



Title	地熱地域暖房の二次側設備の日欧比較
Author(s)	俣野, 恭寛
Description	第8回衛生工学シンポジウム (平成12年11月16日 (木) -17日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 建築環境・エネルギー利用 . 3-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 8, 125-130
Issue Date	2000-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7221
Type	departmental bulletin paper
File Information	8-3-1_p125-130.pdf



3-1

地熱地域暖房の二次側設備の日欧比較

俣野恭寛 (地熱暖房研究室)

1. はじめに

近年、地球温暖化対策、化石燃料の低減策として再生可能な自然エネルギー活用の面から大陽光、風力、地熱の利用が叫ばれている。日本においては、これら三者の中で地熱は気候や天候に影響されないこと、注意深く計画すると相当の持続性を持ち、経済性のあるシステムを作る可能性が大きいことが知られている。

地熱利用の分野として地熱発電とは別に、地熱の地域暖房への利用が有利と考えられる。諸外国で地熱を地域暖房に利用している国として、アイスランド、フランス、イタリア、ハンガリー、米国、中国等があげられる。日本においては、温泉の地域給湯として諏訪市や草津町など、比較的多くの例がある。しかし、地熱の暖房利用について規模の小さなものは多いが、地域暖房への利用は北海道の弟子屈町や羅臼町など規模の小さなものが数箇所あるだけである。

地熱水の利用分野として潜在需要の大きなものは北日本における地域暖房への利用であると考えられる。80°Cの地熱水が定常的に200t/h利用できるとしたら、どの程度の住宅地の地域暖房設備が可能であろうか。このイメージをつかむため、単純化して考える。アイスランドの例を参考にして見当をつけると、一人当りの熱水使用量がピーク期で平均80l/hであるから、供給量200t/hの地熱水では概ね2500人の住宅地の地域暖房が可能と考えられる。

地熱水による地域暖房の建設で、北日本の市民の住環境を向上させるためにはどのようにしたら良いか。その方策の一つは、地域暖房の熱消費者側の暖房システムの設計を適切にすることである。それによつて供給者側システムの熱源や配管システムの性能や効率の改善を可能にし、経済性を向上させることが可能である。本稿においては、地熱地域暖房の二次側設備を中心とした事項につき欧州との比較をして、日本の地熱地域暖房の推進のための提案とする。

2. 欧米の地熱地域暖房

2.1 アイスランドの例

(a) エネルギー事情

アイスランドは北大西洋の北部、グリーンランドの東方約3百キロメートル、北緯63°～66°に位置し、10.3万キロ平方メートル（北海道の1.3倍）の国土に26.5万人の人口を有する共和国である。首都レイキャヴィークの平均気温は1月で-0.5°C、7月10.8°C、年平均気温は4.6°Cである。

アイスランド人はその国土が人口の割に地熱資源と水力資源に恵まれていると考えている。近年、これらの地熱資源は地域暖房に水力資源は発電に利用されており、輸入石油が使われているのは交通部門と漁船部門においてである。地熱資源を非常に有効使用している国であり、日本の地熱利用にとつても参考になることが多い。1994年のアイスランドの年間のエネルギー供給量は 98×10^6 GJで、一人当りにすると370GJ/人である。全エネルギー利用の内訳は地熱エネルギーが全体の44%、水力は16%、石油は38%、石炭は2%である。

(b) 地熱利用の内訳

1994年現在、アイスランドの地熱エネルギー消費の内訳は、暖房利用が73.8%で、市町村経営の地熱地域暖房が27ヵ所に及んでいる。水泳プール用に4.5%を使用、各地に温水プールがあり、暖房使

用後の熱水を利用している。発電用は4.3%、工業利用9.1%で、ほかに温室3.8%、養魚2.7%、道路融雪利用1.7%である。浴用利用は暖房利用に含まれており、一般の住宅やホテルではシャワーを使うのが普通である。温泉浴は水泳プールに併設された温泉槽を利用する機会が多く、温泉浴用としては、スバルトセンギーにあるブルーラグーン（大温泉池）が有名である。

(c) 地熱地域暖房

アイスランドの地熱利用で最大のもは地域暖房であり、公営の地域暖房は31カ所で、そのうちの4カ所は熱源に電力を使っているため、地熱地域暖房は27カ所である。その他に組合方式の小規模な温泉供給も何件か有るとのことである。

最大のもは利用人口146,723人のレイキャヴィーク地域暖房で、設立1930年、設備最大出力615MWである。2位は利用人口15,200人、設立1977年、出力72MWのアクレイリイ市。3位は利用人口15,150人、設立1975年、出力125MW、レイキャネス半島の数市町村と国の出資で設立したSuthunes（サザネス地域暖房公社）である。以下27位まであり、地熱地域暖房利用人口を算出すると、218,274人となる。これだけで全人口265,000人の82%に相当する。地域暖房の全供給エネルギーは1994年度 4,999GWhとなっている。

2. 2 レイキャヴィーク市の地熱地域暖房

(a) 熱水供給システム

レイキャヴィーク市の地域暖房は70年以上の歴史を持つている。1930年代の世界恐慌の直前から小規模な地域暖房が始まり、第二次世界大戦中も拡張を続け、戦後1957年の大型掘削機の導入により、ますます発展した。1995年現在、熱水供給の設備容量は650MWで市とその周辺の人口147,100人の99%に熱水を供給している。したがって、暖房による大気汚染はまったく無い魅力的な近代都市と成っている。

レイキャヴィーク地域暖房公社の地熱水源地域は、4地域にあり、市内のロイガルネス地熱地帯は地域暖房発祥の地で、その後、市から北東約11kmにあるレイキル、市内のエトリザウルと開発された。地熱水は溶存成分が200~400ppmであり、ガス抜きタンクを経て、そのまま消費者へ供給されている。1991年新たに運転開始したネシャヴェトリル地熱地帯は市の中心から約30km離れた高温地熱地帯にあり、地熱水は高温で、溶存成分が多いので、地熱水で地下水を間接加熱して85℃の熱水3,024t/hを造成し、27kmの熱水輸送管で市の貯湯タンクへ供給する方式としてある。貯湯タンクは地域暖房システムの供給熱水の一日の時刻変動に対応し、ピーク負荷の供給に耐えることを目的に3カ所に設置、それらの貯湯容量の合計は9万6千m³である。

(b) 需要者側設備（二次側設備）

地域暖房の需要者側設備は、図 1. に示すように屋外の熱水供給管に接続した配管より始まり、取入箇所には熱水流量計を設置、封印調節弁と調節弁を通して屋内の暖房設備と給湯設備に接続している。熱流量計の様な高価な計器を使っていないのに感心する。一般に放熱器には温度調節弁が付いており、この設定値を加減することにより、熱水の返り温度を自動的に調節し、室内の暖房を行っている。地域暖房料金は使用熱量ではなく使用水量で徴収されるので、80℃で供給された熱水を50℃まで放熱させるのと、35℃まで放熱させるのでは、後者の方が有効に熱を利用したことになる。従って、近年の建物では放熱器の面積を大とし、低温で暖房が出来るようにしている。

給湯は図 1. に示すように地域暖房から供給された熱水を量水器以降で分岐して、給湯配管系へ接続している。給湯はシャワーや洗面器に供給されており、pH8で若干アルカリ性であるから、使用時肌がすべすべした感じになる。浴槽の設置は稀のようである。

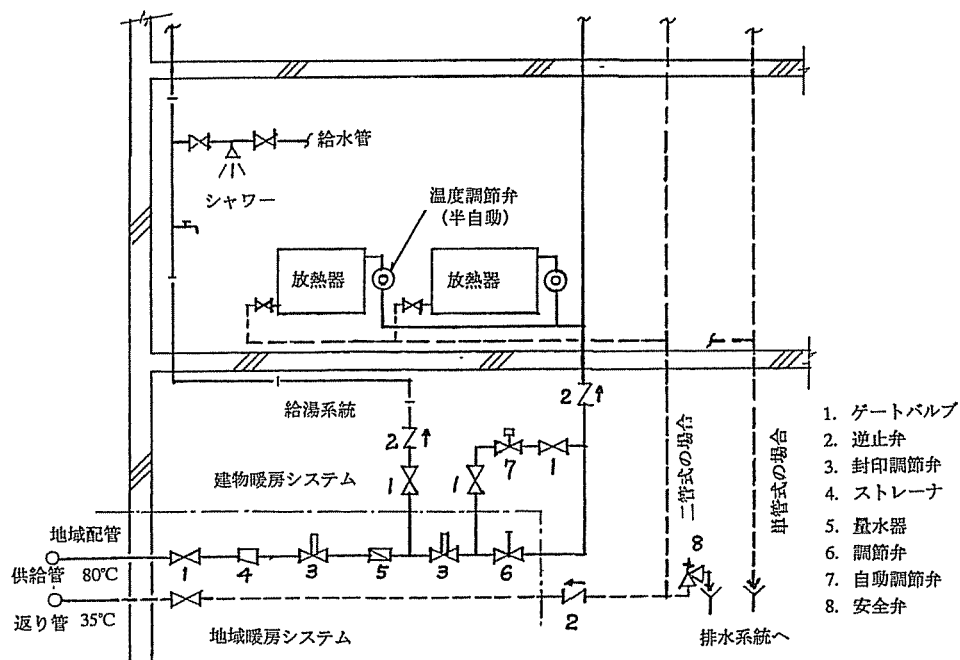


図 1. レイキャヴィーク市の住宅の暖房・給湯システム接続例

一般家庭の地域暖房料金を見てみよう。1997年12月、レイキャヴィーク市内の独立住宅に住むアウスケーション氏宅（4人家族）の料金請求書には次のように記載されていた。

2カ月分の請求金額

熱水使用料	85 m ³ /2カ月	50.8 kr/m ³	4,318 kr
基本料金	2カ月	501.90 kr/月	1,004 kr
税金	14%AF	5,322 kr	745 kr
合計			<u>6,067 kr</u>

家の容積 533 m³ 年間使用熱水量の予測値 511 m³/年

2カ月分の請求金額 6,067kr（クローナル）は日本円に換算すると、為替レートが 1.64円/kr（円/クローナ）だから 6,063kr×1.64円/kr =9,943円 で、
年間暖房料金は 9,943円/回 ×6回/年 =59,658円/年 となる。

レイキャヴィーク市では年1回のメーター検針により次年度の年間熱水使用量の予測値を算出、その1/6の熱水料金を2カ月ごとに請求している。検針の人件費も極力節約して合理化をはかっている。

2. 2 フランスの地熱地域暖房

(a) 地熱地域暖房の発達

フランスの人口は、1991年現在約5700万人、面積は55万km²である。その地熱資源は、パリー盆地の地下1500~2000mに賦存する深層熱水で、中生代以降に堆積した地層の中に貯溜されているものである。地熱開発の歴史は新しく1965年頃から深層熱水を熱エネルギーとして利用する考えが出てきて、現在ムラン市、クレイル市などパリー近辺の50箇所以上の都市で地域暖房に使用されている。フランスでは1920年以降の地域暖房発達の歴史があるので、比較的温度の低い深層熱水（55°C~90°C）も地域暖房の熱源として有効に利用する技術が、速やかに採用された。現在、地熱利用の地域暖房は、石油節減の方法として取り上げられ、地熱井の掘削については80%の政府の補助があり、地熱井が成功したときのみ、掘削費を長期ローンで返済する制度となっている。

(b) ムラン市の地熱地域暖房：ボイラーとの組合せ

期25m³/hであり、夏は22m³/hを還元井にもどし、冬はポンプ使用により90m³/hの熱水を還元井に戻している。

供給熱水は建物により、高温タイプ（放熱器使用）と床暖房タイプとがあり、新しい建物群は床暖房とし、45℃～50℃の熱水供給をしている。高温タイプは110℃で熱水供給して50℃まで熱水を使用して次の床暖房地域へ供給される。二次側設備での熱水の温度利用幅は、高温タイプで110-50=60℃、床暖房地域で50-40=10℃となつている。全体としての熱水の温度利用幅は約70℃である。

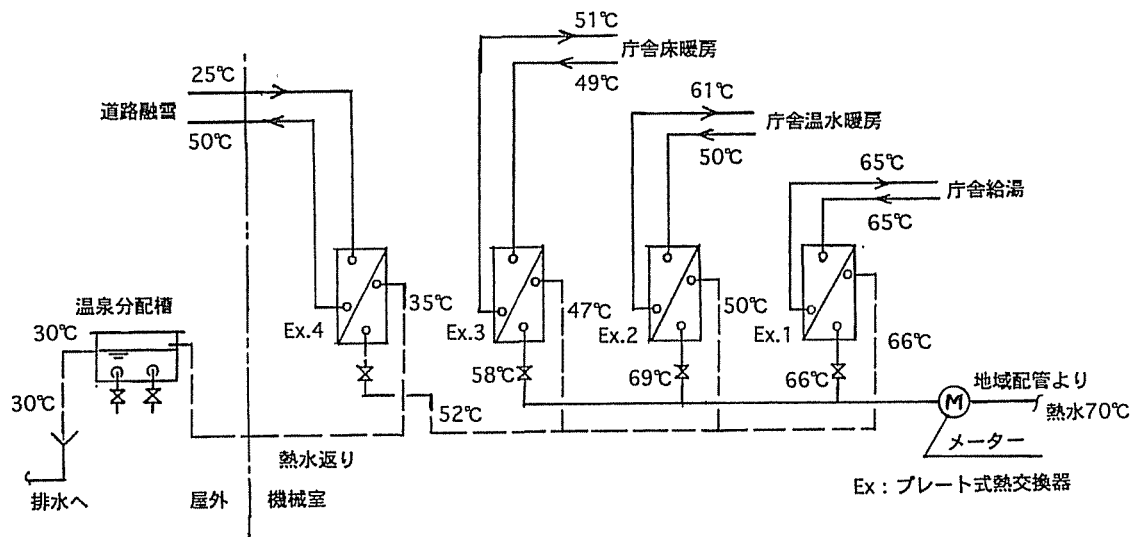
3. 日本の例

3.1 北海道羅臼町の地熱地域暖房

羅臼町は北海道知床半島の東側半分を占め、面積397km²の町である。羅臼町は山が海にせまり海岸沿いに集落が点在しており、市街地をなしているのは羅臼港のある羅臼である。ここを流れている羅臼川の上流地域、河口より4.5km上流の一角が地熱地帯で、ここに3本の地熱井が掘られており、これらの自噴井を用いて羅臼町は地域暖房を行っている。すなわち、平成3年井の蒸気52.6t/h（130℃）を用いて清水を加温し、80℃、110t/hの熱水を造成し、道路にそつて布設した4kmの熱水配管で沿線に分布するホテル3軒、温水プール、老人福祉センター、町役場庁舎、小学校等の暖房、給湯用に使用している。需要者側の延床面積の合計は15,895m²、その暖房設備容量は1,146kwである。

3.2 羅臼町庁舎の暖房設備（二次側の例）

羅臼町庁舎は3階建の鉄筋コンクリート造りで、延面積3299m²である。この建物を地熱地域暖房の熱水で暖房しており、暖房設備容量は238kwである。羅臼町の平成7年の月別気象によると、1月の平均気温は-4.6℃、最高気温6℃、最低気温-15.9℃となつている。庁舎の暖房システムは図3に示すように、地域配管から導入した造成熱水（70～80℃）15t/hを各プレート式熱交換器に通して、給湯用水加熱および温水暖房と床暖房の循環水の加熱に使用している。



1996年12月2日13時羅臼町測定

図3. 羅臼町庁舎の地熱暖房系統（二次側）の熱水温度関係

各プレート式熱交換器を通った熱水は返り管を通して道路融雪用の熱交換器へ約52℃の熱水となつて導入され、道路融雪管の循環水を加熱して35℃（1月は25℃）となり、屋外にある温泉分配槽に集められる。当例では温水暖房の温水の生き温度は61℃、返りは50℃と温度差11℃しか取っていない。造成熱水側も熱交換器へは69℃で入り、50℃で返り管へ排出しているので、温度差は19℃である。返り管の造成熱水は52℃で道路融雪用に熱交換器へ入り、35℃で排出、その温度差は17℃である。この例

は12月2日13時の測定であり、寒い日と考えられるが、温水暖房の熱交換器内での温度降下は十分でなく暖房の設備容量が大きすぎるようである。また、熱交換器での温度落差の比較から庁舎への供給熱量の半分程度が道路や駐車場の加温に消費されている。

4. 地熱利用における放熱器の出入口温度差

内外の地域暖房の事例で放熱器の入口と出口の温水温度を比較してみる。表に示す様に、日本の例では放熱器の入口と出口の温度差は10~20℃であり、これに対しアイスランドの例では、入口80℃、出口35℃と温度差45℃で使用している。地域暖房において放熱器の温水の入口と出口の温度差を大きく取るためには、一般に放熱面積を大きくしなければならないが、一方、熱水の流量を小さく出来るので配管口径を細くし、ポンプ動力も低減でき、地域配管系統の設備費を低減できる。二次側すなわち、建物側暖房設備での温水温度利用幅を大きくすることが地域暖房システム全体の経済性を高める要素の一つとなつていることが分かる。

表1. 熱交換器、放熱器の入口・出口の温水温度の事例

設置箇所		熱源	熱交換器orサブステーション			放熱器			床暖房			二次利用
			入口 ℃	出口 ℃	温度差 ℃	入口 ℃	出口 ℃	温度差 ℃	入口 ℃	出口 ℃	温度差 ℃	
弟子屈町	庁舎	地熱水	85	64	21	60	45	15				
	摩周パークホテル	地熱水	85	65	20	65	50	15				浴用
羅臼町 市民プール	温風暖房	造成熱水	81	65	16	65	50	15				
	給湯	造成熱水	65	59.5	5.5							
	床暖房	造成熱水	59.5	50	9.5				50	40	10	
	プール加熱	造成熱水	50	30	20							
羅臼町	庁舎	造成熱水	72	35	37	69	50	19	51	49	2	融雪
羅臼町	知床観光ホテル	造成熱水	85	70	15	80	70	10				浴用
標茶町立病院	床暖房	地熱水	48	35	13							
鹿角市	アスピア (センター)	造成熱水	58	44	14				48	44	4	
	アスピア (ケビン)	造成熱水	58	44	14				46	41	5	
アイスランド	レイキャヴィーク地暖	地熱水				80	35	45				プール
石狩町	花畔団地の地域暖房	ボイラー	140	90	50	80	70	10				
札幌市	厚別地区地域暖房	ごみ焼却	140	80	60	90	80	10				
デンマーク		ボイラー				90	30	60				

5. むすび

日本における地熱利用の一分野として地域暖房への利用は有望なものとする。低レベルの熱エネルギーを有効に使うには、末端の二次側の放熱器で低温まで十分に熱を使いきる設備とすることが肝要である。日本の温水暖房では、近年低温水によるものも一部で使われているが、大部分は放熱器での温度落差を10~20℃程度しか取らないのが普通であり、これが標準とされている。アイスランドの地域暖房の例にもあるように、80℃の熱水を供給し、放熱器の出口温度を35℃以下として、温度利用幅を拡大することで地域暖房の能力拡大が図られたことなどは非常に参考になる。

末筆ながら、過日、地域暖房の見学をさせていただき、また資料を提供して下さった方々に感謝致します。

文献：1) 俣野恭寛 (2000) : 地熱地域暖房の二次側設備の日欧比較と改善策、地熱、Vol.37, No.1 p20~44.

2) 俣野恭寛 (1996) : アイスランド・レイキャヴィーク市の地熱地域暖房、地熱、Vol. 33, No.1