

神戸大学理学部	一北 岳夫
神戸大学自然科学	塩崎 一郎
神戸大学理学部	藤田 清士
	安川 克己
京都大学理学部	藤原 智
京都大学教養部	住友 則彦

1. はじめに

中国・四国地方の電磁気共同観測の一環として、われわれは四国地方中央部において新たに13地点でVLF・ELF-MT観測を行い、地殻浅部比抵抗構造がどうなっているか、地質構造との対応があるかどうかについて調べた。

中国・四国地方の電磁気共同観測は主として、これらの地方の地殻およびフィリピン海プレートの比抵抗構造を求めるために行われた。このような大規模な比抵抗構造を推定する上で、浅部の比抵抗構造を調べることは重要である。

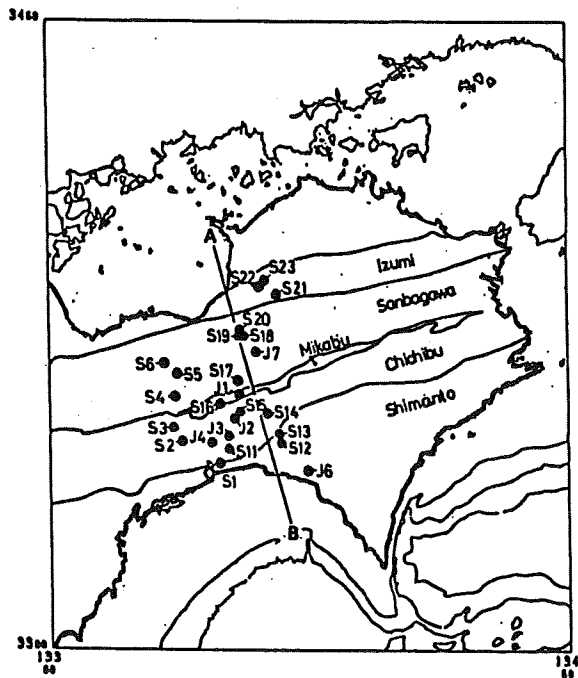
四国地方について地質学的にみれば、中央構造線、みかぶ構造線および仏像構造線などの存在と共に、和泉層群、三波川帯、みかぶ帯、秩父帯および四万十帯などの地質構造の帯状配列がその特徴といえる。

半田・玉田(1981)¹⁾、下泉・北村(1988)²⁾は中央構造線に着目して、VLF・ELF-MT観測を密に行い、中央構造線を境として、見かけ比抵抗値が北側の和泉層群で低く、南側の三波川帯では高いという結果を得た。

塩崎他(1988)³⁾は四国中央部で各地質帯にわたってVLF・ELF-MT観測を行い、三波川帯で見かけ比抵抗値が低い値を示す結果を得た。

笹井他(1988)⁴⁾は四国南東部で、同様の観測を行い、地質区分にしたがって比抵抗構造にある程度共通な特徴があるように見えるという結果を得たが、地質区分との明瞭な対応については疑問を提起している。

そこで、各地質帯ごとのデータを増やし、前述の観測結果と比較



第1図 観測点

することで、もう少し詳しく地殻浅部比抵抗構造を考察した。

2. 観測

観測点を第1図に示す。観測点には商用電源、電話、電車の漏洩電流などのノイズの少ない場所を各地質帯にまたがるように選んだ。S11~S23が今回の観測点である。S1~S6は塩崎他(1988)の観測点、J1~J4、J6、J7は笹井他(1988)の観測点である。地質境界付近の観測点がどちらの地質帯に属するかは、はっきりしていない。また、図中のA-Bはデータを投影する際の測線である。

各観測点において、ELF-MT観測については、シューマン共振周波数(8~20Hz)の自然電磁場を東西、南北直交2成分について測定した。VLF-MT観測については、NDT局(愛知県依佐美)から送信される17.4KHzの人工信号を利用した。

ELF-MT観測では、磁気センサーを半分程度地中に埋めて、風などによる余分な振動を除去し、約6分間アナログ波形を記録した。

3. 解析手順

得られたアナログデータを100HzサンプリングでA/D変換した後、FFT法(N=512)を用いて周波数解析を行った。その際、パワースペクトルの推定精度を上げるために周波数領域でスタッキング(60回程度)と平滑化を併用した。こうして得たパワースペクトルからテンソル・インピーダンスを最小自乗法により求め、テンソルの各要素から見かけ比抵抗値と電場磁場間の位相差を算出した。また、VLF-MTの結果およびELF-MTから得られた有効値(effective values)を基に、水平3層もしくは4層構造を仮定してモンテカルロ法⁵⁾によるインバージョンを行った。

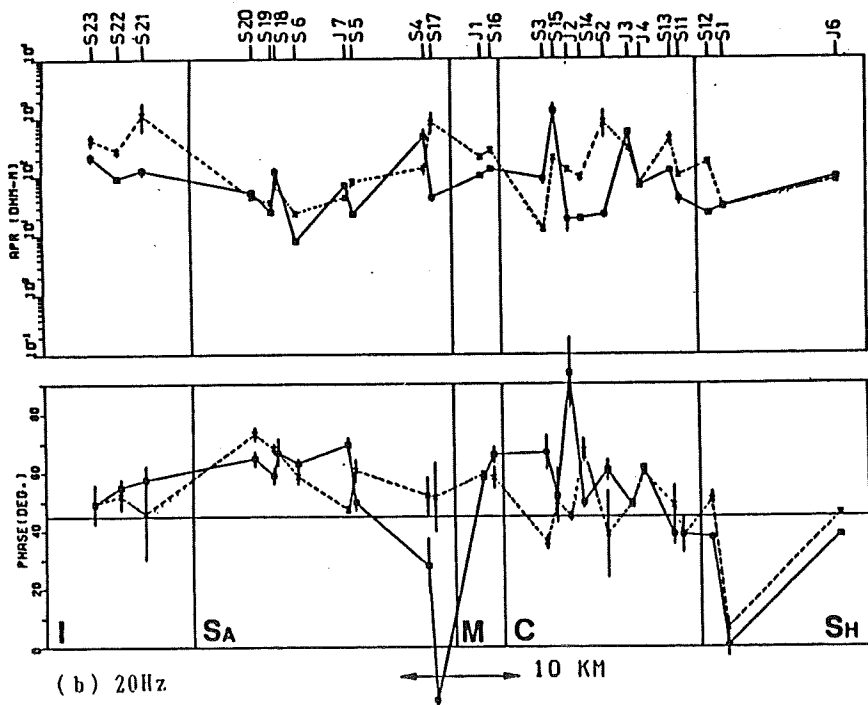
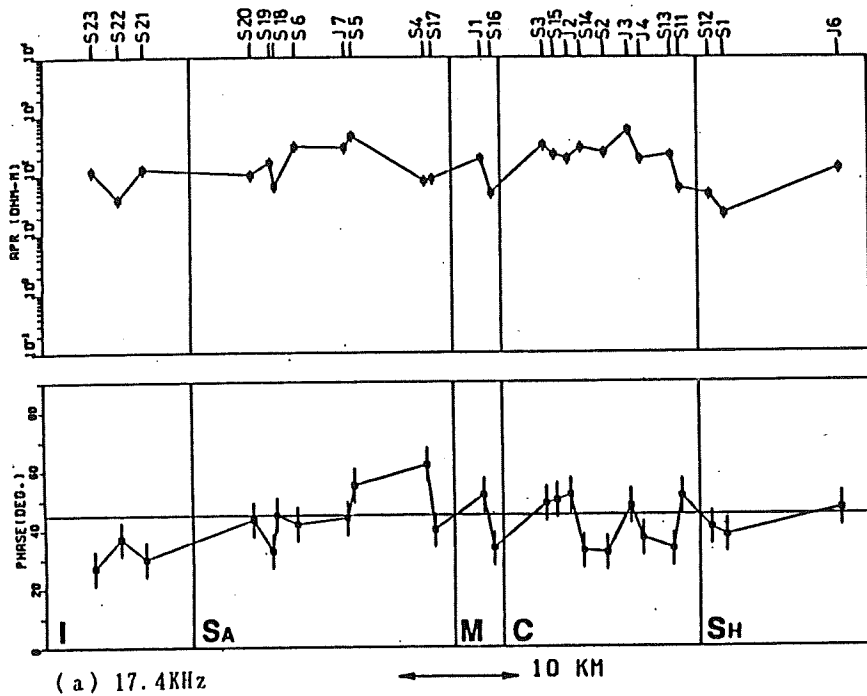
4. 結果

VLF-MTおよびELF-MTで得られた見かけ比抵抗値と位相差を第1図の測線A-Bに投影してプロットしたものを第2図(a)~(b)に示す。また、インバージョンの結果を地質帯ごとに並べたものを第3図に示す。これらは今回のS11~S23の結果に塩崎他(1988)のS1~S6、笹井他(1988)のJ1~J4、J6、J7の結果を合わせたものである。

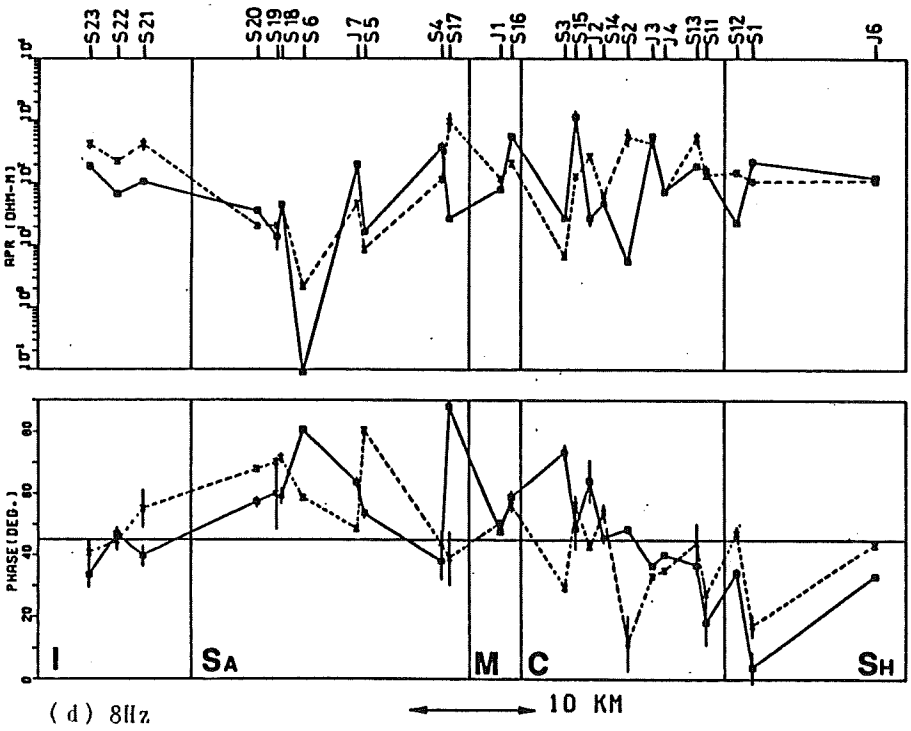
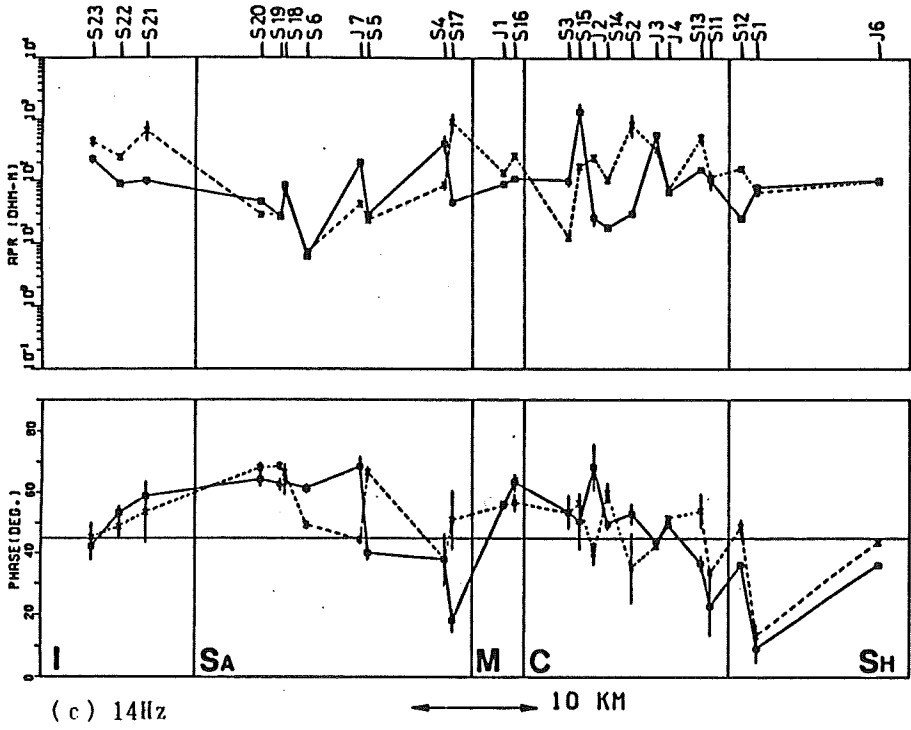
(A) 見かけ比抵抗値と電場磁場間の位相差

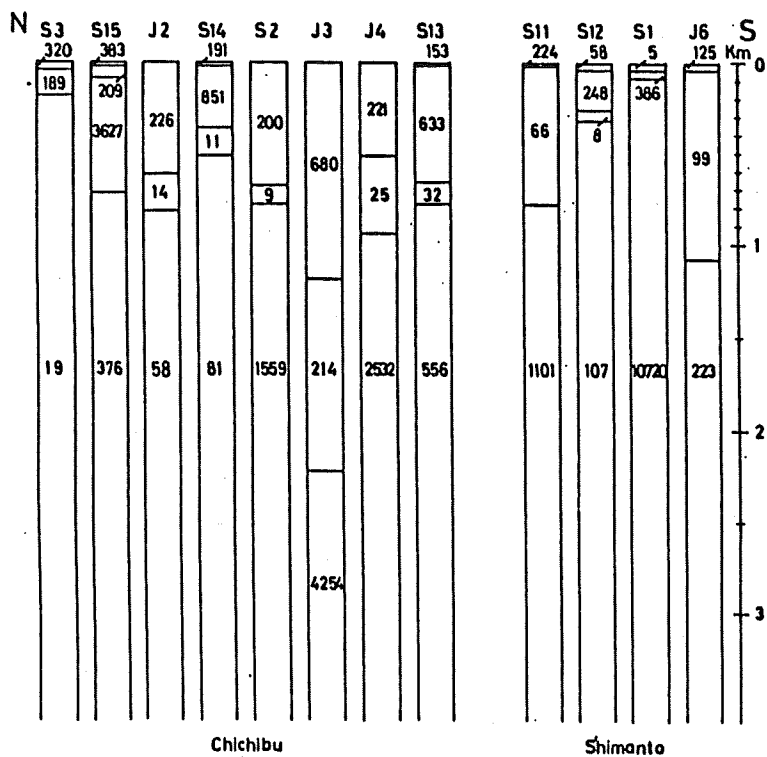
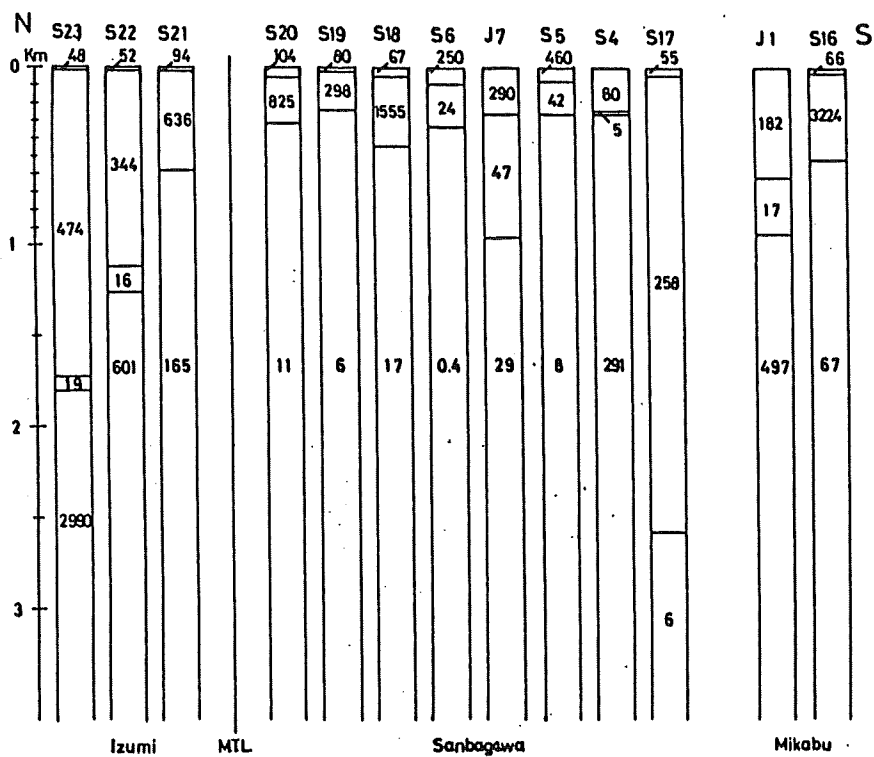
VLF-MTの結果では、全ての観測点で数10Ωm~数100Ωmの値を示している。

ELF-MTの結果では、三波川帯のS5、S6、S18、S19、S20、J7で数10Ωm程度と見かけ比抵抗値が低く、位相差が60°程度と大きくなっている。また、秩父帯の南側と和泉層群の観測点では、ELF帯で周波数が低くなるにつれて位相差が小さくなっている。なお、S17では、20Hzの位相差の片成分(電場の南北成分、磁場の東西成分よりもとめたもの)が負の値をとる。これは、構造の2次元性、あるいは3次元性を示しているのかもしれない。



第2図 周波数 (a) 17.4KHz、(b) 20Hz、(c) 14Hz、(d) 8Hzで得られた見かけ比抵抗値と位相差
電場の南北成分、磁場の東西成分より求めたものを実線で、電場の東西成分、磁場の南北成分より求めたものを破線で示す。





第3図 1次元比抵抗構造図 (単位は Ωm)

(B) 水平成層モデル

三波川帯がS4, S17を除いて数100mの深さから低比抵抗層になっており、他の地質帯と異なっている。みかぶ帯、秩父帯では深さ500m~800mのところ厚さ100m程度の比抵抗値の低い中間層をはさむ構造が多く見られる。秩父帯の南側と四万十帯では500Ω m以上の高比抵抗層が最下層に存在するものが多い。

5. 考察

中央構造線より北側の和泉層群中のS21, S22, S23で得た見かけ比抵抗値は数10Ω m~数100Ω mであり、半田・玉田(1981)、下泉・北村(1988)の結果とほぼ一致している。和泉層群の砂岩泥岩互層はこの程度の値を示すのではないかと考える。

半田・玉田(1981)、下泉・北村(1988)、笹井他(1988)が本研究の調査地域より東側の三波川帯で得た数100Ω m~数1000Ω mという見かけ比抵抗値は、坑壁測定などによる結晶片岩類の比抵抗値⁹⁾と調和的である。しかし、本研究の調査地域である四国中央部の三波川帯で、我々は数10Ω mという低い見かけ比抵抗値を得た。これは、1次元比抵抗構造図にも現れており、S4を除くS5, S6, S17, S18, S19, S20, J7には数100m以深に始まる低比抵抗層がある。

この相違点に考察をくわえる。

三波川帯の地質を詳しく見ると、S5, S6は三縄層主部層中の緑色片岩層上に、S17はその付近に位置している。また、S5, S6の近くにはそれぞれ別子、白滝銅鉱山が存在する。特に、S6は別子銅鉱山筏津抗における鉱床分布域の南約500mの地点にある⁷⁾。

S19, S20は三波川帯川口層内の緑色片岩層上に、S18はその付近に位置している。この緑色片岩層の西側には新宮銅鉱山が存在する。

S4の付近には鉱床の存在するような緑色片岩層は存在しない。

このようにみると、四国中央部の三波川帯では、低比抵抗層の分布が、鉱床が多く存在する緑色片岩層の分布に対応しているようである。小島他(1956)⁸⁾は三波川帯の層状含銅硫化鉄鉱床が三縄層主部層中の緑色片岩層、あるいはそれに隣合う上下の地層にはさまれていることが多いことを指摘している。このことを考慮すると、観測点下の岩層中に規模は大きくないが近くに存在する鉱床と起源を同じくする比抵抗値の低い岩石が存在し、それが低比抵抗層の原因となっている可能性が考えられる。

J7は大歩危層中の砂質片岩上にあるが、低比抵抗層が見られ、上述の考え方で説明できない。この低比抵抗層の原因と上記の点で見られた低比抵抗層の原因とどのように関連があるのかを調査することは、興味深く思われる。

四国中央部の秩父帯中部、みかぶ帯の各点では10Ω m~30Ω mの比抵抗値を示す中間層が存在し、秩父帯中部においてこれらの中間層が数100m程度の深さに見られる。これらの中間層は水平方向につながっているのかもしれない。

今後、MT観測を継続して行いデータを増やすと共に、各鉱床で広範囲に行われた探査結果、ボーリングの資料などを検討しつつ考察を進めていきたいと思う。

6. 謝辞

東京大学地震研究所の笹井洋一氏、住鉱コンサルタント(株)の鈴木徹氏には貴重な資料を提供していただいた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 半田・玉田, 中央構造線の地下比抵抗の観測 - 四国北東部におけるELF-MT探査 -, 九十九地学, 16, 1-5, 1981
- 2) 下泉・北村, 四国中央部MTLの電磁気構造, CA研究会論文集, 128-133, 1988
- 3) 塩崎・他, 中国・四国地方のELF-VLF-MT観測, CA研究会論文集, 113-119, 1988
- 4) 笹井・他, 四国南東部のELF-MT調査, CA研究会論文集, 120-127, 1988
- 5) Jones, F. W. and R. Hutton, A multi-station magnetotelluric study in southern Scotland -II. Monte-Carlo inversion of the data and its geophysical and tectonic implications, Geophys. J. R. astr. Soc., 56, 351-368, 1979
- 6) 鈴木・長谷川, 昭和43年日本鉱業協会現場担当者会議資料
- 7) 日本鉱山地質学会編, 日本の鉱床探査, 221-277, 第1巻, 1981
- 8) 小島・他, 四国三波川帯におけるキースラーガーの層序学的位置, 地質学雑誌, 30-, 第62巻, 1956