

◎ 論 文

地磁氣 構造解析에 의한 海底年代의 測定과 海山の 磁氣基盤構造의 研究

申 起 澈* · 韓 健 模**

(1990년 5월 10일 접수)

Age Dating of Seafloor by Interpretation of Geomagnetic Structure and
Study on the Magnetic Basement of the Sea Mount

Gi-Churl Shin and Kun-Mo Han

Key Words : Magnetic Basement(자기기반), Seamount(해산), Mesozoic Magnetic Lineation
(중생대 자기호 모양), Subduction Zone(침강지역), Proton Magnetic Meter(플로톤 자기측정기)

Abstract

The area where age dating of the seafloor and interpretation of geomagnetic basic structure are conducted is also important in the aspect of geophysics. Near the sea mount (water depth to the top is 3900m and 6500m to the bottom), there are Mesozoic magnetic lineations at the sea-side flank along the trench axis.

A two dimensional model analysis of Talwani and Heirtzler(1964) and a three dimensional model analysis of Talwani are performed by using data obtained from the marine proton magnetometer.

Distribution, direction of the lineation, amplitude and period of magnetic anomaly are correlated and analysed with speed of the plate movement and lineation of the sea mount.

In the west and north-west Pacific there are lots of huge sea mounts retaining the history of oceanic crust. This indicates that geomagnetic basis subsided into the oceanic crust and has interest in the aspects of the isostasy theory of the gravity.

* 正會員, 日本東海大學

** 正會員, 東亞大學校

1. 緒 論

北西太平洋의 日本海溝 北端部와 千島海溝 南西部가 맞닿는 海域은 地球物理學의인 面에 있어 重要한 研究對象海域中的의 한 部分이다.

이 海域에는 山頂水深 約 3900m(低部水深 約 6500m)인 Erimo海山이 海溝軸의 海側斜面에 位置하고 있다. 海山을 中心으로 한 周邊地域에는 北東-南西方向으로 中生代의 地磁氣縞模樣(Mesozoic magnetic lineation)이 分布하고 있는 것으로 알려져 있다.

지금까지 이 地域에 對한 研究 가운데 Uyeda and Richards¹⁾의 磁氣異常解析과 Ozima²⁾의 K-Ar 年代測定에 의하면 古地磁氣의 伏角이 水平에 가깝고 따라서 海山의 形成位置는 現在의 位置보다 南側海域에서 形成되었다고 主張하였고, 生成年代를 약 8000萬年前(白堊紀 後期)으로 推定하고 있으며, Takigami³⁾는 Ar-Ar 年代測定 結果 11000年前(第四紀)으로 推定하고 있다. Yamazaki⁴⁾는 Erimo海山의 磁氣異常解析 結果, 海山直下의 lineation이 海山의 磁氣異常에 對하여 거의 影響을 주지 않는 相互獨立된 異常值로 解析하고 있다.

本 論文은 Erimo海山과 海洋底 lineation의 地磁氣學의인 特徵과 問題點을 보다 細密하게 比較, 檢討하기 위하여 1983年에서 1988年까지 約 30日間 海上用 Proton 磁力計를 使用하여 全磁力測定을 實施하였다. 觀測한 全側線의 測定길이는 約 2500km(41側線)이다.

上記의 DATA를 使用하여 Talwani and Heirtzler⁵⁾의 2次元 Model 解析과 Talwani⁶⁾ 3次元 Model 解析을 實施하였다. 以上의 解析結果로부터 Erimo海山의 地磁氣異常의 分布와 lineation의 方向, 振幅, 周期와 大洋殼의 移動速度, 海山과 lineation의 相互關係를 比較, 檢討하였다.

2. Erimo海山과 周邊地域의 地質學의 特徵

Erimo海山은 水深 6000m以上의 日本海域의 北端部와 千島海溝의 南西部 사이에 位置하고 있으며, 海山은 兩 海溝를 軸으로 하여 海側에 大部分 그 中心을 두고 있다(Fig. 1).

Erimo海山을 中心으로 한 周邊地域의 特徵은

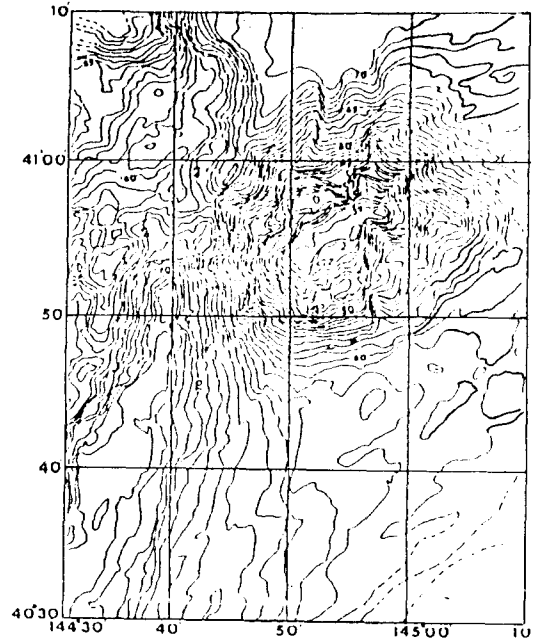


Fig. 1 The bathymetric map around the Erimo seamount
(Depth value $\times 100m$), (KAIKO I Research Group)⁹⁾ Contour intervals are at 100m

主로 3個 分野로 나눌 수 있다. 즉 海山을 包含한 典形的인 北西太平洋의 深海底의 部分과 陸側斜面, 海溝軸으로 나눌 수 있다. 먼저 海山을 包含한 海底의 特徵으로 今回調査를 實施한 比較的 平坦한 地域에는 顯著한 斷層面을 거의 찾아볼 수 없으나 海溝側 斜面部에는 音波探查의 解析結果 主로 正斷層이 分布하고 있는 것으로 알려져 있다 (Cadet et al⁷⁾). 이 地域의 堆積物의 分布는 全般的으로 海底基盤위에 平均 560m~650m의 堆積物이 堆積되어 있으며, 大部分 Cretaceous의 Chert이고 그 上部에는 非正合의 Eocene에서 Miocene의 遠洋性 粘土가 堆積되어 있으며, 이 堆積層 上部에는 半深海性의 堆積物이 分布하고 있다(KAIKO Research Group⁸⁾). 또한 Erimo 海山은 日本海溝의 南部에 位置한 第一 鹿島海山과 같이 海溝의 subduction zone에 位置하면서도 第一 鹿島海溝軸을 가로지르는 斷層을 찾아볼 수 없다. 海山의 山頂部에는 石炭岩의 層이 約 500m 分布하고 있다

(KAIKO Research Group⁹⁾).

두번째로 海溝側 陸側斜面은 陸性的 堆積物로 充滿된 海盆이 海溝軸과 거의 平行하게 分布하고 있으며 千島海溝의 陸側斜面의 逆“S”字形 地形은 地質學, 地球物理學의 研究上에 있어 커다란 特徵을 가지고 있다.

세번째, Erimo海山の 充突地點으로 부터 거의 北東-南西方向으로 分布하고 있는 千島海溝와 日本海溝는 陸側斜面으로 부터 供給된 堆積物의 影響을 받고 있으며, 특히 海山の 北部千島海溝의 水深 約 7000m의 넓은 深海盆(Fig. 1)은 日本海溝와 對照的인 傾向을 띠고 있다.

3. Erimo海山을 中心으로 한 周邊海域의 調査結果

Erimo海山을 中心으로 한 周邊地域은 海洋地質學的, 海底物理學的인 面에 있어 興味깊은 곳이며, 특히 地磁氣學의 研究에 있어 海山の 地域에서 測定되는 全磁力의 값이 海底基盤의 값과 海山이 가지고 있는 全磁力值가 複合되어 있는 것으로 指摘되어 있다(山崎¹⁰⁾).

이에 對하여 東海大學은 海山の 磁性體와 太平洋 大洋地殼 地磁氣縞模樣과의 相互關係를 研究하기 위하여 1983년부터 1988년까지 東海大學 九二世와 望星九二世를 利用하여 3.5kHz 音波探查와 採泥, 採石調査를 實施함과 同時에 특히 海上測定用 Proton magnetometer를 使用하여 上記海域에 있어 集中的인 調査(全磁力 測定)를 하였다. Proton magnetometer는 3萬~6萬 nT 範圍內에서 全磁力을 測定할 수 있으며 精度는 $\pm 1nT$ 이다.

航位의 決定에 對하여는 NNSS와 ROLAN-C를, 地形調査는 精密音響測沈器(PDR: 12kHz)를 使用하였다. Fig. 3은 磁力測定의 結果를 나타낸 것이며 Fig. 2의 Line-1~Line-4는 北西-南東方向으로 1988년에 觀測한 側線이다. 一個의 側線의 平均길이는 約 230km에 달한다. 4側線中 Line-1~Line-3은 深海底의 海底部(約 6200m에서 Erimo海山部, 海溝軸을 가로질러 陸側斜面部에 到達하는 側線이며 Line-4는 海山部를 벗어난 側線으로 深海底部에서 海溝軸, 陸側斜面까지의 側線이다.

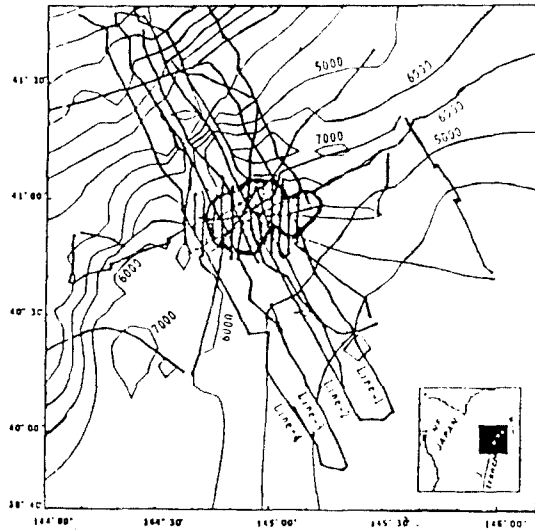


Fig. 2 Submarine topography around the Erimo seamount and survey lines
Depth contours are shown in meters with 1000m intervals.

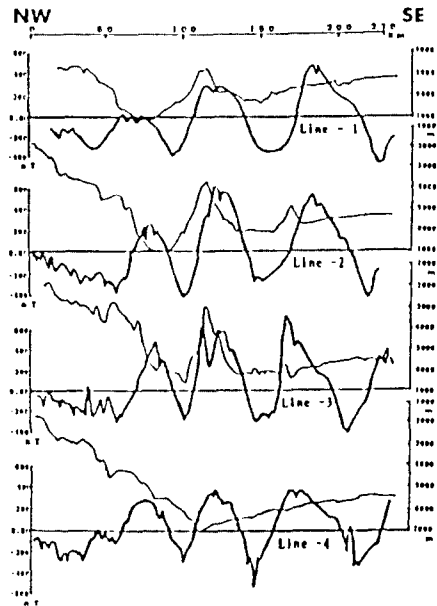


Fig. 3 Magnetic anomaly and depth section profiles for from Line-1 to Line-4
Show slender line is depth section and big line is magnetic anomaly.

4. 地磁氣異常의 分布

Ermo海山을 包含한 周邊의 地磁氣異常圖를 Fig. 4에 나타내었다. 地磁氣異常圖는 各側線의 交點에 對하여 誤差範圍를 $\pm 15nT$ 以內로 限定하였다. 地磁氣異常의 計算에 있어 日變化의 補正은 實施하지 않았다. 標準磁場으로서는 IGRF(international geomagnetic reference field)를 使用하였으며, 1983年에서 1984年까지의 全磁力值에 對하여서는 IGRF 1980을, 1985年에서 1988年까지의 全磁力值에 對하여서는 IGRF 1985를 使用하여 觀測年에 對하여 經年補正을 한 값과의 差를 地磁氣異常值로 하였다.

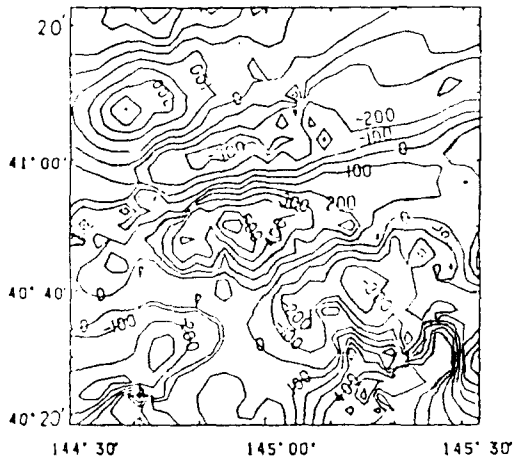


Fig. 4 The total magnetic intensity anomaly map of the Ermo seamount and surrounding areas

Fig. 4에서 보는 것과 같이 地磁氣異常의 全般的인 分布는 M9(前期白堊紀), M8, M7의 地磁氣lineation이 北東-南西方向으로 分布하고 있으며, 이들은 띠(帶)模樣을 하고 深海底에서 海溝側으로 分布하고 있다. Fig. 4의 等磁力線 contour interval은 $100nT$ 이다.

各 地磁氣 Event에 對한 地磁氣異常의 特徵은 다음과 같다. M9의 正常部는 Ermo海山の 中心部에서 約 $57km$ 떨어진 南東部에 該當하는 地域이며,

最大磁氣異常值는 約 $600nT$ 의 높은 局所的인 값이 分布하며, 約 $400nT$ 부터 $100nT$ 까지의 等磁力線의 全般的인 方向은 北東-南西方向을 나타내고 있다. 그리고 逆戰部는 Ermo海山の 中央部에서 約 $37km$ 南東部에 該當되며 局所的인 最大磁氣異常值는 約 $-300nT$ 이다. 이 部分에 對한 特徵은 北緯 $40^{\circ} 35'$ 과 東經 $144^{\circ} 56'$ 을 境界로 $0nT$ 에서 $300nT$ 의 磁氣異常이 서로 獨立된 거의 橢圓型을 나타내고 있다. 여기서 注目해야 할 事項은 南東部에 分布하는 磁氣異常이 海底地形에 있어 거의 平坦($6000m$)한 地域임에 反하여 南西部에 分布하는 磁氣異常群은 海底地形上 海側斜面과 日本海溝의 北端部를 가로 지르고 있는 點이다. 이 部分의 最大磁氣異常의 振幅은 約 $900nT$ 이다.

M8(1億 2000萬年)部는 Ermo海山이 分布하고 있는 地域으로 海山の 山頂部를 中心軸으로 正常部와 逆戰部가 分布하고 있는 地域이다. 正常部에 있어서는 海山の 山體部의 影響으로 생각되는 地磁氣異常이 約 $200nT$ 에서 $600nT$ 이며, M9의 Event와 거의 平行으로 分布하고 있다. 逆戰部는 最大磁氣異常 $-300nT$ 가 海山으로 부터 거의 眞北部에 分布하고 있으며 $0nT$ 에서 $-200nT$ 의 等磁力線이 千島海溝와 平行하게 北東-南西方向으로 分布되어 있다.

5. 地磁氣 Model 解析

5.1 2次元 Model解析의 方法 및 結果

Fig. 4의 地磁氣異常圖中에는 太平洋 大洋地殼lineation의 값과 海山の 異常, 그외의 局地的인 異常을 包含하고 있으므로 典型的인 太平洋 大洋地殼(Japanese) lineation의 振幅과 周期를 計算하기 위하여 Talwani와 Heirtzler⁵⁾의 2次元 Model解析 이론을 使用하였다.

Model計算에 適用한 各 變數는 地球磁場(全磁力)의 平均值가 $47300nT$, 伏角이 47° , 偏角이 $5^{\circ}W$ 이며 (Uyeda and Richards¹⁾), 磁性體가 가지고 있는 磁化率을 $6.8A/m$ 로 하였고, 上記의 變數를 가진 海底 大洋地殼(磁氣基盤)의 두께를 $3km$ 로 하여 磁氣基盤의 移動速度를 $6cm/yr$ 로 計算한 結果를 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5는 Ermo海山地域에 對한 M8의 正常部와 逆戰部가 中心이며, 本 地域에 對한 lineation의 全

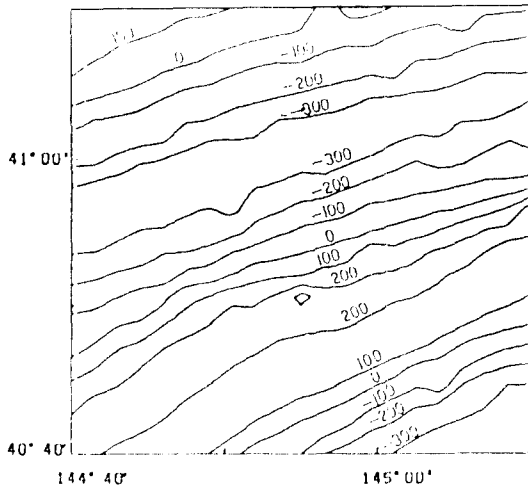


Fig. 5 Contribution of the magnetic lineations

般的인 方向은 Fig. 4의 方向과 同一하다. 海山의 中心으로부터 南東方向 約 50km 떨어진 平坦한 M 9의 振幅은 約 550nT이며 이에 對한 波長은 約 45 km이다. 그리고 海山이 分布하고 있는 M8의 正常部와 逆戰部와의 最大振幅은 500nT이며, 이에 對한 波長은 約 48km이다. 특히 이 部分에 對한 磁氣異常의 特徵은 正常部의 Pick의 形態가 南東方向으로 傾斜面을 나타내고 있으며, 實在 觀測된 磁氣異常의 形態와 比較, 檢討하였을 때 兩者가 서로 調和的인 意味을 알 수 있다. 海溝軸의 水深 7000m의 M7에 對한 磁氣異常의 振幅은 約 400nT이며 3Event中에서 比較적 낮은 값이 檢出되었다. 이 地域에 對한 波形의 特徵은 波形의 頂部에서 거의 水平의 型을 하고 있으며, 上記와 같은 理論的인 計算値와 觀測된 異常値를 合成하였을 時 調和的인 意味을 알 수 있다.

上記의 計算結果(Fig. 5)와 地磁氣異常圖(Fig. 4)와의 差를 一般的으로 殘差異常이라 한다. 여기에서 얻어진 殘差異常圖(Fig. 6)는 海山自體가 가지고 있는 地磁氣基盤에 對한 異常과 그외의 局地的인 寬入岩體(主로 火成岩)의 影響으로 起因되는 異常으로 생각할 수 있다. 즉 Fig. 5에 나타난 太平洋 大洋地殼의 lineation의 影響은 거의 除去되었다고 생각할 수 있으며, Fig. 6에서 보는 바와 같이 Erimo海山의 影響으로 생각되는(거의 南東方

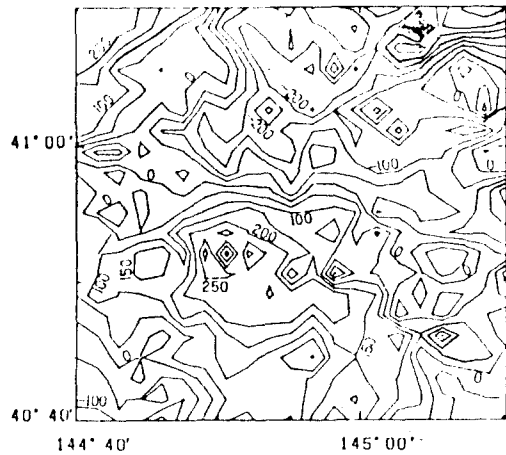


Fig. 6 Magnetic anomalies after the contribution of the lineations was subtracted

向의) 地磁氣異常이 正常部分에 約 250nT, 逆戰部分에서 約 -200nT 남아있다.

5.2 3次元 Model解析의 方法 및 結果

地磁氣殘差異常(Fig. 6)에 對한 Erimo海山의 磁氣構造를 解析하기 위하여 Talwani 3次元 Model解析方法⁹⁾을 使用하였다. 즉 海山의 磁性體에 起因하는 磁氣異常(雙極子磁場)을 求하기 위해 海山의 等深線을 基準으로 한 3次元 Model(Fig. 7)을 作成하여, Fig. 7의 磁性體上, 下部 深度를 各各 4.4 km, 7.8km로 하였고 磁性體 1枚의 두께는 0.4km로 하여 上記의 計算을 하였다. Erimo海山에 對한 磁氣Model의 特徵은 全般的으로 海山의 地形과 同一하지만, 海山의 中心部로부터 北東方向의 地域에는 6400~7200m의 磁性體가 海山의 地形과 差異를 가지고 있다. 이는 日本海溝와 千島海溝가 맞닿는 平坦(水深 6000~6300m)한 地域까지 뻗어 있다.

磁性體 上部深度의 推定은 音波探査(single channel)의 解析結果에서 推定된 것이며, 여기에 따르면 海山의 上部에는 約 500m의 石炭岩層이 分布하고 있는 것으로 알려져 있다(KAIKO Project Leg 3¹¹⁾).

3次元 Model解析에 適用한 海山의 磁性體에 對한 各 變數는 伏角(inclination)이 41°, 偏角(Decli-

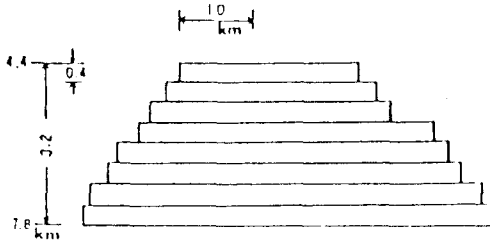
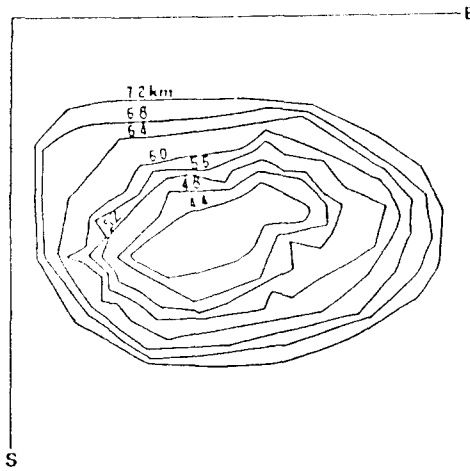


Fig. 7 A cross section of the magnetic model of the Erimo seamount

nation)이 $1^{\circ}W$, 磁性體의 磁化率을 $9.8A/m$ 로 하였다. 上記 變數에 對한 計算結果를 Fig. 8에 나타내었다.

海山の Model計算에 關한 磁氣異常의 特徵은 全般的인 面에 있어 Fig. 6의 殘差異常과 거의 同一한 南-北方向의 磁氣異常이 分布하고 있다는 點이며, 雙極子磁場의 正常部分에 最大 $300nT$ 의 값이 分布하고, $200nT$ 에서 $100nT$ 의 正常의 等磁力線은 北東側으로 橢圓型의 形態를 하면서 뻗어 있다. 또한 逆戰部分 $-200nT$ 에서 $-100nT$ 의 等磁力線은 東-西方向으로 길게 뻗어 있는 것이 特徵이다. 이에 對한 正常部分의 最大 振幅은 $500nT$ 이다.

Fig. 6의 地磁氣 殘差異常에 對하여 Fig. 8의 計算結果를 除外시켜 太平洋 大洋地殼 lineation과 Erimo海山の 磁氣的인 相互關係를 Talwani 3次元

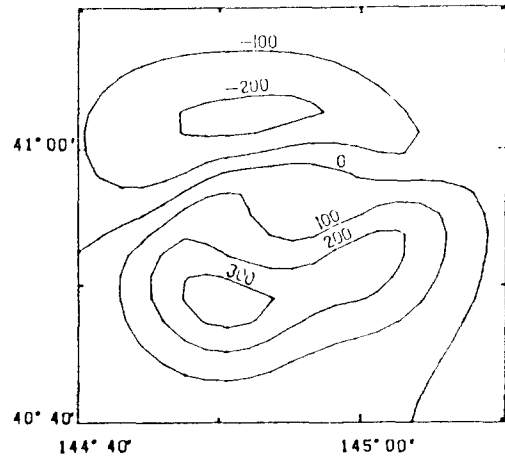


Fig. 8 Calculated magnetic anomalies of the 3-D model

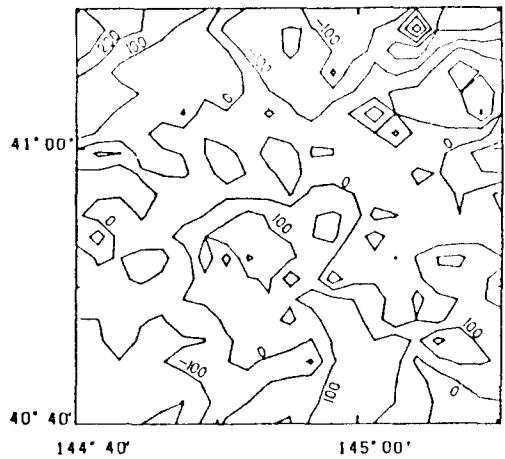


Fig. 9 The residual magnetic anomaly map in the Erimo seamount area

Model解析法을 導入하여 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 9에 對한 計算殘留磁氣異常은 Erimo海山の 山頂部에 局部的인 異常이 約 $100nT$ 남아있고, 그 眞北方向에도 역시 局部的인 $-100nT$ 가 남아있다. 그리고 海山の 南東部에도 約 $100nT$ 가 남아있다.

上記와 같은 局部的인 計算殘留磁氣는 磁氣 Model(Fig. 7)의 伏角, 偏角, 磁化率의 變化 影響으

로 判斷되며, 千島海溝深해海盆 地域에 分布하는 $-100nT \sim -200nT$ 의 磁氣異常과 西側의 $100nT \sim 300nT$ 의 강한 磁氣異常은 Erimo海山の 磁性體와 無關한 것으로 생각되어진다.

全般的인 計算殘留磁氣異常은 大部分 0值를 나타내고 있으며 이 結果는 Fig. 6의 殘差異常에 對하여 Fig. 7의 磁氣 Model이 合理的 또는 調和的 이라 할 수 있다. 여기에 對한 解析結果의 goodness ratio는 約 2.32이다.

6. 結 論

西太平洋, 北西太平洋의 深海底에는 海洋地殼의 歷史와 더불어 巨大한 海山이 수없이 分布되어 있다. 특히 日本海溝의 南端部 海溝軸에는 海底 大洋地殼의 移動에 따른 巨大한 斷層(正斷層)運動을 同伴하면서 海溝軸內部로 沈降하고 있는 鹿島海山이 있고, 千島海溝와 日本海溝와 맞닿는 海溝軸에 上記의 鹿島海山과 同一한 部分에 位置하면서도 海山の 物理的인 變化, 變形을 그다지 받지않는 Erimo海山이 있다.

이들은 現在 海底物理學的으로 重要한 研究對象으로 되어 있으며, 이러한 觀點에서 Erimo海山에 對하여 地磁氣學 研究를 實施하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1) 北西太平洋의 Erimo海山을 中心으로 한 周邊 地域에는 M9, M8, M7(1億~1億2千萬年, 白堊紀)의 地磁氣 lineation이 北東-南西方向으로 分布하고 있으며 深海底(太平洋海底部)에서 海溝側, 陸側 斜面으로 分布하고 있다.

2) Japanese lineation의 振幅과 周期를 計算하기 위해 2次元 Model解析에 適用한 各 變數는 地球 磁場(全磁力)의 平均値가 $47300nT$ 이며 伏角, 偏角이 各各 47° , $5^\circ W$ 이다. 그리고 磁性體가 가지고 있는 磁化率은 $6.8A/m$ 로 하여 磁氣基盤의 두께를 $3km$, 基盤의 移動速度는 $6cm/yr$ 로 使用하였다.

3) 地磁氣 Event M8의 最大振幅은 $500nT$ 이며, 波長은 約 $48km$ 이다.

4) Japanese lineation의 方向과 Erimo海山の 雙極子磁場과의 相互關係를 比較, 檢討한 結果, 前者의 方位가 約 $60^\circ E$ 임에 對하여 後者의 方位는 約 $10^\circ E$ 이다. 그리고 Erimo海山の 伏角이 本 研究의 結果 41° 임을 考慮했을때 Uyeda and Richards¹⁾,

Yamazaki⁴⁾의 結果와는 多少 差異를 가진다. 즉 Erimo海山の 生成年代는 Uyeda and Richards¹⁾가 主張한 8000萬年前(白堊紀 後期)보다 以後에 生成된 것이라 推定된다.

5) 3次元 Model解析 結果 Erimo海山の 中心으로 부터 西側部에 $6400m \sim 7200m$ 의 深部磁性體가 約 $5km$ 떨어져 있다. 이는 海山の 磁性體基盤이 海洋 底地殼의 內部까지 沈降되어 있다는 結果이며, 重力的 Isostasy論에 있어 興味 깊은 現象이다.

參 考 文 獻

- 1) Uyeda, S. and M. Richards, "Magnetization of Four Pacific Seamounts near the Japanese Island," Bull. Earth Res. Inst., vol. 44, pp. 179-213, 1966
- 2) Takigami, Y., I. Kaneoka, T. Ishii and Y. Nakamura, "40Ar-39Ar Ages of Igneous Rocks Recovered from Daiic Hi-Kashima and Erimo Seamounts during the KAIKO Project", Palaeogeogr, 1988
- 3) 石田光男, "電子計算機による3次元 Model을 用いた地磁氣 데이터의 解析方法", 東海大學 概要, 1981
- 4) Yamazaki, T., "Magnetization of Erimo seamount," J. G. G, Vol. 40, pp. 715-728, 1988.
- 5) Talwani, M. and J. R. Heirzler, "Computation of Magnetic Anomalies Caused by Two Dimensional Structure of Arbitrary Shape", Columbia Univ. Lamont Geo. Obser., 1964
- 6) Talwani, M., "Computation with the Help of a Digital Computer of Magnetic Anomalies Caused by Bodies of Arbitrary Shape", Geophysics, Vol. 30. pp. 797-817. 1965
- 7) Cadet, J.P., K. Kobayashi, J. Auboun, et al., "The Japan Trench and its Juncture with the Kuril Trench; Cruised Results of the Kaiko Project", Leg3, Earth Planet. Sci Lett. Vol. 83, pp. 267-284, 1987
- 8) 小玉一因, "沈み邊お海山, 海嶺", 月刊紙溝, pp. 688-691, 1986
- 9) KAIKO I Research Group, "Topogaphy and Structure of Trenches around Japan-Data Atlas

of Franco-Japanese KAIKO Project”, phase I.
University of Tokyo Press, 1986

10) 木川榮一, “海洋性 穀穀の磁化”, 月刊地球, pp.
680-684, 1986



Call for Papers

ICRS - 3
THE THIRD INTERNATIONAL
CONFERENCE
ON
RESIDUAL STRESSES

July 24-26, 1991

Tokushima Prefectural Culture Hall
Tokushima, Japan

First Circular
August 1989

Organized by
The Society of Materials Science, Japan
and
The Foundation for Advancement of
International Science

연락 : 인하대 공대 기계공학과 김 상 철