

## 第9回地球科学輻合ゼミナール

### 「水は旅人～マントルは湿っているか？」

講演者：藤 浩明（地磁気世界資料解析センター）

報告者：高木 悠（理学研究科 地球惑星科学専攻 M2）

地球はマルチプレートの星であり、表層の物質を海溝から内部に持ち込んでいると考えられている。図1は東北地方での沈み込みの様子である。約200km付近で高伝導度の物質の沸き上がりが確認できる。これは表層の物質、つまり水を約200kmまで持ち込んでいると思われる。つまり、冷たい沈み込み帯は地球深部への給水源になり得るということである。

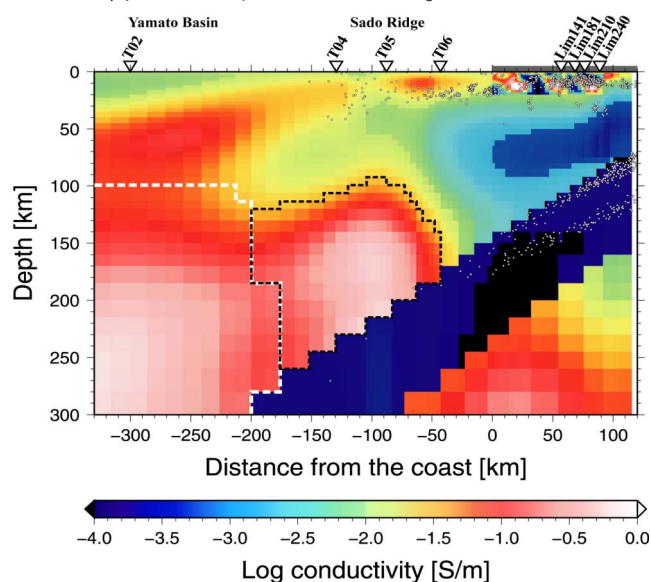


図1 東北地方の電気伝導度モデル

暖色が高伝導度、寒色が低伝導度を表している。

果たして、マントルには水が持ち込まれているのか？どの程度持ち込まれているのか？このゼミナールでは、水の存在に敏感であると考えられる電磁探査に関する様々な研究を紹介しつつ、マントル内の含水率を考察した。

#### 1. 最近の研究の紹介

マントル中の水に関する研究は数多くなされている。

まず、上部マントルの特にアセノスフェアに見られる特徴として、以下のものが挙げられる。

- ・低粘性

- ・低速度異常
- ・高電気伝導度

この中で高電気伝導度について考えてみる。

電気伝導度を高める要因は、

- ① 温度
- ② 物質の状態変化(相転移)～メルトの形成や高压相への変化
- ③ 物質の組成～マントル成分に揮発成分(炭素や水)が加わると電気伝導度は上がる。ただし、鉄の存在も重要。

である。

#### □マントル遷移層での水の影響

マントル遷移層の鉱物は、かなりの量の (~3wt%) 水を含むことができる (Inoue, T. et al., 1995)。

また、遷移層に水が含まれると、410km の不連続面は浅くなる可能性が示唆されている (Wood, B.J., 1995)。

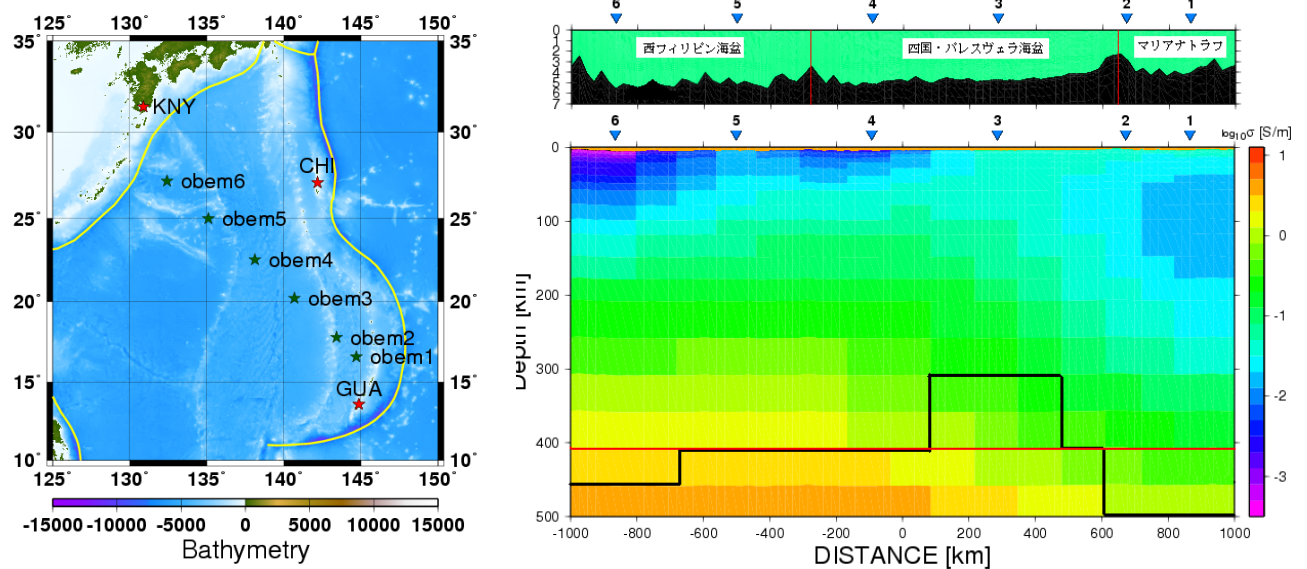


図2左図はフィリピン海プレートの観測点、右図は結果の電気伝導度モデル  
暖色が高伝導度、寒色が低伝導度である。

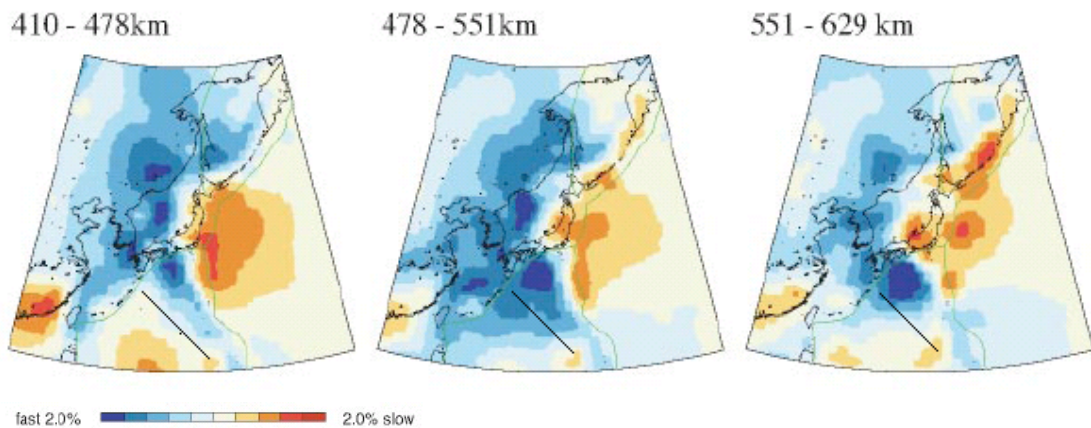


図3 深さごとの地震波トモグラフィである。  
暖色は低速度、寒色は高速度を表している。

図2はフィリピン海プレート下の比抵抗断面図である。北西部で深部比抵抗が下がっている。これは北西部分では沈み込んだプレートがスタグナント・スラブ化した為、そこからのに伴う水の流入により、遷移層が浅部に上昇したことを表している。この結果は図3のフィリピン海プレートの地震波トモグラフィとも一致する。

□410km 不連続直上「水フィルター」仮説

マントルは地球物理学的には一層対流であると考えられるが、地球化学的には下部マントルと上部マントルの成分が大きく異なる。水フィルター仮説は、これを説明しようとする新たな学説である。

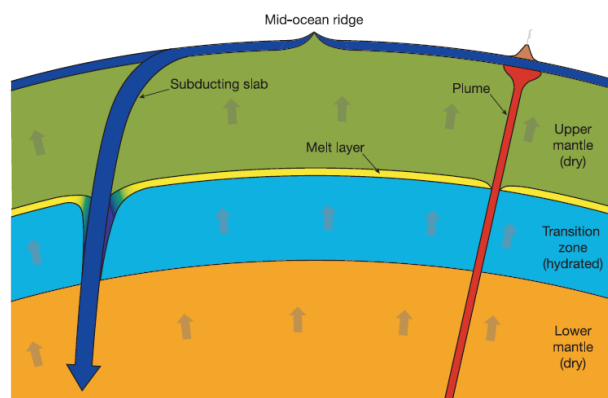


図4 地球内部の物質の循環を示した図である。

水フィルター層で成分がこしとられることで、上部と下部の地球化学成分の差が生じると説明している。こうした層の存在は、電磁探査で水の供給源であ

る遷移層の含水率を求めることにより、確かめられるかもしれない。

□電気伝導度に与える水の影響

水の電気伝導度への影響に関する論文はいくつかある。

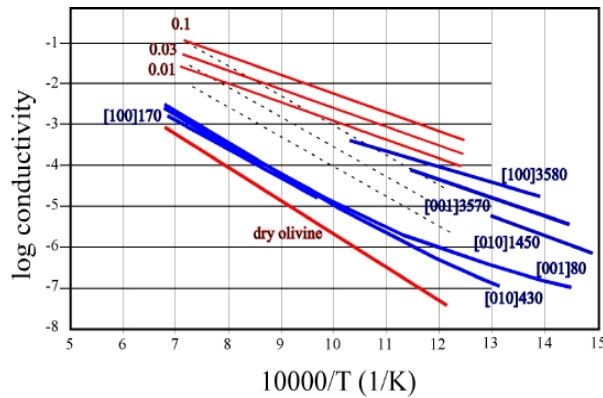


図 5 オリビンの電気伝導度に与える水の影響の比較図である。

数字は含水率を表わしている。

(赤 Wang, D. et al., 2006; 青 Yoshino, T. et al., 2006)

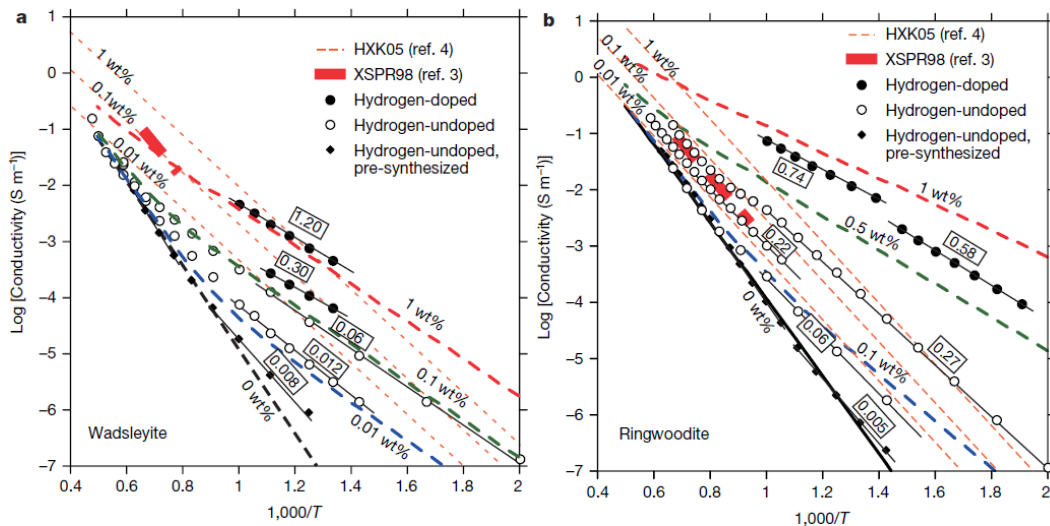


図 6 遷移層の電気伝導度に与える水の影響の比較図である。

(赤 Huang, X. et al., 2005; 青 Yoshino, T. et al., 2008; 緑 観測値)

図 5, 6 から見られるように、水の伝導度に対する影響には多くの見解があり、まだ決定的なものはない。

## 2. 実際に測定してみると？

次に、実際の観測値からマンツルの電気伝導度を測定してみる。

ソースとして地球外起源の磁場変動を用い、応答として地球内部に誘導される電流を用いる。このとき、探査深度  $d$  は磁場変動の周期  $T$  と電気伝導度  $\sigma$  で以下のように書ける。

$$d[\text{km}] = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10T}{\sigma}}$$

$$T[\text{s}], \sigma[\text{S/m}]$$

またインピーダンス  $Z$  を考えると

$$Z = \det(\mathbf{Z}), \mathbf{Z} = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \quad Z = -\frac{i\omega R_E}{2} \tan \theta \cdot \frac{B_r}{B_\theta}$$

$$\Rightarrow \rho[\Omega\text{m}] = 0.2T \|Z\|^2, \phi = \arg(Z)$$

と導ける。

観測の結果を解析して得られたのが、図7の1D電気伝導度モデルである。

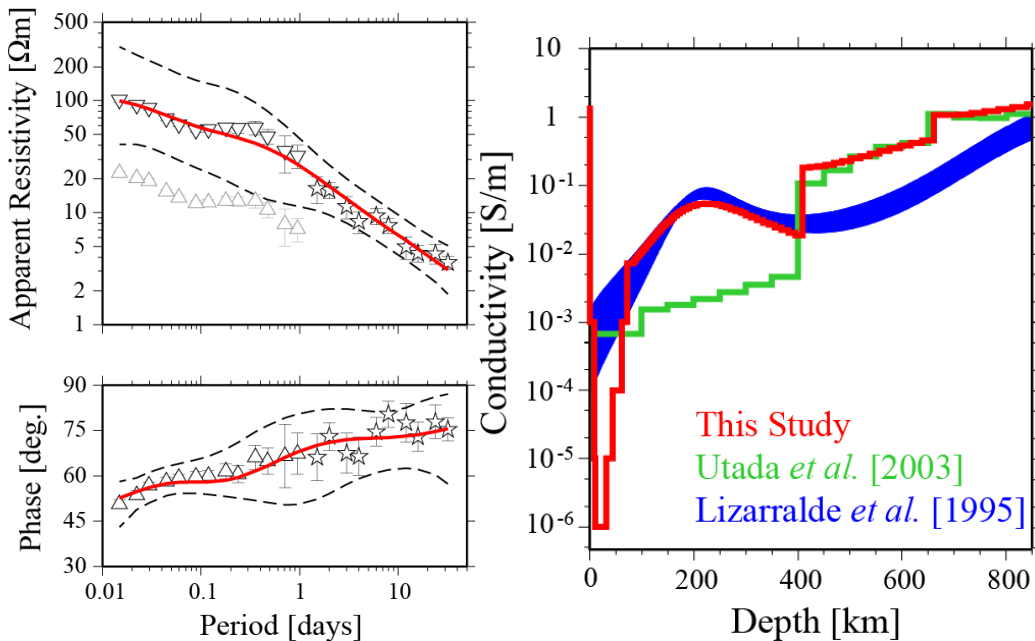


図7 左図は周波数に対する見掛け比抵抗と位相の関係である。  
右図は伝導度の他の研究との比較である。

次に、この結果を含水率と電気伝導度の高温高圧実験結果と比較する。

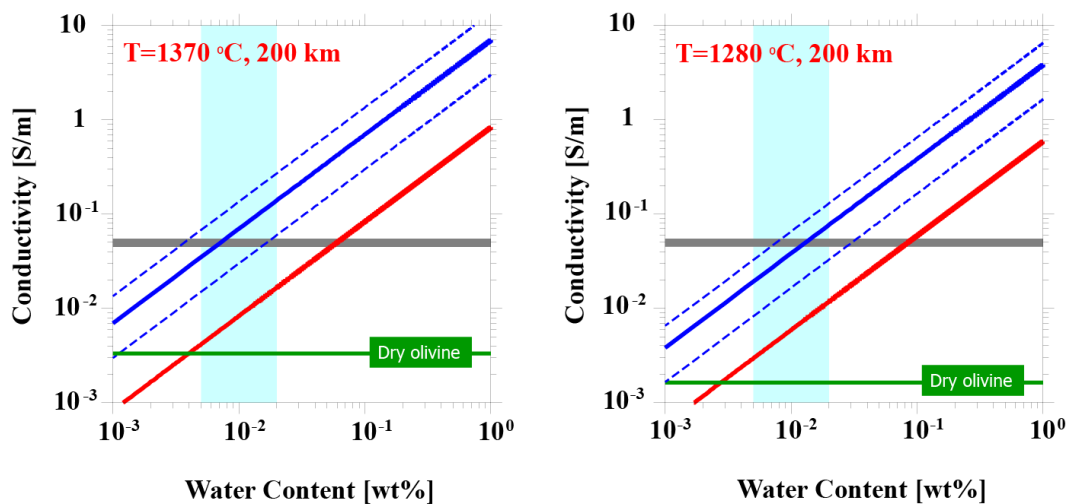


図 8 含水率と伝導度の関係を 2 つの温度で比較した図である。灰色が観測値、赤は Yoshino et al. (2006)、青は Ichiki et al. (2006) である。また、灰色の線が観測値である。

図 8 では、赤は伝導度に対する水の影響が小さく、青は大きい。この図から 200km 付近に見られる電気伝導度のピークは、0.06wt% 程度の水で説明できる。

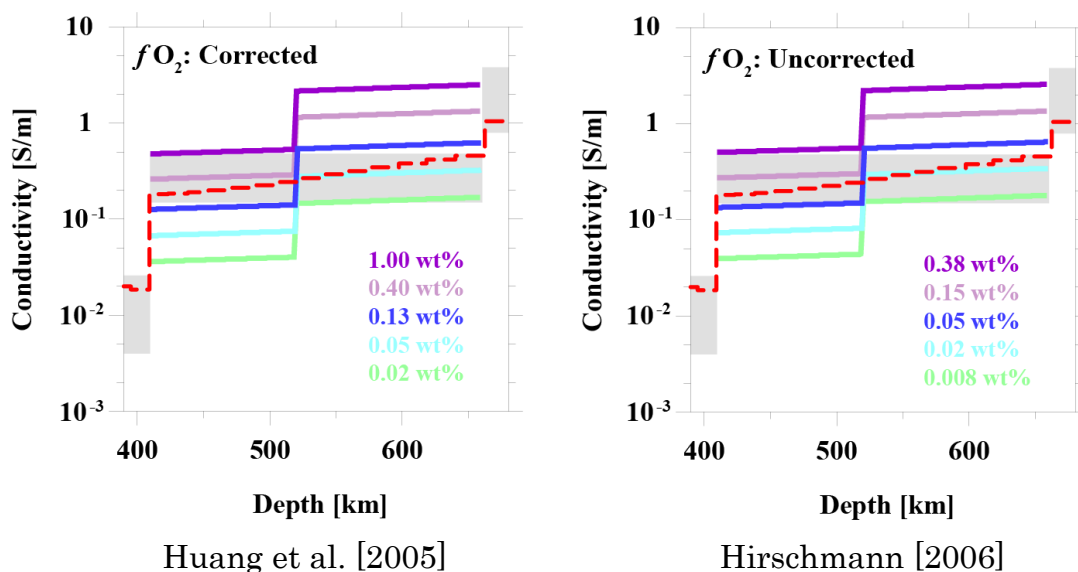


図 9 含水率の伝導度に対する影響の比較の図である。左図が酸素を考慮にいたった場合で、右図が入れない場合である。両者ともに赤が観測値である。

図 9 の比較からはマントル遷移層の含水率が 0.13wt% 程度であると考えられる。

### 3. まとめ

海底電磁気観測の結果から、海洋マンツルの含水率を求めた。電磁探査の結果とマンツル物質の高温高压物性に関する研究との比較から以下のことが得られた。

- ・アセノスフェアに見られた約  $0.05\text{S/m}$  の高電気伝導度ピークは、およそ  $0.06\text{wt\%}$  の含水率で説明できる。
- ・約  $0.2\text{S/m}$  のマンツル遷移層は、およそ  $0.13\text{wt\%}$  の含水率で説明できる。