

( 1 ) 実施機関名：

東海大学

( 2 ) 研究課題(または観測項目)名：

電磁気学的広帯域先行現象の観測的検証とその発現メカニズムに関する研究

( 3 ) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 3 ) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

( 3-1 ) 地震発生先行過程

ア．観測データによる先行現象の評価

( 4 ) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 3 ) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

( 3-1 ) 地震発生先行過程

イ．先行現象の発生機構の解明

( 5 ) 本課題の 5 か年の到達目標：

本課題は地震および火山噴火の短期・直前予測実現のために避けて通れない先行現象の実在性に関する基礎研究と位置づける。研究期間内に電磁気学的な手法(地電流、地磁気観測)を用いた再現性のある先行現象の存在証明と、新たな電磁現象発現メカニズム仮説の実験的検証を目指すものである。

地震予知研究の究極の目的の一つが短期・直前予測の実現である事は明白であり、特に時間精度の向上には、先行現象を活用する以外方法は無い。先行現象を直前予測に役立たせるためにも、その物理的意義を解明するためにも、まず有効な先行現象を抽出し、統計的な検定を経る事がプロセスとして必要であろう。本課題では、DC-U L F 帯およびV L F 帯の電磁現象について取り扱う。V L F 帯の先行現象は、先行現象の発生場所が震央(震源)である可能性も高く、先行現象と発生した地震との対応付けが比較的容易である可能性が高いと考えている。

一方で電磁現象発現メカニズムについては、従来から研究が進んでいる流動電位仮説ではなく、正孔電荷キャリア仮説の実験的検証を行う。正孔電荷キャリア仮説は、電磁現象の発現に際し、岩石・鉱物の変形や加熱だけで対応でき、微小破壊を必要としない。一般に電磁気学的先行現象が認知されない理由が電磁現象発現時の力学的対応現象の欠如であろう。特に微小破壊を仮定するメカニズムは、「微小破壊は微小地震そのもの」という事実に反論できないが、本メカニズムはこの問題を解決する可能性がある。

( 6 ) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 2 1 年度においては、DC-U L F 帯の電磁気観測点を、これまで先行現象が観測された可能性の高い伊豆諸島(神津島、新島等)に設置および設置準備を行なう。またより高い周波数であるV L F 帯の観測装置の設計および作成を実施するとともに、地殻内部での電磁波伝搬に関するシミュレー

ションソフトウェアの設計を行なう。電磁現象発現メカニズムの解明に関しては、正孔電荷仮説を検証するための基礎的な室内岩石実験を開始する。

平成22年度においては、伊豆諸島の観測点を本格稼働させ、一部観測点ではVLFの観測装置も稼働させる。また観測点周辺の電磁気学的な浅部構造探査を実施する。さらに電磁現象発現メカニズムの解明のための正孔電荷仮説に関連する実験を集中的に実施する。

平成23年度においては、観測を継続するとともに、電磁波の地殻内部伝播に関するソフトウェアを完成させ、稼働させる。電磁現象発現メカニズムの解明のための室内実験の取りまとめを行なう。

平成24年度においては、各種観測を継続するとともに、観測結果の統計的検定作業を開始する。また広帯域電磁波の地殻内部伝播に関する解析結果を取りまとめる。

平成25年度においては、各種観測を継続し、結果をとりまとめ、統計的な検定を実施し、電磁気学的な現象が有意な先行現象と判断できるかについて、一定の結論を出す。

#### (7) 平成22年度成果の概要：

平成22年2月に神津島観測点の構築が終了し、新島および神津島の観測点が稼働した。平成22年度は神津島観測点のデータ収録用PCを23年1月に交換したほかは、順調に観測を実施した。現時点では新島および神津島観測点では、先行的な地電位差変動は観測されていない。

平成22年度は当初計画どおり、神津島においてVLF-MT法を用いて詳細な浅部電気伝導度探査を追加的に実施した。また地質調査も並行して実施し、電気伝導度構造と地質分布に関する考察を実施した(図1)。

京都産業大学を中心に実施しているVLF帯の地中電磁波観測では、今年度は和歌山県白浜に掘削された100m深のボアホールの孔底と地表に設置された3成分磁界+鉛直成分電界センサーから得られたデータの解析を中心に実施した。現時点でこの白浜の観測システムで確実に地中起源の電磁波と確認された事例は存在しないが、解析の結果、2種類の電磁波伝搬モードがある事が確認できた(垂直入射モードと表面伝搬モード)。現在これらの波源を定量的に区別できるセンサーシステムの開発を鋭意実施している。

電磁現象発現メカニズム解明に資する室内実験も当初計画どおり順調に経過している。地震を起こす断層運動が地殻岩石の破壊現象であるとする概念を採用すれば、地震に先行する諸電磁気現象は地殻岩石の破壊に先行する何かしらのメカニズムによって駆動されなければならない。また一方で、地殻岩石の応力やひずみは決して一定一様ではなく、特に断層周辺では、断層運動の直前から徐々に変化しているはずであると期待されている。これらの事柄を考慮すれば、地震に先行する諸電磁気現象のメカニズムは地殻岩石の応力やひずみの不均一な変化と大きく関わっていることが容易に想像できる。そこで、実験室内において岩石試料を不均一に加圧し(未破壊)、それに伴う電気信号の検出を試みた。

図2aに実験方法の概要を示す。自然乾燥させたブロック状の岩石試料(花崗岩、ハンレイ岩、大理石)の一端のみを破壊しない程度に一軸圧縮した。図2bに有限要素法解析から得られた試料内に生じる最大剪断応力の分布図を示す。圧縮端と非圧縮端は高抵抗エレクトロメータを介して結線され、両端間の電位差または両端間を流れる電流を計測した。火成岩(花崗岩、ハンレイ岩)の場合には不均一圧縮に伴い圧縮端から非圧縮端の方向へ電流を流す起電力が検出された(図2cおよび図2d)が、非火成岩(大理石)には検出されなかった。

これらの結果を総合的に考察すると、圧縮部から非圧縮部の方へと火成岩試料内を拡散する正孔電荷キャリアを仮定するのが最も合理的であろう。我々は、この正孔の発生源が過酸化架橋と呼ばれる格子欠陥にあると考えている。不均一圧縮により過酸化架橋の構造がひずみ、この格子欠陥の非結合性エネルギー準位が価電子帯の方へ降下することによりアクセプター化する。発現した正孔は非圧縮部へとある程度拡散し、圧縮部において正負の電荷が分極することにより、起電力が発生しているであろう。非圧縮端まで到達している正孔はごく一部であると推察される結果を得た。

- ( 8 ) 平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物( 論文・報告書等 ) :  
Orihara, Y., M. Kamogawa, A. Takeuchi, H. Fukase and T. Nagao, Subterranean electrical structure of Kozushima volcanic island, Japan, Proc. Japan Acad., Ser. B, 914-919, 2010.  
竹内昭洋, 藍檀オメル, 佐柳敬造, 長尾年恭, 火成岩の不均一圧縮に伴う起電力の発生とそのメカニズム, 東海大学海洋研究所研究報告, 32, 45-52, 2011.

- ( 9 ) 平成 23 年度実施計画の概要 :

平成 23 年度は、21 年度に新規構築した新島および神津島観測点での観測を継続し、先行的変動の事例収集に努める。さらに神津島において、まだ浅部電気伝導度構造探査の空白域となっている天上山周辺での探査を推進する。VLF 帯のパルス地電流観測については、京都産業大学を中心に研究を実施し、紀伊半島での観測を継続する。さらに地中を伝搬してきた電磁波を定量的に弁別出来るセンサーシステムの開発を行なう。

電磁波の地殻内部伝播に関するソフトウェアを稼働させ、現実に即した電磁気学的パラメータを代入して、地殻内伝搬に関する数値計算を実施する。

電磁現象発現メカニズム解明に資する岩石変形の室内実験から推測された火成岩の不均一圧縮に伴う正孔電荷キャリアの発現を、熱起電力の計測から得られるゼーベック係数の変化をもとに実証する。

- ( 10 ) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

東海大学 長尾年恭、佐柳敬造、川畑広紀、竹内昭洋、アイダン・オメル、馬場久紀

他機関との共同研究の有無 : 有

東京学芸大学( 鴨川 仁 )、千葉大学( 服部克己 )、京都産業大学( 筒井 稔 )、中部大学( 井筒潤 )、富山大学( 楠本成寿 )

- ( 11 ) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 東海大学海洋研究所地震予知研究センター

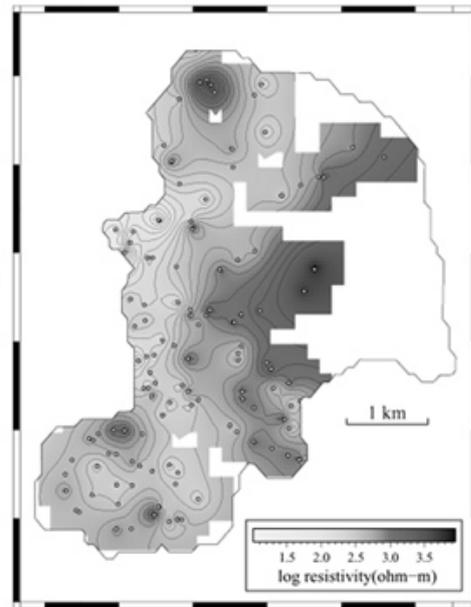
電話 : 054-334-0411 ( 代表 )

e-mail : webmaster@sems-tokaiuniv.jp

URL : <http://www.sems-tokaiuniv.jp/EPRCJ/>



神津島の地質図  
(一色 (1982)に加筆)



見掛け比抵抗コンターマップ  
(Orihara et al., 2010)

図 1

一色による溶岩分布と平成 22 年度に実施した VLF-MT 探査結果を加えた見掛け比抵抗コンターマップ

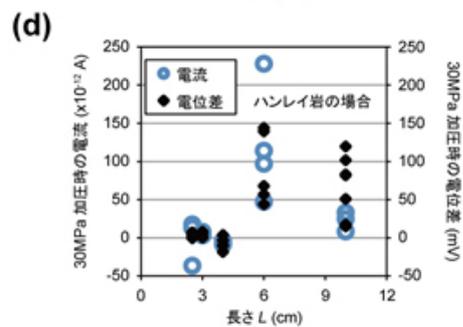
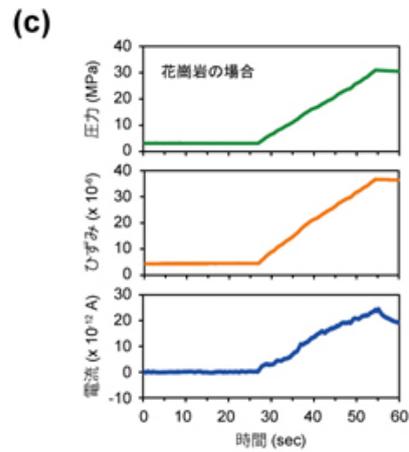
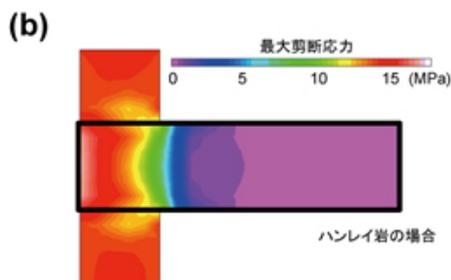
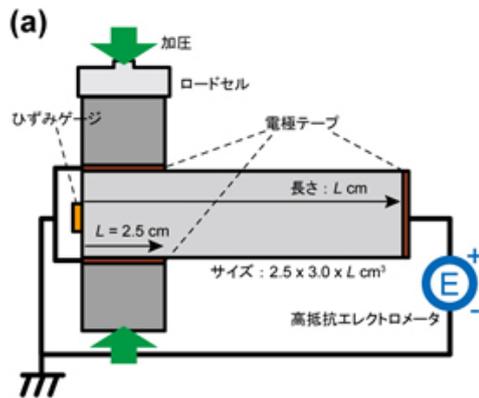


図 2

電磁現象解明のための室内実験結果