

北海道石狩低地帯周辺の C. A.

北海道大学理学部 西田 泰典

1. はじめに

日本などのように海に囲まれ地質的に複雑な場所での地磁気変化異常の原因として、海洋や良導堆積層の効果を無視することは出来ないことはもはや常識となっている。北海道石狩低地帯周辺の地磁気変化異常も、著者により簡単に議論されているように (NISHIDA, 1976) 日本海および太平洋をほぼ南北につないでいる石狩低地帯の一種の“海峡効果”によるものと解釈されている。以下本稿ではこの異常につき地電位差変化観測結果を用いながらより詳しい議論を行う。

大略的地質構造および観測点の分布は Fig. 1 に示される。観測点のうち白丸は地磁気 3 成分変化観測を行った場所を表している。⊗印で示された HAY, AZM そして SIK においては地磁気 3 成分と同時に地電位差 2 成分変化観測が行われた (S I K の地電位差変化観測は山下・横山, 1975 による)。又 N A G においては地電位差変化のみを観測したが同一期間に S A P において地磁気 3 成分変化観測を行っている。地磁気変化観測に用いられた測器はフラックスゲート型磁力計で感度は約 $2 \gamma/mm$, 記録紙送り速度は $25 mm/h$ である。地電位差変化観測には鉛管を電極に用いている。

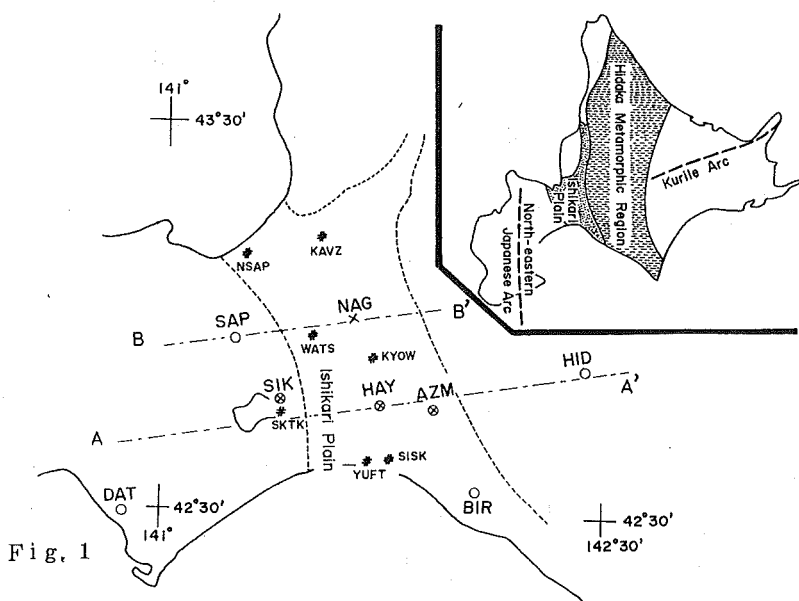


Fig. 1

2. 観測結果

地磁気変化観測：石狩低地帯周辺の観測点から得られた地磁気変化の様子に極めて特徴的なことがら3点見出される。第1点は低地帯中央に位置するHAYの ΔD が異常に大きいことである。記録例をFig.2に示すが(破線は基準点にとった女満別の同時記録), HAYにおいて ΔH は女満別のそれとほぼ同じなのに比し ΔD は異常に大きい。そして低地帯の端もしくは外側に位置する他の点ではその異常は急激に減少している。もう1つは同じくFig.2の記録例にみる如く, 東西方向の磁場変化に対し低地帯の西側に位置するSAP, SIKの ΔZ とHAYより東側に位置する測点の ΔZ の符号が逆転していることである。さらに3番目の特徴として低地帯西側のSIKおよびSAPでZ成分の変化の様子が周期により大きく異なることである。特に顕著な例としてFig.2のSAPの記録をみると, 10分程度の短周期変化ではD成分が東向きに変化した際, Z成分は上向きに変化しているのに対し1時間程度の変化ではその逆になっている。石狩低地帯を横切るほぼ東西の測線A-A'(Fig.1)を考え, 以上の特徴をまとめて図示したものがFig.3a)である。各観測点の $\Delta Z/\Delta R_0$ と $\Delta R/\Delta R_0$

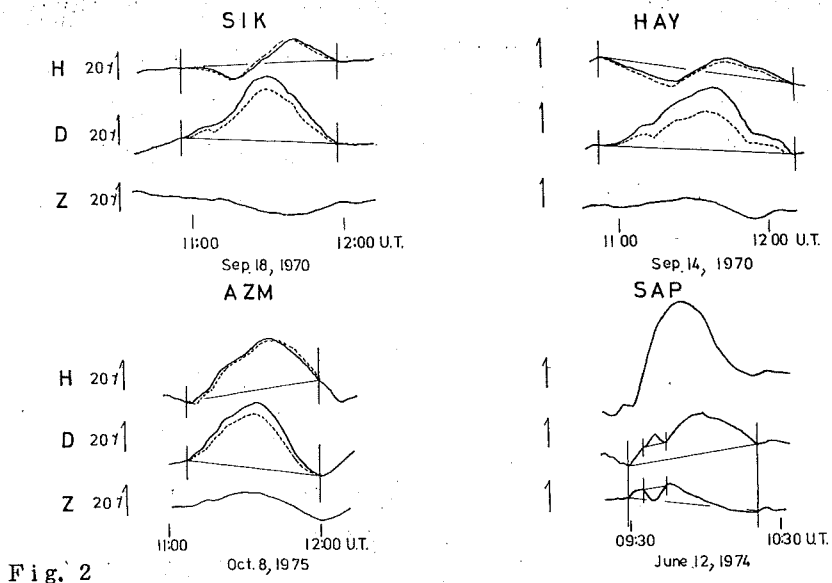


Fig. 2

の値が周期5分(実線)と60分(破線)の場合につき示されている。 ΔR は測線に平行して磁場が変化した際の水平成分を表しており, ΔR_0 は基準点として採用した女満別での水平成分を表している。又 ΔR_0 は東向きを正にとってある。この結果はNISHIDA(1976)により公表されたものと同じであるが, AZMの点に加わったことおよびHIDのデータを再

吟味したことから多少修正されている。周期5分の結果は低地帯下に狭い巾を持った電流がほぼ南北方向に集中して流れることを示唆しているが、このように大きくかつ local な異常が地下深部の構造によって引き起こされるとは考えにくい。従ってこの異常は低地帯直下の表層を流れる電流に起因していると考えられる。

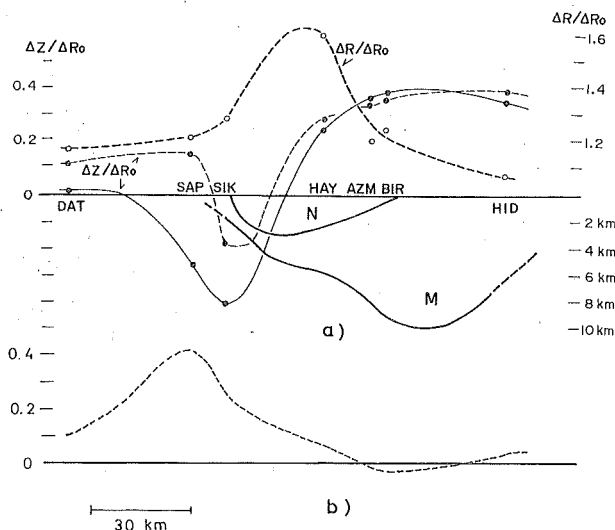


Fig. 3

石狩低地帯は極めて厚い堆積層に覆れており、その構造は吾妻(1962)、亀谷・吉村(1964)らにより詳細に調べられている。新第3紀層(N)および中世代の地層(M)の断面をFig. 3a)に示すが、水平成分の異常範囲を考慮するとこの地磁気変化異常の原因は主として新第3紀層にあると推定される。

Fig. 1の井印は電気検層のなされた主なるボーリング孔の位置を示す。実施機関は北海道立地下資源調査所(SKTK点)および石油資源K.K.(他点)である。電気検層の結果新第3紀層の比抵抗値は2~3 ohm-mと極めて低く、古第3紀層に入ると同時にその値は急増している。又低地帯外側のSKTK点(1000m)の結果では数10~100 ohm-m という値が得られており低地帯内新第3紀層より1ケタ以上大きい比抵抗値となっている。従って低地帯内新第3紀層への電流集中は十分考えられることである。

$\Delta Z/\Delta R_0$ の周期依存性はFig. 3a)に見るように低地帯の東側ではみられず表層の効果は長周期にまで及んでいる。しかるにSIKとSAPにおいては周期60分になると表層の効果は打ち消されてしまっており、特にSAPにおいては $\Delta Z/\Delta R_0$ の符号は逆転してしまう。従ってSAP

や SIK における地磁気変化長周期成分はより深い電気伝導度構造に支配されているものと思われる。周期 60 分の異常が単純に表層の効果と地下深部の効果との重ね合せによっていると仮定すると $(\Delta Z / \Delta R_0)_{60 \text{ min}} - (\Delta Z / \Delta R_0)_{5 \text{ min}}$ が地下深部の電気伝導度の情報を与えることになる。Fig. 3b) にその値を示すが、それをみると低地帯西側の深部に良導層が存在していることを示唆している。

地電位差変化観測：地磁気、地電位差変化記録をスペクトル解析することにより AZM および HAY でのインピーダンス・テンソルを求めた。その結果地磁気変化に伴う電場の変化は極めて異方的であり、各々直交する電場と磁場の比 E/H の卓越方向は Fig. 4 に示される如く低地帯の走向にほぼ平行となる。この卓越方向の強い磁場は周囲から強制的に低地帯に流れ込んだ伝導電流により作られたものであろう。

HAY および AZM における卓越方向(実線)およびその直角方向(点線)の E/H の周期特性を Fig. 5 に示す。両側点とも顕著な周期特性を示さないが、卓越方向の E/H は AZM で約 $0.8 \text{ mV/km}/\gamma$ であり HAY の約 $0.5 \text{ mV/km}/\gamma$ より大きい。このことは HAY の下の良導層が AZM のそれより厚いことを示している。

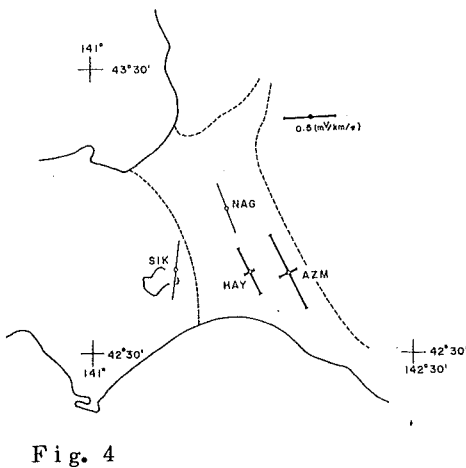


Fig. 4

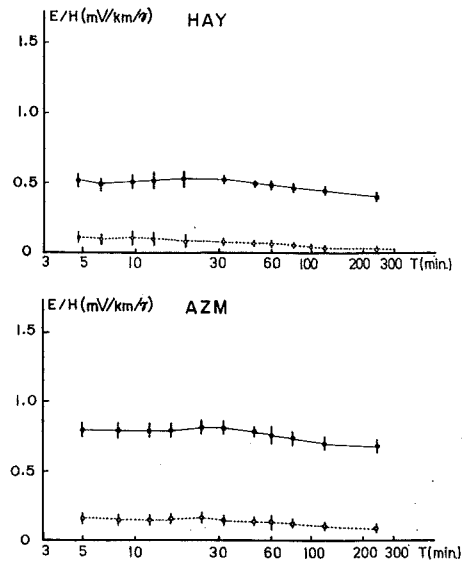


Fig. 5

SAP および NAG は Fig. 1 で示されるように B-B' 測線上に分布している。NAG では

地磁気変化観測が行われていないので電場の卓越方向のみを Fig. 4 に示すが、その方向も低地帯の走向にほぼ平行している。次に SAP における ΔZ と NAG での同時 ΔE_x (北向き正) の比 $\Delta Z / \Delta E_x$ の周期特性を Fig. 6 に示す。これをみると短周期では $\Delta Z / \Delta E_x$ は負符号をもっている。すなわち NAG に北向きの電場がかかった時西側の SAP では上向きに磁場が変化することになる。この現象は SAP での ΔZ が低地帯に南北に流れる電流によりもたらされたものであることを示唆している。しかしながら周期が長くなるにつれその効果は打ち消され、30分以上の周期になるとその符号は完全に逆転してしまう。これは Fig. 3a) で SAP の $\Delta Z / \Delta R_0$ が周期によりその符号が逆転するのと等価であろう。

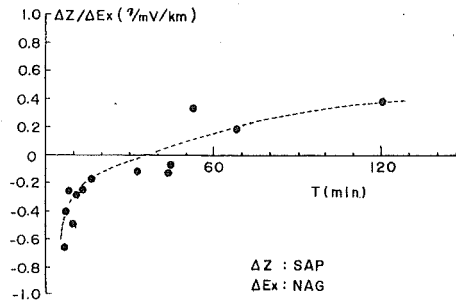


Fig. 6

3. 議 論

A-A' 測線 (Fig. 7a) にこの測線下の新第3紀層の断面を示す。この地層が低地帯の走行に沿ってほぼ南北にのびた2次元構造をしていると仮定、又周辺の比抵抗値を無限大と仮定してこの地層に 1 A/m^2 の電流が北向きに流れたとすると Biot-Savart の法則から地表で期待される磁場は Fig. 7a) の如く計算される。ここで破線は水平成分、実線は鉛直成分である。

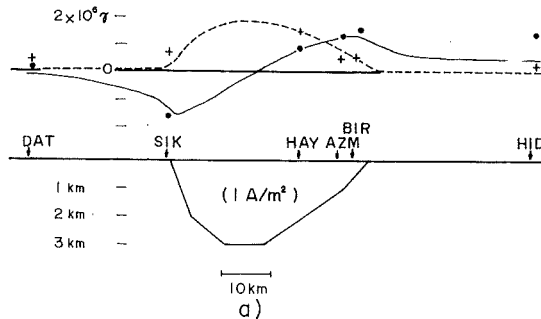


Fig. 7a

観測結果は Fig. 3a) に示される通りであるが、その際実際に低地帯に流れる電流が不明である為直接計算結果と比較することは出来ない。そこで HAY の観測結果を計算結果と一致させ、他の測点の結果をそれとの相対値として比較してみる。黒丸が各点での周期 5 分の ΔZ 、+印が水平成分の異常部を示している。HID の ΔZ がかなり異っている他はほぼ計算値と一致している。

次にこのような地磁気変化異常を作る電流が実際に新第 3 紀層中に流れるためにはどの程度の比抵抗が必要であるのか、そしてその値が妥当であるかどうかについて地電位差変化観測結果を用いて考える。ここでは HAY と AZM における水平成分の異常部について考える。まず観測結果をみると測線方向の $\Delta R / \Delta R_0$ は HAY および AZM で各々 1.7 および 1.2 である。又 HAY および AZM の卓越方向(すなわち低地帯走向方向)の E/H はほとんど周期によらず各々約 0.5 mv/km/r および 0.8 mv/km/r である。もし水平成分の異常部のみを考えるとすると E/H は HAY および AZM で各々 $0.5 \text{ mv/km} / 0.41r (=1 \text{ mv/km} / 0.82r)$ および $0.8 \text{ mv/km} / 0.17r (=1 \text{ mv/km} / 0.21r)$ となる。計算結果からは Fig. 7a) に示される如く 1 A/m^2 の電流から HAY では $1.3 \times 10^6 r$ 、AZM では $0.8 \times 10^6 r$ の磁場が期待される。一方比抵抗 ρ の堆積層に 1 mv/km の電場 E がかかった時電流密度 J は

$$J = E / \rho = 1 / \rho \times 10^{-6} \text{ (A/m}^2\text{)}$$

で与えられる。従ってこの電流密度からは HAY で $1.3 / \rho(r)$ 、AZM で $0.8 / \rho(r)$ の磁場が期待される。そこで

$$1.3 / \rho = 0.82 \text{]}_{\text{HAY}}, \quad 0.8 / \rho = 0.21 \text{]}_{\text{AZM}}$$

とおいて HAY および AZM では各々 1.6 ohm-m および 3.8 ohm-m という比抵抗値が得られる。

B-B' 測線：同様にこの測線下の新第 3 紀層の断面を Fig. 7b) に示す。実線は A-A' 測線の場合と同じ条件で電流を流した際、地表で期待される鉛直磁場を示している。それによると SAP においては $6.5 \times 10^5 r$ の磁場が期待される。又 Fig. 6 より NAG において 1 mv/km の電場がか

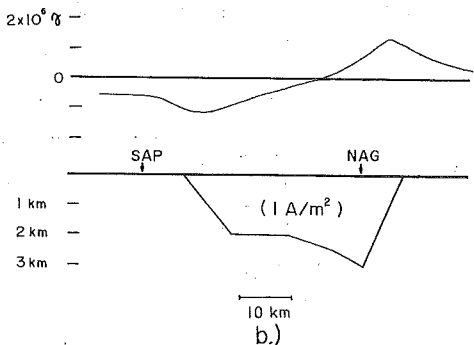


Fig. 7b

かった時、SAPでは周期5分の場合約0.5 τ の変化磁場が観測されている。以下前回と同様の計算を行うと堆積物の比抵抗値は1.3 ohm-mとなる。

以上の結果から新第3紀層が1~4 ohm-m程度の比抵抗値を持っていればSAPおよびSIKの5分以上の長い周期の ΔZ を除き、石狩低地帯周辺の地磁気変化異常はほとと解釈出来ることになる。しかるにこの比抵抗値は先に述べた電気検層の結果と極めて良く一致しており、妥当な値であると思われる。

4. あとがき

石狩低地帯周辺の地磁気変化異常につき次のことが結論される。

1) ΔZ の異常は主として低地帯新第3紀層(数 ohm-m)に流れる伝導電流の効果では説明出来る。

2) 但しSAPおよびSIKの、5分より長い周期に対する ΔZ は低地帯の効果のみでは説明出来ない。低地帯西側の深部に良導層が存在し、低地帯の効果を打ち消している可能性がある。

3) HAYでの異常に大きい ΔD は良導新第3紀層に流れる伝導電流により作り出されたものと解釈される。

以上であるが本稿に関する更に詳しい議論は西田(1977)を参照されたい。

参 考 文 献

- 吾妻 稜, 1962. 石狩低地帯の地下構造. 石油技術協会誌, 27, 345-382.
亀谷卓也・吉村雄三郎, 1964. 石狩地方の物理探鉱, 物理探鉱, 17, 72-81.
NISHIDA, Y., 1976. Conductivity anomalies in the southern half of Hokkaido, Japan. J. Geomag. Geoelectr., 28, 375-394.
西田泰典, 1977. 石狩低地帯周辺の地下電気伝導度異常, 北大地球物理学研究報告, 36, 17-28.
山下 濟・横山泉, 1975. 北海道南西部における地磁気短周期変化. 北大地球物理学研究報告, 34, 15-44.