의 변화를 조사하였다. 지하 밀도 분포를 통한 지질구조 해석을 위해서는 2차원 모델과 3차원 모델에 의한 중력역산을 각각 실시하였다.

지질 및 구조

바톤반도는 남쉐틀랜드 군도 중 가장 큰 섬인, 위도 61°51'와 61°15'S, 경도 57°39'와 59°00'W사이에 위치한, 킹죠지섬의 남서쪽에 위치하고 있다. 킹죠지섬은 주로 백악기 말기부터 신생대 마이오세 초기에 걸친 화산활동에 의해 생성된 화성암류가 주류를 이루고 있으며 이들 현무암, 안산암 등은 같은 시기로 추정되는 조립질 각력암에 의해 관입되어 있다. 맥스웰만 북부에 위치하는 필데스반도에 존재하는 화성암의 절

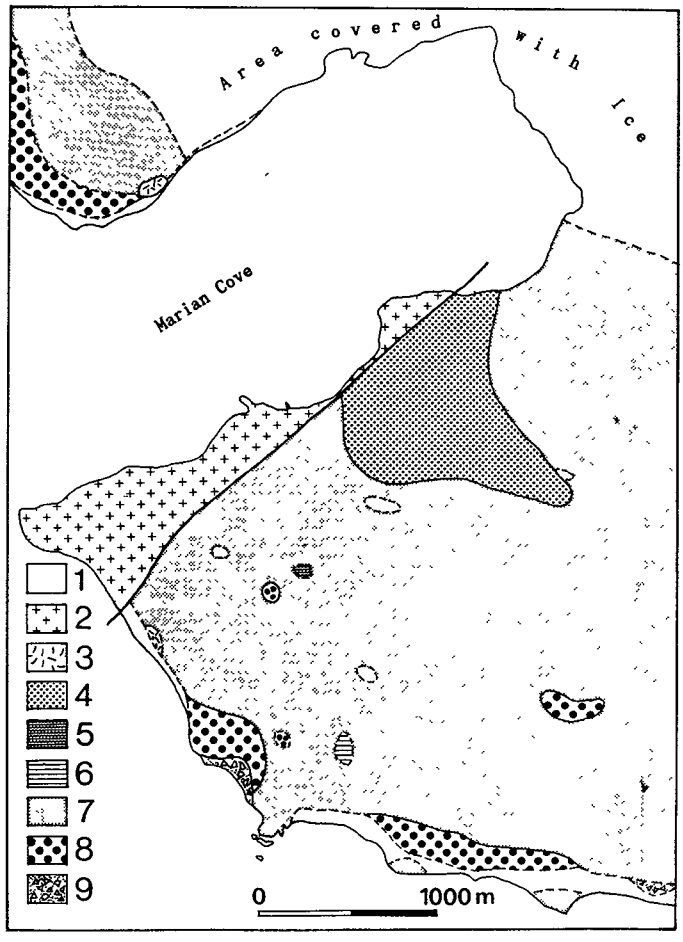

Fig. 1. Geologic map of Barton and Weaver Peninsula in King George Island. Legend: 1. Beach gravel; 2. Quartz-diorite; 3. Basaltic andesite; 4. Crystaline tuff; 5. Bedded tuff; 6. Sedimentary rock; 7. Lithic and Ash-flow tuff; 8. Agglomerate; 9. Breccia with subordinate siltstone (Jin et al., 1990).

대연령은 53-61 Ma(박병권 외, 1991)로, 이 지역은 반도 북서부에 위치한 몇 개의 소규모 화산분화구를 중심으로 신생대 3기 초에 화산활동이 활발했음을 알 수 있다.

바톤반도에는 필데스반도의 암석보다 약간 젊은 36-48 Ma(Park, 1989)의 절대연령을 보이는 중성 및 산성의 화성암류가 분포하고 있다(Fig.1). 바톤반도에서 가장 오래된 암석으로 생각되는 것은 실트스톤과 호층을 이루는 적색의 화산성각력암으로서 반도의 남서부에 분포한다. 이 각력암은 현무암질 또는 안산암질각력암 또는 작은 암괴(clasts)들을 함유하는 집괴암에 의해 피복되어 있다. 그리고 이들 암석들은 다시 화산회류 응회암(ash-flow tuff)과 리딕 응회암(lithic tuff) 및 결정질 응회암(crystal tuff)에 의해 정합적으로 피복되어 있으며, 이들 응회암은 바톤반도에서 가장 광범위하게 분포되어 있다(진명식 등, 1990), 그러나 필데스반도와 포터반도에 Three Brother Hill 등 뚜렷한 화산플러그들이 나타나는 반면 바톤반도에서는 지형적으로 뚜렷한 분화구의 존재를 확인할 수 없다.

구조적으로 바톤반도가 위치한 킹죠지섬은 남아메리카 대륙의 안데안 지구조대의 연장으로 ENE-WSW의 구조적 방향을 보여주는 남극반도의 북서쪽에 위치하며, 스코티아 판과 남극판의 경계부근에 위치하고 있다. 바톤반도에서 관찰되는 단층도 남극반도의 구조적 방향(structural trends, ENE-WSW)에 거의 평행인 것과 이에 직각인 것들이 관찰되고 있으므로, 이들 단층들은 이 지역의 지구조 운동(tectonism)과 밀접하게 관련된 것으로 해석된다 (진명식 외 2 인, 1989). 이 지역에서는 대체로 절리가 잘 발달되어 있으며, 우세한 방향의 절리는 주향이 E-W, NE-SW방향이고 경사가 수직인 것, 그리고 수평절리들이 우세하다.

한편 Birkenmajer(1989)는 킹죠지섬을 구조적으로 Fildes블록, Barton horst, Warszawa 블록으로 구분하였다. Fields블록과 남부의 Barton horst의 경계는 Collins단층으로, Barton horst와 남부의 Warszawa북측의 경계는 Ezcurra단층으로 구성되어있으며, 이들 단층은 북서-남동 방향을 따른 수평이동 단층이다. Collins, Ezcurra등 대규모 수평이동 단층의 이동 방향은 남쉐틀랜드 군도의 일반적 구조방향과 일치하며, Ezcurra 단층대를 따른 맥암류의 K-Ar 연대측정결과 단층의 연대는 약 54 Ma부터 시작된 것으로 추정된다. 이는 바톤반도에서의 화산암류 암석의 절대연령과 거의 일치하는 것으로 미루어 볼 때 이 지역에서의 신생대 초기 단층운동과 화산활동은 거의 같은 시기에 있었던 것으로 추정된다.

또한 제 4기 초에 시작된 브랜스필드해협의 지각확장 작용과 수반된 단층운동과 해저 화산활동이 남쉐틀랜드 군도에서 있었으며, 맥스웰만 해저 탄성파자료에 의하면 이 지역의 단층운동은 최근에까지 진행되고 있음을 확인할 수 있다(Kim,1991).

중 력 측 정

바톤반도의 중력측정은 LaCoste and Romberg Land Gravity Meter(Model G)를 사용하여 총 66개의 측점에 대해 이루어졌다(Fig.2). 각 측점은 바톤반도 1:50,000 지형도(남극 바톤반도의 지형도-세종기지 주변, 1988, 해영연구소) 상에서 위치 식별이 용이한 점을 선정하여 위경도와 고도를 결정하였으며 측정의 정확도를 높이기 위해 각 측점마다 매 5회씩 반복 측정한 후 그 평균값을 취하였다. 기준 측점으로는 기지내에 설치되어 있는 건설당시의 측량표석 (BM1, Station No.1)을 이용하였으며, 시간에 따른 중력변화의 오차를 극소화하기 위해서 2시간 이내에 다시 최초의 측점으로 돌아와 반복측정을 하였다(김예동 등, 1989).

중 력 보 정

1. 계기 및 조석보정

야외 측정자료로부터 지하밀도 변화에 따른 중력이

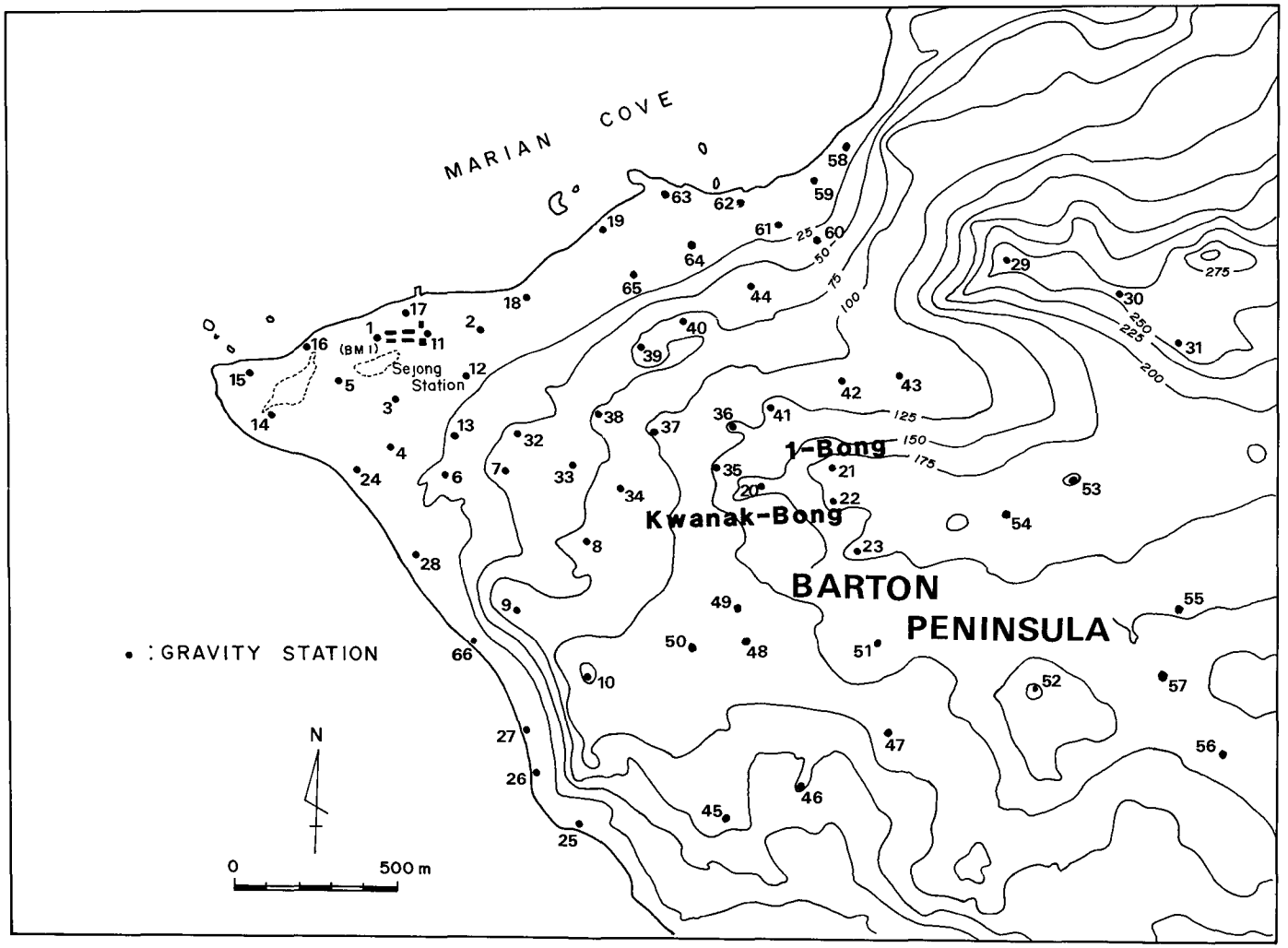

Fig. 2. Location of gravity stations shown on the topographic map of Barton Peninsula.

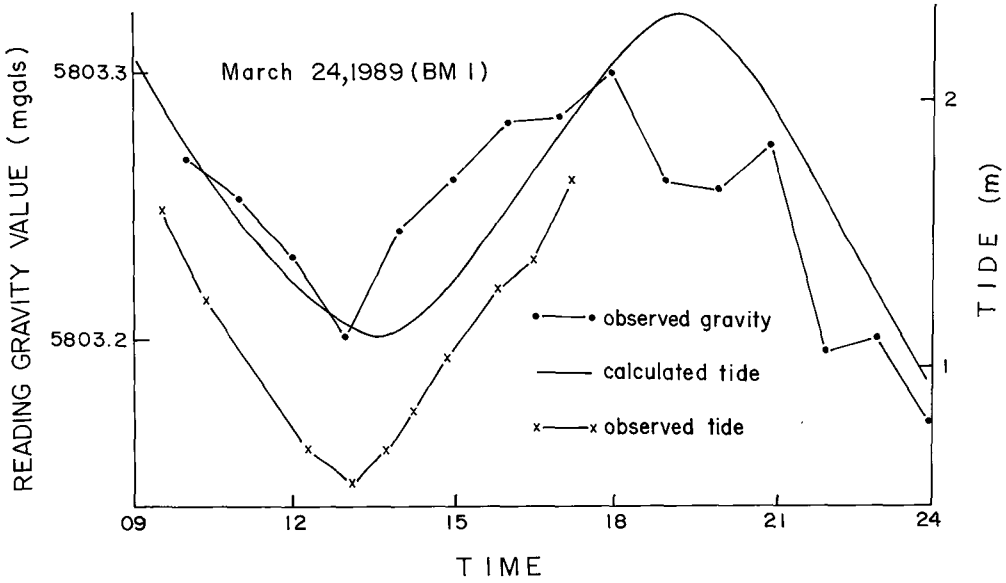

Fig. 3. The variation of gravity value with tide observed on March 24, 1989 at the base station in Barton Peninsula. Calculated tide comes from a tide table published by the Chilean hydrographic office and observed tide is actual measurements in the area with arbitrary datum.

상값을 계산하기 위해서는 적절한 보정이 이루어져야 한다. 연구지역에서의 계기 및 조석변화에 의한 중력값의 변화량을 알아보기 위해 변화 폭이 최대로 나타날 것으로 예상되는 음력보름 근처 (1989.3.24 음력2.17)를 택하여 총 14시간에 걸쳐 1시간 간격으로 동일 측점(St. 1)에서 반복 측정하였다. 동 자료에 따른 중력값의 변화는 최대 0.1mgal정도이며, 기지 주변에서 실제 측정한 조석변화 및 이론적으로 계산된 조석변화표와 유사한 경향을 보이고 있다(Fig.3). 따라서 계기 및 조석에 의한 중력보정치는 반복 측정된 St.1에서의 중력변화를 선형변화로 가정하고 선형보간법에 의해 산출하였다.

2. 평균밀도 결정

고도차에 의한 영향을 제거하는 후리-에어 보정 외에 Bouguer 보정이나 지형보정을 위해서는 표층 암석의 밀도를 정해야 하는데, 본 연구에서는 간접방법인 Parasnis방법(Parasnis, 1975)을 사용하였다.

즉, Bouguer 이상 δg_{BA}는 다음과 같이 나타낼 수 있고,

$$\delta g_{BA} = \Delta g_{obs} + \Delta g_{FA} - \Delta g_B + \Delta g_T$$

Δg_{obs} : 기준점과의 상대 측정중력값(위도 보정 포함),

Δg_{FA} : 후리-에어 보정,

Δg_B : Bouguer 보정

Δg_T : 지형보정,

이를 다시 쓰면

$$\Delta g_{obs} + \Delta g_{FA} = \Delta g_B - \Delta g_T + \delta g_{BA} = (0.04193h - T)\rho + \delta g_{BA}, \quad T : \Delta g_T/\rho$$

가 되는데, 이는 $y = ax + b$ 꼴의 직선의 방정식이다. 따라서 $\Delta g_{obs} + \Delta g_{FA}$를 세로축으로 (0.04193h-T)를 가로축으로 하는 평면상에 각각의 값을 구하여 찍은 후, 최소 자승법에 의하여 직선을 구하면, 그 직선의 기울기가 밀도 ρ이다.

위의 방법을 적용하여 구한 본 조사지역의 평균밀도값은 약 2.2g/cm³이며 이 값은 조사지역의 대부분에 분포하고 있는 표층의 화산회류 응회암과 리딕응회암을 대표하는 것으로 생각된다.

3. 지형보정

세종기지 주변의 지형은 기복이 심해서 정확한 보정이 요구되므로 본 연구에서는 지형보정을 위한 기본적인 지형 자료로 1:5,000지형도(남극 바톤반도의 지형도-세종기지 주변, 1988, 해양연구소)와 1:10,000 해도(Caletas en Bahia Fildes, 1980, Chile) 및 Hammer's Chart (1:5,000, Hammer, 1939)를 이용하였다. Hammer's Chart의 Zone B에서 Zone F까지 총 32구획에 대해 평균 고도를 산출한후, Hammer's Table을 이용하여 밀도 2.2g/cm³에 대한 중력효과를 계산하여 지형보정을 실시하였다. 이외에도 중력이상치를 구하기 위해 위도보정, 대기보정등이 이루어졌다.

중 력 이 상

기준 측점(St. 1)의 중력 이상값을 0.0000으로 하였을 때, 각 측점에서 구한 상대적인 이상값으로부터 중력 이상도를 작성하였다. Fig. 4는 후리-에어 이상도이다. 후리-에어 이상도는 지각평형을 고려할 필요가 없는 좁은 지역에서는 지형의 모양을 반영하므로 후리-에어 이상도로부터 지형의 윤곽을 알 수 있다. 후리-에어 이상은 Fig. 2의 지형도와 마찬가지로 동고서저의 경

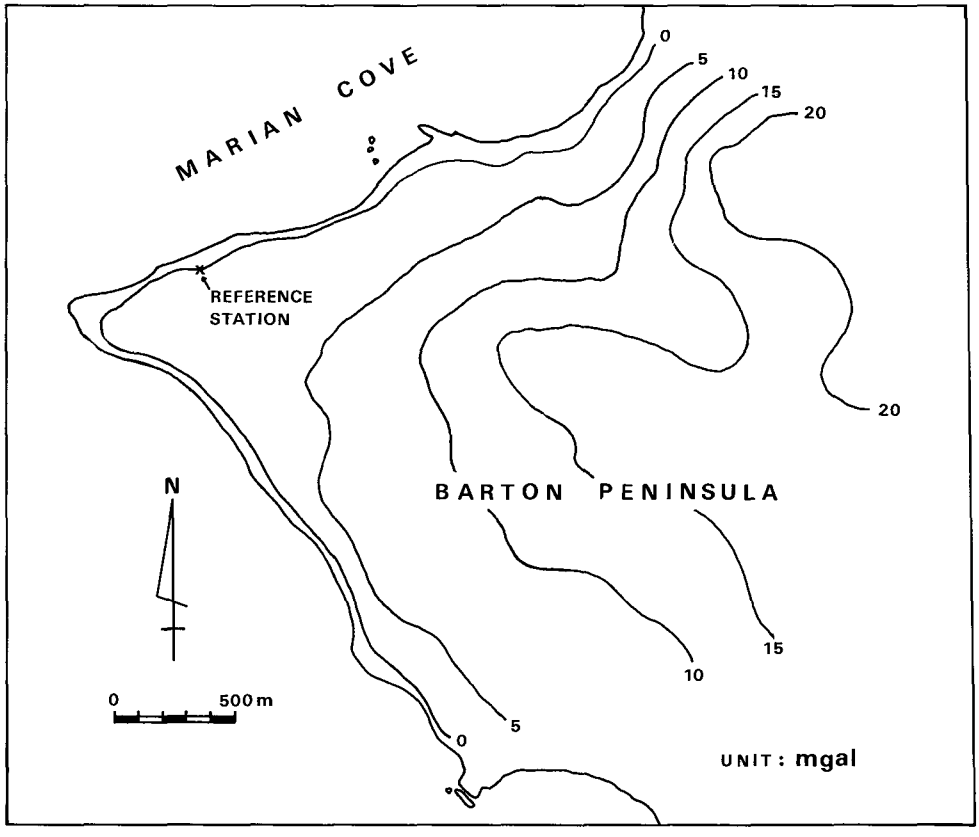

Fig. 4. Contour map of free-air anomaly (unit:mgal)

향을 나타낸다.

세종기지 주변의 지형은 기복이 매우 심하기 때문에 고도보정(후리 - 에어 보정+부우게 보정) 값이 측점에 따라 큰 차이를 보이나 지형보정을 실시한 후 얻어진 Bouguer 중력 이상값은 큰 변화없이 약－2.3mgal에서 +4.6mgal까지의 6.9mgal정도의 상대적인 차이를 보인다.

Fig. 5는 상대 Bouguer이상도로서, 중력이상은 다음과 같은 지질학적 특성과 연관되어 나타나는 것으로 유추해 볼 수 있다. 첫째, 연구 지역의 중앙부에 나타나는 3mgal이상의 이상값은 기반암을 구성하는 암석의 밀도 차이에 기인하며, 둘째, 2mgal의 Bouguer 이상곡선이 북동쪽으로 연장되어 나타나는 것은 이 지역에 분포한 결정질 응회암에 의한 밀도 차이에 의한 것으로 생각된다. 세째, 연구지역의 남동쪽에서 상대적으로 낮게 나타나는 음(－)의 이상값은 이 일대에서 북서-남서 방향으로 반도의 끝까지 연장된 여러개의 단층들에 의한 파쇄대의 영향으로 생각된다(박맹언, 1990).

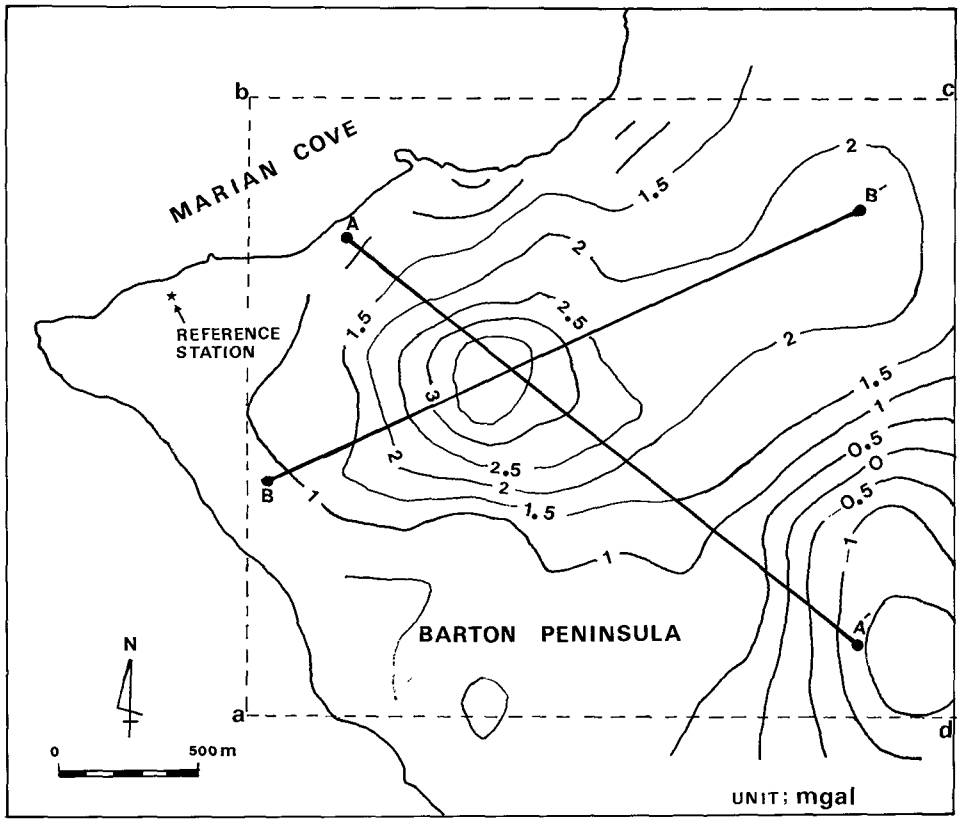

Fig. 5. Contour map of Bouguer anomaly (unit:mgal). Solid lines of A-A' and B-B' represent the location of gravity profiles. Dotted line shows the area of 3-D model of Fig. 11.

중력 역산에 의한 지질구조의 모델링

본 연구지역의 중력 측정 가능지역은 제한되어 있기 때문에 지질구조를 파악하기 위한 중력단면도의 작성이나 모델링을 수행하기에는 자료가 다소 불충분하였다. 또한 조사지역이 비교적 작기 때문에 조사지역 내에서 광역 중력효과가 매우 적을 것으로 사료되어 Bouguer 이상값만을 이용한 모델링을 하였다. 그러나

Bouguer이상값의 최대치와 최소치를 보이는 지역을 지나는 측선 A - A'와 이를 가로지르는 측선 B - B' (Fig. 5)를 택하여 2차원 및 3차원 지하구조모델을 설정하고, 그 중력효과를 계산하여 보았다.

먼저, 2차원 구조에 의한 중력효과의 계산은 Talwani등(1959)의 방법이 제시된 이후 간단하고도 정확한 계산방법들이 많이 개발되어 사용되고 있다. 본 연구에서는 2차원 질량체의 단면을 격자점으로 나누어 적절한 질량분포를 가정하고 그 중력효과를 계산하였다. 지하구조는 이 지역의 지질을 고려하여 각력암(breccia), 집괴암(agglomerate), 응회암(tuff) 그리고 이들 화산암류를 관입한 것으로 보이는 반도 북서쪽의 석영섬록암(quartz-diorite)의 순으로 지층모델을 설정하였고, 각각의 밀도로는 각 암석의 표준밀도인 2.6, 2.5, 2.2, 그리고 2.7g/m³를 사용하였다. 2차원 모델링으로부터 계산된 Bouguer 이상치와 관측치는 Fig.6과 7에 도시되어 있다. 조사지역을 북서-남동 방향으로 자른 단면 A-A'에서 나타난 2차원 모델에 의하면 화산각력암층은 중력이상치가 최대로 나타나는 지점에서 지표로부터 깊이 100m 가까이까지 올라와 있으며 북서쪽으로는 급경사를 이루어 약 400m 하부에 나타나고 남동방향으로는 완만한 경사를 보이며 깊어진다. 반면 조사지역의 북동-남서 방향 단면 B-B'상에서는 각력암층은 완만한 경사를 보이며 약 250m 지하까지 양방향으로 깊어진다.

한편 3차원 구조에 의한 중력효과는 Talwani와 Ewing(1960)이 제시한 방법에 기초한 컴퓨터 프로그램(K.M. Clexmont, Dept. of Geological Engineering, Princeton Univ., 1967)을 사용하여 구하였는데, 이 방법은 2차원 모델의 경우보다는 많은 컴퓨터 시간을 요구하지만 3차원 구조에 의한 중력효과를 효과적으로 계산할 수 있다. Fig. 8에서와 같이 3차원 질량체를 가정하고 그 질량체의 깊이 z에서의 단면모양에 근사하도록 면 ABCDEF...를 가정하면, 면 ABCDEF...에 의한 점 P에서의 중력이상 Δg는

$\Delta g = V\,dz$, V:단위두께당 면 ABCDEF...에 의한 중력이상

로 쓸 수 있다. 이때 면적분 V를 선적분으로 나타내면

$$V = \kappa\rho\left[\int d\psi - \int z/(r^2+z^2)^{1/2} d\psi\right]$$

κ : 만유인력상수

ρ : 판상(lamina)의 체적밀도

z, ψ, r : 원통형 좌표(cylindrical coordinates)

가 되고,

다각형 ABCDEF...의 n개의 변에 대하여 위의 선적분을 종합하면

$$V = \kappa\rho\left[\sum_{i=1}^{n}\{\psi_{i+1} - \psi - \arcsin(z\cos\theta_i/(p_i^2+z^2)^{1/2}) + \arcsin(z\cos\phi\,(p_i^2+z^2)^{1/2})\}\right]$$

가 된다.

윗 식을 디지탈 컴퓨터에서 프로그램화 할 수 있도록 다시 쓰면,

$$V = \kappa\rho\sum_{i=1}^{n}\left[W\arccos\{(x_i/r_i)(x_{i+1}/r_{i+1}) + (y_i/r_i)(y_{i+1}/r_{i+1})\} - \arcsin(zq_i S/(p_i^2+z^2)^{1/2}) + \arcsin(zf_i S/(p_i^2+z^2)^{1/2})\right]$$

여기서

$S = +1$ p_i가 양(+)일때, $S = -1$ p_i가 음(-)일때,

$W = +1$ m_i가 양(+)일때, $W = -1$ m_i가 음(-)일때,

$$p_i = (y_i - y_{i+1})x_i/r_{i,i+1} - (x_i - x_{i+1})y_i/r_{i,i+1}$$

$$q_i = \{(x_i - x_{i+1})/r_{i,i+1}\}(x_i/r_i) + \{(y_i - y_{i+1})/r_{i,i+1}\}(y_i/r_i)$$

$$f_i = \{(x_i - x_{i+1})/r_{i,i+1}\}(x_{i+1}/r_{i+1}) + \{(y_i - y_{i+1})/r_{i,i+1}\}(y_{i+1}/r_{i+1})$$

$$m_i = (y_i/r_i)(x_{i+1}/r_{i+1}) - (y_{i+1}/r_{i+1})(x_i/r_i)$$

$$r_i = +(x_i^2 + y_i^2)^{1/2}$$

$$r_{i+1} = +(x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2)^{1/2}$$

$$r_{i,i+1} = +\{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2\}^{1/2}$$

이다.

이상과 같이 질량체를 몇개의 다각형 판으로 나누어 개개의 판에 대한 V를 얻으면 전체 질량체에 대한 중력이상 $\Delta g_{total} = \int_{Z_{bottom}}^{Z_{top}} V dz$ 은 수치 적분방법으로 구할 수 있다. 즉, 연속된 3개의 곡면 사이의 구적(quadrature)은, 깊이 z_0, z_1, z_2 에 위치한 각각의 곡면에 의한 중력이상을 V_0, V_1, V_2 라 하면,

$$\int_{Z_0}^{Z_2} V dz = 1/6\left[V_0\{(z_0-z_2)/(z_0-z_1)\}(3z_1-z_2-2z_0) + V_1(z_0-z_2)^3/\{(z_1-z_2)(z_1-z_0)\} + V_2\{(z_0-z_2)/(z_2-z_1)\}/(3z_1-z_0-2z_2)\right]$$

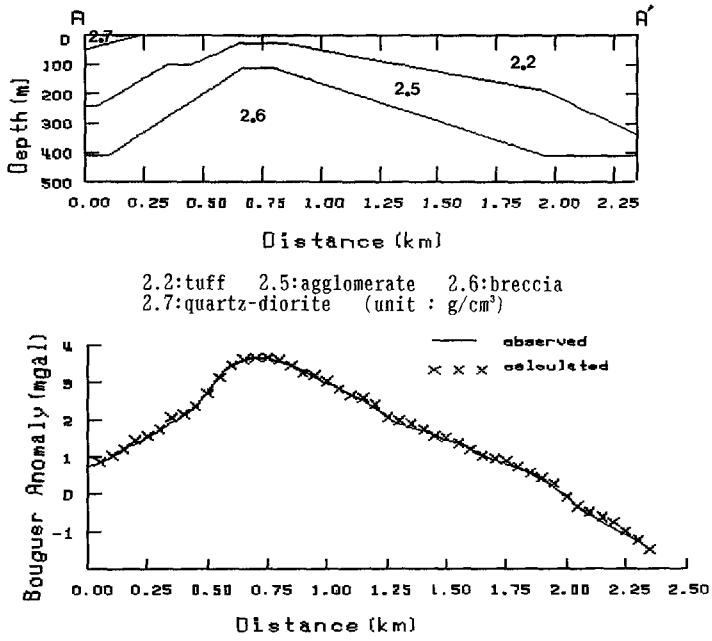

Fig. 6. A 2-D gravity model and Bouguer anomaly along A-A'.

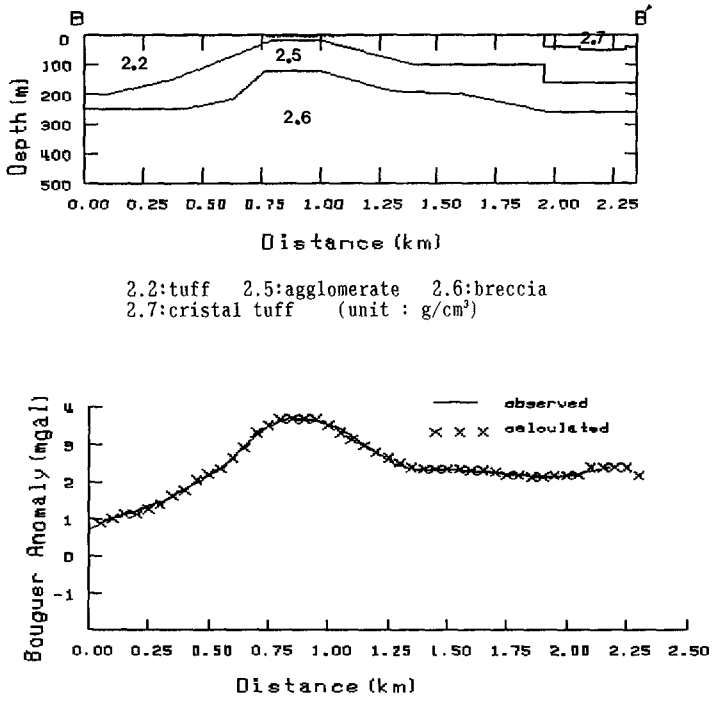

Fig. 7. A 2-D gravity model and Bouguer anomaly along B-B'.

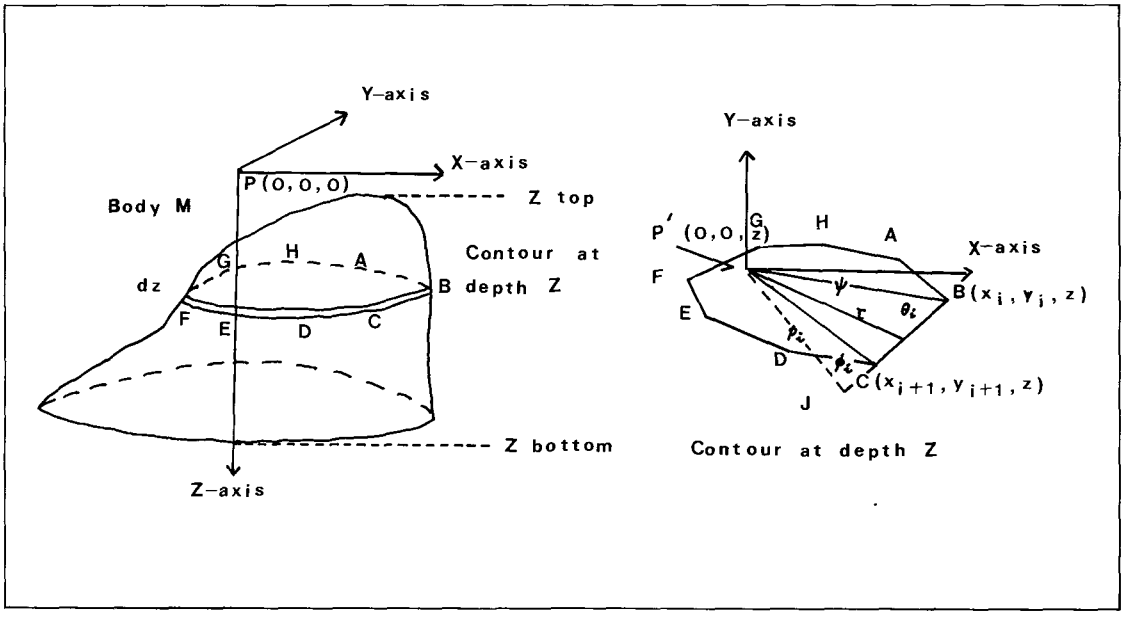

Fig. 8. Geometrical elements involved in the computation of the gravity anomaly caused by a three dimensional body (Talwani et al., 1960).

이 되고, 이는 깊이 z_0에서 z_2사이의 질량체 부분에 의한 중력이상을 나타낸다. 따라서 연속된 3개의 곡면에 대한 구적을 행하여 감으로써 전체 질량체에 의한 (z_{bottom} 에서 z_{top}까지) 중력이상 Δg_{total} 을 얻을 수 있다. Fig.9와 10은 위의 방법에 기초하여 계산한 3차원 모델링의 결과이다. 3차원 모델의 형태는 2차원 모델링의 결과를 참조하여 설정하였다.

토의 및 결론

본 연구에서는 남극 세종기지 주변의 중력탐사 자료의 역산을 실시하여 밀도차에 따른 지하 지질구조를 밝히고자 하였다.

Bouguer 이상도(Fig.5)로부터 유추되는 지하의 밀도 이상체는 북동방향으로 길게 분포하고 3차원 형태를 띠고 있으므로 2차원 모델링만으로는 지하구조를 추정하는 것이 부정확할 것으로 기대된다. 따라서 3차원 모델링을 수행한 후 Bouguer 이상치의 최대치와 최소치를 보이는 지역을 지나는 측선 A-A'와 이를 가로지르는 또 하나의 측선 B-B'에 대한 단면도를 작성하였다 (Fig. 9, 10).

첫째, Bouguer이상도만으로는 지질도(Fig.1)에 나타난 반도 북서쪽의 북동-남서 방향의 단층을 보이는 선구조를 인지할 수가 없었다. 이는 중력측정이 바다쪽으로는 연장될 수 없어 자료가 불충분하기 때문이라고 사료된다. 그러나 지질도상의 단층구조를 인정한다면, 중력역산에 의한 모델링의 결과(측선 A-A')는 표면에 노출된 석영섬록암이 지하 약50m정도까지 존재하고(Fig.6과 Fig.9), 이 석영섬록암과 응회암 사이의 접촉관계는, 마리안소만쪽에 경사를 가진 정단층으로 이루어져 있다.

둘째, 2차원 및 3차원 모델링 결과 측선 A-A'와 B-B'에 대한 지하단면 (Fig.5, 6,7,9,10)을 보면 응회암은 지하 약 30m에서 400m까지, 집괴암은 지하 약 120m에서 500m까지 존재하며, 2차원 모델에 비하면 3차원 모델의 집괴암층의 두께가 더 얇은 것으로 나타난다.

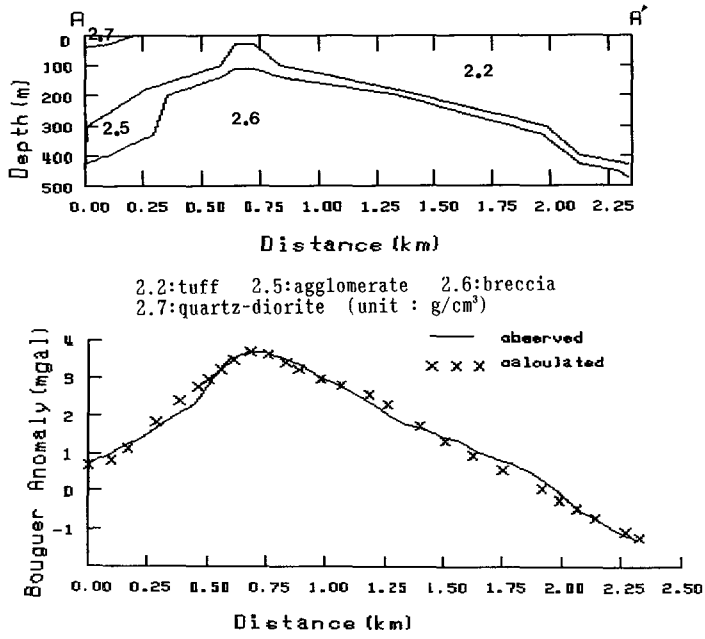

Fig. 9. The profile of a 3-D gravity model along A-A'. The agglomerate layer of density 2.5 becomes thin compared to that of 2-D model (Fig. 6) and forms a narrow neck at 0.7 Km from A.

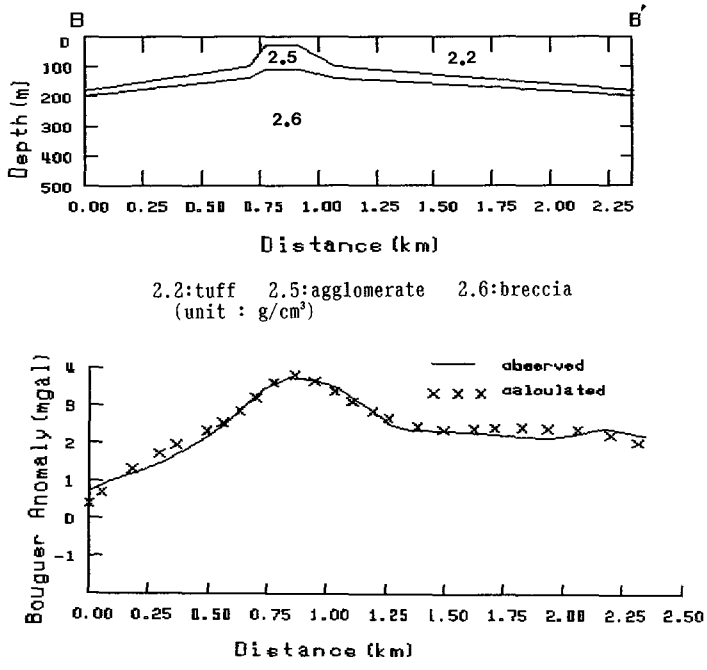

Fig. 10. The profile of a 3-D gravity model along B-B'. Subsurface layers are relatively flat and show bulge at 0.8km from B. The intrusion occurred along the SW-NE trending fault zone represented by B-B'.

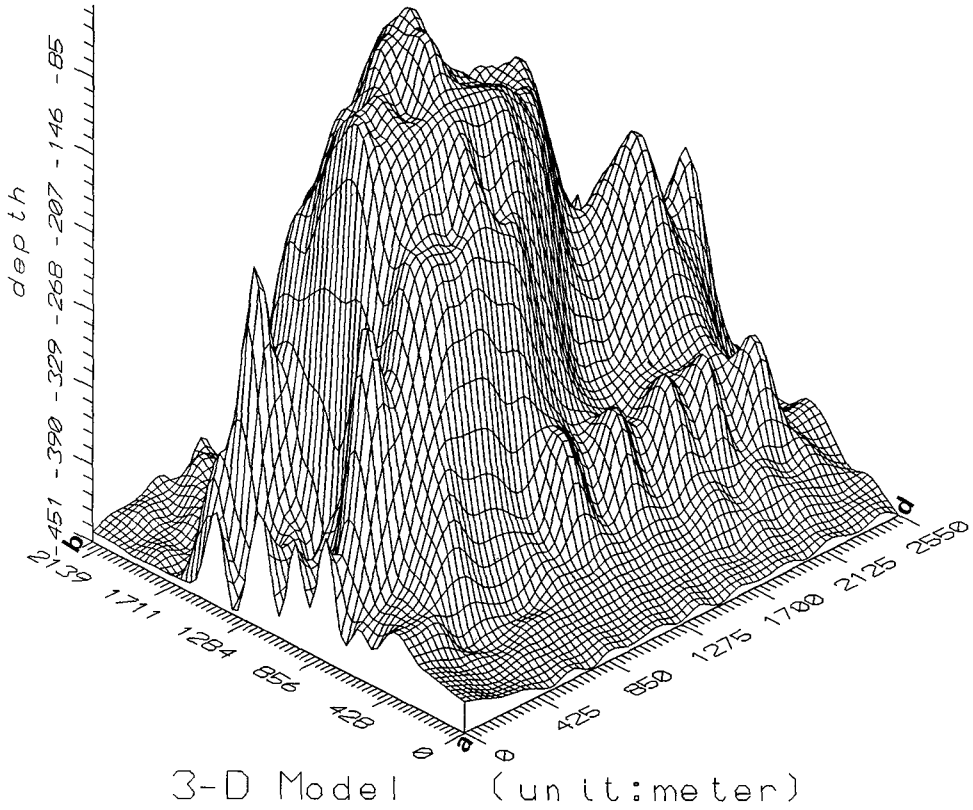

Fig.11. A 3-D model showing the surface of agglomerate layer below tuff. The position of each corner is indicated in Fig. 5.

그리고 높은 중력이상값을 보이는 연구지역의 중앙부(측선 A-A'의 경우 점 A로부터 약 0.65km, 측선 B-B'의 경우는 점 B로부터 약 0.85km인 지점)에서 응회암 하부의 집괴암과 각력암이 3차원 모델에서 상대적으로 솟아있음을 볼 수 있다. 이처럼 상대적으로 높은 밀도값을 갖는 집괴암과 각력암이 화산의 형태로 지하에 솟아있으며, 지형적으로도 이 일대에 분포한 관악봉 및 제 1봉 등의 봉우리로 미루어 보아, 이 구조는 화산활동 결과인 화산암경(Volcanic neck)을 형성하고 있는 것으로 생각된다. 따라서 관악봉을 중심으로 한 이 곳이 소규모의 volcanic vent로서, 바톤반도 지역의 분출 중심이었을 가능성을 시사해주고 있다. 또한 북동-남서 방향의 측선 B-B'의 단면상에 나타나는 집괴암 및 각력암층이 A-A'측선의 경우에 비해 완만한 경사를 보이고 있는 점은 마그마의 관입이 대략 동서 방향으로 존재하는 약대를 따라 이루어졌을 가능성을 시사하고 있다(Fig.11). 킹죠지섬에서 신생대 초기에 화산활동과 동시에 북동-남서 방향을 따른 수평단층운동이 있었다는 것으로 미루어 볼 때, 바톤반도에서도 주구조선을 따른 단층의 존재가 약대로서 작용하여, 마그마의 관입이 단층면을 따라 이루어졌을 것이다.

세째, 지질도(Fig.1)의 북동쪽에 분포한 결정질 응회암과 이에 접해있는 화산회류 응회암이 단층을 이루고 있는 것으로 알려져 있으나, 본 연구에서는 이 부근에서의 중력측정 자료가 불충분하고, 또 주변 물

질과의 밀도차가 그리 크지 않기 때문에 이 부근의 북서-남동 방향의 단층은 추정할 수가 없었다.

네째, 중력이상을 정량적으로 해석하기 위해서는 각 층의 밀도차를 정확히 알아야 하는 데 본 연구에서는 응회암의 경우 Parasnis방법으로 산출된 표층의 평균밀도값을 대입하였으며, 응회암 하부의 집괴암과 각력암이나 이들을 관입한 석영섬록암의 경우는 문헌에 나와있는 평균밀도값을 참조하여 사용하였다. 이러한 점들을 보완하기 위해서는 신선한 암석 시료를 얻어서 각 암석의 정확한 밀도값을 알아내는 것이 필요하다.

사 사

본 연구에서 사용된 중력자료의 야외측정을 위해 수고해주신 김정우씨(현재 State Univ. of New York at Albany)에 감사드리며 원고정리에 도움을 준 최은진씨에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

김예동, 남상헌, 김정우. 1989. 세종기지 주변에서의 중력측정, 남극 과학기지 주변환경조사(제2차년도), 한국과학기술원 해양연구소, 107-119.

민경덕, 서정희, 권병두, 1988. 응용지구물리학, 우성문화사.

박맹언, 1990. 바톤반도 천열수 변질작용과 광화작용의 특성에 관한 연구, 남극 과학기지 주변환경조사(제3차년도), 한국해양연구소, 55-99.

박병권, 좌용주, 1991. 남극 킹죠지섬 필데스반도의 화산암의 K-Ar 방사성연대, 지질학회지, 27, 409-415.

진명식, 이민성, 강필종, 1989. 킹죠지섬의 바톤반도 및 위버반도 일대의 지질학적 및 암석학적 연구, 남극 과학기지 주변 환경조사(제2차년도), 한국과학기술원 해양연구소, 73-92.

진명식, 좌용주, 1990. 킹죠지섬의 바톤반도 및 위버반도 일대의 화성암에 관한 지화학적 연구, 남극 과학기지 주변 환경조사 (제3차년도), 한국해양연구소, 101-131.

Barton, C.M., 1961. The Geology of the South Shetland Islands. I. The Petrology of King George Island. Britsh Antarc. Sur. Scien. Report No. 26.

Barton, C.M., 1965. The geology of the South Shetland Islands. III. The Stratigraphy of King George Island. British Antarc. Sur. Scien. Report No. 44.

Bentley, C.R. and J.D. Robertson, 1982. Isostatic Gravity Anomalies in West Antarctica. In: Craddock, C. (Ed.) Antarctic Geoscience. The University of Wisconsin Press, 949-954.

Birkenmajer, K., 1989. Tectonics of the Scotia Arc., Antarctica, in Field Trip Guide Book T180, 114-127, AGU.

Davies, R.E.S., 1982. The Geology of the Marian Cove area, King George Island and Tertiary age for its supposed Jurassic volcanic rocks. Br. Antarc. Sur. Bull., No.51: 151-165.

Dobrin, M.B., 1976. Introduction to Geophysical Prospecting, McGraw-Hill Book Co.

Ferguson, D., 1921. Geological Observations in the South Shetland, the Palmer Archipelago and Graham Land, Antarctica. Trans. Roy. Soc. Edinb., 53, Pt.1, No.3: 29-55.

Groushinsky, N.P. and N.B. Sazhina, 1982. Gravitational Field of Antarctica. In: Craddock, C. (Ed.) Antarctic Geoscience. The University of Wisconsin Press, 913-917.

Hammer, S., 1939. Terrain Corrections for Gravimeter Station, Geophysics, 4: 184-194.

Kim, Y. and S.H. Nam, 1991. High Resolution Seismic Survey of Maxwell Bay, King George Island: Glacial Marine Sedimentation and Tectionics, Korea J. Polar Res., 2: 79-86.

Mittermayer, E., 1969. Numerical formulas for the

Geodetic Reference System 1967. Bollentino di Geofisco Teorica ed Applicata, 11: 96-107.

Parasnis, D.S., 1975. Mining Geophysics, Elsevier Scientific Publishing Company, Jan van Galentrast 335, Amsterdam.

Parasnis, D.S., 1979. Principles of Applied Geophysics, A Halsted Press Book. John Wiley & Sons, New York.

Park, B.K., 1989. Potassium-Argon radiometric ages of volcanic and plutonic rocks from the Barton Peninsula, King George Island, Antarctica, Jour. Geol. Soc. Korea, 25: 495-497.

Talwani, M., J.L. Worzel and M. Landisman, 1959. Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies with Applications to the Mendicino Submarine Fracture zone, J.G.R., 64: 49-59.

Talwani, M. and M. Ewing, 1960. Rapid Computations of Gravitational Attraction of Three-Dimensional Bodies of Arbitrary Shapes, Geophysics, 25: 203-225.

Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff and D.A. Keys, 1976. Applied Geophysics, Cambridge University Press, 7-104.