

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月19日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07829

研究課題名(和文) 温泉発電を活かした持続可能な温泉地の形成に関わる計画論的研究

研究課題名(英文) Planning research toward sustainability in hot spring areas using hot spring power generation

研究代表者

渡辺 貴史 (WATANABE, Takashi)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・教授

研究者番号：50435468

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、持続可能な温泉地の形成への寄与が想定される温泉発電を対象に、事業の成立・継続過程と法制度の内容と運用から温泉発電の実現と持続的な運営スキームを解明し、温泉発電の実装時に必要な温泉地を評価する手法と多面的機能の発現状況を解明した。本研究では、(1)温泉地の受容の維持に寄与する事業の円滑な導入に資する条例の内容及び運用方法と温泉地の特性を踏まえた事業の進め方、(2)日本と米国の再生可能エネルギーの近時の法制度の動向と課題、(3)温泉発電の適性判断と管理に必要な温泉水のモニタリング手法の開発、(4)温泉発電の多面的機能の整理と機能の発現状況及び発現に資する温泉地の特性の4点の成果をあげた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

温泉発電は、安定的に電力を供給できる余地がある再生可能エネルギーの一つであり、先進技術の体感または環境教育の実践の場として地域活性化の拠点となりうるため、持続可能な温泉地の形成に資するものである。しかし温泉発電の事業化においては、取り組まれてまだ間もないため、導入期から継続期において利害関係者がどのように進めることが望ましいかが不明な点が多かった。本研究の学術的意義は、国内外の先進事例の調査による、導入から継続期の事業の進め方を体系的に論じた点にある。また、本研究の知見は、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に係る方策を提示しているため、その社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：Hot spring energy generation is an important regional resource for the formation of sustainable hot spring areas. This research about hot spring energy generation in hot spring areas is to identify the following three research topics: (1) create a management scheme for smooth introduction and sustained operation, (2) develop a method of assessing suitability for operation, and (3) present a situation of evoking multiple functions by hot spring energy generation. The main findings of this research are summarized in the following four topics: (1) provisions and local officials' operations of the municipal ordinances being useful for smooth introduction of hot spring energy generation, (2) current trends and issues of legal systems about renewable energies in Japan and the United States of America, (3) development of a method for monitoring amount and quality of hot spring water, and (4) social characteristic in hot spring areas evoking multiple functions by hot spring energy generation.

研究分野：ランドスケープ計画

キーワード：温泉地 温泉発電事業 社会的受容性 法制度 多面的機能

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

再生可能エネルギーのうち地熱は、資源量が多いこと、そして天候等の周囲の環境を受けづらく年間を通じて安定的に電力を供給できることから、積極的な活用が必要とされるエネルギーの一つといわれている。

上記を受けての地熱発電の開発を促進する政策の施行や地熱発電の技術向上と低コスト化は、地熱エネルギーのなかでも低温域の温泉を利用した出力規模の低い発電(以下、温泉発電と称す)を多くの温泉地に登場させている。これら温泉発電は、電力供給に加えて観光レクリエーション・環境教育の場としての活用を通じて、温泉地の持続可能性に資する存在として期待されている。

こうした動きは、浴用利用に特化してきた従来の温泉の利用方法とは全く異なる、温泉地のサステナビリティの形成に寄与する革新的な「温泉発電」の誕生と理解できる。

萌芽期にある「温泉発電」に着目し、これを持続可能な温泉地の形成に資する存在として位置づけるためにはどのような研究課題に取り組むべきか。本研究では、大きく2つの課題に着目した。

第1は、温泉地において温泉発電を実現させ、それを持続させるための運営スキームの解明である。先の課題に関連する研究としては、実証段階にある温泉発電事業の成立の流れと成立した事業の概要や温泉発電の実現と大きく関係する法制度(温泉法、自然公園法、固定価格買取制度等)の概要と推進に向けた課題を検討したものがあつた。しかし先の研究では、先の論文が公開した後に登場した実装段階に移行した温泉発電事業の成立の流れ及び法制度の概要が取り上げられていない。さらには、再生可能エネルギー導入において先進的といえる地域の法制度の概要が十分に明らかにされていない。

第2は、温泉発電に適性がある空間の特性やその特性を評価する手法の検討である。先の課題に係る研究には、実証段階にある温泉発電事業を対象とした研究において、事業が成立しやすい空間の特徴が考察されたものがあつた。しかし先の研究では、事例による考察である上に、温泉発電に期待される電力供給以外の機能(観光レクリエーション、環境教育の場としての活用等)の発揮からみた適性ある空間の検討は行われていない。

前記した2つの研究課題に取り組むことは、地球温暖化等の環境問題の改善に加えて福島第一原発事故の発生により再生可能エネルギーへの急速な転換が必要とされている現在、温泉熱を活用した持続可能な温泉地のあり方に示唆をもたらし得る点から、高い研究・社会的意義を有するものと考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、企業、地域住民、自治体等との協力のもと、実装段階にある先進事例に対する調査解析にもとづき、事業の成立・継続過程と法制度の内容と運用からみた「温泉発電」の実現と持続的な運営スキームを解明する(課題1)。それとともに、温泉地の定量的な解析により、温泉発電を実装する上で適性がある温泉地の特性とその特性を評価する手法及び枠組みを明らかにする(課題2)。

3. 研究の方法

本研究では、課題1の「温泉発電」の実現と持続的な運営スキームの解明にあたり、国内外の事例を対象に、幅広く実態解明を行った。データについては、関係者に対するヒアリングと法令・文献収集により取得した。このうち主なヒアリングは、ヒアリング対象者に事前に質問票を送付し、それに沿ってヒアリングする半構造化インタビュー形式にて行った。本報告書では、(1)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、(2)土湯温泉(福島県福島市)、湯村温泉(兵庫県新温泉町)、小浜温泉(長崎県雲仙市)における温泉発電事業と運営体制の関係、(3)再生可能エネルギーの固定価格買取制度に関する近時の動向、そして海外の事例として、(4)アメリカ合衆国における再生可能エネルギー法制の近時の動向を報告する。次に、先の運営スキームを用いた温泉発電導入の適性の判断や温泉発電の電力供給以外の多面的機能の発揮に係る知見を得るため、温泉発電に適性がある温泉地の特性とその特性を評価する手法及び枠組みを検討した(課題2)。データは、本研究課題の関係者が開発した手法による温泉地での実験やヒアリング及び文献調査により取得した。本報告書では、(1)温泉水のモニタリング手法の開発と(2)温泉発電の多面的機能の発揮に資する温泉地の特性を報告する。

4. 研究成果

課題1：温泉発電の実現と持続的な運営スキームの解明

(1) 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(渡辺・小林・馬越, 2018)

温泉発電のなかには、温泉発電導入時において地域住民との合意形成が不足している例や温泉発電稼働時において周囲に悪影響をもたらす例が出現している。こうした事例は、温泉発電に対する地域住民の受容性を喪失させるおそれがある。温泉発電に対する地域住民の受容性を喪失させないためには、地域住民の受容性の維持に役立つ温泉発電事業者による取り組みを促進する政策を検討する必要がある。

そこで本研究では、2016年3月に大分県別府市(以下、別府市)において施行された温泉発電

等の地域共生を図る条例(以下、条例)の制定経緯と初期期の運用実態を明らかにした。

その結果、同条例には、事業者が、別府市と事前協議を行うこと、協議終了後に事業対象地近隣の水利関係者から承諾を取り、近隣区域の自然・生活環境への影響調査を行った後に、その結果を近隣関係者に説明する。それらが完了した後は、別府市に報告すること、工事は、別府市による先の書類に対する審査とそれにもとづき

発行される事前協議完了通知書を受理した後に着工すること等が規定されていた(図-1)。そして同条例が施行された後の苦情件数は、施行前と比べて大きく減少していたことが明らかとなった。

以上の結果にもとづく考察では、本条例の内容とその運用において、地域受容に資する手続き的公正を担保し得る特徴が含まれており、他自治体の類似条例と比べて利害関係者の範囲設定等において手続き的公正を担保し得る可能性が高い内容を有することが推察された。

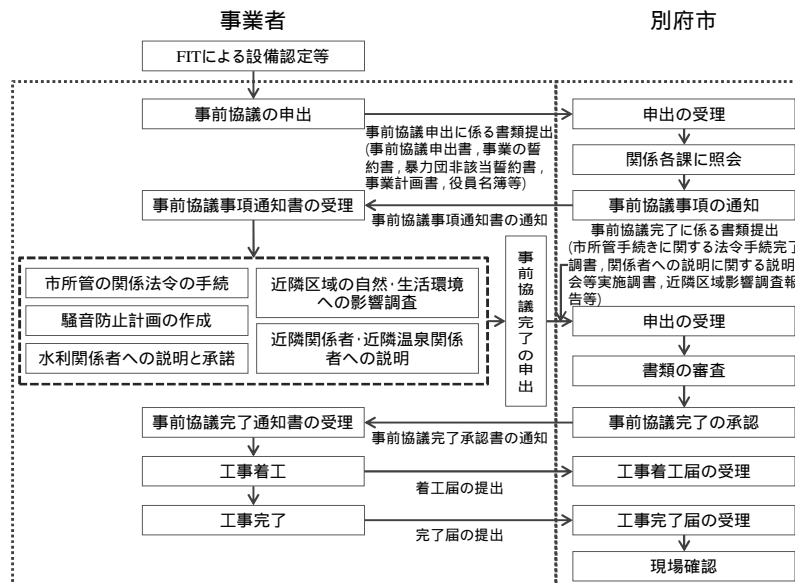


図-1 条例に記載された事業者と別府市のやり取りの主要な流れ

(2) 温泉地における温泉発電事業と運営体制の関係(渡辺・馬越・小林, 2017)

温泉発電の事業化にあたっては、温泉水の大量活用による泉源の枯渇を危惧する旅館業者等の温泉関係者に反対されることが多い。また事業着手後も、想定外の事態の発生により、温泉関係者の信頼を喪失することがある。温泉地の活性化に資する温泉発電事業を進めるためには、事業導入から実施に至るまで泉源を共有する温泉関係者からの受容が欠かせない。温泉発電事業が温泉関係者に受容され得るためには、どのような取り組みを行うことが望ましいのか。先の問いに答えるためには、既に成立した温泉発電事業の概要を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、温泉発電事業が実施された複数の温泉地(土湯温泉(福島県福島市)、湯村温泉(兵庫県新温泉町)、小浜温泉(長崎県雲仙市))を対象に、事業の成立経緯と事業の概要を明らかにした。得られた結果からは、温泉関係者の受容され得る事業の進め方を考察した。

主要な知見は、次の3点である。運営体制は、温泉地によって運営に関わる主体の数と運営の中心を担う主体が異なっていた(図-2)。温泉発電事業に対する温泉地の社会的受容性は、運営の中心を地域外よりも地域内の主体が担っている運営体制の方が高かった。温泉発電事業の目的や温泉地に与える影響は、温泉地の特性に応じて異なっていた。

以上から温泉発電事業が温泉地の社会的受容性を獲得し続けるには、各温泉地の特性を踏まえた目的を設定し、地域内の主体が担う運営体制により進めるのが望ましいことが考察された。

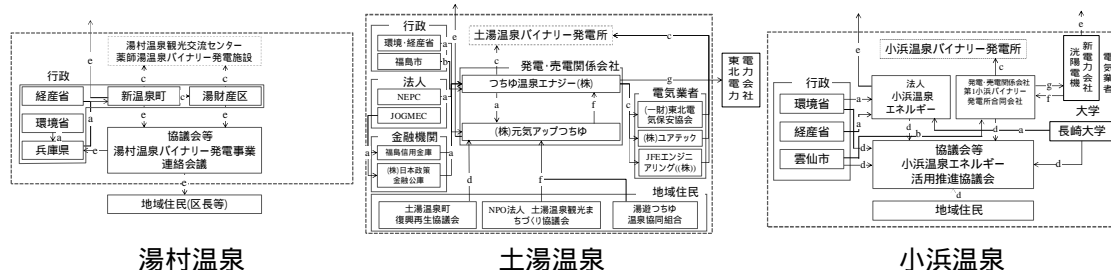


図-2 温泉発電事業の運営体制(2016年度)

(3) 再生可能エネルギーの固定価格買取制度に関する近時の動向(小林, 2016・2017a)

2015年7月に策定された2030年のエネルギーミックスにおいて、再生可能エネルギー(以下、再エネ)の割合を22~24%程度に伸ばさせて行くという目標が示された。この目標を達成するための手段として、日本は現在、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(以下「再エネ特措法」)(2012年7月施行)に基づき固定価格買取制度を採用しているところ、複数の課題を踏まえて、近時改正が行われた。そこで、固定価格買取制度の最

近の動向について、新認定制度の創設、買取価格の決定方法の見直し、買取義務者の見直し等、賦課金減免制度の見直しの4点に分けて、改正再エネ特措法の内容を中心に考察を行った。このうち特に、入札制度の対象をどこまで拡大するかが今後の検討課題の一つであり、その際には、エネルギー政策における基本的視点および入札制度の趣旨であるできる限り効率的に再生可能エネルギーの導入を進めることによって国民に対する負担を抑制することを十分に勘案することが必要となる旨を指摘した。また、上記の、入札制度について、設備認定後の未稼働案件が多い問題に対応するために比較的厳格な認定基準が設けられたことや太陽光発電設備について認定後に運転を開始すべき期限が設けられたことは積極的に評価すべきであるとの指摘を行った。

(4) アメリカ合衆国における再生可能エネルギー法制の近時の動向(小林, 2017b・2017c・2018)

再エネ法制を含む環境法の様々な局面においてアメリカの対応は日本に先行している。そこで、アメリカを欧州以外の比較対象国の一つとすることは有益な研究であると考えた。同国の複数の州においては、RPS(Renewable Portfolio Standards) (電気事業者に販売電力量のうち一定の基準利用量以上の新エネ等電気の利用を義務付ける制度)とFIT(Feed-in Tariff) (固定価格買取制度)が補完関係にあることが認められる。日本はRPSからFITに移行したが、この点について、著名な論者による「FITによって再生可能エネルギー導入が飽和状態になったときはRPSに戻ることが検討されるべき」との指摘がある(大塚直・法時84巻10号46頁(2012))。もしRPSに戻る場合には、電気事業者はRPSによる基準を達成する義務を負うことになる。そこで、アメリカの再エネ法制(特に7つの州(ハワイ州、メイン州、オレゴン州、ロードアイランド州、バーモント州、ワシントン州、カリフォルニア州)の制度)を比較考察の対象としながら、日本における今後の再エネ法制について、RPSとFITの関係性を中心に検討を行った。アメリカにおける再エネ法制に関する議論を踏まえ、RPSかFITかの択一的議論ではなく、FITないしはFIP(Feed-in Premium) (「再生可能エネルギー電気を卸電力市場に直接販売し、卸電力価格に市場プレミアムを上乗せした額を再生可能エネルギー事業者に支払う方式の総称」(出典:環境省資料<https://www.env.go.jp/earth/report/h27-01/H26_RE_3.pdf>))をRPSの目標を達成するための補完手段として位置づけ両者の統合化ないしは協働化を図ることについて提言を行った(See Lincoln L. Davies, 32 UTAH ENVTL. L. REV. 311, at 313, 353-357 (2012))。また、個々の再エネの特性に着目した法的課題に関する検討も行った。

参考文献:

大塚直(2012):再生可能エネルギーに関する二大アプローチと国内法。法律時報,84(10), pp.42-46

Lincoln L. Davies (2012), Reconciling Renewable Portfolio Standards and Feed-in Tariffs, 32 UTAH ENVTL. L. REV. 311, pp 311-61.

課題2:温泉発電に適性がある温泉地の評価手法の検討

(1) 温泉水のモニタリング手法の開発(松島・他, 2015; 馬越・他, 2017a・2017b; 馬越, 2018)

地学的観点からの温泉発電に適性がある温泉地の評価手法の検討および温泉水のモニタリング手法の開発を、長崎県雲仙市の小浜温泉を対象に行った。具体的には、一般社団法人小浜温泉エネルギー編集の「小浜温泉源泉調査報告書」の作成に関与し、同温泉の25か所の源泉の湧出量、温度、設置スペース等に基づく源泉ごとの小規模発電の可能性を明らかにした。雲仙火山の地震データの解析および地下構造についてのこれまでの知見をもとに、小浜温泉の地熱の成因について考察した。小浜温泉エネルギー、エネルギー関連企業と協力して、地下から上昇してくる極微量の水銀を測定し、小浜温泉地域の地熱兆候の高い地域のマッピングを行った。「小浜温泉の成り立ちに関する研究会」を、2018年3月19日、小浜温泉において開催した(写真-1)。

小浜温泉エネルギーとの共同により、源泉1か所の温泉モニタリングを5か月間実施し、温泉湧出量と温度の変動および両者の相関関係を把握した。またこの変動が、パイプ内壁への湯の花の付着量と関係することを明らかにした。



写真-1 研究会の様子

(2) 温泉発電の多面的機能の発揮に資する温泉地の特性(渡辺, 2016・2019)

温泉発電は、電力の供給に止まらず多面的機能の発揮を通じて、持続可能な温泉地の形成に寄与する可能性がある。渡辺(2016)は、全国の温泉発電事業の取り組みにもとづき、多面的機能に相当する温泉発電が温泉地にもたらす主な効果を整理した。その結果、温泉発電が地域にもたらす主な効果としては、雇用の創出、所得の創出、エネルギー費用の削減、自治体財政への寄与、観光スポットの形成の5点が考えられた。

さらに渡辺(2019)は、一つの温泉地において前記した 5 つの効果の発現状況を検証し、さらにその効果の発現に係る温泉地の特性を明らかにするために、土湯温泉(福島県福島市)の温泉発電事業の効果を明らかにした。雇用と所得の創出は、2012 年 10 月に、発電事業を含む復興に係る事業に取り組む主体として設立された「株式会社 元気アップつちゆ」の事業運営に関わる人材の雇用を通じて、発現されたと考えられる。エネルギー費用の削減に関しては、2018 年現在の発電量(小水力を含む)が約 580KW(約 1000 世帯分の電力消費量)であるため、大きな効果を発現しているといえる。自治体財政への寄与は、事業のため設立された会社や地元居住の雇用者からの税収により、発現しているといえる。観光スポットは、発電施設、発電施設を見学するために整備された展望施設、そして発電に用いた温泉水を用いて行われている養殖用施設の整備により、形成されているといえる(図 - 3)。さらに土湯温泉では、発電収入の一部が定住人口の増加のために実施されている地域支援事業に充てられ、直接的な再分配による持続可能な地域の形成に対する寄与といった効果もみられた。先の効果は、事業主体による温泉地の歴史と環境の正確な把握とそれらの活用により、発現したものと考えられる。このことは、温泉地において温泉発電が多面的機能を発揮する上で、事業主体の温泉地の特性に対する正確な理解が必要なことを示唆するものと考えられる。

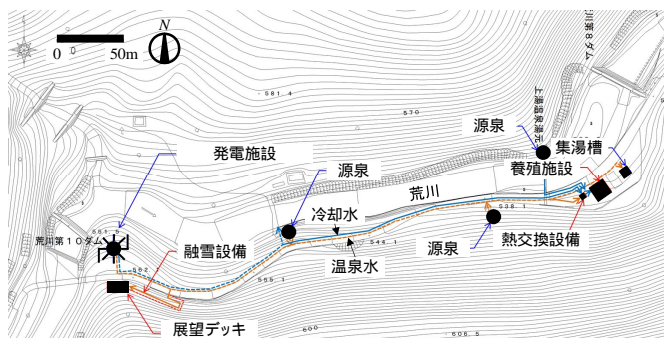


図 - 3 発電施設・展望施設・養殖施設の配置

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 9 件(査読付 4 件))

- (1)渡辺貴史(2019): 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。ランドスケープ研究, 83(1), pp.46-47. (査読無)
- (2)小林寛(2018): アメリカ合衆国における再生可能エネルギーの普及促進に関する近時の動向と法的課題(2): 水力・地熱を中心とした日本への示唆。信州大学経法論集, 4, pp.1-49. (査読無)
- (3)渡辺貴史・小林寛・馬越孝道(2018): 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。ランドスケープ研究, 81(5), pp.601-606. (査読有)
- (4)小林寛(2017a): 再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)に関する最近の動向—特別措置法の改正を中心に—。信州大学経法論集, 1, pp.14-18. (査読無)
- (5)小林寛(2017b): アメリカ合衆国の再生可能エネルギー法制に関する考察(1)—RPS と FIT の関係性を中心としたわが国への示唆—。法学研究, 90(10), pp.37-91. (査読有)
- (6)小林寛(2017c): アメリカ合衆国の再生可能エネルギー法制に関する考察(2・完)—RPS と FIT の関係性を中心としたわが国への示唆—。法学研究, 90(11), pp.37-77. (査読有)
- (7)渡辺貴史・馬越孝道・小林寛(2017): 温泉地における温泉発電事業と運営体制の関係。ランドスケープ研究, 80(5), pp.631-636. (査読有)
- (8)小林寛(2016): 再生可能エネルギーの固定価格買取制度における新たな出力抑制ルール等について。環境管理, 52(2), pp.79-83. (査読無)
- (9)渡辺貴史(2016): 温泉発電を活かしたまちづくり。生活と環境, 724, pp.14-18. (査読無)

[学会発表](計 5 件(招待講演 3 件))

- (1)馬越孝道(2018): レジリエントな地域社会創生に向けて。土木学会第 26 回地球環境シンポジウム。(招待講演)
- (2)馬越孝道・渡辺貴史・竹下貴之・佐々木裕(2017a): 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。第 8 回日本ジオパーク全国大会。
- (3)馬越孝道・渡辺貴史・竹下貴之(2017b): 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～。地熱シンポジウム in 雲仙。(招待講演)
- (4)渡辺貴史(2016): 温泉発電をいかしたまちづくりの動向と展望。小浜温泉エネルギー活用推進協議会設立 5 周年記念シンポジウム「温泉発電をいかしたまちづくりと地域創生」。(招待講演)
- (5)松島健・馬越孝道・清水洋・松本聡・相澤広記・神蘭めぐみ(2015): 雲仙火山の最近の火山活動について。日本地球惑星科学連合・連合大会。

[図書](計 1 件)

- (1)渡辺貴史(2019): 温泉地における風景の形成。日本造園学会・風景計画研究推進委員会監修 / 古谷勝則・伊藤弘・高山範理・水内祐輔編: 「実践 風景計画学-読み取り・目標像・実施管理-」, 朝倉書店, pp.137-140.

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：馬越 孝道

ローマ字氏名：UMAKOSHI, Kodo

所属研究機関名：長崎大学

部局名：水産・環境科学総合研究科（環境）

職名：教授

研究者番号（8桁）：30232888

研究分担者氏名：小林 寛

ローマ字氏名：KOBAYASHI, Hiroshi

所属研究機関名：信州大学

部局名：学術研究院（社会科学系）

職名：教授

研究者番号（8桁）：30533286

(2)研究協力者：なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。