

平成24年度生活衛生関係営業対策事業

地熱発電と温泉地との共生に関する調査報告書

— 地熱発電の現状と考察 —

平成25年3月

全国旅館ホテル生活衛生同業組合連合会

【目 次】

1. まえがき	1
2. 全旅連地熱発電検討委員会委員名簿	2
3. 全旅連地熱発電検討委員会活動報告	3
4. 地熱問題の背景とその推移	4
5. 地熱利用の形態	13
6. 地熱発電所の実態	
6-1 我が国の地熱発電所における認可出力と発電電力量の経年変化	29
6-2 我が国の地熱発電所における使用中生産井数と発電電力量の経年変化	50
7. 温泉と地熱発電〈共生にむけての現状と課題〉	
7-1 化学的見地から	85
7-2 水文学的見地から	100
7-3 地学的見地から	133
7-4 医学的見地から	140
7-5 「温泉文化」から共存を考える	154
8. 地熱発電と自然環境	161
9. 地熱発電所現地視察報告	
9-1 新潟県・松之山温泉バイナリー発電所	171
9-2 福島県・柳津西山地熱発電所	183
9-3 鹿児島県・大霧地熱発電所	195
10. 地熱発電所・地熱開発調査地周辺での現象例	218
11. 温泉関連団体の地熱問題への取り組み	228
12. 温泉地と地熱発電との共生についての考察	
12-1 地熱発電事業と温泉事業の共生についての私見	236
12-2 温泉と地熱発電との共生について一棲み分けの提案	256
12-3 温泉地と地熱発電の共生についての考察	262
13. 地熱開発と温泉保護についての見解	270
14. まとめ	285
15. 参考資料	287
・全旅連の要望書	288
・日本温泉協会の要望書	289
・まんすり一全旅連情報	294

12. 温泉地と地熱発電との共生についての考察

12-1 地熱発電事業と温泉事業の共生についての私見

安達 正敏

(前日本地熱開発企業協議会会長

日本地熱協会運営委員長)

1. 何故、地熱発電なのか？

この原稿執筆中にアルジェリアの石油生産現場から日揮の社員の訃報が入った。私自身ペルーのレストランでピストル強盗に襲われた経験がある。会社の資源技術者の仲間はペルー大使公邸人質事件の当事者となり、更に、キルギスの探鉱現場で拉致され長期間人質となって、二度、三度と生死の境を経験しているので、他人ごとではない。平和な日本から敢えて海外に出て、資源とエネルギーを求めて我々はこれからも海外で働かなければならない。

筆者はマグマから岩石が生じる仕組みを研究する岩石学に興味を持って大学院に進み、海外勤務のできる金属鉱山会社を選んで就職した。時あたかも第一次オイルショックの直後であった。会社は、やがて国内の金属鉱山が無くなることを見越して、新規事業の柱として同じ地下資源である地熱発電に着目した。この会社で筆者は国内外の金・銀・銅・鉛・亜鉛の鉱山探査に足掛け18年間、地熱資源の調査・開発・経営に足掛け20年間従事した。会社が開発した南米の鉱山から50年以上もの間、銀と亜鉛の鉱石が青森県の製錬所に運ばれている。海拔4,000メートルの現地には病院や学校も作られて、貧しかった近隣現地住民の肺炎による乳幼児死亡率を激減させる貢献がなされ、会社はこの国から表彰や勲章を授与されているが、一部の左翼労働者が扇動したストライキでは、先進国による搾取と環境破壊という一般論のそしりを受け、ダイナマイトを宿舎に投げつけられたり、坑道内に拉致監禁されたりしたこともある。立場や思想・信条が違う一部の少数派には、同じ行為でも違った評価がなされるものであることを実感した。発展途上国の人々への貢献は、自分の国の足元をしっかりと固めて余裕を持って行う必要がある。「衣食足りて礼節を知る」という教えの通り、自給率を高めて国内で培った高い技術力による余裕を持って国際貢献に臨みたいものである。

鉱産物資源やエネルギー資源に乏しい我が国はこれらを海外から輸入しなければならぬ。福島第一原発の事故で、15mの津波に耐えて364人の避難住民を救った女川原発も含めて日本の原発全体が超法規的措置で再稼働できなくなってしまった。石炭火力とLNG火力用の燃料を高値で買い集めた結果、3兆円が余計に産油国などに流出し、2011年度の国際収支は4兆4,186億円の貿易赤字に転落し、2012年度は6兆9,273億円に拡大する見込みである。筆者は2回の海外駐在中に急激な円安と円高を経験している。日本経済が順調で円が強いと海外旅行にも行き易くなる。日本の輸出産業は円高による不利を必死の企業努力で補って来た。輸出競争力は国内需要に支えられた技術開発力に支えられている。一方、円安になると輸入産業と消費者は物価高となる不利を被る。過去のインフレで庶民は住宅ローンを返せなくなった経験を有するが、不況を克服する企業の経済成長とインフレによるバブルは別物である。資源などを輸入する際に、国産の資源を持つなど国内に余裕があれば足元を見られないので交渉力を持つことができる。地熱エネルギーはこうした意味で国内産業を支える国産の平和なエネルギーであると言える。地熱発電は原発の様な大規模集中電源と異なる地域分散型電源である。海岸沿いにある火力・原子力発電が3・11大地震・巨大津波の影響を受けた時も東北地方の7箇所の地熱発電所に被害はなかった。日本はもっと自前の資源とエネルギーを活用して自給力を高め、結果として国際競争力の高まるための技術開発を行い、技術が独り立ちするまで助成する必要がある。

筆者の経験した海外では日本の技術力と経済力がこれまでは大変な尊敬を集めていた。しかし、団塊世代の退場と少子化、女性の社会進出の遅れによる働き手減少の影響もあり、今や、国力が低下し（一人当たり名目GDP17位、国際競争力（WEF）10位）、バブル崩壊後20年間の長期にわたる経済の停滞からの立ち直りに赤信号が灯っている。日本の経済力の低下は外交力の低下と一体であり、尖閣諸島問題や竹島問題、北方領土問題にも影を落としている。孫・子の代への不安を解消するために、今、我々の世代の責務を自覚する必要がある。

2. 望ましい共生のあり方は？

前項で、発展途上国などで資源開発をしてきた際の地元貢献について触れたが、国内でも同様のことである。地元の財産は先ず地元に戻元して、地元が余裕を持

った上で全国に配分する必要があると思う。一部の原発の開発のように、補助金や補償金漬けでモラルを貶めたり、不都合な事実を隠したり改竄したりして信用を損なうやり方が批判されているが、このようないわゆる「ムラ」的なやり方は賢いやり方ではない。健康な生活と健常者でない者への思いやりを実現する社会を築くために、より良い方法を選択することが大事である。完全な技術も完全な人間も存在しない。物事には必ず良い面と悪い面の二面がある。塩や砂糖ですら量を超えたら有毒なのだから、我々に必要なのは科学的に納得のいくデータに基づいて相対的優位を選ぶ賢い判断であろう。

昨今の先進国では、企業の社会的責任(CSR)が重要視されており、環境保全や福祉に進んで取り組まない企業の社債は市場で買って貰えないようになっている(2006年国連責任投資原則: ESG; 環境・社会的責任・会社経営責任)。地熱開発事業を社会的貢献の一つと位置づけて取り組んでいる企業が大多数であるので、地域住民および温泉事業者との共存共栄は企業にとって最大の関心事の一つである。

地産地消による地域への利便性を提供し、国全体および世界への貢献を達成することができる地熱発電事業と、日本固有の温泉事業・温泉文化との共生は共に考えて行動するに値する重大事であると考えます。

温泉事業と地熱発電事業の共存共栄は国内の総ての地熱発電所でこれまで上手に実現されてきたものと思う。公共事業的な色彩の強い地熱発電が温泉事業者のみならず地域経済の活性化に貢献してきた実例を表1~3に示す¹⁾。この表では具体的な地点名は隠されているが、この中で特筆されるのが北海道にある森地熱発電所の熱水を利用したハウス農業の成功であろう。札幌という一大消費地の近傍にあるメリットを活かして、冬場のキュウリ栽培が功を奏し、今ではトマトの一大生産地になっている²⁾³⁾。国力の落ちた日本に今必要なのは、こうした新規分野と技術を開発する賢い人材によって、新しい価値を創り出すことであろうと思う。

足元の資源活用による電気と熱を上手く組み合わせた「差別化」によって、地域の経済活性化と国力の増進を孫・子の代に引き継ぐため、共存共栄の道を歩む必要があるのではなかろうか。ロシアの古い民話にある様に、温泉地の活性化は「馬鹿者、他所者、若者」の三本の矢の力で地熱発電技術者の技術的知見を活用して進めたら如何かと思う。

表1. 地元での消費効果

- ・定期点検修繕工事および補充井掘削工事期間における、作業員の地元旅館への宿泊。
- ・発電所保守業務としての地元企業の活用。
- ・業務用車両の燃料油の購入、事務用品、消耗品等の購入。

事業者	設備	大規模工事名	地元旅館等 宿泊(台)	軽油消費量 (L)	地元企業への 工事発注額(千円)
A	発電所	定期点検修繕工事(H20)	760	-	1,500
		生産井掘削工事(H18)	1,700	270,000	-
B	蒸気生産	還元井浚渫工事(H20;2本)	280	35,000	15,000
		坑井浚渫工事(H20;2本)	510	20,000	34,000
C	発電所	定期点検修繕工事(毎年)	800	-	-
		除雪(毎年)	-	-	約10,000
D	発電所	定期点検修繕工事(H20)	-	32,797	2,650
		坑井浚渫工事(H20)	447	3,700	-
		生産井掘削工事(H18)	1,075	110,500	11,120
		年間修繕費(H20;上記定期点検修繕工事を除く)	-	-	7,047
E	発電所	定期点検修繕工事、定期点検	約2,600	-	-
		定期点検修繕工事(2年毎)	約800	-	-
F	蒸気生産	生産井掘削工事(H18)	約3,000	-	約28,000
		還元井掘削工事(H17)	約1,000	-	約25,000
		通常時(年平均)	少数	-	約1,900
		定期点検修繕工事(毎年)	約1,500	-	-
G	発電所	掘削工事(生産井1本、還元井2本)	約3,400	-	-
		年度予算のうち約6%が地元消費。	-	-	-
		定期点検修繕工事(2年毎)	800~900	-	-

表2. 温泉業者との共存共栄

- ・温泉の湯量確保のための技術支援、協力。
- ・地熱井から生産した熱水との熱交換を利用した給湯。
- ・定期的な温泉モニタリングの実施と結果の報告。
- ・温泉組合が主催する行事への参加。

事業者	内容
A	町主催の連絡協議会に参加し、温泉業者と情報交換。
	還元熱水を利用した町(トマ)などの栽培用ハウスへの温水供給(無償)。
B	定期点検修繕工事作業員の地元温泉宿泊施設の活用。
	温泉組合主催の各種行事への参加。
C	発電所PR館来訪者への温泉宿の紹介(パンフレット、地図の配布)。
	毎時280トンの70℃の温水供給(有償)。
D	協定に基づく、温泉モニタリングや発電所操業状況についての定期的な報告。
	造成熱水の給湯、観測井による給湯。
	地元温泉業者の温泉井スケール付帯対策等の技術支援。
E	学識経験者を含む第三者機関(委員会)による温泉モニタリング結果の評価。
	温泉所有者説明会を定期的に行い、発電所の運転状況等について意見交換。
F	泉温・湧出量等の定期的な温泉モニタリングの継続と報告。
	地元温泉組合への技術支援。
G	温泉の湯量確保のための技術支援(温泉井の掘削位置の選定等)。
	発電に使用した蒸気凝縮水を熱交換に利用し、温水を温室に供給。
H	周辺地区の町有泉源確保のため、地表調査やスケール対策等の技術協力。
	発電設備および蒸気供給設備の設置地区に対し、民生利用に限定した給湯。 A地区:毎時10.2トン、80℃、B地区:毎時1.2トン、70℃(いずれも湯湯槽出口)。
J	熱水有効利用装置等を利用した給湯。
	定期的に委員会を実施し、水質測定の結果等について報告。

表3. その他

- ・発電所PR館による観光資源の提供。
- ・町、地区主催行事への協賛。
- ・周辺地域のインフラ整備。

事業者	内容
A	発電所見学者数:約1,100人(平成19年度)
B	発電所PR館による観光資源の提供。
C	地域をアピールする観光スポットとして発電所PR館を利用。 約8,000人(毎年)、約25万1千人(平成19年度末までの累計)。
D	発電所PR館による観光資源の提供。 町、地区主催行事への協賛。
E	地熱発電所自体が観光PRの資源。 発電所PR館による観光スポットの紹介。
F	資材搬入や通勤を兼ねる地区の砂利道(約2km)の拡幅、アスファルト舗装。
G	地域をアピールする観光スポットとして発電所PR館を利用。 H発電所:約43,000人(年度実績)、約182万人(昭和52年以降の累計)。 J発電所:約12,000人(年度実績)、約20万人(平成7年以降の累計)。 K発電所:約1,500人(年度実績)、約4万人(平成8年以降の累計)。 M発電所:約120人(年度実績)、約2千人(平成8年~13年の累計)。 地域主催行事への積極的な参加(祭り、スポーツ大会、清掃活動等)。

3. 地熱発電は開発する価値のある発電方式か？

地熱発電は太陽光発電や風力発電と異なり、24時間・365日休むことなく発電できる安定電源である。地球温暖化の主たる要因とされる炭酸ガスの放出量も地熱発電は格段に少なく、この点でも太陽光発電や風力発電より優る。日本は火山国で世界第三位の地熱資源に恵まれているのだから、この足元にある平和な国産エネルギー資源を活用する価値は頗る大きいと言える。更に、経済性については、一昨年12月、国家戦略室のコスト等検証委員会は、企業の利益部分などを除いた生産原価の計算を総ての電源について行った⁴⁾。その比較結果によると、地熱発電は石炭火力発電並みの経済性を有するとされる。今後、化石燃料価格が更に上昇するのは疑いないので、地熱発電の経済性は益々相対優位になるであろう。

地熱発電の価値についての疑問が一部の温泉事業者の機関誌に掲載されていたのでこの紙面を借りて回答したい。

Q1：地熱発電は運転開始後も補充生産井を追加掘削するので再生可能エネルギーでない？

A1：足りなくなった分を補うための補充井掘削は、温泉井が老朽化すると掘り直すのと同じ理屈である。それとは別に、適正に管理された地熱発電所は持続的に再生可能であると考えている。例えば、大分県九重町にある出光大分地熱備が地熱蒸気を生産し、九州電力備が発電している滝上発電所は15年間の暦日利用率が90.6～99.5%という驚異的に高い数値を記録している⁵⁾。これは地熱蒸気生産・熱水還元と、熱水の自然補給のバランスが取れている持続的な再生可能エネルギーの優良事例である。もっとも、優良でない事例があることも事実である。地熱蒸気・熱水を生産する井戸は地下の熱水の圧力と地上のバルブの圧力の差によって沸騰して自然に噴気する原理を利用しているので、地下の圧力が低下してくると生産量が減衰する。操業開始時点は地下の熱水の圧力が高いので多量の蒸気を取り出せるが、いずれ、地下での天然の水補給とバランスする量しか取り出せなくなる。この様な平衡状態を再生可能領域に入った状態と筆者は考えている。再生可能領域の予測に失敗して大型の発電設備を作ってしまう、半分前後の出力に落ちてしまっている地熱発電所が複数ある。この様に出力が当初の想定より落ちた地熱発電所も一定の地域貢献・社会貢献を果たしているが、事業経営としては問題がある。こうした反省を踏まえて、現在では持続可能な再生可能領域の予測に力が注がれている。予測のための手法としては地下の状態を模擬した数値モデルを作ってコンピューター上でシミュレーションする方法が取られる。地下の岩石は様々な程度に水分を含んでおり、殆ど流動しない基質中の水分と、大きな対流を形成する割れ目中の水分とがあるので、熱水の流動による熱水と岩盤の温度・圧力の変化を実態に合うよう模擬するためには高度な技術と多くのデータを必要とする。生産実績の実例として最も長いイタリアのラルデレロでも60年程度なので予測手法の確立には未だ研究の余地が残されている。このため、小さく産んで、長く、大きく育てる地熱開発が国内では標榜されている。

Q2：地熱発電は経済的でない？

A2：むしろ最も経済的な電源の一つといえる。コスト等検証委員会報告書⁴⁾によると、地熱発電のコスト(40年間平均)は9.2～11.6円/kWhであり、石炭火力

や LNG 火力よりも経済的であると計算された。但し、最初の 15 年間のコストが高
いので、この期間は政府による助成が必要であり、固定価格買取制度が適用され
ることとなった。15 年を過ぎた既設の地熱発電所の発電コストは正式に公表され
ていないが 7~8 円/kWh 程度であるという事例が報道されている⁶⁾。

4. 温泉枯渇の懸念は無いのか？

温泉保護に無頓着な海外では、温泉と同源の地熱熱水を取り出したので温泉が
枯渇した事例がある。しかし、温泉文化が根付いている日本では、地熱開発事業
者の最大の留意点は、如何に温泉への影響を回避するかという命題であった。そ
の結果、国内の地熱発電所の影響で枯渇した温泉は無い。一方、多くの温泉では
十分な調査がなされていないので、河川改修や駐車場造成、地滑り防災のための
水抜きなどの土木工事で地下水位が下がって、温泉湧出に影響が及んだり、掘削
場湯泉の乱開発などで枯渇したりした例が多数ある。地熱開発を行ってきた会社
はこれまでは何れも大会社であり、会社の信用を損なわないよう、十分な温泉調
査を行い、懸念回避のための地元合意に力を入れてきた。

温泉枯渇の懸念が一部の温泉事業者の機関誌に掲載されていたので回答したい。

Q1：地熱発電所ができて温泉が枯れた？

A1：Yes & No！である。Yes：海外に事例がある。環境省「平成 22 年度地熱
発電に係る環境影響審査手法調査業務報告書」⁷⁾に、4 カ国 6 箇所的事例が紹介
されている。何れも地熱熱水を地下還元せず、日本の様なきめ細かな環境対策や
資源管理が行われていなかったためである。No：国内では温泉が枯れた事例はな
い。同報告書⁷⁾には、「これまでに地熱開発に伴う周辺温泉などへの環境影響が発
現した事例はなく、順調な運転を続けている。」と記述されている。但し、影響が
出た事例は 1 例ある。熱水還元の影響で地下の圧力が上昇し、還元井と同じ断層
上にある温泉の湧出量が増加し、泉温が上昇した。温泉から還元井の還元熱水流
出点までの距離が約~~200~~⁸⁰⁰m であったため、約~~300~~^{1,000}m の距離にある別な還元井に変更
したことによって元の状態に戻った。もっともこれは決して好ましい事例ではな
い。今後このような事例があってはならない。

Q2：鬼首地熱発電所の影響で、約 9km 離れた中山平温泉の 5 本の源泉が枯渇した？

A2：枯渇したわけではない。この 5 本の源泉は炭酸カルシウムの沈殿物で井戸内が閉塞したので2011年に1本を浚渫して復活させたと所有者から直接電話で筆者が伺った。中山平温泉のこの源泉所有者にとっては迷惑な風評被害と言えよう。当事者の確認を取るなり、裏付けを明確にして記述・発言すべきである。

Q3：大分県筋湯温泉が地熱発電の影響で枯渇した⁸⁾？

A3：枯渇していない。昭和 53 年度と平成 14 年度を比べるとむしろ湧出量が増えている。「昭和 53 年度には湧出量毎分 15,336 リッターだったが平成 14 年度は毎分 1,043 リッターに減った」⁸⁾という主張は文献⁹⁾¹⁰⁾の読み間違いである。大分県の報告書¹¹⁾によると昭和 53 年度の毎分 15,336 リッターは大岳と八丁原両地熱発電所の分の 14,400 リッターが含まれた数値である。平成 14 年度の 1,043 リッターは温泉だけの数値である。従って、温泉だけの数値で比べると昭和 53 年度の毎分 936 リッターに対して平成 14 年度は毎分 1,043 リッターへと寧ろ若干増えている。

Q4：筋湯温泉の衰退“水蒸気”自噴泉が 19 本から 2 本へ激減⁸⁾！？

A4：事実誤認と思われる。温泉衰退の根拠として、「昭和 53 年度全国温泉利用状況一覧」(塚本、温泉工学会誌、VOL. 14 NO. 1/2, 1979)⁹⁾と「平成 14 年度都道府県別温泉利用状況について」(環境省資料)¹⁰⁾の二つの資料を用いて源泉数や湧出量等を比較している。前者の資料の著者は各都道府県からの報告を取り纏めたと記述しているので、その原典である「大分県温泉調査研究会」(報告第 29 号、昭和 53 年 3 月)¹¹⁾を見ると噴気井は 19 本で、この内訳は、大岳・八丁原の地熱発電井が 12 本、京都大学の研究井が 1 本、九重町所有井が 3 本(内 1 本は未利用)、湯坪噴熱鉦泉利用組合所有井が 3 本とされている。地熱発電井と研究用の京大井及び九重町未利用井を除くと、元々当該地区で源泉として利用されていた噴気井は 5 本程度と推定される。その数が平成 14 年度には 2 本となったものと推定される。噴気井が 5 本から 2 本に減った原因はこれらの報告書からではうかがい知れないが、5 本を 19 本と取り違えていることは疑いない。筋湯温泉の当事者から苦

情が寄せられているのなら調査する必要があると思うが、その様な苦情は聞こえてこない。当事者でないものが根拠も示さずにあれこれ風評を立てるのは如何なものかと思う。

Q5：大分県筋湯温泉には大岳地熱発電所の廃水をそのまま分湯、その後、八丁原地熱発電所の冷却排水を分湯？

A5：廃水ではない。蒸気と熱水の混合状態から熱水を分離して給湯されていたもの。また、冷却排水は発電に使った蒸気が水に戻ったものであり、八丁原発電所の冷却排水温度は26℃程度であるのでこれを浴用に配湯することは考えられない。一方、天然蒸気を水に吹き込んで熱水造成する型の温泉は全国各地に有るが、地熱蒸気を水に吹き込んで造成した温泉も天然蒸気吹き込み型の温泉と同じ泉質である。以前、長野県白骨温泉で入浴剤を入れて着色していた事実が発覚した時に、週刊誌が筋湯温泉に対してインチキ呼ばわりしたが、地熱蒸気吹き込み型造成泉を筋湯温泉に給湯している事実を八丁原発電所の所長は週刊誌記者に対して堂々と説明した様子が週刊誌に載っていた。こうした蒸気吹き込み型の温泉をインチキ呼ばわりすることは筋湯温泉のみならず同タイプの温泉にとっては迷惑な風評被害である。

Q6：大分県筋湯温泉も福島県西山温泉も枯渇したので地熱発電所などからの配湯を余儀なくされた？

A6：両温泉共に枯渇した事実はない。また、両温泉共に発電所立地に協力するための条件として、温泉水造成または既存温泉水の分湯を温泉事業者が開発前に要望したことに対して、地熱開発企業と行政が応えたものである。

Q7：大分県大岳・八丁原地熱発電所の影響で、小松池地獄のすべての自然湧出の源泉に湧出量減少または泉温低下があらわれ、年を追うごとに拡大？

A7：その様な現象は見られない。九州大学の湯原ほか(1988)¹²⁾によると、「八丁原発電所運転開始(1977年6月)以降、近くの噴気帯である小松池地獄では、地熱活動の活発な領域の移動は生じているが、小松池地獄全体から放出される放熱量に変化は見られない」と報告されている。

Q8：松川地熱発電所の裏山（澄川の方向）のブナ原生林が、松川発電所が増掘して高温廃水の地下還元圧力をあげた直後から、地中が高熱の影響を受けて木々が大規模に枯れはじめ、その土壌環境悪化や崩壊が、ひいては澄川地熱発電所側の地滑りや水蒸気爆発を誘発した？

A8：事実誤認である。松川地熱発電所は蒸気卓越型の地熱発電所であり、熱水を産出しないので熱水の還元は基本的には行っていない。ブナ原生林の立ち枯れ、あるいは土壌環境悪化と地熱発電との因果関係を示す科学的な説明はない。なお、この地熱発電反対論者は岩手県松川地熱発電所の近傍を流れる澄川という名称の河川と、秋田県澄川地熱発電所の澄川とを混同しており、記述されている内容は松川地熱発電所地域の記述ではない。松川地熱発電所における熱水還元が澄川地滑り災害とその後の水蒸気爆発を引き起こしたという事実はない。また、澄川地熱発電所近傍の澄川温泉と松川地熱発電所は水平距離で 15km 以上離れており、常識的に両者に因果関係があるとは考えられない。

Q9：大沼地熱発電所（昭和 49 年 6 月運開）の影響で、上トロコ温泉が枯渇した？

A9：枯渇したわけではない。上トロコ温泉で利用されていた温泉井の噴気が昭和 55 年 12 月に停止したのは井戸内部が沈殿物によって閉塞したか、または内壁が崩壊したことによるものと考えられる。上トロコ温泉は昭和 28 年に掘削され、噴出する蒸気を沢水に吹き込んで温泉水が造成されていた。昭和 55 年 12 月に噴気が停止した後、昭和 60 年から地滑り防止対策工事が開始され、9 本の立坑と多数の水抜き横坑が掘削され、地下水位が大きく低下した。しかし、平成元年に深度 250m の温泉井が掘削され、深度 50m で 110℃の湯脈を捉えたので、エアリフトで蒸気・熱水を汲み出して利用されていたが、平成 3 年に温泉宿が廃業された。

Q10：大沼地熱発電所（昭和 49 年 6 月運開）の影響で、銭川温泉の泉温低下・湧出量減少？

A10： その様な事実は無い。昭和 46 年以降、温泉観測が行われ、その結果、一連の地滑り対策工事とそれに伴う水抜き工事などが源泉に影響を及ぼしたと考

えられている。現在の銭川温泉で利用されている源泉は川原 No. 2 と呼ばれている温泉井であり、水中ポンプによる汲み上げが行なわれているが、汲み上げ量と泉温に経年的な変化は認められない。

Q11：大沼地熱発電所（昭和 49 年 6 月運開）の影響で、大深温泉の泉温低下？

A11：大深温泉の泉温は現在も 90℃以上を保ち、ほぼ一定である。時には小さな噴気孔が土砂で埋まり、火山ガスの噴出が弱まったり、融雪・降水の影響によって硫酸イオン濃度が変動したりすることがある。

Q12：大沼地熱発電所（昭和 49 年 6 月運開）と澄川地熱発電所（平成 7 年 3 月運開）の影響で、後生掛温泉の湯沼が乾き、噴気箇所が移動した？

A12：地熱地帯の噴気箇所の移動は通常起こりうる自然現象である。

Q13：大沼地熱発電所（昭和 49 年 6 月運開）と澄川地熱発電所（平成 7 年 3 月運開）の影響で、澄川温泉の泉温低下・湧出量減少？

A13：澄川温泉に季節的な変動は認められるが、経年的な変化は認められない。澄川温泉は硫酸酸性を示す典型的な噴気型温泉であり、昭和 49 年から酸の湯について三菱マテリアル㈱が温泉変動調査を継続している。泉温は 68～94℃、平均 85℃程度で、湧出量は毎分 8～18 リッターの範囲内であり、降水量との相関性が強く、季節的な変動が認められるが、経年的な変化は認められない。埼玉大学教授の小澤（1987）（故人）によると、「澄川温泉とその周辺の噴気活動は従来と同様で変化はみられない。澄川温泉は典型的な噴気型温泉で、その源泉は川原または地表水の流れ込む小さな凹地に湧出しているため、泉温や成分濃度は地表条件に大きく影響を受けて変動する。澄川温泉は昭和 28 年当時とその活動状況は変化がない。」とのことである。

Q14：大沼地熱発電所（昭和 49 年 6 月運開）と澄川地熱発電所（平成 7 年 3 月運開）の影響で、大沼温泉が枯渇？

A14：枯渇していない。事実誤認。

Q15: 鹿児島県霧島火山群硫黄山の火山活動衰退や、えびの高原の温泉枯渇は、大霧地熱発電所の影響ではないか？

A15: 事実誤認である。大霧発電所の蒸気の全量噴出試験は1991年(平成3年)9月から3ヶ月間行われ、1996年(平成8年)3月から操業が開始された。一方、えびの高原には、東西二つの噴気帯があったが、西側の「えびの噴気帯」の噴気活動は1942年(昭和17年)頃から激しくなり、1975年(昭和50年)頃には噴気活動が無くなった(現在のえびの集団施設地区付近)。東側の「硫黄山噴気帯」は、1966年(昭和41年)以降の空中写真から判読すると、年を追うごとにその規模を縮小し1992年(平成4年)には噴気活動が見られなくなった。以上、えびの高原と硫黄山の噴気活動の変化は、大霧発電所の開発以前に始まっていることから、自然現象としての火山活動の変化によるものであり、発電所の生産活動とは無関係である。なお、火山活動の衰退によって、えびの高原に在る源泉の泉温も低下したが、現在も温泉は枯渇していない。

5. 環境破壊ではないのか？

自然は大事である。美しい国土を守りたいと思う願いは万人共通である。しかし、今や有限な地球は定員オーバーとなっており、貧富の差と飢餓、戦争が常態化している。地球温暖化はこうした困難に拍車を掛ける。化石燃料の効率悪い燃焼が、古くは川崎市の大気汚染による喘息や東京都の光化学スモッグの原因となり、今、北京のPM2.5が健康を蝕んでいる。ではどうしたら良いのか。省エネルギーは最優先されるが、それだけでは不十分であり、新たなエネルギーを創出しなければならない。それも、炭酸ガス排出量の少ないエネルギーが望ましい。地熱発電は地球環境を破壊から守るエネルギー利用の有効な形態である。

既存の地熱発電所で自然公園の特別地域、普通地域内に在るもの、公園外に在るもの、何れも周辺環境との調和で様々な工夫が施されていることは言うまでもない⁷⁾。自然保護団体や一部の温泉事業者の誤解に基づく疑問について以下に回答したい。

Q1: 大沼地熱発電所(昭和49年6月運開)と澄川地熱発電所(平成7年3月運開)の影響で、蒸ノ湯温泉で地滑りが生じ、自然湧出泉が噴出を停止した？

A1：地熱地帯は元々地滑り多発地帯である。蒸ノ湯温泉は噴気帯に沢水が流れ込んで出来た温泉なので、自然の変動が起こりやすい温泉である。地滑りは地熱発電の影響ではない。

防災科学技術研究所の井口ほか(1997)¹⁴⁾は1997年5月に起きた八幡平澄川地すべりの特徴と土砂災害の発生プロセスについて、「地すべり移動体上の立木の幹の曲がりから、この移動体は、最近40年間に数回の地すべり変動を起こした履歴を持つと推察され、地すべりの発生要因としては、長期不安定化要因として地すべり地内に湧出する温泉による変質が、また直前の要因として融雪による地すべり変動が開始したところに直前の豪雨によって大きな変動へと導いたことが考えられる。なお、一部地元関係者から地熱開発に関する還元井や調査ボーリングなどが原因ではないかとの声も聞かれたが、地表踏査からは地すべりとの因果関係は確認できなかった。今回の地すべりは、過去に生じた大規模地すべり地形の移動体内に生じた二次地すべりである。」と解析・報告している。

Q2：地下還元される地熱熱水には高濃度のヒ素が含まれている？

A2：自然界で温泉や鉱山からヒ素は環境に流出しているが、地熱発電では地下から取り出したものは地下深くに還元しているので環境汚染を回避している。

島根県の豊川温泉（現在の大谷温泉）のヒ素は130ppm、北海道ルベス温泉は25ppm、草津万代鉱源泉で10ppmである。また、飲用温泉として有名な上諏訪温泉で0.36ppm、伊香保温泉で0.06ppmのヒ素が含有された温泉水が飲用されている。これは現状で違反行為ではない。即ち、「水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令（昭和49年政令第363号）」の施行の際、砒素などについての排水基準を、「現に湧出していた温泉を利用する旅館業に属する事業場に係わる排水については、当分の間、適用しない」ものとされた。これは難しい問題であるが健康への害の程度と費用対効果の問題と考えることができるのではないか。全国で永年にわたって自然に湧出していた温泉水を総て水質処理することは経済的に不可能であり、必然性がないであろう。類似の問題として放射能の問題があるが、ヒ素の問題も放射能の問題も科学的事実と費用対効果に基づいて冷静に考える必要がある。

一方、八丈島地熱発電所の熱水のヒ素は約49ppm、日本最大の八丁原発電所で

は 2.4ppm である。温泉水にも地熱熱水にも高濃度のヒ素が含有されているが、両者の違いは昔から自然界に垂れ流されているか、地下深く還元するかの違いである。

大分県鉱泉誌（1970年版）¹⁵⁾によると、大分県の全温泉 475 の内、162（34%）が排水基準（0.1ppm）を上回っており、432（91%）が環境基準（0.01ppm）を上回っている。ヒ素に関する様々な基準を表 4¹⁶⁾に示す。

元九州大学教授の島田允堯（2009）¹⁶⁾によると、「水圏におけるヒ素の濃度は、雨水、河川水、海水ともほぼ同様に 0.0016 ppm 程度を示す（筆者注：原文では mg/kg, mg/L など表記されているが、分かり易い様に ppm に置き換えた）。地下水も類似した値を示すが、温泉や地熱水は一般的にヒ素濃度が高く、平均 0.3 ppm、最大 130 ppm に達するものもある。」環境に流出している温泉でヒ素を高い濃度で含む温泉として次の温泉が挙げられている。「豊川温泉（現在の島根県大谷温泉）130ppm、甲斐鉱泉（山梨県）74ppm、金磯鉱泉（宮崎県）46ppm、城山鉱泉（栃木県）27 ppm、まんじゅう蒸かし湯温泉（青森県）27 ppm、新わたり鳥の湯温泉（青森県）20 ppm、三石鉱泉（岡山県）19 ppm、恐山温泉（青森県）0.03～39.5 ppm、大沼温泉（秋田県）8.5～9.5 ppm、手洗温泉（鹿児島県）4.5～7.2 ppm、鉄輪温泉（大分県）0.633 ppm。」また、数値は示されていないが、「七釜・二日市温泉（兵庫県）、法性の湯（群馬県）、中山平温泉（福島県）、トコロ温泉（秋田県）、酸ヶ湯（青森県）において特に濃度が高い」とされている。

島田允堯（2009）¹⁶⁾は、「ヒ素は人類にとって有用な元素であり、同時に生物が正常な発育と生命活動をしていくうえで欠かせない元素（微量必須元素 24）のひとつである。いいかえれば、毒にも薬にもなる化学物質の代表的なものといえる。」「2009年4月に国会を通過した改正土壌汚染対策法の実施上の問題点は多くの人々によって提起されてきたが、筆者も地質学、地球化学的立場から見た問題点の指摘をいくつかの機会に行ってきた^{59), 101), 187), 188)}。このレビューでは、自然由来のヒ素に関する基礎的なデータを整理・総括し、そのうえでの自然由来ヒ素による地下水・土壌汚染に関して、調査・解析・評価をする上での問題点を改めて提起した。」と記している。「カナダなどと比べて2～3倍高いヒ素濃度を示す日本」¹⁶⁾に暮らす上で、自然に温泉などから排出されるヒ素の問題は単純ではない。地熱発電所から排出する熱水は地下深く還元されるので、土壌汚染対策の

難しい問題からまぬがれている。

表4 ヒ素についての各種基準一覧
Various standards for arsenic.

	ヒ素の基準値	備 考
環境基本法 公共用水域の水質汚濁に係る人の健康の保護 に関する環境基準	0.01 mg/L 以下	昭和46年環境庁告示第59号 基準値は年間平均値
環境基本法 地下水の水質汚濁に係る環境基準	0.01 mg/L 以下	平成9年環境庁告示第10号 基準値は年間平均値
土壌汚染対策法 土壌溶出量基準	0.01 mg/L 以下	平成15年環境省告示第18号 検液のpH 5.8~6.3
水道法 水質基準	0.01 mg/L 以下	平成19年厚生労働省令第135号
食品衛生法 ミネラルウォーター類の原水基準	0.05 mg/L 以下	平成10年3月改正
海洋汚染防止法（水底土砂に係る特定基準） 溶出量基準	0.1 mg/L 以下	検液のpH 7.8~8.3
水質汚濁防止法 排水基準	0.1 mg/L 以下	
温泉の飲用利用基準（許容量） 1日における総摂取量	0.1 mg/日 以下	平成19年環自総発第071001002号

Q3：地下還元される地熱熱水に硫酸を入れているのは環境汚染でないか？

A3：硫酸は、食料品、薬品、衣料品、生活用品などに広く使われる無機化学薬品の王様であり、硫酸イオンは多くの温泉の主成分である。日本の温泉水の硫酸イオンの平均濃度は約400ppm、海水中の硫酸イオンの濃度は約2,700ppmである。一部の地熱発電所では熱水からシリカが析出して目詰まりするのを防止する目的でpHを5~6に下げするために50ppm程度の硫酸を熱水に添加している。この濃度は平均的な温泉水より遥かに低い濃度である。そして、この熱水は地下深くに還元されて、やがて地層と反応して自然状態の平衡に達するので環境汚染は引き起こさない。

Q4：地熱発電は地震を誘発する？

A4：実用化前の技術である高温岩体発電技術開発で有感地震が誘発された例があるが、日本の地熱発電所が行っている熱水型の地熱発電では被害地震を誘発し

た事例はない。デンバー軍事施設の化学廃水の地下深部への廃棄（米国）、ソルツ高温岩体発電（フランス）やバーゼル高温岩体発電（スイス）では、大量の水を高圧で注水して、地下に存在しなかった亀裂を人工的に造成した。その結果、無感の極微小地震や微小地震が多数発生し、時に、有感地震も発生した。何れの例でも、注水量と地震の発生頻度が綺麗に対応するデータが公表されている。最近、アメリカで話題の新技术である水圧破碎によるシェールガスの採取でも地震誘発が問題となっているが、地震を起こさないような加圧注水の方法が研究されている。

Q5：平成7年5月に運開した柳津西山地熱発電所の影響で、日常的な有感地震が続いている？

A5：柳津町西山地区では、元々、内陸型地震が発生していたが、地熱発電所の操業開始や噴気の開始・停止、掘削との相関性はない。柳津町西山地区の微小地震は柳津町の要請に応じて1987年から奥会津地熱俵が連続観測しており、有感地震発生時には直ちに震源とマグニチュードを町に報告する体制ができている。観測結果と解析の詳細は毎年町に報告されているが、発電所が立地する2地区住民に対しても要望に応じて複数年度にわたって説明会が行われてきた。柳津町西山地区を震源とする大地震は1555年に発生して2村が全壊したという記録が柳津町誌に記載されている。2009年にはマグニチュード4.9の直下型地震が発生したので、観測結果の説明と蒸気生産・熱水還元活動との間に相関性が認められないという解析結果が地元7地区住民それぞれの説明会で説明された。町は独自に福島地方気象台による住民説明会を開催し、更に独自に東北大学にも解析を依頼した。東北大学の浅沼准教授は2009年地震と蒸気生産・熱水還元活動との因果関係は認められないとする研究結果を住民に説明した。

Q6：大沼地熱発電所の影響で、大沼地震が発生？

A6：事実誤認。大沼地震なるものはない。書き手の勘違いか？

Q7：2008年6月に、鬼首地熱発電所の裏山で岩手宮城内陸地震が発生？

A7：岩手宮城内陸地震の本震の震央位置は鬼首地熱発電所から20km余離れている。

る。この大きな自然地震が地熱発電所の操業と関係するなどという突飛な考えを持っている研究者はいない。

Q8：葛根田地熱発電所近傍の滝の上温泉の温泉成分が著しく低下し、完全枯渇し、1987年3月と1990年7月に土砂崩壊が発生。（1988年1年間の観測で、葛根田地熱地帯で発生する地震について、この原因は地熱発電所の定期点検に伴う生産井の停止による圧力変動の結果によるものとの論文が1995年に研究発表されている）？

A8：葛根田地域における微小地震発生については、定期検査時の生産井停止による地下圧力変動が一要因となっているとの見解はあるが¹⁷⁾、この微小地震は地下深部に震源があり、周辺温泉の枯渇、あるいは土砂崩落との因果関係はない。また、自然湧出している温泉は以前と変わりなく湧出している。

6. 日本温泉協会の声明文について

地熱発電への国民の期待が集まって政府も本腰を入れていた折、昨年4月27日に日本温泉協会は声明文を発表し、次の「5項目の提案」を行った。

- ① 地元（行政や温泉事業者）の合意
- ② 客観性が担保された相互の情報公開と第三者機関の創設
- ③ 過剰採取防止の規制
- ④ 継続的かつ広範囲にわたる環境モニタリングの徹底
- ⑤ 被害を受けた温泉と温泉地の回復作業の明文化

① については、これまで総ての地熱開発事業者が実践してきたことである。地熱発電所は電力会社による公共事業の色彩が濃いので、地元への説明は何処も丁寧に行われてきた。環境アセスメントの地元縦覧を経て発電所が建設された後も、行政の指導の下で環境影響調査が継続されている。

② については、温泉のデータは一般に公開されていないので地熱調査時に机上調査が十分できず不具合が生じている。そこで、地熱開発事業者は源泉所有者にお願いしてデータを取らせて頂いている。地熱開発事業者が採取したデータは源泉所有者の了解が得られた範囲で行政に提出している。地熱発電所

のデータは、火力原子力発電技術協会が毎年アンケートを取って、「地熱発電の現状と動向」⁵⁾と称する冊子を公刊しているので、容易に統計的検討作業ができる。更に、経産省は JOGMEC のホームページで様々な情報を公開する作業を進めている。

- ③ については、掘削湯泉に於ける過剰採取が多く温泉地で問題になっていることから、大量の熱水を採取する地熱発電に対しても危惧されているものと考えられる。地熱発電事業は大規模な投資を伴うものなので、適正な生産量が幾らなのかは最大の関心事であり、既存事例の研究とシミュレーションによる予測技術の研究が最重要事項として進められてきた。従って、適正採取量を予測し実現する必要があるのは当然のことである。
- ④ についても、これまで総ての地熱開発事業者が実践してきたことである。モニタリングの必要性を最も認識しているのは地熱開発事業者であって、温泉事業者にもモニタリングの重要性を分かって頂きたいと考えている。地下資源は全国民の財産なのであるから。
- ⑤ については、これまで総ての地熱開発事業者が地元との合意のもとで最適な方法を考えて実践してきたことである。総ての地熱発電所で近隣温泉事業者とトラブルを抱えているところはないと認識している。

7. おわりに

残念ながら完全に安全・安心なものは世の中に存在しない。科学技術も機械装置を動かす人間にも必ず間違いがある。従って、可能な限りの情報公開が行われて、データの科学的な吟味が多様な観点から行われることが望ましい。地熱発電は価値のある発電方式である。これまでは温泉への影響を回避し、地域に貢献する事業として開発され、運営されてきた。今後も、地域・温泉との共生を重視した開発が進められることによって、国力の衰えが目立つ日本を再生し、国民の安全・安心に貢献して行かなければならない。

謝辞

この一文をしたための機会を頂戴した全国旅館ホテル生活衛生同業組合連合会に謝意を表す。また、「地熱発電に関する研究会」時の共生事例アンケートに協力して頂いた既存地熱発電所の各位に謝意を表す。この一文は個人的な意見を

したためたものであるが、原稿を読んで様々な情報と助言を寄せられた地熱関係者各位に謝意を表す。

引用文献

- 1) 安達正敏 (2009) 地域共生の事例, 資源エネルギー庁電気・ガス事業部地熱発電に関する研究会第2回資料7, 11p.
- 2) 家の光北海道版1996年8月号, トマトと温泉のホットな家族, <http://www.kotoni.net/kadowaki/kado/hikari/tomato.htm>.
- 3) 報道ステーション (2012年4月30日), “沸騰”地熱発電 最前線, <http://www.asyura2.com/09/eg02/msg/664.html>.
- 4) 内閣官房国家戦略室コスト等検証委員会 (2011), コスト等検証委員会報告書 (平成23年12月19日), http://www.npu.go.jp/policy/policy09/archive02_hokoku.html.
- 5) 火力原子力発電技術協会 (2012), 地熱発電の現状と動向2011・2012年, p.20
- 6) 渡辺亮次郎 (2011) 地熱発電と温泉宿, 渡辺亮次郎ブログ, <http://hyakka.seesaa.net/article/221783258.html>.
- 7) プレック研究所(2011)平成22年度地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務報告書, http://www.env.go.jp/policy/assess/4-1report/file/h22_05a.pdf.
- 8) 平野富雄 (2011): 温泉と地熱開発～第4回～, 日本秘湯の宿, Vol.4, No.12, p.3.
- 9) 塚本忠之 (1979): 昭和53年全国温泉利用状況一覧, 温泉工学会誌, Vol.14, No.1/2.
- 10) 環境省 (2003): 平成14年度都道府県別温泉利用状況に関する資料.
- 11) 大分県環境管理課, 玖珠保健所総務課 (1978) 九重町・玖珠町の温泉現況調査, 大分県温泉調査研究会報告第29号, 71-83.
- 12) 湯原・江原・久保口 (1988): 八丁原地熱発電所に隣接した小松地獄の地熱活動, 地熱, Vol.24, No.5, 173-181.
- 13) 小澤 (1987): 地熱開発と温泉、地熱、Vol.24、No.1、p.9
- 14) 井口隆・ほか (1997): 1997年5月に起きた八幡平澄川地すべりの特徴と土砂災害の発生プロセス, 環境地質学シンポジウム論文集, 日本地質学会, Vol.17, p.249.
- 15) 大分県 (1970): 大分県鉱泉誌1970年版.
- 16) 島田允堯 (2009): 自然由来重金属等による地下水・土壌汚染問題の本質: ヒ素, 応用地質技術年報, 31-59.

¹⁷⁾工業技術院 地質調査所 (1995) : 葛根田 (滝ノ上) 地熱地帯での微小地震データの再解析, 地質調査所月報, Vol146, No. 9, 483-495.

参考文献

1. 新エネルギー財団 (1998) : 『温泉』臨時増刊号「特集／地熱開発と温泉」に対する地熱開発事業者の意見及び公表論文の記述, 新エネルギー財団.

平成24年度生活衛生関係営業対策事業
地熱発電と温泉地との共生に関する調査報告書
—地熱発電の現状と考察—

平成25年3月31日 発行

発行所 全国旅館ホテル生活衛生同業組合連合会
〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-5-5
全国旅館会館 4階

TEL 03(3263)4428 FAX 03(3263)9789

「宿ネット」URL <http://www.yadonet.ne.jp>

編集協力 一般社団法人 日本温泉協会

印刷所 株式会社 平河工業社