

下水熱ポテンシャルマップ (詳細ポテンシャルマップ) 作成の手引き

2015年3月

環境省総合環境政策局

国土交通省水管理・国土保全局下水道部

下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）作成の手引き

目次

1. はじめに	5
1.1 下水熱ポテンシャルマップとは	6
§1 下水熱ポテンシャルマップの有用性	6
§2 下水熱ポテンシャルマップの利用場面と種類	7
1.2 本手引きの対象	9
§1 本手引きの対象	9
1.3 本手引きの構成と使い方	13
§1 本手引きの構成と使い方	13
2. 詳細ポテンシャルマップの作成手法	15
2.1 詳細ポテンシャルマップ作成の前提条件	15
§1 ポテンシャルの定義	15
§2 詳細ポテンシャルマップの時間スケール	17
§3 詳細ポテンシャルマップの作成範囲	19
2.2 詳細ポテンシャルマップの作成手順（通常手法）	20
§1 マップ作成に必要なデータ	20
§2 マップに必要なデータ取得のための留意点	26
§3 ポテンシャル算出対象とする管路	29
§4 マップ作成の具体的手順	30
2.3 限定した管路での詳細ポテンシャルマップの作成手順（距離内分法）	41
§1 マップ作成に必要なデータ	41
§2 ポテンシャル算出対象とする管路	43
§3 マップ作成の具体的手順	44
2.4 詳細ポテンシャルマップの表示方法	49
§1 詳細ポテンシャルマップの表示方法	49
3. 詳細ポテンシャルマップの利用に際しての留意事項	55
3.1 詳細ポテンシャルマップの推計精度	55
§1 日平均ポテンシャルの推計精度	55
§2 時刻別ポテンシャルの推計精度	62
§3 建物用途毎の下水流量特性と延床面積あたりの日平均下水流量	70
3.2 ポテンシャルの変動要因	72
§1 降雨・降雪による影響	72

§ 2	大規模温浴施設等による影響	75
4.	モデル地区における詳細ポテンシャルマップの作成・活用事例.....	77
4.1	詳細ポテンシャルマップの作成事例.....	77
§ 1	浦安市	77
§ 2	豊田市	80
§ 3	茨木市	83
§ 4	神戸市	86
§ 5	福岡市	89
4.2	詳細ポテンシャルマップの活用事例.....	92
§ 1	詳細ポテンシャルマップのフィージビリティスタディへの活用.....	92
§ 2	福岡県福岡市における詳細ポテンシャルマップ活用事例.....	95
§ 3	大阪府茨木市における詳細ポテンシャルマップ活用事例.....	106
5.	参考資料.....	119
§ 1	各モデル地区における下水流量・温度の実測結果.....	119
§ 2	上水使用量原単位	134
§ 3	福岡県福岡市における詳細ポテンシャルマップを活用したフィージビリティスタ ィ事例	136
§ 4	大阪府茨木市における詳細ポテンシャルマップを活用したフィージビリティスタ ィ事例	169
§ 5	ポテンシャルマップ作成業務仕様書例.....	207
	下水熱等未利用熱ポテンシャルマップ分科会 委員名簿	215

1. はじめに

平成 26 年 8 月にとりまとめられた「新下水道ビジョン」（下水道政策研究委員会報告書）においては、下水道の使命として、「水・資源・エネルギーを量的・質的に健全に循環させる社会の構築に貢献する」ことが掲げられている。地球温暖化の進行、エネルギー需給のひっ迫といった社会情勢の変化から、低炭素社会への貢献は下水道の役割となっている。また、下水道の有するエネルギーポテンシャルを最大限活用することで、地方公共団体の経営にも資する可能性がある。

下水の水温は一年を通して比較的安定しており、大気の温度と比べて夏は低く、冬は高くなる特長を有している。このため、この温度差エネルギー（下水熱）を冷暖房や給湯等に利用することによって、大幅な省エネ・省 CO₂ を図ることができる。しかしながら、これまで下水熱の利用は、下水の賦存量（ポテンシャル）が大きい下水処理場やポンプ場の周辺が中心であり、これを活用する民間の都市開発事業等とのマッチングが課題であった。それに対して、「都市再生特別措置法」の改正（平成 23 年 4 月）や「都市の低炭素化の促進に関する法律」の制定（平成 24 年 8 月）によって、下水熱を利用するために民間事業者が下水道管理者から許可を得て下水を取水することが可能となった。また、下水管路内に熱回収施設を設置する新工法の開発などにより、幅広い民間事業者からの需要に応えられるようになった。これらにより、下水熱利用の可能性が広がってきている。

下水熱を利用するためには、都市内に張り巡らされた下水管路網における流量を推計し、下水熱の推定賦存量をまとめた下水熱ポテンシャルマップを作成することが有用である。下水熱ポテンシャルマップは、民間事業者等の下水熱利用者に下水熱の賦存量や存在位置を提示して下水熱利用を推進する、ツールとなる。地方公共団体の下水道部局と都市開発部局、都市計画部局、環境部局等が連携して取りまとめることで、まちづくりの構想段階から下水熱の利用を提案することや、民間事業者による施設建設や設備改修の時期に合わせた下水熱利用が促進されることを想定している。

本手引きは、この下水熱ポテンシャルマップの作成方法や活用事例を解説したものである。なお、下水熱利用に関する基礎情報（意義、利用形態、計画の進め方等）については、「下水熱利用マニュアル」（国土交通省水管理・国土保全局下水道部、平成 27 年 3 月）で取りまとめており、これらと併せて本手引きが活用され、下水熱利用が促進されることによって、地方公共団体の経営改善と低炭素なまちづくりが進展することを大いに期待するものである。

1.1 下水熱ポテンシャルマップとは

§1 下水熱ポテンシャルマップの有用性

下水熱利用に当たり、計画・設計に必要な情報が不足しているため、下水熱利用者が事業化に至るまでに多くの費用と時間を要することが課題となっている。このため、情報基盤整備の一環として下水熱の賦存量や存在位置を容易に把握できる「下水熱ポテンシャルマップ」の作成が有用である。

【解説】

熱需要が大きい都市においては、下水熱が豊富に存在することから、これを冷暖房や給湯等の熱源に活用することで、温室効果ガス排出量の削減等に大きく貢献できる可能性を有している。

しかしながら、現在、下水熱ポテンシャルに関する情報が十分に整備されていないため、下水熱の利用を検討するにあたっては、下水熱利用者が事業案件毎に詳細な調査を実施しなければならず、事業化に至るまでに費用と時間が掛かることが課題となっている。

また、下水管路の管路径が小さい場合であっても、大きな下水熱ポテンシャルを有する場合があることから、下水道台帳等による管路径の確認のみならず、下水熱ポテンシャルを把握することで、下水熱利用の可能性が広がる。

これらのことから、地方公共団体等において、下水熱ポテンシャルに関する情報基盤整備の一環として、下水熱の賦存量や存在位置を GIS (Geographic Information System, 地理情報システム¹⁾ 上で容易に把握できる「下水熱ポテンシャルマップ」を作成することが、下水熱利用の推進に有用である。

¹ コンピュータ上の地図情報にさまざまな付加情報を持たせ、作成・保存・利用・管理し、参照できるように表示・検索機能をもったシステム。

§2 下水熱ポテンシャルマップの利用場面と種類

下水熱ポテンシャルマップは、下水熱利用の事業化に至るプロセスにあわせ、構想段階に活用できる「広域ポテンシャルマップ」と、事業化段階に活用できる「詳細ポテンシャルマップ」がある。

【解説】

下水熱利用の事業化に至るプロセスは、大きく「構想段階」と「事業化段階」に大別される。それぞれの段階に必要な情報を提供するため、下水熱ポテンシャルマップは「広域ポテンシャルマップ」と「詳細ポテンシャルマップ」がある（図 1-1）。

下水熱利用の事業化に向けては、地方公共団体の下水道部局のみならず、開発事業を所管する都市整備部局、都市計画部局や、地球温暖化対策を所管する環境部局との連携が重要となる。ポテンシャルマップをこれらの部局と民間事業者の間で共有し、これを接点として、開発計画の初期段階より密接な連携を実現することで、円滑な事業化が期待される。

● 構想段階

- ✓ まちづくり計画等において再生可能エネルギーの導入が検討され、その際に下水熱利用が候補となり、設備の種類等の選定を行う段階である。
- ✓ この段階では、都市・地域レベルの広域的な範囲において、簡便に下水熱ポテンシャルを把握できる「広域ポテンシャルマップ」の活用が想定される。
- ✓ 「広域ポテンシャルマップ」の利用シーンとしては、ディベロッパや建築事業者等が、ポテンシャルマップ上で日平均ポテンシャル量を確認し、利用可能場所の抽出や、利用可能な設備規模・用途の簡易な検討を行うことなどが想定される。

● 事業化段階

- ✓ 特定の事業化検討対象地区において、具体のFS(フィージビリティスタディ)調査を実施し、下水熱を利用する民間事業者等がシステム設計や経済性・環境性等の事前評価を行う段階である。
- ✓ この段階では、特定の地区においてより詳細・精確なポテンシャルを把握で

きる「詳細ポテンシャルマップ」の活用が想定される。

- ✓ なお、既存のデータ次第では、「広域ポテンシャルマップ」でも、一定程度事業化段階で活用できる。
- ✓ 「詳細ポテンシャルマップ」の利用シーンとしては、実施設計段階において、設備設計者が下水流量が少ない時間帯においても安定的な運用が行えるか検討し、設備機器の選定を行うことなどが想定される。

	構想段階		事業化段階	
利用目的	下水熱ポテンシャル量を可視化して提示することで、事業者の下水熱利用導入意欲を高める。		具体のプロジェクトにおける採算性・環境性の定量的な検討や実施設計を行うために必要な情報を提示する	
事業化・普及に至るプロセス	構想段階	企画段階	FS・基本設計段階	実施設計段階
	<ul style="list-style-type: none"> ■ まちづくり計画 ■ プロジェクト与条件の決定 ■ まちづくりによる建物用途、規模、予算等の基本事項に関する検討等 ■ 構想段階から事業者と接点を持つことによる連携実現 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 技術的、法的、経済的観点から最適案の抽出・選定 ■ 設計条件・方針の明確化 ■ 設備の種類等の設定 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 具体的なシステムの検討 ■ 採算性や環境性を定量化し、企画段階で決めた内容の実現に向けて検討 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 基本設計で定められた内容について詳細に設計 ■ 実施設計図書の作成 ■ 工事予算の算出 等
想定される利用シーン	自治体が民間事業者へ下水熱ポテンシャルマップの提示を行い民間事業者の下水熱利用導入意欲を促す。ディベロッパや建築事業者等が、ポテンシャルマップ上で、日平均ポテンシャル量を確認し、利用可能場所の抽出や、利用可能な設備規模・用途の簡易な検討を行う。		自治体や民間事業者が、広域ポテンシャルマップから導入可能場所の抽出後、これと比較しつつポテンシャルを精査する。自治体が、再開発事業等について民間から提案を公募する際に、ポテンシャルマップを提示し、ディベロッパ等が採算性等を踏まえて下水熱利用の導入検討（FS）を行う。実施設計段階において、設備設計者が下水流量が少ない時間帯においても安定的な運用が行えるか検討し、設備機器の選定を行う。	
広域版と詳細版の違い	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日平均下水熱ポテンシャル ・ 都市・地域レベルの広域な範囲（処理区単位） 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 時刻別下水流量、月別下水温度、時刻別ポテンシャル ・ 再開発事業等が見込まれる特定街区 	
各自治体への展開	FS地域・事業化地域の絞り込み等に活用		事業計画の詳細検討等に活用	
	民間事業者の導入意欲を高めるため、自治体が広域マップを作成して提示		まちづくり（地域的）事業に向けて、自治体が詳細マップを作成して提示	

図 1-1 下水熱ポテンシャルマップの種類と利用場面

1.2 本手引きの対象

§1 本手引きの対象

本手引きでは、下水熱のポテンシャルを再開発事業等が見込まれる特定街区の範囲で活用できる「詳細ポテンシャルマップ」を作成するための手法についてとりまとめる。「詳細ポテンシャルマップ」の作成手法には、用途別の建物延床面積等から推計する手法（通常手法）と、既存データの状況により選択する「距離内分法」がある。

【解説】

本手引きは「詳細ポテンシャルマップ」の作成手法についてとりまとめたものである。「詳細ポテンシャルマップ」は、各地方公共団体で整備されている下水道台帳の電子データ、建物現況データ（建物図形情報、位置情報、延床面積等、建物用途）及び都市計画データ（道路、街区等の形状が分かる土地利用データ及び地形図データ）を用いて作成されるものである。また、広域ポテンシャルマップの作成手法で推計した各マンホールの日平均下水流量推定値または、対象管路上のあるマンホール1地点での下水流量・温度実測データより、再開発事業等が見込まれる特定街区の任意のマンホールにおける代表日の時刻別ポテンシャルを算出する。本手引きでは、ポテンシャルマップ作成作業の効率化を図るために、既存のGISデータや既存の実測データを極力利用する様な方法をとることとした。

なお、詳細ポテンシャルマップの作成には、国勢調査に関する地域メッシュ統計における人口メッシュデータや、計画汚水量を活用した下水流量推定によりポテンシャルを算出する作成手法も考えられる。これらを用いた推計については、「5.3 詳細ポテンシャルマップの推計精度」を参照されたい。

ただし、通常手法により詳細ポテンシャルマップを作成するために必要なデータが不足している場合もある。そこで本手引きでは、こうした地方公共団体等向けに、対象管路上のマンホール2地点における実測流量を用いて、実測範囲の同一管路上における下水流量を推定し詳細ポテンシャルマップを作成する手法（距離内分法）についても提示する。

なお、前述の通り、構想段階において、都市・地域レベルの広域的な範囲での下水熱ポテンシャルの把握や事業者へ下水熱導入意欲の向上などに活用されることを想定した「広域ポテンシャルマップ」については、「下水熱ポテンシャルマップ（広域ポテンシャルマップ）作成の手引き」（2015年3月環境省総合環境政策局・国土交通省水管

理・国土保全局下水道部)において作成手法及び活用事例を示している。各マップの概要を表 1-1 に示す。

表 1-1 各ポテンシャルマップの概要

マップの種類	広域ポテンシャルマップ		詳細ポテンシャルマップ	
	(通常手法)	簡易手法	(通常手法)	距離内分法
マップ作成に必要なデータ	<ul style="list-style-type: none"> •下水道台帳電子データ •建物現況データ（延床面積） 	<ul style="list-style-type: none"> •下水道事業計画図 •用途地域データ 	<ul style="list-style-type: none"> •下水道台帳電子データ •建物現況データ（延床面積） •建物現況データ（建物用途） •都市計画データ •広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた各マンホールの日平均下水流量推定値、または対象管路上のあるマンホール1地点での下水流量の実測データ 	<ul style="list-style-type: none"> •建物現況データ（図形のみ） •都市計画データ •対象管路上のあるマンホール2地点での下水流量の実測データ
ポテンシャルの算出方法	流量既知点（下水処理場、ポンプ場、マンホールポンプ等）の下水流量データを用いて下水流量を推定し、日平均ポテンシャルを算出		推定された日平均下水流量に、住宅延床面積比率（対象街区の総延床面積に対する住宅用途の延床面積の割合）から求めた時刻別流量比率（日平均流量に対する各時刻の流量の比率）を乗じて各時刻の流量を算出。	
マップの作成エリア	都市・地域レベル（処理区単位）		再開発事業等が見込まれる特定地区	再開発事業等が見込まれる特定地区のうち、実測対象の管路
ポテンシャル算出対象管路	処理区内の全ての合流管・污水管を基本	左記のうち幹線管路のみ（幹線管路以外はメッシュで推計）	特定地区内の管路	特定地区の管路のうち、実測点間の対象管路
マップの算出スケール	管路上の各マンホールにおける月別代表日の日平均ポテンシャル	メッシュ毎の月別代表日の日平均ポテンシャル	管路上の各マンホールにおける代表日の時刻別ポテンシャル	

詳細ポテンシャルマップの表示イメージと距離内分法により作成した場合の表示イメージをそれぞれ図 1-2、図 1-3 に示す。

なお、それぞれの手法において必要となるデータ及び具体的な手順については、「2.2 詳細ポテンシャルマップの作成手順」、「2.3 限定した管路での詳細ポテンシャルマップの作成手順（距離内分法）」にて示す。



図 1-2 通常手法による詳細ポテンシャルマップ（イメージ図）

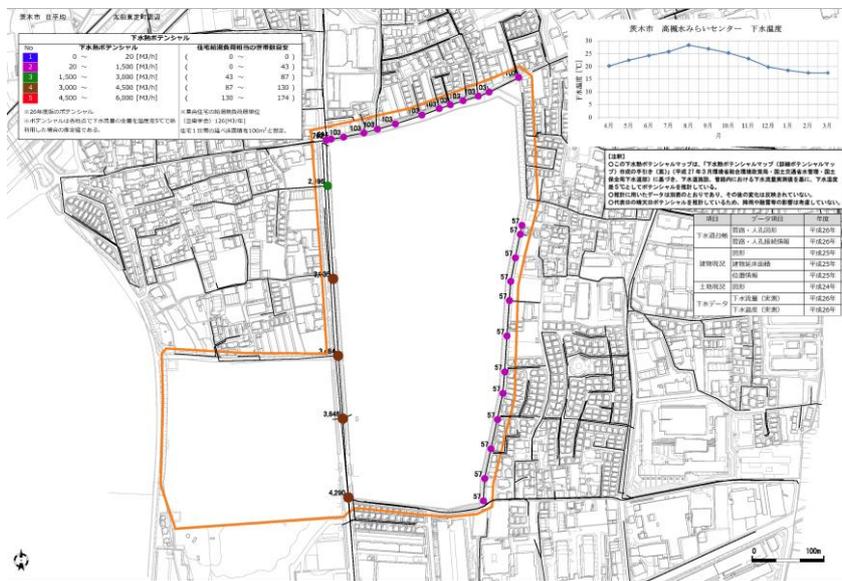


図 1-3 距離内分法による詳細ポテンシャルマップ（イメージ図）

1.3 本手引きの構成と使い方

§1 本手引きの構成と使い方

本手引きは、「はじめに」、「詳細ポテンシャルマップの作成手法」、「詳細ポテンシャルマップの利用に際しての留意事項」、「モデル地区における詳細ポテンシャルマップの作成・活用事例」、「参考資料」から構成される。

【解説】

本手引きの構成は以下のとおりである。

【本手引きの構成】

1. はじめに
 - ✓ 下水熱ポテンシャルマップ作成の意義とその利用場面・種類について記述するとともに、それを踏まえた本手引きの構成と使い方について解説する。
2. 詳細ポテンシャルマップの作成手法
 - ✓ 詳細ポテンシャルマップ作成の前提条件について記述するとともに、具体的な作成手順について解説する。データの取り扱いや実測時の留意点についてもあわせて記載する。
 - ✓ 通常の作成手法の他に、下水道台帳電子データや建物データが整備されていない場合、または入手困難な場合における、マップ作成手法（距離内分法）についても解説する。
3. 詳細ポテンシャルマップの利用に際しての留意事項
 - ✓ 本手引きに基づき作成される詳細ポテンシャルマップについて、その推計精度や誤差要因について記述する。
4. モデル地区における詳細ポテンシャルマップの作成・活用事例
 - ✓ モデル地区として採択された5自治体（千葉県浦安市、愛知県豊田市、大阪府茨木市、兵庫県神戸市、福岡県福岡市）において作成したマップとその活用事例について紹介する。
5. 参考資料
 - ✓ モデル地区における下水流量と下水温度の測定結果についても紹介する。

なお、下水熱ポテンシャルマップは地方公共団体等が作成することを想定しているが、作成には専門知識を要するため、実際には専門業者へ委託することが考えられる。地方公共団体等においては、まず「2.1 §1 マップ作成に必要なデータ」、「2.3 §1 マップ作成に必要なデータ」において必要なデータを確認し、下水熱ポテンシャルマップの作成について検討を開始することを推奨する。



図 1-4 「下水熱ポテンシャルマップ作成の手引き」の位置付け

2. 詳細ポテンシャルマップの作成手法

2.1 詳細ポテンシャルマップ作成の前提条件

§1 ポテンシャルの定義

詳細ポテンシャルマップで算出するポテンシャルは、原則として下水流量の全量を5℃温度変化させるよう熱利用した場合におけるポテンシャルと定義する。ただし、実際の下水熱利用では、必ずしも全量を5℃温度変化させるよう利用するものではない。

【解説】

ポテンシャルは、式 1、式 2 に示すとおり下水流量に温度差と容積比熱を乗じることによって算出される。

$$\hat{Q}_N = C_w \times \hat{G}_N \times \Delta T \quad \text{式 1}$$

$$Q_h = C_w \times G_h \times \Delta T \quad \text{式 2}$$

\hat{Q}_N : 推定点 (マンホール M_N) における日平均推定下水熱ポテンシャル[MJ/日]([MJ/h])

Q_h : 推定点 (マンホール M_N) における時刻別推定下水熱ポテンシャル[MJ/h]

C_w : 容積比熱[MJ/m³K] (※参考文献 より、4.164[MJ/m³K])

\hat{G}_N : 推定点 (マンホール M_N) における日平均推定下水流量[m³/日]([m³/h])

G_h : 推定点 (マンホール M_N) における時刻別推定下水流量[m³/h]

ΔT : 下水熱利用温度差[K] (※本手引きでは5[K]と設定)

<単位変換>

$$\hat{Q}_N \text{ [MJ/日]} = \hat{Q}_N / 24 \text{ [MJ/h]} = \hat{Q}_N \times 1000 / 24 / 3600 \text{ [kW]} \text{ ([kJ/s])}$$

$$\hat{G}_N \text{ [MJ/日]} = \hat{G}_N / 24 \text{ [MJ/h]}$$

※参考文献：「JSME テキストシリーズ伝熱工学」、社団法人日本機械学会

本手引きでは、下水流量と温度差について以下のとおり定義する。

① 下水流量 G_N 及び G_h の定義

推定点（マンホール M_N ）における流量全量と定義し、広域ポテンシャルマップで求めた各マンホールの日平均下水流量推定値または、対象管路上のマンホールにおける下水流量の実測データから推計する。推計方法の詳細については「2.2 詳細ポテンシャルマップの作成手順」、「2.3 限定した管路での詳細ポテンシャルマップの作成手順（距離内分法）」に示す。

実際の下水熱利用では、必ずしも流量全量が利用されるものではないが、利用できる最大のポテンシャルを示す趣旨で、流量全量とする。なお、日平均下水流量は、月の下水流量累計値をその月の日数で除したものとする。また、時刻別流量と比較するため日平均流量を更に 24 時間で除したものを日平均時間あたりの流量とする。時刻別流量に関しては、日平均流量と時刻別流量比率から時刻別流量を算出する。

② 温度差 ΔT の定義

推定点（マンホール M_N ）における「下水熱利用前後での下水の温度差」と定義し、熱利用設備設計における一般的な数値として 5°C （ $= 5\text{ K}$ [ケルビン]）と設定する。

ただし、実際の下水熱利用においては、機器の性能等によって利用前後での温度差は異なるものであり、必ずしも 5°C の温度差で利用するものではない。

なお、具体的に下水熱利用設備の検討方針が決定している場合には、上記の定義（下水流量を流量全量とすること及び温度差を 5°C とすること）によらず、設備の検討方針に即した定義を用いてもよい。ただし、本手引きの定義によらない場合には、用いた定義をポテンシャルマップに明記する必要がある。

§2 詳細ポテンシャルマップの時間スケール

詳細ポテンシャルマップは、代表日（晴天日）の時刻別ポテンシャルを算出・表示する。

【解説】

下水流量は季節変動が小さいため、本手引きの対象とする詳細ポテンシャルマップでは、年間の代表日（晴天日）の時刻別ポテンシャルを算出することを基本とする。

代表日は、広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた日平均下水流量推計値を用いて作成する場合には、広域ポテンシャルマップと同じ夏季（8月ごろ）・冬季（2月ごろ）とする。対象管路上のあるマンホールでの下水流量の実測データを用いて作成する場合には、計測期間中の代表日（晴天日）とする。

なお、夏季・冬季以外にも、利用目的に応じて月別等の詳細ポテンシャルマップを作成しても良い。

下水温度に関しては、下水熱を利用した設備のシステム効率検討に必要な、月別の下水温度を表示することを基本とする。

【参考 ポテンシャルの季節変動】

近畿地方某市を事例とした晴天日の月別の日平均下水流量と標準偏差を以下に示す。下水流量は各月の日平均流量基準に対して約±10%の範囲内にあり、日変動が小さい。また、各月の日平均流量に大きな変化は見られず、季節変動が小さいことが分かる。

これより、本手引きに示すとおり、代表日における時刻別ポテンシャルを算出することで、年間を通じた大まかなポテンシャルを把握することができると考えられる。

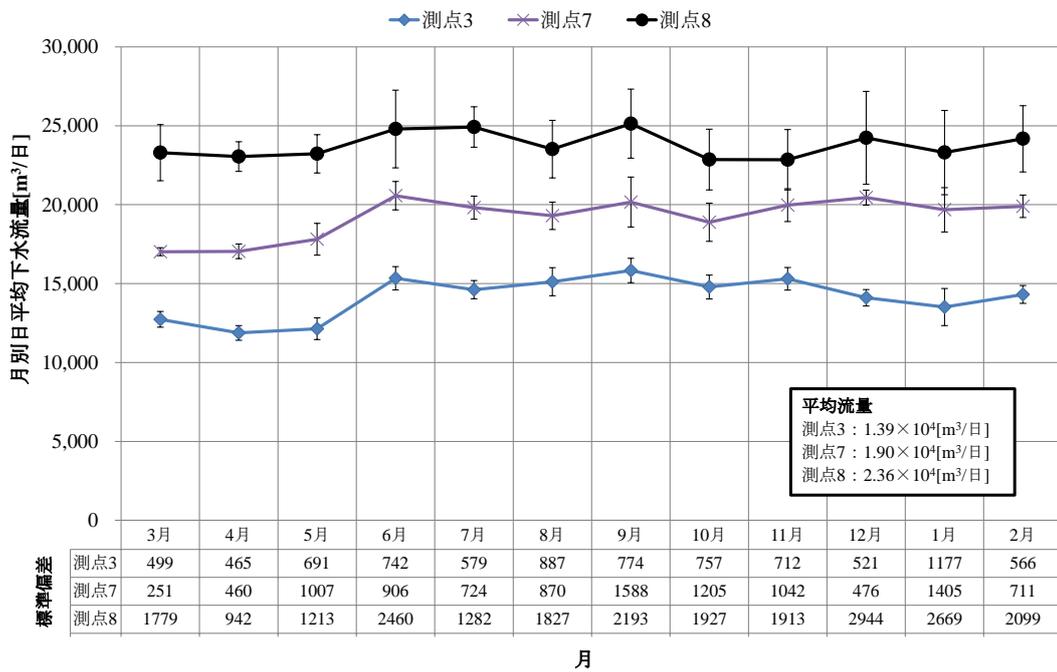


図 2-1 近畿地方某市における晴天日の月別日平均下水流量

出所) 三毛正仁他「下水管路における流量・温度推定のための下水流量・温度の実測」(空気調和・衛生工学会論文集 No. 202, 2014年1月)

§3 詳細ポテンシャルマップの作成範囲

詳細ポテンシャルマップの作成対象範囲は、再開発事業等が見込まれる特定街区とし、当該特定街区内に含まれる合流管・汚水管を基本とする。

【解説】

詳細ポテンシャルマップは事業化段階で FS 検討から詳細設計に活用することを目的としており、再開発事業等が予定されている地域での利用が想定されるため、詳細ポテンシャルマップの作成エリアは再開事業等が見込まれる特定街区を基本とする。

下水熱利用には安定的な下水流量が必要であるため、恒常的に流量が確保できる合流管と汚水管を対象とする。

また、下水熱利用時にはマンホールより熱交換設備へとアクセスすることが想定されることから、ポテンシャルの算出はマンホール毎に行うものとする。ただし、マンホールが設置されていない圧送管や放流渠等についても、ポテンシャルが高いと想定されることから、本手引きによる推計と同様にポテンシャルを推計し、ポテンシャルマップに記載するとより有用である。

2.2 詳細ポテンシャルマップの作成手順（通常手法）

§1 マップ作成に必要なデータ

詳細ポテンシャルマップを作成するためには、下水道台帳電子データ、建物現況データ、都市計画データ及び、広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた各マンホールの日平均下水流量推定値または、対象管路上の最下流のマンホール1地点での下水流量実測データが必要となる。

なお、下水道台帳電子データ、建物現況データが整備されていない場合は、「距離内分法」による流量推定によりマップが作成できる。

【解説】

詳細ポテンシャルマップの作成にあたり、必要なデータを表 2-1 に示す。

(1) 下水道台帳電子データ、建物現況データ、都市計画データ

詳細ポテンシャルマップを作成するためには、下水道台帳の電子データ（DM（デジタル・マッピング）²又はシェープファイル形式³）が必要となる。なお、電子データのファイル形式が SXF（Scadec data eXchange Format）形式⁴、DXF（Drawing Exchange Format）形式⁵、TIFF 形式（Tagged Image File Format）⁶等であり、図形情報しかない場合には、マップ作成に活用することが困難である。建物現況データ（延床面積、建物用途）がなく図形情報しかない場合も同様である。このような場合には、後述の距離内分法でのマップ作成手法（2.3 限定した管路での詳細ポテンシャルマップの作成手順（距離内分法））を参照されたい。その他に、マップの下描として利用する都市計画データ（地形図データ及び道路・街区等の形状が確認できる土地利用データ）が必要となる。

なお、詳細ポテンシャルマップの作成には、国勢調査に関する地域メッシュ統計における人口メッシュデータや、計画汚水量を活用した下水流量推定によりポテンシャルを

² 空中写真測量等により、地形・地物等に関わる地図情報をデジタル形式で測定し、電子計算機技術により、体系的に整理された数値地図情報。

³ 異なる GIS（地理情報システム）間でのデータの相互運用に使用されるファイル形式。ファイルの拡張子が「. shp」である。

⁴ 異なる CAD ソフトウェア間でデータのやりとりに使用される中間ファイル形式。

⁵ CAD ソフトウェアで作成した図面のファイル形式の一種。

⁶ 画像データのファイル形式の一種。

算出する作成手法も考えられる。これらを用いた推計については、「5.3 詳細ポテンシャルマップの推計精度」を参照されたい。

(2) 下水流量データ

本手引きで示す手法では、広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた各マンホールの日平均下水流量推定値、または実測点（対象管路上の最下流マンホール1地点）における下水流量データが必要となる。これらのデータを用い、各マンホールが受け持つ建物延床面積、建物用途を用いてポテンシャルの算出を行う。

広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた各マンホールの日平均下水流量推定値を用いる場合としては、既に広域ポテンシャルマップを作成している場合、対象街区の状況や検討のスケジュール等から下水流量の実測が困難な場合などが想定される。実測点（対象管路上の最下流マンホール1地点）における下水流量データを用いる場合としては、検討のスケジュールが長期間確保できる場合、より精度の高いポテンシャル量を推計したい場合などが想定される。

なお、既存データとして、対象管路上の最下流マンホールにおける計画下水流量データがある場合には、上記データに変えて計画下水流量データを利用することも可能であるが、実測データ等に比べ誤差が大きくなる可能性がある。

表 2-1 詳細ポテンシャルマップの作成に必要なデータ

データ項目	概要
下水道台帳電子データ (DM(デジタル・マッピング) 又はシェープファイル形式)	①地図情報 ・ 管路図形情報、位置情報 ・ マンホール図形情報、位置情報 ・ 下水処理施設への下水流入位置 等 ② 属性情報 ・ 管路・マンホール位置情報、接続情報 ・ 管路流れ方向性情報(上流下流のマンホール番号) ・ 下水管用途(雨水用などの区分) 等 ※管路流れの方向性情報がない場合は、以下が必要 ・ 管路勾配情報 ・ 海拔面からの管路高さ(管底高又は管頂高)
建物現況データ	・ 建物図形情報、位置情報 ・ 建物毎の延床面積 ・ 建物毎の建物用途
都市計画データ	・ 土地利用データ(道路、街区等の形状が分かるもの) ・ 地形図データ
下水流量データ	・ 広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた各マンホールの日平均下水流量推定値または、対象管路上の最下流のマンホール1地点での下水流量実測データ ※既存データとして近傍の下水道施設における実測データがあれば活用しても良い。

※建物現況データの代わりに人口メッシュデータ・計画汚水量を用いることも考えられる。

【下水道台帳電子データ】

下水道台帳電子データとは電子地図上に下水道管路及びマンホールの地図情報と属性情報が付加されたデータであり、本手引きでは DM (デジタル・マッピング) 又はシェープファイル形式で整備されたものを指す。

例として、仙台市における下水道台帳電子データ (縮尺 1/10,000) を示す。



【建物現況データ】

建物現況データとは、電子地図上に建物図形情報と位置情報が付加されたデータであり、各建物の延床面積と建物用途が把握できるものを指す。各地方公共団体の都市計画部局より入手可能である。例として、仙台市における建物現況データ（縮尺 1/10,000）を示す。



【都市計画データ】

都市計画データとは、地形図データに道路、街区等の形状が確認できる土地利用データを重ね合わせたものを指し、広域ポテンシャルマップの作成においては下描として利用する。各地方公共団体の都市計画部局より入手可能である。

例として、仙台市における都市計画データ（縮尺 1/10,000）を示す。

都市計画データ(仙台市、1/10,000)



§2 マップに必要なデータ取得のための留意点

効率的に詳細ポテンシャルマップを作成するためには、可能な限り既存データを活用することが望ましい。

なお、詳細ポテンシャルマップの作成に必要なデータが既存データとして整備されていない場合や、ポテンシャル推定精度の向上のため、対象街区における下水流量・温度の実測を行ってもよい。

【解説】

(1) 詳細ポテンシャルマップ作成のデータ取得方針

効率的に詳細ポテンシャルマップを作成するためには、下水道台帳電子データ、建物現況データ、都市計画データ、下水流量データを含め、詳細ポテンシャルマップの作成に必要なデータは、可能な限り既存データを活用することが望ましい。建物現況データについては、民間事業者が作成しているものを活用することも考えられる。

(2) 流域関連公共下水道の場合

通常手法による詳細ポテンシャルマップの作成においては、最上流までの下水道台帳電子データが必要となるため、対象街区の下水道が流域関連公共下水道の場合、必要な下水道台帳電子データが他自治体にまで及ぶ可能性がある。最上流までの下水道台帳電子データが入手困難な場合は、後述の距離内分法による詳細ポテンシャルマップ作成手法を参照されたい。

(3) ダミーマンホールデータについて

下水道台帳電子データには、管理上仮想に設定した実際には存在しないダミーマンホールデータが含まれている場合がある。この場合、ダミーマンホールについては、ポテンシャル算出の対象マンホールからは除外する必要がある。

(4) 実測流量・温度の取得

下水流量データについては、広域ポテンシャルマップが作成されていない場合、下水流量、温度の実測が必要となる。また、距離内分法により詳細ポテンシャルマップを作成する場合においても、下水流量、温度の実測が必要となる。実測の手法としては、表 2-2 のような手法がある。実測にあたっては、事前に実測対象の管路及びマンホールの現場踏査、状況確認を行い、各種計測手法のうち適用可能な手法の確認を行う必要がある。

「2.1 §2 詳細ポテンシャルマップの時間スケール」で述べたとおり、下水流量に関しては、季節変動が少ないため晴天日 14 日間分程度で十分である。したがって下水流量の実測期間としては 2 週間から 1 ヶ月程度の期間が目安となる。

実測に用いるセンサーについては校正を行ったものを使用する必要がある。また、下水流量、温度の実測には機器の設置、実測データの確認、補正等に専門技術が必要となるため、下水流量実測を正しく実施可能な専門業者に委託することが望ましい。

以下の図 2-2 に「4. モデル地区における詳細ポテンシャルマップの作成・活用事例」で示すモデル地区における実測の手続きの実例を示す。

実測開始の 1～2 ヶ月前に対象地区の地方公共団体の下水道部局へ実測計画の説明と協議を行う。その後、実測地点の候補地を下水道部局が選定し、計測機器設置のための現地踏査を行う。現地踏査にあたっては、マンホール、下水管路内の状況確認、道路や近隣建物への影響を含め周辺状況の確認を行い、計測地点及び計測方法を決定する。その後、計測機器の準備、現場への設置を行い実測開始となる。計測機器の設置後、1 週間後に計測機器が正常に動作しているか確認を行う方が望ましい。正常に計測機器が動作していることが確認できれば、計測開始から 2 週間～1 ヶ月程度計測を行い、実測データを取得する。計測終了後、計測機器の撤去及び、現場復旧を行う。

また、下水管路内の確認、機器設置、データ取得等の作業を実施する際には、道路使用許可を取得する必要がある。道路使用許可については申請書提出後、約 1 週間後に許可証が受領できる。そのため、作業日の 1 週間前には道路使用許可申請書を所管の警察署に提出する必要がある。

なお、これらはモデル地区における例であり、詳細な手続きについては、各地方公共団体や関係者間で協議、調整を行い、確認をする必要がある。

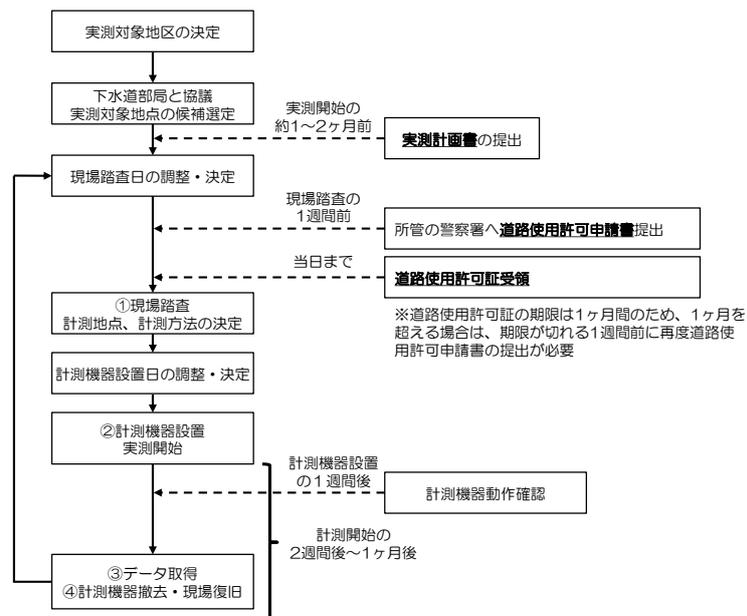


図 2-2 下水流量実測の手続きと流れ

表 2-2 各種測定手法（例）

計測手法	H-Q 曲線 (圧力式水位計)	PBF+水位計 (パーマーボウラスフリューム)	面速式流量計	マンニング公式 (圧力式水位計)
概要	異なる水位での流速分布を調べ、水位と流量との相関関係（H-Q 曲線）を求める。その際、流量については管路断面形状と流速分布から算出する。その後、水位のみ計測し相関関数から流量を演算する。	PBF を通過する上流側の水位を計測することにより、PBF により求められる流速を使用して、流量を求める。	面速式流量計により、流速と水位を同時に計測することにより、流量へ換算する。	管径形状及び水位のみ計測し断面積を求め、管勾配・粗度係数から流速を求め、流量を演算する。
適応水路	大口径管（Φ800～）で可能。貯留管や越流堰前、オリフィス前など水位と流速の相関が多重になる水路には不向き。	小口径（Φ100）から大口径（Φ800）まで可能。	小口径には不向きで Φ600～の管渠や用水路など。ただし水路幅が広大になると流速分布のばらつきにより正しい流量計測が出来ない。	算出そのものは小口径（Φ100～）から可能であるが、実質的には大口径管（Φ1000～）に用いられることが多い。
長所	マンニング公式より精度が確保できる。多様な水位による流速分布が多く計測出来ればその精度は向上する。	流量を水位に変換する機能を有した計測水路で有り、その形状から汚物を滞留させることなく流下させる能力があり、精度の高い下水の流量計測が行える。	設置が簡単で連続測定が出来、マンニング公式や H-Q より高い精度が得られる。降水時に増水する雨水、合流管にも用いられる。	大まかな流量の算出であればこの手法も用いられる。水位のみ計測すれば流量算出が可能となる。
短所	多様な水位による流速分布を計測する必要がある。雨水に関する水路では増水など危険な場合も多く、相関を得られない場合が多い。	上流側に 10D（管径の 10 倍）、下流側に 5D の直線部分が必要で管勾配にも制限が有り、射流や合流部、満管になる水路には設置できない。	乱流や流速分布が水位により異なる場合は精度が落ちる。水位や流速分布を手計測し補正を行う必要がある。最小水位を 5cm 程度必要とする。	上下流の状態によって流下状況が大幅に異なるため、相当な誤差を含む可能性がある。
計測機精度	0.1% (F.S) (±3mm)	流量精度：±2% (F.S) 水位精度：±4mm	流速精度：±2% (測定値) 水位精度：±0.25% (F.S) (±5mm)	0.1% (F.S) (±3mm)
費用	②	③	②	①

※費用欄の番号は計測費用の高低の目安を示す。番号が小さい手法ほど安価である。

§3 ポテンシャル算出対象とする管路

詳細ポテンシャルマップが対象とする管路は、再開発事業等が見込まれる特定街区内の管路を対象とする。

なお、管路径が小さい管路も大きなポテンシャルを有する場合があるため、幹線管路のみならず、幹線管路以外の管路も含めてポテンシャルを算出することを基本とする。

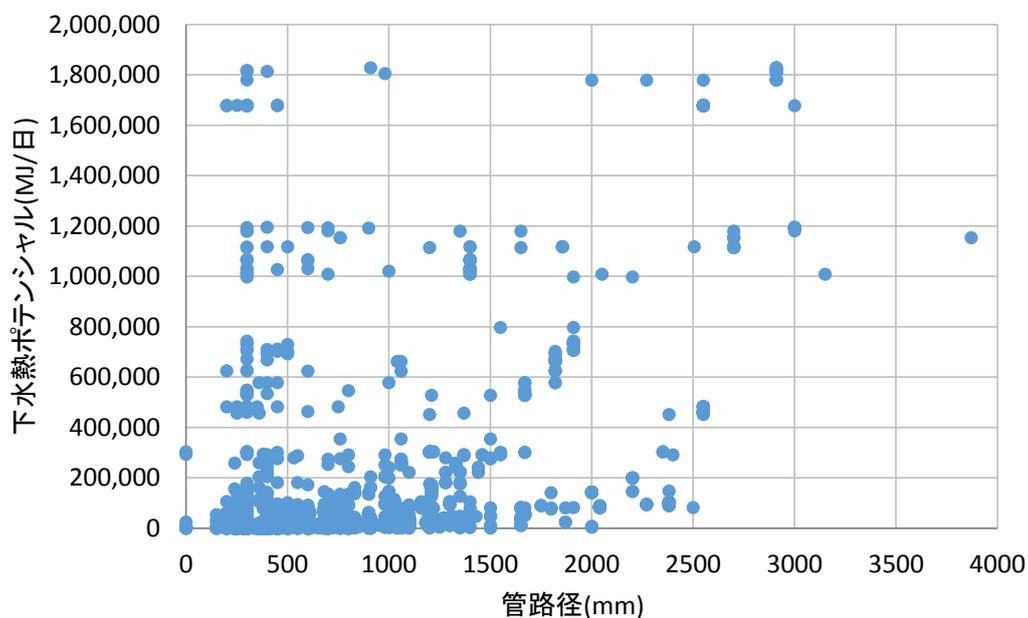
【解説】

管路径が小さい管路も大きなポテンシャルを有する場合があるため、主要幹線のみならず、主要幹線以外の管路も含めてポテンシャルを算出することを基本とする。

【参考 管路径と下水熱ポテンシャルの関係】

近畿地方某市における管路径と下水熱ポテンシャルの関係に関する分析事例を以下に示す。

小さい管路径であっても、高い下水熱ポテンシャルを有する場合が存在することが分かる。



出所) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の研究開発事業「都市域における下水管路網を利用した下水熱利用・熱融通技術」における実測データより作成

§4 マップ作成の具体的手順

詳細ポテンシャルマップ作成のプロセスは、「(1) データの作成・整理」、「(2) ポテンシャルの算出」、「(3) 地図情報への統合」の手順からなる。

【解説】

詳細ポテンシャルマップ作成のプロセスは図 2-3 に示すとおり、大きく分けて「(1) データの作成・取得」、「(2) ポテンシャルの算出」、「(3) 地図情報への統合」の手順からなる。各ステップについて解説する。

詳細ポテンシャルマップの作成には、国勢調査に関する地域メッシュ統計における人口メッシュデータや、計画汚水量を活用した下水流量推定によりポテンシャルを算出する作成手法も考えられる。これらを用いた推計については、「5.3 詳細ポテンシャルマップの推計精度」を参照されたい。

なお、既に広域ポテンシャルマップを作成している場合には、「(1) データの作成・整理」中の「1) 対象となる特定街区の下水流量データの整理」から「(2) ポテンシャルの算出」中の「1) 各マンホールにおける日平均下水流量計算」までは、広域ポテンシャルマップの情報が活用できるため、省略できる。

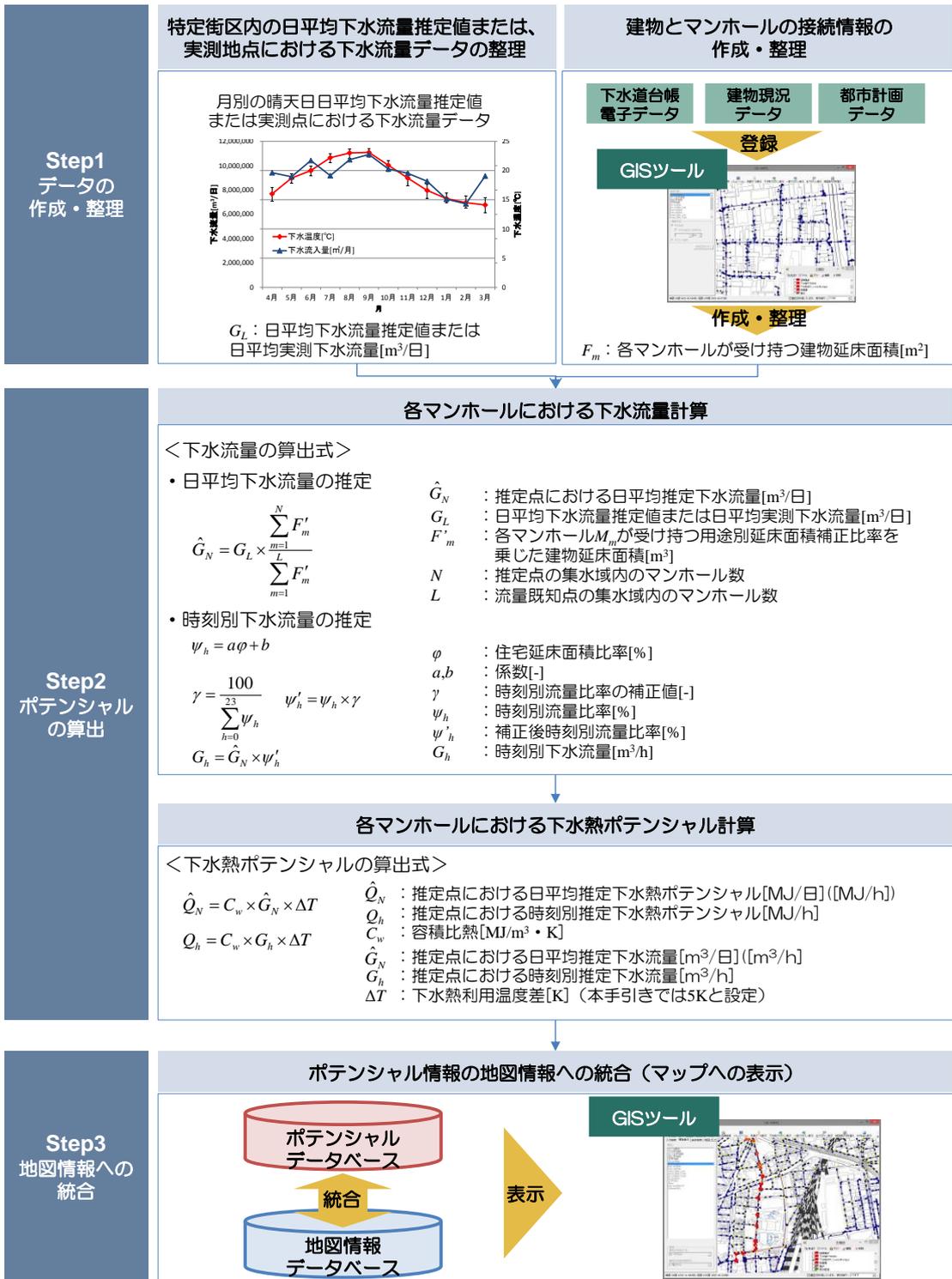


図 2-3 詳細ポテンシャルマップ作成プロセスのフロー

(1) データの作成・整理

1) 対象となる特定街区の下水流量データの整理

- 広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた各マンホールにおける各月の日平均推定下水流量 \hat{G}_N のデータを整理する。
- 広域ポテンシャルマップが作成されていない場合は、実測により対象管路上の最下流のマンホール1地点で下水流量、下水温度の実測を行い、日平均下水流量 G_L を整理する。なお、既に広域ポテンシャルマップを作成している場合であっても、実測により、日平均下水流量 G_L を整理することで、流量推定精度の向上が図れる。なお、実測手法については、「2.2 §2 マップに必要なデータ取得のための留意点」を参照されたい。

2) マンホールと建物の接続情報の作成・整理

① GIS ツールへのデータの登録

- 下水道台帳電子データ、建物現況データ、都市計画データを GIS ツールに取り込み、合成する（図 2-4）。

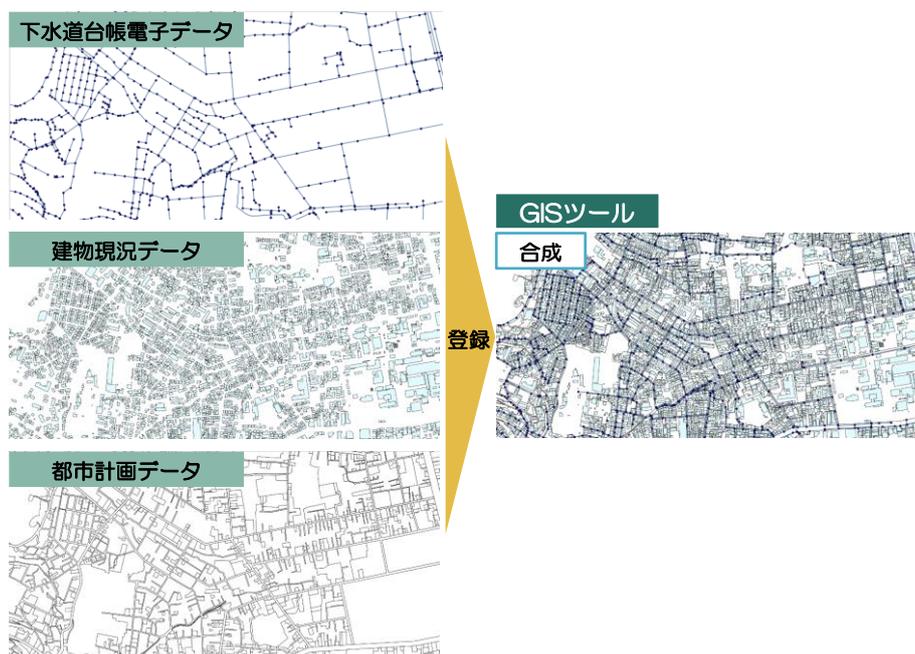


図 2-4 下水道台帳電子データ、建物現況データ、都市計画データの GIS への取り込み

② 建物とマンホールの接続

- 各建物の重心位置を計算し、重心位置が最も近いマンホールに接続するように定義する（図 2-5）。この際、必ずしも実際のマンホールとの接続と一致する必要はない。
- ただし、大規模施設の近傍で幹線が曲折しているなどの箇所においては、実際のマンホールとの接続と不一致があることにより、推計精度が著しく低下する恐れがある。そのため、詳細ポテンシャルマップでは、大規模施設等については、個別にマンホールへの接続の定義を確認し、実際のマンホールと極力一致させることが望ましい。

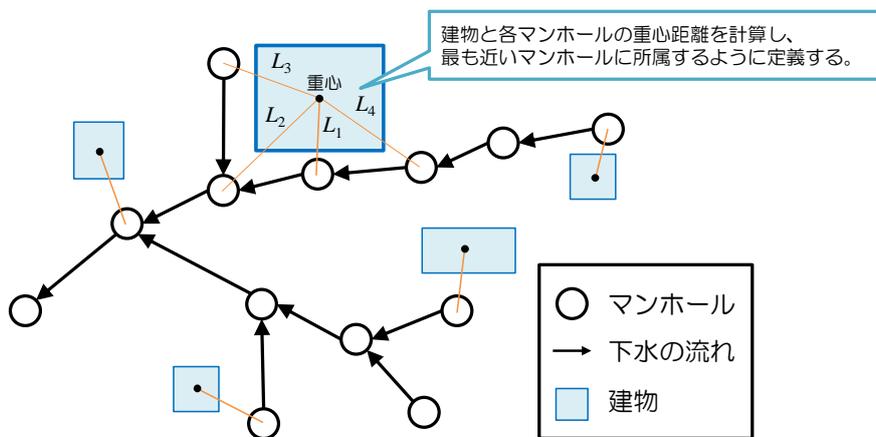


図 2-5 建物とマンホールの接続

③ 各マンホールが受け持つ建物の延床面積の集計

- 管路とマンホールの上流・下流接続情報から、対象管路上の最下流のマンホールへ接続する最上流からの流れ経路を確認し、対象街区内の任意のマンホール M_m が受け持つ各建物の延床面積に、用途に応じた補正係数を乗じた補正建物延床面積 F'_m を集計する（図 2-6）。
- 現実には、各建物から排水される下水流量は、同じ延床面積規模の建物であっても、建物の用途に応じて異なる。そのため、流量推定精度向上のために、対象街区内の任意のマンホール M_m が受け持つ建物の延床面積を集計する際に、式 3 により、各建物の延床面積に、用途に応じた補正係数を乗じた補正建物延床面積 F'_m を算出する。
- なお、建物用途情報がない場合は、精度が低下するが、各用途の補正係数を 1 として任意のマンホール M_m が受け持つ建物の延床面積 F_m を集計してもよい。

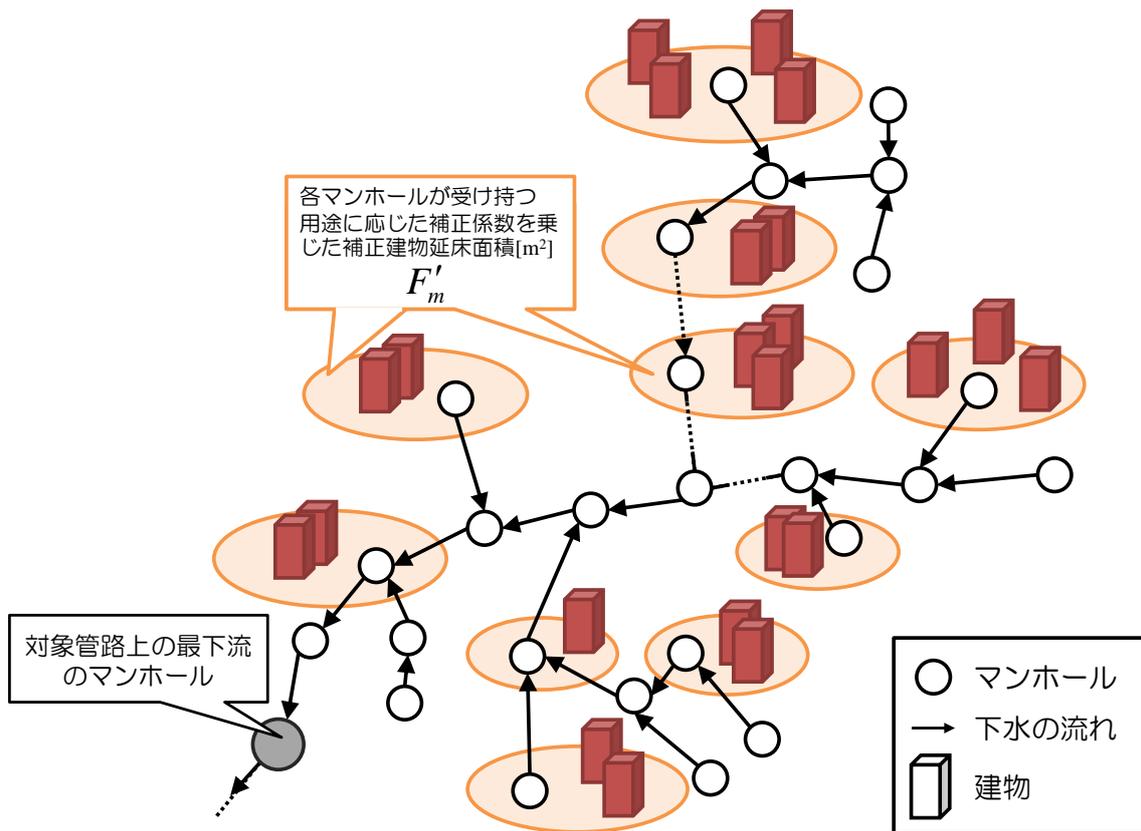


図 2-6 建物とマンホールの接続情報の取得

$$F'_m = F_{m,住宅} \alpha_{住宅} + F_{m,業務} \alpha_{業務} + F_{m,商業} \alpha_{商業} + F_{m,宿泊} \alpha_{宿泊} + F_{m,医療} \alpha_{医療} + F_{m,他} \alpha_{他} \quad \text{式 3}$$

F'_m : 各マンホール M_m が受け持つ用途別延床面積補正比率を乗じた建物延床面積 [m²]

$F_{m,住宅}$: 各マンホール M_m が受け持つ住宅の建物延床面積 [m²]

$F_{m,業務}$: 各マンホール M_m が受け持つ業務施設の建物延床面積 [m²]

$F_{m,商業}$: 各マンホール M_m が受け持つ商業施設の建物延床面積 [m²]

$F_{m,宿泊}$: 各マンホール M_m が受け持つ宿泊施設の建物延床面積 [m²]

$F_{m,医療}$: 各マンホール M_m が受け持つ医療施設の建物延床面積 [m²]

$F_{m,他}$: 各マンホール M_m が受け持つその他施設の建物延床面積 [m²]

$\alpha_{住宅}$: 住宅の補正係数 [-]

$\alpha_{業務}$: 業務施設の補正係数 [-]

$\alpha_{商業}$: 商業施設の補正係数 [-]

$\alpha_{宿泊}$: 宿泊施設の補正係数 [-]

$\alpha_{医療}$: 医療施設の補正係数 [-]

$\alpha_{他}$: その他施設の補正係数 [-]

【参考 上水使用量原単位を用いた延床面積の補正係数】

下水流量推定の精度向上のために、対象街区内の任意のマンホール M_m が受け持つ建物の延床面積 F_m を集計する際に乗じる補正係数として、建築設備設計にも使用する上水使用量原単位の活用が可能である。上水使用量＝排水量とみなし、各用途に応じ、延床面積に、下表のような住宅原単位を1とした場合の上水使用量原単位の比を乗じて、補正した用途別延床面積を算定する（式3）。これにより、上水使用量（＝排水量と想定）の少ない建物の影響を小さく抑えることができると考えられる。

なお、用途別の上水使用量原単位は他の文献等による原単位や各自治体が有する地域独自の原単位を活用してもよい。その場合、建物用途分類が表2-3と異なる場合は、使用する上水使用量原単位の用途分類に合わせて延床面積を集計する。ただし、その際には「3.1 詳細ポテンシャルマップの推計精度」の解説を参考に、実測データと比較して推計精度を確認する必要がある。

参考として、他の文献による上水使用量原単位を「5. 参考資料」に示す。

表 2-3 上水使用量原単位を用いた延床面積補正のイメージ

例	合計	住宅	業務	商業	宿泊	医療	その他
上水使用量原単位※1 (L/m ² 日)	-	 10.80	 8.05	 50.96	 24.20	 22.40	 8.85
補正係数 (住宅原単位を1とした場合の原単位の比)	-	1	0.75	4.72	2.24	2.07	0.82
用途別延床面積 (事例)	 21,000m ² (100%)	 2,000m ² (13.3%)	 6,000m ² (40.0%)	 4,000m ² (26.7%)	 3,000m ² (20.0%)	 5,000m ² (20.0%)	 1,000m ² (20.0%)
補正後の用途別延床面積 (事例)	 43,258m ²	 2,000m ²	 4,472m ²	 18,874m ²	 6,722m ²	 10,370m ²	 820m ²
補正後の延床面積比率 (事例)	-	6.2%	13.9%	58.9%	21.0%	32.3%	2.6%

※1 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧 4 給排水衛生設備編(第14版),平成22年2月28日,p108 (住宅施設は「一般住宅」、業務施設は「庁舎・事務所」、宿泊施設は「ホテル」の原単位を計算。商業施設に関しては、「喫茶店、飲食店、社員食堂、デパート、スーパーマーケット、劇場、映画館、公会堂、美術館」の原単位の平均値を掲載。)

(2) ポテンシャルの算出

1) 各マンホールにおける日平均下水流量計算

- 前節で整理した各マンホール M_m が受け持つ用途別延床面積補正比率を乗じた建物の延床面積 F'_m 及び対象管路上の最下流のマンホールにおける日平均実測下水流量（または広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた日平均推定下水流量） G_L を用いて、式 4 より推定点（マンホール M_N ）における日平均推定下水流量 \hat{G}_N を推定する（図 2-7）。

$$\hat{G}_N = G_L \times \frac{\sum_{m=1}^N F'_m}{\sum_{m=1}^L F'_m} \quad \text{式 4}$$

\hat{G}_N : 推定点（マンホール M_N ）における日平均推定下水流量[m³/日]

G_L : 対象管路上の最下流のマンホールにおける日平均実測下水流量[m³/日]

F'_m : 各マンホール M_m が受け持つ用途別延床面積補正比率を乗じた建物延床面積[m²]

N : 推定点（マンホール M_N ）の集水域内のマンホール数

L : 対象管路上の最下流のマンホールが受け持つ集水域内のマンホール数

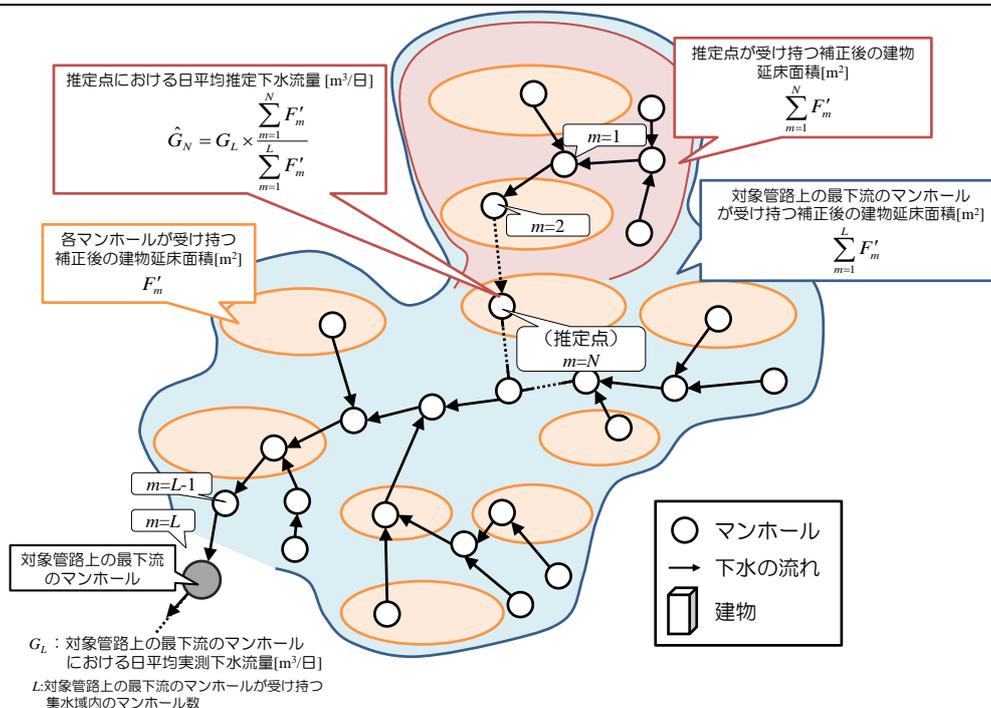


図 2-7 各マンホールにおける下水流量の推定

2) 各マンホールにおける時刻別下水流量計算

① 時刻別流量比率の推定

対象街区内の各推定地点において、推定地点を含む対象街区より上流に存在する住宅の延床面積比率を算出する。求めた延床面積比率を用いて、表 2-4 に示す各時刻における住宅の延床面積比率を説明変数とした近似式から時刻別の流量比率を算出する。

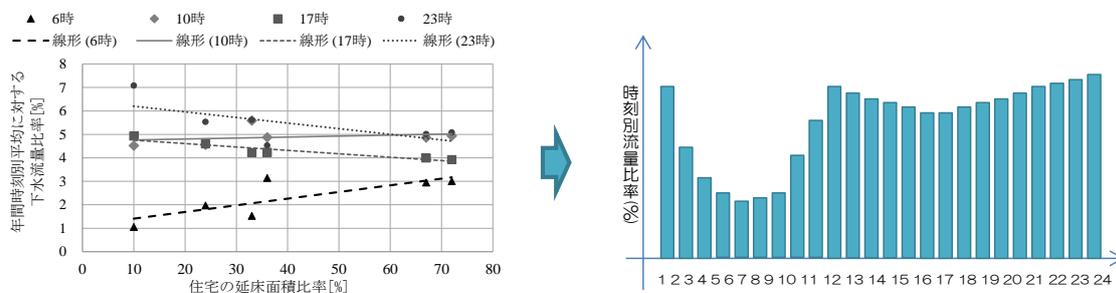


図 2-8 住宅延床面積比率をパラメータとした近似式からの時刻別流量比率推定イメージ

表 2-4 各時刻における住宅の延床面積比率を説明変数とした近似式

時刻	式	決定係数
0 時	$\psi_0 = -1.21 \times 10^{-2} \times \varphi + 5.43$	0.406
1 時	$\psi_1 = -1.22 \times 10^{-3} \times \varphi + 4.09$	0.004
2 時	$\psi_2 = 8.38 \times 10^{-3} \times \varphi + 2.84$	0.096
3 時	$\psi_3 = 1.40 \times 10^{-2} \times \varphi + 2.03$	0.250
4 時	$\psi_4 = 1.73 \times 10^{-2} \times \varphi + 1.58$	0.400
5 時	$\psi_5 = 2.06 \times 10^{-2} \times \varphi + 1.30$	0.482
6 時	$\psi_6 = 2.85 \times 10^{-2} \times \varphi + 1.12$	0.622
7 時	$\psi_7 = 4.24 \times 10^{-2} \times \varphi + 1.22$	0.741
8 時	$\psi_8 = 4.17 \times 10^{-2} \times \varphi + 2.33$	0.684
9 時	$\psi_9 = 2.20 \times 10^{-2} \times \varphi + 3.80$	0.452
10 時	$\psi_{10} = 4.14 \times 10^{-3} \times \varphi + 4.72$	0.068
11 時	$\psi_{11} = -5.89 \times 10^{-3} \times \varphi + 5.02$	0.248
12 時	$\psi_{12} = -8.61 \times 10^{-3} \times \varphi + 4.92$	0.437
13 時	$\psi_{13} = -1.41 \times 10^{-2} \times \varphi + 5.12$	0.876
14 時	$\psi_{14} = -2.01 \times 10^{-2} \times \varphi + 5.39$	0.947
15 時	$\psi_{15} = -2.13 \times 10^{-2} \times \varphi + 5.33$	0.980
16 時	$\psi_{16} = -1.88 \times 10^{-2} \times \varphi + 5.09$	0.942
17 時	$\psi_{17} = -1.45 \times 10^{-2} \times \varphi + 4.90$	0.858
18 時	$\psi_{18} = -1.05 \times 10^{-2} \times \varphi + 4.94$	0.495
19 時	$\psi_{19} = -6.40 \times 10^{-3} \times \varphi + 4.94$	0.174
20 時	$\psi_{20} = -8.18 \times 10^{-3} \times \varphi + 5.21$	0.125
21 時	$\psi_{21} = -1.45 \times 10^{-2} \times \varphi + 5.83$	0.183
22 時	$\psi_{22} = -2.33 \times 10^{-2} \times \varphi + 6.49$	0.300
23 時	$\psi_{23} = -2.40 \times 10^{-2} \times \varphi + 6.44$	0.443

ψ_h :時刻別流量比率[%], φ :住宅延床面積比率[%], h :時刻[h]

【時刻別流量の特徴】

建物用途別延床面積比率と時刻別流量比率（日平均流量に対するある時刻の流量の割合）には、相関関係があり、住宅、業務施設の延床面積比率との相関が強い（表 2-5）。

建物用途として最も多い建物は住宅であるため、下水流量は住宅からの排水の影響が大きいと考えられる。

表 2-5 時刻別流量比率と延床面積比率の相関係数

時刻	住宅[%]	業務[%]	商業[%]	宿泊[%]	医療[%]
0	-0.64	0.76	0.75	-0.07	-0.86
1	-0.06	0.20	-0.09	-0.10	-0.28
2	0.31	-0.25	-0.51	-0.05	0.19
3	0.50	-0.49	-0.71	-0.01	0.47
4	0.63	-0.66	-0.81	-0.01	0.63
5	0.69	-0.74	-0.84	-0.04	0.69
6	0.79	-0.84	-0.89	-0.12	0.72
7	0.86	-0.89	-0.94	-0.22	0.75
8	0.83	-0.81	-0.91	-0.35	0.68
9	0.67	-0.59	-0.78	-0.40	0.49
10	0.26	-0.12	-0.44	-0.28	0.21
11	-0.50	0.64	0.20	0.18	-0.17
12	-0.66	0.77	0.32	0.36	-0.22
13	-0.94	0.93	0.61	0.76	-0.10
14	-0.97	0.95	0.86	0.59	-0.38
15	-0.99	0.96	0.89	0.60	-0.44
16	-0.97	0.93	0.90	0.59	-0.47
17	-0.93	0.87	0.95	0.53	-0.51
18	-0.70	0.63	0.95	0.25	-0.60
19	-0.42	0.37	0.84	-0.16	-0.75
20	-0.35	0.30	0.79	-0.16	-0.68
21	-0.43	0.37	0.81	-0.07	-0.61
22	-0.55	0.51	0.88	0.01	-0.65
23	-0.67	0.66	0.95	0.05	-0.75

(※赤は正の相関、青は負の相関を示す。相関係数が 0.7 以上の場合、高い相関があるといえる。)

出典：「三毛 正仁他，下水熱利用のための下水管路における晴天日下水流量推定法の提案，空気調和衛生工学会論文集 No.204(March,2014)」より大阪における実測結果を引用

② 時刻別流量比率の補正

以下の式 5、式 6 により時刻別流量比率の積算値が 100%となるように補正する。

(図 2-9)

$$\gamma = \frac{100}{\sum_{h=0}^{23} \psi_h} \tag{式 5}$$

$$\psi'_h = \psi_h \times \gamma \tag{式 6}$$

Γ : 時刻別流量比率の補正值[-]

ψ_h : 時刻別流量比率[%]

ψ'_h : 補正後時刻別流量比率[%]

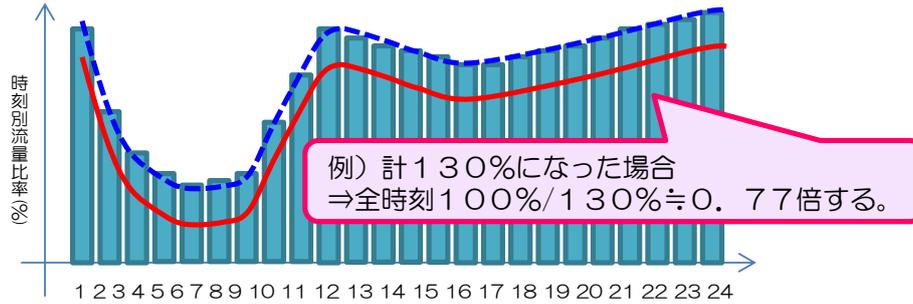


図 2-9 時刻別流量補正イメージ

③ 時刻別流量の算出

日平均流量に推定した時刻別流量比率を乗じ、各時刻の流量を算出する。

$$G_h = \hat{G}_N \times \psi'_h \quad \text{式 7}$$

G_h : 時刻別下水流量[m³/h]
 \hat{G}_N : 推定点 (マンホール M_N) における日平均推定下水流量[m³/日] : 日平均下水流量[m³/日]

3) 各マンホールにおけるポテンシャル計算

- 推定した日平均下水流量 \hat{G}_N 、時刻別下水流量 G_h を、式 1、式 2 に代入することで推定点 (マンホール M_N) における日平均下水熱ポテンシャル \hat{Q}_N 、時刻別下水熱ポテンシャル Q_h を算出する。

$$\hat{Q}_N = C_w \times \hat{G}_N \times \Delta T \quad \text{式 1(再掲)}$$

$$Q_h = C_w \times G_h \times \Delta T \quad \text{式 2(再掲)}$$

\hat{Q}_N : 推定点 (マンホール M_N) における日平均推定下水熱ポテンシャル[MJ/日]([MJ/h])
 Q_h : 推定点 (マンホール M_N) における時刻別推定下水熱ポテンシャル[MJ/h]
 C_w : 容積比熱[MJ/m³K] (※参考文献 より、4.164[MJ/m³K])
 \hat{G}_N : 推定点 (マンホール M_N) における日平均推定下水流量[m³/日]([m³/h])
 G_h : 推定点 (マンホール M_N) における時刻別推定下水流量[m³/h]
 ΔT : 下水熱利用温度差[K] (※本手引きでは 5[K]と設定)

<単位変換>

$$\hat{Q}_N [\text{MJ/日}] = \hat{Q}_N / 24 [\text{MJ/h}] = \hat{Q}_N \times 1000 / 24 / 3600 [\text{kW}]([\text{kJ/s}])$$

$$\hat{G}_N [\text{MJ/日}] = \hat{G}_N / 24 [\text{MJ/h}]$$

(3) 地図情報への統合

- 2.2 (2) で算出した各マンホールにおけるポテンシャル情報をデータベースに登録し、地図情報のデータベースと連結することで、GIS ツール上で表示する。

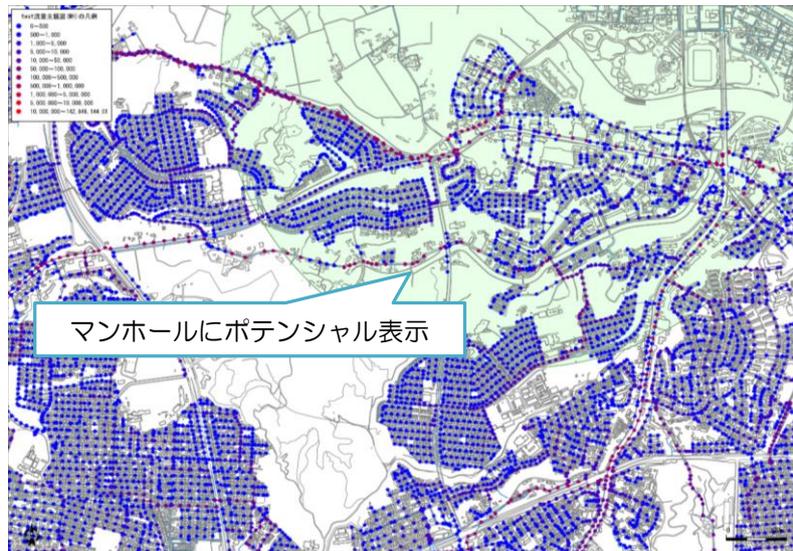


図 2-10 マップへのポテンシャル情報の表示

2.3 限定した管路での詳細ポテンシャルマップの作成手順（距離内分法）

§1 マップ作成に必要なデータ

下水道台帳電子データや建物現況データが整備されていない場合や、対象地区が流域関連公共下水道であり、上流側の管路情報や建物用途などの情報が得られない場合を想定した距離内分法では、下水道事業計画図（紙、画像データ形式）または下水道台帳電子データ（DXF 形式、SXF 形式、TIFF 形式）、都市計画データ及び同一管路上のマンホール 2 地点における実測流量が必要となる。

【解説】

通常手法で必要となる下水道台帳電子データや建物現況データが整備されていない場合や、対象地域が流域関連公共下水道であり、上流側の管路情報や建物用途などの情報が得られない場合、面的な詳細ポテンシャルマップの作成が行えない。そこで詳細ポテンシャルマップの作成対象とする街区において、対象管路上のマンホール 2 地点における実測流量を用いて、同一管路上における下水流量を推定し詳細ポテンシャルマップを作成する手法（距離内分法）を示す。

本手法で作成する際に必要となるデータを表 2-6 に示す。下水道事業計画図（紙、画像データ形式）または下水道台帳電子データ（DXF 形式、SXF 形式、TIFF 形式）、都市計画データ及び同一管路上のマンホール 2 地点における実測流量が必要となる。

なお、下水道台帳電子データ（SHP 形式、DM 形式）が整備されている場合は、距離内分法においても活用することができる。

表 2-6 距離内分法による詳細ポテンシャルマップ作成に必要なデータ

データ項目	概要
下水道台帳	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管路図形情報、位置情報 ・ マンホール図形情報、位置情報 ・ 管路の長さ情報 ・ 管路流れ方向性情報 ・ 下水管用途（雨水用などの区分） 等 <p>※管路流れの方向性情報がない場合は、以下が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 管路勾配情報 ・ 海拔面からの管路高さ（管底高又は管頂高）
建物現況データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建物図形情報、位置情報
都市計画データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土地利用データ（道路、街区等の形状が分かるもの） ・ 地形図データ
下水流量データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同一管路上のマンホール2地点における実測流量（実測期間代表日（晴天日）における日平均流量及び時間別流量）

§2 ポテンシャル算出対象とする管路

距離内分法では、再開発事業等が見込まれる特定街区内の管路において、実測を行った同一管路上の2地点間の管路を対象としてポテンシャルを算出する。

【解説】

距離内分法では、図 2-11 に示すように、再開発事業等が見込まれる特定街区内の管路において、実測を行った同一管路上の2地点間の管路を対象としてポテンシャルを算出する。

なお、オプションとして図 2-11 に示すように、対象街区内における建物現況データ（用途別延床面積情報）を整備することにより、実測を行う同一管路上ではない管路についても通常手法を適用することで推定が可能となる。

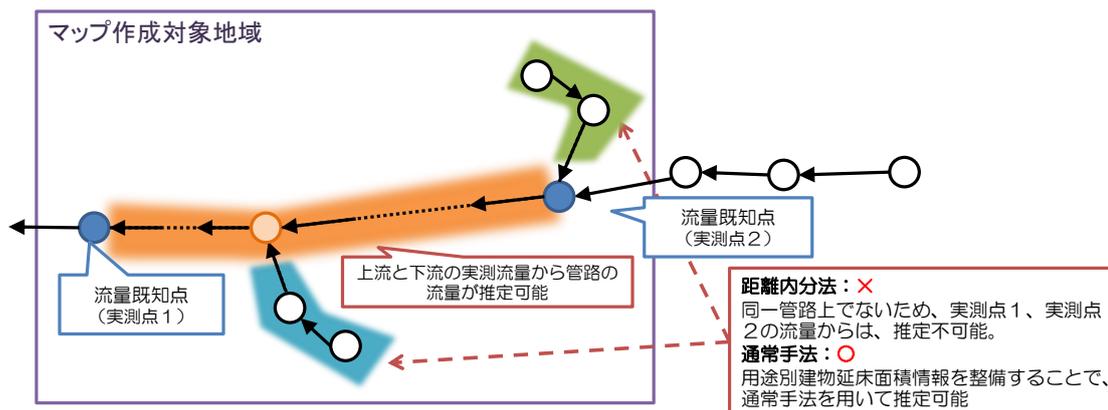


図 2-11 距離内分法における対象管路イメージ図

§3 マップ作成の具体的手順

距離内分法による詳細ポテンシャルマップ作成のプロセスは、「(1) データの作成・整理」、「(2) ポテンシャルの算出」、「(3) 地図情報への統合」の手順からなる。

【解説】

距離内分法によるマップ作成プロセスのフローを図 2-12 に示す。基本的な作成プロセスは「2.2 詳細ポテンシャルマップの作成手順」に示したプロセスと同じだが、「(1) データの整理・作成」において、実測を行った同一管路上の2地点における下水流量データを整理すると共に、下水道台帳電子データがない場合は、紙ベースの下水道台帳や管路図面をトレースすることで下水道幹線管路電子データを作成する必要がある。

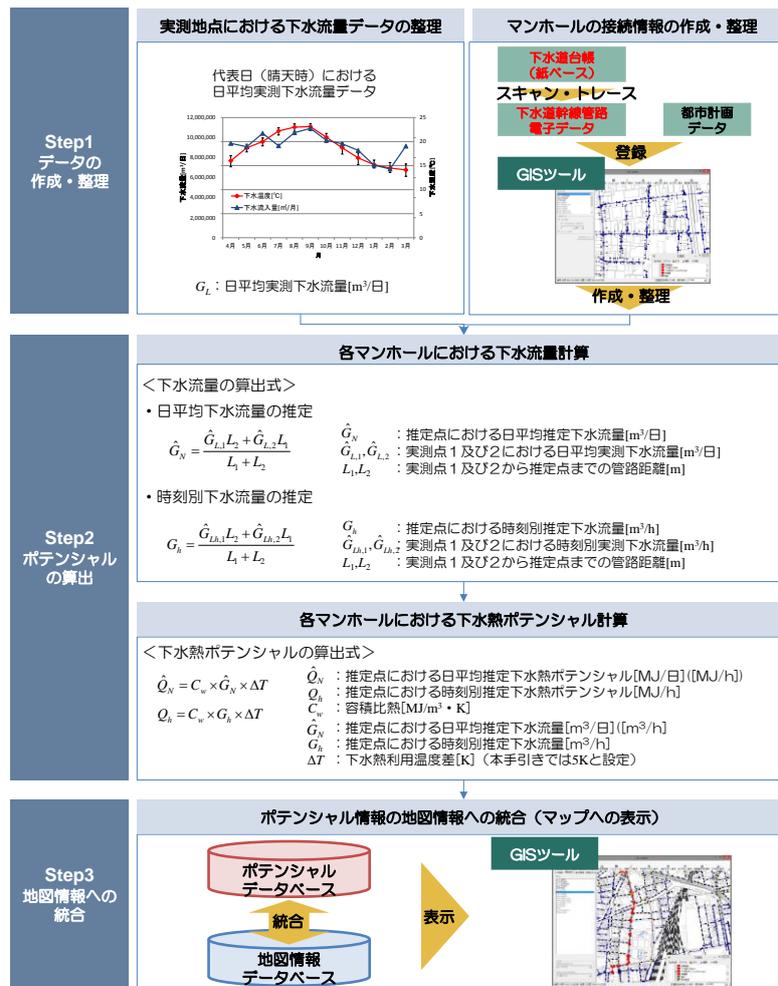


図 2-12 距離内分法による詳細ポテンシャルマップ作成プロセスのフロー

(1) データの作成・整理

1) 対象となる同一管路上の2地点における下水流量データの整理

- 対象となる同一管路上のマンホール2地点において流量の実測を行い、日平均実測下水流量 $G_{L,1}$ 、 $G_{L,2}$ 及び時刻別実測下水流量 $G_{Lh,1}$ 、 $G_{Lh,2}$ を整理する。
- なお、対象管路上の流量既知点（下水処理場、ポンプ場、マンホールポンプ等）において、下水流量が測定されている場合は、既知点流量データもポテンシャル算出に活用することが可能である。

2) マンホールと建物の接続情報の作成・整理

① GIS ツールによる下水道管路電子データの作成

- 紙ベースの下水道台帳や下水道事業計画図をスキャナなどで画像データとして取り込み、GIS ツール上で実存管路（雨水管及び計画部分を除いたもの）をトレースして電子データを作成する（図 2-13）。
- 下水管路にマンホールを描画する（図 2-14）。
- なお、下水道台帳電子データが整備されている場合は、2.2 と同様に GIS ツールへ登録する。

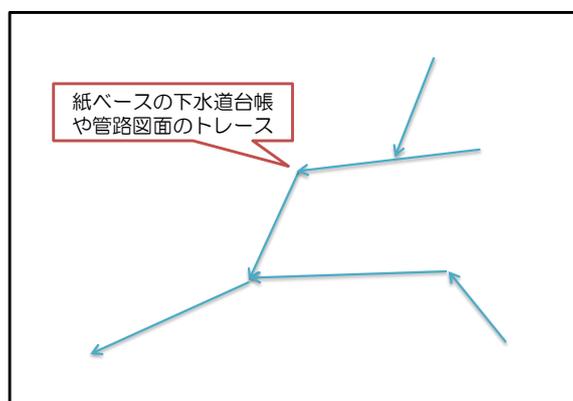


図 2-13 下水道管路電子データの作成

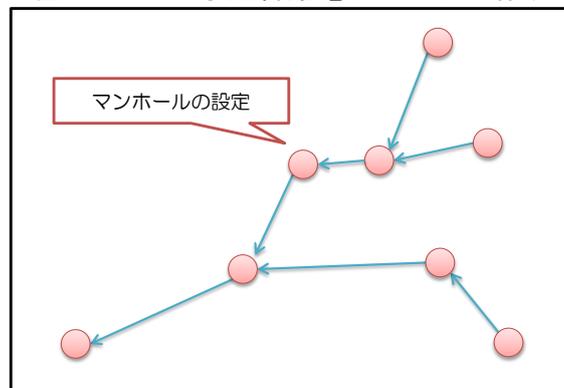


図 2-14 マンホールの設定

② GIS ツールへのデータの登録

- 作成した下水道台帳電子データと建物現況データ、都市計画データを GIS ツールに取り込み、合成する（図 2-15）。
- ただし、建物現況データと都市計画データは、紙ベースの下水道台帳等から作成した下水道台帳電子データの位置情報の確認に下図として使用するため、下図として利用できる他の地図データを活用してもよい。

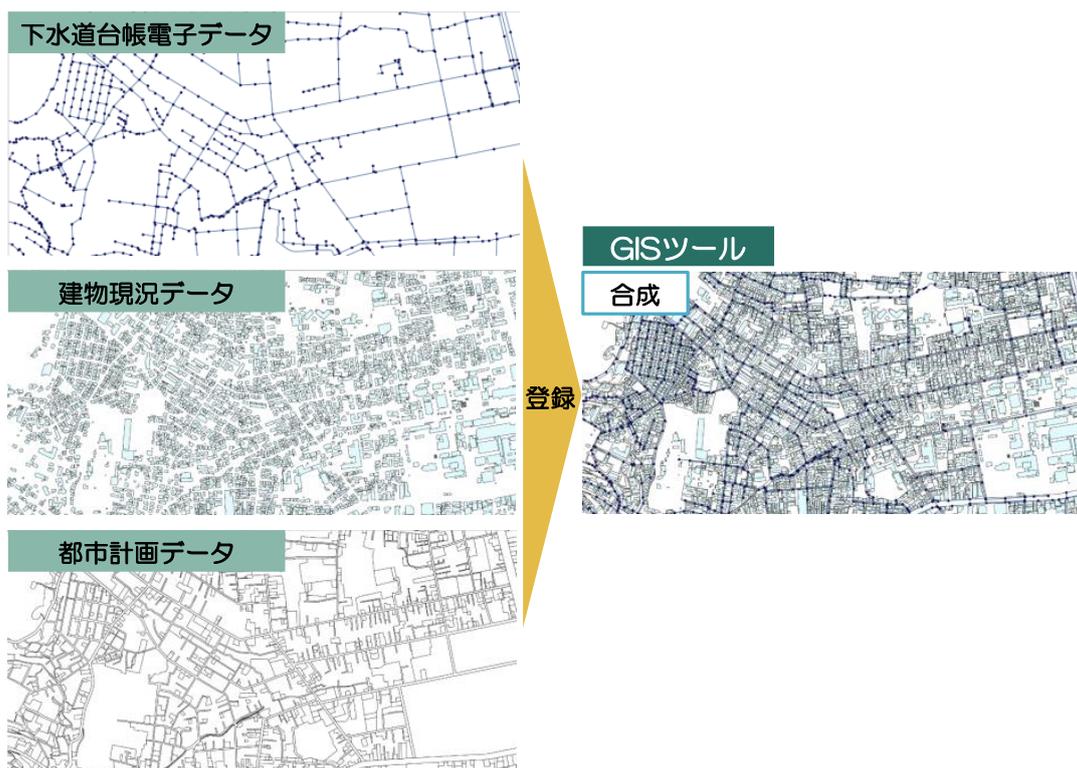


図 2-15 下水道台帳電子データ、建物現況データ、都市計画データの GIS への取り込み

(2) ポテンシャルの算出

1) 各マンホールにおける下水流量計算

- 前節で作成、または登録した対象街区内の同一管路上の 2 地点における日平均実測下水流量 G_L 及び時刻別実測下水流量 $G_{Lh,1}$, $G_{Lh,2}$ を用いて、式 8、式 9 より推定点（マンホール M_N ）における日平均下水流量 \hat{G}_N を推定する（図 2-16）。

$$\hat{G}_N = \frac{\hat{G}_{L,1}L_2 + \hat{G}_{L,2}L_1}{L_1 + L_2} \quad \text{式 8}$$

$$G_h = \frac{\hat{G}_{Lh,1}L_2 + \hat{G}_{Lh,2}L_1}{L_1 + L_2} \quad \text{式 9}$$

- \hat{G}_N : 推定点における日平均推定下水流量[m³/日]
- $\hat{G}_{L,1}, \hat{G}_{L,2}$: 実測点 1 及び 2 における日平均実測下水流量[m³/日]
- L_1, L_2 : 実測点 1 及び 2 から推定点までの管路距離[m]
- G_h : 推定点における時刻別推定下水流量[m³/h]
- $\hat{G}_{Lh,1}, \hat{G}_{Lh,2}$: 実測点 1 及び 2 における時刻別実測下水流量[m³/h]

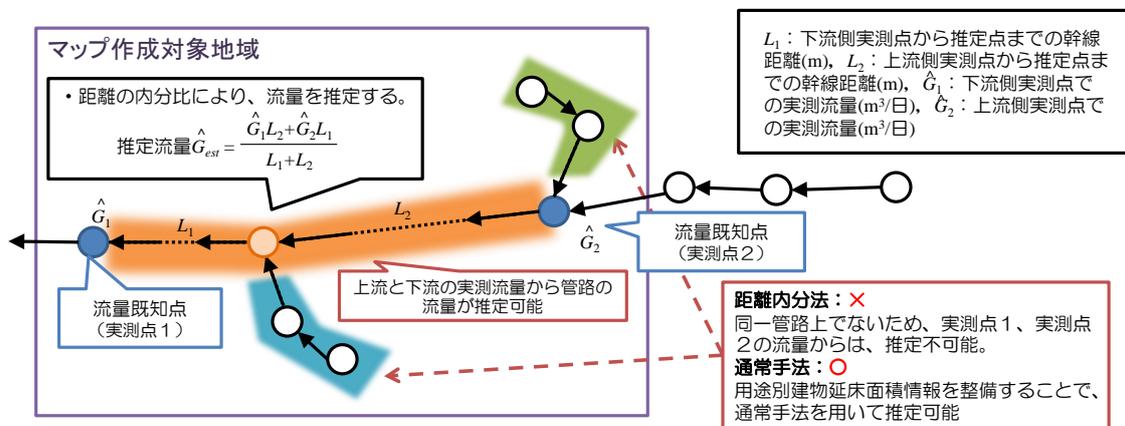


図 2-16 各マンホールにおける下水流量の推定

2) 各マンホールにおけるポテンシャル計算

- 推定した日平均下水流量 \hat{G}_N 、時刻別下水流量 G_h を、式 1、式 2 に代入することで推定点 (マンホール M_N) における日平均下水熱ポテンシャル \hat{Q}_N 、時刻別下水熱ポテンシャル Q_h を算出する。

$$\hat{Q}_N = C_w \times \hat{G}_N \times \Delta T \quad \text{式 1(再掲)}$$

$$Q_h = C_w \times G_h \times \Delta T \quad \text{式 2(再掲)}$$

\hat{Q}_N : 推定点 (マンホール M_N) における日平均推定下水熱ポテンシャル[MJ/日]([MJ/h])

Q_h : 推定点 (マンホール M_N) における時刻別推定下水熱ポテンシャル[MJ/h]

C_w : 容積比熱[MJ/m³K] (※参考文献 より、4.164[MJ/m³K])
 \hat{G}_N : 推定点 (マンホール M_N) における日平均推定下水流量[m³/日]([m³/h])
 G_h : 推定点 (マンホール M_N) における時刻別推定下水流量[m³/h]
 ΔT : 下水熱利用温度差[K] (※本手引きでは 5[K]と設定)

<単位変換>

$$\hat{Q}_N [\text{MJ/日}] = \hat{Q}_N / 24 [\text{MJ/h}] = \hat{Q}_N \times 1000 / 24 / 3600 [\text{kW}]([\text{kJ/s}])$$

$$\hat{G}_N [\text{MJ/日}] = \hat{G}_N / 24 [\text{MJ/h}]$$

(3) 地図情報への統合

- 2.3 (2) で算出した各マンホールにおけるポテンシャル情報をデータベースに登録し、地図情報のデータベースと連結することで、GIS ツール上で表示する。

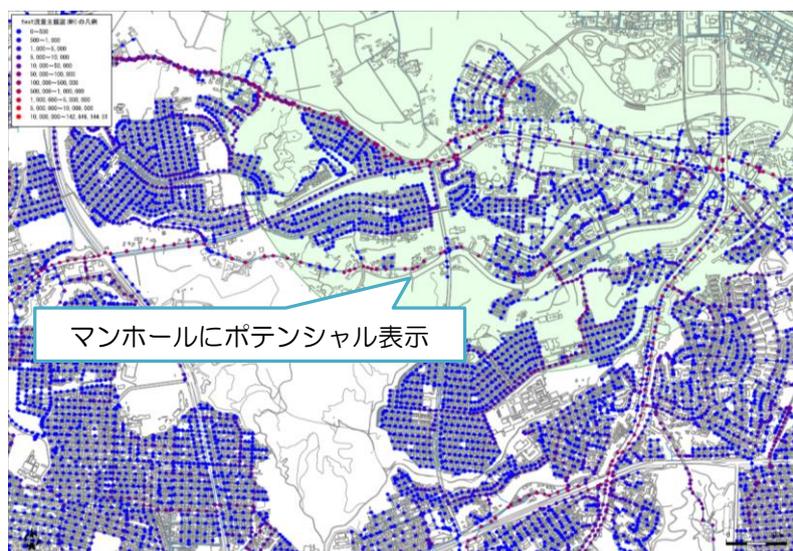


図 2-17 マップへのポテンシャル情報の表示

2.4 詳細ポテンシャルマップの表示方法

§1 詳細ポテンシャルマップの表示方法

詳細ポテンシャルマップを表示する際には、利用シーンに応じ、「紙ベース」と「GIS データ」での2種類の表示形式を提示する。また、マップの信頼性を担保するため、作成に使用したデータとその年度についても併せて示すことが望ましい。

【解説】

詳細ポテンシャルマップは、様々な利用シーンでの活用が想定されるが、主な下水熱利用者として想定される地方公共団体の都市整備部局や民間事業者、設備設計者、下水道コンサルタント等にとって分かりやすい形式で表示することが重要である。そのため、詳細ポテンシャルマップは、利用シーンに応じ、「紙ベース」と「GIS データ」での2種類の表示形式で提示する。「紙ベース」と「GIS データ」の利用シーンはそれぞれ以下のようなシーンが例としてあげられる。

【紙ベースの利用シーン例】

- ・再開発協議会等、下水熱利用に関する多数のステークホルダーに対してポテンシャルをわかりやすく提示する。
- ・地方公共団体の都市整備部局が、再開発事業等について民間から提案を公募する際に、参考資料としてポテンシャルマップを提示し、ディベロッパ等が採算性等を踏まえて下水熱利用の導入検討（FS）を行う。

【GIS データの利用シーン例】

- ・地方公共団体や民間事業者が、広域ポテンシャルマップから下水熱利用の導入可能性がある場所を抽出した後、これと比較しつつポテンシャルを精査する。
- ・実施設計段階において、設備設計者が、下水流量が少ない時間帯においても安定的に運用が行えるか検討し、設備機器の選定を行う。

本手引きに基づき作成される詳細ポテンシャルマップを表示する際には、以下の点に配慮することが望ましい。紙ベースにおける表示例を図 2-18 に、GIS データにおける表示例を図 2-19 及び図 2-20 に示す。

【詳細ポテンシャルマップ表示の配慮事項】

1. 詳細ポテンシャルマップでは、対象街区内部でのポテンシャルの変化のみを表示することとなる。そのため、広域ポテンシャルマップでは対数軸スケールで表示しているが、詳細ポテンシャルマップでは、ポテンシャルの大きさの違いが明確にわかるよう、線形スケールで表示する。
2. ポテンシャルは色調変化で表示するとともに、各色調のポテンシャルの大きさを凡例で表示する。
3. ポテンシャルが 0～20MJ/h (=500MJ/日⁷) のポテンシャルは熱利用が困難なため、ポテンシャルが 0～20MJ/h の地点は同一の色調とし、それ以上は対象街区内部のポテンシャルの最大値を基準に等分する。

【紙ベースにおける配慮事項】

4. 紙ベースで作成する詳細ポテンシャルマップは、代表日の日平均時間あたりポテンシャルを表示することを基本とする。
5. ポテンシャルは MJ/h 単位で表示するだけでなく、相当する給湯負荷の世帯数を併記する。ただし、世帯数算出に用いた前提条件についても併せて記載する。
6. 詳細ポテンシャルマップは対象とする再開発事業等が予定されている特定街区全域が表示できるスケールで表示することを基本とする。なお、下水熱利用者がどのエリアを表示しているかを把握できるよう、大規模建物や名称が目視で確認できるレベルのスケールで表示することが望ましい。
7. 参考情報として、対象街区を含む下水処理場における月別下水温度のデータについても示す。対象街区内部で実測を行った場合は実測温度データを示す。流域関連公共下水道で対象街区を含む処理区内の下水処理場が自治体の管轄地域内にはない場合は推定値を表示する。

⁷下水から採った熱を COP：4、加熱能力：10kW（家庭の給湯負荷 5 世帯分相当、現在販売されているヒートポンプのうち最小クラスの容量）のヒートポンプで利用する場合、1 日あたりの稼働時間を 12 時間と想定すると 500MJ/日以上採熱量が必要となる。このため、下水熱を有効利用するために最低限必要なポテンシャルとして 500MJ/日を目安とする。

【GIS データにおける配慮事項】

8. ポテンシャル情報の他に、下水道台帳に登録されているデータから詳細ポテンシャルマップの使い方に応じて必要な情報をピックアップし、下水熱ポテンシャルマップの情報として付加してもよい。
9. 下水道台帳に記載されていない項目については空欄とし、将来的に整備できるようにする。
10. マンホール属性情報として必ず整備する情報としては、人孔番号、日平均ポテンシャル[MJ/h]、日平均流量[m³/h]、時刻別流量[m³/h]、各月の下水温度データとし、必要に応じて、位置情報（緯度、経度）、管径、人孔深、大きさ、時刻別最大流量[m³/h]、時刻別最小流量[m³/h]等を整備する。各月の下水温度データは、対象街区を含む下水処理場における月別下水温度のデータを、対象街区内の最下流地点のマンホールに対して整備する。実測を行っている場合は、実測温度データを整備してもよい。
11. 管路属性情報として必ず整備する情報としては、上流人孔番号、下流人孔番号とする。また、下水熱利用の導入検討に有用な情報として、必要に応じ、管径（管幅、管高）、延長、上流土被り、下流土被り、上流管底高、下流管底高、形状、施工年、管更生の有無、光ファイバーケーブルの有無等の情報を整備する。

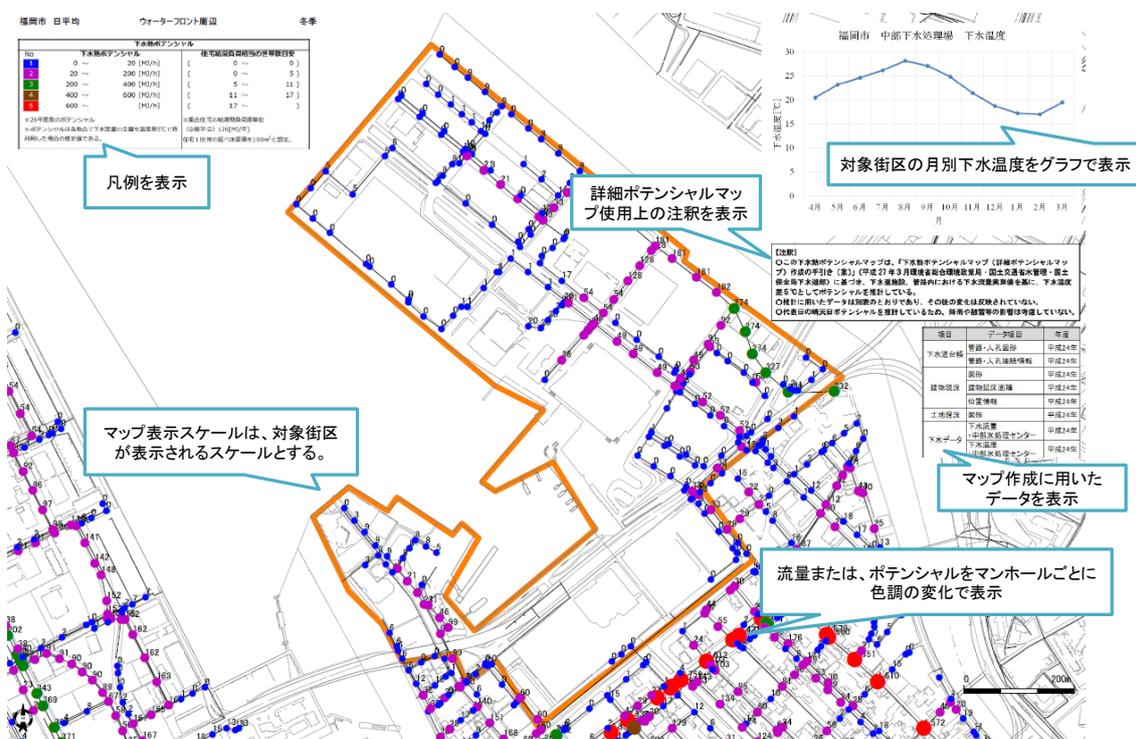


図 2-18 紙ベースによる詳細ポテンシャルマップの表示例

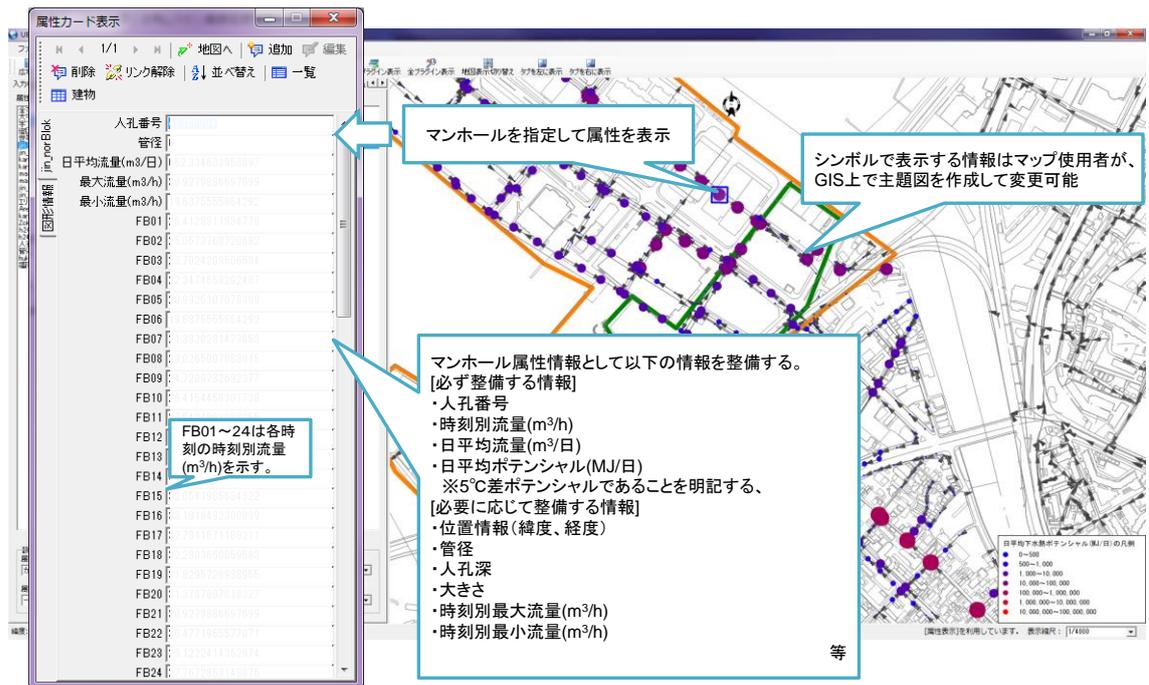


図 2-19 GIS データによる詳細ポテンシャルマップの表示例 (人孔属性)

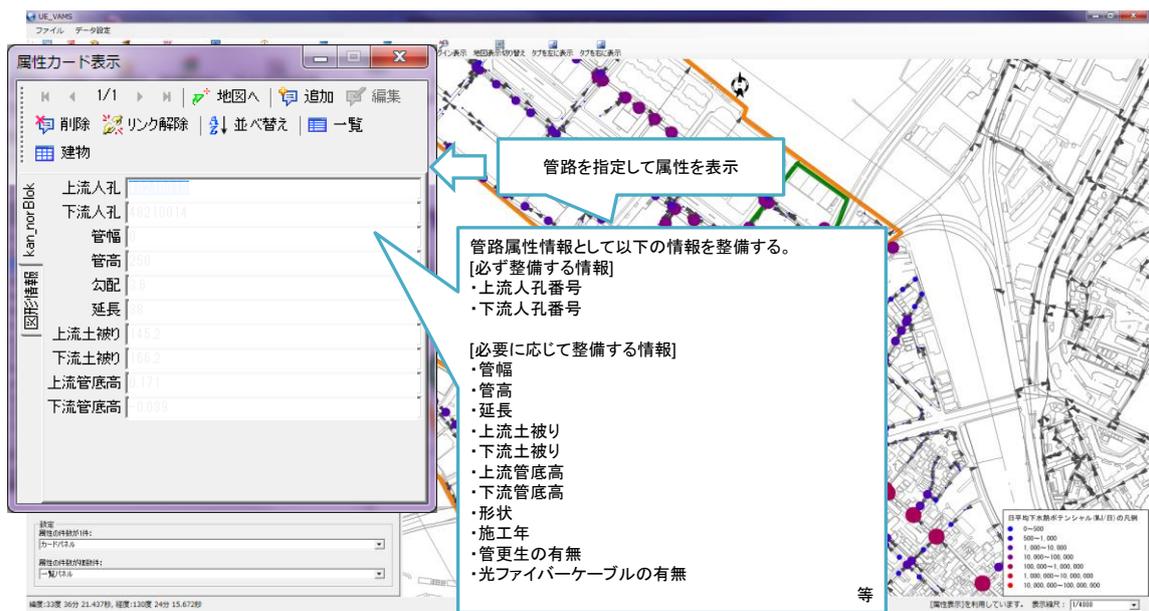


図 2-20 GIS データによる詳細ポテンシャルマップの表示例 (管路属性)

また、作成した詳細ポテンシャルマップの信頼性を担保するため、紙ベースの詳細ポテンシャルマップには、マップ作成に使用したデータとその年度についても併せて示すことが望ましい。また、紙ベースにおける凡例の表示例を図 2-21 に示す。

表 2-7 に表示例を示す。さらに、ポテンシャルを正確に伝えるため、詳細ポテンシャルマップには注釈を付けることが望ましい。降雨・融雪や大規模温浴施設等の影響については、「3.2 ポテンシャルの変動要因」を参照されたい。

表 2-7 マップ作成に使用したデータの表示例

マップ作成に使用したデータ		データ年度
下水道台帳電子データ	管路・マンホール図形情報	平成●●年
	管路・マンホール接続情報	平成●●年
建物現況データ	建物図形情報	平成●●年
	位置情報	平成●●年
	延床面積	平成●●年
都市計画データ	土地利用データ	平成●●年
	地形図データ	平成●●年
下水データ	下水流量(▲▲処理場)	平成●●年
	下水温度(▲▲処理場)	平成●●年

【注釈の表示例】

- この下水熱ポテンシャルマップは、「下水熱ポテンシャルマップ(詳細ポテンシャルマップ)作成の手引き」(2015年3月環境省総合環境政策局・国土交通省水管理・国土保全局下水道部)に基づき、下水道施設における下水流量測定値を基に、下水温度差5℃としてポテンシャルを推計している。
- 推計に用いたデータは別表のとおりであり、その後の変化は反映されていない。
- 代表日の晴天日ポテンシャルを推計しているため、降雨や融雪等の影響は考慮していない。

下水熱ポテンシャル		
No	下水熱ポテンシャル	住宅給湯負荷相当の世帯数目安
1	0 ~ 20 [MJ/h]	(0 ~ 0)
2	20 ~ 200 [MJ/h]	(0 ~ 5)
3	200 ~ 400 [MJ/h]	(5 ~ 11)
4	400 ~ 600 [MJ/h]	(11 ~ 17)
5	600 ~ [MJ/h]	(17 ~)

0~20MJ/h(=500MJ/日(有効利用下限値))のポテンシャルの位置を表示

※26年度版のポテンシャル
※ポテンシャルは各地点で下水流量の全量を温度差5℃で熱利用した場合の推定値である。

※集合住宅の給湯熱負荷原単位(空衛学会) 126[MJ/年]
住宅1世帯の延べ床面積を100m²と想定。

対象街区内のポテンシャル変化がわかりやすい様に、線形軸スケールで表示する。下水流量の全量を温度差5度で熱利用した場合のポテンシャルで有ることも明記する。

ユーザーの理解を促進するため、MJ/h単位だけでなく相当する給湯負荷世帯数を併記(世帯数算出に用いた前提条件も合わせて記載)

図 2-21 凡例の表示例

下水温度の表記については、対象地区が含まれる処理区の下水処理場における各月の下水温度をグラフで表示することを基本とする。

なお、流域関連公共下水道の場合で対象地区の地方公共団体に下水処理場がなく下水温度データが入手困難な場合などで、対象地区において実測を行う場合には、実測した下水温度を表記してもよい。

また、気温と下水温度に相関関係があることから、気温を用いて月別の下水温度を推定してもよい。

【参考 下水温度の推定について】

下水温度と、外気温には右図のように高い相関関係がある。この相関関係を用いて、下記の式 10 より各対象地区の各月の外気温から、各月の下水温度を推定することが可能である。

$$\theta_{sw} = a\theta_a + b \quad \text{式 10}$$

θ_{sw} : 下水温度[°C]

θ_a : 気温[°C]

a : 係数[-] (=0.44)

b : 係数[-] (=15.72)

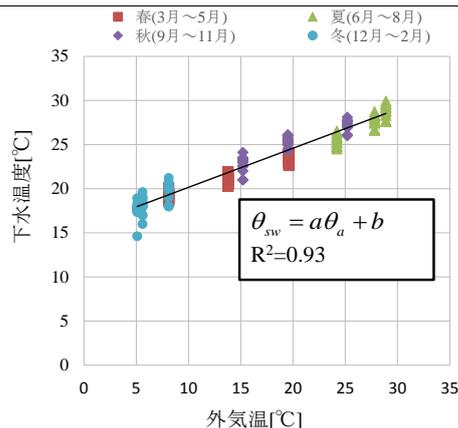


図 2-22 外気温と下水温度の相関関係 (大阪における実測データ)

(出典：三毛 正仁他，下水熱利用のための下水管路における晴天日下水流量推定法の提案，空気調和衛生工学会論文集 No. 204 (March, 2014))

3. 詳細ポテンシャルマップの利用に際しての留意事項

3.1 詳細ポテンシャルマップの推計精度

§1 日平均ポテンシャルの推計精度

日平均ポテンシャルの推計精度の向上のため、通常手法の下水流量の推定手法において建物用途に応じた補正係数を乗じる方法、人口の分布を活用した方法を検証した事例を示す。それぞれの手法により算出される流量の実測値に対する推定値の比は、建物用途に応じた補正係数を乗じる方法では0.5～1.9倍、人口の分布を活用した方法では0.0～1.3倍であった。

【解説】

詳細ポテンシャルマップ、広域ポテンシャルマップの推計精度を向上させるためには、日平均ポテンシャルの推計精度を向上させる必要がある。日平均ポテンシャルの推計精度の向上のため、通常手法の日平均下水流量の推定手法において建物用途に応じた補正係数を乗じる方法、人口の分布を活用した方法を検討し精度検証を行った事例を示す。精度検証に用いるデータは以下の表 3-1 のとおりである。

表 3-1 精度検証に用いたデータ

都市名	検証対象測点	検証対象測点データ	ポテンシャル算出に用いたデータ
福岡市	測点①-2	平成 26 年 9 月～10 月の実測値	中部水処理センター 平成 24 年実測値
福岡市	測点②-1	平成 26 年 10 月～11 月の実測値	
福岡市	測点③-1	平成 26 年 11 月～12 月の実測値	
福岡市	浜の町ポンプ場	平成 24 年度実測値	
仙台市	六丁目ポンプ場	平成 21 年度実測値	南蒲生浄化センター
仙台市	霞の目ポンプ場	平成 21 年度実測値	平成 21 年度
仙台市	測点①	平成 26 年 12 月～平成 27 年 1 月の実測値	南蒲生浄化センター
仙台市	測点②		平成 21 年度

(1) 建物用途に応じた補正係数を乗じる方法

建物用途に応じた補正係数を乗じる方法は、「2.2 詳細ポテンシャルマップの作成手順（通常手法）」において述べたように、対象街区内の任意のマンホール M_m が受け持つ各建物の延床面積を集計する際に、建物用途に応じた上水使用量原単位を用いた補正係数を乗じ、補正建物延床面積 F'_m を集計する手法である。建物の延床面積のみに応じて下水流量を分配するよりも、用途に応じた補正係数を乗じることで、排水量の少ない建物用途の影響を小さく抑えることができると考えられる。

以下の図 3-1、図 3-2 に検証を行った各地点における精度検証の結果を示す。実測値に対する推定値の比は、建物用途を考慮しない建物延床面積のみを使用する手法では 0.6~2.5 倍であったが、建物用途に応じた補正係数を乗じる方法では 0.5~1.9 倍となり、建物用途を考慮しない方法と比べて推定精度は向上する地点が多い結果となった。

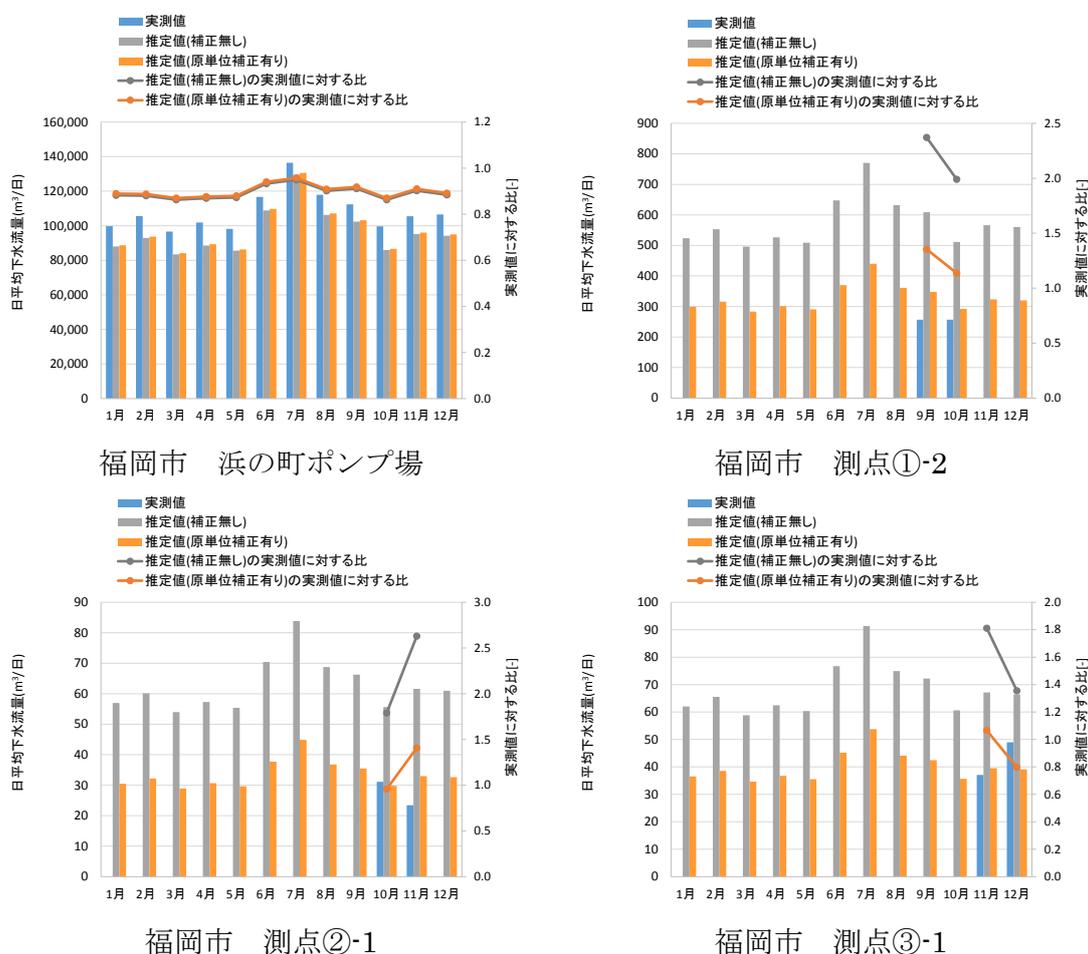
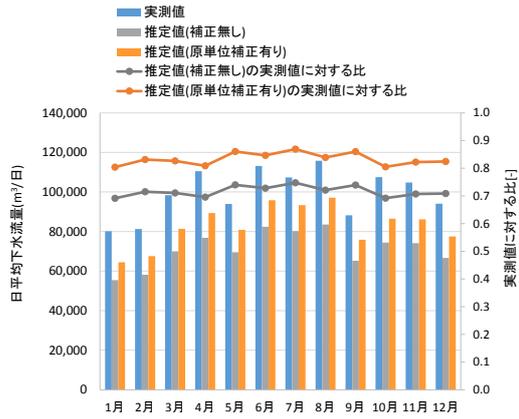
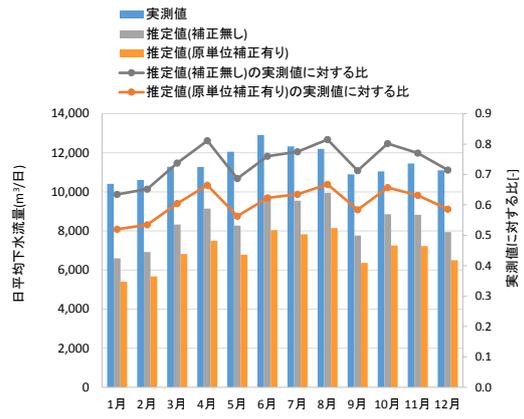


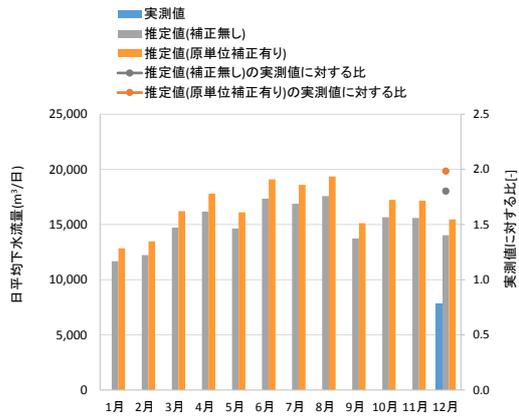
図 3-1 建物用途に応じた補正係数を乗じる方法によるポテンシャルの推計精度の検証事例（福岡市）



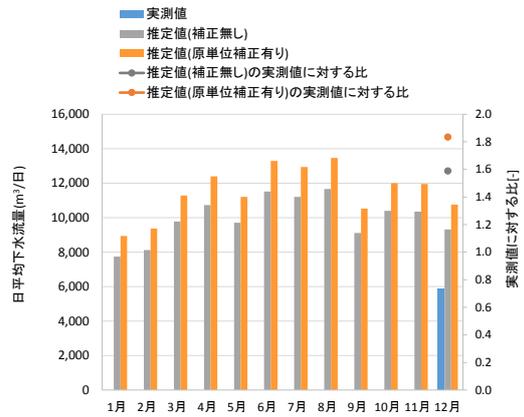
仙台市 六丁目ポンプ場



仙台市 霞の目ポンプ場



仙台市 測点①



仙台市 測点②

図 3-2 建物用途に応じた補正係数を乗じる方法によるポテンシャルの推計精度の検証事例（仙台市）

(2) 人口の分布を活用した方法

人口の分布を活用した方法では、人口分布を示した人口メッシュを GIS へ登録し、下水流量推定に活用する手法である。本検討では、総務省統計局から提供される国勢調査統計情報からダウンロード可能な人口総数（常在人口）データ 500m メッシュを GIS へ登録し活用する。活用方法としては、通常手法における建物に代えて人口メッシュデータを用いる。また、各メッシュの人口に計画汚水量（ $\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ ）を乗じることにより各メッシュから発生する汚水量を算出し、通常手法における建物延床面積に代えて用いる。

活用方法としては建物とマンホールの接続と同様に、メッシュの重心位置を計算し、重心位置が最も近いマンホールに接続する様に定義する。管路とマンホールの上流・下流接続情報から、対象管路上の最下流のマンホールへ接続する最上流からの流れ経路を確認し、対象地域内の任意のマンホール M_m が受け持つ各メッシュの汚水量を集計する。

図 3-3 に人口分布を活用した手法による推定手法の概念図を示す。

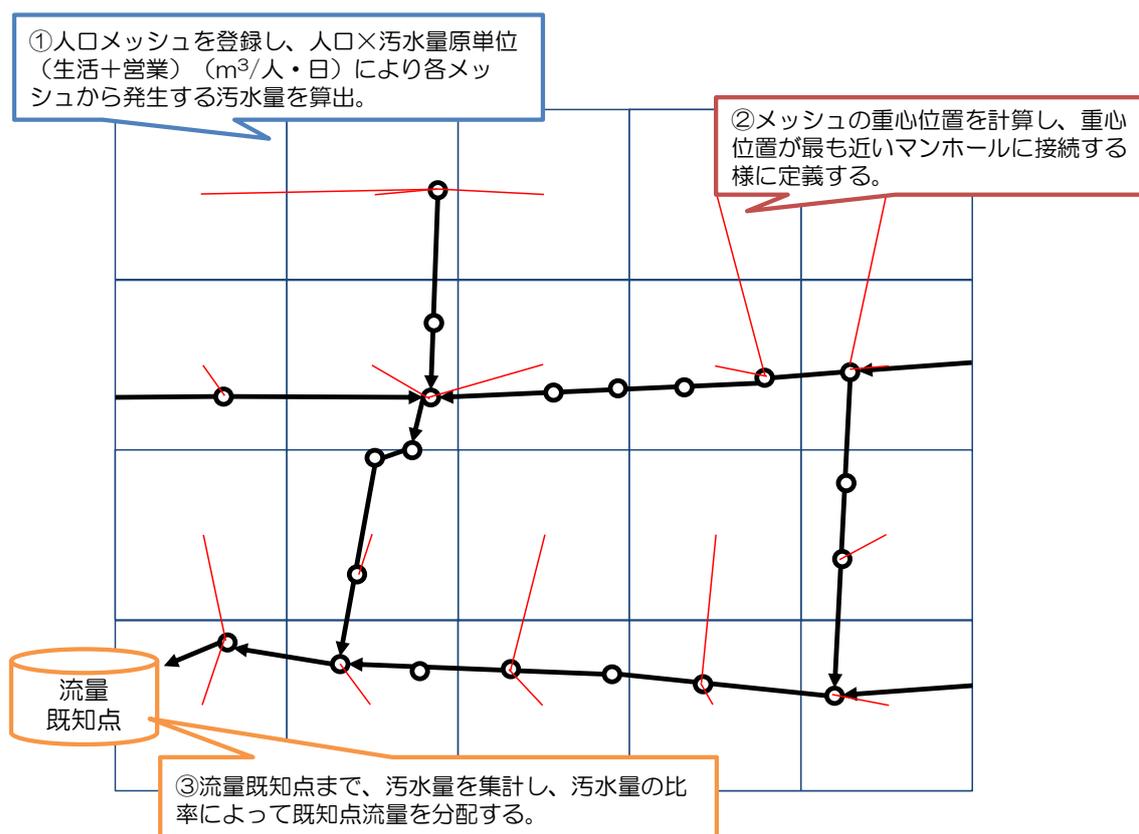


図 3-3 人口分布を活用した手法による推定手法概念図

以下の図 3-4、図 3-5 に検証を行った各地点における精度検証の結果を示す。実測値に対する推定値の比は、建物用途を考慮しない建物延床面積のみを使用する手法では 0.6~2.5 であったが、人口の分布を活用した方法では 0.0~1.3 となった。

ポンプ場における実測値に対する比は 0.5 から 1.2 倍であった。一方、常住人口のない海岸部であるため、末端の管路である福岡市の測点①-2、②-1、③-1 では流量がない推定結果となった。図 3-6 に示すようにメッシュが 500m と大きいため、測点①-2、②-1、③-1 周辺のような末端管路ではメッシュの接続が定義されず、実測値に対する推定値の比が 0 であり流量が推定されないためである。

以上の結果から、幹線管路レベルでの流量推定は可能であるが、詳細ポテンシャルマップにおいて管路の末端部まで推定する場合には、人口総数（常在人口）データ 500m メッシュを活用した詳細ポテンシャルマップ作成は困難である。

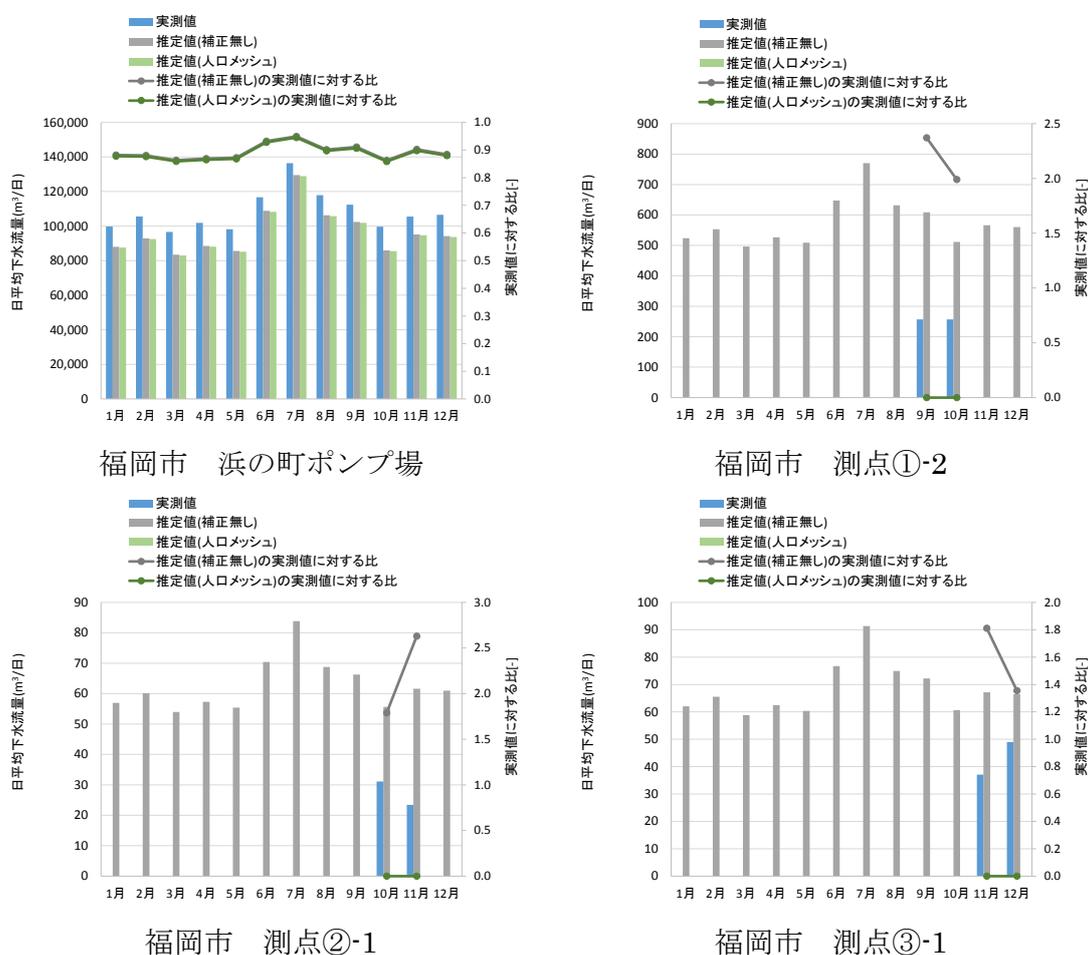
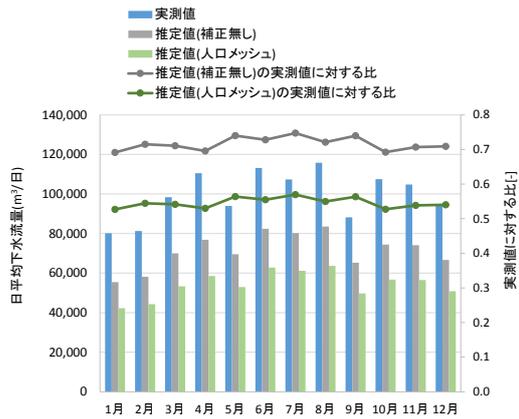
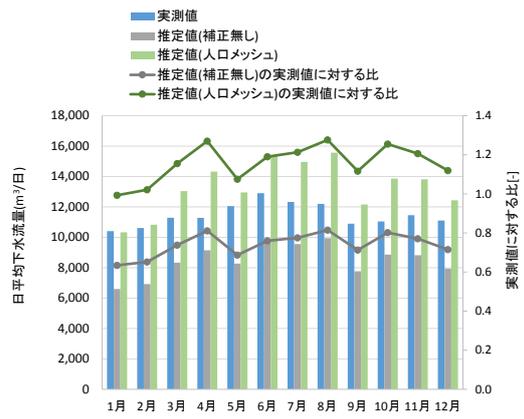


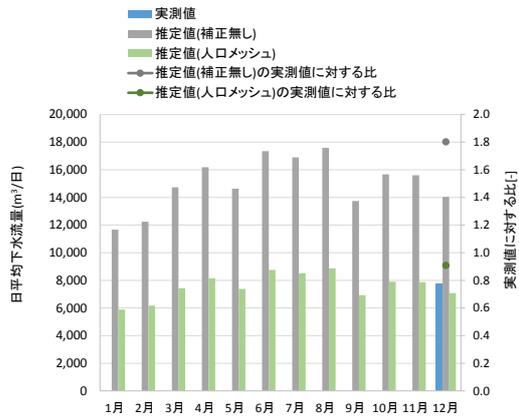
図 3-4 人口の分布を活用した方法によるポテンシャルの推計精度の検証事例（福岡市）



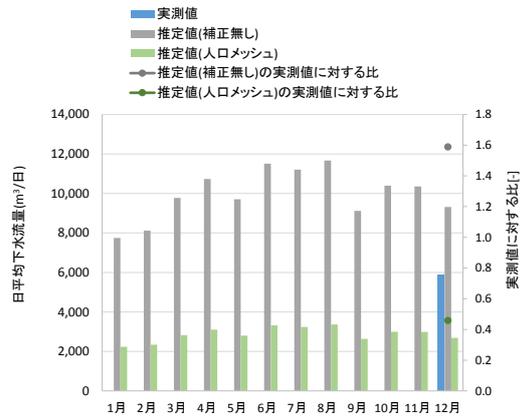
仙台市 六丁目ポンプ場



仙台市 霞の目ポンプ場



仙台市 測点①



仙台市 測点②

図 3-5 人口の分布を活用した方法によるポテンシャルの推計精度の検証事例（仙台市）

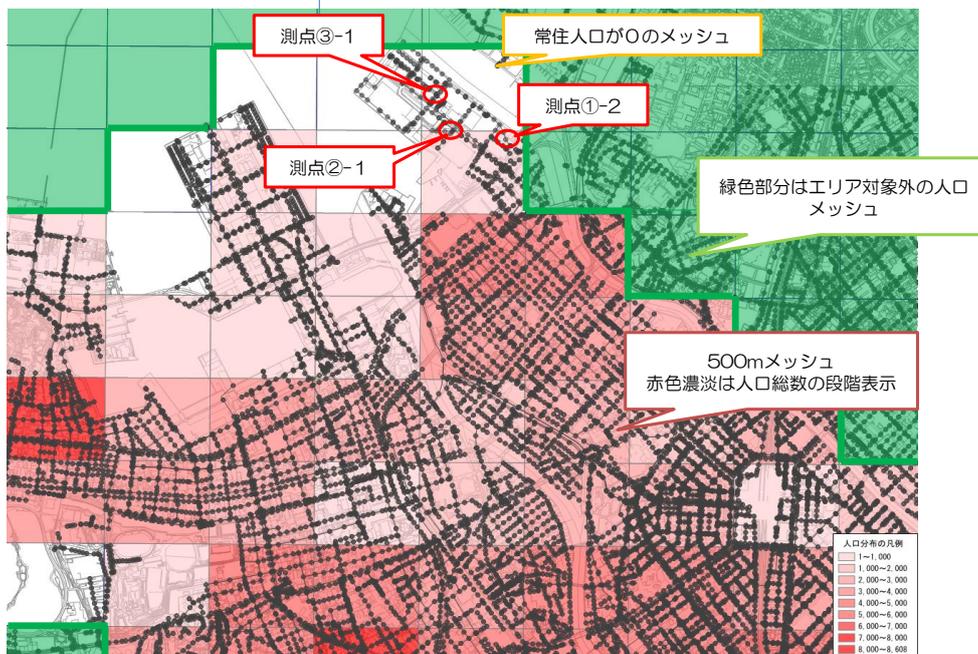


図 3-6 人口総数（常在人口）データ 500m メッシュ（福岡市の事例）

(3) 各方法のまとめと特徴

表 3-2 に検証を行った(1) 建物用途に応じた補正係数を乗じる方法と(2) 人口の分布を活用した方法による推定値の実測値に対する比のまとめを示す。どの手法も精度が全ての地点で上がることは確認できなかったが、補正を入れないよりは向上する地点が多いのが建物用途に応じた補正係数を乗じる方法であった。人口の分布を活用した方法では、倉庫街が多いなど特殊な地域では、人口が「0」となるため使用するには注意が必要であることがわかった。また、各方法の特徴を表 3-3 に示す。「2.2 詳細ポテンシャルマップの作成手順（通常手法）」では、「(1) 建物用途に応じた補正係数を乗じる方法」を用いた作成方法を示したが、各方法の特徴を踏まえ、作成目的に応じて手法を選択してもよい。

表 3-2 各手法における推定値の実測値に対する比のまとめ

都市名	検証地点	各手法における推定値の実測値に対する比		
		補正無し	(1) 建物用途に応じた補正係数を乗じる方法	(2) 人口の分布を活用した方法
福岡市	浜の町ポンプ場	0.9	0.9	0.9
	測点①-2	2.0~2.3	1.5	0.0
	測点②-1	1.8~2.6	1.0~1.4	0.0
	測点③-1	1.4~1.8	0.8~1.0	0.0
仙台市	六丁目ポンプ場	0.7	0.8	0.5
	霞目ポンプ場	0.6~0.8	0.5~0.7	0.9~1.3
	測点①	1.7	1.9	0.9
	測点②	1.6	1.8	0.5

表 3-3 各方法の特徴

	メリット	デメリット
(1) 建物用途に応じた補正係数を乗じる方法	日平均下水流量の推計精度が向上する地点が多い。枝管までの流量推定が可能である。	各建物の延床面積、建物用途、上水使用原単位等を用いた補正係数のデータが不可欠である。
(2) 人口の分布を活用した方法	下水道台帳電子データと、国勢調査統計情報からダウンロード可能な人口総数（常在人口）データ、計画汚水量のみで日平均下水流量の推定が可能である。	倉庫街が多いなど特殊な地域では、人口が「0」となり注意が必要である。枝管のポテンシャル、流量は推定できない場合が多い。

§2 時刻別ポテンシャルの推計精度

通常手法及び距離内分手法の推計精度を検証した事例では、それぞれの手法により算出される時刻別流量の実測値に対する比は、最低流量時刻での推定値で実測値に対して0.6～2.3倍であった。ただし、倉庫街や宿泊施設の密集地区では時刻別下水流量の推定精度が6倍程度であった。

いずれの手法を用いる場合にも推計精度を向上させるためには、対象街区内における流量測定点を増やすことが必要となる。

【解説】

本手引きに基づいて作成される詳細ポテンシャルマップでは、広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた各マンホールの日平均下水流量推定値、または対象管路上のあるマンホール1地点での下水流量の実測データに基づき、任意のマンホールにおける下水流量を推計し、ポテンシャルを算出している。このため、実際のポテンシャルに対して誤差が生じる可能性がある。

詳細ポテンシャルマップの推計精度を検証するため、下水流量の実測を行った測点を対象に、実測地点の日平均実測下水流量 G_N と広域ポテンシャルマップの作成手法で求めた各マンホールの日平均下水流量推定値、または対象管路上のあるマンホール1地点での下水流量の実測データに基づき通常手法(2.2 参照)及び距離内分法(2.3 参照)により推定した日平均推定下水流量 \hat{G}_N を比較する(図 3-7)。また、時刻別実測下水流量と、通常手法、距離内分法により推定した時刻別推定下水流量を比較し、時刻別流量についても推計精度の検証を行う。

モデル地区における表 3-4 に示した実測地点を対象に、精度検証を実施した結果を示す。精度検証に用いたデータは表 3-4 のとおりである。また、それぞれの実測地点へ排水する建物の用途別建物延床面積比率を表 3-5 に示す。

図 3-8～図 3-12 に下水流量推計精度の検証事例を示す。通常手法及び距離内分法より算出した流量の、実測値に対する比はそれぞれ通常手法で0.2倍から最大で6.0倍、距離内分法で1.2～1.6%程度であった。通常手法で最大の6.0倍であった測点は宿泊施設の地区であり、このような特殊な用途地区を除けば、おおむね0.5～2.0倍の範囲となる。

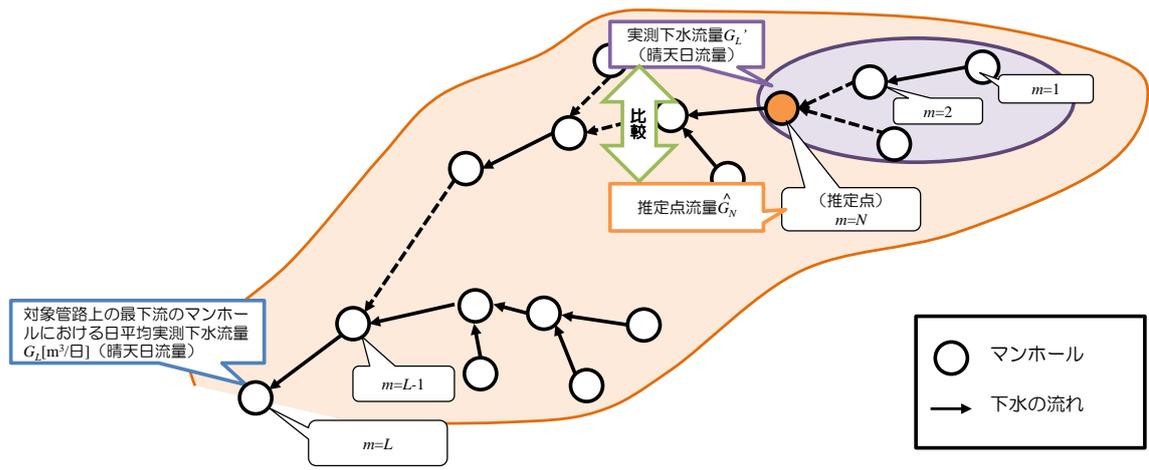


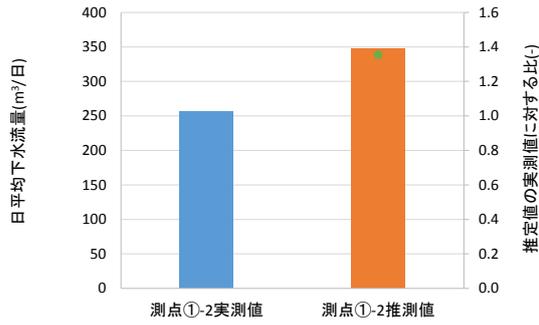
図 3-7 精度検証の方法 (イメージ)

表 3-4 精度検証に用いたデータの概要

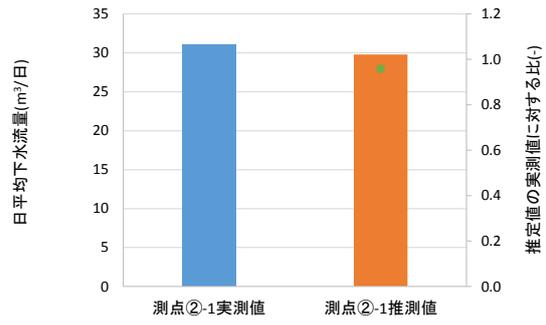
都市名	検証対象地点	実測期間	ポテンシャル算出に用いたデータ	作成手法
福岡市	測点①-2	平成 26 年 9 月 ～10 月	中部水処理センター 平成 24 年実測値	通常手法
	測点②-1	平成 26 年 10 月 ～11 月		通常手法
	測点③-1	平成 26 年 11 月 ～12 月		通常手法
豊田市	測点②	平成 26 年 9 月 ～10 月	測点①の実測データ 平成 26 年 9 月～平成 27 年 2 月	通常手法
	測点⑦	平成 26 年 11 月 ～平成 27 年 1 月		通常手法
	測点⑧	平成 26 年 11 月 ～平成 27 年 1 月		通常手法
浦安市	測点③	平成 26 年 9 月 ～10 月	測点②の実測データ 平成 26 年 9 月～平成 27 年 2 月	通常手法
	測点④	平成 26 年 10 月 ～11 月	測点①の実測データ 平成 26 年 9 月～平成 27 年 2 月	通常手法
	測点⑤	平成 26 年 11 月 ～12 月	測点②の実測データ 平成 26 年 9 月～平成 27 年 2 月	通常手法
茨木市	測点②	平成 26 年 9 月 ～10 月	測点①及び③の実測データ 平成 26 年 9 月～平成 27 年 2 月	距離内分法

表 3-5 精度検証対象地点の用途別建物延床面積比率

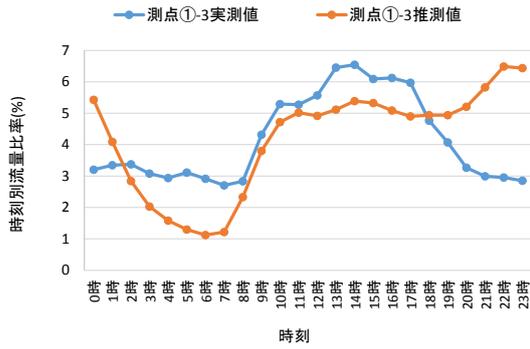
都市名	検証対象 地点	用途別建物延床面積比率[%]					
		住宅	業務	商業	宿泊	医療	その他
福岡市	測点①-2	0.0	35.4	0.0	0.0	0.0	64.6
	測点②-1	0.0	99.4	0.0	0.0	0.0	0.6
	測点③-1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	99.9
豊田市	測点②	64.7	6.1	18.4	2.8	0.8	7.2
	測点⑦	19.7	0.0	79.7	0.0	0.0	0.6
	測点⑧	3.6	8.2	8.7	78.8	0.5	0.2
浦安市	測点③	43.7	7.0	48.6	0.0	0.0	0.7
	測点④	67.6	13.2	5.4	4.7	0.0	9.1
	測点⑤	49.2	14.5	31.6	0.0	0.0	4.7
茨木市	測点②	建物延床面積データ不足のため不明					



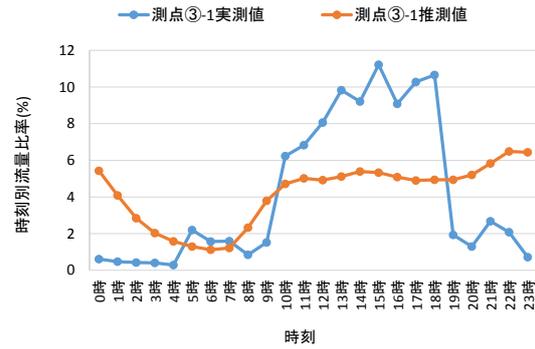
(a) 日平均流量の比較



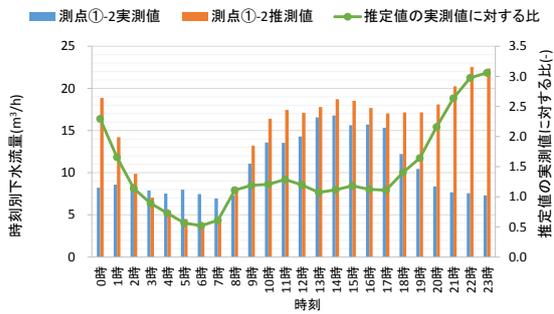
(a) 日平均流量の比較



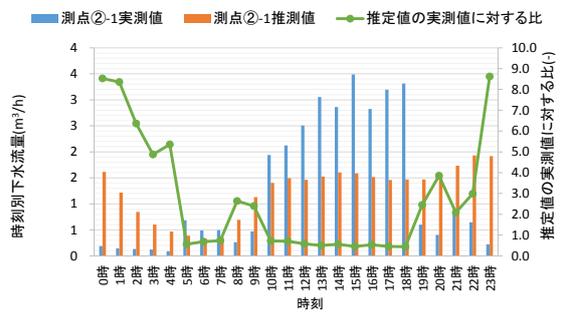
(b) 時刻別流量比率の比較



(b) 時刻別流量比率の比較



(c) 時刻別流量の比較

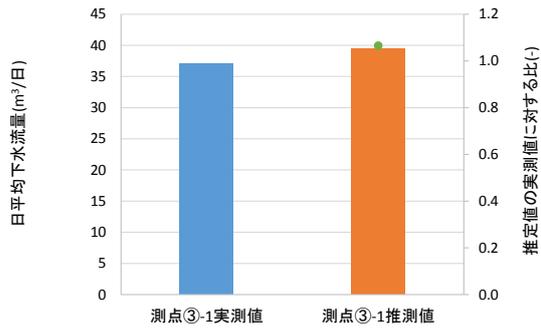


(c) 時刻別流量の比較

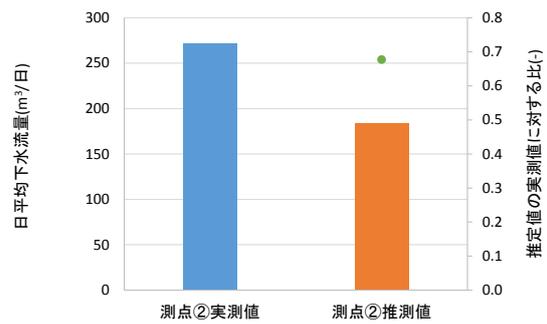
福岡市 測点①-2 (通常手法)

福岡市 測点②-1 (通常手法)

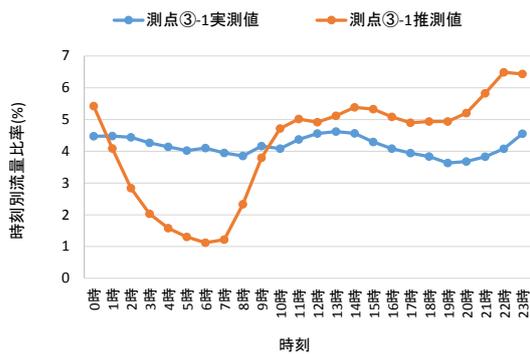
図 3-8 下水流量の推計精度の検証事例 (その1)



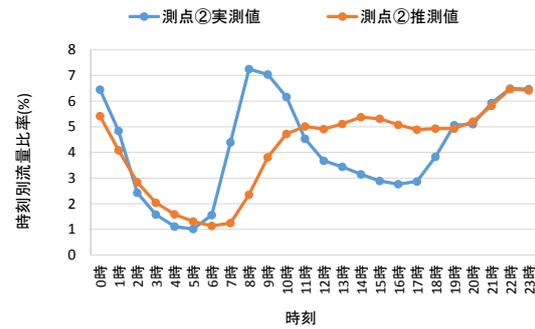
(a) 日平均流量の比較



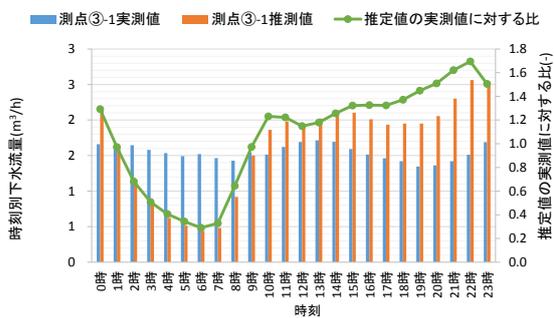
(a) 日平均流量の比較



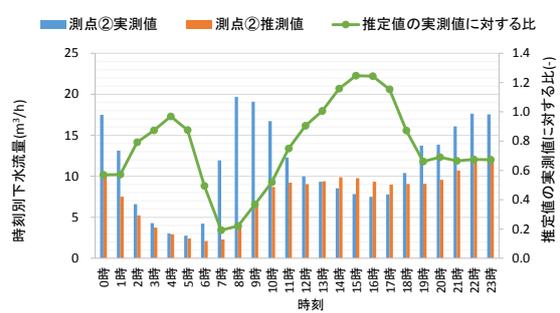
(b) 時刻別流量比率の比較



(b) 時刻別流量比率の比較



(c) 時刻別流量の比較

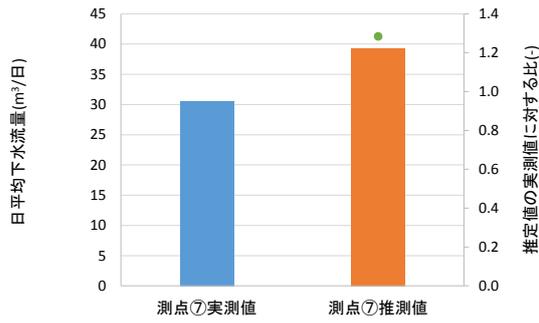


(c) 時刻別流量の比較

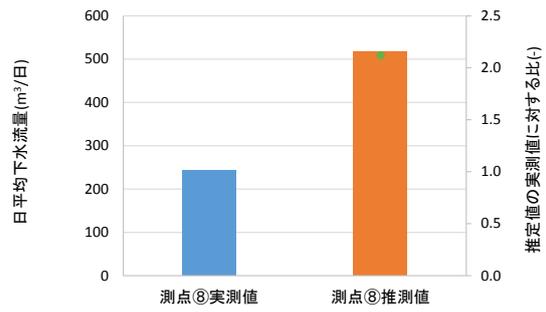
福岡市 測点③-1 (通常手法)

豊田市 測点② (通常手法)

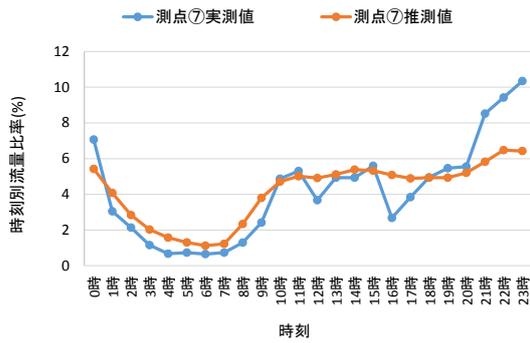
図 3-9 下水流量の推計精度の検証事例 (その 2)



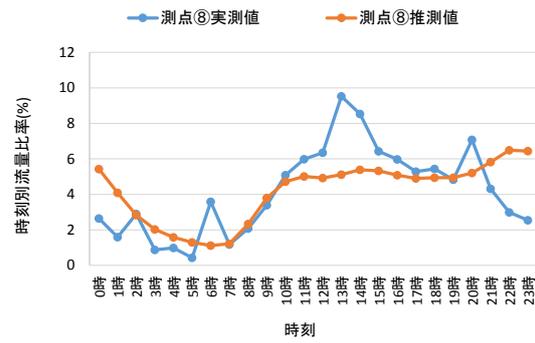
(a) 日平均流量の比較



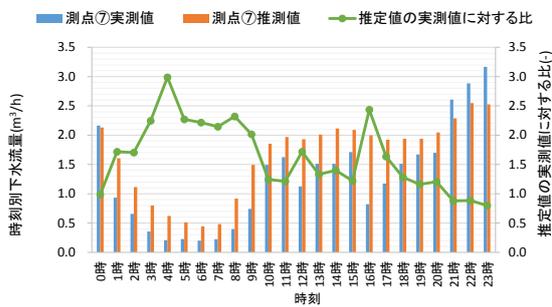
(a) 日平均流量の比較



(b) 時刻別流量比率の比較

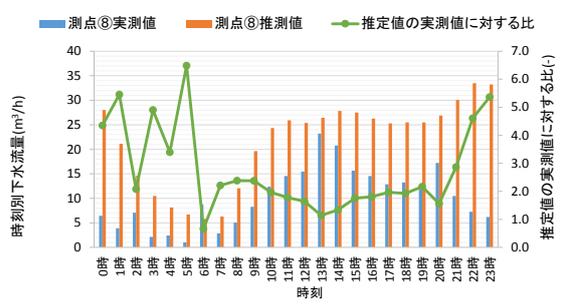


(b) 時刻別流量比率の比較



(c) 時刻別流量の比較

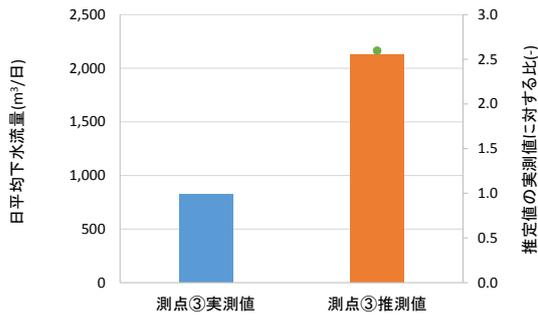
豊田市 測点⑦ (通常手法)



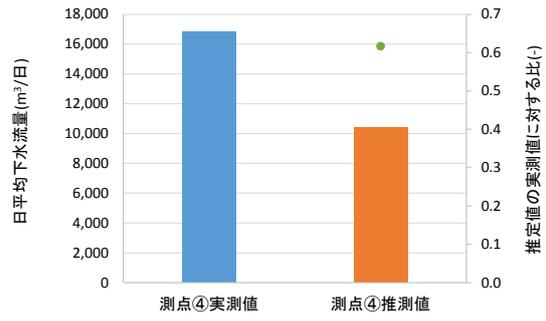
(c) 時刻別流量の比較

豊田市測点⑧ (通常手法)

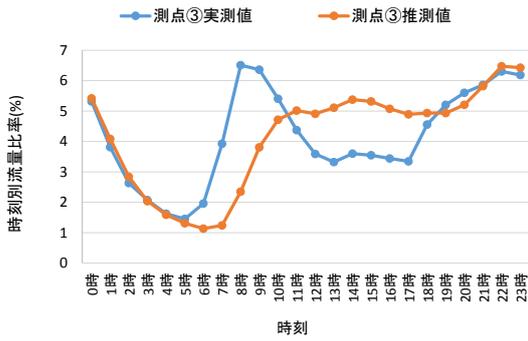
図 3-10 下水流量の推計精度の検証事例 (その 3)



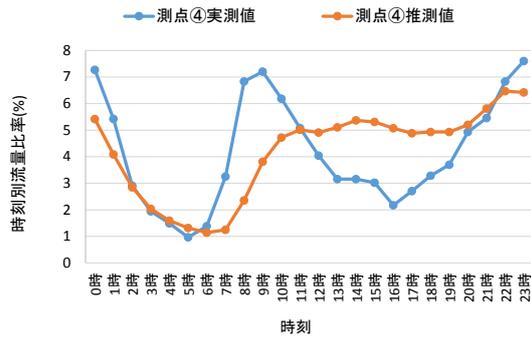
(a) 日平均流量の比較



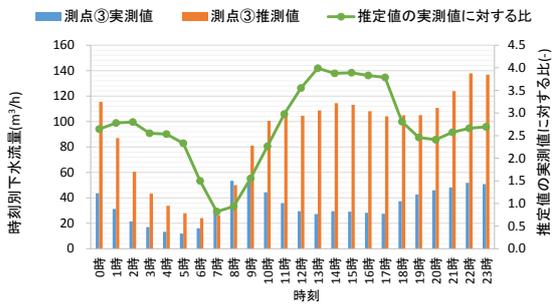
(a) 日平均流量の比較



(b) 時刻別流量比率の比較

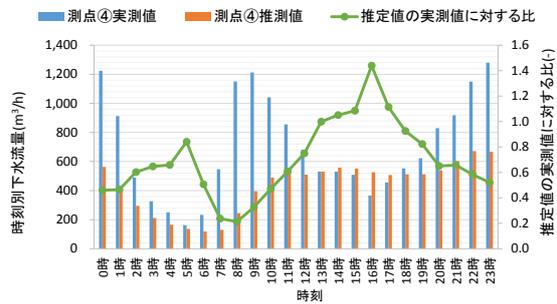


(b) 時刻別流量比率の比較



(c) 時刻別流量の比較

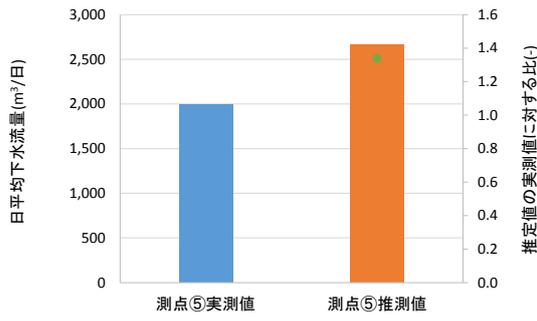
浦安市 測点③ (通常手法)



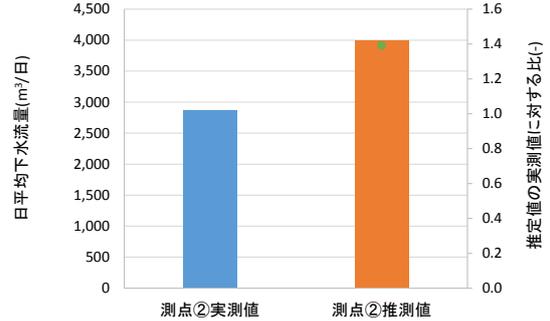
(c) 時刻別流量の比較

浦安市 測点④ (通常手法)

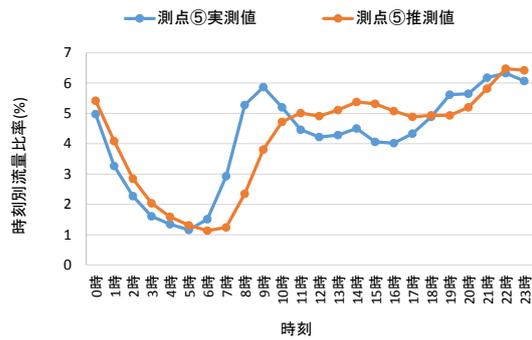
図 3-11 下水流量の推計精度の検証事例 (その 4)



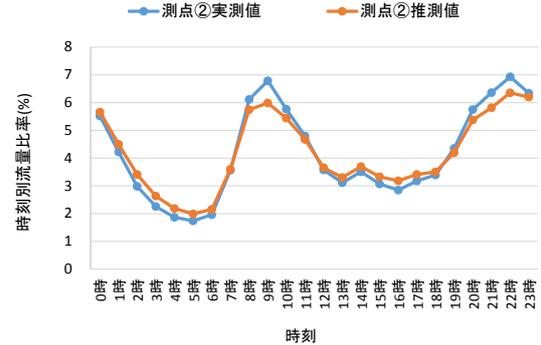
(a) 日平均流量の比較



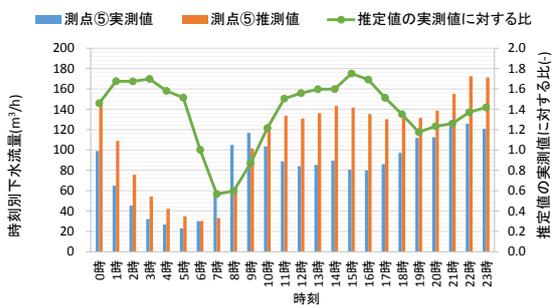
(a) 日平均流量の比較



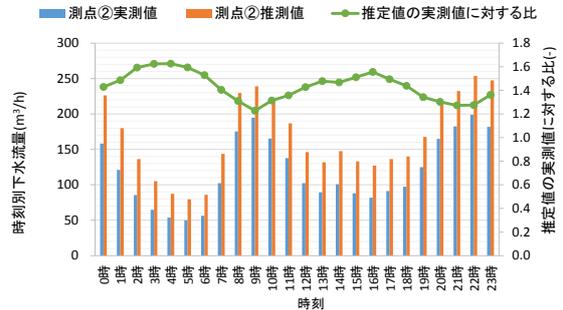
(b) 時刻別流量比率の比較



(b) 時刻別流量比率の比較



(c) 時刻別流量の比較



(c) 時刻別流量の比較

浦安市 測点⑤ (通常手法)

茨木市 測点② (距離内分法)

図 3-12 下水流量の推計精度の検証事例 (その5)

§3 建物用途毎の下水流量特性と延床面積あたりの日平均下水流量

建物用途を絞った地区における実測データから延床面積あたりの日平均下水流量を示す。

【解説】

建物用途に応じた特性を把握するために、建物用途を絞った地区における下水流量実測を行い、得られたデータを元にした延床面積あたりの日平均下水流量を示す。

建物用途特性を把握するための実測地点の概要と各地点における延床面積あたりの日平均下水流量を以下の表 3-6 に示す。

延床面積あたりの日平均下水流量は、いずれの実測点でも、文献^{※1}による上水使用量原単位よりも小さい値となった。節水型衛生器具の普及などの影響により排水量が減少している可能性がある。

通常手法による下水流量の推定において、建物延床面積の補正係数として用いる原単位は現状の排水量の実態に極力近い方が、精度は向上すると考えられる。

そのため、最新の延床面積あたりの日平均下水流量を用いる方が、より精度が向上する可能性がある。

表 3-6 建物用途特性を把握するための実測地点と延床面積あたりの日平均流量

都市名		茨木 ^{※2}		浦安		福岡	
測点名		測点⑥	測点⑩	測点⑪	測点⑫	測点検-1	測点検-2
排水建物の 建物用途別 延床面積 [m ²]	住宅	35,333	26,558	26,942	192,546	33,755	39,244
	業務	194	735	7,452	16,230	255,231	269,298
	商業	0	0	0	1,797	4,503	5,068
	宿泊	0	0	0	39	86,760	86,760
	医療	0	0	0	0	0	0
	その他	1,060	0	0	432	15,349	15,349
	合計	36,587	27,293	34,395	211,044	395,598	415,719
排水建物の 建物用途別 延床面積比率 [%]	住宅	96.6	97.3	78.3	91.2	8.5	9.4
	業務	0.5	2.7	21.7	7.7	64.5	64.8
	商業	0.0	0.0	0.0	0.9	1.1	1.2
	宿泊	0.0	0.0	0.0	0.0	21.9	20.9
	医療	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	その他	2.9	0.0	0.0	0.2	3.9	3.7
建物用途		住宅	住宅	住宅	住宅	業務	業務
日平均下水流量	[m ³ /日]	206	127	176	1,034	2,326	2,821
延床面積あたり の日平均 下水流量	[L/m ² 日]	5.64	4.65	5.13	4.90	5.88	6.79
上水使用量 原単位 ^{※1}	[L/m ² 日]	10.8			8.05		

※1 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧 4 給排水衛生設備編(第14版),平成22年2月28日,p108 (住宅施設は「一般住宅」、業務施設は「庁舎・事務所」、宿泊施設は「ホテル」の原単位を計算。商業施設に関しては、「喫茶店、飲食店、社員食堂、デパート、スーパーマーケット、劇場、映画館、公会堂、美術館」の原単位の平均値を掲載。)

※2 茨木市測点⑩に関しては、建物用途が不明であり建物延床面積データが「0」となっている建物からの排水量も含む。

3.2 ポテンシャルの変動要因

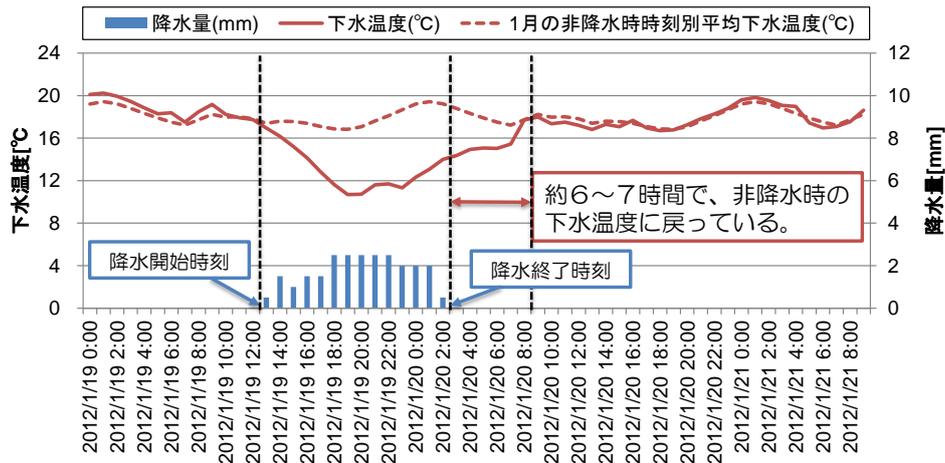
§1 降雨・降雪による影響

ポテンシャルマップでは季節毎の晴天日におけるポテンシャルを推計するが、実際は降雨・降雪によってポテンシャルが変動するため留意が必要である。ただし、既往事例では、降雨・降雪による影響は一時的であり、一般的な降水量の地域ではポテンシャルへの影響は大きくないものと考えられる。

【解説】

本手引きに基づいて作成される詳細ポテンシャルマップでは、季節毎の晴天日における時刻別ポテンシャルを推計するが、実際は降雨・降雪によってポテンシャルが変動するため、詳細ポテンシャルマップの利用時には留意が必要である。

降雨による下水温度への影響に関する検討事例として、図 3-14 に近畿地方某市における時刻別の下水温度の実測結果と降水量（気象台データ）を示す。降水開始時刻とほぼ同時刻に下水温度が低下し始め、最大約 7℃低下している。一方で、降水が終了してから数時間後には非降水時の温度帯に戻っていることが分かる。これより、降水量が一般的な地域であれば、降水により下水温度が一時的に低下しても、日平均ポテンシャル量には大きく影響しないものと考えられる。



注釈) 降水日に仮に降水がなかった場合の下水温度と実際の下水温度との温度差。降水がなかった場合の下水温度については、非降水時の月別時刻別平均下水温度より推定。

図 3-13 近畿地方某市における時刻別の下水温度と降水量
(2012年1月19日～1月21日)

出所) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の研究開発事業「都市域における下水管路網を利用した下水熱利用・熱融通技術」における実測データ及び大阪管区气象台データより作成

また、降雪による下水温度への影響に関する検討事例として、図 3-14 に仙台市の管
路内における日別の下水温度、降水量の実測結果と降雪日を示す。

降雪日で降水量が多い日には融雪水が下水管内へ流入し、5℃程度、温度低下するこ
とがわかる。また、降水量の少ない降雪日では下水温度が徐々に低下し、約 2℃低下し
ている。降水量にかかわらず、降雪が終了して 3 日後から通常温度へ回復する傾向が
ある。

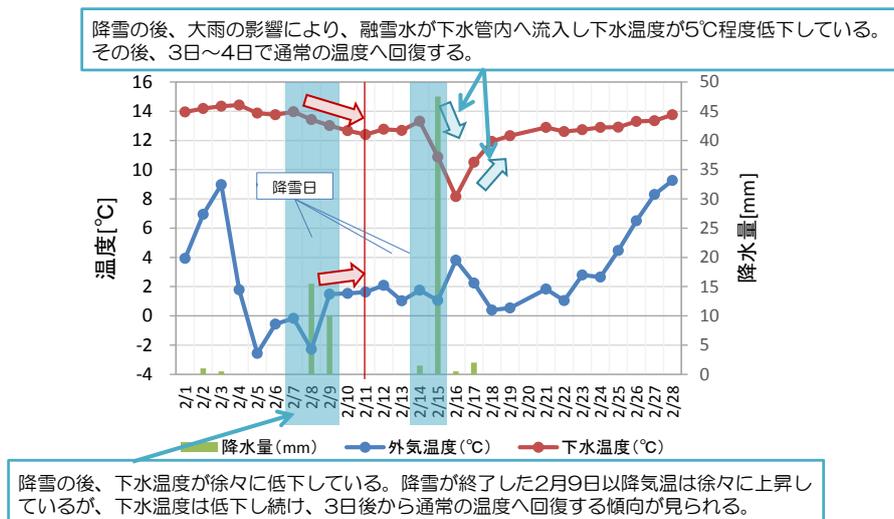


図 3-14 仙台市における時刻別の下水温度と降水量 (2014年2月1日～2月28日)
(平成 26 年度 仙台市提供データ)

図 3-14 に新潟市の下水温度、降雪量の実測結果事例を示す。新潟市の事例においては、1cm/h 以上の積雪があった後、下水温度が 5℃以上低下していることがわかる。また、降雪が終了した後、2～3 日程度で通常の温度へ回復する傾向がある。

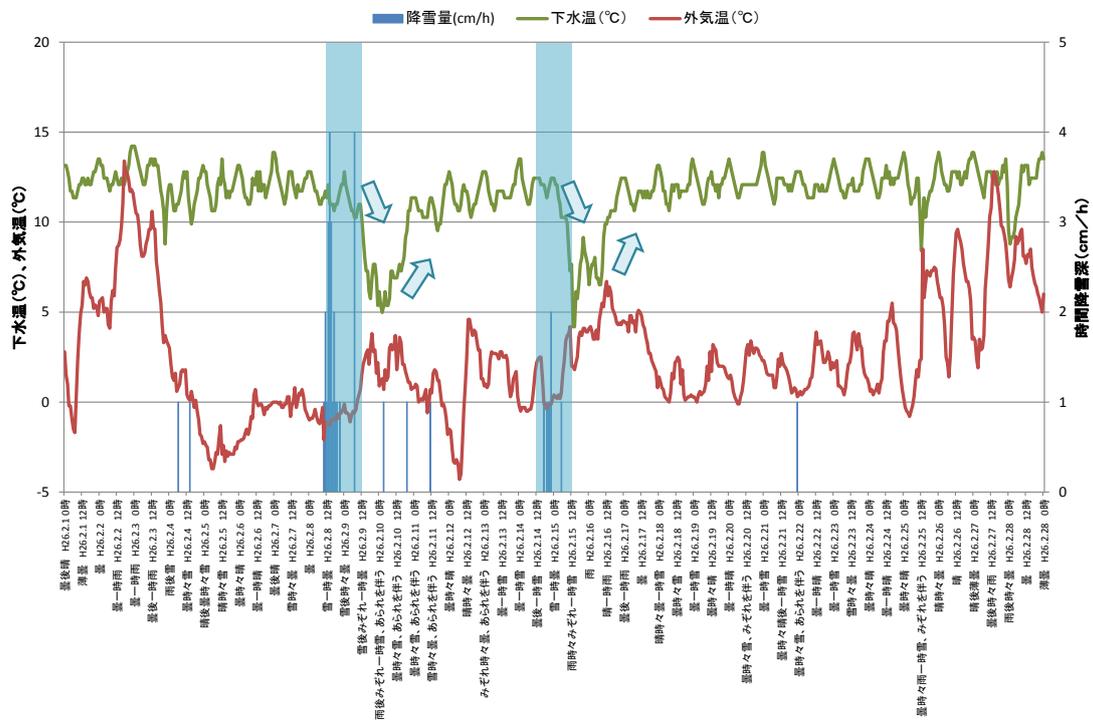


図 3-15 新潟市における時刻別の下水温度と降水量（2014 年 2 月 1 日～2 月 28 日）
（平成 26 年度 新潟市提供データ）

以上のことから、豪雪地域等に関しては降雪、融雪による下水温度への影響がより大きくなると考えられるため、実測等により影響を把握することが望ましい。

§2 大規模温浴施設等による影響

本手引きにおけるポテンシャルの算出方法では、原則として下水流量の全量を5℃温度変化させるよう熱利用した場合におけるポテンシャルと定義しているが、大規模温浴施設、宿泊施設等が存在する場合には、排水温度が高くなるため、留意が必要である。

【解説】

本手引きでは、「2.1 詳細ポテンシャルマップ作成の前提条件」に記載したとおり、原則として下水流量の全量を5℃温度変化させるよう熱利用した場合におけるポテンシャルと定義し、ポテンシャルを求めている。一方、一般的な用途の施設よりも排水温度が高いと推察される大規模温浴施設・宿泊施設等が多く存在する場合には、これらの施設からの排水温度の影響を受け、下水温度が高くなる可能性があるため、留意が必要である。

温浴施設からの排水の影響についての事例として、某市の図 3-16 に示す地点における下水温度の実測事例を図 3-17 に示す。図 3-17 によると、温浴施設を通過後、時刻平均で約2℃温度が上昇していることがわかる。

以上のように、近傍に温浴施設が立地している地点では、下水温度にも影響を与えると考えられる。

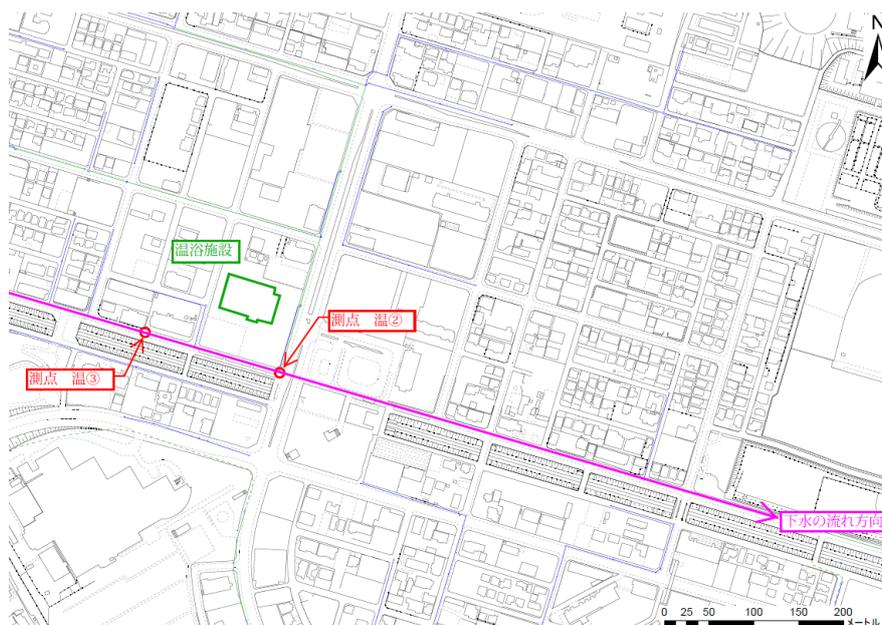


図 3-16 温浴施設近傍における実測（某市）

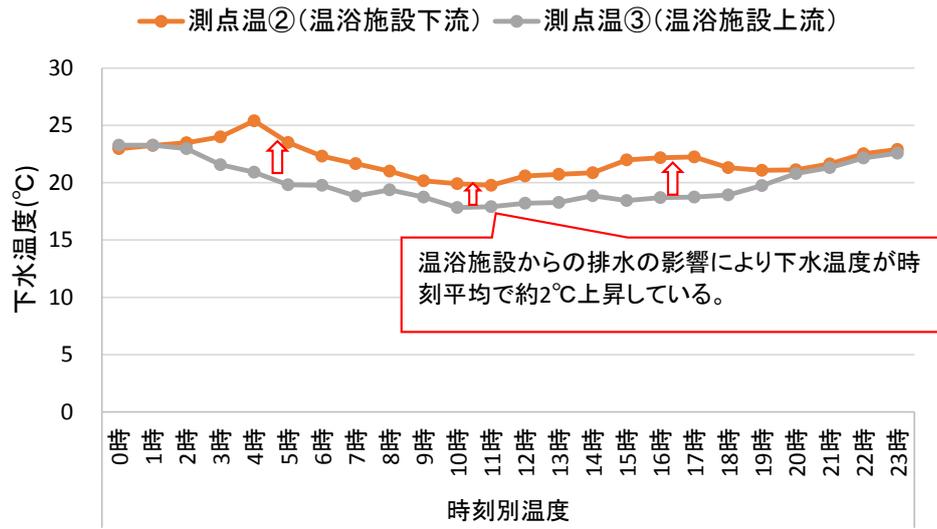


図 3-17 温浴施設近傍における下水温度実測結果（豊田市）

4. モデル地区における詳細ポテンシャルマップの作成・活用事例

4.1 詳細ポテンシャルマップの作成事例

§1 浦安市

浦安市における通常手法による詳細ポテンシャルマップの作成事例を示す。

モデル地区の概要を表 4-1 に示す。当該エリアにおいては、詳細ポテンシャルマップの作成に必要なデータが整備されていることから、2.2 に示した通常手法によりマップを作成した。マップ作成に使用したデータを表 4-2 に示す。また、マップの作成結果を図 4-2 に示す。

表 4-1 浦安市におけるモデル地区の概要

マップ作成エリア	新浦安駅周辺
地域特性	多様な用途の建物が立ち並び需供両面にわたり未利用熱ポテンシャルが高いと想定される地区。
下水道の整備状況	下水道普及率は 99.6%、流域関連公共下水道、分流式
マップ作成に必要なデータの整備状況	<ul style="list-style-type: none">● 下水道台帳電子データ：○● 建物現況データ：○● 都市計画データ：○● 下水処理場、ポンプ場等における下水流量データ：○
詳細ポテンシャルマップ作成の背景と目的	<ul style="list-style-type: none">● 東日本大震災での液状化被害を契機に、市全体として災害に強く環境にも優しい持続可能な「環境未来都市」を目指している。平成 25 年度は国土交通省の支援を受けて、「都市排熱利用モデル構想」を策定し、下水熱の利用可能性がある地区を選定した。● この構想を基に関係機関、需要家、民間事業者などの協力・合意を得るために、詳細ポテンシャルマップを周知・啓発するための基礎データとする。

表 4-2 マップ作成に使用したデータ

マップ作成に使用したデータ		データ年度
下水道台帳電子データ	管路・マンホール図形情報	平成 24 年
	管路・マンホール接続情報	平成 24 年
建物現況データ	建物図形情報	平成 23 年
	位置情報	平成 23 年
	延床面積	平成 23 年
	建物用途	平成 23 年
都市計画データ	地形図データ	平成 20 年
下水データ	以下の地点での実測下水流量 (図 4-1 参照) ・測点①	平成 26 年
	以下の施設における下水温度 ・江戸川左岸流域下水道第二 終末処理場	平成 23～26 年

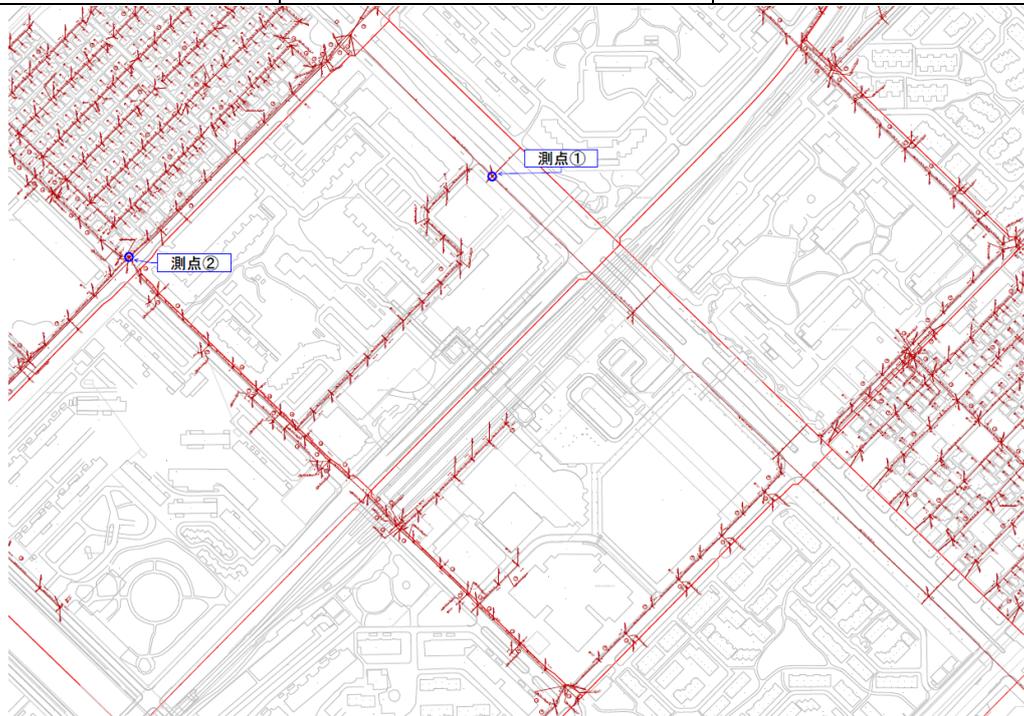


図 4-1 浦安市の詳細ポテンシャルマップ作成に使用した実測データの計測地点

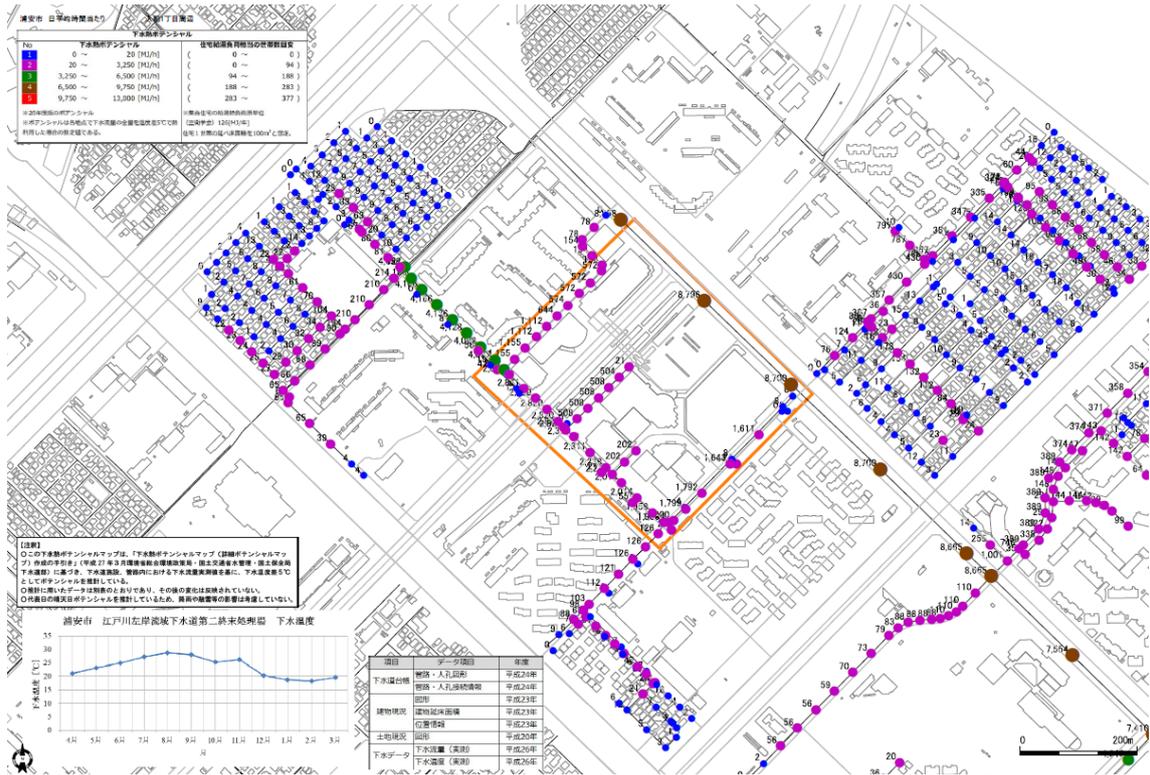


図 4-2 浦安市における詳細ポテンシャルマップ事例

§2 豊田市

豊田市における通常手法による詳細ポテンシャルマップの作成事例を示す。

モデル地区の概要を表 4-3 に示す。当該エリアにおいては、詳細ポテンシャルマップの作成に必要なデータが整備されていることから、2.2 に示した通常手法によりマップを作成した。マップ作成に使用したデータを表 4-4 に示す。また、マップの作成結果を図 4-4 に示す。

表 4-3 豊田市におけるモデル地区の概要

マップ作成エリア	豊田市駅前通り再開発区域
地域特性	環境モデル都市、住宅と商業施設が混在する地区
下水道の整備状況	下水道普及率は 67.6%、流域関連公共下水道、分流式
マップ作成に必要なデータの整備状況	<ul style="list-style-type: none">● 下水道台帳電子データ：○● 建物現況データ：○● 都市計画データ：○● 下水処理場、ポンプ場等における下水流量データ：○
詳細ポテンシャルマップ作成の背景と目的	<ul style="list-style-type: none">● 平成 21 年 3 月に「環境モデル都市」に選定され、低炭素社会の実現に向け先駆的な取組を実施している。● 既に下水道部局が主体となり下水熱利用の普及を検討し、モデル地区内の高齢者施設で利用予定であるが、他の施設でも利用できないか検討するため詳細ポテンシャルマップを活用したい。

表 4-4 マップ作成に使用したデータ

マップ作成に使用したデータ		データ年度
下水道台帳電子データ	管路・マンホール図形情報	平成 26 年
	管路・マンホール接続情報	平成 26 年
建物現況データ	建物図形情報	平成 25 年
	位置情報	平成 25 年
	延床面積	平成 25 年
	建物用途	平成 25 年
都市計画データ	地形図データ	平成 24 年
下水データ	以下の地点での実測下水流量 (図 4-3 参照) ・測点①	平成 26 年
	以下の地点での実測下水温度 (図 4-3 参照) ・測点①	平成 26 年

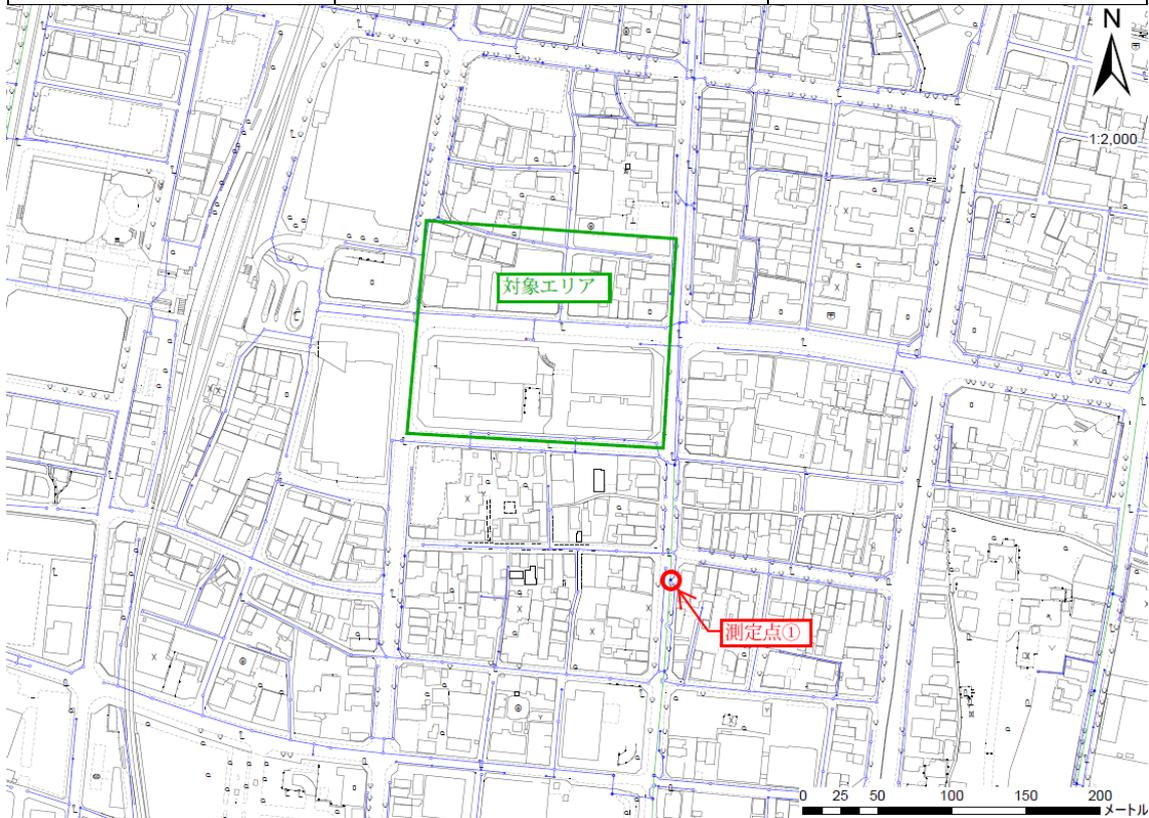


図 4-3 豊田市の詳細ポテンシャルマップ作成に使用した実測データの計測地点

§3 茨木市

茨木市における距離内分法による詳細ポテンシャルマップの作成事例を示す。

モデル地区の概要を表 4-5 に示す。当該エリアにおいては建物現況データのうち、建物延床面積の情報が一部整備されていないことから、2.3 に示した距離内分法によりマップを作成した。マップ作成に使用したデータを表 4-6 に示す。また、マップの作成結果を図 4-6 に示す。

表 4-5 茨木市におけるモデル地区の概要

マップ作成エリア	旧東芝大阪工場跡地
地域特性	用途地域は工業地域であり、周辺は工業地域と住居系地域の混在地区である。
下水道の整備状況	下水普及率は99.2%、流域関連公共下水道、分流式
マップ作成に必要なデータの整備状況	<ul style="list-style-type: none">● 下水道台帳電子データ：○● 建物現況データ：△（一部延床面積情報無し）● 都市計画データ：○● 下水処理場、ポンプ場等における下水流量データ：○
詳細ポテンシャルマップ作成の背景と目的	<ul style="list-style-type: none">● （株）東芝が、自社工場跡地において「茨木市スマートコミュニティプロジェクト」の検討を進めており、その基本方針で示された「地域エネルギーの積極活用によるコスト&環境負荷低減」に関し、下水熱利用が提案されている。● 本プロジェクトの事業性検討に役立つ基礎データとして、茨木市も積極的に協力し詳細ポテンシャルマップを作成したい。

表 4-6 マップ作成に使用したデータ

マップ作成に使用したデータ		データ年度
下水道台帳電子データ	管路・マンホール図形情報	平成 26 年
	管路・マンホール接続情報	平成 26 年
建物現況データ	建物図形情報	平成 25 年
	位置情報	平成 25 年
都市計画データ	地形図データ	平成 24 年
下水データ	以下の地点での実測下水流量 (図 4-5 参照) ・測点①、③、④、⑧	平成 26 年
	以下の施設における下水温度 ・高槻水みらいセンター	平成 26 年



図 4-5 茨木市の詳細ポテンシャルマップ作成に使用した実測データの計測地点

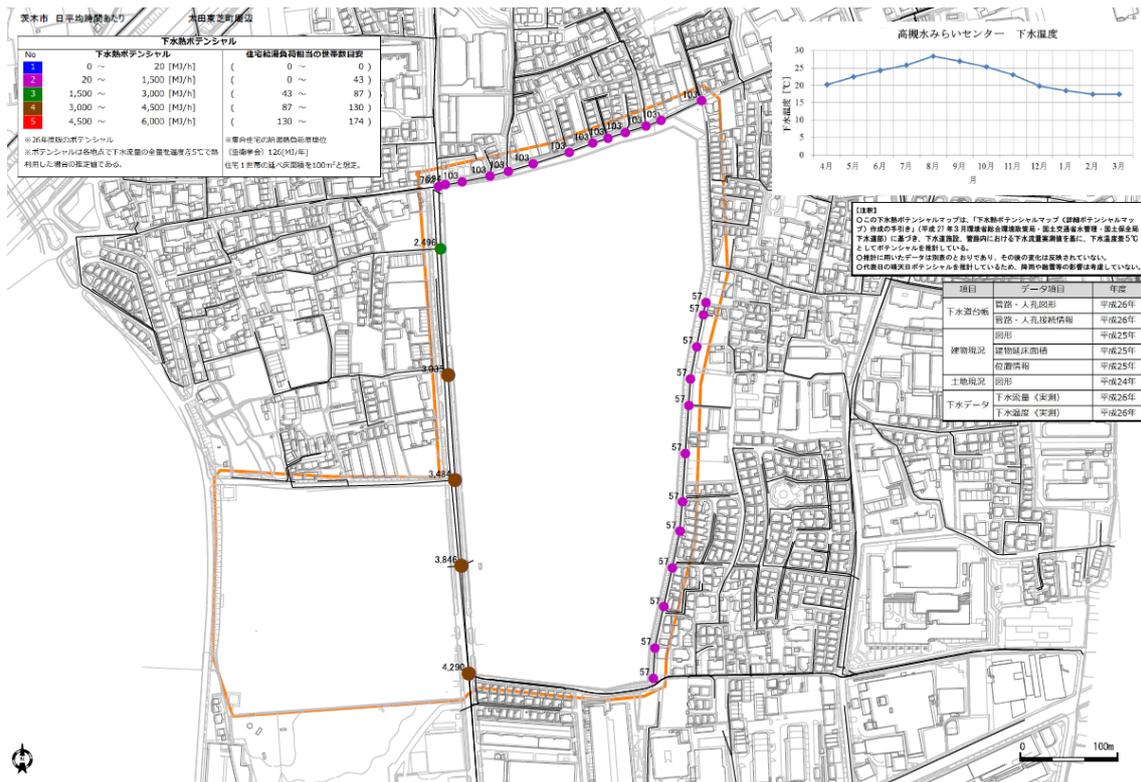


図 4-6 茨木市における詳細ポテンシャルマップ事例

§4 神戸市

神戸市における通常手法による詳細ポテンシャルマップの作成事例を示す。

モデル地区の概要を表 4-7 に示す。当該エリアにおいては、下水道台帳電子データが DXF 形式、CSV 形式であったため、当該エリアの下水管路、マンホール情報を、DXF 形式から GIS データを作成した。また、建物現況データとしては、建物図形情報、位置情報は整備されていたが、情報セキュリティ上、個別の建物延床面積、建物用途情報は使用不可であった。そのため、WEB 情報より建物情報を取得し当該エリアの部分を作成した。詳細ポテンシャルマップの作成に必要なデータが整備できたことから、2.2 に示した通常手法によりマップを作成した。マップ作成に使用したデータを表 4-8 に示す。また、マップの作成結果を図 4-8 に示す。

表 4-7 神戸市におけるモデル地区の概要

マップ作成エリア	国際展示場周辺
地域特性	埋立地 環境モデル都市
下水道の整備状況	下水普及率は 99.7%、分流式
マップ作成に必要なデータの整備状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 下水道台帳電子データ：△ (DXF 形式、CSV 形式) ● 建物現況データ：△ (モデル地区のみ延床面積、建物用途を WEB 情報から作成) ● 都市計画データ：○ ● 下水処理場、ポンプ場等における下水流量データ：○
詳細ポテンシャルマップ作成の背景と目的	<ul style="list-style-type: none"> ● 平成 25 年に「環境モデル都市」に選定された。平成 25 年度は広域ポテンシャルマップのモデル地域となり、高温排熱などとあわせエネルギーの有効利用を促すための情報提供の制度づくりを進めている。 ● 今年度のモデル地区では、ごみ焼却熱の利用や地域エネルギーマネジメントシステムの検討などが行われており、今後設備更新などにおいて下水熱利用を検討するため、詳細ポテンシャルマップを活用したい。

表 4-8 マップ作成に使用したデータ

マップ作成に使用したデータ		データ年度
下水道台帳電子データ	管路・マンホール図形情報	平成 23 年
	管路・マンホール接続情報	平成 23 年
建物現況データ	建物図形情報	平成 23 年
	位置情報	平成 23 年
	延床面積	平成 26 年
	建物用途	平成 26 年
都市計画データ	地形図データ	平成 24 年
下水データ	以下の地点での実測下水流量（図 4-7 参照） ・測点①-1、①-2、①-3、②-2	平成 26 年
	以下の施設における下水温度 ・ポートアイランド処理場	平成 26 年



図 4-7 神戸市の詳細ポテンシャルマップ作成に使用した実測データの計測地点

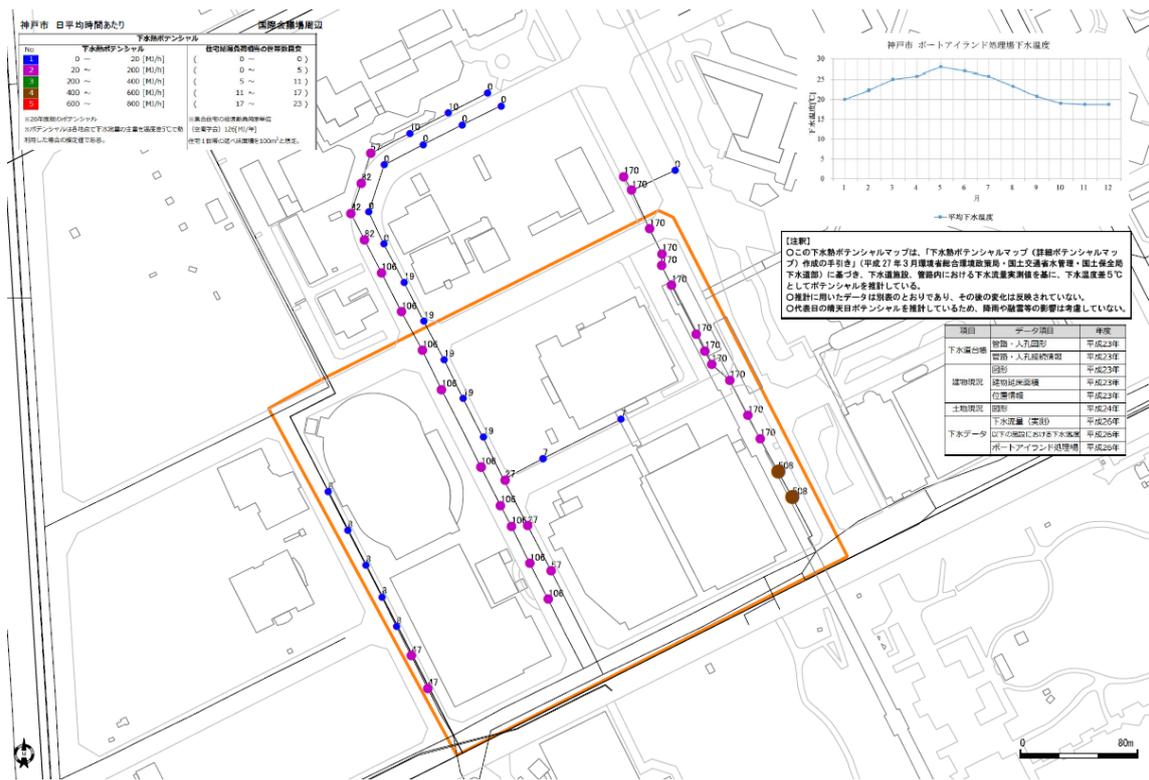


図 4-8 神戸市における詳細ポテンシャルマップ事例

§5 福岡市

福岡市における通常手法による詳細ポテンシャルマップの作成事例を示す。

モデル地区の概要を表 4-9 に示す。当該エリアにおいては、詳細ポテンシャルマップの作成に必要なデータが整備されていることから、2.2 に示した通常手法によりマップを作成した。マップ作成に使用したデータを表 4-10、夏季・冬季におけるマップの作成結果をそれぞれ図 4-9、図 4-10 に示す。なお、既に広域ポテンシャルマップを作成しているため、モデル地区外における広域ポテンシャルマップでの推計結果も合わせて表示している。

表 4-9 福岡市におけるモデル地区の概要

マップ作成エリア	ウォーターフロント地区
地域特性	海岸部は大半が埋立地。倉庫等が多い。
下水道の整備状況	下水普及率は 99.6%、合流式及び分流式
マップ作成に必要なデータの整備状況	<ul style="list-style-type: none">● 下水道台帳電子データ：○● 建物現況データ：○● 都市計画データ：○● 下水処理場、ポンプ場等における下水流量データ：○
詳細ポテンシャルマップ作成の背景と目的	<ul style="list-style-type: none">● 広域ポテンシャルマップのモデル地域となり、下水道部局から市庁内他部局、民間事業者等へ下水熱の PR を行っている。● 平成 25 年度の広域ポテンシャルマップの作成範囲から、下水熱利用の特例措置が適用できる特定都市再生緊急整備地域をモデル地区として選定した。● 当該地区では再開発が予定されており、下水熱利用による経済性や環境に配慮した施設としての PR 効果等を評価できるよう、詳細ポテンシャルマップを活用したい。

表 4-10 マップ作成に使用したデータ

マップ作成に使用したデータ		データ年度
下水道台帳電子データ	管路・マンホール図形情報	平成 24 年
	管路・マンホール接続情報	平成 24 年
建物現況データ	建物図形情報	平成 24 年
	位置情報	平成 24 年
	建物用途	平成 24 年
	延床面積	平成 24 年
都市計画データ	土地利用データ	平成 24 年
	地形図データ	平成 24 年
下水データ	以下の施設における下水流量・温度 ・中部水処理センター	平成 24 年

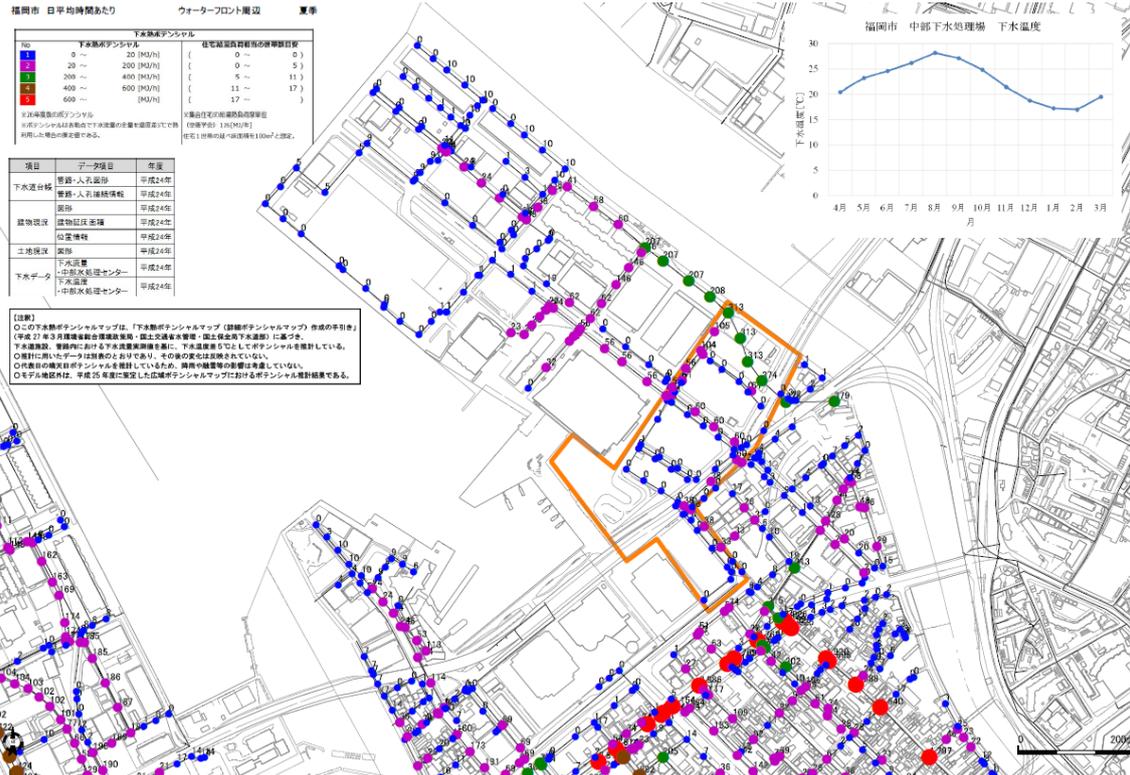


図 4-9 福岡市における詳細ポテンシャルマップ事例(夏季)

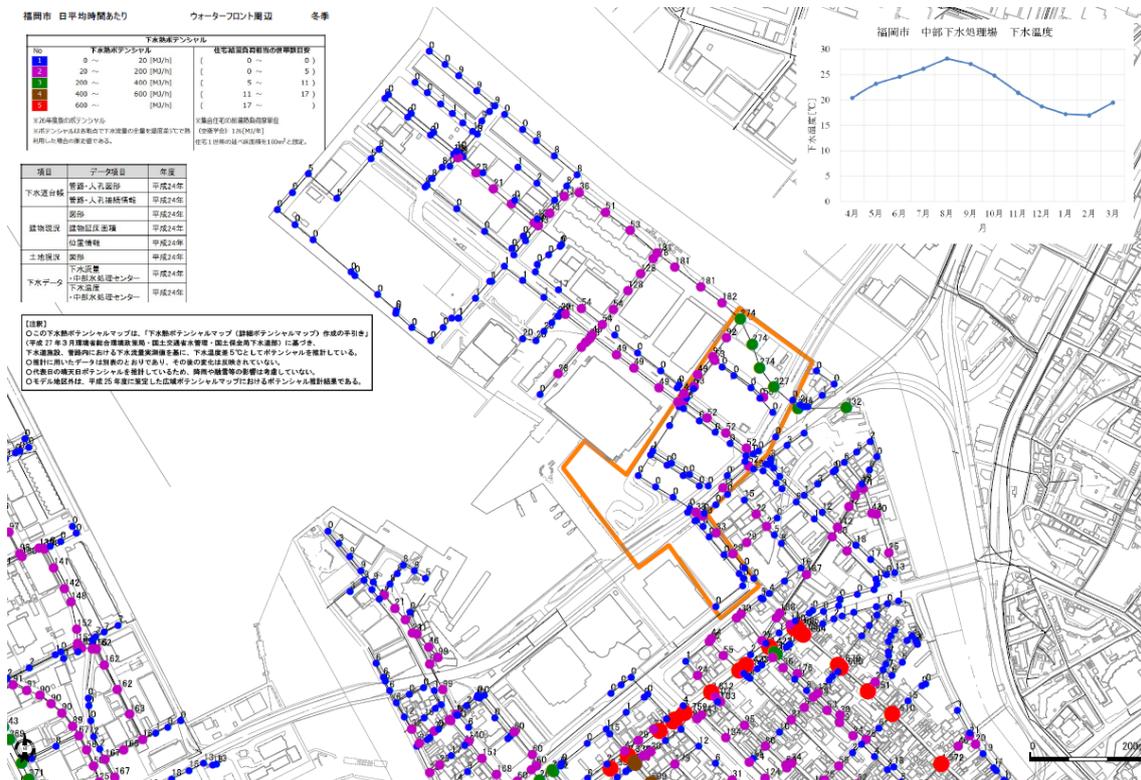


図 4-10 福岡市における詳細ポテンシャルマップ事例(冬季)

4.2 詳細ポテンシャルマップの活用事例

§1 詳細ポテンシャルマップのフィージビリティスタディへの活用

詳細ポテンシャルマップのフィージビリティスタディ（FS）への活用方法を示す。

【解説】

詳細ポテンシャルマップの活用方法のひとつとして、フィージビリティスタディ（FS）への活用がある。図 4-11 に本 FS での検討の流れの事例を示す。

ポテンシャルマップを参照することで、検討施設近傍でポテンシャル量の高い下水熱利用を行う候補となる地点をいくつか検索し下水熱ポテンシャル量を把握することができる。そして、検討施設の熱需要量とマップに示されたポテンシャル量や時刻別ポテンシャル量データから下水熱利用を行う候補地点における下水熱利用可能量の検討を行う。次に、候補地点の道路状況や下水道管路径、マンホール形状、深さ等の下水道管路情報、検討施設までの距離など、周辺状況の確認を行う。そして、下水熱利用を行う地点を決定し、適用可能な下水熱利用方式、下水熱利用システムを検討する。システム検討では、検討モデルケースを設定し、各ケースにおける環境性評価、コスト評価等の検討を行う。なお、FS 検討等を行うにあたり、下水流量を最大限利用する場合など、より精確なポテンシャル情報を必要とするならば、検討対象地点において実測を行うことが望ましい。

システム検討を行う段階では、下水熱利用を行う地点から検討施設までの配管ルートを確認し、マップ上で配管距離を計測して配管コスト検討等に用いる。さらに、付随する下水道台帳データの管低等の情報より、下水取水ポンプや熱源水循環ポンプの必要揚程、ポンプ能力等を検討する。

下水熱利用の方式としては、「マンホール取水管路外熱交換方式」と、「管路内熱交換器設置方式」がある。「マンホール取水管路外熱交換方式」で利用できる熱交換器は、流下液膜式熱交換器と二重管式熱交換器があり、「管路内熱交換器設置方式」には、管路一体型熱交換器、金属露出型熱交換器、らせん形熱交換器、ヒートライナー型熱交換器がある。らせん形熱交換器、ヒートライナー型熱交換器については、管更生と同時に施工できる熱交換器となる。以下の図 4-12 に、本 FS での下水熱利用方式の選定フローの事例を示す。下水熱ポテンシャルマップを活用し、対象地区、建物近傍の管路の情報から、適用可能な下水熱利用方式を選定する。

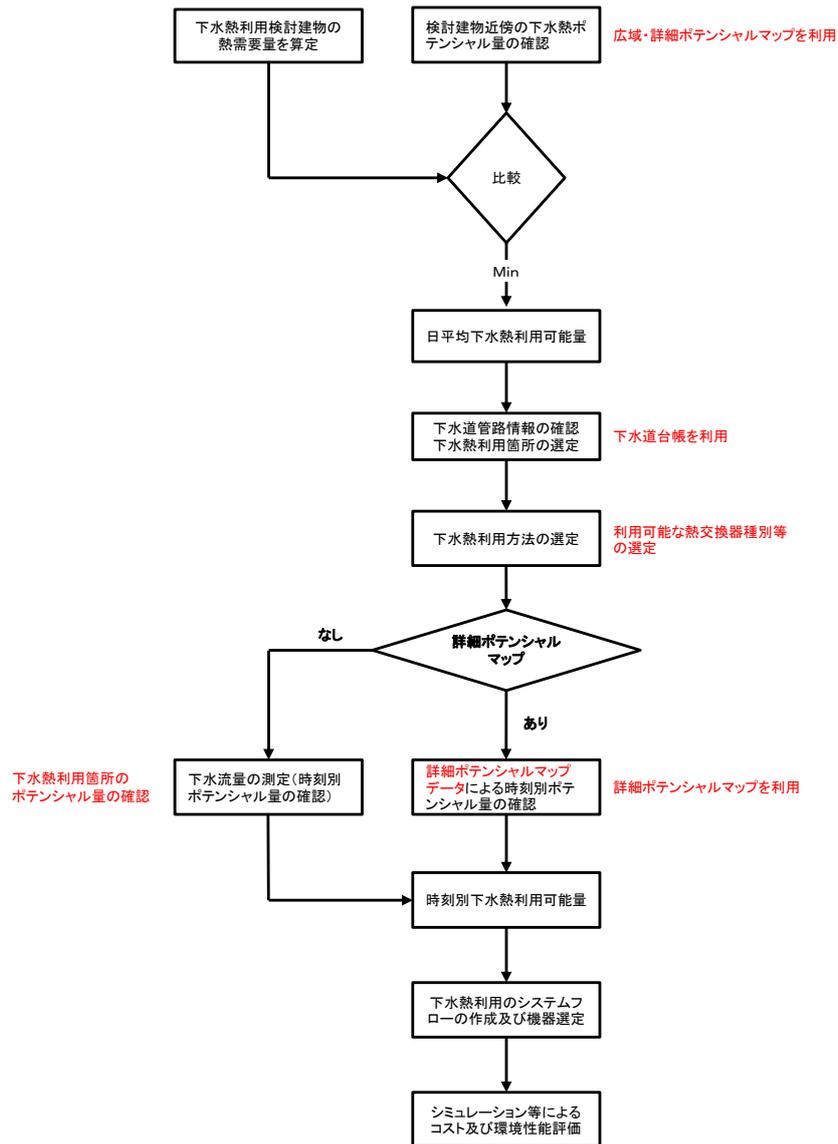


図 4-11 本 FS での検討のフロー事例

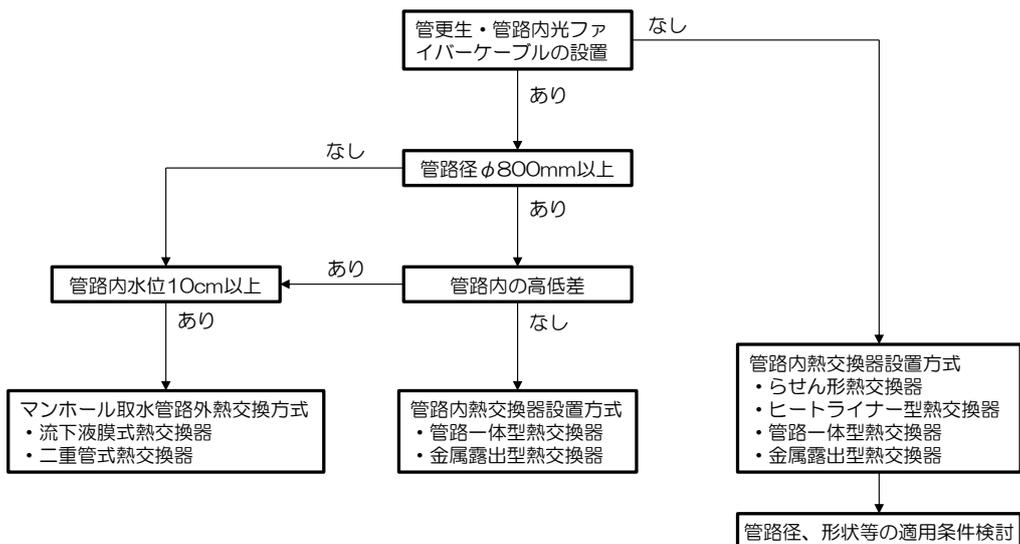


図 4-12 本 FS での下水熱利用方式の検討フロー事例

後述の詳細ポテンシャルマップ活用事例で示すFS検討においては、それぞれ下水熱利用方式を検討し、各事例において適用できる方式について評価を行う。評価項目としては、下水熱利用の有効性を判断出来るものとし次の通り設定する。

①コスト評価

- ・イニシャルコスト、ランニングコスト
- ・回収年数 = $(\text{下水熱利用イニシャルコスト} - \text{基準システムイニシャルコスト}) / (\text{基準システムランニングコスト} - \text{下水熱利用ランニングコスト})$

②環境性評価項目

- ・一次エネルギー削減量 = $\text{基準一次エネルギー消費量} - \text{下水利用一次エネルギー消費量}$
- ・省エネルギー率 = $\text{一次エネルギー削減量} \div \text{基準一次エネルギー消費量}$
- ・CO₂削減量 = $\text{基準CO}_2\text{排出量} - \text{下水利用CO}_2\text{排出量}$
- ・CO₂削減率 = $\text{CO}_2\text{削減量} \div \text{基準CO}_2\text{排出量}$

§2 福岡県福岡市における詳細ポテンシャルマップ活用事例

福岡県福岡市における詳細ポテンシャルマップの活用事例を示す。ホテルにおける加熱能力 115kW 相当の給湯システムでは、補助金（補助率 50%）を活用した場合、回収年数が管路内熱交換器設置方式で約 4 年、マンホール取水管路外熱交換方式で約 4 年であった。

詳細ポテンシャルマップの活用事例として、福岡県福岡市のウォーターフロント地区における下水熱利用のフィージビリティスタディ（FS）を行った結果を示す。詳細な検討内容と結果については、「5. 参考資料」を参照されたい。

(1) FS 検討対象施設

以下の図 4-13 に FS 検討施設の配置を、表 4-11 に対象施設の用途と規模を示す。



図 4-13 検討施設配置

表 4-11 対象施設の用途と規模

モデルケース	施設用途	施設規模(延床面積)
①	ホテル	5,000m ² (250 室相当)
②	展示場	10,000m ² (展示スペース 5,000m ²)

ポテンシャルマップを参照することで、対象街区に対し、どの地点からの熱利用が可能であるか、ポテンシャル量がどの程度かを判断することができる。また、時刻別のポテンシャル量を参照することで、下水熱利用可能量と熱源機器の規模を検討し、マップ上で下水管路からの導管ルートや距離の検討を行う。

(2) 対象地区のポテンシャル量と熱需要量

以下の図 4-14 に福岡市ウォーターフロント地区の詳細ポテンシャルマップを示す。ウォーターフロント地区以外の地点については広域ポテンシャルマップでの推定ポテンシャルを示している。

詳細ポテンシャルマップによると、対象街区中では沖浜ポンプ場入口地点におけるポテンシャル量が高く、時刻別ポテンシャル量データを参照すると冬季5時のポテンシャル量は 103MJ/h であった。また、先行して作成した広域ポテンシャルマップによると、県道 602 号線沿いにも高いポテンシャル量があることがわかる。

このため、本 FS 検討においては、沖浜ポンプ場入口地点、県道 602 号線沿いの地点を下水熱利用の候補地点として検討を行う。なお、この2地点では、下水流量の実測を行っているため、以降は実測ポテンシャルを対象として検討を行う。図 4-14 に、沖浜ポンプ場入口地点、県道 602 号線沿いの地点における時刻別実測ポテンシャルを示す。図 4-15 によると、沖浜ポンプ場入口、県道 602 号線沿いの時刻別最小ポテンシャル量はそれぞれ 232MJ/h、618MJ/h である。

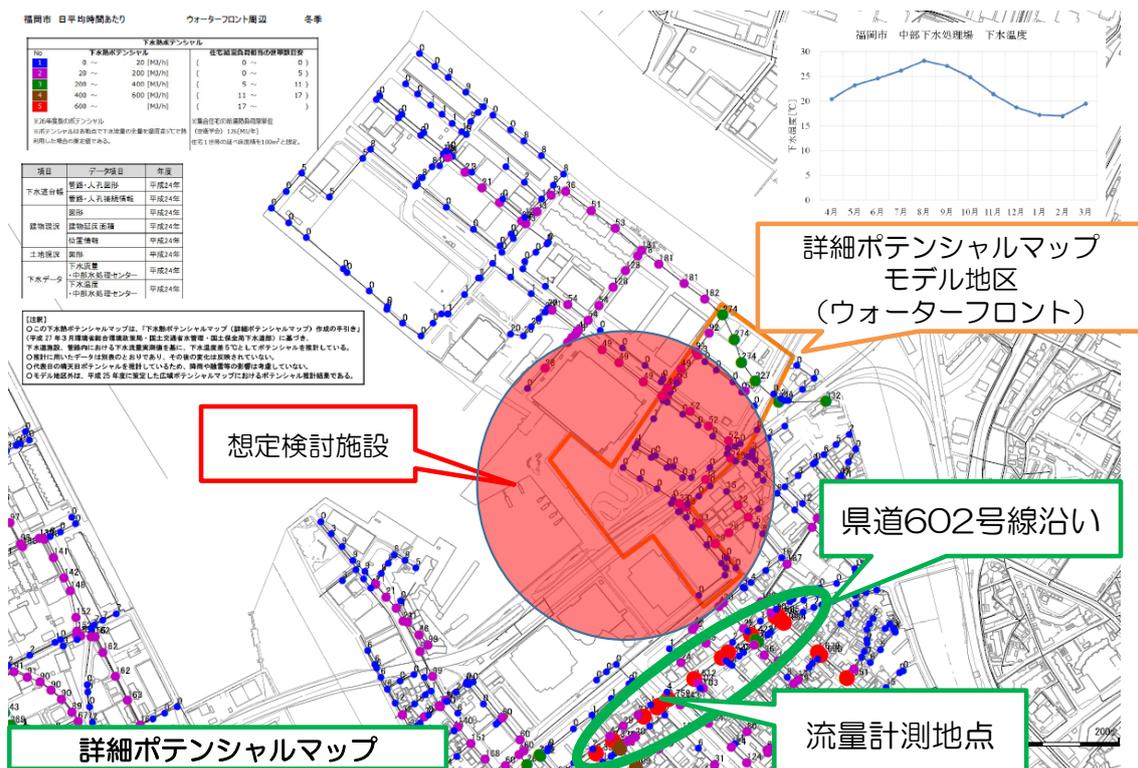


図 4-14 福岡市詳細ポテンシャルマップ（ウォーターフロント地区：冬季）

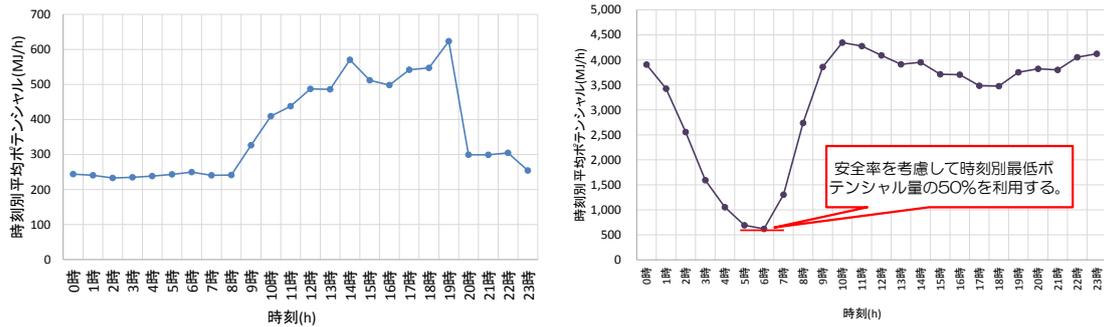


図 4-15 沖浜ポンプ場入口地点(左)及び県道 602 号線沿い(右)の時刻別実測ポテンシャル

県道 602 号線のポテンシャル量が沖浜ポンプ場入口地点のポテンシャル量に比べ高いこと、熱源採熱位置から検討施設までの採熱ルートもほぼ同距離であることより、本 FS 検討では、県道 602 号線の実測地点から下水熱を採熱して対象施設で利用すると想定し、検討を行う。以下の図 4-16 に下水採熱地点から検討対象施設までの採熱ルートを示す。

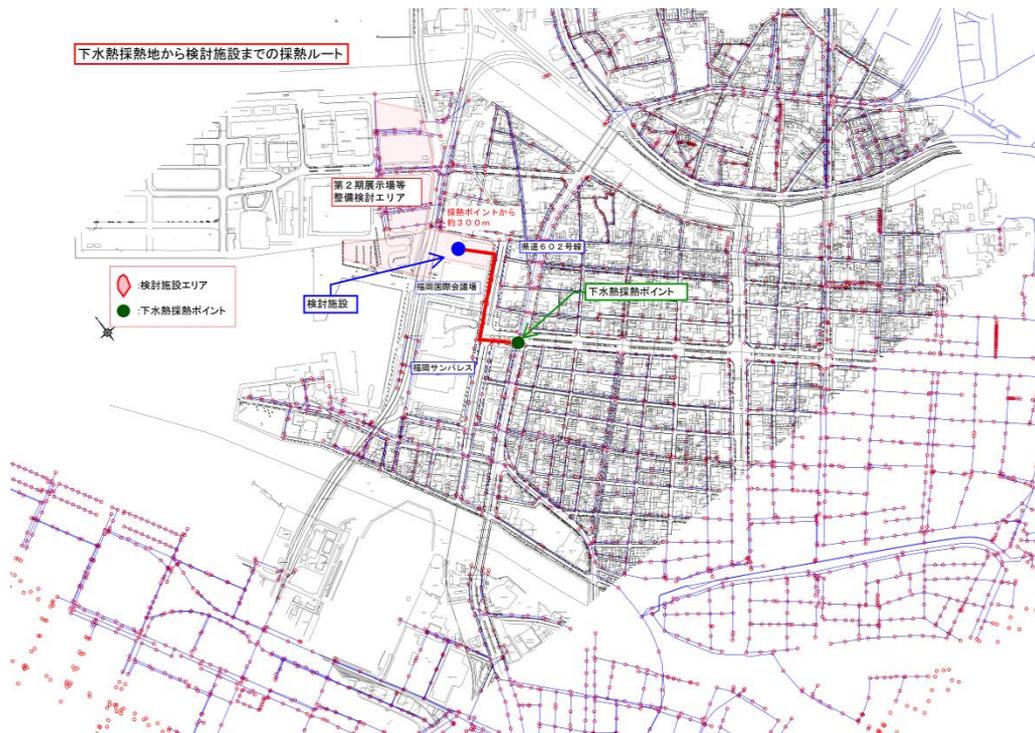


図 4-16 下水熱採熱地から検討施設までの採熱ルート

また、本 FS 検討では、下水熱利用の安全率を考慮して時刻別最小ポテンシャル量の 50% を利用することとする。

(3) 検討システムとモデルケースの概要

表 4-12 に、検討する各モデルケースの概要を示す。利用可能な熱源機能力は、ヒートポンプ（以下 HP と略す）の COP を 4.0 と仮定すると 114.5kW であるので、本検討における下水熱システムの熱源機能力は、114.5kW を上限とする。各月別平均給湯需要に比べ、下水熱利用熱源機能力が下回るため、熱源機は定格能力で一定の運転を行う。

図 4-17、図 4-18 に各モデルケースにおける下水熱利用システムの概要図を示す。

表 4-12 各モデルケースの概要

モデルケース	モデルケース①			
	①-1	①-2	①-A	①-B (比較基準システム)
施設用途	ホテル			
下水熱利用用途	給湯			
給湯温度	60℃			
加熱能力	114.5kW			
システム構成	管路内熱交換器 設置方式 金属 露出型	マンホール取水 管路外熱交換方式 流下液膜式	空冷ヒートポンプ	ガス焼きボイラー
熱源機能力(kW)	127.5	127.5	120	116
熱交換器(kW)	134.8	134.8		
管路内熱交換器長さ(m)	85.6			
モデルケース	モデルケース②			
	②-1	②-2	②-A	②-B (比較基準システム)
施設用途	展示場			
下水熱利用用途	空調			
空調供給温度	暖房 45℃ 冷房 7℃			
加熱能力 冷却能力	暖房 112.2kW 冷房 104.6kW			
システム構成	管路内熱交換器 設置方式 金属 露出型	マンホール取水 管路外熱交換方式 流下液膜式	空冷ヒートポンプチラー	吸収式冷温水発生機
熱源機能力(kW)	127.5	127.5	118	141
熱交換器(kW)	179	179		
管路内熱交換器長さ(m)	113.7			

※管路内熱交換器長さは管路内接水幅を 1.0m として算出（参考資料参照）

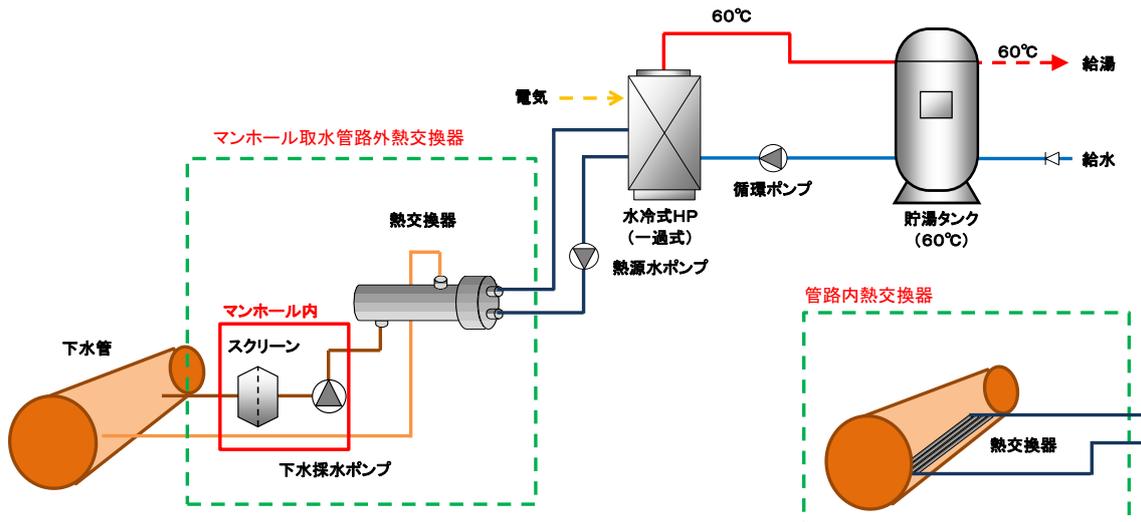


図 4-17 モデルケース①-1, 2 システム概要図

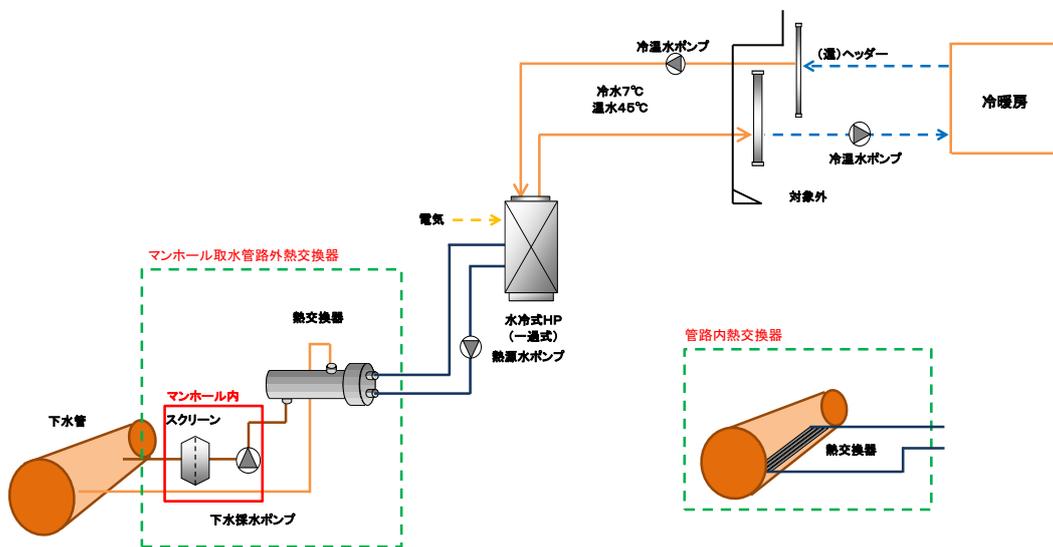


図 4-18 モデルケース②-1, 2 システム概要図

(4) 環境性及びライフサイクルコストの比較

モデルケース①（ホテルでの給湯利用）、モデルケース②（展示場での空調利用）におけるライフサイクルコスト及び環境性の比較を行う。各モデルケース①、②共に、補助金（補助率 50%）を利用した場合の検討も行う。

1) モデルケース①（環境性能の比較）

以下の図 4-19 にモデルケース①の CO₂ 排出量を示す。比較基準システムである①-B に対し、CO₂ 削減率は①-1 では、0.31、①-2 では 0.26 となった。

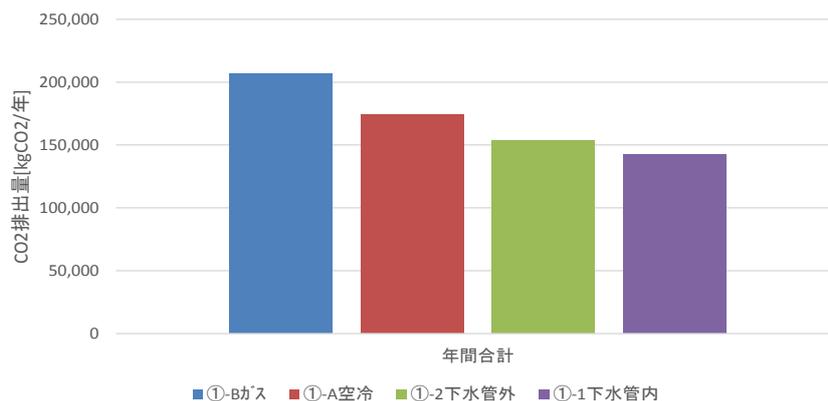


図 4-19 CO₂ 排出量（年間）モデルケース①

2) モデルケース①（ライフサイクルコストの比較：補助金無し）

以下の表 4-13 にモデルケース①の検討結果一覧表を、図 4-20 にランニングコスト比較を示す。モデルケース①については、モデルケース①-1 が、基準となる①-B ガス焚と比べ、回収年数が約 6 年となった。熱交換器等の価格が開発ベースとなるため、高額となりコスト評価としては空冷 HP とより劣る結果となっている。

表 4-13 モデルケース① 一覧表

項 目		モデルケース①-1	モデルケース①-2	モデルケース①-A	モデルケース①-B	備 考	
設備構成		下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液模式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	空冷式HP 貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	54,784,200	37,659,200	25,680,200	3,859,200	
		配管工事	7,569,540	7,719,540	491,040	1,041,040	ガス工事を含む
		土工事	4,578,000	4,578,000	0	0	
	合計(税抜)	¥86,931,740	¥48,956,740	¥26,171,240	¥4,900,240	直接工事費とする	
ランニングコスト	電気料金	3,470,441	3,741,944	4,277,056	-		
	ガス料金	-	-	-	13,926,656		
	メンテナンス費	110,000	620,000	80,000	80,000		
	合計(税抜)	¥3,580,441	¥4,361,944	¥4,357,056	¥14,006,656		
事業採算性評価	回収年数	6	5	3	基準		

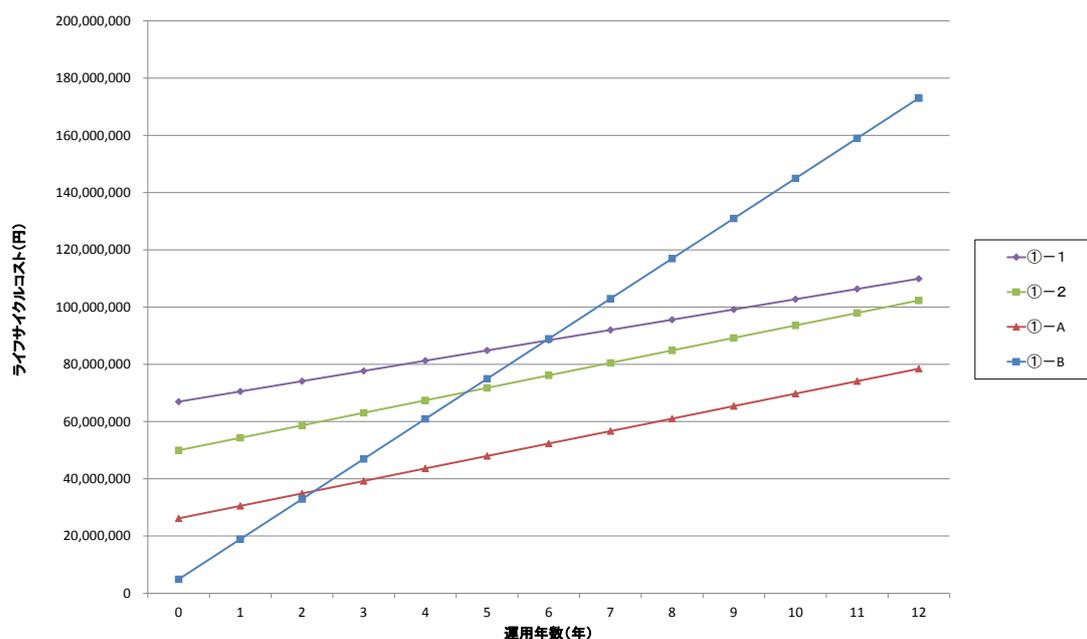


図 4-20 モデルケース① ライフサイクルコスト比較

3) モデルケース①（ライフサイクルコストの比較：補助金あり）

モデルケース①の下水熱利用システムに補助金（補助率 50%）を考慮した検討結果一覧表を表 4-14 に、ランニングコスト比較を図 4-21 に示す。

モデルケース①-1 では、空冷 HP と環境性評価がほぼ同等の結果となった。モデルケース①-2 では、空冷 HP に比較すると環境性評価は若干劣るものの、イニシャルコストでは少ない結果となった。但し、下水ポテンシャル量がより多く見込まれる場合、必要な水冷 HP 定格能力がアップすることで、下水熱システム全体の効率が上がり消費電力の低減・環境性への効果が期待される。

表 4-14 モデルケース①（補助金あり） 一覧表

項 目		モデルケース①-1	モデルケース①-2	モデルケース①-A	モデルケース①-B	備 考	
設備構成		下水熱回収システム (管内外熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液模式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	54,784,200	37,659,200	25,680,200	3,859,200	
		配管工事	7,569,540	7,719,540	491,040	1,041,040	ガス工事を含む
		土工事	4,578,000	4,578,000	0	0	
	合計(税抜)	¥86,931,740	¥48,956,740	¥26,171,240	¥4,900,240	直接工事費とする	
合計(補助金分控除)		¥33,485,870	¥24,978,370	¥26,171,240	¥4,900,240		
ランニングコスト	電気料金	3,470,441	3,741,944	4,277,056	-		
	ガス料金	-	-	-	13,926,656		
	メンテナンス費	110,000	620,000	80,000	80,000		
	合計(税抜)	¥3,580,441	¥4,361,944	¥4,357,056	¥14,006,656		
事業採算性評価	回収年数	3	3	3	基準		

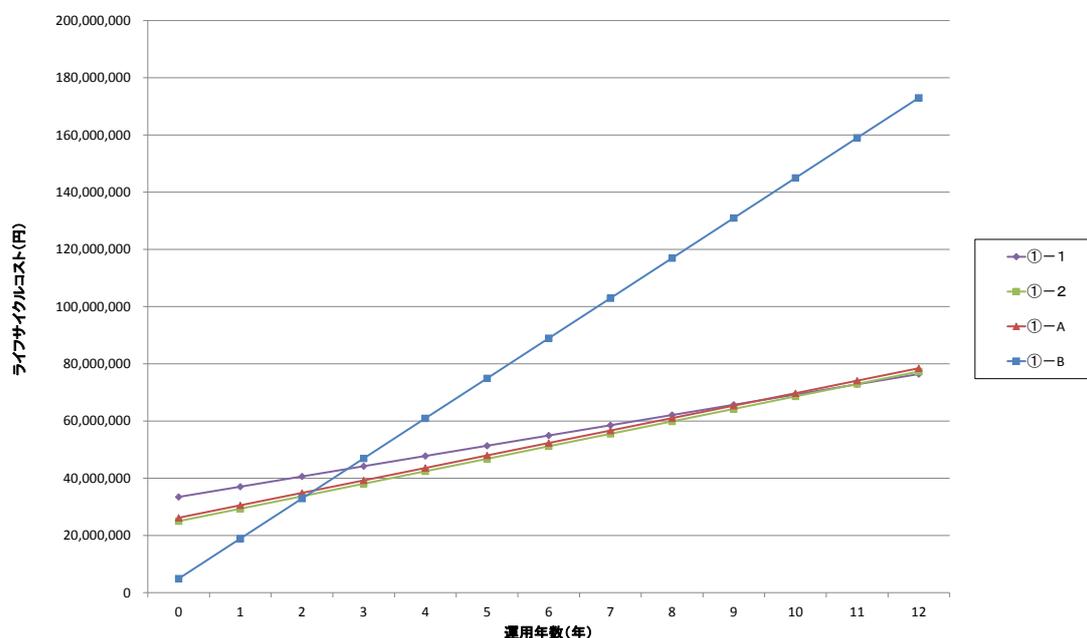


図 4-21 モデルケース① ライフサイクルコスト比較（補助金あり）

4) モデルケース②（環境性能の比較）

図 4-22 にモデルケース②の CO₂ 排出量を示す。ガス焚き吸収式冷温水機が最も悪い結果となった。下水熱利用について空冷 HP と比較すると、冷房時の差の影響が大きい
ため、空冷 HP の方が良い結果となった。

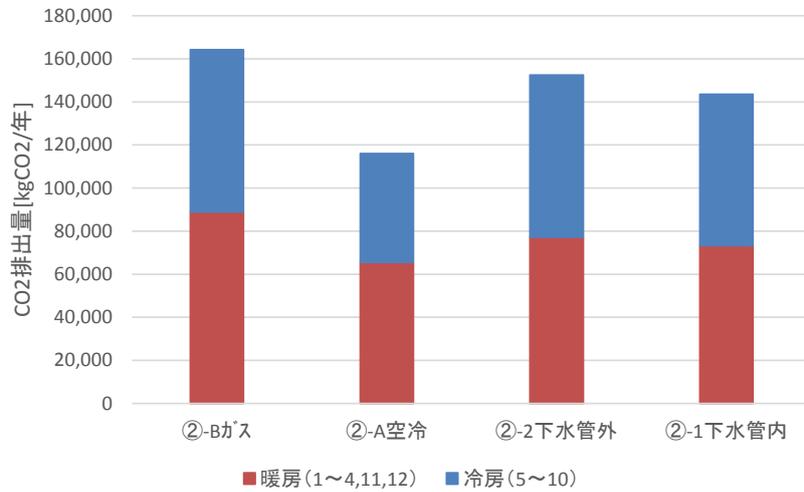


図 4-22 CO₂ 排出量（年間）モデルケース②

5) モデルケース②（ライフサイクルコストの比較：補助金無し）

表 4-15 に検討結果一覧表を、図 4-23 にランニングコスト比較を示す。モデルケース②では、コスト評価、環境性評価共に下水熱システムが劣る結果となっている。コスト面では、熱源機等の価格と熱源機能力に対して補機類が占める割合が多くなるのが要因と考えられる。環境面では、下水熱利用水熱源 HP が小型であり、下水 HP の効率が大型のものほど高くないことと、冷房時での差が要因と考えられる。

表 4-15 モデルケース② 一覧表

項 目		モデルケース②-1	モデルケース②-2	モデルケース②-A	モデルケース②-B	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP	・下水熱回収システム (マニホールド取水管路外熱交換器 流下液様式) ・水冷式HP	・空冷式HPチラー	・ガス炭素吸収式冷水発生器		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	57,814,000	33,869,000	7,338,000	6,128,000	
		配管工事	8,428,860	8,578,860	1,350,360	1,900,360	ガス工事を含む
		土工事	4,578,000	4,578,000	-	-	
	合計(税抜)	¥70,820,860	¥47,025,860	¥8,688,360	¥8,028,360	直接工事費とする	
ランニングコスト	電気料金	3,501,542	3,716,623	2,921,872	-		
	ガス料金	-	-	-	10,619,094		
	メンテナンス費	80,000	410,000	50,000	50,000		
	合計(税抜)	¥3,581,542	¥4,126,623	¥2,971,872	¥10,669,094		
事業採算性評価	回収年数	9	6	1	基準		

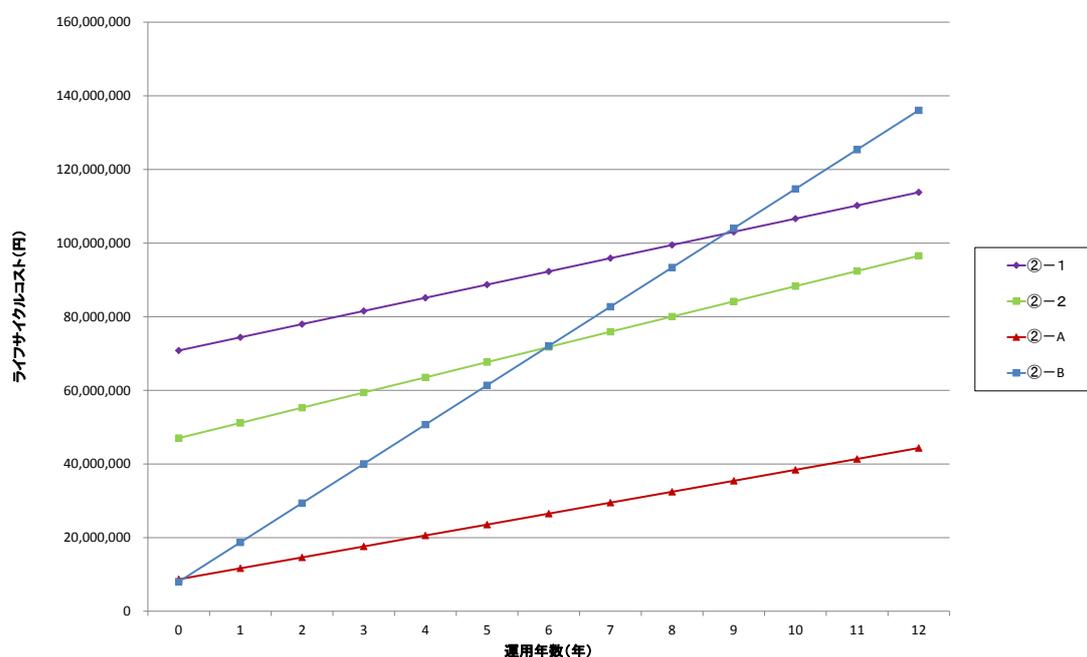


図 4-23 モデルケース② ライフサイクルコスト比較

6) モデルケース②（ライフサイクルコストの比較：補助金あり）

モデルケース①の下水熱利用システムに補助金（補助率 50%）を考慮した検討結果一覧表を表 4-16 に、ランニングコスト比較を図 4-24 に示す。

コスト評価としては工事費の補助金を考慮しても②-1、②-2 ともに下水熱システムが劣る結果となっている。熱源機等の価格並びに熱源機能力に対して補機類が占める割合が多くなるのが要因と考えられる。下水ポテンシャル量がより多く見込まれる場合、必要な水冷 HP 定格能力がアップすることで、下水熱システム全体の効率が上がり消費電力の低減・環境性への効果が期待される。

表 4-16 モデルケース②（補助金あり） 一覧表

項 目		モデルケース②-1	モデルケース②-2	モデルケース②-A	モデルケース②-B	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下汲揚式) ・水冷式HP	・空冷式HPチラー	・ガス焚吸収式冷温水発生器		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	57,814,000	33,869,000	7,338,000	6,128,000	
		配管工事	8,428,860	8,578,860	1,350,360	1,900,360	ガス工事を含む
		土工事	4,578,000	4,578,000	-	-	
	合計(税抜)		¥70,820,860	¥47,025,860	¥8,888,360	¥8,028,360	直接工事費とする
	合計(補助金分控除)		¥35,410,430	¥23,512,930	¥8,888,360	¥8,028,360	
ランニングコスト	電気料金	3,501,542	3,716,623	2,921,872	-		
	ガス料金	-	-	-	10,619,094		
	メンテナンス費	80,000	410,000	50,000	50,000		
	合計(税抜)	¥3,581,542	¥4,126,623	¥2,971,872	¥10,669,094		
事業採算性評価	回収年数	4	3	1	基準		

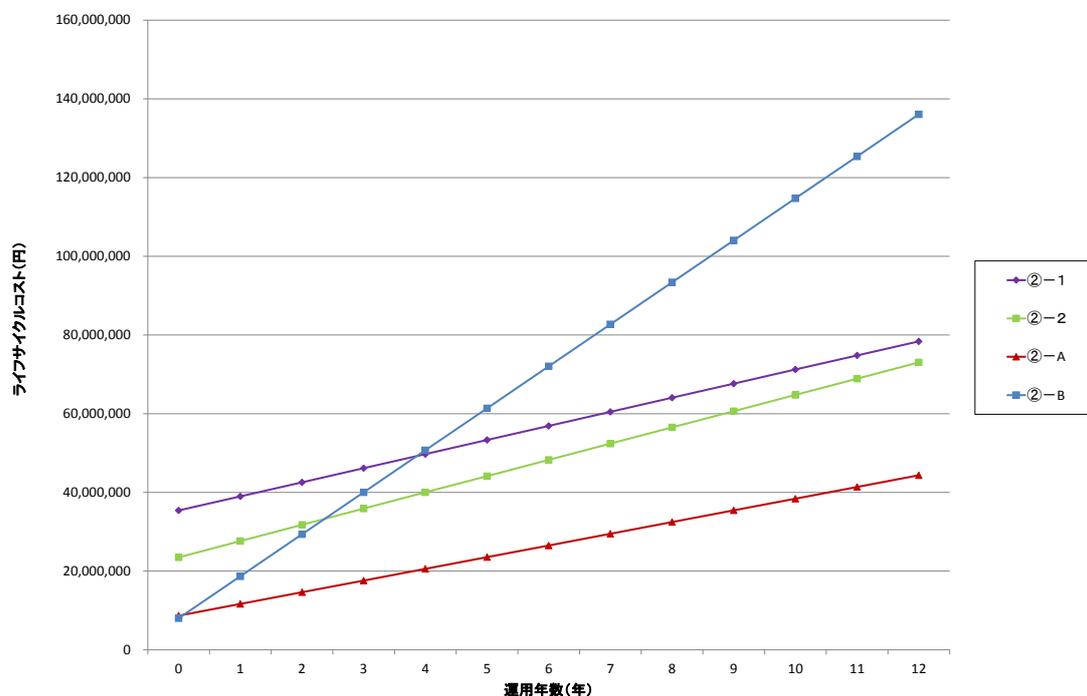


図 4-24 モデルケース② ライフサイクルコスト比較（補助金あり）

§3 大阪府茨木市における詳細ポテンシャルマップ活用事例

大阪府茨木市における詳細ポテンシャルマップの活用事例を示す。健康関連施設における加熱能力 300kW 相当の給湯システムでは、補助金（補助率 50%）を活用した場合、回収年数が管路内熱交換器設置方式で約 9 年、マンホール取水管路外熱交換方式で約 4 年であった。

詳細ポテンシャルマップの活用事例として、大阪府茨木市の旧東芝大阪工場跡地における下水熱利用のフィージビリティスタディ（FS）を行った結果を示す。検討の詳細については、「5. 参考資料」を参照されたい。

(1) FS 検討対象施設

以下の図 4-25 に茨木市における FS 検討施設の配置を、表 4-17 に対象施設の用途と規模を示す。検討対象場所は詳細ポテンシャルマップを作成した旧東芝大阪工場跡地である。

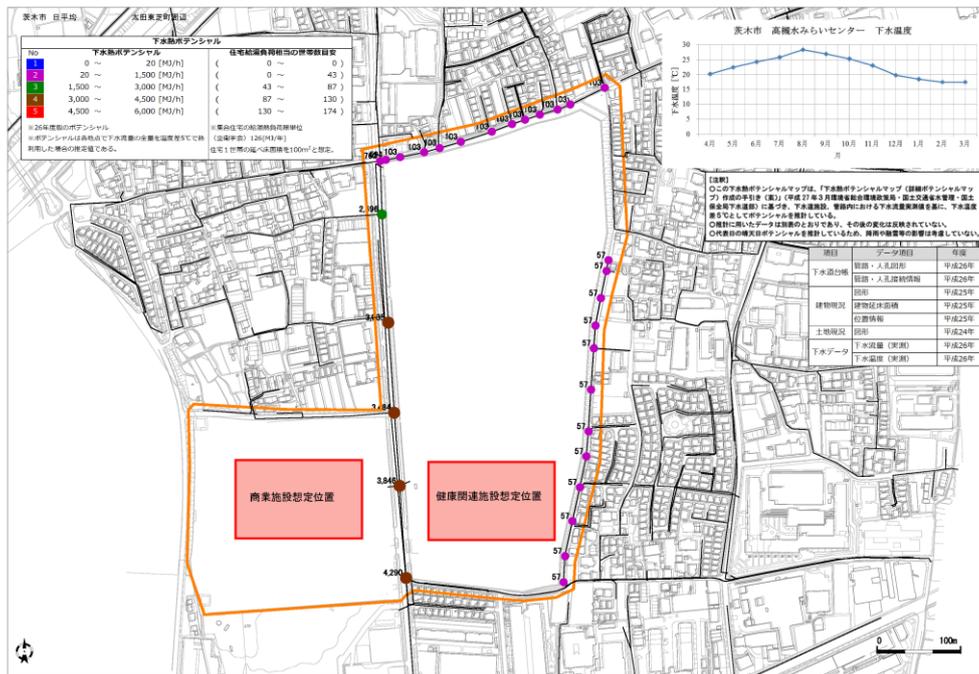


図 4-25 検討施設配置

表 4-17 対象施設の用途と規模

モデルケース	施設用途	施設規模(延床面積)
①	健康関連施設	15,000m ²
②	商業施設	30,000m ²

(3) 検討システムとモデルケースの概要

表 4-18 に、検討する各モデルケースの概要を示す。また、図 4-29、図 4-30 に各モデルケースのシステム概要図を示す。利用可能な熱源機能力は、ヒートポンプ（以下 HP と略す）の COP を 4.0 と仮定すると 308kW であるので、本検討における下水熱システムの熱源機能力は、300kW を上限とする。商業施設に関しては、各月別平均給湯需要に比べ、下水熱利用熱源機能力が下回るため、熱源機は、定格能力で一定の運転を行う。

表 4-18 各モデルケースの概要

モデルケース	モデルケース①			
	①-2-1	①-2-2	①-2-A	①-2-B (比較基準システム)
施設用途	健康関連施設			
下水熱利用用途	給湯			
給湯温度	60℃			
加熱能力	300kW			
システム構成	管路内熱交換器 設置方式 金属 露出型	マンホール取水 管路外熱交換方式 流下液膜式	空冷ヒートポンプ	ガス焼きボイラー
熱源機能力(kW)	298	298	320	349
熱交換器(kW)	320	320		
管路内熱交換器長さ(m)	406.3			
モデルケース	モデルケース②			
	②-1-1	②-1-2	②-1-A	②-1-B (比較基準システム)
施設用途	商業施設			
下水熱利用用途	給湯			
空調供給温度	60℃			
加熱能力	50kW			
システム構成	管路内熱交換器 設置方式 金属 露出型	マンホール取水 管路外熱交換方式 流下液膜式	空冷ヒートポンプチラー	ガス焼きボイラー
熱源機能力(kW)	43	43	60	93
熱交換器(kW)	50	50		
管路内熱交換器長さ(m)	63.4			
モデルケース	モデルケース③			
	③-1-1	③-1-2	③-1-A	③-1-B (比較基準システム)
施設用途	商業施設			
下水熱利用用途	給湯			
空調供給温度	60℃			
加熱能力	150kW			
システム構成	管路内熱交換器 設置方式 金属 露出型	マンホール取水 管路外熱交換方式 流下液膜式	空冷ヒートポンプチラー	ガス焼きボイラー
熱源機能力(kW)	143	143	160	151
熱交換器(kW)	160	160		
管路内熱交換器長さ(m)	203.2			

※管路内熱交換器長さは管路内接水幅を 0.5m として算出（参考資料参照）

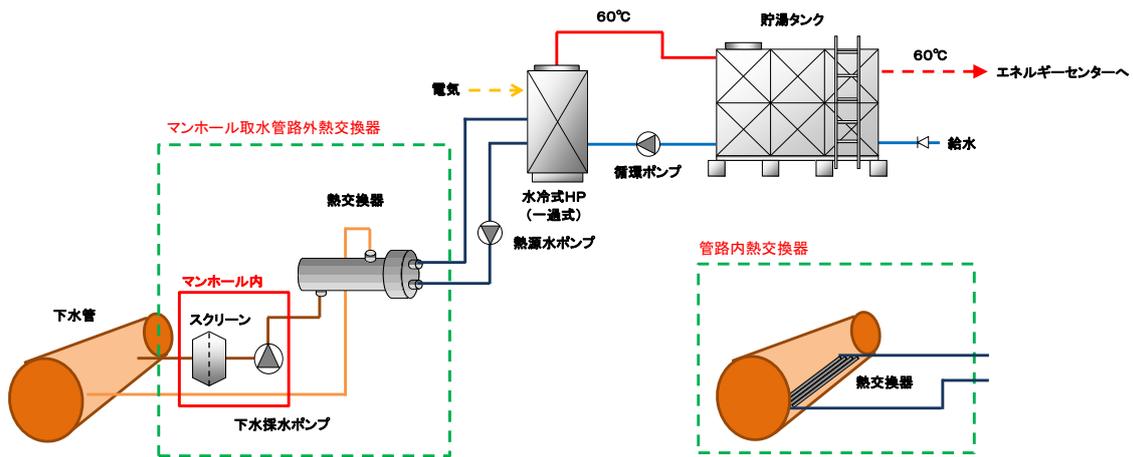


図 4-29 モデルケース①-2-1, 2 システム概要図

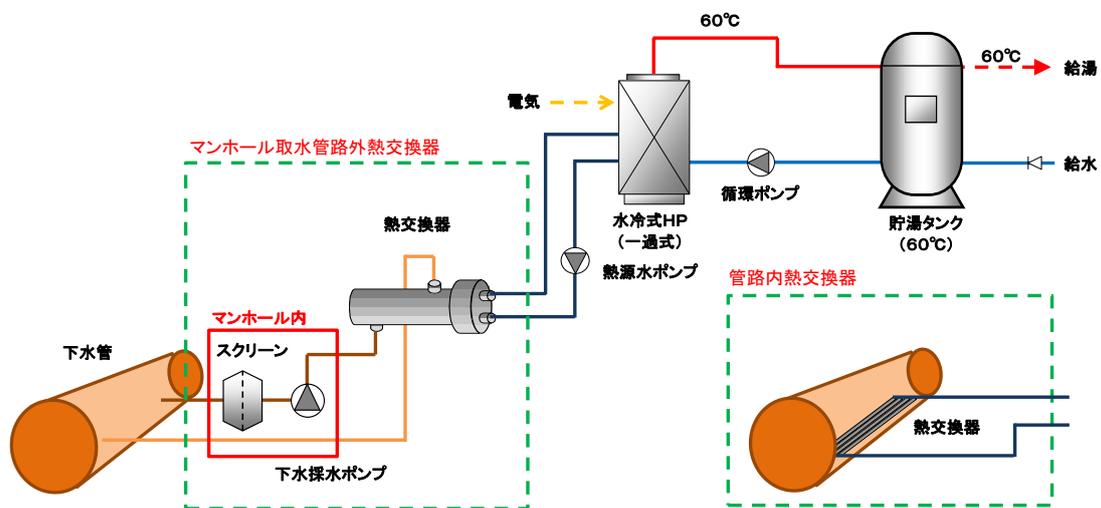


図 4-30 モデルケースモデルケース②-2-1, 2 システム概要図

(4) 環境性及びライフサイクルコストの比較

モデルケース①（健康関連施設）、モデルケース②（商業施設）におけるライフサイクルコスト及び環境性の比較を行う。各モデルケース①、②ともに、補助金（補助率50%）を利用した場合の検討も行う。

1) モデルケース①（環境性能の比較）

モデルケース①のCO₂排出量を図 4-31 に示す。比較基準システムである①-2-B に対し、CO₂削減率は①-2-1 で0.45、①-2-2 で0.40 となった。

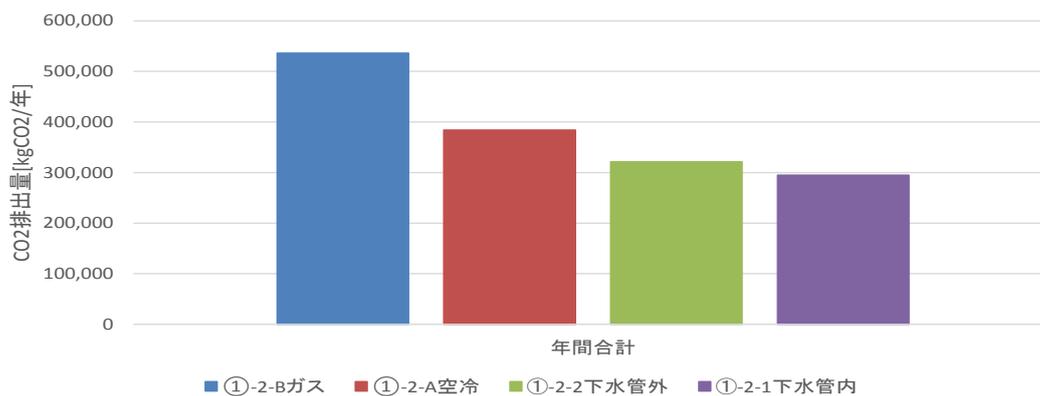


図 4-31 CO₂ 排出量（年間）モデルケース①

2) モデルケース①（ライフサイクルコストの比較：補助金無し）

検討結果一覧表を表 4-19 に、ランニングコスト比較を図 4-32 示す。ランニングコストについては下水熱利用のケースがたのケースに比べ安価となっているが、イニシャルコストが高額となるため、コスト評価としては、空冷 HP のモデルケースが最も優れた結果となっている。回収年数は管路内熱交換器設置方式で約 18 年、マンホール取水管路外熱交換方式で約 9 年となった。

表 4-19 モデルケース① 一覧表

項 目		モデルケース①-2-1	モデルケース①-2-2	モデルケース①-2-A	モデルケース①-2-B	備 考
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 ・流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク	
イニシャルコスト	機器工事	197,469,200	79,654,200	53,483,200	5,303,200	
	配管工事	5,232,480	5,382,480	645,480	1,195,480	ガス工事を含む
	土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	¥203,346,580	¥85,681,580	¥54,128,680	¥6,498,680	直接工事費とする
ランニングコスト	電気料金	10,868,057	11,800,991	14,290,920	-	
	ガス料金	-	-	-	22,116,251	
	メンテナンス費	110,000	800,000	60,000	70,000	
	合計(税抜)	¥10,978,057	¥12,800,991	¥14,350,920	¥22,186,251	
コスト評価	回収年数	18	9	7	基準	

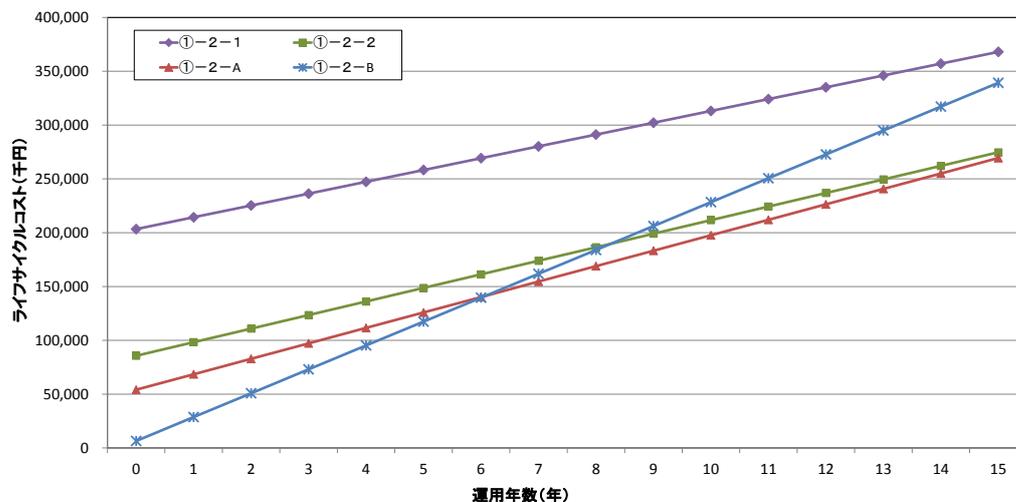


図 4-32 モデルケース① ライフサイクルコスト比較

3) モデルケース①（ライフサイクルコストの比較：補助金あり）

モデルケース①の下水熱利用システムに補助金（補助率 50%）を考慮した検討結果一覧表を表 4-20 に、ランニングコスト比較を図 4-33 に示す。

補助金を考慮した場合、コスト評価は管路外熱交換器方式が最も優れた結果となっている。管路内熱交換器方式は、空冷 HP 方式と同等程度となっている。回収年数は管路内熱交換器設置方式で約 9 年、マンホール取水管路外熱交換方式で約 4 年となった。

表 4-20 モデルケース①（補助金あり） 一覧表

項 目		モデルケース①-2-1	モデルケース①-2-2	モデルケース①-2-A	モデルケース①-2-B	備 考
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク	
イニシャルコスト	機器工事	197,469,200	79,654,200	53,483,200	5,303,200	
	配管工事	5,232,480	5,382,480	645,480	1,195,480	ガス工事を含む
	土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	¥203,346,580	¥85,681,580	¥54,128,680	¥6,498,680	直接工事費とする
	合計(補助金分控除)	¥101,673,290	¥42,840,780	¥54,128,680	¥6,498,680	
ランニングコスト	電気料金	10,868,057	11,800,991	14,290,920	-	
	ガス料金	-	-	-	22,116,251	
	メンテナンス費	110,000	800,000	60,000	70,000	
	合計(税抜)	¥10,978,057	¥12,600,991	¥14,350,920	¥22,186,251	
コスト評価	回収年数	9	4	7	基準	

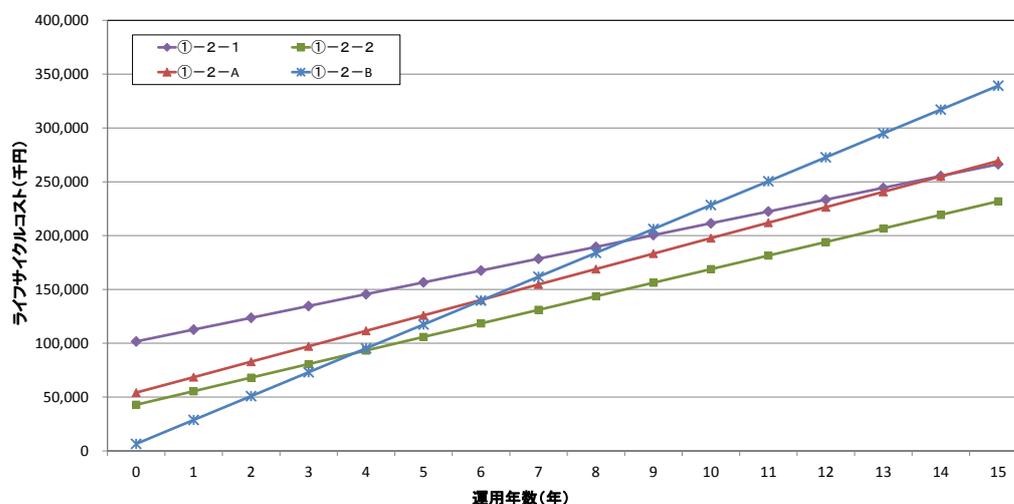


図 4-33 モデルケース① ライフサイクルコスト比較（補助金あり）

4) モデルケース②（環境性能の比較）

図 4-34、図 4-35 にモデルケース②の CO₂ 排出量を示す。比較基準システムである②-1-B に対し、CO₂ 削減率は②-1-1 で 0.44、②-1-2 で 0.31 となった。150kW のケースでは、②-1-1 で 0.47、②-1-2 で 0.39 となった。

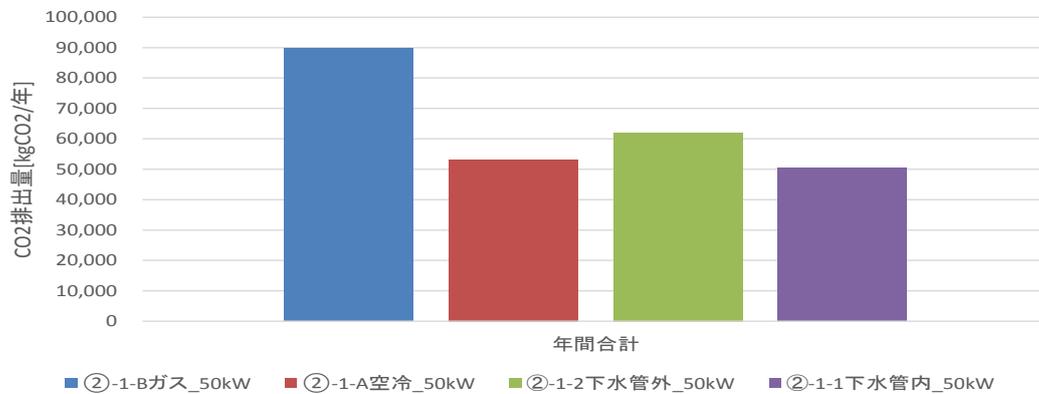


図 4-34 CO₂ 排出量（年間）モデルケース②_50kW

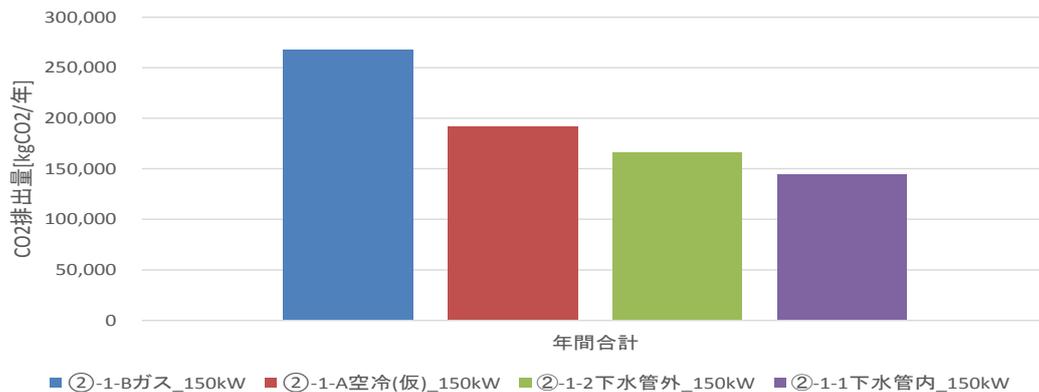


図 4-35 CO₂ 排出量（年間）モデルケース②_150kW

5) モデルケース② (ライフサイクルコストの比較：補助金なし)

表 4-15 にモデルケース②の検討結果一覧表を表 4-21、表 4-22 に、ランニングコスト比較を図 4-36、図 4-37 に示す。

熱源機能力 50kW の場合、回収年数は管路内熱交換器設置方式で約 17 年、マンホール取水管路外熱交換方式で約 23 年となった。

熱源機能力 150kW の場合、ランニングコストについては、下水熱利用のケースが安価となっているが、インシヤルコストが高額となるため、コスト評価としては、空冷 HP のモデルケースが最も優れた結果となっている。回収年数は管路内熱交換器設置方式で約 17 年、マンホール取水管路外熱交換方式で約 10 年となった。

表 4-21 モデルケース② (50kW) 一覧表

項目		モデルケース②-1-1 (50kW)	モデルケース②-1-2 (50kW)	モデルケース②-1-A (50kW)	モデルケース②-1-B (50kW)	備考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 ・流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク		
インシヤルコスト	工事費	機器工事	30,533,700	15,218,700	11,076,700	2,480,700	
		配管工事	2,500,960	2,650,960	465,960	465,960	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	33,679,560	¥18,514,560	¥11,542,660	¥2,946,660	直接工事費とする	
ランニングコスト	電気料金	1,854,298	2,275,079	1,976,191	-		
	ガス料金	-	-	-	3,703,831		
	メンテナンス費	110,000	800,000	40,000	70,000		
	合計(税抜)	¥1,964,298	¥3,075,079	¥2,016,191	¥3,773,831		
コスト評価	回収年数	17	23	5	基準		

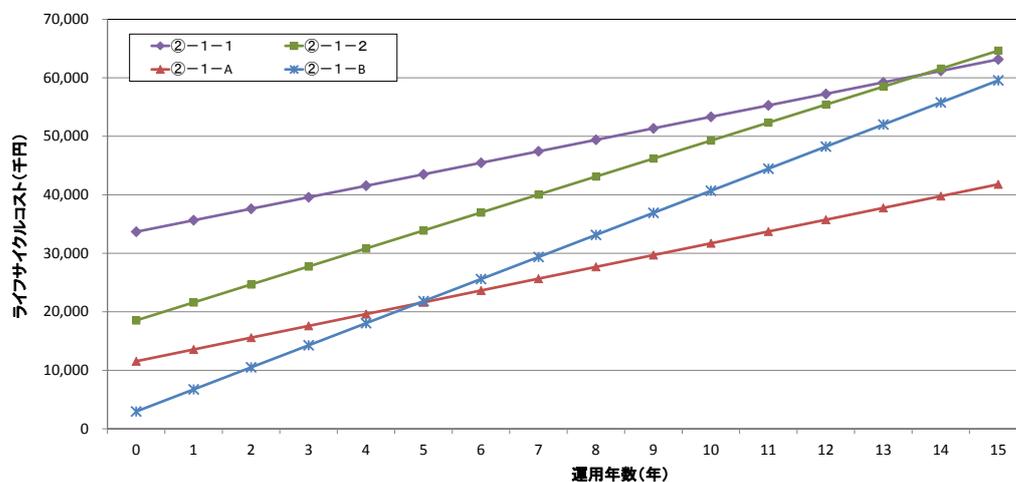


図 4-36 モデルケース② (50kW) ライフサイクルコスト比較

表 4-22 モデルケース②(150kW) 一覧表

項 目		モデルケース②-1-1 (150kW)	モデルケース②-1-2 (150kW)	モデルケース②-1-A (150kW)	モデルケース②-1-B (150kW)	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム （管内外熱交換器 金属露出型） ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム （マンホール取水管路外熱交換器 ・落下液模式） ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	95,315,700	38,251,700	26,776,700	3,636,700	
		配管工事	3,733,840	3,883,840	537,240	537,240	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	¥99,694,440	¥42,780,440	¥27,313,940	¥4,173,940	直接工事費とする	
ランニングコスト	電気料金	5,330,637	6,096,766	7,128,456	-		
	ガス料金	-	-	-	11,062,231		
	メンテナンス費	110,000	800,000	40,000	70,000		
	合計(税抜)	¥5,440,637	¥6,896,766	¥7,168,456	¥11,132,231		
コスト評価	回収年数	17	10	6	基準		

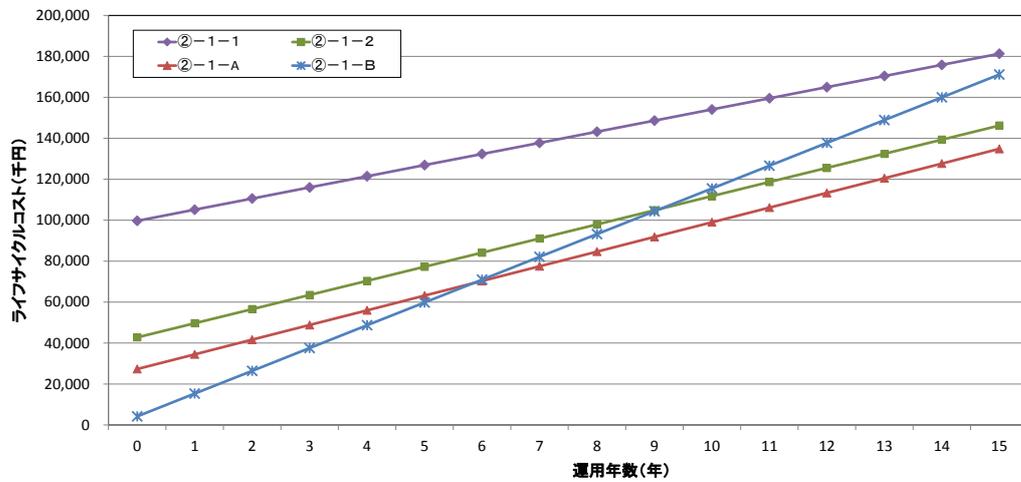


図 4-37 モデルケース②(150kW) ライフサイクルコスト比較

6) モデルケース② (補助金あり)

モデルケース②の下水熱利用システムに補助金(補助率50%)を考慮した検討結果一覧表を表4-23、表4-24に、ランニングコスト比較を図4-38、図4-39に示す。

熱源機能力50kWの場合、回収年数は管路内熱交換器設置方式で約8年、マンホール取水管路外熱交換方式で約10年となった。

熱源機能力150kWのモデルケースについては、下水熱利用方式の熱交換器の価格が50%に低価格化された場合のライフサイクルコストを示している。この場合、回収年数は管路内熱交換器設置方式で約5年、マンホール取水管路外熱交換方式で約3年となった。

表4-23 モデルケース②(50kW) (補助金あり) 一覧表

項 目		モデルケース②-1-1 (50kW)	モデルケース②-1-2 (50kW)	モデルケース②-1-A (50kW)	モデルケース②-1-B (50kW)	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液模式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガスボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	30,533,700	15,218,700	11,076,700	2,480,700	
		配管工事	2,500,960	2,650,960	465,960	465,960	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	33,679,560	18,514,560	¥11,542,660	¥2,946,660	直接工事費とする	
合計(補助金分控除)		16,839,780	¥9,257,280	¥11,542,660	¥2,946,660		
ランニングコスト	電気料金	1,854,298	2,275,079	1,976,191	-		
	ガス料金	-	-	-	3,703,831		
	メンテナンス費	110,000	800,000	40,000	70,000		
	合計(税抜)	1,964,298	¥3,075,079	¥2,016,191	¥3,773,831		
コスト評価	回収年数	8	10	5	基準		

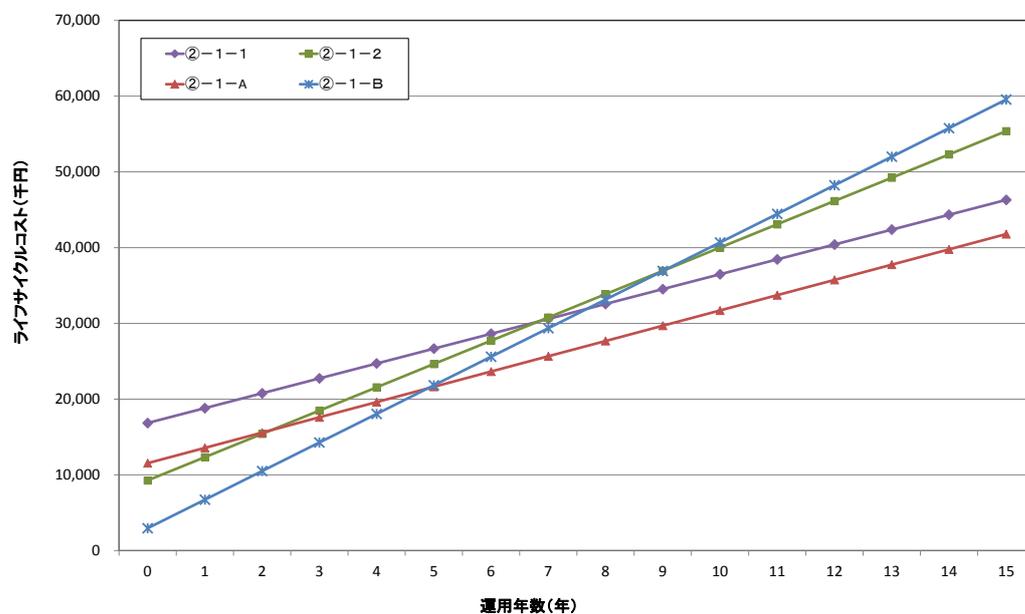


図4-38 モデルケース②(50kW) ライフサイクルコスト比較 (補助金あり)

表 4-24 モデルケース②(150kW) (補助金あり) 一覧表

項 目		モデルケース②-1-1 (150kW)	モデルケース②-1-2 (150kW)	モデルケース②-1-A (150kW)	モデルケース②-1-B (150kW)	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (モデル取水管路外熱交換器 ・流下液戻式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガスボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	56,915,700	28,501,700	26,776,700	3,636,700	
		配管工事	3,733,840	3,883,840	537,240	537,240	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)		¥61,294,440	¥33,030,440	¥27,313,940	¥4,173,940	直接工事費とする
	合計(補助金分控除)		30,647,220	¥16,515,220	¥27,313,940	¥4,173,940	
ランニングコスト	電気料金	5,330,637	6,096,766	7,128,456	-		
	ガス料金	-	-	-	11,062,231		
	メンテナンス費	110,000	800,000	40,000	70,000		
	合計(税抜)	¥5,440,637	¥6,896,766	¥7,168,456	¥11,132,231		
コスト評価	回収年数	5	3	6	基準		

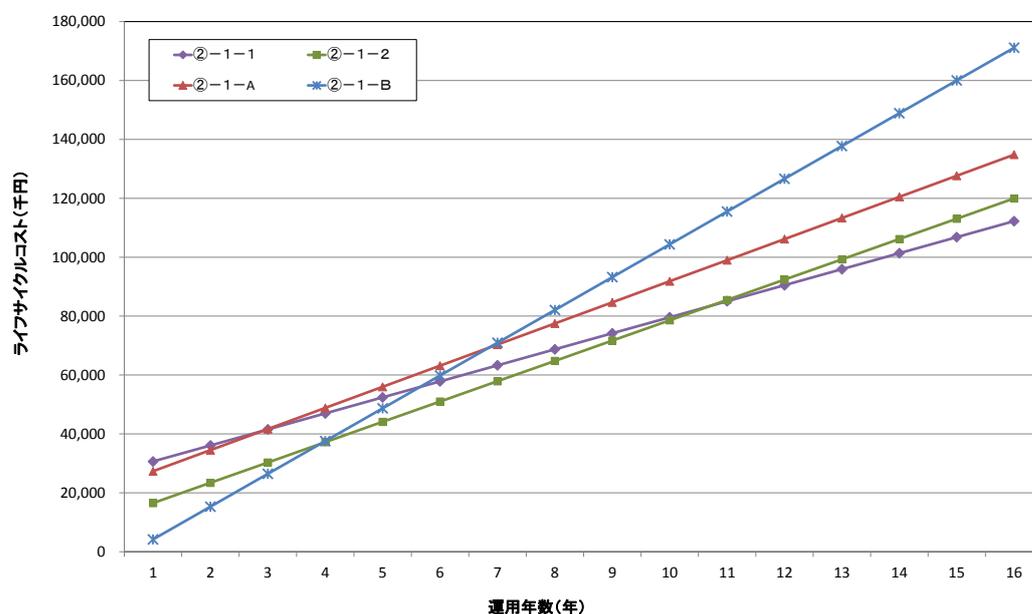


図 4-39 モデルケース②(150kW) ライフサイクルコスト比較 (補助金あり)

5. 参考資料

§1 各モデル地区における下水流量・温度の実測結果

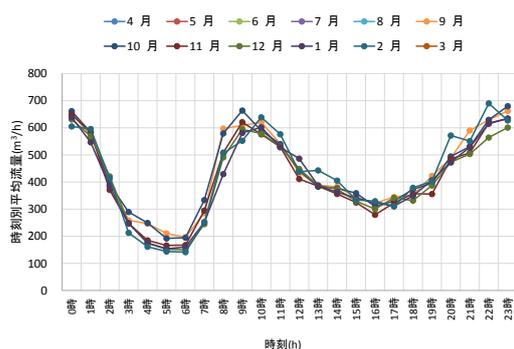
各モデル地区における下水流量・温度の実測データを示す。

なお、今後、各地方公共団体において計測した下水流量、下水温度データを公開していくことで、下水熱ポテンシャルの推計精度の向上や、下水熱利用の検討に活用することが可能である。

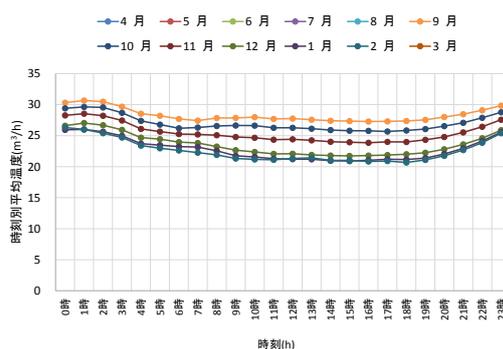
各モデル都市（千葉県浦安市、愛知県豊田市、大阪府茨木市、兵庫県神戸市、福岡県福岡市）において計測を行った実測地点と下水流量、下水温度の実測結果を以下に示す。実測結果については、月別時刻別のデータを示す。なお、実測期間中の月のみデータを表示している。

(1) 千葉県浦安市

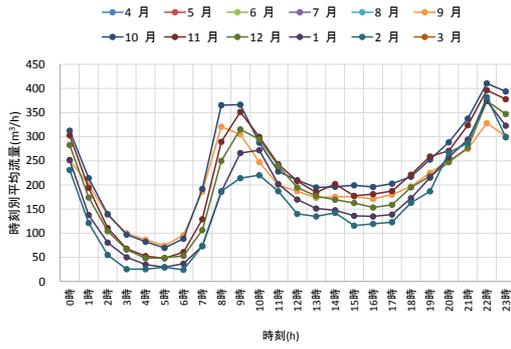
千葉県浦安市においては測点①～⑦にてモデル地区での下水流量、下水温度の実測を行った。モデル地区内には、宿泊施設や商業施設、駅等があり、多様な用途の建物が立ち並ぶ地区である。「4.1 詳細ポテンシャルマップの作成事例」における詳細ポテンシャルマップ作成のために測点①、②での実測流量を用いている。また、モデル地区周辺には住宅地があり、住宅地区における建物用途の特性を把握するための実測を測点⑩、⑪、⑫にて行った。



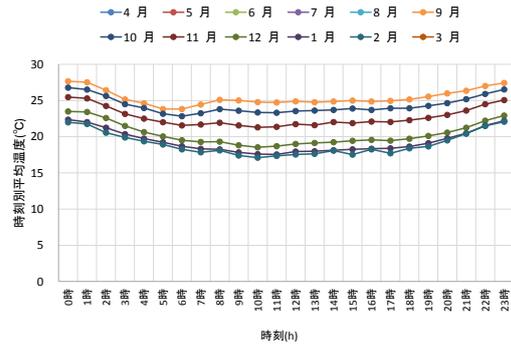
浦安市測点① 時刻別下水流量



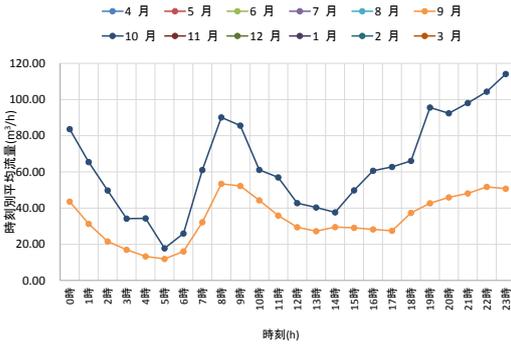
浦安市測点① 時刻別下水温度



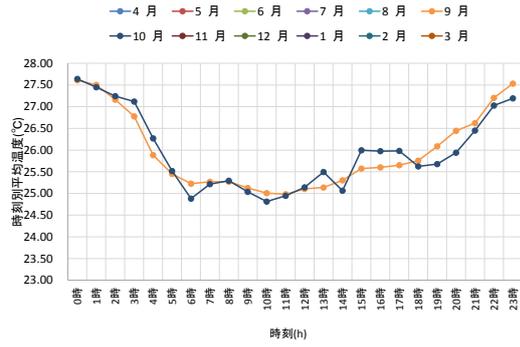
浦安市測点② 時刻別下水流量



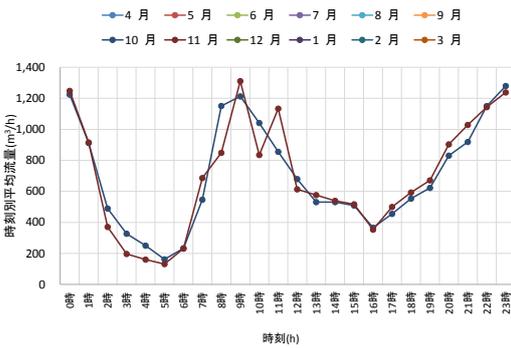
浦安市測点② 時刻別下水温度



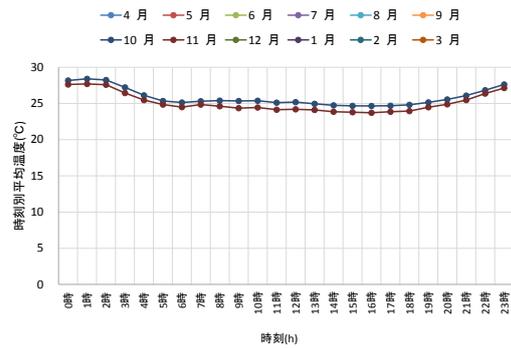
浦安市測点③ 時刻別下水流量



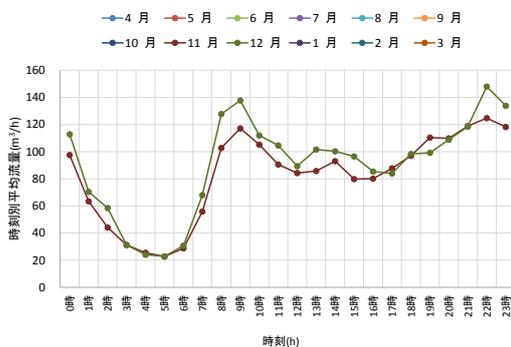
浦安市測点③ 時刻別下水温度



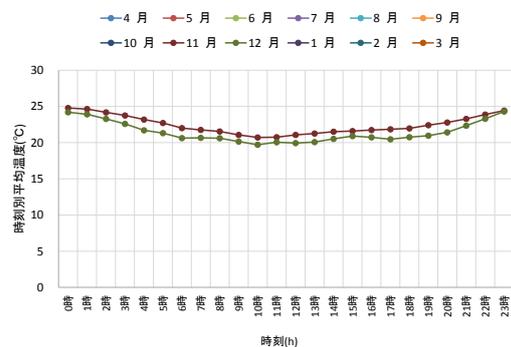
浦安市測点④ 時刻別下水流量



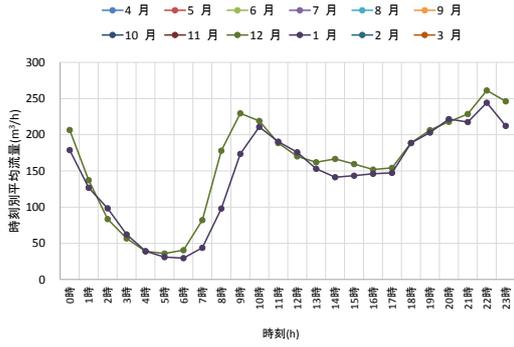
浦安市測点④ 時刻別下水温度



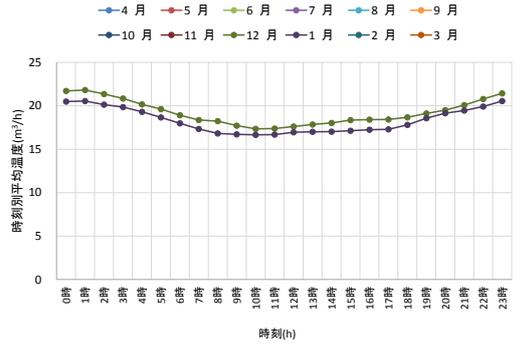
浦安市測点⑤ 時刻別下水流量



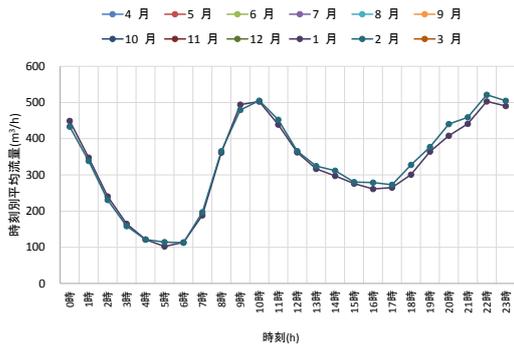
浦安市測点⑤ 時刻別下水温度



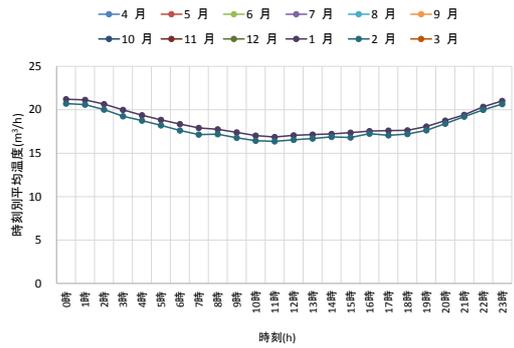
浦安市測点⑥ 時刻別下水流量



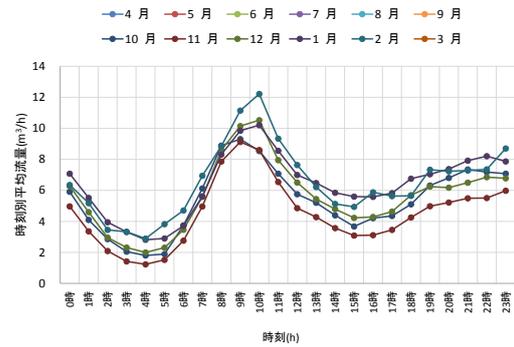
浦安市測点⑥ 時刻別下水温度



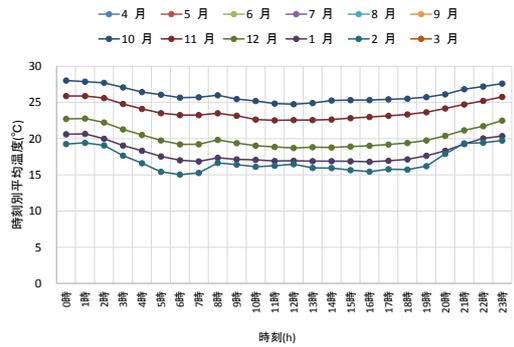
浦安市測点⑦ 時刻別下水流量



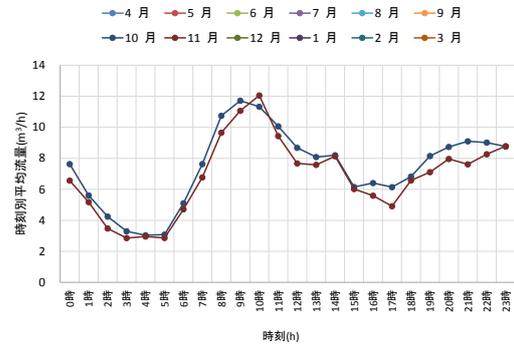
浦安市測点⑦ 時刻別下水温度



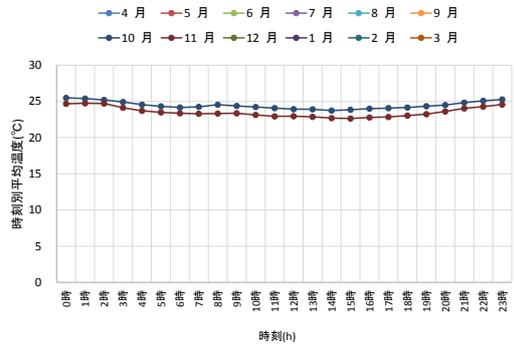
浦安市測点⑩ 時刻別下水流量



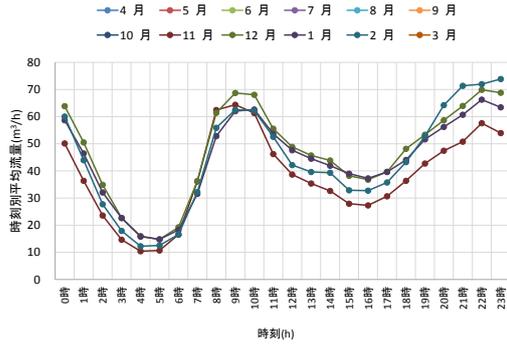
浦安市測点⑩ 時刻別下水温度



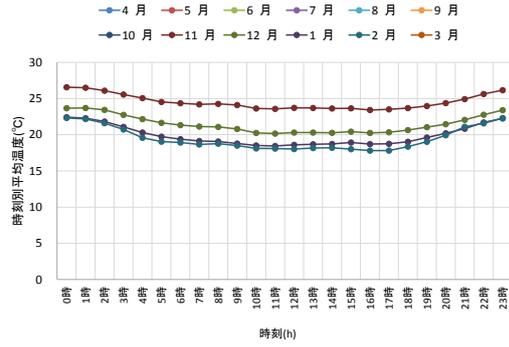
浦安市測点⑪ 時刻別下水流量



浦安市測点⑪ 時刻別下水温度



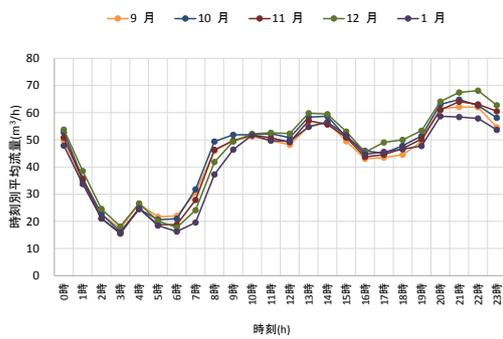
浦安市測点⑫ 時刻別下水流量



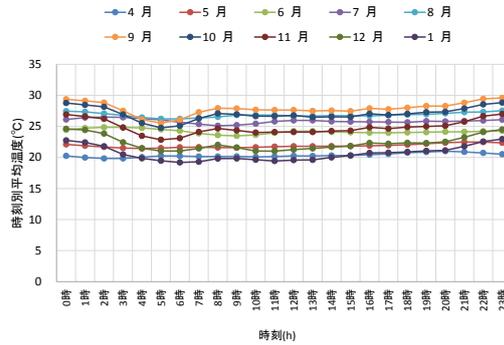
浦安市測点⑫ 時刻別下水温度

(2) 愛知県豊田市

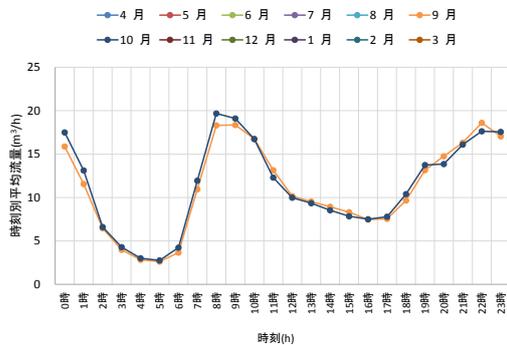
愛知県豊田市では測点①～⑨にてモデル地区周辺の下水流量、下水温度の実測を行った。モデル地区は住宅と商業施設が混在する地区である。「4.1 詳細ポテンシャルマップの作成事例」における詳細ポテンシャルの作成には測点①における実測データを用いた。また、測点温①～温⑤は温浴施設や集合住宅等がある地区であり、温②は温浴施設の排水の影響を受けている測点であると考えられる。



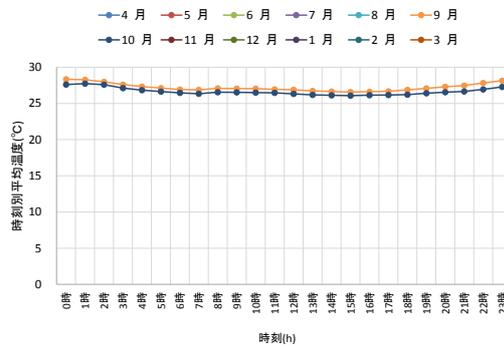
豊田市測点① 時刻別下水流量



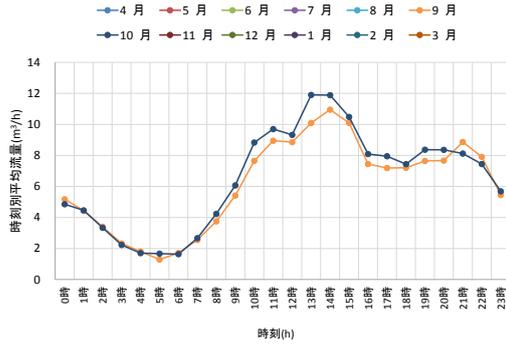
豊田市測点① 時刻別下水温度



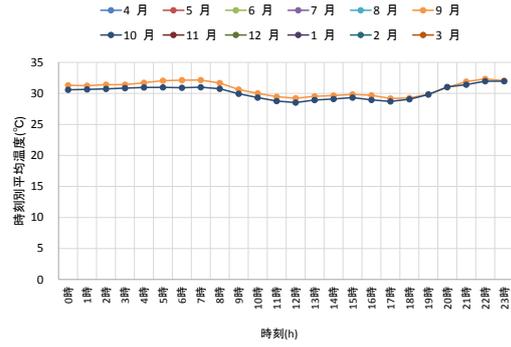
豊田市測点② 時刻別下水流量



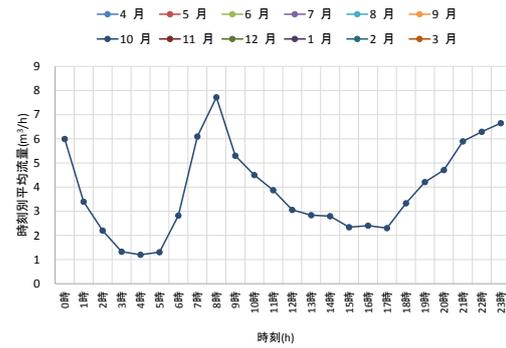
豊田市測点② 時刻別下水温度



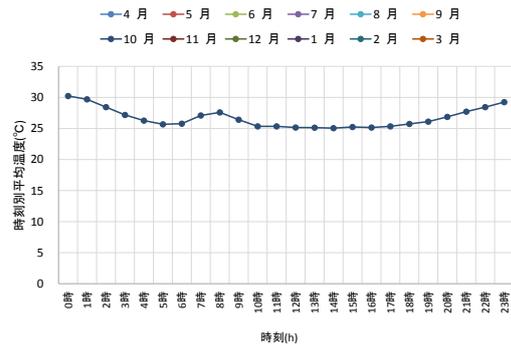
豊田市測点③ 時刻別下水流量



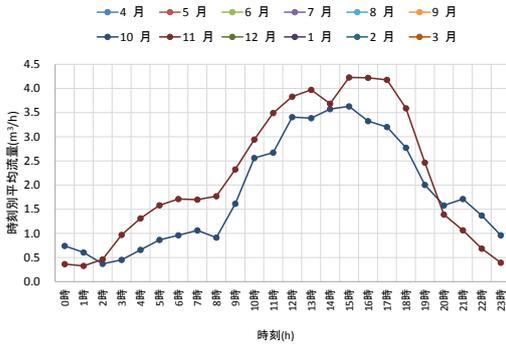
豊田市測点③ 時刻別下水温度



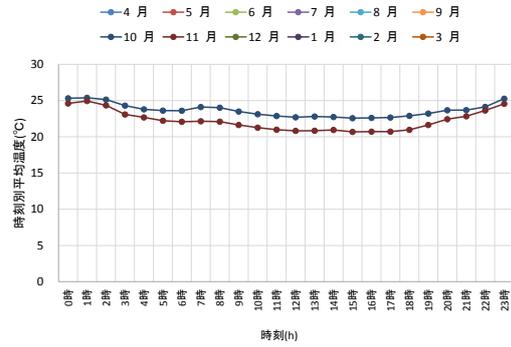
豊田市測点④ 時刻別下水流量



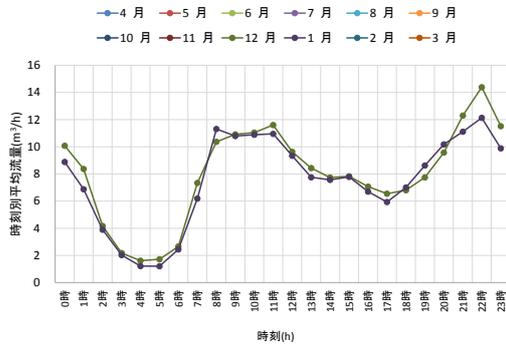
豊田市測点④ 時刻別下水温度



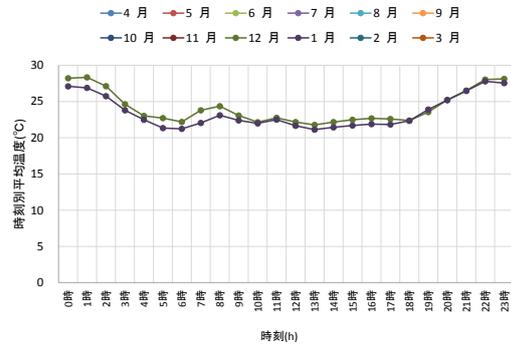
豊田市測点⑤ 時刻別下水流量



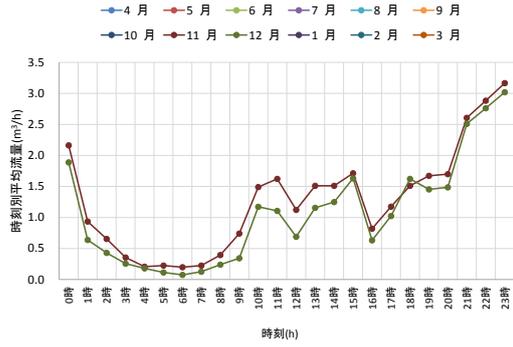
豊田市測点⑤ 時刻別下水温度



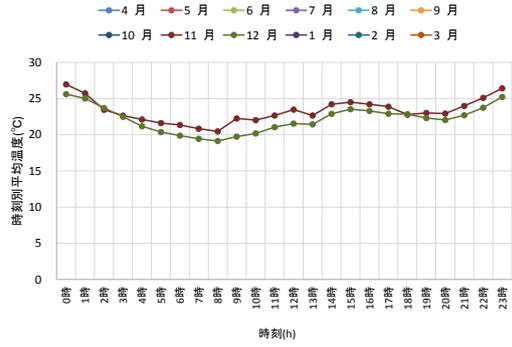
豊田市測点⑥ 時刻別下水流量



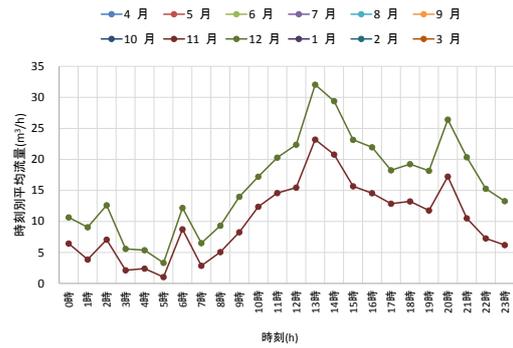
豊田市測点⑥ 時刻別下水温度



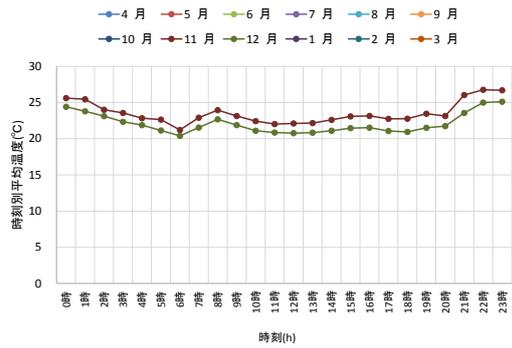
豊田市測点⑦ 時刻別下水流量



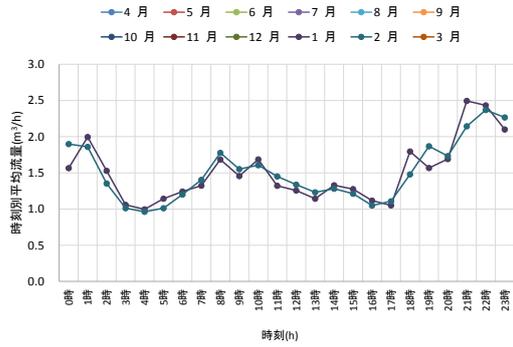
豊田市測点⑦ 時刻別下水温度



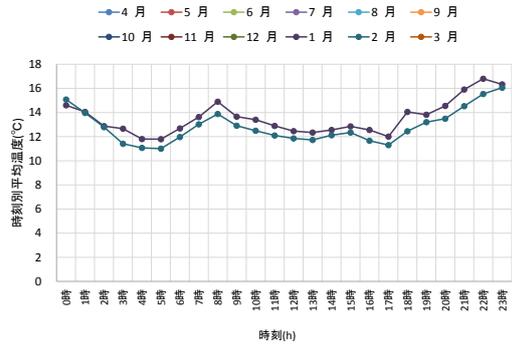
豊田市測点⑧ 時刻別下水流量



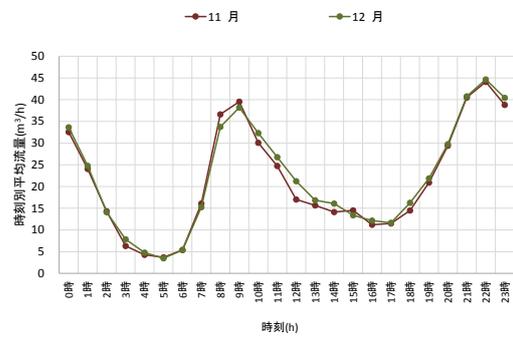
豊田市測点⑧ 時刻別下水温度



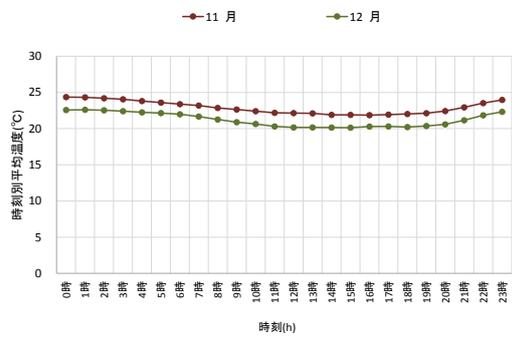
豊田市測点⑨ 時刻別下水流量



豊田市測点⑨ 時刻別下水温度

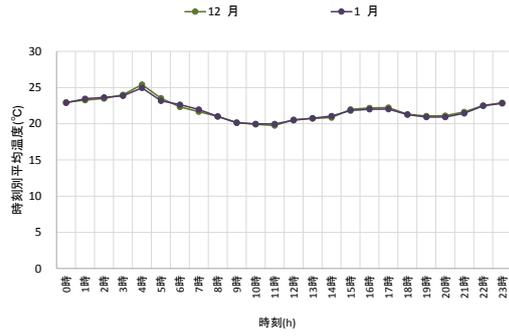


豊田市測点温① 時刻別下水流量

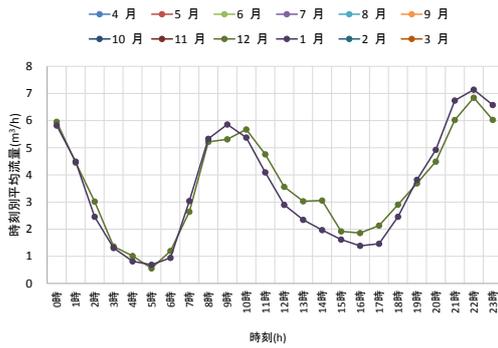


豊田市測点温① 時刻別下水温度

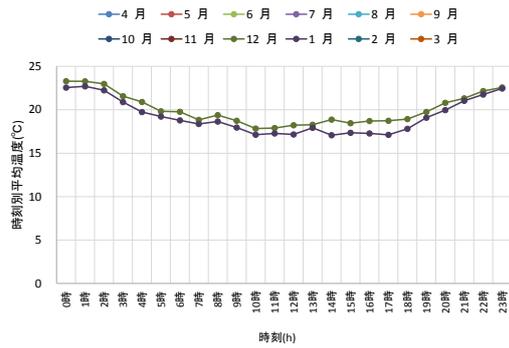
下水温度のみ計測



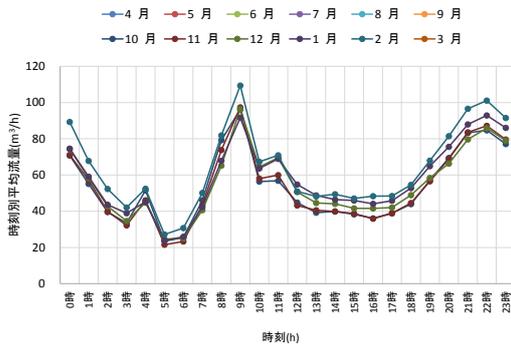
豊田市測点温② 時刻別下水流量



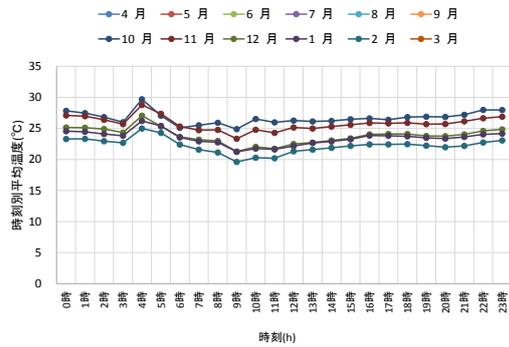
豊田市測点温② 時刻別下水温度



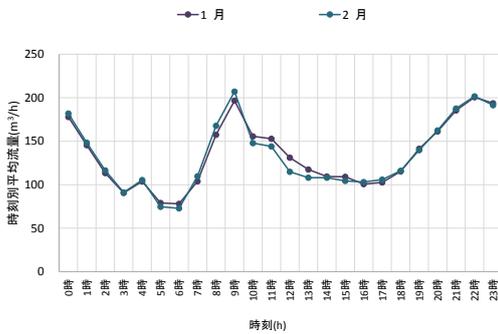
豊田市測点温③ 時刻別下水流量



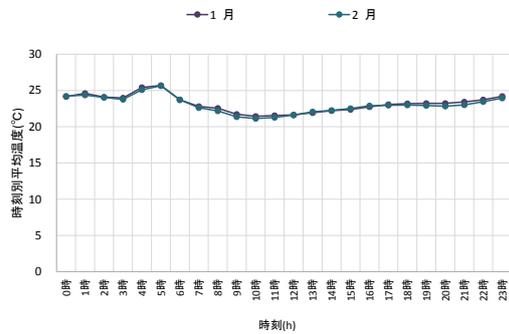
豊田市測点温③ 時刻別下水温度



豊田市測点温④ 時刻別下水流量



豊田市測点温④ 時刻別下水温度

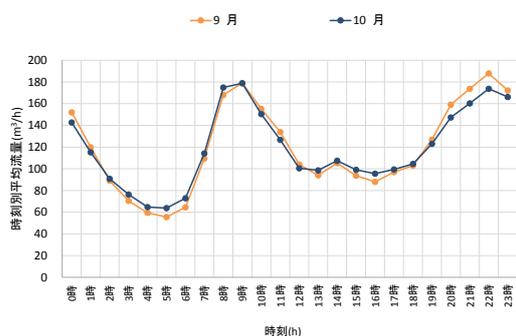


豊田市測点温⑤ 時刻別下水流量

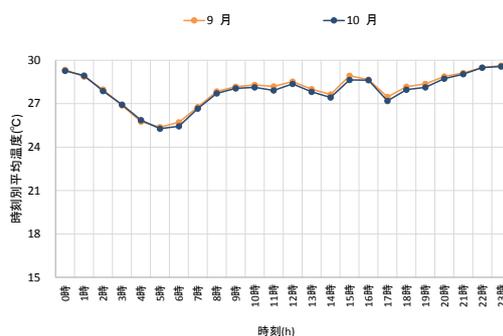
豊田市測点温⑤ 時刻別下水温度

(3) 大阪府茨木市

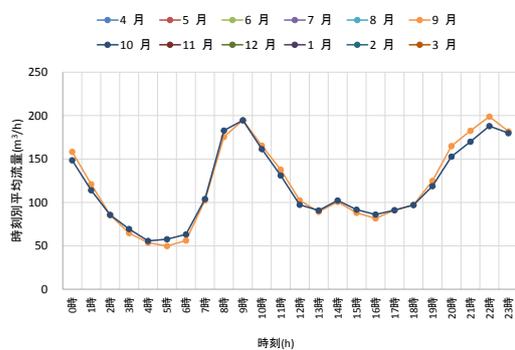
大阪府茨木市では測点①～⑤、⑧にてモデル地区周辺での実測を行った。モデル地区周辺は、用途地域が工業地域であり、周辺は工業地域と住居系地域の混在地区である。「4.1 詳細ポテンシャルマップの作成事例」における詳細ポテンシャルのマップの作成には、測点①、③、④、⑧の実測データを用いた。また、測点⑥、⑦の周辺の地区は、住宅が多い地区である。測点⑥では、住宅の建物用途の特性を把握するための実測を行った。なお、茨木市の下水道は流域関連公共下水道であり、測点⑦は他市から下水が流入する地点である。また、測点⑩は温水プール近傍の測点である。



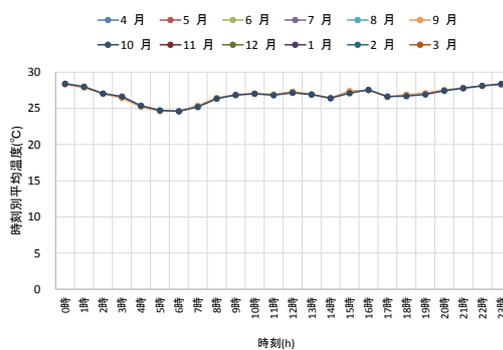
茨木市測点① 時刻別下水流量



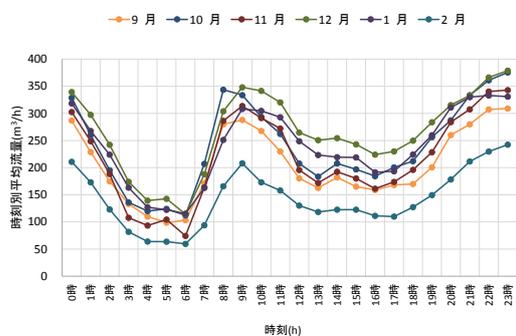
茨木市測点① 時刻別下水温度



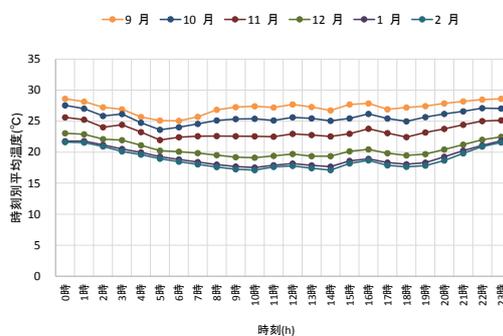
茨木市測点② 時刻別下水流量



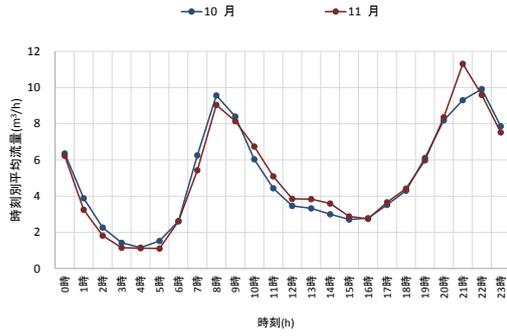
茨木市測点② 時刻別下水温度



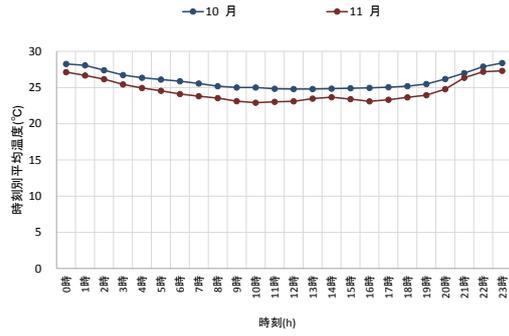
茨木市測点③ 時刻別下水流量



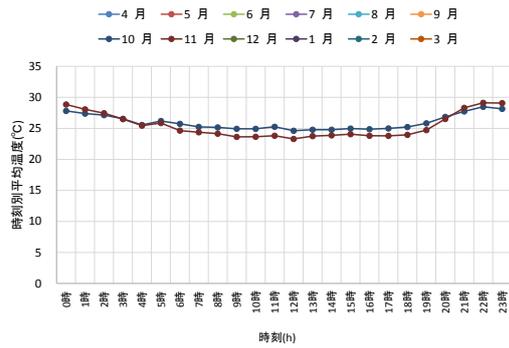
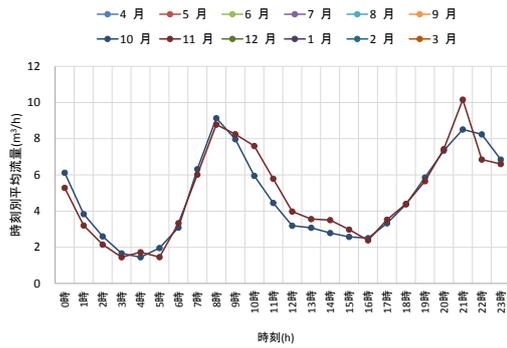
茨木市測点③ 時刻別下水温度



茨木市測点④ 時刻別下水流量

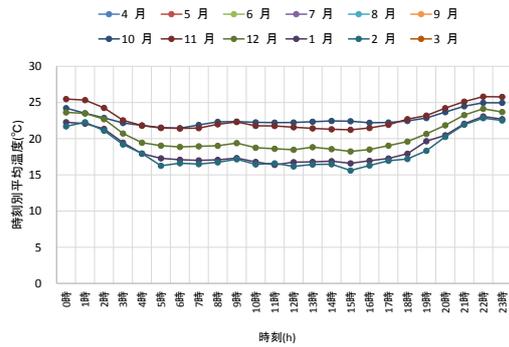
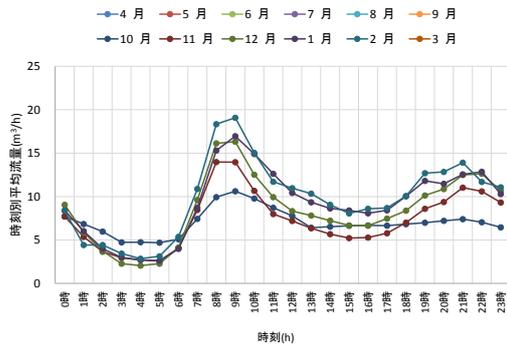


茨木市測点④ 時刻別下水温度



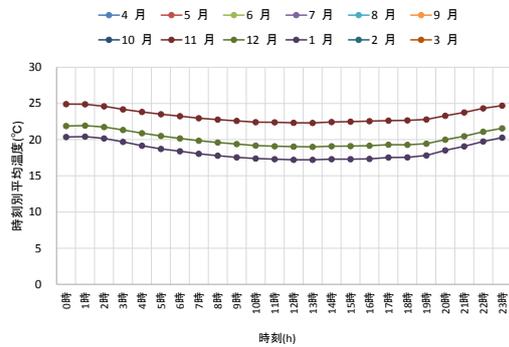
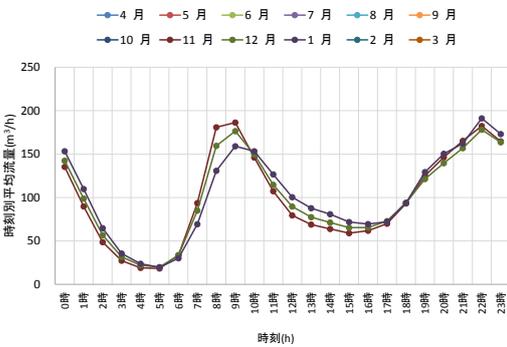
茨木市測点⑤ 時刻別下水流量

茨木市測点⑤ 時刻別下水温度



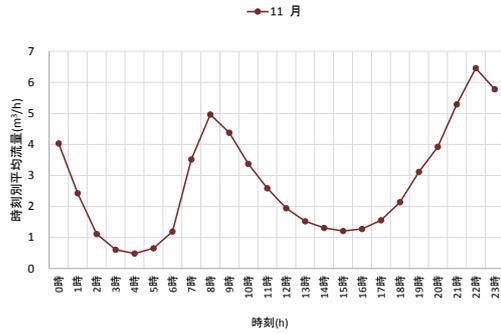
茨木市測点⑥ 時刻別下水流量

茨木市測点⑥ 時刻別下水温度

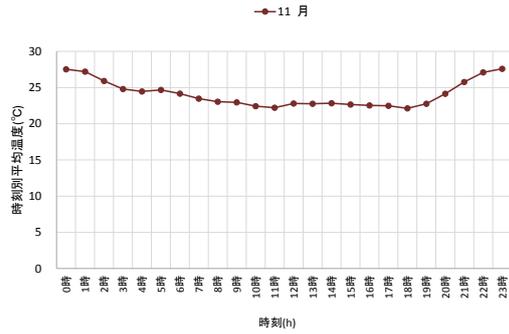


茨木市測点⑦ 時刻別下水流量

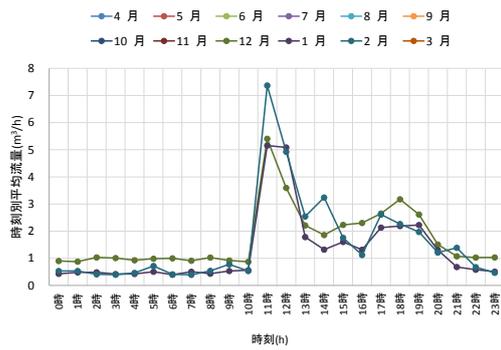
茨木市測点⑦ 時刻別下水温度



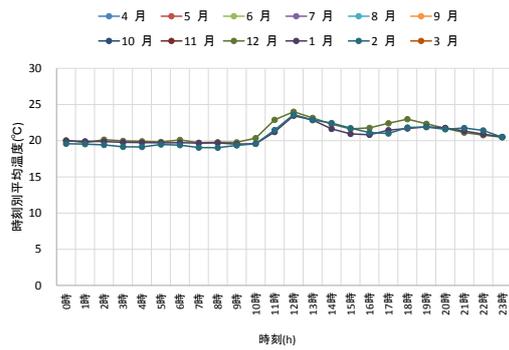
茨木市測点⑧ 時刻別下水流量



茨木市測点⑧ 時刻別下水温度



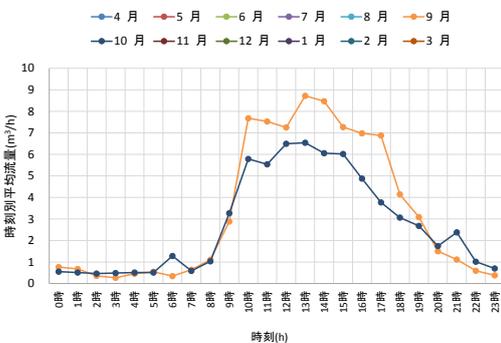
茨木市測点⑩ 時刻別下水流量



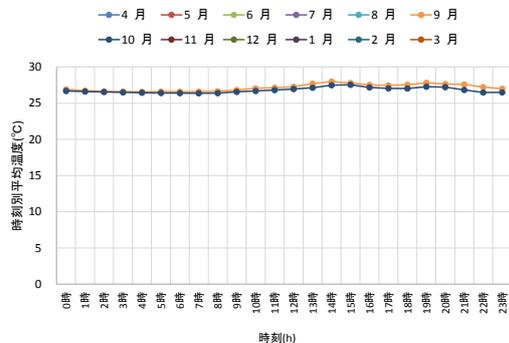
茨木市測点⑩ 時刻別下水温度

(4) 兵庫県神戸市

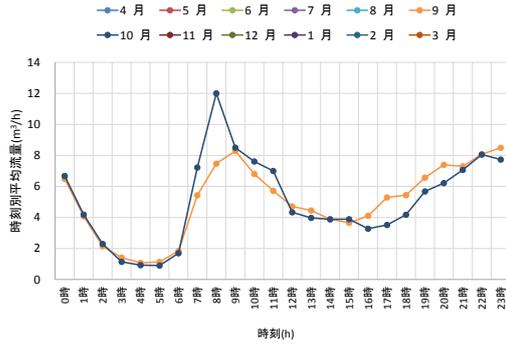
兵庫県神戸市では、測点①-1、①-2、①-3、②-1、②-2、③-1にてモデル地区周辺の下水流量、下水温度の実測を行った。モデル地区の周辺は国際展示場やスポーツセンター等がある地区であり、下水処理場の近傍地区である。「4.1 詳細ポテンシャルマップの作成事例」における詳細ポテンシャルのマップの作成には、測点①-1、①-2、①-3、②-2における実測データを用いた。また、測点業-1、業-2の周辺は、業務施設が多い地区であり、測点④-1の近傍には宿泊施設があり、これらの測点では、建物用途の特性を把握するための実測を行った。



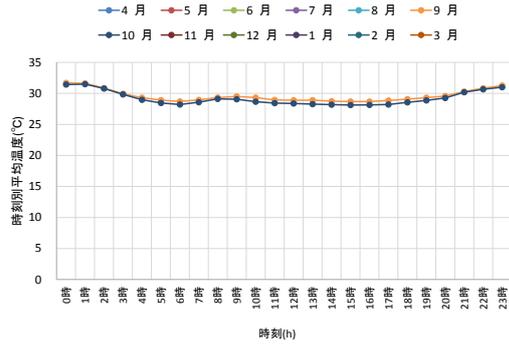
神戸市測点①-1 時刻別下水流量



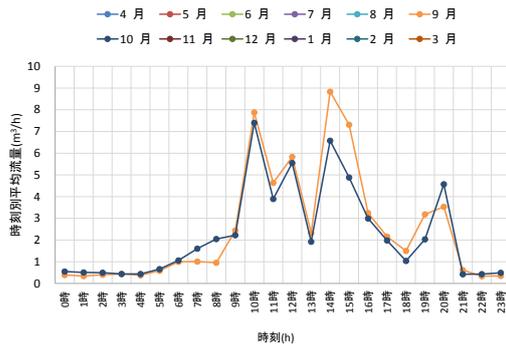
神戸市測点①-1 時刻別下水温度



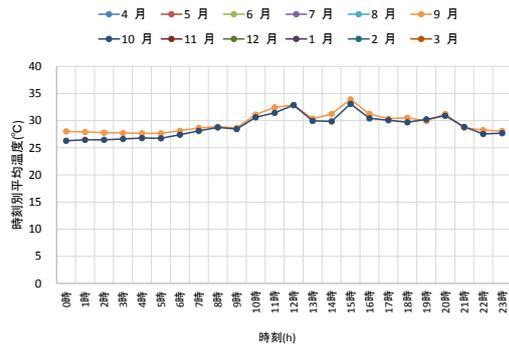
神戸市測点①-2 時刻別下水流量



神戸市測点①-2 時刻別下水温度

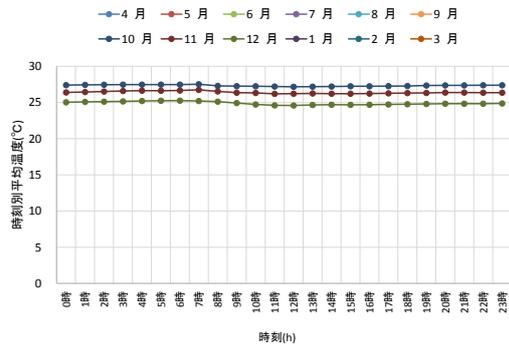


神戸市測点①-3 時刻別下水流量



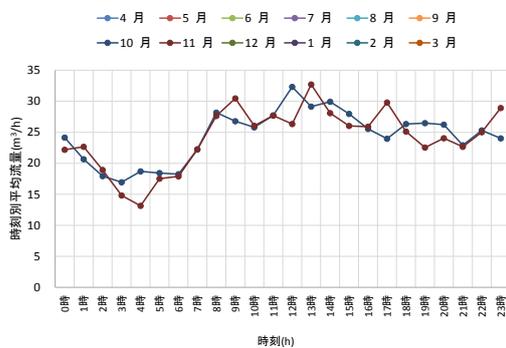
神戸市測点①-3 時刻別下水温度

下水温度のみ計測

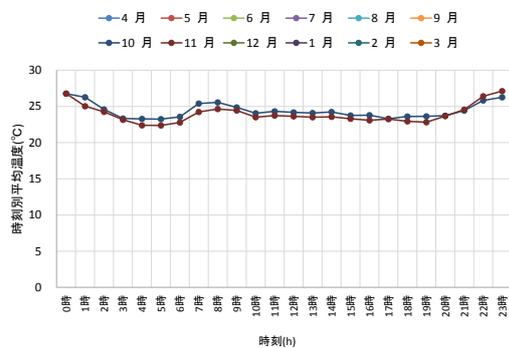


神戸市測点②-1 時刻別下水流量

神戸市測点②-1 時刻別下水温度

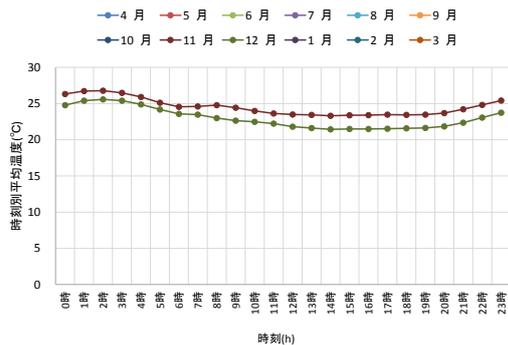


神戸市測点②-2 時刻別下水流量

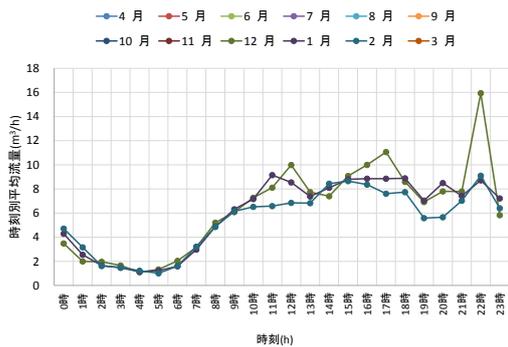


神戸市測点②-2 時刻別下水温度

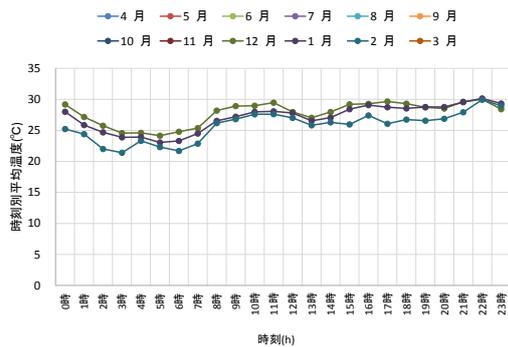
下水温度のみ計測



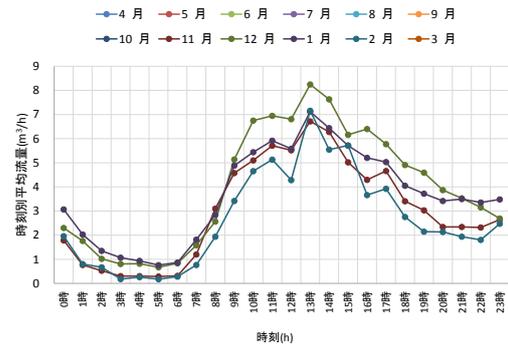
神戸市測点③-1 時刻別下水流量



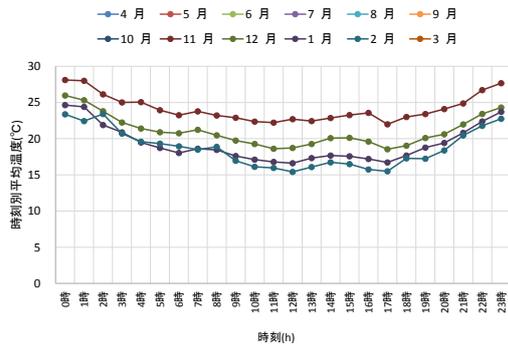
神戸市測点③-1 時刻別下水温度



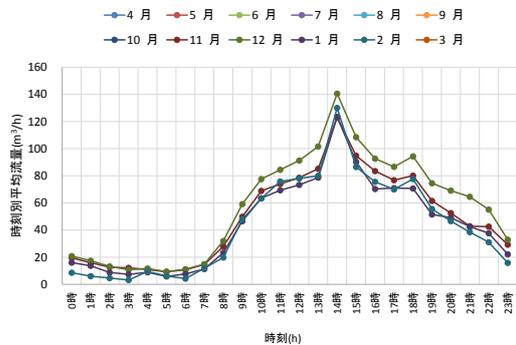
神戸市測点④-1 時刻別下水流量



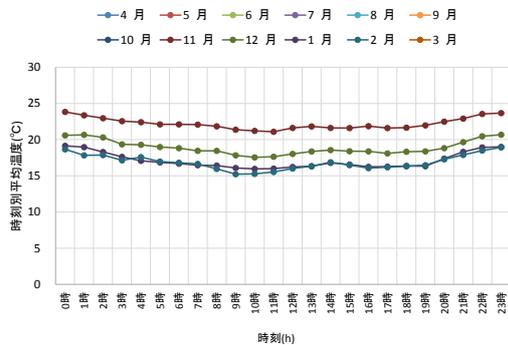
神戸市測点④-1 時刻別下水温度



神戸市測点業-1 時刻別下水流量



神戸市測点業-1 時刻別下水温度

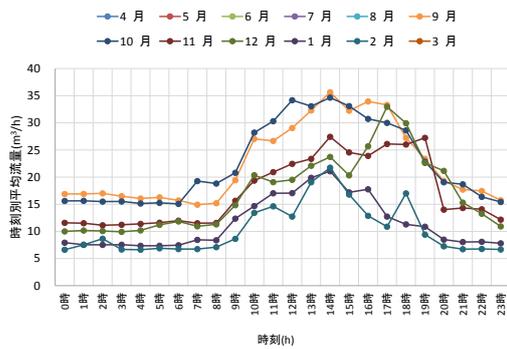


神戸市測点業-2 時刻別下水流量

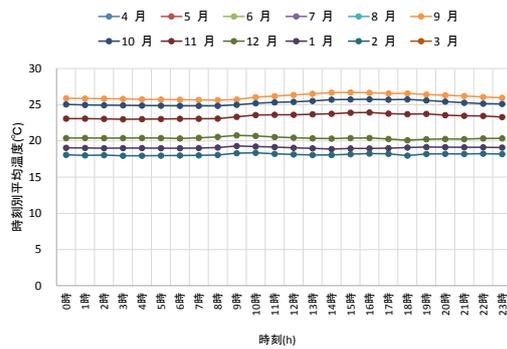
神戸市測点業-2 時刻別下水温度

(5) 福岡県福岡市

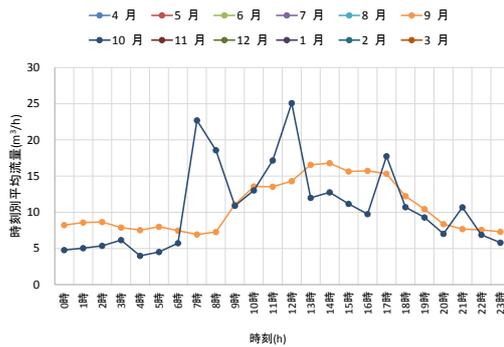
福岡県福岡市では、測点①-1、①-2、①-3、②-1、②-2、③-1、④-1、④-2、⑤-1、⑤-2にてモデル地区周辺での下水流量、下水温度を行った。モデル地区は、ウォーターフロント地区であり、倉庫等が多い地区である。また測点検-1 検-2の周辺は業務施設、商業施設が多い地区であり建物用途の特性を把握するための実測を行った。



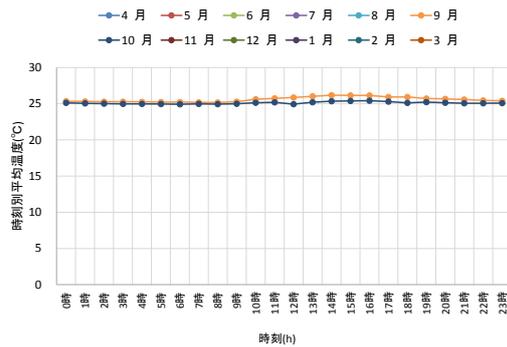
福岡市測点①-1 時刻別下水流量



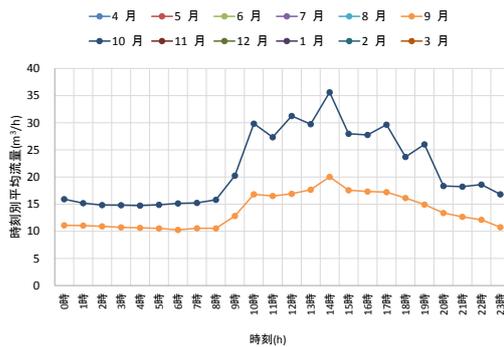
福岡市測点①-1 時刻別下水温度



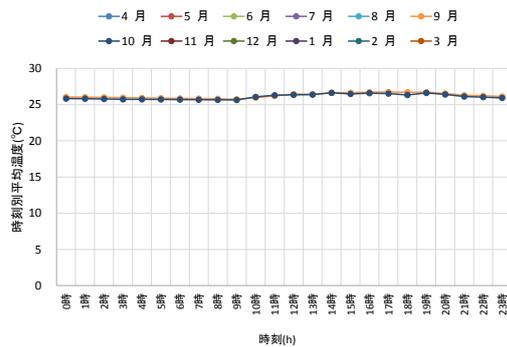
福岡市測点①-2 時刻別下水流量



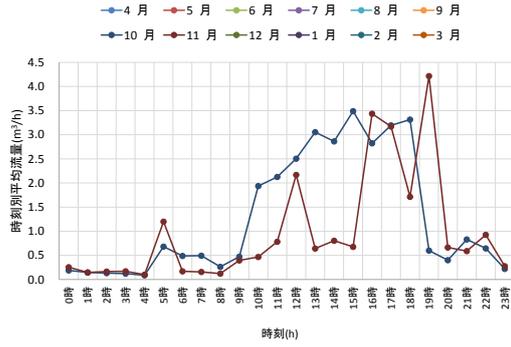
福岡市測点①-2 時刻別下水温度



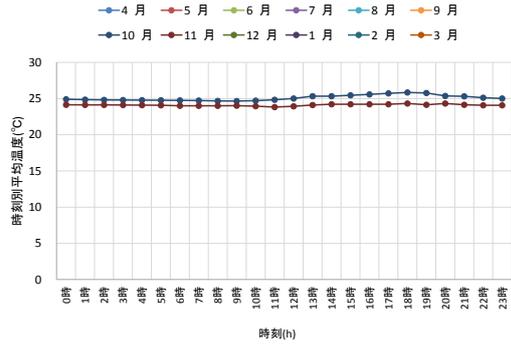
福岡市測点①-3 時刻別下水流量



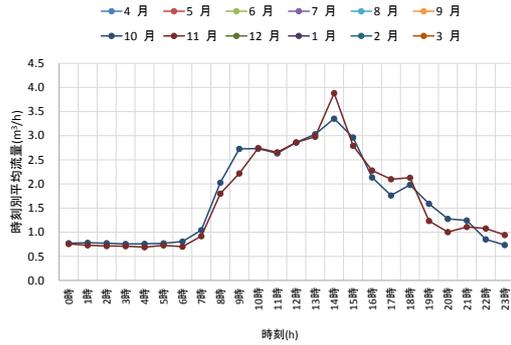
福岡市測点①-3 時刻別下水温度



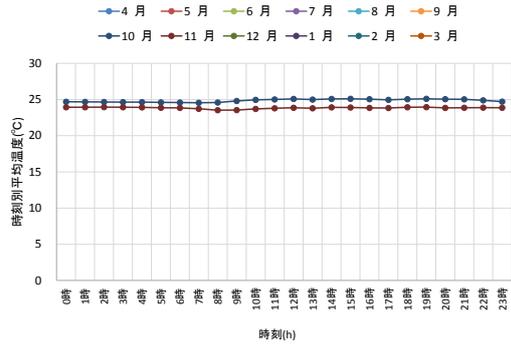
福岡市測点②-1 時刻別下水流量



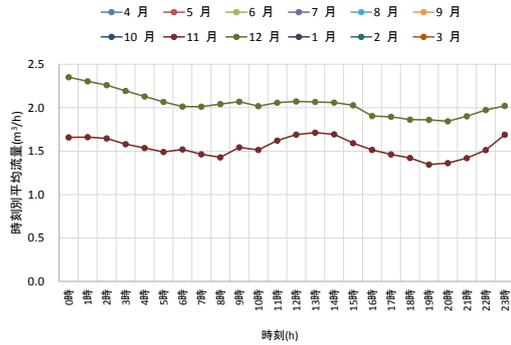
福岡市測点②-1 時刻別下水温度



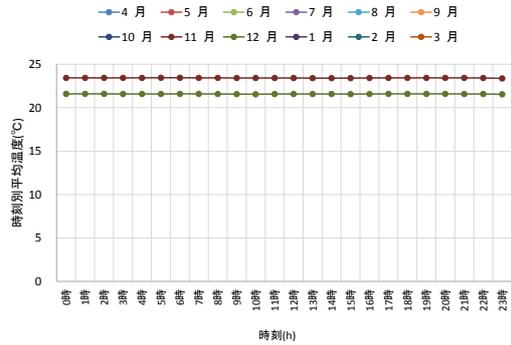
福岡市測点②-2 時刻別下水流量



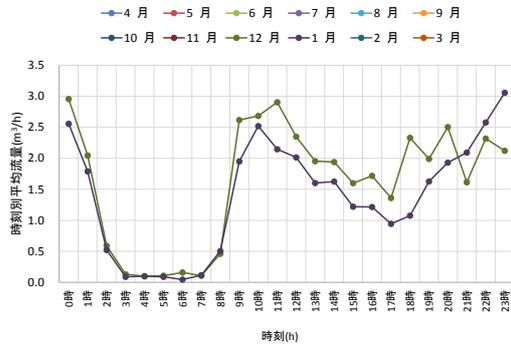
福岡市測点②-2 時刻別下水温度



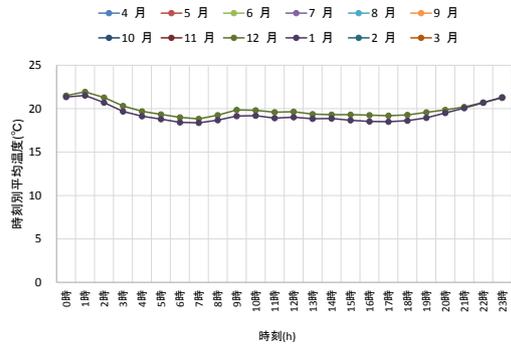
福岡市測点③-1 時刻別下水流量



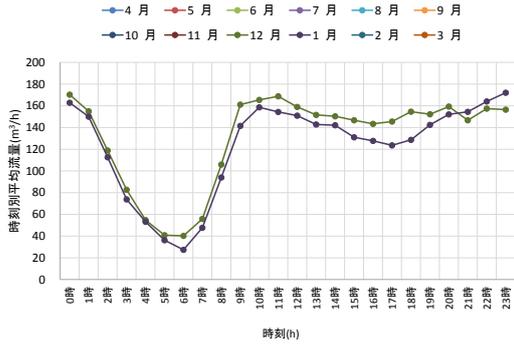
福岡市測点③-1 時刻別下水温度



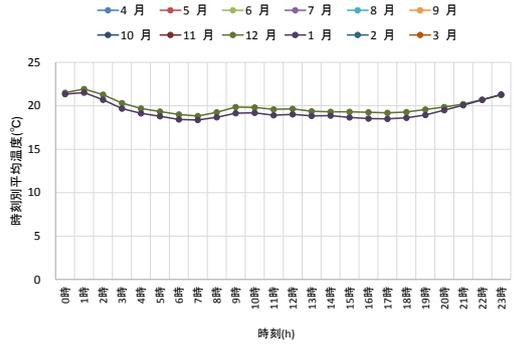
福岡市測点④-1 時刻別下水流量



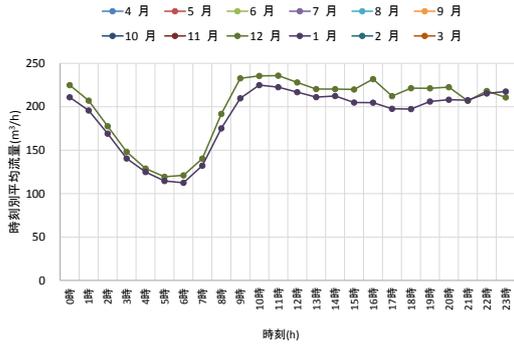
福岡市測点④-1 時刻別下水温度



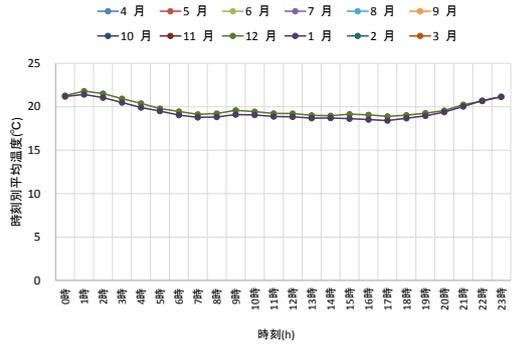
福岡市測点⑤-1 時刻別下水流量



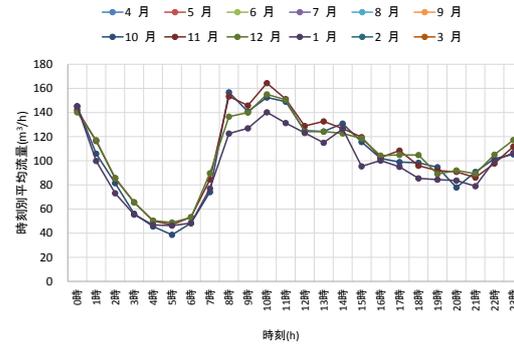
福岡市測点⑤-1 時刻別下水温度



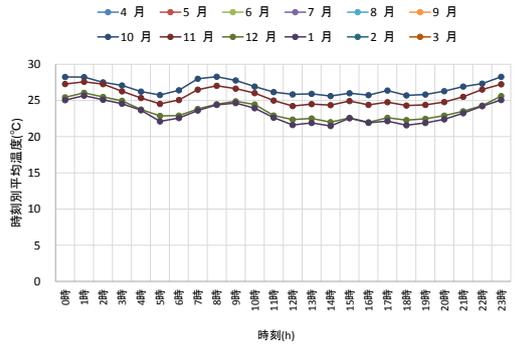
福岡市測点⑤-2 時刻別下水流量



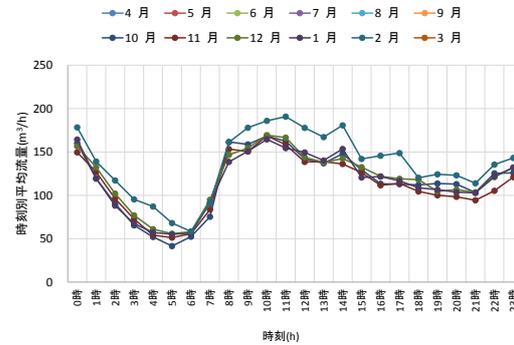
福岡市測点⑤-2 時刻別下水温度



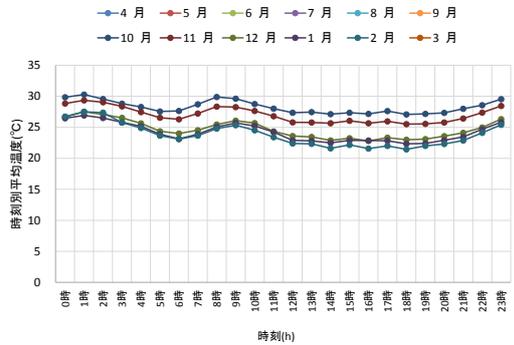
福岡市測点検-1 時刻別下水流量



福岡市測点検-1 時刻別下水温度



福岡市測点検-2 時刻別下水流量



福岡市測点検-2 時刻別下水温度

§2 上水使用量原単位

下水流量推定の際に乘じる各建物用途の延床面積に乘じる補正係数の諸元となる上水使用量原単位を参考として示す。

空気調和衛生工学会大会における過去 10 年分の上水使用量に関する文献を調査した。文献調査により得られた各用途における上水使用量原単位を住宅施設、業務施設、商業施設、宿泊施設、医療施設、その他施設に分類し下記表にまとめる。非住宅系の原単位については、過去の文献の中で DECC(非住宅系建築物の環境関連データベース)データに基づき地方ごとに水使用実態についてまとめられている。同類の用途でもあっても地方によって異なる場合がある。

表 上水使用量原単位のまとめ

地方	項目	住宅施設	業務施設	商業施設	宿泊施設	医療施設	その他施設	
-	上水使用量原単位	0.223 (m ³ /日・人)	-	-	-	-	-	
	年度	H22	-	-	-	-	-	
	文献番号	1	-	-	-	-	-	
北海道地方	上水使用量原単位 (m ³ /年 m ²)	-	事務所： 0.707 官公庁 1.127	劇場・ホール： 0.379 展示施設： 0.407	ホテル： 5.052	病院：2.847	小学校： 1.126 中学校：0.86 高校：0.458 大学：0.745 養護学校： 1.041	
		年度	-	H21	H21	H21	H21	H21
		文献番号	-	2	2	2	2	2
		上水使用量原単位 (m ³ /年 m ²)	-	事務所・官公庁 0.56 ~ 0.65	デパート・スーパー：2.00 ~ 2.45 飲食店：27.0	ホテル・旅館：2.8~3.0	病院：2.5~2.8	幼稚園・保育園、学校、研究機関：0.5 ~ 1.5
	年度	-	H19-21	H19-21	H19-21	H19-21	H19-21	
文献番号	-	3	3	3	3	3		
北信越地方	上水使用量原単位 (m ³ /年 m ²)	-	事務所：0.69 官公庁：0.5	デパート・スーパー：2.0 その他物販：0.8 コンビニ：3.52 飲食店舗：18.58 劇場・ホール：0.8 展示施設：0.34 スポーツ施設：2.3 家電量販店：0.33	宿泊施設：3.88	病院：3.0 福祉施設：3.43	電算・情報センター：0.7 幼稚園・保育園：3.0 小・中学校：1.2 高等学校：0.41 大学・専門学校：1.0 研究機関：0.8 複合施設：3.5	
		年度	-	H19-21	H19-21	H19-21	H19-21	H19-21
		文献番号	-	3	3	3	3	3

地方	項目	住宅施設	業務施設	商業施設	宿泊施設	医療施設	その他施設	
				郊外大型店舗：2.5				
	年度	-	H21	H21	H21	H21	H21	
	文献番号	-	4	4	4	4	4	
関東地方	上水使用量原単位 (m ³ /年 m ²)	-	事務所：1.0	デパート・スーパー：2.5	ホテル・旅館：3.8	病院：3.0	幼稚園・保育園：1.8	
			官公庁：1.0	郊外大型店舗：1.0			小・中学校：1.8	
				その他物販：2.0			高等学校：0.5	
				劇場・ホール：0.8			大学・専門学校：1.0	
				展示施設：0.8			研究機関：1.0	
				スポーツ施設：1.9			複合施設：1.0	
				その他：1.8				
	年度	-	H19-20	H19-20	H19-20	H19-20	H19-20	
	文献番号	-	5	5	5	5	5	
中国四国地方	上水使用量原単位 (m ³ /年 m ²)	-	事務所：0.55	デパート・スーパー：1.7	宿泊施設：3.17 m ³ /m ² ・年	病院：2.74	幼稚園・保育園：0.83	
			官公庁：0.52	飲食店：17.01			福祉施設：2.35	小・中学校：1.18
				劇場・ホール：0.55				高等学校：0.58
				展示施設：0.57				大学・専門学校：0.66
		スポーツ施設：0.37		研究機関：0.45				
	年度	-	H21	H21	H21	H21	H21	
	文献番号	-	6	6	6	6	6	
九州地方	上水使用量原単位 (m ³ /年 m ²)	-	官公庁：0.73	飲食店：3.91	ホテル：4.13	病院：3.44	電算：0.13	
			事務所：約0.7	デパート・スーパー：約2.3			福祉施設：約3.4	研究機関：0.61
				コンビニ：約2.9				幼稚園・保育園：約2.8
				郊外大型店舗：約1.6				小学校・中学校：約1.9
				劇場・ホール：約0.8				高等学校：約1.5
				展示施設：約0.8				複合施設：約1.5
		スポーツ施設：約1.7		その他：2.7				
	年度	-	H20	H20	H20	H20	H20	
	文献番号	-	7	7	7	7	7	

<参考文献番号>

- 集合住宅における設計用給水量の最適化に関する研究 (第1報) 水使用に関するアンケート調査と実測調査
- 非住宅(民生業務部門)建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究 第2報 調査建物概要とエネルギー・上水消費およびCO₂排出実態(平成21年度調査)
- 東北地方における各用途多建物の水消費に関する分析(DECC平成19年~21年度調査データによる分析)
- 北信越における非住宅(民生業務部門)建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究 第2報 水消費量とエネルギー消費と水消費によるCO₂排出量及び省エネルギーへの取り組み状況
- 非住宅(民生業務部門)建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究 関東地域の平成21年度調査結果とエネルギー・水消費の傾向の実態調査
- 非住宅建築物環境関連データベースに基づく中国・四国地域におけるエネルギー消費実態に関する研究(第2報)各用途建物の使用水量とその要因分析
- 非住宅(民生業務部門)建築物のエネルギー消費量データベース構築に関する研究 九州地域における平成20年度調査

§3 福岡県福岡市における詳細ポテンシャルマップを活用したフィージビリティスタディ事例

福岡県福岡市における詳細ポテンシャルマップを活用した下水熱利用についてのフィージビリティスタディについて示す。

(1) FS 検討対象施設

1) 下水熱ポテンシャル量

検討施設場所近傍の下水熱ポテンシャル量を次に示す。

- ① 沖浜ポンプ場入口 232.9(MJ/h)
- ② 県道 602 号線 618.6(MJ/h)

下水熱ポテンシャル量のうち、利用可能なポテンシャル量を次に示す。利用可能なポテンシャル量は、ポテンシャルマップの精度誤差を考慮し 50%とする。

- ① 沖浜ポンプ場入口 116.5(MJ/h)
- ② 県道 602 号線 309.3(MJ/h)

2) 下水熱利用可能な熱源機能力の算定

利用可能な熱源機能力は、機器の COP を 4.0 と仮定し算定する。

- ① 沖浜ポンプ場入口 155.3(MJ/h)
- ② 県道 602 号線 412.4(MJ/h)→114.5kW

上記検討により、本検討における下水熱システムの熱源機能力は、114.5(kW)を上限とする。

3) 熱需要量

- ① ホテル(給湯) 月別最大値 2,442 (kWh/d) (熱需要量の算定を参照)
- ② 展示場(冷暖房) 月別最大値 12,844 (kWh/d) (熱需要量の算定を参照)

・ホテル(給湯)

FS 対象施設におけるホテル(給湯)の熱需要量の算定について次に示す。

表 5-1 月別日平均給湯需要量、月別時刻最大給湯需要量

	月別日平均給湯 負荷 [kWh/d]	月別最大給湯負 荷 [kWh/h]	日平均給湯量 (L)	最大給湯量 (L)	下水熱利用 給湯熱量 [kWh/d]
1月	2442.3	219.1	38099.9	3418.0	2280
2月	2425.5	217.6	37837.8	3395.0	2280
3月	2290.6	205.5	35733.4	3206.0	2280
4月	2083.4	186.9	32501.0	2916.0	2280
5月	1873.9	168.1	29232.8	2622.0	2280
6月	1765.5	158.4	27541.8	2471.0	2280
7月	1765.5	158.4	27541.8	2471.0	2280
8月	1500.6	134.6	23409.4	2100.0	2280
9月	1690.8	151.7	26376.5	2367.0	2280
10月	1825.7	163.8	28480.9	2555.0	2280
11月	2100.3	188.4	32764.7	2939.0	2280
12月	2321.9	208.3	36221.6	3249.0	2280
最大月	2442.3	219.1	38099.9	3418.0	2280.0
最小月	1500.6	134.6	23409.4	2100.0	2280.0

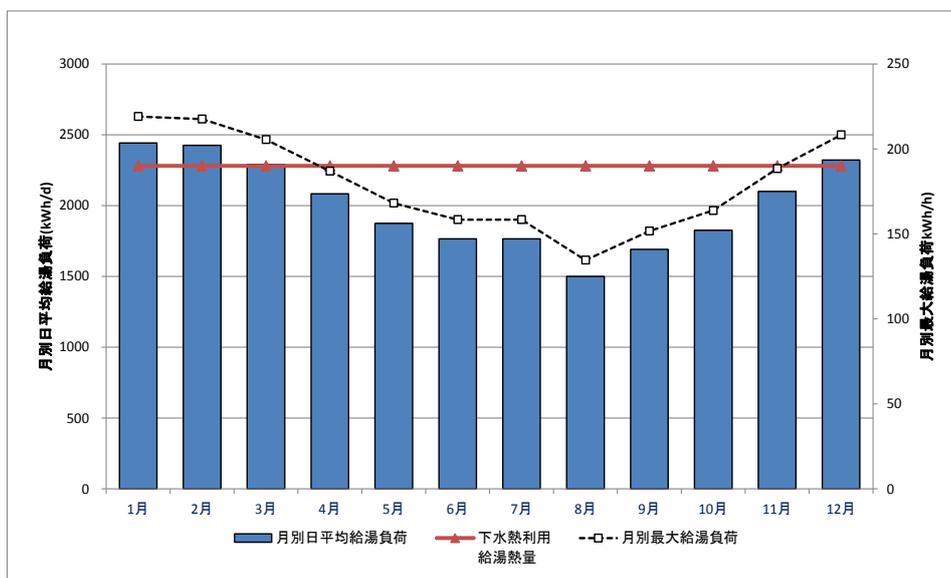


図 5-1 給湯需要量と下水熱利用給湯熱量との比較

ホテルの年間熱需要量(給湯) : 746.7 MWh

各月別平均給湯需要に比べ、下水熱利用給湯熱量が下回るため、熱源機は定格能力で一定の運転を行うものとして今後の検討を行う。

・給湯負荷バランスによる熱源機器・貯湯タンクの選定(参考)

全給湯負荷に対応した熱源機器及び貯湯タンクを設置する場合の、加熱能力及び貯湯タンク容量を次に示す。

機器運転時間: T_{hd} **20** h
 給水温度 **5** °C
 給湯温度 **60** °C
 一日給湯量 **38100** L/日

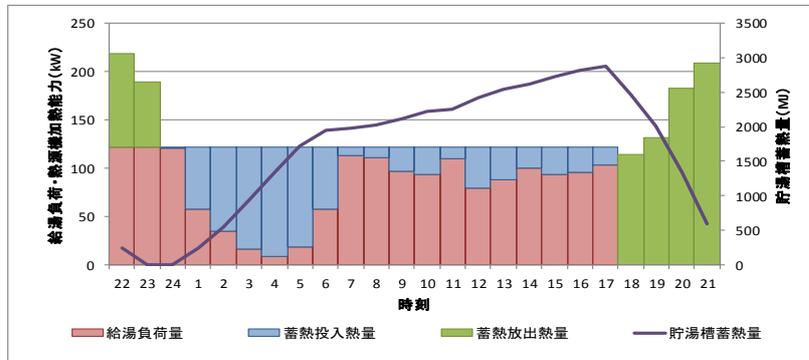
 日給湯負荷 Q_{hwd} **2442** kWh/d
 時間最大予想給湯量 **3418** L/h

 必要加熱能力 Q'_{hd} **122.1** KW

$Q'_{hd} = Q_{hwd} / T_{hd}$ Q_{hwd} : 日給湯負荷 T_{hd} : ヒートポンプ運転時間

給湯負荷バランス表

時刻	給水温度 5°C	①	②	③	④	⑤	⑥	貯湯槽蓄熱率 %
		給湯負荷 kW	運転時間 h	熱源能力 kW	投入熱量 kW	貯湯量 kJ	MJ	
22	5	219	1	122.1	-96.9	66.9	240.84	8
23	5	189	1	122.1	-66.9	0	0	0
24	5	121	1	122.1	1.1	1.1	3.96	0
1	5	58	1	122.1	64.1	65.2	234.72	8
2	5	35	1	122.1	87.1	152.3	548.28	19
3	5	16	1	122.1	106.1	258.4	930.24	32
4	5	9	1	122.1	113.1	371.5	1337.4	46
5	5	18	1	122.1	104.1	475.6	1712.16	59
6	5	57	1	122.1	65.1	540.7	1946.52	68
7	5	113	1	122.1	9.1	549.8	1979.28	69
8	5	111	1	122.1	11.1	560.9	2019.24	70
9	5	97	1	122.1	25.1	586	2109.6	73
10	5	93	1	122.1	29.1	615.1	2214.36	77
11	5	110	1	122.1	12.1	627.2	2257.92	78
12	5	79	1	122.1	43.1	670.3	2413.08	84
13	5	88	1	122.1	34.1	704.4	2535.84	88
14	5	100	1	122.1	22.1	726.5	2615.4	91
15	5	93	1	122.1	29.1	755.6	2720.16	94
16	5	96	1	122.1	26.1	781.7	2814.12	98
17	5	103	1	122.1	19.1	800.8	2882.88	100
18	5	114	0	0	-114	686.8	2472.48	86
19	5	131	0	0	-131	555.8	2000.88	69
20	5	183	0	0	-183	372.8	1342.08	47
21	5	209	0	0	-209	163.8	589.68	20
合計		2442	20			11089.2		



機器加熱能力 Q_{hp} $Q_{hp} = Q'_{hd} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3$ **148.08** kW

$Q_{hp} = Q_{hwd} / T_{hd}$ Q_{hwd} : 日給湯負荷 T_{hd} : ヒートポンプ運転時間
 α_1 : 配管・貯湯ユニット等の熱損失係数 1.1
 α_2 : 経年係数 1.05
 α_3 : 能力補償係数 1.05

必要貯湯量 V 60°C貯湯 **12522** L (自動計算)

貯湯量 V' $V' = V \times 1.3$ **16280** L 60°C貯湯
 1.3: 熱源吸込温度安全率

・展示場（空調）

次に FS 対象施設における展示場の熱需要量の算定について次に示す。

表 5-2 展示場 月別熱需要

		月別日平均冷暖房需要 [MJ/d]	月別最大冷暖房需要 [kW/d]	日平均冷暖房（需要） [MJ/d]	最大冷暖房（需要） [kW/h]	下水道利用冷暖房熱量 [kWh/d]
1月	暖房	16,543.9	9,191.1	1,264.7	702.6	2,280
2月	↓	19,779.1	10,988.4	1,512.0	840.0	2,280
3月	↓	17,163.8	9,535.5	1,312.1	728.9	2,280
4月	↓	5,366.1	2,981.2	410.2	227.9	2,280
5月	冷房	6,622.6	3,679.2	433.1	240.6	2,280
6月	↓	10,642.2	5,912.3	696.0	386.7	2,280
7月	↓	16,616.2	9,231.2	1,086.7	603.7	2,280
8月	↓	23,119.3	12,844.0	1,512.0	840.0	2,280
9月	↓	15,523.8	8,624.3	1,015.3	564.0	2,280
10月	↓	8,798.8	4,888.2	575.4	319.7	2,280
11月	暖房	4,494.4	2,496.9	343.6	190.9	2,280
12月	↓	14,190.2	7,883.4	1,084.8	602.6	2,280

最大月	23,119.3	12,844.0	1,512.0	840.0
最小月	4,494.4	2,496.9	343.6	190.9

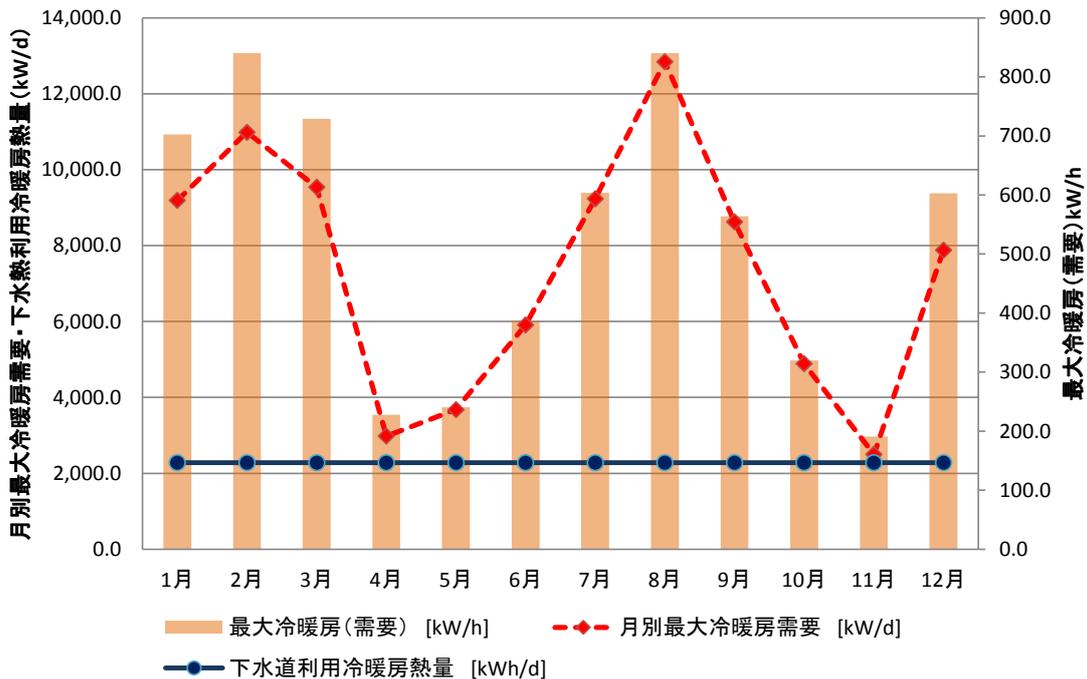


図 5-2 展示場 月別冷暖房熱需要と下水熱利用熱量
（冷暖房需要量と下水熱利用冷暖房熱量の比較）

想定される空調用熱源容量に比べ、下水熱利用冷暖房用熱量が下回るため、ホテルの給湯と同様、熱源機は定格能力で一定の運転を行うものとして今後の検討を行う。

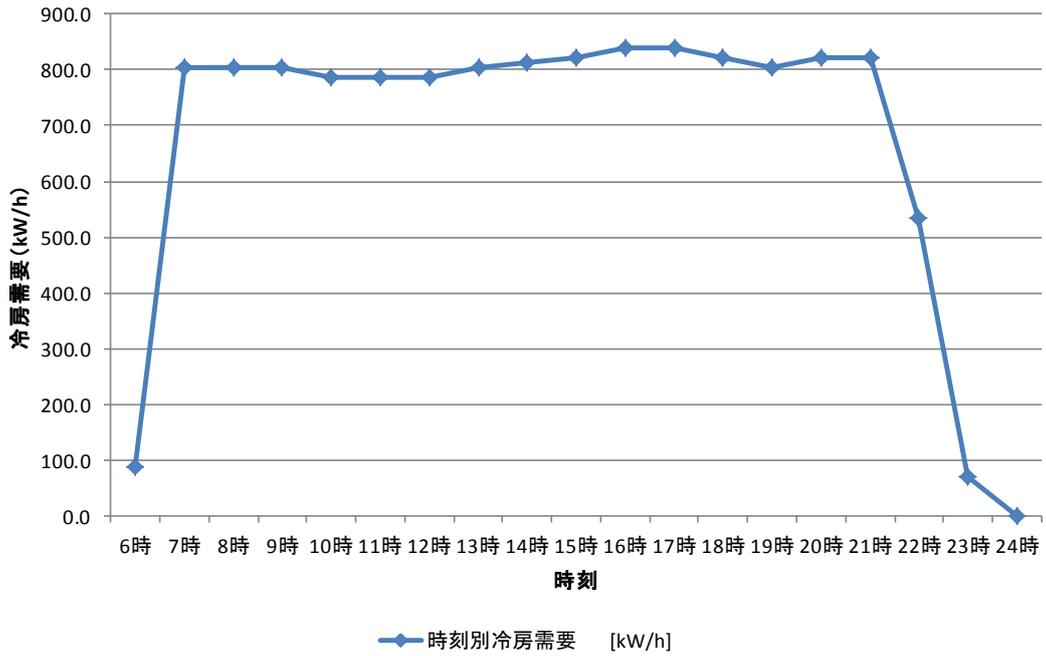


図 5-3 展示場(冷房) 時刻別熱需要

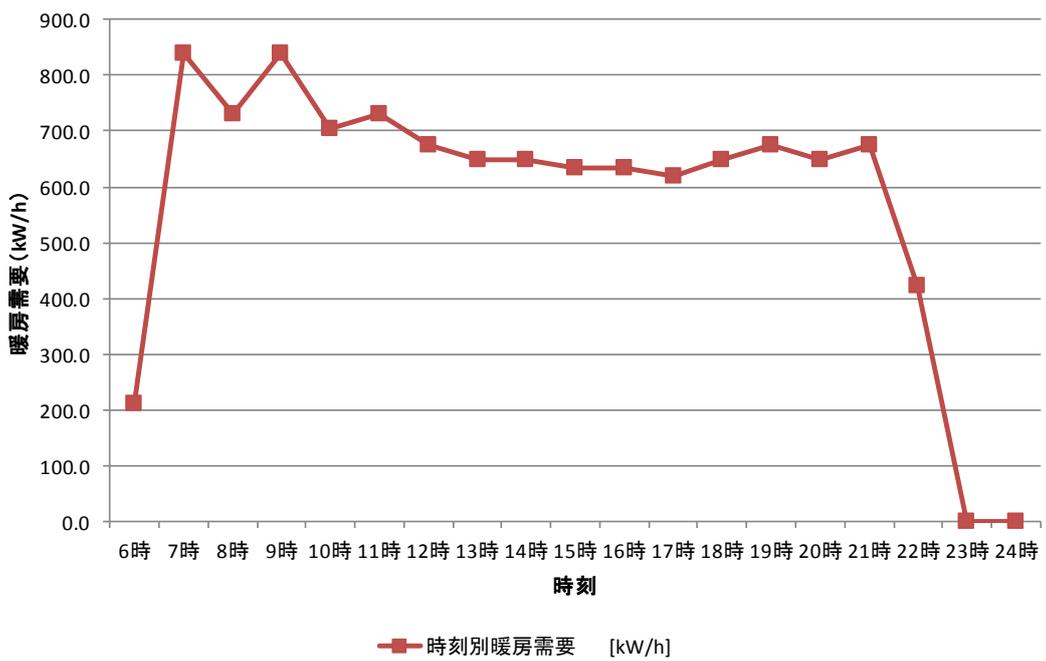


図 5-4 展示場(暖房) 時刻別熱需要

・熱需要量の算定 展示場(冷暖房)

既設類似展示場の更新計画表を参考に、既設類似展示場の熱源機器容量を想定する。
 想定した熱源容量から㎡あたりの容量(W/㎡)より、展示場の熱源容量を算定する。

1) マリンメッセ福岡の緒元は下記の通り。

延床面積	40,000 ㎡
展示スペース	8,000 ㎡

2) 想定熱源容量及び㎡あたりの容量

番号	熱源方式	能力、容量	台数	合計	㎡あたり(延床面積)	採用する㎡あたりの容量
1	給湯用温水ボイラー	233 kW	2 基	466 kW(想定値)	0.01165 kW/㎡	
2	ガス焚吸収式冷温水機	1,407 kW	2 基	2,814 kW(想定値)	0.07035 kW/㎡	84 W/㎡
3	空冷ヒートポンプチャラー	265 kW	2 基	530 kW(想定値)	0.01325 kW/㎡	
4	貯湯槽(給湯用)	3,500 L	2 基	7,000 L(想定値)		

3) 展示場の緒元は下記の通り。

延床面積	10,000 ㎡
展示スペース	5,000 ㎡

4) 展示場の熱源容量試算

給湯用熱源機器	11 W/㎡ × 10,000 ㎡ =	110 kW
空調用熱源機器	84 W/㎡ × 10,000 ㎡ =	840 kW

5) 熱需要日最大値を算定

【給湯】

時刻	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計(kWh/d)
熱需要(kW)	0.0	67.1	95.6	92.7	89.3	61.5	52.8	64.3	67.1	74.2	95.6	88.5	92.7	102.7	110	110.0	108.3	28.4	0.0	1,400.8

【冷房】

時刻	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計(kWh/d)
熱需要(kW)	88.6	802.8	802.8	802.8	786.1	786.1	786.1	802.8	811.7	820.7	840.0	840.0	822.0	802.8	820.7	820.7	535.6	71.9	0.0	12,844.0

【暖房】

時刻	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計(kWh/d)
熱需要(kW)	211.6	840.0	731.5	840.0	704.3	731.5	676.1	647.9	647.9	633.8	633.8	619.7	647.9	676.1	647.9	676.1	422.2	0.0	0.0	10,988.4

4) 検討システム

福岡市における検討システムとして、想定されるシステム構成を表 5-3 に示す。なお事業採算性の評価については、想定されたシステム構成の内、※印の内容について実施した内容を示す。

表 5-3 検討システム

検討モデル	HP での昇温温度	下水熱回収システム	比較検討システム
<ul style="list-style-type: none"> ・地域：福岡市 ・対象施設：ホテル (宿泊施設) ・対象規模：5,000㎡ 客室250室(想定) ・下水熱利用用途:温熱供給(給湯) 	<ul style="list-style-type: none"> ●45℃ ●60℃(※) (給湯温度は60℃)	<ul style="list-style-type: none"> ・管路更新兼熱回収 <ul style="list-style-type: none"> ○らせん型 ○ヒートライナー型 ・管路内熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ●金属露出型(※) ・マンホール取水管路外熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ●流下液膜式(※) ●二重管式 ・管路一体型 <ul style="list-style-type: none"> ○樹脂製 	<ul style="list-style-type: none"> ・給湯熱源 <ul style="list-style-type: none"> ●ガス焚ボイラー(※) ●空冷 HP 給湯器(※)
<ul style="list-style-type: none"> ・地域：福岡市 ・対象施設：展示場 ・対象規模：10,000㎡ ・下水熱利用用途:温冷熱供給(給湯/空調) 	<ul style="list-style-type: none"> ●45℃(給湯) ●60℃(給湯) (給湯温度は60℃) <ul style="list-style-type: none"> ●7℃(冷房)(※) ●45℃(暖房)(※) 	<ul style="list-style-type: none"> ・管路更新兼熱回収 <ul style="list-style-type: none"> ○らせん型 ○ヒートライナー型 ・管路内熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ●金属露出型(※) ・マンホール取水管路外熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ●流下液膜式(※) ●二重管式 ・管路一体型 <ul style="list-style-type: none"> ○樹脂製 	<ul style="list-style-type: none"> ・給湯熱源 <ul style="list-style-type: none"> ●ガス焚ボイラー ●空冷 HP 給湯器 ・空調熱源 <ul style="list-style-type: none"> ●空冷 HP チラー(※) ●吸収式冷温水発生機(※)

注1) 下水熱回収システムの管路更新兼熱回収方式については、対象となる管路が更生済みのため今回検討項目からは、対象外とする。

注2) HP：ヒートポンプ(以下 HP と略す)

5) システムフロー図(モデルケース①)

モデルケース①のシステムフロー図を次に示す。

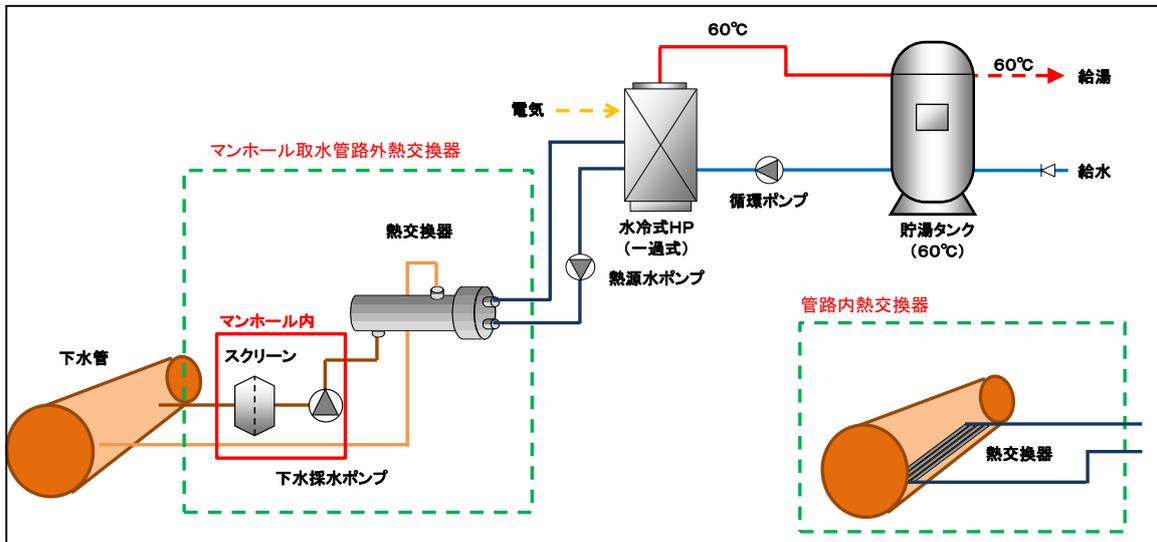


図 5-5 モデルケース①-1, 2(水冷 HP 60°C 管路内熱交換器 金属露出型, マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式)

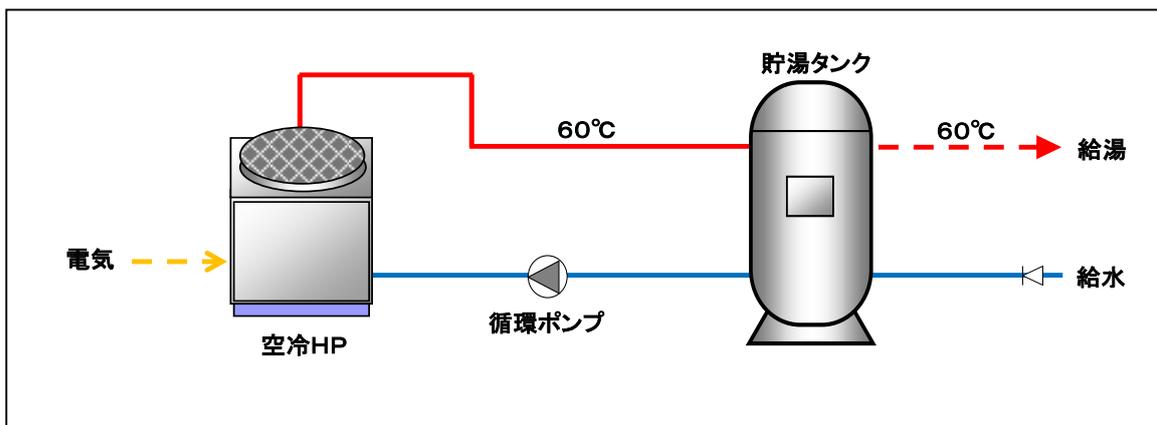


図 5-6 モデルケース①-A(空冷 HP 60°C)

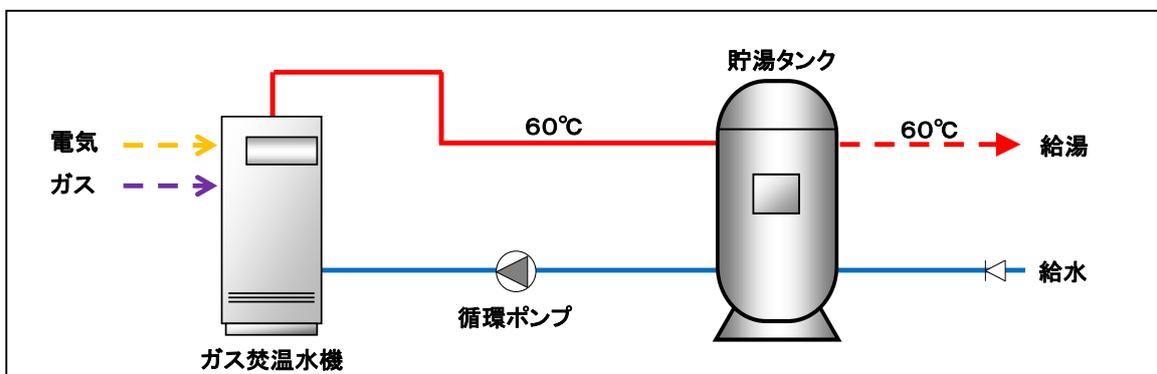


図 5-7 モデルケース①-B(ガス焚ボイラー 60°C)

6) システムフロー図(モデルケース②)

モデルケース②のシステムフロー図を次に示す。

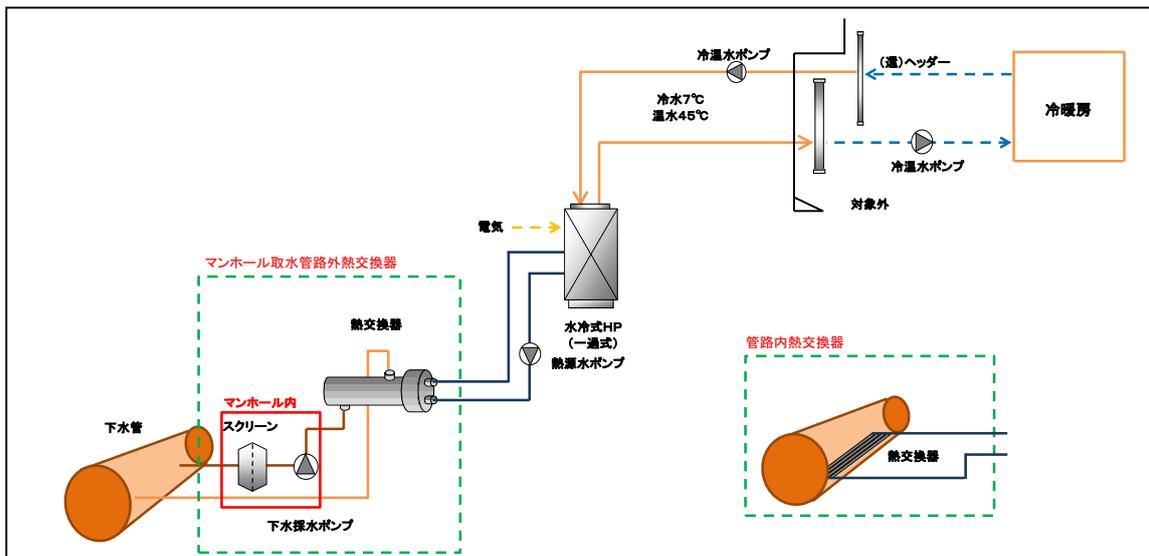


図 5-8 モデルケース②-1, 2(水冷 HP 冷水 7°C温水 45°C 管路内熱交換器 金属露出型, マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式)

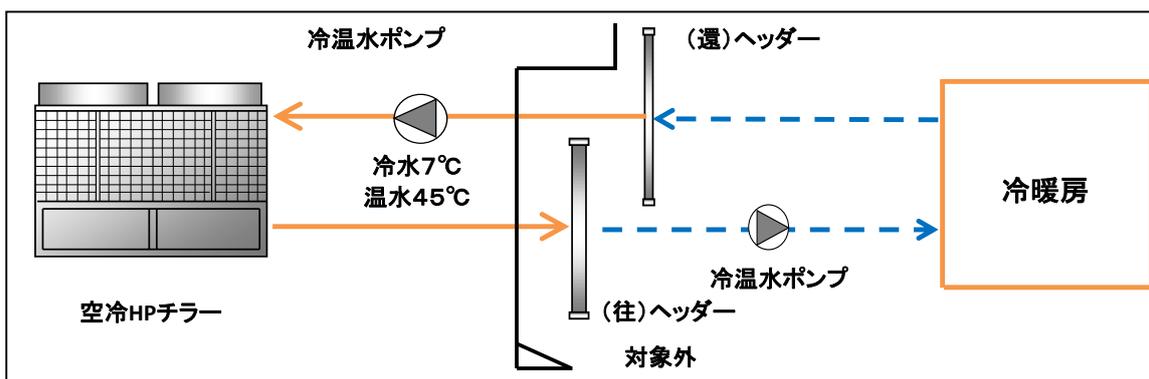


図 5-9 モデルケース②-A (空冷 HP チラー 冷水 7°C温水 45°C)

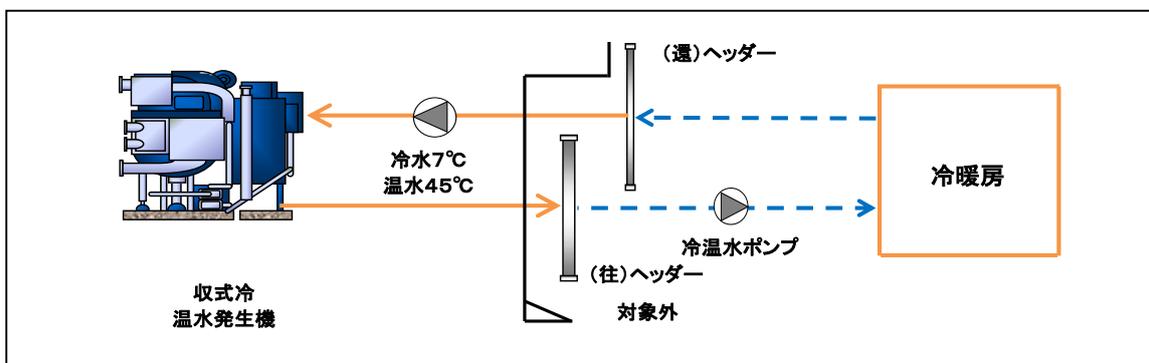


図 5-10 モデルケース②-B(吸収式冷温水発生機 冷水 7°C温水 45°C)

(2) 各機器の選定

■モデルケース①

1) 機器の選定結果

モデルケース①における各機器の選定根拠を次に示す。コスト及び環境性評価に含む機器は、フロー図に記載された範囲を対象とする。

① 熱源機能力

熱需要量による必要加熱能力と、詳細ポテンシャルマップより算出した。下水熱利用可能な熱源機能力の小さい方を設置可能最大加熱量とする。

給湯

- ・ 熱需要量による必要熱源機能力 122.1 (kW)
- ・ 利用可能な熱源機能力 114.5 (kW)

水冷式 HP の加熱能力は、給湯 114.5 (kW) を基準とし、熱源機能力を選定する。比較基準システムとなる、ガス焚ボイラー及び空冷 HP 給湯器についても、同等の能力とする。

② 貯湯タンク

熱源機能力の1時間分を貯湯できるものとし、吸込温度補償係数として、1.2を乗じた値とする。

- ・ 60°C貯湯 (①-1,2 ①-A ①-B)
熱源機能力 114.5 (kW) 入口温度 5.0°C 出口温度 60.0°C
貯湯槽容量 $1790\text{L} \times 1.2 \div 2, 200\text{L}$

③ 循環ポンプ(水冷式 HP-貯湯タンク)

- ・ 60°C貯湯 (①-1,2 ①-A ①-B)
熱源機能力 114.5 (kW) 入口温度 5.0°C 出口温度 60.0°C
循環ポンプ水量 $30\text{ (l/min)} \times 60\text{ (kPa)} \times 0.25\text{ (kW)}$
揚程算出基準 配管長：60m 単位抵抗：0.3kPa/m
局部抵抗：直管×0.5
実揚程：なし 機器抵抗：20kPa 余裕率：1.1

④ 熱源水ポンプ(熱交換器-水冷式 HP)

- ・60°C貯湯 (選定熱源機器：15馬力×3台=45馬力)

熱源機能力 127.5kW 熱源水 入口温度 8.0°C 出口温度 3.0°C

【管路内熱交換器 金属露出型の場合】

熱源水ポンプ $247.9(1/\text{min}) \times 260(\text{kPa}) \times 2.2(\text{kW})$ (①-1)

揚程算出基準 配管長：650m 単位抵抗：0.2kPa/m

局部抵抗：直管×0.5

機器抵抗：40 kPa 余裕率：1.1

【マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式】

熱源水ポンプ $247.9(1/\text{min}) \times 250(\text{kPa}) \times 2.2(\text{kW})$ (①-2)

揚程算出基準 配管長：600m 単位抵抗：0.2kPa/m

局部抵抗：直管×0.5

機器抵抗：40 kPa 余裕率：1.1

⑤ 熱交換器

- ・60°C貯湯 (選定熱源機器：15馬力×3台=45馬力)

熱源機能力 127.5(kW) 熱交換必要能力 96.3(kW) (①-1, 2)

熱交換器能力 $96.3(\text{kW}) \times 1.4(\text{余裕率 } 40\% : \text{汚れ係数など}) \div 134.8(\text{kW})$

管路内熱交換器 金属露出型必要長さ：

$134800(\text{W}) / 350(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}) / 1.5 / 3.0 / 1.0 \div 85.6(\text{m})$

必要長さ算出基準 熱通過率：350(W/m²・K) 交換器表面積比率：1.5

管路内接水幅：1.0m(カルバートより)

対数平均温度差：3.0(K)

⑥ 下水採水ポンプ(下水管-熱交換器)

- ・60°C貯湯 (選定熱源機器：15馬力×3台=45馬力)

採水ポンプ $247.9(1/\text{min}) \times 90(\text{kPa}) \times 1.5(\text{kW})$ (①-1, 2)

揚程算出基準 配管長：50m 単位抵抗：0.3kPa/m

局部抵抗：直管×0.5

実揚程：40kPa 機器抵抗：20 kPa 余裕率：1.1

2) 熱源機器の COP 特性

選定した熱源機器の COP 特性を次に示す。なお、ガス焚ボイラーについては、ボイラー効率 0.9 とする。

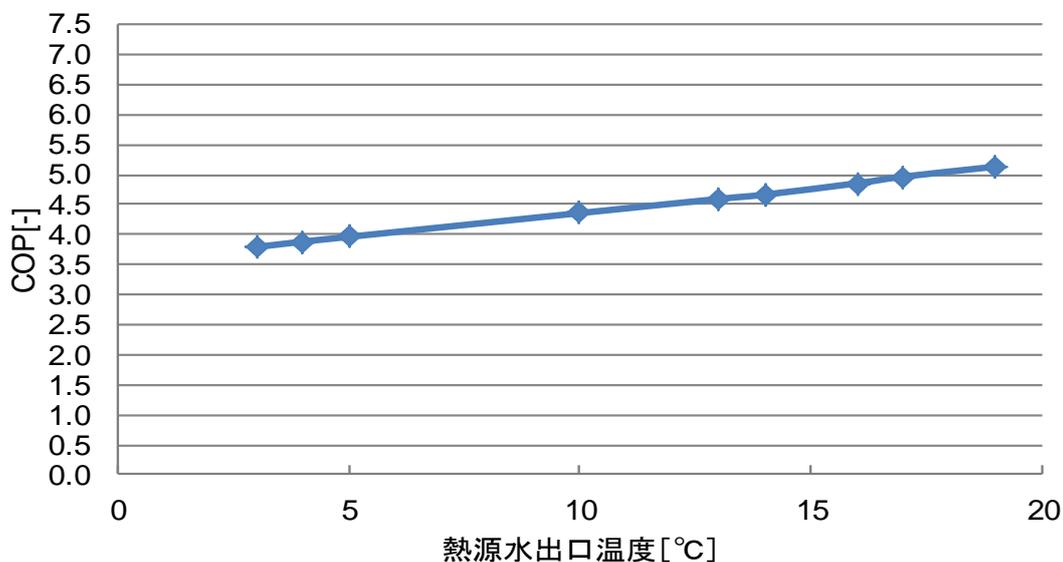


図 5-11 モデルケース①-1, 2 の水冷 HP COP

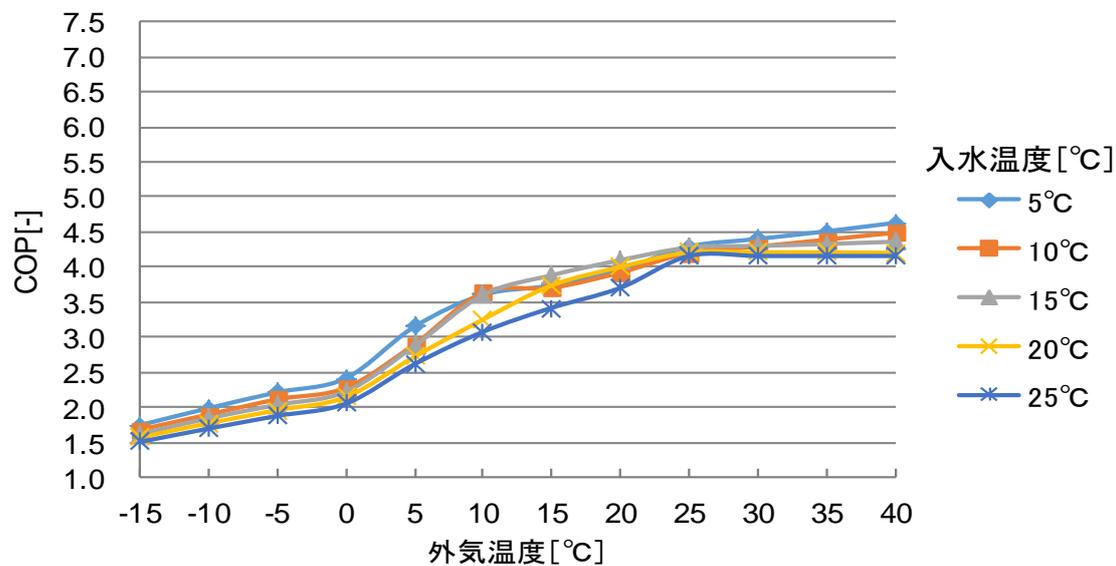


図 5-12 モデルケース①-A の空冷 HP COP

■モデルケース②

モデルケース②における各機器の選定根拠を次に示す。コスト及び環境性評価を含む機器は、フロー図に記載された範囲を対象とする。

① 熱源機能力

熱需要量による必要加熱能力と、詳細ポテンシャルマップより算出した。下水熱利用可能な熱源機能力の小さい方を設置可能最大加熱量とする。

空調

- ・熱需要量による必要加熱能力 840 (kW)
- ・利用可能な熱源機能力 114.5 (kW)

水冷式 HP の加熱能力は、空調 114.5kW を基準とし、熱源機能力を選定する。比較基準システムとなる、空冷 HP チラー及び、吸収式冷温水発生器についても、同等の能力とする。

② 熱源水ポンプ(水冷式 HP-熱交換器)

- ・冷暖房 (選定熱源機器：22.5馬力×2台=45馬力)

冷却：熱源機能力 104.6(kw) 冷水 入口温度 12.0℃ 出口温度 7.0℃
熱源水 入口温度 27.0℃ 出口温度 32.0℃

【管路内熱交換器 金属露出型の場合】

熱源水ポンプ $366.4(1/\text{min}) \times 260(\text{kPa}) \times 3.7(\text{kW})$ (②-1)

揚程算出基準 配管長：650m 単位抵抗：0.2kPa/m

局部抵抗：直管×0.5

機器抵抗：40kPa 余裕率：1.1

【マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式】

熱源水ポンプ $366.4(1/\text{min}) \times 250(\text{kPa}) \times 3.7(\text{kW})$ (②-2)

揚程算出基準 配管長：600m 単位抵抗：0.2kPa/m

局部抵抗：直管×0.5

機器抵抗：40kPa 余裕率：1.1

加熱：熱源機能力 112.2(kW) 温水 入口温度 40.0℃ 出口温度 45.0℃
熱源水 入口温度 8.0℃ 出口温度 3.0℃

【管路内熱交換器 金属露出型の場合】

熱源水ポンプ $321.6(1/\text{min}) \times 260(\text{kPa}) \times 3.7(\text{kW})$ (②-1)

揚程算出基準 配管長：650m 単位抵抗：0.2kPa/m

局部抵抗：直管 $\times 0.5$

機器抵抗：40kPa 余裕率：1.1

【マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式】

熱源水ポンプ $321.6(1/\text{min}) \times 250(\text{kPa}) \times 3.7(\text{kW})$ (②-2)

揚程算出基準 配管長：600m 単位抵抗：0.2kPa/m

局部抵抗：直管 $\times 0.5$

機器抵抗：40kPa 余裕率：1.1

③ 熱交換器

・冷暖房 (選定熱源機器：22.5馬力 $\times 2$ 台=45馬力)

熱源機能力 104.6(kW) 熱交換必要能力 127.8(kW) (②-1, 2)

熱交換器能力 $127.8(\text{kW}) \times 1.4$ (余裕率40%：汚れ係数など) $\doteq 179(\text{kW})$

管路内熱交換器 金属露出型必要長さ：

$179000(\text{W}) / 350(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}) / 1.5 / 3.0 / 1.0 \doteq 113.7(\text{m})$

必要長さ算出基準 熱通過率：350(W/m²・K) 交換器表面積比率：1.5

管路内接水幅：1.0m(カルバートより)

対数平均温度差：3.0(K)

2) 熱源機器の COP 特性

選定した熱源機器の COP 特性を次に示す。なお、ガス焚ボイラーについては、ボイラー効率 0.9 とする。

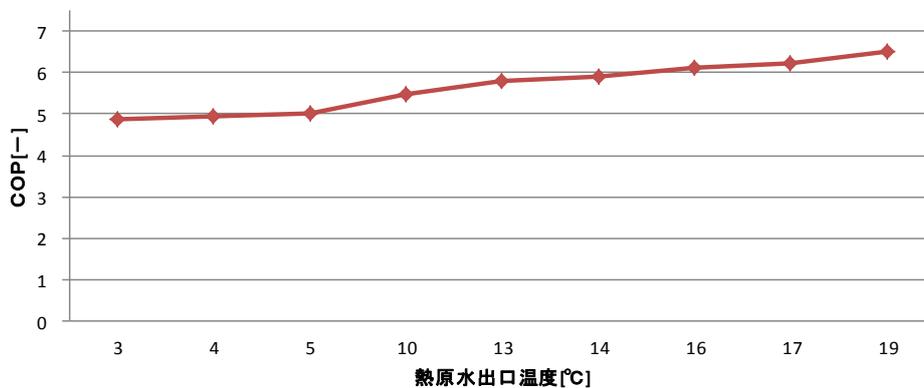


図 5-13 モデルケース②-1, 2 の水冷 HP COP

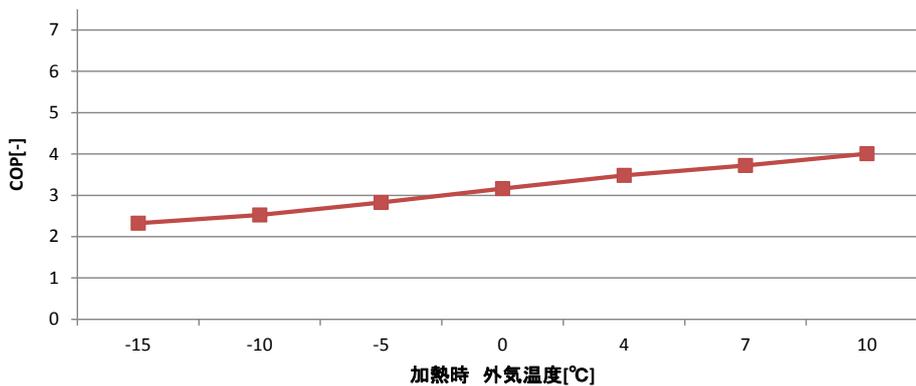
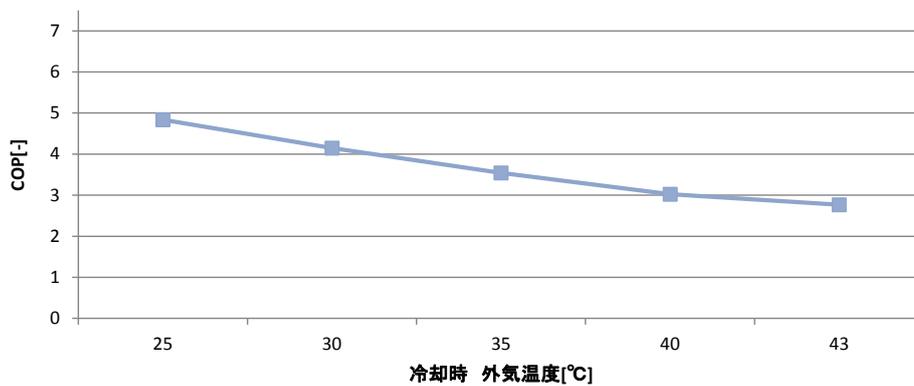


図 5-14 モデルケース②-A の空冷 HP COP

(3) 各モデルケースのシミュレーション結果

1) シミュレーション諸条件

シミュレーションに使用した各数値を次に示す。

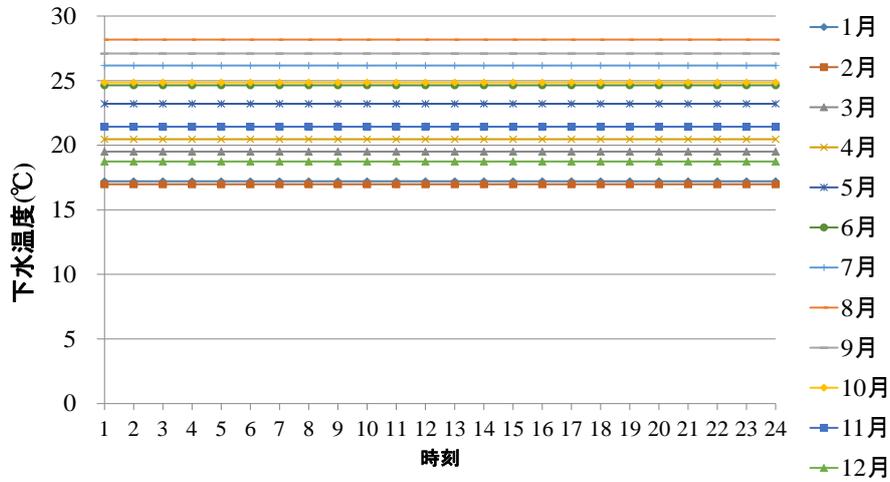


図 5-15 下水温度：福岡市月別時刻平均温度

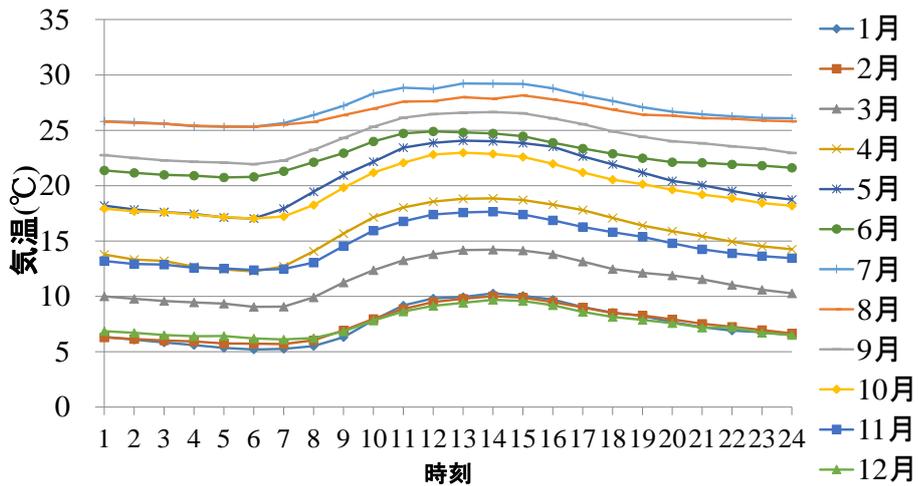


図 5-16 外気温度：気象庁データ月別時刻平均温度

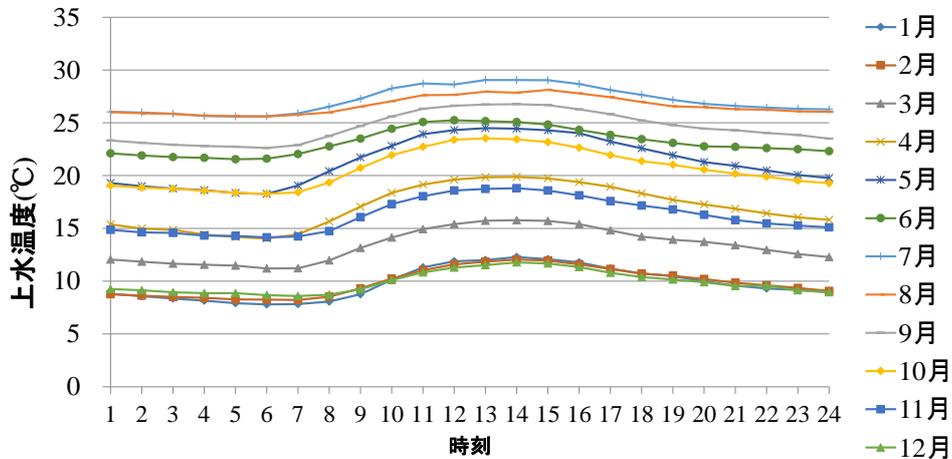


図 5-17 給水温度：平成 13 年度建築物の省エネルギー基準と計算の手引きによる推定

表 5-4 各種エネルギー単価及び原単位

1次エネルギー換算係数 電力	9970	kJ/kWh
電気CO ₂ 排出係数	0.617	kgCO ₂ /kWh
都市ガスCO ₂ 排出係数	2.29	kgCO ₂ /m ³
都市ガス発熱量(高位発熱量)	44.8	MJ/m ³
利用プラン：低圧季特別電力〔05〕	九州電力	2015/1/22
基本料金	1,296.00	円/kWh
夏期 昼間時間(8~22)	16.38	円/kWh
その他季節 昼間時間(8~22)	14.32	円/kWh
夜間時間	10.29	円/kWh
利用プラン：時間帯別A契約	西部ガス	2015/2/13
ガス定額基本料金	1,620.00	円/月
ガス流量基本料金	1,458.00	円/m ³
単位料金	152.93	円/m ³
単位料金	152.93	円/m ³

2) モデルケース①シミュレーション結果

給湯の検討ケースについて、一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量、エネルギーコストの検討結果を次に示す。下水熱利用のケースは、空冷 HP よりも良い結果が得られた。ガス焚のケースは、空冷 HP と水冷 HP に対しいずれも 3 つの項目において悪い結果となっている。

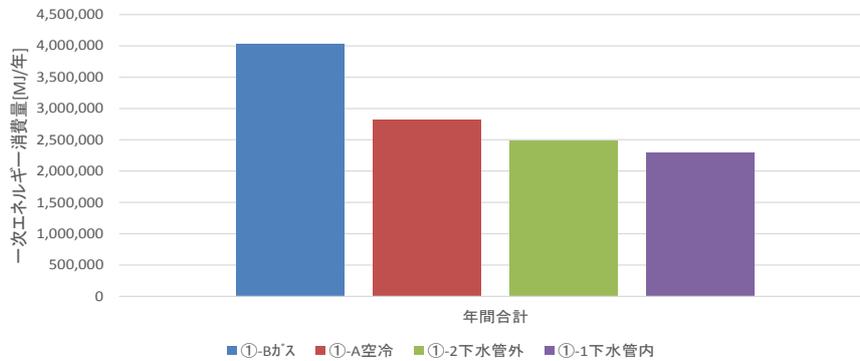


図 5-18 一次エネルギー消費量(年間)モデルケース①

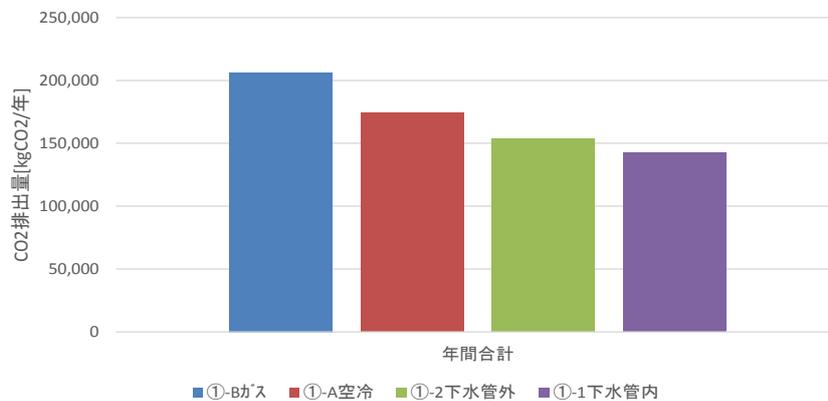


図 5-19 CO₂ 排出量(年間)モデルケース①

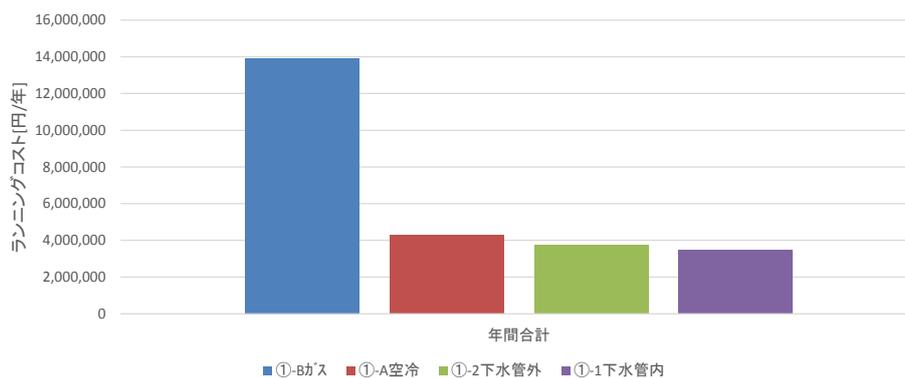


図 5-20 ランニングコスト(年間)モデルケース①

検討ケースごとの、システム COP(一次エネルギー換算値)を次に示す。

表 5-5 システム COP(一次エネルギー換算値)

	①-Bガス	①-A空冷	①-2下水管外	①-1下水管内
1月	0.895	1.151	1.347	1.442
2月	0.895	1.155	1.343	1.437
3月	0.895	1.237	1.395	1.495
4月	0.895	1.297	1.415	1.518
5月	0.895	1.357	1.474	1.586
6月	0.895	1.365	1.506	1.623
7月	0.895	1.394	1.543	1.666
8月	0.895	1.372	1.593	1.725
9月	0.895	1.373	1.566	1.693
10月	0.895	1.347	1.511	1.629
11月	0.895	1.280	1.435	1.541
12月	0.895	1.150	1.379	1.544
平均値	0.895	1.290	1.459	1.575
最大値-平均値	0.000	0.104	0.134	0.150
平均値-最小値	0.000	0.139	0.116	0.138

3) モデルケース②シミュレーション結果

冷暖房の検討ケースについて、一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量、エネルギーコストの検討結果を次に示す。モデルケース①と同様、ガス焚がすべての項目で悪い結果となっている。下水熱利用水冷 HP は、空冷 HP と比較すると、冷房時の差の影響が大きく空冷 HP の方が良い結果となっている。

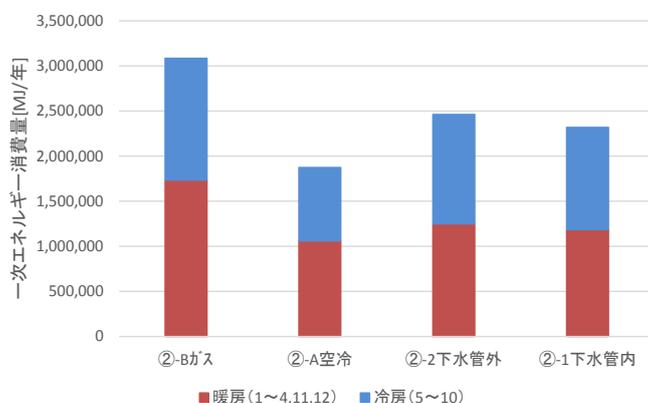


図 5-21 一次エネルギー消費量 (年間) モデルケース②

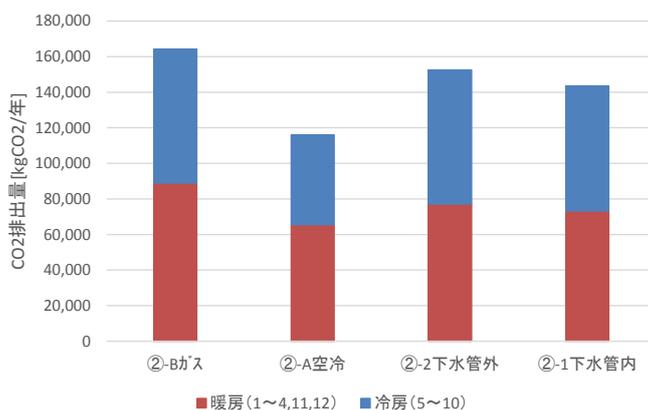


図 5-22 CO₂ 排出量 (年間) モデルケース②

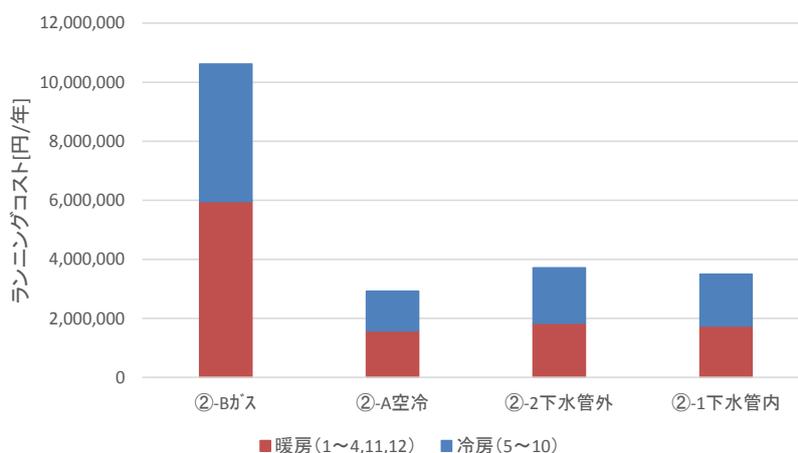


図 5-23 ランニングコスト (年間) モデルケース②

検討ケースごとの、システム COP(一次エネルギー換算値)を次に示す。

表 5-6 システム COP(一次エネルギー換算値)

	②-Bガス	②-A空冷	②-2下水管外	②-1下水管内
1月	0.885	1.333	1.197	1.260
2月	0.885	1.337	1.193	1.255
3月	0.885	1.489	1.240	1.307
4月	0.885	1.671	1.257	1.327
5月	1.076	1.969	1.293	1.389
6月	1.076	1.842	1.238	1.328
7月	1.076	1.605	1.181	1.264
8月	1.076	1.634	1.108	1.184
9月	1.076	1.758	1.147	1.226
10月	1.076	2.014	1.230	1.318
11月	0.885	1.631	1.276	1.347
12月	0.885	1.337	1.225	1.291
平均値	0.981	1.635	1.215	1.291
最大値-平均値	0.096	0.379	0.077	0.097
平均値-最小値	0.096	0.302	0.107	0.108

(4) イニシャルコスト・ランニングコストの算出

モデルケース①の各コスト算出根拠を次に示す。

表 5-7 モデルケース①-1(水冷 HP 60℃ 管路内熱交換器 金属露出型)

名 称	摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース①-1						
(イニシャルコスト)						
機器工事	水冷式HP(一過式)	加熱能力:127.5 kW	1	台	17,400,000	17,400,000
	ガス焚ボイラー		0	台	-	-
	貯湯タンク	貯湯量:2,200 L	1	台	2,870,000	2,870,000
	循環ポンプ	30 L/min × 60 kPa × 0.25 kW	1	台	80,200	80,200
	熱源水ポンプ	247.9 L/min × 260 kPa × 2.2 kW	1	台	194,000	194,000
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型 加熱能力:134.8kW	1	台	34,240,000	34,240,000
	スクリーン		0	台		-
	下水採水ポンプ		0	台		-
	小計					54,784,200
配管工事	ポリエチレン管	75A 土中配管(下水～熱交換機～水冷式HP)	600	m	9,020	5,412,000
	配管用炭素鋼鋼管	100A 屋内配管(熱交換器～水冷式HP)	50	m	20,460	1,023,000
	ステンレス管	30A 屋内配管(水冷式HP～貯湯タンク)	60	m	7,440	446,400
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	式	-	-
	配管付属品 一式	配管の10%とする	1	式		688,140
	柵補修		0	箇所	-	-
	小計					7,569,540
土工事	根切り、埋戻し		300	m ³	5,470	1,641,000
	舗装工事	舗装工事、アスファルトカッター、積込み、ガラ処分費、ガラ運搬費	300	m	9,790	2,937,000
	小計					4,578,000
イニシャルコスト 計					66,931,740	
(ランニングコスト)						
	電気料金		1	式	3,470,441	3,470,441
	ガス料金		1	式		-
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000
	ポンプ	1回/年	2	台	30,000	60,000
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型	1	式		-
	スクリーン	6回/年	0	台	-	-
	小計					110,000
ランニングコスト 計					3,580,441	

表 5-8 モデルケース①-2
(水冷 HP60°C マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース①-2							
(イニシャルコスト)							
機器工事	水冷式HP(一過式)	加熱能力:127.5 kW	1	台	17,400,000	17,400,000	
	ガス焚ボイラー		0	台	-	-	
	貯湯タンク	貯湯量:2,200 L	1	台	2,870,000	2,870,000	
	循環ポンプ	30 L/min × 60 kPa × 0.25 kW	1	台	80,200	80,200	
	熱源水ポンプ	247.9 L/min × 260 kPa × 2.2 kW	1	台	194,000	194,000	
	熱交換器	管路内熱交換器 流下液膜式 加熱能力:134.8 kW	1	台	13,480,000	13,480,000	
	スクリーン		1	台	3,500,000	3,500,000	
	下水採水ポンプ	247.9 L/min × 90 kPa × 1.5 kW	1	台	135,000	135,000	
	小計					37,659,200	
配管工事	ポリエチレン管	75A 土中配管(下水～熱交換機～水冷式HP)	600	m	9,020	5,412,000	
	配管用炭素鋼銅管	100A 屋内配管(熱交換器～水冷式HP)	50	m	20,460	1,023,000	
	ステンレス管	30A 屋内配管(水冷式HP～貯湯タンク)	60	m	7,440	446,400	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	式	-	-	
	配管付属品 一式	配管の10%とする	1	式		688,140	
	桁補修		1	箇所	150,000	150,000	
	小計					7,719,540	
	土工事	根切り、埋戻し		300	m ³	5,470	1,641,000
舗装工事		舗装工事、アスファルトカッター、積込み、ガラ処分費、ガラ運搬費	300	m	9,790	2,937,000	
小計						4,578,000	
イニシャルコスト 計						49,956,740	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	3,741,944	3,741,944	
	ガス料金		1	式		-	
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1回/年	3	台	30,000	90,000	
	熱交換器	マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式	1	式	300,000	300,000	
	スクリーン	6回/年	1	台	30,000	180,000	
	小計					620,000	
ランニングコスト 計						4,361,944	

表 5-9 モデルケース①-A(空冷 HP 60°C)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース①-A							
(イニシャルコスト)							
機器工事	空冷式HP	加熱能力:120kW	1	台	20,400,000	20,400,000	
	貯湯タンク	貯湯量:2,200 L	0	台	-	-	
	循環ポンプ	30 L/min × 60 kPa × 0.25 kW	1	台	80,200	80,200	
		小計					20,480,200
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-	
	配管用炭素鋼鋼管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	ステンレス管	30A 屋内配管(空冷式HP~貯湯タンク)	60	m	7,440	446,400	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	式	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		44,640	
		小計					491,040
	土工事		0	m3	-	-	
イニシャルコスト 計						20,971,240	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	4,277,056	4,277,056	
	ガス料金		1	式		-	
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1回/年	1	台	30,000	30,000	
		小計					80,000
ランニングコスト 計						4,357,056	

表 5-10 モデルケース①-B(ガス焚ボイラー 60℃)

名 称	摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース①-B						
(イニシャルコスト)						
機器工事	ガス焚ボイラー	加熱能力: 116kW	1	台	909,000	909,000
	貯湯タンク	貯湯量: 2,200 L	1	台	2,870,000	2,870,000
	循環ポンプ	30 L/min × 60 kPa × 0.25 kW	1	台	80,200	80,200
	小計					3,859,200
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-
	配管用炭素鋼鋼管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-
	ステンレス管	30A 屋内配管(ガス焚ボイラー～貯湯タンク)	60	m	7,440	446,400
	ガス配管	ガス引込工事等	1	式	500,000	500,000
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		94,640
	小計					1,041,040
	土工事		0	m ³	-	-
イニシャルコスト 計					4,900,240	
(ランニングコスト)						
	電気料金		1	式	-	-
	ガス料金		1	式	13,926,656	13,926,656
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000
	ポンプ	1回/年	1	台	30,000	30,000
	小計					80,000
ランニングコスト 計					14,006,656	

モデルケース②の各コスト算出根拠を次に示す。

表 5-11 モデルケース②-1(水冷HP 7℃、45℃ 管路内熱交換器 金属露出型)

名 称	摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1						
(イニシャルコスト)						
機器工事	水冷式HP(一過式)	冷却能力:104.6kW/加熱能力:112.2 kW	1	式	12,000,000	12,000,000
	ガス焚ボイラー		0	台	-	-
	貯湯タンク		0	台	-	-
	冷温水ポンプ	321.7 L/min × 60 kPa × 0.75 kW	1	台	118,000	118,000
	熱源水ポンプ	366.4 L/min × 260 kPa × 3.7 kW	1	台	216,000	216,000
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型 加熱能力:179 kW	1	台	45,480,000	45,480,000
	スクリーン		0	台		-
	下水採水ポンプ		0	台		-
	小計					57,814,000
配管工事	ポリエチレン管	75A 土中配管(下水～熱交換機～水冷式HP)	600	m	9,020	5,412,000
	配管用炭素鋼鋼管	100A 屋内配管(熱交換器～水冷式HP、水冷式HP～ヘッダー)	110	m	20,460	2,250,600
	ステンレス管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	式	-	-
	配管付属品 一式	配管の10%とする	1	式		766,260
	枘補修		0	箇所	-	-
	小計					8,428,860
土工事	根切り、埋戻し		300	m ³	5,470	1,641,000
	舗装工事	舗装工事、アスファルトカッター、積込み、ガラ処分費、ガラ運搬費	300	m	9,790	2,937,000
	小計					4,578,000
イニシャルコスト 計					70,820,860	
(ランニングコスト)						
	電気料金		1	式	3,501,542	3,501,542
	ガス料金		1	式		-
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000
	貯湯タンク	1回/年	0	台	-	-
	ポンプ	1回/年	2	台	30,000	60,000
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型	1	式		-
	スクリーン	6回/年	0	台	-	-
	小計					80,000
ランニングコスト 計					3,581,542	

表 5-12 モデルケース②-2
(水冷 HP 7℃、45℃マンホール取水管路外熱交換器流下液膜式)

名 称	摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-2						
(イニシャルコスト)						
機器工事	水冷式HP(一過式)	冷却能力:104.6kW/加熱能力:112.2 kW	1	式	12,000,000	12,000,000
	ガス焚ボイラー		0	台	-	-
	貯湯タンク		0	台	-	-
	冷温水ポンプ	321.7 L/min × 60 kPa × 0.75 kW	1	台	118,000	118,000
	熱源水ポンプ	366.4 L/min × 260 kPa × 3.7 kW	1	台	216,000	216,000
	熱交換器	管路内熱交換器 流下液膜式 加熱能力:179 kW	1	台	17,900,000	17,900,000
	スクリーン		1	台	3,500,000	3,500,000
	下水採水ポンプ	366.4 L/min × 90 kPa × 1.5 kW	1	台	135,000	135,000
	小計					33,869,000
配管工事	ポリエチレン管	75A 土中配管(下水～熱交換機)	600	m	9,020	5,412,000
	配管用炭素鋼鋼管	100A 屋内配管(熱交換器～水冷式HP、水冷式HP～ヘッダー)	110	m	20,460	2,250,600
	ステンレス管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	式	-	-
	配管付属品 一式	配管の10%とする	1	式		766,260
	桁補修		1	箇所	150,000	150,000
	小計					8,578,860
土工事	根切り、埋戻し		300	m ³	5,470	1,641,000
	舗装工事	舗装工事、アスファルトカッター、積込み、ガラ処分費、ガラ運搬費	300	m	9,790	2,937,000
	小計					4,578,000
イニシャルコスト 計					47,025,860	
(ランニングコスト)						
	電気料金		1	式	3,716,623	3,716,623
	ガス料金		1	式		-
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000
	貯湯タンク	1回/年	0	台	-	-
	ポンプ	1回/年	3	台	30,000	90,000
	熱交換器	マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式	1	式	300,000	300,000
	スクリーン	6回/年	1	台	30,000	180,000
	小計					410,000
ランニングコスト 計					4,126,623	

表 5-13 モデルケース②-A (空冷 HP チラー 7℃、45℃)

名 称	摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-A						
(イニシャルコスト)						
機器工事	空冷HPチラー	加熱能力:118kW	1	台	7,220,000	7,220,000
	冷温水ポンプ	321.7 L/min × 60 kPa × 0.75 kW	1	台	118,000	118,000
	小計					7,338,000
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-
	配管用炭素鋼鋼管	100A 機械室(空冷HPチラー～ヘッダー)	60	m	20,460	1,227,600
	ステンレス管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	式	-	-
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		122,760
	小計					1,350,360
土工事		0	m ³	-	-	
イニシャルコスト 計					8,688,360	
(ランニングコスト)						
	電気料金		1	式	2,921,872	2,921,872
	ガス料金		1	式		-
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000
	貯湯タンク	1回/年	0	台	-	-
	ポンプ	1回/年	1	台	30,000	30,000
	小計					50,000
ランニングコスト 計					2,971,872	

表 5-14 モデルケース②-B (吸収式冷温水発生器 7℃、45℃)

名 称	摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-B						
(イニシャルコスト)						
機器工事	ガス焚吸収式冷温水発生器	加熱能力: 141kW	1	台	6,010,000	6,010,000
	冷温水ポンプ	321.7 L/min × 60 kPa × 0.75 kW	1	台	118,000	118,000
	小計					6,128,000
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-
	配管用炭素鋼鋼管	100A 機械室(ガス焚吸収式冷温水発生器～ヘッダー)	60	m	20,460	1,227,600
	ステンレス管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-
	ガス配管	ガス引込工事等	1	式	500,000	500,000
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		172,760
	小計					1,900,360
	土工事		0	m ³	-	-
イニシャルコスト 計					8,028,360	
(ランニングコスト)						
	電気料金		1	式		-
	ガス料金		1	式	10,619,094	10,619,094
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000
	貯湯タンク	1回/年	0	台	-	-
	ポンプ	1回/年	1	台	30,000	30,000
	小計					50,000
ランニングコスト 計					10,669,094	

(5) 環境性能及びライフサイクルコストの検討結果

各モデルケースの環境性能及び、ライフサイクルコストの検討結果を以下に示す。

1) モデルケース①

表 5-15 モデルケース①（補助金無し） 一覧表

項 目		モデルケース①-1	モデルケース①-2	モデルケース①-A	モデルケース①-B	備 考	
設備構成		下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液模式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	54,784,200	37,659,200	25,680,200	3,859,200	
		配管工事	7,569,540	7,719,540	491,040	1,041,040	ガス工事を含む
		土工事	4,578,000	4,578,000	0	0	
	合計(税抜)		¥86,931,740	¥49,956,740	¥26,171,240	¥4,900,240	直接工事費とする
ランニングコスト	電気料金	3,470,441	3,741,944	4,277,056	-		
	ガス料金	-	-	-	13,926,656		
	メンテナンス費	110,000	620,000	80,000	80,000		
	合計(税抜)		¥3,580,441	¥4,361,944	¥4,357,056	¥14,006,656	
事業採算性評価	回収年数	6	5	3		基準	
	一次エネルギー削減量 (MJ/年)	1,734,982	1,552,373	1,220,678	0		
	省エネルギー率	0.43	0.38	0.30	1.00		
	CO2削減量(ton/年)	64,162	52,861	32,334	0		
	CO2削減率	0.31	0.26	0.16	1.00		
システムCOP (一次エネルギー計算)		1.58	1.46	1.29	0.90		

表 5-16 モデルケース①（補助金あり） 一覧表

項 目		モデルケース①-1	モデルケース①-2	モデルケース①-A	モデルケース①-B	備 考	
設備構成		下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液模式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	54,784,200	37,659,200	25,680,200	3,859,200	
		配管工事	7,569,540	7,719,540	491,040	1,041,040	ガス工事を含む
		土工事	4,578,000	4,578,000	0	0	
	合計(税抜)		¥86,931,740	¥49,956,740	¥26,171,240	¥4,900,240	直接工事費とする
合計(補助金分控除)		¥33,485,870	¥24,978,370	¥26,171,240	¥4,900,240		
ランニングコスト	電気料金	3,470,441	3,741,944	4,277,056	-		
	ガス料金	-	-	-	13,926,656		
	メンテナンス費	110,000	620,000	80,000	80,000		
	合計(税抜)		¥3,580,441	¥4,361,944	¥4,357,056	¥14,006,656	
事業採算性評価	回収年数	3	3	3		基準	
	一次エネルギー削減量 (MJ/年)	1,734,982	1,552,373	1,220,678	0		
	省エネルギー率	0.43	0.38	0.30	1.00		
	CO2削減量(ton/年)	64,162	52,861	32,334	0		
	CO2削減率	0.31	0.26	0.16	1.00		
システムCOP (一次エネルギー計算)		1.58	1.46	1.29	0.90		

2) モデルケース②

表 5-17 モデルケース②（補助金無し） 一覧表

項 目		モデルケース②-1	モデルケース②-2	モデルケース②-A	モデルケース②-B	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液様式) ・水冷式HP	・空冷式HPチラー	・ガス炭酸式冷水発生器		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	57,814,000	33,869,000	7,338,000	6,128,000	
		配管工事	8,428,860	8,578,860	1,350,360	1,900,360	ガス工事を含む
		土工事	4,578,000	4,578,000	-	-	
	合計(税抜)	¥70,820,860	¥47,025,860	¥8,688,360	¥8,028,360	直接工事費とする	
ランニングコスト	電気料金	3,501,542	3,716,623	2,921,872	-		
	ガス料金	-	-	-	10,619,094		
	メンテナンス費	80,000	410,000	50,000	50,000		
	合計(税抜)	¥3,581,542	¥4,126,623	¥2,971,872	¥10,669,094		
事業採算性評価	回収年数	9	8	1	基準		
環境性評価項目	一次エネルギー削減量 (MJ/年)	766,684	622,425	1,211,872	0		
	省エネルギー率	0.25	0.20	0.39	1.00		
	CO2削減量 (ton/年)	20,670	11,742	48,220	0		
	CO2削減率	0.13	0.07	0.29	1.00		
	システムCOP (一次エネルギー計算)	1.29	1.22	1.64	0.88		

表 5-18 モデルケース②（補助金あり） 一覧表

項 目		モデルケース②-1	モデルケース②-2	モデルケース②-A	モデルケース②-B	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液様式) ・水冷式HP	・空冷式HPチラー	・ガス炭酸式冷水発生器		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	57,814,000	33,869,000	7,338,000	6,128,000	
		配管工事	8,428,860	8,578,860	1,350,360	1,900,360	ガス工事を含む
		土工事	4,578,000	4,578,000	-	-	
	合計(税抜)	¥70,820,860	¥47,025,860	¥8,688,360	¥8,028,360	直接工事費とする	
合計(補助金分控除)	¥35,410,430	¥23,512,930	¥8,688,360	¥8,028,360			
ランニングコスト	電気料金	3,501,542	3,716,623	2,921,872	-		
	ガス料金	-	-	-	10,619,094		
	メンテナンス費	80,000	410,000	50,000	50,000		
	合計(税抜)	¥3,581,542	¥4,126,623	¥2,971,872	¥10,669,094		
事業採算性評価	回収年数	4	3	1	基準		
環境性評価項目	一次エネルギー削減量 (MJ/年)	766,684	622,425	1,211,872	0		
	省エネルギー率	0.25	0.20	0.39	1.00		
	CO2削減量 (ton/年)	20,670	11,742	48,220	0		
	CO2削減率	0.13	0.07	0.29	1.00		
	システムCOP (一次エネルギー計算)	1.29	1.22	1.64	0.88		

(6) まとめ

環境性評価として、モデルケース①の給湯については、空冷 HP のモデルケースに比べ、1 次エネルギー消費量、CO₂ 排出量共に、下回る結果となった。マンホール取水管路外熱交換方式は、管路内熱交換器方式より、若干排出量が多い結果となっている。これは、マンホール取水管路外熱交換器方式は、下水採水ポンプと熱源水ポンプの搬送動力が必要となることから消費電力量が負担となっていることが要因である。

給湯能力が 100 kW 程度を超えると、下水熱システムの有効性が認められると考えられる。

モデルケース②の空調については、空冷 HP のモデルケースに比べ、環境性能では大きな差がみられる。しかしながら、空調の内訳(冷房と暖房)をみると、冷房時の差が大きく影響している結果となっている。

ランニングコストについて、モデルケース①の給湯は空冷 HP に対して良い結果となっている。モデルケース②の空調は、環境性評価と同様に冷房時のコストの影響が大きく、良い結果となっていない。

コスト評価における回収年数では、モデルケース①の給湯とモデルケース②において、空冷 HP のモデルケースに比べ、下水熱利用のモデルケースが長くなる結果となった。特に管路内熱交換器方式は回収年数が長い結果となっている。この回収年数が長くなる要因として、熱交換器の工事費が考えられる。

モデルケース①の検討結果では、管路内熱交換器方式の場合、全体工事費の約 48%を熱交換器の工事費が占め、管路外熱交換器方式の場合、全体工事費の 25%となっている。モデルケース②では、管路内熱交換器方式が約 64%を、管路外熱交換器方式の場合、38%を占める結果となった。

FS では熱交換器等は開発ベースの価格を採用しているため、今後下水熱利用の普及が進めば大幅な低価格化が期待できると予想される。

今回の FS 結果より、下水熱方式は、給湯におけるガス焚ボイラー方式、空冷 HP 方式よりも環境性評価、コスト評価共に優位性がある結果を得られた。下水熱ポテンシャルにより 100kW を超える給湯能力が得られると想定される場合。その有効性は高いと考えられる。環境性評価に数値として評価が難しいが、水冷 HP による下水熱システムが、空冷 HP に対するメリットとして、夏期冷房用の廃熱が外気に排出されない、冬期のデフロストが不要である点があげられる。

§4 大阪府茨木市における詳細ポテンシャルマップを活用したフィージビリティスタディ事例

大阪府茨木市における詳細ポテンシャルマップを活用した下水熱利用についてのフィージビリティスタディについて示す。

(1) 茨木市における FS 検討の検討対象施設

1) 下水熱ポテンシャル量

検討施設場所近傍の下水熱ポテンシャル量を示す。

下水熱採熱位置ポテンシャル量 1663.5 (MJ/h)

下水熱ポテンシャル量のうち、利用可能なポテンシャル量を次に示す。
利用可能なポテンシャル量は、ポテンシャルマップの精度誤差を考慮し50%とする。

利用可能ポテンシャル量 831.8 (MJ/h)

2) 下水熱利用可能な熱源機能力の算定

利用可能な熱源機能力は、機器の COP を 4.0 と仮定し算定する。

設置可能熱源機能力 1,109.1 (MJ/h) →308 (kW)

上記検討により、本検討における下水熱システムの熱源機能力は、300 (kW) を上限とする。

3) 熱需要量

- ① 健康関連施設（給湯） 月別最大値 15,648 (kWh/d)
- ② 商業施設（給湯） 月別最大値 熱源機能力を 50kW, 100kW, 150kW と変更することで、下水熱利用が有効となる熱需要量を検討する。

FS 対象施設における熱需要量の算定について次に示す。

モデルケース①について、各月別平均給湯需要に比べ、下水熱利用給湯熱量が下回るため、下水熱利用の熱源機能力 300kW 以下の場合、熱需要に対する容量制御は不要とし、今後の検討を行う。

年間熱需要量（給湯）：4327.3 MWh

月別日平均給湯需要量、月別時刻最大給湯需要量

	月別日平均 給湯需要 [kWh/d]	月別最大時刻 給湯需要 [kWh/h]	日平均給湯量 (需要) (L/d)	最大給湯量 (需要) (L/h)	下水熱利用 給湯熱量 [kWh/d]
1月	12248.4	1087.2	191075.0	16960.3	6000.0
2月	15648.2	1337.7	244111.9	20868.0	6000.0
3月	14458.7	1237.9	225555.7	19311.0	6000.0
4月	13078.7	1129.1	204027.7	17614.0	6000.0
5月	11474.8	1031.9	179006.9	16098.0	6000.0
6月	9698.7	937.2	151299.7	14620.0	6000.0
7月	9912.3	973.4	154631.9	15185.0	6000.0
8月	8633.5	889.2	134682.6	13872.0	6000.0
9月	9480.0	959.8	147888.0	14973.0	6000.0
10月	10544.5	969.9	164494.2	15130.0	6000.0
11月	12962.3	1157.0	202211.9	18049.0	6000.0
12月	14421.9	1238.0	224981.6	19313.0	6000.0
最大月	15648.2	1337.7	244111.9	20868.0	6000.0
最小月	8633.5	889.2	134682.6	13872.0	6000.0

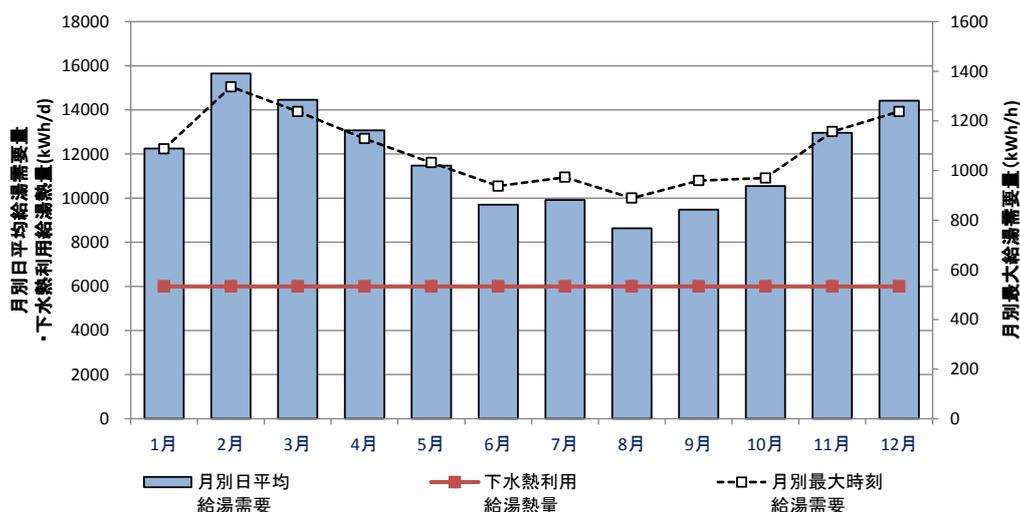


図 5-24 給湯需要量と下水熱利用給湯熱量との比較

・給湯負荷バランスによる熱源機器・貯湯タンクの選定（参考）

全給湯負荷に対応した熱源機器及び貯湯タンクを設置する場合の、加熱能力及び貯湯タンク容量を次に示す。

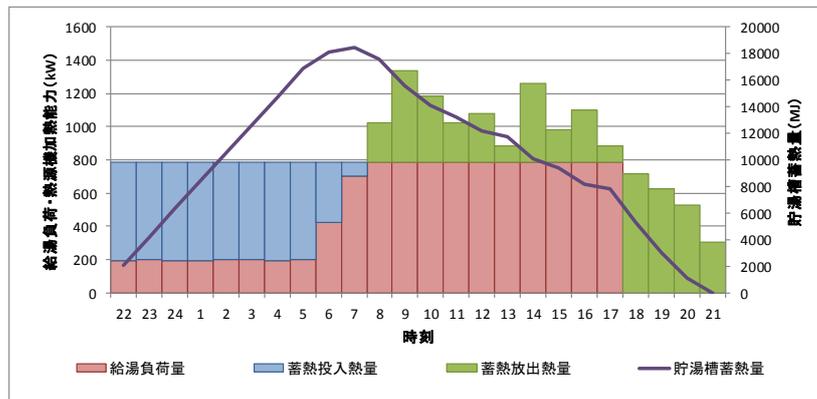
機器運転時間: T_{hn} 20 h
 給水温度 5 °C
 給湯温度 60 °C
 一日給湯量 244112 L/日

 日給湯負荷 Q_{fwd} 15.648 kWh/d
 時間最大予想給湯量 20.868 L/h

 必要加熱能力 Q'_{hn} 782.4 kW $Q'_{hn} = Q_{fwd}/T_{hn}$ Q_{fwd} : 日給湯負荷 T_{hn} : ヒートポンプ運転時間

給湯負荷バランス表

時刻	給水温度	①		②		③		⑤		⑥		貯湯槽蓄熱率
		給湯負荷	運転時間	熱源能力	投入熱量	貯湯量	貯湯槽蓄熱率					
	5°C	kW		kW	kW	kW	MJ				%	
22	5	197	1	782.4	585.4	585.4	2107.44				11	
23	5	199	1	782.4	583.4	1168.8	4207.68				23	
24	5	195	1	782.4	587.4	1756.2	6322.32				34	
1	5	197	1	782.4	585.4	2341.6	8429.76				46	
2	5	201	1	782.4	581.4	2923	10522.8				57	
3	5	201	1	782.4	581.4	3504.4	12615.84				68	
4	5	193	1	782.4	589.4	4093.8	14737.68				80	
5	5	199	1	782.4	583.4	4677.2	16837.92				91	
6	5	424	1	782.4	358.4	5035.6	18128.16				98	
7	5	702	1	782.4	80.4	5116	18417.6				100	
8	5	1026	1	782.4	-243.6	4872.4	17540.64				95	
9	5	1338	1	782.4	-555.6	4316.8	15540.48				84	
10	5	1185	1	782.4	-402.6	3914.2	14091.12				77	
11	5	1025	1	782.4	-242.6	3671.6	13217.76				72	
12	5	1081	1	782.4	-298.6	3373	12142.8				66	
13	5	886	1	782.4	-103.6	3269.4	11769.84				64	
14	5	1256	1	782.4	-473.6	2795.8	10064.88				55	
15	5	982	1	782.4	-199.6	2596.2	9346.32				51	
16	5	1099	1	782.4	-316.6	2279.6	8206.56				45	
17	5	883	1	782.4	-100.6	2179	7844.4				43	
18	5	717	0	0	-717	1462	5263.2				29	
19	5	629	0	0	-629	833	2998.8				16	
20	5	526	0	0	-526	307	1105.2				6	
21	5	307	0	0	-307	0	0				0	
合計		15648	20			67072						



※参考機器選定

機器加熱能力 Q_{hp} $Q_{hp} = Q'_{hp} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$ 948.86 kW

$Q'_{hp} = Q_{fwd}/T_{hp}$ Q_{fwd} : 日給湯負荷 T_{hp} : ヒートポンプ運転時間
 α_1 : 配管・貯湯ユニット等の熱損失係数 1.1
 α_2 : 経年係数 1.05
 α_3 : 能力補償係数 1.05

必要貯湯量 V 60°C貯湯 79997 L (自動計算)

貯湯量 V' $V' = V \times 1.2$ 96000 L 60°C貯湯
 1.2: 熱源吸込温度安全率

4) 検討システム

茨木市における検討システムとして、想定されるシステム構成を表 5-19 に示す。なお、コスト及び環境性の評価については、想定されたシステム構成の内、※印の内容について実施する。

表 5-19 検討システム

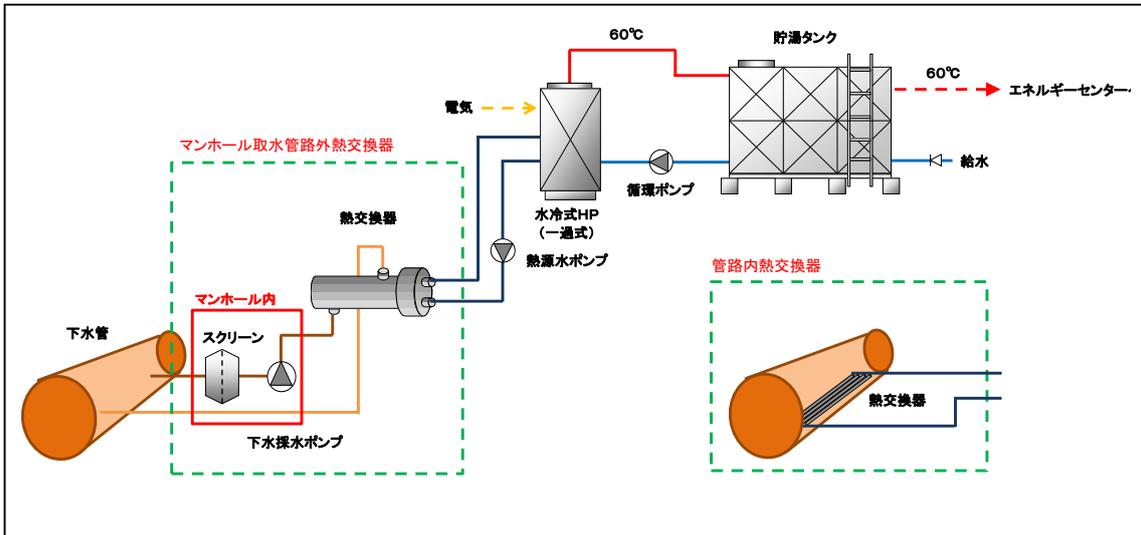
検討モデル	HP での昇温温度	下水熱回収システム	比較検討システム
<ul style="list-style-type: none"> ・地域：大阪府（茨木市太田東芝町周辺） ・対象施設：健康関連施設 ・対象規模：延床面積 15,000m² ・下水熱利用用途：エネルギーセンターへの温熱供給（給湯） ・熱需要量 日給湯負荷 15,700 (kW/d) ・必要加熱能力 300kW（運転時間20h/d） <p>※ 需要量から算定した場合780 kWの加熱能力が必要となるが、下水熱ポテンシャルより300kWとする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●45℃（※） ●60℃（※） 	<ul style="list-style-type: none"> ・管路更新兼熱回収 <ul style="list-style-type: none"> ○らせん型 ○ヒートライナー型 ・管路内熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ●金属露出型（※） ・マンホール取水管路外熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ●流下液膜式（※） ●二重管式 ・管路一体型 <ul style="list-style-type: none"> ●樹脂製 	<ul style="list-style-type: none"> ・給湯熱源 <ul style="list-style-type: none"> ●ガス焚ボイラー（※） ●空冷HP給湯器（※）
<ul style="list-style-type: none"> ・地域：大阪府（茨木市太田東芝町周辺） ・対象施設：商業施設 ・対象規模：延床面積 30,000m² ・下水熱利用用途：温熱供給（給湯） ・加熱能力 50kW・100kW・150kW 	<ul style="list-style-type: none"> ●45℃（※） ●60℃（※） <p>（給湯温度は60℃）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・管路更新兼熱回収 <ul style="list-style-type: none"> ○らせん型 ○ヒートライナー型 ・管路内熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ●金属露出型（※） ・マンホール取水管路外熱交換器 <ul style="list-style-type: none"> ●流下液膜式（※） ●二重管式 ・管路一体型 <ul style="list-style-type: none"> ○樹脂製 	<ul style="list-style-type: none"> ・給湯熱源 <ul style="list-style-type: none"> ●ガス焚ボイラー（※） ●空冷HP給湯器（※）

注) 下水熱回収システムの管路更新兼熱回収方式については、対象となる管路に更生予定がないため、今回検討項目からは、対象外とする。

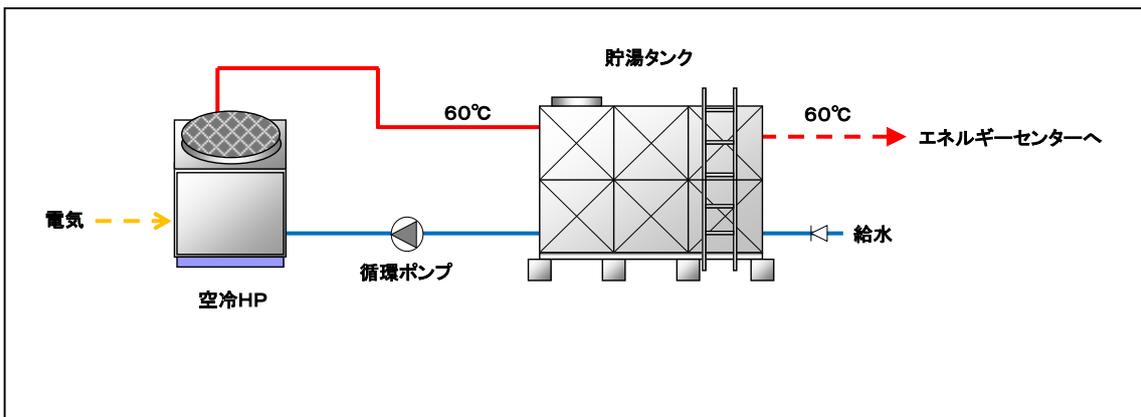
5) システムフロー図（モデルケース①）

モデルケース①のシステムフロー図を次に示す。

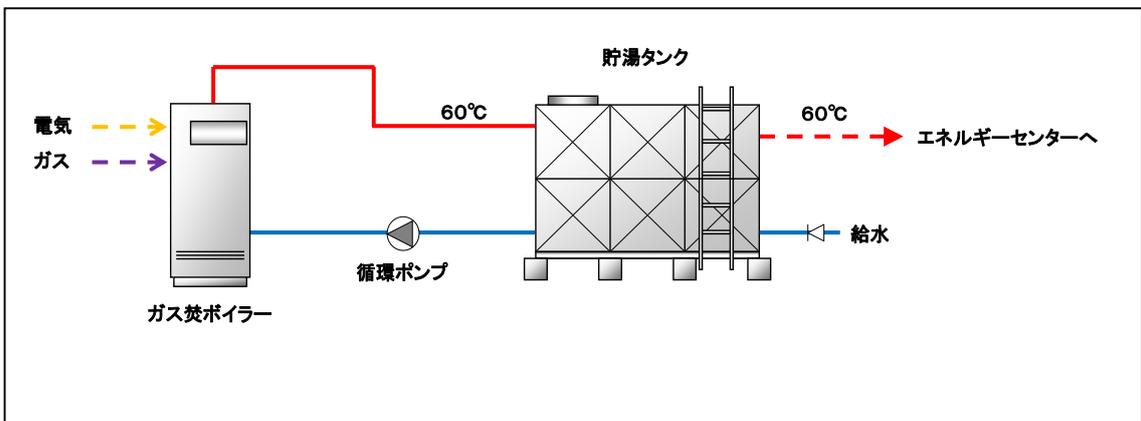
- モデルケース①-2-1, 2（水冷HP 60℃ 管路内熱交換器 金属露出型
マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式）



- モデルケース①-2-A（空冷HP 60℃）



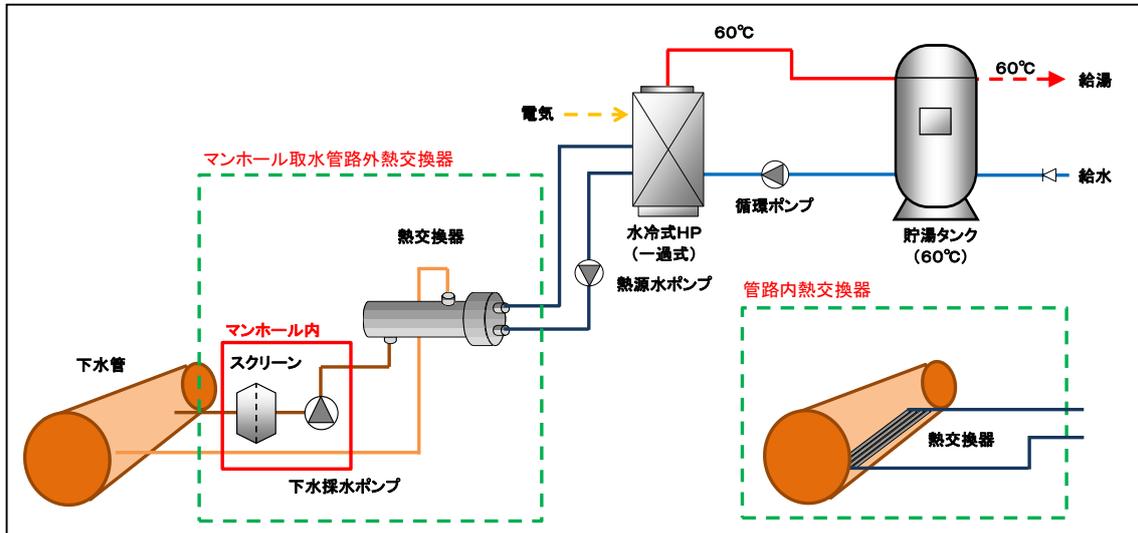
- モデルケース①-2-B（ガス焚ボイラー 60℃）



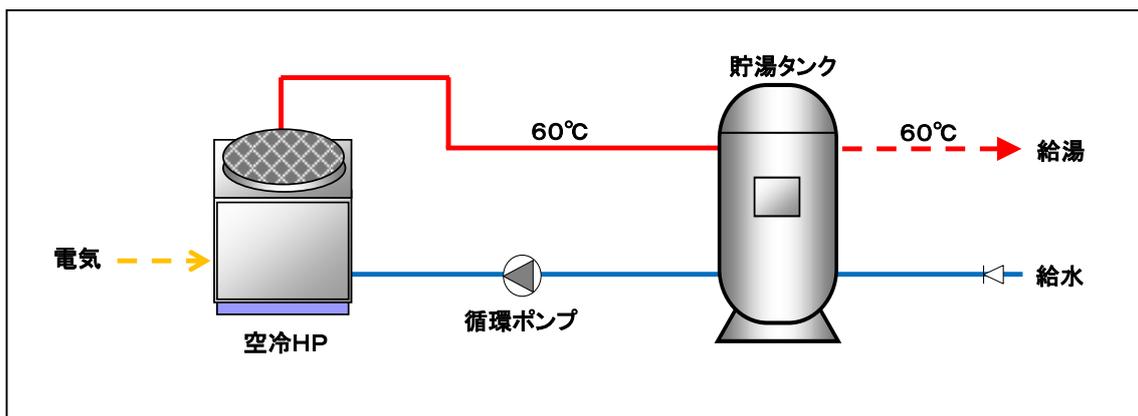
6) システムフロー図 (モデルケース②)

モデルケース②のシステムフロー図を次に示す。

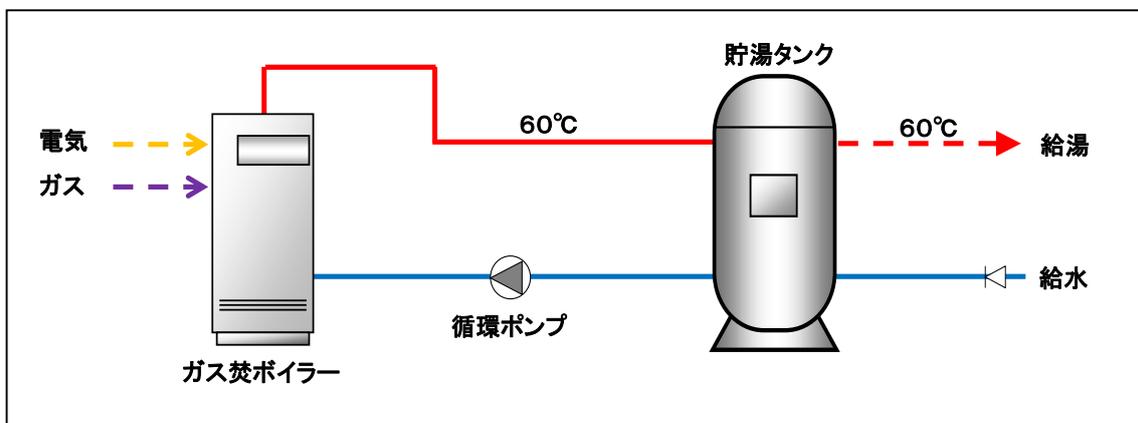
- モデルケース②-1-1, 2 (水冷HP 60℃ 管路内熱交換器 金属露出型
マンホール取水 管路外熱交換器 流下液膜式)



- モデルケース②-1-A (空冷HP 60℃)



- モデルケース②-1-B (ガス焚ボイラー 60℃)



(2) 各機器の選定

■モデルケース①

1) 各機器の選定

モデルケース①における各機器の選定根拠を次に示す。コスト及び環境性評価に含む機器は、フロー図に記載された範囲を対象とする。

① 熱源機能力

水冷式 HP の選定

熱需要量による必要加熱能力と、詳細ポテンシャルマップより算出した下水熱利用可能な熱源機能力の小さい方を最大熱源機能力とする。

- ・熱需要量による熱源機能力 782.4 (kW)
- ・利用可能な熱源機能力 300.0 (kW)

水冷式 HP の加熱能力は、300.0 (kW) を基準とし、熱源機能力を選定する。比較基準システムとなる、ガス焚温水機及び空冷 HP 給湯器についても、同等の能力とする。

② 貯湯タンク

熱源機能力の1時間分を貯湯できるものとし、吸込温度補償係数として、1.2 を乗じた値とする。※モデルケース①-2-A, B も同等とする

・60℃貯湯の場合

熱源機能力 300.0 (kW) 入口温度 5.0℃ 出口温度 60.0℃
貯湯槽容量 4,680L × 1.2 ≒ 5,700L

③ 循環ポンプ（水冷式 HP-貯湯タンク）

※モデルケース①-2-A, B も同等とする

・60℃貯湯の場合

熱源機能力 300.0 (kW) 入口温度 5.0℃ 出口温度 60.0℃
循環ポンプ水量 80 (l/min) × 85 (kPa) × 0.25 (kW)
揚程算出基準 配管長：60m 単位抵抗：0.3kPa/m
局部抵抗：直管 × 0.5 実揚程：30 kPa
機器抵抗：20 kPa 余裕率：1.1

④ 熱源水ポンプ（水冷式 HP-熱交換器）

- ・60°C貯湯の場合 (選定熱源機器：15馬力×7台=105馬力)
熱源機能力 297.5 (kW) 熱源水 入口温度 8.0°C 出口温度 3.0°C

【管路内熱交換器 金属露出型の場合】

熱源水ポンプ 645.0 (l/min) ×170 (kPa) ×3.7 (kW) (①-2-1)
揚程算出基準 配管長：250m 単位抵抗：0.3kPa/m
局部抵抗：直管×0.5 機器抵抗：40 kPa 余裕率：1.1

【マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式】

熱源水ポンプ 645.0 (l/min) ×150 (kPa) ×3.7 (kW) (①-2-2)
揚程算出基準 配管長：200m 単位抵抗：0.3kPa/m
局部抵抗：直管×0.5 機器抵抗：40 kPa 余裕率：1.1

⑤ 熱交換器

- ・60°C貯湯の場合 (選定熱源機器：15馬力×7台=105馬力)
熱源機能力 297.5 (kW) 熱交換必要能力 226.0 (kW)
熱交換器能力 226.0 (kW) ×1.4 (余裕率40%：汚れ係数など)
≒320.0 (kW)

管路内熱交換器 金属露出型必要長さ：320000 (W) / 350 (W/m²・K) / 1.5
/ 3.0 / 0.5 ≒ 406.3 (m)
必要長さ算出基準 熱通過率：350 (W/m²・K)
熱交換器表面積比率：1.5
管路内接水幅：0.5m (管路 900φ より)
対数平均温度差：3.0 (K)

⑥ 下水採水ポンプ (下水管-熱交換器)

- ・60°C貯湯の場合 (選定熱源機器：15馬力×7台=105馬力)
採水ポンプ 645.0 (l/min) ×130 (kPa) ×3.7 (kW) (①-2-2)
揚程算出基準 配管長：50m 単位抵抗：0.3kPa/m
局部抵抗：直管×0.5 実揚程：70kPa
機器抵抗：20 kPa 余裕率：1.1

2) 熱源機器のCOP特性

選定した熱源機器のCOP特性を図 5-25、図 5-26 に示す。なお、ガスボイラーについては、ボイラー効率 0.9 とする。

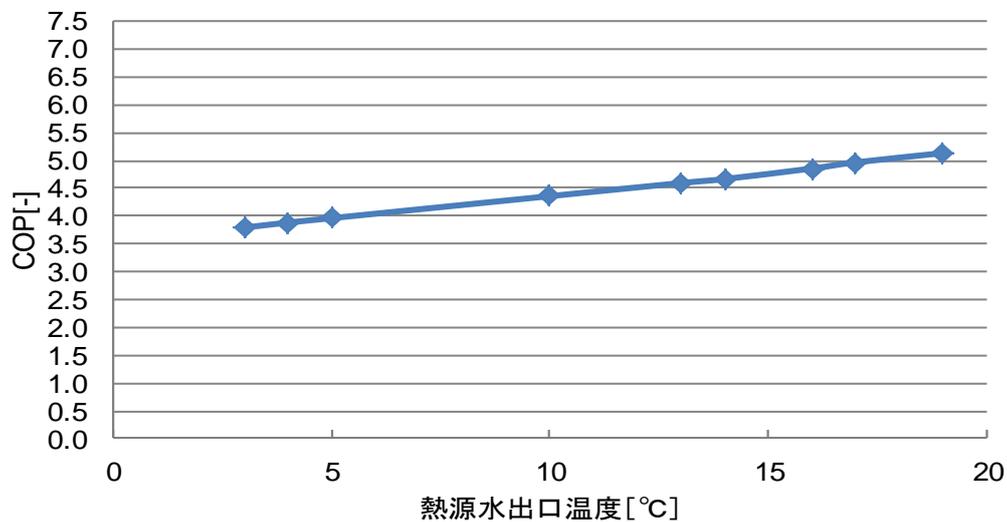


図 5-25 モデルケース①-2-1,2

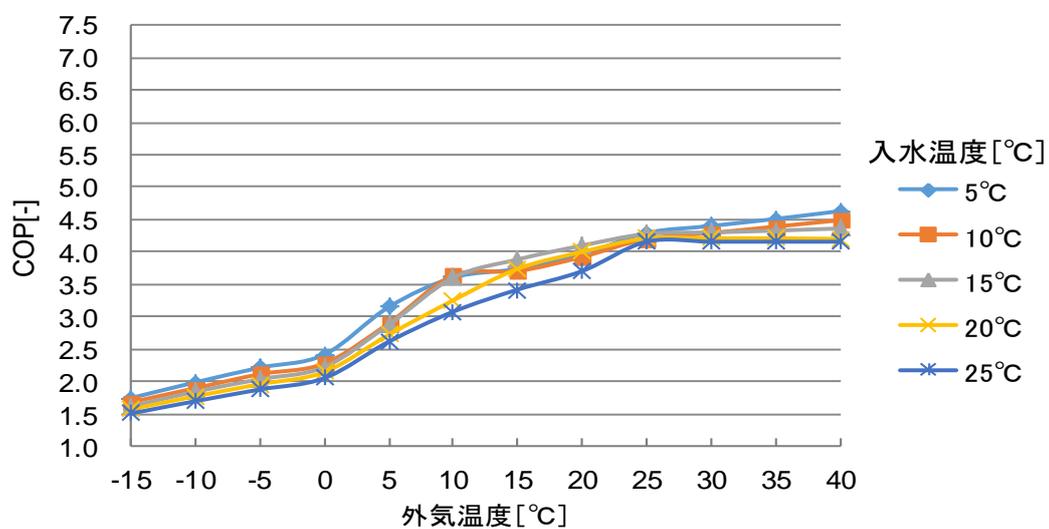


図 5-26 モデルケース①-2-A

■モデルケース②

1) 各機器の選定

モデルケース②における各機器の選定根拠を次に示す。モデルケース②では、熱源機能力を変更することにより、下水熱利用を行う上でどの程度の熱需要が効果的か確認する。コスト及び環境性評価に含む機器は、フロー図に記載された範囲を対象とする。

① 熱源機能力

水冷式 HP の選定

本検討では、熱源機能力を 50kW、150kW に変更し、それぞれの下水熱利用の導入効果を確認する。

比較基準システムとなる、ガス焚温水機及び空冷 HP 給湯器についても、同等の能力とする。

② 貯湯タンク

熱源機能力の 1 時間分を貯湯できるものとし、吸込温度補償係数として、1.2 を乗じた値とする。※モデルケース②-1-A, B も同等とする

- ・熱源機能力 50.0 (kW) の場合

入口温度 5.0℃ 出口温度 60.0℃ 貯湯槽容量 $780\text{L} \times 1.2 \doteq 940\text{L}$

- ・熱源機能力 150.0 (kW) の場合

入口温度 5.0℃ 出口温度 60.0℃ 貯湯槽容量 $2,340\text{L} \times 1.2 \doteq 2,800\text{L}$

③ 循環ポンプ（水冷式 HP-貯湯タンク）

※モデルケース②-1-A, B も同等とする

- ・熱源機 50kW の場合

入口温度 5.0℃ 出口温度 60.0℃

循環ポンプ水量 $20 \text{ (l/min)} \times 60 \text{ (kPa)} \times 0.15 \text{ (kW)}$

揚程算出基準 配管長：60m 単位抵抗：0.3kPa/m

局部抵抗：直管 $\times 0.5$ 機器抵抗：20 kPa 余裕率：1.1

- ・熱源機 150kW の場合

入口温度 5.0℃ 出口温度 60.0℃

循環ポンプ水量 40 (l/min) ×60 (kPa) ×0.15 (kW)

揚程算出基準 50KW と同じ

④ 熱源水ポンプ (水冷式 HP-熱交換器)

- ・熱源機 50kW の場合 (選定熱源機器 : 15 馬力×1 台=15 馬力)

選定熱源機能力 42.5 (kW) 熱源水 入口温度 8.0℃ 出口温度 3.0℃

【管路内熱交換器 金属露出型の場合】

熱源水ポンプ 100.0 (l/min) ×170 (kPa) ×0.75 (kW) (②-1-1)

揚程算出基準 配管長 : 250m 単位抵抗 : 0.3kPa/m

局部抵抗 : 直管×0.5 機器抵抗 : 40 kPa 余裕率 : 1.1

【マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式】

熱源水ポンプ 100.0 (l/min) ×150 (kPa) ×0.75 (kW) (②-1-2)

揚程算出基準 配管長 : 200m 単位抵抗 : 0.3kPa/m

局部抵抗 : 直管×0.5 機器抵抗 : 40 kPa 余裕率 : 1.1

- ・熱源機 150kW (選定熱源機器 : 12.5 馬力×4 台=50 馬力)

熱源機能力 143.2 (kW) 熱源水 入口温度 8.0℃ 出口温度 3.0℃

【管路内熱交換器 金属露出型の場合】

熱源水ポンプ 310.0 (l/min) ×170 (kPa) ×1.5 (kW) (②-1-1)

揚程算出基準 配管長 : 250m 単位抵抗 : 0.3kPa/m

局部抵抗 : 直管×0.5 機器抵抗 : 40 kPa 余裕率 : 1.1

【マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式】

熱源水ポンプ 310.0 (l/min) ×150 (kPa) ×1.5 (kW) (②-1-2)

揚程算出基準 配管長 : 200m 単位抵抗 : 0.3kPa/m

局部抵抗 : 直管×0.5 機器抵抗 : 40 kPa 余裕率 : 1.1

⑤ 熱交換器

- 熱源機 50kW の場合 (選定熱源機器：15 馬力×1 台=15 馬力)
選定熱源機能力 42.5 (kW) 熱交換必要能力 35.0 (kW)
熱交換器能力 35.0 (kW) ×1.4 (余裕率 40%：汚れ係数など)
≒50.0 (kW)

管路内熱交換器 金属露出型必要長さ：50000 (W) / 350 (W/m²・K) / 1.5
/ 3.0 / 0.5 ≒ 63.4 (m)
必要長さ算出基準 熱通過率：350 (W/m²・K)
熱交換器表面積比率：1.5
管路内接水幅：0.5m (管路 900φ より)
対数平均温度差：3.0 (K)

- 熱源機 150kW の場合 (選定熱源機器：12.5 馬力×4 台=50 馬力)
選定熱源機能力 143.2 (kW) 熱交換必要能力 108.0 (kW)
熱交換器能力 108.0 (kW) ×1.4 (余裕率 40%：汚れ係数など)
≒160.0 (kW)

管路内熱交換器 金属露出型必要長さ：160000 (W) / 350 (W/m²・K) /
1.5 / 3.0 / 0.5 ≒ 203.2 (m)
必要長さ算出基準 熱通過率：350 (W/m²・K)
熱交換器表面積比率：1.5
管路内接水幅：0.5m (管路 900φ より)
対数平均温度差：3.0 (K)

⑥ 下水採水ポンプ (下水管-熱交換器)

- 熱源機 50kW の場合 (選定熱源機器：15 馬力×1 台=15 馬力)
採水ポンプ 100.0 (l/min) ×130 (kPa) ×1.5 (kW) (②-1-2)
揚程算出基準 配管長：50m 単位抵抗：0.3kPa/m
局部抵抗：直管×0.5
実揚程：70kPa 機器抵抗：20 kPa 余裕率：1.1

- 熱源機 150kW の場合 (選定熱源機器：12.5 馬力×4 台=50 馬力)
採水ポンプ 310.0 (l/min) ×130 (kPa) ×2.2 (kW) (②-1-2)
揚程算出基準 50KW と同じ

2) 熱源機器の COP 特性

選定した熱源機器の COP 特性を図 5-27、図 5-28、図 5-29、図 5-30 に示す。なお、ガス焚ボイラーについては、ボイラー効率 0.9 とする。

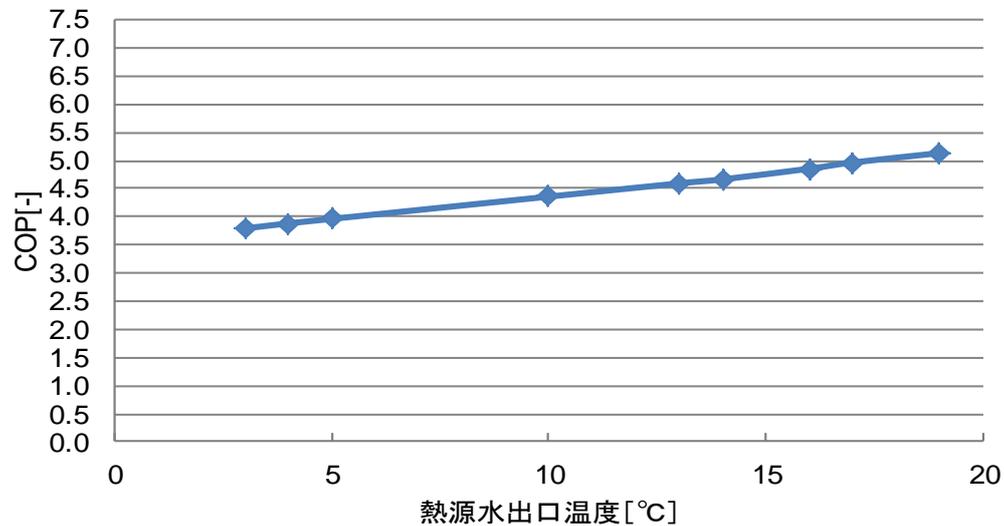


図 5-27 モデルケース②-1-1,2 (50kW)

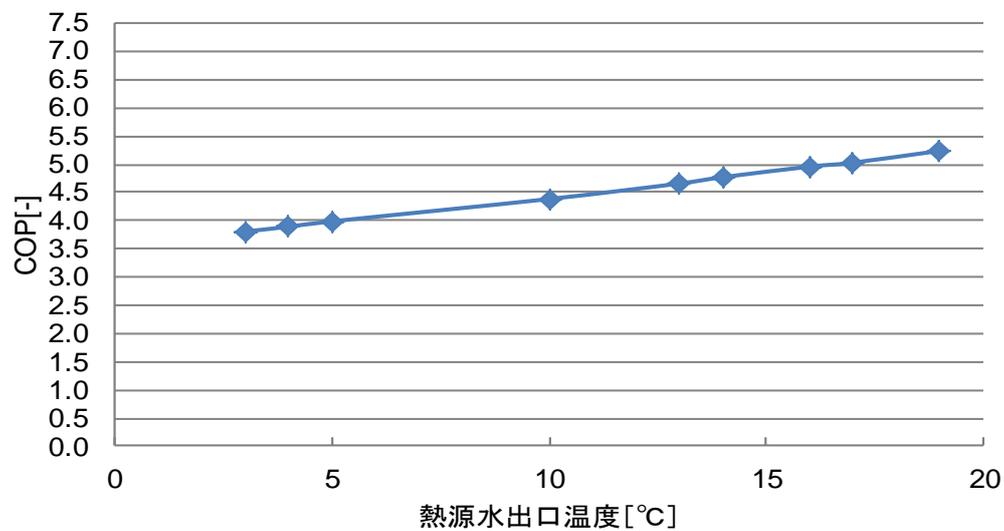


図 5-28 モデルケース②-1-1,2 (150kW)

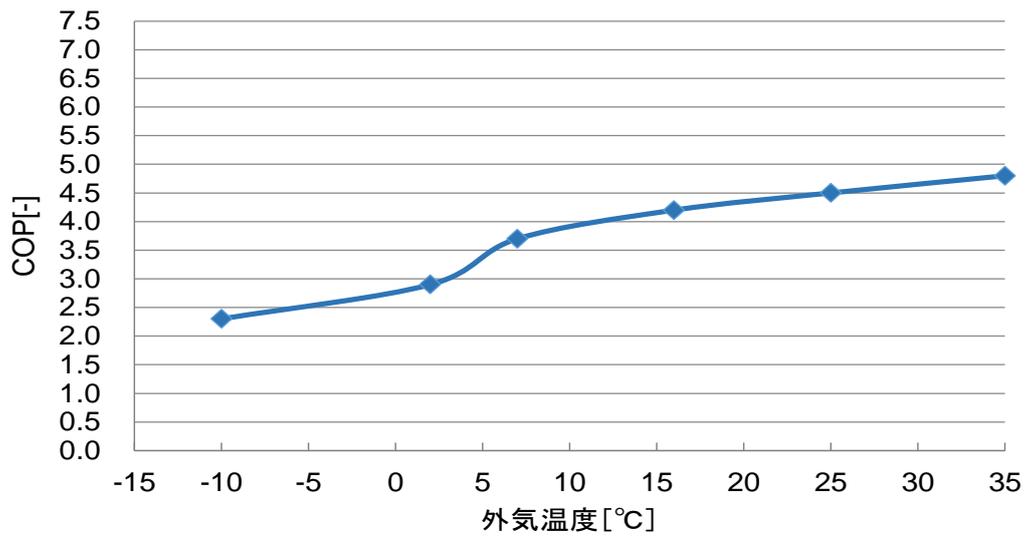


図 5-29 モデルケース②-1-A (50kW)

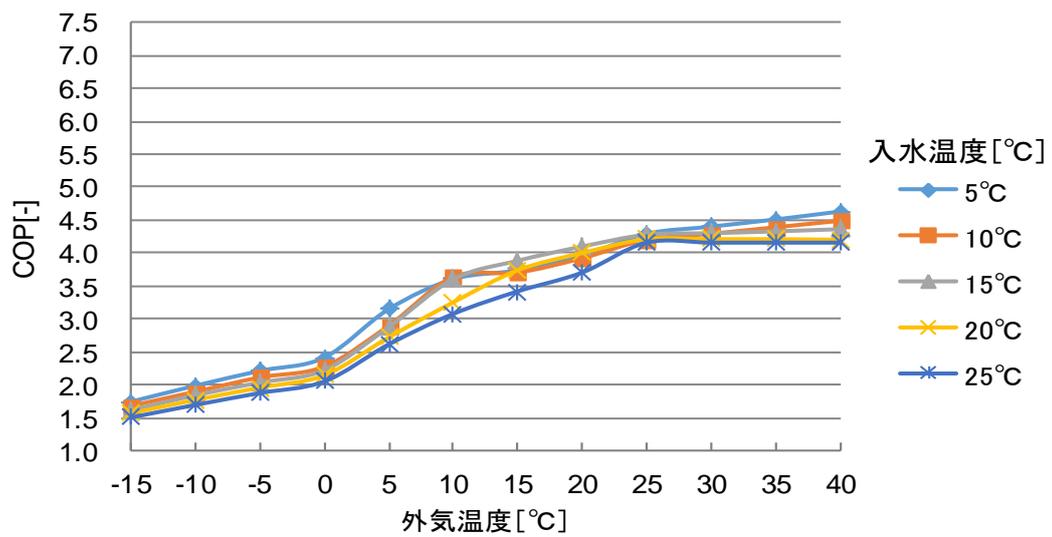


図 5-30 モデルケース②-1-A (150kW)

(3) 各モデルケースのシミュレーション結果

1) シミュレーション諸条件

シミュレーションに使用した各数値を図 5-31、図 5-32、図 5-33、表 5-20 に示す。

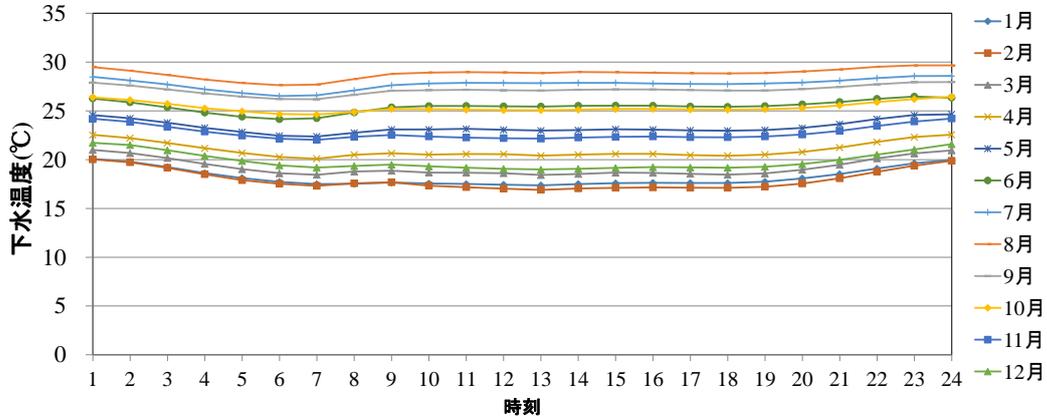


図 5-31 下水温度：大阪市月別時刻平均温度（実測値）

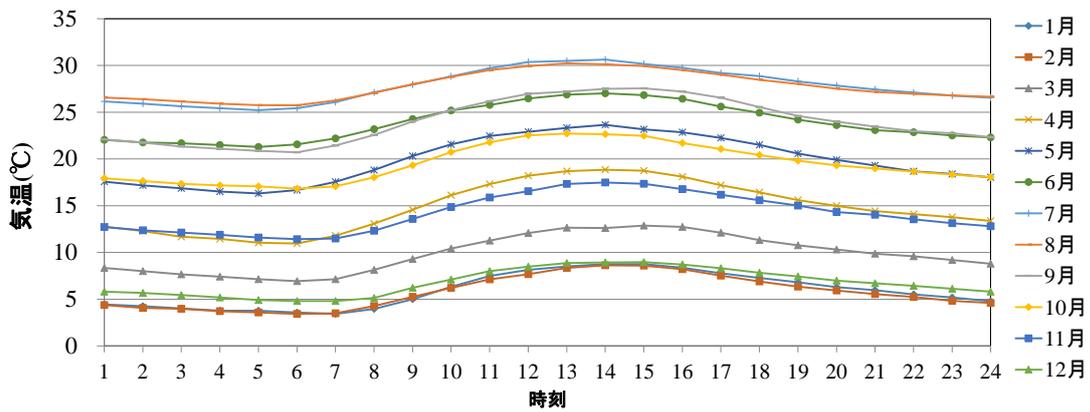


図 5-32 外気温度：気象庁データ月別時刻平均温度

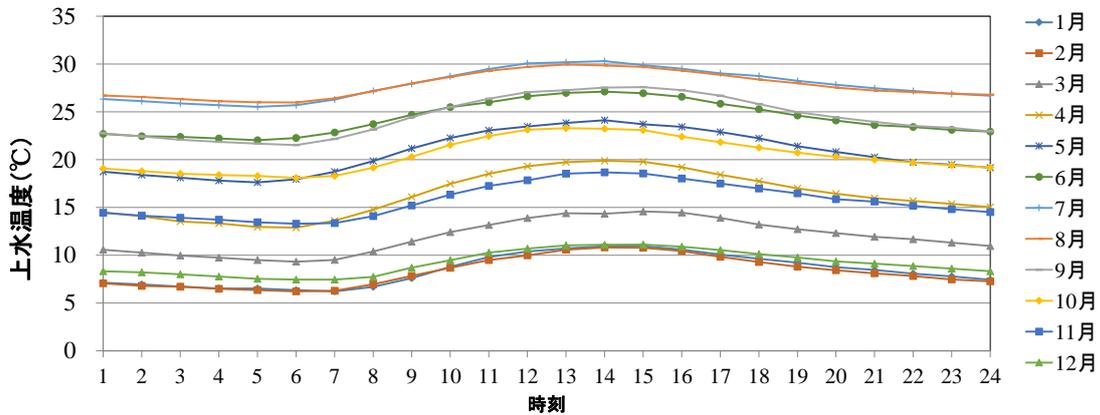


図 5-33 給水温度：平成 13 年度建築物の省エネルギー基準と計算の手引きによる推定

表 5-20 各種エネルギー単価及び原単位

1次エネルギー換算係数 電力	9970	kJ/kWh
電気CO ₂ 排出係数	0.516	kgCO ₂ /kWh
都市ガスCO ₂ 排出係数	2.29	kgCO ₂ /m ³
都市ガス発熱量(高位発熱量)	45	MJ/m ³
利用プラン：高圧電力AS-TOU	関西電力	2015/02/02閲覧
基本料金	1,733.40	円/kW
重負荷時間	22.99	円/kWh
昼間時間	17.77	円/kWh
夜間時間	13.49	円/kWh
利用プラン：大口供給	大阪ガス	2015/2/9閲覧
契約年間使用量	単純平均単価	
10万m ³ 以上50万m ³ 未満	94.50	円/m ³ (45MJ)
50万m ³ 以上200万m ³ 未満	87.10	円/m ³ (45MJ)
200万m ³ 以上500万m ³ 未満	82.9	円/m ³ (45MJ)
500万m ³ 以上	77.6	円/m ³ (45MJ)

<https://www.e5.osakagas.co.jp/custserv/ryokinhyo0014.html>

http://www.kepco.co.jp/business/yakkan/high/500kw_less.html

2) モデルケース①シミュレーション結果

検討ケースごとの、一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量、エネルギーコストの検討結果を図 5-34、図 5-35、図 5-36 に示す。いずれの比較項目も、下水熱利用が最も低い値となっている。

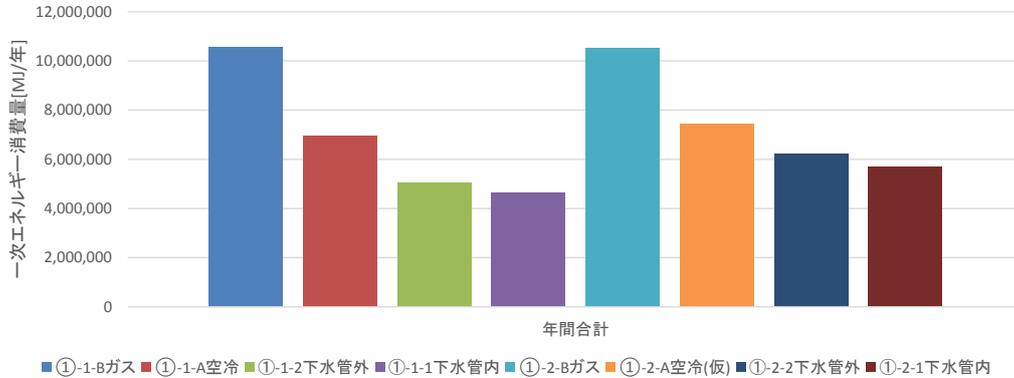


図 5-34 一次エネルギー消費量 (年間) モデルケース①

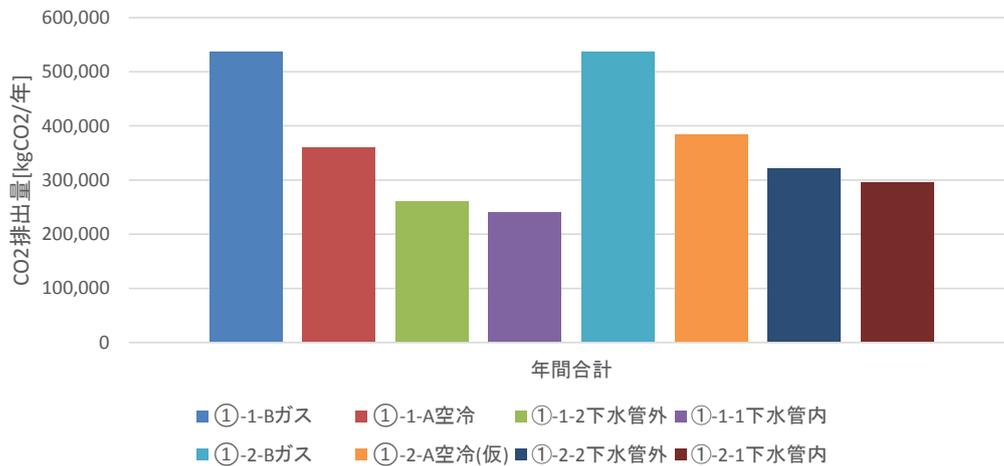


図 5-35 CO₂ 排出量 (年間) モデルケース①

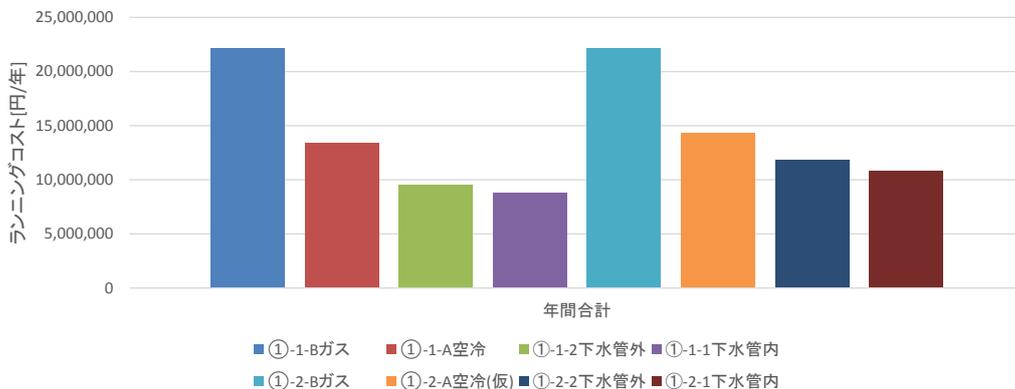


図 5-36 エネルギーコスト (年間) モデルケース①

検討ケースごとの、システム COP（一次エネルギー換算値）を表 5-21 に示す。いずれの比較項目も、下水熱利用が最も高い値となっている。

表 5-21 システム COP（一次エネルギー換算値）

	①-1-Bガス	①-1-A空冷	①-1-2下水管外	①-1-1下水管内	①-2-Bガス	①-2-A空冷(仮)	①-2-2下水管外	①-2-1下水管内
1月	0.90	1.13	1.74	1.88	0.90	1.13	1.41	1.51
2月	0.90	1.12	1.74	1.87	0.90	1.11	1.41	1.51
3月	0.90	1.21	1.77	1.91	0.90	1.18	1.44	1.54
4月	0.90	1.33	1.82	1.97	0.90	1.29	1.48	1.59
5月	0.90	1.46	1.89	2.05	0.90	1.34	1.53	1.65
6月	0.90	1.57	1.95	2.13	0.90	1.37	1.58	1.71
7月	0.90	1.68	2.03	2.21	0.90	1.40	1.64	1.78
8月	0.90	1.68	2.06	2.26	0.90	1.40	1.68	1.82
9月	0.90	1.57	2.01	2.19	0.90	1.39	1.63	1.86
10月	0.90	1.45	1.95	2.12	0.90	1.34	1.58	1.87
11月	0.90	1.31	1.87	2.03	0.90	1.29	1.52	1.63
12月	0.90	1.14	1.79	1.93	0.90	1.17	1.45	1.56
平均値	0.90	1.39	1.89	2.05	0.90	1.28	1.53	1.67
最大値-平均値	0.00	0.30	0.18	0.21	0.00	0.12	0.15	0.20
平均値-最小値	0.00	0.26	0.15	0.18	0.00	0.17	0.12	0.16

3) モデルケース②シミュレーション結果

50kW の検討ケースについて、一次エネルギー消費量、CO₂ 排出量、エネルギーコストの検討結果を図 5-37、図 5-38、図 5-39 に示す。管路外熱交換器のケースは、空冷 HP より高い値となっている。採水ポンプの動力増分が影響している点と、選定した空冷 HP の効率が高いためと思われる。

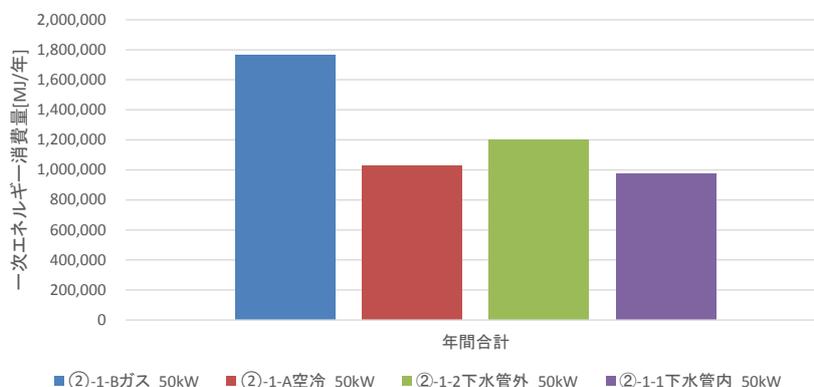


図 5-37 一次エネルギー消費量（年間）モデルケース②_50kW

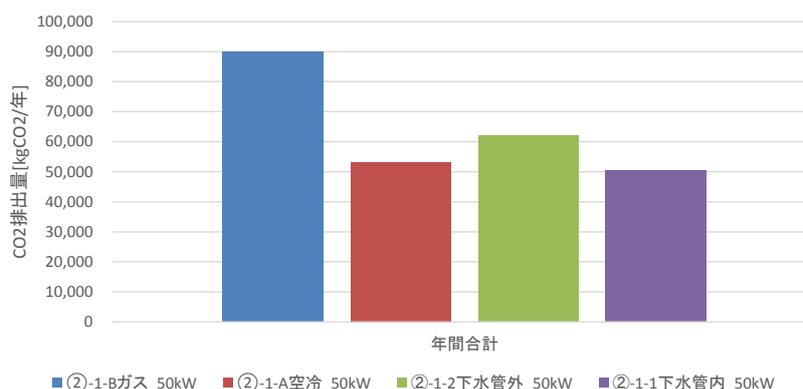


図 5-38 CO₂ 排出量（年間）モデルケース②_50kW

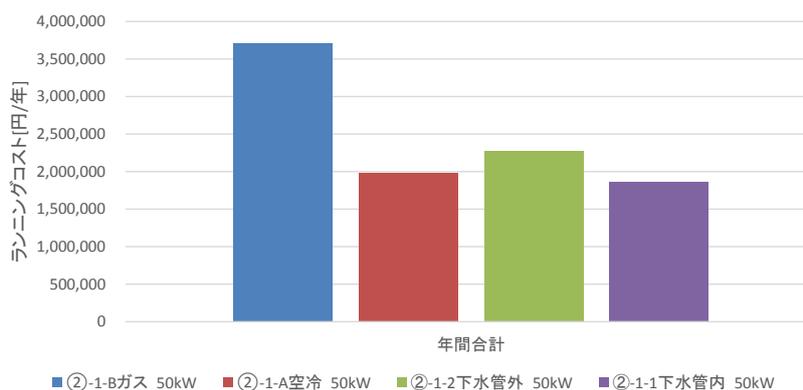


図 5-39 エネルギーコスト（年間）モデルケース②_50kW

検討ケースごとの、システム COP（一次エネルギー換算値）を表 5-22 に示す。管路外熱交換器のケースは、空冷 HP に比べ低い値となっている。

表 5-22 システム COP（一次エネルギー換算値）50kW

	②-1-Bガス	②-1-A空冷	②-1-2下水管外	②-1-1下水管内
1月	0.89	1.32	1.23	1.50
2月	0.89	1.32	1.23	1.49
3月	0.89	1.42	1.25	1.52
4月	0.89	1.52	1.28	1.56
5月	0.89	1.62	1.32	1.63
6月	0.89	1.70	1.36	1.68
7月	0.89	1.76	1.40	1.75
8月	0.89	1.76	1.43	1.79
9月	0.89	1.70	1.39	1.74
10月	0.89	1.62	1.36	1.68
11月	0.89	1.51	1.31	1.61
12月	0.89	1.34	1.26	1.54
平均値	0.89	1.55	1.32	1.62
最大値-平均値	0.00	0.21	0.11	0.17
平均値-最小値	0.00	0.23	0.09	0.13

150kW の検討ケースについて、一次エネルギー消費量、CO₂排出量、エネルギーコストの検討結果を図 5-40、図 5-41、図 5-42 に示す。いずれの比較項目も、下水熱利用が最も低い値となっている。

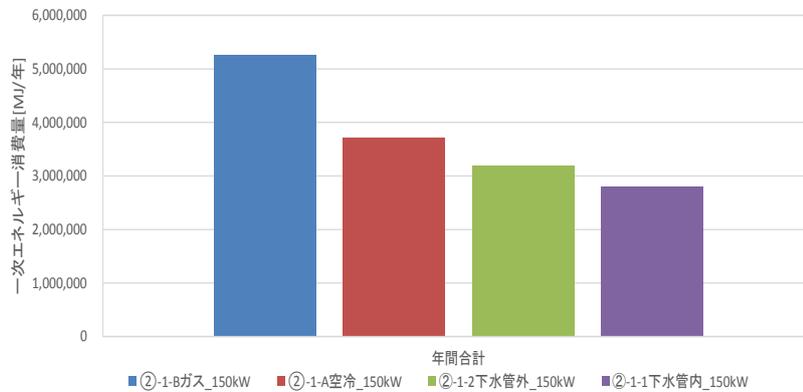


図 5-40 一次エネルギー消費量（年間）モデルケース②_150kW

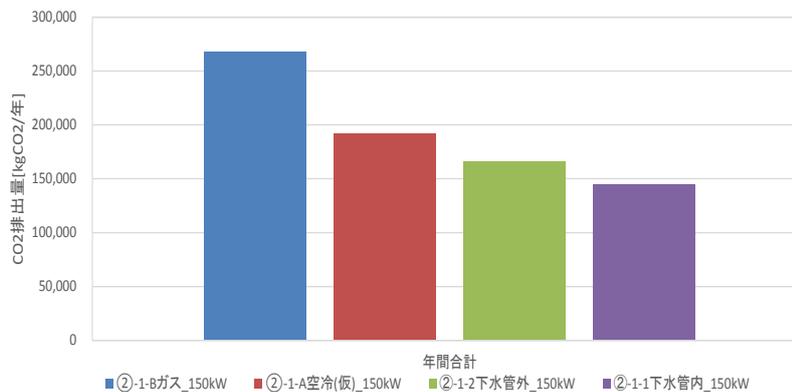


図 5-41 CO₂ 排出量（年間）モデルケース②_150kW

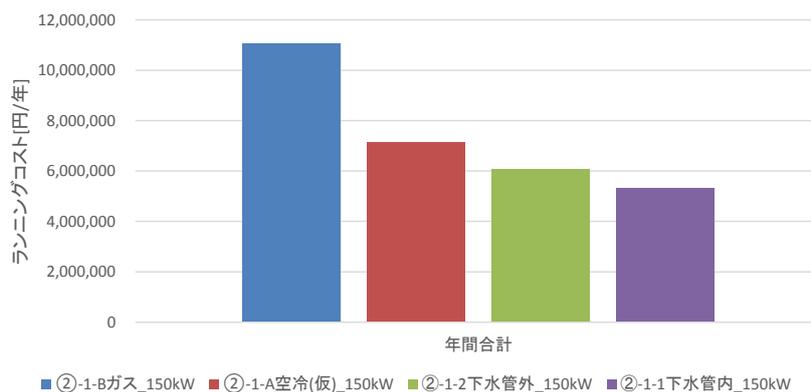


図 5-42 エネルギーコスト（年間）モデルケース②_150kW

検討ケースごとの、システム COP（一次エネルギー換算値）を表 5-23 に示す。いずれの比較項目も、下水熱利用が最も高い値となっている。

表 5-23 システム COP（一次エネルギー換算値）150kW

	②-1-Bガス	②-1-A空冷	②-1-2下水管外	②-1-1下水管内
1月	0.90	1.12	1.37	1.55
2月	0.90	1.12	1.36	1.55
3月	0.90	1.21	1.39	1.58
4月	0.90	1.29	1.43	1.63
5月	0.90	1.35	1.49	1.70
6月	0.90	1.39	1.54	1.77
7月	0.90	1.41	1.59	1.84
8月	0.90	1.40	1.62	1.87
9月	0.90	1.38	1.58	1.82
10月	0.90	1.35	1.53	1.76
11月	0.90	1.27	1.47	1.68
12月	0.90	1.14	1.40	1.60
平均値	0.90	1.28	1.48	1.70
最大値-平均値	0.00	0.13	0.14	0.18
平均値-最小値	0.00	0.17	0.12	0.15

(4) イニシャルコスト・ランニングコストの算出

イニシャルコスト・ランニングコストの算出根拠を次に示す。

モデルケース①-2-1 (水冷HP 60℃ 管路内熱交換器 金属露出型)

名 称	摘 要	数量	単位	単 価	金 額	備 考
モデルケース①-2-1						
(イニシャルコスト)						
機器工事	水冷式HP(一過式)	加熱能力:300 kW	1	台	40,200,000	40,200,000
	貯湯タンク	貯湯量:5,700 L	1	台	3,420,000	3,420,000
	循環ポンプ	80 L/min × 85 kPa × 0.25 kW	1	台	83,200	83,200
	熱源水ポンプ	645 L/min × 170 kPa × 3.7 kW	1	台	166,000	166,000
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型 加熱能力:320 kW	1	台	153,600,000	153,600,000
	スクリーン		0	台		-
	下水採水ポンプ	645 L/min × 130 kPa × 3.7 kW	0	台		-
	小計					197,469,200
配管工事	ポリエチレン管	100A 土中配管(下水～熱交換器～水冷HP)	200	m	14,380	2,876,000
	配管用炭素鋼管	125A 屋内配管(熱交換器～水冷式HP)	50	m	25,880	1,294,000
	ステンレス管	40A 屋内配管(空冷式HP～貯湯タンク)	60	m	9,780	586,800
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	式	-	-
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		475,680
	樹改修		0	箇所	-	-
	小計					5,232,480
土工事	根切、埋戻し		100	m ³	5,470	547,000
	舗装工事	アスファルトカッター、アスファルト舗装、積込、 ガラ運搬、処分費	10	m	9,790	97,900
	小計					644,900
イニシャルコスト 計					203,346,580	
(ランニングコスト)						
	電気料金		1	式	10,868,057	10,868,057
	ガス料金		1	式	-	-
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000
	ポンプ	1回/年	2	台	30,000	60,000
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型	1	式	-	-
	スクリーン	6回/年	0	台	-	-
	小計					110,000
ランニングコスト 計					10,978,057	

モデルケース①-2-2 (水冷HP 60℃ マンホール取水管路外熱交換器
流下液膜式)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース①-2-2							
(イニシャルコスト)							
機器工事	水冷式HP(一過式)	加熱能力:300 kW	1	台	40,200,000	40,200,000	
	貯湯タンク	貯湯量:5,700 L	1	台	3,420,000	3,420,000	
	循環ポンプ	80 L/min × 85 kPa × 0.25 kW	1	台	83,200	83,200	
	熱源水ポンプ	645 L/min × 150 kPa × 3.7 kW	1	台	166,000	166,000	
	熱交換器	マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式 加熱能力:320 kW	1	台	32,000,000	32,000,000	
	スクリーン		1	台	3,500,000	3,500,000	
	下水採水ポンプ	645 L/min × 130 kPa × 3.7 kW	1	台	285,000	285,000	
	小計					79,654,200	
配管工事	ポリエチレン管	100A 土中配管(下水~熱交換器~水冷HP)	200	m	14,380	2,876,000	
	配管用炭素鋼銅管	125A 屋内配管(熱交換器~水冷式HP)	50	m	25,880	1,294,000	
	ステンレス管	40A 屋内配管(空冷式HP~貯湯タンク)	60	m	9,780	586,800	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	式	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		475,680	
	樹改修		1	箇所	150,000	150,000	
	小計					5,382,480	
土工事	根切、埋戻し		100	m ³	5,470	547,000	
	舗装工事	アスファルトカッター、アスファルト舗装、積込、 ガラ運搬、処分費	10	m	9,790	97,900	
	小計					644,900	
イニシャルコスト 計						85,681,580	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	11,800,991	11,800,991	
	ガス料金		1	式	-	-	
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1回/年	3	台	30,000	90,000	
	熱交換器	マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式	1	式	300,000	300,000	
	スクリーン	12回/年	1	台	30,000	360,000	
	小計					800,000	
ランニングコスト 計						12,600,991	

モデルケース①-2-A (空冷 HP 60℃)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース①-2-A							
(イニシャルコスト)							
機器工事	空冷式HP	加熱能力:300 kW	2	台	26,700,000	53,400,000	
	貯湯タンク	貯湯量:5,700 L	0	台	-	-	
	循環ポンプ	80 L/min × 85 kPa × 0.25 kW	1	台	83,200	83,200	
		小計					53,483,200
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-	
	配管用炭素鋼鋼管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	ステンレス管	40A 屋内配管(空冷式HP~貯湯タンク)	60	m	9,780	586,800	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		58,680	
		小計					645,480
	土工事		0	m ³	-	-	
イニシャルコスト 計						54,128,680	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	14,290,920	14,290,920	
	ガス料金		1	式	-	-	
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	2	台	20,000	40,000	
	貯湯タンク	1回/年	0	台	30,000	-	
	ポンプ	1回/年	1	台	20,000	20,000	
		小計					60,000
ランニングコスト 計						14,350,920	

モデルケース①-2-B (ガス焚ボイラー 60℃)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース①-2-B							
(イニシャルコスト)							
機器工事	ガス焚ボイラー	加熱能力:300 kW	1	台	1,800,000	1,800,000	
	貯湯タンク	貯湯量:5,700 L	1	台	3,420,000	3,420,000	
	循環ポンプ	80 L/min × 85 kPa × 0.25 kW	1	台	83,200	83,200	
		小計					5,303,200
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-	
	配管用炭素鋼鋼管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	ステンレス管	40A 屋内配管(ガス焚き温水機~貯湯タンク)	60	m	9,780	586,800	
	ガス配管	50A 土中配管	1	式	500,000	500,000	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		108,680	
		小計					1,195,480
	土工事		0	m ³	-	-	
イニシャルコスト 計						6,498,680	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	-	-	
	ガス料金		1	式	22,116,251	22,116,251	
メンテナンス費	熱源機器	1 回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1 回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1 回/年	1	台	20,000	20,000	
		小計					70,000
ランニングコスト 計						22,186,251	

モデルケース②-1-1 (50kW) (水冷 HP 60℃ 管路内熱交換器 金属露出型)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1-1 (50kW)							
(イニシャルコスト)							
機器工事	水冷式HP(一過式)	加熱能力: 50 kW	1	台	4,810,000	4,810,000	
	貯湯タンク	貯湯量: 940 L	1	台	1,530,000	1,530,000	
	循環ポンプ	20 L/min × 60 kPa × 0.15 kW	1	台	76,700	76,700	
	熱源水ポンプ	100 L/min × 170 kPa × 0.75 kW	1	台	117,000	117,000	
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型 加熱能力: 50 kW	1	台	24,000,000	24,000,000	
	スクリーン		0	台		-	
	下水採水ポンプ	100 L/min × 130 kPa × 2.2 kW	0	台		-	
	小計					30,533,700	
配管工事	ポリエチレン管	50A 土中配管(下水～熱交換器～水冷HP)	200	m	6,080	1,216,000	
	配管用炭素鋼管	50A 屋内配管(熱交換器～水冷式HP)	50	m	12,680	634,000	
	ステンレス管	25A 屋内配管(水冷式HP～貯湯タンク)	60	m	7,060	423,600	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		227,360	
	樹改修		0	箇所	-	-	
	小計					2,500,960	
土工事	根切、埋戻し		100	m ³	5,470	547,000	
	舗装工事	アスファルトカッター、アスファルト舗装、積込、 ガラ運搬、処分費	10	m	9,790	97,900	
	小計					644,900	
イニシャルコスト 計						33,679,560	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	1,854,298	1,854,298	
	ガス料金		1	式	-	-	
メンテナンス費	熱源機器	1 回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1 回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1 回/年	2	台	30,000	60,000	
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型	1	式	-	-	
	スクリーン	6 回/年	0	台	-	-	
	小計					110,000	
ランニングコスト 計						1,964,298	

モデルケース②-1-2 (50kW)

(水冷 HP 60°C マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1-2(50kW)							
(イニシャルコスト)							
機器工事	水冷式HP(一過式)	加熱能力: 50 kW	1	台	4,810,000	4,810,000	
	貯湯タンク	貯湯量: 940 L	1	台	1,530,000	1,530,000	
	循環ポンプ	20 L/min × 60 kPa × 0.15 kW	1	台	76,700	76,700	
	熱源水ポンプ	100 L/min × 150 kPa × 0.75 kW	1	台	117,000	117,000	
	熱交換器	マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式 加熱能力: 50 kW	1	台	5,000,000	5,000,000	
	スクリーン		1	台	3,500,000	3,500,000	
	下水採水ポンプ	100 L/min × 130 kPa × 2.2 kW	1	台	185,000	185,000	
	小計					15,218,700	
配管工事	ポリエチレン管	50A 土中配管(下水~熱交換器~水冷HP)	200	m	6,080	1,216,000	
	配管用炭素鋼銅管	50A 屋内配管(熱交換器~水冷式HP)	50	m	12,680	634,000	
	ステンレス管	25A 屋内配管(水冷式HP~貯湯タンク)	60	m	7,060	423,600	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		227,360	
	樹改修		1	箇所	150,000	150,000	
	小計					2,650,960	
土工事	根切、埋戻し		100	m ³	5,470	547,000	
	舗装工事	アスファルトカッター、アスファルト舗装、積込、 ガラ運搬、処分費	10	m	9,790	97,900	
	小計					644,900	
イニシャルコスト 計						18,514,560	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	2,275,079	2,275,079	
	ガス料金		1	式	-	-	
メンテナンス費	熱源機器	1 回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1 回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1 回/年	3	台	30,000	90,000	
	熱交換器	マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式	1	式	300,000	300,000	
	スクリーン	12 回/年	1	台	30,000	360,000	
	小計					800,000	
ランニングコスト 計						3,075,079	

モデルケース②-1-A (50kW) (空冷 HP 60°C)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1-A(50kW)							
(イニシャルコスト)							
機器工事	空冷式HP	加熱能力:50 kW	1	台	11,000,000	11,000,000	
	貯湯タンク	貯湯量:940 L	0	台	-	-	
	循環ポンプ	20 L/min × 60 kPa × 0.15 kW	1	台	76,700	76,700	
		小計					11,076,700
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-	
	配管用炭素鋼鋼管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	ステンレス管	25A 屋内配管(空冷式HP~貯湯タンク)	60	m	7,060	423,600	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		42,360	
		小計					465,960
	土工事		0	m3	-	-	
イニシャルコスト 計						11,542,660	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	1,976,191	1,976,191	
	ガス料金		1	式	-	-	
メンテナンス費	熱源機器	1 回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1 回/年	0	台	30,000	-	
	ポンプ	1 回/年	1	台	20,000	20,000	
		小計					40,000
ランニングコスト 計						2,016,191	

モデルケース②-1-B (50kW) (ガス焚ボイラー 60°C)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1-B (50kW)							
(イニシャルコスト)							
機器工事	ガス焚き温水機	加熱能力:50 kW	1	台	874,000	874,000	
	貯湯タンク	貯湯量:940 L	1	台	1,530,000	1,530,000	
	循環ポンプ	20 L/min × 60 kPa × 0.15 kW	1	台	76,700	76,700	
		小計					2,480,700
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-	
	配管用炭素鋼鋼管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	ステンレス管	25A 屋内配管(ガス焚き温水機～貯湯タンク)	60	m	7,060	423,600	
	ガス配管	50A 屋内配管	0	m		-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		42,360	
		小計					465,960
	土工事		0	m ³	-	-	
イニシャルコスト 計						2,946,660	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	-	-	
	ガス料金		1	式	3,703,831	3,703,831	
メンテナンス費	熱源機器	1 回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1 回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1 回/年	1	台	20,000	20,000	
		小計					70,000
ランニングコスト 計						3,773,831	

モデルケース②-1-1 (150kW)

(水冷 HP 60℃ 管路内熱交換器 金属露出型)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1-1 (150kW)							
(イニシャルコスト)							
機器工事	水冷式HP(一過式)	加熱能力: 150 kW	1	台	15,800,000	15,800,000	
	貯湯タンク	貯湯量: 2,800 L	1	台	2,490,000	2,490,000	
	循環ポンプ	40 L/min × 60 kPa × 0.15 kW	1	台	76,700	76,700	
	熱源水ポンプ	310 L/min × 170 kPa × 1.5 kW	1	台	149,000	149,000	
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型 加熱能力: 160 kW	1	台	76,800,000	76,800,000	
	スクリーン		0	台		-	
	下水採水ポンプ	310 L/min × 130 kPa × 3.7 kW	0	台		-	
	小計					95,315,700	
配管工事	ポリエチレン管	75A 土中配管(下水~熱交換器~水冷HP)	200	m	10,070	2,014,000	
	配管用炭素鋼銅管	80A 屋内配管(熱交換器~水冷式HP)	50	m	17,840	892,000	
	ステンレス管	30A 屋内配管(水冷式HP~貯湯タンク)	60	m	8,140	488,400	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		339,440	
	樹改修		0	箇所	-	-	
	小計					3,733,840	
	土工事	根切、埋戻し		100	m ³	5,470	547,000
舗装工事		アスファルトカッター、アスファルト舗装、積込、 ガラ運搬、処分費	10	m	9,790	97,900	
小計						644,900	
イニシャルコスト 計						99,694,440	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	5,330,637	5,330,637	
	ガス料金		1	式	-	-	
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1回/年	2	台	30,000	60,000	
	熱交換器	管路内熱交換器 金属露出型	1	式	-	-	
	スクリーン	6回/年	0	台	-	-	
	小計					110,000	
ランニングコスト 計						5,440,637	

モデルケース②-1-2 (150kW)

(水冷 HP 60°C マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1-2(150kW)							
(イニシャルコスト)							
機器工事	水冷式HP(一過式)	加熱能力:150 kW	1	台	15,800,000	15,800,000	
	貯湯タンク	貯湯量:2,800 L	1	台	2,490,000	2,490,000	
	循環ポンプ	40 L/min × 60 kPa × 0.15 kW	1	台	76,700	76,700	
	熱源水ポンプ	310 L/min × 150 kPa × 1.5 kW	1	台	149,000	149,000	
	熱交換器	マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式 加熱能力:160 kW	1	台	16,000,000	16,000,000	
	スクリーン		1	台	3,500,000	3,500,000	
	下水採水ポンプ	310 L/min × 130 kPa × 3.7 kW	1	台	236,000	236,000	
	小計					38,251,700	
配管工事	ポリエチレン管	75A 土中配管(下水~熱交換器~水冷HP)	200	m	10,070	2,014,000	
	配管用炭素鋼銅管	80A 屋内配管(熱交換器~水冷式HP)	50	m	17,840	892,000	
	ステンレス管	30A 屋内配管(水冷式HP~貯湯タンク)	60	m	8,140	488,400	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		339,440	
	樹改修		1	箇所	150,000	150,000	
	小計					3,883,840	
	土工事	根切、埋戻し		100	m ³	5,470	547,000
舗装工事		アスファルトカッター、アスファルト舗装、積込、 ガラ運搬、処分費	10	m	9,790	97,900	
小計						644,900	
イニシャルコスト 計						42,780,440	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	6,096,766	6,096,766	
	ガス料金		1	式	-	-	
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1回/年	3	台	30,000	90,000	
	熱交換器	マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式	1	式	300,000	300,000	
	スクリーン	12回/年	1	台	30,000	360,000	
	小計					800,000	
ランニングコスト 計						6,896,766	

モデルケース②-1-A (150kW) (空冷 HP 60°C)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1-A(150kW)							
(イニシャルコスト)							
機器工事	空冷式HP	加熱能力:150 kW	1	台	26,700,000	26,700,000	
	貯湯タンク	貯湯量:2,800 L	0	台	-	-	
	循環ポンプ	40 L/min × 60 kPa × 0.15 kW	1	台	76,700	76,700	
		小計					26,776,700
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-	
	配管用炭素鋼管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	ステンレス管	30A 屋内配管(空冷式HP~貯湯タンク)	60	m	8,140	488,400	
	ガス配管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		48,840	
		小計					537,240
	土工事		0	m ³	-	-	
イニシャルコスト 計						27,313,940	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	7,128,456	7,128,456	
	ガス料金		1	式	-	-	
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1回/年	0	台	30,000	-	
	ポンプ	1回/年	1	台	20,000	20,000	
		小計					40,000
ランニングコスト 計						7,168,456	

モデルケース②-1-B (150kW) (ガス焚ボイラー 60°C)

名 称		摘 要	数 量	単 位	単 価	金 額	備 考
モデルケース②-1-B(150kW)							
(イニシャルコスト)							
機器工事	ガス焚ボイラー	加熱能力:150 kW	1	台	1,070,000	1,070,000	
	貯湯タンク	貯湯量:2,800 L	1	台	2,490,000	2,490,000	
	循環ポンプ	40 L/min × 60 kPa × 0.15 kW	1	台	76,700	76,700	
		小計					3,636,700
配管工事	ポリエチレン管	〇〇A 土中配管	0	m	-	-	
	配管用炭素鋼鋼管	〇〇A 屋内配管	0	m	-	-	
	ステンレス管	30A 屋内配管(ガス焚き温水機~貯湯タンク)	60	m	8,140	488,400	
	ガス配管	50A 屋内配管		m		-	
	配管付属品	配管の10%とする。	1	式		48,840	
		小計					537,240
	土工事		0	m ³	-	-	
イニシャルコスト 計						4,173,940	
(ランニングコスト)							
	電気料金		1	式	-	-	
	ガス料金		1	式	11,062,231	11,062,231	
メンテナンス費	熱源機器	1回/年	1	台	20,000	20,000	
	貯湯タンク	1回/年	1	台	30,000	30,000	
	ポンプ	1回/年	1	台	20,000	20,000	
		小計					70,000
ランニングコスト 計						11,132,231	

(5) 環境性能及びライフサイクルコストの検討結果

各モデルケースの環境性能及び、ライフサイクルコストの検討結果を以下に示す。

1) モデルケース①

表 5-24 モデルケース①-2 (補助金無し) 一覧表

項 目		モデルケース①-2-1	モデルケース①-2-2	モデルケース①-2-A	モデルケース①-2-B	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	197,469,200	79,654,200	53,483,200	5,303,200	
		配管工事	5,232,480	5,382,480	645,480	1,195,480	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	¥203,346,580	¥85,681,580	¥54,128,680	¥6,498,680	直接工事費とする	
ランニングコスト	電気料金	10,868,057	11,800,991	14,290,920	-		
	ガス料金	-	-	-	22,116,251		
	メンテナンス費	110,000	800,000	60,000	70,000		
	合計(税抜)	¥10,978,057	¥12,600,991	¥14,350,920	¥22,186,251		
コスト評価	回収年数	18	9	7	基準		
環境性評価項目	一次エネルギー削減量 (MJ/年)	4,831,577	4,328,558	3,109,966	基準		
	省エネルギー率	0.46	0.41	0.30	1.00		
	CO2削減量 (ton/年)	240,952	214,918	151,850	基準		
	CO2削減率	0.45	0.40	0.28	1.00		
	システムCOP (電力消費量計算)	4.62	4.24	3.55	-		
	システムCOP (一次エネルギー計算)	1.67	1.53	1.28	0.90		

表 5-25 モデルケース①-2 (補助金あり) 一覧表

項 目		モデルケース①-2-1	モデルケース①-2-2	モデルケース①-2-A	モデルケース①-2-B	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	197,469,200	79,654,200	53,483,200	5,303,200	
		配管工事	5,232,480	5,382,480	645,480	1,195,480	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	¥203,346,580	¥85,681,580	¥54,128,680	¥6,498,680	直接工事費とする	
	合計(補助金分控除)	¥101,673,290	¥42,840,790	¥54,128,680	¥6,498,680		
ランニングコスト	電気料金	10,868,057	11,800,991	14,290,920	-		
	ガス料金	-	-	-	22,116,251		
	メンテナンス費	110,000	800,000	60,000	70,000		
	合計(税抜)	¥10,978,057	¥12,600,991	¥14,350,920	¥22,186,251		
コスト評価	回収年数	9	4	7	基準		
環境性評価項目	一次エネルギー削減量 (MJ/年)	4,831,577	4,328,558	3,109,966	基準		
	省エネルギー率	0.46	0.41	0.30	1.00		
	CO2削減量 (ton/年)	240,952	214,918	151,850	基準		
	CO2削減率	0.45	0.40	0.28	1.00		
	システムCOP (電力消費量計算)	4.62	4.24	3.55	-		
	システムCOP (一次エネルギー計算)	1.67	1.53	1.28	0.90		

2) モデルケース②

表 5-26 モデルケース②-1 (50kW) (補助金無し) 一覧表

項 目		モデルケース②-1-1 (50kW)	モデルケース②-1-2 (50kW)	モデルケース②-1-A (50kW)	モデルケース②-1-B (50kW)	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガスボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	30,533,700	15,218,700	11,076,700	2,480,700	
		配管工事	2,500,960	2,650,960	465,960	465,960	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	33,679,560	¥18,514,560	¥11,542,660	¥2,946,660	直接工事費とする	
ランニングコスト	電気料金	1,854,298	2,275,079	1,976,191	-		
	ガス料金	-	-	-	3,703,831		
	メンテナンス費	110,000	800,000	40,000	70,000		
	合計(税抜)	¥1,964,298	¥3,075,079	¥2,016,191	¥3,773,831		
コスト評価	回収年数	17	23	5	基準		
環境性評価項目	一次エネルギー削減量 (MJ/年)	790,584	566,976	736,586	基準		
	省エネルギー率	0.45	0.32	0.42	1.00		
	CO2削減量 (ton/年)	39,399	27,826	36,604	基準		
	CO2削減率	0.44	0.31	0.41	1.00		
	システムCOP (電力消費量計算)	4.50	3.65	4.29	-		
	システムCOP (一次エネルギー計算)	1.62	1.32	1.55	0.89		

表 5-27 モデルケース② (50kW) (補助金あり) 一覧表

項 目		モデルケース②-1-1 (50kW)	モデルケース②-1-2 (50kW)	モデルケース②-1-A (50kW)	モデルケース②-1-B (50kW)	備 考	
設備構成		・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガスボイラー ・貯湯タンク		
イニシャルコスト	工事費	機器工事	30,533,700	15,218,700	11,076,700	2,480,700	
		配管工事	2,500,960	2,650,960	465,960	465,960	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)	33,679,560	18,514,560	¥11,542,660	¥2,946,660	直接工事費とする	
	合計(補助金分控除)	16,839,780	¥9,257,280	¥11,542,660	¥2,946,660		
ランニングコスト	電気料金	1,854,298	2,275,079	1,976,191	-		
	ガス料金	-	-	-	3,703,831		
	メンテナンス費	110,000	800,000	40,000	70,000		
	合計(税抜)	1,964,298	¥3,075,079	¥2,016,191	¥3,773,831		
コスト評価	回収年数	8	10	5	基準		
環境性評価項目	一次エネルギー削減量 (MJ/年)	790,584	566,976	736,586	基準		
	省エネルギー率	0.45	0.32	0.42	1.00		
	CO2削減量 (ton/年)	39,399	27,826	36,604	基準		
	CO2削減率	0.44	0.31	0.41	1.00		
	システムCOP (電力消費量計算)	4.50	3.65	4.29	-		
	システムCOP (一次エネルギー計算)	1.62	1.32	1.55	0.89		

表 5-28 モデルケース②-1 (150kW) 一覧表

項 目			モデルケース②-1-1 (150kW)	モデルケース②-1-2 (150kW)	モデルケース②-1-A (150kW)	モデルケース②-1-B (150kW)	備 考
設備構成			・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク	
イニシャルコスト	工事費	機器工事	95,315,700	38,251,700	26,776,700	3,636,700	
		配管工事	3,733,840	3,883,840	537,240	537,240	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)		¥99,694,440	¥42,780,440	¥27,313,940	¥4,173,940	直接工事費とする
ランニングコスト	電気料金		5,330,637	6,096,766	7,128,456	-	
	ガス料金		-	-	-	11,062,231	
	メンテナンス費		110,000	800,000	40,000	70,000	
	合計(税抜)		¥5,440,637	¥6,896,766	¥7,168,456	¥11,132,231	
コスト評価	回収年数		17	10	6	基準	
環境性評価項目	一次エネルギー削減量 (MJ/年)		2,470,970	2,064,609	1,558,691	基準	
	省エネルギー率		0.47	0.39	0.30	1.00	
	CO2削減量 (ton/年)		123,332	102,301	76,117	基準	
	CO2削減率		0.46	0.38	0.28	1.00	
	システムCOP (電力消費量計算)		4.70	4.10	3.58	-	
	システムCOP (一次エネルギー計算)		1.70	1.48	1.28	0.90	

表 5-29 モデルケース② (150kW) (補助金あり：熱交換器価格 50%) 一覧表

項 目			モデルケース②-1-1 (150kW)	モデルケース②-1-2 (150kW)	モデルケース②-1-A (150kW)	モデルケース②-1-B (150kW)	備 考
設備構成			・下水熱回収システム (管路内熱交換器 金属露出型) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・下水熱回収システム (マンホール取水管路外熱交換器 流下液膜式) ・水冷式HP ・貯湯タンク	・空冷式HP ・貯湯タンク	・ガス焚ボイラー ・貯湯タンク	
イニシャルコスト	工事費	機器工事	56,915,700	28,501,700	26,776,700	3,636,700	
		配管工事	3,733,840	3,883,840	537,240	537,240	ガス工事を含む
		土工事	644,900	644,900	-	-	
	合計(税抜)		¥61,294,440	¥33,030,440	¥27,313,940	¥4,173,940	直接工事費とする
	合計(補助金分控除)		30,647,220	¥16,515,220	¥27,313,940	¥4,173,940	
ランニングコスト	電気料金		5,330,637	6,096,766	7,128,456	-	
	ガス料金		-	-	-	11,062,231	
	メンテナンス費		110,000	800,000	40,000	70,000	
	合計(税抜)		¥5,440,637	¥6,896,766	¥7,168,456	¥11,132,231	
コスト評価	回収年数		5	3	6	基準	
環境性評価項目	一次エネルギー削減量 (MJ/年)		2,470,970	2,064,609	1,558,691	基準	
	省エネルギー率		0.47	0.39	0.30	1.00	
	CO2削減量 (ton/年)		123,332	102,301	76,117	基準	
	CO2削減率		0.46	0.38	0.28	1.00	
	システムCOP (電力消費量計算)		4.70	4.10	3.58	-	
	システムCOP (一次エネルギー計算)		1.70	1.48	1.28	0.90	

(6) まとめ

環境性評価としては、下水熱利用のモデルケース①及びモデルケース②の 150kW については、空冷 HP のモデルケースに比べ、一次エネルギー削減量、CO₂削減量ともに、1.3~1.6 倍程度となっている。また、下水熱利用の中でも管路内熱交換器方式が最も優れた結果となっている。モデルケース②の 50kW については、管路内熱交換器方式が、空冷 HP に比べ一次エネルギー削減量、CO₂削減量ともに 1.07 倍程度、管路外熱交換器方式については、0.8 倍程度となっている。

50kW のモデルケースが他のモデルケースに比べ環境性評価が下がる原因としては、補機類（採水ポンプ及び熱源水ポンプ）が考えられる。熱源機能力 300kW の採水ポンプ電気容量が 3.7kW なのに対し、50kW の採水ポンプは、2.2kW となっている。熱源機容量が小さい場合、全体の消費電力に対する補機類の割合が大きくなるため、環境性評価が下がる原因の一つと考えられる。ただし、今回の F S を実施した地区に関しては、採水ポンプを設置出来る管路の管底が 7 m 程度と深いため、採水ポンプの電気容量が過大となっている。採水出来る深さが浅い場合は、補機類の影響も少なくなるため、なるべく浅い位置から採水することが有効と考えられる。また、モデルケース②の 50kW について環境性評価が下がる原因としては、比較対象として使用した空冷 HP の COP 特性が、他のモデルケースで使用した空冷 HP に比べ優れていたことも原因の一つとして考えられる。

コスト評価の回収年数としては、空冷 HP のモデルケースに比べ下水熱利用のモデルケースの方が長くなる結果となっている。特に管路内熱交換器方式については、回収年数が長い結果となっている。回収年数が長くなる要因として、熱交換器の工事費が考えられる。モデルケース①の検討結果では、管路内熱交換器方式の場合、全体工事費の約 75% が熱交換器の工事費となり、管路外熱交換器方式の場合は、約 40% が熱交換器の工事費となっている。熱交換器の価格については開発段階の価格を採用しているため、今後普及が進むにつれ大幅な低価格化が期待できる。

今回行った F S 結果より、下水熱利用方式はガス焚きボイラー方式と比較し、環境性評価、コスト評価ともに高いことが分かった。また、空冷 HP 方式と比較した場合、熱源機能力 100kW 以上程度からその効果があると思われる。また、今回 F S を実施した大阪府に比べ、寒冷地は空冷 HP の効率が低下するため、より下水熱利用のメリットが高いと思われる。

§5 ポテンシャルマップ作成業務仕様書例

地方公共団体等が専門業者へポテンシャルマップ作成業務を委託する際などに活用できる仕様書例を示す。

地方公共団体等が専門業者へポテンシャルマップ作成業務を委託する際などに活用できる仕様書例として「下水熱ポテンシャルマップ策定業務 業務委託一般仕様書（案）」及び「業務委託特記仕様書（案）」を示す。なお、仕様書案は先行事例等を参考にして検討した案である。

下水熱ポテンシャルマップ策定業務 業務委託一般仕様書（案）

1. 業務目的

下水熱は、下水道管渠ネットワークが整備されている都市部に豊富に存在し、社会活動が行われる限り枯渇しない再生可能エネルギーの一つである。この下水熱を活用することにより、省エネルギー及び温室効果ガス排出削減効果が期待される。

しかしながら、これまでは、下水熱ポテンシャルに関する情報が十分に整理されていないため、下水熱の利用を検討するにあたっては、下水熱利用者が事業案件ごとに詳細な調査を実施しなければならず、事業化に至るまでに多くの費用と時間がかかることが課題となり、十分には活用されていない。

そのため、本業務では本市における下水熱ポテンシャルの有用性を検討し広く活用するため、既存のデータを整理し、「下水熱ポテンシャルマップ」を作成することとする。

2. 業務概要

2-1 作成するマップの種類

広域ポテンシャルマップ（通常手法 ・ 簡易手法）

詳細ポテンシャルマップ（通常手法 ・ 距離内分法）

※ただし、作業途中における提供データの内容により手法等が変更となる場合はこの限りではない。

2-2 対象区域

- ・ ●●地域
（●●●周辺地域）
- ・ 合計面積（ ） m^2
- ・ 区域内の下水処理区（ ）処理区
- ・ 区域は別添●●のとおり

2-3 ポテンシャルマップの作成

(1) 下水流量・下水水温データの整理

① 下水流量・温度データの作成・整理

- ・ 対象区域内の流量既知点（処理場、ポンプ場等）または実測点における下水流量の実測データより、晴天日における季節別（夏季・冬季）または時刻別（夏季・冬季）の月別目平均下水流量を算出し、季節別（夏季・冬季）の日平均下水流量または時刻別下水流量を整理するとともに、傾向を分析する。

② 下水水温データの整理

- ・対象区域内の流量既知点（下水処理場、ポンプ場、マンホールポンプ等）または実測点における下水流量の実測データより、晴天日の日平均下水水温を算出する。

(2) ポテンシャルマップの基礎データの作成

- ・本市より提供する下水道台帳データ、建物現況データ、都市計画データを GIS（地理情報システム）に取り込み、必要に応じて提供データの変換を行いつつ合成を行い、ポテンシャルマップの基礎データの作成を行う。
- ・下水道台帳データでの対象管路は合流管・汚水管とする。
- ・ポテンシャルの算出のためのデータ整備方法は、「下水熱ポテンシャルマップ（広域ポテンシャルマップ）作成の手引き」・「下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）作成の手引き」に準じ、当該業務に適した手法を選択するものとする。なお、手法の確定については、担当者と協議により行うものとする。

(3) 下水熱ポテンシャルの算出

- ・本業務において作成するポテンシャルマップは、（広域版・詳細版）下水熱ポテンシャルマップである。
- ・ポテンシャルの算出手法については、「下水熱ポテンシャルマップ（広域ポテンシャルマップ）作成の手引き」・「下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）作成の手引き」に準じるものとする。
- ・ポテンシャル算出時の、下水熱利用温度差は●【K】とする。
- ・疑義等が生じた場合については、協議により決定するものとする。

(4) 下水熱ポテンシャル情報のマップ化

- ・(3)で求めた各マンホールのポテンシャル情報を GIS データベースに登録し、(2)の地図情報と連結することで、GIS ツール上で表示する。
- ・ポテンシャル毎に色分けを行い、ポテンシャルマップを作成する。色分けしたポテンシャルの内容が分かるように凡例をつける。
- ・凡例については、「下水熱ポテンシャルマップ（広域ポテンシャルマップ）作成の手引き」・「下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）作成の手引き」に準じ、担当者と協議により確定するものとする。
- ・ポテンシャルマップ作成のデータに関しては、GIS 共通の形式であるシェープファイル形式（.shp 形式）にて整備を行うこと。

(5) ポテンシャル算出時の実測（※実測を行う場合）

当該対象範囲においては、ポテンシャルマップを作成するにあたり必要な既知流量がないため、実測を行いその結果をもとにポテンシャルマップを作成するものとする。実測手法については、「下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）

作成の手引き」を参考とし、以下の要件を満たすものとする。

- ・実測箇所数 () 箇所
- ・実測期間 () 日以上
- ・実測測定項目 (流量 ・ 温度 ・ その他 ())
- ・現場踏査を行い、その結果をもって最終的な実測手法を決定するものとする。
- ・実測については専門業者等への外注は認めるが、器差間の精度補正等を行った上で実測を行うとともに、実測結果の照査は管理技術者が行うこと。
- ・実測を行うにあたり実測計画書、道路占有許可の申請等は受注業者が対応するものとする。

(6) 実現可能性調査の実施 (※詳細ポテンシャルマップの場合)

当該検討対象想定施設 (情報は別途提供) において、モデルを設定し、そこから想定される熱需要量と作成した詳細版ポテンシャルマップの結果より熱需給バランスの検討を行うこと。また、その後に、システム設定を行い下水熱利用システムとその他の熱源システムとの環境性、経済性の検討を行い、下水熱導入の実現可能性調査を行うこと。

(6) 照査

基本方針の確定・確認と作業内容を照査する。

2-4 履行期間

契約締結日の翌日～平成●●年●月●日

2-5 再委託の禁止

本業務について、主たる部分の再委託は認めない。また、主たる部分を除く再委託 (軽微なものを除く) であっても、再委託の額が全体の概ね 3 分の 1 以上となる場合は、再委託を認めない。

本業務における「主たる部分」及び「軽微なもの」は、以下の通りである。

① 主たる部分

本業務における総合的企画、業務遂行管理、手法の決定及び技術判断

② 軽微なもの

コピー、印刷、製本、資料の収集・単純な集計、翻訳、トレース、模型作成、計算処理 (単なる電算処理に限る)、データ入力、アンケート票の配布、収集及び単純集計 など

2. 参加資格要件及び業務実施上の条件

本業務への参加は、次の要件を満たしていることを条件とする。

なお、複数社による共同実施も可とする。ただし、その際には代表者を選定すると共に、代表者が管理技術者となること。また、管理技術者に関する要件は、⑦に適合していることと

する。

- ① 予算決算及び会計令第 70 条の規定に該当しない者であること。
- ② 予算決算及び会計令第 71 条の規定に該当しない者であること。
- ③ ●●市から指名停止措置が講じられている期間中の者でないこと。
- ④ 本店または支店において●●市への登録があること。
- ⑤ ●●市における暴力団関係の排除の要項を満たすこと。
- ⑥ 過去 10 年以内に下記の同種または類似業務を実施した実績を有するものであること。

同種業務：エネルギーポテンシャルマップ作成に関する調査業務、下水熱利用に関する調査業務

類似業務：省エネルギーに関する調査業務、建築設備の設計・実現可能性調査等に関する業務

⑦ 管理技術者に関する要件

a)以下の資格のいずれかを有する者とする。

- ・技術士（総合技術管理部門又は上下水道部門）
- ・建築士法（昭和 25 年法律第 202 号）による一級建築士（以下、「一級建築士」という。）または、設備設計一級建築士（平成 18 年法律第 114 号）。
- ・建築士法施行規則（昭和 25 年建設省令第 38 号）による建築設備士。
- ・特別上級技術者（土木学会）
- ・上級技術者（土木学会）
- ・R C C M
- ・工学博士
- ・下水熱利用に関する調査・検討業務の成果をマネジメントとした実務経験を有する者
(※)

(※) マネジメントした実務経験とは、例えば、以下のいずれかの者に相当する程度の経験をいう。

[1]地方建設局委託設計業務等調査検査事務処理要領（H 1 1 . 4 . 1 付け建設省厚契第 3 1 号）第 6 に該当する総括調査員若しくは主任調査員。

[2]県、政令市における、[1]と同等の調査職員として業務に従事した者。

b)管理技術者に必要とされる同種または類似業務等の実績

管理技術者は、過去 10 年以内に、下記[1][2][3][4]のいずれかの実績を有すること。

[1]同種業務：エネルギーポテンシャルマップ作成に関する調査業務、下水熱利用に関する調査業務

[2]類似業務：省エネルギーに関する調査業務、建築設備の設計・実現可能性検討に関する業務

[3]マネジメント業務：下水熱利用に関する調査業務・検討業務の成果をマネジメントした実務経験（管理技術者の資格要件に同じ）

[4]研究：下水熱利用に関する研究実績

3. 成果品

成果品は以下の通りとする。

- ・ 下水熱ポテンシャルマップ（A3 版） ●部
※サイズや縮尺等は担当者と協議の上決定するものとする。
- ・ 下水熱ポテンシャルマップ（電子データ） 1 式
※提出に必要なデータ項目等は、担当者と協議の上決定するものとする。
- ・ その他必要と認めたもの。 1 式

なお、成果品一式の著作権は、●市に帰属するものとする。

4. 打合せ協議

本業務の打合せ協議は、●回とし、第 1 回及び成果品納入時の打合せ時には管理技術者が出席するものとする。

5. その他

- ・ 業務遂行に必要な資料等は貸与する。
- ・ 本仕様書に記載されていない提供データ内容については、別紙特記仕様書に従うものとする。

業務委託特記仕様書（案）

1. 特記仕様書の適用範囲

本仕様書は、「業務委託一般仕様書」に定める特記仕様書とし、本仕様書に記載されていない事項は、一般仕様書による。

2. 提供データの内容

業務の内容は、下記の通りとする。

(1) 対象区域

面積 () m² 区域は別添図のとおり

(2) 対象処理区

処理区名 () 処理区, 管轄処理場名 ()

(3) ポテンシャルマップ形式 (広域マップ・広域マップ(簡易手法)・詳細マップ・詳細マップ(距離内分法))

(4) 提供可能データの詳細

- ① 下水道台帳 電子データ (ファイル形式:)
提供データの測地系 ()
- ・地図データ
 - 管路図形情報、位置情報 (あり , なし)
 - マンホール図形情報、位置情報 (あり , なし)
 - 下水処理施設への下水流入位置 等 (あり , なし)
 - ・属性データ
 - 管路・マンホール位置情報 (あり , なし)
 - 管路・マンホール接続情報 (あり , なし)
 - 管路流れの方向性情報 (あり , なし)
 - 下水管用途 (雨水用などの区分) 等 (あり , なし)
 - 管路勾配情報※ (あり , なし)
 - 海拔面からの管路高さ(管底高又は管頂高)※ あり , なし)
- ※管路流れの方向性情報がない場合
- その他データ (ファイル形式:)

② 下水道事業計画図^{注)} 簡易手法の場合

媒体 (データ , 紙)

幹線管路位置情報 (あり , なし)

下水処理施設への下水流入位置 (あり , なし)

管路流れの方向性情報 (あり , なし)
下水管路接続情報 (あり , なし)
下水管用途 (雨水用などの区分) 等 (あり , なし)

③ 建物現況データ

建物延床面積 (あり , なし)
建物位置情報 (あり , なし)
建物用途情報 (あり , なし)
電子データ (ファイル形式:)
提供データの測地系 ()
その他事項 ()

④ 都市計画データ

道路・鉄道等形状図 (あり , なし)
街区形状図 (あり , なし)
地形図 (あり , なし)
電子データ (ファイル形式:)
提供データの測地系 ()
その他事項 ()

⑤ 用途地域データ^{注)}広域マップ簡易手法の場合 (あり , なし)

⑥ 下水流量データ 媒体 (データ , 紙)
時間単位 (月別 , 日別 , 時刻別)

⑦ 実 測 (あり , なし) 区域は別添図のとおり

(5) マップ成果品形式

- ・形式 (電子データ (ファイル形式:) , 紙)
- ・紙媒体時の縮尺 (紙サイズ: , 縮尺: 1 /)
- ・その他事項 ()

3. その他特記事項

下水熱等未利用熱ポテンシャルマップ分科会

委員名簿

本手引きは、「下水熱利用推進協議会」の下に設置した「下水熱等未利用熱ポテンシャルマップ分科会」において検討し、作成したものである。

【座長】

中尾 正喜 大阪市立大学大学院 特命教授

【副座長】

秋澤 淳 東京農工大学大学院 工学研究科 教授

【委員】

佐藤 弘泰 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 准教授

藪田 健一 一般社団法人 日本下水道施設業協会 技術専門委員会 委員

根岸 秀光 一般社団法人 不動産協会 事務局長代理

長谷川 実 一般社団法人 日本熱供給事業協会 技術委員会 委員

松原 逸郎 一般社団法人 全国上下水道コンサルタント協会 技術・研修委員会 委員

吉田 聡 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 准教授

<以上、50音順>

下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）作成の手引き

2015年3月