

第3章 導入検討

第1節 導入検討手順

§ 10 導入検討手順

本技術の導入検討にあたっては、下水道設備および道路設備、さらに周辺地域の現況および課題等を把握し、導入効果の評価を行い、導入範囲について判断する。

【解説】

導入検討にあたっては、本技術の導入目的を明確にしたのち、図 3-1 に示す検討フローにしたがって必要な情報を収集し、第 2 章第 3 節を参考に導入効果の試算を行った上で、導入範囲および運用形態を含めた導入判断を行い、検討を進める。

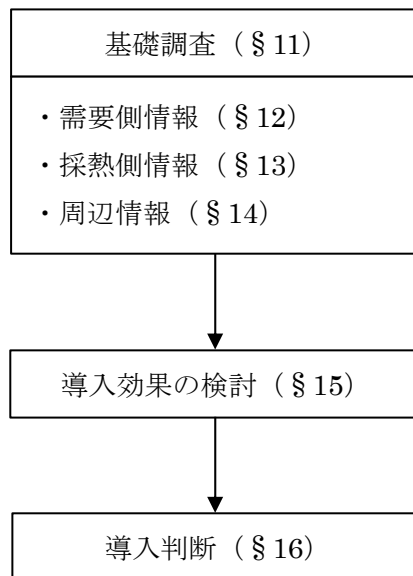


図 3-1 導入検討フロー

第2節 基礎調査内容

§ 11 基礎調査

基礎調査では、対象地域について以下の情報を把握する。

- (1) 需要側情報
- (2) 採熱側情報
- (3) 周辺情報
- (4) 導入効果情報

【解説】

本技術の導入効果検討に先立ち、需要側、採熱側、周辺および導入評価に関する情報を表 3-1 のとおり把握する。(1) ~ (4) の詳細については § 12 ~ § 15 に記載のとおりである。

表 3-1 基礎調査項目の導入検討における利用用途

基礎調査で把握する情報		導入検討での利用用途	§
需要側	道路種別および舗装構成	融雪側熱負荷算定	12
	気象条件	融雪側熱負荷算定	12
採熱側	下水流量（下水水深）	採熱側熱負荷算定	13
	下水温度	採熱側熱負荷算定	13
	下水管路状況	適用条件の判定	13
	管路延長	採熱規模の算定	13
周辺	占用物件（施工支障物件）	本技術の施工可否判定	14
	地上構造物設置スペース	本技術の施工可否判定	14
	関係法令・整備計画	法令・整備計画との適合性	14
導入効果	建設費	融雪設備の建設費算出	15
	エネルギー費	維持管理費算出	15
	設備耐用年数	維持管理費算出	15
	保守点検費	維持管理費算出	15
	エネルギー効率	エネルギー消費量算出	15
	温室効果ガス排出係数	温室効果ガス排出量算出	15

§ 12 需要側情報

需要側に関して、以下の情報を収集する。

- (1) 道路種別ならびに舗装構成
- (2) 気象条件

【解説】

(1) 道路種別および舗装構成

導入検討にあたり、車道の道路種別⁶⁾(交通量区分に合わせた舗装厚等)を確認する。基準とする舗装構成は、管理者毎に設定した交通量別の舗装構成について情報収集を行い、これを参考に設定する。舗装構成の参考例は、資料編Ⅲに示すとおりである。

放熱部の舗装は、放熱管の保護の観点から耐摩耗性に優れているコンクリート舗装を行うことが一般的⁵⁾である。本ガイドラインでも高熱性能舗装はコンクリート舗装で担保しているため、コンクリート舗装を用いた場合を対象とする。

(2) 気象条件

気象条件の設定については、「路面消・融雪施設等設計要領」(路面消融雪施設等設計要領編集委員会、平成20年5月)を参考に以下の項目について整理する。

・ 時間降雪深 (cm/h) ならびに降雪密度 (kg/m³)

時間降雪深は、平均日降雪深と時間降雪深の関係式から推定する方法と1時間毎の観測データから累積した値を用いる方法がある。「路面消・融雪施設等設計要領」では、設計時間降雪深が過大とならないように、年間の降雪日数の80%を許容値とした設計方法を示している。

降雪密度は外気温と時間降雪深の条件によって60~100 kg/m³で選定する方法を設計要領で示している。目安については「路面消・融雪施設等設計要領」を参照すると良い。

・ 外気温 (°C)

設計地域で最も気温の低い月の平均日最低気温を採用することを基本とする⁵⁾。

・ 風速 (m/s)

冬期間(12月~3月)の月平均最低気温の最も低い月の値とその月の平均風速で算出することを基本とする⁵⁾。

なお、これらの気象条件は気象庁が整理しているアメダスデータをインターネットからダウンロードして整理する方法が最も望ましい。検討地点近傍にアメダスデータがない場合は、消防署や各市町村が測定している降雪・積雪のデータや気温、風速のデータなどを収集すると良い。

§ 13 採熱側情報

採熱側に関して、以下の情報を把握する。

- (1) 下水流量および水深
- (2) 下水温度
- (3) 下水管路状況
- (4) 管路延長

【解説】

- (1) 下水流量および水深

対象管路に流量計や水深計を一定期間設置し、直接測定することを基本とするが、それ以外の方法として、「採熱地点における既存の流量計測データの活用」、「既存の流量データに基づく流量推計」の2つの方法がある。

①採熱地点における既存の流量計測データの活用

放流水やポンプ場における揚水等、採熱地点やその近傍における流量データがある場合には、そのデータを活用する。

そのとき、留意点として、採熱地点とデータが得られている地点の間の距離が離れている場合、両者の間にある下水道幹線の影響により誤差が大きくなることがある。

②既存の流量データに基づく流量推計

対象地域内の下水道施設（下水処理場、ポンプ場等）において計測されている下水流量から地域内のマンホールにおける流量を推計する方法である¹⁾。

各マンホールにおける下水流量は、以下の式 3-1 で表される。また、下水流量推定のイメージは図 3-2 のとおりである。

$$G_N = G_L \times \frac{\sum_{m=1}^N F_m}{\sum_{m=1}^L F_m} \quad \dots \dots \dots \quad \text{式 3-1}$$

ここで、

- 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（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）
- G_L : 流量既知点（下水処理施設等）における日平均実測下水流量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）
- F_m : 各マンホール M_m が受け持つ集水域内延床面積（ m^2 ）
- N : 推定点（マンホール M_N ）の集水域内のマンホール数（—）
- L : 流量既知点（下水処理場等）の集水域内のマンホール数（—）

※詳細は「下水熱ポテンシャル（広域ポテンシャルマップ）作成の手引き（案）（国土交通省）」を参照。

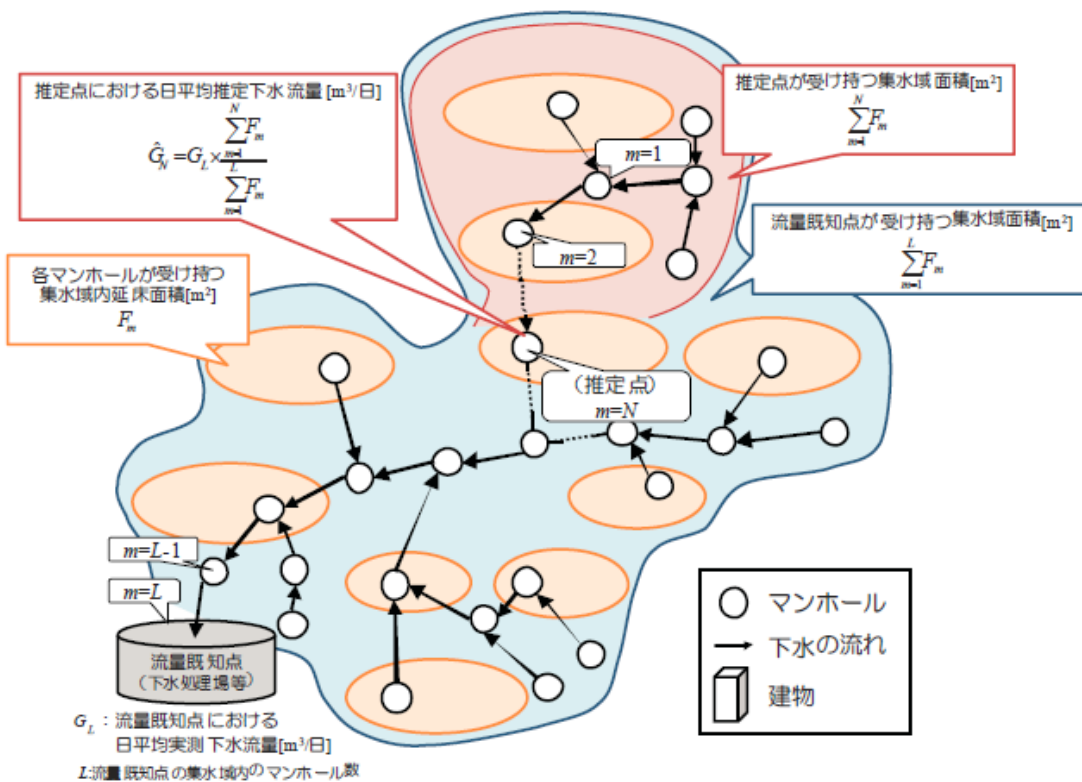


図 3-2 既存の流量データに基づく下水流量の推定計のイメージ

なお、得られた流量データは水深として計算し、採熱部が常に水面下に設置可能とするための最小水深を得る。

(2) 下水温度

下水温度は、写真 3-1 のように対象管路に温度計を冬季の一定期間設置し、温度データを測定することを基本とする。ただし、ポンプ場における揚水箇所等、採熱地点もしくはその近傍における下水温度データがある場合には、そのデータを採熱地点の下水温度参考値として利用することも可能である。ただし、排除方式が合流式の場合、雨水や雪解け水の影響を受け、気象条件により下水温度は大きく変化するため、留意する必要がある。



写真 3-1 下水温度・水深の調査実施例（左：水深計・水温計、右：データロガー）

（3）下水管路状況

採熱設備導入に際し、対象の下水管路が適用可能かどうか表 3-2 に示す点に留意して把握する必要がある。

表 3-2 下水管路状況について把握する項目

	項目	備考
1	排除方式	下水流量，温度データ
2	下水管径・管種	適用条件参照
3	敷設後年数	更生工事，改修工事の計画
4	管路近傍の人孔サイズ，深さ	施工可否の判断
5	関連計画（下水道設備耐震化計画，下水道長寿命化計画等）	老朽化対策や耐震化対策の必要性の判断
1～4 の管路情報を把握するため、下水道施設管理者が保有する下水道台帳や施設の完成図書等の資料を収集・閲覧する。		

適用に関しては、上記内容について導入検討主体と下水道管理者が調整の上、管路内調査を実施することが望ましい。また、調査の結果、改修工事が必要な場合は、改修後に設置する計画とする。

（4）管路延長

採熱設備設置に関し、対象となる下水管路の延長を把握する。把握するために、下水道管理者が保有する管路図や台帳を参照する。管路図からは、取付管やその他障害物，人孔との取合いを調査し、実際に採熱設備を敷設可能な管路延長を把握する。また、取付管の位置や口径によっては、採熱設備の設置方法に影響を及ぼす可能性があるため、事前に現地調査を実施して具体的位置を把握しておくことが望ましい。

§ 14 周辺情報

周辺に関して、以下の情報を把握する。

- (1) 占用物件（施工支障物件）
- (2) 地上構造物の設置可能スペース
- (3) 関連法令・計画との整合性

【解説】

- (1) 占用物件（施工支障物件）

本技術の適用対象は車道であるため、各設備は道路管理上の占用物件となる。そのため、計画箇所における水道・ガス・電気・通信・下水道などの占用物件の有無を予め確認する（表 3-3）。特に地下に埋設されている占用物件が計画している設備と重複する場合には、熱源水配管のルート変更などを検討する必要がある。地下埋設物については各施設管理者が図面等を保管しているが、過去に施工されたもののなかには図面と実際の深さや位置が異なるものもあるため、施工前（詳細設計時、本施工前）には写真 3-2 のように試掘調査を行って、位置確認をしておくことが望ましい。



写真 3-2 地下埋設物の試掘調査の一例※詳細設計時や本施工前に行う

表 3-3 事前収集する占用物件と資料入手先の例

入手内容	入手先の例	確認内容
土地所有者情報	法務局	登記簿、公図
水道管	水道局（管轄事業所）など	設置位置 埋設深度
ガス管	ガス事業者	設置位置 埋設深度
電力ケーブル (送電線、配電線)	電気事業者 (送電担当、配電担当)	電柱・架空線 設置位置 埋設深度
通信施設	通信関連事業者	電柱・架空線 設置位置 埋設深度
下水管、取付管	下水道管理者	設置位置 埋設深度
その他埋設物	各施設管理者など	設置位置 埋設深度

(2) 地上構造物の設置可能スペース

本技術では、循環設備、操作・制御設備、電源設備を地上部に配置する方法が一般的である。そのため、計画箇所周辺のスペースを確認し、本技術の設備が設置可能であることを事前に確認しておく必要がある。

(3) 関連法令・計画との整合性

本技術の設備を設置するにあたり、各地域の下水道条例や道路構造物設置に関する条例、景観条例および整備計画などを確認し、関係法令や整備計画に準じたものとしておくことが必要である。

第3節 導入効果の検討

§ 15 導入効果の検討

第3章第2節で収集した内容を踏まえ、本技術の導入効果を以下の項目で検討し、従来技術と比較して評価する。

- (1) 総費用（年価換算値）
- (2) エネルギー消費量
- (3) 温室効果ガス排出量

【解説】

構築した導入モデルをもとに、導入効果を検討する。導入効果の検討にあたり、本技術だけでなく比較する従来技術についても建設費・維持管理費、エネルギー消費量、および温室効果ガス排出量を試算する。なお、比較する従来技術は図 2-1 に記載された融雪技術のうち、現地で適用可能な技術を比較対象として選定する。

- (1) 総費用（年価換算値）

総費用（年価換算値） C_l （千円/年）の算定は、建設費（年価換算値）、維持管理費（年価換算値）の和で求めるものとする¹⁾。

$$C_l = C_y + C_m \quad \dots \dots \dots \quad \text{式 3-2}$$

ここで、

C_y : 建設費（年価換算値）（千円/年）

C_m : 維持管理費（年価換算値）（千円/年）

※「管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用導入ガイドライン（案）」P.49 参照
(B-DASH プロジェクトNo.5、平成 26 年 8 月公表)

①建設費（年価換算値）

建設費年価を算定する場合、採熱設備・放熱設備・電源および操作制御設備など、本施設を構成する設備ごとに行う。建設費年価は初期投資額 C_i を踏まえて、以下の式 3-3 に示す係数を用いて各設備ごとの建設費年価 C_y を算出して合算する。

$$C_y = C_i \times i (1 + i)^n / ((1 + i)^n - 1) \quad \dots \dots \dots \quad \text{式 3-3}$$

ここで、

C_y : 建設費年価（千円/年）

C_i : 初期投資額（千円）※設計費を含む金額とする

i : 利子率（割引率）（= 2.3 %）

n : 耐用年数

なお、従来技術のボイラーおよび電熱ヒーター利用融雪の設備のうち、ボイラー熱源（採熱設備に相当）ならびに電熱ヒーター舗装（放熱設備）については耐用年数を 15 年とする。

初期投資額 C_i の算定にあたっては、採熱設備、放熱設備、循環設備、操作・制御設備、電源設備など、施設を構成する設備ごとに行う。建設費は、初期投資額 C_i として以下の項目で算出する。

$$C_i = C_d + C_s + C_r + C_p + C_c + C_e \quad \dots \dots \dots \quad \text{式 3-4}$$

- C_i : 初期投資額 (千円)
- C_d : 設計額 (千円)
- C_s : 採熱設備投資額 (千円)
- C_r : 放熱設備投資額 (千円)
- C_p : 循環設備投資額 (千円)
- C_c : 操作・制御設備投資額 (千円)
- C_e : 電源設備投資額 (千円)

・設計費

年価換算値によってライフサイクルコストを算出するにあたり、建設費に設計費を含む場合は「国土交通省機械設備工事積算基準」(一般社団法人建設物価調査会)の第4編機械設備設計業務委託積算基準のうち、第6章消融雪設備に記載されている積算方法を参考にすると良い。

・各設備の耐用年数

実証研究で用いた各設備の耐用年数を表3-4に示す。維持管理費を試算する場合は、これらを参考に補修費用や更新費用を適切に計上するものとする。

表 3-4 実証研究で用いた各設備の耐用年数

設備	機器	耐用年数
採熱設備	管路内設置型熱交換器	50年
	熱源水配管	50年
	採熱管固定バンド	50年
放熱設備	コンクリート舗装	40年 ^{※1}
循環設備	循環ポンプ	30年 ^{※2}
	不凍液	15年
操作・制御設備 電源設備	制御盤一体型バルブボックス	30年 ^{※2}

※1 コンクリート舗装ガイドブック 2016 より

※2 新潟県管理の消雪施設における将来更新数の予測結果 (第24回ゆきみらい研究発表会予稿集)

・諸経費

また、施設は土木工事に該当するため、設計費を除く設備投資額の概算経費は、別途考慮して設定する。

②維持管理費

1年間の維持管理費を算出する。維持管理費には、運転費、保守点検費および補修・メンテナンス費がある。以下、運転費と保守点検費の試算条件例を示す。

・運転費

融雪設備の運転に要する費用を計上する。参考として実証研究での試算条件を表 3-5 に示す。実際に運転費を算出する場合は、導入地域における電力会社やガス会社の単価を参考に決定すると良い。

表 3-5 運転費の試算条件の一例

運転費の試算条件			実証研究での設定
運転時間			1,000 時間/年
運転費	ガス	1 m ³ N 当たり	108.8 円/m ³ N
		基本料金	3,282.4 円/月 ※令和 3 年 3 月の北陸ガス 1 カ月あたり 384m ³ 以上の従 量料金と基本料金の例
		燃焼効率	80 %※任意設定
	電気	1 kWh 当たり	11.97 円
		kW・月当り	1,958 円 (3 カ月まで) (3 カ月超 462 円) ※令和 2 年 2 月の東北電力 「よりそう C スノー-B」の 電力量料金と基本料金の例

・保守点検費

・保守点検費 (年価換算値)

降雪前の保守点検コストとして、年間保守点検費 C_k (千円/年) を式 3-5 により算定する。本技術では、循環ポンプの建設費に対して 2%※を乗じたものを保守点検費とする。なお、下水管路内での維持管理作業 (浚渫, 清掃) は考慮していない。

$$C_k = C_h \times 0.02 \quad \dots \dots \dots \quad \text{式 3-5}$$

ここで、

C_h : 循環ポンプの建設費 (千円)

※「管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用導入ガイドライン (案)」P.48 参照
(B-DASH プロジェクトNo.5、平成 26 年 8 月公表)

他の熱源と導入効果を比較する場合、熱源種類に応じた保守点検割合を設定する。参考として、ボイラーで 7%、電熱ヒーターで 2%を目安とする。

・維持管理費（まとめ）

エネルギー費と保守点検費の和が年間の維持管理費 C_m （千円/年）となる（式 3-6）。

$$C_m = C_e + C_k \quad \dots \dots \dots \text{式 3-6}$$

ここで、

- C_e : 年間エネルギー費（千円/年）
- C_k : 年間保守点検費（千円/年）

（参考：年価換算値を用いたライフサイクルコストの算定例）

ライフサイクルコストとは計画、設計、建設、運用、維持管理、解体撤去等の各段階での費用の総額であり、本ガイドラインでは採熱設備の耐用年数を基準に 50 年¹⁾と仮定して算出を行った。また、計画費については、本技術および従来技術で差がないことから、設計費¹⁾に含み検討している。

なお、総費用（年価換算値） C_l （千円/年）の算定は、建設費（年価、設計費も含む）、維持管理費（運用費も含む）および解体廃棄費（建設費（年価）に 10%^{*}を乗じた費用）の和で求めるものとする。

$$C_l = C_y + C_m + C_w \quad \dots \dots \dots \text{式 3-7}$$

ここで、

- C_y : 建設費（年価換算値）（千円/年）
- C_m : 維持管理費（年価換算値）（千円/年）
- C_w : 解体・廃棄費（年価換算値）（千円/年）

※「管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用導入ガイドライン（案）」P.49 参照
 （B-DASH プロジェクトNo.5、平成 26 年 8 月公表）

・ライフサイクルコストの算定例

新潟地区において年価換算値を用いたライフサイクルコストを本技術および従来技術であるボイラー方式、電熱方式で算定した例を表 3-6 に示す。年価換算値を用いたライフサイクルコスト算出における本技術の削減率は従来技術であるボイラー方式と比べて 3.4%、電熱方式と比べて 12.2%となった。

表 3-6 ライフサイクルコスト算定例

新潟市区想定			融雪工法 (200m ² , 25kW)			備考
ライフサイクルコスト算定項目			本技術	ボイラー方式	電熱方式	
①建設費 (C _y) 千円/年			2,552	2,174	2,463	
内訳	設計	千円/年	169	169	169	
	熱源設備	千円/年	493	471	60	
	放熱設備	千円/年	1,326	1,185	1,892	
	不凍液	千円/年	229	115	0	
	循環	千円/年	335	234	342	
②維持管理費 (C _m) 千円			40	556	537	
	維持管理 (C _e) 千円		33	311	458	1000時間運転
	保守点検費 (C _k) 千円		7	245	79	本技術2%、ボイラー7%、電熱2%
③解体廃棄費 (C _w) 千円			255	217	246	
ライフサイクルコスト (LCC) 千円			142,350	147,350	162,300	50年使用を想定 (①+②+③)×50年

(2) エネルギー消費量

エネルギー消費量 W (kWh/年) は式 3-8 のとおり、概算した年間融雪熱負荷を融雪期間の平均 SCOP で除することで算出する。融雪期間の平均 SCOP は地域、システムで異なるが、実証研究で算出した概算値を表 3-7 に示す。本 SCOP は、循環設備と操作・制御設備のエネルギー消費量を全て考慮したシステム成績係数である。

$$W = W_w = Q_w / SCOP_w \quad \dots \dots \dots \quad \text{式 3-8}$$

ここで、

- W_w : 融雪期間のエネルギー消費量 (kWh/年)
- Q_w : 年間融雪熱負荷 (kWh/年)
- $SCOP_w$: 融雪期間の平均 SCOP (-)

表 3-7 実証研究で算出した SCOP 概算値 (25kW 級) ※

対象地域	SCOP	設計下水温度
新潟市	13.9	8.5℃以上

※ボイラー方式の場合の SCOP はエネルギー効率より 0.8、
電熱方式の場合の SCOP は 1.0 とする。
其他方式を従来技術とする場合は、適宜設定する。

(3) 温室効果ガス排出量

(2) で算出したエネルギー消費量 W (kWh/年) に以下の温室効果ガス排出係数 e (kg-CO₂/kWh) を乗じ、供用段階における年間温室効果ガス排出量 G (kg-CO₂/年) を算出する (式 3-9)。

$$G = W \times e \quad \dots \dots \dots \quad \text{式 3-9}$$

ここで、

W : 年間エネルギー消費量 (kWh/年)

e : 温室効果ガス排出係数 (0.462 kg-CO₂/kWh) 環境省 <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc/denki> より、「電気事業者ごとの基礎排出係数及び調整後排出係数の算出及び公表について」の別紙 8「固定価格買取調整二酸化炭素排出量の算出方法について」に記載ある「毎年度（環境省及び）経済産業省が公表する数値」令和 2 年 7 月公表の平成 30 年度全国平均の係数)

排出削減量は、比較する従来技術の年間エネルギー消費量も算出して本技術と比較する。

第4節 導入判断

§ 16 導入判断

本技術の導入は、検討した導入効果等から総合的に判断する。

【解説】

§ 15 の検討結果から総合的に評価して導入効果が見込まれる場合には、本技術の導入を決定し、第4章計画・設計に記載した内容の検討を進める。

なお、導入効果が目標よりも小さい、あるいは見込めない場合は、その原因を分析し特定したうえで条件を見直す等、再検討することが望ましい。