



地熱発電と温泉資源の共生を図るために

田 中 正¹⁾

(平成 25 年 10 月 28 日受付, 平成 25 年 11 月 18 日受理)

For the Coexistence of Geothermal Power Generation with Hot Spring Resources

Tadashi TANAKA¹⁾

要 旨

地熱発電と温泉資源の共生を図るために、温泉法における掘削許可等に関する最近の動き、共有自然資源の保全・管理の考え方、「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」の内容等について概観し、セルフガバナンスの考え方に基づいてその有効な取組みとして、温泉事業者・地熱発電事業者によるモニタリングの重要性、情報の公開・共有、協議会等の設置について解説した。また、地熱発電と温泉資源の共生を図るのみならず、両事業者がともに共生・共栄が図られる仕組み作りを考える必要性についても言及した。

キーワード：共生、共有自然資源、セルフガバナンス、モニタリング、情報の公開・共有、協議会の設置

1. はじめに一温泉法における掘削許可等に関する最近の動き一

わが国の地熱資源量は約 2,347 万 kW と推定され、米国、インドネシアに続いて世界第三位に位置している（村岡, 2009）。しかし、現時点における地熱発電の認可出力は約 54 万 kW であり、推定資源量の約 2% の利用に止まっている。また、地熱発電所の建設は、1999（平成 11）年の八丈島における立地以来、新規の建設は行われていない（火力原子力発電技術協会, 2009）。2009（平成 21）年度末の推定実績によると、地熱発電が発電設備構成に占める割合は全体の 0.2% とされている（資源エネルギー庁, 2010）。

このように、豊富な資源量があるにもかかわらず、その導入が止まっていた主な理由として、「開発可能地域が温泉地域と重なる」、「開発可能地域が国立公園等と重なる」、「調査・開発期間が長く導入コストが高い」等が挙げられている。特に温泉事業者やその関係者の間では、地熱発電が温泉

¹⁾筑波大学名誉教授 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1. ¹⁾Emeritus Professor, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan. E-mail: tadashi@geoenv.tsukuba.ac.jp TEL: 029-853-2103 FAX: 029-853-2059.

に及ぼす影響（湧出量の減少、温度の低下、成分の変化等）への懸念が大きい（例えば、佐藤、2011）。

一方、政府においては、規制・制度改革を推進することを目的として、2010（平成22）年6月に「規制・制度改革に係る対処方針」を閣議決定した。この閣議決定では、「再生可能エネルギーの導入促進に向けた規制の見直し（自然公園・温泉地域等における風力・地熱発電の設置許可の早期化・柔軟化等）」が規制・制度改革事項とされ、「温泉法における掘削許可の判断基準の考え方を策定し、ガイドラインとして運用するよう通知する。（平成22年度中検討開始、結論を得次第措置）」とされた。さらに、同年9月には「新成長戦略実現に向けた3段階の経済対策」が閣議決定され、前述の規制改革事項が実施時期を前倒しする事項とされ「平成23年度中を目処に通知する。」とされた。

こうした動きの中、2011（平成23）年3月11日に東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故が発生し、また、同年8月には再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法が国会で成立する等、再生可能エネルギー普及への機運が一気に高まった。さらに、2011（平成23）年11月の第4回エネルギー・環境会議の「エネルギー・環境会議アクションプラン」を受けて、環境省は2012（平成24）年3月27日付けで「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」（環自国発第120327001号）を自然環境局長通知として各都道府県知事宛に発出し、これまで国立・国定公園内の6ヵ所でしか地熱発電開発を認めなかった1974（昭和49）年の通知を破棄し、一定の条件を個別に検討した上で同公園内での地熱発電開発を容認することができるものとした（環境省、2012a）。

資源エネルギー庁（2013）がまとめた「エネルギー白書2013」では、ここ数年におけるこうした政府の動きを踏まえ、現在、全国で24ヵ所、うち出力が3万kW以上の大規模な地熱発電開発計画が14ヵ所で進められていると報告されている（図1）。3.11の大震災による原発事故の発生を受け、わが国での再生可能エネルギーの導入は加速されるものと思われる。温泉資源を保護しつつ、再生可能エネルギーとしての地熱発電の導入促進をいかに図っていくかはこれからの大きな課題であり、ここでは両者の共生を図る方策について述べてみることにする。

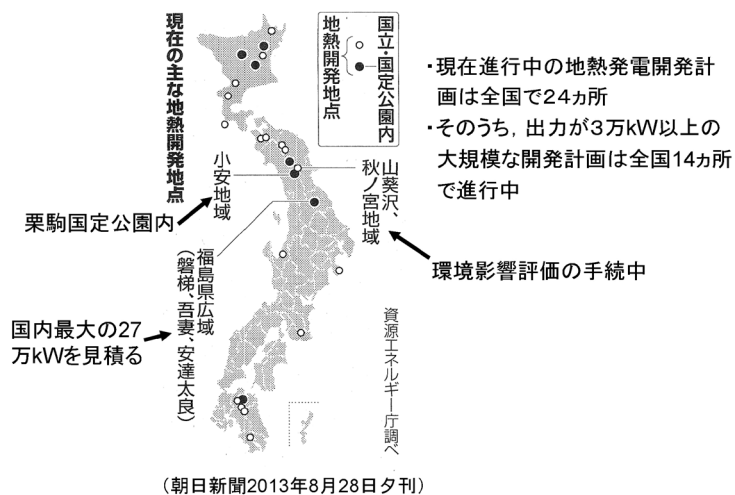


図1 現在進行中の地熱発電開発計画地点（朝日新聞、2013に加筆）
 黒丸は国立・国定公園内、白丸はそれ以外の計画地点を示す。

2. 共有自然資源の保全・管理

わが国において、これまでに測定された温泉水の水素および酸素の安定同位体比は、その多くが天水線に沿ってプロットされ、温泉水の起源が天水、すなわち降水を起源とする循環水であることを示している。また、この天水線からはずれる温泉水についても、天水を一方の端成分として、火山性熱水や海水の組成の範囲に収斂する傾向が見られる (図 2)。すなわち、これら両端成分の線上にプロットされる温泉水は、天水が火山性熱水や海水と混合することによって形成された温泉水であると考えられる。化学組成等から分類される各型の温泉水も天水ともう一方の端成分がある割合で混合したものであり、水循環の観点からはその起源は天水であるといえる (田中, 2008)。なお図中、有馬温泉の端成分である有馬型深部熱水の同位体組成は火山性熱水のそれと類似していることで知られているが、その成因はマグマ起源のものとは異なるとされている (風早, 2004)。すなわち、温泉水は循環水としての地下水が地質学的要因によって熱せられたものであるか、あるいは火山ガスや海水、化石海水といった塩化物イオン濃度の高い水が混入することによって生成されたものであると考えることができる。温泉水の流動やその量的評価が地下水流動理論に拠っていることもこの事実を示している。

δダイアグラムから読み取れる温泉水の起源に関する情報は、温泉資源の保全・管理を考える上でも多くの示唆を与えてくれる。すなわち、温泉水の多くは循環する資源であり、温泉資源の保全・管理を考えるに当たっては、温泉水は地下水と同様に自然界を循環する「共有自然資源」であるとの認識が重要である (田中, 2008)。

この観点に立てば、温泉水は地熱とともに「共有自然資源」あるいは国民の「共有財産」に位置づけられるものである。共有資源あるいは共有財産と類似の用語に「コモンズ」がある。2009 年のノーベル経済学賞は女性で初となる Elinor Ostrom 女史が受賞した。彼女は、地下水をはじめとするコモンズに関する世界各国での数千におよぶ研究事例を通じて、共有資源の保全・管理のために有効な方法は、国家や市場による解決だけではなく、第三の方法として、共有資源を利用しようとする当事者が自主的に適切なルールを取り決めて保全・管理をするという「セルフガバナンス(自

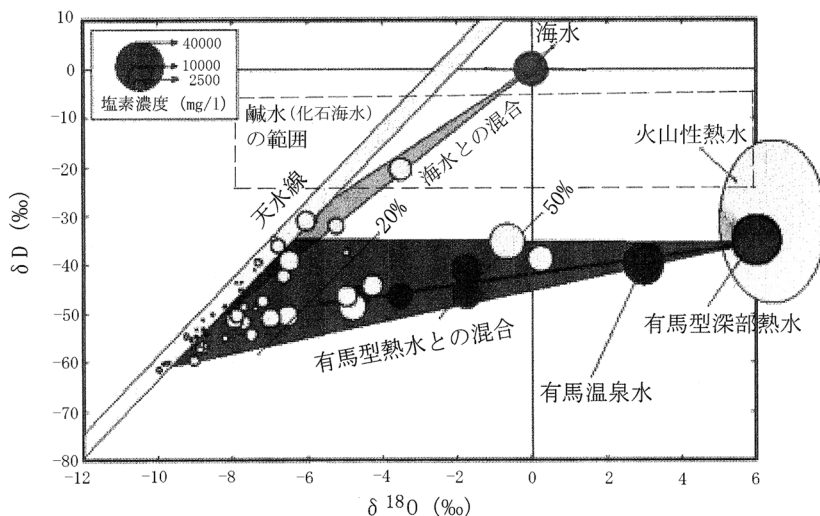


図 2 わが国における温泉水の δ ダイアグラムの説明図 (上田, 2007 (原図は風早, 2004) を修正して加筆)

主統治)」が必要であることを明らかにしている (Ostrom, 1990)。また、共有資源の自主管理が成功するために必要な条件の一つとして、当事者によるモニタリングの重要性を挙げている。共有自然資源としての温泉水を永続的に利用していく上では、利用者自らがルールを作りそれを実行していくことが、いずれは温泉資源の持続可能な利用に結びつくものと思われる。

3. 「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」の内容

「はじめに」に記した2010（平成22）年6月の「規制・制度改革に係る対処方針」と同年9月の「新成長戦略実現に向けた3段階の経済対策」の二つの閣議決定を受けて、環境省は2011（平成23）年6月に有識者から構成される「地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会」（座長は田中 正筑波大学名誉教授）を設け、「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）（案）」の検討を行った。環境省は、この（案）に対するパブリックコメントと中央環境審議会温泉小委員会での意見交換を受けて、2012（平成24）年3月に「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」を公表し（環境省, 2012b）、各都道府県知事宛に通知した。このガイドラインは、2009（平成21）年3月に策定された「温泉資源の保護に関するガイドライン」（平成21年版）（環境省, 2009）の一部を構成するものであるが、利便性を高めるために分冊としてまとめられた。

このガイドライン策定の目的は、温泉法に基づき、温泉資源の保護を図りながら地熱発電を導入する際の判断基準を示すことである。このため、ガイドラインでは地熱発電開発の各段階における掘削等による温泉資源への影響を判断するために必要な資料と、許可・不許可の判断基準の考え方を示している。また、現在稼動している地熱発電所を対象としたモデル化とそれに基づくシミュレーション等を試行した結果や、モニタリングや情報公開の重要性、自治体や第三者機関、温泉事業者、地熱発電事業者から成る協議会等の設置によるパートナーシップ構築の重要性にも言及している。

このガイドラインの中で特に注目される点は、第四章に記載されている「関係者に求められる取り組み等」である。「温泉資源の保護と地熱開発の共存は、都道府県による温泉法の運用のみで実現されるものではなく、当事者である温泉事業者及び地熱発電事業者等の関係者による各種の取り組みが不可欠である」との認識に基づいたものであり、その考え方は先に記した共有自然資源の保全・管理に有効な「セルフガバナンス」の考え方と軌を一にするものである。このガイドラインで一般的に有効と考えられる取り組みとして挙げられているものは以下のようなものである。

- 1) 温泉事業者、地熱発電事業者によるモニタリングの重要性
- 2) 情報の公開・共有
- 3) 関係者間の合意形成（協議会等の設置）

1) のモニタリングの重要性については、Elinor Ostrom 女史が明らかにしたように共有自然資源の自主管理を成功させるために必要な条件の一つであり、地熱開発による温泉資源への影響を判断するには、各種のモニタリングデータを総合して科学的に検討する必要がある。また、モニタリングデータは事後の予測を行うためのモデル化や数値シミュレーション構築の基礎データとしても活用される。

図3は、柳津西山温泉地域における地熱開発段階を含む長期間にわたる温泉流量のモニタリング結果を示したものである（環境省, 2012b）。モニタリングデータからは、当該温泉地域では地熱開発段階から温泉湧出量が増加する現象が見られた。検討の結果、その原因として地熱流体の還元による影響が推察され、各還元井への還元流量の配分調整を行った結果、この現象は解消された。その後の3年間の温泉流量と降水量のモニタリング結果を経年変化として示したのが図4である。対策後の温泉流量の変動は月降水量の変動に対応しており、地熱流体生産・還元に伴う有意な変動

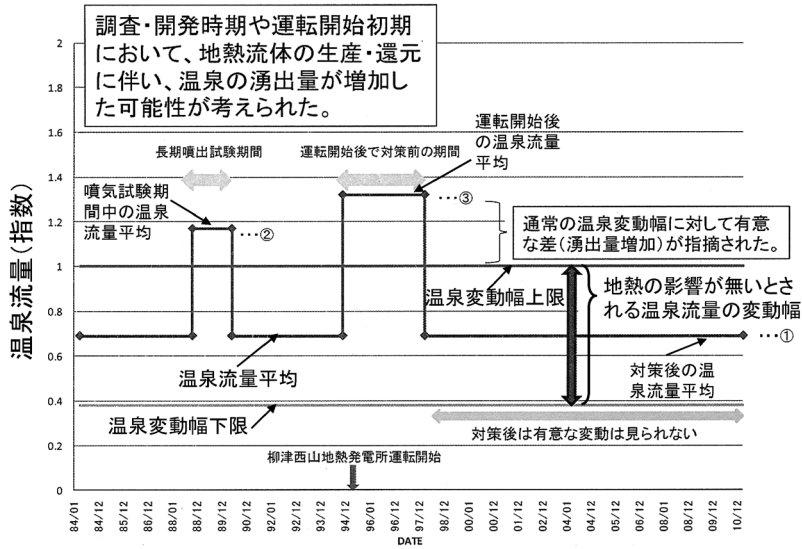


図 3 柳津西山温泉地域における地熱開発段階を含む長期間にわたる温泉流量のモニタリング結果 (環境省, 2012b を一部修正)

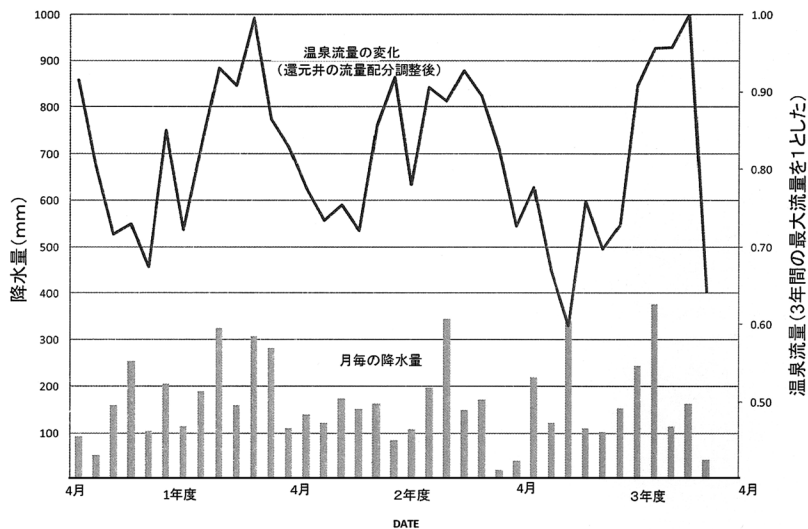


図 4 柳津西山温泉地域における対策後 3 年間の温泉流量と降水量のモニタリング結果 (環境省, 2012b を一部修正)

は見られないとされている (環境省, 2012b)。

各種のモニタリングデータについては、長期間にわたり継続して実施する必要があり、温泉事業者にとっては負担が大きすぎるとの意見があるが、そのような場合には自治体あるいは地熱発電事業者等が温泉事業者と協力し合いながらデータ収集を行うことが必要であろう。

2) の情報の公開・共有については、モニタリング結果や各種の調査情報は温泉事業者と地熱発電事業者の双方にとって、共有自然資源を適正に維持・管理することを可能とする上で不可欠な情

報であるとの認識に基づいて、これら情報の公開と共有化に努める必要がある。またその際、必要に応じて信頼性向上のための第三者機関等による検証を行うことも考えられる。現在の科学的見地からすると、温泉や地熱に係わる地下の状況は「可視化」することが可能である(写真1)。情報の公開に当たっては、可能な限り「見える化」に努力し、分かり易い形で情報を共有することが双方の理解度を増すものと考えられる。また、東北電力の柳津西山地熱発電所の「PR館」のような施設を設け(写真2)、一般市民に分かり易い形で地熱発電に係わる情報を提供することも重要であろう。情報の公開・共有とそれに基づいた科学的な議論を推し進めることが双方にとって必要不可欠なことであるものと思われる。

3) の協議会等の設置については、関係者間の合意形成を図る場として、また関係者間相互の信頼関係を醸成する場として重要である(図5)。協議会等では、各種情報の公開・共有を図り、パー

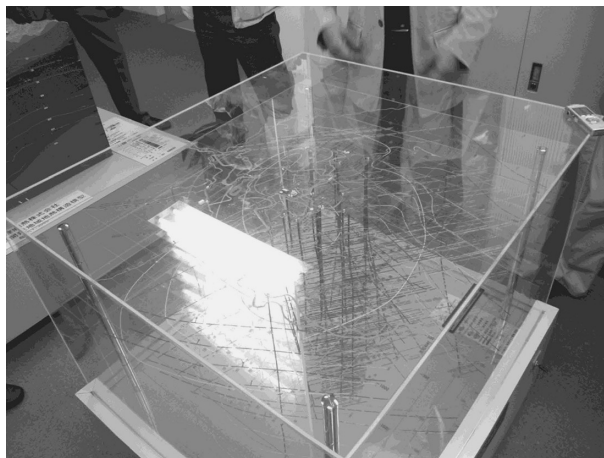


写真 1 柳津西山地熱発電所地熱貯留層の三次元立体構造模型
(2011.9.30 筆者撮影)



写真 2 柳津西山地熱発電所の PR 館 (2011.9.30 筆者撮影)

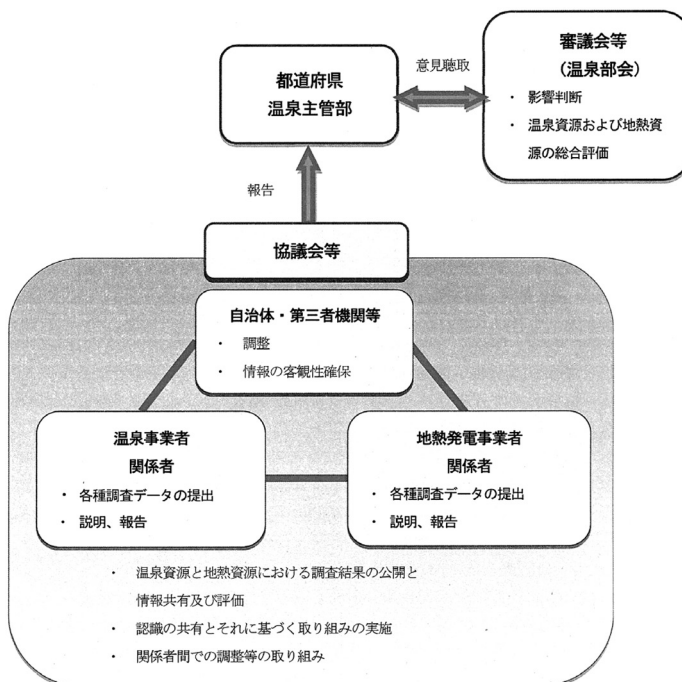


図 5 協議会体制の構築例 (環境省, 2012b を一部修正)

トナーシップを構築することで、地域の地熱資源のカスケード利用を始めとする熱源の有効利用方法や温泉資源への影響が生じた場合の対応等についての事前の合意形成に係わる協議を行うことなどが期待される。こうした協議会等は、地熱発電開発の早い段階から設置することが望ましく、その設置と運営に当たっては地元自治体の果たす役割が大きいものと考えられる。

なお、先に記した「国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて」(2012(平成24)年3月27日)における第2種特別地域及び第3種特別地域における地熱開発のための掘削の認可にあたっての優良事例の条件として、「地域協議会など合意形成の場の構築」、「長期にわたるモニタリングと地域に対する情報の開示・共有」がともに挙げられている。

4. おわりに

3.11の東日本大震災に伴う原発事故の発生を契機として、再生可能エネルギー普及への機運は一層の高まりをみせている。中でも地熱発電は、わが国における電力不足や温室効果ガス削減対策の一環として注目されている再生可能エネルギーである。しかし、温泉資源への影響が懸念され、両者の共生をいかに図るかが今問われている。「ガイドライン(地熱発電関係)」が謳っているように、地熱発電と温泉資源の関係について、関係者間での共通の理解が深められ、科学的な議論が今後より一層展開されることを期待したい。また、社会的な合意形成に基づいた地熱発電開発が行われることが望ましく、地熱発電事業者も温泉関係者も積極的に議論に参加していくことが、地熱発電と温泉資源の共生を図る上で基本的に必要なことであろう。

さらに、共生を図るのみではなく、地熱発電事業者と温泉事業者がともに共存・共栄が図られる仕組み作りを考えることが必要であろう。ニュージーランドでは、先住民であるマオリが土地や資

源を所有しているため、地熱発電事業者はマオリとのパートナーシップを構築する必要があり、マオリ信託と共同で地熱開発を行ったり、地熱開発に出資をしてもらうことで利益を得る仕組みを作っている。また、ハワイ島プナでの地熱開発では、住民に被害（農業被害等）があった場合に備えてファンドを設けたり、地域に対して種々の社会貢献を行なったりしている例が報告されている。今後、こうした仕組み作り等についても議論を積み重ねていくことが重要なことであると考えられる。

謝 辞

本稿は、2013年9月4日に福島県二本松市の岳温泉で開催された日本温泉科学会第66回大会の公開パネルディスカッションにおいて、話題提供として発表した内容を取りまとめたものである。発表の機会を与えていただいた大会運営委員長の井上源喜先生ならびに日本温泉科学会会長の西村進先生をはじめとする学会各位にお礼申し上げます。また、匿名の査読者から貴重なコメントをいただきました。記して感謝申し上げます。

引用文献

- Ostrom, E. (1990): *Governing the Commons*. 298 p., Cambridge University Press, Cambridge.
- 朝日新聞 (2013): 地熱発電動き出す。2013年8月28日夕刊。
- 上田 晃 (2007): 温泉化学—重い水と軽い水のお話し。「第47回温泉経営管理研修会テキスト」, 4-1~4-10, 中央温泉研究所, 東京。
- 風早康平 (2004): 深部流体の起源。 <http://unit.aist.go.jp/deepgeo/introduction/topics/topical/topical.html>
- 火力原子力発電技術協会 (2009): 地熱発電の現状と動向。 99 p., 火力原子力発電技術協会, 東京。
- 環境省 (2009): 温泉資源の保護に関するガイドライン。 57 p., 環境省自然環境局, 東京。
- 環境省 (2012a): 国立・国定公園内における地熱開発の取扱いについて (お知らせ)。 報道発表資料, 2012年3月27日。
- 環境省 (2012b): 温泉資源の保護に関するガイドライン (地熱発電関係)。 51 p., 環境省自然環境局, 東京。
- 佐藤好億 (2011): 地熱開発と日本温泉協会。 温泉, 76 (6), 2-6。
- 資源エネルギー庁 (2010): 平成22年度原子力供給計画の概要。 38 p., 資源エネルギー庁, 東京。
- 資源エネルギー庁 (2013): エネルギー白書2013。 277 p., 資源エネルギー庁, 東京。
- 田中 正 (2008): 温泉と地下水の接点。 温泉科学, 58, 148-156。
- 村岡洋文 (2009): 世界の地熱資源。 地熱発電, 61-69, 火力原子力発電技術協会, 東京。