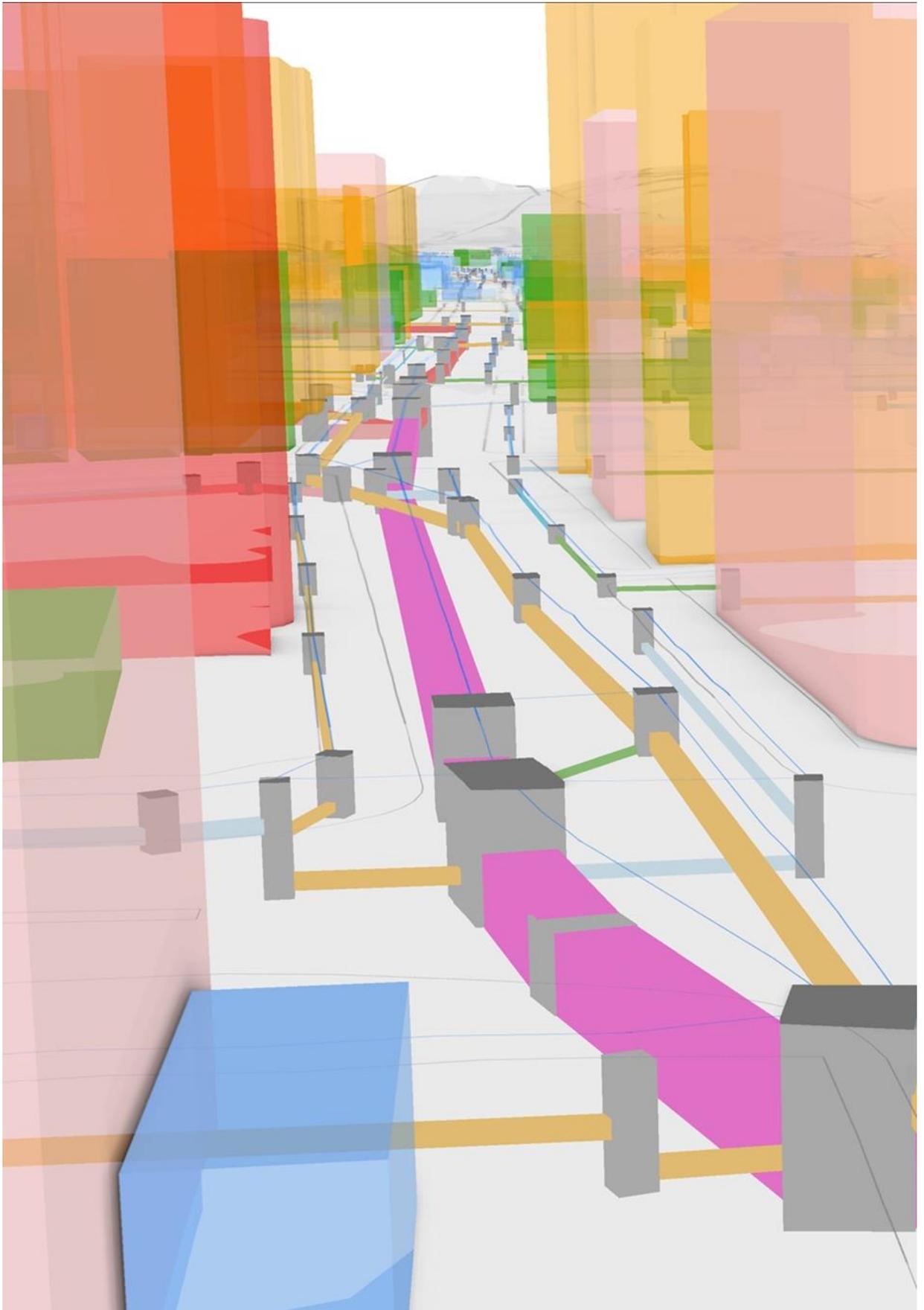




PLATEAU  
by MLIT

PLATEAU Technical Report  
3D都市モデル活用のための技術資料



## 下水熱利用促進のためのマッチングシステム 技術検証レポート

Technical Report on Matching System for Promoting Wastewater Heat Utilization

series No. 83

# 目次

---

---

1. ユースケースの概要	- 1 -
1-1. 現状と課題	- 1 -
1-1-1. 課題認識	- 1 -
1-1-2. 既存業務フロー	- 1 -
1-2. 課題解決のアプローチ	- 3 -
1-3. 創出価値	- 6 -
1-4. 想定事業機会	- 8 -
2. 実証実験の概要	- 9 -
2-1. 実証仮説	- 9 -
2-2. 実証フロー	- 10 -
2-3. 検証ポイント	- 11 -
2-4. 実施体制	- 12 -
2-5. 実証エリア	- 13 -
2-6. スケジュール	- 14 -
3. 実証システム	- 15 -
3-1. アーキテクチャ	- 15 -
3-1-1. システムアーキテクチャ	- 15 -
3-1-2. データアーキテクチャ	- 19 -
3-1-3. ハードウェアアーキテクチャ	- 20 -
3-2. システム機能	- 21 -
3-2-1. システム機能一覧	- 21 -
3-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ	- 23 -
3-2-3. 開発機能の詳細要件	- 24 -
3-3. アルゴリズム	- 65 -
3-3-1. 利用したアルゴリズム	- 65 -
3-3-2. 開発したアルゴリズム	- 68 -
3-4. データインタフェース	- 74 -
3-4-1. ファイル入力インタフェース	- 74 -
3-4-2. ファイル出力インタフェース	- 79 -
3-4-3. 内部連携インタフェース	- 84 -
3-4-4. 外部連携インタフェース	- 88 -
3-5. 実証に用いたデータ	- 89 -
3-5-1. 活用したデータ一覧	- 89 -
3-5-2. 生成・変換したデータ	- 96 -
3-6. ユーザーインタフェース	- 101 -
3-6-1. 画面一覧	- 101 -

3-6-2. 画面遷移図 .....	- 102 -
3-6-3. 各画面仕様詳細 .....	- 103 -
3-7. 実証システムの利用手順 .....	- 115 -
3-7-1. 実証システムの利用フロー .....	- 115 -
3-7-2. 各画面操作方法 .....	- 116 -
4. 実証技術の検証 .....	- 123 -
4-1. アルゴリズムの有用性の検証 .....	- 123 -
4-1-1. 検証目的 .....	- 123 -
4-1-2. KPI .....	- 123 -
4-1-3. 検証方法と検証シナリオ .....	- 124 -
4-1-4. 検証結果 .....	- 128 -
5. 政策面での有用性検証 .....	- 131 -
5-1. 検証目的 .....	- 131 -
5-2. 検証方法 .....	- 131 -
5-3. 被験者 .....	- 132 -
5-4. ヒアリング・アンケートの詳細 .....	- 133 -
5-4-1. アジェンダ・タイムテーブル .....	- 133 -
5-4-2. アジェンダの詳細 .....	- 133 -
5-4-3. 検証項目と評価方法 .....	- 134 -
5-4-4. システムデモの概要 .....	- 136 -
5-4-5. 実証実験の様子 .....	- 139 -
5-5. 検証結果 .....	- 142 -
6. 実証の成果と課題、今後の展望 .....	- 150 -
6-1. 本実証で得られた成果 .....	- 150 -
6-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性 .....	- 150 -
6-1-2. 3D 都市モデルの政策面での優位性 .....	- 151 -
6-2. 実証実験で得られた課題と対応策 .....	- 152 -
6-3. 今後の展望 .....	- 154 -
7. 用語集 .....	- 155 -

# 1. ユースケースの概要

## 1-1. 現状と課題

### 1-1-1. 課題認識

近年、カーボンニュートラルの実現や脱炭素社会の実現に向け様々な取り組みが進められる中、大気に比べ「冬は暖かく、夏は冷たい」特質を有する下水熱のエネルギーポテンシャルへの期待が高まっている。下水熱を利用するためには、建築物等の需要施設の近傍に、管路位置を踏まえてヒートポンプ等の熱交換施設を設置する必要があるが、都市全体でどの程度需要と供給をマッチングさせるポテンシャルが存在するかを定量的に評価する手法の確立が課題となっている。

他方、膨大な需要施設と下水道施設の受給量と位置関係を考慮したマッチングを実現するためには GIS データ及びソフトウェアを用いることが主となるが、これらのデータを扱うには専門知識が必要であり、より多くのマッチングを検討するためには、幅広いユーザーが利用できるシステムの構築が求められている。

### 1-1-2. 既存業務フロー

地方公共団体で行われている下水熱に関わる業務フロー概要及びボトルネックとなる部分を以下に示す。

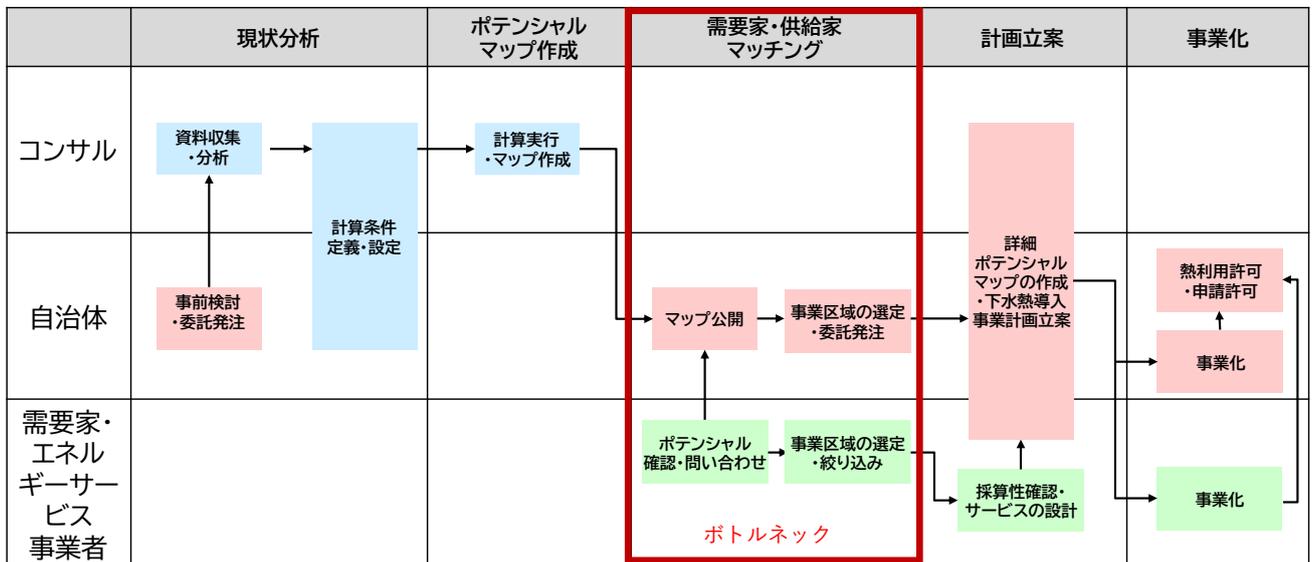


図 1-1 既存業務フロー

表 1-1 既存業務概要

実施項目	実施主体	業務概要
現状分析	コンサル・地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 都市計画及び下水道普及状況を鑑み、下水熱利用を推進する地域を選定し、広域ポテンシャルマップ作成業務を委託発注する</li> <li>● 現況の建物データ及び下水道台帳データ、下水実測流量等を整理し、下水熱の計算条件を検討する</li> </ul>
ポテンシャルマップ作成	コンサル	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 「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」に従い、広域ポテンシャルマップを作成する</li> </ul>
需要家・供給者マッチング	地方公共団体・需要家・エネルギーサービス事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作成した広域ポテンシャルマップを一般公開し、需要家を募る</li> <li>● 広域ポテンシャルマップにもとづき、自身が管理する施設周辺の下水熱賦存量を確認し、地方公共団体に下水熱の利用相談をする</li> </ul>
計画立案	コンサル・地方公共団体・需要家・エネルギーサービス事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 机上調査及び現地調査にもとづき、詳細ポテンシャルマップを作成する</li> <li>● 下水熱利用システムの基本設計及び採算性を検討する</li> </ul>
事業化	地方公共団体・需要家・エネルギーサービス事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 下水熱の利用・許可を申請する</li> <li>● 詳細設計を経て、施工する</li> <li>● 下水熱を利用開始する</li> </ul>

## 1-2. 課題解決のアプローチ

3D 都市モデル（建築物モデル）を活用し、建築物単位の熱需要量の推計を都市スケールで行う。下水熱利用においては、建物の熱需要量と下水道施設がもつ下水熱ポテンシャルをマッチングした結果を基に利用可能箇所の整理を行う。従来の広域ポテンシャルマップでは、一定程度のレンジでランク分けして下水熱ポテンシャルを色分けした図面の公開に留まっており、マッチングを確認するためには、下水熱の利用者もしくは地方公共団体の担当者が下水熱利用の検討対象となる建物の熱需要量を計算し、下水熱ポテンシャルとマッチングしているか確認する必要がある。

熱需要量は、地域、建物用途、熱利用用途、延床面積から算定するが、延床面積を用いた延床情報が不足する建物に対しては、3D 都市モデル（建築物モデル）の情報をもとに延床面積の計算を行うため、従来の計算より熱需要算出の精度が向上する。また、本 UC で開発したシステムでは、算定した下水熱ポテンシャルと建物の熱需要量のマッチング結果を Web システムで確認できるようにし、簡易検討ツール<sup>\*1</sup>を利用することで事業性の検討を行うことが可能となり、導入可能性調査を実施する上での基礎資料が作成できる。

※1 簡易検討ツール：国土交通省が提供している下水熱導入の検討を行う人が必要情報を入力することで簡易に事業性を検討できるツールである。

下水熱利用を検討しているユーザーがシステムを利用し、検討内容が進展した上で地方公共団体への下水熱利用に向けたアプローチを行うため、地方公共団体職員の窓口対応時間の削減、需要家の確認までのプロセスの省力化につながる。そのため需要家の利用検討機会が向上し、地域の下水熱利用促進につながる。

下水道台帳等を地下埋設物モデルとして、標準化を図ることで地方公共団体毎の属性項目や名称の違い、三次元データの形式が統一的な形式で作成されることで、データ変換に関わる労力の最小化やデータ品質の向上、システム間の連携強化が可能となる。

本システムの導入で期待される下水熱利用に関わる業務フローでの各工程の改善点を以下の表に示す。

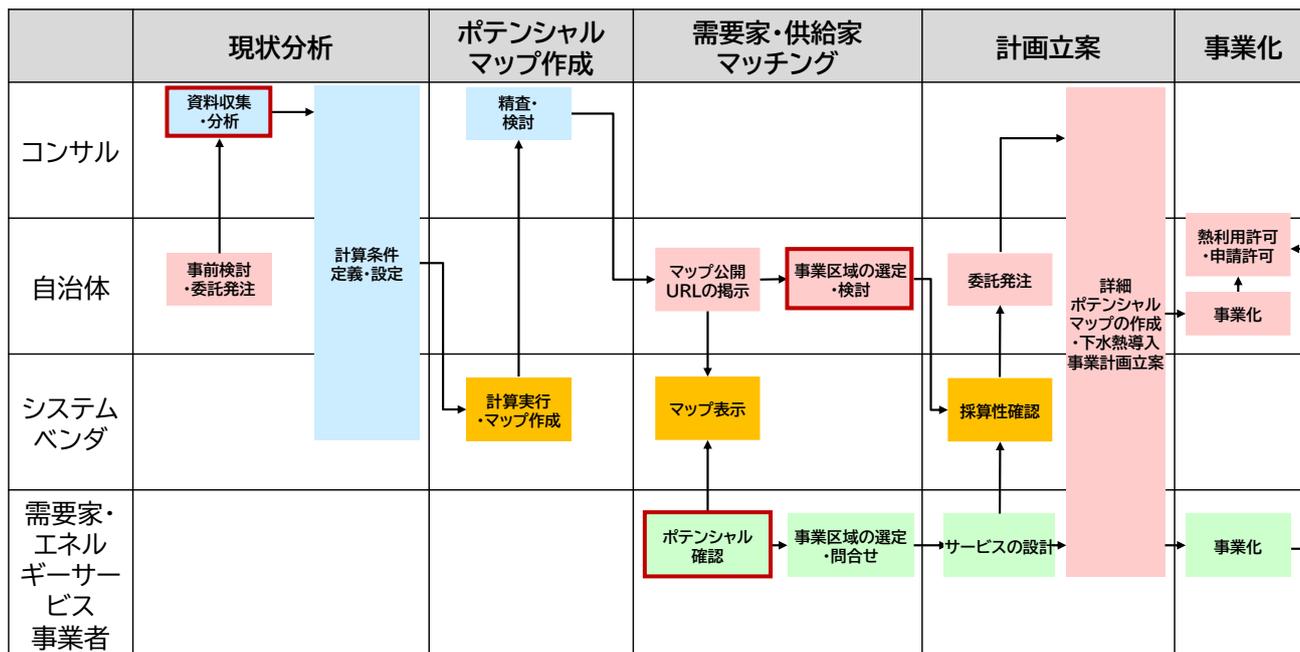


図 1-2 改善後の業務フロー

表 1-2 本システム導入による改善点

実施項目	実施主体	本システム導入による改善点
現状分析	コンサル	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D 都市モデル（建築物モデル）を利用することで、建物用途や高さ情報等を活用し、建物データの精度を向上可能である</li> <li>● 提出に必要な書類をシステムにより自動判別するため、必要書類確認の時間が削減される</li> </ul>
需要家・供給家マッチング	地方公共団体、需要家・エネルギーサービス事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● WebGIS によるマッチングシステムを利用し、マッチングの効率を向上する</li> <li>● ヒートポンプの配置検討が見える化する</li> <li>● システム上で基礎資料を作成し、次の検討ステップへの進展をサポートする</li> </ul>



図 1-3 開発したシステムのイメージ





図 1-5 下水熱マッチングシステムのイメージ

## 1-4. 想定事業機会

表 1-3 想定事業機会

項目	内容
システム利用者	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地方公共団体下水道関連部局</li> <li>● 地方公共団体都市計画部局</li> <li>● 民間施設管理者</li> <li>● 民間開発事業者</li> <li>● システムベンダ</li> <li>● エネルギーサービス事業者</li> </ul>
提供価値	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 下水熱マッチングシステムの提供・運用サービス (クラウドベースによる Web システムの提供)</li> <li>● 供給者と需要者の下水熱ポテンシャルの情報開示・確認コストの削減</li> <li>● 3D 都市モデル (建築物) 利用による、下水熱ポテンシャルマップの作成費用の削減・データの精緻化</li> </ul>
サービス仮説	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現状の広域ポテンシャルマップに置き換わる下水熱ポテンシャルマップによる、閲覧数の増加及び情報の詳細化 (現在は色による凡例のみ)</li> <li>● 都市計画及び開発事業における下水熱利用の促進及び計画の検討の効率化</li> <li>● 施設管理者による環境負荷を考慮したエネルギー管理</li> <li>● エネルギーサービス事業者による、施設計画の検討・地域の特定</li> </ul>

## 2. 実証実験の概要

### 2-1. 実証仮説

- 従来の平面的な建物データに比べ、3D都市モデルを活用することで、建築物の容積を考慮したより精緻な熱需要の推計が可能となる。
- 3D都市モデル（計測高さ）を活用することで、延床面積のブランク値を補間し、下水熱ポテンシャル値の計算精度の精緻化が図られる。
- 従来の広域ポテンシャルマップに建築物の熱需要量を追加表示可能なシステムを利用することにより、需要量と供給量が一体的に把握でき、下水熱導入の促進が見込まれる。
- 下水熱ポテンシャルと建築物の熱需要を空間的にマッチングすることで、下水熱導入コスト等を考慮した利用可能性の検討が可能となる。
- 情報がWeb公開されることで、下水熱に関する情報の閲覧数が上昇し下水熱導入件数の増加が見込まれる。
- 下水道台帳等を地下埋設物モデルとして、標準化を図ることで地方公共団体毎の属性項目や名称の違いや三次元データの形式が統一的な形式で作成されることで、データ変換に関わる労力の最小化やデータ品質の向上、システム間の連携強化が可能となる。また、全国で個別に管理されている施設データが統一形式であるため、3Dの共通プラットフォーム等でデータの一体的な表示が可能となり、災害時における情報共有が可能となる。本システムのみならず地下埋設物照会や水道と一体となった改築更新計画への利用が可能となる。

## 2-2. 実証フロー

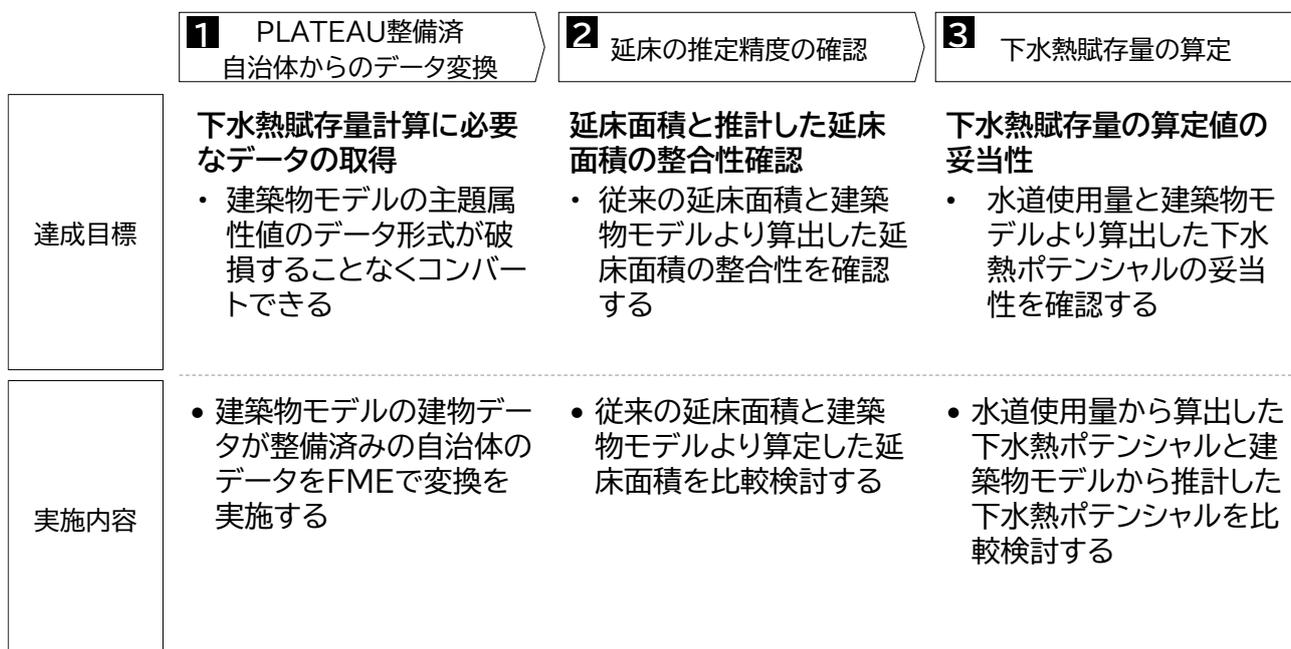


図 2-1 実証フロー（データ変換、延床の推定精度確認、下水熱賦存量の算定）

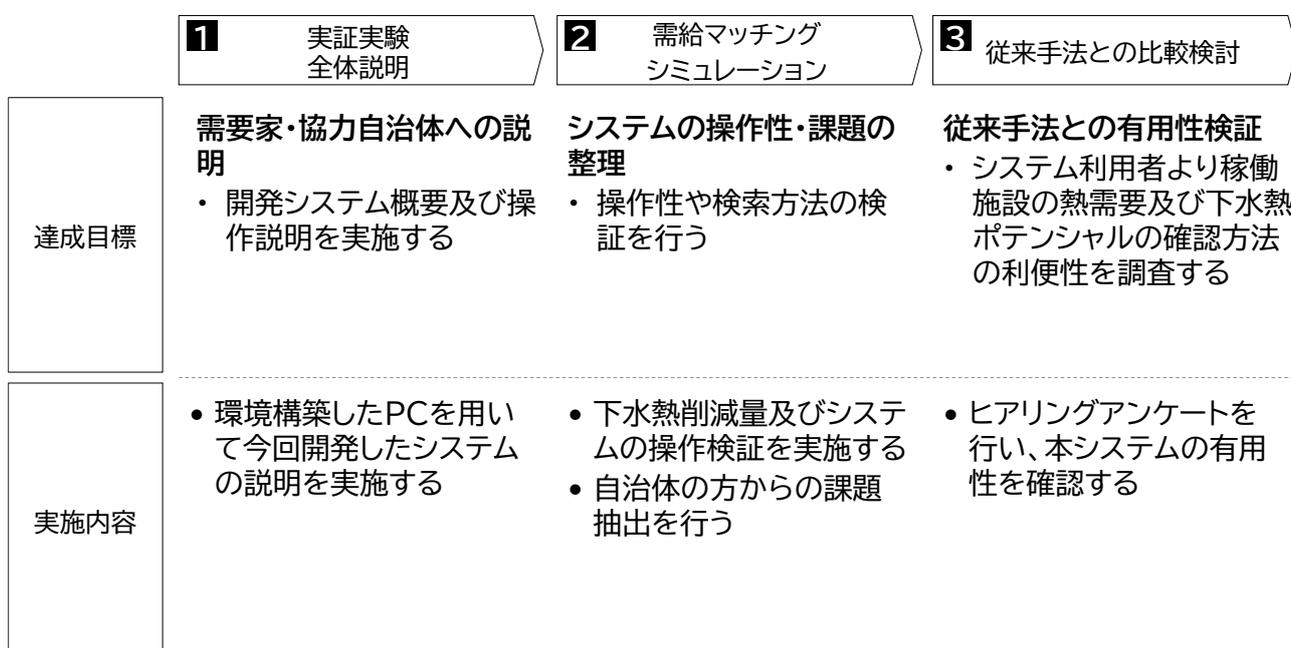


図 2-2 実証フロー（実証実験の説明、需給マッチングシミュレーション、従来手法との比較）

## 2-3. 検証ポイント

- 下水熱ポテンシャル計算結果の有効性  
3D 都市モデル（建築物モデル）より計算した推計下水熱ポテンシャルと水道使用量実績をもとに計算した下水熱ポテンシャルの比較を行い、計算結果の精度確認を行う。  
※ 本検証ポイントについては、【4 章：実証技術の検証】にて検証結果を記載する。
- システム利用者※アンケートを想定  
開発したシステムを操作し、システムの操作に関する意見、UI のわかりやすさ、確認に要する時間の効率化の効果の確認を行う。  
※ 本検証ポイントについては、【5 章：政策面での有用性検証】にて検証結果を記載する。
- 下水道部局職員  
開発したシステムを操作し、Web システムの活用による従来の下水熱ポテンシャルマップと比較した場合の情報提供方法の有用性を検証する。  
※ 本検証ポイントについては、【5 章：政策面での有用性検証】にて検証結果を記載する。

## 2-4. 実施体制

表 2-1 実施体制

役割	主体	詳細
全体管理	国交省 都市局	プロジェクト全体ディレクション
	アクセンチュア	プロジェクト全体マネジメント
実施事業者	パスコ	ユースケース実証における企画・開発・検証・運営 データ整備及びプロトタイプ開発
実施協力	姫路市	データ提供（下水道台帳） 実証実験の参加、ヒアリング・アンケート協力
	たつの市	実証実験の参加、ヒアリング・アンケート協力
	加西市	実証実験の参加、ヒアリング・アンケート協力
	狛江市	実証実験の参加、ヒアリング・アンケート協力
	ゼネラルヒートポンプ 工業	ヒートポンプ容量・形状データの作成 実証実験の参加

## 2-5. 実証エリア

表 2-2 実証エリア

項目	内容
実証地	兵庫県姫路市 中部処理区
面積	153.1 km <sup>2</sup>
マップ (対象エリア は赤枠内)	

## 2-6. スケジュール

表 2-3 スケジュール

実施事項	2023 年										2024 年		
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	
1. プロジェクトビジョンの定義	←→												
2. 3D 地下埋設物モデル（下水管・マンホール）の整備		←→											
3. アルゴリズム開発			←→										
4. ArcGIS Pro システム機能開発			←→										
5. ArcGIS Online システム機能開発			←→										
6. プロトタイプ検証							←→						
7. 課題の抽出・反映							←→						
8. 総合テスト・実証								←→					
9. OSS・オープンデータ作成									←→				
10. 技術検証レポート作成							←→						

## 3. 実証システム

### 3-1. アーキテクチャ

#### 3-1-1. システムアーキテクチャ

今回の実証実験では、3D 都市モデルを活用して熱需要量と下水熱ポテンシャルを算定する機能と、それらをマッチングするシステムを開発した。

熱需要量と下水熱ポテンシャルを算定する機能については、ArcGIS Pro SDK for .NET で ArcGIS Pro の拡張機能を開発し、単一システム内で熱需要量と下水熱ポテンシャルを算定できるようにした。

熱需要量の算定には、①延床面積の推計②建物用途の分類③年間熱需要量の算定の3つのプロセスがある。

①延床面積の推計では、延床面積が不明である建物を対象に LOD1 建築物モデルの階数情報、計測高さ、footprint を利用し、事前に設定した階高をもとに以下の式で延床面積を推計した。

<延床面積の推計式>

- 階数情報がある場合

$$\text{延床面積} = (\text{storeysAboveGround} + \text{storeysBelowGround}) \times \text{buildingFootprintArea}$$

- 階数情報がない場合

国土交通省による「一次エネルギー消費量モデル建築物」を参考に、階高を設定

$$\text{延床面積} = \text{measuredHeight} \div \text{階高} \times \text{buildingFootprintArea}$$

②建物用途の分類では、建築物モデルの主題属性として登録されている建物用途から国土交通省による「下水熱利活用マニュアル」(<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001402686.pdf>) で定義されている5つの建物用途に分類した。③年間熱需要量の算定は、分類した建物用途ごとに設定する熱需要原単位に延床面積及び地域補正係数を乗じることで算定した。以下に算定式を示す。

<年間熱需要量算定式>

$$\text{年間熱需要量 [MJ/年]} = \{\text{年間冷 (温) 熱需要原単位 [MJ/年} \cdot \text{m}^2] \times \text{延床面積 [m}^2]\} \times \text{冷 (暖) 房用年間熱需要地域補正係数}$$

下水熱ポテンシャルの算定では、①延床面積の推計②建物用途の分類③下水道管ごとの下水流量算定④下水熱ポテンシャル算定の4つのプロセスを実施した。①延床面積の推計は熱需要計算と同様である。

②建物用途の分類では、「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」

(<https://www.mlit.go.jp/common/001088502.pdf>) にもとづき、7つの建物用途に分類した。③下水道管ごとの下水流量算定及び④下水熱ポテンシャル算定では、建築物モデルとそれに近接する地下埋設物モデル

(下水道管)を ArcGIS Pro の最近接 (Near) 解析<sup>※1</sup>を用いて特定し、紐付けを行った。次に、下水処理場の実測下水流量を用いて、以下の式で下水熱ポテンシャルを算定した。

<下水流量の算定式>

$$\hat{G}_N = G_L \times \frac{\sum_{m=1}^N F_m}{\sum_{m=1}^L F_m}$$

$\hat{G}_N$ : 推定点における日平均下水流量 (m<sup>3</sup>/日)

$G_L$ : 流量既知点における日平均実測下水流量(m<sup>3</sup>/日)

$F_m$ : 各下水道管が受け持つ建物延床面積 (m<sup>2</sup>)

$N$ : 推定点の集水域内の下水道管数

$L$ : 流量既知点の集水域内のマンホール数

<下水熱ポテンシャルの算定式>

$$\hat{Q}_N = C_W \times \hat{G}_N \times \Delta T$$

$\hat{Q}_N$ : 推定点における日平均下水熱ポテンシャル (MJ/日)

$C_W$ : 容積比熱(MJ/m<sup>3</sup>・K)

$\hat{G}_N$ : 推定点における日平均推定下水流量 (m<sup>3</sup>/日)

$\Delta T$ : 下水熱利用温度差 (K) 5K と設定

下水熱マッチングシステムは、Microsoft Azure に ArcGIS Maps SDK for JavaScript の API で開発したシステムを配置し、ArcGIS Online と API 連携して表示・検索・更新などの処理を可能とした。このシステムの機能は、下水熱の需要家となる建築物とそれを提供する下水道管をマッチングさせる「マッチング機能」、熱需要と熱ポテンシャルから必要となるヒートポンプの大きさのオブジェクトを地図上に 3D 表示して敷地等への設置可能性を検証できる「配置シミュレーション機能」、下水道管理者や下水道関係のコンサルタント、エネルギーサービス事業者等が下水熱利用の事業性を検討できるツール（下水熱利用可能性簡易検討ツール）をダウンロードできる「ダウンロード機能」、対象建築物の属性及び下水道管の属性、検討対象の位置図などを記載した調書を出力できる「PDF 出力機能」が含まれる。

---

※1 最近接 (Near) 解析：入力フィーチャ（建築物）と、別のレイヤー（下水道管）内の最近接フィーチャとの間の、距離を計算する解析

システムの UI は、GIS に詳しくない人が使用することも視野に入れてスマホのように直観的に使えることを心掛けて作成した。操作メニューの一番上に処理の流れを示す画像を埋め込むことで処理の流れが簡単に理解できるように工夫した。また、上から順番にボタン操作をすればポテンシャルの検討が行えるような画面構成とし、各メニューにマウスを当てるとポップアップにて機能説明が出るように工夫した。

本システムのシステムアーキテクチャは下図の通りである。

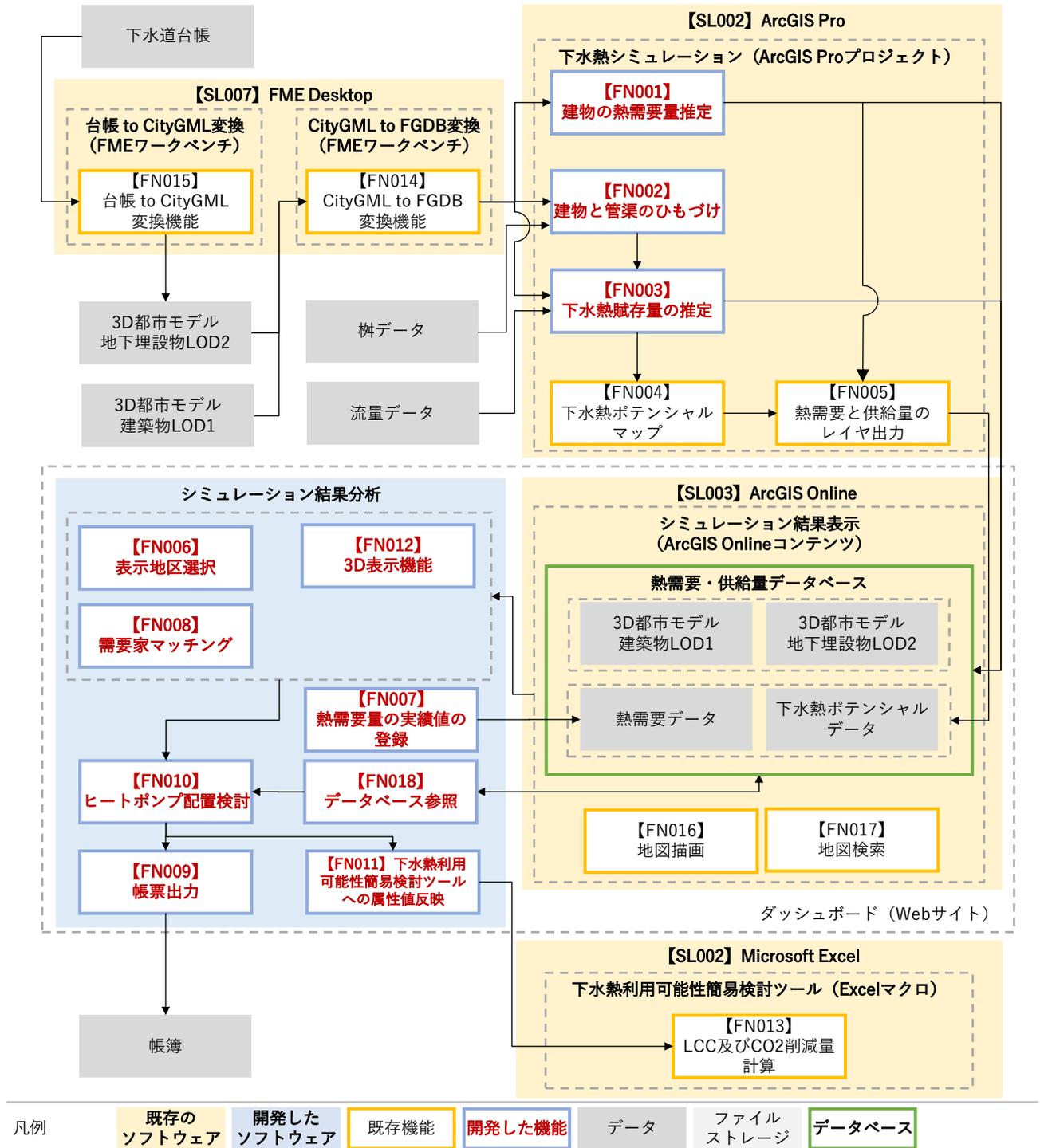


図 3-1 システムアーキテクチャ

### 3-1-2. データアーキテクチャ

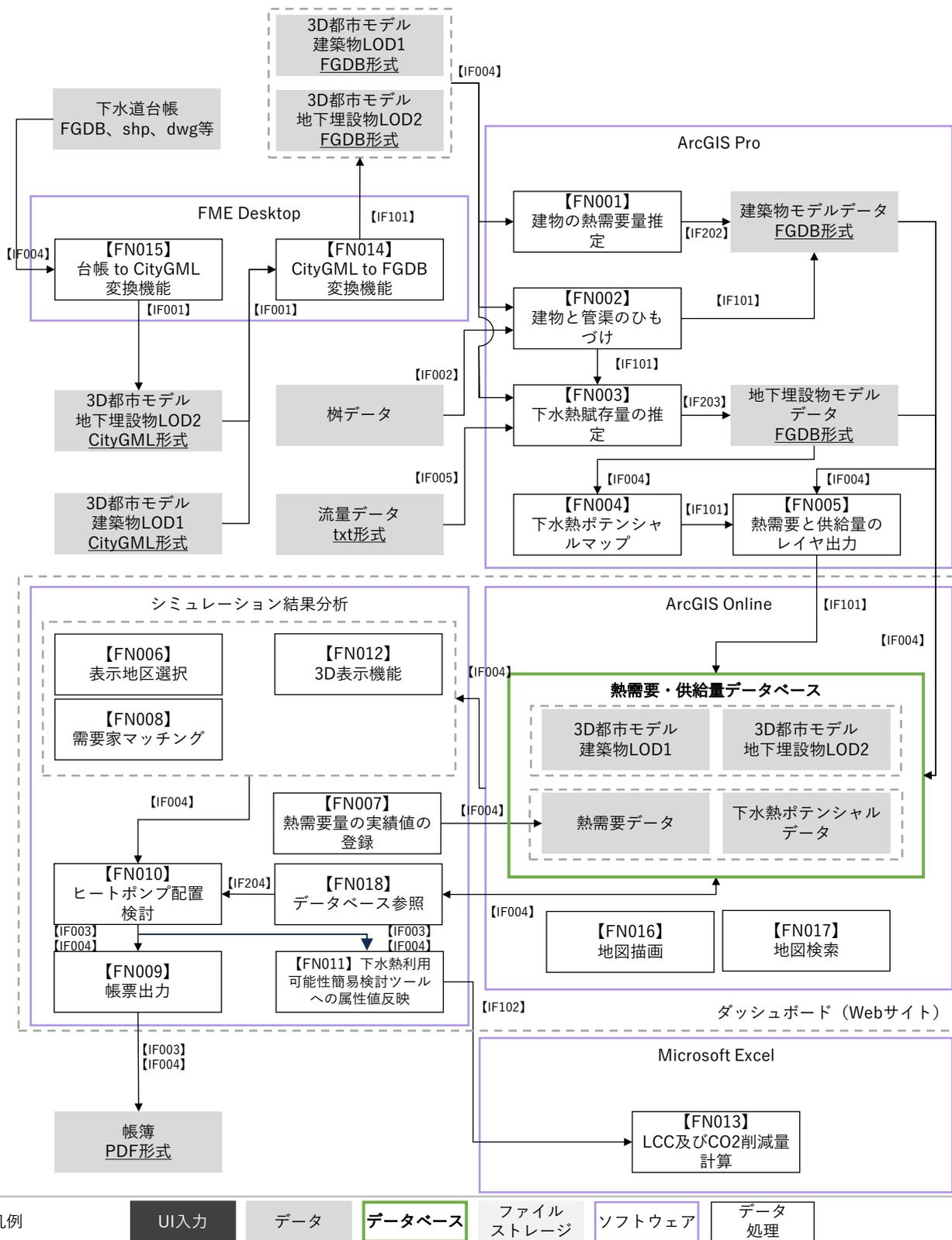


図 3-2 データアーキテクチャ

### 3-1-3. ハードウェアアーキテクチャ

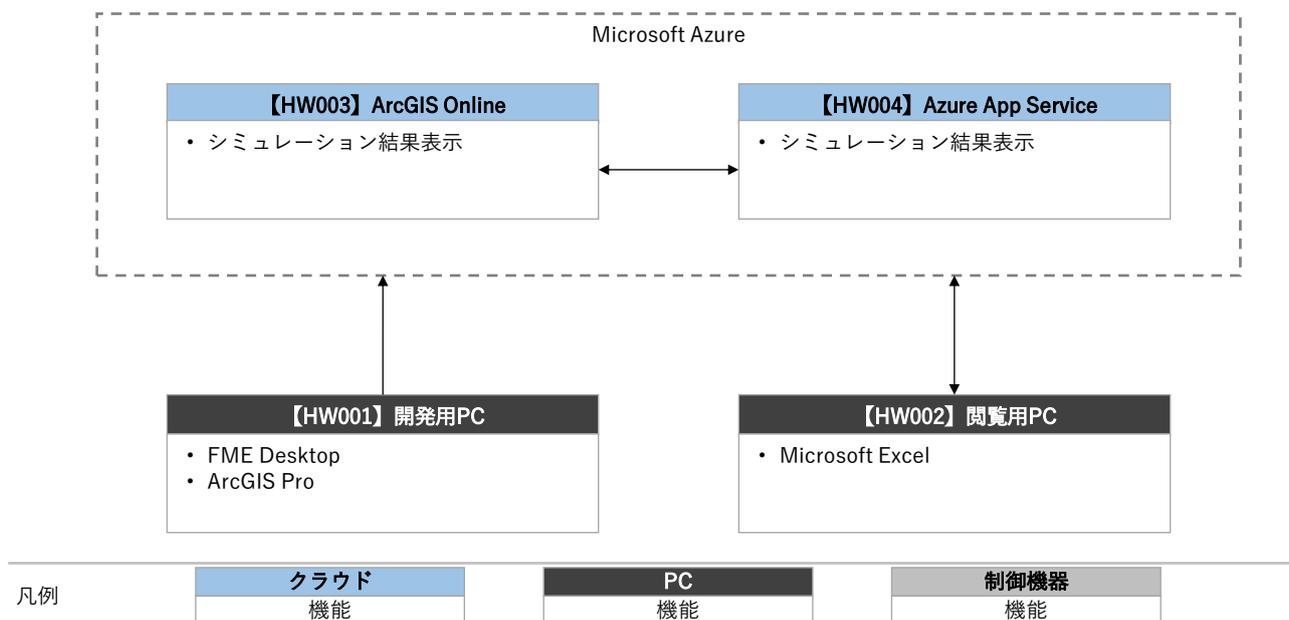


図 3-3 ハードウェアアーキテクチャ

表 3-1 利用したハードウェア一覧

ID	種別	品番	用途
HW001	開発用 PC	HP Z4 G4 Workstation	<ul style="list-style-type: none"> <li>● FME Desktop</li> <li>● ArcGIS Pro</li> </ul>
HW002	閲覧用 PC	PC のスペックは問わない Microsoft Excel が必要	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Microsoft Excel</li> </ul>
HW003	ArcGIS Online	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● シミュレーション結果表示</li> </ul>
HW004	Azure App Service	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● シミュレーション結果表示</li> </ul>

## 3-2. システム機能

### 3-2-1. システム機能一覧

#### 1) システム機能一覧

システム機能一覧を以下に示す。なお、システム提供者は、以下のソフトウェアを調達の上、環境構築を行うことを想定している。システム利用者は、Web で接続できる環境で特段特別なソフトを調達する必要がないと想定している。

- システム提供者：システムベンダ、エネルギーサービス事業者
- システム利用者：地方公共団体下水道関連部局、地方公共団体都市計画部局、民間施設管理者、民間開発事業者、エネルギーサービス事業者

表 3-2 システム機能一覧

※赤文字：既存改修・新規開発

ID	ソフトウェア	機能名	機能説明	新規/改修/既存（過年度 PLATEAU 成果）/既存（その他）
FN001	ArcGIS Pro	建物の熱需要推定	建築物が持つ属性項目をもとに、各家屋が持つ熱需要を作成する	新規
FN002	アドイン	建物と管渠のひも付け	家屋情報と管渠を空間結合し、各家屋の汚水排水先管渠をひも付けることで下水熱ポテンシャル計算の基礎情報を付与する	新規
FN003		下水熱賦存量の推定	延床面積の集計値と流量をもとに、管渠が持つ下水熱ポテンシャル値を作成する	新規
FN004		下水熱ポテンシャルマップ	作成した下水熱ポテンシャル値を、地図上で分類表示する ※ArcGIS の基本機能のため、今回開発する機能ではない	既存（その他）
FN005		熱需要と供給量のレイヤ出力	作成した熱需要量を、地図上で分類表示し、各レイヤファイルを出力する	既存（その他）
FN019	ArcGIS Online Web アプリ	3D モデル編集	下水道台帳データから下水道 3D モデルを作成する	既存（その他）

ID	ソフトウェア	機能名	機能説明	新規/改修/既存（過年度 PLATEAU 成果）/既存（その他）
FN006	ArcGIS Online	表示地区選択	処理区等の流域を選択し、表示範囲の指定ができる機能を作成する	新規
FN007	Web アプリ	熱需要量の実績値の登録	ユーザーが熱需要量の実績値を登録できる機能を作成する	新規
FN008		需要家マッチング	管渠と家屋のデータを用いて、熱需要のマッチングができる機能とする マッチング方法については、家屋を指定する方法と管渠を指定する方法とする	新規
FN009		帳票出力	属性を用いて帳票を出力する	新規
FN010		ヒートポンプ配置検討	ヒートポンプが設置可能な場所を 3D 表示で検討できる機能とする	新規
FN011		下水熱利用可能性簡易検討ツールへの属性値反映	建築物モデルや地下埋設物モデルデータの属性値を「下水熱利用可能性簡易検討ツール（Excel）」に必要な値を入力する	新規
FN012		3D 表示機能	地下埋設物モデルデータを 3D で表示できる機能とする ※3D 都市モデルの標準仕様に準拠した地下埋設物モデル（下水道管）を作成する	新規
FN016		地図描画	Web 上で地図を描画する	既存（その他）
FN017		地図検索	Web 上で地図の属性を検索する	既存（その他）
FN018		データベース参照	帳票で使用する各種値をデータベースから参照する	新規
FN013		Microsoft Excel	LCC 及び CO2 削減量の計算	LCC 及び CO2 削減量の計算について、「下水熱利用可能性簡易検討ツール」を行い、グラフを出力する
FN014	FME Desktop	CityGML から FGDB への変換	CityGML から FGDB へ変換を行う	既存（その他）
FN015		FGDB から CityGML への変換	FGDB から CityGML へ変換を行う	既存（その他）

## 3-2-2. 利用したソフトウェア・ライブラリ

表 3-3 利用したソフトウェア・ライブラリ

ID	種別	名称	バージョン	内容
SL001	ミドルウェア	Microsoft.NET	6.0.5 以降	マイクロソフト社が提供する、計算処理用 PC のメインソフトウェア実行環境
SL002	ソフトウェア	ArcGIS Pro	3.0 以降	Esri 社が提供する、計算処理用 PC のメインソフトウェア
SL003		ArcGIS Online	-	Esri 社が提供する、システム利用者閲覧用 PC のメインソフトウェア
SL004		EPPlus	6.2.4	EPPlus Software 社が提供する、サーバ上で Excel を編集するソフトウェア
SL005		ArcGIS Maps SDK for JavaScript	4.28	Esri 社が提供する、Web サイトに GIS (地図) 機能を組み込むための API
SL006		iTextSharp.LGPLv 2.Core	3.4.12	PDF を生成する OSS ライブラリ (.NET (Core)に対応させた非公式ライブラリ)
SL007		FME Desktop	2022.1	Safe Software 社が提供する、データ変換・統合処理ソフトウェア。CityGML を他のデータに変換するため等に利用。
SL008		下水熱利用可能性簡易検討ツール	2021 年 4 月版	国土交通省が提供する、下水熱利用の評価を行うためのツール。 対象建物の用途や延床面積等の必要情報を入力し、投資回収年数や低炭素効果などの試算ができる。 <a href="https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000467.html">https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000467.html</a>

### 3-2-3. 開発機能の詳細要件

#### 1. 【FN001】 建物の熱需要量推定

##### ● 機能概要

- 建築物モデルが持つ属性項目をもとに、各家屋が持つ熱需要を作成する機能
- 建築物モデルの属性データに延床面積がない場合、建物高さ、Footprint、建物階数データ等をもとに推定延床面積を計算
  - ※詳細については熱需要量の計算、延床面積の推定アルゴリズムを参照
- 熱需要量（double 型、MJ/年）

##### ● フローチャート

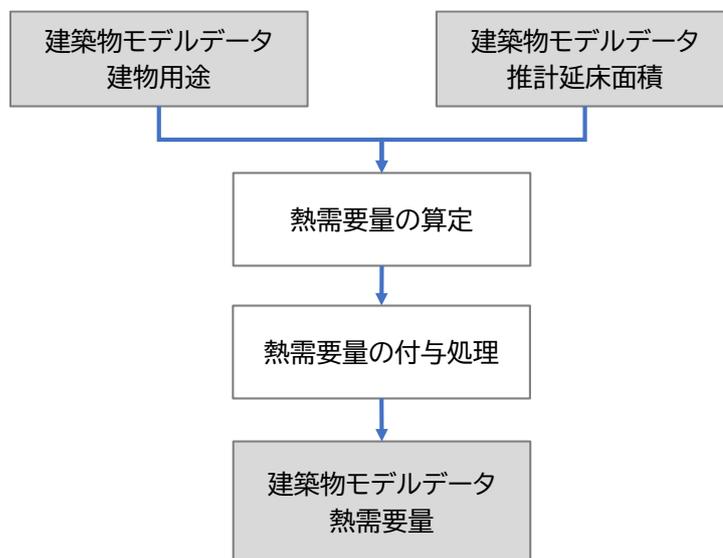


図 3-4 建物の熱需要量推定

##### ● データ仕様

- 入力
  - ◇ 建築物モデルデータ
    - 内容
      - 建築物モデルデータの家屋
    - 形式
      - FGDB 形式
    - データ詳細
      - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
建築物：Shape  
建築物：bldg\_usage
- 出力
  - ◇ 建築物モデルデータ

- 内容
  - 建築物モデルデータの熱需要量
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照
    - 建築物：HeatDemand1
    - 建築物：HeatDemand2
    - 建築物：HeatDemand3
    - 建築物：HeatDemand4
- 機能詳細
  - 熱需要の計算
    - ◇ 処理内容
      1. 設定ファイルより各情報を取得する
      2. 建物用途変換ファイルより各情報を取得する
      3. 「延床面積格納フィールド」に以下手順で延床面積を格納する
        - (ア) 「延床面積フィールド」で指定したフィールドに値が入っている場合はそのまま「延床面積格納フィールド」に格納する
        - (イ) 「延床面積フィールド」が 0 又は空欄の場合は、「床面積」×（「地上階数」＋「地下階数」）で延床面積を計算し「延床面積格納フィールド」に格納する。Null の場合は 0 と補正する。
        - (ウ) 「地上階数」も「地下階数」も 0 又は空欄の場合は、「延床面積計算」シートに記載したとおり、以下計算で階数を計算する。
          - ・「計測高さ」－「延床補正係数 1」を計算する
          - ・計算結果がマイナスになる場合は、1 F としプラスになる場合は以下を追加で計算する
          - ・計算結果の余りを「延床補正係数 2」で割った商（少数以下は切り捨て）を階数とする
          - ・1＋計算結果の階数を足すことで何階建てか判断する
          - ・階数の計算結果×「床面積」の値を「延床面積格納フィールド」に格納する
      4. 延床面積、地域補正係数、建物用途を用いて建物 1 軒ごとに以下式で熱需要を計算する
        - ① 建物用途変換ファイルを参照し、建物用途の値を変更したもの（コンマで区切って 1 個目のみ）を「統合した建物用途フィールド」に格納する
        - ② 冷房の場合（計算結果は「熱需要値格納フィールド 1」に格納）の値
          - ・設定ファイルの地域補正值（コンマ区切りの 2 件目：北海道だと 0.5）を取得する

- ・ 上記 No.4-①部分で取得済の建物用途の値（コンマ区切りの 2 件目：293.0）を取得する
- ・ 上記 No.3 部分で作成した「延床面積格納フィールド」の値を取得する
- ・ 地域補正係数×延床面積×熱需要原単位で計算された値を「熱需要値格納フィールド 1」に格納する
- ③ 暖房の場合（計算結果は「熱需要値格納フィールド 2」に格納）の値
  - ・ 設定ファイルの地域補正值（コンマ区切りの 3 件目：北海道だと 2.4）を取得する
  - ・ 上記 No.4-①部分で取得済の建物用途の値（コンマ区切りの 3 件目：129.6）を取得する
  - ・ 上記 No.3 部分で作成した「延床面積格納フィールド」の値を取得する
  - ・ 地域補正係数×延床面積×熱需要原単位で計算された値を「熱需要値格納フィールド 2」に格納する
- ④ 空調の場合（計算結果は「熱需要値格納フィールド 3」及び「正確な熱需要格納フィールド（空調）」に格納）の値
  - ・ 「熱需要値格納フィールド 1」と「熱需要値格納フィールド 2」の合計値を両方に格納する
- ⑤ 給湯の場合（計算結果は「熱需要値格納フィールド 4」に格納）の値
  - ・ 上記 No.4-①部分で取得済の建物用途の値（コンマ区切りの 4 件目：9.4）を取得する
  - ・ 上記 No.3 部分で作成した「延床面積格納フィールド」の値を取得する
  - ・ 延床面積×熱需要原単位で計算された値を「熱需要値格納フィールド 4」及び「正確な熱需要格納フィールド（給湯）」に格納する
  
- ◇ 利用するライブラリ
  - ArcGIS Pro 【SL002】 及び Microsoft.NET 【SL001】 を用いてアドイン機能として作成し、システムに追加することで動作する
- ◇ 利用するアルゴリズム
  - 熱需要量の計算（アルゴリズム 【AL001】 を参照）
  - 延床面積の推定（アルゴリズム 【AL006】 を参照）
  
- 熱需要の付与処理
  - ◇ 処理内容
    - 計算した熱需要を属性に格納する
  - ◇ 利用するライブラリ
    - ArcGIS Pro 【SL002】 及び Microsoft.NET 【SL001】 を用いてアドイン機能として作成し、システムに追加することで動作する
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - ArcGIS Pro の基本機能を利用するため、特になし

## 2. 【FN002】 建物と管渠のひも付け

### ● 機能概要

- 家屋情報と管渠又は柵を空間結合し、各家屋の污水排水先管渠をひも付けることで下水熱ポテンシャル計算の基礎情報を付与する機能  
※詳細については、空間結合アルゴリズムを参照

### ● フローチャート

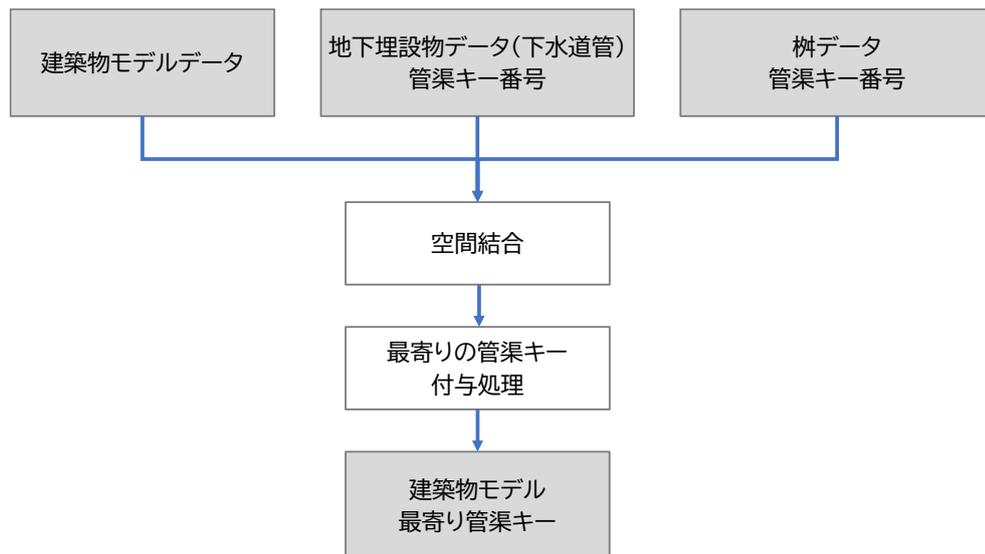


図 3-5 建物と管渠のひも付け

### ● データ仕様

#### ➢ 入力

##### ◇ 建築物モデルデータ、地下埋設物モデルデータ（下水道管）

- 内容
  - 建築物モデルデータの家屋
  - 地下埋設物モデルデータ（下水道管）
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル入力インターフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（下水道管）：SEQNO

#### ➢ 出力

##### ◇ 建築物モデルデータ

- 内容
  - 建築物モデルデータの最寄り管渠キー
- 形式

- FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照  
建築物：KankyoKey
- 機能詳細
  - 空間結合
    - ◇ 処理内容
      - 家屋に対して ArcGIS Pro の NEAR 関数を用いて一番近い管渠を検索させる
    - ◇ 利用するライブラリ
      - なし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - 空間結合（アルゴリズム【AL007】を参照）
  - 最寄りの管渠キーの付与処理
    - ◇ 処理内容
      1. 管渠を選択対象とするのか柵を選択対象とするのかを、最寄り管渠検索処理方法で判断する
      2. 設定ファイルの「検索距離」で設定されている距離で対象図形が検索されない場合はスキップする
      3. 対象が管渠の場合は、家屋と管渠との距離（最近接（Near））で検索処理を実行し、検索された「管渠キーフィールド」の値を家屋の「管渠とのキーが格納されるフィールド」に格納する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - なし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - 空間結合（アルゴリズム【AL007】を参照）

3. 【FN003】 下水熱賦存量の推定

● 機能概要

➤ 下水熱ポテンシャルの算定では、処理場等の流量既知点の流量から逓加延床面積を基に各管渠へ割り返し、管渠が持つ下水熱ポテンシャル値を作成する。逓加延床面積は各管渠の集水域に位置する管渠に接続する建築物モデルの延床面積の合計により算出される。計算式の詳細は【AL002】に記載する

- (1) 管路施設情報が付与された建物データより、接続延床面積を集計
- (2) 上流からの接続がある場合は逓加延床面積値を入力
- (3) 流量既知点まで集計
- (4) 流量既知点の流量を管路施設の逓加延床面積で割り返す  

$$\text{日平均実績下水流量 (m}^3\text{/日)} / \{\text{逓加延床面積} / \text{流量既知点までの逓加延床面積}\}$$
- (5) 下水熱ポテンシャル計算  

$$\text{容積比熱 (MJ/m}^3\text{ K)} \times \text{日平均推定下水流量 (m}^3\text{/日)} \times \text{下水熱利用温度差 (K)}$$
- (6) 下水熱ポテンシャル値を付与 (地下埋設物モデル (下水道管、マンホール) [FGDB][Shape])

● フローチャート

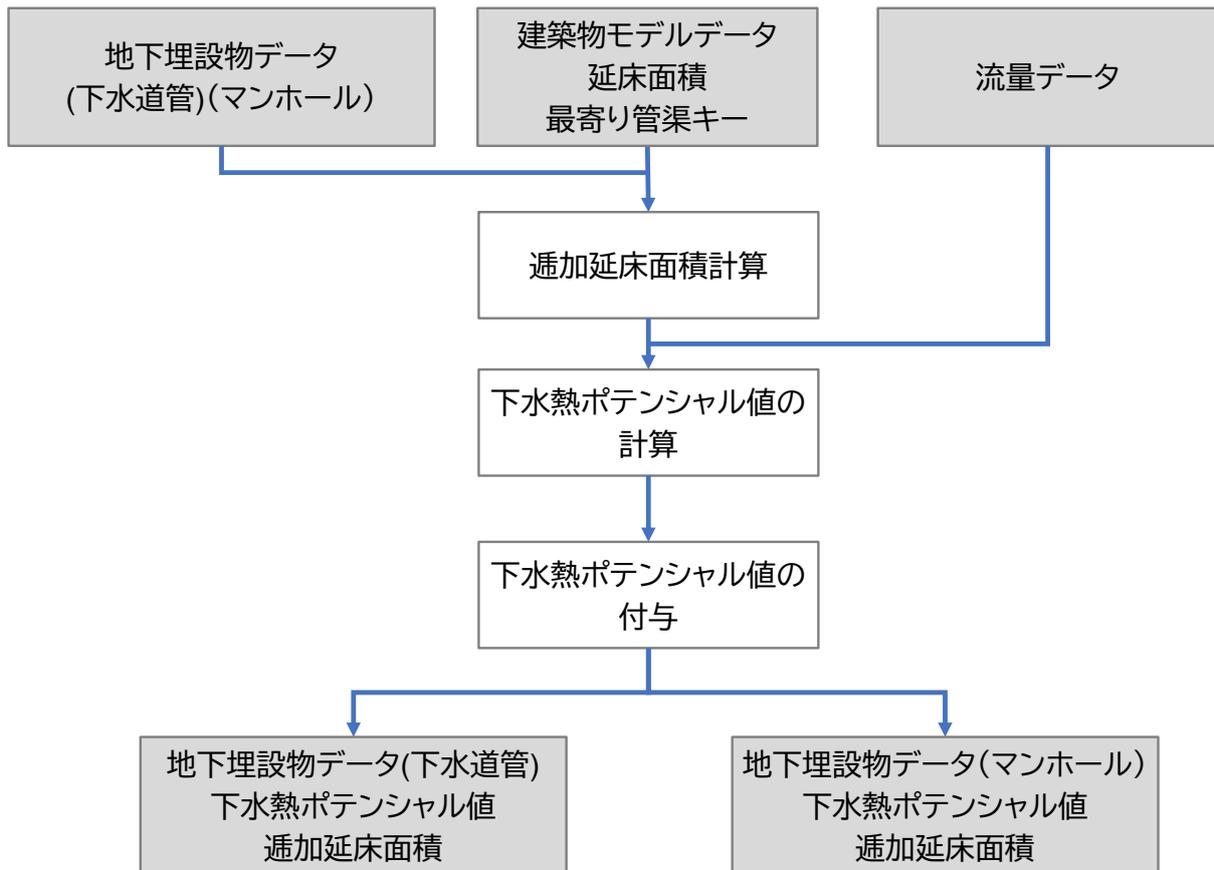


図 3-6 下水道賦存量の推定

- データ仕様
  - 入力
    - ◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管）
      - 内容
        - 地下埋設物モデルデータ（下水道管）の管渠のキー番号
        - 地下埋設物モデルデータ（下水道管）の下流マンホールのキー番号
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（下水道管）：SEQNO  
地下埋設物（下水道管）：L\_MNSEQ
    - ◇ 地下埋設物モデルデータ（マンホール）
      - 内容
        - 地下埋設物モデルデータ（マンホール）のマンホールのキー番号
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（マンホール）：SEQNO
    - ◇ 建築物モデルデータ
      - 内容
        - 建築物モデルデータの延床面積データ
        - 建築物モデルデータの最寄りの管渠キー
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
建築物：uro\_buildingDetails\_totalFloorArea  
建築物：KankyoKey
    - ◇ 流量データ（流量既知点流量 double 型、m<sup>3</sup>/日）
      - 内容
        - 既知点における下水流量データ
      - 形式
        - 形式

- データ詳細
  - 設定ファイルより取得
  - ファイル入力インタフェース【IF005】参照
  
- 出力
  - ◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管）
    - 内容
      - 下水熱ポテンシャル値が付与された地下埋設物モデルデータ（下水道管）
    - 形式
      - FGDB 形式
    - データ詳細
      - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照
      - 地下埋設物（下水道管）：TeikaYuka
      - 地下埋設物（下水道管）：SewerFlow\_S
      - 地下埋設物（下水道管）：SewerFlow\_W
      - 地下埋設物（下水道管）：SewerFlow\_Y
      - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_S
      - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_W
      - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_Y
  
  - ◇ 地下埋設物モデルデータ（マンホール）
    - 内容
      - 下水熱ポテンシャル値が付与された地下埋設物モデルデータ（マンホール）
    - 形式
      - FGDB 形式
    - データ詳細
      - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照
      - 地下埋設物（マンホール）：Potential\_S
      - 地下埋設物（マンホール）：Potential\_W
      - 地下埋設物（マンホール）：Potential\_Y

- 機能詳細
- 追加延床面積計算
  - ◇ 処理内容
    - 管渠それぞれに対してひもづいている家屋の延床面積を集計し、上流から下流に向けて延床面積の値を足していく
  - ◇ 利用するライブラリ
    - なし
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - 下水熱ポテンシャルの計算（アルゴリズム【AL002】を参照）
- 下水熱ポテンシャルの計算
  - ◇ 処理内容
    1. 設定ファイルより各情報を取得する
    2. 管渠が選択されている場合は、選択されている管渠のみを処理対象とし、選択されていない場合は全ての管渠を処理対象とする  
※処理区内など選択範囲は確実に確認してから処理を実行しないと値がずれるが、それは選択ミスなので無視する
    3. 選択された管渠について以下計算を実行する
      - ・流量既知点における「実測下水流量」×（「上流に存在する管渠に流入する建物の追加延床面積」+「対象管渠に接続する建物の延床面積」）/流量既知点における「流量既知点における追加延床面積」を推定下水流量に格納する
    4. 次に以下計算を実行する
      - ・「推定下水流量（夏）（冬）（年間）」×「容積比熱」×「下水熱利用温度差」を算出し、「ポテンシャル値（夏）（冬）（年間）フィールド」に格納する
      - ※ポテンシャル値（年間）：Potential\_Yのみ365を乗じた値を格納する。人孔に格納する値も同様
      - ※推定下水流量（冬）、推定下水流量（夏）、推定下水流量（年）それぞれで計算を行い、「Potential\_W」「Potential\_S」「Potential\_Y」にそれぞれ値を格納する
      - ・計算した管渠の下流側の人孔を「下流人孔 ID フィールド」を用いて選択し、「ポテンシャル値（夏）（冬）（年間）フィールド」に値を格納する
      - ※ただし、既に値が入っている場合（2本以上の管渠が流入する場合は、既存の値に計算した値を足す
      - ※本 UC における容積比熱は「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」に従い、4.164MJ/m<sup>3</sup>Kを採用した

- ◇ 利用するライブラリ
    - なし
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - 下水熱ポテンシャルの計算（アルゴリズム【AL002】を参照）
- 下水熱ポテンシャル値の付与
- ◇ 処理内容
    1. 設定ファイルより各情報を取得する
    2. 管渠が選択されている場合は、選択されている管渠のみを処理対象とする。選択されていない場合は、全ての管渠を処理対象とする
      - ※処理区内など選択範囲は確実に確認してから処理を実行しないと値がずれるが、それは選択ミスなので無視する
    3. 選択された管渠について以下計算を実行する
      - ・流量既知点における「実測下水流量」×各フィーチャの「追加延床面積」/流量既知点における「追加延床面積」を推定下水流量に格納する
    4. 次に以下計算を実行する
      - ・「推定下水流量（夏）（冬）（年間）」×「容積比熱」×「下水熱利用温度差」を算出し、「ポテンシャル値（夏）（冬）（年間）フィールド」に格納する
      - ※ポテンシャル値（年間）：Potential\_Yのみ365を乗じた値を格納する。人孔に格納する値も同様
      - ※推定下水流量（冬）、推定下水流量（夏）、推定下水流量（年）それぞれで計算を行い、「Potential\_W」「Potential\_S」「Potential\_Y」にそれぞれ値を格納する
      - ・計算した管渠の下流側の人孔を「下流人孔 ID フィールド」を用いて選択し、「ポテンシャル値（夏）（冬）（年間）フィールド」に値を格納する
      - ※ただし、既に値が入っている場合（2本以上の管渠が流入する場合）は、既存の値に計算した値を足す
  - ◇ 利用するライブラリ
    - なし
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - 下水熱ポテンシャルの計算（アルゴリズム【AL002】を参照）

4. 【FN004】 下水熱ポテンシャルマップ

● 機能概要

- 作成した下水熱ポテンシャル値を地図上で分類表示する
- GIS の機能により、任意の凡例設定が可能

設定例

500	～	1000	(MJ/日)
1,000	～	10,000	(MJ/日)
10,000	～	100,000	(MJ/日)
100,000	～	1,000,000	(MJ/日)
1,000,000	～	10,000,000	(MJ/日)
10,000,000	～	100,000,000	(MJ/日)
100,000,000	～	1,000,000,000	(MJ/日)

● フローチャート

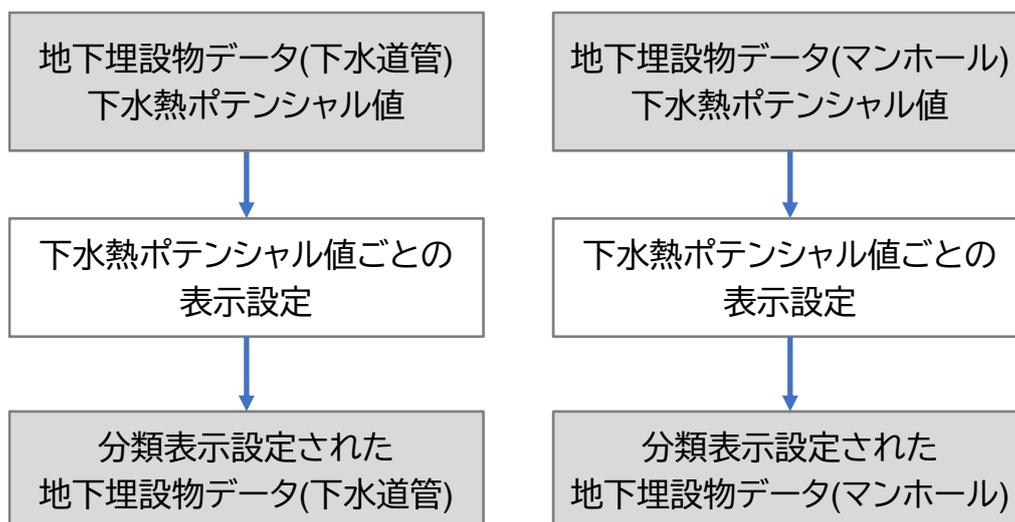


図 3-7 下水熱ポテンシャルマップ

● データ仕様

➢ 入力

◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管）

● 内容

- 下水熱ポテンシャル値が付与された地下埋設物モデルデータ（下水道管）

● 形式

- FGDB 形式

● データ詳細

- 設定ファイルの実測下水流量
- ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（下水道管）：TeikaYuka

◇ 地下埋設物モデルデータ（マンホール）

- 内容
  - 下水熱ポテンシャル値が付与された地下埋設物モデルデータ（マンホール）
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - 設定ファイルの実測下水流量
  - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（下水道管）：TeikaYuka

➢ 出力

◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管）

- 内容
  - 分類表示設定された地下埋設物モデルデータ（下水道管）
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照  
地下埋設物（下水道管）：Potential\_S  
地下埋設物（下水道管）：Potential\_W  
地下埋設物（下水道管）：Potential\_Y

◇ 地下埋設物モデルデータ（マンホール）

- 内容
  - 分類表示設定された地下埋設物モデルデータ（マンホール）
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照  
地下埋設物（マンホール）：Potential\_S  
地下埋設物（マンホール）：Potential\_W  
地下埋設物（マンホール）：Potential\_Y

● 機能詳細

➢ 下水熱ポテンシャル値ごとの表示設定

◇ 処理内容

- 属性に格納されている下水熱ポテンシャル値を用いて、数値分類を行い、凡例を作成する

- ◇ 利用するライブラリ
  - なし
- ◇ 利用するアルゴリズム
  - なし

● イメージ

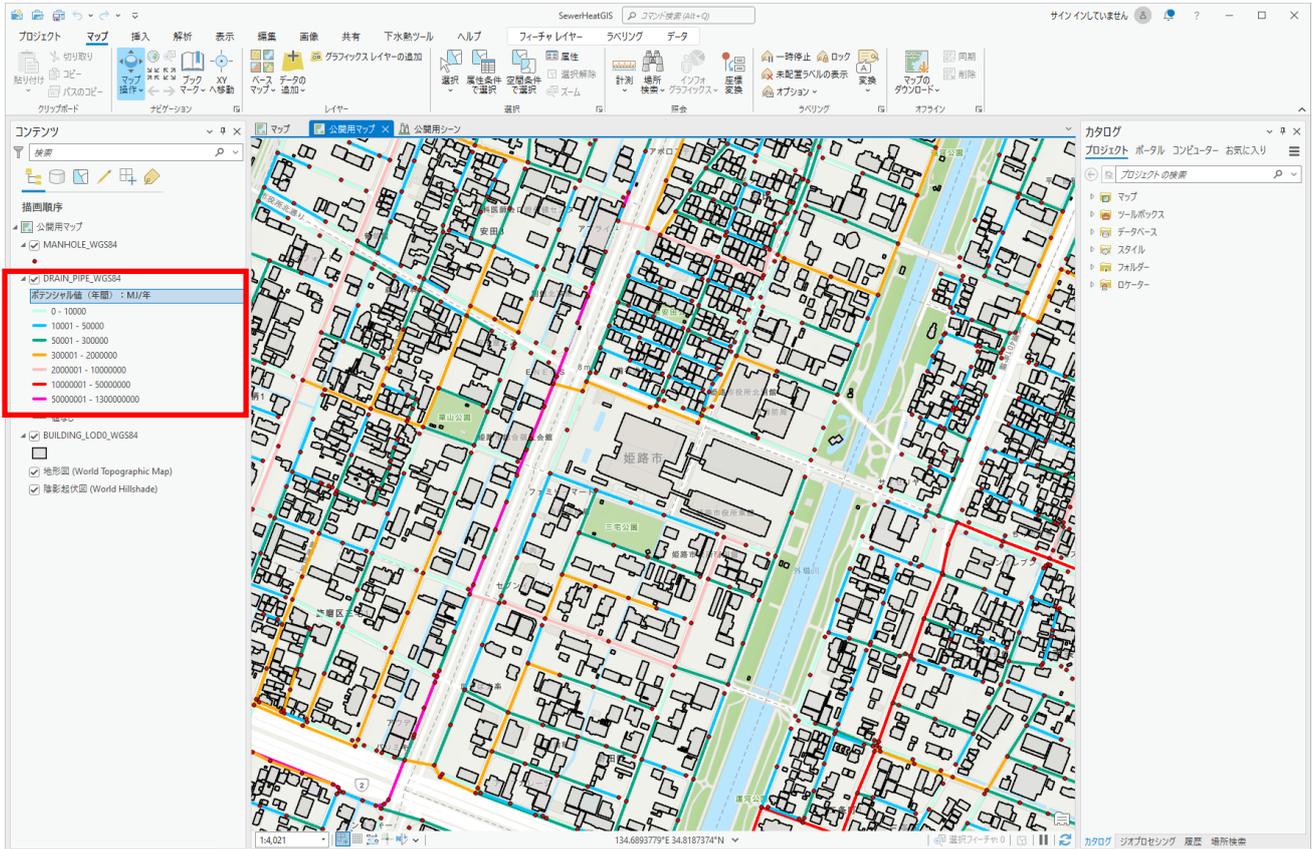


図 3-8 下水熱ポテンシャルマップイメージ図

5. 【FN005】熱需要と供給量のレイヤ出力

● 機能概要

- 作成した熱需要量を用いて、地図上に建物単位で分類表示し、分類結果をレイヤファイルとして手動で出力し、ArcGIS Online で使用する
- 作成した供給量値を用いて、管渠、地図上にマンホール単位で分類表示し、分類結果をレイヤファイルとして手動で出力し、ArcGIS Online で使用する

● フローチャート

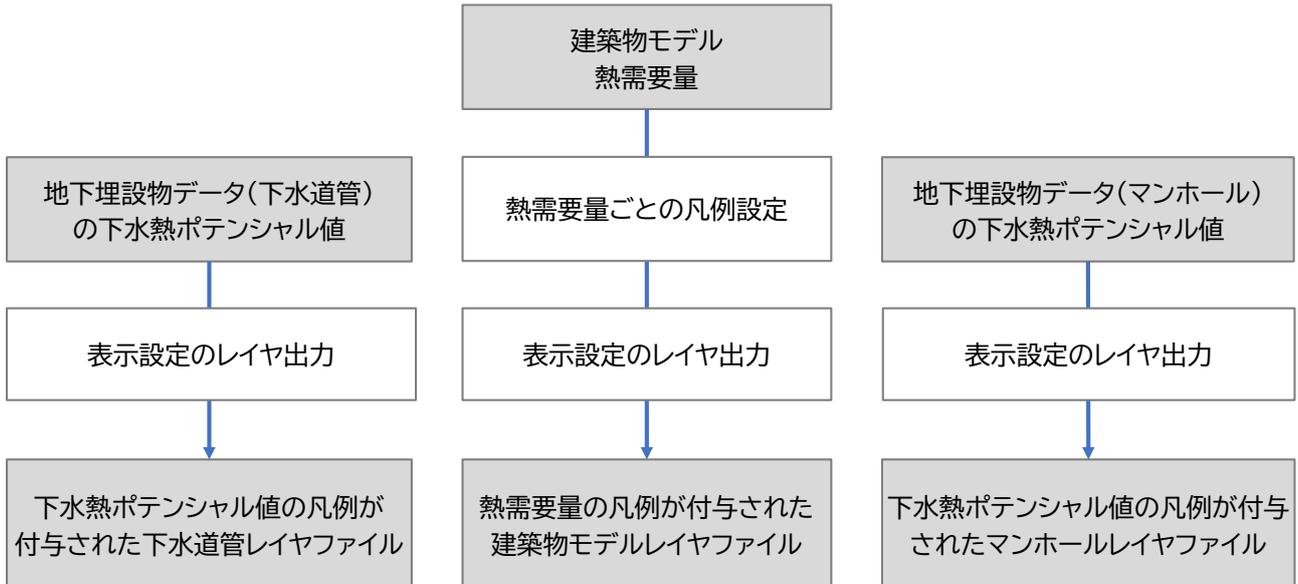


図 3-9 熱需要量と供給量のレイヤ出力

● データ仕様

➢ 入力

◇ 建築物モデルデータ

- 内容
  - 建築物モデルデータの熱需要量
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル入力インターフェース【IF004】の以下参照  
 建築物：HeatDemand1  
 建築物：HeatDemand2  
 建築物：HeatDemand3  
 建築物：HeatDemand4

- ◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管）
  - 内容
    - 下水熱ポテンシャル値が付与された地下埋設物モデルデータ（下水道管）
  - 形式
    - FGDB 形式
  - データ詳細
    - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（下水道管）：Potential\_S  
地下埋設物（下水道管）：Potential\_W  
地下埋設物（下水道管）：Potential\_Y
  
- ◇ 地下埋設物モデルデータ（マンホール）
  - 内容
    - 下水熱ポテンシャル値が付与された地下埋設物モデルデータ（マンホール）
  - 形式
    - FGDB 形式
  - データ詳細
    - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（マンホール）：Potential\_S  
地下埋設物（マンホール）：Potential\_W  
地下埋設物（マンホール）：Potential\_Y
  
- 出力
  - ◇ 3D 都市建築物モデルレイヤファイル[lyrx]
    - 内容
      - 凡例が設定されたファイルを手動で出力
    - 形式
      - lyrx 形式
    - データ詳細
      - なし

- ◇ 人孔マンホールレイヤファイル[lyrx]
  - 内容
    - 凡例が設定されたファイルを手動で出力
  - 形式
    - lyrx 形式
  - データ詳細
    - なし

- ◇ 管渠レイヤファイル[lyrx]
  - 内容
    - 凡例が設定されたファイルを手動で出力
  - 形式
    - lyrx 形式
  - データ詳細
    - なし

- 機能詳細

- 熱需要量ごとの凡例設定
  - ◇ 処理内容
    - 熱需要値を数値分類して色分けを行う
  - ◇ 利用するライブラリ
    - なし
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - なし
- 表示設定のレイヤ出力
  - ◇ 処理内容
    - 凡例を手動でレイヤファイルに出力する
  - ◇ 利用するライブラリ
    - なし
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - なし

● イメージ

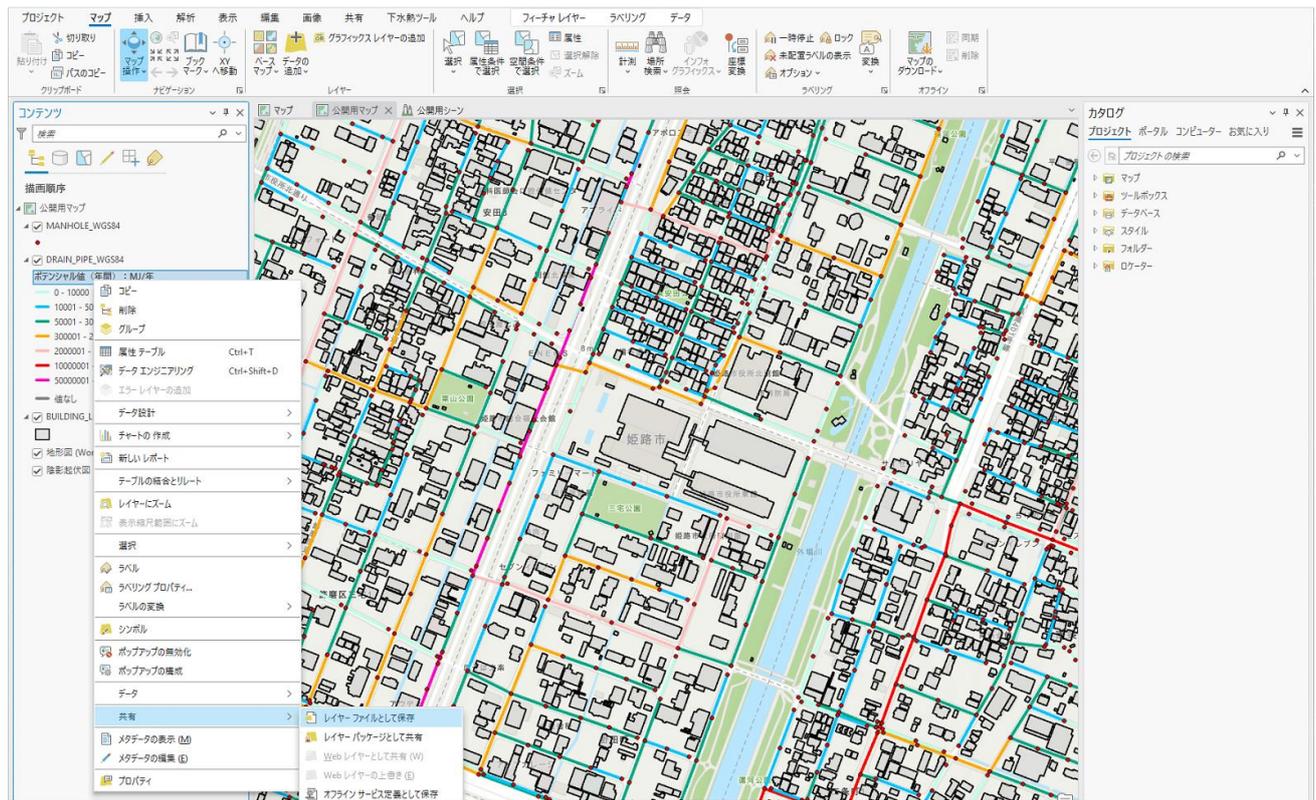


図 3-10 熱需要と供給量のレイヤ出力のイメージ

6. 【FN006】表示地区選択

- 機能概要
  - 各管路施設の属性値に格納されている処理区を用いて、対象図形のフィルタをかけられる機能
  
- フローチャート

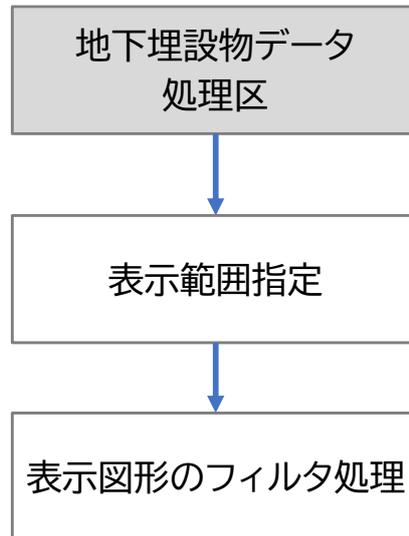


図 3-11 表示地区選択

- データ仕様
  - 入力
    - ◇ 下埋設物モデルデータ（下水道管、マンホール）
      - 内容
        - 地下埋設物モデルデータの処理区
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
建築物：TR\_AREA  
地下埋設物（下水道管）：TR\_AREA  
地下埋設物（マンホール）：TR\_AREA
  - 出力
    - ◇ なし

● 機能詳細

➤ 表示範囲指定

◇ 処理内容

- ユーザーにより選択された処理区名称を属性値（処理区）に持つ図形（建築物、管渠、人孔）にフィルタをかける

◇ 利用するライブラリ

- なし

◇ 利用するアルゴリズム

- なし

➤ 表示図形のフィルタ処理

◇ 処理内容

- ユーザーにより選択された処理区名称を属性値（処理区）にも持つ図形（建築物、管渠、人孔）にフィルタをかける

◇ 利用するライブラリ

- なし

◇ 利用するアルゴリズム

- なし

● イメージ

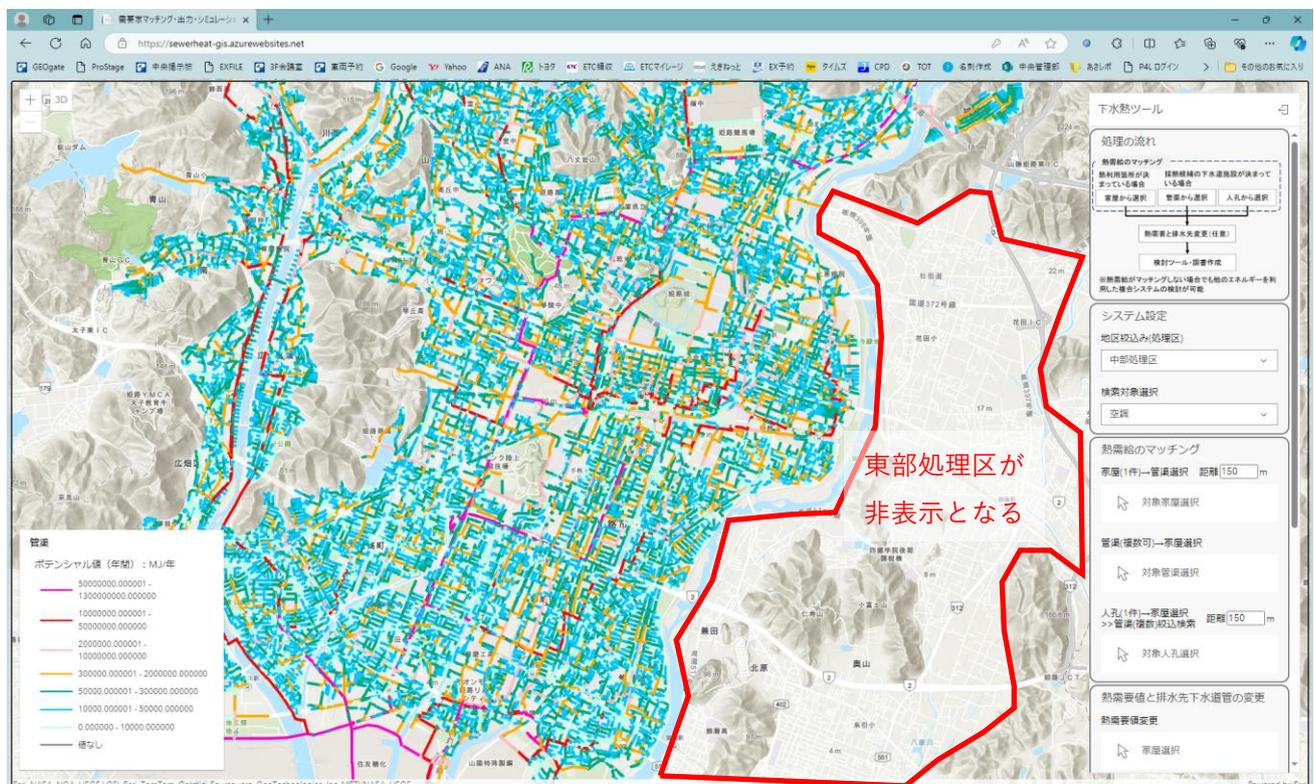


図 3-12 地区絞込み（処理区）

7. 【FN007】 熱需要量の実績値の登録

● 機能概要

- ユーザーが熱需要量の実績値を登録する機能
- 入力した実績値をモデルの属性データとして、格納する機能
  - (1) ユーザーによる熱需要量の入力  
(空調・給湯使用量 電気：kWh/年 都市ガス:m<sup>3</sup>/年)
  - (2) 単位変換処理
  - (3) 建築物モデルデータの属性値へ反映処理

※詳細については熱需要量の計算、延床面積の推定アルゴリズムを参照

● フローチャート

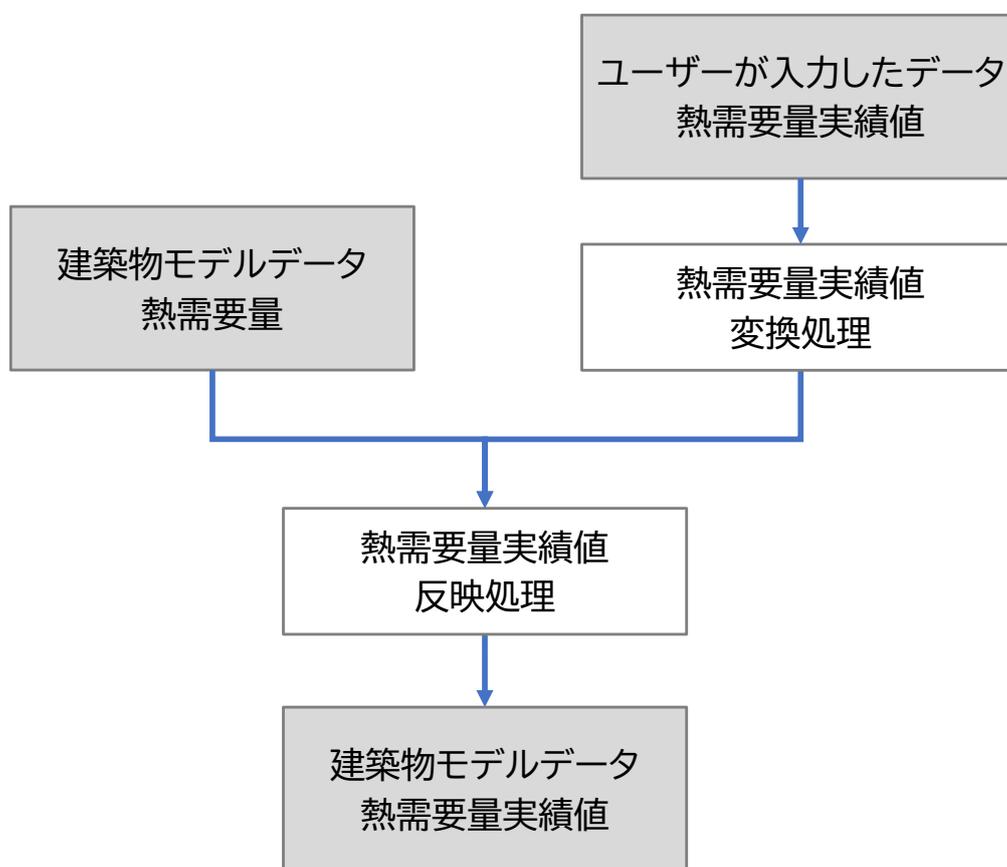


図 3-13 熱需要量の実績値の登録

- データ仕様
  - 入力
    - ◇ 建築物モデルデータ
      - 内容
        - 建築物モデルデータの熱需要量
      - 形式
        - 入力フォーム
      - データ詳細
        - 表 3-21 画面一覧 (ArcGIS Online) の SC009 より
    - ◇ ユーザーが入力したデータ  
(空調・給湯使用量 電気：kWh/年 都市ガス:m<sup>3</sup>/年)
      - 内容
        - ユーザーが入力したデータ 熱需要量実績値
      - 形式
        - 入力フォーム
      - データ詳細
        - 表 3-21 画面一覧 (ArcGIS Online) の SC009 より
  - 出力
    - ◇ 建築物モデルデータ
      - 内容
        - 建築物モデルデータの熱需要量実績値
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照  
建築物：ReHeatDem3  
建築物：ReHeatDem4
  - 機能詳細
    - 熱需要量実績値変換処理
      - ◇ 処理内容
        - 表 3-21 画面一覧 (ArcGIS Online) の SC009 参照  
画面一覧の No.9 熱需要換算

## uc23-13\_技術検証レポート\_下水熱利用促進のためのマッチングシステム

- ◇ 利用するライブラリ
  - なし
- ◇ 利用するアルゴリズム
  - なし
  
- 熱需要量実績値反映処理
  - ◇ 処理内容
    - ユーザーにより入力された熱需要実績値を用いて正確な熱需要値を属性に格納する
  - ◇ 利用するライブラリ
    - なし
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - なし

## 8. 【FN008】 需要家マッチング機能

### ● 機能概要

- 管渠と家屋のデータを用いて、熱需要のマッチングをする機能  
※詳細については、【AL008】 需要家マッチングを参照

### ● フローチャート

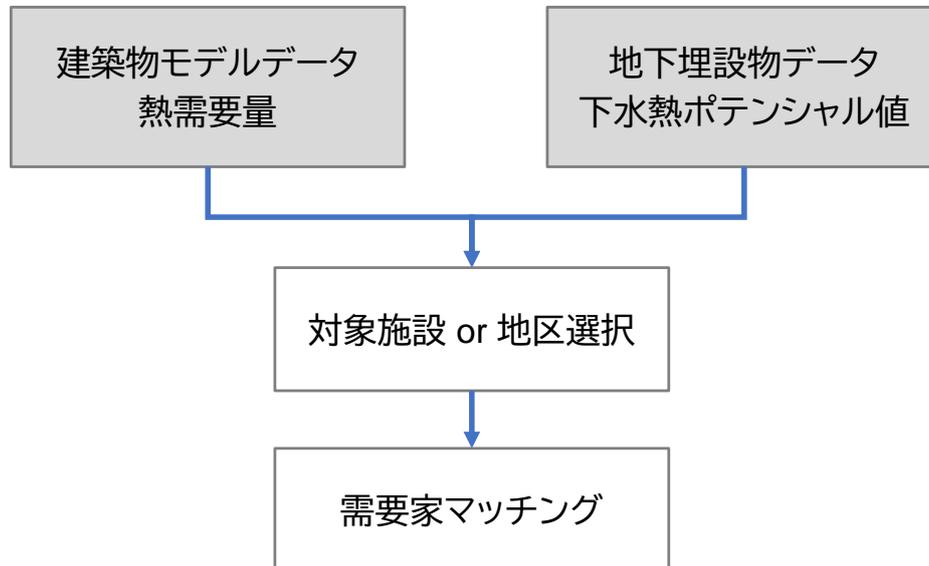


図 3-14 需要家マッチング機能

### ● データ仕様

#### ➤ 入力

##### ◇ 建築物モデルデータ

- 内容
  - 建築物モデルデータの熱需要量
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル入力インタフェース 【IF004】 の以下参照  
建築物：ReHeatDem3  
建築物：ReHeatDem4

##### ◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管、マンホール）

- 内容
  - 地下埋設物モデルデータの下水熱ポテンシャル値
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細

- ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（下水道管、マンホール）：Potential\_Y
- 出力
  - ◇ なし
- 機能詳細
  - 対象施設 or 地区選択
    - ◇ 処理内容
      - 地区選択で選択された処理区を属性値に持つ図形のためのフィルタをかけ、対象施設で後続処理の対象を「空調」「給湯」のどちらかに設定する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - なし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - なし
  - 需要家マッチング
    - ◇ 処理内容
      - 家屋の熱需要と管渠の下水熱ポテンシャル値を比較して下水熱が利用可能な施設を強調表示する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - ArcGIS Pro の Buffer 機能を使用
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - 【AL008】需要家マッチング参照

9. 【FN009】 帳票出力

● 機能概要

- 建物モデルデータ、地下埋設物モデルデータなどの属性値を用いて帳票を作成し、PDF 形式で帳票を出力する機能

● フローチャート

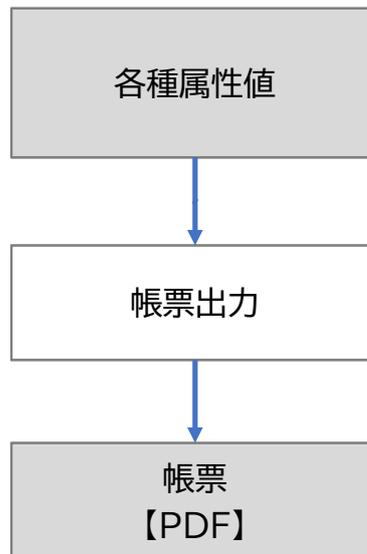


図 3-15 帳票出力

● データ仕様

➤ 入力

◇ 各種属性値

- 内容
  - 建築物モデルデータ、地下埋設物モデルデータの属性値
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照
    - 建築物：gen\_建物 ID
    - 建築物：NewYouto
    - 建築物：Nobeyuka
    - 建築物：HeatDemand3
    - 建築物：HeatDemand4
    - 地下埋設物（下水道管）：SEQNO
    - 地下埋設物（下水道管）：DIAMETER
    - 地下埋設物（下水道管）：SEC\_DIST

地下埋設物（下水道管）：Potential\_S

地下埋設物（下水道管）：Potential\_W

地下埋設物（下水道管）：Potential\_Y

地下埋設物（下水道管）：CONST\_YEAR

- ファイル入力インタフェース IF002 の以下参照
- ヒートポンプ：SIZE

➤ 出力

◇ 帳票【PDF】

- 内容
  - サーバよりダウンロード
- 形式
  - PDF 形式
- データ詳細
  - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照
  - ヒートポンプ：SIZE
  - 建築物：gen\_建物 ID
  - 建築物：NewYouto
  - 建築物：Nobeyuka
  - 建築物：HeatDemand3
  - 建築物：HeatDemand4
  - 地下埋設物（下水道管）：SEQNO
  - 地下埋設物（下水道管）：DIAMETER
  - 地下埋設物（下水道管）：SEC\_DIST
  - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_S
  - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_W
  - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_Y
  - 地下埋設物（下水道管）：CONST\_YEAR

● 機能詳細

➤ 帳票出力

- ◇ 処理内容
  - 入力データから帳票を作成
- ◇ 利用するライブラリ
  - なし
- ◇ 利用するアルゴリズム
  - なし

## 10. 【FN010】ヒートポンプ配置検討

### ● 機能概要

- 下水熱ポテンシャル値と熱需要の差を使用し、立方体を作成することで、ヒートポンプを設置可能な場所を検討する機能
  - (1) 対象施設及び対象管渠を選択
  - (2) 下水熱ポテンシャル値と熱需要量の値より、ヒートポンプサイズを決定
  - (3) 決定したヒートポンプの3Dモデルを表示し、配置箇所を決定
  - (4) 配置箇所から採熱可能な管路施設までの距離を表示

### ● フローチャート

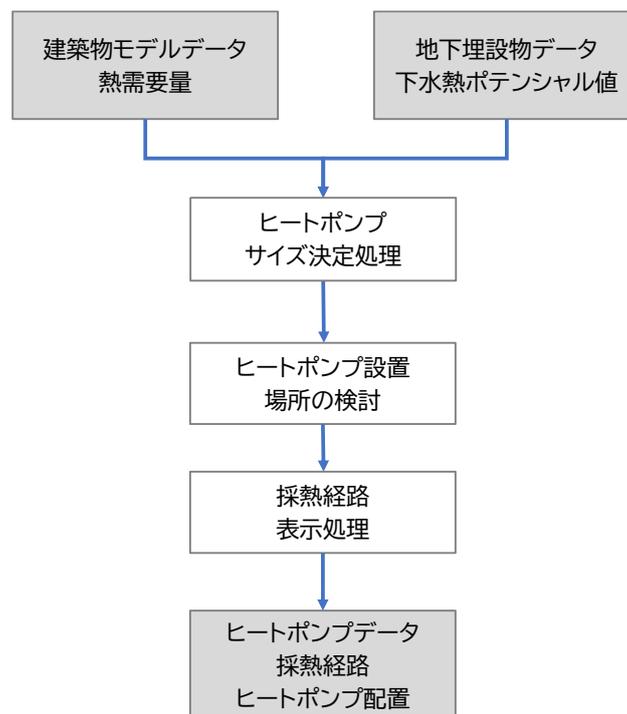


図 3-16 ヒートポンプ配置検討

### ● データ仕様

#### ➢ 入力

##### ◇ 建築物モデルデータ

- 内容
  - 建築物モデルデータの熱需要量
- 形式
  - FGDB 形式
- データ詳細
  - ファイル入力インターフェース【IF004】の以下参照  
建築物：HeatDemand3  
建築物：HeatDemand4

- ◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管）
  - 内容
    - 地下埋設物モデルデータの下水熱ポテンシャル値
  - 形式
    - FGDB 形式
  - データ詳細
    - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照  
地下埋設物（下水道管）：Potential\_Y
- 出力
  - ◇ 採熱経路
    - 内容
      - ヒートポンプから地下埋設物モデルデータへの採熱経路
    - 形式
      - FGDB 形式
    - データ詳細
      - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照  
採熱経路：HPPIPE\_LEN
  - ◇ ヒートポンプ配置
    - 内容
      - 配置されたヒートポンプ
    - 形式
      - FGDB 形式
    - データ詳細
      - ファイル出力インタフェース【IF101】の以下参照  
ヒートポンプ：SHAPE
- 機能詳細
  - ヒートポンプサイズ決定処理
    - ◇ 処理内容
      - 家屋の熱需要値と管渠の下水熱ポテンシャル値より設置するヒートポンプのサイズを決定する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - 熱需要値と下水熱ポテンシャル値を用いて、サイズ決定テーブルよりヒートポンプサイズを決定
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - なし

- ヒートポンプ設定場所の検討
  - ◇ 処理内容
    - 画面上でユーザーがヒートポンプ設置場所を指定する
  - ◇ 利用するライブラリ
    - なし
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - なし
  
- 採熱経路表示処理
  - ◇ 処理内容
    - 画面上でユーザーがヒートポンプから下水道施設までの採熱経路を指定する
  - ◇ 利用するライブラリ
    - なし
  - ◇ 利用するアルゴリズム
    - なし

11. 【FN011】 下水熱利用可能性簡易検討ツールへの属性値反映

- 機能概要
  - 入力データを簡易検討ツールに反映する処理（【SL008】参照）
- フローチャート

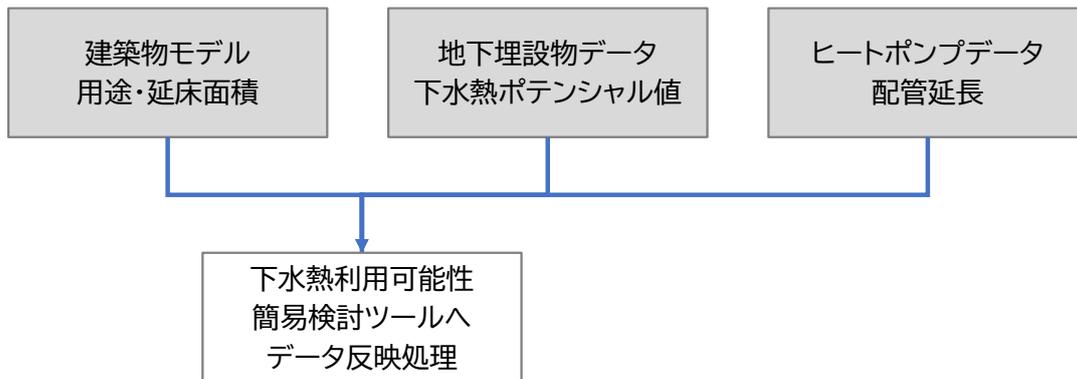


図 3-17 LCC 及び CO2 削減量の計算

- データ仕様
  - 入力
    - ◇ 建築物モデルデータ
      - 内容
        - 建築物モデルデータの延床面積
        - 建築物モデルデータの建物用途
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース 【IF004】 の以下参照  
建築物：Nobeyuka  
建築物：NewYouto
    - ◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管、マンホール）
      - 内容
        - 地下埋設物モデルデータの下水熱ポテンシャル値
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース 【IF004】 の以下参照  
地下埋設物（下水道管）：Potential\_Y

- ◇ ヒートポンプデータ
  - 内容
    - 採熱経路の延長
  - 形式
    - FGDB 形式
  - データ詳細
    - ファイル入力インタフェース IF002 の以下参照  
採熱経路：HPPIPE\_LEN
- 出力
  - ◇ 下水熱利用可能性簡易検討ツール
    - 内容
      - 必要な値が入力された簡易検討ツール (xlsm)
    - 形式
      - ZIP 形式
    - データ詳細
      - 下水熱利用可能性簡易検討ツール
- 機能詳細
  - ヒートポンプ規模決定処理
    - ◇ 処理内容
      - 指定した家屋と管渠の熱需要と下水熱ポテンシャル値より計算する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - なし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - なし

## 12. 【FN012】 3D 表示機能

- 機能概要
  - 標高値などの属性情報を使用することで、管路施設を 3D で表示する機能
- フローチャート

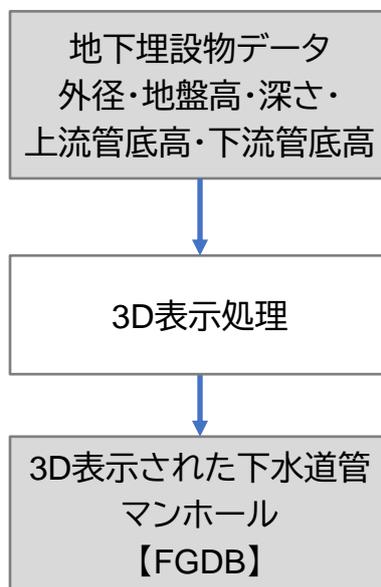


図 3-18 3D 表示機能

- データ仕様
  - 入力
    - ◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管、マンホール）
      - 内容
        - 地下埋設物モデルデータの外径
        - 地下埋設物モデルデータの地盤高
        - 地下埋設物モデルデータの深さ
        - 地下埋設物モデルデータの管底高
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照
        - 地下埋設物（下水道管）：GAIKEI\_W
        - 地下埋設物（下水道管）：GAIKEI\_H
        - 地下埋設物（下水道管）：U\_BTM\_HI
        - 地下埋設物（下水道管）：L\_BTM\_HI
        - 地下埋設物（マンホール）：GAIKEI\_L
        - 地下埋設物（マンホール）：GAIKEI\_S
        - 地下埋設物（マンホール）：GROUND\_HI
        - 地下埋設物（マンホール）：DEPTH
  - 出力
    - ◇ 地下埋設物モデルデータ（下水道管、マンホール）
      - 内容
        - 3D 表示された下水道管・マンホール
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - 入力で指定したフィールドより 3D データを作成する
- 機能詳細
  - 3次元表示処理
    - ◇ 処理内容
      - 入力で指定したフィールドより 3D データを作成する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - なし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - なし

13. 【FN013】 LCC 及び CO2 削減量計算

- 機能概要
  - 簡易検討ツールをダウンロードする
  - LCC 及び CO2 削減量の計算を行い、数値を出力する機能 (xlsm)
  - LCC 及び CO2 削減量の計算を行い、グラフを出力する機能 (xlsm)
  
- フローチャート

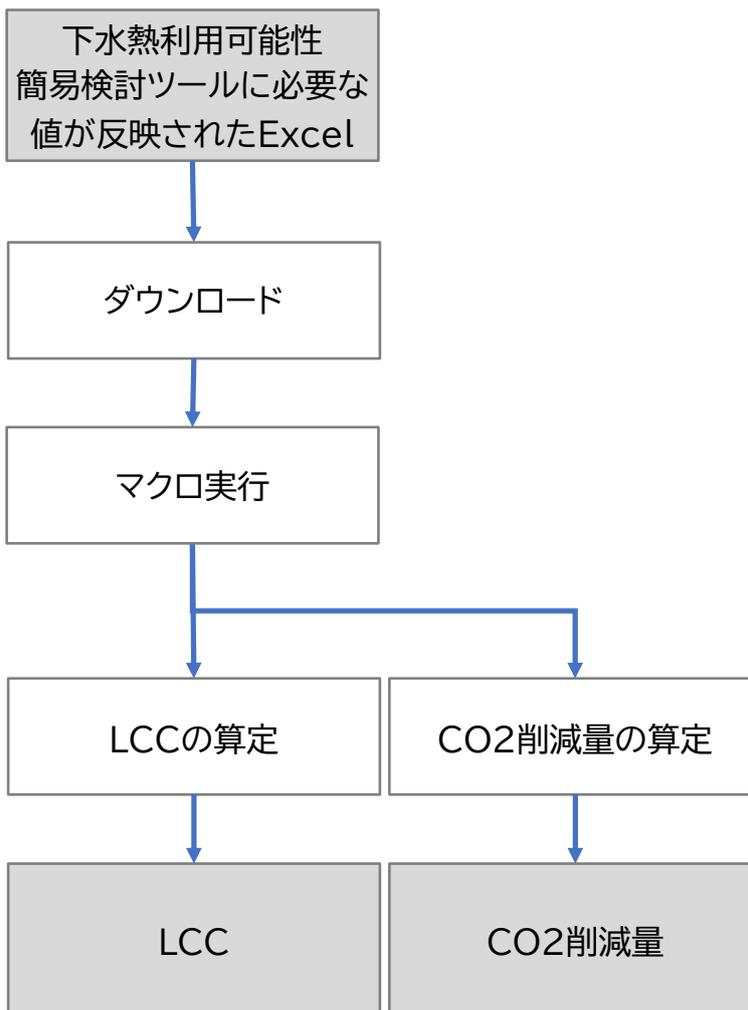


図 3-19 LCC 及び CO2 削減量の計算

- データ仕様
  - 入力
    - なし
  
  - 出力
    - ◇ 下水熱利用可能性簡易検討ツール
      - 内容
        - 必要な値が入力された簡易検討ツール (xlsm)
      - 形式
        - Excel 形式
      - データ詳細
        - 下水熱利用可能性簡易検討ツール
  
- 機能詳細
  - LCC の計算
    - ◇ 処理内容
      - 下水熱利用可能性簡易検討ツール内で LCC の計算を実施
    - ◇ 利用するライブラリ
      - なし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - 下水熱利用のコスト計算 (アルゴリズム【AL003】を参照)
  
  - CO2 削減量の計算
    - ◇ 処理内容
      - 下水熱利用可能性簡易検討ツール内で CO2 削減量の計算を実施
    - ◇ 利用するライブラリ
      - なし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - CO2 削減量の計算 (アルゴリズム【AL004】を参照)

#### 14. 【FN014】 CityGML から FGDB への変換

- 機能概要
  - CityGML から FGDB へ変換を行う
  
- フローチャート

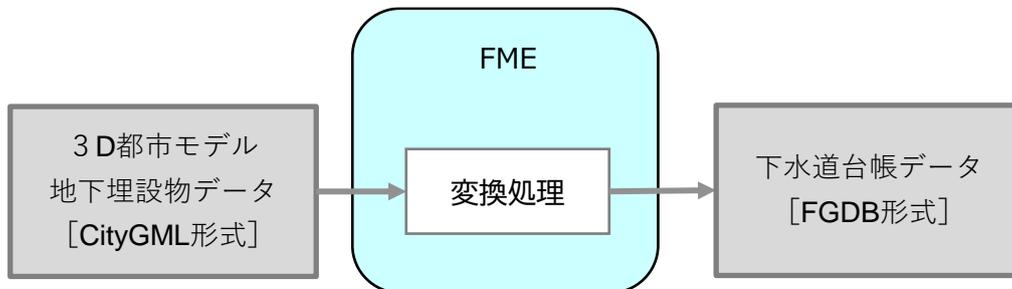


図 3-20 CityGML から FGDB への変換

- データ仕様
  - 入力
    - 地下埋設物データ (CityGML 形式)
  
  - 出力
    - 下水道台帳データ (FGDB 形式)
  
- 機能詳細
  - データ変換
    - ◇ 処理内容
      - CityGML 形式から FGDB 形式に変換する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - FME の機能を用いるため、特になし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - データ変換 (アルゴリズム【AL005】を参照)

15. 【FN015】 下水道台帳から CityGML への変換

- 機能概要
  - 下水道台帳から CityGML へ変換を行う
  
- フローチャート

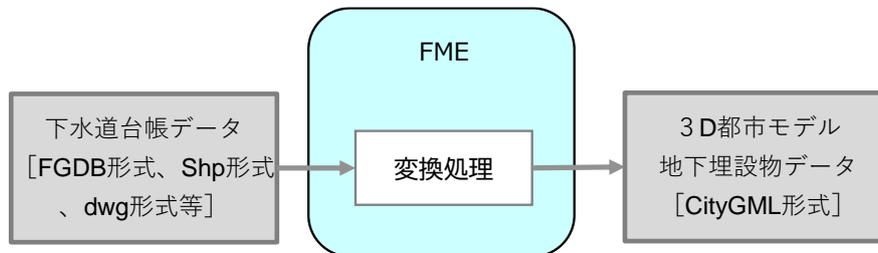


図 3-21 台帳から CityGML への変換

- データ仕様
  - 入力
    - 下水道台帳データ (FGDB 形式、Shp 形式、GDB 形式、mdb 形式、dwg 形式等)
  
  - 出力
    - 地下埋設物データ (CityGML 形式)
  
- 機能詳細
  - データ変換
    - ◇ 処理内容
      - FGDB 形式、Shp 形式、GDB 形式、mdb 形式、dwg 形式から CityGML 形式に変換する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - FME の機能を用いるため、特になし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - データ変換 (アルゴリズム【AL005】を参照)

## 16. 【FN016】 地図描画

- 機能概要
  - Web 上で地図を描画する
- フローチャート



図 3-22 地図描画

- データ仕様
  - 入力
    - 下水熱ポテンシャルマップ
    - 熱需要と供給量マップ
  - 出力
    - ArcGIS Online 上での地図重ね合わせ描画
- 機能詳細
  - 地図描画
    - ◇ 処理内容
      - 設定された凡例で ArcGIS Online 上に地図を描画する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - ArcGIS Online の基本機能を用いるため、特になし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - ArcGIS Online の基本機能を用いるため、特になし

17. 【FN017】 地図検索

- 機能概要
  - Web 上で地図の属性を検索する
  
- フローチャート



図 3-23 地図検索

- データ仕様
  - 入力
    - 下水熱ポテンシャルマップ
    - 熱需要と供給量マップ
  
  - 出力
    - ArcGIS Online 上での地図の属性検索
  
- 機能詳細
  - 地図描画
    - ◇ 処理内容
      - ArcGIS Online 上に登録された地図の属性を検索する
    - ◇ 利用するライブラリ
      - ArcGIS Online の基本機能を用いるため、特になし
    - ◇ 利用するアルゴリズム
      - ArcGIS Online の基本機能を用いるため、特になし

18. 【FN018】 データベース参照

- 機能概要
  - 帳票で使用する各種値をデータベースから参照する
  
- フローチャート

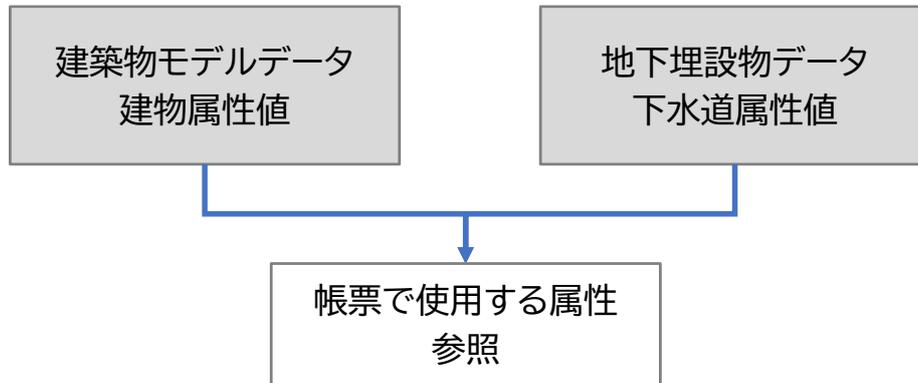


図 3-24 地図検索

- データ仕様
  - 入力
    - ◇ 建築物モデルデータ、地下埋設物モデルデータ（下水道管）
      - 内容
        - 建築物モデルデータの建物属性値
        - 地下埋設物モデルデータの下水道管の属性値
      - 形式
        - FGDB 形式
      - データ詳細
        - ファイル入力インタフェース【IF004】の以下参照
        - 建築物：gen\_建物 ID
        - 建築物：NewYouto
        - 建築物：Nobeyuka
        - 建築物：HeatDemand3
        - 建築物：HeatDemand4
        - 地下埋設物（下水道管）：SEQNO
        - 地下埋設物（下水道管）：SEC\_DIST
        - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_S
        - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_W
        - 地下埋設物（下水道管）：Potential\_Y
        - 地下埋設物（下水道管）：CONST\_YEAR

- 出力（内部連携インターフェース【IF204】参照）

帳票で使用する属性値を参照

- 機能詳細

- データベース参照

- ◇ 処理内容

- ArcGIS Online 上から帳票を作成する際に必要となる属性値を参照

- ◇ 利用するライブラリ

- ArcGIS Online の基本機能を用いるため、特になし

- ◇ 利用するアルゴリズム

- ArcGIS Online の基本機能を用いるため、特になし

## 3-3. アルゴリズム

## 3-3-1. 利用したアルゴリズム

表 3-4 利用したアルゴリズム一覧

ID	アルゴリズムを利用した機能	名称	説明	選定理由
AL001	FN001	熱需要量の計算	延床面積及び熱用途、地域特性に応じて、建物ごとの熱需要量を計算するアルゴリズム	下水熱利用マニュアル（案） ※国土交通省による
AL002	FN003	下水熱ポテンシャルの計算	地下埋設物モデルデータ及び建築物モデルデータを用いて、下水熱ポテンシャル値を計算するアルゴリズム	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 ※国土交通省による
AL003	FN013	下水熱利用のコスト計算	下水熱利用の導入によるイニシャルコスト及びランニングコスト、ライフサイクルコストを計算するアルゴリズム	下水熱利用可能性簡易検討ツール ※国土交通省による
AL004	FN013	CO2 削減量の計算	下水熱利用の導入によるCO2 削減量を計算するアルゴリズム	下水熱利用可能性簡易検討ツール ※国土交通省による
AL005	FN014 FN015	データ変換	各種入力データをシステムで利用可能な形式に変換するアルゴリズム FME の標準機能を用いる	変換可能なソフトウェアがFME であるため

ID	アルゴリズムを利用した機能	名称	説明	選定理由
AL006	FN001	延床面積の推定（開発）	建築物モデルデータを用いて、延床面積を推定するアルゴリズム	熱需要計算に必要なため
AL007	FN002	空間結合（開発）	地下埋設物モデルデータ及び建築物モデルデータ等を用いて、各建物に汚水排水先管渠をひも付けるアルゴリズム	家屋と管渠をひも付けるため
AL008	FN008	需要家マッチング（開発）	地下埋設物モデルデータのポテンシャル値と建築物モデルデータの熱需要量をマッチングするアルゴリズム	家屋と管渠をマッチングさせる必要があるため

## 1) 【AL001】熱需要量の計算

- 延床面積及び熱用途、地域特性に応じて建物ごとの熱需要量を計算する
- 国土交通省による「下水熱利用マニュアル（案）」にもとづく
- 年間熱需要量 [MJ/年] = {年間冷（温）熱需要原単位 [MJ/年・m<sup>2</sup>] × 延床面積 [m<sup>2</sup>]} × 冷（暖）房用年間熱需要地域補正係数

このとき、建物用途別の冷暖房、給湯の年間エネルギー負荷原単位及び冷（暖）房用年間熱需要地域補正係数の設定値を以下に示す

表 3-5 建物用途別年間熱需要原単位

用途	年間需要 (MJ/年・m <sup>2</sup> )			
	冷房	暖房	給湯	熱量計
住宅	33.5	83.9	125.6	243.0
業務	293.0	129.6	9.4	432.0
商業	523.1	146.5	96.1	765.7
宿泊	418.7	334.8	334.8	1088.3
医療	334.8	309.6	334.8	979.2

表 3-6 冷（暖）房年間熱需要地域補正係数

地方	冷房	暖房
北海道	0.5	2.4
東北	0.7	1.4
北陸	0.9	
関東	1.0	1.0
東海	1.1	0.9
近畿		
中国		
四国		
九州	1.2	0.7
沖縄	1.5	0.07

2) 【AL002】 下水熱ポテンシャルの計算

- 地下埋設物モデルデータ及び建築物モデルデータを用いて、下水熱ポテンシャル値を計算する
- 国土交通省による「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」にもとづく
- 上記手引きにもとづく計算フローを以下に示す

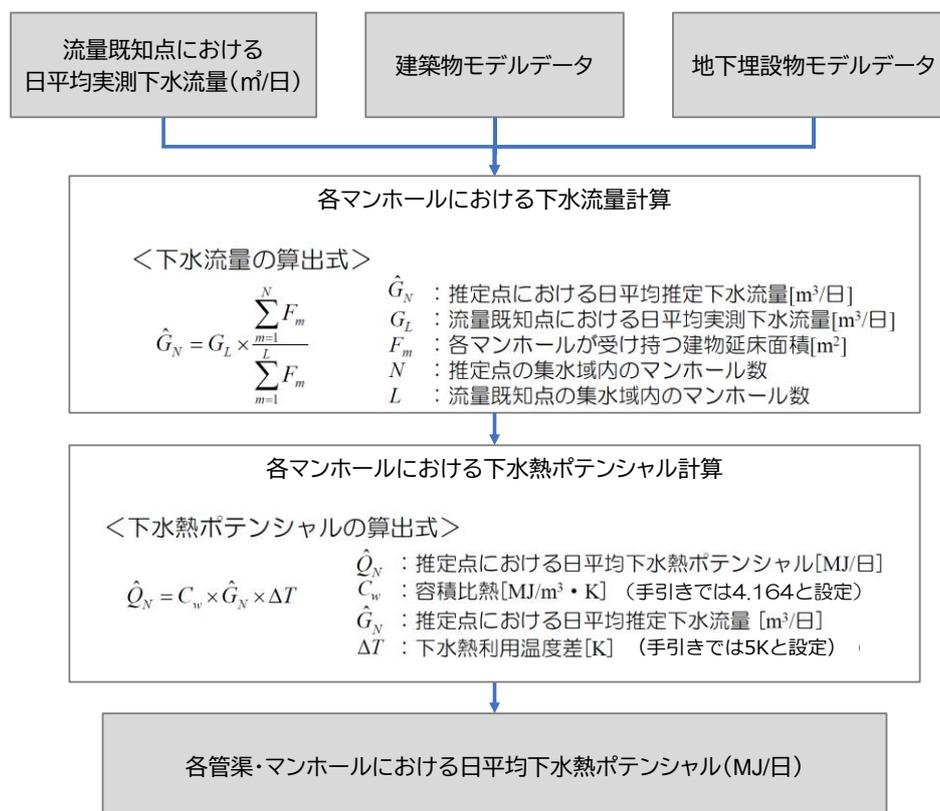


図 3-25 下水熱ポテンシャル計算のフロー

3) 【AL003】 下水熱利用のコスト計算

- 国土交通省による「下水熱利用可能性簡易検討ツール (xlsx 形式)」を用いて、下水熱利用の導入によるイニシャルコスト及びランニングコスト、ライフサイクルコスト等を計算する
- ツールに入力する情報は、以下のとおりである
  - ・対象施設情報（地域、熱利用用途、建物用途、延床面積）
  - ・比較対象システムの設定（比較対象システム（熱源設備）、燃料種別）
  - ・対象施設のエネルギー使用状況（年間使用量）
  - ・下水熱利用の設定（採熱する下水道管の下水熱ポテンシャル値、採熱経路の延長）
- 計算式の詳細は、開示不可であるため、詳細は不明である

4) 【AL004】 CO2 削減量の計算

- 国土交通省による「下水熱利用可能性簡易検討ツール (xlsx 形式)」を用いて、下水熱利用の導入によるCO2 削減量を計算する
- ツールに入力する情報は、「3)下水熱利用のコスト計算」の入力情報を流用する
- 計算式の詳細は、開示不可であるため、詳細は不明である

5) 【AL005】 データ変換

- FME を用いて、処理フローにより、データを変換する

### 3-3-2. 開発したアルゴリズム

6) 【AL006】 延床面積の推定（開発）

- 延床面積が不明な建物について、建築物 LOD1 データを用いて、延床面積を推定する
- 階数情報の有無により、計算式を使い分ける

<階数情報がある場合>

延床面積が不明であるため、図形面積に階数を乗じ、延床面積を推定する。

$$\text{延床面積} = (\text{storeysAboveGround} + \text{storeysBelowGround}) \times \text{buildingFootprintArea}$$

storeysAboveGround：地上階数

storeysBelowGround：地下階数

buildingFootprintArea：図形面積

<階数情報がない場合>

国土交通省による「一次エネルギー消費量モデル建築物」（下図）を参考に、階高を設定決定した階高に図形面積を乗じ、延床面積を推定する。

$$\text{延床面積} = \text{measuredHeight} \div \text{階高} \times \text{buildingFootprintArea}$$

measuredHeight：計測高さ

buildingFootprintArea：図形面積

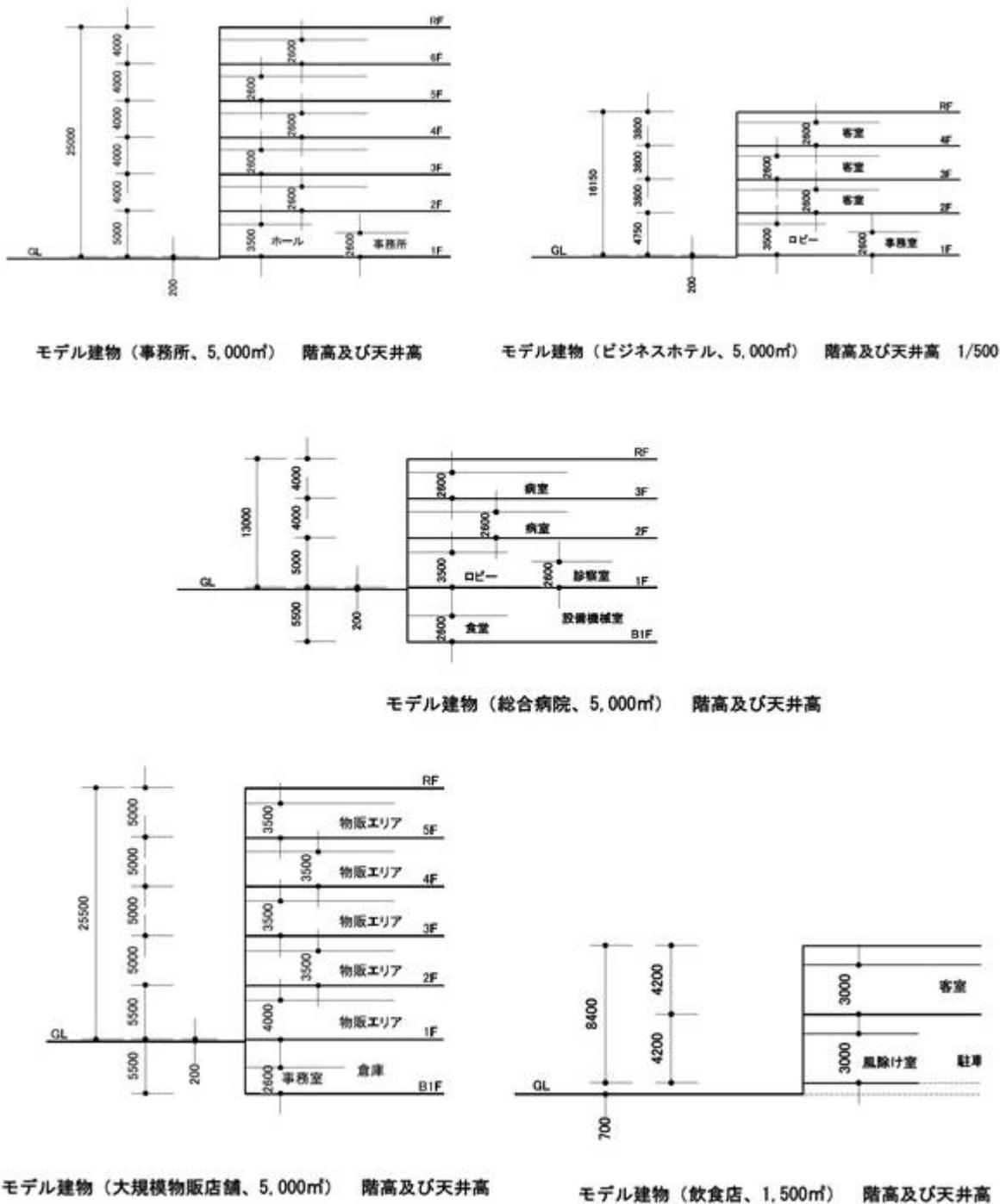


図 3-26 一次エネルギー消費量モデル建築物の階高

7) 【AL007】空間結合（開発）

- 家屋を選択することで、該当家屋と接続している管渠を、空間情報をもとに特定する
- 各家屋に柵が存在し、管渠と柵は物理的につながっているため、通常は柵の属性に接続先管渠のユニークキーを保持していることから、家屋ごとに接続している管渠を特定できる  
※地方公共団体によっては柵が管渠のユニークキーを持っていない場合もある
- 【柵が管渠のユニークキーを持っている場合】  
建物の重心座標からバッファを発生させ、一番近くにある柵を検索し、柵の属性値に格納されている管渠のユニークキーを用いて、接続先の管渠を特定する  
特定後は建物の属性に管渠のユニークキーを付与する  
バッファ数値の上限は 150m とする
- 【柵が管渠のユニークキーを持っていない場合】  
建物の重心座標からバッファを発生させ、一番近くにある管渠を検索し、接続先の管渠を特定する  
特定後は建物の属性に管渠のユニークキーを付与する  
バッファ数値の上限は 150m とする

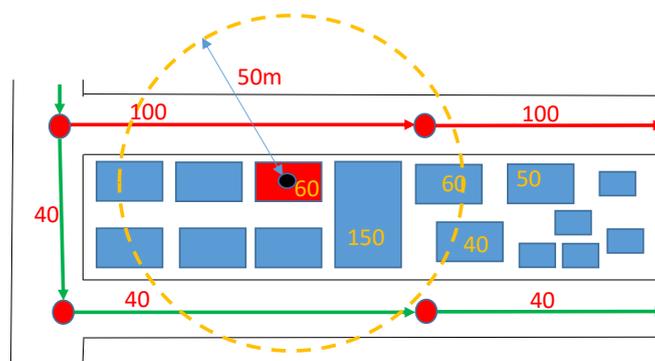


図 3-27 バッファのイメージ

8) 【AL008】 需要家マッチング (開発)

- 管渠の属性に格納されている下水熱ポテンシャル値と、建物の属性に格納されている熱需要量を比較し、下水熱が利用可能な施設を強調表示する
- 管渠又はマンホール、若しくはその両方をユーザーが指定 (図上で選択及び属性による検索) すると、指定した施設における下水熱を使用可能な施設を強調表示させた地図が作成される

● 【管渠を指定する場合】

下水熱ポテンシャルマップで取得済みの管渠のユニークキーを用いて、対象の家屋を選択し強調表示する

建物の熱需要量推定で作成した熱需要量と管渠が持っている下水熱ポテンシャル値を比較し、管渠が持っている下水熱ポテンシャル値の方が大きい家屋を強調表示する

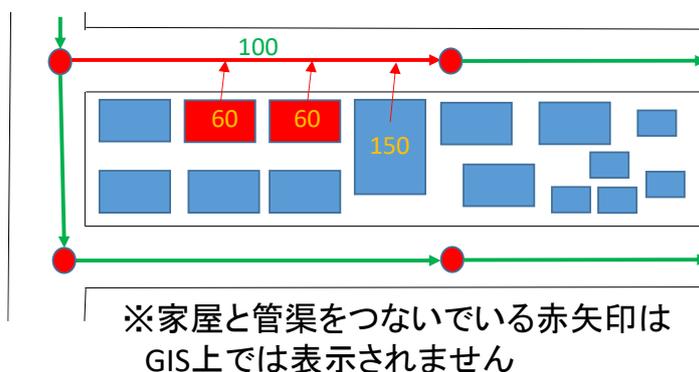


図 3-28 強調表示イメージ

- 【マンホールを指定する場合】

家屋を検索するためのバッファ値を入力する

※最大値 150 とし、これを超える値を入力した場合は注意メッセージを表示

指定された値のバッファを発生させ、マンホールが持っている下水熱ポテンシャル値とバッファ内に入る家屋の熱需要量を比較し、マンホールが持っている下水熱ポテンシャル値の方が大きい家屋を強調表示する

→選択解除ボタンを押すまで選択状態を保持する

両方の数値（熱需要量と下水熱ポテンシャル値、バッファ値も）をラベル表示させる

→ラベル削除ボタンを押すまでラベル値は消えないようにする

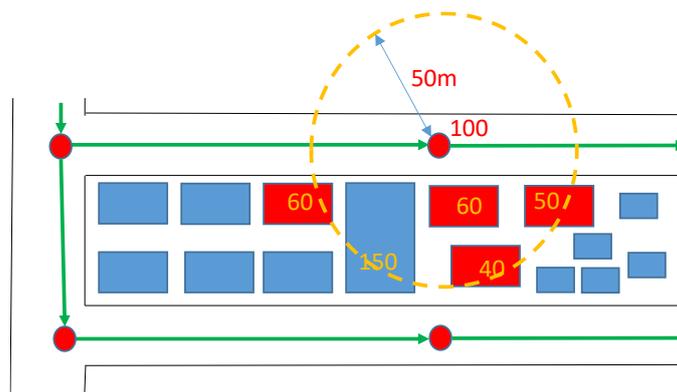


図 3-29 バッファイメージ

- 【管渠及びマンホールを指定する場合】

前項で記載したマンホールによる指定後に【管渠を指定する場合】と同じ方法による絞り込み検索を行う  
図 3-29 に示すようにマンホールで選択終了後に、図 3-30 の赤色箇所をの管渠を選択することで、絞り込み検索を実施する

※絞り込み検索の際は、管渠の下水熱ポテンシャル値は考慮しない

→この選択方法により、最寄りのマンホールかつ路線沿いの家屋という検索を実行できる

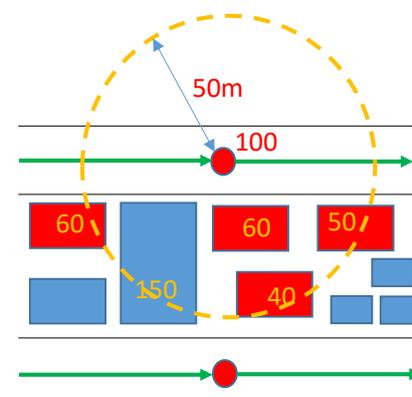


図 3-30 バッファイメージ

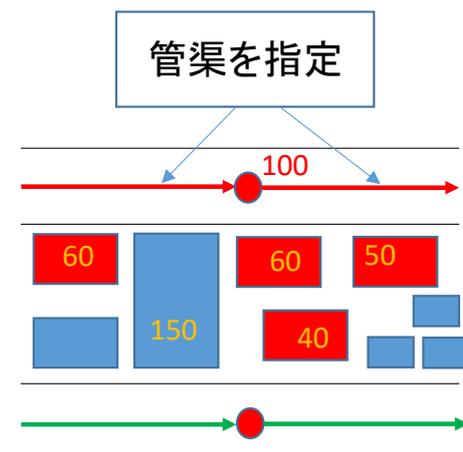


図 3-31 管渠指定イメージ

## 3-4. データインタフェース

## 3-4-1. ファイル入力インタフェース

## 1) 【IF001】 3D 都市モデルデータ[City GML 形式]

- 本インタフェースを利用する機能：

【FN014】

表 3-7 ファイル入力インタフェース一覧表（建築物・下水道管・マンホール）

地物	地物型	属性名	内容
建築物	bldg:lod1Solid	bldg:lod1Solid	lod1 立体
		uro_buildingDetails_totalFloorArea	延床面積：m <sup>2</sup>
		bldg_storeysAboveGround	地上階数
		bldg_storeysBelowGround	地下階数
		bldg_measuredHeight	計測高さ：m
		bldg_usage	建物用途
		bldg:lod0FootPrint	FootPrint1
		uro_buildingDetails_buildingFootprintArea	FootPrint2
		bldg:lod0FootPrint	図形面積：m <sup>2</sup>
		uro:buildingID	gen_建物 ID
地下埋設物（下水道管）	Sewer Pipe	frn:lod2Geomerty	管路が埋設された深さから、一律の高さで下向きに立ち上げた立体（lod2Sold）
		uro:id	識別子：ユニークキー
		uro:startNode	開始ノード：上流人孔キー
		uro:endNode	終了ノード：下流人孔キー
		uro:material	管種
		uro:length	延長：区間距離：m
		uro:innerDiamiter	口径：mm
		uro:outerDiamiter	外径：mm
		uro:depth	平均土被り：m
		uro:minDepth	上流土被り：m
		uro:maxDepth	下流土被り：m
		uro:year	施工年度
uro:alternativeName	処理区		
地下埋設物（マン	Manhole	frn:lod2Geomerty	マンホールの外周の上からの正射影を取得し、地表から一律の高さ

ホール)		で下向きに立ち上げた立体 (lod2Sold)
	uro:id	識別子：ユニークキー
	gen:genericAttributeSet	分類
	uro:innerDiameterLong	長辺内径：mm
	uro:outerDiameterLong	長辺外径：mm
	uro:innerDiameterShort	短辺内径：mm
	uro:outerDiameterShort	短辺外径：mm
	uro:elevation	地盤高：m
	uro:depth	深さ：m
	uro:alternativeName	処理区

## 2) 【IF002】 枿データ

- 本インタフェースを利用した機能：【FN002】

表 3-8 ファイル入力インタフェース一覧表

地物データ形式	属性名	内容	型式
枿	SHAPE	図形	-
	SEQNO	ユニークキー	文字列型
	DPSEQ	接続管渠の主キー	文字列型

## 3) 【IF003】 ヒートポンプ、採熱経路データ

- 本インタフェースを利用した機能：【FN009】，【FN010】，【FN011】，【FN012】，【FN013】，【FN016】，【FN017】，【FN018】

表 3-9 ファイル入力インタフェース一覧表

地物データ形式	属性名	内容	型式
ヒートポンプ	SHAPE	図形	—
	SEQNO	ユニークキー	文字列型
	SIZE	ヒートポンプサイズ	文字列型
採熱経路	SHAPE	図形	—
	SEQNO	ユニークキー	文字列型
	HPPIPE_LEN	配管延長：m	文字列型

## 4) 【IF004】 3D 都市モデルデータ[FGDB 形式]

- 本インタフェースを利用した機能：【FN001】，【FN002】，【FN003】，【FN004】，【FN005】，【FN006】，【FN007】，【FN008】，【FN009】，【FN010】，【FN011】，【FN012】，【FN013】，【FN015】，【FN016】，【FN017】，【FN018】

表 3-10 ファイル入力インタフェース一覧表（建築物・下水道管・マンホール）

地物	地物型	属性名	内容
建築物	bldg:lod1Solid	Shape	図形
		uro_buildingDetails_totalFloorArea	延床面積：m2
		bldg_storeysAboveGround	地上階数
		bldg_storeysBelowGround	地下階数
		bldg_measuredHeight	計測高さ：m
		bldg_usage	建物用途
		bldg:lod0FootPrint	FootPrint1
		uro_buildingDetails_buildingFootprint Area	FootPrint2
		Shape_Area	ShapeArea
		FootPrint	図形面積：m2
		gen_建物 ID	gen_建物 ID
		HeatDemand1	熱需要値(冷房)：MJ/年
		HeatDemand2	熱需要値(暖房)：MJ/年
		HeatDemand3	熱需要値(空調)：MJ/年
		HeatDemand4	熱需要値(給湯)：MJ/年
		KankyoKey	管渠キー
		NewYouto	統合した建物用途
		Nobeyuka	延床面積格納：m2
		tmpKankyoKey	関連管渠キー（修正）
		ReHeatDem3	正確な熱需要格納（空調）：MJ/年
ReHeatDem4	正確な熱需要格納（給湯）：MJ/年		
TR_AREA	処理区		

地物	地物型	属性名	内容
地下埋設物（下水道管）	Sewer Pipe	SHAPE	図形
		SEQNO	ユニークキー
		U_MNSEQ	上流人孔キー
		L_MNSEQ	下流人孔キー
		MATERIAL	管種
		SEC_DIST	区間距離：m
		DIAMETER	口径：mm
		DIAMETER_W	口径（幅）：mm
		DIAMETER_H	口径（高）：mm
		THICKNESS	管厚：mm
		GAIKEI_W	外径（幅）：mm
		GAIKEI_H	外径（高）：mm
		U_BTM_HI	上流管底高：m
		L_BTM_HI	下流管底高：m
		U_CNT_HI	上流管心高：m
		L_CNT_HI	下流管心高：m
		A_COVERING	平均土被り：m
		U_COVERING	上流土被り：m
		L_COVERING	下流土被り：m
		CONST_YEAR	施工年度
		TR_AREA	処理区
		TeikaYuka	通加延床面積：m2
		NobeyukaSum	接続延床面積：m2
		SewerFlow_S	推定下水流量（夏）：m3/日
		SewerFlow_W	推定下水流量（冬）：m3/日
		SewerFlow_Y	推定下水流量（年間）：m3/日
		Potential_S	ポテンシャル値（夏）：MJ/日
Potential_W	ポテンシャル値（冬）：MJ/日		
Potential_Y	ポテンシャル値（年間）：MJ/年		

地物	地物型	属性名	内容
地下埋設物（マンホール）	Manhole	SHAPE	図形
		ANGLE	角度
		SEQNO	ユニークキー
		FCLASS	分類
		I_DIAMETER	内径：mm
		DIAMETER_L	長辺内径：mm
		GAIKEI_L	長辺外径：mm
		DIAMETER_S	短辺内径：mm
		GAIKEI_S	短辺外径：mm
		GROUND_HI	地盤高：m
		DEPTH	深さ：m
		TR_AREA	処理区
		Potential_S	ポテンシャル値（夏）：MJ/日
		Potential_W	ポテンシャル値（冬）：MJ/日
		Potential_Y	ポテンシャル値（年間）：MJ/年

## 5) 【IF005】流量データ【テキスト形式】

- 本インタフェースを利用した機能：【FN003】

フィールド名	内容
実測下水流量（年）	流量既知点における年平均の実測下水流量

## 3-4-2. ファイル出力インタフェース

## 1) 【IF101】 ファイル出力インタフェース[FGDB 形式]

- 本インタフェースを利用した機能
  - 【FN004】 , 【FN005】 , 【FN007】 , 【FN014】

表 3-11 ファイル出力インタフェース一覧表

地物	属性名	内容
建築物	Shape	図形
	uro_buildingDetails_totalFloorArea	延床面積：m2
	bldg_storeysAboveGround	地上階数
	bldg_storeysBelowGround	地下階数
	bldg_measuredHeight	計測高さ：m
	bldg_usage	建物用途
	bldg:lod0FootPrint	FootPrint1
	uro_buildingDetails_buildingFootprintArea	FootPrint2
	FootPrint	図形面積：m2
	uro:buildingID	gen_建物 ID
	HeatDemand1	熱需要値(冷房)：MJ/年
	HeatDemand2	熱需要値(暖房)：MJ/年
	HeatDemand3	熱需要値(空調)：MJ/年
	HeatDemand4	熱需要値(給湯)：MJ/年
	KankyoKey	管渠キー
	NewYouto	統合した建物用途
	Nobeyuka	延床面積格納：m <sup>2</sup>
	tmpKankyoKey	関連管渠キー（修正）
	ReHeatDem3	正確な熱需要格納（空調）：MJ/年
	ReHeatDem4	正確な熱需要格納（給湯）：MJ/年
TR_AREA	処理区	
地下埋設物（下水道管）	Shape	図形
	uro:id	ユニークキー
	uro:startNode	上流人孔キー
	uro:endNode	下流人孔キー

地物	属性名	内容
地下埋設物（下水道管）	uro:material	管種
	uro:length	区間距離：m
	uro:innerDiameter	口径：mm
	uro:outerDiameter	外径：mm
	uro:depth	平均土被り：m
	uro:minDepth	上流土被り：m
	uro:maxDepth	下流土被り：m
	uro:year	施工年度
	GAIKEI_W	外径（幅）：mm
	GAIKEI_H	外径（高）：mm
	TeikaYuka	通加延床面積：㎡
	NobeyukaSum	接続延床面積：㎡
	SewerFlow_S	推定下水流量（夏）：㎥/日
	SewerFlow_W	推定下水流量（冬）：㎥/日
	SewerFlow_Y	推定下水流量（年間）：㎥/日
	Potential_S	ポテンシャル値（夏）：MJ/日
Potential_W	ポテンシャル値（冬）：MJ/日	
Potential_Y	ポテンシャル値（年間）：MJ/年	
地下埋設物（マンホール）	Shape	図形
	uro:id	ユニークキー
	gen:genericAttributeSet	分類
	uro:innerDiameterLong	長辺内径：mm
	uro:outerDiameterLong	長辺外径：mm
	uro:innerDiameterShort	短辺内径：mm
	uro:outerDiameterShort	短辺外径：mm
	uro:elevation	地盤高：m
	uro:depth	深さ：m
	Potential_S	ポテンシャル値（夏）：MJ/日
	Potential_W	ポテンシャル値（冬）：MJ/日
Potential_Y	ポテンシャル値（年間）：MJ/年	
ヒートポンプ	Shape	図形
	SIZE	ヒートポンプサイズ
採熱経路	Shape	図形
	HPPIPE_LEN	配管延長：m

## 2) 【IF102】ファイル出力インタフェース[City GML 形式]

- 本インタフェースを利用する機能：

【FN015】

表 3-12 ファイル出力インタフェース一覧表（建築物・下水道管・マンホール）

地物	地物型	属性名	内容
建築物	bldg:lod1Solid	bldg:lod1Solid	lod1 立体
		uro_buildingDetails_totalFloorArea	延床面積：m <sup>2</sup>
		bldg_storeysAboveGround	地上階数
		bldg_storeysBelowGround	地下階数
		bldg_measuredHeight	計測高さ：m
		bldg_usage	建物用途
		bldg:lod0FootPrint	FootPrint1
		uro_buildingDetails_buildingFootprintArea	FootPrint2
		bldg:lod0FootPrint	図形面積：m <sup>2</sup>
		uro:buildingID	gen_建物 ID
地下埋設物（下水道管）	Sewer Pipe	frn:lod2Geomerty	管路が埋設された深さから、一律の高さで下向きに立ち上げた立体 (lod2Sold)
		uro:id	識別子：ユニークキー
		uro:startNode	開始ノード：上流人孔キー
		uro:endNode	終了ノード：下流人孔キー
		uro:material	管種
		uro:length	延長：区間距離：m
		uro:innerDiamiter	口径：mm
		uro:outerDiamiter	外径：mm
		uro:depth	平均土被り：m
		uro:minDepth	上流土被り：m
		uro:maxDepth	下流土被り：m
		uro:year	施工年度
		uro:alternativeName	処理区

地物	地物型	属性名	内容
地下埋設物(マンホール)	Manhole	frn:lod2Geometry	マンホールの外周の上からの正射影を取得し、地表から一律の高さで下向きに立ち上げた立体 (lod2Sold)
		uro:id	識別子：ユニークキー
		gen:genericAttributeSet	分類
		uro:innerDiameterLong	長辺内径：mm
		uro:outerDiameterLong	長辺外径：mm
		uro:innerDiameterShort	短辺内径：mm
		uro:outerDiameterShort	短辺外径：mm
		uro:elevation	地盤高：m
		uro:depth	深さ：m
		uro:alternativeName	処理区

2) 【IF103】帳票【PDF形式】

- 本インターフェースを利用する機能：

【FN009】

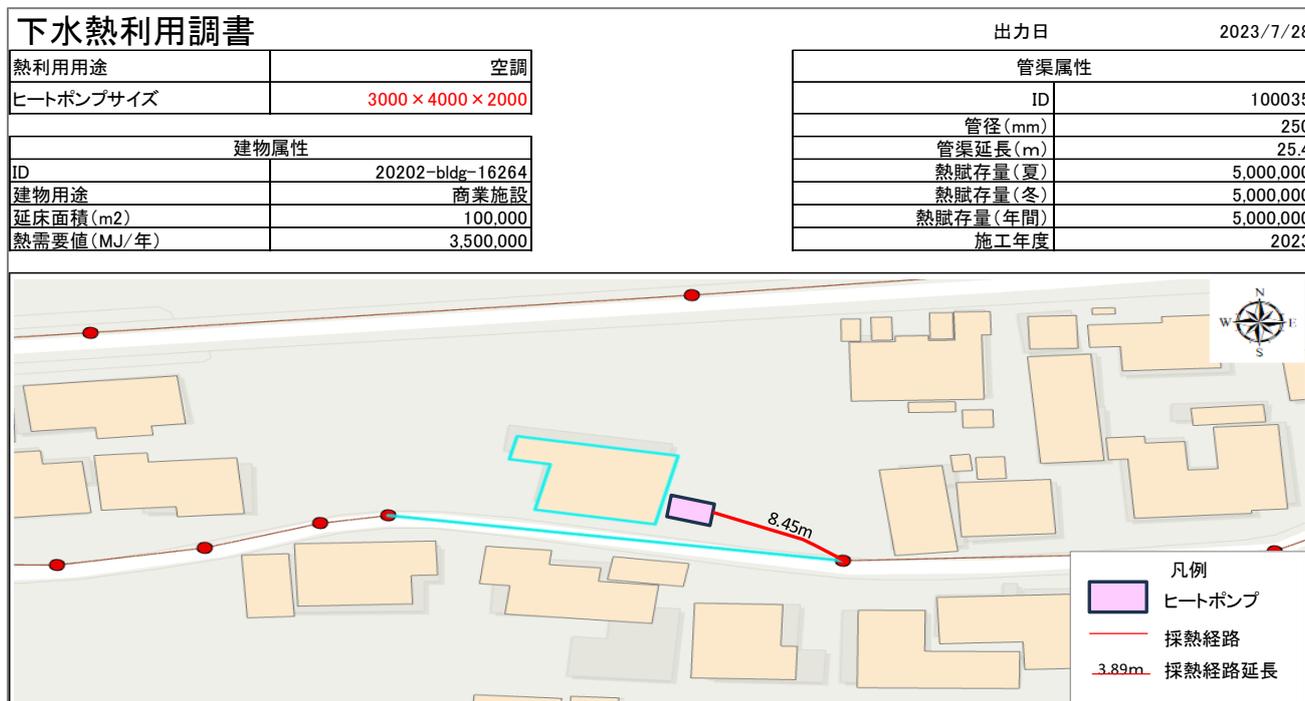


図 3-32 調書イメージ

## 3-4-3. 内部連携インタフェース

## 1) 【IF201】ポテンシャルマップ作成用設定ファイル

- 本インタフェースを利用した機能
  - システムアーキテクチャ 【FN001】建物の熱需要量推定
  - システムアーキテクチャ 【FN002】建物と管渠のひも付け

表 3-13 内部連携インタフェース一覧表

項目名	型	例	説明
FootPrint	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	図形面積
HeatDemand1	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	熱需要量格納フィールド[冷房用] 「下水熱利用マニュアル (案)」にもとづくが以下の例が想定される。 (例) 10000MJ/年
HeatDemand2	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	熱需要量格納フィールド[暖房用] 「下水熱利用マニュアル (案)」にもとづくが以下の例が想定される。 (例) 10000MJ/年
HeatDemand3	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	熱需要量格納フィールド[空調用] 「[冷房用][暖房用]の合算値」にもとづくが以下の例が想定される。 (例) 10000MJ/年
HeatDemand4	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	熱需要量格納フィールド[給湯用] 「下水熱利用マニュアル (案)」にもとづくが以下の例が想定される。(例) 10000MJ/年
Kankyokey	文字列型	1,2,3	管渠とひも付けるためのキー 管渠のユニークキーを使用
NewYouto	文字列型	1,2,3	結合した建物用途格納フィールド
Nobeyuka	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	延床面積格納フィールド 単位: m <sup>2</sup>

項目名	型	例	説明
ReHeatDem3	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	正確な熱需要量格納フィールド[空調用] 「下水熱利用マニュアル(案)」にもとづくが以下の例が想定される。(例) 10000MJ/年 上記ツールによると、エネルギー使用状況は電気 kWh/年、ガス m <sup>3</sup> /年であるため、マクロに内蔵されている変換式を確認
ReHeatDem4	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	正確な熱需要量格納フィールド[給湯用] 「下水熱利用マニュアル(案)」にもとづくが以下の例が想定される。(例) 10000MJ/年 上記ツールによると、エネルギー使用状況は電気 kWh/年、ガス m <sup>3</sup> /年であるため、マクロに内蔵されている変換式を確認

## 2) 【IF202】延床面積集計用設定ファイル

- 本インターフェースを利用した機能
  - システムアーキテクチャ 【FN001】建物の熱需要量推定

表 3-14 延床面積集計用設定ファイル一覧表

項目名	型	例	説明
Nobeyuka	浮動小数点型 (倍精度)	1.111111	延床面積格納フィールド
KankyoKey	文字列型	1,2,3	排水先管渠 ID フィールド 管渠のユニークキーを使用
NewYouto	文字列型	1,2,3	結合した建物用途格納フィールド

## 3) 【IF203】ポテンシャル計算用設定ファイル

- 本インターフェースを利用した機能
  - システムアーキテクチャ 【FN003】下水道賦存量の推定

表 3-15 ポテンシャル計算用設定ファイル

項目名	型	例	説明
SewerFlow_S	浮動小数点 型(倍精度)	1.111111	推定下水流量(夏)フィールド
SewerFlow_W	浮動小数点 型(倍精度)	1.111111	推定下水流量(冬)フィールド
SewerFlow_Y	浮動小数点 型(倍精度)	1.111111	推定下水流量(年間)フィールド
Potential_S	浮動小数点 型(倍精度)	1.111111	ポテンシャル値(夏)フィールド
Potential_W	浮動小数点 型(倍精度)	1.111111	ポテンシャル値(冬)フィールド
Potential_Y	浮動小数点 型(倍精度)	1.111111	ポテンシャル値(年)フィールド
TeikaYuka	浮動小数点 型(倍精度)	1.111111	透加延床面積フィールド 単位: m <sup>2</sup>
NobeyukaSum	浮動小数点 型(倍精度)	1.111111	接続延床面積フィールド 単位: m <sup>2</sup>

## 4) 【IF204】 帳票出力用連携ファイル

- 本インターフェースを利用した機能
  - システムアーキテクチャ 【FN018】 データベース参照

表 3-16 帳票出力用連携ファイル

項目名	型	例	説明
gen_建物 ID	文字列型	11111-bldg- 111111	gen_建物 ID
bldg_usage	文字列型	集合住宅	建物用途
Nobeyuka	浮動小数 点型（倍 精度	1111.11	延床面積：m2
HeatDemand3	浮動小数 点型（倍 精度	1.111111	熱需要値(空調)：MJ/年
HeatDemand4	浮動小数 点型（倍 精度	1.111111	熱需要値(給湯)：MJ/年
SEQNO	文字列型	11111	下水管のユニークキー
SEC_DIST	浮動小数 点型（倍 精度	1.11	区間距離：m
Potential_S	浮動小数 点型（倍 精度	111.11	ポテンシャル値（夏）：MJ/日
Potential_W	浮動小数 点型（倍 精度	111.11	ポテンシャル値（冬）：MJ/日
Potential_Y	浮動小数 点型（倍 精度	111111.11	ポテンシャル値（年間）：MJ/年
CONST_YEAR	整数型	1111	施工年度

#### 3-4-4. 外部連携インターフェース

ArcGIS Pro で作成した FGDB 及び凡例設定ファイルを ArcGIS Online に手動で設定を実施するため、外部連携インターフェースは存在しない

## 3-5. 実証に用いたデータ

## 3-5-1. 活用したデータ一覧

## 1) 活用した建築物モデルデータ

表 3-17 建築物モデル利用データ一覧

地物	地物型	属性区分	属性名	利用想定
建築物 LOD1	bldg:Building	空間属性	bldg:lod1Solid	排水汚水量の推定
		主題属性	bldg:lod0FootPrint	排水汚水量の推定
			bldg:measuredHeight	下水熱賦存量及び需要量の推計
			bldg:usage	建物用途係数の決定
			bldg:storeysAboveGround	下水熱賦存量及び需要量の推計
			bldg:storeysBelowGround	下水熱賦存量及び需要量の推計
			urf:totalFloorArea	下水熱賦存量及び需要量の推計

## 2) 活用したその他データ

## 1. データ一覧

表 3-18 活用したその他データ（一覧）

活用データ	項目[データ形式]	属性名	内容	形式	UC 利用
下水道台帳 データ	下水道管 [FGDB 形式]	SEQNO	管渠のユニークキ ー	整数型	○
		U_MNSEQ	上流マンホール番 号	整数型	○
		L_MNSEQ	下流マンホール番 号	整数型	○
		DASEQ	区画割キー	整数型	×
		分類	管渠分類	整数型	×
		排除方式	排除方式区分	整数型	×
		管渠区分	管渠の区分	整数型	×
		流下方式	流下方式	整数型	×
		路線番号	路線番号	文字列型	×
		管路番号 1	管路番号 1	文字列型	×

活用データ	項目[データ形式]	属性名	内容	形式	UC 利用
下水道台帳 データ	下水道管 [FGDB 形式]	管路番号 2	管路番号 2	文字列型	×
		幹線名	幹線名	整数型	×
		管渠番号	管渠番号	文字列型	×
		管種	管の材質	整数型	○
		形状	形状	整数型	○
		管径	内径	整数型	○
		管径 (幅)	管径 (幅)	整数型	×
		管径 (高さ)	管径 (高さ)	整数型	×
		台形渠の上底	台形渠の上底	整数型	×
		管厚	管厚	整数型	○
		外径	外径	浮動小数点型 (倍 精度)	○
		区間延長	延長	浮動小数点型 (倍 精度)	○
		管渠延長	管渠の延長	浮動小数点型 (倍 精度)	×
		上流減長	上流側のマンホー ル半径	整数型	×
		下流減長	下流側のマンホー ル半径	整数型	×
		上流管底高	海拔から高い管渠 までの高さ	浮動小数点型 (倍 精度)	○
		下流管底高	海拔から低い管渠 までの高さ	浮動小数点型 (倍 精度)	○
		勾配	管渠の勾配 (%)	浮動小数点型 (倍 精度)	×
		上流土被り	上流マンホールの 天端から地面まで の距離	浮動小数点型 (倍 精度)	○
		下流土被り	上流マンホールの 天端から地面まで の距離	浮動小数点型 (倍 精度)	○
施工年度	施工年度	整数型	×		
工事番号	工事番号	文字列型	×		

活用データ	項目[データ形式]	属性名	内容	形式	UC 利用
下水道台帳 データ	下水道管 [FGDB 形式]	工事名	工事名	文字列型	×
		供用開始年度	供用開始年度	整数型	×
		供用開始年月日	供用開始年月日	日付型	×
		流向表示	流水方向表示用	整数型	×
		副管区分	副管区分	整数型	×
		トップ	トップフラグ	整数型	×
		転移	転移フラグ	整数型	×
		処理区	処理区	整数型	○
		排水区	排水区	整数型	×
		排水分区	排水分区	整数型	×
		更新日	更新日	日付型	×
		図面番号	図面番号	文字列型	×
		放流先	放流先	整数型	×
		基準点文字	基準点文字	整数型	×
		旧管理番号	旧管理番号	文字列型	×
		管理者	管理者	整数型	×
		イメージデータ格 納数	イメージデータ格 納数	整数型	×
		計画管路番号	計画管路番号	文字列型	×
		巡視・調査	巡視・調査	整数型	×
		改築年度	改築年度	整数型	×
		改築工法	改築工法	整数型	×
		占用開始日	占用開始日	日付型	×
		占用終了日	占用終了日	日付型	×
		占用区分	占用区分	整数型	×
		資産管理番号	資産管理番号	文字列型	×
		備考	備考	文字列型	×
		ANGLE	マンホールの角度	浮動小数点型（倍 精度）	×
SEQNO	マンホールのユニ ークキー	整数型	○		
分類	マンホールの分 類・形状	整数型	○		
排除方式	排除方式区分	整数型	×		
人孔番号	人孔番号	文字列型	×		

活用データ	項目[データ形式]	属性名	内容	形式	UC 利用
下水道台帳 データ	下水道管 [FGDB 形式]	内径	内径	文字列型	○
		外径	外径	文字列型	○
		壁厚	躯体の厚さ	浮動小数点型（倍 精度）	○
		地盤高	地盤高	浮動小数点型（倍 精度）	○
		深さ	深さ	浮動小数点型（倍 精度）	×
		ポンプの有無	ポンプの有無	整数型	×
		マンホール機能	マンホール機能	整数型	×
		マンホール材質	マンホール材質	整数型	×
		蓋材質	蓋材質	整数型	×
		蓋枚数	蓋枚数	整数型	×
		堰	堰	整数型	×
		吐口	吐口	整数型	×
		施工年度	施工年度	整数型	×
		工事番号	工事番号	文字列型	×
		工事名	工事名	文字列型	×
		供用開始年度	供用開始年度	整数型	×
		供用開始年月日	供用開始年月日	日付型	×
		処理区	処理区	文字列型	○
		排水区	排水区	整数型	×
		排水分区	排水分区	整数型	×
		更新日	更新日	日付型	×
		箇所数	箇所数	整数型	×
		図面番号	図面番号	文字列型	×
		幹線・枝線	幹線・枝線	整数型	×
		路線番号	路線番号	文字列型	×
		幹線名	幹線名	整数型	×
		管渠番号	管渠番号	文字列型	×
基準点文字	基準点文字	整数型	×		
旧管理番号	旧管理番号	文字列型	×		
管理者	管理者	整数型	×		
計画管路番号	計画管路番号	文字列型	×		

活用データ	項目[データ形式]	属性名	内容	形式	UC 利用
下水道台帳 データ	下水道管 [FGDB 形式]	巡視・調査	巡視・調査	整数型	×
		改築年度	改築年度	整数型	×
		改築工法	改築工法	整数型	×
		占用開始日	占用開始日	日付型	×
		占用終了日	占用終了日	日付型	×
		占用区分	占用区分	整数型	×
		備考	備考	文字列型	×
		ANGLE	柵の角度	浮動小数点型（倍 精度）	×
		SEQNO	柵のユニークキー	整数型	○
		DPSEQ	接続管渠の主キー	整数型	○
		分類	柵の分類・形状	整数型	×
		排除方式	排除方式	整数型	×
		取付管管種	取付管管種	整数型	×
		取付管形状	取付管形状	整数型	×
		取付管管径	取付管管径	文字列型	×
		取付管延長	取付管延長	整数型	×
		追加距離	追加距離	整数型	×
		蓋材質	蓋材質	整数型	×
		蓋種別	蓋種別	整数型	×
		柵所在地の市コード	柵所在地の市コード	整数型	×
		柵所在地の大字コード	柵所在地の大字コード	整数型	×
		柵所在地の番地	柵所在地の番地	文字列型	×
		接続タイプ	接続タイプ	整数型	×
		柵接続先	柵接続先	整数型	×
		取付位置	取付位置	整数型	×
		柵番号	柵番号	文字列型	×
水栓番号	水栓番号	文字列型	×		
所有者名	所有者名	文字列型	×		
施工年度	施工年度	整数型	×		
工事番号	工事番号	文字列型	×		
工事名	工事名	文字列型	×		

活用データ	項目[データ形式]	属性名	内容	形式	UC 利用
下水道台帳 データ	下水道管 [FGDB 形式]	供用開始年度	供用開始年度	整数型	×
		供用開始年月日	供用開始年月日	日付型	×
		ます深さ	ます深さ	整数型	×
		ます使用状況	ます使用状況	整数型	×
		処理区	処理区	整数型	○
		排水区	排水区	整数型	×
		排水分区	排水分区	整数型	×
		更新日	更新日	日付型	×
		箇所数	箇所数	整数型	×
		図面番号	図面番号	文字列型	×
		路線番号	路線番号	文字列型	×
		管渠番号	管渠番号	文字列型	×
		旧管理番号	旧管理番号	文字列型	×
		柵管理者	柵管理者	整数型	×
		取付管管理者	取付管管理者	整数型	×
		巡視・調査	巡視・調査	整数型	×
		柵占用区分	柵占用区分	整数型	×
取付管占用区分	取付管占用区分	整数型	×		
	備考	備考	文字列型	×	

表 3-19 利用したその他データ（一覧）

活用データ	項目[データ形式]	属性名	内容	形式
水道使用量 データ	水道使用量 [Excel 形式]	水栓番号	接続する家屋の水栓番号	文字列型
		使用水量	水道使用量データ ※計測間隔は地方公共団体によって異なる	浮動小数点型 (倍精度)
地形図データ	地形図 [DM 形式]	-	地形図データ	-



## 3-5-2. 生成・変換したデータ

- FGDB から FME を用いて CityGML 形式のデータを作成した。

表 3-21 生成データ一覧表【CityGML】(1/2)

地物	地物型	属性区分	属性名	内容
建築物	bldg:lod1 Solid	空間	bldg:lod1Solid	lod1 立体
		主題	uro_buildingDetails_totalFloorArea	延床面積：㎡
			bldg_storeysAboveGround	地上階数
			bldg_storeysBelowGround	地下階数
			bldg_measuredHeight	計測高さ：m
			bldg_usage	建物用途
			bldg:lod0FootPrint	FootPrint1
			uro_buildingDetails_buildingFootprintArea	FootPrint2
			bldg:lod0FootPrint	図形面積：㎡
			uro:buildingID	gen_建物 ID
地下埋設物 (下水道管)	Sewer Pipe	空間	frn:lod2Geomerty	管路が埋設された深さから、一律の高さで下向きに立ち上げた立体 (lod2Solid)
		主題	uro:id	識別子：ユニークキー
			uro:startNode	開始ノード：上流人孔キー
			uro:endNode	終了ノード：下流人孔キー
			uro:material	管種
			uro:length	延長：区間距離：m
			uro:innerDiamiter	口径：mm
			uro:outerDiamiter	外径：mm
			uro:depth	平均土被り：m
			uro:minDepth	上流土被り：m
			uro:maxDepth	下流土被り：m
			uro:year	施工年度
				uro:alternativeName

表 3-22 生成データ一覧表【CityGML】(2/2)

地物	地物型	属性区分	属性名	内容
地下埋設物 (マンホール)	Manhole	空間	frn:lod2Geomerty	マンホールの外周の上からの正射影を取得し、地表から一律の高さで下向きに立ち上げた立体 (lod2Sold)
			主題	uro:id
		gen:genericAttributeSet		分類
		uro:innerDiameterLong		長辺内径：mm
		uro:outerDiameterLong		長辺外径：mm
		uro:innerDiameterShort		短辺内径：mm
		uro:outerDiameterShort		短辺外径：mm
		uro:elevation		地盤高：m
		uro:depth		深さ：m
		uro:alternativeName	処理区	

- CityGML から FME を用いて FGDB 形式のデータを作成した。

表 3-23 生成データ一覧表【FGDB】(1/3)

地物	属性名	内容
建築物 【FGDB】	Shape	図形
	uro_buildingDetails_totalFloorArea	延床面積：m <sup>2</sup>
	bldg_storeysAboveGround	地上階数
	bldg_storeysBelowGround	地下階数
	bldg_measuredHeight	計測高さ：m
	bldg_usage	建物用途
	bldg:lod0FootPrint	FootPrint1
	uro_buildingDetails_buildingFootprintArea	FootPrint2
	Shape_Area	ShapeArea
	FootPrint	図形面積：m <sup>2</sup>
	gen_建物 ID	gen_建物 ID
	HeatDemand1	熱需要値(冷房)：MJ/年
	HeatDemand2	熱需要値(暖房)：MJ/年
	HeatDemand3	熱需要値(空調)：MJ/年
	HeatDemand4	熱需要値(給湯)：MJ/年
	KankyoKey	管渠キー
	NewYouto	統合した建物用途
	Nobeyuka	延床面積格納：m <sup>2</sup>
	tmpKankyoKey	関連管渠キー（修正）
	ReHeatDem3	正確な熱需要格納(空調)：MJ/年
ReHeatDem4	正確な熱需要格納(給湯)：MJ/年	
TR_AREA	処理区	

表 3-24 生成データ一覧表【FGDB】(2/3)

地物	属性名	内容
地下埋設物 (下水道管)	SHAPE	図形
	SEQNO	ユニークキー
	U_MNSEQ	上流人孔キー
	L_MNSEQ	下流人孔キー
	MATERIAL	管種
	SEC_DIST	区間距離：m
	DIAMETER	口径：mm
	DIAMETER_W	口径（幅）：mm
	DIAMETER_H	口径（高）：mm
	THICKNESS	管厚：mm
	GAIKEI_W	外径（幅）：mm
	GAIKEI_H	外径（高）：mm
	U_BTM_HI	上流管底高：m
	L_BTM_HI	下流管底高：m
	U_CNT_HI	上流管心高：m
	L_CNT_HI	下流管心高：m
	A_COVERING	平均土被り：m
	U_COVERING	上流土被り：m
	L_COVERING	下流土被り：m
	CONST_YEAR	施工年度
	TR_AREA	処理区
	TeikaYuka	遞加延床面積：㎡
	NobeyukaSum	接続延床面積：㎡
	SewerFlow_S	推定下水流量（夏）：m <sup>3</sup> /日
	SewerFlow_W	推定下水流量（冬）：m <sup>3</sup> /日
	SewerFlow_Y	推定下水流量（年間）：m <sup>3</sup> /日
	Potential_S	ポテンシャル値（夏）：MJ/日
Potential_W	ポテンシャル値（冬）：MJ/日	
Potential_Y	ポテンシャル値（年間）：MJ/年	

表 3-25 生成データ一覧表【FGDB】(3/3)

地物	属性名	内容
地下埋設物 (マンホール) 【FGDB】	SHAPE	図形
	ANGLE	ANGLE
	SEQNO	SEQNO
	FCLASS	分類
	I_DIAMETER	内径：mm
	DIAMETER_L	長辺内径：mm
	GAIKEI_L	長辺外径：mm
	DIAMETER_S	短辺内径：mm
	GAIKEI_S	短辺外径：mm
	GROUND_HI	地盤高：m
	DEPTH	深さ：m
	TR_AREA	処理区
	Potential_S	ポテンシャル値（夏）：MJ/日
	Potential_W	ポテンシャル値（冬）：MJ/日
Potential_Y	ポテンシャル値（年間）：MJ/年	

表 3-26 変換データ一覧表

変換元データ	変換先データ	データ内容	備考
City GML	FGDB	建築物 LOD1	FME で変換
FGDB	City GML	地下埋設物 LOD2	FME で変換
City GML	3D Tiles	地下埋設物 LOD2	FME で変換

## 3-6. ユーザーインターフェース

## 3-6-1. 画面一覧

表 3-27 画面一覧 (ArcGIS Pro)

ID	連携 (ID)	画面名	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC001	-	ArcGIS Pro メイン	● ArcGIS Pro のメイン画面	-
SC002	SC001	ポテンシャルマップ作成	● 該当の建物の最寄り管渠を選択する ● 該当の建物の熱需要を計算する	FN001, FN002
SC003	SC001	延床面積集計	● 建物の延床面積の集計を行う	FN003
SC004	SC001	ポテンシャル計算	● 管渠の下水熱ポテンシャル計算を行う	FN003, FN004, FN005
SC005	SC001	設定ファイル選択	● 建物の熱需要を計算するのに必要な外部ファイルを選択する	-

表 3-28 画面一覧 (ArcGIS Online)

No.	連携 (ID)	画面名称	画面説明	画面を表示した機能 (ID)
SC006	-	ArcGIS Online ログイン	● ArcGIS Online のログイン画面	-
SC007	-	ArcGIS Online メイン	● ArcGIS Online のメイン画面	-
SC008	SC007	下水熱ツール	● 処理区を選択し、表示範囲を指定する ● 熱需要量の実績値を登録し、下水熱ポテンシャル値と熱需要がマッチングする施設を強調表示する ● 帳票を作成する ● グラフを作成する ● ヒートポンプの設置シミュレーションを行う	FN006, FN007, FN008, FN009, FN010, FN011, FN012, FN013
SC009	SC007	熱需要量換算	● 正確な熱需要量の実績値を登録する	-

### 3-6-2. 画面遷移図

#### 1) ArcGIS Pro

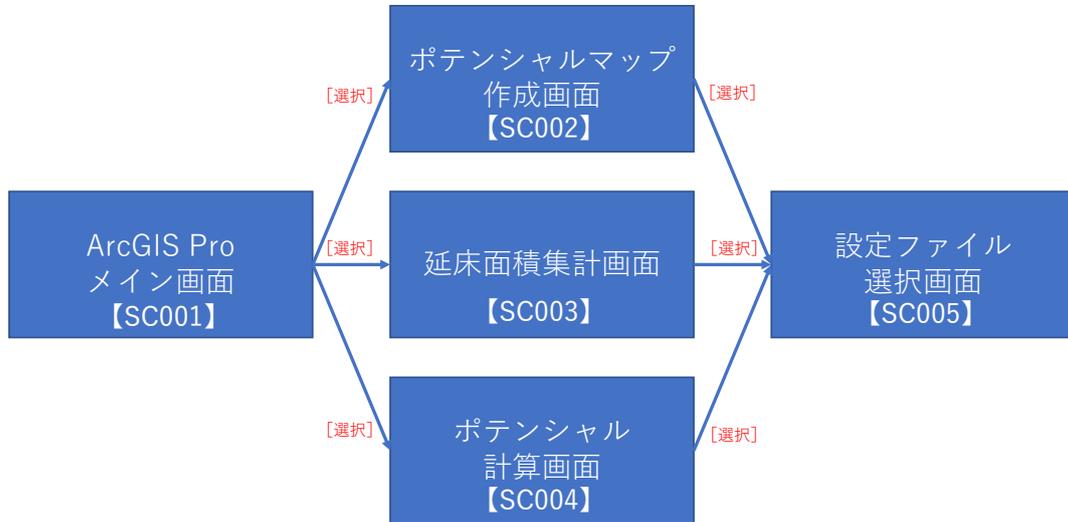


図 3-34 画面遷移図 (ArcGIS Pro)

#### 2) ArcGIS Online



図 3-35 画面遷移図 (ArcGIS Online)

### 3-6-3. 各画面仕様詳細

#### 1) 【SC001】 ArcGIS Pro メイン画面

##### ● 画面の目的・概要

- システム利用者がシステムを操作する際のトップ画面を示す。ポテンシャルマップ作成画面へアクセスするボタンを配置する
- 画面イメージとポテンシャルマップ作成画面へアクセスするボタンを以下に示す

##### ● 画面イメージ

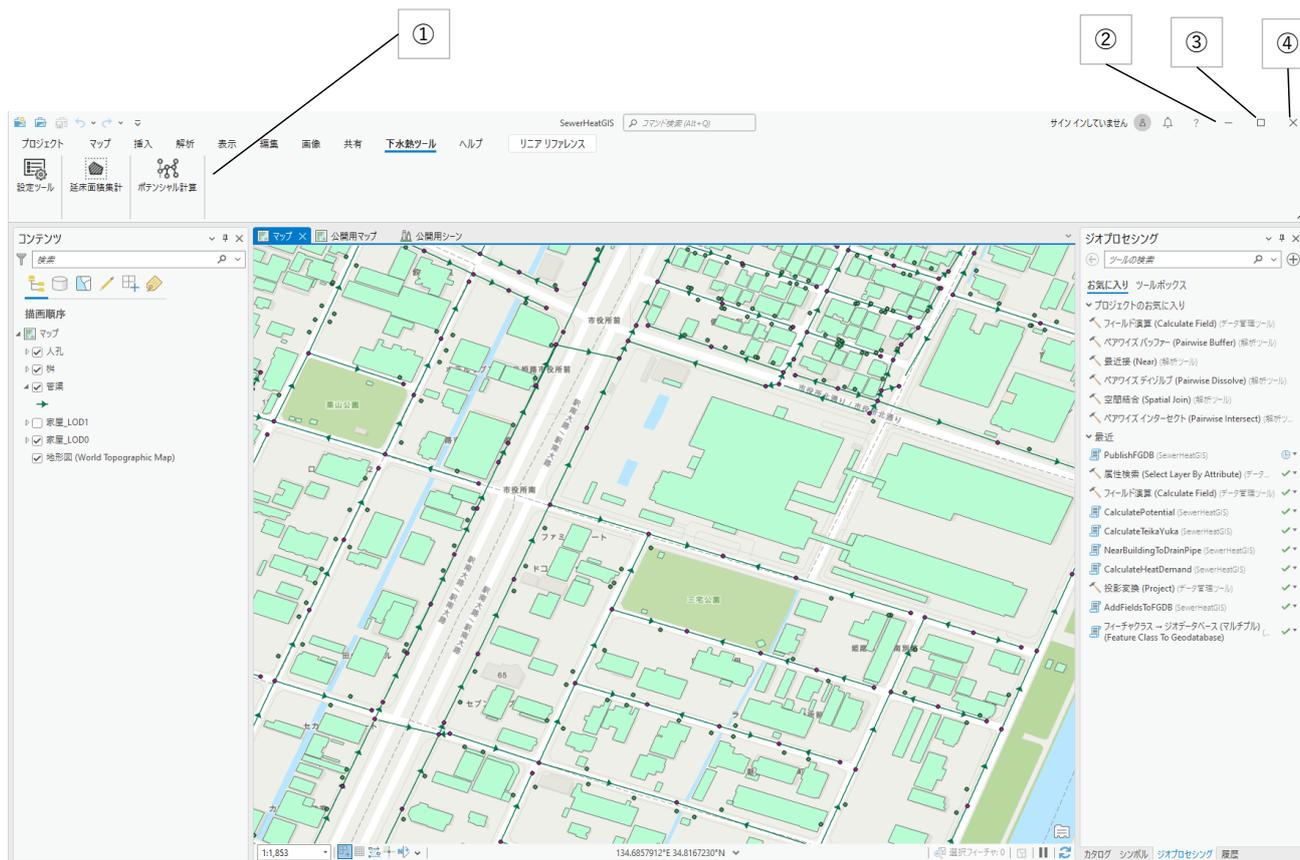


図 3-36 ArcGIS Pro メイン画面イメージ

表 3-29 ArcGIS Pro メイン画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	ポテンシャルマップ作成	ポテンシャルマップを作成するためのフォームを表示する
②	最小化	フォームを最小化する
③	最大化	フォームを最大化する
④	×	フォームを閉じる

2) 【SC002】ポテンシャルマップ作成画面

- 画面の目的・概要
  - 事業者がポテンシャルマップを作成する際の設定画面を示す。ポテンシャルマップを作成するための設定ファイルを読み込むボタンを配置する
  - 画面イメージと各種機能用のボタンを以下に示す
- 画面イメージ

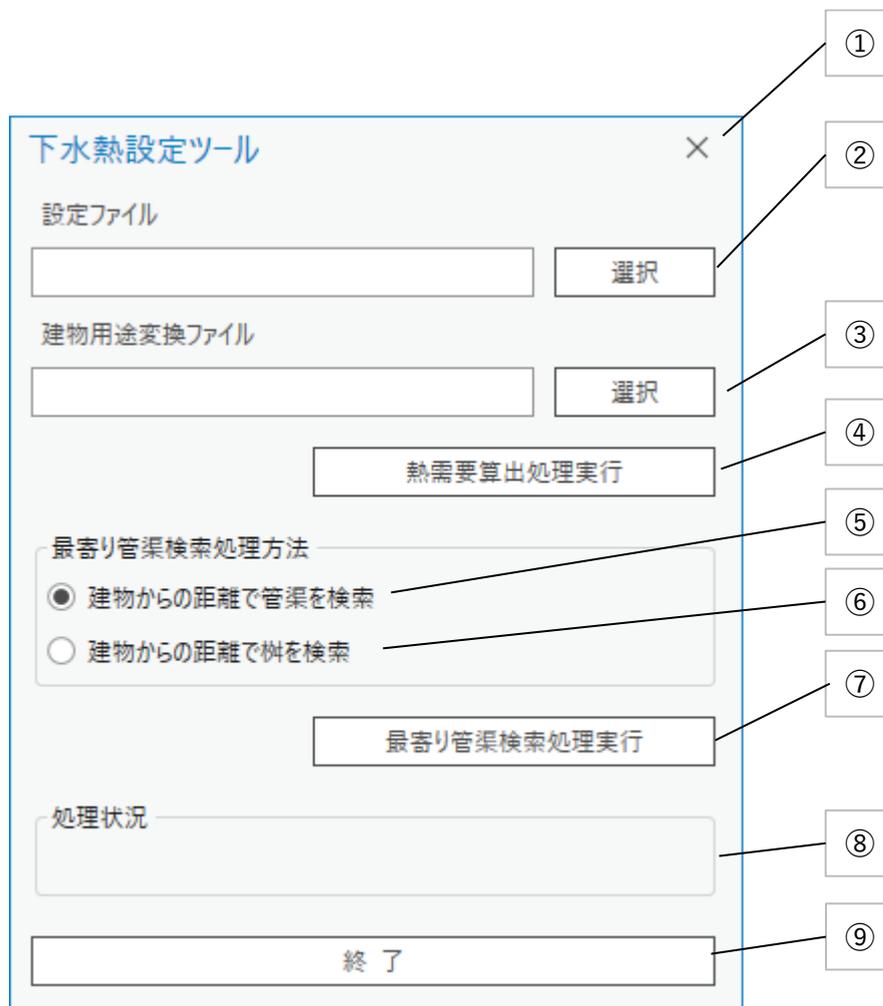


図 3-37 ポテンシャルマップ作成画面イメージ

表 3-30 ポテンシャルマップ作成画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	×	フォームを閉じる
②	設定ファイル読込	システムで必要となる設定（外部テキスト）ファイルを選択する
③	設定ファイル読込	建物用途を置換するための設定（外部テキスト）ファイルを選択する
④	熱需要算出処理実行	熱需要算出処理を実行する
⑤	最寄り建物から指定距離で管渠を指定する	選択方法として建物から管渠を選択する処理にする
⑥	最寄り建物から指定距離で柵を指定する	選択方法として建物から柵を選択する処理にする
⑦	最寄り管渠検索処理実行	最寄り管渠検索処理を実行する
⑧	処理の進捗を記載	熱需要算出処理及び最寄り管渠検索処理の進捗がわかるようにする
⑨	終了	フォームを閉じる

3) 【SC003】延床面積集計画面

- 画面の目的・概要
  - 事業事業者がポテンシャルマップを作成する際の延床面積集計画面を示す。延床面積集計をするための設定ファイルを読み込むボタンを配置する
- 画面イメージ

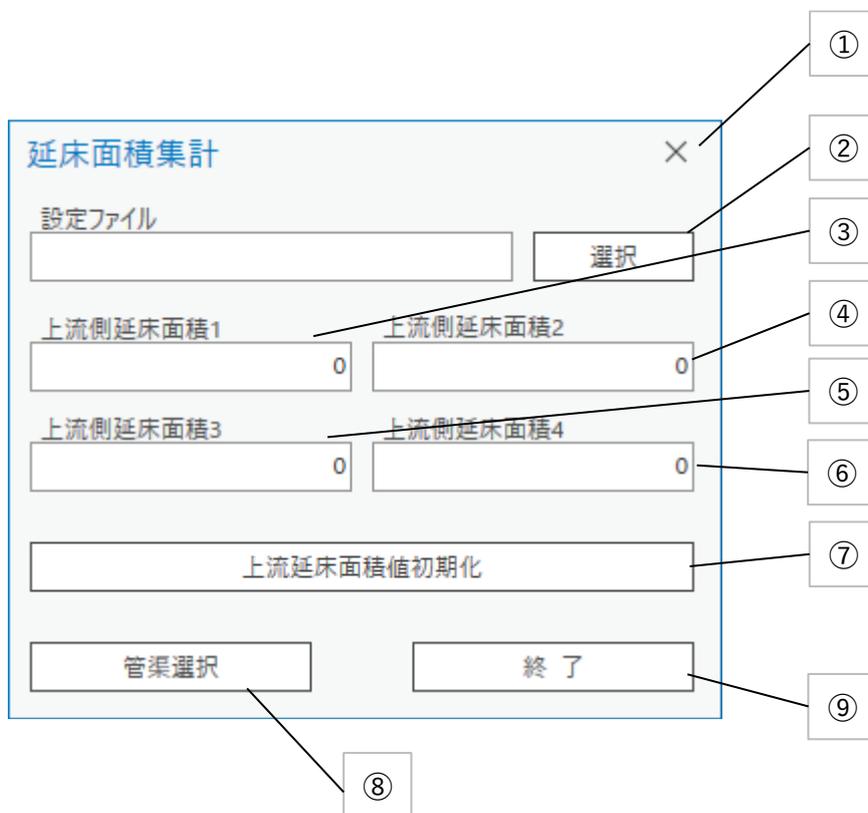


図 3-38 延床面積集計画面イメージ

表 3-31 延床面積集計画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	×	フォームを閉じる
②	設定ファイル読込	システムで必要となる設定（外部テキスト）ファイルを選択する
③	上流側延床面積 1	指定する管渠の上流側から来ている延床面積の合計値を設定する
④	上流側延床面積 2	指定する管渠の上流側から来ている延床面積の合計値を設定する
⑤	上流側延床面積 3	指定する管渠の上流側から来ている延床面積の合計値を設定する
⑥	上流側延床面積 4	指定する管渠の上流側から来ている延床面積の合計値を設定する
⑦	上流側延床面積値初期化	上流側延床面積 1～4 の値を 0 に初期化する
⑧	管渠選択	下流側の検索と延床面積集計の処理実行
⑨	終了	フォームを閉じる

4) 【SC004】ポテンシャル計算画面

● 画面の目的・概要

- 事業者がポテンシャルマップを作成する際の計算用画面を示す。ポテンシャル計算を作成するための設定ファイルを読み込むボタンを配置する
- 画面イメージと各種機能用のボタンを以下に示す

● 画面イメージ



図 3-39 ポテンシャル計算画面イメージ

表 3-32 ポテンシャル計算画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	×	フォームを閉じる
②	設定ファイル読込	システムで必要となる設定（外部テキスト）ファイルを選択する
③	処理の進捗を記載	処理の進捗がわかるようにする
④	処理実行	ポテンシャル計算を実行する
⑤	終了	フォームを閉じる

5) 【SC005】設定ファイル選択画面

- 画面の目的・概要
  - 事業者がポテンシャルマップを作成する際の設定ファイル取込画面を示す
  - 画面イメージと各種機能用のボタンを以下に示す
- 画面イメージ

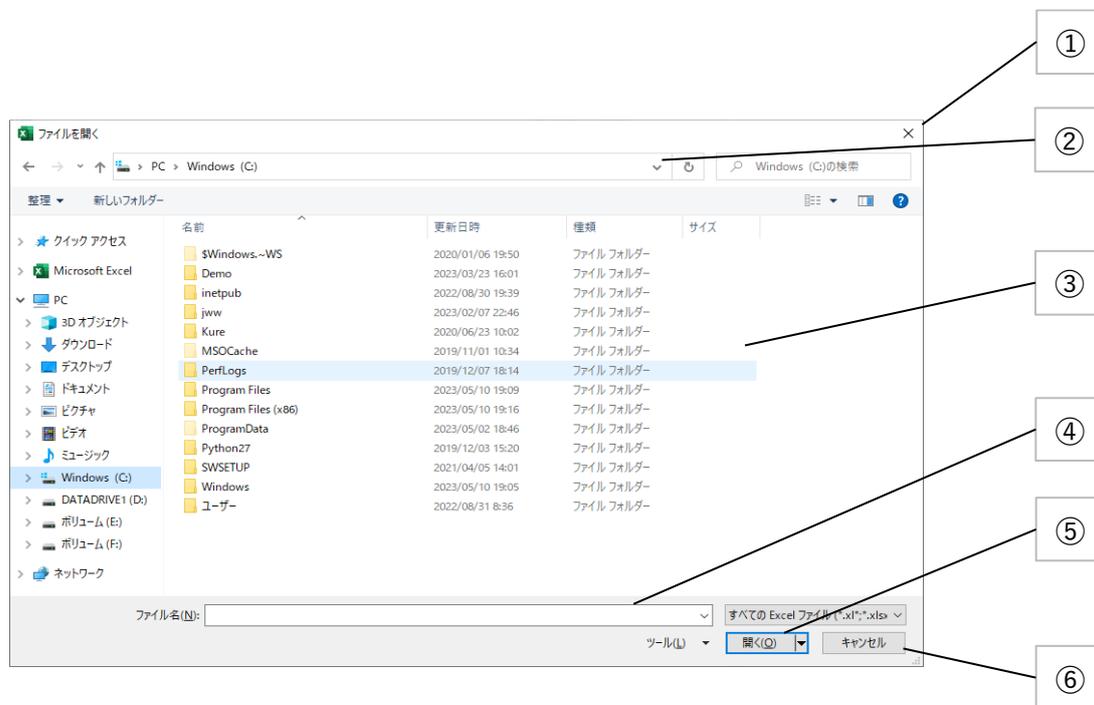


図 3-40 設定ファイル選択画面イメージ

表 3-33 設定ファイル選択画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	×	フォームを閉じる
②	パス選択	取り込む設定ファイルのパスを入力する
③	設定ファイル選択	システムで必要となる設定（外部テキスト）ファイルを選択する
④	ファイル名入力	取り込む設定ファイル名を入力する
⑤	開く	フォルダを開くまたは、取り込む設定ファイルを選択する
⑥	キャンセル	フォームを閉じる

6) 【SC006】 ArcGIS Online ログイン画面

- 画面の目的・概要
  - 事業者がシステムを操作する際のログイン画面を示す
  - 画面イメージと各種機能用ボタンを以下に示す
- 画面イメージ

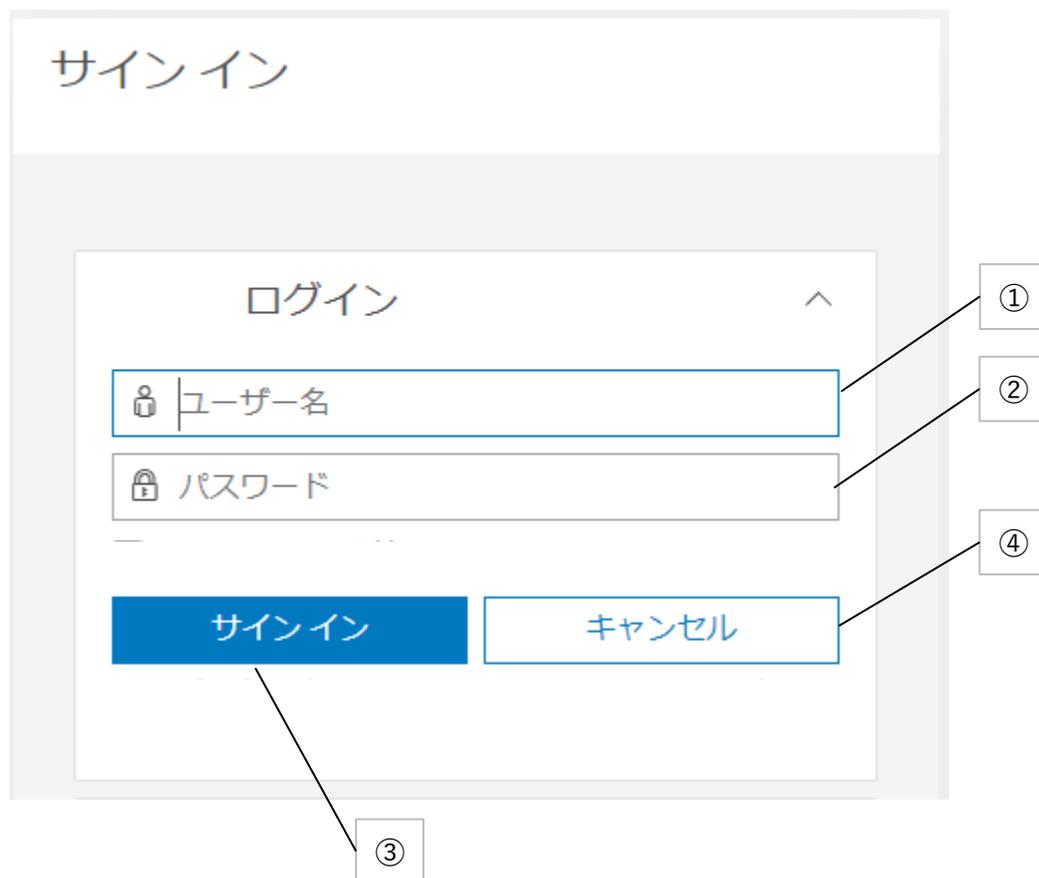


図 3-41 ArcGIS Online ログイン画面イメージ

表 3-34 ArcGIS Online ログイン画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	ユーザー名入力	ログインするユーザー名を入力
②	パスワード入力	ユーザー名に対応するパスワードを入力
③	ログイン実施	ユーザー名とパスワードによる認証を行い、システムを起動する
④	キャンセル	ログインを中断しブラウザを閉じる

7) 【SC007】ArcGIS Online メイン画面

- 画面の目的・概要
  - 事業者がシステムを操作する際のトップ画面を示す
  - 画面イメージと各種機能ボタンを以下に示す
- 画面イメージ

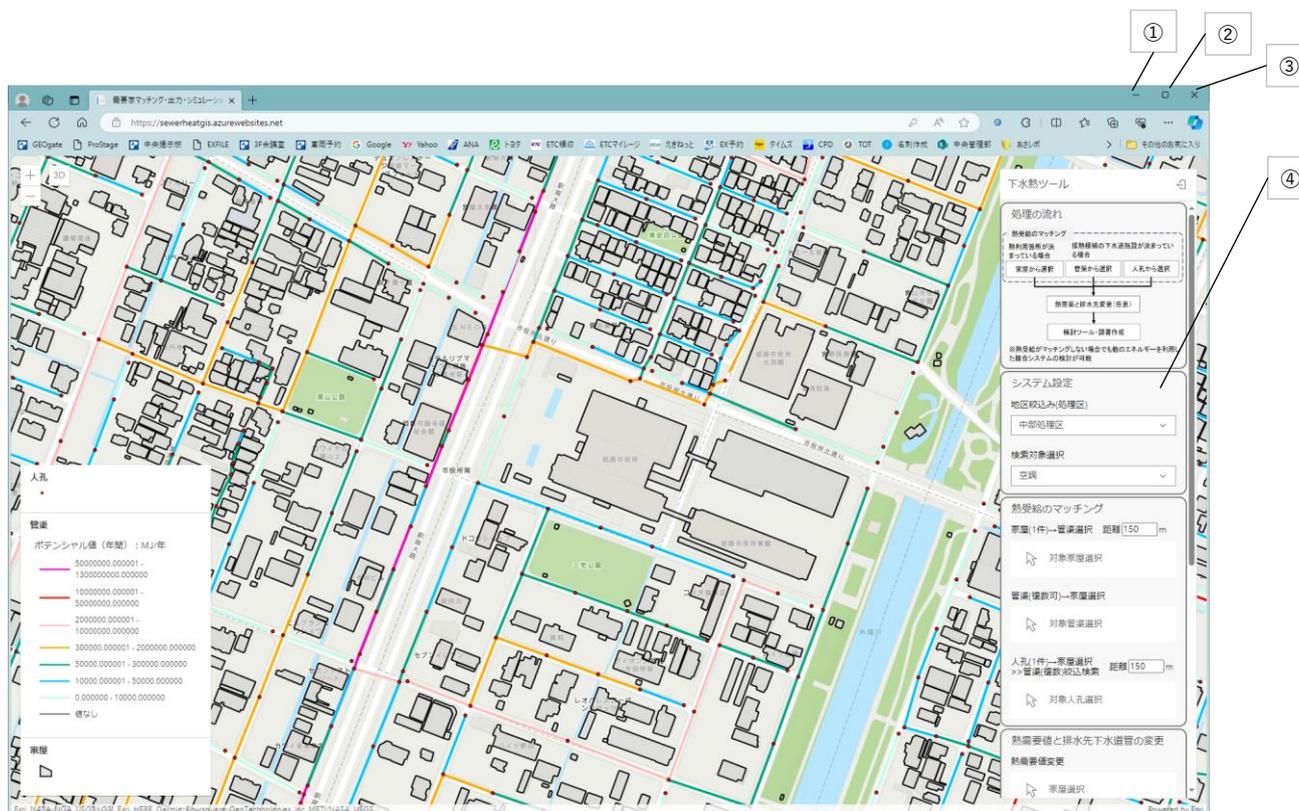


図 3-42 ArcGIS Online メイン画面イメージ

表 3-35 ArcGIS Online メイン画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	最小化	フォームを最小化する
②	最大化	フォームを最大化する
③	×	フォームを閉じる
④	需要家マッチング・出力・シミュレーション	各種処理を行うためのフォーム

8) 【SC008】 需要家マッチング・出力・シミュレーション（下水熱ツール）画面

● 画面の目的・概要

- システム設定、熱受給のマッチング、熱需要値と排水先下水道管の変更、検討ツール・調書作成を行う際の画面を示す
- 画面イメージと各種機能用ボタンを以下に示す

● 画面イメージ

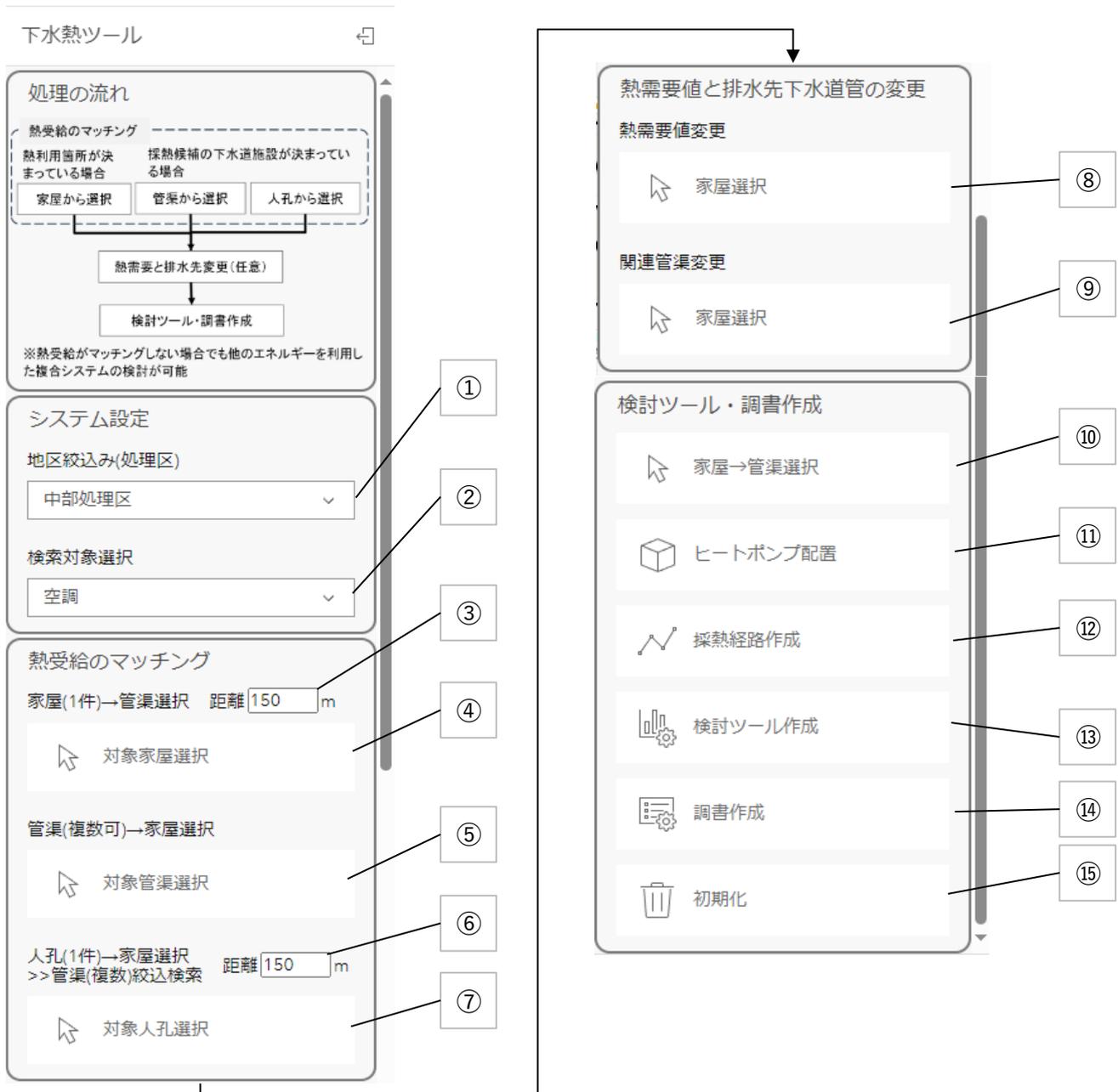


図 3-43 需要家マッチング・出力・シミュレーション画面イメージ

表 3-36 需要家マッチング・出力・シミュレーション画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	処理区設定	選択された処理区名で図形（家屋、管渠、人孔）にフィルタをかける
②	検索対象選択	「空調」「給湯」のどちらかを選択する
③	選択距離設定	家屋から管渠を選択する距離を指定する
④	家屋図形選択	家屋を選択する
⑤	管渠図形選択	管渠を選択する
⑥	選択距離設定	人孔から家屋を選択する距離を指定する
⑦	人孔図形選択	人孔を選択する
⑧	熱需要値変更	家屋を選択する
⑨	関連管渠変更	家屋を選択後、管渠を選択する
⑩	家屋及び管渠選択	家屋及び管渠を選択する
⑪	ヒートポンプ配置	画面上でヒートポンプ図形を配置する
⑫	採熱経路作成	画面上でラインを描画し、延長をラベル表示する
⑬	検討ツール作成	ヒートポンプ配置、採熱経路作成後に、各図形の属性値をエクセルに反映しダウンロードする
⑭	調書作成	作成された調書をダウンロードする
⑮	初期化	熱受給のマッチング処理を初期化する

## 9) 【SC009】熱需要換算画面

- 画面の目的・概要
  - 正確な熱需要値を把握している場合、数値を入力することでシステムに反映できる
- 画面イメージ

図 3-44 熱需要換算画面イメージ

表 3-37 熱需要換算画面各種ボタン説明

No.	項目名	説明
①	電気使用量入力	電気の使用量を入力する箇所
②	ガス使用量入力	都市ガスの使用量を入力する箇所
③	灯油使用量入力	灯油の使用量を入力する箇所
④	重油使用量入力	重油の使用量を入力する箇所
⑤	LPG 使用量入力	LPG の使用量を入力する箇所
⑥	その他熱使用量入力	その他熱の使用量を入力する箇所
⑦	熱需要量換算処理実行	①～⑥に入力された値を元に、新しい熱需要量を属性に入力する
⑧	キャンセル	画面を閉じる（フォームを閉じる）

### 3-7. 実証システムの利用手順

#### 3-7-1. 実証システムの利用フロー

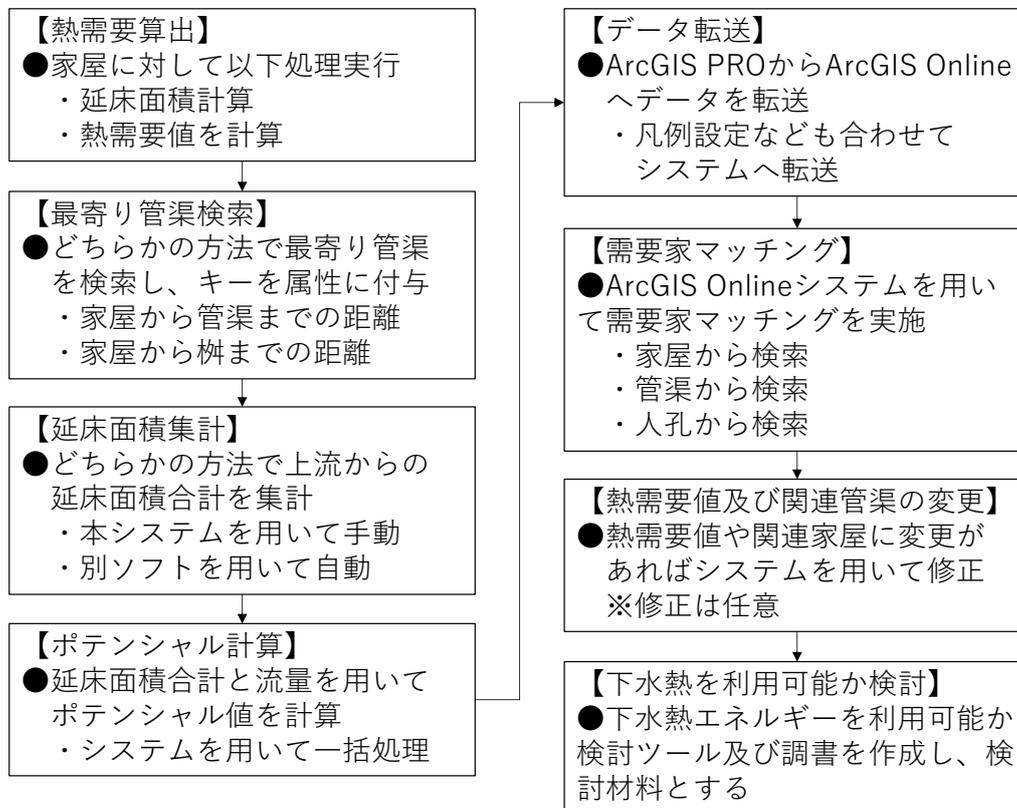


図 3-45 システムの利用フロー

### 3-7-2. 各画面操作方法

#### 1) メイン画面 (ArcGIS Pro)

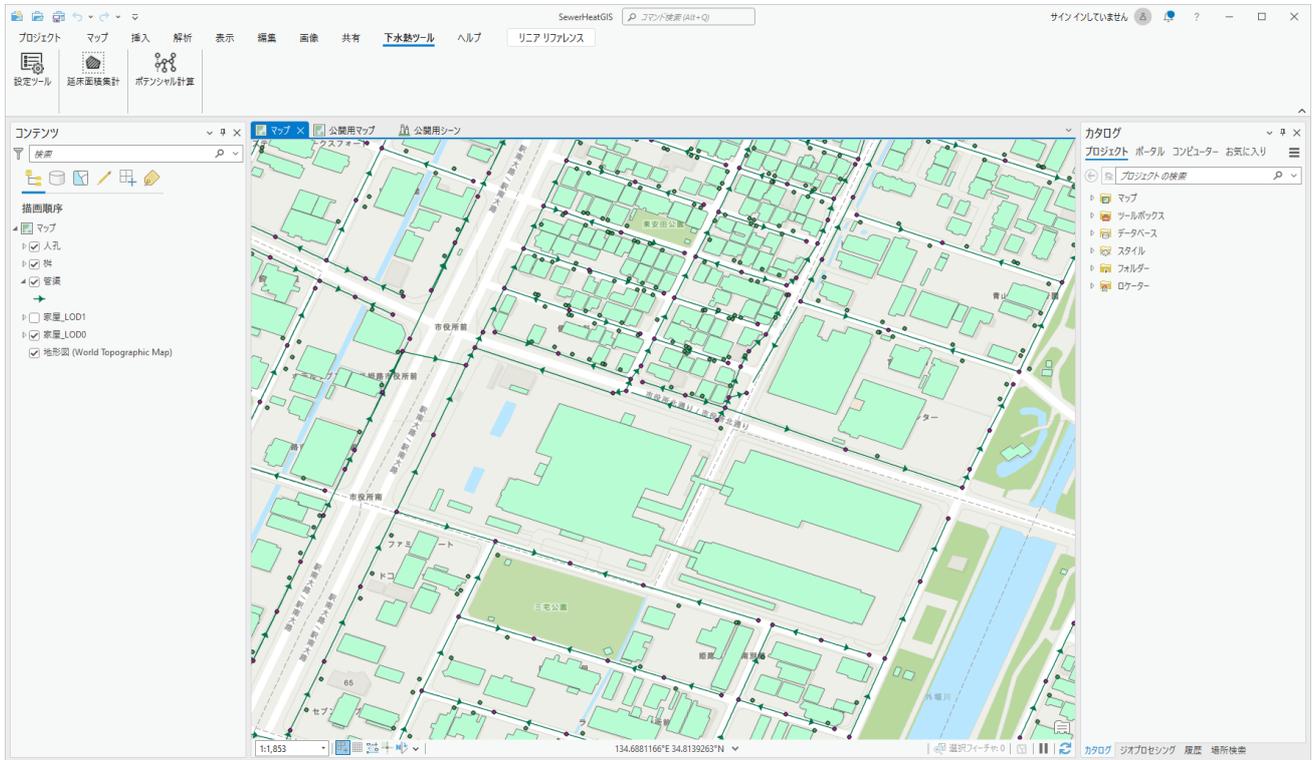


図 3-46 ArcGIS Pro メイン画面

2) 熱需要算出

- 各家屋に対して延床面積を計算し、熱需要値を計算した結果を属性値に格納する

3) 最寄り管渠検索

- 各家屋に対する最寄り管渠を検索する。検索方法は「建物からの距離で管渠を検索」する方法と「建物からの距離で柵を検索」する方法の2種類から選択できる

下水熱設定ツール

設定ファイル

選択

建物用途変換ファイル

選択

熱需要算出処理実行

最寄り管渠検索処理方法

建物からの距離で管渠を検索

建物からの距離で柵を検索

最寄り管渠検索処理実行

処理状況

終了

図 3-47 熱需要算出及び最寄り管渠検索処理

4) 延面積集計

- 上流から下流まで紐づいている管渠に関連する延床面積を合計し属性値に格納する

延床面積集計

設定ファイル

上流側延床面積1  上流側延床面積2

上流側延床面積3  上流側延床面積4

図 3-48 延面積集計処理

5) ポテンシャル計算

- 管渠に対してポテンシャル計算を実行し、各ポテンシャル値を属性に格納する

ポテンシャル計算

設定ファイル

処理状況

図 3-49 ポテンシャル計算処理

6) データ転送

- ArcGIS Pro 上で設定した凡例及び各種データを ArcGIS Online に転送する

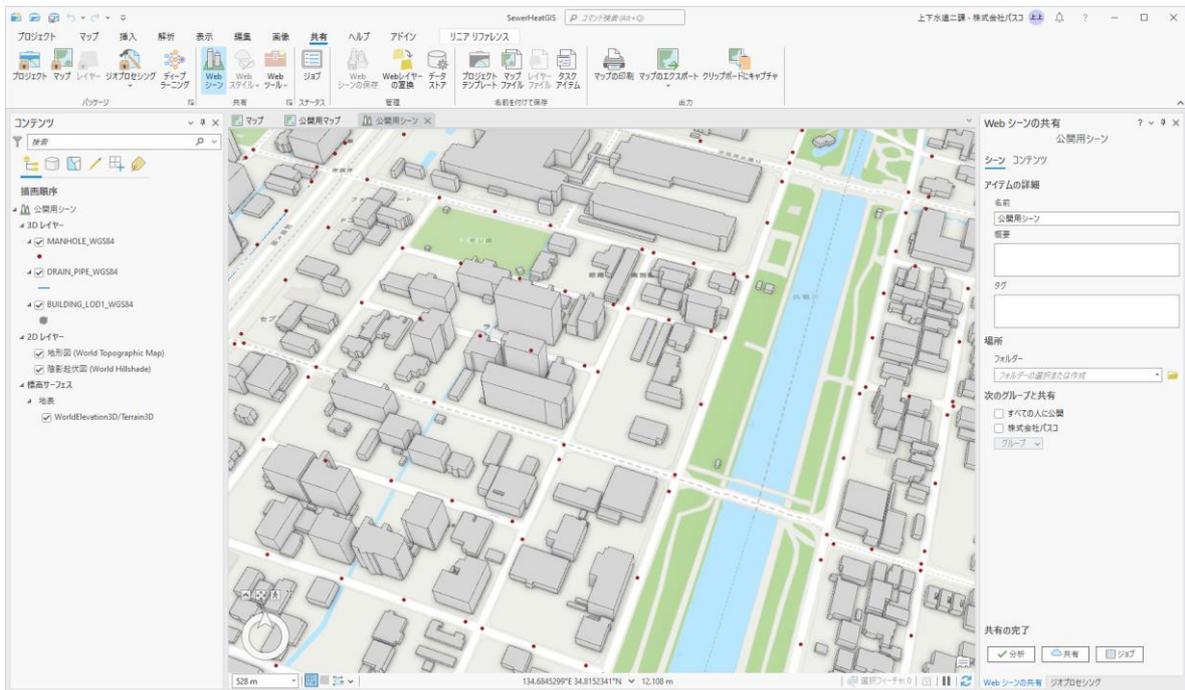


図 3-50 データ転送処理

7) ArcGIS Online メイン画面

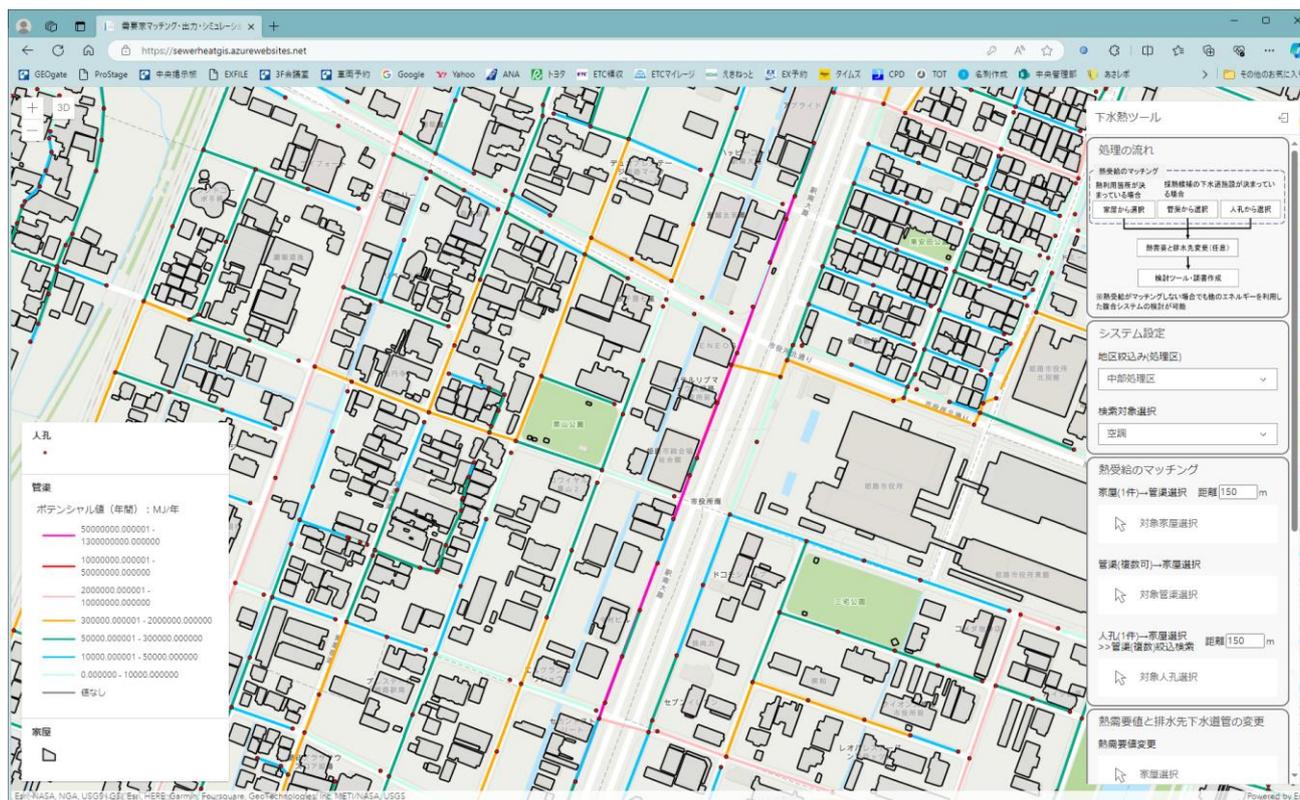


図 3-51 ArcGIS Online メイン画面

8) 3D 表示

任意箇所において、2D と 3D の表示を切替できる

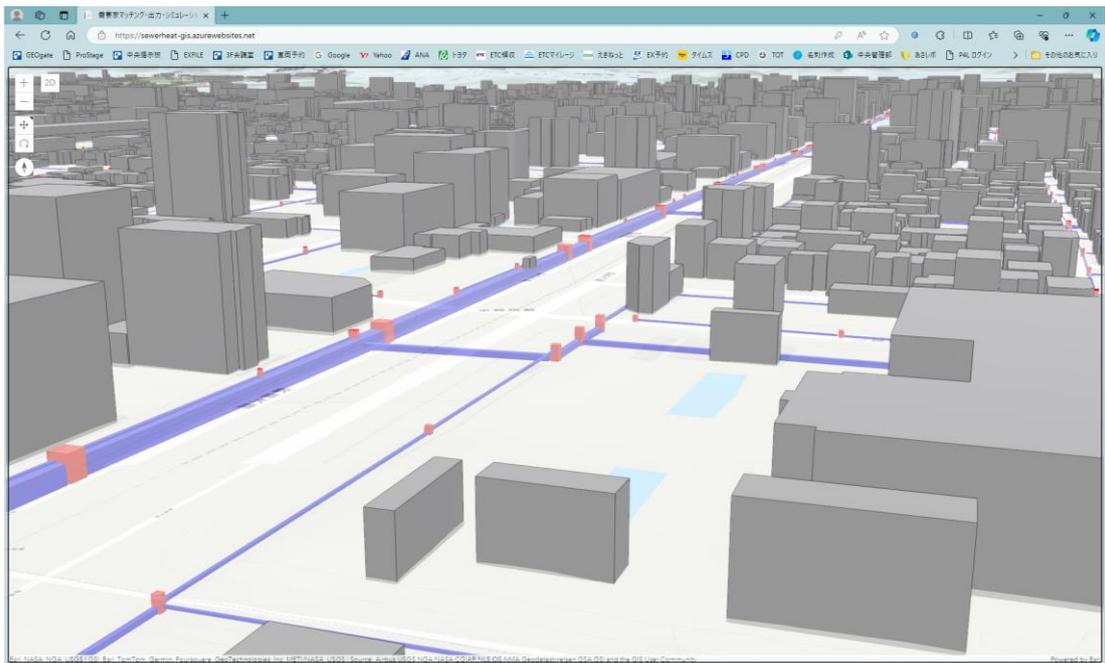


図 3-52 3D 表示

9) 需要家マッチング

- 熱需要値と下水熱ポテンシャル値を用いてマッチングする箇所を抽出する

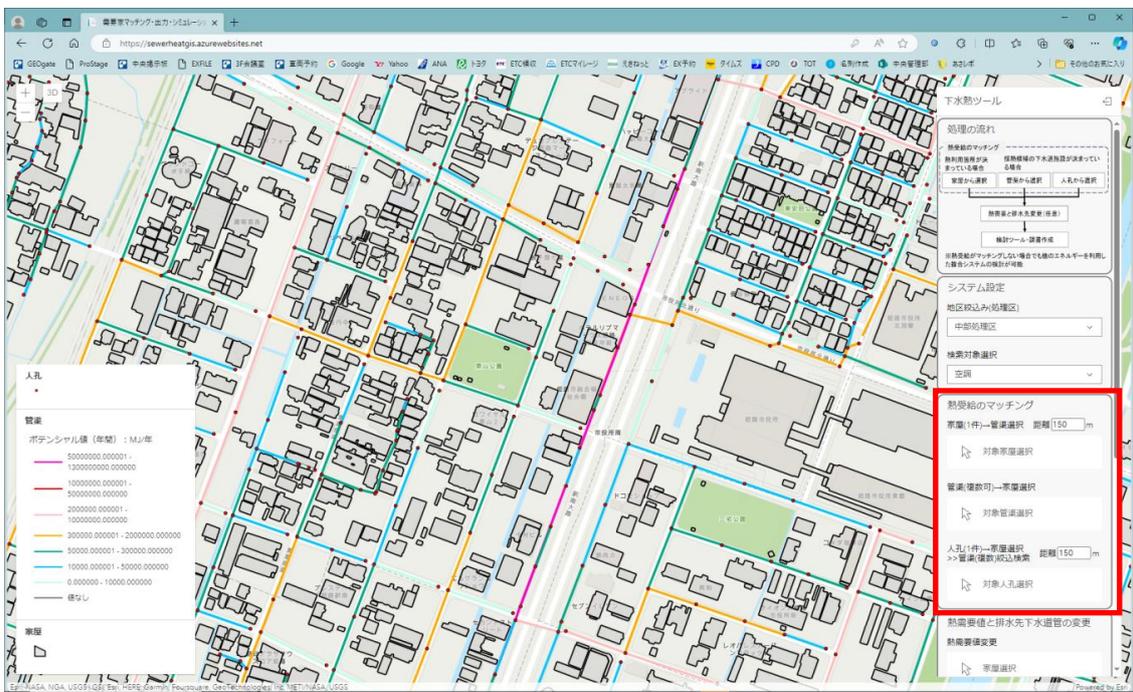


図 3-53 需要家マッチング処理

10) 熱需要値及び関連管渠の変更

- 熱需要値と関連管渠の変更があれば手動にて変更を実行する（任意）

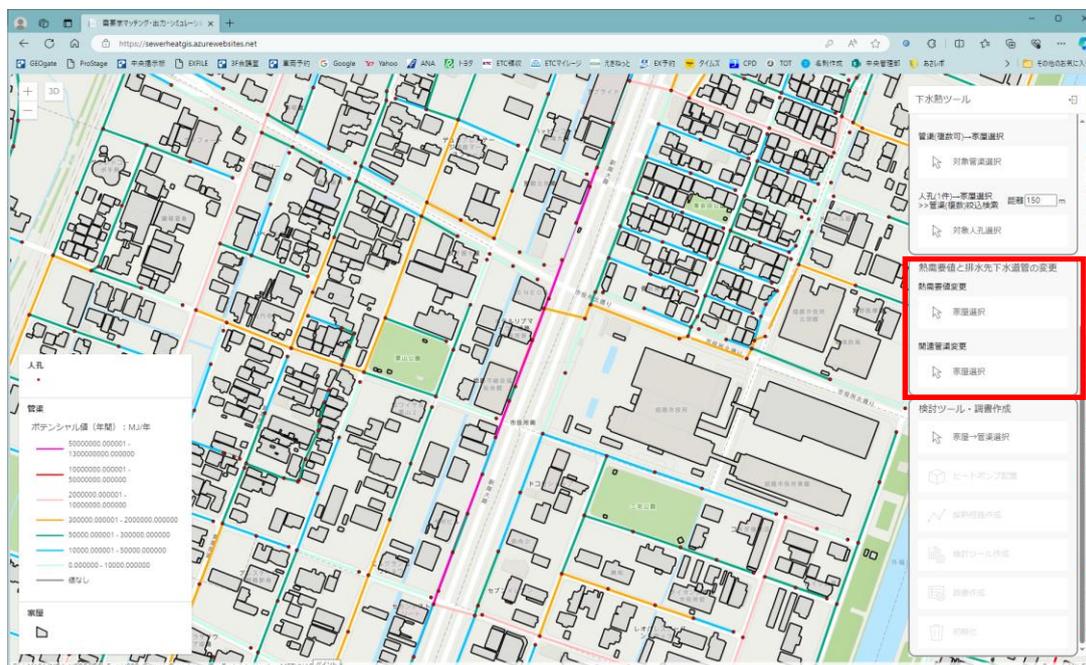


図 3-54 熱需要値及び関連管渠の変更処理

11) 下水熱の利用可能性検討

- 下水熱の利用検討ツールの作成及び帳票を作成する

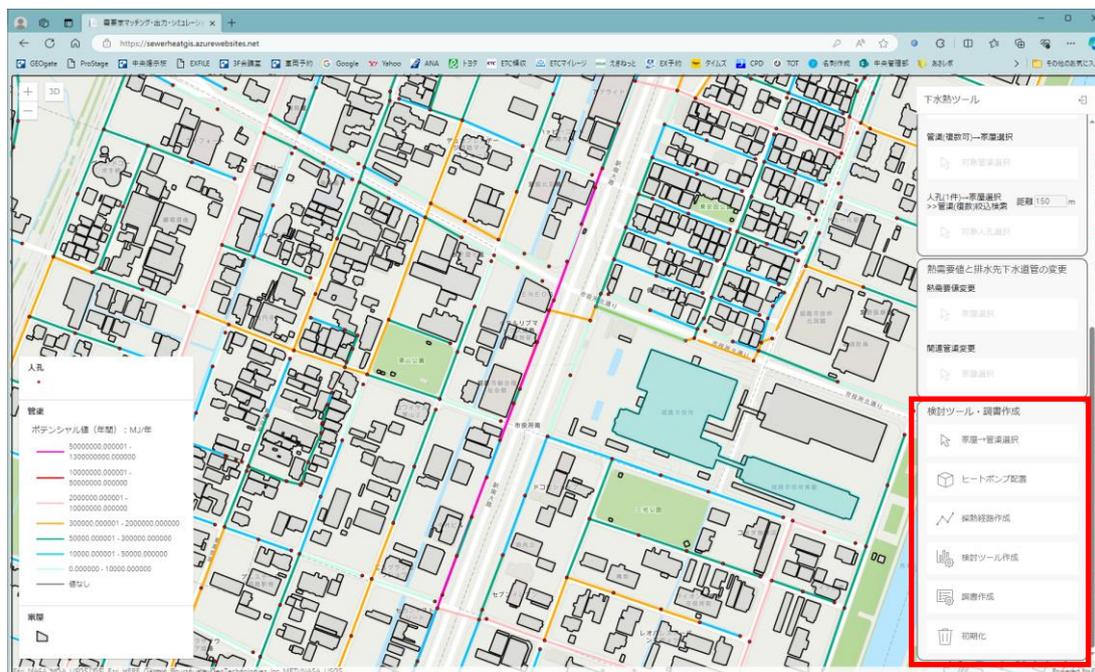


図 3-55 下水熱の利用可能性検討処理

## 4. 実証技術の検証

### 4-1. アルゴリズムの有用性の検証

#### 4-1-1. 検証目的

- 下水熱賦存量の推定精度を検証する
- 建物別熱需要量の推定精度を検証する
- 家屋と下水道管渠の空間結合による整合率を検証する

#### 4-1-2. KPI

表 4-1 KPI 一覧

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
1	延床面積誤差率	30% 以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 既存の研究において、建物ポリゴンと階数での誤差率は10～30%程度</li> <li>● 今回のデータでは地上階数の情報が不足している建物からの推計も予定しているため、既存研究の誤差率30%を採用した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● a. 都市計画基礎調査により、延床面積が既知の建物と推計延床面積を比較する</li> </ul>
2	下水流量誤差率	30% 以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 「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」において、算出されるポテンシャルの誤差率が-30～-10%である旨の記載がある</li> <li>● ポテンシャルは下水流量に比例するため、同値を設定した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● b. 水道使用量にもとづく下水流量を正とし、延床面積にもとづく推定値と比較する</li> </ul>

No.	評価指標・KPI	目標値	目標値の設定理由	検証方法サマリー
3	空間結合整合率	参考	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 参考値として誤差率の把握を行う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● c. 無作為抽出した建物 400 件について接続の整合性を目視判読</li> </ul> <p>算定式</p> $n = \frac{\lambda^2 p (1 - p)}{d^2}$ <p> <math>n</math>=サンプルサイズ  <math>\lambda</math>=信頼水準をもとにした値  <math>p</math>=回答比率(0.5)  <math>d</math>=許容誤差(0.05) </p>

#### 4-1-3. 検証方法と検証シナリオ

##### 1) 延床面積誤差率

延床面積推計ツールが付与した延床面積のうち、土地計画基礎調査で 3D 都市モデルの主題属性に登録されている延床面積との差の絶対値を取り、延床面積との比率から誤差率を求める。なお、誤差率が  $\pm 3\sigma$  から外れた値を異常値として判読対象から除外する。

$$\text{延床面積誤差率 (\%)} = \left( \frac{|TFA - ETFA|}{TFA} \right) \times 100$$

$$\text{除外対象 : } \left( \frac{|TFA - ETFA|}{TFA} \right) > 3\sigma$$

- ETFA：算定延床面積
  - 【FN001】建物の熱需要量推定で算定した延床面積
- TFA：延床面積
  - 土地計画基礎調査で調べられた延床面積

表 4-2 検証シナリオ一覧（マッチング適合率）

No.	検証方法	エリア	対象データ
1-1	延床面積の誤差率	東部処理区	延床面積
1-2			算定延床面積

2) 下水流量誤差率

幹線管路を対象に下水道管渠に水道使用量のひも付けを実施し、【FN003】下水熱賦存量の推定機能で算定した日平均推定下水流量との差の絶対値を取り、水道使用量との比率から誤差率を求める。尚、誤差率が±3σから外れた値を異常値として判読対象から除外する。

$$\text{下水流量の誤差率 (\%)} = \left( \frac{|FR - EFR|}{FR} \right) \times 100$$

$$\text{除外対象 : } \left( \frac{|FR - EFR|}{FR} \right) > 3\sigma$$

- EFR：算定下水流量
  - 【FN003】下水熱賦存量の推定機能で算定した算定下水流量
- FR：水道使用量
  - 水道メータより取得された水道使用量を柵へ空間結合し、最寄りの管渠管路に付与した水道使用量

表 4-3 検証シナリオ一覧（マッチング適合率）

No.	検証方法	エリア	対象データ
2-1	下水流量誤差率	東部処理区	算定下水流量
2-2			水道使用量

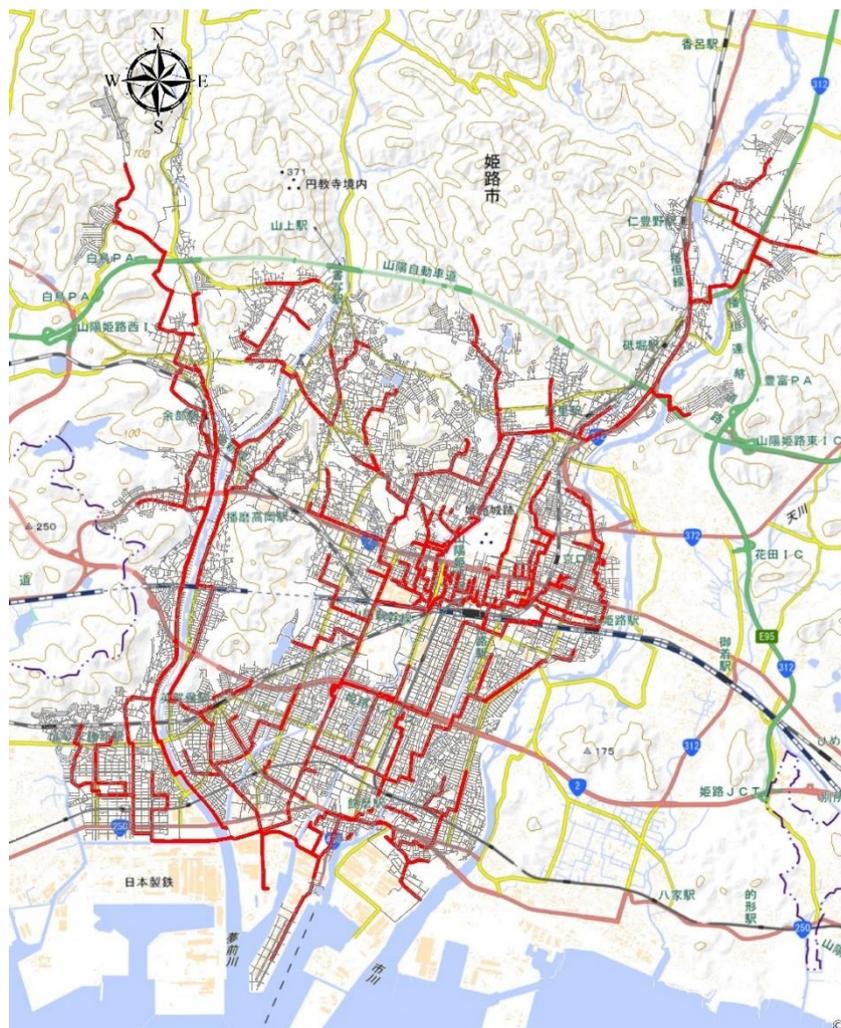


図 4-1 下水流量検証箇所図

### 3) 空間結合整合率

下水熱設定ツールの【FN002】建物と管渠のひも付けの機能によって、最寄りの管渠と建物のひも付けを行い、建物情報に付与された管渠情報の整合率を求める。判読方法は、無作為に抽出した建物 400 件について処理で付与された管渠情報を目視で判読する。

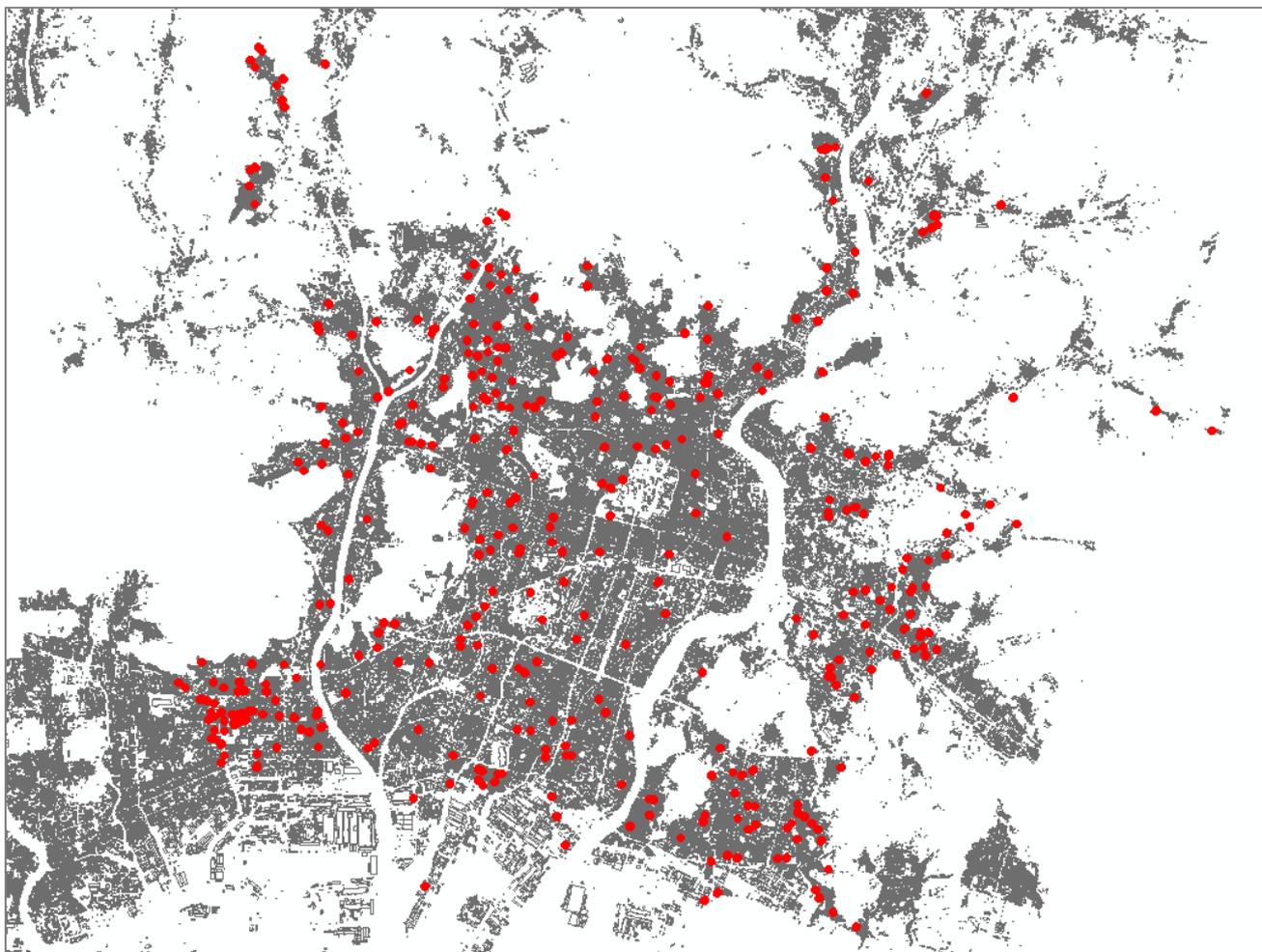


図 4-2 空間結合検証箇所 (赤色：目視確認を実施した箇所)

4-1-4. 検証結果

1) 延床面積誤差率

都市計画基礎調査にもとづき延床面積が登録されている建物 8,040 件を対象に推計延床面積と比較した結果、全体で 32.4%という誤差率が得られた。既存の研究（阪田知彦・吉川徹（2002）<sup>2)</sup>）では、階数情報がわかる建物を対象として 10~30%程度の誤差率であり、3%程度を上回ったものの、階数情報が不明な建物に対して 3D 都市モデル（計測高さ）を用いての延床面積の推定手法の有用性が確認できた。今回用いたアルゴリズムでは、階層数の推計から行っており、事前に設定した 1 階層の高さで計測高さを除して階層数を定め、図形面積と推定した階層数を乗じて求めるため、既存の研究より誤差率が高くなる結果となった。

表 4-4 検証結果サマリー（延床面積誤差率）

				赤セル：KPI 達成	青セル：KPI 未達
検証内容	評価指標・KPI	目標値	結果		示唆
			項目	評価値	
全体	延床面積の誤差率	30%以下	全体	32.4%	<ul style="list-style-type: none"> <li>KPI としていた誤差率 30%を上回ったため、アルゴリズムの改善が必要なものの一定程度以上の精度で延床面積を算定できた</li> <li>延床面積が既知の建物より、推計延床面積の算定に必要な係数（建物用途ごとの 1 階層の高さの設定値）を見直すことにより、KPI の改善が見込まれる</li> <li>工場の誤差率が高い原因としては、計測高さが 2 階層分等の高い場合においても工場の利用内容に応じて階層数が 1 階層の建物があり、誤差率の平均値に影響を及ぼしたことが考えられる</li> <li>複数階層の建物における誤差率が高い傾向であったため、住宅等の建物用途に応じて階層数の上限値を定める手法も有効である可能性が示唆された</li> </ul>
建物用途別			運輸倉庫	35.1%	
			官公庁施設	40.5%	
			供給処理施設	18.7%	
			共同住宅	36.2%	
			業務施設	30.5%	
			工場	55.5%	
			住宅	33.4%	
			宿泊施設	21.2%	
			商業施設	29.8%	
			店舗等併用住宅	24.3%	
			農林漁業用施設	24.3%	
			文教厚生施設	37.0%	
			その他	31.2%	

<sup>2)</sup> 阪田知彦・吉川徹.東京都 GIS 建物ポリゴンから推定した事業所系延べ床面積の補正について. GIS-理論と応用, 2002, Vol.10, No .1, pp.85-94.

## 2) 下水流量誤差率

下水道の幹線路線 2,958 路線を対象に、下水流量誤差率を比較した結果、全体平均で 50.2%と KPI で定めた 30%の誤差率を上回る結果となった。しかし、誤差率別で集計を取った結果、誤差率 30%以下の路線が全体の約 6 割を占めており、改善の余地はあるものの一定程度の有用性が確認できた。

表 4-5 検証結果サマリー（下水流量誤差率）

		赤セル：KPI 達成		青セル：KPI 未達	
検証内容	評価指標 ・ KPI	目標値	結果		示唆
			項目	評価値	
全体	下水流量 誤差率	30% 以下	全体	50.2% 2958 路線	● 全体平均では 50.2%の誤差率となったものの、大きく乖離している路線が誤差率を高くしたと考えられる
誤差率別		目標値内	0%～10%	19.4% 573 路線	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 全体の約 6 割の路線が誤差率 30%以下であり、一定程度の精度が確認できた</li> <li>● 誤差率 30%～40%の路線を改善することができれば、75.6%の路線が KPI を達成できる</li> <li>● 誤差率が高くなった要因として、「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」策定時に、流量の算定手法の精度検証を実施した集水面積と比較すると、今回の検証を行った範囲が過年度の集水面積より約 4.6 倍も大きいことから、集水面積に応じて建物の延床面積と排水量の不整合の増加したことが原因と考えられる</li> <li>● 全国の建築物モデルの構築されている地方公共団体を統計解析し、階数設定のパラメータを見直すことで、延床面積の推計精度を向上させることが可能となる。そのため、流量の計算要素の誤差が少なくなり、精度が向上すると考えられる</li> </ul>
		10%～20%	15.2% 450 路線		
		20%～30%	24.0% 710 路線		
	目標値外	30%～40%	17.0% 502 路線		
		40%～50%	11.0% 325 路線		
		50%～70%	4.6% 137 路線		
		70%～100%	1.7% 51 路線		
		100%～150%	3.1% 92 路線		
		150%～	3.9% 116 路線		
		3σ外	0.1% 2 路線		

## 3) 【参考】空間結合整合率

任意に抽出した建物 400 件に対して最寄りの管渠情報を適切に取得しているか目視確認を実施した。空間結合処理の整合率を集計した結果、100%と非常によい結果となった。空間結合処理は、ArcGIS Pro の NEAR 関数を用いて図形から一番近い管渠を検索する処理を組み込んで実施したが、適切な管渠情報が取得可能であることが確認できた。

表 4-6 検証結果サマリー（空間結合整合率）

検証内容	評価指標 ・ KPI	目標値	結果		示唆
			項目	評価値	
全体	空間結合 整合率	参考	全体	100.0% 400 件	● 建物 400 件に対して 100%の確率 で空間結合が行われたことから、 今回開発した機能により、中核都 市ほどの規模では適切な情報取得 が可能であると考えられる

## 5. 政策面での有用性検証

### 5-1. 検証目的

実証仮説にもとづき、以下の検証目的を設定する。

#### 【検証仮説（再掲）】

- 従来の広域ポテンシャルマップに建築物の熱需要量を追加表示可能なシステムを利用することにより、需要量と供給量が一体的に把握でき、下水熱導入の促進が見込まれる
- 下水熱ポテンシャルと建築物の熱需要を空間的にマッチングすることで、下水熱導入コスト等を考慮した利用可能性の検討が可能となる
- 情報が Web 公開されることで、下水熱に関する情報の閲覧数が上昇し下水熱導入件数の増加が見込まれる

主に以下の3点について、政策面での有用性検証を行った。

- システムのユーザビリティ検証
  - 今年度開発した本システムにおける UI/UX のわかりやすさ・使いやすさを確認する
  - システム内に表示された情報の視覚的わかりやすさを確認する
- 従来手法との比較
  - 従来手法と比較して、システムの有用性・閲覧情報の有効性を確認する
- 導入可能性
  - システムを利用して、下水熱利用を実施する意欲が生じたかを確認する

### 5-2. 検証方法

検証方法としては、被験者に対してデモンストレーションを取り入れたヒアリング・アンケートを実施した。（ヒアリング・アンケートの項目については「5-4-3.検証項目と評価方法」に記載）

ヒアリングの実施方法（被験者全体に対してヒアリング会を実施したが、内容は同上）

- 会場：対象地方公共団体の会議室など
- 機材：体験・デモ用に以下スペックの社用 PC を用意した
  - CPU：4th Gen Intel® Core™ i7
  - メモリ：8.0GB
  - OS：Windows 10
  - 通信環境：社用 Wi-Fi

## 5-3. 被験者

表 5-1 被験者リスト（下水道部局）

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
下水道部局	姫路市	下水道部	下水道部長	● 下水道整備、計画、設計、マネジメントを行う下水道事業担当者	1名
		下水道整備課	係長、主幹		3名
	加西市	上下水道課	次長		1名
	たつの市	下水道施設課	主事		1名
	狛江市	下水道課	課長	● 下水道事業の予算・決算、下水道使用料、下水道工事の設計、施工及び監督、下水道施設の維持管理を行う行政担当者	1名

表 5-2 被験者リスト（土地計画部局・施設管理部局）

分類	具体名称	部署	役職	担当業務	人数
都市計画・施設管理部局	姫路市	都市計画課	技師	● 都市計画、総合交通体系の整備、都市施設の管理を行う行政担当者	1名
	狛江市	まちづくり推進課	副主幹、主任、主事	● まちづくり条例、住宅等耐震化、都市景観、都市計画の総合調整、都市計画審議会、空き家対策を実施する行政担当者	3名
		施設課	課長	● 市有施設の維持保全、新築・増築・改築工事の設計・施工、学校施設の維持保全、改修等の設計・施行する行政担当者	1名

## 5-4. ヒアリング・アンケートの詳細

## 5-4-1. アジェンダ・タイムテーブル

表 5-3 アジェンダ・タイムテーブル

No	アジェンダ	所要時間
1	実証実験内容及びシステムの説明	15分
2	下水熱システムのデモ	30分
-	休憩	15分
3	下水熱システムの体験	40分
4	下水熱システムの質疑応答・ヒアリング	20分
5	アンケート回答	15分

## 5-4-2. アジェンダの詳細

表 5-4 アジェンダの詳細

No	アジェンダ（再掲）	内容
1	実証実験内容及びシステムの説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 本実証実験でアプローチする課題や背景の説明</li> <li>● 本実証実験の比較対象となる従来手法の説明</li> <li>● システムの全体像の説明</li> <li>● 操作方法の説明・出力データの説明</li> </ul>
2	下水熱システムのデモ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 下水熱ポテンシャルの確認～対象施設の下水熱導入の検討 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ オフィス等から下水熱マッチング状況を確認できる機能デモ</li> <li>➢ 対象施設を選択し、概算費用及びCO<sub>2</sub>削減量、ヒートポンプ配置が検討できる機能デモ</li> <li>➢ 実際の熱需要を登録できる機能のデモ</li> <li>➢ 対象施設の強調表示機能のデモ</li> <li>➢ 3D表示できる機能</li> <li>➢ 検討結果を帳票出力</li> </ul> </li> </ul>
3	下水熱システムの体験	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上記デモ内容を下水道部局と都市計画・施設管理部局が体験</li> </ul>
4	下水熱システムの質疑応答・ヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 質疑応答を行う</li> <li>● ヒアリングが可能な人を確認し、本会終了後にヒアリングを行う</li> </ul>
5	アンケート回答	<ul style="list-style-type: none"> <li>● アンケート用紙を配布しその場で回答（15分）してもらい、回収する。時間内の回答が困難な場合には後日回収</li> </ul>

## 5-4-3. 検証項目と評価方法

検証項目と評価方法については、以下の通りとした。

表 5-5 検証項目と評価方法

検証観点	No	検証項目	定量評価	定性評価
1) ユーザビリティ (機能性)	1	使用できる機能は十分か	<ul style="list-style-type: none"> <li>● アンケートを実施</li> <li>● 選択肢は「満足」「やや満足」「どちらでもない」「やや不満」「不満」の5つで設定</li> <li>● (過半数の「やや満足～満足」回答を目標値として設定)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● アンケートの各設問に自由記入欄を設定</li> </ul>
	2	追加で必要な機能はあるか		
	3	機能名称 (ボタン名称) は直観的に理解できるか		
	4	操作性はわかりやすいか		
	5	反応・処理速度は十分か		
	6	設定できる条件は十分か		
2) ユーザビリティ (表現性)	7	図式表現方法 (凡例) は視覚的にわかりやすいか		
	8	3D表示の表現は視覚的にわかりやすいか		
	9	調書の様式は視覚的にわかりやすいか		
3) 従来手法との比較	10	精緻な熱需要の推計ができたか		
	11	従来はできなかったことができるか ・対象施設の熱需要を把握できたか ・知りたい箇所の下水道管渠の熱ポテンシャルを確認できたか ・知りたい箇所をスムーズに確認できたか		
	12	従来手法と比較してわかりやすいか		
	13	下水熱導入コスト等を考慮した利用可能性の検討ができたか		

検証観点	No	検証項目	定量評価	定性評価
4) 導入可能性	14	他の地方公共団体へ紹介できるシステムか	● アンケートを実施	● (過半数の「やや満足～満足」回答を目標値として設定)
	15	下水熱導入へ向けた次のアクションを実施しようと意欲が生じたか 生じなかった理由を以下より選択してください。 導入コストが割高・予算がつきにくい・導入までのハードルが多い・庁内もしくは社内で下水熱の導入のメリットが理解されていない・採算性が乏しい・その他(自由記入)	選択肢は「満足」「やや満足」「どちらでもない」「やや不満」「不満」の5つで設定	アンケートの各設問に自由記入欄を設定

### 5-4-4. システムデモの概要

#### 下水熱ポテンシャルマッチングシステムの操作画面

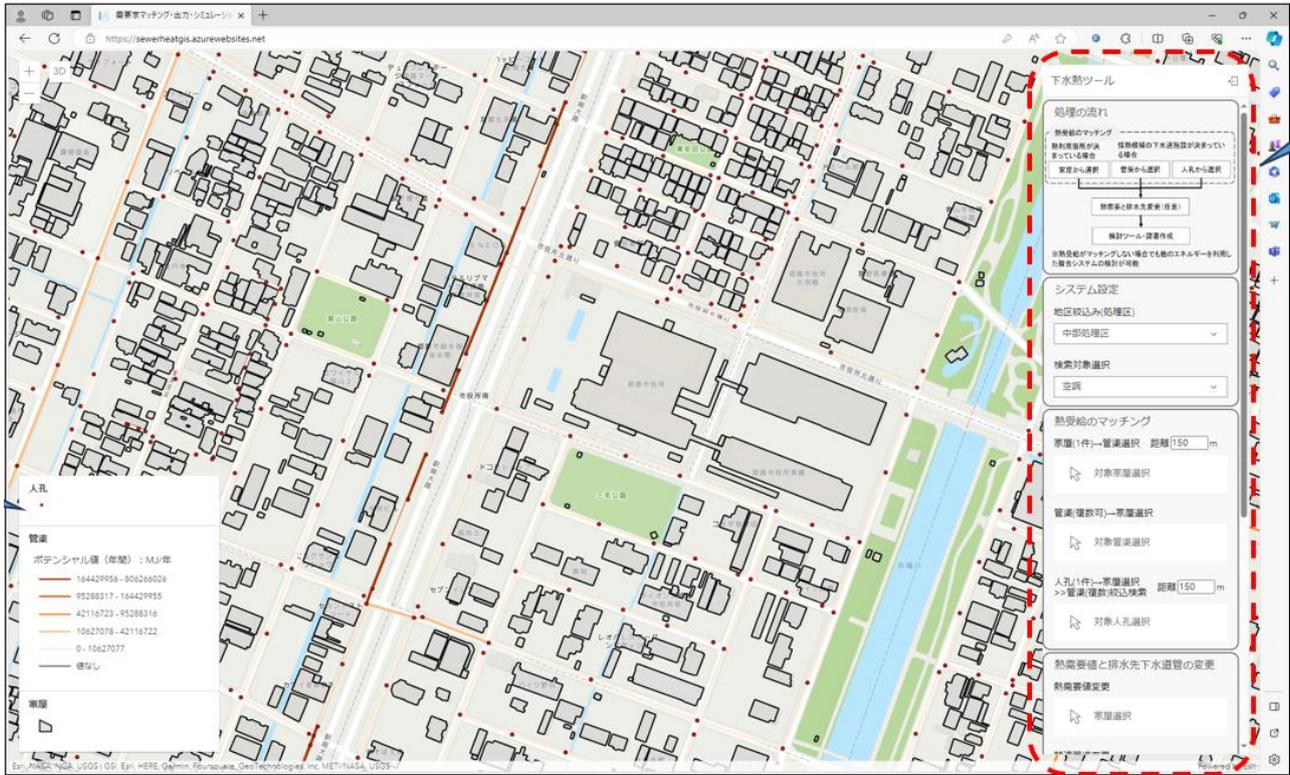


図 5-1 下水熱ポテンシャルマッチングシステムの操作画面

ヒートポンプ配置の検討画面

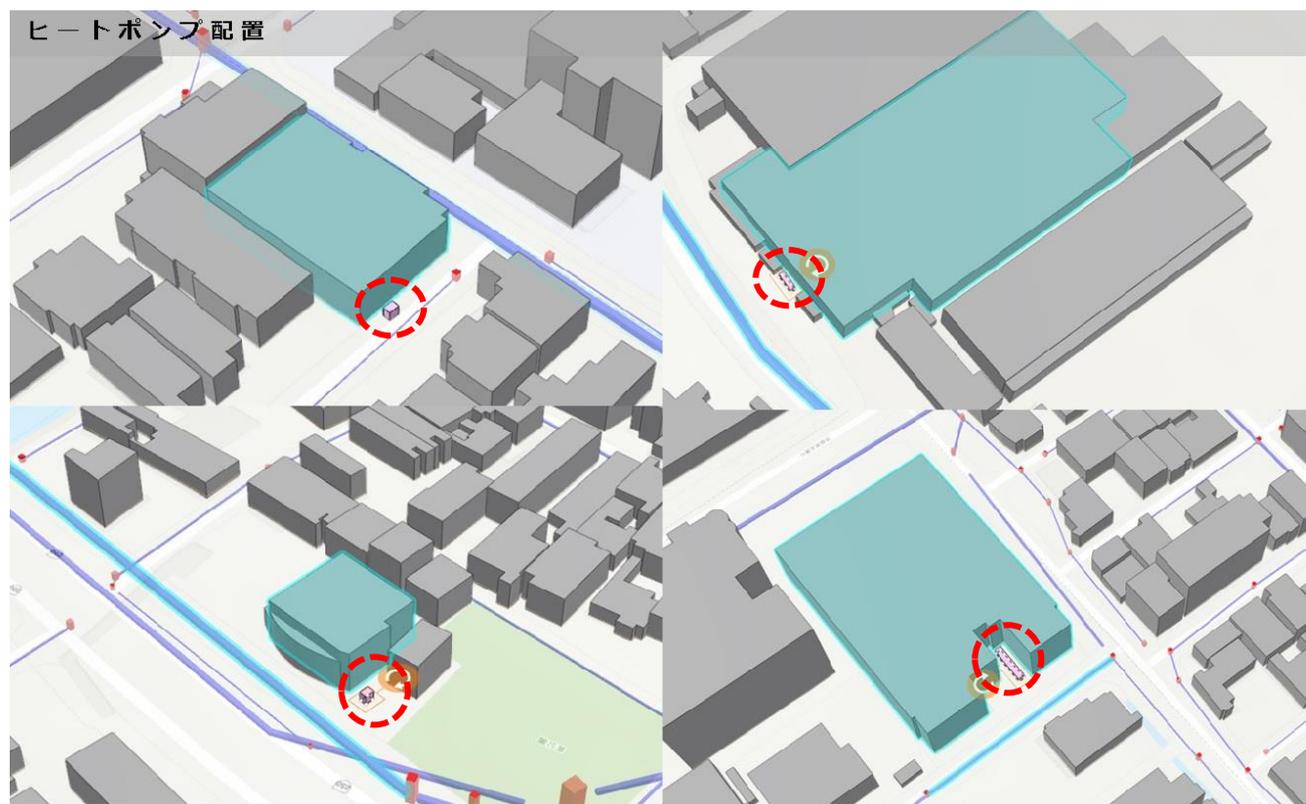


図 5-2 ヒートポンプ配置の操作画面

地下埋設物モデル及び建築物モデルの 3D 表示画面

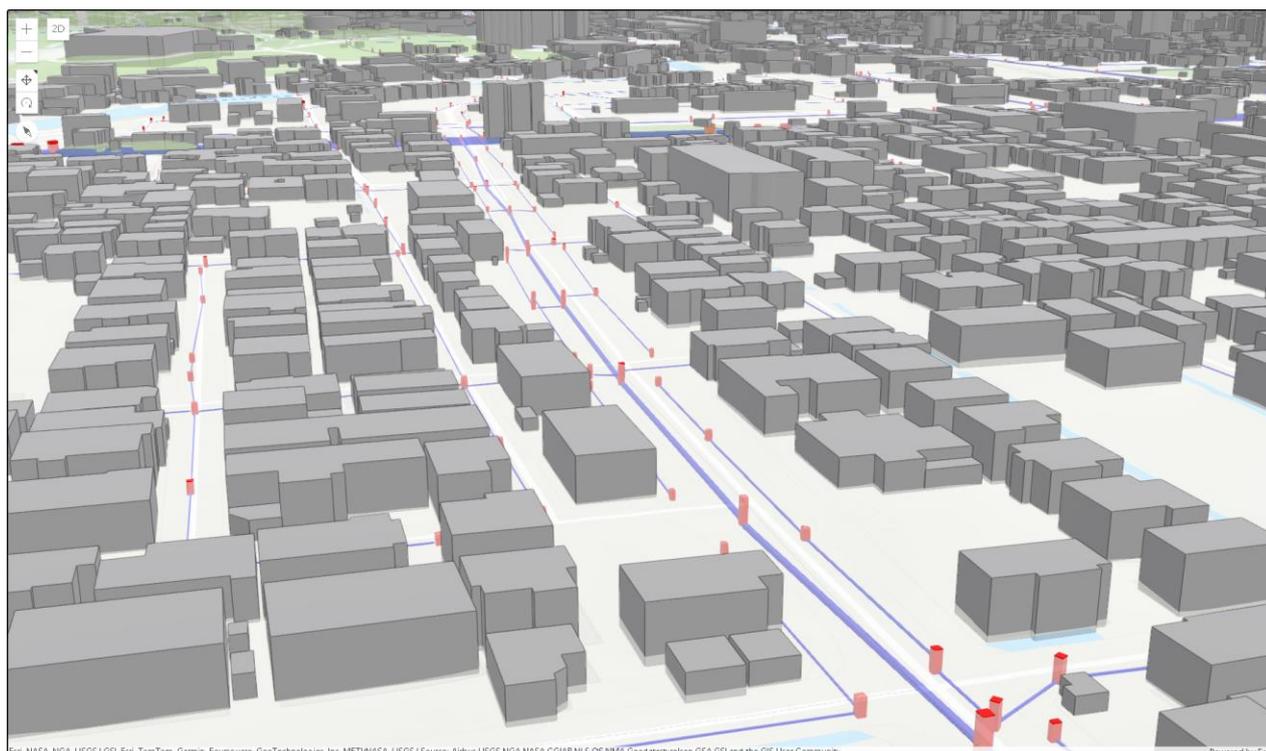


図 5-3 3D 表示の操作画面

#### 5-4-5. 実証実験の様子

下水熱ポテンシャルマッチングシステムの操作説明を実施している様子



図 5-4 下水熱ポテンシャルマッチングシステムの操作デモ

下水熱ポテンシャルマッチングシステムを用いて対象家屋・対象施設を検索している様子



図 5-5 下水熱ポテンシャルマッチングシステムの操作体験

下水熱ポテンシャルマッチングシステムを用いて対象施設のマッチングを確認している様子



図 5-6 下水熱ポテンシャルマッチングシステムの操作実証

## 5-5. 検証結果

地方公共団体職員のうち下水道部局と都市計画部局・施設管理部局を対象として、システム検証を実施した。実際の業務における下水熱利用を想定し、必要十分な機能及びインタフェースを兼ね備えたシステムを提供した結果、好感触を得られた。

今回開発したインタフェースは、メニューの一番上に下水熱利用の対象に応じた操作のフローを表示している。また、全ての機能に対してスマホ感覚でポップアップによる操作説明が表示されるように工夫したことで、GISについて多少の知識がある人であれば操作マニュアルがなくても直観的に操作を実施できる仕様となっている。その中でも特に「3D 表示」については、地下埋設物の埋設状況及び接続状況を 3D で表示できることから、業務上で地方公共団体職員が課題と感じていた施設の地下の状況を可視化するシステムを提供することができたことも確認できた。また、都市計画部局・施設管理部局に対するヒアリングにより、日常で下水道業務に従事していない職員でも対象施設の選択から検討結果の出力までの操作が問題なくできており、下水熱ポテンシャルに関わる検討ができるシステムであることが確認できた。

ユーザビリティに関しては、システムの機能性及び表現性に対して専門的知識がなくてもオペレーション可能な GUI を目指してシステムを構築したことで、UI/UX 面でユーザビリティの高さは一定評価を得ることが出来たと言える。しかし、下水熱の利用可能性や帳票・検討ツールを作成するにあたり、設定する属性項目やパラメータについては一部専門的なシステムを使ってデータを作成する必要がある。

また、本システムは 3 次元の下水道台帳図としての利用可能性もあることが判明した。これにより、下水道台帳図としての利用に耐えうる属性項目も整備するニーズがあることが明らかになった。

1) ユーザビリティ（機能性）

「満足」と「やや満足」を合算すると、各設間に対して約 63%（#2、5/8 名）～100%（#1、10/10 名）の回答率となった（「無回答」を除く、以下同）。今回開発したシステムで使用できる機能は十分であり、操作性・処理速度についても問題ないことが明らかになった。

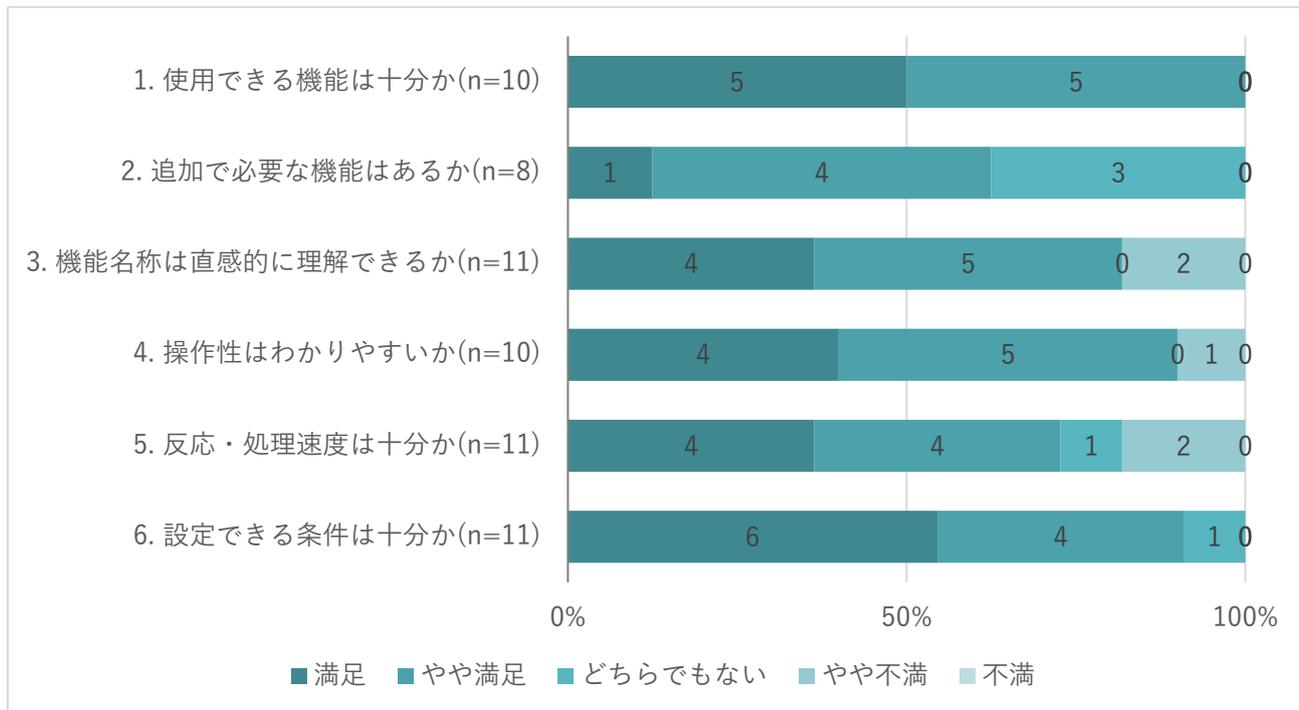


図 5-7 ユーザビリティ（機能性）

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 6 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
1	使用できる機能は十分か	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D モデルでわかりやすく市全体の下水熱を調査することができ、便利である</li> </ul>
2	追加で必要な機能はあるか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自動で最適な場所はどこか出せる機能</li> <li>● 導入可能性判定</li> </ul>
3	機能名称（ボタン名称）は直観的に理解できるか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作業順に配列されており、わかりやすい</li> <li>● 素人には難しいと感じた</li> <li>● メニュー画面でメニューと図を何度も押す必要がある。選択ボタンの表示をわかりやすくしてほしい</li> </ul>
4	操作性はわかりやすいか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D、2D の切替えが分かりづらかった</li> <li>● 説明があれば使える</li> <li>● 慣れるのに時間がかかる</li> </ul>
5	反応・処理速度は十分か	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D も含め早い</li> <li>● 調書、3D の表示速度が遅いと感じた</li> </ul>
6	設定できる条件は十分か	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ランニングコストが+になる条件が設定の早い段階でわかるとよい</li> </ul>

● 2) ユーザビリティ（表現性）

「満足」と「やや満足」を合算すると、#7で70%（7/10名）、#8で90%（9/10名）、#9で100%（11/11名）となった。今回開発したシステムでの地図表現は十分であり、3D表示、調書の様式について問題ないことが明らかになった。

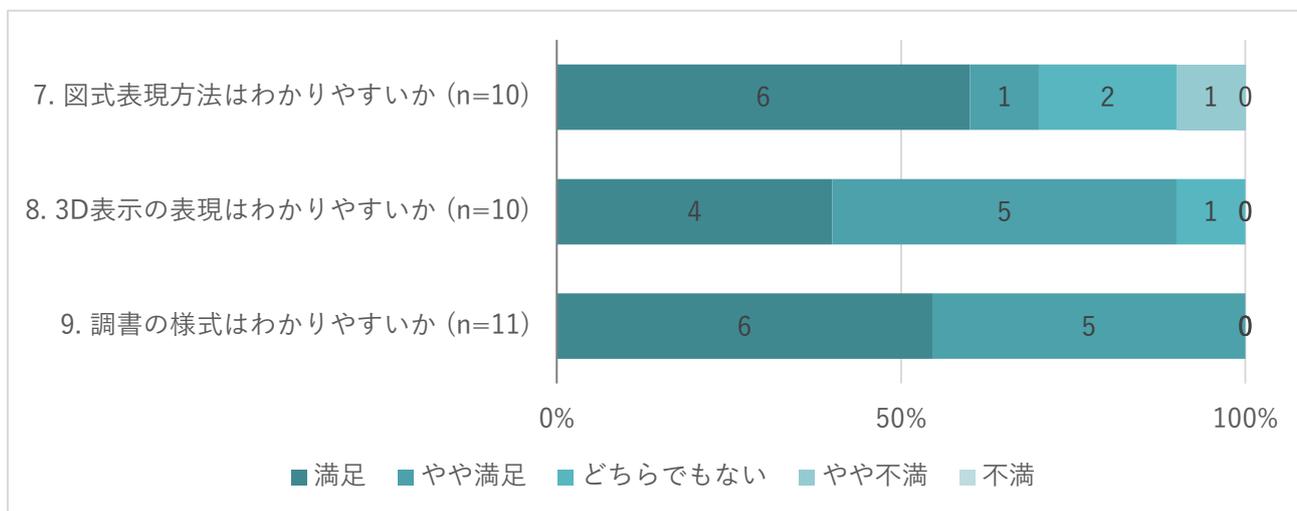


図 5-8 ユーザビリティ（表現性）

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-7 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
7	図式表現方法（凡例）は視覚的にわかりやすいか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 選択した図としていない場合の区別がわかりにくい</li> </ul>
8	3D表示の表現は視覚的にわかりやすいか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● LOD2としては満足</li> <li>● レベルを上げられるなら今後も改善できたらさらに良いモデルになると思う</li> <li>● 1回やってみれば難なくできました</li> </ul>
9	調書の様式は視覚的にわかりやすいか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 何ページかに分けて表示してもよいのではないか</li> </ul>

● 3) 従来手法との比較

「満足」と「やや満足」を合算すると、各設問で約 67%（#10、6/9 名）以上の回答率を得た。今回開発したシステムを用いることで、従来手法では確認することができなかった知りたい箇所の熱需要や熱ポテンシャルの確認が可能となり、従来手法よりわかりやすくなったと言える。

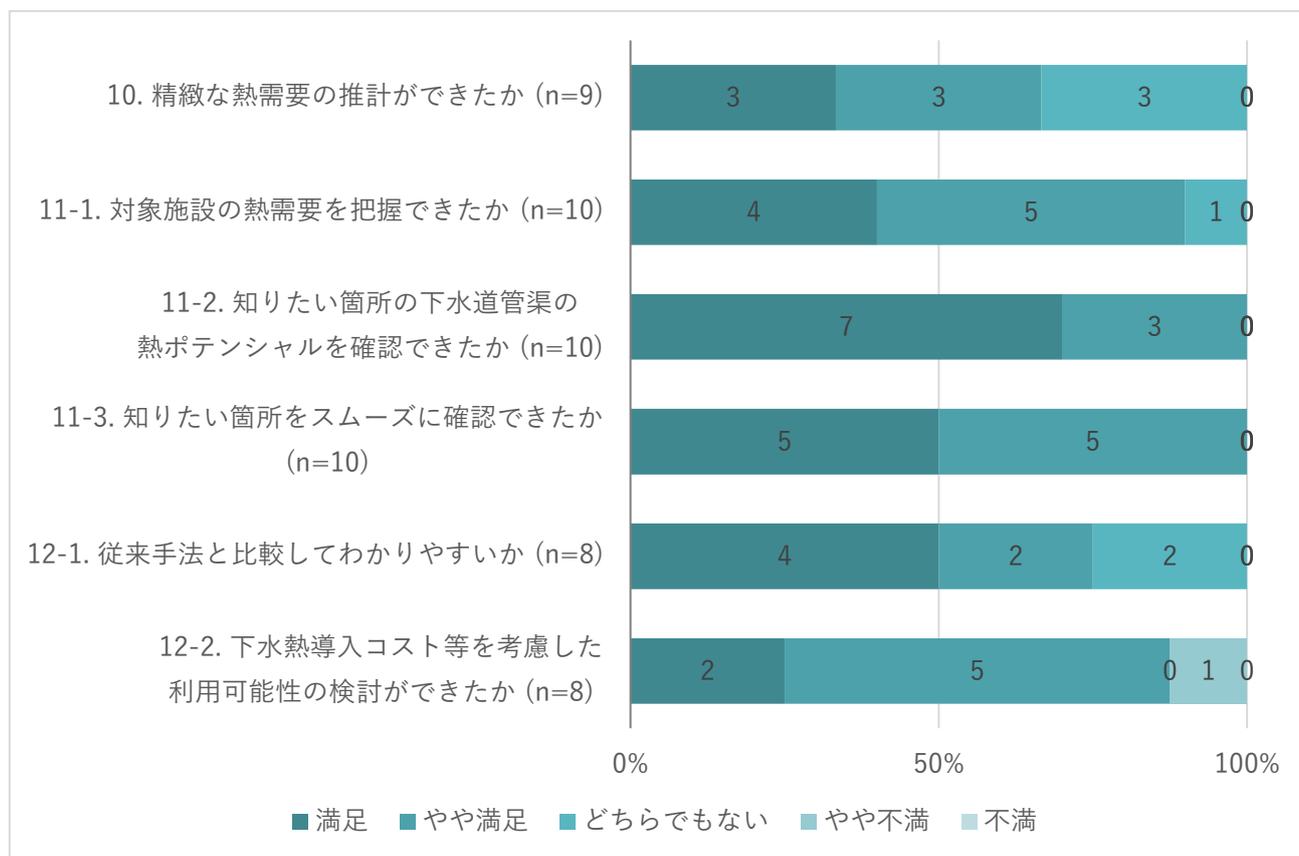


図 5-9 従来手法との比較

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-8 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
10	精緻な熱需要の推計ができたか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現状の熱利用方式のデータが必要であることがわかった</li> <li>● どのくらいが一般的なのか平均値があるとわかりやすい</li> </ul>
11	対象施設の熱需要を把握できたか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 検討段階での情報量としては十分。個々の家屋の導入は別に検討する</li> <li>● 使い方は何回か利用をすると利用しやすくなると思う</li> </ul>
	知りたい箇所の下水道管渠の熱ポテンシャルを確認できたか	
	知りたい箇所をスムーズに確認できたか	
12	従来手法と比較してわかりやすいか	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 具体的な内容まで検討できた。比較にならないほど、個別で検討できた</li> <li>● このシステムで確認後実現可能性調査が必要であることが分かった</li> <li>● 下水熱単独として導入するためにはハードルが高い</li> <li>● 下水熱の利用は難しいと感じた</li> </ul>
	下水熱導入コスト等を考慮した利用可能性の検討ができたか	

● 4) 導入可能性

「満足」と「やや満足」を合算すると、#14 で約 67% (6/9 名)、#15 で約 56% (5/9 名) という結果となった。下水熱導入へ向けたアクションを起こす意欲はそこまで高くない状況であり、導入に向けたハードルは高そうである。別途ヒアリングした意欲が生じなかった理由については全て「ハードルが高い」や「メリットが理解されていない」「採算性が乏しい」という意見であった。

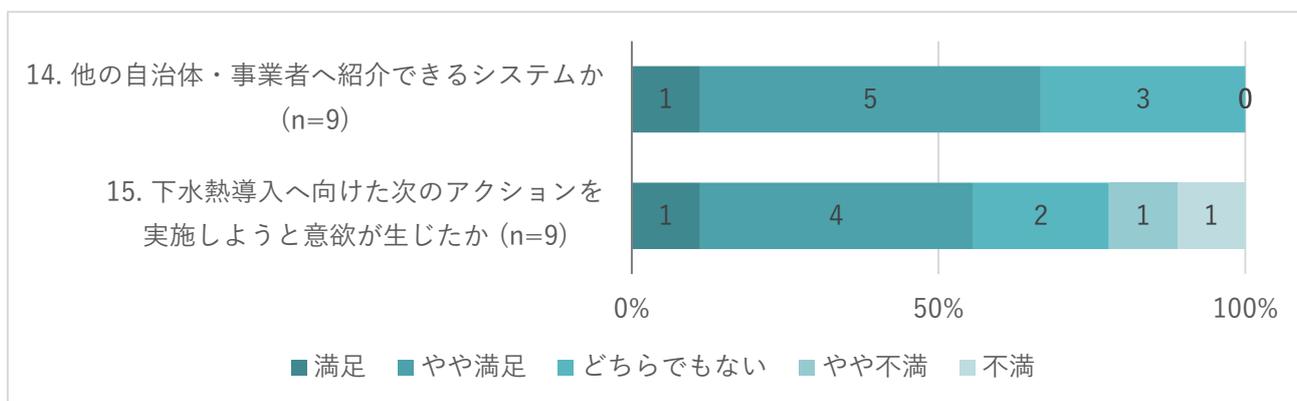


図 5-10 導入可能性

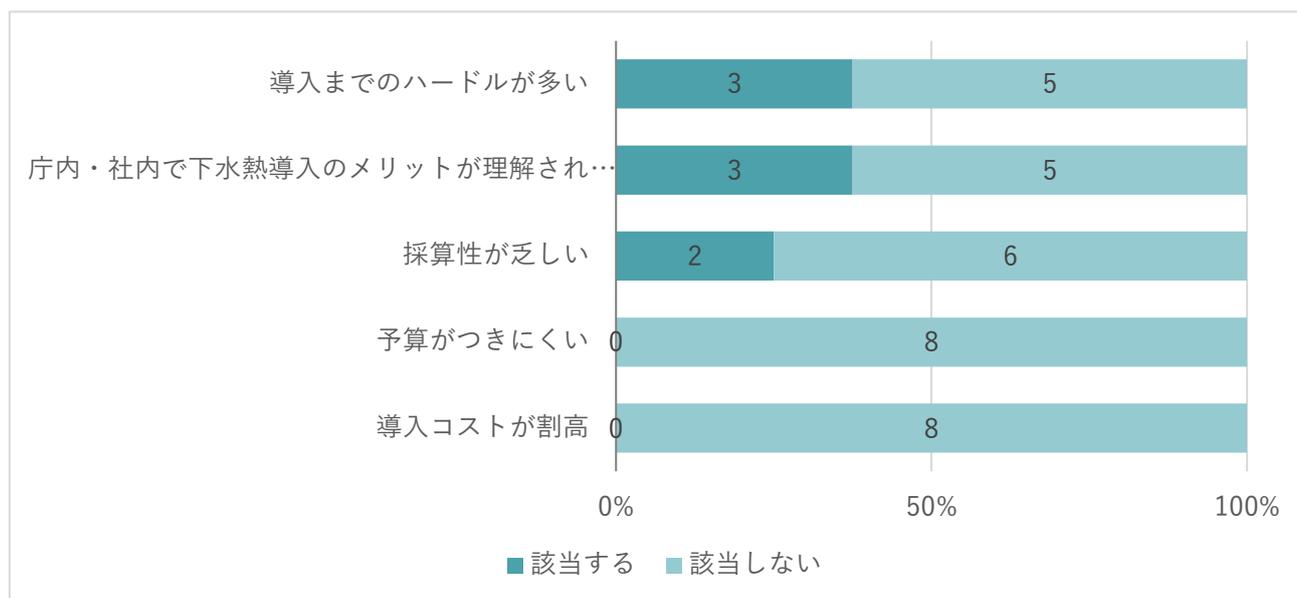


図 5-11 導入可能性 (アクション意欲が生じなかった理由)

定性評価では、以下のように一定評価があるものの、次年度に向けた課題となるフィードバックが寄せられた。

表 5-9 関連する定性コメント

No	定量調査の結果・示唆	関連する定性コメント
14-15	その他自由記載	<ul style="list-style-type: none"><li>● 老朽化対策にも使用できるのではないか。下水熱以外にも多くの可能性を感じた</li><li>● 既存のヒートポンプがあった場合、熱ポテンシャルが下がりそうなイメージだが、分かる範囲で入れられるようにできたらよい</li><li>● 投資回収年数の正確さの調査と回収年数が小さいところを見つけることが難しい</li><li>● やろうという意志があるのであれば使いやすいと思いました</li><li>● 現在の環境では下水熱の利用が難しいと感じたが、地球温暖化など地球規模の課題があるので、今後検討すべき課題だと感じた</li></ul>

## 6. 実証の成果と課題、今後の展望

### 6-1. 本実証で得られた成果

#### 6-1-1. 3D 都市モデルの技術面での優位性

実証実験を通じて、以下のような 3D 都市モデルの技術面での優位性が示された。

表 6-1 3D 都市モデルの技術面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの技術面での優位性
システム・機能	2D 視点、3D 視点のシームレスな切替え	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D 都市モデルにより 2D と 3D 視点のシームレスな切替えが可能となる</li> <li>● 1つのシステムで平面的な確認は 2D 視点で行い、縦断的な確認は 3D 視点で行うことが可能となる</li> </ul>
	ヒートポンプ配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D 都市モデルにより建物形状が再現されていることから、ヒートポンプを設置する場合に既存建物の干渉や外観を考慮した設置箇所の検討が可能となる</li> </ul>
アルゴリズム	延床面積の推定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D 都市モデル建築物 (LOD1) の計測高さと図形面積より延床面積の算定が可能であることから、延床面積が不明な建物に対しても一定精度の延床面積の算定が可能である (従来の手法では図形面積のみを用いていたため、複数階層の建物では、延床面積が過小評価される)</li> </ul>
	需要家マッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建築物の高さから施設全体のボリュームを考慮した需要量が算定されるため、複数階層の建物においては、従来と比較してマッチングの精度が向上する</li> </ul>
その他	下水道の 3D 表示及び標準化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地下埋設物の LOD2 を作成することで通常確認できない地下に敷設されている施設の状況が確認でき、今回の下水熱以外でも有効活用できる可能性が確認された</li> <li>● 3D における標準仕様は下水道分野では存在しないため、本 UC で構築したモデルが今後 3D 化における先行事例として活用されることで下水道施設の標準化の土台となる。</li> </ul>

## 6-1-2. 3D 都市モデルの政策面での優位性

表 6-2 3D 都市モデルの政策面での優位性

大項目	小項目	3D 都市モデルの政策面での優位性
行政業務自体の価値/品質向上	下水熱ポテンシャルの情報発信の高品質化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 従来の広域ポテンシャルマップでは、管路のポテンシャル値にもとづく対数軸でクラス分けした凡例の図面の公開に留まっており、正確な数値を確認するためには、需要家が行政窓口を訪れて確認する必要があったが、今回の Web システムでは、凡例及び下水熱ポテンシャル値及び建物の需要量の確認が Web 上で把握できるようになるため、従来の広域ポテンシャルマップと比較して、発信できる情報の質が向上する</li> </ul>
	需要家の利用機会の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 既存施設の需要量に対して、下水熱ポテンシャルのマッチング及び検討が可能となるため、下水熱利用機会の向上につながる</li> <li>● 需要量の数値修正が可能であるため、エネルギーの使用実態に即した検討を行うことが可能となる</li> <li>● 下水熱ポテンシャル及び需要量を加味したヒートポンプ選定・配置検討ができるため、ヒートポンプ規模を考慮した計画策定ができる</li> </ul>
	可視化による議論の具体化、合意形成の容易化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D 都市モデルを活用した立体的な地下空間の可視化により、地方公共団体と下水道施設の施工業者による施工計画に関する具体的な議論が可能となり、合意形成も容易になる</li> </ul>
行政業務の効率化	下水熱利用検討の効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 本システムを利用することで実際に検討を行った結果をもとに行政窓口にご相談することから、数値確認・対象施設の需要量調査・ポテンシャル確認等の作業が削減され、窓口対応時間の軽減及び計画から詳細検討までにかかる時間が省力化される</li> </ul>
	下水道施設の理解力向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D 都市モデルの地下埋設物により、下水道に習熟していない担当者でも下水道の接続関係を把握することが可能となり、属人化の解消、業務負荷が軽減される</li> </ul>

## 6-2. 実証実験で得られた課題と対応策

表 6-3 実証実験で得られた課題

大項目	小項目	実証実験で得られた課題	課題に対する対応策
システム (機能)	描画時間を考慮したシステムの改良	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 今回の実証では一般的に普及している PC で Web 環境を用いて実証を行ったが、実装の際には本システムを利用する地方公共団体の実機端末上で問題なく機能するか確認が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Web 環境上での描画速度を向上させる工夫をすることで、地方公共団体の端末上の制約や限られた性能の端末、ネットワーク環境でもストレスなく操作できるようマップの描画速度の向上が必要である</li> <li>● 下水道施設の描画手法を以下の手順とし、描画速度の改善を図った <ul style="list-style-type: none"> <li>①City GML の LOD2 データより、Z 値を持たせたラインとポイントデータに変換</li> <li>②各施設を 3D シンボルで描画</li> </ul> </li> <li>● 全域を描画するのではなく、処理区で絞り込みを行えるようにすることで描画対象の図形を減らし描画速度の改善をはかった</li> </ul>
	新規建物の検討機能開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 今回の実証では既存施設を対象としてシステム開発を行ったが新規建築物における検討機能は未対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 新規事業者や開発業者の検討を行えるよう建物の想定延床面積を入力すると需要量を自動計算できる機能が必要である</li> </ul>
システム (UI/UX)	操作方法がわかりやすい UI/UX の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実装に向けて、誰もが容易に操作できるような UI/UX 設計が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 操作方法が直観的にわかるスマホのような操作感が必要である</li> <li>● UI を工夫し、メニューの一番上に操作フローを記載することで、操作手順の把握が容易となる</li> <li>● 操作手順をメニューの上から順番に配置することで、操作性の向上をはかった</li> <li>● クリックの少ない操作でマッチング結果の確認、申請資料作成ができるよう機能の改善が必要である</li> </ul>

大項目	小項目	実証実験で得られた課題	課題に対する対応策
アルゴリズム	推定精度の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建物現況データは、延床面積情報が登録されておらず、平面図形面積にて補間する場合、下水熱ポテンシャルの算定精度を低下させる要因となる</li> <li>● 本実証実験では、事前に設定した階層高さをもとに階層数を算定しており、建物によっては過大評価になる傾向が判明した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 3D 都市モデルの高さ情報を活用した延床面積の補間により、下水熱ポテンシャルの算定精度が向上した</li> <li>● 今後の3D 都市モデルを活用した下水熱ポテンシャルの算出の事業化を見据え、推計誤差を小さくするために精度向上が必要である <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 全国の建築物モデルで延床面積が既知の建物を用いて統計解析し、階層数推定パラメータの見直しが必要である</li> <li>➢ 建物用途の属性値について記載方法が地方公共団体ごとに異なるため統一が必要である</li> </ul> </li> </ul>
サービス運用	導入実績の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 下水熱利用に関しては、全国で採用実績が乏しく、収益体系が不明瞭であるため、地方公共団体内で予算がつきにくいという意見が多く確認された</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 導入実績増加のため、複数ある支援制度の整理を行い、概算事業費から適用できる補助制度の案内及び補助金額を算定できる機能を拡充し、下水熱導入までにかかる費用と支援策を具体化することが必要である</li> </ul>
	販路拡大	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 本システムは、下水熱を検討するために導入するものだが、下水道台帳図の閲覧、維持管理情報の管理に利用することができるという意見が多く確認された</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 下水道台帳を3D表示できるようにし、本システムを設定することで簡易なシステムとして利用させる</li> <li>● 維持管理情報を管理するためのツールを追加開発する必要がある</li> </ul>
その他	モデル化手法の改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現在のモデル化手法では、手動でモデル化を実施しているため、モデル化・品質検査等に多くの時間を要してしまうことが明らかになった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 属性パラメータを設定することで、既存の下水道台帳から自動でCity GMLへ変換できるツールが必要である</li> </ul>
	地下埋設物情報の充実	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 今回表示されている情報は地下埋設物の下水道管及びマンホールのみであるが、他の地下埋設物も閲覧したいという意見が確認された</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地方公共団体の所有する地下埋設物データを照会し、システムに重畳可能なデータ作成が必要である</li> </ul>

### 6-3. 今後の展望

下水熱利用を促進するためには、これまでコンサルタント業者が対応していた下水熱の利用可能箇所のマッチングから利用可能性を検討するまでの労力を削減し、熱需要家である建築物管理者の下水熱利用における導入ハードルを下げるのが重要である。このためには、必要な情報を容易に把握できる広域ポテンシャルマップを作成しておく必要がある。

本システムでは、ユーザーが Web 上で任意の箇所の下水熱ポテンシャル値を確認できるようなシステムを構築することで熱需要家や地方公共団体職員等の負担が軽減できるだけでなく、熱需要のマッチングにより下水熱利用の具体的な検討を進めるために有用なツールを作成した。更なるツール利活用に向けては、ユーザーのコメントから利用者がより簡単に操作内容を理解できるようなチュートリアル動画の作成等の UI/UX の磨き込みが求められており、よりコンシューマライズを進めていく必要性が明らかになった。加えて、下水熱ポテンシャルと需要量の算定精度を向上させることで、より実態に即した検討が可能となるため、国土交通省や環境省並びに下水熱ポテンシャルに関わる業界団体と連携して算定手法の精緻化を行うことが重要である。また、建築物モデルと地下埋設物モデルを 3D で可視化することで、下水道施設の点検や維持管理・地下埋設物照会の立会など様々な地方公共団体業務への応用も期待できる。

今回の実証実験で整備した下水道データや開発したシステムを活用することで、下水熱の活用に留まらず下水道関連の様々な地方公共団体業務が簡略化され、効率的な業務運用が可能となる。これらにより利用が拡大することで、活用が限定的であった下水熱のポテンシャルを可視化し下水熱利用の検討を進めやすい環境を整えることで、エネルギー循環型社会の形成を実現に寄与していく。

## 7. 用語集

### A) 五十音順

表 7-1 用語集（五十音順）

No.	用語	説明
1	汚水	家庭・会社・工場等のトイレや風呂から排出される、汚れた水
2	汚水枳	下水道管と宅地内の排水管の接続箇所に設けられるもので、公共下水道管理者が設置・管理する施設のこと
3	管渠	家庭や工場等の下水を処理場まで流す施設のこと
4	下水処理場	下水を最終的に処理して河川その他の公共の水域または海域に放流するために下水道の施設として設けられる処理施設
5	下水熱	大気に比べて下水の温度が安定していることから生じる大気と下水の温度差エネルギー
6	広域ポテンシャルマップ	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マップ
7	需要家	公共下水道に接続設備を設け、当該接続設備により当該公共下水道から下水を取水し、当該下水を熱源とする熱を利用し及び当該公共下水道に当該下水を流入させる事業を行おうとする者
8	処理区	下水道での予定処理区域を処理場ごとの系統に分割した区域
9	取付管	ますから下水道管へ接続する管
10	ヒートポンプ	化石燃料を燃やさずに空気中や水中にある熱エネルギーを集めて空調や給湯などに使うポンプ 圧縮すると温度が上がり、膨張させると温度が下がる性質を活用した技術
11	流量既知点	処理場やポンプ場等の下水道に流れる流量を計測している箇所
12	容積比熱	1 m <sup>3</sup> の物体の温度が1°C上がるために必要な熱量
13	ライフサイクルコスト(LCC)	イニシャルコスト（初期導入費用）とランニングコスト（設備を維持していくためにかかる費用）を合算したコスト

以上

下水熱利用促進のためのマッチングシステム  
技術検証レポート

2024年3月 発行

委託者：国土交通省 都市局

受託者：株式会社 パスコ