

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2回日台国際ワークショップ(2-nd Taiwan-Japan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction)報告

産業技術総合研究所地球科学情報研究部門 小泉尚嗣

1. はじめに

2003年9月22日～26日に標記ワークショップが、産業技術総合研究所地質調査総合センター地球科学情報研究部門(以降、産総研地球科学と略称)と成功大学防災研究センター(以降、防災センターと略称)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、台湾の台南市にある成功大学キャンパス・他に開催された。主催者が成功大防災センター、共催者が台湾経済省水資源局(以降、水資源局と略称)・台湾行政院国家科学委員会(以降、科学委員会と略称)・産総研地球科学という形をとった。9月22-23日にワークショップ、24日～26日に台湾東部への巡検が行われたが、ここでは22-23日のワークショップの概要を報告する。なお、第1回のワークショップは2002年9月に茨城県つくば市の産業技術総合研究所で行われている(小泉, 2003)

2. ワークショップの概要

最初に主催者等を代表して、水資源局のDeputy Directorの林氏、私、成功大防災センターの謝センター長が挨拶を行った。引き続いて以下に示す内容で発表と質疑応答が行われた。22-23日の2日間の発表数は15で、参加者は約60名であった。

3. 発表者・発表タイトルとその概要.

* 所属の略称(大学名がないのは成功大学)

DGM: Department of Geology and Mineralogy, Graduate School of Sciences, Kyoto University : 京都大学大学院理学研究科地質鉱物学教室

DHOE: Department of Hydraulic and Ocean Engineering: 水利海洋工学部

DIM: Department of Information Management, Leader University: 立德管理学院情報処理学部

DMPE: Department of Mineral and Petroleum Engineering: 鉱物石油工学部

DPRC: Disaster Prevention Research Center : 防災センター

DRE: Department of Resources Engineering : 資源工学部

DTC: Da-Han Technologic College, Taiwan: 大漢技術学院

GU: Gifu University: 岐阜大学

G SJ: Geological Survey of Japan : 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: 旧地質調査所に相当)

RCEP: Research Center for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University: 京都大学防災研究所附属地震予知研究センター(以降、予知センターと略称)。

USGS: United States Geological Survey : 米国地質調査所

(1) Y. Sugiyama (GSJ*): Segmentation of the Western Taiwan active fault zone inferred from its structural analogy to the Nankai trough region, southwest Japan

台湾西部のテクトニクスと南海トラフ沿いの西南日本のテクトニクスが鏡像の関係にあるという話。台湾と日本が、地震予知において共同研究することの意義を、大きなテクトニクスから示す貴重な話であった。なお、この話の概要はなみふる33号(2002年9月号)でも紹介されている。

(2) W-C. Lai (DPRC*): The study of groundwater anomalies associated with the earthquake: An update in 2003.

2001年7月から4年半の計画でスタートした、台湾における地下水観測による地震予知研究の現在までの成果の紹介。いくつかの課題を克服しながら、徐々に観測システムが整備されデータが蓄積されている様子が伺えた。

(3) M. Hashimoto (RCEP*): Interplate coupling derived from GPS surveys in Kii Peninsula and its implication to the groundwater changes preceding the 1946 Nankai Earthquake

紀伊半島における GPS 観測（国土地理院による観測に予知センター独自の観測を加えたもの）から、プレート境界域のカップリングゾーンを推定し、その結果から 1946 年南海地震断層モデルを深部にまで延長した。1946 年南海地震前に、この深部領域がプレスリップしたとすると、地震前の和歌山県沿岸域が隆起し、沿岸域における地下水位の低下が定性的に説明できるという話。現代における GPS 観測からプレートカップリングを推定することが、1946 年当時の地下水変化説明につながるところが興味深かった。

(4) N.Koizumi (GSJ*): Evaluation of the preseismic groundwater changes before 1946 Nankai Earthquake through groundwater survey in Shikoku, Japan.

1946 年南海地震の際に、愛媛県道後温泉では 10m 以上水位が低下したことが知られている。その水位変化が記録された井戸で、2003 年 6 月から水位連続観測を開始し、水位の潮汐変化から体積歪感度を見積もった。1946 年南海地震断層モデルから推定される道後温泉におけるコサイスマックな体積歪変化から、体積歪感度を用いて水位変化を見積もったところ、上記の変化をおおむね説明することがわかった。さらに、上記 Hashimoto の議論では、プレスリップに基づく和歌山県や高知県沿岸部の隆起量が小さく、想定される地下水位低下は数 cm 程度で観測された量（おそらく数十 cm 以上）を説明できないが、同じプレスリップに基づく体積歪変化量は、（体積歪変化に対して敏感な地下水なら）数十 cm 以上の水位低下を期待できることがわかった。同地における今後の観測が、地下水位変化メカニズムの解明とそれに基づく地震時地殻変動の推定に役立つという話である。

(5) K.C.Hsu (DRE*): On estimating the geo-material properties of Choushuishi Alluvial Fan

1999 年集集地震の震源地近傍である Choushuishi Alluvial Fan における地下水の体積歪感度を、土壌力学や 1999 年集集地震時のコサイスマック変化等から数種類の方法で推定し比較した話。結果はおおむね一致していたが、1999 年集集地震時のコサイスマック変化については、液化化によるものとする説と体積歪変化によるものとする説があり、この話は後者の立場のみに立っているところがあったので私は異議を申し立てた。Hsu 氏は前者の説は知っているといい、今後の検討課題とするとのことであった。

(6) T.Y.Lee (DIM*): Intervention pattern and detection analysis for anomaly groundwater level time series

地下水の異常変化を客観的に検出する手法についての発表である。1999 年集集地震や 2002 年 3 月 31 日に台湾東部の海域で発生した Cha-I 地震（M6.8）時に観測されたコサイスマックな地下水位変化をパターン分類し、次に、そのパターンをいくつかの手法を用いて客観的に検出しようとする話であった。

(7) N.Matsumoto (GSJ*): Possible mechanism of coseismic changes in groundwater level - Recent examples -

地震時のコサイスマックな水位変化は、コサイスマックな体積歪変化だけでなく、地震動によっても生じる。静岡県にある産総研の榛原観測井戸は、近地や遠地の地震に対して敏感に反応してコサイスマックな水位低下を生じる井戸であるが、その変化は必ずしも体積歪変化で説明できない。コサイスマックな水位変化の振幅と（地震の断層モデルから推定される）榛原での体積歪変化および（地震のマグニチュードと震央距離から推定できる）榛原での変位振幅の最大値とを比較したところ、水位変化は体積歪変化より変位振幅の方と相関が良いので、榛原観測井戸に関しては、コサイスマックな水位変化は主に地震動によって生じているという話であった。榛原の地震動を代表させるものとして、変位振幅の最大値でよいのかとか、地震動が原因であるとしてそのメカニズムは何かとか、多数の質問が出て議論が沸騰した。

(8) C.L.Wang (DRE*): Building a "hydrological model" on an "equation friendly" platform
残念ながら私には理解できない話であった。

(9) W.Tanikawa (DGM*): Basin analysis and prediction of the development of anomalous fluid pressure at depths in the western foothills of Taiwan

1999 年集集地震の震源域近傍（台湾西部）で行われた深部ボーリングによって検出された間隙水圧の深さ方向分布の異常（静水圧平衡からのずれ）を、堆積岩の生成に関する仮定を入れたモデルによって説明する話。間隙水圧の深さ方向の分布が、どのようなメカニズムで、静水圧平衡から静岩圧平衡に移行するかということは大きな問題であり興味深かった。

(10) C.Liu (DTC*): Groundwater level changes related to earthquakes in Hualien County, eastern Taiwan

台湾東部の Hualien (花蓮) にある観測井戸の水位が、地震に対して非常に敏感に反応して振動する現象を紹介した話。台湾東部は地震活動が非常に活発なので多数の観測例があった。潮汐や気圧に対してはあまり水位変化がない(つまり長周期の体積歪変化に対しては感度が低い)ようなので、不完全に被圧された地下水の水位を測定していると思われた。

(11) M.C.Tom Kuo (DMPE*): Monitoring of Radon in Taiwan Groundwaters

台湾全土(中央部の山岳地帯を除く)の 383 点における地下水のラドン濃度の分布を調べた話。ラドンの親であるラジウムを多く含む花崗岩が台湾にはないということで、全体的にラドン濃度は低いようであるが、66%程度の井戸がラドン濃度モニターに使えるという結論であった。

(12) S.Tasaka (GU*): Earthquake precursory and co-seismic changes of the hot spring water in Central Part, Japan

岐阜県内において、県と岐阜大学が 1998 年から共同して行っている、地震予知のための地下水・温泉水観測結果の紹介。観測点は 16 点あり、ラドン濃度・自噴量・水温等が測定されている。時折ガスが多量に産出され、その際に、自噴量測定値のばらつきが大きくなるというので、(ガス量の目安として)自噴量の標準偏差も特に注目して調べているとのことである。2つの観測点(温泉)では、コサイスマックな変化がたびたび観測されており、地震前の異常変化も 3 度観測されている。自噴量とガス量が、地震前兆現象検出のための観測項目として有望であるとのことであった。

(13) E.Roeloffs (USGS*): Studying the relationship of earthquakes and groundwater levels in Long Valley, California: Results from a 3-km deep borehole and high-temperature-capable monitoring tools

アメリカ西海岸の地熱・火山地帯である Long Valley での 3 km のボアホールにおける地下水観測の報告。ただし、本来の目的は、高温・高圧下で長期間安定して作動する温度・圧力センサーの開発である。Long Valley では、近地や遠地の地震に対して、地下水水位が敏感に反応することが以前から知られている一方、遠地の地震によって、Long Valley 周辺の微小地震活動が誘発されることがわかっている。したがって、そのような誘発地震活動と間隙水圧変化との関係を調べるのに絶好のフィールドといえる。3 km ボアホールにおける観測データはまだ少ないが今後の研究の進展が楽しみである。

(14) J.G.Lin (DHOE*): Relationship between the rainfall and the groundwater level

地下水水位変化から雨量の寄与を除去する手法の開発の話。台湾では日本以上に多量に雨が降るので、降雨の影響を除去することは大きな課題である。研究はまだ始まったばかりのようである。数日以上に渡る長期の降雨の(地下水水位への)寄与の除去は大変難しいので、とりあえず数日以下の変化に絞って除去を試みるようにといった助言をした。

(15) W.C.Lai (DPRC*): Application of cross-spectrum analysis of the barometric and tidal responses to determinate hydrological properties of well-aquifer system

地下水水位は体積歪変化に応じて変化するが、それには周波数依存性がある(一般に高周波数側にも低周波数側にも感度が落ちる)。その周波数特性をしるには、気圧や潮汐に対する変化を調べるのが有効で、過去の研究成果で述べられている方法を台湾のいくつかの観測井戸で試みた結果の報告であった。

4. 感想

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が、2001 年 7 月にスタートしてから 3 年目を迎えた。当初は、日本や米国の研究成果やノウハウを吸収する作業が大半であったが、徐々に独自の研究成果が出始めているという感想を持った。上述の発表者の所属から見られるように、非常に多分野の研究者が熱意をもって参加していることに加え、水資源局が管理する約 400 の観測井戸のデータが利用可能というのが魅力的である(産総研や USGS の観測井戸数は数十のレベル)。これらの井戸は、測定している水位の分解能こそ 2cm と粗いものの、井戸の地質構造や帯水層のパラメータ(透水係数等)が水資源局によって明らかにされている(これらの観測井戸の中から選んで、あるいは、新規に掘削して地震予知研究用の観測井戸が 2005 年までに 16 作られることになっている)。それらの井戸における測定

水位の分解能は 1mm 程度となっている)。また、観測維持は基本的に水資源局が行うというシステムも、観測井戸の維持管理費の捻出に苦労している我々からみるとうらやましい。

今後、地震前後の地下水変化に対する均質で多量のデータが蓄積されていくことになり、それ自体が非常に価値のあるデータセットとなることが期待される。このようなデータセットは、地震予知研究のみならず、地震後の地下水の寄与する災害（例えば液状化）防止や放射性廃棄物埋設処理のための長期的地下水変動シミュレーションにも役立つことが考えられるからである。

5. 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球科学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：tanaka-yu@aist.go.jp

参考文献

小泉尚嗣 (2003), 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日台国際ワークショップ報告, 地震学会ニュースレター, 14, 5, 37-39.