

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4回日台国際ワークショップ(4-th Taiwan-Japan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction)報告

産業技術総合研究所地質調査総合センター 小泉尚嗣

1. はじめに

2005年9月13日～16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(以降、産総研地質と略称)と台湾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防災研究センター・他に開催された。主催者が防災センター、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)・産総研地質という形をとった。9月13-14日にワークショップ、15-16日に台中-台北への巡検が行われたが、ここでは13-14日のワークショップについて主に報告する。なお、第1-3回のワークショップについては、小泉(2003,2004,2005)やワークショップ論文集(小泉・他(2002);謝・小泉(2004);小泉・他(2005))を参照されたい。

2. ワークショップの概要

台湾における地震に伴う地下水変化に関する研究は、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)の一環として行われていて、すでに2006年からの4年間の延長が決定している。したがって、本ワークショップは、同5ヵ年計画のまとめであると同時に次の4年計画の展望を示すものとしても位置づけられる。

最初に主催者等を代表して、水資源局の林襟江副局長、中華防災学会の謝正倫理事長、成功大防災センターのChyan-Deng Janセンター長および小泉の4名が挨拶を行った。引き続いて発表と質疑応答が行われた。13日に下記の1-12の講演が行われ、14日に13-18の講演が行われた。参加者は約50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

CU: 台湾中央大学, DHOE: 成功大学水利海洋工学部, DMPE: 成功大学鉱物石油工学部, DPRC: 防災センター, DRE: 成功大学資源工学部, DTC 大漢技術学院, ERI: 東大地震研究所, GSJ: 産総研地質, GUT: 東京大学大学院, KYU: 高苑技術学院, LU: 立德管理学院, NCREE: 台湾地震工学研究センター, TU: 台湾大学, UR: 琉球大学.

(1)N.Kato(ERI*): Models of preseismic sliding and slow earthquakes: Implication for precursory phenomena of great interplate earthquakes

プレート境界域地震を予知するための摩擦構成則を用いた物理モデルの説明と想定東海地震予知への適用。

(2)W-C. Lai (DPRC*): An Overview on the Results of the Study of Groundwater Anomalies Associated with the Earthquake in Taiwan,2001-2005.

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。

(3)N.Koizumi (GSJ*): Evaluation of coseismic groundwater changes caused by the 2003 Tokachi-oki earthquake

2003年十勝沖地震前および地震後の地下水変化について評価した。(5)で松本さんが説明する地下水観測によるプレート境界地震予知手法の適用例(と評価)でもある。地震前には、特に異常な変化はなく、地震後には顕著な地下水位・自噴量変化があった。その変化の北海道における増減の分布は、断層モデルから推定される地震時体積歪変化でよく説明できた。しかし、振幅に関しては必ずしも十分には説明できない。

(4)T.Y. Lee (LU*): Outlier Detection for Anomaly Groundwater Level Time Series

統計的手法を用いた地下水位変化の異常値判定に関する報告。

(5) N.Matsumoto (GSJ*): Quantitative evaluation of the AIST groundwater-level observation network to detect preslip of the anticipated Tokai earthquake

(1) で加藤さんが説明した想定東海地震予知モデルに基づいた、地下水位(水圧)観測による想定東海地震予知手法とシミュレーション結果の説明。

(6) V. Walia(NCREE*), Radon and Helium Precursory Anomalies for Some Earthquakes in N-W Himalaya, India

当初プログラムが変更になって、本来9番目の講演がここでなされた。Walia氏は、インドでラドン濃度と地震との関係を精力的に研究しているVirk氏の弟子の一人である。ともにラジウムの放射性崩壊で生まれるラドンとヘリウムを、ソースが同じで移動速度が違う元素の代表例ととらえ、その比をとることで、地下からのガス上昇の経路の場の変化(拡散係数の変化?)をとらえようという興味深い考え方をしている。発想と観測結果は面白いがメカニズムがよくわからない。話してみるとわかるが、(8)のYang氏の講演と同様で、彼らは地震前のガス濃度変化と地震との対応に絶対の自信をもっていて、メカニズムが曖昧なのは気にしないのである。

(7) F.Tsunomori (GUT*): Temporal Change of Gas Composition in Groundwater at Omaezaki

東京大学御前崎観測井戸における、4重極質量分析計を用いた(地下水溶存ガスの)多成分連続観測手法の紹介と結果の説明。

(8) T. F. Yang (TU*): Identification of Multiple Gas Components at Fault Zone in SW Taiwan and its Application for Earthquake Surveillance

台湾南西部の断層周辺での温泉水溶存ガスや土壌ガスの組成変化と地震活動との関係に関する報告。ガスのソースが複数あってその混合によってできたガスの組成の方が、ソースが一つのガスよりも、応力変化による場の変化を反映しやすいという考え方である。地震後に大きな組成変化があったケースについては理解しやすかったが、地震前の変化についても同様の説明をすることについては疑問を感じた。観測事実そのものは興味深かった。議論して、地下の応力変化のみで地震前変化(地震時には変化がない)結果を説明するのは難しいということには理解してくれた。

(9) M.C.Tom Kuo (DMPE*): Groundwater Radon Anomalous Decrease Before the 2003 Chengkung Earthquake in Eastern Taiwan

2003年10月に台湾東部で発生したChengkung Earthquake(M6.8)前に、震央から20km離れたAntung観測点で温泉水中のラドン濃度が低下したことの報告。

(10) C. P. Chang(CU*): Application of Space-Borne Radar Interferometry on the Crustal Deformation in Taiwan

差分インタフェロメトリ SAR(DInSAR)を用いた台湾の地殻変動検出結果の紹介。個人的に興味深かったのは、季節的な比高変化の存在とそれが地下水位変化と同期している様子であった。降水や人工的な揚水の影響と考えられる。台湾の高密度な地下水位観測網は、DInSARによって検出された地殻変動と比較しえる面的に高精度な地下水変化データを提供し得るかもしれない。

(11) M.Nakamura(UR*): Geometry of the seismic Philippine Sea slab and 3D velocity structure beneath eastern Taiwan-southwestern Ryukyu regions

DD法による震源の再決定や地震波トモグラフィーによって、台湾東部~琉球南西部におけるフィリピン海プレートスラブの幾何学的形状と3次元地震波速度を明らかにしたことの報告。まさに労作というべきすばらしい研究である。

(12) W-C. Lo(DHOE*): The Time-Domain Decoupled Poroelastic Equations for an Elastic Porous Medium Containing a Viscous Compressible Fluid

残念ながら私にはよく理解できなかった。

(13) W-C.Lai(DPRC*): Precursory and Coseismic Groundwater Level Changes with Earthquake of Taiwan, 2003-2004

(1)でも紹介された台湾における地下水観測による地震予知研究について、2003 - 2004 年の結果に焦点をおいたもの。地震活動が活発（2003 - 2004 年の2年で M6 以上の地震が 8 つ発生）で観測井戸の多い（2004 年までの DPRC の観測井戸は 8 つだが、それ以外に WRA の管理する約 550 の井戸のデータも利用可能）では急速にデータが蓄積している。逆に解析が追いついていないのが現状で、今後の解析の進行に期待したい。

(14) K.C. Hsu (DRE*): On Characterizing Hydrogeological Properties of Choshuishi Alluvial Fan, Taiwan

1999 年集集地震の震源地近傍である Choshuishi 扇状地における WRA の高密度な地下水観測網（約 180 の観測井戸）を用いて、難透水層まで含めた扇状地の 2 次元断面における（鉛直）透水係数構造を求めた仕事。従来の研究では、データ数の不足から、このような複雑な透水係数構造を求めるのは不可能であった。今後、地震も含めた種々の要因による地下水変化に対して、このような構造を用いてより詳細な解析がなされるのが楽しみである。

(15) K. H. Cheng (KYU*): The Study of Satellite Infrared Thermal Images for Earthquake Precursor
衛星から観測された地表面・海面温度によって、将来の地震の震央が予測できるという話であるが、かなり稚拙な仕事であった。

(16) C.L. Wang (DRE*): A Numerical Study of Effective Stress and Groundwater Level Changes in Poroelastic Aquifer Under Dynamic Excitations

地震時の地下水変化を議論するときは、多孔質弾性体の理論を用いながらも（単純な）静的なつりあいの式を用いて議論されることが多かった。本講演では、動的な効果も考慮した定式化を行った上でシミュレーションを行い、パラメータの変化によってどのように地下水位のレスポンスが変わるかを示した。観測結果との一致は不十分であるが今後の研究の進展が待たれる。

(17) T.H.Chen (DHOE*) Rainfall-Induced Groundwater Level Variation

降雨に伴う地下水位変化を統計的手法を用いて除去しようという試み。日本以上に多雨の台湾では切実な問題だが、数日以内の短期的な変化はともかく、それ以上の長期的な変化を除去することはかなり困難でわれわれも手を焼いている。研究の発展に期待したい。

(18) C. Liu: Observations on Water-Level Fluctuations Induced by Distance and Local Earthquakes at Hualien Wells, 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。2 年前のワークショップでも紹介されている（小泉, 2003）。今回は、広帯域地震計の記録と比較し、ラディアル成分の速度波形と対応がよいという結果で、これは、平面波近似を用いて多孔質弾性体の理論で説明できる。

4. 感想

計画発足当初に比べて、台湾側の熱気がやや薄れてきたような印象を受ける。この分野の研究の困難さが理解されてきたためだと思うが、一方で着実に成果も蓄積されている。ワークショップ開始時の挨拶で私が述べたことだが、過去 5 年間で日本と台湾でのこの分野における知識と技術の共有のステージであったとすれば、次の 4 年間は、ともに手を携えてこの分野の研究発展を図るステージでもある。活発な地震活動、大きな地殻変動、高密度な地下水観測網、多孔質弾性論発展の取り組み、他分野の優秀な研究者の参加と研究発展の要素はそろっている。今後の研究発展に協調して取り組んでいきたい。

5. 終わりに

本ワークショップの講演論文集（アブストラクト+パワーポイントファイルを pdf 化したもの）は、2006 年 3 月までには、地質調査総合センター研究資料集として、http://www.gsj.jp/GDB/openfile/index_j.html からダウンロードできるようにするつもりですが、早急に CD 等での配布を希望される方は、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調査総合センター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

小泉尚嗣・他編（2002），地質調査総合センター研究資料集，384，<http://www.gsj.jp/GDB/openfile/open2002j.html>

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.

小泉尚嗣（2005），地震学会ニュースレター，16，5，57-59.

小泉尚嗣・他編（2005），地質調査総合センター研究資料集，420，<http://www.gsj.jp/GDB/openfile/files/no0420/0420index.html>

謝 正倫・小泉 尚嗣 編（2004），地質調査総合センター研究資料集，403，<http://www.gsj.jp/GDB/openfile/files/no0403/0403index.html>

おまけ

9月15日に，1999年集集地震の地表地震断層を保存している「921地震教育園区」（英語名称はEarthquake Museum of Taiwan，日本語名称は921地震博物館）に巡検で行った。同博物館は，集集地震発生後5周年の2004年9月21日にできたものである。随所に，淡路島にある野島断層保存館（<http://www.nojima-danso.co.jp/memorial/hozonkan.html>）のアイデアを取り入れた構造になっている。将来的には，「人と防災未来センター」（<http://www.dri.ne.jp/>）のような施設を作りたいとのことである。このような形で，震災軽減のための知識・工夫・技術が日本と台湾で共有できるのは素晴らしいことだと思う。説明文書は，中国語・英語・日本語で表記されていて，日本語の通訳ガイドもいる。一見の価値のある博物館だと思う。

同博物館は自身のHP（<http://www.921emt.edu.tw/>）をもっているが中国語の説明のみである（日本語・英語は準備中らしい）。かえって下記HPが全容を簡潔に伝えているように思う。
<http://yaplog.jp/taiwan-life/archive/50>



写真1：921地震教育園区で保存されている地表地震断層。グラウンドの向こう側が盛り上がっている。左側で写真を取っているのは琉球大学の中村さん。



写真2：921地震教育園区で示されている建物（中学校校舎）被害。