

温泉熱の利用について

Enthalpy of Thermal Springs

財団法人中央温泉研究所 細 谷 昇

温泉といえば古来より、その利用目的は湯治として国民の保健面に寄与してきたのが主体で他の目的に利用されている例はすこぶる少ない。これは温泉というものに対する日本人の取り扱い方が昔より宗教的な考えを基にしている面が強かったこともあろうが、やはり温泉を管理する立場の行政官庁の指導も大きな原因であったということも否定できない。

しかし最近の世界経済を混乱させた、石油ショック以来、自国のエネルギー資源に対する考え方の洗い直しがとみにすすめられ、近頃ではサンシャイン計画というかっこよい名をつけ、その上クリーンエネルギーという姿で出てきたのが原子力、太陽エネルギー、地熱である。さてこの地熱というのは何でしょうか。

実はこれが温泉のことなのです。というのは地熱という意味を辞書でひくと「地球内部の固有の熱」と書いてあります。それではこの熱を利用するとすれば、この熱を伝えてくる媒体がなければ宝のもちぐされとなってしまうのです。ところがこの媒体は天然のものとして水なのです。従って地熱だけでは利用する立場から見れば何の価値もないのですが、天然水がこの熱を伝えて地上に出てくれば大変なエネルギー資源であると同時にこれは温泉なのです。なんとすれば、温泉法第2条に「温泉とは地中からゆう出する温水、鉱水、及び水蒸気、その他のガスで別表に掲げる温度又は物質を有するものをいう」と明記してあるからです。

この様に温泉は今や地熱という名に代って日本の持つ大きなエネルギー資源の一部に考えられるようになりつつあるわけです。それ故温泉熱の利用は今後広範囲に亘ることになるでしょうが、このエネルギー資源をどのように利用することが吾々にとって最も有意義であるかはまだまだ充分に煮つめなければならないことが沢山あります。

そこで本講は温泉熱の基本的な特性とこの熱が利用されている分野を紹介し、その利用分野の一部である民生面の利用の実例として群馬県草津町の利用計画の実状を述べよう。

(1) 温泉熱の特性

熱エネルギー源といえば吾々の脳裏にすぐ浮かぶのは、石油とか石炭とか言うもので、温泉など眼中にない、その原因は、石油とか石炭から得られる熱エネルギー源は燃料であって、吾々の生活に密着しているからである。そこで、この燃料と温泉熱とを利用熱量からみるとどうであろうか。

燃料とは空气中で容易に燃焼し、その燃焼によって生じた熱が経済的に利用できるものであり、その形態によって固体燃料、液体燃料、気体燃料に分けられる。又生産方法により天然燃料と人工燃料とにわけられることもある。

通常吾々が日常使用している燃料の種類、性状は第1表のようなものである。

第1表からわかることは、燃料は利用目的が何んでもあろうとも使用する燃料を燃焼させるに必要な空気量をあたえればその燃料の量によって発生する熱量は定まってしまうものである。

一方温泉熱の場合はどうであろうか。

温泉には三つの要表がある。即①泉温、②湧出量、③泉質である。この内③は温水、鉱水、蒸

第 1 表

| | 燃料の種類 | 発 熱 量 |
|------|-----------|---------------------------------|
| 固体燃料 | 石 炭 | 5,000~7,500kcal/kg |
| | 亜 炭 | 3,000~4,000 " |
| | コ ー ク ス | 6,500~7,000 " |
| | 半成コークス | 6,500~7,000 " |
| | 薪 | 3,500~4,000 " |
| | 練 炭 | 3,500~4,000 " |
| 液体燃料 | 重 油 | 9,000~10,000kcal/kg |
| | 軽 油 | 9,000~10,000kcal/kg |
| 気体燃料 | 石 炭 ガ ス | 5,000~7,000kcal/Nm ³ |
| | 発 生 炉 ガ ス | 1,200~1,300 " |
| | 高 炉 ガ ス | 900~1,000 " |
| | 天 然 ガ ス | 7,500~10,000 " |

気中に含まれる化学成分である。又①と②とを乗ずれば熱量となる。従って温泉は熱水溶液か又は熱気体と言える。

このように温泉は一つの熱エネルギー源とみなせるが、先に述べた燃料と違うのは利用目的により使用できる熱量（発生熱量と同意味で有効熱量と呼ぶ）が異なるのである。例えば温泉水を浴用に使用したときのことを考える。通常浴槽運転温度は43~41℃と言われているが、浴用に供した時の泉温の意義は浴槽運転温度を境に有効・無効の二つの領域に分けられ、泉温と浴槽運転温度の差が有効温度となる。これを式で表わせば

$$\text{有効温度} = \text{泉温} - \text{浴槽運転温度} \cdots (1)$$

となる。又温泉の三要素の内の湧出量を、この有効温度に乗ずれば有効熱量であり、その関係式は

$$\text{有効熱量 (kcal/hr)} = \text{有効温度 (}^\circ\text{C)} \times \text{湧出量 (l/hr)} \cdots (2)$$

この有効熱量が浴槽運転を支えるもので、都市の風呂に必要な燃料と同じ働きをするものである。又温泉水の利用目的が室内暖房であれば(1)式の第2項は25℃となり、これに湧出量を乗ずれば、その場合の有効熱量となる。

このように利用目的に応じて温泉の熱エネルギー（有効熱量）は変化するもので、これが温泉熱の特性といえる。

(2) 温泉熱の利用分野

我が国の温泉熱の利用分野を列挙すると厚生・民生面では

(i) 温治 (ii) 保健 (iii) 生活用水 (iv) 暖房・冷房(冷蔵)等であり、産業面では (V) 園芸 (Vi) 養鶏 (Vii) 水産養殖(ウナギ、コイ等) (Viii) 製塩 (ix) 発電等である。この内 (i) (ii) (iii) の利用形態は主として入浴であり、温泉熱利用の主体となつて、他はこれ等3つの利用分野にくらべると、その例は数少ない。

(i) (ii) の利用例は温泉に行けばよく遭遇するためにここで述べる必要がないので他の利用分野の例について簡単に述べる。

(2-1) 生活用水及暖房への利用

生活用水として、利用している例は、温泉水の地域給湯である。即、従来からどの温泉地に行っても見られるように、温泉水を利用する施設のほとんどは、旅館、保養所、病院などに限られて、その地に住んでいる人々の家庭への供給はなされていない。それ故地域住民は、温泉の恩恵はそれほど強く身を感じる事がなかった。しかし最近になって、温泉水の配湯システムが確立され、温泉の余剰が大きくなってきたので、生活用水の一部として、直接一般住民にも上水道の如く供給することになり、温泉地に住む人々の保健、衛生面に貴重な役割をなしている。

この実例として数ヶ所の温泉地をあげたのが第2表である。

第2表

| 温泉地名 | 利用施設 | | 温泉湧出量 ℓ/min | 温泉使用量 ℓ/min |
|---------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| | 営業施設 (軒) | 一般住宅 (軒) | | |
| 青森県 浅虫 | 58 | 220 | 1070 | 765 (33,000) |
| 山梨県 石和 | 125 | 160 | 4000 | 2454 (106,000) |
| 山梨県 春日居 | 66 | 103 | 1220 | 625 (27,000) |
| 静岡県 土肥 | 86 | 130 | 2980 | 2480 (107,400) |
| 静岡県 松崎 | 39 | 119 | 660 | 422 (18,250) |
| 東京都 三宅島 | 59 | 37 | 450 | 44 (1,880) |
| 群馬県 猿ヶ京 | 42 | 27 | 600 | 125 (5,520) |

* 営業施設とは、病院、旅館、保養所、民宿、公衆浴場等である。

** () 内は月当りの使用量、単位 (m³)

次に暖房利用であるが、これは、現在、大規模に行われている例はなく、宮城県鳴子温泉の一部で、暖房に利用していることが知られている程度である。しかし、将来、温泉熱の地域暖房に対する利用度は高まることは間違いない。又冷房(冷蔵)も今后重要な課題となる。

(2-2) 園芸、養鶏、水産養殖への利用

これ等の利用を一括して言い換えれば、農業面への利用であり、温泉熱の利用分野としては、地域給湯、地域暖房と同様重要なものである。特に寒冷地の農作物の安定な収穫への温泉熱の利用は色々と研究の対称となっている。

(2-3) 発電への利用

最近マスコミにのって、良く耳にするのが地熱発電であるが、これは温泉熱を利用した発電である。既に大分県の大岳発電所及岩手県の松川発電所は、実用的な運転を開始している。その出力は、大岳発電所は10,000KW、松川発電所は20,000KWと言われている。

しかし、温泉熱の利用効率の点より観ると発電の利用効率は他の分野のそれと比べると、大変に悪い。又温泉熱源を得るために起る環境問題等があるので、将来発電への利用を進展させるには、学術的、技術的に充分検討すべき事項が多い。

しかし日本の熱エネルギー資源としての温泉熱は、今日では、電力という、基幹産業にかかすことができない動力と深い関係を持っていることを、温泉を利用しているものは充分認識し、無計画な使用をなすべきではない。

又醸造、製塩の実例はあるが、紹介する程の規模でない。

以上述べてきた如く、温泉熱の利用は可成り広い分野に亘っているが、現在までの利用状況を

見ると、厚生面、或は民生面への利用度が圧倒的に高い。この原因は最初に述べたようなこと以外に物理的な立場で考えても、うなづける。というのは、温泉地は地熱地帯であるから、その熱量は地下に充分あるが、この熱を地中より持出す媒体が水であるため、地上に出た時の温度に或る限度があり、その温度がたまたま吾々が日常経験するような範囲のものが多く、扱いなれているからである。そこで厚生、民生面への利用の実例として、草津温泉の大規模な温泉熱利用計画に言及しよう。

(3) 草津温泉の温泉熱利用計画

草津温泉は群馬県北に位し、標高約1150mの高地にある温泉地で、昔より湯治場として世間によく知られている。しかし現今では周囲の自然環境に恵まれていることもあって、観光地、保養地としても発展している。

町が管理している温泉地内の9源泉の総湧出量は8883ℓ/min(昭和48年1月)で、その混合平均温度は62.5℃であった。この温泉水は総て利用施設に供給していたのであるが、給湯設備の老朽化とシステムの悪さのため、冬期において、浴槽運転に熱量不足をうたえる利用者も出ていた。そこに観光地或は保養地としての発展が重畳されたため、温泉量の不足と言う現象が生じたのである。そこで町は万代鉦源泉の掘さく許可を得て工事を行った結果、96℃、2600ℓ/minの温泉を採取することに成功した。万代鉦源泉は、町が管理している9源泉の平均温度62.5℃より33.5℃も泉温が高く、源泉の位置の標高からみれば、沸点に近いものである。従ってこのような高温度のものは浴用に直接使用することは危険であり、だからといって、これを冷却するにも水資源がないので、この高温泉の熱を多目的に利用し、その結果、高温泉を適温にし、草津町の温泉問題を解決しようという一石二鳥のねらいで計画が進められたのである。

すでに実行に移された計画は

- (i) 草津町内1881戸(内旅館191戸)に対する温水(真湯)給湯、給湯人口は20,000人。
 - (ii) 草津中学校体育館の暖房・給湯。
 - (iii) 草津町社会体育館の暖房・給湯。
 - (iv) 温水プールと附帯施設の暖房・給湯。
 - (V) 新規利用施設への温泉給湯。
- 等である。内容については割愛する。

(4) 結 言

以上のべてきたように、温泉熱の利用分野は、かなり広範であり、今後更に活用範囲は拡ると確信いたしますが、その利用分野の中でも、温泉熱を直接吾々の日常生活に取り入れた利用方法が一番その有難みをかんじさせることであろうし、又温泉工学の立場からみても、その方が効率のよい使用方法である。

草津温泉の例を取りあげてみたのも、その様な意味も一つにはあったからである。しかも草津町当局は現在進行している計画を達成するのみではなく、将来万代鉦源泉並に町有温泉群の供給システムを合理化し、その余剰熱量を用いて地域住民のために利益になるような計画を進めて行くときいているが、現今の如く世界的に熱エネルギー資源問題がとやかく論議されている折、誠に当を得た温泉熱利用であり、このような利用分野の指針を示した町当局の英知とこれに対する町民の協力には、深い感銘を受けざるをえない。

しかし、草津温泉だけが地熱地帯でなく、各温泉地も地熱地帯であり、それがため温泉が湧出するので、この温泉熱をどのように利用すれば一番効率よく、しかも温泉地に住む人々に、

その恩恵をあたえることができるかという方向づけがなされれば、草津温泉と同様な価値ある計画が進められるのである。

至近な例をあげれば、温泉地の集中管理はたしかに源泉の涸渇対策と既存受湯者への安定供給を主眼としていますが、そのシステムの採り方によれば地域住民に対する熱量供給の役目も果せるのです。これが地域給湯であり、又温泉地で使用する熱エネルギー資源の消費量を少しでも小さくする手段となるのである。この様な地味な積み重ねを各温泉が行なったならば吾が国全体の熱資源対策の一翼を荷うことは間違いない。勿論、このようになれば公開温泉プールはおろか、場合によっては地域暖房もできるのである。それ故草津温泉に高温泉が有ったから今迄のべた計画が出来たというのでなく、この高温泉をどのように利用するかという方向を適確にとらえたことに大きな意義がある。この意義を十分に認識したならば、今日こそ各温泉地の方々が自分の温泉地の温泉熱の重要性を振り返って眺める時期になっていることを痛感するのではないでしょうか。

終りに、本大会にて講演の機会を与えて下さいました会長東京大学教授齋藤信房先生をはじめ、大会準備委員の各先生方に深く感謝する次第です。

参考文献

- (1) 日本地熱調査会：地熱別冊 2号 (1969), 3号 (1970) 温泉学 (V. 10) 日本地熱学協会誌
- (2) 綿抜邦彦・高野穆一郎：温泉科学 25巻1号 (1973) 温泉学と温泉地の各機関の会報温泉地管理
- (3) 細谷 昇 : 温泉科学 22巻3・4号 (1971) 温泉学と温泉地の各機関の会報温泉地管理
- (4) 同上 泉地別冊 : 温泉科学 25巻 2号 (1974) 温泉学と温泉地の各機関の会報温泉地管理