資料２

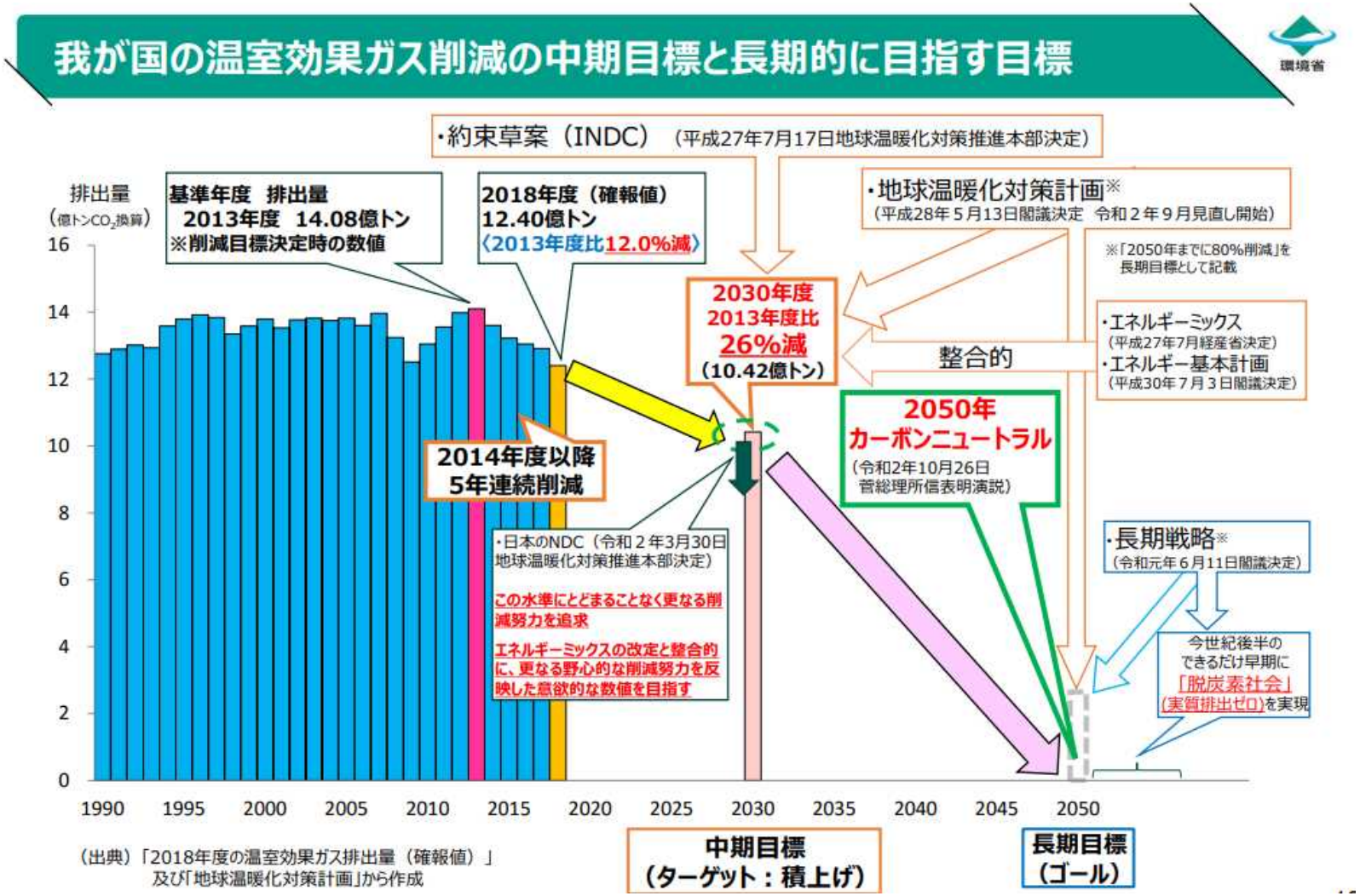
2050年カーボンニュートラルに向けた温泉熱利用の更なる活用について

2021年1月28日

大阪市立大学　都市研究プラザ
特命教授　中尾正喜

温室効果ガスの排出量を2050年に実質ゼロにする国家目標

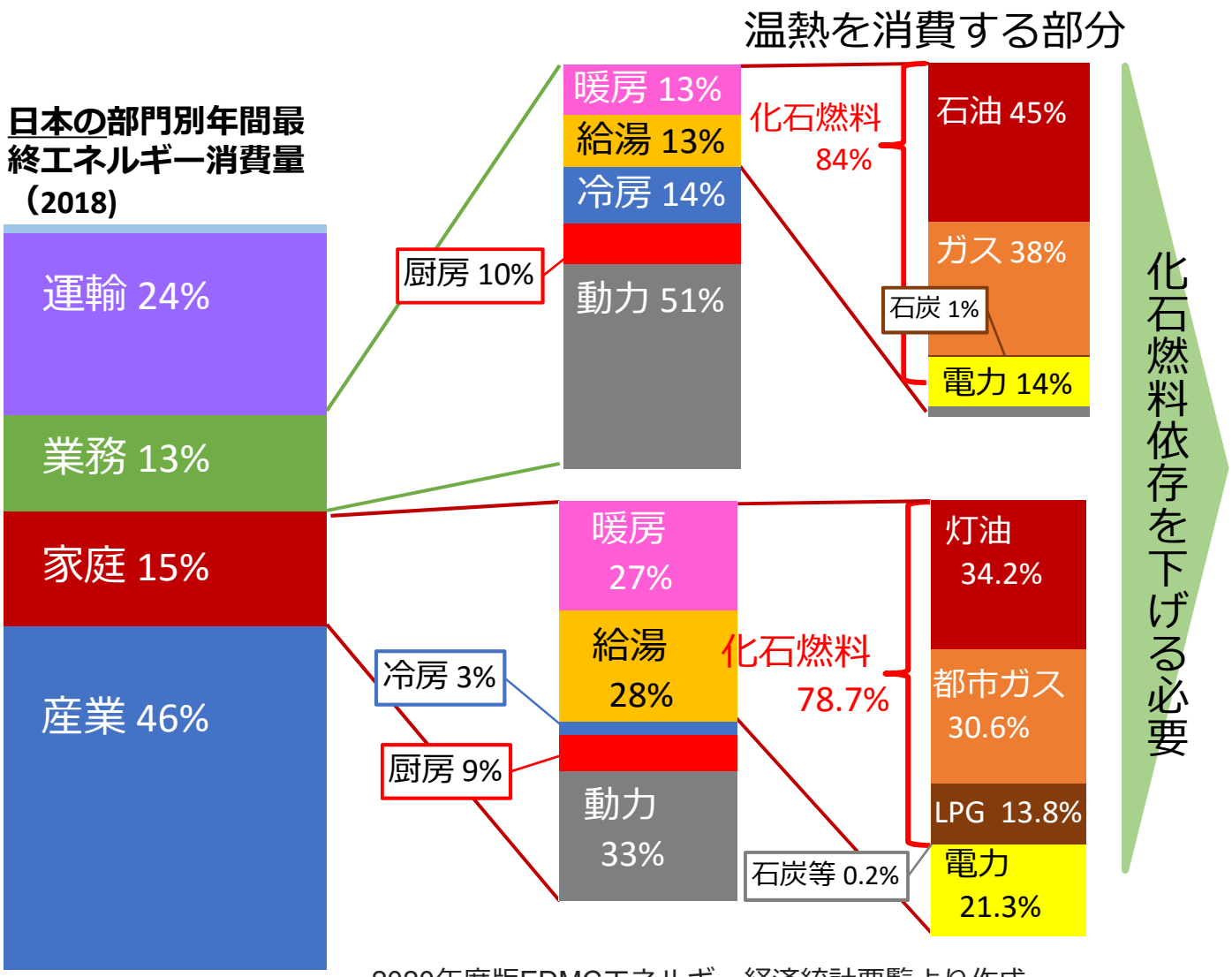
菅義偉首相が2020年10月26日温室効果ガスの排出量を2050年に実質ゼロにする目標を掲げた。
その中で、省エネルギーを徹底し、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、安全最優先で原子力政策を進めることで、安定的なエネルギー供給を確立することも宣言。



出典：地球温暖化対策の推進に関する制度検討会 第１回　資料３　地球温暖化対策を巡る最近の動向について、２０２０年１１月

給湯・暖房熱の需要を賄うために大量の化石燃料を消費

給湯・暖房熱の供給源を改善する必要がある



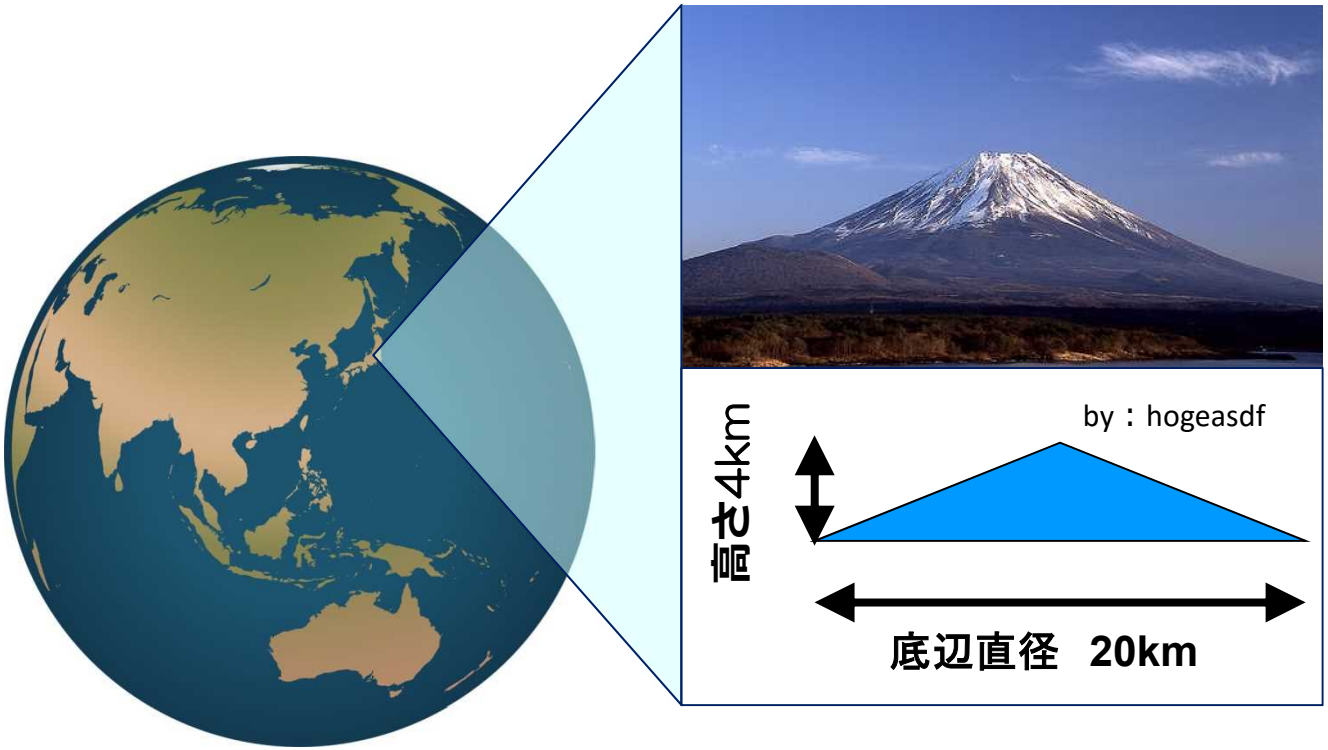
2020年度版EDMCエネルギー経済統計要覧より作成

温泉熱活用により、化石燃料依存を下げ、低炭素化に貢献できる

温泉熱地域別に温泉熱ポテンシャルと熱需要の調査が必要

カーボンを有する化石燃料依存からの脱却＝資源枯渇への対策 4

地球上の石油の埋蔵量（推定も含む）は富士山の体積で何杯ある？



http://free-illustrations.gatag.net/2013/11/07/210000.html

＊1991年の第13回世界石油会議では究極可採埋蔵量を2兆1710億バーレルと推定

究極可採埋蔵量推定値としては，第14回世界石油会議（1994年）における2兆2,730億バレル，石油鉱業連盟（2012年）による3兆3,017億バレルなどがある。このうち1兆1,689億バレル程度は，既に生産されたとされている。

自然エネルギーである温泉熱はポテンシャルが高い

総務省の会議資料(1)によると、根拠の詳細は不明であるが、
源泉ごとの湧出量と温度差（源泉温度ー気温）から求めた年間の賦存量は１６３ＰＪ、導入ポテンシャルは７５ＰＪ（Ｐ（ペタ）は１０^{15}倍）

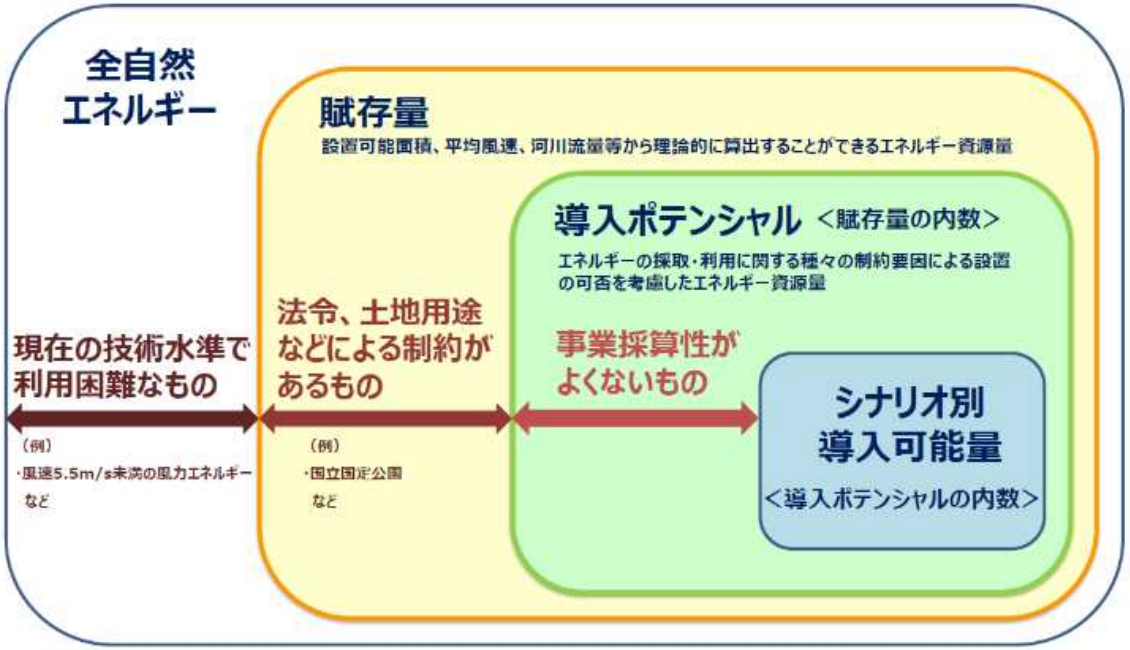
温泉熱の導入ポテンシャルを評価する。

・４７億人日の給湯を賄うポテンシャル

大阪府（８８０万人、我が国の人口の７％）の給湯負荷は５１ＰＪである(2)。８８０万人が年間（３６５日）給湯利用するので、５１ＰＪは８８０万×３６５人日（＝３２億人日相当の給湯熱量と解釈できる。

・登別温泉３８００箇所相当のポテンシャル

登別温泉のＨ３０年度の 延べ宿泊客数は１２５万であるので１２５万人日給湯を利用したとみなす。７５ＰＪに相当する登別温泉数＝３２億人日／１２５万人日×７５PJ／５１PJ＝３８００

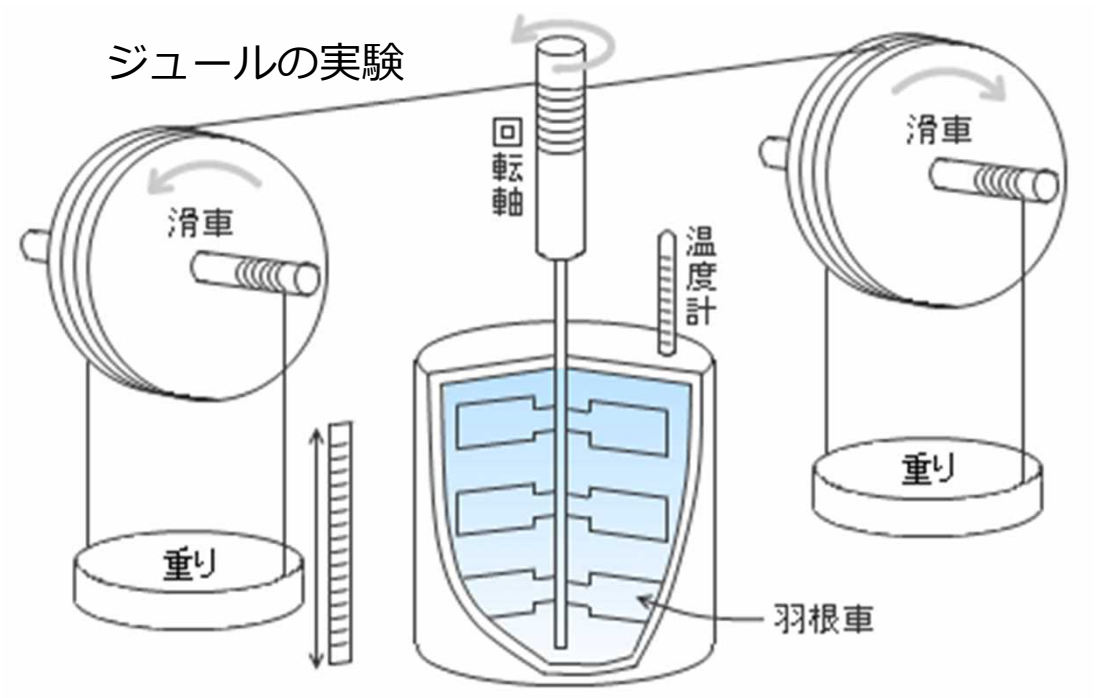


文献(1)
再生可能エネルギー資源等の賦存量等の調査についての統一的なガイドライン～再生可能エネルギー資源等の活用による「緑の分権改革」の推進のために～、平成２３年３月、総務省
文献(2) Shimoda, Takahara, Shigeki, Narumi, Mizuno “Estimation and Evaluation on Energy Flow in Osaka Prefecture – Part 2”, Architectural Inst. of Japan. Vol.55, 99-106, May 2002.
文献(3)登別市の観光客入込数
https://www.city.noboribetsu.lg.jp/docs/2013042600099/

http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/index.html

熱を人工的に位置エネルギーや動力から作り出すのは・・・

化石燃料が無く，位置エネルギーで風呂を沸かすには・・・



化石燃料が無く，太陽熱や地熱を使用しない場合，

クイズ：浴槽内の200㍑の20℃の水を位置エネルギーで40℃に加熱したい。

その位置エネルギーを作るために，２００㍑の水を何mの高さに持ち上げればよいか？

重りが羽根車を回転させると位置エネルギーを加えると断熱容器内の水の温度が上がる＝熱を作り出せる

図を引用：
http://www.wakariyasui.sakura.ne.jp/p/therm/netu/touryou.html

温泉熱利用に役立つ個別技術

発電技術

熱回収用熱交換技術

ヒートポンプ技術

主として環境省の温泉熱資料を引用して説明したい。
http://www.env.go.jp/nature/onsen/spa/spa_utilizing.html)

① 温泉熱有効活用に関するガイドライン、平成31 年3月、環境省自然環境局
② パンフレット　温泉熱の有効活用に向けて
③ 温泉熱利用事例集

温泉熱利用に役立つ個別技術（ヒートポンプ）

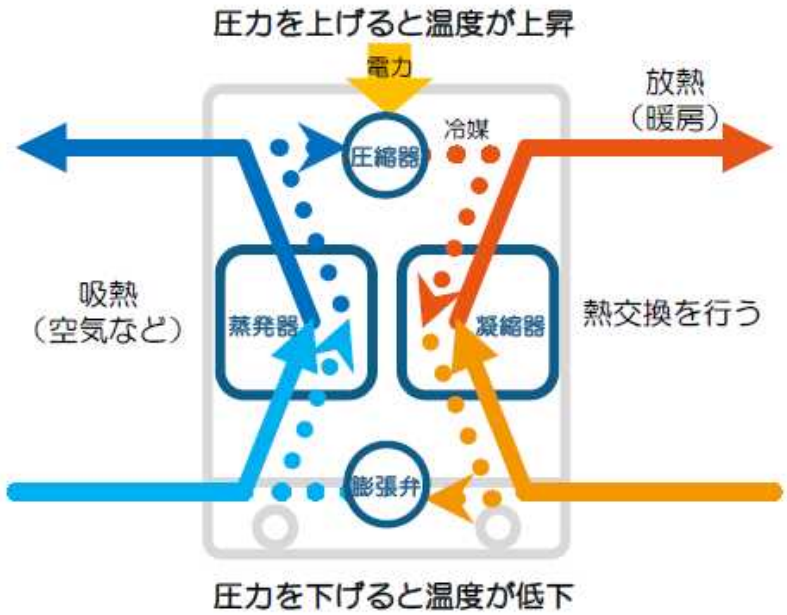
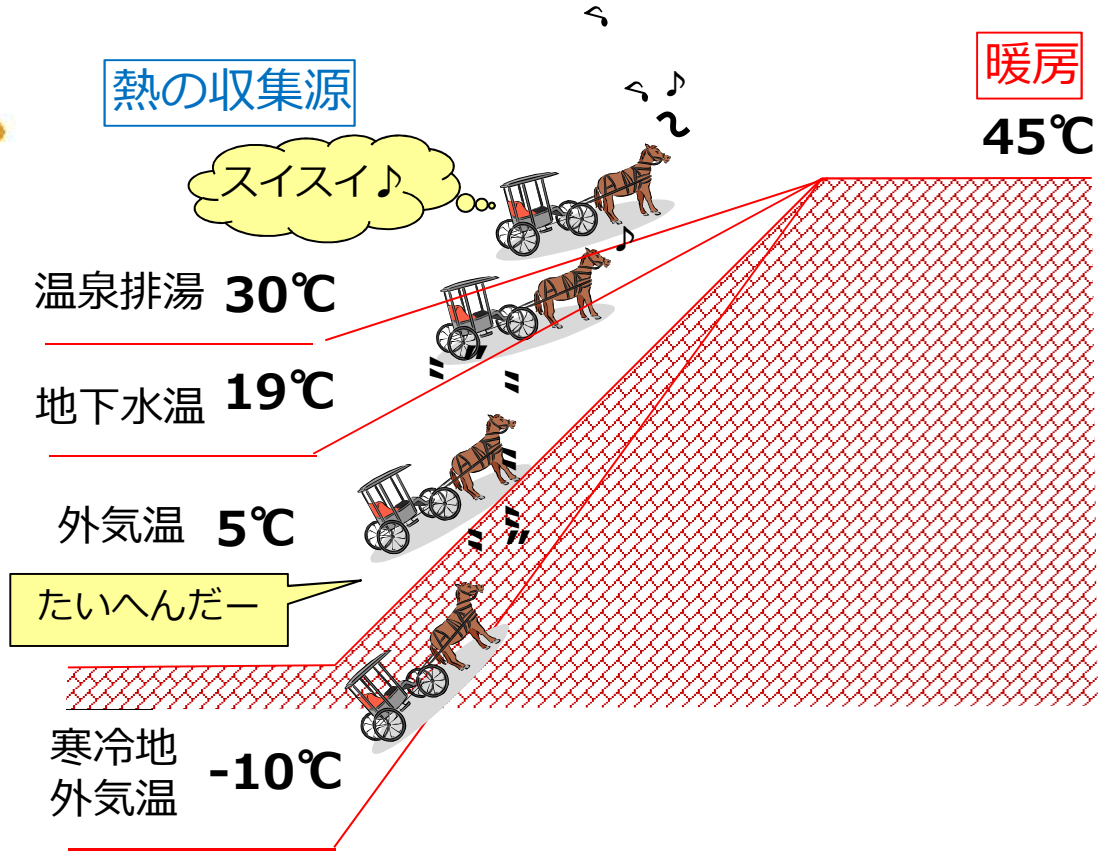


図 7　ヒートポンプの仕組み

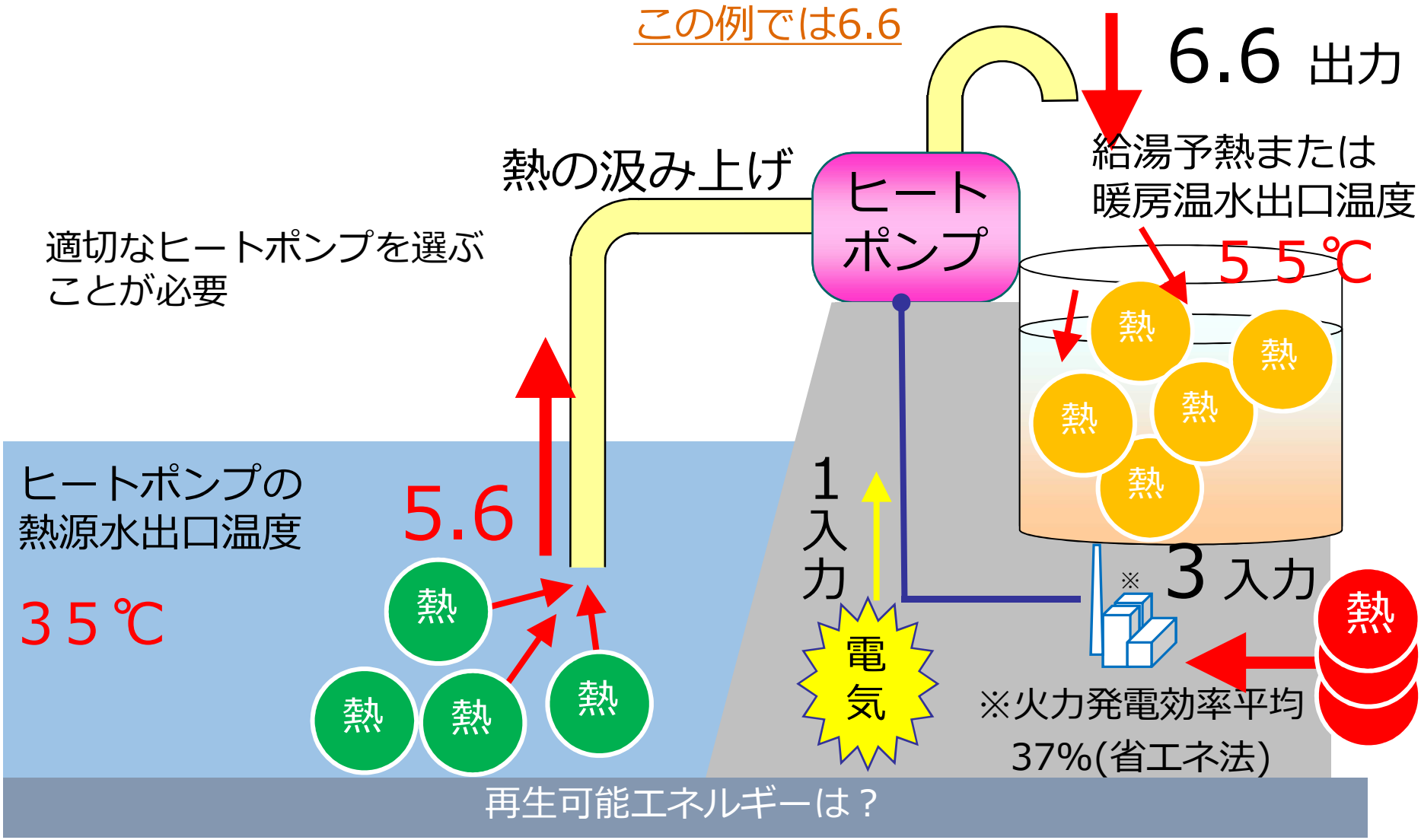
写真 1　ヒートポンプイメージ
（参照：洞爺湖温泉調査写真）

図 7 と写真　温泉熱有効活用に関するガイドラインから引用



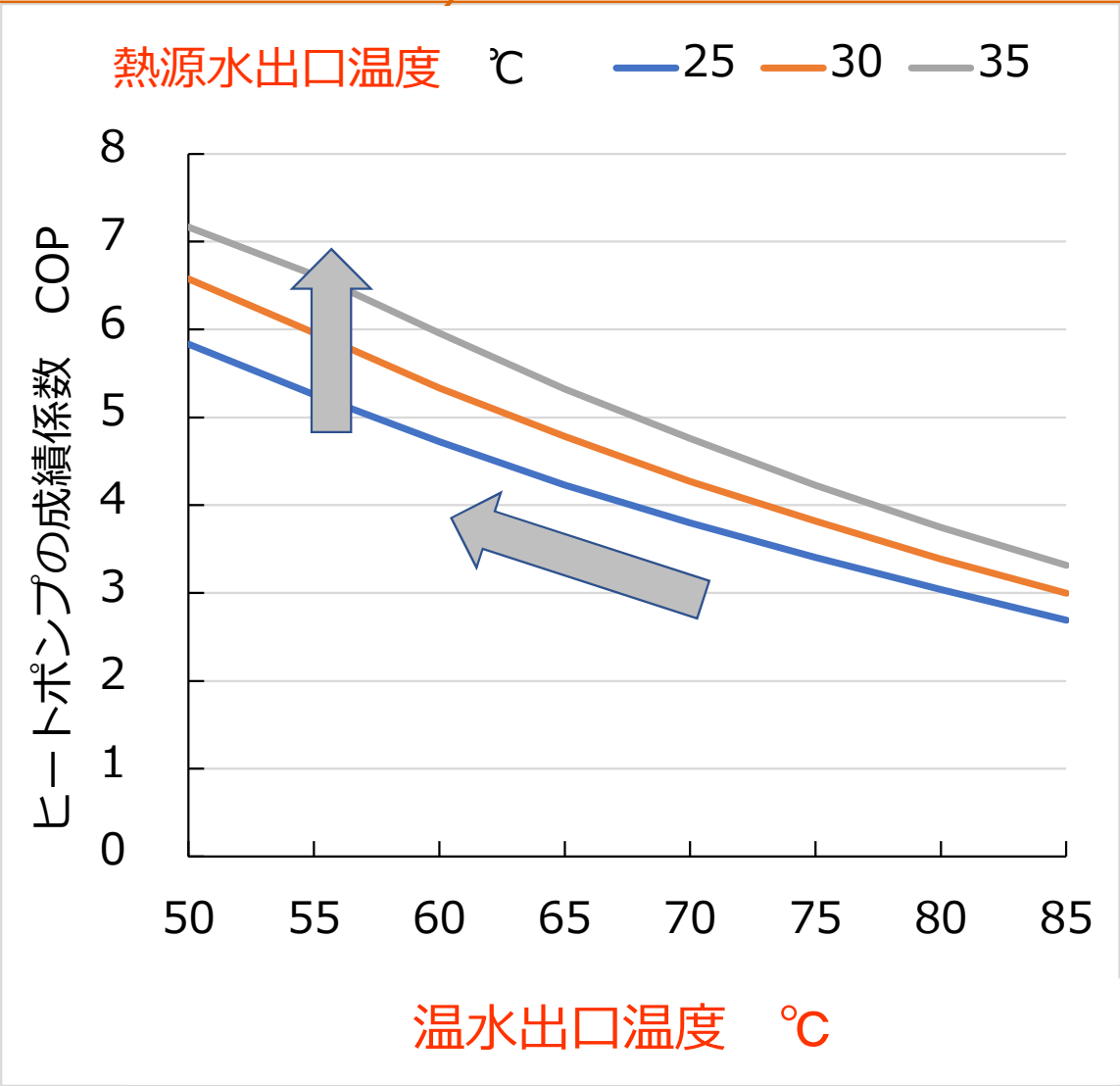
温泉熱利用に役立つ個別技術（ヒートポンプ）

ヒートポンプの成績係数（COP）＝加熱能力／入力エネルギー



温泉熱利用に役立つ個別技術（ヒートポンプ）

ヒートポンプの成績係数（COP）＝加熱能力／入力エネルギー



ヒートポンプの性能例：TC社、熱回収ヒートポンプHWC-WH6702

温泉熱利用をシステムとして工夫

カスケード利用（多段階利用）

温水供給（個別）モデル

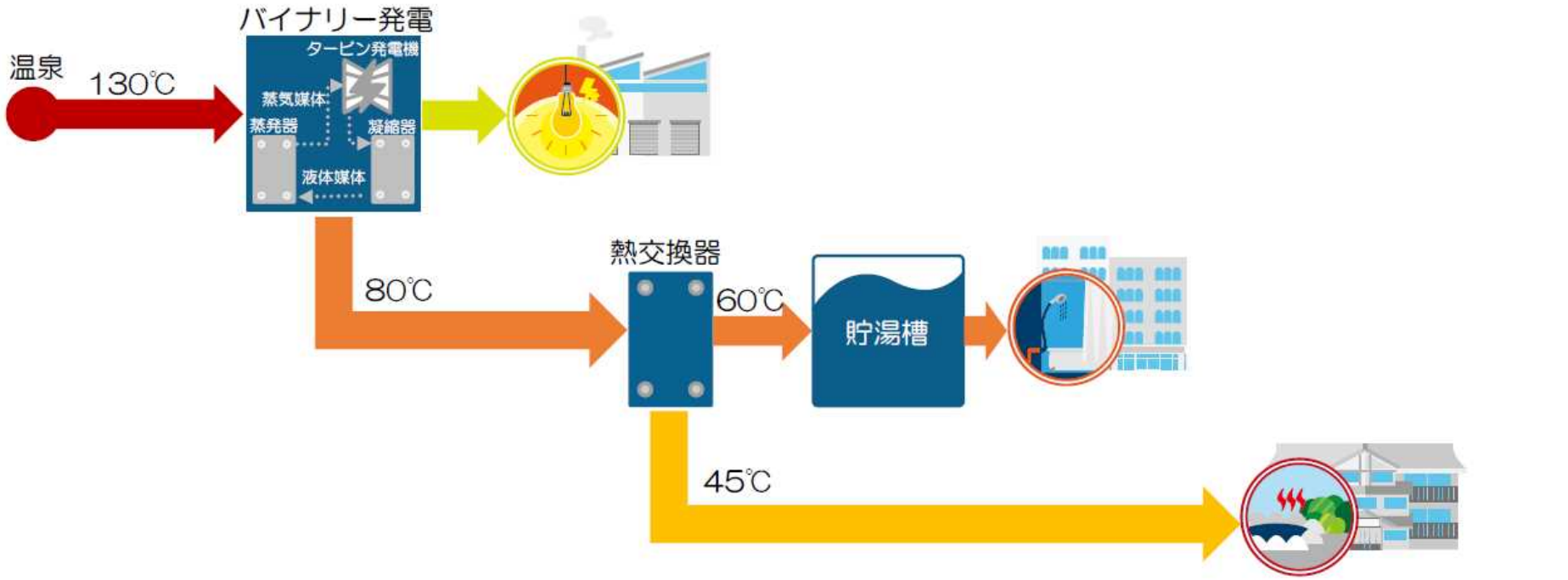
集中配湯モデル

熱供給モデル（集中給湯モデル）

配湯：温泉水を配る

給湯：上水を加熱した湯を配る

カスケード利用システム（多段階利用）



さらに捨てている
排湯利用も可能

図 11　カスケード利用（例）

引用：温泉熱有効活用に関するガイドライン、平成31 年３月、環境省自然環境局

温水供給（個別）モデル

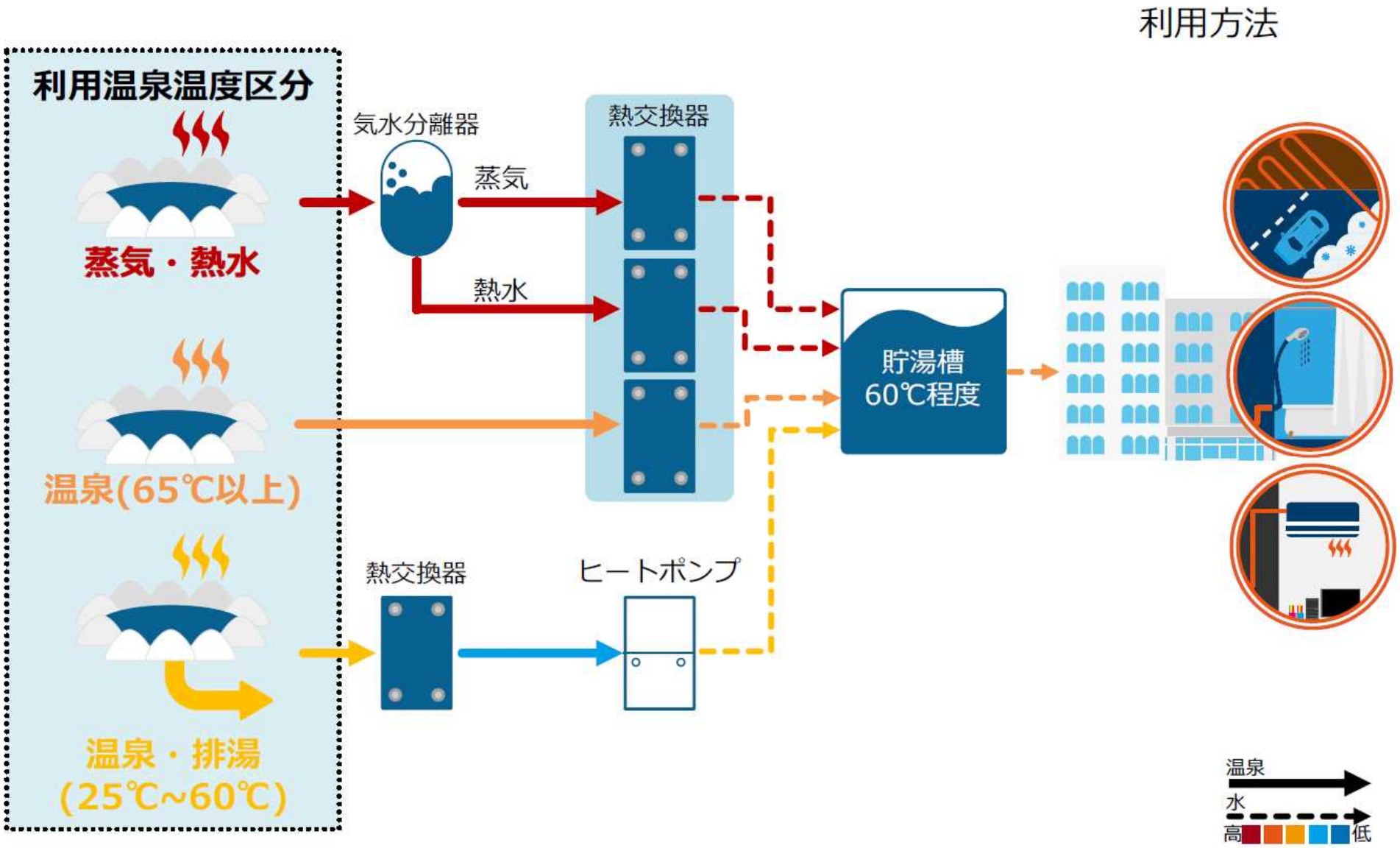
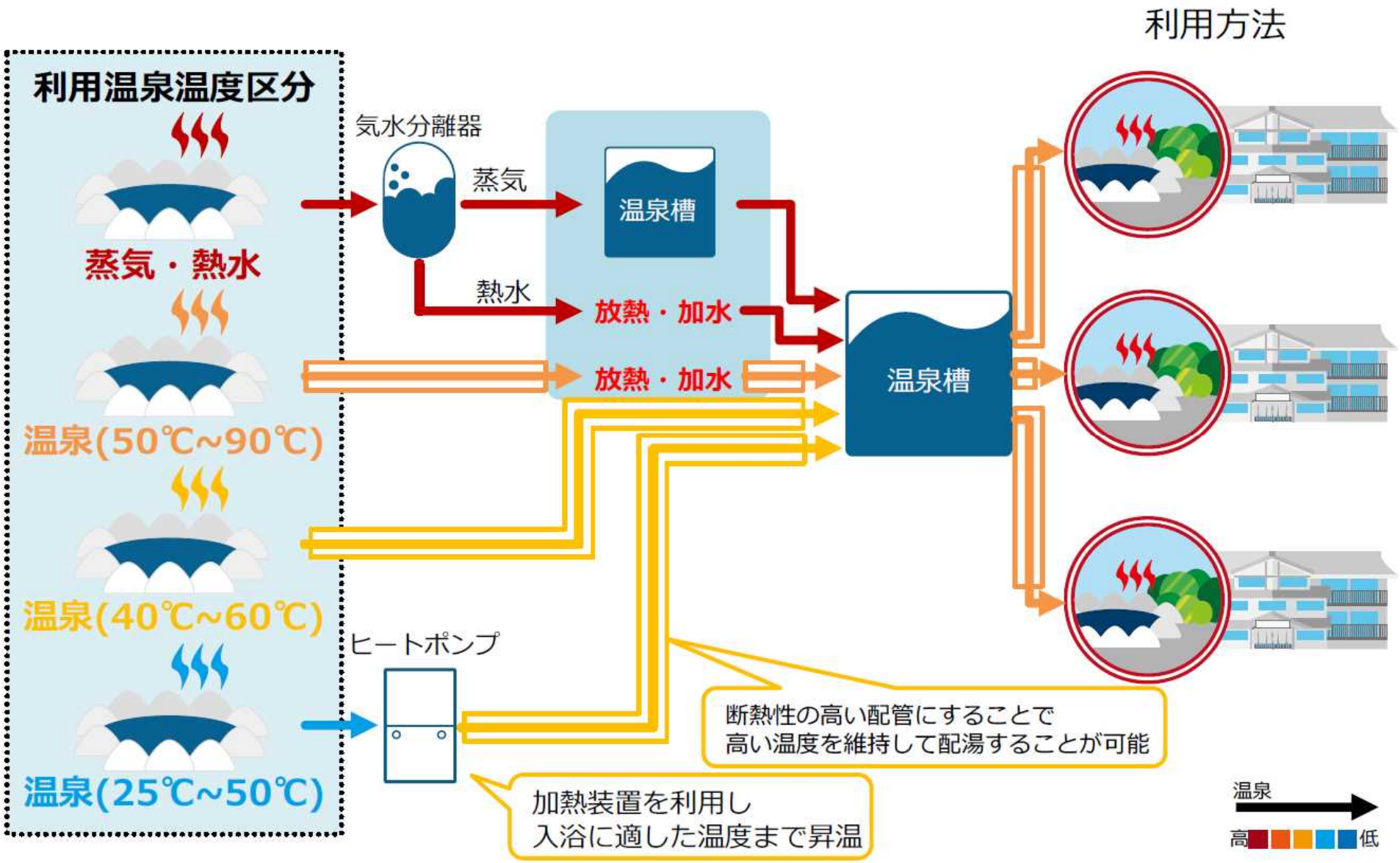


図 17　温水供給（個別）モデル

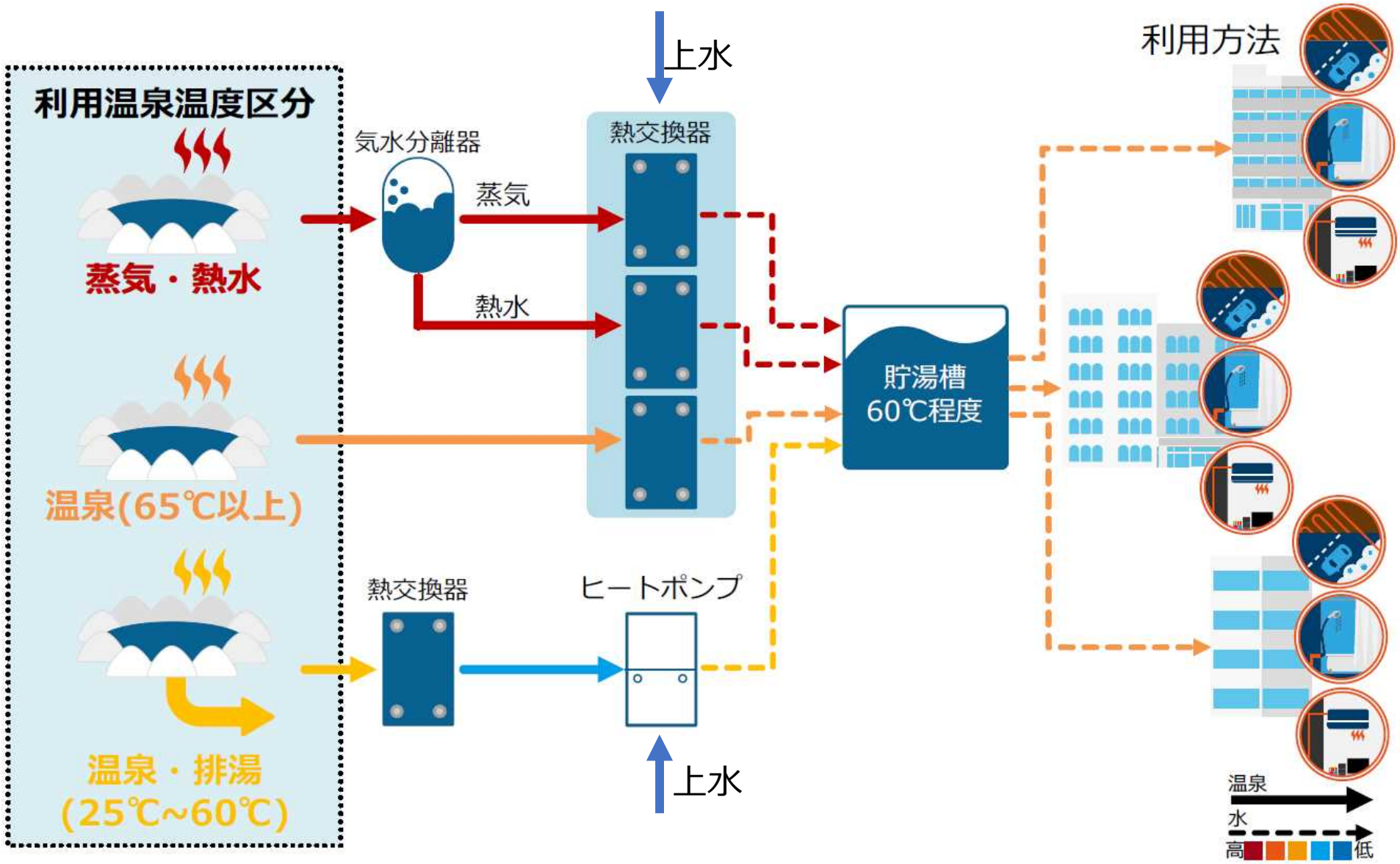
引用：温泉熱有効活用に関するガイドライン、平成31 年３月、環境省自然環境局

集中配湯モデル



引用：温泉熱有効活用に関するガイドライン、平成31 年３月、環境省自然環境局

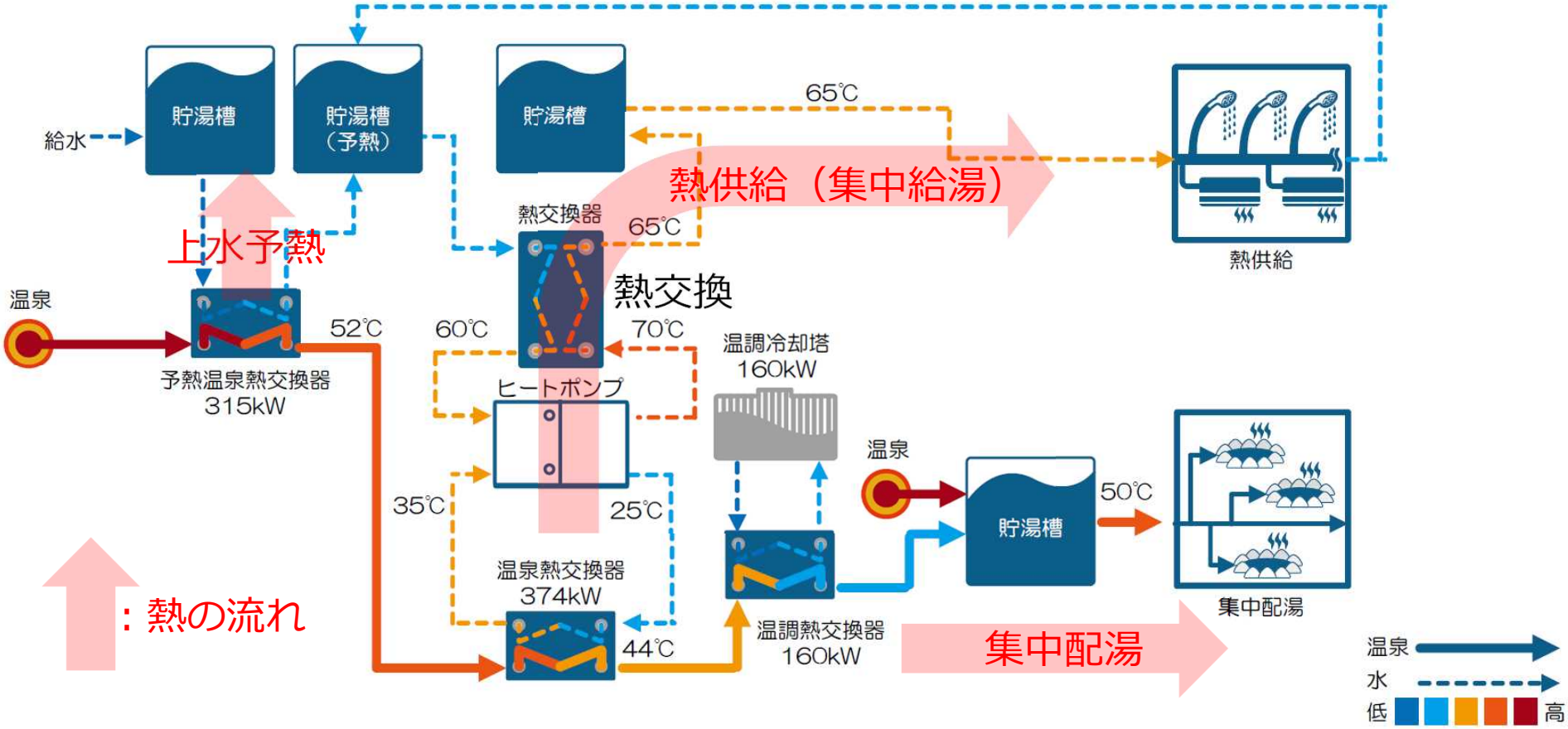
熱供給モデル（集中給湯モデル）



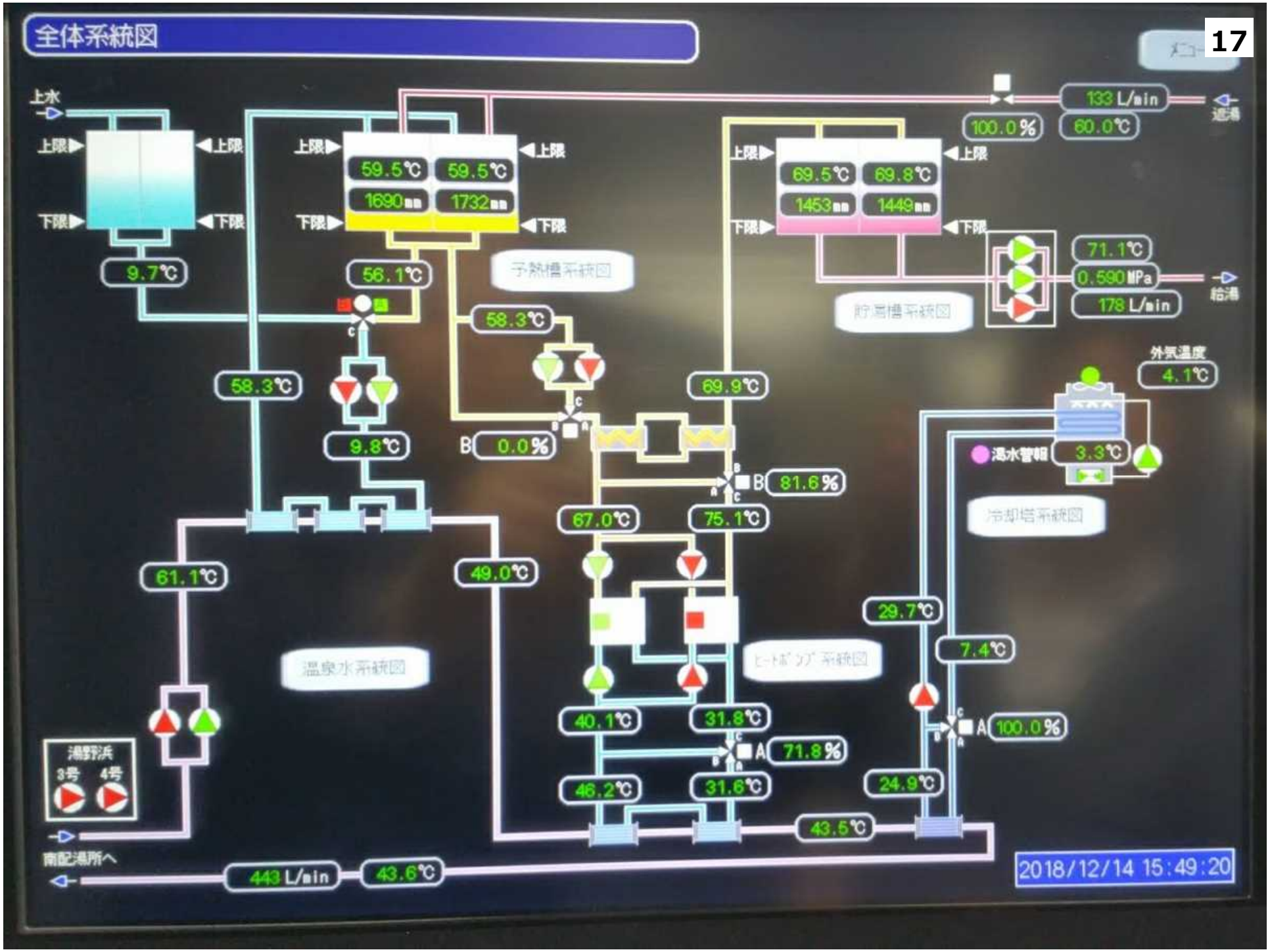
引用：温泉熱有効活用に関するガイドライン、平成31 年３月、環境省自然環境局

温泉熱の上手な活用事例　湯野浜温泉（山形県鶴岡市）

温泉の集中管理により周辺施設へ温泉供給を実施している。
また、その温泉（60℃程度）を熱源としてヒートポンプを用いて温水を作り、周辺旅館等に温泉
の配湯とあわせて温水の供給を行うとともに、各施設の温泉量制御による浴槽加温、熱源機器の高効率化等も同時に実施することで、省エネルギー化を実現している。



引用図を編集：温泉熱有効活用に関するガイドライン、平成31 年３月、環境省自然環境局


全体系統図
上水
上限
下限
9.7℃
59.5℃
59.5℃
1690mm
1732mm
56.1℃
58.3℃
58.3℃
9.8℃
B 0.0%
69.5℃
69.8℃
1453mm
1449mm
69.9℃
B 81.6%
67.0℃
75.1℃
61.1℃
49.0℃
40.1℃
31.8℃
A 71.8%
46.2℃
31.6℃
43.5℃
29.7℃
7.4℃
A 100.0%
24.9℃
133 L/min
100.0%
60.0℃
送湯
71.1℃
0.590 MPa
178 L/min
給湯
外気温度
4.1℃
湯水管理
3.3℃
予熱槽系統図
貯湯槽系統図
冷却塔系統図
温泉水系統図
ヒートポンプ系統図
湯野浜
3号
4号
南配湯所へ
443 L/min
43.6℃
2018/12/14 15:49:20

しらはま屋
分湯栓
一久
南配湯所
集中給湯機械室
北配湯所
集中給湯配管
湯野浜
湯野浜1
湯野浜2
下川
ホテルテトラリゾート鶴岡
海山
浜泉荘
湯野浜海水浴場
うしお荘
竹屋
福住
游水亭いさこや
湯野浜温泉
愉海亭みやしま
宮沢
0
200m
(c)Mapion 地図データ (c)ZENRIN
アイコン
ホイール縮尺変更
中心点
利用規約

南配湯所

集中給湯機械室

温泉、給湯の分水栓、量水器

埋設管路の各種弁蓋

北配湯所

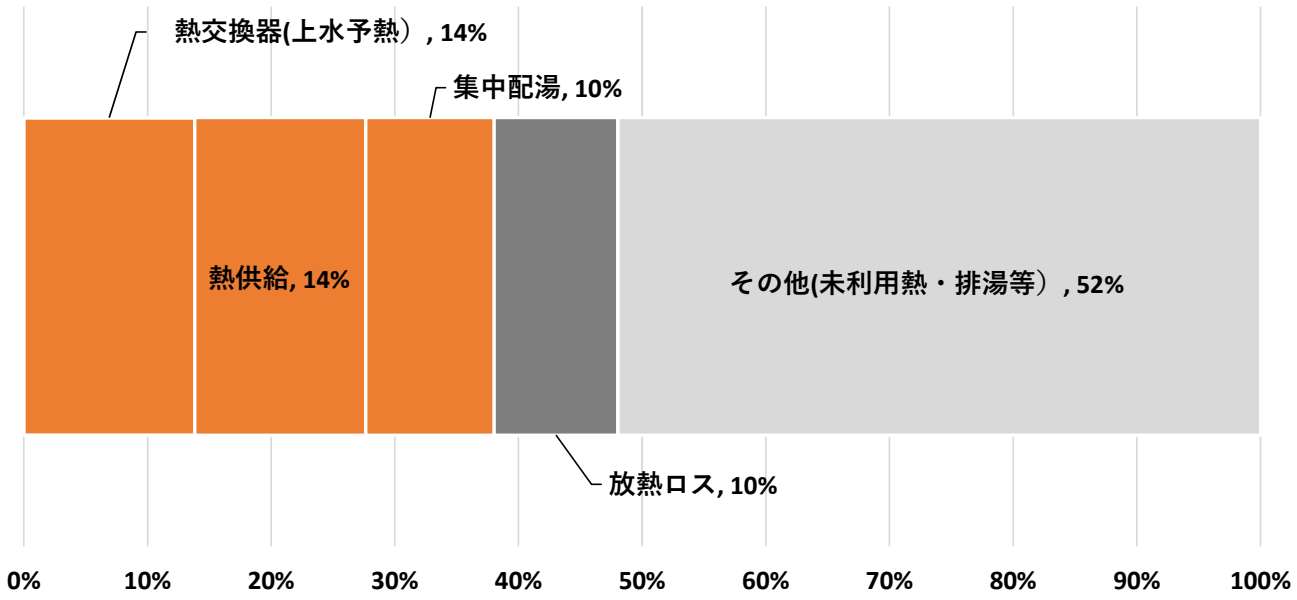
湯野浜温泉の温泉熱利用率

温泉情報

項目	値	単位	備考
温泉温度	60	℃	システム図より
温泉流量	365	L/min	システム図より
下限温度設定	13.1	℃	
温泉熱賦存量	1,477	kW	

項目	値	単位	備考
温泉熱利用量合計	562	kW	
温泉熱利用率	38.5	%	

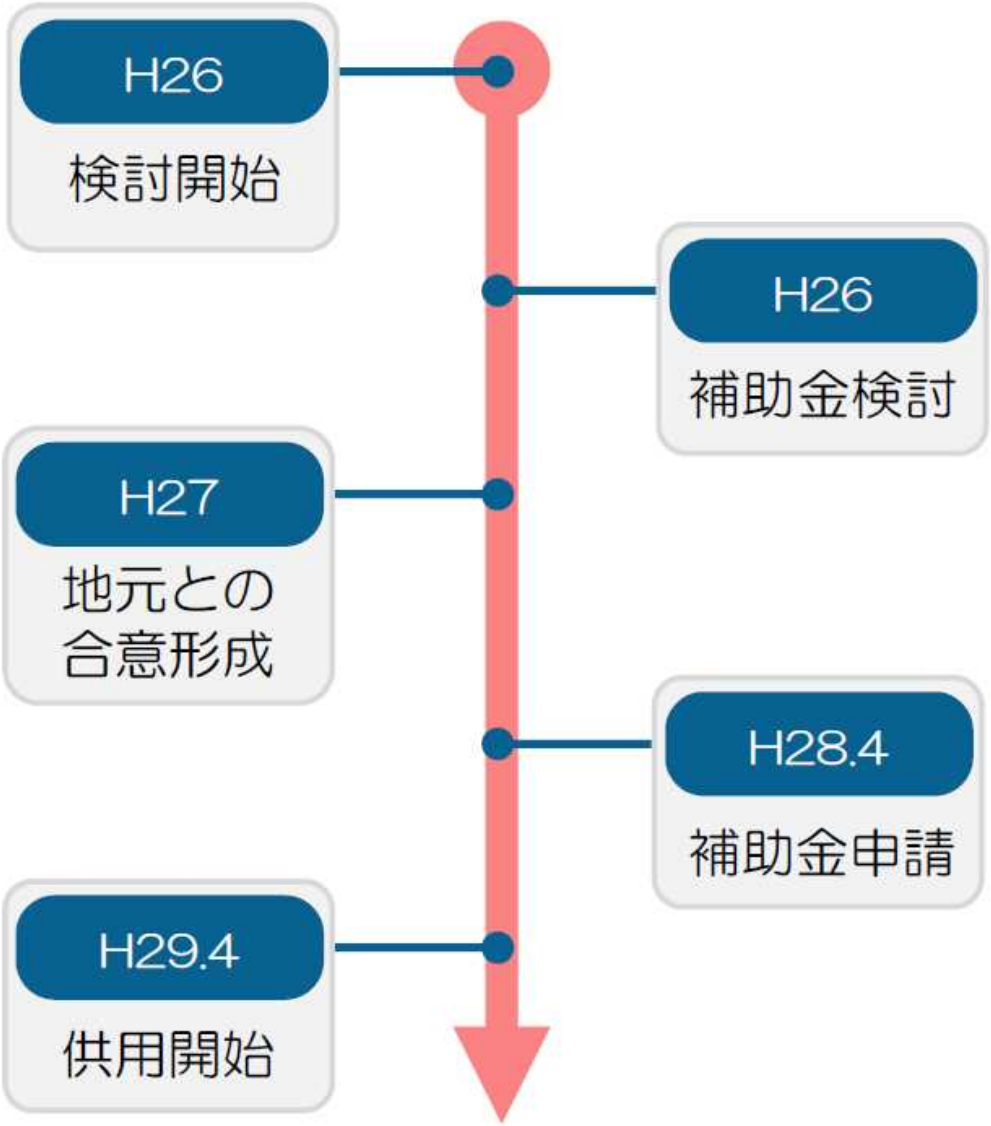
温泉熱利用率



集中配湯だけであれば１０％、上水予熱と熱供給を含めると３８％に達する。
各熱需要施設で排湯の熱回収を含めれば、さらに利用率が上がる。

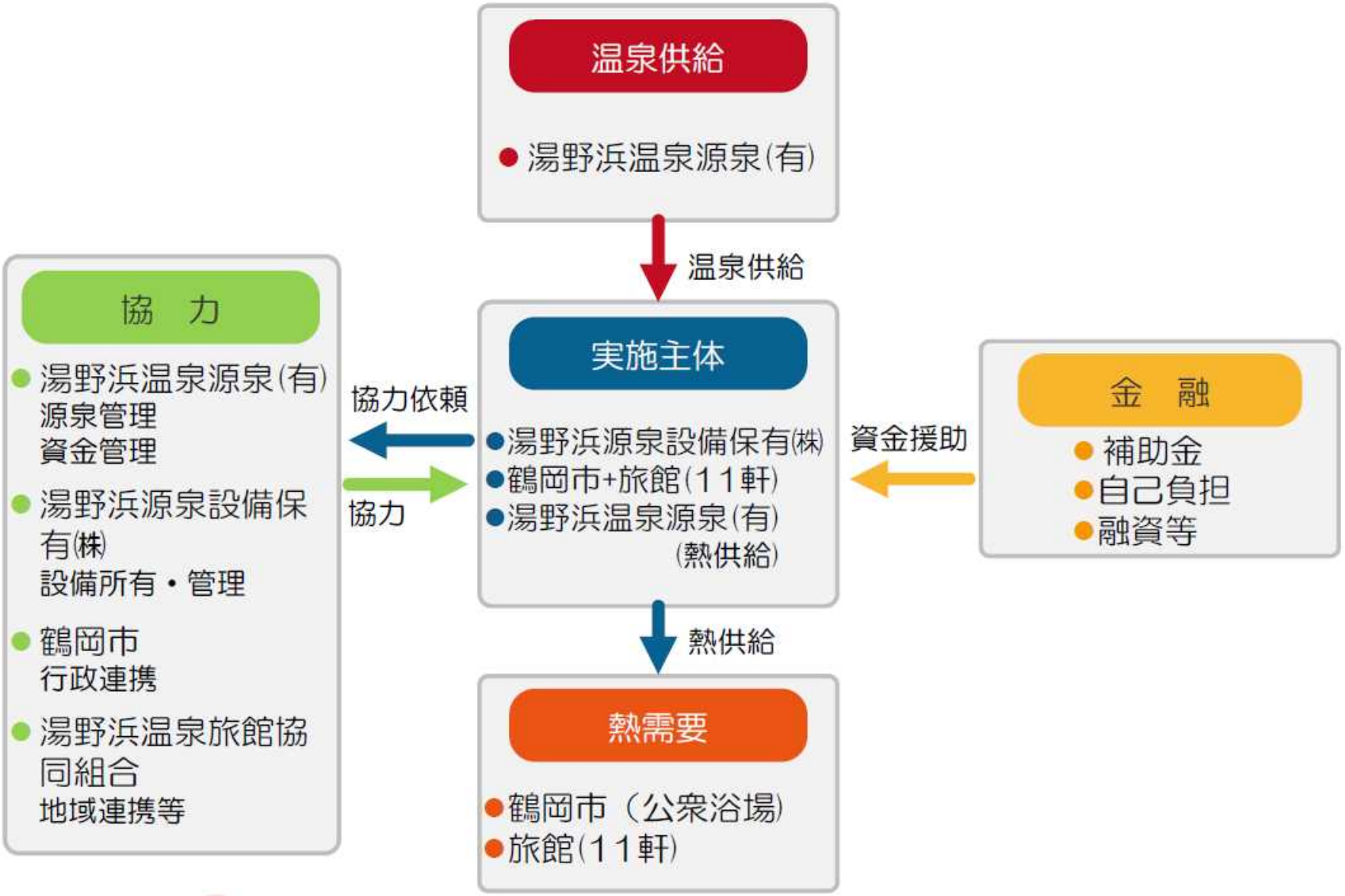
環境省自然環境局委託、平成29 年度温泉熱等の有効活用等検討委託業務（温泉熱の有効活用による事例収集等）報告書、平成30 年３月

導入の流れ



引用：温泉熱有効活用に関するガイドライン、平成31 年３月、環境省自然環境局

実施体制

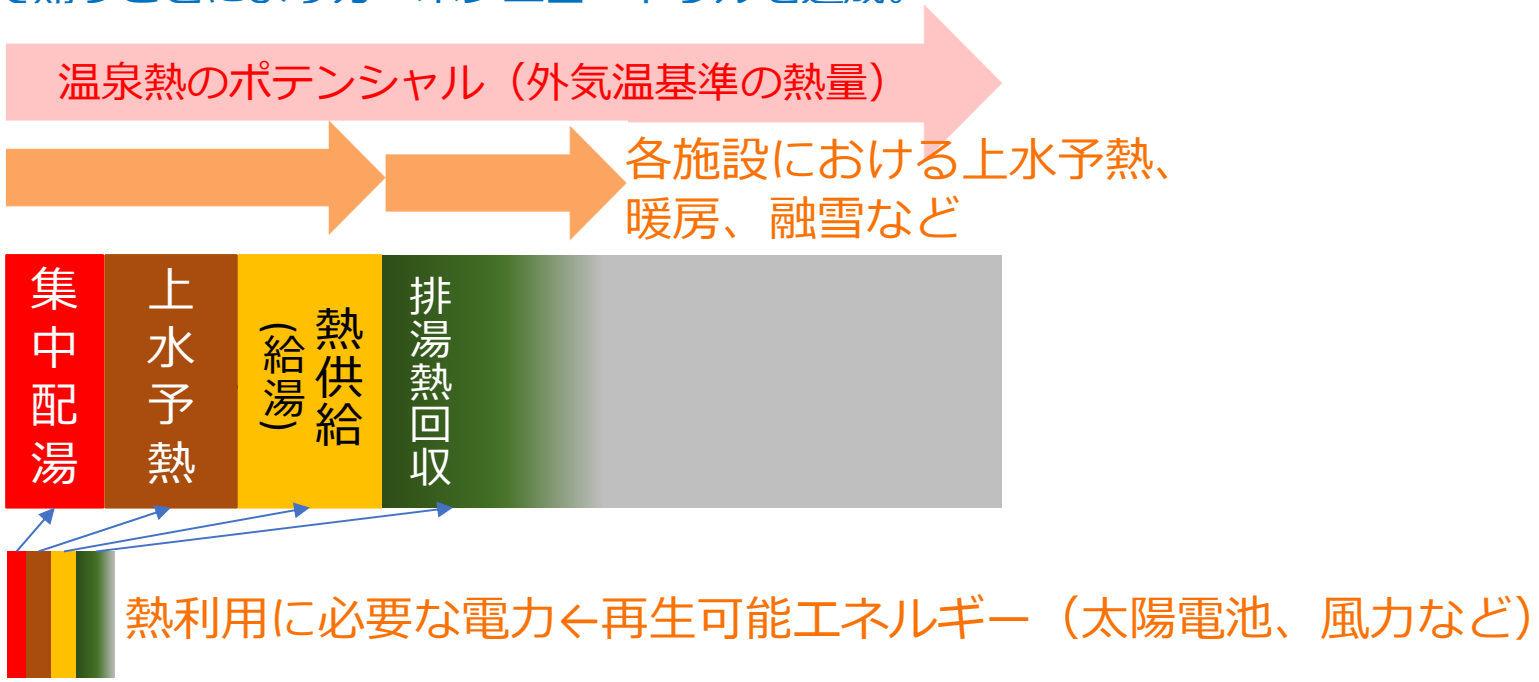


引用：温泉熱有効活用に関するガイドライン、平成31 年３月、環境省自然環境局

おわりに

カーボンニュートラルへ向けた未利用温泉熱の徹底活用

・発電可能な温度の高い源泉は発電に加えて、熱のカスケード利用を行う。
・熱需要が温泉熱に比べて大きい場合は発電より熱のカスケード利用を優先する。
・熱のカスケード利用として、集中配湯に加えて、上水予熱、熱供給（給湯供給）さらには各施設での排湯熱回収などの温泉熱利用による低炭素化分からポンプ動力、ヒートポンプ動力は再生可能エネルギーで賄うことによりカーボンニュートラルを達成。



温泉熱利用の普及へ向けた課題

・温泉熱ポテンシャルと熱消費実態の把握　→熱有効活用
・設備システムの耐久性向上、維持管理の効率化の課題　→技術開発
・熱エネルギー技術の専門家による技術支援　→具体の案件形成