

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 12 月 13 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26281053

研究課題名(和文) 本州北端地熱開発拠点における速攻地熱探査のための稠密水同位体測定探査法開発

研究課題名(英文) Development of an exploration method of high density measurements of stable isotopes of water samples for prompt geothermal explorations in the geothermal exploitation base, northern Honshu, Japan

研究代表者

村岡 洋文 (MURAOKA, Hirofumi)

弘前大学・北日本新エネルギー研究所・教授

研究者番号：20358146

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では迅速・低コスト地熱探査手法の沢水・湧水pHマッピング法を開発した。この手法は調査地のパソコン上で完結する究極の迅速探査手法である。火山山頂部ではH₂S等火山ガスの凝縮で強酸性熱水が生じ、裾野では地表水への天水混入増大で中性に近づく。もし、成熟中性熱水を賦存する断層が介在すると、火山ガス上昇に対するシャドー効果や中性貯留層熱水の上昇によって、火山体の同心円的pH分布が乱れる。実際に、我々の発見したむつ燧岳東麓断層はpHマップ上で中性異常帯を示す。この手法は貯留層に加えて、成熟中性熱水貯留層の存在を抽出し得る。この手法はむつ燧岳地域の開発の課題であった酸性熱水問題に解決の見通しを与えた。

研究成果の概要(英文)：This study developed the stream and spring water pH mapping technique as a prompt and low-cost geothermal exploration method. This method is an ultimately prompt exploration method to be completed on the notebook computer on the survey fields. The volcanic center yields acid hot water by the condensation of rising volcanic gas, whereas the volcanic foot yields neutral water by mixing amounts of meteoric water. If there is a reservoir fault hosting matured and neutral hot water on the volcanic slope, a concentric pH contours would be disturbed by the shadow effect to the rising volcanic gas or by the up-flow of the reservoir water. Actually, the Mutsu Hiuchi Dake East Slope Fault found by our surveys shows a neutral pH anomaly zone on the pH map. This method enables to detect not only reservoirs but also the neutral pH characteristic of the reservoir water. This method provided a solution to the acid water problem for the geothermal development in the Mutsu Hiuchi Dake geothermal field.

研究分野：地熱地質学

キーワード：地熱探査 断裂 断層 珪化変質帯 pH 地熱開発 開発リードタイム

1. 研究開始当初の背景

地熱発電開発の最大の課題は、太陽光や風力と異なり、見えない地下資源を開発対象とすることから、開発リードタイムに10年もの歳月を要することにある。この課題を克服するためには、迅速な地熱探査法の研究開発が急務である。

青森県においては地熱発電所がまだ一基も開発されていない。火山群としては、十和田-八甲田火山群、恐山-むつ燧岳火山群、岩木山等に恵まれている。この中で、下北半島のむつ燧岳は国定公園のほぼ外側に位置しており、昭和59年に新エネルギー総合開発機構(NEDO発足当時の名称)の地熱開発促進調査の深度1700mの地熱調査井掘削が229°Cに達し、毎時蒸気3.4トンの噴出に成功している(新エネルギー総合開発機構, 1986)。このように、この地域の開発の可能性は高く、蒸気量がやや不十分であるということと、熱水や噴気凝縮水が酸性であるという2つの課題が残されているだけである。そのため、弘前大学北日本新エネルギー研究所は2014年3月27日に、むつ市と新エネルギーの推進に関する連携・協力に関する協定を締結し、とくに、むつ燧岳の地熱調査を協力して進めることとした(図1)。



図1 2014年3月27日むつ市と弘前大学北日本新エネルギー研究所の連携協定調印式の模様

2. 研究の目的

本研究では東日本大震災後の再生可能エネルギー拡大ニーズに寄与する目的で、再生可能エネルギーの中で開発リードタイムが最も長い地熱発電開発に関して、その地熱探査過程を飛躍的に短縮するために、高浸透率の断裂系を抽出する迅速かつ低コストの地熱探査手法を研究開発する。この迅速地熱探査手法を、速攻的に地熱開発が可能な、青森県下北半島のむつ燧岳地域というモデルフィールドにおいて研究開発することによって、同地域の今後の速やかな地熱開発に貢献するとともに、迅速地熱探査法の開発によって東日本大震災後の地熱電源開発の飛躍的拡大に資する。

3. 研究の方法

(1) 研究対象地域

むつ燧岳は標高781.3mの地形的にも開析された、やや古い火山である。むつ燧岳の火山活動年代は1.2~0.5 Maとされている(梅田・壇原, 2008)。むつ燧岳東麓には長軸5.5km、短軸2.5kmの侵食カルデラが知られており(上村・斉藤, 1957)、現代的に言えば山体崩壊カルデラ(Sector collapse caldera)と呼ぶこともできる(図2)。この侵食カルデラ内には、200°Cを超える2つの地熱調査井が知られている(図2; 新エネルギー総合開発機構, 1986)。本研究では地熱資源が存在する可能性の高い、この分水嶺に囲まれた侵食カルデラ、または山体崩壊カルデラという一つの集水域を、研究対象に選定した。侵食カルデラのうちの、図2の陥没カルデラの部分とした範囲は、熱源中心により近く、これまでに地熱調査井掘削が行われていない。

甲(かぶと)崎に1.7~2.9 Maのデイサイト貫入岩体が露出し、類似の岩体が坑底温度229°Cに達したN59-SK-6号井の深度1059mから1700mの坑底まで分布している(新エネルギー総合開発機構, 1986)。そのため、この侵食カルデラ地域の浅部は、むつ燧岳のマグマ溜りに先行して、比較的若い貫入岩体が伏在する複合熱源地域となっている。

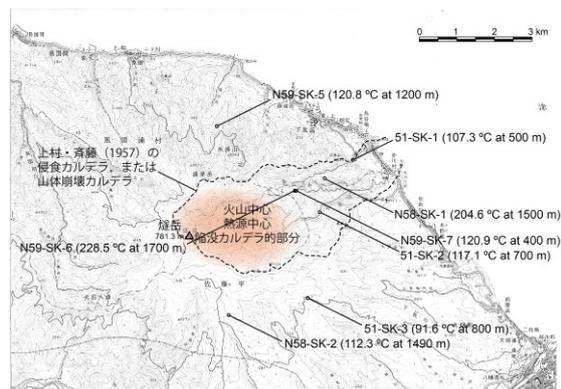


図2 破線のむつ燧岳侵食カルデラ内に200°Cを超える2つの地熱井が知られている

(2) 研究方法

本研究では青森県下北半島のむつ燧岳地域において、高浸透率の断裂系を抽出するために、断層を中心に、地質構造、地質層序、地熱変質帯を調査し、最終的には地質図や地質構造図を作成する。また、同じく、青森県下北半島のむつ燧岳地域において、高浸透率の断裂系を抽出するための地化学調査として、沢水・湧水・温泉水等を採取して、主成分分析や水素・酸素同位体分析を行う。さらに、標高効果評価のための基礎データとして、6標高地点の降水試料を定期的に採取して、季節ごとの水素・酸素同位体分析を行う。

このむつ燧岳地域における実際的な地熱調査を行う中で、地質学的または地化学的な手法を用いて、迅速かつ低コストの地熱探査手法の可能性を探り、最終的には一つの地熱探査手法を研究開発する。

4. 研究成果

(1) 地熱地質学的研究成果

本研究の現地調査初日の2014年6月3日に、大赤川林道において、我々はその後の研究にとっても重要な研究対象となるむつ燧岳東麓断層の破碎帯露頭を発見した(図3)。破碎帯の厚さは4mに達し、その走向はN16°W、77°Eである(村岡ほか, 2014)。この断層の分布は、富山ほか(2007)の珪化変質帯の分布とよく一致している。とくに、77°という高角度のむつ燧岳東麓断層の上盤側に、多くの珪化変質帯が発達していることは、一部で蒸気を含む熱水の浮力上昇という水理学からみて合理的である。

むつ燧岳の侵食カルデラ底には火山基盤の新第三系が露出している(上村・斉藤, 1957)。我々の調査によって、カルデラ底において新第三系が明瞭なドーム構造をつくっており、マグマ貫入に伴う火山基盤の隆起を表していることが判明した(図4)。上村・斉藤(1957)や富山ほか(2007)の地質図においては、新第三系薬研層のドーム構造が必ずしも表現されていないが、たとえば、薬研層中の中新世の粗粒玄武岩岩床が環状に分布し、外側に向かって傾斜していることから、ドーム構造の存在は明瞭である(図4)。マグマ溜りという圧力源の貫入によって、茂木モデル的に火山基盤が隆起し、表層に局部的伸張場が生じたことが、山体崩壊の引き金になったものと推定される(たとえば、青木, 2016)。12万年前頃の海進を反映するM1面海岸段丘の解析によれば、むつ燧岳付近が12万年前以降も隆



図3 むつ燧岳東麓断層の破碎帯露頭(スケールは下部の黄色い1m尺を参照)

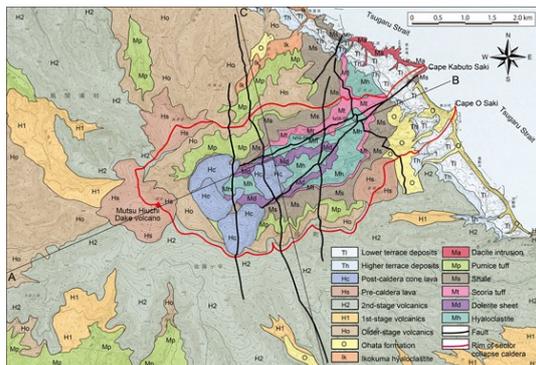


図4 むつ燧岳地域の地質図(未公表資料・作成作業中)

起している(電源開発株式会社, 2015)。よって、山頂溶岩の年代が50万年前頃であったとしても(梅田・壇原, 2008)、それより後に、山体崩壊が起こり、さらにその後に、カルデラ内では484mピークや佐藤ヶ平北東クレーターなど、後カルデラ丘的な溶岩ドームや溶岩流が噴出した可能性が高い。そして、圧力源としてのマグマ溜りは、12万年前以降までも活動していたものと推定される。むつ燧岳の火山岩年代が1.2~0.5Maとされ(梅田・壇原, 2008)、やや古いにもかかわらず、侵食カルデラ内に200°Cを超える2つの地熱調査井が知られている理由は、1つは複合熱源地域となっていることに加えて、1つはマグマ溜りの活動が12万年前頃まで持続していた可能性に求められる。

下北半島の広域応力場は発震機構からWNW-ESE方向を σ_1 とする逆断層型応力場とされている。しかし、むつ燧岳付近はドーム状隆起に伴う局部的な伸張場になっている可能性が高い。これはむつ燧岳東麓断層の正断層の地層引きずり形態、小規模共役正断層の存在、むつ燧岳東麓断層南端の曾古部山岩脈群の存在等から推定される(村岡ほか, 2016)。

地熱地質学的研究の最も重要な成果は、むつ燧岳地熱地域において、これまで地熱調査井が全く掘削されておらず、より高温が期待される陥没カルデラ的な熱源中心に(図2)、むつ燧岳東麓断層を発見したことである。しかも、むつ燧岳東麓断層は、ドーム状隆起に伴う局部的な伸張場によって、短縮テクトニクス場の東北日本弧において形成されにくい正断層と推定され、破碎帯の透水性の維持に有利な特徴をもっている。現実には、この断層に沿って珪化変質帯が発達しており、この断層が地熱貯留層を形成し、熱水上昇流に寄与している可能性が高い。その結果、残された唯一の課題は、酸性熱水問題のみとなる。

(2) 地熱地化学的研究および迅速地熱探査法開発

本研究課題については、Suzuki et al. (2017)にまとめられ、2017年7月16日に公表された(図5)。

本研究では迅速・低コスト地熱探査手法の

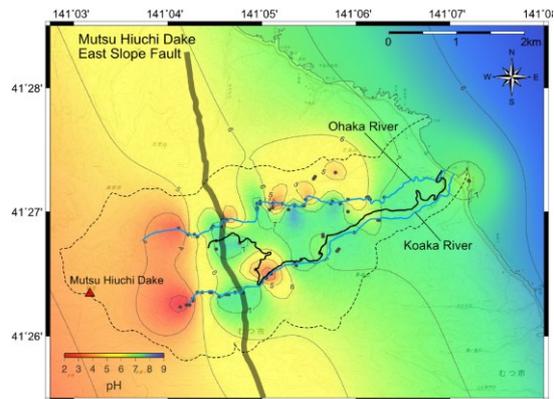


図5 むつ燧岳地域のストリームpHコンターマップ(Suzuki et al., 2017)

研究開発として、研究計画当初、水の水素・酸素同位体比測定の利用を想定していた。そして、実際に、むつ燧岳地熱地域において、多数の同位体比測定を行った。しかし、アンデスにしても、チベット南部にしても、スマトラにしても、東北脊梁山脈にしても、多くの山岳地帯に存在するアクセス困難な地熱地域においては、水サンプル採取やその運搬や実験室における分析過程などは、膨大な時間の消費を強いることになる。この点から、本研究ではさらに究極的な迅速・低コスト地熱探査手法の実現が望ましいと考えた。その結果、沢水・湧水の pH マッピング法の開発を試みることにした（鈴木ほか, 2016）。この手法は実験室分析を必要としない。小型 pH 計、小型電気伝導度計および小型温度計といったごく軽量の計測器によって、多数の地点で沢水や湧水の pH や温度等を測定し、調査地のパソコン上で pH マップを作成することで完結する。究極の迅速探査手法である。一般に、火山体の中心では H₂S 等火山ガスの凝縮で強酸性熱水が生じ、裾野では地表水が天水寄与率を増大させて中性に近づく。つまり、多くの火山性地熱地域では同心円的 pH 分布が期待される（たとえば、Henley, 1984）。もし、火山体斜面上に、成熟中性熱水を賦存する断層型地熱貯留層が介在すると、火山ガス上昇に対するシャドー効果や中性貯留層の熱水自身の上昇によって、火山体の同心円的 pH 分布が乱される。実際に、我々の発見したむつ燧岳東麓断層は pH マップ上で中性異常帯を示す（図 5）。この手法は貯留層の存在に加えて、成熟中性熱水貯留層の存在を抽出し得ることとなる。以上のことから、我々は究極の迅速・低コスト地熱探査手法を開発したと考えている（Suzuki et al., 2017）。

前節で述べたように、この手法はむつ燧岳地域の地熱発電開発にとって、残された唯一の課題であった酸性熱水問題に対しても、解決の見通しを与えている。すなわち、より高温で、より透水性が高く、珪化変質帯という熱水上昇流の物的証拠を備えたむつ燧岳東麓断層が、この pH マッピング法の適用によって、同時に成熟した中性熱水貯留層の特性をもつ可能性が高いということが明らかとなったからである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 17 件）

- (1) Suzuki, Y., Ioka, S. and Muraoka, H., Geothermal resource exploration by stream pH mapping in Mutsu Hiuchi Dake Volcano, Japan, *Energies*, 査読有, 10, 2017, pp. 1009-1019, DOI:10.3390/en10071009
- (2) 松田雅司・鈴木陽大・井岡聖一郎・村岡洋文, 北八甲田火山群, 新湯断層周辺における地熱熱水の化学特性と貯留層温度の評価, *日本地熱学会誌*, 査読有, 149(2), 2016, 73-79.
- (3) Ioka, S., Muraoka, H., Matsuyama, K., and Tomita, K., In situ redox potential measurements as a monitoring technique of hot spring water quality, *Sustainable Water Resources Management*, 査読有, 2(4), 2016, 353 - 358, DOI 10.1007/s40899-016-0065-4
- (4) Suzuki, Y., Ioka, S. and Muraoka, H., Comparative study of the subsurface thermal structure in northern Honshu, Japan, based on normalized temperature data and solute geothermometers, *Energies*, 査読有, 9(5), 2016, 1-9, doi:10.3390/en9050382
- (5) 井岡聖一郎・村岡洋文・鈴木陽大, 青森県における温泉バイナリーサイクル発電のための温泉資源評価. *地熱技術*, 査読無, 41(1&2), 2016, 23-27.
- (6) 小路翔子・笹木康平・上田 晃・中本利正, 岐阜県焼岳西麓奥飛騨温泉郷の温泉水の地球化学的特徴と地熱資源解析. *地球化学*, 査読有, 50, 2016, 97-114.
- (7) 加戸裕也・上田 晃・中本利正, 石川県内温泉水の化学及び同位体組成を用いた地球化学的地熱資源解析. *地球化学*, 査読有, 50, 2016, 279-298
- (8) 井岡聖一郎・村岡洋文・鈴木陽大・松田雅司・内田洋平, 青森県におけるオープンループ型地中熱ヒートポンプシステムのための地下水水質研究. *日本水文科学会誌*, 査読無, 45(3), 2015, 85-88.
- (9) Shrestha, G., Uchida, Y., Yoshioka, M., Fujii, H. and Ioka, S., Assessment of development potential of ground-coupled heat pump system in Tsugaru Plain, Japan, *Renewable Energy*, 査読有, 76, 2015, 249-257.
- (10) シュレスタ ガウラブ・内田洋平・吉岡真弓・藤井 光・井岡聖一郎, 地中熱ヒートポンプシステムにおけるポテンシャルマップの高度化, *日本地熱学会誌*, 査読有, 37(4), 2015, 133-141.
- (11) 井岡聖一郎・小野寺真一・村岡洋文, 地下水中のリンの動態, *地球環境*, 査読有, 20(1), 2015, 47-54.
- (12) Sato, M., Ohara, K., Ono, K., Mori, Y., Osato, K., Okabe, T., Nakata, H., Yanagisawa, N. and Muraoka, H., Development of micro grid Kalina cycle® system - The first demonstration plant in hot spring area in Japan, *Proceedings World Geothermal Congress 2015*, Abstract 査読有, 2015, 1-9.
- (13) Muraoka, H., Asanuma, H., Tsuchiya, N., Ito, T., Mogi, T., Ito, H. and the participants of the ICDP/JBBP Workshop, *The Japan Beyond-Brittle*

- Project, Scientific Drilling, 査読有, 17, 2014, pp. 51-59, DOI: 10.5194/sd-17-51-2014
- (14) Suzuki, Y., Ioka, S. and Muraoka, H., Determining the maximum depth of hydrothermal circulation using geothermal mapping and seismicity to delineate the depth to brittle-plastic transition in northern Honshu, Japan, *Energies*, 査読有, 7, 2014, pp. 3503-3511, DOI: 10.3390/en7053503
- (15) Ioka, S. and Muraoka, H., An estimate of energy availability via microbial sulfate reduction at a Quaternary aquifer in northern Japan considered for low temperature thermal energy storage, *Water*, 査読有, 6(4), 2014, 858-867.
- (16) 井岡聖一郎・村岡洋文, 脱窒反応における Q10 値-帯水層蓄熱と硝酸性窒素浄化の融合を目指して-. *日本水文科学会誌*, 査読有, 44(3), 2014, 123-133.
- (17) Muraoka, H., Kato, K., Suzuki, Y., Mikami, A. and Ioka, S., Subsurface geothermal structure in Hakkoda Volcanoes induced from an earthquake swarm since 2011, *Proceedings of Grand Renewable Energy 2014*, 査読無, Tokyo, Japan, 2014, 4p. (CD-ROM)
- [学会発表] (計 28 件)
- (1) 村岡洋文・鈴木陽大・井岡聖一郎, むつ燧岳地熱地域の火山地質学・構造地質学および地熱地質学, 日本地熱学会平成 28 年学術講演会, 2016 年 10 月 19 日, 郡山市中央公民館
- (2) 井岡聖一郎・村岡洋文・鈴木陽大・町田功・藤井 光・浅井和由, 鋼管製地中熱交換器の腐食評価のための地下水水質調査, 日本地熱学会平成 28 年学術講演会, 2016 年 10 月 19 日, 郡山市中央公民館
- (3) 鈴木陽大・井岡聖一郎・村岡洋文, 新しい地熱探査手法としての稠密 pH マッピング, 日本地熱学会平成 28 年学術講演会, 2016 年 10 月 19 日, 郡山市中央公民館
- (4) 鈴木陽大・井岡聖一郎・村岡洋文, むつ燧岳地熱地域における湧水, 河川水, 温泉水の地球化学的研究, 日本地熱学会平成 28 年学術講演会, 2016 年 10 月 19 日, 郡山市中央公民館
- (5) 井岡聖一郎・鈴木陽大・村岡洋文, むつ燧岳火山流域における降水, 湧水, 河川水, 温泉水の溶存有機炭素濃度, 2016 年度日本水文科学会学術大会, 2016 年 10 月 15 日, 法政大学市ヶ谷キャンパス
- (6) 井岡聖一郎・村岡洋文・柳澤教雄・杉田創・佐々木宗建・宮越昭暢・佐藤真丈・大里和己新潟県松之山光間地区における高塩分濃度地下水の流出量 (2), 公益社団法人日本地下水学会 2016 年春季講演会, 2016 年 5 月 14 日, 東京農工大学府中キャンパス
- (7) 松田雅司・鈴木陽大・井岡聖一郎・村岡洋文, 北八甲田火山群, 地獄沼地域における新湯断層による構造規制に関する高温地熱微候の地球化学的特性, 日本地熱学会平成 27 年学術講演会, 2015 年 10 月 21 日, 別府国際コンベンションセンター B-Con Plaza
- (8) 鈴木陽大・松田雅司・井岡聖一郎・村岡洋文, 青森県地熱資源データベースの構築とその地熱構造解析 (その 2), 日本地熱学会平成 27 年学術講演会, 2015 年 10 月 21 日, 別府国際コンベンションセンター B-Con Plaza
- (9) 鈴木陽大・松田雅司・井岡聖一郎・村岡洋文, 下北半島の燧岳東麓断層に関する構造地質学・地熱地質学的研究, 日本地熱学会平成 27 年学術講演会, 2015 年 10 月 21 日, 別府国際コンベンションセンター B-Con Plaza
- (10) 鈴木陽大・松田雅司・井岡聖一郎・村岡洋文, 燧岳地熱地域大赤川温泉における地球化学的特性, 日本地熱学会平成 27 年学術講演会, 2015 年 10 月 21 日, 別府国際コンベンションセンター B-Con Plaza
- (11) 井岡聖一郎・村岡洋文・鈴木陽大・松田雅司・佐藤真丈・大里和己・柳澤教雄, 新潟県における温泉資源の評価, 日本地熱学会平成 27 年学術講演会, 2015 年 10 月 21 日, 別府国際コンベンションセンター B-Con Plaza
- (12) 井岡聖一郎・三上綾子・鈴木陽大・松田雅司・村岡洋文, 岩木山山麓南西部における温泉の涵養域の推定と地化学温度の再解析, 日本地熱学会平成 27 年学術講演会, 2015 年 10 月 21 日, 別府国際コンベンションセンター B-Con Plaza
- (13) 村岡洋文・井岡聖一郎, 雪解け冷却水という寒冷地の温泉バイナリーサイクル発電のアドバンテージ, 日本地熱学会平成 27 年学術講演会, 2015 年 10 月 21 日, 別府国際コンベンションセンター B-Con Plaza
- (14) 井岡聖一郎・藤井 光・鈴木陽大・松田雅司・村岡洋文, 青森県田舎館村における熱応答試験による浅層地盤の熱交換量の検証, 日本地熱学会平成 27 年学術講演会, 2015 年 10 月 21 日, 別府国際コンベンションセンター B-Con Plaza
- (15) 井岡聖一郎・内田洋平・鈴木陽大・松田雅司・村岡洋文, 温泉資料を利用した津軽平野における地温推定, 2015 年度日本水文科学会学術大会, 2015 年 10 月 10 日, 産業技術総合研究所つくば中央第一
- (16) 井岡聖一郎・村岡洋文・佐藤真丈・大里

- 和己・柳澤教雄, 想定亀裂帯における地下水流速の推定－新潟県松之山温泉－, 2015年度日本水文科学会学術大会, 2015年10月10日, 産業技術総合研究所つくば中央第一
- (17) 井岡聖一郎・村岡洋文・鈴木陽大・松田雅司, 温泉資源評価技術の一般化－熱収支の観点から－, 公益社団法人日本地理学会秋季学術大会, 2015年9月19日, 愛媛大学城北キャンパス
- (18) 井岡聖一郎・内田洋平・村岡洋文・鈴木陽大・松田雅司, 津軽平野における地下水の水質調査及び利用のための水質評価, 公益社団法人日本地下水学会 2015年春季講演会, 2015年5月23日, 千葉商科大学
- (19) 井岡聖一郎・村岡洋文・柳澤教雄・杉田創・佐々木宗建・宮越昭暢・佐藤真丈・大里和己, 新潟県松之山光間地区における高塩分濃度地下水の流出量, 公益社団法人日本地下水学会 2014年秋季講演会, 2014年11月7日, くまもと県民交流館パレア
- (20) 井岡聖一郎・村岡洋文, 帯水層蓄熱を想定した微生物硫酸還元の有効エネルギーの予察的評価. 公益社団法人日本地下水学会 2014年春季講演会, 2014年5月24日, 東京大学本郷キャンパス工学部2号館
- (21) 井岡聖一郎, 青森県・青森市の地熱資源の概要, 日本地熱学会タウンフォーラム「青森地熱理解促進シンポジウム」, 2014年11月1日, 青森市新町キューブグランパレ
- (22) 井岡聖一郎・村岡洋文・三上綾子・鈴木陽大・加藤和貴・松田雅司, 青森市温泉データを用いた地熱直接利用におけるスケール評価, 日本地熱学会平成26年学術講演会, 2014年10月29日, 弘前大学
- (23) 三上綾子・鈴木陽大・加藤和貴・松田雅司・井岡聖一郎・村岡洋文, 青森県岩木山における熱水系の地化学的特性, 日本地熱学会平成26年学術講演会, 2014年10月29日, 弘前大学
- (24) 三上綾子・鈴木陽大・加藤和貴・松田雅司・井岡聖一郎・村岡洋文, 青森県岩木山の広域及び湯ノ沢流域における地化学温度, 日本地熱学会平成26年学術講演会, 2014年10月29日, 弘前大学
- (25) 鈴木陽大・三上綾子・加藤和貴・松田雅司・井岡聖一郎・村岡洋文, Geodepthmetry 構築に向けての試み, 日本地熱学会平成26年学術講演会, 2014年10月29日, 弘前大学
- (26) 加藤和貴・鈴木陽大・三上綾子・松田雅司・井岡聖一郎・村岡洋文, 青森県荒川流域における地熱資源の研究(その2), 日本地熱学会平成26年学術講演会, 2014年10月29日, 弘前大学
- (27) 松田雅司・加藤和貴・三上綾子・鈴木陽大・井岡聖一郎・村岡洋文, 北八甲田火山群, 地獄沼地域の高温地熱微候のENE-WSW配列に関する予察的研究, 日本地熱学会平成26年学術講演会, 2014年10月29日, 弘前大学
- (28) 村岡洋文・鈴木陽大・井岡聖一郎・三上綾子・加藤和貴・松田雅司, むつ燧岳東麓断層の発見と将来地熱開発上の意義, 日本地熱学会平成26年学術講演会, 2014年10月29日, 弘前大学
- 〔図書〕(計 4件)
- (1) 村岡洋文, 地熱エネルギー、『再生可能エネルギーで地域を変える』, 2017, 37-46. 弘前大学出版会
- (2) 井岡聖一郎, 地中熱利用, 『再生可能エネルギーで地域を変える』, 2017, 47-55. 弘前大学出版会
- (3) 村岡洋文, 下北半島は地熱資源の宝庫 (p.25). 下北ジオパーク構想ガイドブック, 2016, 下北ジオパーク構想推進協議会, 92p.
- (4) Muraoka, H., Geothermal Energy (25p.). In: Chen, Wei-Yin, Suzuki, Toshio, Lackner, Maximilian (Eds.), Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation, 2015, DOI 10.1007/978-1-4614-6431-0_35-2, Springer Science+Business Media, New York.
- 〔産業財産権〕
- 取得状況(計 1件)
- 名称: 発電方法及び発電システム
発明者: 村岡洋文・伊藤久男・浅沼 宏
権利者: 国立大学法人弘前大学
種類: 特許
番号: 特許第6132225号
出願年月日: 平成24年9月10日
取得年月日: 平成29年4月28日
国内外の別: 国内
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
村岡 洋文 (MURAOKA Hirofumi)
弘前大学・北日本新エネルギー研究所・教授
研究者番号: 20358146
- (2) 研究分担者
井岡 聖一郎 (IOKA Seiichiro)
弘前大学・北日本新エネルギー研究所・准教授
研究者番号: 40598520
- 上田 晃 (UEDA Akira)
富山大学・理工学研究部・教授
研究者番号: 90456799