

# 地熱開発と国立公園

## —大雪山白水沢の開発計画から—

寺島 一男

### 要 旨

福島第一原子力発電所の事故以来、太陽光、風力、バイオマス等とともに地熱が再生可能エネルギーとして注目を浴びている。現在、国内で操業されている地熱発電所は18か所（事業用13か所、自家用5か所）で、その認可出力は約54万kW。火力、原子力、水力など全発電施設に占める割合は0.2%となっている。地熱発電の占める割合が小さいのは地熱発電固有の性質にもよるが、地熱発電所の有力候補地の8割以上が国立・国定公園（以後、国立公園）内に偏在しており、開発が進めば厳正に自然保護すべき国立公園の環境に大きな影響を与えるとして、環境省の厳しい規制下におかれているからである。だが、この情勢の変化に伴って一部規制緩和が具体化し、国立公園内の地熱発電計画が活発になっている。

大雪山国立公園内の白水沢地熱発電計画もその一つで、上川町が主導し開発事業者として丸紅が参入する一方、2011年11月に地熱発電の可能性等を探る「上川町地熱研究協議会」が発足し、これまでに4回の会議を終えている。白水沢の開発予定地は、原則として地熱開発が認められない第2種・第3種特別地域だが、例外規定の「優良事例の形成」に該当させるべく、昨年9月から地表調査に入っている。

気がかりなのは、地熱発電に関する議論はメリットばかりが強調され、負の側面が十分に議論されていないことや、国立公園の中に立地するのに公園の持つ自然の価値や役割、開発が自然環境に与える影響などがよく吟味されていないことである。白水沢の発電計画もまだ具体的に示されていないため、いまの段階では一般論にならざるを得ないが、開発に至るこれまでの経緯とともに地熱発電が抱える主として自然環境上の問題について述べる。

### 白水沢および周辺の概要

地熱開発が予定されている白水沢（白水川）は、石狩川の支流で層雲峡温泉の下流約2.5kmの地点で本流と合流（標高550m）する。流域面積は約1,045ha、東京ドーム223個分の広さがある。源流は大雪山のお花畑が広がる雲の平で、桂月岳と凌雲岳の間を流れ下るといよりは一気呵成に落ちてくる。

源頭に立つと、北海道第二の高峰北鎮岳（2,244m）が目の前にそそり立つ。河口から源頭まで辿っても10kmにも満たない短い川で、支流というよりは本流の一角というほうがふさわしい。

大雪山のすべての沢を対象に登山の地域研究と称して登っていた頃、標高1,400m近くに大きな

滝があることや、登り切れば天上の楽園が待っていることに惹かれて、一度だけ遡行したことがある。山上はもちろんよかったが、溪流の美しさは隣のリクマンベツ川や天幕沢に一步譲った。

白水沢流域は大雪山国立公園内にあり、この周辺の地種区分（表1）は判然としていないが、概ね、合流点を含めて石狩川本流兩岸の狭い範囲が第1種特別地域、合流点付近から標高900m付近までが第2種特別地域、標高1,250m付近までが第1種特別地域、それより上部は特別保護地区になっている。

白水沢流域の地質は、約6,000万年前より古い粘板岩（日高累層群）や約3,500万～1,500万年前の花崗岩の上に、約400万年前以降の新しい火山岩（白水川溶結凝灰岩など）が重なっている。植

表1 国立・国定公園の地種区分（規制レベルによる区分）

陸域	特別地域	特別保護地区	特別地域の中で、特にすぐれた自然景観や原始状態を保持しており、自然をできるだけそのままに保護保全することが求められる地域。現状を変えることは許されない。
	特別地域	第1種特別地域	特別保護地区に準ずる景観をもち、特別地域の中で風致を維持する必要性がもっとも高い地域であって、現在の景観を極力保護することが必要な地域。
		第2種特別地域	第1種特別地域および第3種特別地域以外の地域であって、特に農林漁業活動については、努めて調整を図ることが必要な地域。
		第3種特別地域	特別地域の中では風致を維持する必要性が比較的低い地域であって、通常の農林漁業活動については規制のかからない地域。
	普通地域		特別地域に含まれない地域で、風景の保護を図る地域。規制は弱く、開発行為はよほど大きなものでないかぎり認められる。
海域	海中公園地区		熱帯魚、サンゴ、海藻、海鳥等の生物や干潟、岩礁等の地形が特にすぐれている地域。陸域の特別保護地区に相当する地域で、海中の環境に影響を与える行為については厳しく規制される。
	普通地域		公園区域の海域で、海中公園地区に含まれない地域。通常は海岸（汀線）から1 km までが指定されるが、知床国立公園では、世界自然遺産登録に際してIUCN（国際自然保護連合）から指摘を受け、3 km に拡大している。開発行為の規制は弱く、よほど大きなものでないかぎり認められる。

生は、アカエゾマツ林、ダケカンパ林、ミヤマハンノキ（ヤマハンノキ）林、オオイタドリ群落、ススキ群落などとされている（上川町 2012-2013）が、1954年9月の台風15号によって壊滅的な被害を受けて日の浅い時期（1970年代）の調査結果で、現在ではトドマツ林が加わるなど植生の回復と変化が進んでいる。全域が水源涵養保安林のほか、特別保護地区は文化財保護法による特別天然記念物に指定されている。

地熱地帯はこの沢の中流部、標高1,100 m 付近を中心に幅約500 m、長さ700 m にわたって広がっている。規模はさほどでもないが、噴気孔や温泉を一帯で数多く見ることができる。この場所は、一部岩石が地熱活動で粘土化されて「地獄」になっているほか、川筋の石ころ（凝灰岩）も熱水作用を受けて白褐色になっている（上川町1984）。沢の多くで崩壊地形が見られ、地熱地帯に至る沢筋では過去に治山工事が断続的に行われた。

## 2 初期の地熱開発の経緯

地熱開発の動きは、この沢で温泉の湧出が確認された（1961年）ことが端緒となった。地元の上川町が町内の地質を記録するため、北海道立地下資源調査所（現在は地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所）に調査を委託した（1957年）が、その過程で発見された。

上川町は層雲峡温泉の拡大が期待できるとして、1963～65年に10本のボーリング（深度約50 m）を試みた。その結果、極めて浅いところに被圧された噴気（噴気温度91～96℃）の存在すること

が判明したため、1966年～67年に集湯設備工事計画や引湯計画を立てた。だが、蒸気井の位置が洪水時に埋まる谷筋にあること、より深い1,000 m クラスのボーリングをしないと資源にどれくらい安定性があるのかわからない、工事費用が高額になる等の問題が生じて現状では開発の見通しが立たないとして、1968年に温泉利用としての町の計画を見送った。

本格的な地熱調査は、これを引き継ぐ形で北海道立地下資源調査所により1968年からはじまった。地質・変質帯調査、物理探査、地化学探査、河川流量調査のほかボーリング探査などが実施された。初年度は上川町との共同事業、翌年からは北海道の独自事業となり、1972年までに上流域（白水川合流点から4 km 付近）に1号井～4号井、下流域（白水川合流点から3 km 付近）に5号井の計5本の調査井をボーリングした。その結果、5本のうち掘削深度269 m まで掘った3号井と、掘削深度455 m まで掘った4号井の2本で良好な蒸気を確認した（3号井：噴気量毎時26 t・坑底温度200℃・坑口温度150℃、4号井：噴気量毎時17 t・坑底温度180℃・坑口温度160℃）。

地下資源調査所は、この3、4号井について①蒸気は過熱蒸気で完全な蒸気型、②ヒ素等を含む熱水を伴わないので、還元井を必要としない、③弱アルカリ性でスケール（湯あか）の付着や腐食性が少なく、孔井寿命が長い、④蒸気のでられる深度が浅く、1,000 m 以浅で生産可能と考えられる、⑤より深部で資源量が期待できる（期待量毎時数100 tの蒸気）⑥発電量は数万kW～10万kWが見込める、⑦熱水の利用が可能、と資源評価をした（北海道1978）。

これを基に北海道は、発電と熱水利用を目的にした白水沢地区地熱開発利用計画を策定する準備を整えた。上川町も、この調査と並行して1971年から利用計画を推進するため関係機関に働きかけ、上川町地熱開発委員会、町議会に特別委員会、層雲峡地区地熱利用促進協議会、上川地方地熱利用促進会議等を設けた。

## 3 北海道の取り組み

北海道が白水沢の開発を本格的に開始したことには若干の経緯がある。この2年前の1966年、岩手県の松尾村で日本最初の松川地熱発電所（認可出力2万3,500kW、蒸気型、発電当初は最大出力9,500kW）が稼働した。翌年には、大分県九重町で大岳地熱発電所（認可出力1万2,500kW、熱水型）が運転を開始した。

エネルギー開発の歴史から見ると、この時期は日本のエネルギー行政がそれまでの石炭から石油に軸足を移し、原子力発電をエネルギー政策の大きな柱に組み込んだ、いわゆる「エネルギーの五五年体制」が軌道に乗ったときである（植田・梶山2011）。松川が稼働したこの年は、日本最初の原子力発電（日本原子力発電東海発電所・出力16.6万kW、発電当初は11万kW）が運転をはじめた年である。地熱発電は注目されてはいたものの、国の目は原子力発電に向いていた。

当時、全発電エネルギーに占める地熱発電エネルギーの割合はコンマ以下であり、ポテンシャルを考えても数%止まりだった。しかも、地熱発電が立地できる場所は、火山地帯の中の限られた場所であり、地域的にも偏在していることから、比較的近い距離に大きなエネルギー源がほしい大都市や工業地帯等の要求には応えられなかった。

地熱発電は、1基当たりの出力は最大でもせいぜい5万kWに過ぎない。10~20基を束ねてようやく1基当たり50万~100万kWの火力発電所や原子力発電所に相当する。資源の探査を含めて実用化までのリードタイムが長く、投資効率もよくない上、当時は発電原価も高かった。しかし、北海道は、九州、東北などとともに国内有数の火山地帯であり、地熱資源の賦存量は最大級であることから、道庁は有望なエネルギー資源とみていた。

日本の地熱発電の歴史は、1925年東京電燈株による別府市の出力112kW発電が最初だが、第二次世界大戦が終わるまで進展がなかった。戦後、先の2地帯では民間事業者と電力会社を中心となり、早い時期から開発の取り組みをしていたが、

北海道では投資リスクの高い地熱発電よりも水力・火力発電が有利とみて電力会社の関心は低かった。ところが、実用的な出力を持った地熱発電所が松川で実際に機能しはじめたことから、北海道は国に先駆けて独自に道内の主だった地熱地帯、鹿部（1966~67年）、白水沢（1968~72年）、北湯沢（1968~71年）、登別（1972~74年）、十勝川上流（1974~75年）、ユーラップ岳南部（1975~77年）、羅臼（1978年~）、養老牛（1980年~）で資源特性や包蔵規模を調べる地熱調査を本格化させた（上川町1984）。

## 4 国立公園の開発規制

白水沢の調査が最終年を迎え、地熱開発計画がいよいよ動き出そうとしていた1972年、計画の前に思いもよらぬ高い壁が現れた。国立公園内における地熱開発規制である。この年の3月環境庁と通商産業省（以後、通産省）の間で、「国立公園内における地熱発電の開発に関する了解事項」（昭和47年3月14日環境庁自然保護局長・通商産業省公益事業局長通知）が交わされた。

その内容は、①地熱発電については、当面実施箇所を大沼（後生掛・秋田県）、松川（岩手県）、鬼首（宮城県）、八丁原（大分県）、大岳（大分県）、滝ノ上（葛根田・岩手県）の6地点とし、実施に当たっては、自然の保護と調整のはかり得る安定した新技術の開発に努めるよう指導する ②当分の間、国立公園内の景観および風致維持上支障があると認められる地域においては、新規の調査工事および開発を推進しない、というものだった。

6地点が一部特別地域を含む国立公園に含まれていたにもかかわらず認められたのは、当初、地熱発電は特例として第3種特別地域で稼働が認められていたことと、すでに操業あるいは建設工事に取りかかっていたからである。

了解事項が交わされた背景には、当時の地熱発電開発が著しい自然破壊を引き起こしていたことや、操業後もそうした破壊が広がる恐れがあったことがあげられている。他にも熱水に含まれるヒ素、蒸気に含まれる硫化水素、騒音、温排水、微小地震など周辺環境に悪影響を与える数々の問題があった。この間の事情については作家の真山仁も、近著「地熱が日本を救う」（真山2013）の中で「当時の地熱発電所の建設現場では、自然公園内で開発を行っているという自覚が乏しく、必要以上に公園内を荒らすような乱開発が行いがちだった。中には、国立公園の開発許可を得ながら工事が中断され、放置されたような例もある」と

述べている。

乱開発の実態はともかく、エネルギーの確保と増大を目指す通産省が、このことに同意した理由は定かでないが、地熱発電に対し、発電比率、供給量、立地条件、発電単価、即応性等で優位と目されていた火発、原発を、エネルギー政策の中心に据えていたためと考えられる。

## 5 自然環境保全審議会の意見

ところが、1973年になると第4次中東戦争勃発に伴って第1次オイルショックが発生した。政府は石油代替エネルギー政策の立案を余儀なくされ、翌1974年に「サンシャイン計画」をスタートさせた。日本の新エネルギーとして、石炭の液化、地熱利用、太陽光発電、水素エネルギーの4つを研究開発の対象とするという通産省の長期計画である。

この計画を任された工業技術院(通産省の外局、1948年設置)は、計画と前後して「全国地熱基礎調査」をスタートさせた。調査対象地域は、1973年度駒ヶ岳(大沼)北部など5地区、1974年度豊羽・定山溪など15地域、1975年度十勝川上流など10地域である。基礎調査ではあったが、全く地表に手をつけず調査ではないことから、先の通知の「新規の調査工事」に抵触する可能性もあった。

そこで環境庁は、この調査に対する対応策を細部にわたって立て、改めて工業技術院と覚え書きを交わし、1974年9月に「自然公園地域内において工業技術院が行う全国地熱基礎調査等について」(昭和49年9月17日環境庁自然保護局企画調整課長通知)として各都道府県に出した。

それによると調査事項は、①自然放熱量調査、②地質変質帯調査、③地下資源調査(地質、地化学調査および物理探査)の3項目とし、①については調査方法の細部にわたり制限を設け、②と③についても地表踏査のみで、土地の形状変更等は認めないという厳しい内容だった。

第1次オイルショックから5年経った1978年秋、イラン革命を契機に第2次オイルショックが起きた。原油価格は高騰し、代替エネルギーの開発や省エネルギー政策の推進が強く要請された。再び国立公園内の地熱開発促進が高まったため、1979年12月自然環境保全審議会は、次の主旨の答申を環境庁長官に対して行った。

- ① “自然”は、“経済活動のための資源としての役割を果たすだけでなく、それ自体豊かな人間生活の不可欠な構成要素をなす”ものであり、一度破壊されれば復元することは極め

て困難であるという特性にかんがみ、自然環境の保全対策は、長期的展望に立って、周到的な配慮のもとに進めなければならない。

- ② 地熱発電の主体となる発電施設の対象地は、火山現象の顕著な国立、国定公園内に選定されることが多いが、その建設には各種の巨大工作物の設置、樹木の伐採、地形の改変等を伴い、特に、すぐれた風致景観への影響が大である。

- ③ 地熱開発計画地の選定に当たっては、国立、国定公園内の自然環境保全上重要な地域を避けることを基本とすべきである。

- ④ これらに関し、国が企業に対し適切な指導を行うことが重要である。

環境庁は1979年12月、答申された内容を「国立、国定公園内における地熱開発に関する意見について」(昭和54年12月24日環境庁自然保護局保護管理課長通知)として各都道府県に通知した。

## 6 具体化された地熱発電計画

環境庁と通産省の了解事項が出されたため、白水沢の計画は足踏みしていたが、北海道は白水沢地熱調査の資源評価が有望だったことやオイルショック後、地熱発電所の認可が増加の傾向があることから、近い将来地熱発電は可能と踏んで地方公営企業法に基づく電気事業として、「北海道上川地区発電用地熱開発計画書」(1978)を作成し、資源エネルギー庁へ提出した。

その概要は、1979年から3年間で深さ1,000mの調査井を4本掘り、賦存資源を確認したあと1982年に本格着工、さらに4年間にわたって深さ1,000mの生産井10本を掘り、1984年に一部発電(2万kW)を開始し、1986年に出力4万kWの地熱発電所をフル稼働するというものだった(北海道1978)。

北海道は新たに白水沢の観測調査体制を整え、北海道開発庁も3か年計画で開発利用調査を開始した。引き続き道は、翌1974年に環境影響調査、1975年には発電とともに熱水を利用するための多目的利用調査を開始した。しかし、大雪山国立公園は1973年に大雪山縦貫道路計画が取りやめになるなど特別の目が集まっていたこともあって、環境庁通知の「国立公園内の地熱開発は自然環境保全上重要な地域を避けるべき」との原則が揺るがなかったことから認可されなかった。

北海道は調査井の掘削もままならず本格着工のメドが立たないことから、1985年に地熱開発計画を断念した(調査井の観測だけは続けたが、1990

年に調査井も上川町に移管した)。期待をかけていた上川町は、発電がダメならせめて熱水だけでも利用できないか考え、翌1986年に独自に熱水多目的利用計画素案を策定した。1988年には地熱開発推進室を設けて、民生利用しやすい国道の近くに地熱水利用を目的に新たに6号井を掘削(蒸気量毎時40.1t、温度129°C)した。だが、発電を除いた開発はコストに見合う利用が望めず、1996年に地熱開発計画を断念(凍結)した。

自然保護上の問題では、この間(1984~95年)に大雪と石狩の自然を守る会と北海道との間で、地熱発電をテーマに公開シンポジウムを開催するなど、また、上川町との間では多目的利用をめぐる話し合いを続けられた。だが、地熱開発がいわゆるようなクリーンのエネルギーでないことや、その対策や環境調査が不十分であり、大雪山国立公園の自然に与える影響は大きいとして合意には至らなかった(寺島2013)。

## 7 始まった規制緩和

国立公園の規制緩和が、大きく進みはじめるのは1994年に入ってからである。霧島屋久国立公園内に計画されていた大霧発電所が、電源開発調整審議会に付されることになったことから、環境庁は国立公園内の開発の調整を迫られ、この年「国立・国定公園内における地熱発電について」(平成6年2月3日環境庁自然保護局計画・国立公園課長通知)を出した。

その内容は次のようなもので、これに伴い環境庁は通産省との1972年の了解事項と1974年の覚え書きを見直した。

- ① 先発6地域以外で認めていなかった国立公園内の地熱発電を、普通地域に限って風景保護上の支障の有無を個別に検討した上で、その開発の可否をその都度判断する。
- ② 普通地域で地熱開発をする場合は、調査井掘削段階から将来的な発電計画まで含めた全体計画について事業者と調整を行う。

この変更を受けて2年後の1996年3月、認可出力3万kWの大霧発電所が運転を開始し、続く1999年3月、富士箱根伊豆国立公園内の八丈島で、認可出力3,300kWの八丈島地熱発電所が運転を開始した。また、見直しにともなって特別保護区域や第1種特別地域を除く地域について、公園外からの傾斜掘削を認めたことから、1995年3月には十和田八幡平国立公園の地下部へ公園外から斜め掘りした澄川地熱発電所(秋田県鹿角町・認可出力5万kW)が運転を開始した。

その後、規制緩和の動きは、2009年9月の鳩山首相による温室効果ガス25%削減宣言を受けて、さらに進むことになる。政府は行政刷新会議の規則・制度改革に関する分科会の議論をもとに、風力発電及び地熱発電について、自然公園法、温泉法等の許可の早期化・柔軟化を閣議決定(2010年6月)した。環境省はこの閣議決定を受け、東日本大震災・福島原発事故を経た2011年6月、関係分野の専門家からなる「地熱発電事業に係わる自然環境影響検討会」(座長：熊谷洋一東京農業大学教授)を設置した。

検討会は6月から翌年2月までの間に5回開催し、①既存の地熱発電所の運転状況や周辺自然環境の現状、国内外の最新技術の知見等を調査することによって、地熱発電事業に伴う自然環境への影響や国立公園の風致景観上の支障について問題を整理したほか、②自然環境保全審議会から地熱発電事業に対する意見が出された1979年当時と比べて、どの程度の環境保全技術の進展が図られているのかという観点から検証を行うことで、過去の通知見直しに向けた基本的な考え方の整理を行った(環境省2011-2012)。

同様な趣旨で温泉資源や地下水に対する影響を検討するため、2011年7月有識者による「地熱発電事業に係わる温泉・地下水影響検討会」(座長：田中正筑波大学名誉教授)を設置し、7月から11月の間に5回の検討会を開いて終了している(環境省2011)。

## 8 具体化された規制緩和

この二つの検討会の報告等を踏まえ、環境省は2012年3月「国立・国定公園内における地熱開発の取り扱い」(平成24年3月27日環境省自然環境局長通知)を各地方環境事務所や各都道府県知事宛に通知した。それに伴い1974年および1994年の通知は廃止された。

その概要は、以下のとおりである。

- ① 特別保護地区と第1種特別地域については、地熱開発を認めない。これらの区域外からの傾斜掘削も認めない。ただし、地熱資源の状況を把握するため広域で実施する必要のある調査(重力調査、電磁探査等)で、自然環境の保全や公園利用への支障がなく、かつ地表部へ影響がなく原状復旧が可能なものについては、調査の必要性や妥当性が認められる場合に限り個別に判断して認めることができる。
- ② 第2種特別地域、第3種特別地域について

は、原則として地熱開発を認めない。

「原則」の意味は、地熱開発行為が小規模で風致景観等への影響が小さなものや、既存の温泉水を用いるバイナリー発電などで、主としてその地域のエネルギーの地産地消のために計画されるもの等については除くという意味である。ただし、公園区域外または普通区域からの傾斜掘削については、自然環境の保全や公園利用上の支障がなく、特別地域の地表への影響のないものに限り、個別に判断して認める。

- ③ 普通地域については、風景の保護上の支障等がない場合に限り、個別に判断して認めることができる。

第2種、第3種特別地域については、現在のエネルギー情勢から例外的な取り扱いがもう一つ設けられた。「優良事例」の検討で、これにふさわしいと判断された場合は、その取り組みの実施状況等を継続的に確認したうえで、環境省が個別に判断して認めることができるというケースである。

では、どういう場合が「優良事例」に該当するのか。

- ① 地域協議会など、地熱開発業者と、地方自治体・地域住民・自然保護団体・温泉事業者等の関係者との地域における合意形成の場ができること。
- ② 公平公正な地域協議会の構成やその適切な運営等を通じた地域合意の形成ができること。
- ③ 計画地域における自然環境、風致景観および公園利用への影響を最小限にする技術や手法の投入、そのための造園や植生等の専門家の活用ができること。
- ④ 地熱開発の実際に際して、関連施設による環境への影響を緩和するための周辺対策や地域への貢献ができること。
- ⑤ 長期にわたる自然環境や温泉その他についてのモニタリングと、地域に対する情報の開示・共有ができること。

具体的には、2012年3月30日に開かれた超党派地熱発電普及推進議員連盟第5回総会において、「第2種・3種特別地域を調査・開発範囲に含む地熱資源開発が計画されている地域」として資源エネルギー庁から説明され、次の5地域が優良事例の候補とされた。

- ①阿寒国立公園(北海道)：阿寒地域 ②大雪山国立公園(北海道)：白水沢地域 ③磐梯朝日国立公園(福島県)：一切経山、東吾妻、安達太良(北、東、西)、磐梯山北 ④栗駒国立公園(秋田県)：

小安地域 ⑤栗駒国立公園(秋田県)：木地山・下の岱地域。

## 9 少ないデメリット情報

ところで地熱発電にはどんな問題(デメリット)があるのか。大きくは自然環境に与える影響、温泉資源に与える影響、地域社会や経済に与える影響などが指摘されている。だが、これらに関する市民向けの情報は極端に少ない。

先に挙げた環境省の自然環境影響検討会の結果は、地熱発電事業に関する「基本的な考え方」として、以下のようにその骨子をまとめている(2012年3月21日)。

地熱発電について、風致景観や生物多様性に対する影響を軽減するための技術には改善や進展が図られ、実績も蓄積されている。しかしながら次の4点については大きく改善されておらず、影響が十分に軽減されたとはいえない。

- ① 発電所の建設について、大規模な造成を伴うほか、個々にまたは施設群としての存在によって風致景観等に与える影響が大きい。
- ② 操業段階においても継続的な坑井の再掘削が必要であり、その都度、工事に伴う支障が生じるほか、新たな敷地の造成等も必要である。
- ③ 汲み上げられた熱水は地中に還元されるが、還元熱水の地中内部での詳細な動向や、スケール付着防止を目的として混入される硫酸の影響など、地下の環境に与える影響は必ずしも解明されていない。
- ④ 資源調査段階での有毒ガスによる作業員の中毒や、鬼首地熱発電所の敷地内噴気事故などがあり、事故発生による周辺地域住民や公園利用者等への影響が懸念される(上川町2012-2013)。

ここではこれらのことを中心に、自然環境に与える影響のいくつかの問題点を考えてみることにしたい。

## 10 風致景観への影響

問題の一つは、用地面積と施設の大きさだ。発電出力や建設される場所等の条件によって異なるが、現在稼働している地熱発電所の用地面積を見てみると、認可出力が1万～2万kW級で約3～14ha、3万kW級で約9～42ha、5万～6万kW級で約19～25haである。大霧発電所にいたっては42haにもなっているが、これは特別と

しても1万～2万kW級でもこの例に倣えば東京ドームが1弱～3個分の用地が必要となる。

この用地の広さは、同じ出力を持つ火力発電所などに比べても格段に広く、用地効率が悪いことを示している。それは発電所のタービン建屋（本館）・復水器・冷却塔・原水タンクなど、高さ10～25m前後の中心施設から一定の離隔距離を置いて、①蒸気を得るための生産井（蒸気井）や気水分離機（セパレーター）等をまとめた生産基地の複数配置、②蒸気とともに上がってくる熱水を地中に戻す還元井の配置、③生産基地から本館施設へ蒸気を送るための配管（パイプライン）、④配管に沿った管理用道路など、火力発電所にはない施設を設けなければならないからである（図1）。

タービンからの排気を凝縮させる冷却に、火力発電所のように河川水や海水を用いず、空冷を採用している地熱発電所では大きな冷却塔が必要で、その用地面積は1,000～2,000m<sup>2</sup>にもなっている。パイプラインも、また、2～10kmにも及んでいる。ほかに敷地内の排水を徐々に流す調整池や発電所までの車道建設、ときに防災工事等も必要となる。

より本質的な問題は、生産井も還元井も一度掘ればそれで完了とならず、坑井の中と坑井周りの地層中の減圧やスケール付着による目詰まりなどによって、生産流量（蒸気量）や還元能力の低下が経年的に進むことである。出力を保つために補充井の追加掘削を余儀なくされる。還元井もスケール付着による目詰まりが生じ、やはり追加の還元井が必要となる。

日本地熱開発企業協議会によると、日本では生産井1本あたり25t/h程度の蒸気と50t/h程度の熱水が平均的に噴出するという。還元井の呑み込み能力を50t/h程度とすると、生産井1本に

して同数の還元井が必要になる。蒸気25t/hで2,500kWの発電ができるので、1万kWの発電に必要な生産井と還元井の数は各々4本で合計8本となる（安達 2011）。

もちろんこれは平均的な言い方で、実際の生産井は蒸気が多く熱水が少ないところ、その逆など地点によって様々な違いがあるので大きく異なる。補充井も地点によって大きな幅があるが、その頻度は平均して3.1年（大岳・大沼を除く）に1本といわれている。だが、補充井の追加が進んでも、多くのところで出力低下をカバーできない傾向にある。

2011年3月現在、全国の地熱発電所の生産井は245本（使用中170本、使用済57本、予備井18本、還元井は209本（使用中131本、使用済53本、予備井25本）となっている（酒井 2012）。

このような状況から、発電所の敷地は当初の広さで収まらず、運転年数とともに拡張が続くのではないかと心配されている。国立公園の地熱開発予定地は平坦なところは少なく、どちらかといえば尾根や谷が発達する山あいの急峻地が多い。造成に伴う地形の改変は、水平方向だけでなくとどまらず場所によっては垂直方向にも及ぶ。風致景観は辞書的にいえば、風景の外観がもたらす趣だが、風景そのものはその自然の成り立ちや営みが表面に現れた姿であるから、単なる“見てくれ”の問題ではない。

ところが景観対策になると、多くはどの地点から見るとどこに景観としての支障が現れるかなど、“そとづら”の価値観だけが基準になるきらいがある。構造物の高さや色、形だけが問題にされる。大きな冷却塔をいくつかのセルに分けて高さを抑える、発電所本館を山小屋風にする、施設の色を周辺に馴染むカラーにする、パイプラインを

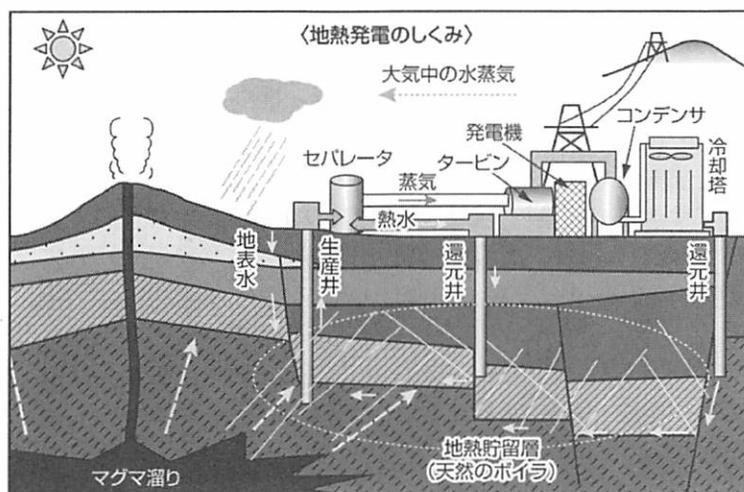


図1 地熱発電のしくみ（日本地熱開発企業協議会パンフレットより）

木々に隠す等々である。これは修景であり悪いことではないが、本質的でないことは確かだ。

## 11 周辺環境と地下環境への影響

生産井で汲み上げられた地熱流体は、気水分離器によって熱水と蒸気に分けられ、それぞれ利用後に熱水として還元井で地下に戻される。だが、すべてが戻されるわけではない。戻される割合を実際の発電所の数値で見れば、澄川地熱発電所約73%、大沼地熱発電所約80%、山川地熱発電所約60%、大霧地熱発電所約77%などとなっている(環境省 2011-2012)。熱水の還元される割合は高いが、蒸気は比較的低い。

還元されなかった分は、主に水蒸気の形で普段は冷却塔から、定期点検時などは坑井基地から大気中へ放出される。水蒸気には大量の硫化水素や亜硫酸ガスが含まれることから、周辺植生に与える影響が懸念されている。水蒸気の方も、気温の低いときには白煙状になって空高く上昇し、周辺に着氷被害をもたらしたケースもある。最近では従来の「直上噴気」を止め、気水分離機を通して乾燥した蒸気のみを大気開放するなど熱交換器の改良や脱硫装置の設置によって、これらの影響が軽減されているといわれるが、解決しているわけではない。

もう一つの心配は、地下の環境に及ぼす影響である。基本的に地熱発電は、自然に噴出している蒸気を利用する行為でなく、多くは地下深部から人為的に大量の蒸気と熱水を引き抜く行為である。都合のよい物質だけが上がってくるわけではない。蒸気井によって異なるが、硫化水素、亜硫酸ガス、メタン、アンモニアなどのガス成分のほか、ヒ素、ホウ素、フッ素、塩化物ケイ素など不都合な物質も上昇してくる。大気汚染や土壌汚染の負荷増大を招く物質だ。特にヒ素は有害物質で地表に放出されれば危険も多い。

いまのところ硫化水素は脱硫装置により、亜硫酸ガスはシステムの内部で燃焼させるなどして軽減させ、ヒ素等は熱水とともに地下へ戻されることになっている。だが、すべての汚染物質が拡散防止、回収されるわけではない。周辺植生に対する影響や河川水への影響など、絶えずリスクがつきまとっている。

坑井のスケール除去の問題もある。現在、抑制のため還元井に大量の硫酸が注入されている。先の環境省の自然環境影響検討会の資料(環境省 2011-2012)によれば、国内地熱発電所の実績値として一日当たり50~1,440 kgもの硫酸が、24時

間連続して投入されている。その量は熱水の成分や還元量によって発電所ごとに異なるが、それにしても大量の投入である。地表ならとても許されることではない。注入された硫酸は地下の岩石と反応して中和されるため、地下水系への影響は小さいと言われている。だが、これは実験室での試験結果に基づくもので、実際の自然の中では確かめられたわけではなく、その影響についてはよくわかっていない。

加えて、熱水の還元位置の問題もある。生産井を通して大量に汲み上げられた地熱流体は、蒸気と分離されたあと熱水は還元井で地下に戻されるが、汲み上げられた場所と同じ所へ戻されるわけではない。多くの場合生産井よりも高い位置の地層に戻される。生産井の近くに戻すと、地熱貯留槽の温度低下をもたらして生産井の蒸気に影響を与える、いわゆる坑井間干渉を招くからだ。干渉による生産蒸気量のコントロールは、非常に難しいとされている。

地下環境は、地表から無数の断層が伸び、地下水脈が複雑に入り組むなど、科学的な調査でもよくわからないことが多いという。その地下水脈の系統的な把握が十分できていない中で、硫酸の投入や汲み上げた熱水を集中して戻すことは、地下汚染の面で問題がある。

地下の出来事は、何事も地上のようにすぐに影響は現れない。数十年とか100年、200年先に結果が現れる。それだけに気がついたときには、手遅れになっている可能性もある。

温泉に対する影響もよくわかっていない。地下探査の方法やそれに基づく地下構造のモデルなどは、一昔前と比べものにならない高い精度を持つといわれている。だが、地熱開発と温泉枯渇の問題は、依然としてすっきりしていない。

温泉と地熱発電については、温泉は比較的温度の低い温水で、地熱は高温の蒸気でまったく別物との認識が多いが、両者は雨水や地表水などの天水を起源とし、同じ湧出機構に基づくので一体にとらえた方が両者の関係を把握しやすい。温泉法でも、温泉とは「地中からゆう出する温水、鉱水及び水蒸気、その他のガス(炭化水素を主成分とする天然ガスを除く)」と定義されており、地熱資源もすべて「温泉」である。温泉法の下で地熱開発を取り扱うことが、リードタイムを長くすると敬遠されているが、地熱開発の環境対策が十分でないうちはむしろ有意義である。

## 12 将来を見通して判断を

わが国の150°C以上の地熱賦存量は2,347万kWで、このうち約82%の1,922kWが自然公園特別地域および特別保護地区にあるとされている。150°C以上の意味は蒸気フラッシュ発電が可能な温度帯を指している。賦存量はあくまで理論上の推計値で、その基になる資源量のカウントが出力10kW以上という現実的でない小さなものを含めている(佐藤 2012)ので、額面通りには受け取れないが、それにしても地熱開発が進むほどに国立公園に対する影響が大きくなることははっきりしている。

国立公園は、わが国を代表する自然の風景地であるとともに生物多様性の屋台骨で、自然環境保護の中核的存在になっている。すぐれた自然は天与の国民の宝であり、いったん破壊されればその回復は困難であるとして、でき得る限り自然のままの姿において永遠に存続することを基本としている。このような国立公園の存在は、地球環境問題が深刻化し、生態系や生物多様性の劣化が現実問題となって生物多様性の国家戦略が喫緊の課題になっている現在、いっそう重要性を増している。

現在、わが国の国立・国定公園は、国立公園30カ所・公園面積209万3,363ha、国定公園56カ所・公園面積136万2,613ha、計86カ所・面積345万5,976haで、国土面積に対する比率は約9.2%となっている。国立公園における特別保護地区は27万8,410haで公園面積の13.3%を占める。同様に特別地域(第1種~第3種)は、123万272ha、58.8%である。国定公園は、特別保護地区6万6,488ha、4.9%、特別地域120万1,689ha、88.2%である。

この数字を大きいとみるか小さいとみるかは、様々な立場で異なると思われるが、良質の自然を少しでも将来に残さなければならぬ先の環境の差し迫った現状を考えると、少なくとも大きい数字とはいえない。さらに、国立公園の地種区分は、たとえば国有地等では将来にわたって森林施業の可能性を残したいとする当時の土地所有者としての意図もあって、必ずしも適切なゾーニングになっていない。とりわけ、特別地域と普通地域については、保護レベルとしてはよりアップすべき地域が多数存在している。

また、ユネスコのMAB計画(人間と生物圏計画)に基づく生物圏保護区域の考えに立てば、特別保護区域と第1種特別地域は中核地域(core area)であり、第2種・第3種特別地域は緩衝地域(buffer area)、普通地域は移行地域(transition

zone)に相当する。緩衝地域は保護の妨げになる活動が禁じられる地域で、許可を得た活動が認められるのは移行地域となる。その意味で、第2種・第3種特別地域における地熱開発は、中核地域に一定の影響を与える可能性が強い。

確かに、再生可能エネルギーへの転換は、これからの社会を考えるとき避けては通れない重要な課題だが、ではそのためには国立公園の自然(価値)を損なってもやむを得ないと考えるか、それとも将来を見渡して重視するのか、その選択の議論は当然しなくてはならない。

その際、地熱エネルギーの確保は再生可能エネルギーというだけで許容されるのではなく、大きくは大量生産・大量消費・大量廃棄のこの浪費エネルギー社会をどう転換していくのかということ、大都市集中から地方分散をはかり、地産地消を基本に据えた低エネルギー社会をいかにつくるかという議論(大久保・石井 2013)を伴う必要がある。

小さくは地熱発電計画によって、地域にどのようなエネルギーの供給と消費が可能か、税収(電源三法交付金・固定資産税)、地元の消費効果、雇用効果、観光資源として利用など開発に伴う副次効果と、反対に開発に伴う経済的不利益やリスクなどについて議論される必要がある。いま、地熱開発は国策で動いているが、これまでの歴史に学ぶと一過性の対策で終わってしまう可能性も強い。地熱開発について、先を見通しながら本来的なエネルギー問題として、地域社会の問題として話し合っていく必要がある。繰り返しになるが、地熱開発も様々な形態があり、様々な活用法もあるので、観念的に一様に否定されるべきではないが、ただ、エネルギー面からばかりでなく、将来を見据えてトータルな見地から検討すべきである。

これまで自然遺産として未来に譲り渡すべきかけがえのない国立公園の自然を、「これくらいの開発なら」、「これくらいの影響なら」を繰り返してずいぶん目減りさせてきた。この愚かさを繰り返さすことだけは何としても避けたいものである。

### 引用文献

- 安達正敏(2011)「地熱資源開発に係わる温泉・地下水への影響検討会」第2回検討会ヒアリング回答.環境省,18pp.
- 北海道(1978)発電用地熱開発基本計画書(上川地区).105pp.
- 上川町(1984)上川町の地熱開発に関する資料.上川町白水沢地区地熱開発促進期成会,84pp.
- 上川町(2012-2013)上川町層雲峡温泉白水沢地区等地

熱研究協議会会議（第1回～第4回）資料. 上川町.  
環境省（2011）地熱発電事業に係る温泉・地下水への  
影響検討会（第1回～第5回）議事要旨及び資料.  
環境省（2011-2012）地熱発電事業に係る自然環境影響  
検討会（第1回～第5回）議事要旨及び資料  
真山 仁（2013）地熱が日本を救う. 角川学芸出版, 187  
pp.

日本地熱開発企業協議会 日本地熱開発企業協議会  
パンフレット ([http://www.re-policy.jp/  
shinenkentou06/1/0613tinetupanhu.pdf#  
search](http://www.re-policy.jp/shinenkentou06/1/0613tinetupanhu.pdf#search))

大久保泰邦・石井吉徳（2013）みんなではじめる低エ  
ネルギー社会のつくり方 日本エネルギー問題  
を解決する15のポイント. 合同出版, 150 pp.

酒井幸子（2012）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. 佐藤好億（監修）  
地熱発電の隠された真実, 日本温泉協会, 280-301.  
佐藤好億監修（2012）地熱発電の隠れた真実. 日本温泉  
協会, 473 pp.

寺島一男（2013）動き出した白水沢地熱開発（その1  
～その7）. グラフ旭川（2013年2月号～8月号）.

植田和弘・梶山恵司編集（2011）国民のためのエネル  
ギー原論. 日本経済新聞社, 318 pp.

#### 寺島 一男（てらしま かずお）

1944年北海道生まれ、大雷と石狩の自然を守る会代表、北海道自然保護連  
合前代表。1972年大雷山縦貫道路問題を契機に自然保護運動を始める。以  
後、大雷・日高・知床など北海道の開発問題や石狩川の公害問題などに取  
り組む。