

北海道を南北に横切る測線上での 地磁気地電位差変化観測

北海道大学理学部 西 田 泰 典

1. ま え が き

一般に島弧において地殻熱流量、地震波速度等は海溝から内陸部にゆくに従い系統的に変化しているということが最近知られてきている。上部マントルの電気伝導度にもそのような変化がみられるかどうかは興味深いことである。そこで観測点を千島弧の西端を横切るように配列し、島弧の海溝側と内陸側で地磁気変化の様子がどう異なるかを調べた。その際地電位差変化観測も同時に行っているのであわせて報告する。

観測点の分布はFig. 1に示される如く千島弧にほぼ直交するように配列しており、千島弧を横切る陸上観測としては一番長い測線を形成している。地電位差変化観測が行われた測点はTKB, NAY, RANそしてURKであるがNAYにおいては記録の質が悪かったため解析されていない。

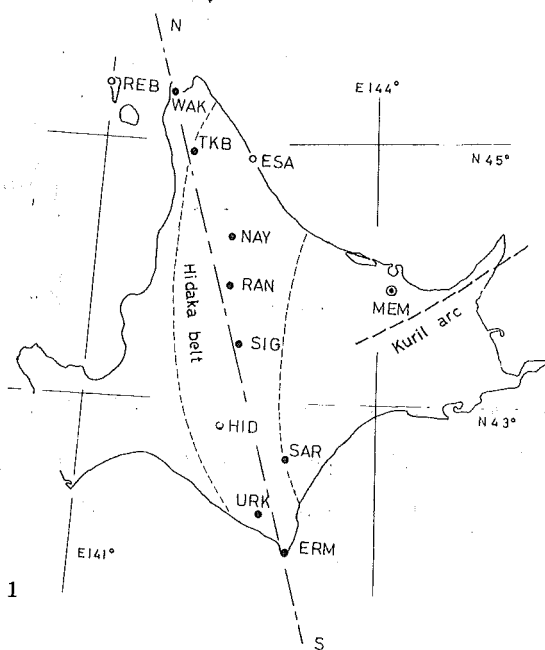


Fig. 1

2. 観測結果

地磁気変化観測：地磁気3成分変化記録のスペクトル解析を行うことにより変換函数を求めることが出来るが (EVERETT and HYNDMAN, 1967), その結果を用いたパーキンソン・ベクトル (PARKINSON, 1959) の分布を Fig. 2 に示す。実線は周期60分, 破線は周期5分に対するものである。白丸は久保木 (1972), 大島・森 (1974) の求めたものである。WAK のベクトルはすでに笹井 (1969) および久保木 (1972) により求められているが, 今回著者の求めた結果とほとんど一致している。

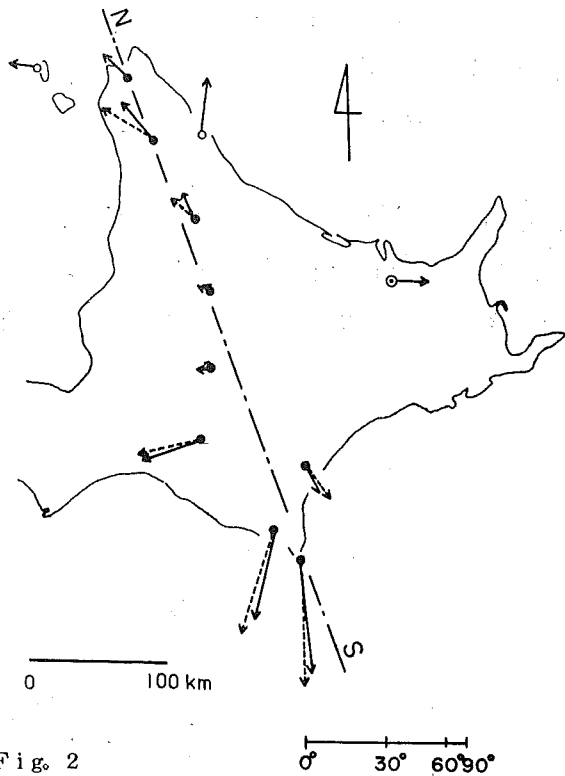


Fig. 2

又磁場の水平成分 $\Delta R (= \sqrt{\Delta H^2 + \Delta D^2})$ が N-S 測線に平行に変化した際, 各測点における $\Delta R / \Delta R_0$ (白丸) および $\Delta Z / \Delta R_0$ (黒丸) を Fig. 3 に示す。この場合 ΔR_0 は基準点とみなした女満別 (MEM) の同時水平成分を示し, 符号は北および下向きの変化を正にとってある。又周期5分の変化を実線で, 周期60分の変化を破線であらわしている。ERM 周辺の大きい ΔZ はすでに NISHIDA (1976) により述べられているように広い大洋に誘導された電流が鋭く突き出たえりも岬によりねじ曲げられ集中した結果生じた“半島効果”によるもので

ある。この“半島効果”も内陸部にゆくと急激に減少し、SIR, RAN付近では海の影響はほとんど認められない。さらに北部へゆくと宗谷海峡の影響と思われる比較的大きな ΔZ が観測されている。 ΔZ の極大は海峡に最も近いWAKではなくTKB付近で得られている。又WAKの水平成分がMEMの1.3倍もあることから海峡のeffectiveな境界は実際の海岸線よりやや内陸に存在するものと思われる。“海峡効果”としての規模は津軽海峡の場合(山下・横山, 1975; YAMASHITA and YOKOYAMA, 1976; NISHIDA, 1976)ほど大きくはないが、これは宗谷海峡付近の海深が100m以下と浅く、又周辺の海洋の規模もさほど大きくないことによるとと思われる。

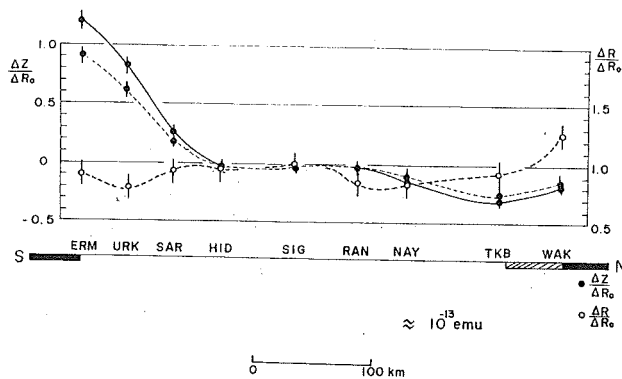


Fig. 3

以上述べた表層の効果を差し引くと測線中央部にみられる如く ΔZ はほとんど0となってしまう、上部マントルに起因しかつ島弧構造を反映したような地磁気変化異常は明瞭には表れてこない。つまりマントル電気伝導度の横方向の異常はほとんど認められないという結果が得られる。

地電位差変化観測：URKにおける地磁気地電位差変化記録をスペクトル解析し、インピーダンス・テンソルを求めた結果がFig. 4である。結果は8つの地磁気嵐の解析結果を平均したものである。それをみると対角要素 Z_{11} , Z_{22} がかなり大きく、又短周期において Z_{22} の決定誤差が非常に大きいのが特徴である。URKは日高変成帯に属しており、その付近の地下構造はかなり複雑なものと推定される。例えば宇津(1971)は地震波の走時がURKでは標準よりかなり早いにもかかわらずそこからわずか17kmしか離れていない気象庁浦河測候所では逆に遅いことを指摘し、浦河沖の頭しい負の重力異常とも考え合わせて地下構造が局地的に不均一なのではなからうかと述べている。従ってこの Z_{22} の不安定性も、 ΔD に誘導された電流が海岸付近の複雑な電気伝導度分布に微妙に左右された結果生じたものと推定される。

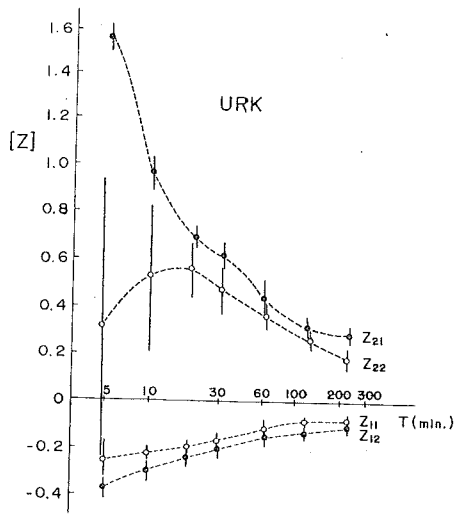


Fig. 4

TKB, RANにおいては記録のスケールアウト等によりスペクトル解析に適するような電位差変化記録が得られなかった。そこで従来の読み取り方法を用いて、各々直交する電場と磁場の比 E/H の周期特性を求めたものが Fig. 5 である。縦軸は E/H を $mV/km/\tau$ で、横軸は周期を分でプロットしてある。又 ρ を比抵抗、 T を周期とすると、半無限一様媒質の平面上では理論的に

$$E/H = \sqrt{\rho / 0.2 T}$$

なる関係が得られるが、その関係も図中に ρ をパラメーターにして実線で示されている。

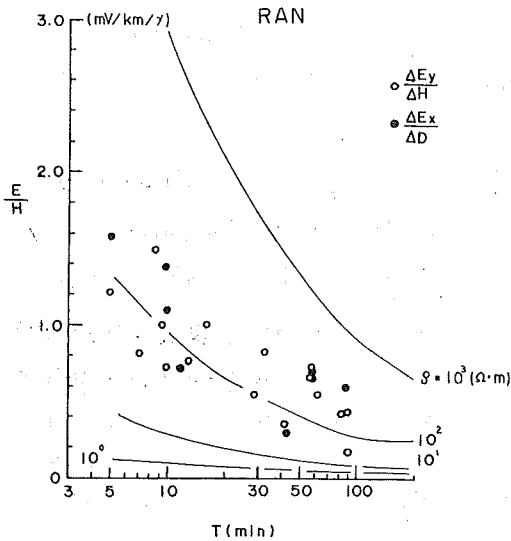


Fig. 5a

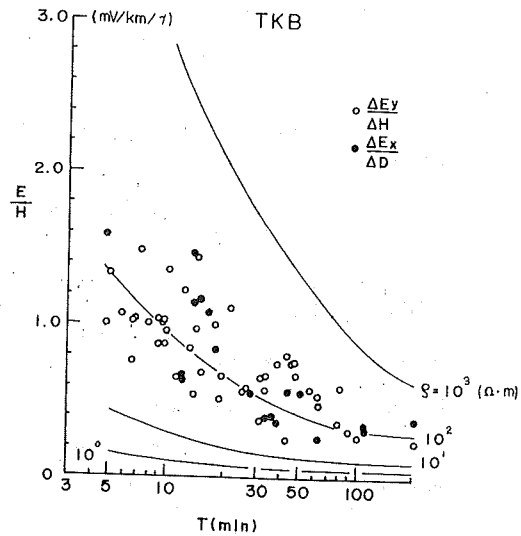


Fig. 5b

観測結果はTKB, RANともに E_x/H_y , E_y/H_x がほぼ同一の周期特性をもっていることを示している。さらに E_x/H_y (E_y/H_x) と H_x/H_y (H_y/H_x) の関係をFig.6に示す。用いた周期はTKBについては30~100分, RANは40~90分である。これを用いてインピーダンス・テンソルを求めると

$$\begin{pmatrix} 0.07 & -0.30 \\ 0.53 & -0.12 \end{pmatrix} \text{TKB,} \quad \begin{pmatrix} 0.04 & -0.43 \\ 0.60 & -0.06 \end{pmatrix} \text{RAN}$$

となる。TKB, RANともに Z_{11}, Z_{22} が小さく, 又 $|Z_{12}| \approx |Z_{21}|$ である。数10分より短い周期に対するインピーダンス・テンソルは適当な変化が少なかったため求めることは出来なかったが, TKBおよびRAN付近の地下深部の電気抵抗率は水平的にかなり均質であると思われる。

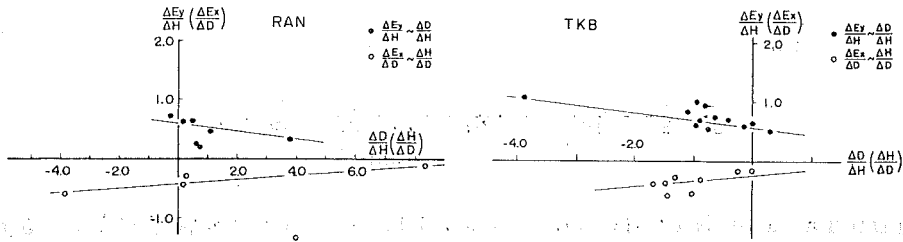


Fig. 6a

Fig. 6b

地下電気抵抗率が鉛直方向にのみ変化する場合, 見かけ抵抗率 ρ_a は上式の ρ を ρ_a に置き換えることにより表現される。TKBおよびRANでは抵抗率の水平方向の異质性があまり顕著ではないと思われるので E_x/H_y , E_y/H_x の平均値を, URKにおいては電場の卓越方向の E/H を用いた見かけ抵抗率 ρ_a (ohm-m)をFig. 7に示す。三角がRAN, 白丸がTKBそして黒丸がURKの結果である。又大和田(1972)が地磁気地電流法を用いて女満別(MEM)の地下電気伝導度分布を求めているが, その際の見かけ抵抗率もプラス印でプロットしてある。それらの結果をみると島弧の内陸側のTKB, RANのみかけ抵抗率は数分から100分程度の周期範囲では一定であり, 100~200 ohm-mの値を示している。MEMもそれと同じ範囲にある。それに対し島弧の海溝側に位置するURKではわずかではあるがそれより系統的に高い値が得られている。そしてその傾向は長周期に於て著しい。しかしながら煩雑になるため図には示されていないが, その結果にはTKB, RANでは約±100 ohm-m, URKでは約±50 ohm-m程度の誤差を含んでおり現段階では決定的なことは云えない。本観測で

は数分より短い周期に対する分解能がないため、詳しい構造解析はなされていない。しかしながら、ここで得られた見かけ抵抗率は測点下の上部マントルの平均的な電気抵抗率を示していると考えられることは出来よう。

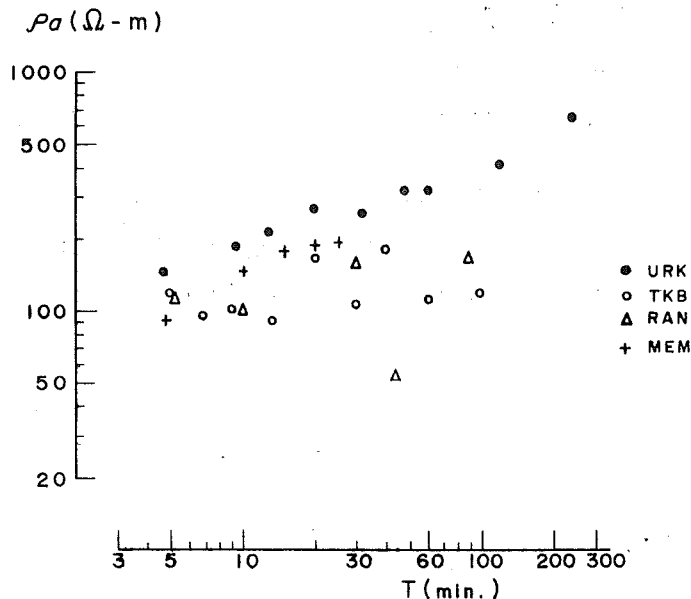


Fig. 7

最近DUBA and NICHOLLS (1973)はマントルの主要構成物と思われるオリビンの電気抵抗率が鉄の酸化程度により非常に変化することを指摘している。それによると3価の鉄が2価に還元される時、抵抗率は約3ケタ大きくなる。還元的状態の上部マントルを仮定するなら、DUBA et al. (1974)の酸素の逃散能 (oxygen fugacity) をコントロールした室内実験結果から得られた抵抗率 — 温度の関係から100~1000 ohm-mの抵抗率に対し1300~1500℃という温度が得られる。上部マントルの固化温度は数10~200kmの深さに対し1200~1600℃程度の範囲にあるから、平均的電気抵抗率から推定された温度は固化温度の範囲とほぼ一致している。従って本稿N-S測線下の上部マントルは部分熔融している可能性が強い。一方上部マントルが酸化状態にあると仮定すると、抵抗率が約3ケタ下るため100~1000 ohm-mのオリビンに対し1000℃以下の温度を与えることになる。その場合は必ずしも部分熔融状態の上部マントルを考える必要はなくなる。

森谷ら(準備中)はTKB付近の上部マントルの地震波の吸収, Q, を100~200と求めている。又同様にURK付近では数100というQ値を得ており、いずれもlow-Qというべき値を示している。鈴木(1976)は爆破地震動および自然地震の解析結果から、北海道も含めた東北日本において海溝からAseismic Frontまでの地震多発地帯では8.0~8.2

km/sec, 陸地部では海側より低い7.5~7.7 km/sec の P_n 速度を得ている。以上の地震学的データは北海道内陸部の上部マントルが部分熔融状態にあることを示唆しており, 前記2つの仮定のうち前者の可能性を支持していると思われる。

3. あとがき

以上の観測結果および議論をまとめると,

- 1) 北海道北部では宗谷海峡による“海峡効果”と思われる比較的大きな ΔZ が観測される。 ΔZ の分布から effective な海峡の境界は実際の海岸線よりやや内陸よりとなる。
- 2) N-S 測線下の上部マントルの平均的電気抵抗率は 10^2 ohm-m のオーダーである。又岩石実験結果および地震学的データを組み合わせると測線下の上部マントルは部分熔融している可能性が強い。

となるが, 1) に関して, サハリンのアニバ湾の東側でウィーゼ・パーキンソンベクトルが得られており (VANYAN et al., 1975), それは宗谷海峡ではなく東側のオホーツク海を向いている。しかしながらそれらの測点は宗谷海峡とはやや離れており, WAK のすぐ対岸 (アニバ湾の西側の半島) のデータは得られていないようである。宗谷海峡による“海峡効果”を確かめるためにはさらに測定が必要であろう。

本稿のより詳しい議論は西田 (1977) でなされている。

参 考 文 献

- DUBA, A. and I. A. NICHOLLS, 1973. The influence of oxidation state on the electrical conductivity of olivine. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 18, 59-64.
- DUBA, A., H. C. HEARD and R. N. SCHOCK, 1974. Electrical conductivity of olivine at high pressure and under controlled oxygen fugacity. *J. Geophys. Res.*, 79, 1667-1673.
- EVERETT, J. E. and R. D. HYNDMAN, 1967. Geomagnetic variations and electrical conductivity structure in south-western Australia. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1, 24-34.
- 久保木忠夫, 1972. 日本における地磁気変化ベクトルの異常について (第4報) - 日本北部

- の根室・礼文・稚内・豊原の変化ベクトル—地磁気観測所要報, 14, 93—105.
- NISHIDA, Y., 1976. Conductivity anomalies in the southern half of Hokkaido, Japan. *J. Geomag. Geoelectr.*, 28, 375—394.
- 西田泰典, 1977. 北海道を南北に横切る測線上での地磁気地電位差変化観測. 北海道大学地球物理学研究報告, 36, 29—40.
- 大島章一・森 俊夫, 1974. 水路部磁気点でのプロトン磁力計連続観測結果について. 測地学会誌, 20, 70—76.
- 大和田真一, 1972. 地磁気地電流法による女満別の地下電気伝導度について. 地磁気観測所要報, 14, 77—85.
- PARKINSON, W. D., 1959. Direction of rapid geomagnetic fluctuations. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 2, 1—14.
- 笹井洋一, 1969. 中部日本における地磁気変化異常. シンポジウム「日本における Conductivity Anomaly 研究」講演集, 43—55.
- 鈴木貞臣, 1976. 自然地震の走時から推定される北日本の上部マントル速度の地域性 (P波). 地震2, 29, 99—127.
- 宇津徳治, 1971. 日本列島下の上部マントルの異常構造について. 北海道大学地球物理学研究報告, 25, 99—127.
- VANYAN, L. L., V. V. BORETS, A. M. LYAPISHEV, B. YE. MARDERFELD and A. V. RODIONOV, 1975. Deep electromagnetic investigations in the Soviet Far East. *Modern Geology*, 5, 65—73.
- 山下 済・横山 泉, 1975. 北海道南西部における地磁気短周期変化. 北海道大学地球物理学研究報告, 34, 15—44.
- YAMASHITA, H. and I. YOKOYAMA, 1976. Interpretation of the "Northeastern Japan Anomaly" in electrical conductivity of the upper mantle. *J. Geomag. Geoelectr.*, 28, 329—332.