

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3回日台国際ワークショップ (Third Japan-Taiwan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction)報告

産業技術総合研究所 小泉尚嗣

1. はじめに

2004年9月7日～9日に標記ワークショップが、産業技術総合研究所地質情報研究部門と成功大学防災研究センターとの共同研究である「台湾における水文学的・地球化学的手法による地震予知研究」の一環として、つくば市にある産業技術総合研究所・他にて開催された。9月7日にワークショップ, 8日～9日に箱根～富士山への巡検が行われたが、ここでは7日のワークショップの概要を報告する。参加者は約25名であった(写真)。

2. ワークショップの概要

主催者を代表して、産総研地質調査総合センター(産総研の「地質の調査」関連ユニットの総称)の佃栄吉研究コーディネーターが最初に挨拶を行った。引き続いて午前と午後のセッションにわけて以下に示す内容で発表と質疑応答があり、最後に総合討論が行われた。

3. 発表者・発表タイトルとその概要.

* 所属の略称

DPRC: 成功大学防災研究センター

IGG: 地質情報研究部門

WRA: 台湾経済省水資源局

CWB: 台湾中央気象局

(1) Nakamura M. (Ryukyu Univ.) "3-D Seismic Tomographic imaging in eastern Taiwan-southwestern Ryukyu regions"

日本の気象庁と台湾の中央気象局(CWB)の両方の地震観測データを解析して得られた、南西諸島～東台湾の領域における3次元地震波速度と震源分布が、同地域のテクトニクスを背景として語られた。琉球海溝に沈み込む厚い海洋性地殻が、低速度異常域としてイメージされる。その海洋性地殻の浅部での脱水反応が前弧での地震活動を誘発し、深部での部分熔融が、沖縄トラフを横切る火山帯生成の要因となっているという興味深い報告であった。

(2) C-H., Tsai (CWB*) "GPS and Groundwater observation on precursor studies in Taiwan"

地震予知研究のために、CWBが行っているGPSと地下水観測結果の報告である。台湾で2001年から5ヵ年計画で行われているPEAR計画(The program of earthquakes and active-fault research in Taiwan)の一環である。GPSの方は、5ヵ年終了時までには150点を整備する予定であり現在は87点とのことである。GPSの方の報告は、地殻変動の話ではなく、地震前の電離層異常(電子密度異常)の話であった。地下水の方で興味深いのは、2004年5月～7月に台湾東部の花蓮(Hualien)直下(深さ20km前後)で発生したM4～5の地震3つに対し、いずれも2～10時間前に同地の地下水位に異常が認められた点である。

(3) Tokunaga T. (Univ. Tokyo) "Anisotropic poroelasticity of rocks and its effective stress dependency"

地震に伴う地下水変化を説明するのによく使われる多孔質弾性論(たとえば、徳永, 2003)についての話である。同理論は、通常、(水のしみ込んだ)岩石の等方性を仮定しているが、徳永氏らの最近の研究によれば、岩石は有効応力に依存した異方性(有効応力が小さいほど異方性が大きい)を示すとのことである。特に重要なのは、このように異方性を仮定すると、ずり応力によって間隙圧変化が生じる点で、より詳細な岩石の変形-間隙圧変化のカップリングを議論するには、異方性を導入するのが必要であるというのが徳永氏の主張であった。

(4) Matsumoto N. (IGG*) "Hydrological changes in response to the Tokachi-oki earthquake in 2003, Japan"

2003年十勝沖地震に伴う地下水変化についての話である。北海道の30点の深井戸(すべて被圧地下水と考えられる)の水位や自噴量における地震時の変化が確認され、その増減の分布の9割が、GPSデータから得られた断層モデルによる体積歪変化の分布で説明できる。他方、1952年十勝沖地震でも、地

下水位の増減の分布が報告されているが、それと断層モデルに基づく体積歪変化を比較しても、あまりよく一致しない。1952 年の方は、被圧地下水も（体積歪変化に対して鈍感な）不圧地下水も区別せずに調査した結果が理由だと思われる。

(5) Tasaka S. (Gifu Univ.), "Underground water observation in "Wari-ishi hot spring", Gifu Prefecture"

岐阜県割石温泉における 1977 年～2003 年の 27 年間の観測結果（主に自噴量）の報告である。割石温泉は、過去 8 つの地震に対してコサイスマミックな自噴量変化を上記観測期間中に記録している。しかし、自噴量の潮汐変化から計算される体積歪感度を用いて地震時体積歪変化を計算すると、増減のセンスは 6 例で一致するが、振幅は数十～2 百倍観測値の方が大きくなってしまふとのこと。

(6) Tsunomori F. (Univ. Tokyo), "Improvement of pumping system for continuous monitoring of dissolved gas in groundwater"

地下水中の化学成分を長期的に安定に多成分連続測定するという課題に地道に取り組んでいる角森氏の講演である。特に目覚しい結果を発表するというよりは、課題を一つ一つ丹念に克服していく過程が報告され参考になった。

(7) Kitagawa Y. (IGG*) "Estimation of barometric responses of groundwater levels at observation stations of the Geological Survey of Japan, AIST"

地下水位の体積歪変化に対する応答の周波数依存性を明らかにするために、産総研の近畿における 26 観測井戸の地下水位や地下水圧の気圧変化（主な周期帯は 1 日～10 日）に対する応答を丹念に調べた結果の報告である（北川・他，2004）。

(8) Chi-Cheng Yang (WRA*) "Groundwater observation network of Taiwan and its meaning to the earthquake-induced hydrological changes"

WRA が、1992-2008 年の 17 年間に及ぶプロジェクトとして行っている「Groundwater Monitoring Network in Taiwan」の紹介と、その一環として位置づけられた 2001 年以降の地下水観測による地震予知研究の結果の概要報告である。WRA は、2008 年終了時には 990 の地下水観測井戸を設置することになっていて、2003 年時点で 550 の観測井戸（水位分解能 2cm）が設置済みである。これらの井戸は、台湾の都市周辺に偏在しているが、井戸の地質条件等が、統一された手法で調査済みであること等の大きな長所がある。

(9) Wen-Chi Lai (DPRC*) "Coseismic groundwater level changes and its mechanism of Taiwan, 2003-2004"

上記 PEAR 計画における地下水分野の最近 2 年間の結果報告である。2005 年までに 16 の観測井戸（水位分解能 1mm）を作成する予定で現在は 8 つの井戸で観測を行っている。この 2 年弱で 20 例程度の地震時地下水変化を経験し、体積歪変化で説明できる場合とできない場合があることや、不圧地下水と被圧地下水でのレスポンスの違い、堆積層内の地下水と岩盤中の地下水のレスポンスの違い等を観測結果として得てきている。この結果を、理論的・定量的に解決することが課題であり、それは我々の現在持つ課題と同じである。

(10) Koizumi N. (IGG*) "Review of cooperative hydrological and geochemical research for earthquake prediction in Taiwan for recent three years "

2 年前に行った第 1 回ワークショップ（小泉，2003）で私が挙げた 7 つの課題；(1)地震に敏感な井戸の条件，(2)（歪変化に対して感度の低い）不圧地下水が地震前に変化するメカニズム，(3)地下水位の変化は地殻歪変化で説明可能だが、化学成分濃度の変化のメカニズムは何か，(4)震源域周辺における間隙圧や Permeability の情報を我々は提供できるか，(5)長期的に安定な化学成分濃度モニタリングシステムをどのように開発するか，(6)データ解析の際に空隙を水で満たされた弾性体をモデルとして用いているが、それが高温高压になった時の扱いは不十分，(7) GPS データ・ボアホール歪計データ・地下水データの相互関係について検証した。（1）については、上記数百の井戸を用いて台湾で検証作業が進んでいるとし、(2)については、1946 年南海地震前の海岸部不圧地下水の変化について日本でメカニズム研究が進められているとした。(3)は(5)に依存しており、角森氏や田阪氏によって作業が進んでいる。(4)については(6)と関連して、地熱地帯での地震地下水研究として米国ロングバレーで研究

が進められている (Roeloffs et al., 2003)。(7)については、現在進行中の東海スロースリップでまさに GPS とボアホール歪計・地下水の実地比較研究が行われているとした。

4．総合討論

特に大きな議論もなく、来年の台湾でのワークショップの開催も含め、今後も共同研究を続けていくことを確認してワークショップを終えた。

5．感想等

上記でも少し述べたが、観測結果においては、台湾はすでに我々が得てきたものと同じものを得ている。上記のいくつかの問題を解決するためには、水文地質条件（井戸の構造や周囲の地質、帯水層のパラメータ等）が明らかな稠密な観測網が不可欠であり、それを台湾側は持っている。今までは、我々日本側の技術やノウハウ提供の要素が強かったこの共同研究であるが（小泉, 2003; 2004）、今後は、台湾の観測データを生かして双方で課題を克服するという第2のステージに入っていく必要があると思った。

6．終わりに

本ワークショップの講演論文集 (CD) を希望される方は、下記問い合わせ先までご連絡ください。

〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 つくば中央第7事業所

産業技術総合研究所地質情報研究部門地震地下水研究グループ

電話：029-861-3656，ファックス：029-855-1298，電子メール：yuko-harada@aist.go.jp

参考文献

北川有一・他 (2004), 地質調査研究報告, 55, 129-152.

小泉尚嗣 (2003), 地震学会ニュースレター, 14, 5, 37-39.

小泉尚嗣 (2004), 地震学会ニュースレター, 15, 5, 35-38.

Roeloffs, E. et al. (2003), J. Volc. Geotherm. Res., 127, 269-303.

徳永朋祥 (2003), 「地震発生と水」, 東京大学出版会, 135-154.

・産業技術総合研究所地質標本館前での記念写真。

