

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2008

課題番号：18204046

研究課題名（和文） 深層地下水変動から宮城県沖地震を予知する基礎研究

研究課題名（英文） Basic study for prediction of large earthquakes off Miyagi Prefecture by monitoring deep groundwater fluctuations

研究代表者

大槻 憲四郎（OTSUKI KENSHIRO）

東北大学・大学院理学研究科・名誉教授

研究者番号：70004497

研究成果の概要：近い将来に危惧される宮城県沖大地震を予知するため、民間・地方自治体から深度 1000m 前後のボアホールと温泉を計 10 カ所前後借用し、遠隔自動受信による「深層地下水観測システム」を構築した。精密な水温・水位・ラドン濃度・炭酸ガス濃度を観測し続け、岩手・宮城内陸地震を含む 7 個の地震の pre-および co-seismic な変動を捉えた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	13,600,000	4,080,000	17,680,000
2007 年度	12,600,000	3,780,000	16,380,000
2008 年度	8,100,000	2,430,000	10,530,000
年度			
年度			
総計	34,300,000	10,290,000	44,590,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：宮城県沖地震、地震予知、水温、水位、ラドン濃度、炭酸ガス濃度

## 1. 研究開始当初の背景

「地震予知は不可能」という世界的雰囲気の中、2000 年度末に地震調査研究推進本部は、2001 年から 20 年以内に宮城県沖地震が発生する確率を 80%と発表した。

## 2. 研究の目的

間近に迫る大地震を地震予知研究の好機と捉え、地震予知研究をレビューした結果、地下水変動観測が最も実績があるとの理解に達し、地震に敏感な観測サイトを選定し、最新の観測機器を配置することによって宮城県沖大地震の前兆変動を捉える研究計画を立案した。

## 3. 研究の方法

深層ボーリング孔・温泉等の観測サイトに分解能 1 万分の 2℃の水温計、ラドンモニター、分解能 1mm の水位計、炭酸ガス濃度計などを設置し、「自動遠隔受信深層地下水変動観測システム」を構築して連続観測した。

## 4. 研究成果

以下のような pre-または coseismic な変動を捉えた。

- (1) 2005/12/2 宮城県沖地震、M6.6  
(2005/8/16 M7.2 の宮城県沖地震の最大余震)：震源距離 120km 観測サイト ATG で本震の 2.5 時間前から 0.003℃低下し、回復直後に本震発生（この時点での観測

- サイトはATGのみ)。
- (2) 2007/4/12 仙台湾での直下型地震、M4.5: 震源距離 30km の観測サイト YMT で、本震の 2 時間前から 0.002°C 上昇し、本震後に定常的なトレンドに戻った。このときサイト ATG は無感。
  - (3) 2007/5/29 宮城県中部地震、M4: 震源距離 12km の YMT のみ coseismic に 0.02 °C 低下し、6 時間後に回復。なお、本震の 25 日前から 0.8°C も低下し、10 日前から上昇に転じ、上昇しきった時点で本震が起きたが、前兆的変動か否か不明。
  - (4) 2008/6/14 岩手・宮城内陸地震、M7.2: Coseismic な変動は以下の通り。震源距離 38km の観測サイト MMK では 0.02°C の水温低下、450mm 以上の水位低下。震源距離 72km の YMT では一旦 0.005°C 上昇し、20 分後に 0.015°C 低下。これらと同期して水位が 20mm 低下し、直後に 150mm 上昇。震源距離 85km の ATG では、0.08°C の温度低下と 10mm 程度の水位低下。Preseismic な変動は MMK のみで発生し、本震の 4 日前から潮汐に対応する水位変動の位相が著しく乱れた。
  - (5) 2008/7/19 福島県沖地震、M6.9、深さ 32km: 震源距離 164km の YMT では、地震時の数分間に 10mm 低下した後 14mm 上昇。水温は地震後の 12 時間に 0.01°C 上昇。震源距離 172km の ATG では、coseismic に水位が 30mm 低下し、水温が 0.16°C 低下した。
  - (6) 2008/7/24 岩手県北部沿岸地震、M6.8、深さ 108km: 震源距離 130km の MMK では、coseismic に 0.012°C の水温低下と 8mm の水位低下。震源距離 150km の YMT では、本震の 1 時間前から 0.001°C 温度低下し、coseismic に 0.002°C 上昇。水位は coseismic に一旦 10mm 低下した後 30mm 上昇。震源距離 177km の ATG では、本震の 12 時間前から水温が 0.05°C 上昇し、地震時には水位が 10mm 低下し、水温も低下。
  - (7) 2008/3/8 茨城県沖地震、M7.0、深さ 51km: YMT のみが coseismic に水位が 50mm 低下し、水温は post-seismic に 0.005°C 上昇した。
  - (8) 地震に明確に対応したラドン濃度の変化は観測されていない。岩手・宮城内陸地震の震源に近い温泉(サイト YBT)での観測によれば、ラドン濃度はキャリアーガスである炭酸ガス濃度と調和して変動することが分かった。

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

(査読有りは○、なしは×)

- (1) 大槻憲四郎、2010、2008 年岩手・宮城内陸地震 (M<sub>j</sub>7.2) に伴う温泉の変動. 地質学雑誌、116、151–158. ○
- (2) 大槻憲四郎、2009、日本列島新生代テクトニクスの概要解説. 大地、東北地質調査業界創立 50 周年記念特集号、44–51. ×
- (3) Otsuki, K., Hirono, T., Omori, M., Sakaguchi, M., Tanigawa, W., Lin, W., Soh, W., and Rong, S., 2009, Analyses of pseudotachylyte from Hole-B of Taiwan Chelungpu Fault Drilling Project (TCDP); their implications for seismic slip behaviors during 1999 Chi-Chi earthquake. Tectonophysics, 469, 13–24. ○
- (4) Hashimoto, Y., Tadai, O., Tanimizu, M., Tanikawa, W., Hirono, T., Lin, W., Mishima, T., Sakaguchi, M., Soh, W., Song, R.S., Aoiike, K., Ishikawa, T., Murayama, M., Fujimoto, K., Fukuchi, T., Ikehara, M., Ito, H., Kikuta, H., Kinoshita, M., Masuda, K., Matsubara, T., Matsubayashi, O., Mizoguchi, K., Nakamura, N., Otsuki, K., Shimamoto, T., Sone, H., Takahashi, M., 2008, Characteristics of chlorites in seismogenic fault zones: the Taiwan Chelungpu Fault Drilling Project (TCDP) core sample. eEarth, 3, 1–6, [www.electronic-earth.net/3/1/2008](http://www.electronic-earth.net/3/1/2008). ○
- (5) Hirono, T., Sakaguchi, M., Otsuki, K., Sone, H., Fujimoto, K., Mishima, T., Lin, W., Tanikawa, W., Tanimizu, M., Soh, W., Yeh, E., and Song, S., 2008, Characterization of slip zone associated with the 1999 Taiwan Chi-Chi earthquake: X-ray CT image

- analyses and microstructural observations of the Taiwan Chelungpu fault. *Tectonophysics*, 449, 63-84, doi:10.1016/j.tecto.2007.12.002. ○
- (6) Ikehara, M., Hirono, T., Tadaï, O., Sakaguchi, M., Kikuta, H., Fukichi, T., Mishima, T., Nqakamura, N., Aioke, K., Fujimoto, K., Hashimoto, Y., Ishikawa, T., Ito, H., Kinoshita, M., Lin, W., Masuda, K., Matsubara, T., Matsubayashi, O., Mizoguchi, K., Murayama, M., Otsuki, K., Sone, H., Takahashi, M., Tanikawa, W., Tanimizu, M., Soh, W., and Song, S., 2007, Low total and inorganic carbon contents within the Chelungpu fault. *Geochemical Journal.*, 41, 391-396. ○
- (7) Otsuki, K., 2007, Dependence of surface fracture energy on earthquake size: A derivation from hierarchical self-similar fault zone geometry. *GRL*, 34, L20305, doi:10.1029/2007GL031419. ○
- (8) 楮原京子・今泉俊文・中田 高・三輪敦志・大槻憲四郎、2007、逆断層の湾曲形態に関する一考察—活断層デジタルデータを活用して—。活断層研究、no. 27, 27-36. ○
- (9) 今泉俊文・楮原京子・大槻憲四郎・三輪敦志・小坂英輝・野原 壯、2006、秋田県・千屋断層の陸羽地震断層露頭。活断層研究、no. 26, 71-77. ○
- (10) Hirono, T., Ikehara, M., Otsuki, K., Mishima, T., Sakaguchi, M., Soh, W., Omori, M., Kin, W., Yeh, E. C., Tanikawa, W., and Wang, C. Y., 2006, Evidence of frictional melting within disk-shaped black materials discovered from the Taiwan Chelungpu fault system. *GRL*, 33, L19311, doi:10.1029/2006GL027329. ○
- (11) 内田良始・大槻憲四郎, 2006, 臨界点近傍での地殻流体P-V-T連続測定装置の開発。構造地質研究会誌, 構造地質, no. 49, 41-48. ○
- (12) Mukoyoshi, H., Sakaguchi, A., Otsuki, K., Hirono, T., and Soh, W., 2006, Co-seismic frictional melting along an out-of-sequence thrust in the Shimanto accretionary complex: Implications on the tsunamigenic potential of splay faults in modern subduction zones. *EPSL*, 245, 330-343. ○
- [学会発表] (計 36 件)
- (1) 大槻憲四郎、新潟—神戸歪集中帯の成因：堆積被覆層による浮力。地質学会 116 年大会、2009/9/4-6、岡山理科大
- (2) 中村悠希・大槻憲四郎、階層的に自己相似な断層帯ジオメトリーと静的応力降下のサイズ依存性：地震断層トレースからの解析。地球惑星科学連合 2009 年大会、2009/5/23-28、幕張メッセ
- (3) 大槻憲四郎、断層集団・断層帯のフラクタルジオメトリーと地震。地球惑星科学連合 2009 年大会、2009/5/23-28、幕張メッセ、招待講演
- (4) 大槻憲四郎・廣野哲朗・坂口真澄・谷川亘・林 為人・徐 垣, TCDP (台湾Chelungpu断層掘削計画) Hole-Bからのシェードタキライトの分析：1999 年集集地震時の断層すべり挙動に関する意義。地球惑星科学連合 2009 年大会、2009/5/23-28、幕張メッセ
- (5) 鹿島雄介・南須原美恵・山内常生・大槻憲四郎、深層地下水精密連続観測によって捉えられた岩手・宮城内陸地震時の地下水温・水位変化。第 7 回アジア国際地震学連合総会・2008 年日本地震学会秋季大会合同大会、2008/11/24-27、つくば国際会議場エポカルつくば
- (6) Onuma, K. and Otsuki, K., Electromagnetic

- emissions during seismic nucleation of stick-slips. AGU 2008 Fall Meeting, 2008/12/15-19. San Francisco
- (7) 大槻憲四郎・鹿島雄介・南須原美恵、岩手宮城内陸地震に伴うpreseismicとcoseismicな地下水・温泉の変動と地震発生. 地質学会第115年学術大会、2008/9/20-22、秋田大学、地質災害現地報告会
- (8) 越谷 信・石山達也・今泉俊文・大槻憲四郎・中村教博・丸島直史・杉戸信彦・堤 浩之・廣内大助・佐藤比呂志、2008年岩手・宮城内陸地震に伴う地震断層. 地質学会第115年学術大会、2008/9/20-22、秋田大学、地質災害現地報告会
- (9) 大槻憲四郎・鹿島雄介・南須原美恵、岩手宮城内陸地震に伴うpreseismicとcoseismicな地下水・温泉の変動. 地質学会第115年学術大会、2008/9/20-22、秋田大学
- (10) 大槻憲四郎、岩手・宮城内陸地震の直前と直後の地下水・温泉の変動. 第178回地震予知連絡会、2008/8/18、東京
- (11) 大槻憲四郎、Flash meltingにおけるアスペリティー接触点の進化と速度弱化則. 地球惑星科学関連学会 2008年合同大会、2008/5/25-30、幕張メッセ
- (12) 大沼久美・大槻憲四郎、固着すべり直前における電磁放射 (poster). 地球惑星科学関連学会 2008年合同大会、2008/5/25-30、幕張メッセ
- (13) 楢原京子・今泉俊文・石山達也ほか、真昼山地西麓のアクティブテクトニクス. 地球惑星科学関連学会 2008年合同大会、2008/5/25-30、幕張メッセ
- (14) Hirokazu Fujimaki, Kenshirou Ohtsuki, Matsu-ura Keisuke, Yusuke Kashima, Temporal changes of radon concentrations in waters from deep boreholes and their possible relation to seismic activities, northern Japan European Geoscience Union, 2008 General Assembly, 2008/4/18, Vienna Convention Center, Austria.
- (15) Hirokazu Fujimaki, Kenshirou Ohtsuki, Norio Shimizu, Temporal variation of radon concentrations from borehole waters, eastern Miyagi, Japan European Geoscience Union, 2007 General Assembly, 2007/4/15, Vienna Convention Center, Austria
- (16) 清水紀夫、中倉隆雄、藤巻宏和、大場司、宮城県中部の深層地下水の化学組成とイオン濃度変化と地震との関係. 地球惑星科学関連学会 2007年合同大会、2007/5/19、幕張メッセ
- (17) 南須原美恵・大槻憲四郎・山内常生、宮城県沖地震の予知を目指した地下水変動観測. 日本地震学会 2007年度秋季大会、2007/10/24-26、仙台国際センター
- (18) 大槻憲四郎、地震と階層的に自己相似な断層帯の構造との関係. 日本地震学会 2007年度秋季大会、2007/10/24-26、仙台国際センター
- (19) 大槻憲四郎・南須原美恵・鹿島雄介・山内常生、深層地下水変動観測から宮城県沖地震を予知する基礎研究の進展状況. 日本地質学会第114年学術大会、2007/9/9-11、北海道大学
- (20) 坂口真澄・廣野鉄朗・大槻憲四郎・ほか、台湾チェルンブ断層掘削計画Hole-Bコアにおける微小変形組織観察. 地球惑星科学関連学会 2007年合同大会、2007/5/19-24、幕張メッセ
- (21) 大森雅弘・大槻憲四郎・TCDP Hole-B研究グループ、TCDP Hole-Bで発見されたシェードタキライト：その地震学的意義. 地球惑星科学関連学会 2007年合同大会、2007/5/19-24、幕張メッセ
- (22) 中村教博・植原稔・三島稔明・ほか、

- Peleomagnetism of the TCDP core samples and its implication to underground geo-current. 地球惑星科学関連学会 2007 年合同大会、2007/5/19-24、幕張メッセ
- (23) 南須原美恵・大槻憲四郎・山内常生, ボアホールの水位と地下水を用いた地震予知. 地球惑星科学関連学会 2007 年合同大会、2007/5/19-24、幕張メッセ
- (24) 萩原晴菜・大槻憲四郎, 震源核はリーデルシアで形成されるかーガス圧式変形試験機による固着すべり実験ー. 地球惑星科学関連学会 2007 年合同大会、2007/5/19-24、幕張メッセ
- (25) 内田良始・大槻憲四郎, 臨界点近傍における地殻流体の熱力学的基礎物性測定と相平衡. 地球惑星科学関連学会 2007 年合同大会、2007/5/19-24、幕張メッセ
- (26) Uchida, Y., and Otsuki, K., New experimental technique for P-V-T measurement of crustal fluid around critical point. 16th annual GoldSchmidt Conference, 2007/8/27-9/1, Melbourne
- (27) 中倉隆雄・藤巻宏和・大場司、宮城県東部の深層地下水の化学組成、イオン濃度変化と地震との関連に付いて. 地球惑星科学関連学会 2006 年合同大会、2006/5/16、幕張メッセ
- (28) Mizumoto, T., Imaizumi, T., Otsuki, K., and Kagohara, K., Two types of spatio-temporal distribution of large earthquakes during Holocene; A case study for active faults in island arc of northeast Japan. AGU 2006 Fall Meeting, 2006/12/11-15. San Francisco
- (29) Hirono, T., Sakaguchi, M., Tadai, O., Lin, W., Otsuki, K., et al., Slip plane identification associated with the 1999 Taiwan Chi-Chi earthquake: X-ray CT image analyses of fault-related samples recovered from Taiwan Chelungpu-fault Drilling Project. AGU 2006 Fall Meeting, 2006/12/11-15. San Francisco
- (30) Hagihara, H., Otsuki, K., and Sakurai, M., Earthquakes nucleate at Riedel shears: A result from stick-slip experiments at a high data acquisition rate. AGU 2006 Fall Meeting, 2006/12/11-15. San Francisco
- (31) Nasuhara, Y., Otsuki, K., and Yamauchi, T., A trial for earthquake prediction by precise monitoring of deep ground water temperature. AGU 2006 Fall Meeting, 2006/12/ 11-15. San Francisco
- (32) Otsuki, K., Size dependent fracture energy; A derivation from hierarchical self-similar fault zone geometry. AGU 2006 Fall Meeting, 2006/12/11-15. San Francisco
- [図書] (計 1 件)
- (1) 蟹沢聰史・大槻憲四郎ほか編、社団法人東北建設協会・独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター監修、2006、「建設技術者のための東北地方の地質」、407p., 20 万分の 1 東北地方デジタル地質図、GISデータ (DVD-ROM+CD-ROM付き), 社団法人東北建設協会発行, 株式会社テクノ長谷製作.
- [産業財産権]
- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)
- [その他]

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大槻 憲四郎 (OTSUKI KENSHIRO)  
東北大学・大学院理学研究科・名誉教授  
研究者番号：70004497

### (2) 研究分担者

藤巻 宏和 (FUJIMAKI HIROKAZU)  
東北大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号：90133933  
中村 教博 (NAKAMURA NORIHIRO)  
東北大学・大学院理学研究科・助教  
研究者番号：80302248

### (3) 連携研究者

松沢 暢 (MITSUZAWA TORU)  
(H18・19 は研究分担者)  
東北大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号：20190449  
三浦 哲 (MIURA SATOSHI)  
(H18・19 は研究分担者)  
東北大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号：70181849