

水質管理と多目的利用

(財)中央温泉研究所
細谷 昇

Water Quality Control in Multiple Utilization of Hot Spring Water

Noboru HOSOYA

Hot-Spring Research Center

吾が国の温泉は古くより、そのほとんどが浴用、飲用に利用され、他の分野への組織的利用は近年までないと言える状況であった。従って温泉法第3章(温泉の利用)は浴用、飲用利用を主体として条文が構成され、他の分野に関する条項はないことでもうなずける。しかし現実はずがであるが暖房、醸造、園芸、製塩などに利用した例も有ったのである。ところが1972年の石油ショック以後自国のエネルギー資源に対する見直しがすすめられ、1974年にはナショナルプロジェクトとしてサンシャイン計画が発足した。この計画の中に温泉も地熱と言う名のもとに石油代替エネルギー資源の一つに加えられ、その結果浴用、飲用以外にも組織的に活用する風潮が生れ、これが最近よく耳にする多目的利用である。なお温泉多目的利用とはいっばん温泉の熱エネルギー成分を浴用以外に利用することの総称で別名他目的利用とも呼んでいる。ところで、多目的利用は温泉熱を合理的に利用することが主目的であるから温泉をエネルギー需要地に輸送したり、或は温泉熱を他の熱媒体(主に普通水)に転化したりする機構が利用するまでの過程で必要となる。この過程の中で問題となるのは温泉沈殿物と腐食とであり、この処置(水質管理)をあやまると多目的利用の成果は期待できない。そこで本講は多目的利用の現況を紹介し、併せて著者が経験した多目的利用の実例とその中でどのような水質管理を行ったかについて述べる。

(1) 温泉熱の特性

熱エネルギーといえば吾々の脳裏に浮かぶのは石油とか石炭とかで、温泉の熱エネルギーなど眼中にない。その原因は石油とか石炭は吾々の生活に密着した燃料であるからである。そこでこの燃料の持つ発熱量と温泉熱量との違いを述べる。燃料とは空気中で容易に燃焼し、その燃焼によって生じた熱を経済的に利用できるもので、利用目的が何んであろうとも単位量の発生熱量は変わらない。しかし温泉熱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1m³の温泉水を浴用に利用すればその有効熱量q₁ [kcal]は

$$q_1 = (\text{泉温} - 42) \times 1000 \dots \dots \dots (1)$$

であるが、同じ温泉を室内暖房に利用すればその有効熱量q₂ [kcal]は

$$q_2 = (\text{泉温} - 25) \times 1000 \dots \dots \dots (2)$$

と変化するのである。但し温泉の比重，比熱はそれぞれ 1， 1 [kcal/kg℃]とする。

(2) 多目的利用分野の現状

吾が国の温泉利用分野を大別すると民生面利用と産業面利用とに分けられる。民生面利用は①湯治，②生活的給湯，③暖房・冷房，④融雪等であり，産業面利用は⑤栽培，⑥養殖・養魚，⑦農業加工(醸造，加工，乾燥)⑧製塩，⑨発電，⑩その他等である。両面の利用度合を比較すると前者の方が圧倒的に多く，その中でも①，②の利用が主軸をなし，その形態は主として入浴である。

環境庁の温泉統計(昭和57年度)によれば国内で浴用，飲用以外に温泉を利用している温泉地は全数(約2100)の1割にあたる214であり，これを図化したものが図1である。図より知れるとおり利用施設規模の大小は別として数だけを見るならば農水産業利用が約70%と圧倒的に多く，民生面の暖房利用は17%強にすぎない。更に発電利用は3%とわずかなものである。図中のその他の部分に属すものは15種にもわたり，その主たるものは雑用水(冷房用水など)，湯の花採取である。めずらしいものとしては馬の治療用，家畜飲用，皮製品製造用，せんべい製造などがある。

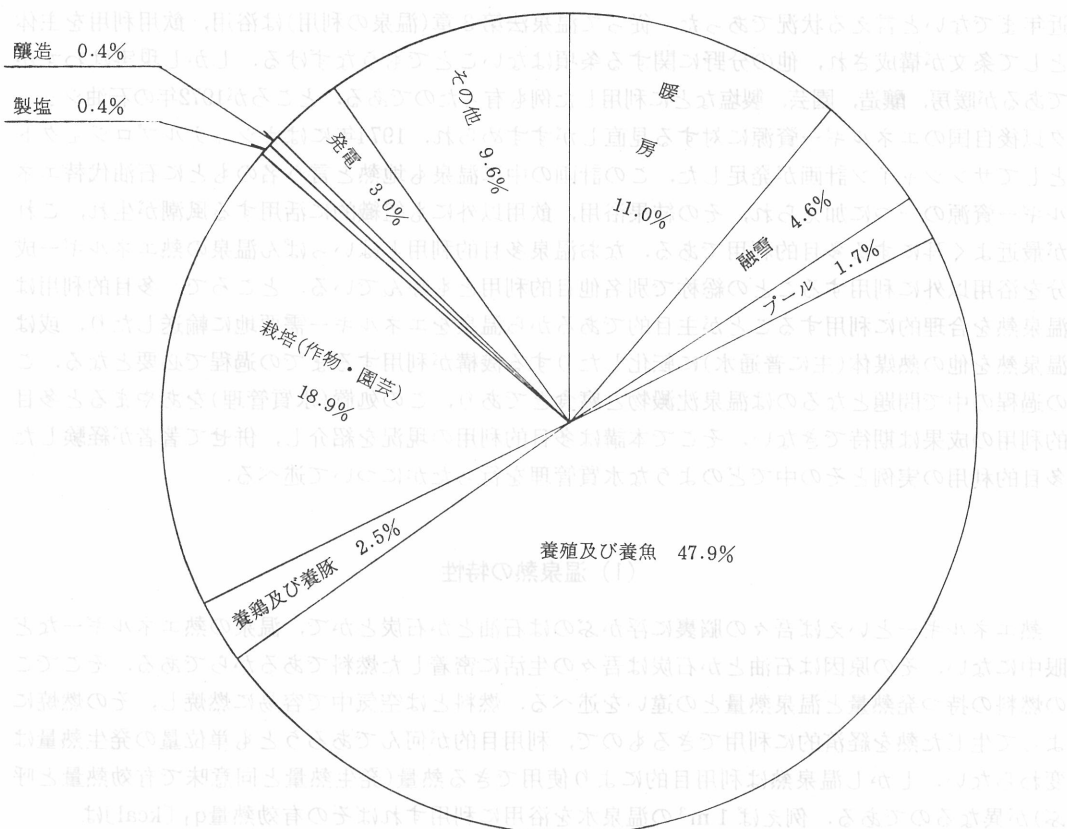


図1 温泉多目的利用分野の現況(昭和57年度現在)
(浴用，飲用を除く)

(3) 泉温別用途

前述したとおり温泉熱は利用目的により変化するのでかならずしも泉温別に利用を分割するのは適当でない。しかし温泉熱を有効に利用し、成果をあげるには標準的な泉温別用途を知っておくことも必要である。温泉を民生用として利用する場合の泉温別用途は単純に図2のようなものと考えてよい。なお地熱蒸気・地熱水の温度別用途はLindal 図¹⁾が有名である。

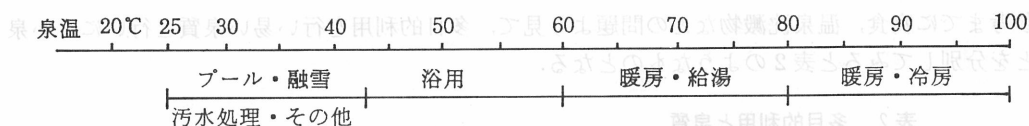


図2 温泉水の温度別用途

(4) 温泉沈澱物

温泉の多目的利用で直面する問題の中に温泉沈澱物の障害と腐食とがある。温泉沈澱物には無機質のものが一般的であり、特種なものとして硫黄バクテリア、鉄バクテリアまたは藻類など生物集落によるもの、土砂類、炭塵などがある。これらの沈澱物は多目的利用施設の機器類、管路などの内面に複合的に付着生成してさまざまな障害を起こす。特に管路内の付着は施設の機能に致命的打撃を与えるものである。なお主たる沈澱物は次のようなものである。

①硫黄質沈澱物②硫酸塩質沈澱物③硅酸質沈澱物④鉄質沈澱物⑤石灰質沈澱物⑥炭塵⑦土砂類。これらの沈澱物の障害対策を整理したものが表1である。

表1 主なる温泉沈澱物とその障害対策

温泉沈澱物の種類	一般的な障害対策
硫黄質	① エアレーション ② pHコントロール ③ 薬品洗浄 ④ 機械的な除去(くたく、けずるなど)
鉄質	① 薬品添加(食品添加物用ポリリン酸ナトリウムが一般的である) ② 除鉄, 脱鉄 ③ 機械的な除去
石灰質	① 注水法 ② 薬品添加(食品添加物用ポリリン酸ナトリウム又は硅酸塩類が一般に使用される) ③ 酸洗浄 ④ 水撃作用応用 ⑤ 機械的な除去(ポリビク工法, 衝撃カタ工法, 高圧水力ジェット工法など)
暖酸質	① 試薬添加法(ポリエチレンオキシド, アミノトリメチレンスルホン酸) ② 滞流法, 浮上分り法 ③ 機械的な除去(石灰質沈澱物と同一)
微生物質	① 薬品添加法(一般に塩素剤である) ② 機械的除去
炭塵, 土砂類	① 沈下法 ② 口過法

(5) 腐食 食

温泉は温水にくらべて金属に対する腐食作用が強い。従って多目的利用施設計画に際し腐食問題は充分配慮することが必要である。温泉の腐食には①温泉水と直接に接しているために起こる腐食、②温泉の水蒸気による腐食、③電食、④温泉中のガスによる腐食などがある。また腐食について特に注意する泉質は酸性泉、硫化水素泉、炭酸泉、炭酸鉄泉、溶存成分量の多い温泉等である。

参考までに腐食、温泉沈澱物などの問題より見て、多目的利用を行い易い泉質と行いにくい泉質とを分別してみると表2のようなものとなる。

表2 多目的利用と泉質

泉 質	利用しやすい	利用しにくい	備 考
単 純 泉	○		
弱 食 塩 泉	○		
重 曹 泉	○		カルシウムの少いもの
石 膏 泉	○		
芒 硝 泉	○		
酸 性 泉		○	温泉沈澱物の生成あり
硫化水素泉		○	同 上
鉄 泉		○	同 上
明 バ ン 泉		○	同 上
重炭酸土類泉		○	同 上
強 食 塩 泉		○	

(6) 利用方式

多目的利用を計画する場合、使用する温泉の泉温、湧出量、泉質、利用目的数等に適應するために基本的利用方式がある。利用方式は直接法、間接法、直列法、並列法の4方法があり、前者2方法は泉質の性格に基づきできたもので、後者2方法は利用形態によって生れたものである。(図3参照)

直接法とは生の温泉水が直接熱負荷の熱源となる方式で、主として温泉沈澱物、腐食等の問題がない泉質の場合とるものである。間接法とは温泉水の熱エネルギーを熱交換器などにより他の熱媒体(主に水)に移し、その熱媒体が熱負荷の熱源となる方式で、主として温泉沈澱物、腐食などに問題がある泉質の場合にとる方法である。直列法(温度別多段利用法とも呼ぶ)は使用する温泉水の泉温を利用目的に応じて段階的に区分し、多段に亘り連続的に利用する方法で泉温が高く、比較的温泉量が少ない場合に用いることが多い。これに対して並列法は利用目的毎に温泉量を配分し、単段で利用する方法で、一般的に泉温が比較的低く、温泉量が多い場合に用いる。しかしこれら4法はそれぞれ独立して使用されるものでなく、現実には4方法を適当に組合せた複合的方法がとられている。

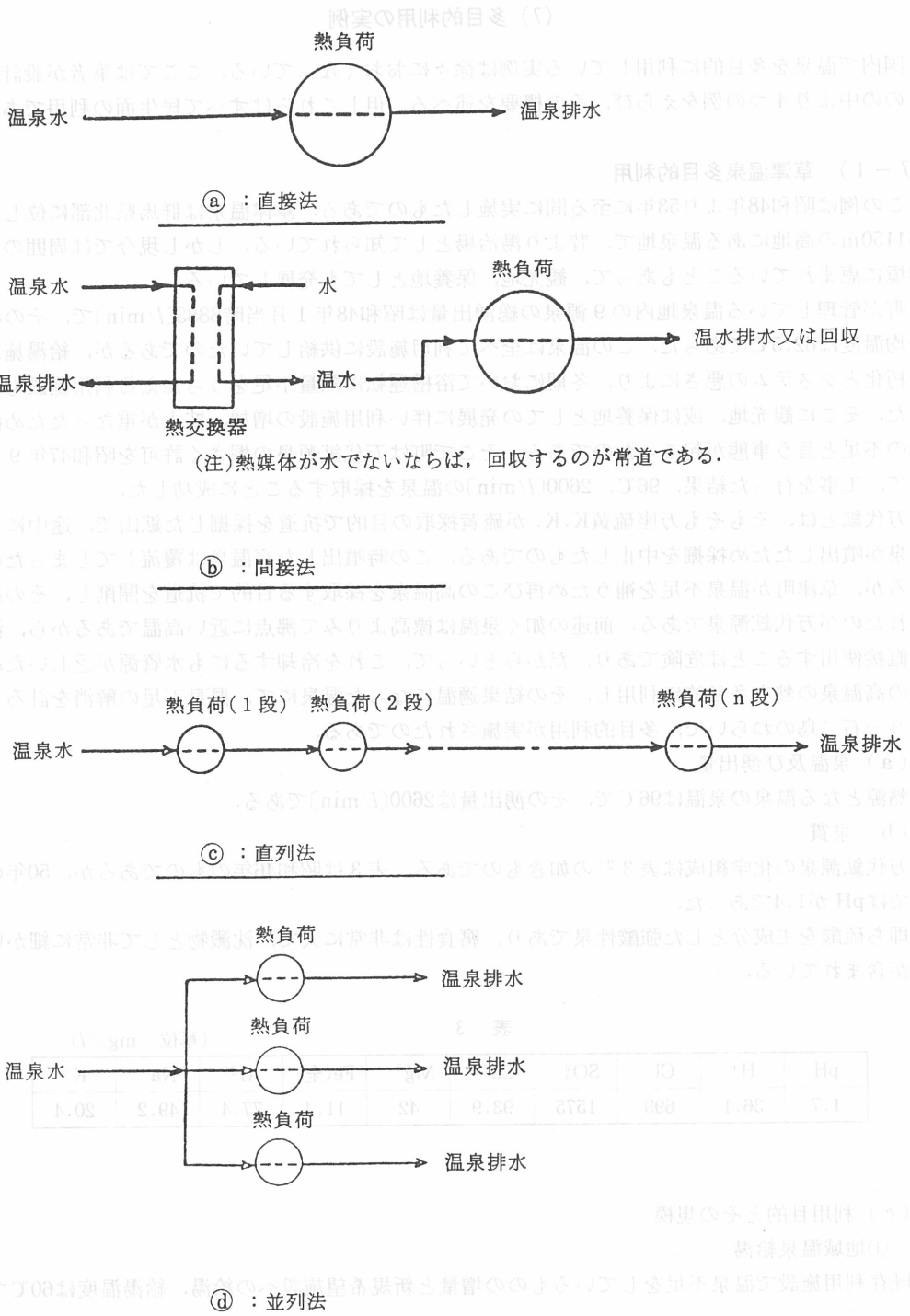


図3 利用方式の概略図

(7) 多目的利用の実例

国内で温泉を多目的に利用している実例は徐々におおくなっている。ここでは筆者が設計したものの中より4つの例をえらび、その概要を述べる。但しこれらはすべて民生面の利用である。

(7-1) 草津温泉多目的利用

この例は昭和48年より53年に至る間に実施したものである。草津温泉は群馬県北部に位し、標高1150mの高地にある温泉地で、昔より湯治場として知られている。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源泉の総湧出量は昭和48年1月当時8883[l/min]で、その混合平均温度は62.5℃であった。この温泉はすべて利用施設に供給していたのであるが、給湯施設の老朽化とシステムの悪さにより、冬期において浴槽運転に熱量不足をうったえる利用施設も出ていた。そこに観光地、或は保養地としての発展に伴い利用施設の増加、拡大が重なったため温泉量の不足と言う事態が起こったのである。そこで町は万代鉱源泉の掘さく許可を昭和47年9月に得て、工事を行った結果、96℃、2600[l/min]の温泉を採取することに成功した。

万代鉱とは、そもそも万座硫黄K.K.が硫黄採取の目的で抗道を採掘した鉱山で、途中にて高温泉が噴出したため採掘を中止したものである。この時噴出した高温泉は覆流してしまったのであるが、草津町が温泉不足を補うため再びこの高温泉を採取する目的で抗道を開削し、その結果生れたのが万代鉱源泉である。前述の如く泉温は標高よりみて沸点に近い高温であるから、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乏しいため、この高温泉の熱を多目的に利用し、その結果適温になった温泉にて、温泉不足の解消を計ろうと言う一石二鳥のねらいで、多目的利用が実施されたのである。

(a) 泉温及び湧出量

熱源となる温泉の泉温は96℃で、その湧出量は2600[l/min]である。

(b) 泉質

万代鉱源泉の化学組成は表3²⁾の如きものである。表3は昭和46年のものであるが、50年の測定ではpHが1.4であった。

即ち硫酸を主成分とした強酸性泉であり、腐食性は非常に大で、沈澱物として非常に細かい硫黄が含まれている。

表 3

(単位 mg/l)

pH	H ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe(全)	Al ³⁺	Na ⁺	K ⁺
1.7	36.1	699	1575	93.9	42	11.4	77.4	49.2	20.4

(c) 利用目的とその規模

①地域温泉給湯

既存利用施設で温泉不足をしているものの増量と新規希望施設への給湯。給湯温度は60℃である。

②地域温水(白湯)給湯

96℃、2600l/minの温泉熱より水道水を用いて温水を造成し、草津温泉市街地及び周辺への地域給湯で、規模は次のようなものである。

給湯軒数：一般住宅：1690軒	
旅 館：191軒	
計	1881軒
給湯人口：一般住宅：6633名	
旅 館：7300名	
計	16333名

であるが将来の増加を見込み給湯人口を20,000名とした。給湯温度は54℃以上とし、水源は水道水である。また給湯能力は2160[m³/d]であり、給湯地域の広さは東西約1.8[km]、南北約1.3[km]である。

③草津中学校体育館暖房・給湯

草津町は標高1150mの高所にあり、冬期の寒気はきびしい。しかも降雪量が多い。このため冬期間の体育授業及び学校行事は体育館を利用することが多いが、体育館内の暖房は石油ストーブを使用して行っていた。しかし失火の心配と授業中の危険とより、当初蒸気ボイラーによる暖房を計画したが温水が造成された結果この温水を利用して温水暖房を行うことに変更され、実施したものである。規模は次のとおりである。

暖房面積：680[m²](演壇部は除く)

給 湯：手洗、洗面、掃除などの用水

④草津町社会福祉体育館暖房・給湯

規模は次のとおりである。

暖房面積：650[m²]

給 湯：手洗、洗面、掃除などの用水

⑤温水プール及びその付帯施設の暖房・給湯

最近水泳プールは小・中学校の体育課程及び地域住民のリクエーションの場として、その必要性がとみに強調されるようになり、特に保養地、観光地に欠くことのできない施設といわれている。このような風潮になったのは海、河川、湖沼などが汚染されたことにもよるが、わが国では水泳プールといえば競泳用に利用するものと言う観念が一般的に強かったが、外国ではリクエーション的なものとしてかなり古くから利用され、健康と娯楽をかねて使用している事実が吾国でも認識されたことも見逃せない原因である。このような意味からすれば草津町にも一般に公開されるプールがあることが望ましい。ところが草津町の気候は冬期が長く、寒さも厳しいが、反面夏期は短く、盛夏であっても日中の最高気温が27℃を超えることはまれである涼しさである。このような気候では通常言われている屋外プールの開設期間約100日と言うことにするには温水プールとし、更に付帯施設は気候に応じて、水泳が出来る状態になる機能を持たせなければならない。しかしこれを実現するには熱エネルギーが必要である。この熱エネルギーを燃料で得ようとするならば莫大な費用となるが、幸い万代鉱源泉の熱エネルギーが利用できることにより町はこの事業を実施したのである。なお温水プールの設計条件は下記のようなものである。

- (i) 使用目的：園児の水浴、小・中学校生徒の体育実技、一般の人々の遊泳
- (ii) 使用期間：6月中旬より8月末日まで
- (iii) 利用人員：1日 600人
- (iv) 使用方法：平日午前中 保育園園児、小・中学校生徒、午後一般公開、但し休日は一般公開のみ。
- (v) 室外温水プールとする。
- (vi) 付帯施設は全て暖房し、特に休憩室は防寒としての機能を有すること。

以上の条件を基とした温泉プール施設の規模は次のようなものである。

鋼鉄製水浴プール：13m (6 コース)×25m×0.9m (平均深)

〃 徒歩プール：面積30[m²]円型，平均深0.3m

付帯施設

事務所：床面積 12[m²]

休憩室：〃 18 〃 (男女別)

更衣室：〃 55.2 〃 (〃)

シャワー室：〃 16 〃 (〃)

足洗い場：〃 11.5 〃 (〃)

便所：〃 29.3 〃 (〃)

機械室：〃 63.05 〃

洗眼・水呑み場：〃 2.4 〃 (男女別)

その他：〃 57.4 〃

またプール用温水，補給温水，室内暖房用熱源，プールサイドパネルヒーティング熱源，プール補熱用熱源，給湯，等はすべて万代鉱源泉にて造成された温水を使用している．暖房した場所は休憩室，更衣室，シャワー室，便所，プールサイド等であり，室内暖房面積は161[m²]，プールサイドの暖房面積は320[m²]である．

プールの温度は気温及び使用目的によって違うが標準を30℃とし，温度調節は自動化されている．なおシャワー，洗面，手洗いはすべて温水を使用している．

(d) 利用方式

利用方式は泉質，泉温，利用目的に適合するよう図4の如き間接一直列法の複合である．

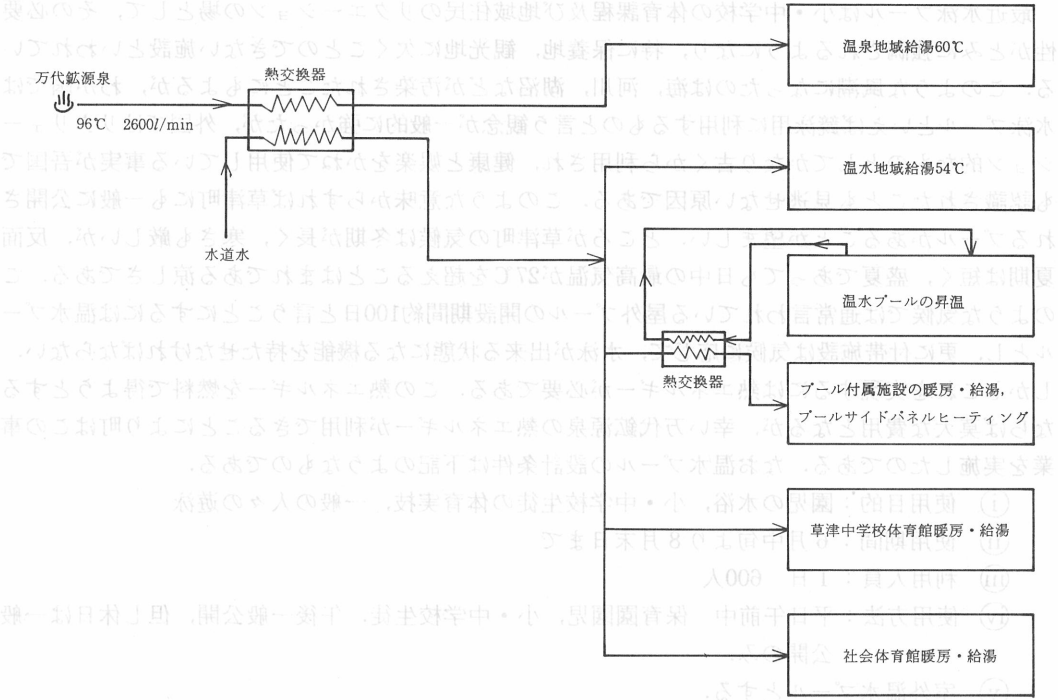


図4 草津温泉利用方式

(e) 熱収支

多目的利用の熱収支は表4の様なものである。但しこれは温水使用量が計画給湯量2160[m³/d]になったときのものである。

表4 熱収支 (58℃基準)

名 称	獲得熱量 (kcal/m)	名 称	損失熱量 (kcal/m)
源泉有効熱量 (96-58)×2600×60	5,928,000	温水高温槽	45,000
		温水低温槽	5,000
		配湯ポンプ 第1地区	30,000
		第2地区	
		加熱用冷却用ポンプ	15,000
		第1地区配湯配管	220,000
		第2地区配湯配管	250,000
		温水第2貯湯槽	4,000
		配湯ポンプ(第3地区)	10,000
		送湯ポンプ	15,000
		第3地区配湯配管	150,000
		中継ポンプ	22,500
		中継槽	3,000
		送湯配管	76,000
		温水造成熱負荷	4,410,000
		中学校体育館暖房負荷	150,000
		社会体育館暖房負荷	143,000
		温水プール及び 付帯施設熱負荷	270,000
合 計	5,928,000	合 計	5,818,500

(f) 利用システム

利用システム系統図は図5に示す。

(7-2) 弟子屈町多目的利用

この事例は弟子屈町が推進している多目的利用の初期段階のものである。

(a) 泉温及び湧出量

熱源としている温泉の泉温は98℃、湧出量は240[l/min]である。

(b) 泉質

泉質は陽イオンとしてナトリウム、陰イオンとして塩素を主成分とする弱食塩泉で、pHは7.2である。北海道道立衛生研究所(昭和49年1月分析)の分析書よりランゲリヤ飽和指数を計算すると1.15となり、炭酸カルシウムの沈澱物が多少生ずると判断され、且つ一硅酸が203[mg/l]含まれているため、温泉沈澱物による障害を考慮すべきものと判定した。

(c) 利用目的とその規模

利用目的は町庁舎暖房、給湯(白湯造成による)及び温泉地域給湯であり、その規模は次のとおりである。

①町庁舎暖房面積：3000[m²]

〃 給湯(白湯造成)：1時間最大給湯量1000l、造成温水温度60℃

②地域温泉給湯：旅館7軒、一般住宅214軒、給湯温度60℃

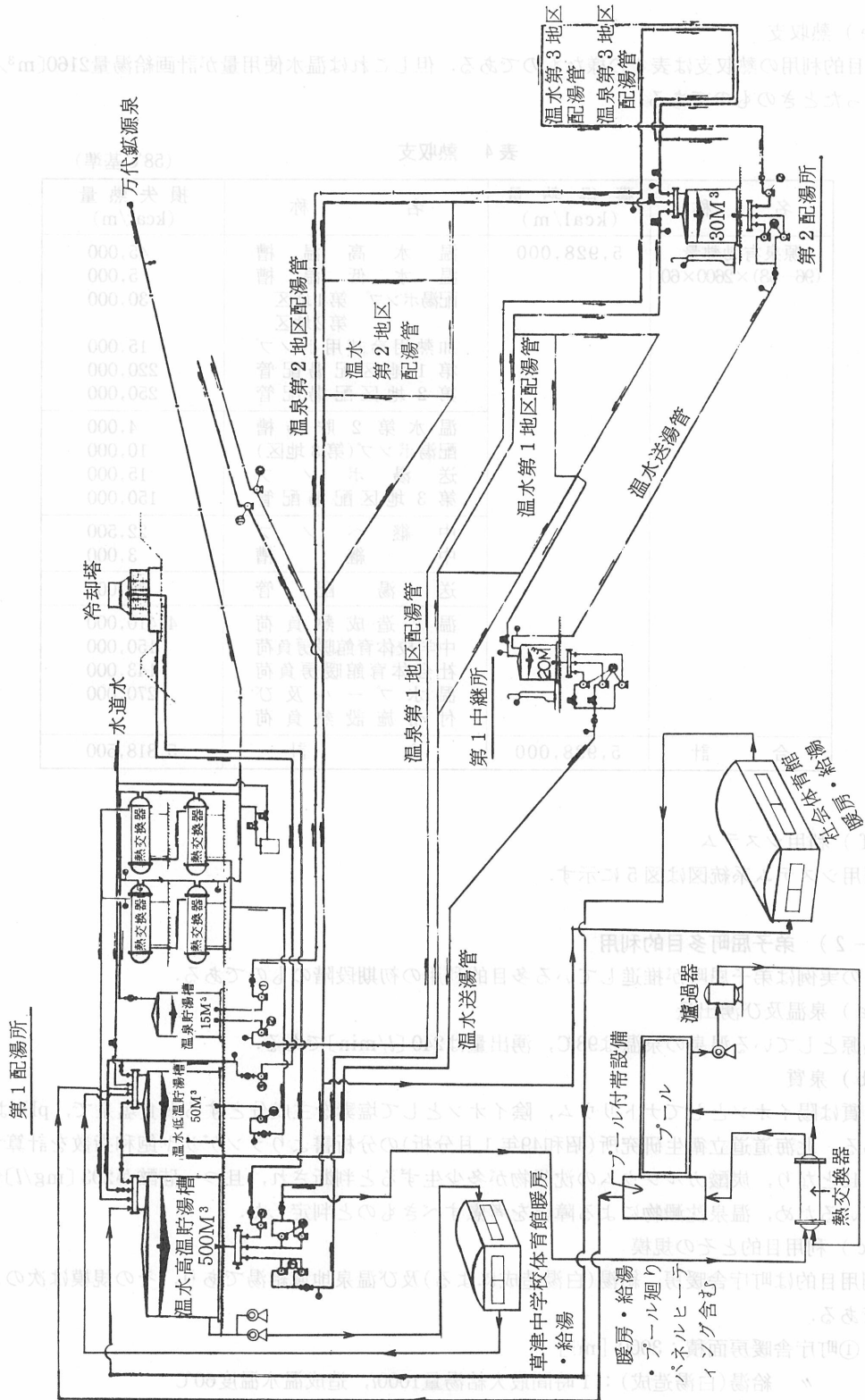


図5 草津温泉多目的利用システム系統図

(d) 利用方式

利用方式は泉温，湧出量，泉質，利用目的，経済性などにより検討し図6のような間接一直列法である．つまり泉質が沈澱物，腐食などに問題があるため，直接に暖房用放熱器などに温泉を流入させず，熱交換器により給湯用水，暖房用水を間接に加熱し，その後68℃程度に下った温泉を地域給湯に使用する温度別多段利用法である．

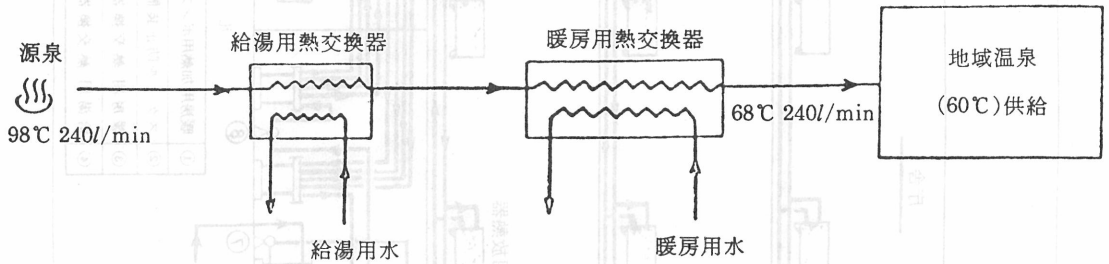


図6 利用方式(弟子屈町多目的利用)

(e) 利用システム

利用システム系統図は図7の如きものである．

(f) 熱収支

熱収支は表5に示す．

表5 熱収支

獲 得		損 失	
項 目	熱 量 [kcal/h]	項 目	熱 量 [kcal/h]
源泉有効熱量 (98-60) × 240 × 60	547,200	庁舎暖房負荷	375,000
		給湯熱負荷	60,000
		温泉供給施設放熱量	110,000
計	547,200	計	545,000

(7-3) 塩原町立上塩原小学校多目的利用

この例は昭和57年度地域エネルギー開発モデル事業³⁾の一環としておこなわれたものである．

(a) 泉温及び分湯量

上塩原小学校に分湯される温泉は61℃，その量は70[l/min]以下である．

(b) 泉質

泉質は陽イオンの主成分がナトリウムで陰イオンの主要成分が塩素とするNa-Cl・HCO₃泉であり，pHは7.3である．温泉の化学成分より石灰質沈澱物の生成度合を検討するとランゲリヤー飽和指数が+0.5前後となるため沈澱物の生成度合はごく小さいと言える．また鉄系統の材料に対する腐食は問題であるが，銅系統の材料に対する腐食はごくわずかである．

(c) 利用目的とその規模

利用目的は校舎暖房，給湯(雑用水)，浴用，融雪などあり，それ等の規模は次の様なものである．

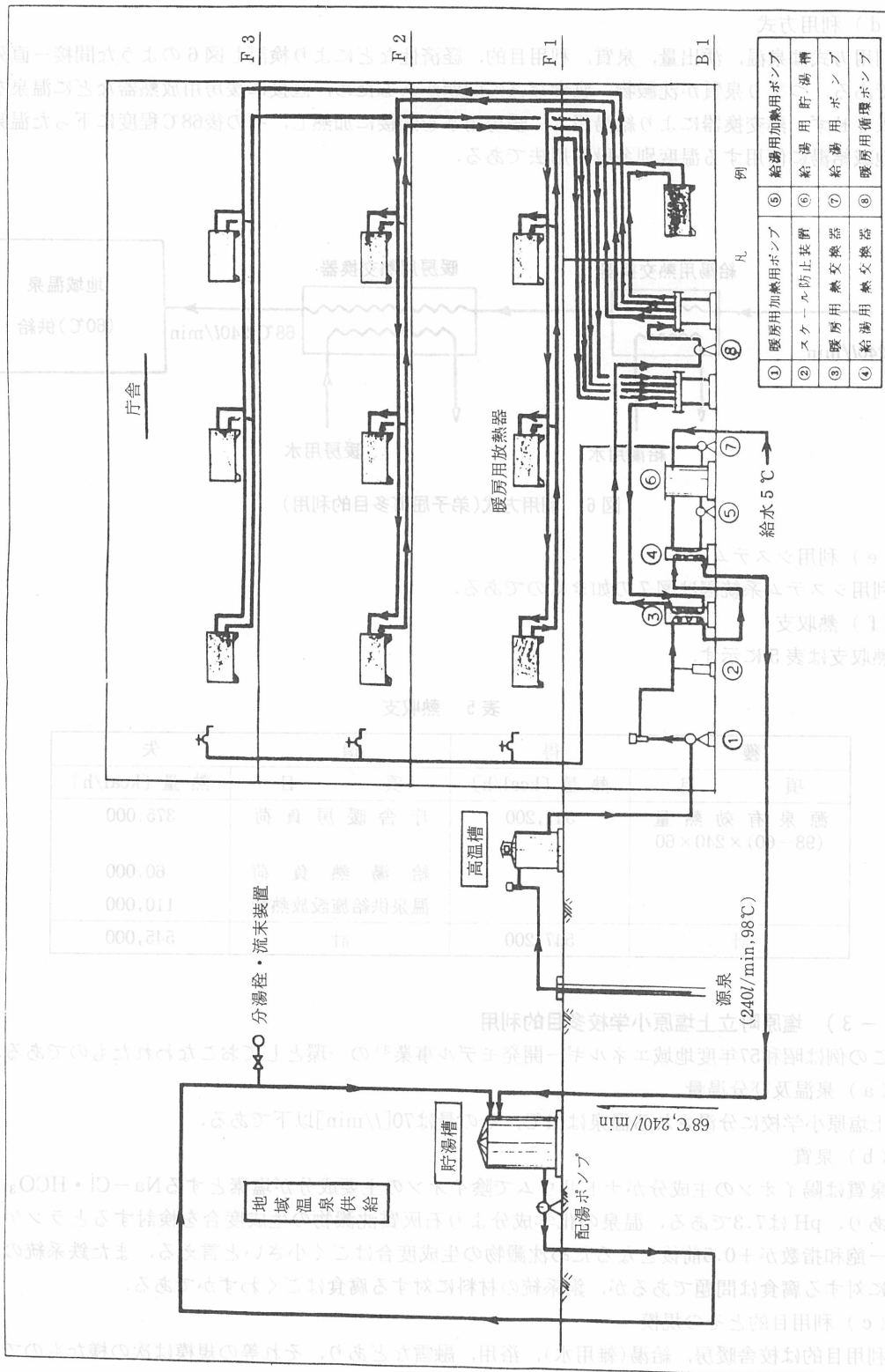


図7 弟子屈町多目的利用システム系統図

暖房面積：1054[m²]
 温泉給湯：時間最大給湯量 300l (雑用水)
 浴槽面積： 2[m²]
 道路融雪： 115[m²](校舎脇きの通路)

(d) 利用方式

利用方式は泉温，分湯量，泉質，利用目的，経済性などを考慮し図8の如き直列-並列法である。

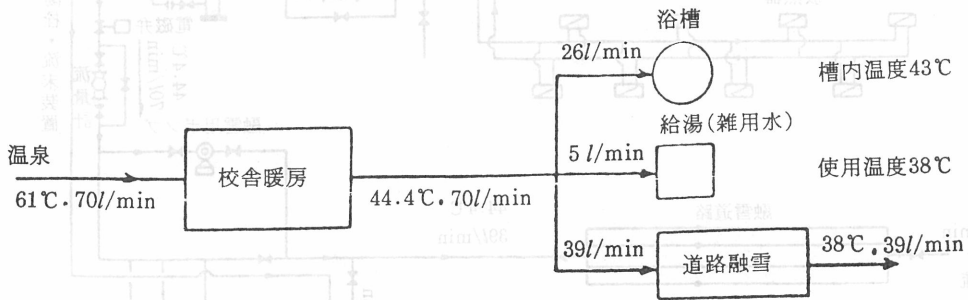


図8 利用方式(上塩原小学校多目的利用)

(e) 熱収支

熱収支は表6に示す。

表6 熱収支

獲得		損失	
項目	熱量 [kcal/h]	項目	熱量 [kcal/h]
温泉有効熱量 (61-38) × 70 × 60	96,600	暖房負荷	70,000
		浴槽運転熱負荷	2,200
		給湯熱負荷	1,900
		融雪熱負荷	15,000
計	96,600	計	89,100

(f) 利用システム

利用システム系統図は図9の如きものであり，図中の熱流量変換器は温泉流入量の増減により室温を適宜調節できる特殊な装置である。

(7-4) 浜坂町国民宿舎はまさか荘の多目的利用

この例は現在実施設計が完了し，暖房加熱部装置改良工事のみ未了であるが，限られた低温泉の有効熱量を経済的効果が現れる範囲内で合理的に使うと言う場合の参考例である。

(a) 泉温及び分湯量

熱源となる温泉は43.6°Cで，分湯量は130 [l/min]である。

(b) 泉質

泉質はカルシウム・ナトリウム-硫酸塩泉(Ca・Na-SO₄ 泉)でpHは7.4である。ランゲリヤ飽和指数は+0.92であるから炭酸カルシウムの沈澱物の発生度合は非常に小さいのであるが，鉄が約1 ppm 含まれ，しかも鉄バクテリアに障害もあるため，源泉よりはまさか荘までの送湯設

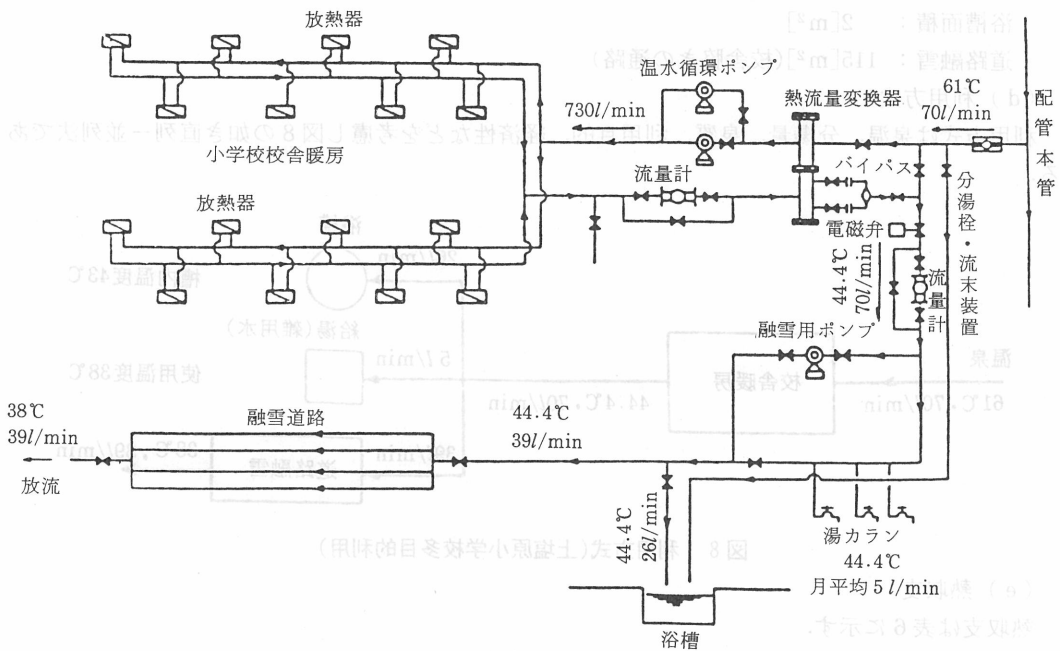


図9 上塩原小学校における多目的利用システム系統図

備にはこの対策がなされている．なお送湯路線の長さは1.3[km]強である．

(c) 利用目的とその規模

利用目的は浴用と暖房であり，その規模は下記のようなものである．

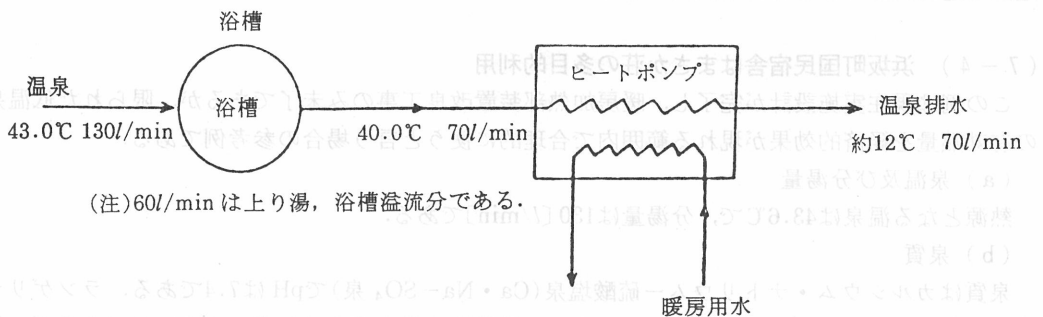
浴槽面積：7.82[m²](男子大風呂)

3.00[m²](女子大風呂)

暖房面積：808[m²]

(d) 利用方式

利用方式は泉温，分湯量，泉質，経済性などより検討し，図10の如き直接一直列法の複合である．



(注)60l/minは上り湯，浴槽溢流分である．

図10 利用方式(町営国民宿舎はまさか荘)

(e) 熱収支

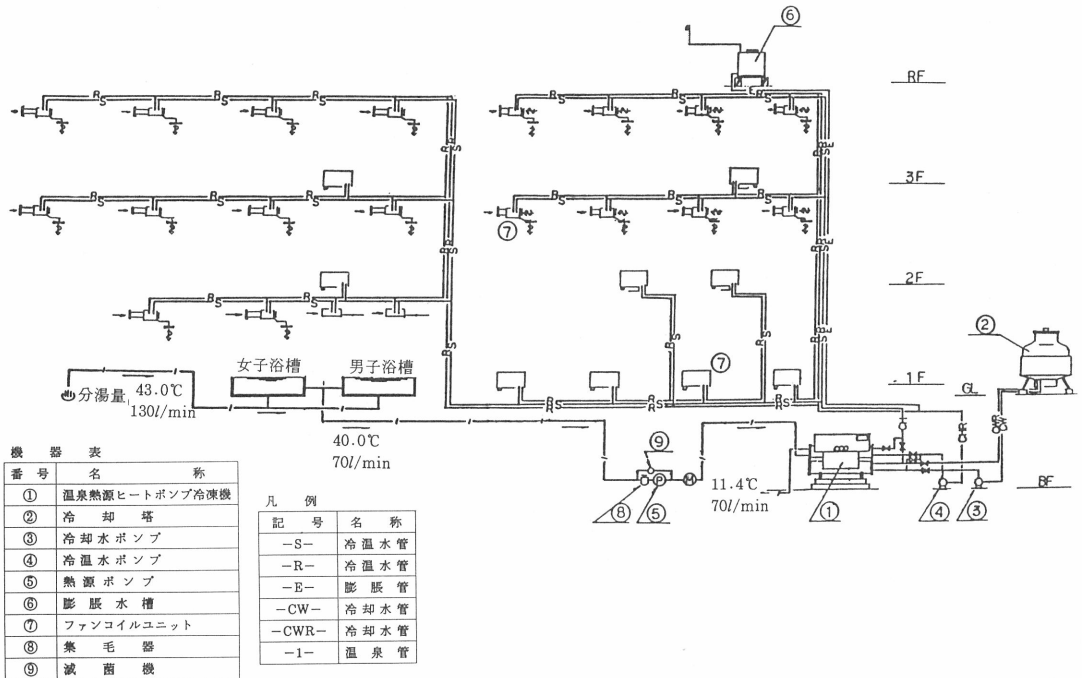
熱収支は表7のようなものである。

表7 熱収支

獲 得		損 失	
項 目	熱 量 [kcal/h]	項 目	熱 量 [kcal/h]
温泉有効熱量 (43.0-41.5)×130×60	11,700	浴槽運転熱負荷	11,700
浴槽排出温泉有効熱量 (40.0-11.4)×70×60	120,000	暖房熱負荷	120,000
計	131,700	計	131,700

(f) 利用システム

利用システムは図11の如きものである。このシステムの特長は温泉熱の特性を合理的に活用していることである。つまり冬期の暖房は浴槽運転(槽内温度41.5℃)に支障のない範囲の温泉量を浴槽より取り出し、これを熱源としてヒートポンプを稼働させ、暖房循環水を加温し、暖房をおこなうため、温泉水の排出温度は11℃強となる。従って43.6℃、130[l/min]の温泉の有効熱量は表7に記してあるとおりの浴用利用のみでは11,700[kcal/h]であるが、暖房利用まで組入ると131,700[kcal/h]に変化することである。またシステム内にヒートポンプを導入した理由は、現在設置してある冷房用冷凍機が償却耐用年数を大幅に越え、しかも効率も悪く経済性をかくこととヒートポンプの使用方法を変えることにより夏期の冷房ができることからである。



番号	名 称
①	温泉熱源ヒートポンプ冷凍機
②	冷 却 塔
③	冷 却 水 ポンプ
④	冷 温 水 ポンプ
⑤	熱 源 ポンプ
⑥	膨 脹 水 槽
⑦	ファンコイルユニット
⑧	集 毛 器
⑨	滅 菌 機

記 号	名 称
-S-	冷 温 水 管
-R-	冷 温 水 管
-E-	膨 脹 管
-CW-	冷 却 水 管
-CWR-	冷 却 水 管
-1-	温 泉 管

図11 国民宿舎はまさか荘多目的利用システム系統図

(8) 結 言

既述した事例は全て筆者の経験した民生利用ばかりであるが、最近では農水産業利用に対する実証試験も進み、大規模野菜団地なども出現している。このような状況からすれば温泉の多目的利用は現今の石油代替エネルギー対策としては一見魅力的に見えるが、しかし事例の中身を深く吟味するならば必ずしもそうではない。なんとなれば本報の事例が成功した背景には多目的利用を行うにあらゆる環境が整っていたからである。若し環境が整っていなければ多目的利用のメリットは非常に少なかったと想像される。従って温泉の多目的利用計画を検討する際には広い視野に立ってあらゆる角度より多目的利用のメリット、デメリットを追求することが重要なことであり、ただ巷説にまどわされ、温泉資源を闇夜の錦とすることは厳に慎むべきである。

参考文献

- 1) Lindal B (1974) Industrial and other application of geothermal energy. The Unesco Press.
- 2) 錦拔邦彦・高野穆一郎：温泉科学 25巻 1号
- 3) 細谷 昇 他：温泉工学会誌 Vol.19 No.1 (1984)

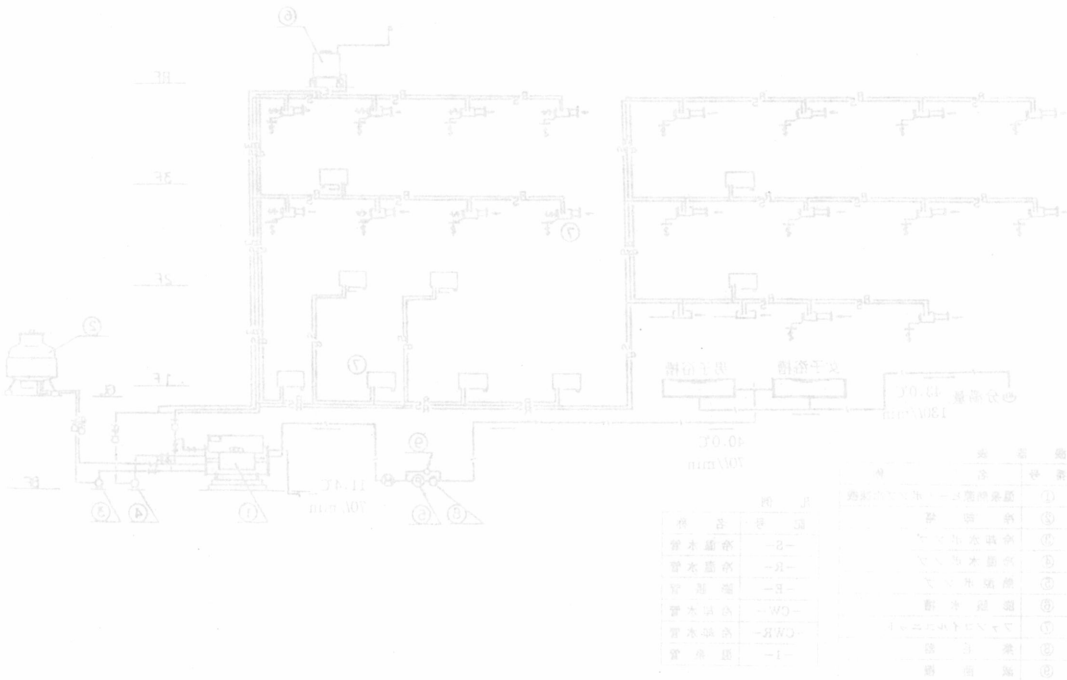


図 温泉施設における多目的利用のシステム図