

第4章 計画・設計

第1節 計画・設計の手順

§ 23 計画・設計手順

導入設備の計画・設計は、現地調査・施設計画、基本システム設計の順序で行う。

【解説】

導入検討において、最も導入効果が見込まれるとして選定された導入シナリオに沿って、現地調査・施設計画および基本システム設計を行う。計画・設計手順の全体フローを図4-1に示す。

現地調査・施設計画においては、実際に管路内調査を行い、設計に必要となる詳細なデータを入力する。同様に、熱負荷についても、詳細な負荷計算を行う。

次に基本システム設計においては、現地調査・施設計画より導かれた諸元を基に、ヒートポンプおよび熱源水循環ポンプの仕様（機器容量）、管路内設置型熱交換器の設置延長を決定する。

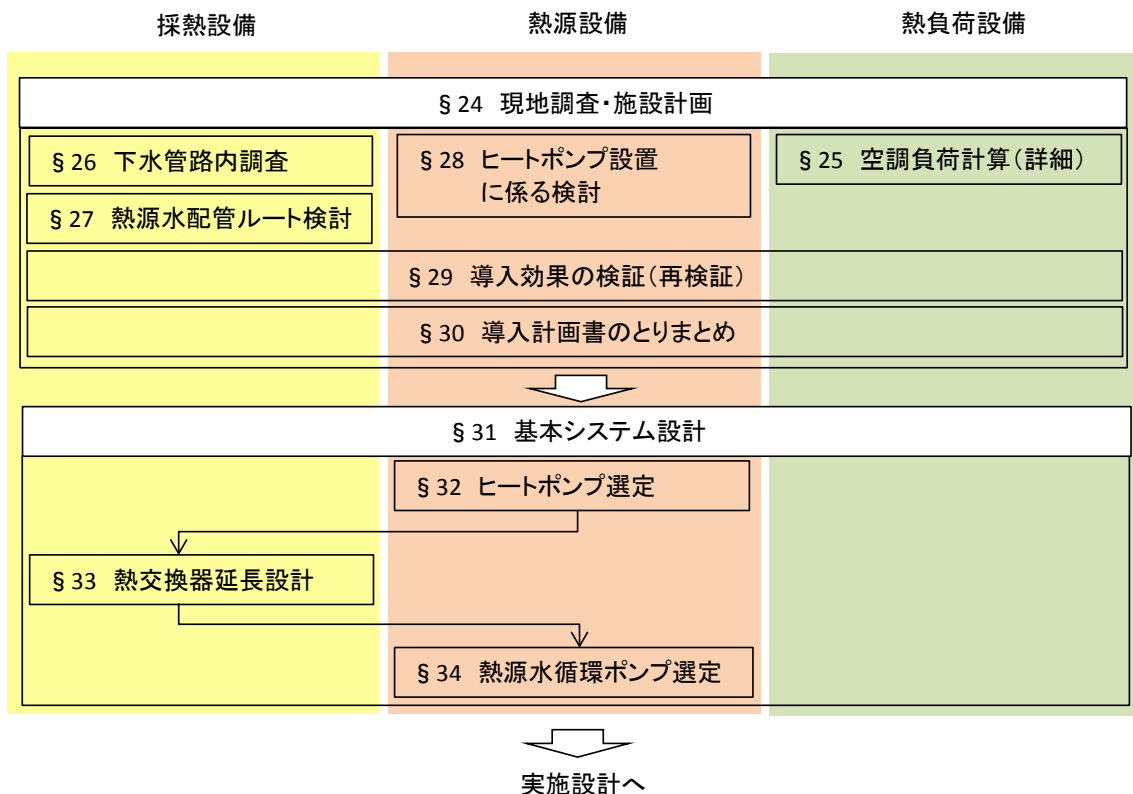


図4-1 導入設備の計画・設計の手順

現地調査（§ 25～28）において把握する各情報の基本システム設計への利用用途については，表4-1に示す。

表4-1 現地調査項目の基本システム設計における利用用途

	現地調査項目，内容		基本システム設計での利用用途
§ 25	詳細な熱負荷計算	最大熱負荷	・ヒートポンプ選定（§ 32）
		年間熱負荷	・FSの精度向上による効果再確認（§ 29）
§ 26	下水管路内調査	下水温度	・熱交換器延長設計（§ 33）
		下水流量	・熱交換器延長設計（§ 33）
		その他状況	・施工方法検討
§ 27	熱源水配管ルート検討	熱源水配管ルートおよび延長	・熱源水循環ポンプ選定（§ 34） ・施工方法検討
§ 28	ヒートポンプ設置に係る検討	配置，構造および適用法令	・ヒートポンプ選定（§ 32） ・施工方法検討

第2節 現地調査・施設計画

§ 24 現地調査・施設計画

現地調査では、熱負荷設備、採熱設備および熱源設備について、現況および導入課題等を把握する。調査する項目は以下の通りである。

【解説】

熱負荷設備、採熱設備および熱源設備について、現地調査を行い、施設計画を策定する。第3章で実施した机上検討の追加作業として、詳細な現地調査により設計に必要となる熱負荷設備や管路状況の詳細を把握する。

熱負荷設備については、導入検討時の概算計算（§ 15）に比べ、より詳細な計算（各用途における便覧に準拠）を行い、最大熱負荷および月別熱負荷を算出する。

採熱設備については、管路内設置型熱交換器、熱源水配管の設計・施工に必要な現地調査を行う。管路内設置型熱交換器については、設計時に必要となる、熱負荷ピーク月（例：2月および8月）の下水温度、水深を調査する。さらには、施工検討のために管路内状況を調査する。熱源水配管については、試掘等で支障物有無を調査し、配管ルートを決定する。

熱源設備については、ヒートポンプ設置に係る配置・構造の検討、さらには適用法令の確認を行う。

§ 25 熱負荷計算（詳細）

熱負荷計算に関するマニュアルもしくは便覧を用いて、対象の熱負荷設備の詳細な計算を行う。

【解説】

ここでは、一例として詳細な空調負荷計算について解説する。計算にあたっては、空調負荷計算に関するマニュアルもしくは便覧に基づいた専用の負荷計算ソフト（Micro Peak 等）を用いて、熱利用先（建物）の最大熱負荷、月別熱負荷を算出する。

計算に必要な情報については、適宜現地調査や設計図書の照査を行い、把握する。

この計算結果を用いて、ヒートポンプの容量および管路内設置型熱交換器の設置延長が決定される。なお具体的な決定方法は、§ 32 および § 33 に記述する。

表4-2 空調負荷計算の入力条件の例（一部のみ記載）

項目	入力内容
物件名	A 老人福祉センター
所在地	A 市
都道府県	A 県
建物構造	普通コンクリート
夏季外気最高温度（°CDB）	34.6
冬季外気最高温度（°CDB）	-1.1
階数	B1
部屋数	1
部屋用途	事務所
天井版有無	なし
外気取入れ方式	普通換気扇
天井高	5.3
屋根・非空調天井面積（m ² ）	階上室 515
非空調天井面積（m ² ）	土間床 515
外壁長さ（m）	北 -19 東 -2 南 -17 西 -19
外壁窓面積（m ² ）	北 30
非空調内壁長さ（m）	北 25 東 17 南 27
冷房時機器発熱量（W）	10,000
エアコン使用時間帯	9～17時
内部発熱スケジュール	9～17時 いずれも 100% (照明, 在室人員, 内部発熱)

§ 26 下水管路内調査

設計に用いる下水温度および下水流量（水深・流速）を現地調査にて把握する。また、施工検討のために管路および人孔状況を調査する。

【解説】

本システムの基本設計および施工検討に先立ち、表 4-3 に示すように実測や目視等による対象管路および人孔の調査を行う。

熱負荷ピーク月（例：2月，8月）の下水温度および下水水深の月平均値を調査により把握する。それぞれ1ヶ月間以上のデータを採取することが望ましいが、困難な場合は、冷暖房等の最大熱負荷のうち、熱交換器の延長（容量）を決定する最大負荷となる、対象月の下水温度および水深データを採取する。

この調査結果を用いて、熱負荷ピーク時における運転温度域、管路内設置型熱交換器の設置延長が決定される。なお、具体的な検討方法については、§ 33 に記述する。

施工検討については、下水管路の既設管径や曲がり、取付管状況等を調査する。基本的には従来の管きよ更生工法と同等であるため、「管きよ更生工法における設計・施工管路ガイドライン（案）（公益社団法人日本下水道協会）」を参照のこと。

表4-3 管路内調査項目

項目	内容	方法	調査目的
下水温度	熱負荷ピーク月 （例：2月，8月） の月平均温度	温度計の設置による計測	下水-熱源水温度差の決定
下水流量※	熱負荷ピーク月 （例：2月，8月） の月平均流量	流速計および水位計の設置による計測	（水位）下水との接触面積の算定 （流速）熱性能の設定
管路および人孔状況	既設管径， 人孔の形状・寸法， 本管内の突起物や 障害物等	管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン(案)（公益社団法人日本下水道協会）参照	施工方法（可否）検討

※水深計測による下水流量の推計

採熱地点における水深計測データおよび管路仕様（勾配，管径等）に基づき下水流量を推計する方法を以下に示す。下水流量 Q (m³/s) および流速は図 4-2 において以下の式 (4-1)，(4-2) で表すことができる。なお、粗度係数とは水路底や壁の「粗さ」を示す指標であり、管路の材質に応じて決められた値を設定する。

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (4-1)$$

ここで、

A : 水流断面積 (m²)

V : 流速 (m/s)

$$V = (1/n) \times R^{3/2} \times I^{1/2} \dots\dots\dots (4.2)$$

ここで、

n : 粗度係数 (-)

R : 径深 (m)

V : 勾配 (-)

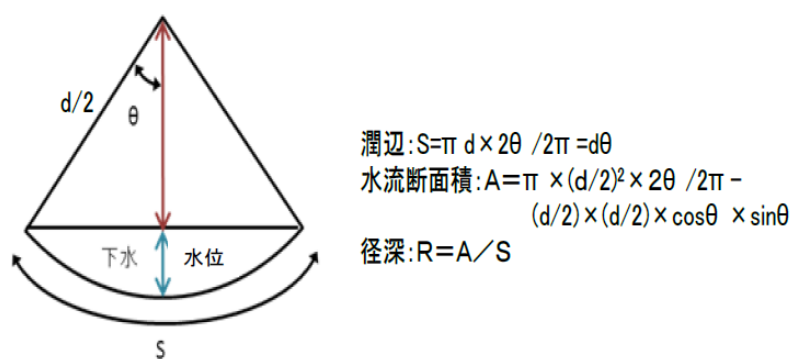


図4-2 管路仕様に基づく下水流量の推計

§ 27 熱源水配管ルート検討

熱源水配管の配管ルート検討を行い決定する。また、設置後の所有、維持管理区分について検討する。

【解説】

熱源水配管の設計に先立ち、下水管路および熱源設備周辺の設計図書(電気、ガス等)の照査や、埋設物管理者および道路管理者等との協議、場合によっては試験掘りを行い、配管ルートを決する。

また、官民境界や設置後の所有、維持管理区分、占有許可申請の必要性について検討を行う。

決定された配管ルートを踏まえ、熱源水循環ポンプが選定される。なお、具体的な選定方法は § 34 に記述する。

§ 28 ヒートポンプ設置に係る検討

ヒートポンプ設置に係る配置，構造および適用法令に関する検討を行う。

【解説】

ヒートポンプ機械と補機類（熱源水循環ポンプ，クッションタンク，制御盤）をあわせたスペースとして，ヒートポンプ機械スペースの2倍程度のスペースを確保する。また，ヒートポンプ機械の機器周辺には，保守管理に必要なスペースとして，ヒートポンプメーカーの推奨スペースを確保する^{*}。この際，機械の搬入および搬出に要するスペースも考慮して，設置場所を決定する（図4-3）。なお，ヒートポンプ機械と補機類の設置スペースが必ずしも接する必要はない。

屋内に設置することが多いため，上記の配置検討とともに，建物の構造図面や構造計算等の確認もあわせて行う。

また，ヒートポンプの設置に関しては，規模によって高压ガス法の適用を受けるため，届出有無等の確認を行う。

※出典： 公共建築工事標準仕様書（機械設備工事編）p.181 第3章（国土交通省）



図4-3 機械室の調査（例）

§ 29 導入効果の検証（再検証）

施設計画の検討に基づき、導入効果について再検討を行い、第3章で試算した導入効果の再検証を行う。

【解説】

§ 25～28 で示した現地調査により、熱負荷設備、採熱設備および熱源設備の詳細を把握することができる。これを基に、第3章で検討を行った導入効果の再検証を行い、当初想定した導入効果が発現されるか確認を行う。

現地調査の結果、当初想定 of 導入効果が得られないことが分かった場合は、必要に応じて熱需要側、採熱側で再度協議を行い、熱需要側および採熱側で見直し等の対策を講じる必要がある。

§ 30 導入計画書のとりまとめ

施設計画と計画上の留意点、導入効果の検証結果をまとめ、導入計画書を作成する。

【解説】

§ 29 で再検証した導入検討内容（導入効果）を基に、導入計画書を取りまとめ、熱需要側、採熱側で共有化を図る。

導入計画書としては、現地調査結果、施設計画の検討に加え、導入効果の検証結果も含めてとりまとめる。

第3節 基本システム設計

§31 基本システム設計

基本システム設計では、ヒートポンプ選定、熱交換器延長設計および熱源水循環ポンプ選定を行う。

【解説】

本技術の基本システムを設計するにあたっては、次の項目を考慮して定める必要がある。

- 下水流量，下水温度の変動による影響
 - ⇒ 現地調査で把握した上下限および変動パターンを反映
(熱負荷ピーク月の月平均下水温度，利用時間帯における最低水深を用いた設計)

- 熱需要側の負荷変動の影響
 - ⇒ 現地調査（熱負荷計算）で把握した最大熱負荷および変動パターンを反映

- 熱需要側，採熱側の状況に応じた最適な下水熱利用方法
 - ⇒ ゾーニングした対象設備へ導入した場合の効果を再度試算し検証

§ 32 ヒートポンプ選定

以下の点に留意し、ヒートポンプを選定する。

【解説】

§ 25 で求めた詳細な熱負荷（最大熱負荷）を用いて、必要となるヒートポンプの容量を決定し、機器選定を行う。下水熱利用に用いるヒートポンプの選定としては、下水温度域（10～30℃程度）で高い能力（COP）を発揮するヒートポンプの選定が望まれる。

また、ヒートポンプの仕様には、ヒートポンプや熱源水・冷温水循環ポンプの運転制御を行う制御盤を設ける。運転管理に必要な温度データや流量データは、このヒートポンプ制御盤に集約し、管理することが望ましい。

（参考）

ヒートポンプの加熱能力 Q_h (kW) および冷却能力 Q_c (kW) と消費電力、回収熱量の間には以下の関係式が成立する。

$$Q_h = Q_r + Q_e \quad \dots\dots\dots (4\cdot3)$$

ここで、

Q_r : 回収熱量 (kW)

Q_e : 消費電力 (kW)

$$Q_c = Q_r - Q_e \quad \dots\dots\dots (4\cdot4)$$

ここで、

Q_r : 放熱量 (kW)

Q_e : 消費電力 (kW)

§ 33 熱交換器延長設計

エネルギー収支計算を行い、熱源設備と採熱設備（管路内設置型熱交換器）のエネルギー収支のマッチングを図り、管路内設置型熱交換器の延長を決定する。

【解説】

§ 25 で詳細に求めた熱負荷と、§ 26 で詳細に調査した下水管路情報（温度、流量、取付管状況等）を用いて、必要となる熱交換器の延長を設計する。具体的には、ヒートポンプ性能を検討した上で、下水温度（例：2月平均）に対して目標の下水－熱源水対数平均温度差（例：5℃）を設定し、下水流量（流速、水深）から必要となる熱交換器の延長を決定する。

設計に際しては、資料編Ⅱに示す実証研究（外気温度や降雨等の気象条件が運転へ及ぼす影響についての調査）により得られた知見を基に、以下の点に留意し、熱交換器の延長設計を行う。

- 外気温度の日間変動による下水温度変動は小さいため、外気温度を設計へ考慮する必要はない。
- 水深上昇は性能を向上させる要因となるため、利用時間帯における最低水深を用いて設計を行う。
- 冬季の降雨による温度低下は、性能を低下させる要因となるため、暖房負荷や給湯負荷を基に設計を行う際には、降雨や降雪の影響を含めた最低下水温度を用いる。

§ 34 熱源水循環ポンプ選定

熱源水配管の全揚程を計算し、熱源水循環ポンプを選定する。

【解説】

§ 27 における熱源水配管ルート of 検討の検討結果を用いて、以下に示す **Weston 公式** を用いて熱源水配管における圧力損失 h (m) を把握する。本公式は、一般に管径 100mm 程度までの内面が滑らかな配管に適応可能とされている。

算出した圧力損失 (全揚程) に対して、余裕 (例: 20%) を考慮したポンプ容量を選定する。ポンプ選定に用いる熱源水流量は、熱源水配管内平均流速、熱交換器内平均流速およびユニット数から算定する。

循環ポンプとしては、渦巻方式等が推奨される。

$$h = \{ 0.0126 + (0.01739 - 0.1087 \times d) / \sqrt{v} \} \times (L/d) \times v^2 / (2g) \cdots \cdots (4.5)$$

ここで、

- L : 配管延長 (m)
- d : 配管内径 (m)
- v : 配管内平均流速 (m/s)
- g : 重力加速度 (m/s²)