

## 震源核形成 深層ガスの相互作用と地震電磁気現象 Coupled interaction of earthquake nucleation with deep gases and seismo-EMs

榎本 祐嗣<sup>1\*</sup>ENOMOTO, Yuji<sup>1\*</sup><sup>1</sup> 富山県工業技術センター<sup>1</sup> Toyama Industrial Technology Center

### 1. 断層アスペリティー / 深層ガスモデル[1]

震源核形成過程において、岩石破壊と深層ガスとの相互作用が電磁気現象などに関わる可能性が高い。堆積層内の岩石と間隙水の密度の違いによる圧力勾配差で間隙の潰れた層(深さ $D_c$ )が既存断層と交差する領域は、アスペリティーでもあり、深層ガスの封止層でもある。

### 2. 震源核でのガス帯電流の発生

地殻応力や深層ガス圧力が限界を超え、クラックが深層ガス層にまで進展すると、そこにガスが流れ込む。クラック面から放射されたエキソ電子はガス分子に付着し、負帯電ガス流が発生する[2]。その電流量 $I$ は、 $I=enAv$ ( $e$ :電荷量、 $n$ :負帯電ガス分子密度、 $v$ :流速、 $A$ :電子放射の実効断面積)と表せる。震源核の大きさ $l_c$ を用い、 $A=kl_c^2$ ( $k$ :比率)となる。流速は $v=h^2 P_c/12 l_c$  ( $h$ :隙間サイズ、 $P_c$ :封止層上下の圧力差、 $P_c[\text{Pa}]=1.51 \times 10^4 D_c[\text{m}]$ 、 $\eta$ :粘度)とする。さらに $l_c \sim 0.04 \sim 1_f$ 、 $l_f = S^{1/2}$ ( $l_f$ :断層長、 $S$ :断層面積)から、経験式 $\log S[\text{km}] = M - 4.0$ ( $M$ :マグニチュード)を使うと[3],[4]、 $l_c[\text{m}] = 10^3 \times 10^{(M-4.0)/2}$ になる。これらを $I=enAv$ に代入して、

$$\log I = 0.5M + \log \frac{D_c}{h^2} \quad (1)$$

( $ken = 126$ ) $ken/h^2$ :震源核と深層ガスの電気的カップリングを表す因子)が導かれる。

$ken$ はラボ実験から推定し、室温近くでのFracto-electron放射(FEE)では $9.92 \times 10^{-5} \text{ C/m}^3$ 、350-400°Cでの熱刺激電子放射(TSEE)では $3.47 \times 10^{-4} \text{ C/m}^3$ 、 $\eta$ はメタンの高温粘度 $1.5 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、また $h$ はKTB深層コアのクラック写真から、 $h = 15, 150 \mu\text{m}$ とした。

### 3. 電流源の形成と地電流

帯電ガスは、深層ガスによってさらに押し上げられ、アスペリティー上部が負帯電、下部が正帯電となるダイポールが瞬間的に形成され、帰還放電によって解消する。アスペリティー内に無数のクラック経路が形成されるので、この過程は鋸歯状波的に継続する。その周波数は $f = 1/t = v/l_c$ ( $t$ :ダイポール形成時間、 $l_c$ :電荷変位量)と表せる。

$h$ は0.1と推定した。Fig.1に示すように、 $M$ 値が大きくなると、 $I$ は指数的に大きく、逆に $f$ は小さくなる。電磁気擾乱の影響がおよぶ距離 $r$ は、 $r = 503 (I/f)^{1/2}$ から推定できる。地殻抵抗率を $1 \text{ k}\Omega\cdot\text{m}$ とすると、 $h = 15 \mu\text{m}$ では、 $M > 6$ 、 $f < 0.01 \text{ Hz}$ で、 $r > 159 \text{ km}$ となる。また、海水抵抗率を $0.3 \text{ k}\Omega\cdot\text{m}$ とすると、 $r > 2.3 \text{ km}$ になる。 $h = 150 \mu\text{m}$ では $M > 8$ で同じことが言え、陸域では150km以上、また海域では深さ2000m以上伝播しうる。

### 4. モデルの検証

VAN法では $M = 5-6$ の震源から100km以上離れた地点で $250 \text{ mV/km}$ のSES信号を検知している。これには震源で4kAくらいの電流発生が必要とされている[5]。また、1989年、 $M = 6.9$  Loma Prieta地震で観測された、1 nTの磁界変動には震源で50A程度の電流発生が必要と見積もられている[6]。いずれも、本モデルの範囲で説明できる。

### 5. 地圏-電離圏の電磁気カップリング

海域のような導電域に誘導された地電流変動は電離層に再び影響を及ぼす。沿岸海域の巨大地震による低周波数パルス電流は、100km以上の規模で地電流回路を形成し、電離層電流を誘起するであろう。実際、GPS-TECが観測された東北地方太平洋沖地震、チリ地震やスマトラ地震の震央は沿岸海域にある[7]。

### 6. 文献

- 1) Gold, T. (1987), *Power from the Earth*: Ch. 5.
- 2) Scudiero, L. ほか (1998), *Phys. Chem. Minerals*. **25**, 566.
- 3) Shibasaki, B. ほか (1998), *Geophys. J. Int.* **132**, 14..
- 4) Kanamori, H. ほか (1975), *Bull. Seismol. Soc. Am.*. **65**, 1073.
- 5) Mogk, D.W. ほか (2000), *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. **1**, 1047.
- 6) Park, S.K. ほか (1996), *A Critical Review of VAN*, pp267.
- 7) Heki, K. (2011), *Geophys. Res. Letters*. **38**, L17312.

キーワード: 地震電磁気現象, 震源核形成, 深層ガス, エキソ電子, SES, GPS-TEC

Keywords: seismo-EMs, earthquake nucleation, deep Earth gases, exo-electron, SES, GPS-TEC

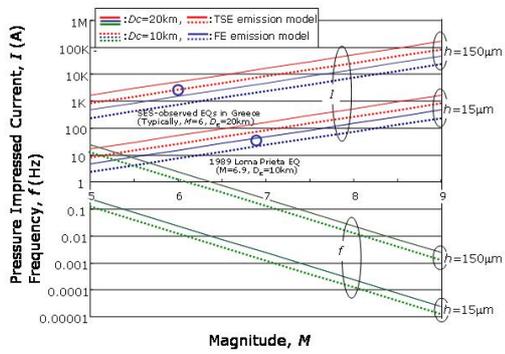


Fig.1  $I$  and  $f$  as a function of  $M$