

化学的に見た地熱と温泉のかかわり

野田 徹郎 (地殻熱部)
Tetsuro NODA

我が国の浅層地熱賦存量は3,000万 kW 相当といわれており 近年は更に深部の地熱資源調査も開始されている。昭和54年8月における長期エネルギー需給暫定見通しによれば 将来の地熱発電量として昭和60年度で100万 kWが見込まれている。しかし現実には 恵まれた地熱資源を有しながら 昭和56年12月現在の地熱による発電量は16.5万 kWに過ぎない。このように地熱開発のペースを鈍化させている主な原因を拾いあげると

- 1) 我が国では地熱開発可能地域の多くが国立公園や国定公園内に含まれ 自然の地熱微候を変質させたり 発電所の建設により自然景観を損ったりするとして開発が規制される。
- 2) 地熱開発は大量の熱を採取し 地下水の流動に変化を与える恐れがあるため 既存の温泉を涸渇させたり泉温を低下させたりする懸念がある。
- 3) 熱水中に含まれるひ素が公害物質であるため熱水を処理する必要があるが 現在採用されている地下還元方式は 還元井の目づまりを主因とする能力低下などのトラブルが多い。
- 4) 地熱貯溜層を探查する技術や 掘削し掘り当てる技術が未熟である。
- 5) 上記したことを含め開発のためのリスクが大きく又 経済性に乏しいため 開発側が積極的に開発に踏み切れない。

地熱や温泉に関する化学的研究を行ってきた筆者の経験では 地熱研究において化学の果すべき役割が十分に一般に認識されていないため 上記諸問題の解決手段を失っている面があると思われる。例えば4)に関しての化学探查や化学検層の技術が 正しく評価されていないことを感ずる。又 上記原因の2) 3)の解決が滞っているのは 地熱と温泉について 両者に対する社会的評価が違ったり 水理的に明確な関連性を見出せないことが挙げられるが このような点についても化学は貢献しようと著者は考える。ここでは化学に関する手近なテーマとして 発電熱水中のひ素の問題を考えることにする。

れている。飲泉の効能が 単に泉質によるものでないことは 各温泉の泉質がまちまちであることから分かる。この点について環境庁監修の鉱泉分析法指針(改定)に療養泉規定なるものが設けられており 泉質分類に基づき 治療の目的に供しうる療養泉を 単なる鉱泉と区別して一層の価値を与えている。泉質分類以外でも ある特殊成分を限界値以上含む温鉱泉は療養泉の資格を与えられる。注目されるのは 特殊成分としてひ素が挙げられ Asとして水1 kg中0.7mg以上含有されれば 療養泉とされていることである。

一方 温泉の飲用が一般化している我が国の現状から温泉に含有されているひ素等が人体に対し障害する恐れなしといえぬため これに対処すべく昭和50年環境庁自然保護局長から通知が出されており ひ素に関しては飲泉によるひ素摂取量が1日0.3mgを超えないように飲用量をコントロールして利用するように基準が設けられている。温泉水中のひ素の含有量は 温泉の生成機構の違いや 他の成分組成によって異なり まちまちである。ただ Cl 含量が大きいほど As 量が多いという関係は一般に成り立つものであり(海水起源水や塩水を除く) およその目安として As 量は Cl 量の1000分の1程度である。

因みに飲泉番付に名の挙げた各温泉地の代表的な源泉の分析値は第2表のようであり Cl 量が多いと As 量も多いことが認められる(有馬を除く)。注目されるのは飲泉によしとされる温泉も結構ひ素を含んでることである。地熱発電に伴って排出される熱水は Cl 濃度が一段と高く As も多い。既地熱発電地域の As に関する代表的な分析例では 大沼5.2~10.6 葛根田1.8~3.2 鬼首0.5~3.9 大岳2.05 八丁原2.4(それぞれ ppm)である。我が国では 公害対策基本法第9条に基づく公共用水域における環境基準として As 量0.05 ppm以下 又 これに係る水質汚濁防止法第3条による排水基準では 0.5ppm以下であることが定められている。地熱発電用の熱水はいずれの地域においても排水基準を越えるひ素を含有するため 熱水を再び地下に戻す いわゆる地下還元方式による処理が行われている。この地下還元がスムーズに行かないことが 地熱

第1表 全国飲み湯番付(三役), 温泉44巻7月号(1976)から抜粋

東	西
横綱 下部 単純泉	横綱 湯 平 弱食塩・単純泉
大関 鹿教湯 単純泉	大関 三 朝 放射能・弱食塩泉他
関脇 上諏訪 単純・食塩泉他	関脇 有 馬 含鉄弱食塩・放射能泉
小結 伊香保 含石膏泉他	小結 俵 山 単純泉

開発が順調に進行しない一因になっていることは前述した通りである。

地熱発電用の熱水に対して 厳しい環境規制が加えられているのは ひ素濃度が高いことと 時間当たり数百トンに及ぶ大量の熱水を排することにある。一般の温泉地でも 別府の例では1時間当たり2,000t 強の温泉水が排出されている。しかも 平均 Cl 濃度655ppm に相関したかなり高濃度のひ素が排出されていると思われるがこれに対する規制は全くなく野放しに放流されている。還元以外の方策として 化学処理によって熱水中のひ素を除去する技術が研究されているが まだ本格的な実用化はなされていない。化学処理法は 環境基準値0.05ppm 以下を目指している。ところでこの0.05ppm という値であるが 第2表に見るように 一般には温泉は基準値をしのぐひ素を含有していると見られる。この観点からすると 地熱発電に対しては含ひ素熱水の排出に関し厳しい規制がなされている一方 一般温泉では規制のない排出が許されているという片手落の結果となっている。

そこで提案であるが この際温泉水発電熱水を分かつず この種の排水については水質汚濁防止法第3条による排水基準のみを適用し ひ素濃度0.5ppm 以下であれば排出できようようにしたらどうであろうか。温泉水については 一部は0.5ppm 以上の濃度を有するものがあるが 大半は現状の排水が続けられるであろうし 発電熱水は 比較的ひ素濃度の低いものは 希釈することによって適温になると同時に ひ素濃度をコントロールできよう。高いひ素濃度の熱水では 薄めきれぬ場合もあろうが 基準値が0.5ppm であれば 化学処理により基準濃度まで脱ひ素することも容易であろう。

基準値以下にひ素濃度を調整した熱水は 需要に応じて周辺地域に配湯される。既存の周辺温泉地で 地熱発電の影響で旧来の湯量が減るようなことがあれば もちろん優先的に配湯される。現在そのような地域では熱交換によって造成した人工温泉が給配湯されているが

第2表 飲んで身体によいとされる温泉の分析値

温泉地名	源泉名	As(ppm)	Cl(ppm)
下部	町共同	不検出	25.7
鹿教湯	大湯	0.002	64
上諏訪	S社有泉	0.360	153
伊香保	6号泉	0.06	247
湯平	給湯事業	0.174	368
三朝	町6号泉	0.124	711
有馬	Aホテル	0.026	1270
俵山	町の湯	0.011	20.0

新しく供給される温泉は 色々な成分に富む 温泉らしい温泉である。ここでは当然熱交換設備も不要である。ただし その地域の需要を上回る熱水があった場合はそれを放流し棄てるのはエネルギーの損失であり 環境的にも好ましくない。温泉は使われてはじめて価値が生じるのであり 余分な利用しない熱水は従来通り 地下還元を義務づける。

発電サイドでは 還元に伴うトラブルを少なくするため 地域における温水の需要を増やすような努力を惜しまないだろう。その結果 地域の特殊性にマッチした多目的の温熱利用が推進されれば 地域の産業が発展し 地球からせっかく取出したエネルギーも有効に活かせることになる。このように発電のみでなく 多目的利用により無駄なく熱水を使う体制が整ったとき 理想的な開発が行われたといえる。このように発電用熱水を蔑視することなく むしろ積極的にグレードを温泉と同等のものに変質させ利用する つまり地熱と温泉の一体化を計ることが 今後望まれる地熱と温泉の理想的なかかわり方ではなかろうか。

ひ素に関連した問題にスペースをさきすぎたため 詳しく触れることができなかったが これまで関係の明確でなかった 熱水と既存温泉のつながりについての化学的な解明法として 化学分析値に多因子分析の手法を応用した数値解析法を現在検討中である。この方法が確立すれば 地熱と温泉の水理的なかわりについて 化学的に言及できるものと考えている。