

(1) 実施機関名：

(独) 産業技術総合研究所

(2) 研究課題 (または観測項目) 名：

地下水等総合観測による地震予測精度の向上

(3) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

ウ．東海・東南海・南海地域

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

イ．地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

(3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

イ．地震・火山現象に関する情報の統合化

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ア．アスペリティの実体

イ．非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

(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

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：

紀伊半島～四国周辺に、8 点の新規地下水等総合観測施設を整備して合計 20 点とする。東海・東南海・南海地震想定震源域の深部周辺で発生する M6-6.5 相当の短期的ゆっくり滑りを準リアルタイムで検出するシステムの構築、短期的ゆっくり滑りに伴う地下水変化の検出とそのメカニズム解明、過去の南海地震前の地下水位低下メカニズムの推定を行う。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

- ・平成 21 - 25 年度：新規観測網 (8 点) の整備、短期的ゆっくり滑りや地震に伴う地下水・地殻変動の検出と解析、過去の南海地震前後の地下水変化・海水面変化等を系統的に調査する。
- ・平成 22-24 年度：短期的ゆっくり滑り自動検出システムの開発。

・平成 24-25 年度：短期的ゆっくり滑り活動度変化の把握。過去の南海地震前の地下水変化のメカニズム推定。

(7) 計画期間中 (平成 21 年度 ~ 25 年度) の成果の概要：

＊当初目標や計画に相当する成果

・東南海・南海地震予測の為に地下水・地殻変動観測点を 4 点整備して、同観測点は合計 16 点となった。
・産総研・防災科研・気象庁との共同研究により、3 機関のひずみ・地下水・傾斜データをリアルタイムで共有して解析するシステムを開発し、東海地域周辺で M_w (モーメントマグニチュード) 5 以上、紀伊半島 ~ 四国周辺で M_w 5.5 以上の短期的ゆっくり滑りが検知できるようになり、短期的ゆっくり滑りについて一様で詳細な時空間変化を把握出来るようになった (第 1 図)。ひずみ計データによる短期的ゆっくり滑りの自動検出プロトタイプを作成した。遠地地震波で短期的ゆっくり滑りが誘発される現象があることを紀伊半島で見いだして報告した。周期から考えて、次の発生が近いと予想される時に遠地地震波が来ると誘発すると推定できる。

・短期的ゆっくり滑りに伴う地下水圧変化を世界で初めて検出した (第 2 図)。短期的ゆっくり滑りによる地表付近の体積ひずみ変化がその原因である。南海トラフで発生する短期的ゆっくり滑りによる地表付近の体積ひずみ変化は最大でも $10\text{--}20\text{ nstrain/日}$ なので ($\text{nstrain}=10^{-9}$)、その検出に必要なノイズレベルを 5 nstrain/日 と考えた時の、地下水観測による短期的ゆっくり滑り検出条件も明らかにした (第 3 図)。

・地理調査所 (現国土地理院) と水路局 (現海上保安庁) の測量データを統合し、各地の地震前後の地変 (地下水変化や海面変化等) についての目撃証言も参考にすることで、四国太平洋沿岸部の 13 カ所において、1946 年南海地震発生時を含む 70 年程度の期間において、数年 ~ 数十年間隔での定量的な上下変動を推定した。その内の 11 カ所においては、1946 年南海地震の数日 ~ 数ヶ月前時点の変化も推定できた。得られた結果は、南海地震前に異常な上下変動があったことを示唆し、それによって地震前の地下水位変化も生じたと考えられる。

＊当初目標や計画以外の成果

・2011 年東北地方太平洋沖地震後に、日本全国で地下水位や水圧等が低下する現象が多数認められた。同地震によって、日本の広い範囲で体積ひずみが増加 (地盤が伸張) したことが主な原因と考えられ、それらをとりまとめて報告した。

・2010 年チリ地震の表面波によるダイナミックな体積ひずみ変化による地下水圧変化に周波数依存性があることを日本の観測井戸において検出し、多孔質弾性論を新たに発展させることで観測結果を理論的に説明した。

・2001-2005 年に、地震に伴う地下水変化の研究のために台湾で構築された 16 点の地下水観測点の内 6 点について 2006 年以降のデータを元に地震や地殻ひずみに対する感度の評価を行った。地震後の変化においては、ひずみ変化より地震動の寄与の方が大きいことが示唆された。

・東海地域における国土地理院の GNSS および水準測量データを統合解析し、2000 年代前半の長期的スロースリップを跨ぐ期間の固着と滑り欠損の時空間発展を同時に推定した。その結果、固着の回復には時間がかかることが明らかになった。また、固着とスロースリップを統一的に解釈するモデルを提示し、東海地方では長期的・短期的スロースリップは同じ領域で発生していると考えられることを示した (第 4 図)。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等)：

板場智史・北川有一・小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・武田直人・木村尚紀・木村武志・松澤孝紀・汐見勝彦, 2013, 東海・紀伊半島・四国における短期的スロースリップイベント (2012 年 11 月 ~ 2013 年 4 月), 地震予知連絡会会報, 90, 254-269.

板場智史・北川有一・小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・武田直人・木村尚紀・木村武志・松澤孝紀・汐見勝彦, 2014, 東海・紀伊半島・四国における短期的スロースリップイベント (2013 年 5 月 ~ 2013

- 年 10 月) , 地震予知連絡会会報 , 91 , 印刷中.
- 北川有一・板場智史・小泉尚嗣・高橋誠・松本則夫・武田直人 , 2013, 紀伊半島～四国の歪・傾斜・地下水観測結果 (2012 年 11 月～2013 年 4 月) , 地震予知連絡会会報 , 90 , 382-393.
- Kitagawa,Y. and N.Koizumi,2013, Detection of short-term slow slip events along the Nankai Trough via groundwater observations, *Geophys.Res.Lett.*, 40, 6079-6083, doi:10.1002/2013GL058322.
- 北川有一・松本則夫 , 2013 , 2013 年 4 月 13 日淡路島付近の地震 (M6.3) に伴う水位・歪変化 , 地震予知連絡会会報 , 90 , 394-397.
- 北川有一・小泉尚嗣・高橋誠・佐藤努・松本則夫・大谷竜・板場智史・桑原保人・佐藤隆司・木口努・長郁夫 , 2013 , 近畿地域の地下水位・歪観測結果 (2012 年 11 月～2013 年 4 月) , 地震予知連絡会会報 , 90 , 379-381.
- 小泉尚嗣 , 2013 , 水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての第 12 回日台国際ワークショップ報告 , 地震学会ニュースレター , 25, 3,20-22.
- 小泉尚嗣・北川有一・高橋誠・佐藤努・松本則夫・板場智史・桑原保人・佐藤隆司・木口努・長郁夫 , 2014 , 近畿地域の地下水位・歪観測結果 (2013 年 5 月～2013 年 10 月) , 地震予知連絡会会報 , 91 , 印刷中.
- Koizumi,N., 2013, Earthquake prediction research based on observation of groundwater - Earthquake forecasting based on crustal deformation estimated from groundwater level change - [Translation from *Synthesiology*, Vol.6 No. 1, pp. 24-33(2013)], *Synthesiology English Edition*,6,1,27-37.
- Ochi, T. and T. Kato, 2013, Depth extent of the long-term slow slip event in the Tokai district, central Japan: A new insight, *J. Geophys. Res.*, 118, 4847-4860, doi:10.1002/jgrb.50355.
- 高橋誠・小泉尚嗣・松本則夫・北川有一・板場智史・佐藤努 , 2013, 東海・関東・伊豆地域における地下水等観測結果 (2012 年 11 月～2013 年 4 月)(47) , 地震予知連絡会会報 , 90 , 320-326.
- 高橋誠・小泉尚嗣・松本則夫・北川有一・板場智史・佐藤努 , 2014, 東海・関東・伊豆地域における地下水等観測結果 (2013 年 5 月～2013 年 10 月)(48) , 地震予知連絡会会報 , 91 , 印刷中.
- 武田直人・松本則夫・北川有一・板場智史・小泉尚嗣・高橋誠 , 2014, 紀伊半島～四国の歪・傾斜・地下水観測結果 (2013 年 5 月～2013 年 10 月) , 地震予知連絡会会報 , 91 , 印刷中.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

活断層・地震研究センター 地震地下水研究チーム

他機関との共同研究の有無 : 有

気象庁 , 防災科学技術研究所 , 名古屋大学 , 京都大学 , 鳥取大学 , 神奈川県温泉地学研究所 , 台湾成功大学等

(10) 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 : 活断層・地震研究センター地震地下水研究チーム

電話 : 029-861-3656

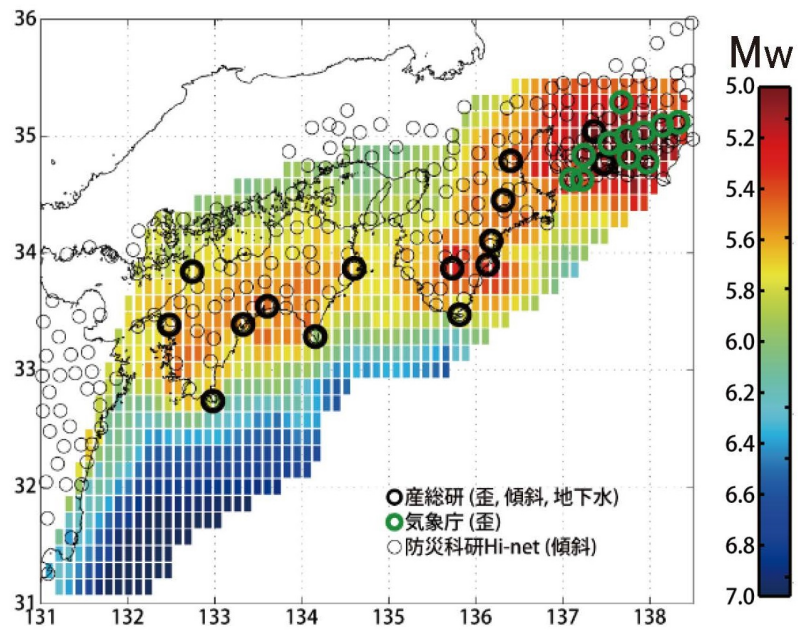
e-mail : tectono-h-ml@aist.go.jp

URL : <http://unit.aist.go.jp/actfault-eq/tectonohydr/>

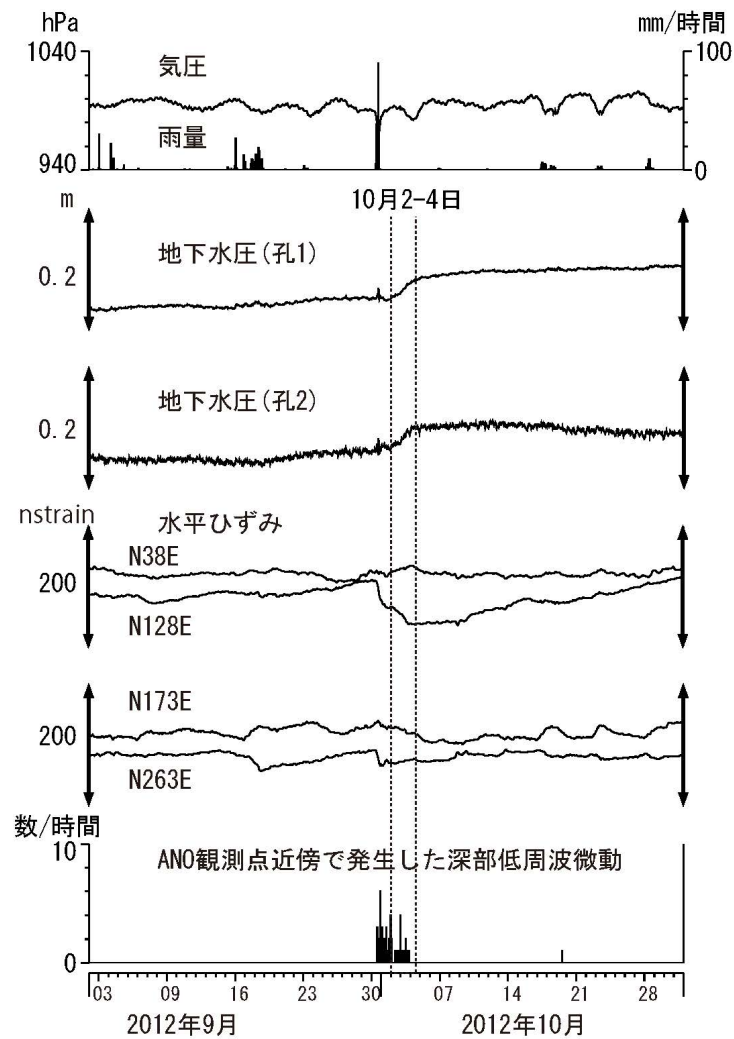
(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 小泉尚嗣

所属 : 活断層・地震研究センター

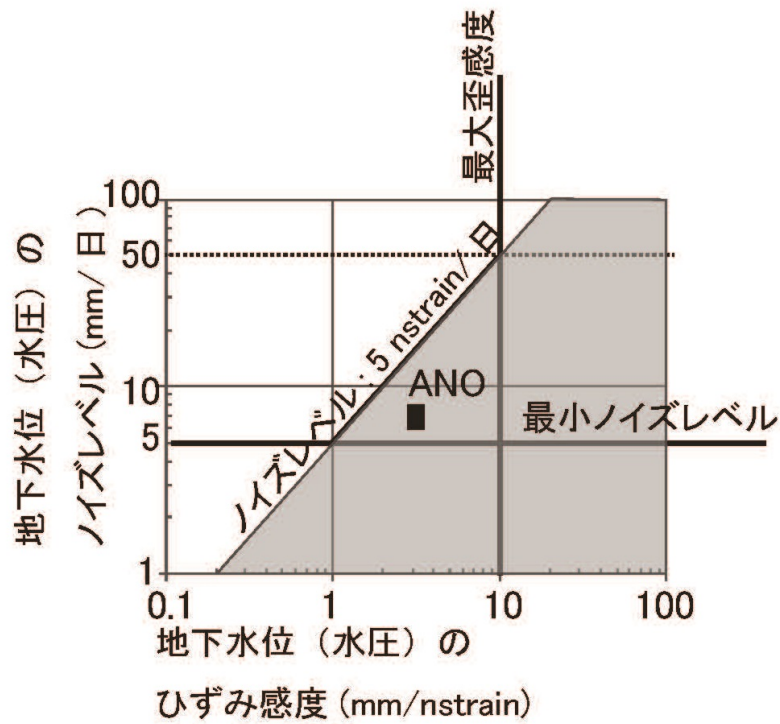


第1図 歪(ひずみ)・傾斜・地下水データの統合解析による短期的ゆっくり滑りの検知能力。
産総研・防災科研 Hi-net・気象庁の観測点における，任意の3点の観測点でノイズレベル以上の変化が検出される
短期的ゆっくり滑りの最小のモーメントマグニチュード (M_w) の分布を示す(板場・他, 2012, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, SCG63-P09)。

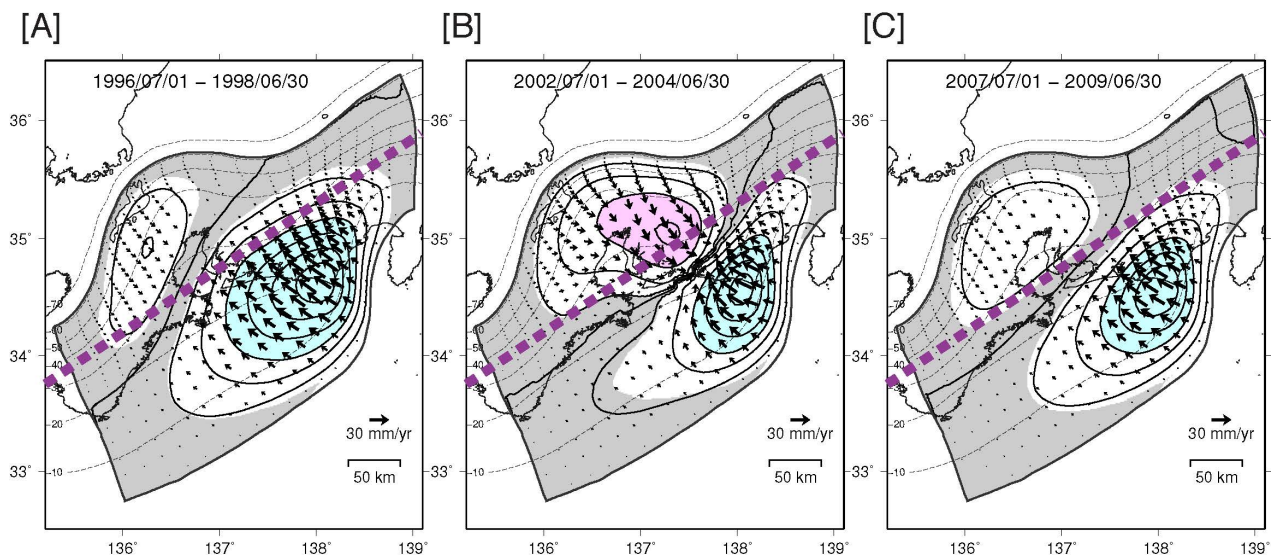


第2図 短期的ゆっくり滑りに伴う地下水圧変化

2012年10月に三重県直下で発生した短期的ゆっくり滑りに伴う産総研のANO観測点(三重県津市)での地下水圧変化。ANO観測点には観測井戸が3つあり、その内の孔1(ストレーナ深さ:499-514m)と孔2(ストレーナ深さ:196-209m)で地下水圧が10月2-4日に顕著に変化した。孔1と孔2は、地下水位が地表より上に来るので、孔を密閉して水圧で測定を行なっている。水平ひずみのnstrainは 10^{-9} のひずみを意味する。N38Eというのは、北から東まわりに38度回転した方向という意味。地下水圧と水平ひずみは、潮汐・気圧・影響を除去してある。地下水圧については、さらに降雨の影響も除去してある(Kitagawa and Koizumi, 2013)。



第3図 地下水位（水圧）の体積歪感度とノイズレベルと短期的ゆっくり滑りの検出可能範囲（灰色の領域）
 最大歪（ひずみ）感度:10mm/nstrain は、地下水位（水圧）測定において通常観測される最大のもの．最小ノイズレベルは、同測定において通常観測される最小のもの．ANO は、第2図の ANO 観測点での体積歪感度とノイズレベルの範囲を示す．



第3図 東海地方における長期的スロースリップ（ゆっくり滑り）前後の固着とスロースリップ分布の推定結果．東海地方における長期的スロースリップの [A] 発生前，[B] 期間中，[C] 収束後を示す．黒い枠線で囲んだ所が計算領域．灰色の部分はノイズレベル以上の滑りや滑り欠損が検出できなかった所．枠内の白い部分は，ノイズレベル以上の滑りや滑り欠損が検出された所．コンターは 5mm/year 間隔．15mm/year 以上の滑りが検出されている所をピンク，15mm/year 以上の滑り欠損が検出されているところを青で示している．紫の点線はすべての図で同じ位置に引かれており，[A] の期間の固着分布の下限を示す．[A] と [B] の比較から，スロースリップ分布の中心は固着の下限に相当することがわかる．また [A] と [C] の比較から，スロースリップ後に深い部分の固着が回復していないことがわかる (Ochi and Kato, 2013) ．