

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K00657

研究課題名(和文) 島原半島ジオパークにおける地熱利用の推進につながる実践的教育プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of practical education programs to promote geothermal utilization in the Unzen volcanic area global geopark

研究代表者

馬越 孝道 (UMAKOSHI, Kodo)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・教授

研究者番号：30232888

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、日本が世界第3位の資源量を誇る地熱エネルギーの利用拡大に資する教育プログラムを、島原半島ジオパークのジオサイトである雲仙市小浜温泉の地熱利用の歴史と温泉バイナリー発電実現までの取り組みを主な題材として開発した。このプログラムには、地球科学や地熱利用技術に加えて地域への導入方法や資源保護の内容も含んでおり、現地学習を通じて今後の地熱資源の活用と保護の在り方について総合的に学べるものとなっている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小浜温泉は過去に、製塩事業による温泉枯渇の危機や発電計画への反対など地熱に関する紆余曲折の歴史を有する。これを経て2007年からは、地域主導・産学官連携により「未利用温泉熱を利用したバイナリー発電」の取組が始まった。この取組は全国的にも高い注目を集め、視察・見学に訪れる人も増加した。他方、同温泉は島原半島世界ジオパークのみどころの1つになっている。本研究では、このジオパーク活動との相乗効果が期待できる教育プログラムを開発した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have developed an educational program that contributes to expanding the use of geothermal energy, which is the third largest resource in the world. The main theme is the history of geothermal utilization at Obama Onsen in the Unzen volcanic area global geopark and the approach to realizing hot spring binary power generation. The program includes not only earth science and geothermal technologies, but also the contents of introduction method to the area and resource protection. Therefore, this program provides a comprehensive learning experience of future utilization and protection of geothermal resources through on-site learning.

研究分野：地震・火山学

キーワード：地熱 温泉 ジオパーク 環境教育 地域振興

様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 長崎県南東部に位置する島原半島は、1990～1995年の雲仙火山噴火により大規模な火山災害に見舞われたが、噴火終息後は地域の復興に向け、ハード・ソフトの両面で様々な整備が行われてきた。その象徴の1つとして同半島は2009年、「火山との共生」をテーマとして、ユネスコが支援する世界ジオパークに日本で初めて認定された。ジオパークは日本語で「大地の公園」と訳されるが、その理念は世界遺産と異なり、大地の遺産の保護と同時に、その環境教育的活用や持続可能な経済発展の仕組みをもつことが必須とされている。

(2) ジオパークには必ずジオサイトと呼ばれる「みどころ」が指定される。本研究の対象地域である雲仙市の小浜温泉は、島原半島ジオパークのジオサイトの1つである。同温泉は源泉温度が約100℃、温泉の湧出量が1日約1万5千トンと国内トップテンに入る豊富な温泉資源を有しており、雲仙火山のマグマを源とする大地の恵みを体感できる場所でもある。しかし過去には、製塩事業における過剰揚湯により温泉枯渇の危機に瀕したことがあるほか、2004～2005年には地元の合意なく進められた地熱発電計画への反対運動が巻き起こるなど、紆余曲折の地熱利用の歴史を有している。

(3) 小浜温泉では2007年より新たに、地域主導・産学官連携で、湧出量のおよそ7割を占める「使われずに捨てられていた未利用温泉水」に限ってのエネルギー利用を推進する取り組みが始まった。その結果、2013年には、環境省・チャレンジ25推進事業により、全国に先駆けて出力約210kWのバイナリー発電の実証試験が実現した。この事業は、他地域の取り組みと異なり地域主導で進められたことや、源泉に影響のない未利用温泉水のみを利用したことから全国的に高い注目を集め、2013年度の実証試験中には、全国から修学旅行生327名を含む178組2437名が視察・見学に訪れた（一般社団法人・小浜温泉エネルギーによる集計）。

(4) 2011年の東日本大震災の翌年の2012年5月、島原市で第5回ジオパーク国際ユネスコ会議が開催された。その最終日に採択された「島原宣言」では、「気候変動問題におけるジオパークの役割」として、「私たちは気候変動の管理者であるべきであり、再生可能エネルギーを活用し、ツーリズムの最良の基準を運用する取り組みの成功例として、社会に認められるように努めるべきである」と述べられた。同会議の宣言において再生可能エネルギーの文言が盛り込まれたのは初めてであった。

2. 研究の目的

(1) 小浜温泉では全国に先駆けて、地域主導による温泉バイナリー発電事業が実現したが、このような地熱・温泉資源の新たな活用方法に関心を持ち訪れる見学者、あるいは生徒・学生に向け、質の高い教育プログラムを提供することは、地熱のみならず再生可能エネルギー全般への理解と普及にきわめて有効に作用すると考えられる。そこで本研究では、小浜温泉の過去から現在に至る地熱・温泉利用の取り組みを題材として、実践的エネルギー教育プログラムを開発する。

(2) 地熱・温泉は「ジオ（大地）」からの最大の恵みの1つであり、とりわけ日本では古くから地熱が利用されてきた。先に述べたように第5回ジオパーク国際ユネスコ会議の「島原宣言」では、同会議の歴史の中で初めて「再生可能エネルギー」についての言及がなされた。本研究では、ジオパークとの親和性の高い地熱を題材として、ジオパークの特色も取り入れたエネルギー教育プログラムを開発し、ジオツアーの1つに組み入れることを目指す。

(3) 再生可能エネルギーの利用推進は、事業そのものの経済的効果に加え、災害時対策、さらには観光・環境教育的利用により地域の活性化にも大きく寄与する可能性を秘めている。本研究では、地熱エネルギーの利用を地域に根付かせ、さらに全国に普及させるための実践的教育プログラムを開発するとともに、このプログラムの開発を通じ、地熱（再生可能）エネルギーを活かした持続可能な地域の具体像を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 国内ジオパークにおける再生可能エネルギーに関する取り組みの現状把握

日本ジオパーク委員会が認定したジオパークは、本研究を開始した2015年4月時点で全国に36地域あり、そのうちの7地域がユネスコ世界ジオパークに認定されていた（本研究が終了した2020年3月時点では、日本ジオパークが43地域、そのうちの9地域がユネスコ世界ジオパークになっている）。またジオパークを目指す準会員地域も2020年3月時点で14地域あり、日本各地で依然としてジオパークに高い関心と期待が寄せられている。本研究における教育プログラムの開発においては、他のジオパークの現状調査、またジオパークの認定地域ではないが地熱等の再生可能エネルギーを積極的に導入している地域の調査を行い、その事業内容と観光・環境教育活用の動向を調査する。また再生可能エネルギー利用の取り組みが地域にどのようなインパクトを与え、地域活性化に役立てられているのかを明らかにする。

(2) エネルギー教育プログラムの設計と開発

島原半島ジオパークで行うエネルギー教育プログラムに不可欠な要素を選定し、その具体的中身を検討する。例として、島原半島の火山や地熱に関する論文等の資料をもとに、島原半島の地熱システムについてのこれまでのデータやモデルの整合性の検証、他には、小浜温泉や他のジオパークの事例をもとに、地熱（再生可能）エネルギーの地域への導入手法や地域活性化を実現するための条件や仕組みの解明などが挙げられる。

検討された各内容をコンパイルし、ストーリー性を考慮したエネルギー教育プログラム（ジオストーリー）を完成させる。ここで「ジオストーリー」とは、ジオパークの見どころを物語にしてわかりやすく説明するためのもので、ジオパークにおけるツーリズムにおいて必要不可欠なものとなっている。

(3) プログラムの試行と改善

作成した教育プログラムを用いたジオツアーを島原半島（主に小浜温泉）で実施し、参加者への聞き取り調査等によりプログラムの改善を図る。また雲仙市小浜町の雲仙 E キャンレッジ交流センター（雲仙市より長崎大学に貸与されている施設）に展示室を整備し、現地での学習拠点として活用できるようにする。

4. 研究成果

(1) 対象地域である雲仙市小浜温泉の温泉に関する歴史、温泉バイナリー発電事業の実現に至る経緯、温泉バイナリー発電後の温泉の二次利用に関する地元の動向、島原半島の地熱構造など、プログラムの要素となる内容の資料収集とその分析・整理を行った。得られた結果をもとに展示用パネル（計 10 枚）を作成し、平成 30 年 3 月より、小浜温泉の雲仙 E キャンレッジ交流センターにおいて一般公開および教育利用を開始した（表 1，図 1）。またプログラム受講者への配布用に、「小浜温泉の地熱利用の歴史から今後の温泉熱利用の展望まで」をまとめた 2 ページのパンフレットを作成した（図 2）。

表 1 展示パネルの内容

Table with 2 columns: Panel Number (1-8) and Content (Geothermal energy expectations, local geology, project background, objectives, history, establishment, low-carbon development, and binary power).



図 1 展示室

A large infographic titled '小浜温泉発電プロジェクト' (Obama Onsen Power Generation Project). It includes a vertical title 'Power generation project in Obama Onsen' on the right. The infographic is divided into several sections: 1. Project Overview: '小浜温泉の特徴' (Obama Onsen features) and '温泉利用・開発計画の歴史' (History of hot spring utilization and development). 2. Project History: 'プロジェクトの経緯' (Project history) with a timeline from 2013 to 2015. 3. Project Vision: 'プロジェクトの新たな展開に向けて' (Towards new developments of the project). 4. Resource Utilization: '温泉資源の活用' (Utilization of hot spring resources) with sub-sections for '地熱利用の推進' (Promotion of geothermal use) and '地熱理解の促進' (Promotion of geothermal understanding). 5. Local Community Realization: 'レジリエントな地域社会の実現!' (Realization of resilient local community!). 6. Project Structure: '小浜温泉プロジェクトの構想' (Concept of the Obama Onsen project) showing the flow from energy issues to geothermal utilization and local revitalization. 7. Footer: '長崎大学環境科学部小浜温泉プロジェクト調査研究グループ協賛一般社団法人小浜温泉エネルギー' (Sponsored by the Environmental Science Department, Nagasaki University and Obama Onsen Energy Association).

図 2 小浜温泉の地熱利用の歴史、発電プロジェクト等の概要をまとめたパンフレット

(2) 平成 29 年度には、今後の地熱資源の利用拡大と保全および教育プログラムの内容充実に資する温泉・地学データのさらなる獲得を目的に、地元温泉関係者団体や企業と協力して、小浜温泉の成り立ちに関する資料収集と科学調査を実施し、小浜温泉の泉源の空間分布と地学的特徴の関係等についての教材を作成した。

(3) 国内ジオパークにおける再生可能エネルギーに関わる取り組み調査については、各ジオパークのパンフレット類を収集するとともに、温泉バイナリー発電が行われている山陰海岸ジオパークの湯村温泉について現地でのヒアリング調査を実施した。さらにジオパークではないが、再生可能エネルギーを活用した環境教育を実践する先進地として、福島県土湯温泉および岡山県真庭市での調査を行った。これらの調査と関連して、平成 28 年 3 月 19 日には、一般社団法人小浜温泉エネルギー、雲仙市の協力のもと、小浜温泉において、「温泉発電をいかしたまちづくりと地域創生（ジオパークにおける低炭素まちづくりと地域創生Ⅳ）」と題するシンポジウムを企画・開催し、湯村温泉と土湯温泉から関係者を講師に招き、それぞれの地域での取り組みや地熱エネルギー導入の意義等について議論した。

さらに平成 29 年 2 月 17 日には、雲仙市と長崎大学の共催による「地熱シンポジウム in 雲仙」を企画・開催した。この中では外部講師および長崎大学からのポスター発表による「地域資源とエネルギー技術の関わり」や「島原半島における環境・エネルギー関連の取り組み」に関するこれまでの活動の紹介とともに、地域資源をいかしたレジリエントな地域の創生の将来像をどのように描けるのかについて地元関係者を交えての議論を深めた。

(4) 平成 29 年度からは、それまでの調査結果をもとに作成した教育プログラム（ジオツアー）の試行を開始した。その第 1 回目として平成 29 年 11 月、長崎大学環境科学部学生を対象としたフィールドスクール「小浜温泉における温泉エネルギー活用の取り組み」を、地元で温泉熱利用事業を推進している一般社団法人小浜温泉エネルギーの協力のもと開催した。その内容としては、小浜温泉にある雲仙 E キャンレッジ交流センターを拠点として、参加学生 9 名による座学とフィールド学習の実施後、参加者からプログラムの内容や実施方法の改善点について意見を聴取した。

平成 30 年度は、前年度のプログラムに新たな内容を加えたものを 2 回に分けて実施した。第 1 回は「小浜温泉における温泉エネルギー活用の取り組み」をテーマとして、同温泉における温泉熱利用の歴史からバイナリー発電実現までの経緯を学んだ後、関連施設や源泉の見学とともに、温泉の温度・泉質調査等の実習を行った。第 2 回は「温泉熱利用の多様性」をテーマとして、温泉水・温泉熱を活用している商店、旅館、レストランの施設見学を中心に行った。これらのフィールド学習終了後には、参加者によるワークショップを行い、プログラムの内容や実施方法についての意見を聴取した。意見の一例としては、高温源泉の配管に接近可能な危険箇所があることなどの指摘があり、それらをもとにジオツアーでの安全確保を含むプログラム全体の改善点について検討した。なお、プログラム受講者は 2 回の合計でのべ 26 名であった。

(5) 平成 31（令和元）年度は、前年度までのプログラムの試行の結果、地熱資源の保護に関する内容を加える必要性が認識されたことにより、新たな調査として源泉温度のモニタリングを行った。具体的には、過去の製塩事業での濫湯により温泉の温度低下があったことに着目し、配管に温度センサーを取り付ける方法により温泉温度の連続測定を実施した。これにより温泉保護の基礎データとなる各源泉の温度変動幅を把握するとともに、データの解析から、配管内へのスケール付着が増えることによると思われる温度の低下のようす、また潮位と関係すると思われる周期的な温度変動などが見いだされた。

令和元年 11 月には、温泉保護の内容も加えた本研究期間最後のジオツアー（フィールド学習）を実施した。図 3 はそのプログラムの内容（ジオツアーのようす）を示している。

(6) 本研究で開発したプログラムは、研究代表者および分担者が所属する長崎大学環境科学部で平成 31 年度に開始した、「レジリエントな地域社会創生リーダー育成プログラム」の中で毎年実施することになった。

また本研究を通じて得られた、地熱を活用した持続可能な地域の具体像を、「地熱資源保護・活用に関する地域への提案」として以下の 4 項目に取りまとめた。

- ①製塩事業終了後に廃泉になった源泉も含めた全源泉の実態把握
- ②今後の地熱開発に備えて、年間を通じた温泉モニタリングデータの蓄積
- ③地熱資源の保護・活用に関する条例の制定および協議体制の構築
- ④持続可能な地熱利用のための地下構造解明

今後、これらの提案の実現に向けた取り組みを、地域と連携して行っていく予定である。



図3 本研究で開発したプログラムにもとづくジオツアーのようす

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 渡辺貴史	4. 巻 83
2. 論文標題 再生可能エネルギーを活かした持続可能な温泉地の形成	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ランドスケープ研究	6. 最初と最後の頁 46～47
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡辺貴史，馬越孝道，小林寛	4. 巻 82
2. 論文標題 重要文化的景観に選定された温泉地の景観形成に関わる法制度の運用実態	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ランドスケープ研究	6. 最初と最後の頁 663～668
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5632/jila.82.663	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 渡辺 貴史，小林 寛，馬越 孝道	4. 巻 81
2. 論文標題 大分県別府市における温泉発電の地域受容に係る条例の制定経緯と初動期の運用実態	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ランドスケープ研究	6. 最初と最後の頁 601～606
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5632/jila.81.601	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 渡辺貴史，馬越孝道，小林寛	4. 巻 80
2. 論文標題 温泉地における温泉発電事業と運営体制の関係	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ランドスケープ研究	6. 最初と最後の頁 631～636
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5632/jila.80.631	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 渡辺貴史	4. 巻 724
2. 論文標題 温泉発電を活かしたまちづくり	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 生活と環境	6. 最初と最後の頁 14～18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 馬越孝道, 渡辺貴史, 竹下貴之, 佐々木裕
2. 発表標題 島原半島ジオパーク・小浜温泉における地熱利用をテーマとした教育プログラムの開発と実践
3. 学会等名 第10回日本ジオパーク全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺貴史, 馬越孝道, 小林寛
2. 発表標題 重要文化的景観に選定された温泉地の景観形成に関わる法制度の運用実態
3. 学会等名 日本造園学会平成31年度全国大会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺貴史, 小林寛, 馬越孝道
2. 発表標題 大分県別府市における温泉発電の地域受容に係る条例の制定経緯と初動期の運用実態
3. 学会等名 日本造園学会平成30年度全国大会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺貴史, 馬越孝道, 小林寛
2. 発表標題 温泉地における温泉発電事業と運営体制の関係
3. 学会等名 日本造園学会平成29年度全国大会研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹下貴之
2. 発表標題 九州における地熱発電のコスト競争力に関するモデル分析
3. 学会等名 第33回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 馬越孝道, 渡辺貴史, 竹下貴之, 佐々木裕
2. 発表標題 第8回日本ジオパーク全国大会
3. 学会等名 島原半島ジオパーク・雲仙市小浜温泉における温泉エネルギー活用の取り組み
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 馬越孝道, 渡辺貴史, 竹下貴之
2. 発表標題 島原半島ジオパークの新しいジオストーリー～小浜温泉での未利用温泉熱利用の取り組みを題材として～
3. 学会等名 地熱シンポジウムin雲仙
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

〔産業財産権〕

〔その他〕

長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科アジア環境レジリエンス研究センター
<https://www.aerrc.nagasaki-u.ac.jp>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	渡辺 貴史 (WATANABE Takashi) (50435468)	長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・教授 (17301)	
研究分担者	竹下 貴之 (TAKESHITA Takayuki) (70344075)	長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・准教授 (17301)	