

水関与の観測物性評価—地殻深部水の遠隔観測—

Remote-observation and characterization of H₂O-containing rocks in the deep crust

熊澤 峰夫[1], 茂田 直孝[2], 松本 裕史[3]

Mineo Kumazawa[1], Naotaka Shigeta[2], Hiroshi Matsumoto[3]

[1] JNC・東濃, [2] サイクル機構・東濃地科学センター, [3] サイクル機構東濃地科学センター

[1] Tono, JNC, [2] JNC, TGC, [3] Tono Geoscience Center, JNC

地殻中に水分子が活性をもつ状態で存在していることを遠隔観測する方法を論じる。その的確な方法確保は、地震発生場の理解をはじめとして幅広い地球科学研究領域に共通の課題である。アクロス研究グループが提案している観測的手段は、高度に制御した電磁波と弾性波の併用による地殻構造と観測物性の精密観測、およびその時間変動の常時監視観測である。われわれは、地殻深部の水が関与する物性を観測対象として具体的に設定して最適観測法を設計して実現したい、そのためには、水が関与する観測物性のより深い理解を必要とする。

本課題の目的は、(1) 下部地殻に期待される電磁物性を考察し、どのような物性が観測的にはどのように見えるかを検討すること、およびそれによって、(2) 重点をおくべき物性研究の方向と観測方法の両方に的確な指針を得ることである。この方向の研究の大局的目標は、地殻内部状態と動的特性の時間変動の監視観測によって地殻ダイナミックスの研究に新しいアプローチを開拓することにある。

H₂O を含む不均質な多結晶体には、電気物性と力学物性の両方に、(1) 異方性、(2) 分散性、(3) 波動の散乱特性が効果的に現れる。それらは、弾性 SH 波と低周波数の電磁拡散波の伝播に最も顕著に反映する構造感性をもつはずである。観測量として、弾性波では(ポアソン比だけでなく) SH 波とその分極異方性に、電磁波では(電気伝導度だけでなく) その(A)誘電分散性、(B)分極異方性、および(C)散乱拡散性に注目するのが適切と考える。

弾性の物性とその観測量については、すでにかなりの研究があるが(例えば、武井、本セッション)、電気的物性では、これまでは主に電気伝導度の温度依存性と水の導電性の効果しか考慮されてなかった。そこで、ここでは電磁物性に重点をおいて上の(A)、(B)、(C)を考察する。

(A)誘電分散性：岩石は、固体電解質の鉱物が、電気伝導メカニズムの異なる水溶液との共存系なので、電場があると電気化学反応を介して電流が流れる。つまり電磁場伝播は Maxwell の波動方程式と電気化学反応式の連立で記述される。それは数学的に解けても、具体的な数値解を得るには、電気化学反応のメカニズムを理解する実験的理論的研究が必要である。

その試みの具体例は本セッションの松本らが報告する。下部地殻には低周波数領域において著しく大きく、かつ特異な誘電特性が期待され、その観測的捕捉可能性を示すものである。この報告では、松本らが指摘している誘電率の周波数依存性についての「経験的 $1/f$ 則」に従うと、電磁場伝播は観測的にどう見えるかを示す。地殻深部の物理条件下で予想される誘電率の大きさの場合などを考慮し、物性の研究課題と観測計画に指針を導きだしたい。

(B)分極異方性と速度異方性：波長より十分短いスケールで構造の不均質分布に方向性があると、物性は均質異方性媒質として見える。岩石中のミクロスケールの異方的組織の典型は、微小クラック面分布、結晶粒形の方分布、結晶軸方向の分布である。さらにスケールの大きい構造には葉理構造、成層構造、破碎帯の方向などの選択的方向分布が想定される。このような構造の帰結として現れる平均的物性には、電気伝導度と誘電率に異なるタイプの異方性をもたらすと予測される。物性の異方性は観測的には電磁波動の分極異方性および伝播速度異方性として観測されるはずである。速度異方性の観測データはまだ確認されていないが、著しい分極異方性の存在はこれまでの電磁観測によって知られている。分極異方性の原因は媒質物性の異方性だけではないが、その原因の判断や判定は、電気伝導度と誘電率の相対的寄与と異方性のタイプの違いなどが使えよう。ここで特にミクロスケールの方向性組織に起因する異方性に注目するのは、多結晶体の構造感性を介して地殻内部の動的状態の指標とできるからである。

(C)電磁散乱拡散波の効果：電気物性の不均質性は桁のレベルで大きいので、媒質境界における反射係数は ~ 1 の程度である。反射面の連続性が波長にくらべて十分大きくない限り、電磁波動の伝播は著しい散乱をうける。したがって電磁エネルギーの伝播は「散乱拡散波」としてなされる。散乱拡散波の伝播速度は、均質媒質としての電気伝導度から期待される「単純な拡散波」の速度よりも非常に小さく減衰も大きい。このような電磁場伝播を均質媒質中の伝播とみなすと、電気伝導度を桁で過大に評価することになる。MT 法による下部地殻の電気伝導度が著しく大きいという観測的事実の解釈には、この面からの再検討を必要とする。散乱効果が、水による高電気伝導度効果かを判定するには、電気伝導度だけでなく観測によって誘電率を見積もることが必要であろう。