

# 温泉における熱利用の効率化と地球温暖化への貢献

財団法人日本環境衛生センター理事長  
奥 村 明 雄

## 1 始めに

我が国には、2万8000箇所を超える源泉があり、その分布は、全国に及んでおり、まさに温泉大国といって良い。

温泉は、いろいろの差はあるが、おおむね60℃で湧出し、入浴適温は、40℃程度である。このため、通常は、湧出した温泉は、自然に冷まされ、あるいは水を加えることにより、入浴適温になって利用される。入浴後の温泉水は、なお、20℃前後の温度を保っているが、通常は、そのまま排出をされ、利用されることはない。

従って、これまで、温泉は、入浴適温のところ以外では、殆ど利用されず、エネルギーとしては、無駄に捨てられていると言つて過言ではない。それだけではなく、温度の低い温泉では、ボイラーで加温が行われるほか、上がり湯や冷暖房には、灯油や重油等の化石燃料が使われる場合が多い。

このような状況に鑑み、温泉の熱利用を効率化し、その熱を冷暖房や上がり湯等に転用することができれば、その分だけ石油等の資源を使うことが少なくてすみ、その分だけ、エネルギーの使用を縮減することができる。

また、石油などの使用を抑制することにより、温泉経営のコストの低下をもたらすことが可能である。それだけでなく、CO<sub>2</sub>の排出を

抑制し、地球温暖化に貢献することも可能である。

今、地球温暖化の防止が大きな国際的な課題となっており、昨年秋には、鳩山前総理大臣が国連総会で1990年比25%のCO<sub>2</sub>の削減を発表し、世界のリーダーシップを取ることを宣言している。これまで、国際的なスタンダードに従うことの多かった我が国が地球レベルのイッシャーに率先して、土俵づくりに乗り出したことは、注目されて良いと考える。

他方、我が国の経済は、昨年のリーマンショック以来厳しい経済状況を続けており、その回復は、必ずしも力強いものではない。何よりも、長年に渡り、我が国のリーディングインダストリーであった自動車産業の勢いもややかけりが見られており、我が国経済は、主役不在とも言って良い状況に追い込まれている。

又、超高齢社会と少子化の進行により、我が国の人口は、その絶対数が減少する未曾有の時代を迎えており、GDPにおいても今や中国に追い抜かれようとしているだけでなく、1人あたりGDPにおいてもその順位を著しく低下させている。

こうした状況の中で、注目されるのは、環境対策と経済の両立、グリーンニューディールという考え方である。我が国は、太陽熱発

電やヒートポンプにおいて世界をリードしており、エネルギー効率の高さでも群を抜いている。

こうした強みを生かし、新しい産業を立ち上げる上で、グリーンニューディールの力強い取り組みが今求められていると考える。

このような状況の下で、温泉の熱効率の改善は、一つ一つの温泉施設を取ればそれほど大きな効果がないが、何よりも、全国に温泉が広がっており、まとまれば大きな効果を上げること、コストの低下を通じ、観光産業の底支えにつながり、地域再生に貢献できる等その効果は極めて大きいと考えられる。

環境省においても、昨年度から新たな補助制度を設け、その促進に乗り出しているが、その普及には、まだまだ問題が少なくない。

財団法人日本環境衛生センターでは、このような点に着目し、昨年から、温泉に関する有識者にお声をかけ、「温泉の温暖化対策研究会」がスタートした。同研究会では、温泉熱の有効利用の技術的可能性の研究、温泉熱利用の促進策の検討を開始した。

検討会での検討状況を踏まえ、温泉の熱効率の改善の状況と今後の対応の進め方について述べてみたい。

## 2 我が国の温泉の現状及び温泉熱利用の現状

### (1) 我が国の温泉の現状

我が国の温泉は、平成21年3月末時点での環境省の調べによると、全国の源泉数は、28033箇所で、このうち利用されている源泉数は、18871箇所となっている。又、延べ宿泊利用者数は、1億3268万人を超えており、平均してみれば、国民一人あたり年1回は、温泉を利用している勘定になる。

温泉の湧出量は、毎分約277万リットルとなっており、若干ではあるが前年度に比べて減少している。温泉の所在する市町村数は、1470箇所にのぼっており、宿泊施設数も14787箇所を数えている。その配置は、全国にまたがっており、温泉地は、まさに地域産業の代表であり、観光産業の重要な担い手といつて良い。地域活性化に温泉の果たす役割は極めて大きいと考えられる。

源泉数で見て最も数の多い都道府県は、大分県で、4788箇所を数えている。1000箇所を越える源泉を持つ県だけをあげると、北から北海道、青森県、長野県、静岡県、熊本県、大分県、鹿児島県の各県となっている。逆に、100箇所以下と少ない県は、滋賀県、奈良県、高知県、沖縄県の4県となっている。

温度別に源泉を見ると、42℃以上の源泉数は、大分県が最も割合が高く、86%となっている。これに比べて25℃未満の温泉数が最も多いのは、広島県となっており、都道府県によって、温度差が大きい。

利用源泉の種別は、自噴泉と動力泉に分けられるが、前者が82万箇所、後者が198万箇所で、動力泉が7割を占めており、年々少しづつではあるが、自噴泉が減少し、動力泉が増加する傾向にある。温泉資源の適切な活用が望まれる。表-1に都道府県別源泉数と温度を示す。

表-1 都道府県別源泉数と温度

都道府県	単位	都道府県別源泉数	温度別源泉数		利用源泉数	湯山数(分/月)		合計	1日平均当量熱出力
			25℃未満	25~32℃		自噴	動力		
北海道	2,203	205	180	1,291	1,395	169,521	156,631	269,136	112
青森	1,602	52	251	1,350	1,695	15,478	15,664	174,339	101
岩手	1,106	31	164	227	151	16,651	16,551	95,130	98
宮城	173	29	174	298	151	17,653	17,553	105,256	11
秋田	611	61	111	288	191	19,365	19,837	90,263	181
山形	111	75	121	215	111	21,526	20,021	81,350	132
福島	783	83	161	279	523	30,193	55,113	85,306	169
茨城	178	26	26	26	56	5,486	15,999	21,679	151
栃木	626	59	158	269	163	14,390	14,160	63,683	13
群馬	159	111	113	263	159	31,616	31,081	121,231	112
埼玉	96	24	51	15	99	1,631	15,392	17,983	199
千葉	159	121	30	5	159	2,110	13,017	15,157	95
東京都	155	67	16	37	150	376	25,115	25,521	176
神奈川	629	109	152	286	516	8,143	16,161	29,355	76
新潟	530	57	193	133	528	20,470	50,160	60,575	11
長野	181	31	61	76	181	26,618	13,026	33,899	185
石川	326	28	97	82	207	2,058	31,910	33,998	161
富山	158	32	56	10	128	837	8,280	9,117	71
富山	146	42	212	86	110	16,288	30,759	17,017	107
岐阜	1,042	309	329	606	927	17,477	26,460	123,131	134
岐阜	514	151	177	171	505	15,215	15,113	100,101	10
静岡	2,295	71	306	765	1,142	13,992	107,382	129,571	105
愛知	126	39	66	21	126	86	17,799	17,855	112
三重	213	113	79	51	213	2,971	18,633	51,601	212
滋賀	83	39	13	2	81	1,181	7,730	9,211	110
京都	148	35	64	13	136	3,534	18,315	18,688	135
京都	116	11	97	38	116	2,211	12,103	12,314	5
京都	111	157	202	85	111	6,318	16,103	52,154	118
奈良	95	21	57	17	95	1,361	12,079	13,110	111
和歌山	193	62	316	124	199	11,593	13,371	69,969	122
大阪	311	1	19	129	196	1,367	19,213	19,870	102
兵庫	289	125	169	55	269	17,643	17,600	100,000	107
兵庫	216	128	89	8	216	5,665	17,183	22,261	101
広島	217	285	29	2	316	2,111	21,879	30,294	96
山口	106	277	97	26	106	1,611	21,155	25,798	61
徳島	77	60	17	6	77	1,116	5,518	6,024	78
香川	77	11	11	2	77	1,241	12,400	12,400	61
高知	269	119	73	73	269	5,268	12,400	12,400	61
徳島	97	89	15	2	97	152	3,323	3,625	51
徳島	103	75	298	101	281	1,631	11,559	12,592	111
佐賀	183	50	71	69	181	610	22,325	25,935	125
長崎	201	29	58	111	201	6,339	20,255	26,857	131
長崎	1,106	307	563	123	1,320	22,650	16,952	141,746	107
大分	1,789	97	516	3,680	1,323	35,574	35,574	100,000	23
宮崎	209	36	61	87	181	3,281	20,101	21,187	131
鹿児島	2,828	61	506	1,910	2,567	54,683	35,438	199,232	78
沖縄	9	1	5	2	8	2,020	896	2,916	365

(環境省資料)

## (2) 温泉熱の利用技術

温泉は、温度によって、冷水泉(25℃以下)、低温泉(25℃~34℃)、温泉(34℃~42℃)、高温泉(42℃以上)に分けられる。

温泉熱の利用は、高温泉だけでなく、低温泉においても、図-1や次の区分により利用することが考えられる。

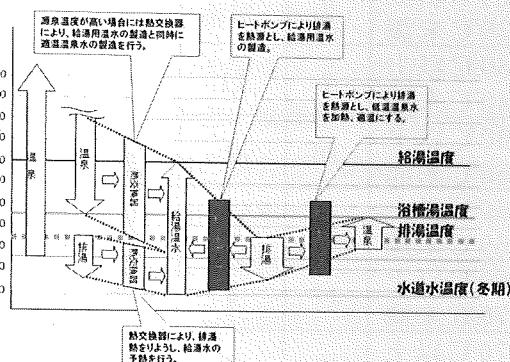
①高温熱は、その熱を熱交換により、井戸水又は水道水を加温し、給湯や暖房に利用することができる。

②低温熱は、温泉として利用しない源泉水を熱源として、ヒートポンプを活用して利用することができる。

③排湯熱は、排湯を熱源として、ヒートポンプを活用して利用することができる。

④メタンガスは、ボイラの燃料として利用、コジェネレーションによる発電とその排熱として利用することができる。

その概念図は、以下の通りである。



## (3) 温泉熱利用の現状及び経営者の考え方

研究会では、温泉熱の利用状況と温泉施設での熱利用に対する意識などを把握するため、社団法人日本温泉協会のご協力をいただき、会員のうち、客室数50室以上の宿泊施設(264施設)、入浴料500円以上の入浴施設(79施設)、地方自治体が運営管理する施設(107施設)を対象に、アンケート調査を行った。

アンケート調査は、郵送により行った。発送数は454、回収数は150であり、回収率は、33%であった。複数の源泉を有する施設があるため、回答数は、151施設(宿泊施設93、日帰り施設47、その他施設11)となっている。

調査の対象となった施設の温泉温度を整理

すると、25°C未満の施設が10施設で約7%、25°C以上40°C未満の施設が23施設で、約15%、50°C以上の施設が118施設で78%となり、調査対象施設としては、50°C以上の高温泉施設が圧倒的に多い結果となった。表-2に施設形態別源泉温度を示す。

表-2 施設形態別源泉温度

源泉温度	宿泊	日帰り	その他	合計
25°C未満	5	5	0	10
25°C以上 30°C未満	2	1	0	3
30°C以上 40°C未満	7	11	2	20
40°C以上 50°C未満	16	9	3	28
50°C以上 60°C未満	24	12	3	39
60°C以上 70°C未満	17	4	2	23
70°C以上 80°C未満	9	4	1	14
80°C以上 90°C未満	6	0	0	6
90°C以上	7	1	0	8
合計	93	47	11	151
無回答	-	-	-	4

注) 宿泊: ホテル、ホテル+温泉旅館、温泉染旅館、

温泉旅館+日帰り施設

日帰り施設: 温浴施設、温浴施設+デイサービス、  
スパ・スポーツ施設

①この調査から見た熱利用の現状は、次の通りであった。

温泉熱の利用の有無については、151施設から回答があった。このうち、温泉熱を暖房に利用している施設は、12施設、給湯設備の水道水の予熱に利用している施設が23施設となっている。両方合わせた35施設は、23%であり、十分利用が進んでいるとは言えない状況である。暖房に利用している施設の平均源泉

温度は、68.7°Cであり、給湯設備の水道水の予熱に利用している施設の平均源泉温度は、65.2°Cといずれも温度の高い施設であった。又、暖房設備と給湯設備の水道水の予熱の両方に利用している施設は、9施設であった。表-3に利用状況を示す。

表-3 加温設備と給湯設備、暖房設備の利用状況

利用方法等	施設数	源泉温度(°C)
加温設備、給湯設備、暖房設備は別々の設備である	48	-
加温設備と給湯設備のボイラは共有である	52	-
給湯設備と暖房設備のボイラは共有である	39	-
暖房設備に温泉を利用している	12	53.5~98 (平均68.7)
給湯設備の水道水予熱に温泉を利用している	23	34.8~98 (平均65.2)

又、低温の施設・排湯熱の利用については、3施設のみが熱源としてヒートポンプを利用しているだけで、低温熱、排湯熱の利用は殆ど行われていない。表-4にヒートポンプの熱源の内訳を示す。

表-4 ヒートポンプの熱源

熱源	宿泊	日帰り	合計
温泉源泉	1	1	2
温泉排水	1	0	1
合計	2	1	3

又、温泉水と共に吹き出してくる可燃性天然ガスについては、有効利用している施設は、1施設のみで他の殆どの施設がそのまま放出しており、有効利用はされていなかった。

表-5 温泉付随ガスの有無と有効利用

付随ガス	回答施設数		有効利用先
	有り	なし	
有り		17	
なし	有効利用有り	1	サウナの熱源 (3.4m³/日)
	有効利用なし	16	-
計		109	-
		126	

②温泉熱の利用に関する関心度合いを見てみると、図-2に示すように全体の9割の123施設が関心を持っており、既にいくつかの方法を実施しているのは少ないが、「大変興味があるので具現化したい」「将来考えていきたい」との回答を合わせると、76施設と、全体の6割の施設が温泉熱の利用に前向きの姿勢を示している。

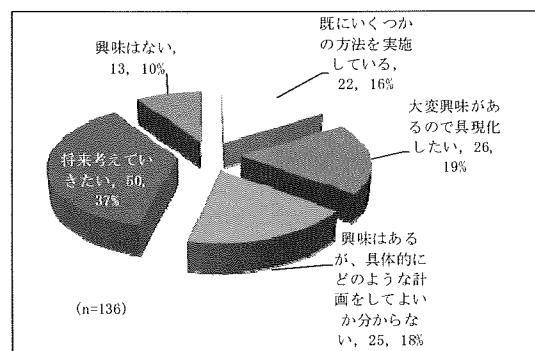


図-2 温泉熱利用への興味

エネルギー価格の上昇などの要因もあって、改善の熱意は高いと思われるが、「具体的にどのような計画をして良いかわからない」という回答に見られるように、どうしたらよいかでとまどっている様子も見受けられる。

温泉熱回収システムや省エネ・環境配慮型等の表現によるPR効果について尋ねたところ、「PR効果はある」と回答した施設は約16%、「PR効果は期待できないが環境に優しい温泉として有効と思う」との回答の67%を含めると、殆どの施設が有効性を認めていると思われる。

しかし、厳しい顧客状況を反映して「殆ど効果はないと思う。特に新規のお客様の獲得は難しい」とする施設も16%程度ある。

このように見ると、温泉施設の経営者の温泉熱の有効利用への関心度は、相当程度

高いと考えられる。しかし、その効果や具体的な施工方法などへの理解が十分でないことや財政面での制約が大きいことなどから利用の進展が見られていないものと考えられる。

### 3 温泉熱利用の事例とその効果

#### (1) 温泉熱利用による効果

温泉熱利用による効果については、経済産業省北海道経済産業局の作成したパンフレットに、いくつかのモデルプランが示されている。一例を挙げると、温泉宿泊施設で、温泉温度が68°Cと高温の場合で、給湯に使用している井戸水の加温に温泉の熱を熱交換器を使って活用する方式である。これにより給湯ボイラに使用している灯油分の省エネを期待するものである。

この場合は、灯油料金などランニングコストが年間680万円節減され、イニシャルコスト（設備設置費）2023万円は、3年で回収される計算になっている。3分の1の補助があれば、回収は、2年に短縮される。この場合のCO<sub>2</sub>排出削減量は、年間250トンとされている。

又、具体的な実施事例としては、次のような例が紹介されている。

北海道の温泉旅館で、源泉温度は32°C、排湯温度は28°Cで、温泉排湯からヒートポンプで熱を回収し、温泉温度の昇温と給湯に利用している。省エネルギー量は、原油換算で年間60 k L、CO<sub>2</sub>排出削減量は、年間220トンとなっている。

次に、研究会のメンバーである稻川寿之氏の実例を参考として紹介する。(以下は、「CO<sub>2</sub>削減プロジェクト最前線」(カナリア書房刊)

による。)

同氏によれば、「温泉で得られる年間熱量は、灯油で換算すると、966万キロリットル、これはCO<sub>2</sub>換算では、2405万トンに相当」し、これだけで、「1990年の温室効果ガス」「の2%に相当する」としている。

又、同氏の基本的な考え方は、同氏の源泉から湧出する72°Cの温泉水を入浴適温の42°Cまでに下げる際の予熱と施設で一度使われた約40°Cの排水を12°Cまで下げる際の排熱に熱交換器を使用し、そこで発生した熱エネルギーを暖房や給湯に役立てるというものである。

具体的には、それまでは4箇所のボイラ昇温設備に灯油で時間あたり620リットルを用いていたが、その代替として、水熱対応型のヒートポンプを使用する方式を採用している。この結果、年間222トンのCO<sub>2</sub>排出量を削減することができ、約780万円のコスト削減となつたとしている。

又、同様の対応で、年間約400トンのCO<sub>2</sub>を削減し、約1300万円のコスト削減を実現したホテルの実例も挙げている（同上「CO<sub>2</sub>削減最前線」による）。

このように、温泉熱の活用をうまく行うことにより、灯油などのエネルギー使用を節減し、コスト削減を図ることが実現する。このため、投資コストは、数年で回収することができ、その後は、プラス効果が永続することになるのであれば、経営的にも十分検討に値すると言えられる。国の補助制度が加わることにより、回収期間の短縮化が図られ、よりスムーズに導入がされることとなる。

なお、研究会での表-6の試算条件によれば、全国に散在する温泉施設の2割がヒートポンプや熱交換器を使って熱利用を行った場合は、表-7に示すように年間で54000トンから369000トンの間で、CO<sub>2</sub>の削減が可能になると推計している（源泉使用量により大きく左右されるので、幅を持って積算している。）。これは、21600haから147600haの森林で吸収される量に匹敵する。

表-6 試算条件

源泉温度(°C)	温泉施設数(推定)	熱利用実施施設(推定)	熱利用方式
25未満	3,632 <sup>1)</sup>	726 <sup>1)</sup>	ヒートポンプ
25～42未満	6,129 <sup>2)</sup>	1,225 <sup>1)</sup>	ヒートポンプ
42以上	12,031 <sup>3)</sup>	2,406 <sup>1)</sup>	熱交換器

環境省資料を基に作成  
温泉施設総数(22,700) = 宿泊施設(14,787) + 温泉利用の公衆浴場(7,913)  
1) : 温泉施設総数×0.16 (25°C未満の全国温泉源泉数の比率)  
2) : 温泉施設総数×0.27 (25～42°C未満の全国温泉源泉数の比率)  
3) : 温泉施設総数×0.53 (42°C以上の全国温泉源泉数の比率)  
4) : 温泉施設数(推定) × 0.2 (25°C未満から42°C以上の各施設における実施率；仮定)

表-7 年間CO<sub>2</sub>削減量

源泉流量(L/min)	20	30	40	50	100	120
年間CO <sub>2</sub> 削減量(1/年)	54,075	81,112	108,149	135,187	262,965	368,898

## (2) 温泉熱の地域利用の例

温泉熱を地域的に活用する事例もある。ここでは、群馬県草津町の事例を紹介する。

草津町は、我が国での有数の温泉地で、行政と温泉施設が一体となってさまざまな事業を開拓している代表的な温泉地である。同町では、平成21年3月に「草津町観光立町推進基本計画」を作成し、公表している。その中では、観光立町のコンセプトとして、歩きたくなるまちづくり、温泉地での健康づくりにあわせて、温泉熱利用など環境に優しい町づくりをあげているのが注目される。

同町では写真-1、2の様に、既に温泉熱利用による水道水の加温による温水供給事業、温

泉の熱利用による道路融雪事業を実施しており、CO<sub>2</sub>の削減に大きな効果を上げている。又、「基本計画」では、「温泉資源は、無尽蔵でないことを認識し、温泉（温泉熱）の利用について、厳正な維持管理を行うと共に、さらなる効果的・効率的な利用方法を検討する」としている。

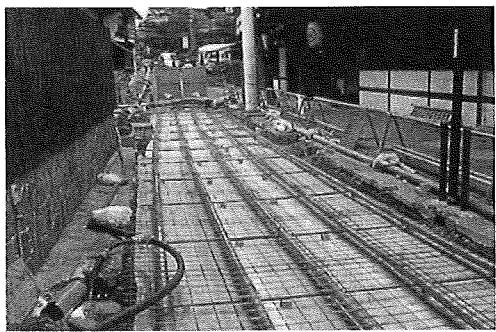


写真-1 温泉熱を利用した道路融雪  
(工事中の道路下埋設配管)

出典：2002草津町勢要覧



写真-2 温泉熱利用による温水  
(水道水加温)供給の貯湯タンク

出典：2002草津町勢要覧

#### 4 温泉熱の利用が進まない要因

これまで述べてきたように、温泉施設における熱利用は、これまで余り進んでいないのが現状である。これには、次の二つの要因があると思われる。

その第一は、温泉経営者への普及が十分でないことである。アンケートで見る限り、問題への認識は十分あると思われる。特に、近年の燃料代の高騰等から何らかの対応が求められており、コスト低下の効果も高くなっていると思われる。しかし、温泉経営者は、必ずしも熱利用の専門家ではないので、熱利用の技術的可能性やその効果についての理解が十分でなく、投資への意欲につながっていないのが現状である。

その第二は、財政的要因である。景気の低迷と団体旅行の減少から、温泉地への入り込み客が減少しており、温泉経営が厳しく、お金がかけられないのが現状と思われる。このためにも、補助金による誘導や自己資金に対する政策融資による手当が望まれる。

#### 5 今後必要とされる方策

調査結果などを踏まえて、今後、必要とされる方策をあげてみたい。

まず第一に、温泉経営者に対する理解を増進することである。

まず何よりも、熱利用の必要性と効果について、理解を深めると共に、様々な方法を使って、成功事例を紹介することにより、理解を高めることができると考えられる。

又、パンフレットなどにより、積極的な情報提供を行い、取り組みへの誘導を図ることも重要である。このため、わかりやすいパンフレット等の作成配布が望まれる。

その第二は、国の補助制度の充実と補助条件の改善である。

現行の補助制度は、スタート時であるため、予算規模も必ずしも大きくない。又、補助率は、3分の1であり、関連工事が重なってくると、自己負担分が大きくなる傾向がある。関連工事分も含めた補助対象範囲が拡大され、補助率が引きあげられるならば、補助希望対象の拡大に役立つのではないかと考えられる。

又、これまでのところ、補助制度自体に対する認知度が必ずしも高くなく、又、十分な検討期間がないため、申請が進んでいない可能性がある。十分な検討期間が必要であろう。

その第三は、コンサルタント機能の拡充である。

温泉経営者は、施設整備や補助金申請に関する知識が十分でないので、効果の説明、手続き面での便宜を図ること、関連工事も含めた設備工事の企画などのコンサルタント機能の拡充を図る必要がある。このためには、国など行政だけでなく、民間の立場からの努力が求められる。

その第四は、関連業界との連携である。

東京都で動き始めた温暖化対策のいわゆるキャップアンドトレードの仕組みは、産業界に大きな影響を及ぼしつつある。更に、これに続く都道府県もでつつある。

国においても、地球温暖化対策法が立案され、国会に提案されている。又、これと同時

に、排出権取引に関する動きも進んでいる。

CO<sub>2</sub>を多量に排出する産業においては、自己の削減努力だけでは足りず、相当程度排出権の買い入れに依存するところも出てくる可能性があるが、これを外国からだけ買い入れることは、適切ではないであろう。

国内での家庭や小規模施設などでのさまざまなCO<sub>2</sub>削減努力が、排出権取引でサポートされるならば、温泉における熱利用の改善努力にも追い風となるであろう。電力業界など関係業界との連携をシステム化する必要があるのではなかろうか。

その第五には、広い意味での温泉運営の改善を行うことがあげられる。

温泉資源の効率的な配分と温泉資源の保全を図る観点から、多くの地域で温泉の集中管理が行われ、地方自治体の財産区や民間会社により、給湯事業が行われている。

しかし、これらの事業の中には、利用料金引き上げに制約があることなどから、配管の老朽化（例えば水道事業などに比べ、配管が傷みやすいのは当然であろう。）に対する対応に遅れが見られること等から熱やお湯の漏出が発生しており、熱効率がかなり低下しているところが少なくないと考えられる。

温泉熱の有効利用とCO<sub>2</sub>の削減を図るためにには、これらの集中管理事業の適切な管理、施設の改修の促進を図ることが必要である。しかし、これらの事業の利用料金引き上げが難しいことなど経営上の問題を抱えている場合も少なくない。熱効率の改善とCO<sub>2</sub>の排出を抑制する観点からは、何らかの政策誘導措置を講ずることが望まれる。

又、温泉熱の活用を促進するためには、高

温部での熱効率を高めると共に、入浴終了後の排水に関しても熱利用の効率化を図ることが考えられる。

しかし、入浴後については、髪の毛の処理等面倒な問題もあり、これまでのところ、効果的に行われることは少ないと考えられる。

こうした分野については、給湯時の集中管理と合わせて、排水時の集中管理を実施することにより、適切な排水と適切な熱利用を合わせてより効率的に実施することができる可能性がある。

これまででは、排水については、このような実例はないが、今後、何らかの政策的誘導を行うことにより、可能性が生まれるとも考えられる。