

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22310031

研究課題名(和文) 雲仙・島原における地熱エネルギーを用いた地域力再生プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of the local power reproduction program using geothermal energy in Unzen and Shimabara

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・准教授

研究者番号：30232888

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円、(間接経費) 3,870,000円

研究成果の概要(和文)：長崎県雲仙市小浜温泉は日本有数の地熱資源に恵まれた地域である。本研究では、地球科学と社会・政策科学の研究者が協働し、同温泉における未利用温泉水利用と地域力再生の方策について調査研究を行った。その結果、熱水系の数値シミュレーションにより小浜温泉の下方には熱を供給する構造が発達している可能性が示された。小浜温泉での温泉発電実証実験事業の開始を受け、その成立過程の特徴を明らかにした。またジオパークにおけるスマートコミュニティ構築に関する比較研究をとおして、地域力再生における人的資源の活用メカニズムを解明した。

研究成果の概要(英文)：Obama-onsen is one of the highest-producing hot spring areas of Japan. This study was conducted by collaboration among researchers of earth science, and society and policy sciences, aiming at revitalizing the area by utilizing untapped hot water. Numerical simulation of the hydrothermal system suggested that the geothermal structure has been developed beneath Obama-onsen. Characteristics of the process of establishing the project for a demonstration experiment about hot spring energy generation in the Obama-onsen area was identified. By comparative research regarding the construction of smart communities in several geopark areas, the utilization mechanism of human resources with regional potential restoration was revealed.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学、環境影響評価・環境政策

キーワード：地熱 再生可能エネルギー 温泉バイナリー発電 地域再生 ジオパーク

## 1. 研究開始当初の背景

石油、石炭などの枯渇性エネルギーから再生可能エネルギーへの転換は、世界の温暖化対策の中核に位置付けられている。加えて日本は一次エネルギーの自給率がわずか4%と低く、エネルギー安全保障の面からも、国産である再生可能エネルギーの普及拡大は必要不可欠である。

再生可能エネルギーの中でも地熱は、日本にとってきわめて有望なエネルギー資源といえる。なぜなら日本は、米国、インドネシアに続く世界第3位の地熱資源量(20,540MW)を有している。しかし2008年時点での導入量は535MWで世界第8位、国内総発電量に占める地熱発電の割合はわずか0.3%にしか過ぎない。その背景には、開発有望地点の多くが国立公園内であることによる規制、泉源への影響を懸念する温泉事業者の反対、さらには発電コストの問題などがある。

一方近年、地熱エネルギーの新たな利用方法として、温泉熱によるバイナリー発電が注目を集めている。バイナリー発電とは、沸点が低い媒体を加熱・蒸発させ、その蒸気でタービンを回し発電する方法である。これを用いると、日本に多い50~100の温泉において、高温の源泉をバイナリー発電の加熱源に利用し、その後適温になった温泉水を浴用に使うことができるため、熱エネルギーを無駄なく活かせるようになる。また泉源所有者が発電事業者になるため、これまでの地熱開発と温泉利用との対立の構図を緩和させ、停滞した日本の地熱エネルギー開発のブレークスルーになるとの期待も持たれ始めた。

長崎県南東部・島原半島の西岸にある小浜温泉は、国内有数の温泉資源に恵まれた地域である。東西30~200m、南北1.5kmの範囲に約30の源泉があり、泉質はナトリウム-塩化物泉(食塩泉)、泉温は最高105℃、湧出量は休止井を含めると1日約15,000トンにのぼるとみられる。しかしこの豊富な温泉水は、その約70%が未利用になっている上、用途のほとんどが浴用であるため、湯の温度を下げるのに苦慮しているのが現状であった。この未利用の温泉を使うと、およそ2,000kWの発電が可能と試算された。

## 2. 研究の目的

本研究は、地熱資源大国であるわが国のなかでも最優良な資源可能性を有する雲仙・島原を研究対象に絞り、最終的には島原半島全体を100%自然エネルギーでまかなう永続エネルギー地帯のモデルとして、地域の経済・生活の総合的な活性化策への展望を描く。そのために、地球科学と社会科学・政策科学の研究者が協働し、地域における自然エネルギーの資源可能性を精査した上で、圧倒的に賦存性が高い地熱を主とした実行可能な地域力再生プログラムを構築する。具体的には以下のようなテーマを掲げて研究を開始した。

(1) 雲仙・島原における地熱エネルギーポテンシャル評価と利用可能性を解明する。すでに江原らによって基礎的なデータの蓄積が存在するので、地域全体の地熱系モデルの精査を図る。

(2) 雲仙火山1990-1995年噴火のデータ等を用いて、雲仙火山のマグマシステムの高精度化を図り、得られた結果を地熱系モデル作成のために活用する。

(3) 地熱利用の技術と事業化の適用可能な手法を開発する。まずは小浜温泉の未利用温泉水利用の工夫を検討する。

(4) 地熱利用推進により地域力再生を可能にする条件と仕組みを探る。そのために地域の多様な姿を構造的に把握する。

(5) グリーン・ニューディールにみられる環境ビジネスによる雇用創出、地域経済活性化について検討する。また地域特性をふまえた観光と地元の暮らし双方の強化策を考える。さらに観光と環境教育を連携させたジオツーリズムの創出を図る。

(6) 最終的には、日本初の世界ジオパークに認定された島原半島全体を自然エネルギー100%でまかなう永続エネルギー地帯の具体像を描く。

## 3. 研究の方法

本研究の特色は、学術上は、地球科学と社会科学・政策科学との研究協働の工夫にあり、さらに座学と実践的な経験知との連携を図り、その上で地域での地熱利用と事業化への具体的な可能性と道筋を示すことにある。

地球科学グループは、雲仙火山でこれまでに得られている地熱関連データの解析により、地熱系モデルの高精度化および地熱資源量評価をおこなった。また1990-1995年雲仙火山噴火の地震等のデータの解析により、地下のマグマシステムのモデルを作成し、地熱系モデルの構築に活用した。

社会科学・政策科学グループは、地熱エネルギー利用による地域力再生プロセスの解明、自然エネルギー推進の経済的枠組み、地熱等理的地域特性を活用した観光可能性を主要なテーマに掲げ、関係者へのヒアリング、文献収集、各種行事の参与観察、類似の取り組みを行っている地域の調査によりデータを取得した。

また小浜温泉では、過去に温泉発電の計画が地元の反対により中止になった経緯がある。地熱利用を進めるうえでは温泉関係者をはじめとした地元の理解が不可欠なため、未利用温泉熱を利用した技術と事業化の具体例を整理して、地元との議論を共有できるようにする必要があった。そのために、研究者と地元で定期的な協議や勉強会を行うとともに、外部講師を招いての公開講座やシンポジウムを開催した。

## 4. 研究成果

(1) 研究開始初年度(H22度)の成果として、地

元温泉関係者、企業、行政との意見交換会を計6回開催し、その結果、平成23年3月8日、産学官民連携による「小浜温泉エネルギー活用推進協議会」が設立されるに至った。またこの協議会設立に先立ち、この取り組みを広く周知するとともに地元の理解を深めるために、小浜温泉において、「ジオパークにおける低炭素まちづくりと地域再生」の第1回シンポジウムを開催した。このシンポジウムはH23度に第2回、H24度に第3回を実施したが、これらを含む地元で開催した、シンポジウム、公開講座、研究会等のイベントは下表の通りである。

表 雲仙市小浜温泉で開催した主なイベント

年月日	テーマ
H23.3.7	「ジオパークにおける低炭素まちづくりと地域再生」第1回シンポジウム サブテーマ：温泉エネルギー活用の明日を語る
H24.3.14	第2回シンポジウム サブテーマ：温泉発電始動から立ち上がる小浜の未来
H24.9.3-9.4	長崎大学・京都大学合同研究会「自然エネルギーと地域自立」
H24.12-H25.3	長崎大学環境科学部公開講座「地熱エネルギーと小浜の未来」
H24.12.6	第1回 小浜温泉発電プロジェクトの背景と目的
H25.1.18	第2回 温泉エネルギーの利用技術と温泉発電実証実験
H25.2.22	第3回 ジオパークで新たな観光の展開を考える-山陰海岸、島原半島の事例から-
H25.3.13	第4回 温泉発電を活かしたまちの姿とその進め方
H25.3.23	第3回シンポジウム サブテーマ：地熱エネルギーと小浜の未来

(2)地熱系解明および地熱資源量評価に関する研究成果は以下のとおりである。

雲仙火山の地熱系について、観測結果をより正確に表現できるモデルを熱水系の数値シミュレーションにより求めた。その結果、小浜温泉の下方に熱を供給する構造が発達している可能性が示唆された。

小浜温泉の過去の熱エネルギー利用について検討し、戦後の製塩業による過剰な熱水利用が温泉帯水層に大きな影響を与えたことを示すと同時に、持続可能な地熱利用の重要性を明らかにした。

島原半島の地熱源である雲仙火山のマグマに関して、1991年の溶岩ドーム出現前後に発生した地震のデータをもとに、半島中央浅部のマグマシステムのモデルを構築した。

(3)地熱エネルギーの利用による地域力再生プロセスの解明に関する研究成果は以下のとおりである。

観光と環境教育が連携したジオツーリズムの運営のあり方を検討するために、島原半島においてグリーンツーリズムを運営する「がまだすネット」の特徴を把握した。その結果、当該組織には、ある特定の主体に過度な負担が発生しないために多くの主体が関わり、それらが主体の特性に応じた業務を分担していることを明らかにした。

地熱エネルギーを活かした観光温泉地の景観像を検討するために、長崎県小浜温泉を対象に湯煙景観（地中から湧出する水蒸気及びその他のガスから形成された眺め）の特性を明らかにした。その結果、湯煙景観には、発生地点数、発生形態、そして空間布置から、いくつかのパターンがあることが明らかになった。湯煙を活かした景観像の構築にあたっては、こうしたパターンを踏まえたものにするのが望ましいことを提言した。

地熱エネルギーを活かしたランドスケープの姿とランドスケープの形成に関わる方法論の構築に向けて、島原半島を含む長崎のランドスケープと緑地の特徴を明らかにした。またランドスケープの評価と法制度による保全・整備に関わる方法論も取りまとめた。

温泉地のストックを活かした空間像を検討するために、明治時代から現在に至る温泉地における主体の関わりと空間形成の関係の変遷を明らかにした。明らかにされた結果をもとに、温泉地のストックを活かした空間の

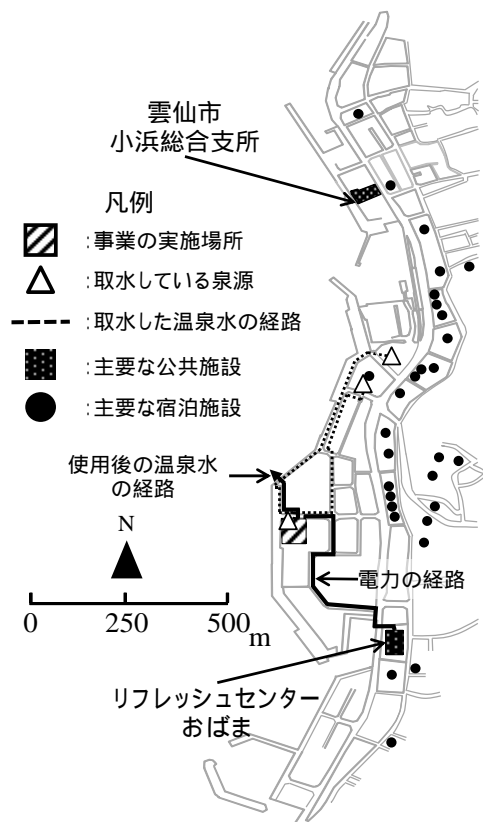


図1 温泉発電実証実験事業の概要

形成に向けた指針として、歴史的ストックの顕在化と温泉地の特性にあった新しい制度・技術の活用2つを提案した。

長崎県雲仙市小浜温泉地域における温泉発電実証実験事業(図1)の成立過程と運営体制の特徴を明らかにした。明らかにされた結果を踏まえて、温泉発電実証実験事業の実施に際して温泉関係者から協力を得る上で役立つ方策を考察した。

(4)地熱等理的地域特性を活用した観光可能性に関する成果は以下の通りである。

ジオパークと観光振興に関するアンケート調査を九州にある4か所のジオパーク(島原・天草御所浦・阿蘇・霧島)で観光客対象に実施した。その結果、島原半島のジオパークとしての認知度や仕組みへの興味について最も高くなり、さらにジオパークで経験したいものとして、「温泉・地熱」「防災・減災」の分野において島原が特に高い割合を示した。この結果を踏まえ、ジオパークにおける持続可能な観光を確立していくには、それぞれのジオパークのイメージを入口として、地域住民の主体性といったジオパークを支える動きが高まることの必要性が示唆された。

島原半島ジオパークの理地的特性を活かした取り組みを進める視点について、島原半島ジオパーク事務局への聞き取り調査を実施した。その結果、ジオツーリズムやジオパークの仕組みが根付いていくには、自然や文化といった「大地の遺産」をはじめとする地域多様性に立脚した形態へと進化(深化)していく重要性を示した。

小浜温泉を含む島原半島世界ジオパークにおけるジオツーリズムのあり方や、地熱資源を活かしたジオパーク構想を掲げる鹿児島郡三島村薩摩硫黄島など類例地域におけるスマートコミュニティ構築に関する比較研究をとおして、地域力再生における人的資源の活用メカニズムを解明した。特に、島嶼部においては、空間的完結性にもとづく「社会経済の活性化のためのゲートウェイ」機能が期待できる点を明らかにした。また、ジオパークおよびジオツーリズムは、島嶼部を含む条件不利地域において持続可能な地域づくりに寄与する地生態学的手段となり得ることを示した(図2)。

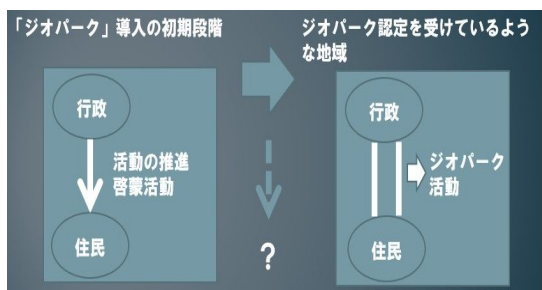


図2 ジオパークにおける人的資源の活用プロセス

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計27件)

渡辺貴史、馬越孝道、佐々木裕、長崎県雲仙市小浜温泉における温泉発電実証実験事業の成立過程の特徴、ランドスケープ研究、査読有、77(5)、2014、4頁(掲載確定)

深見聡、ジオパークとジオツーリズムの展望 - 日本と中国の事例から -、人文地理、査読有、65(5)、2013、58-70

馬越孝道・佐々木裕・小野隆弘、雲仙市小浜温泉における温泉発電プロジェクト、長崎大学環境科学部・地域環境研究、査読無、4、2012、23-27

<http://naosite.lb.nagasaki-u.ac.jp/dspace/handle/10069/28993>

古賀大晃、分山達也、江原幸雄、雲仙火山地域における熱水系の数値シミュレーションと資源量評価、九州地熱・火山研究報告、査読無、20、2012、112-119

UMAKOSHI, K., ITASAKA, N., SHIMIZU, H., High-frequency earthquake swarm associated with the May 1991 dome extrusion at Unzen Volcano, Japan. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 査読有、206、2011、70-79、DOI:10.1016/j.jvolgeores.2011.07.004

深見聡、九州のジオパークに対する観光客のイメージ - 4つのジオパークにおける観光客アンケート調査から -、長崎大学環境科学部・地域環境研究、査読無、3、2011、47-54

<http://naosite.lb.nagasaki-u.ac.jp/dspace/handle/10069/25182>

渡辺貴史、長崎県小浜温泉における湯煙景観の特性、長崎大学環境科学部・地域環境研究、査読無、3、2011、37-46

<http://naosite.lb.nagasaki-u.ac.jp/dspace/handle/10069/25183>

渡辺貴史、複数の主体の関わり方からみたグリーンツーリズム運営体制の特徴 - 長崎県島原半島地域における「がまだすネット」を事例に -、農村計画学会誌、査読有、29、2010、299-304

深見聡、大学生の体験型フィールド学習と地理教育 - 長崎大学環境科学部「地域力再生プロジェクト」の事例から -、地理教育研究、査読有、7、2010、15-23

江原幸雄、わが国の地熱エネルギー利用の現状・課題と将来展開、水素エネルギーシステム、査読有、35(1)、2010、28-35

[学会発表](計24件)

UMAKOSHI, K., A new geostory in the Unzen volcanic global geoparks: electric power generation using untapped hot water at the Obama Spa., Nagasaki, Pref., Japan. The 3<sup>rd</sup>

Asia-Pacific Geoparks Network Jeju Symposium, 2013年9月7日~13日、済州市、大韓民国

UMAKOSHI, K., Relation between tilt oscillation and seismicity during the 1991-1995 dome eruption at Unzen Volcano, Japan, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, 2013年7月20日~24日、鹿児島市

深見聡、ジオパークに求められる観光教育と地理教育の役割、日本地理教育学会、2013年8月24日~25日、佐賀市

FUKAMI, S., Importance of environmental education for university students - the case of Unzen volcanic area global geopark in Japan. Inaugural Conference on Sustainable Business in Asia, 2012年11月2日、バンコク、タイ

佐々木裕、馬越孝道、地熱資源を活用した低炭素まちづくりと地域再生の取り組み - 長崎県小浜温泉における産学官民連携プロジェクト -、日本地熱学会、2012年10月24日~26日、秋田県湯沢市

UMAKOSHI, K., Hot spring power generation project at Obama-onsen in the Unzen volcanic area global geopark, Japan, The 5<sup>th</sup> International UNESCO Conference on Geoparks, 2012年5月12日~15日、長崎県島原市

佐々木裕、藤野敏雄、馬越孝道、温泉発電における新発想の事業化戦略 - 長崎県小浜温泉の温泉発電事業化について -、日本地熱学会、2011年11月9日、鹿児島県指宿市

FUKAMI, S., For the Sustainable Development of Geoparks, The 5th International Conference Tourism Institute of North East Asia 2011, 2011年8月24日、福岡県北九州市

渡辺貴史、複数の主体の関わり方からみたグリーンツーリズム運営体制の特徴 - 長崎県島原半島地域における「がまだすネット」を事例に -、農村計画学会、2010年12月12日、青森県弘前市

江原幸雄、雲仙火山の地熱系モデルの再構築、日本地熱学会、2010年11月25日、茨城県つくば市

#### 〔図書〕(計5件)

深見聡、古今書院、地域資源とまちづくり - 地理学の視点から (片柳勉、小松陽介編著) 2013、212頁 (担当 pp.33-40)  
渡辺貴史、深見聡、ミネルヴァ書房、地域環境政策 (環境政策研究会編) 2012、216頁 (渡辺担当 pp.145-164、深見担当 pp.165-178)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

馬越 孝道 (UMAKOSHI, Kodo)  
長崎大学・大学院水産・環境科学総合研究科・准教授  
研究者番号: 30232888

### (2) 研究分担者

渡辺 貴史 (WATANABE, Takashi)  
長崎大学・大学院水産・環境科学総合研究科・准教授  
研究者番号: 50435468

深見 聡 (FUKAMI, Satoshi)  
長崎大学・大学院水産・環境科学総合研究科・准教授  
研究者番号: 20510655

江原 幸雄 (EHARA, Sachio)  
九州大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号: 10002346  
(平成24年度より研究協力者(九州大学名誉教授))

小野 隆弘 (ONO, Takahiro)  
長崎大学・大学院水産・環境科学総合研究科・教授  
研究者番号: 60108626  
(平成24年度より研究協力者(長崎大学名誉教授))