

地中熱ヒートポンプシステム 施工管理マニュアル 補講資料

平成 30 年 8 月

特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会



GeoHPAJ
特定非営利活動法人
地中熱利用促進協会

Geo-Heat Promotion Association of Japan

〒167-0051 東京都杉並区荻窪5-29-20 パシフィックアークビル5F

TEL/FAX: 03-3391-7836

☎ <http://www.geohpaj.org/> ✉ geohpajs@geohpaj.org

施工管理講座

(補講のスライド・説明)

第1章 序論

1-0. はしがき(補講)

官庁施設における地中熱利用システムガイドライン(案)

「官庁施設における地中熱利用システムガイドライン(案)」は国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課により平成25年10月22日から、国土交通省ホームページの「官庁営繕のQ&A」コーナーに掲載されている。

「官庁施設における地中熱利用システムガイドライン(案)」目次

- 第1章 総則
- 第2章 基本事項
- 第3章 計画編
- 第4章 設計編
- 第5章 施工編
- 第6章 維持管理編
- 第7章 評価編

1-0. はしがき(補講)

官庁施設における地中熱利用システムガイドライン(案)

背景・目的

平成5年、関係各国は国連のもと大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極の目標とする「国連気候変動枠組条約」を採択し、地球温暖化対策に世界全体で取り組んでいくことに合意した。この実現のため、先進国の温室効果ガス排出量について、法的拘束力を持つ数値目標を設定した「京都議定書」が議決され、平成17年に発効した。

我が国では、この目標を達成するための「京都議定書目標達成計画」及び政府機関の目標を定めた「政府の実行計画」を策定した。この「政府の実行計画」では平成22年度から平成24年度までの温室効果ガス総排出量の平均を平成13年度比で8%削減すること、及びそのための様々な対策を定めている。また、平成25年度以降も新たな「政府の実行計画」の策定に至るまでの間、現行の「政府実行計画」と同等以上の取組を推進することを地球温暖化対策推進本部において決定している。

これらを踏まえ、省エネルギーとエネルギーの有効活用を推進するとともに、再生可能エネルギーの導入が今後必要とされている。

再生可能エネルギーの一つとして地中熱を利用したヒートポンプが普及しつつあるが、これは太陽光や風力と異なり天候等に左右されないシステムである。「官庁施設における地中熱利用システム導入ガイドライン(案)(以下、「本ガイドライン」という。)」は、再生可能エネルギーの導入を促進し、地球温暖化対策やヒートアイランド現象の緩和のさらなる推進に資するため、設計手法、施工方法、効果の評価手法についてガイドラインとしてまとめたものである。

1-0. はしがき(補講)

官庁施設における地中熱利用システムガイドライン(案)

適用範囲

本ガイドラインは、次の場合に適用するものとする。

(1) 地中熱利用システムは、空調用、給湯用及び融雪用として利用するものとする。

(2) 地中熱交換器は、クローズド・ループ型とする。

(3) 地中熱交換方式は、垂直埋設型のボアホール方式とする。(図2-1 参照)

(オープン・ループ型は地下水等を直接利用することから地方自治体の条例の規制を受ける場合があるため対象外とした。垂直埋設型の基礎杭方式は、地中熱交換量の想定が困難で、施工管理が複雑である。また、水平埋設型は、実証試験段階であるためそれぞれ対象外とした。)

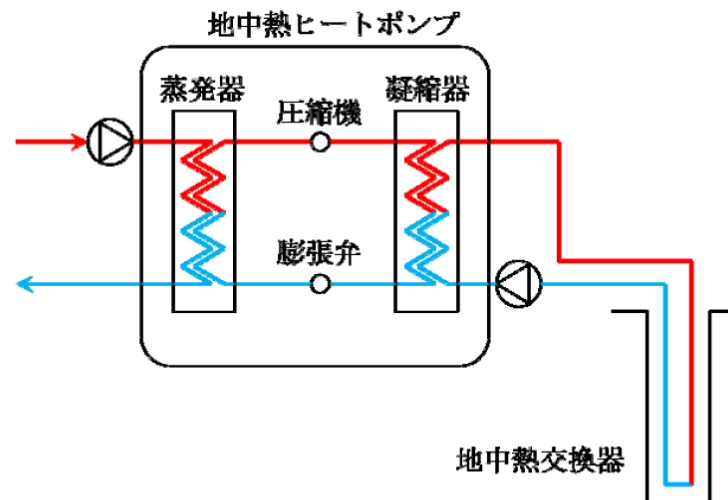


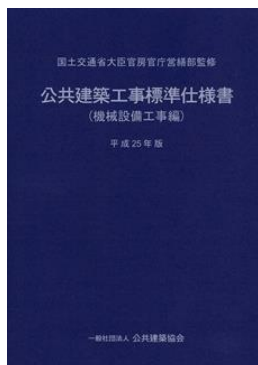
図 2-1 ボアホール方式のシステム図 (冷房時の場合)

1-0. はしがき(補講)

公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)平成28年版

「公共建築工事標準仕様書」(機械設備工事編)は、国土交通省官庁営繕部及び地方整備局等営繕部が官庁施設の営繕を実施するための基準として制定したものです。また、この標準仕様書は、官庁営繕関係基準類等の統一化に関する関係省庁連絡会議の決定に基づく統一基準です。

国土交通省大臣官房官庁営繕部



公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)は、3年ごとに改定され平成28年版が現在市販されている。地中熱利用については、平成25年版で「第7編さく井設備工事」の中に新たに「地中熱交換井設備」の章が新たに設けられ、平成28年度版はこの内容を踏襲している。以下のスライドで「第3章地中熱交換井設備」の全文を掲載する。

1-0. はしがき(補講)

公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)平成28 年版

第7編 さく井設備工事

第3章 地中熱交換井設備

第1節 機材及び施工

3.1.1 掘さく

(a) 掘さく工法は、回転振動式、ロータリー式、ダウンザホールハンマ式又はロータリーパーカッション式とし、適用は特記による。

(b) 掘さく中は、掘さく孔に絶えず清水又は泥水を循環並びに充満させることとする。ただし、ダウンザホールハンマ式工法の場合は除く。

なお、掘さく孔の保孔にベントナイト等泥材を使用する場合、熱交換効率に影響をおよぼさないよう孔内の泥水を適切に希釈する。

3.1.2 地中熱交換器

(a) 地中熱交換器を構成する管材は、高密度ポリエチレン(PE100)でSDR(SDR=管の外径/管の肉厚)が11 以下のものとし、JIS K 6762(水道用ポリエチレン二層管)の熱安定性、内圧クリープを満足したものとする。

(b) 地中熱交換器は底部を除き、継目を設けないものとする。

(c) 地中熱交換器の底部は、採熱水が潤滑できるようU字型構造とする。また、地中熱交換器頂部は、地盤面又は仕上り床面上部まで立上げ、管末端部の養生を行う。

1-0. はしがき(補講)

公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)平成28 年版

第1節 機材及び施工 (続き)

3.1.3 けい砂等の充てん

- (a) けい砂の充てんは、掘さく孔と地中熱交換器の間に空隙を作らないように施工する。
- (b) けい砂等は、丸みがあるものとする。
- (c) けい砂等上部は、セメンチングを施し遮水する。

3.1.4 試験

地中熱交換器の挿入完了後、水圧試験を行うこととし、適用は特記による。
なお、特記がない場合は、次による。

- (1) 0.75MPa の水圧を加え、5 分放置後、再加圧する。
- (2) 再加圧後すぐに圧力を0.5MPa まで減圧する。
- (3) 1 時間放置後、水圧が0.4MPa 以上確保されていることを確認する。

1-0. はしがき(補講)

公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)平成28 年版

第2節 報告書

3.2.1 報告書

報告書は、次による。

(1) 総合柱状図 (代表井)

(イ) 地質柱状図

(ロ) 井戸構造図 (地中熱交換器深度、けい砂等深度、遮水深度等)

(2) 施工地点位置図 (掘さく地点の緯度、経度及び標高(m)を併せて記載する。)

(3) 水圧試験成績書

(4) 熱応答試験成績書

1-2. 「施工管理マニュアル」の対象範囲(補講)

「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」掲載の地中熱利用システムの分類

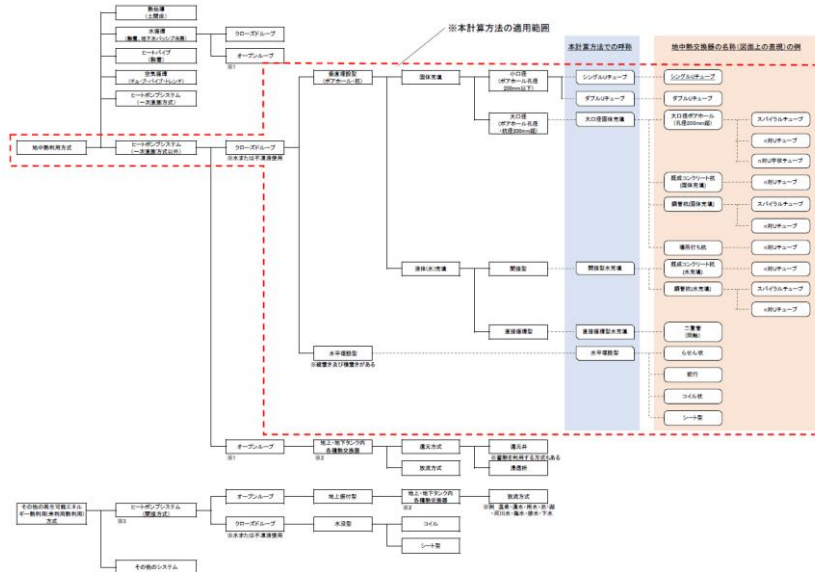


図1 地中熱利用システムの分類 (特定非営利活動法人地中熱利用促進協会資料をもとに作成)

地中熱ヒートポンプを省エネ基準のWEBプログラムで計算する際の参考資料が、建築研究所ホームページの「非住宅建築物のエネルギー消費性能の評価方法に関する技術情報」の欄に掲載されている。この図は参考資料の一つである「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」に書かれている地中熱利用システムの分類である。地中熱利用促進協会では、今後地中熱利用システムの分類をこの図に準拠して行う(すなわち、この図は「施工管理マニュアル」p.3の図1.2.1を代替するものである)。図中で破線に囲ってある部分が、H28省エネ基準の適用範囲である。「施工管理マニュアル」の対象範囲は、破線中で水平埋設型を除いた部分である。

1-2. 「施工管理マニュアル」の対象範囲(補講)

「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」

この資料は建築研究所のホームページに掲載されている。

<http://www.kenken.go.jp/becc/building.html>

入力に関する参考情報

地中熱ヒートポンプの評価方法(タイプの判別方法) H29.10月10日 改訂

「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」の適用範囲

本計算方法は、以下に示す地中熱利用システムの一次エネルギー消費量を算定するにあたって必要となる、地中熱交換器から戻ってくる熱源水温度の計算について適用する。

- ・空調のみに利用するシステムを対象とする。給湯、融雪、もしくはそれらの複合用途で使用するシステムは対象外とする。
- ・間接方式のヒートポンプシステムを対象とする(図1)。
- ・クローズドループ型を対象とする(図1)。オープンループ型は対象外とする。
- ・クローズドループ型は、垂直埋設型(図2)、水平埋設型(図3)に大別される。
- ・地中熱ヒートポンプシステムの熱媒体は、地盤側が水(不凍液を含む)、需要側が空気(直膨式)もしくは水(不凍液を含む)であること。

1-X. 地中熱の補助金（補講）

テキストの範囲外であるが、一般常識として補講する

平成30年度の補助金

（単位：億円）

	事業名	H30 予算	H29 予算
環境省	ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）化等による住宅における低炭素化促進事業 1. ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）化による住宅における低炭素化促進事業 2. 高性能建材による住宅の断熱リフォーム支援事業	85	（新規）
	業務用施設等におけるネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）化・省 CO2 促進事業 1. テナントビルの省 CO2 促進事業 2. ZEB 実現に向けた先進的省エネルギー建築物実証事業 3. 既存建築物等の省 CO2 改修支援事業 4. 上下水道施設の省 CO2 改修支援事業 5. 国立公園宿舎施設の省 CO2 改修支援事業 6. 次世代省 CO2 型データセンター確立・普及促進事業	50	（50）
	再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業	54	（80）
	環境に配慮した再生可能エネルギー導入のための情報整備事業	8	（新規）
	賃貸住宅における省 CO2 促進モデル事業	17	（35）
	公共施設等先進的 CO2 排出削減対策モデル事業	26	（26）
	地方公共団体カーボン・マネジメント強化事業	32.7	（32）
	新たな地下水利用に対応する地下水・地盤環境保全対策	0.3	（新規）
経済産業省	省エネルギー投資促進に向けた支援補助金 ①省エネルギー設備への入替支援 ②ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH：ゼッチ）の導入・実証支援 ③ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB：ゼブ）の実証支援 ④次世代省エネ建材の導入支援	600.4	（672.6）
	地域の特性を生かしたエネルギーの地産地消促進事業費補助金 ①分散型エネルギーシステム構築支援事業 ②再生可能エネルギー熱事業者支援事業	70	（63）
	地中熱などの再生可能エネルギー熱利用のコスト低減に向けた技術開発事業	8	（8）

1-X. 地中熱の補助金（補講）

テキストの範囲外であるが、一般常識として補講する



再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業

（一部経済産業省・農林水産省連携事業）

平成30年度予算（案）
5,400百万円（8,000百万円）

背景・目的

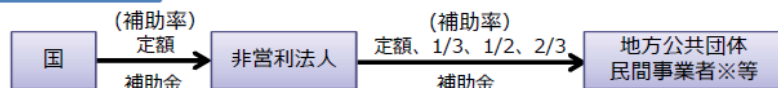
平成28年5月、我が国の2030年度の温室効果ガス排出削減目標を2013年度比で26.0%減とする「地球温暖化対策計画」が閣議決定され、これを実現するための対策として、再生可能エネルギーの最大限の導入が盛り込まれた。

一方で、再生可能エネルギーについては、固定価格買取制度の利用拡大が困難となる中、持続可能かつ効率的な需給体制の構築、事業コストの低減、社会的受容性の確保、広域利用の困難さ等に関する課題が生じており、地域の自然的社会的条件に応じた導入拡大は必ずしも円滑に進んでいない状況にある。

このため、こうした状況に適切に対処できる、自家消費型・地産地消型の再生可能エネルギーの自立的な普及を促進する必要がある。

事業スキーム

実施期間：平成28年度～32年度（最大5年間）



※熱利用設備に対する民間事業者への補助は経済産業省（資源エネルギー庁）が実施。（系統連系されていない離島における事業及び温泉熱利用設備を除く。）

事業概要

地方公共団体及び民間事業者等の再生可能エネルギー導入事業のうち、地方公共団体等の積極的な参画・関与を通じて各種の課題に適切に対応するもの、営農を前提とした農地への再生可能エネルギー発電設備の導入を中心とした取組、蓄エネ等の導入活用事業等について、事業化に向けた検討や設備の導入に係る費用の一部を補助する。

支援の対象とする事業は、固定価格買取制度に依存せず、国内に広く応用可能な課題対応の仕組みを備え、かつ、CO₂削減に係る費用対効果の高いもの等に限定する。

期待される効果

再生可能エネルギーの課題に適切に対応する、費用対効果の高い優良事例を創出することで、同様の課題を抱えている他の地域への展開につなげ、再生可能エネルギー電気・熱の将来的な自立的普及を図る。

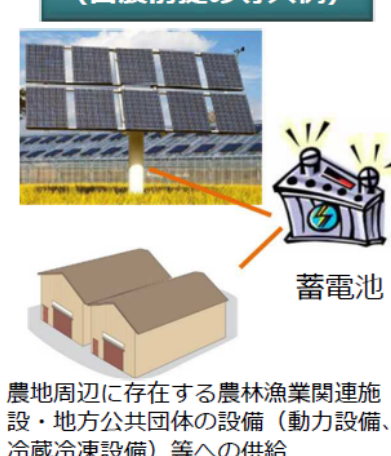
また、営農地における地域の実情に応じた、再生可能エネルギーの普及拡大を図るための方策が確立され、段階的なCO₂削減を図ることが可能となる。

さらに、地域特性に応じた蓄エネ等技術の導入方策が確立され、段階的CO₂削減が可能となる。

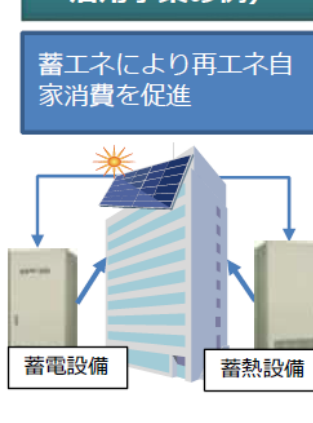
事業イメージ（課題対応の導入例）



（営農前提の導入例）



（蓄エネ等の導入活用事業の例）



廃熱・湧水等の未利用資源の効率的活用による低炭素社会システム整備推進事業 (担当: 地球環境局地球温暖化対策課地球温暖化対策事業室)

30年度予算額(案) 17.0 億円
 <公募開始時期:5月(予定)>

目的・意義

我が国では、人口減少や少子高齢化等社会状況が大きく変化しており、社会ストックを再構築する時期にきています。社会ストックによるCO2排出量は、一度整備されると長期にわたる固定化が懸念されることから、構築のタイミングで低炭素型のものへの政策誘導することが不可欠です。

このため、本事業では、未利用な資源を効率的に活用した低炭素型の社会システムを整備するために、エネルギー起源CO2の排出を抑制する設備等の導入又は設備の部品等の交換・追加する事業に対し、支援を行います。

事業内容

地域の実情に応じて、地域の未利用資源(熱・湧水等)の利用及び効率的なエネルギー供給システム等を構築し、地域の低炭素化や活性化を推進するモデル的取組に必要な設備等の導入経費を支援します。

- ①地域の未利用資源等を活用した社会システムイノベーション推進事業
- ②低炭素型の融雪設備導入支援事業
- ③地域熱供給促進支援事業

地中熱施工管理講座教材

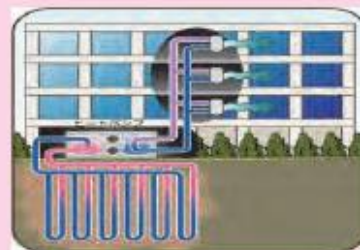
イメージ

事業所空調等の廃熱地域利用



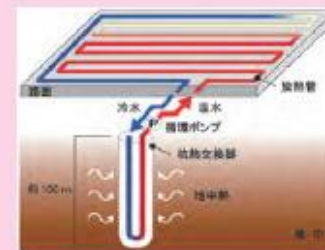
事業所の空調等の廃熱を病院、オフィス等に二次利用することにより低炭素化を実現。

地中熱・下水熱等活用型空調



地中熱・下水熱等の温度差エネルギーをオフィス等の空調に活用することにより低炭素化を実現。また、ヒートアイランド現象の抑制にも貢献。

地中熱等活用型融雪



低炭素型の設備を導入することにより、温室効果ガスの削減と同時に除雪・融雪に係るエネルギーコスト削減を図る。

地域で活用されていない資源を利用し、地域の低炭素社会づくりを推進

1-X. 地中熱の補助金（補講）

テキストの範囲外であるが、一般常識として補講する

省エネルギー投資促進に向けた支援補助金

平成30年度予算案額 **600.4億円（672.6億円）**

資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部
省エネルギー課
03-3501-9726

事業の内容

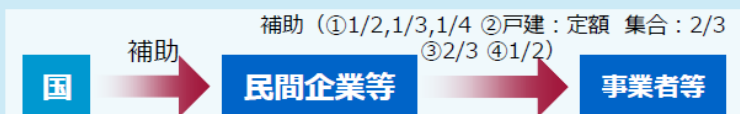
事業目的・概要

- 工場・事業場、住宅、ビルにおける省エネ関連投資を促進することで、エネルギー消費効率の改善を促し、徹底した省エネを推進します。
- ① 省エネルギー設備への入替支援
工場等における省エネ設備への入替促進のため、対象設備を限定しない「工場・事業場単位」（複数事業者が連携する設備入替も含む）、申請手続きが簡易な「設備単位」での支援を行います。
- ② ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH：ゼッチ）の導入・実証支援
ZEHの普及目標を掲げたZEHビルダーにより建築されるZEH+（現行のZEHより省エネを更に深掘りするとともに、設備のより効率的な運用等により太陽光発電等の自家消費率拡大を目指したZEH）の導入や集合住宅におけるZEHの実証等を支援します。
- ③ ネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB：ゼブ）の実証支援
ZEBの実現・普及のためのガイドライン作成、ZEBを推進する設計事務所や建築業者、オーナーの発掘・育成等を目的に、ZEBの構成要素となる高断熱建材・設備機器等を用いた実証を支援します。
- ④ 次世代省エネ建材の導入支援
既存住宅の断熱・省エネ性能の向上を図るため、工期短縮可能な高性能断熱建材や蓄熱、調湿等の付加価値を有する省エネ建材の導入を支援します。

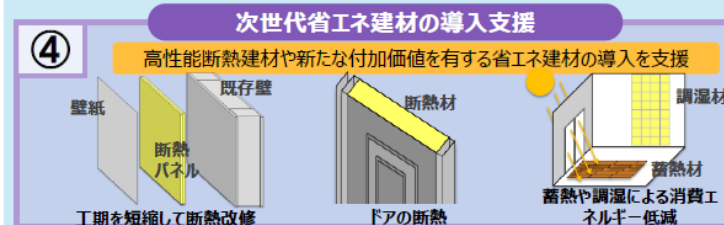
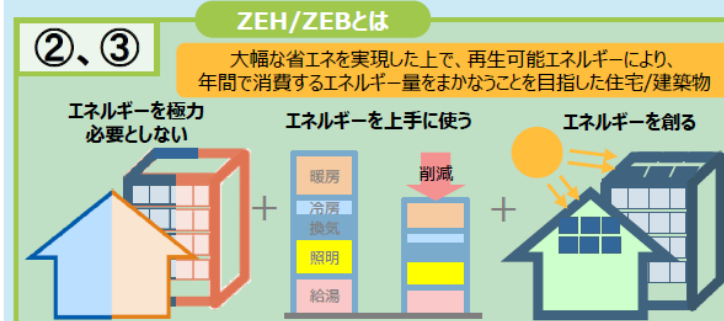
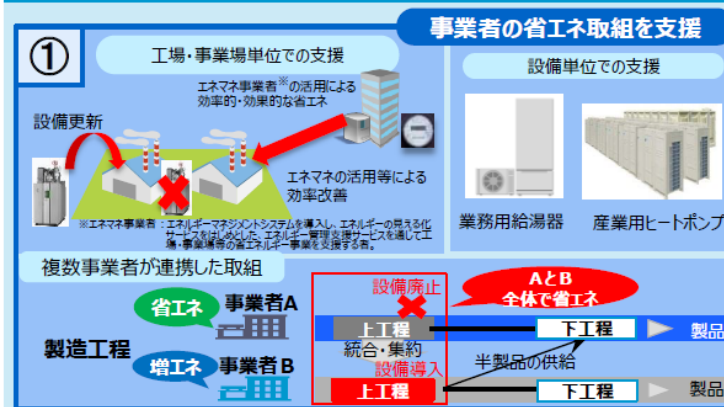
成果目標

- 平成42年省エネ見通し（5,030万kl削減）達成に寄与します。
- 平成32年までに新築戸建住宅の過半数のZEH実現と公共建築物におけるZEB実現及び、省エネリフォーム件数の倍増を目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ



1-X. 地中熱の補助金（補講）

テキストの範囲外であるが、一般常識として補講する



ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）化等による住宅における低炭素化促進事業（経済産業省・一部国土交通省連携事業）

平成30年度予算（案）
8,500百万円（新規）

背景・目的

- 2030年のCO2削減目標達成のためには、家庭部門からのCO2排出量を約4割削減しなければならない。
- その達成には、住宅の省エネルギー性能の向上等を図る必要があり、このためには、戸建・集合住宅におけるネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）のより一層の普及を促進する必要がある。
- 加えて、既存住宅の省エネ化に資する高断熱建材を用いた住宅の断熱改修を推進する必要がある。
- また、より低炭素性能の優れた先進素材や再エネ熱活用の普及を促進することにより住宅の低炭素化を促進する。

事業概要

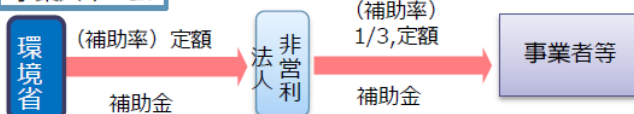
1. ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）化による住宅における低炭素化促進事業（経済産業省、国土交通省連携事業）

- ① 戸建住宅において、ZEHの交付要件を満たす住宅を新築・改修する者に定額の補助を行う。
- ② ZEHの要件を満たす住宅に、低炭素化に資する素材を一定量以上使用し、又は先進的な再エネ熱利用技術を活用した戸建住宅を建築する際に定額の補助を行う。
- ③ 分譲集合住宅及び賃貸集合住宅（一定規模以下）において、ZEH相当となるものを新築又は同基準を達成するように既築住宅を改修する場合に、追加的に必要となる費用の一部に定額補助を行う。

2. 高性能建材による住宅の断熱リフォーム事業（経済産業省連携事業）

- ①既存戸建住宅及び、②既存集合住宅について、高性能建材導入に係る経費の一部を補助する。
- 住宅用太陽光発電設備（10kWh未満）が設置されており、2-①の事業に加え、既存戸建住宅に一定の要件を満たした家庭用蓄電池、又は蓄熱設備を設置する者に対し設備費と工事費の一部を補助。

事業スキーム



事業概要

1. ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）化による住宅における低炭素化促進事業

- 補助対象 : 非営利法人 補助割合: 定額
 間接補助対象: 住宅（戸建、分譲集合、賃貸集合）を建築・改修する者
 補助率等 : ①及び③定額（70万円/戸）
 ②定額（上限額：90万円/戸）
 ※②は①に加えて交付
 ※蓄電池3万円/kWh（上限額：30万円）を別途補助
 事業実施期間: ①について：平成30年度～平成31年度
 ②及び③について：平成30年～34年度

2. 高性能建材による住宅の断熱リフォーム事業

- 補助対象 : 非営利法人 補助割合: 定額
 間接補助対象: 既存戸建住宅を改修する者、既存集合住宅を改修する者
 補助率等 : ①既存戸建住宅への高性能建材導入：1/3
 （上限：120万円/戸）
 ②既存集合住宅への高性能建材導入：1/3
 （上限：15万円/戸）
 ※家庭用蓄電池 設備費：定額（3万円/kWh、上限：1/3）
 工事費：定額（上限：5万円/台）を別途補助
 ※家庭用蓄熱設備等
 設備費及び工事費合わせて定額（上限：5万円/台）
 を別途補助
 事業実施期間: 平成30年度～平成31年度

期待される効果

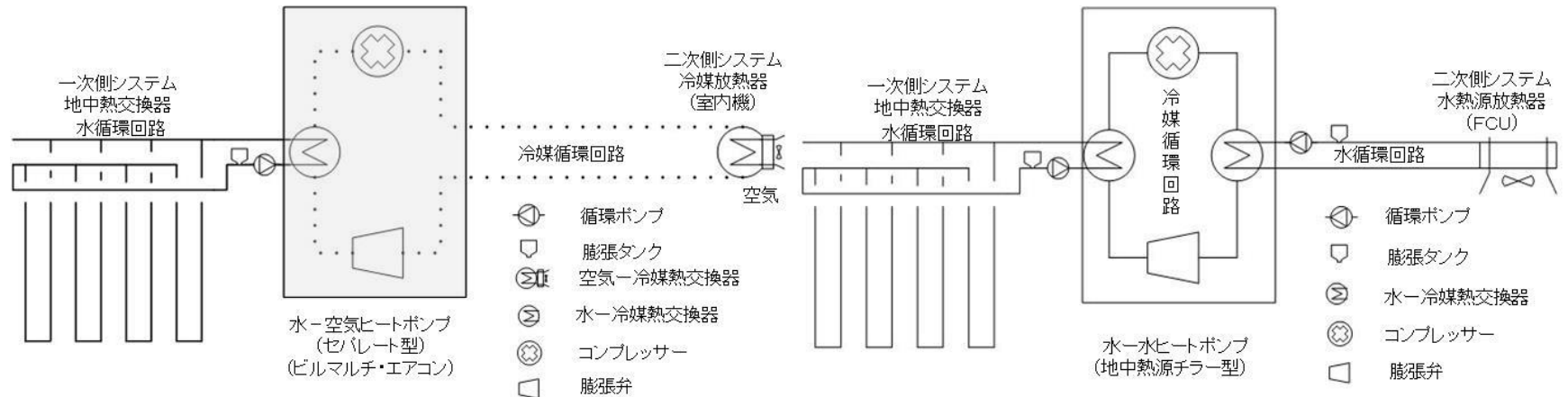
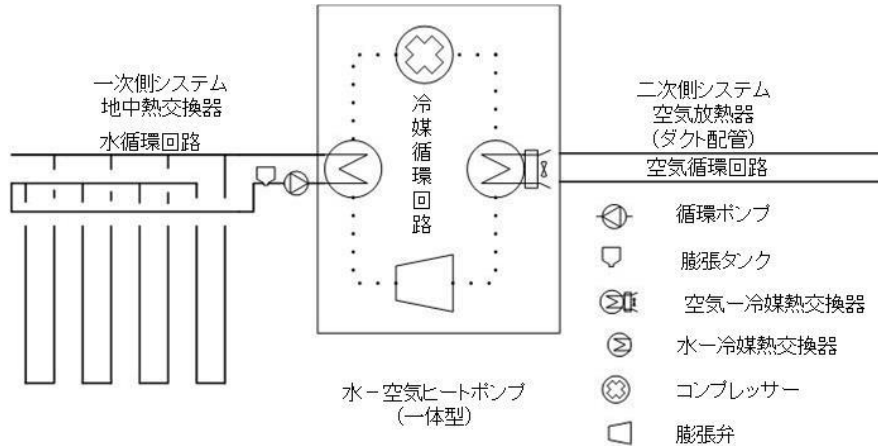
- 戸建住宅及び集合住宅のZEH化、断熱リフォームの推進による既存住宅の高断熱化等を進め、住宅の低炭素化を促進し、家庭部門のCO2削減目標達成に貢献する。
- 低炭素化に資する素材（CLT、CNF等）や先進的な再エネ熱利用技術等、低炭素性能に優れた素材等の普及の端緒を開く。
- 再生可能エネルギーの自家消費に対するインセンティブを提供することで、再生可能エネルギーの普及拡大を図る。

第2章 計画提案と設計

省エネルギー基準の適合義務化

2.4.1 ヒートポンプによる分類

(マニュアル本内の表現統一)

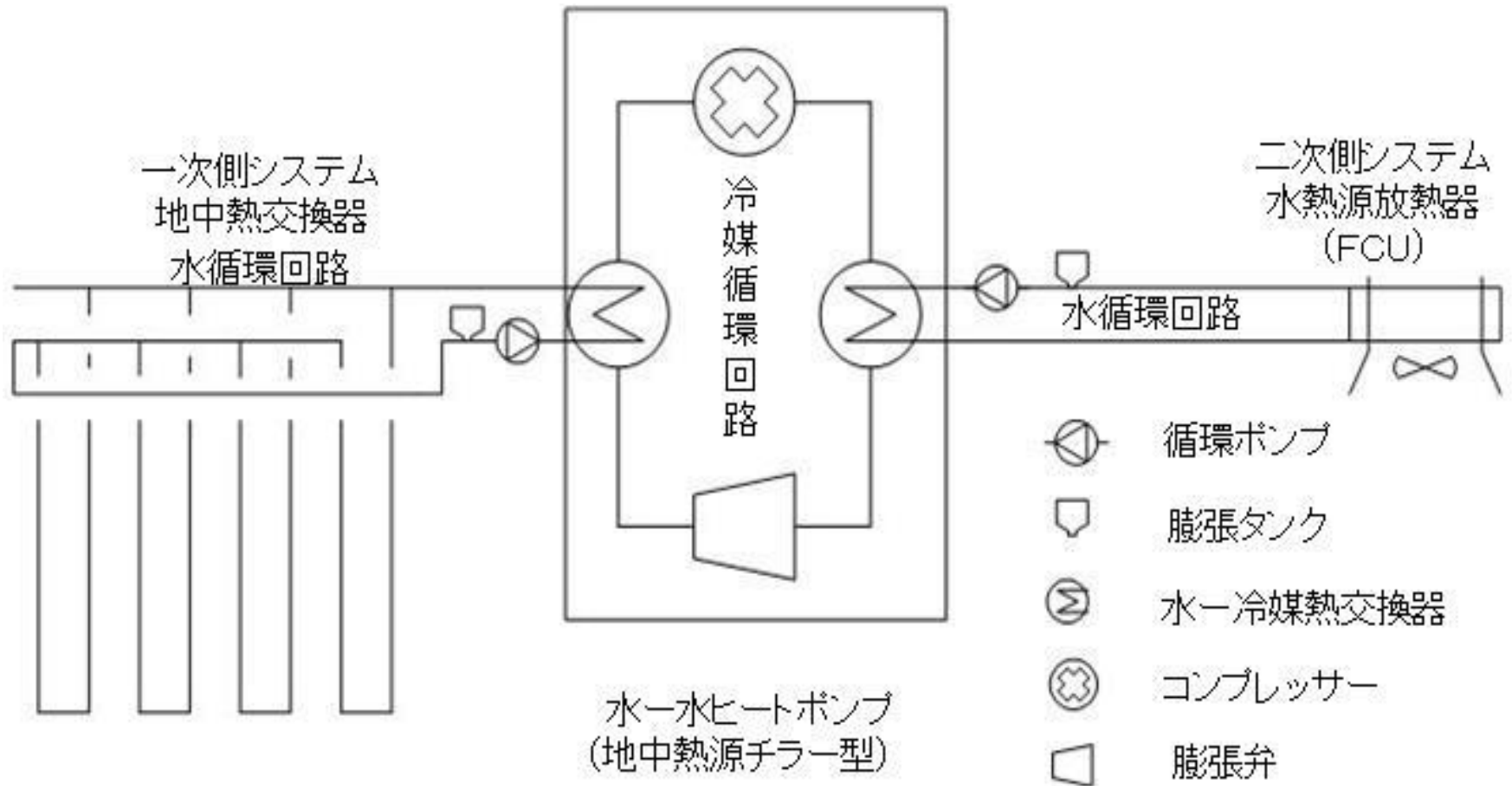


水-空気ヒートポンプ

水-水ヒートポンプ

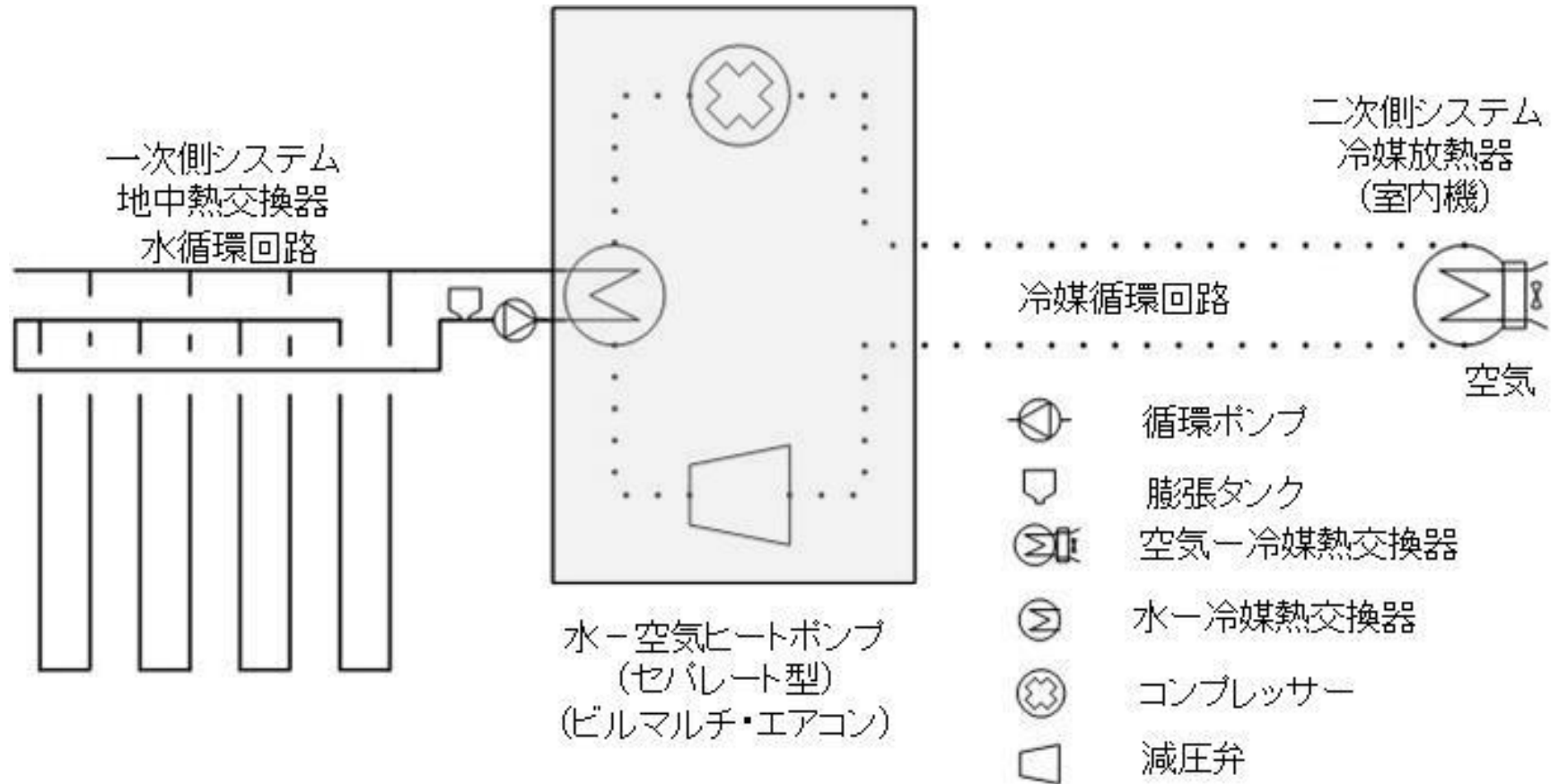
ヒートポンプによる分類(p.11)

(マニュアル本内の表現統一)



ヒートポンプによる分類(P.11)

(マニュアル本内の表現統一)



ヒートポンプによる分類(P.11)

(マニュアル本内の表現統一)

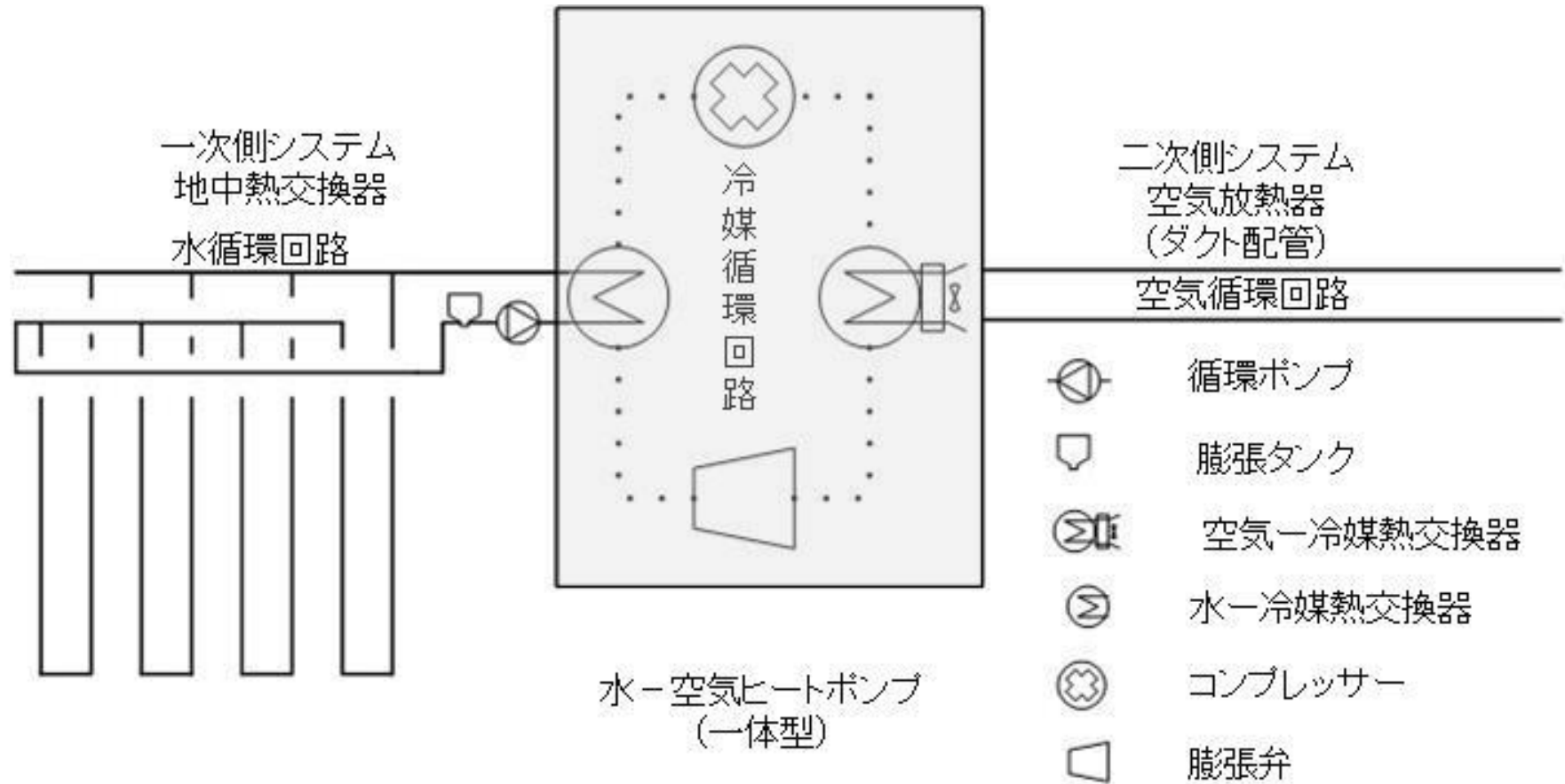
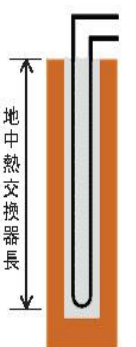
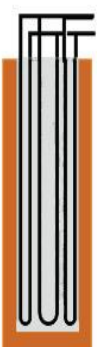
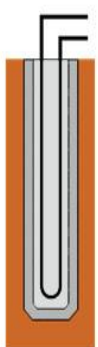
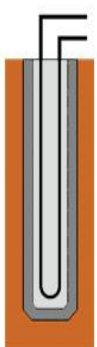
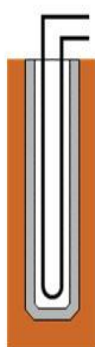
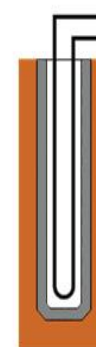
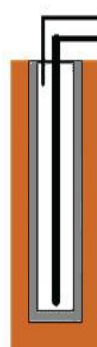


表3.1.1 主な熱交換方式 (2018補講)

本計算方法における地中熱交換器の分類	シングルUチューブ		ダブルUチューブ	大口径固体充填				間接型水充填		直接循環型水充填
充填材	珪砂、豆砂利、コンクリート等(固体)							水等(液体)		
単一熱交換器中のパス数 [※]	1パス		2パス以上	1パス以上						熱交換器中の充填水と直接交換
ボアホール孔径 杭径	200mm以下			200mm超					—	

地中熱交換器の例

名称	シングルUチューブ	ダブルUチューブ	スパイラルチューブ	U字状チューブ	既成コンクリート杭 (固体充填)	銅管杭 (固体充填)	場所打ち杭	既成コンクリート杭 (水充填)	銅管杭 (水充填)	二重管 (同軸)
方式	ボアホール	ボアホール	ボアホール	ボアホール	杭	杭	杭	杭	杭	ボアホール
水平断面図 (例)										
垂直断面図 (例)										
材質 孔径・杭径 (例)	高密度ポリエチレン (Uチューブ) 孔径100～200mm	高密度ポリエチレン (Uチューブ) 孔径110～200mm	高密度ポリエチレン 孔径約500mm以上	架橋ポリエチレン管 孔径約300mm以上	杭:コンクリート 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約500mm以上	杭:スチール 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約200mm以上	杭:鉄筋コンクリート 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径:約500mm以上	杭:コンクリート 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約500mm以上	杭:スチール 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約200mm以上	外管:スチール 内管:ポリエチレン、塩ビなど 孔径約200mm以下
充填	珪砂、豆砂利、 コンクリート	珪砂、豆砂利、 コンクリート	珪砂、豆砂利	珪砂、豆砂利、 コンクリート	珪砂	珪砂	コンクリート	水	水	水
熱媒	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水

※パス数: 一つの地中熱交換器の中の熱媒を通す経路数をここでは「パス数」と呼ぶ。例えばシングルUチューブでは、地上から地中熱交換器に入り地表に戻る配管は1経路であることから「1パス」となる。このときに水平断面では2つの配管断面が現れることになる。

熱交換器による分類(オープンループ) (2018補講)

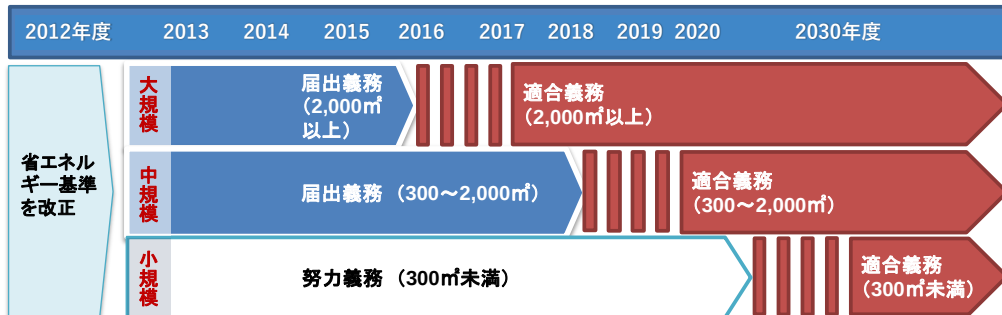
ヒートポンプ直接導入・・・水質が良い場合

熱交換器	地上	プレート式 シェルアンドチューブ
	投込（浸漬型）	バスケット型（シート型） エクセルヘックス NAS型投込式 など

省エネルギー基準の適合義務化

- エネルギー基本計画（第四次計画） 平成26年4月閣議決定
 - 『2020年までに新築住宅・建築物について段階的に省エネルギー基準の適合を義務化する』
- 建築物省エネ法 平成27年7月公布

低炭素社会に向けた住まいと住まい方の推進に関する工程表（抜粋）

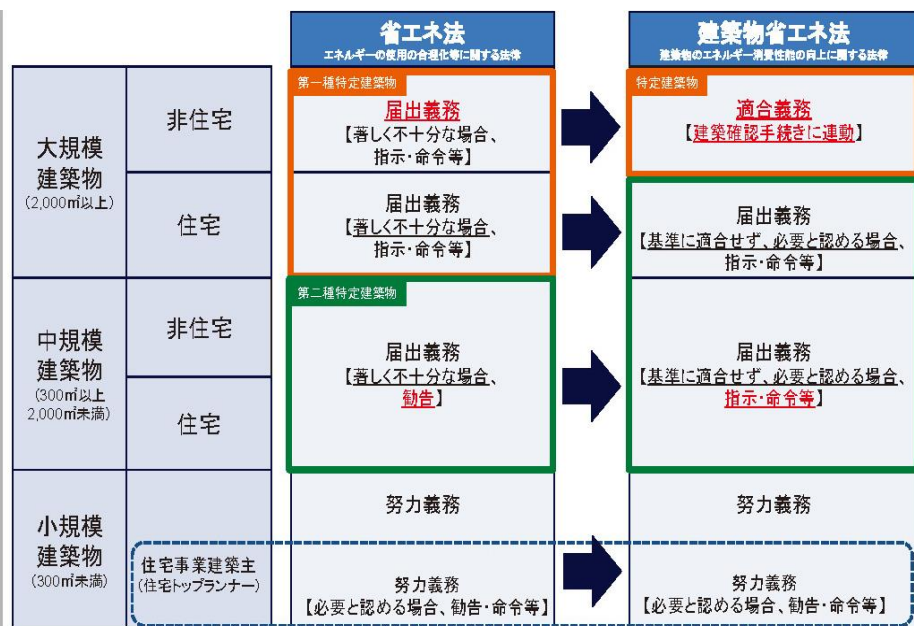


出典: <http://www.mlit.go.jp/common/000216966.pdf>

22

1. エネルギー基本計画（第4次計画）平成26年4月閣議決定 で、2020年までに新築住宅・建築物について段階的に省エネルギー基準の適合を義務化することが、決定された。
2. 平成27年4月に2000m²以上の大規模な建築物の適合義務が課せられる。

省エネ法と建築物省エネ法の比較(新築)

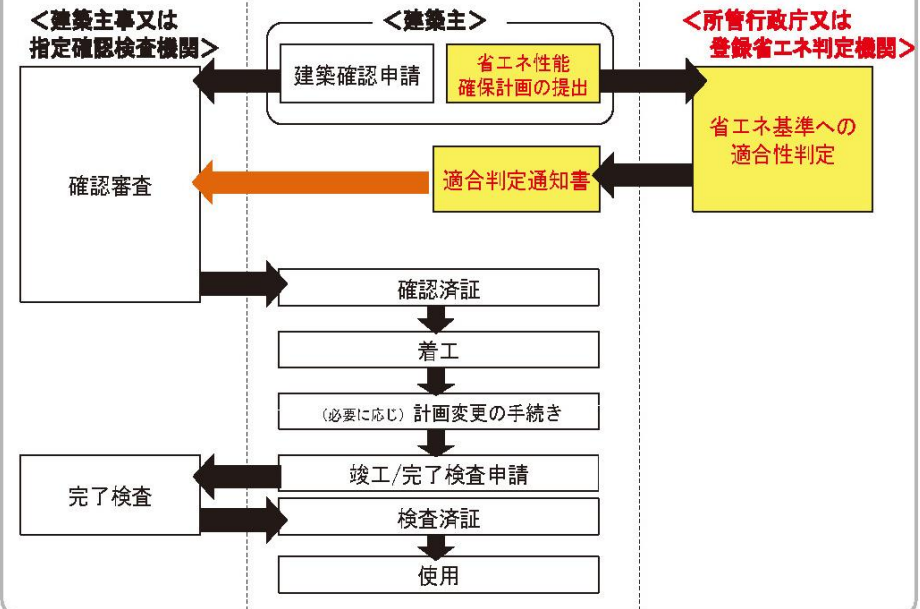


出典: http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s204_handan01.html

23

1. 現在の省エネ法と建築物省エネ法の比較を説明する。
2. 2000m2以上の大規模建築物から、届出義務から適合義務に変わる。
3. これまでは、基準に適合しているかどうかの確認だけが求められたが、これからは、基準に適合していなければ建築できなくなる。

省エネ適合性判定及び建築確認・検査のスキーム概要（全体の流れ、§11～18）

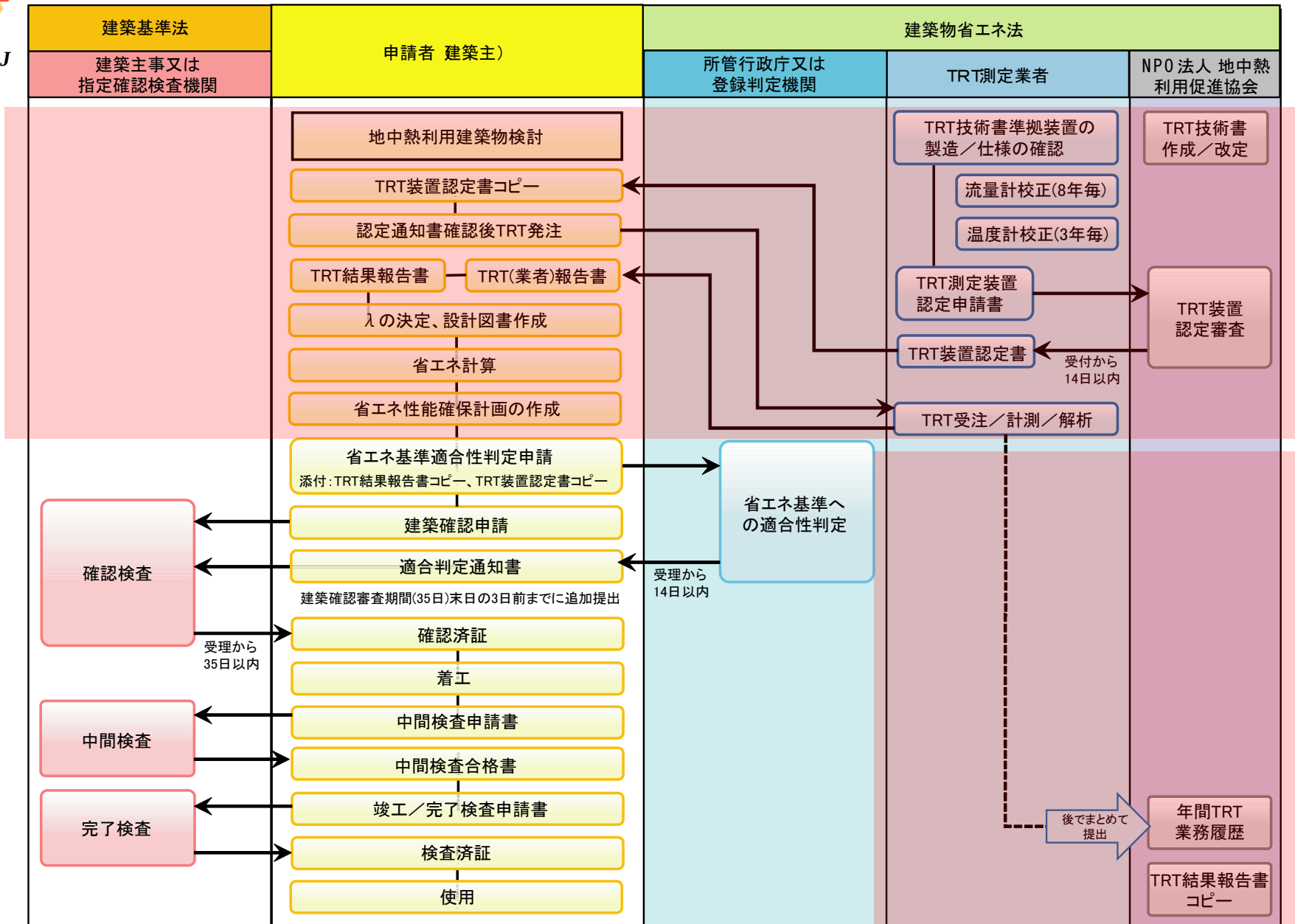


出典: http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s204_handan01.html

24

1. 設計審査を受けるためには、建築確認申請の他に、適合性判定通知書非必要となる。

省エネ適合性および建築確認・検査、TRT装置認定のスキーム概要 (2017)



後でまとめて
提出

年間TRT
業務履歴

TRT結果報告書
コピー

TRTデータ

設計図書

Webプログラム

地中熱交換器タイプ確認シート

熱源入力シート

Webプログラムでの計算

省エネ性能確保計画書

省エネ基準への適合性判定

地盤の有効熱伝導率 (λ) の決定

3つの方法がある。(選択)

- ①TRT による方法
- ②土質柱状図から算定する方法
- ③デフォルト値 ($\lambda = 1.2$) を使う方法

TRT 装置認定書の取得

TRT 実施

・TRT の方法は、『TRT 技術書』に準拠する

地中熱利用の設計図書の作成

(建築物と設備全体の設計図書も別に必要です。)

『地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法』に記載の方法で、設計図書から**入力情報**を整理。

- ・地中熱交換器の種類
- ・地盤の有効熱伝導率 (λ)
- ・地中熱交換器長
- ・地中熱ヒートポンプの能力 など

『地中熱交換器タイプ確認シート』へ入力情報を入力 → 地中熱タイプ (出力)

WEB プログラムでの計算

熱源入力シートの「熱源機種」に地中熱タイプを入力 → BEI 値 (出力)

「省エネ性能確保計画書」の作成

BEI 値を書き込み、その他必要事項も書いて完成させる。

「省エネ基準への適合性判定」の申請

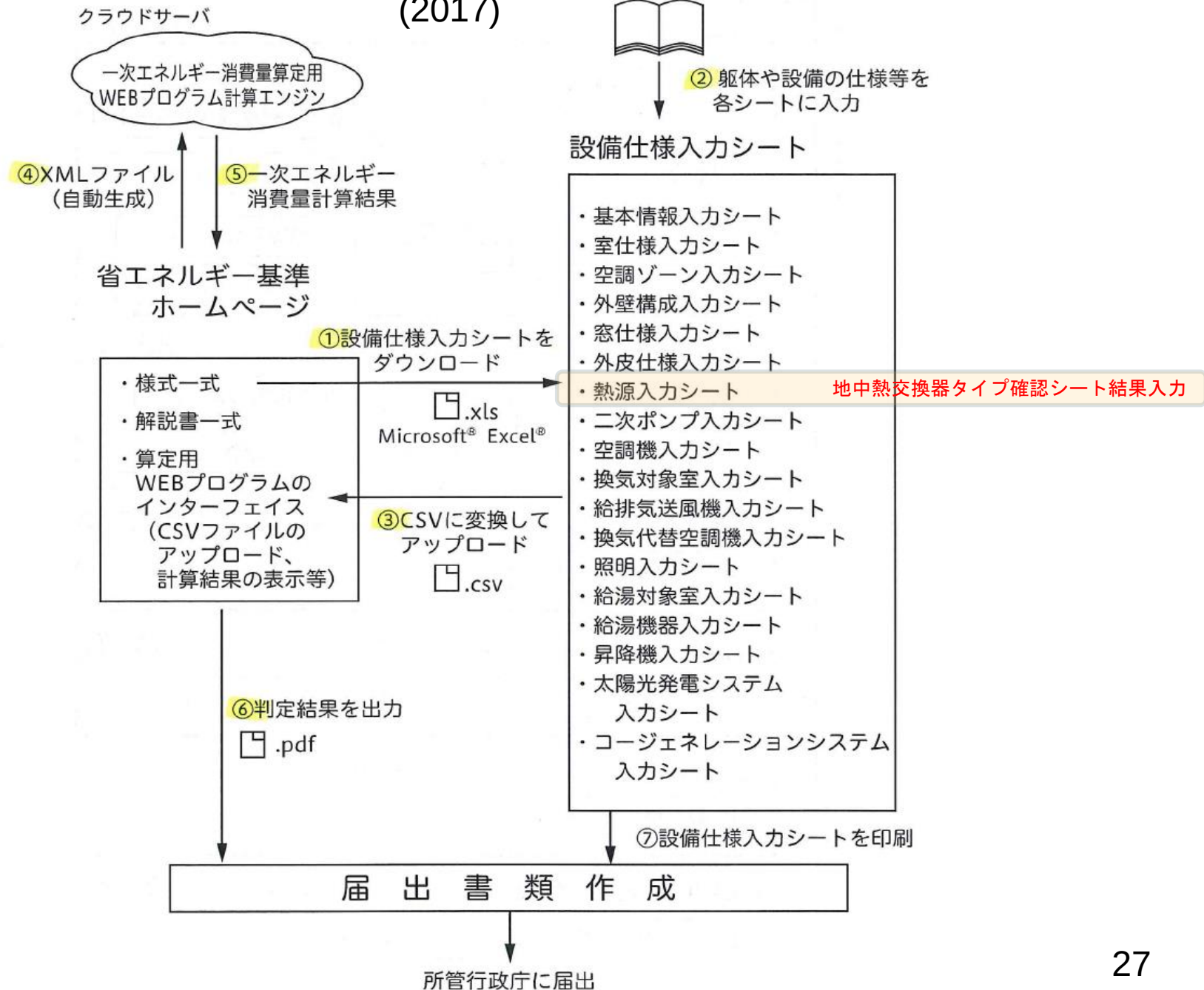
「省エネ性能確保計画書」を提出

添付図書 ・地中熱利用の設計図書

λ を TRT で求めた場合は、

- ・TRT 装置認定書
- ・TRT 結果報告書 など

1. 省エネルギー基準の適合化義務化 (2017)



- 一次エネルギー消費量に関する基準（BEI）
 - 設備ごとの効率評価（CEC）から、**全設備合算の一次エネルギー消費量（BEI）**による評価に。
- 「**室用途**」毎に**基準値**を規定
 - 標準的な使われ方（**標準室使用条件**）を規定。
- 対象設備は変更なし（空気調和設備、機械換気設備、照明設備、給湯設備、昇降機、エネルギー利用効率化設備）
 - これらの一次エネルギー消費量に「**その他一次エネルギー消費量**」を加えた値で判定を行う。

地中熱利用システムの評価

- 省エネ基準（規制）においては
 - 計算過程の確からしさ < 審査における公平性
 - 評価に使うパラメータをどのように準備させるか
 - 地盤の細かな物性値 ← 審査できない
 - 複雑なロジックではなく、判りやすいロジックを
 - ブラックボックスでユーザが検証不能なプログラムでは省エネは達成できない。
- ターゲットを絞ったうえで
 - 地盤の熱応答モデルの開発（国総研・建研）
 - TRTの規格化（地中熱利用促進協会）

簡易なツールの提供 (2017)

- Webプログラムとして公開（約1500人／日利用）
- 地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法

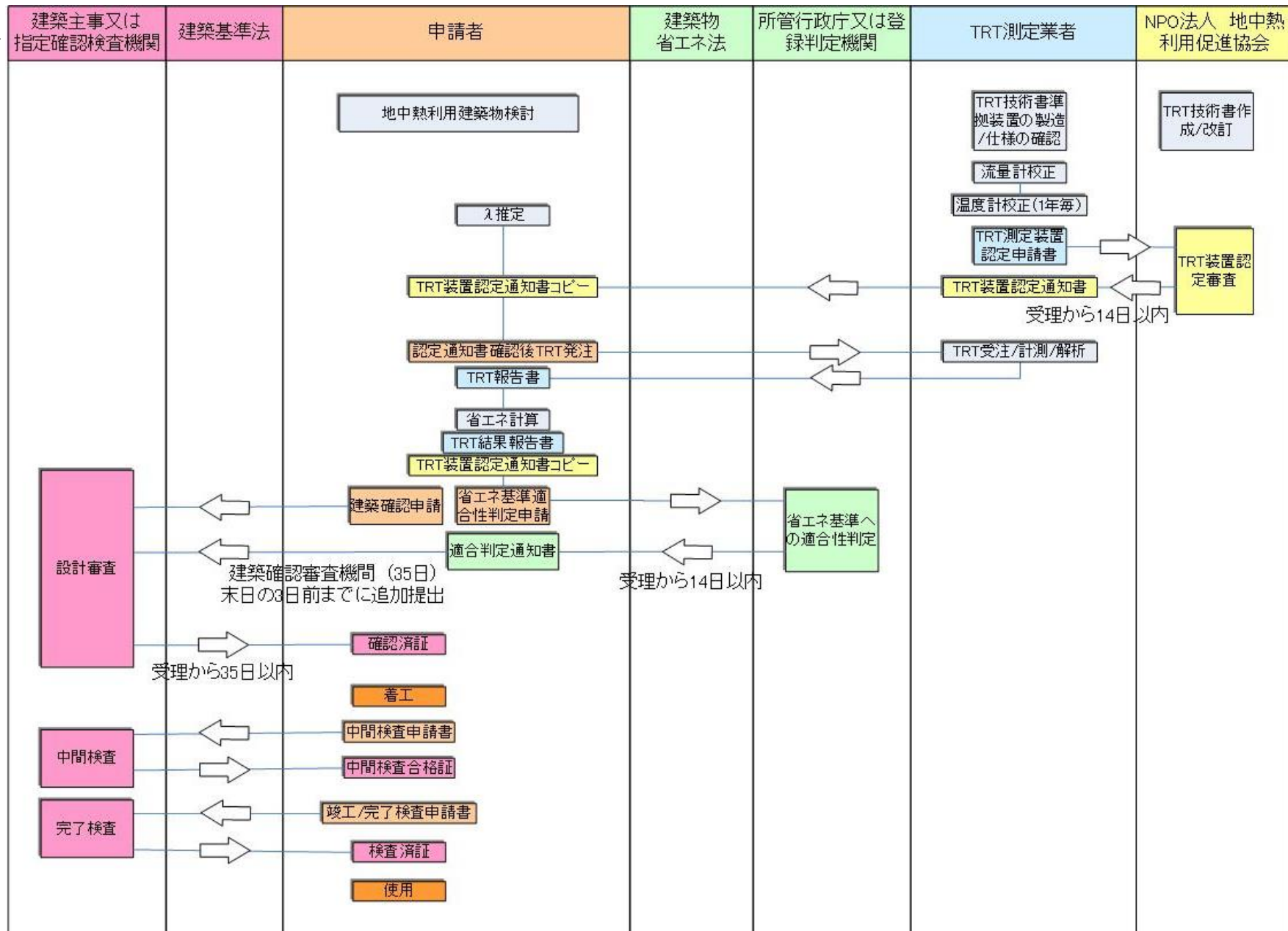
<http://www.kenken.go.jp/becc/building.html>

1. 適用範囲

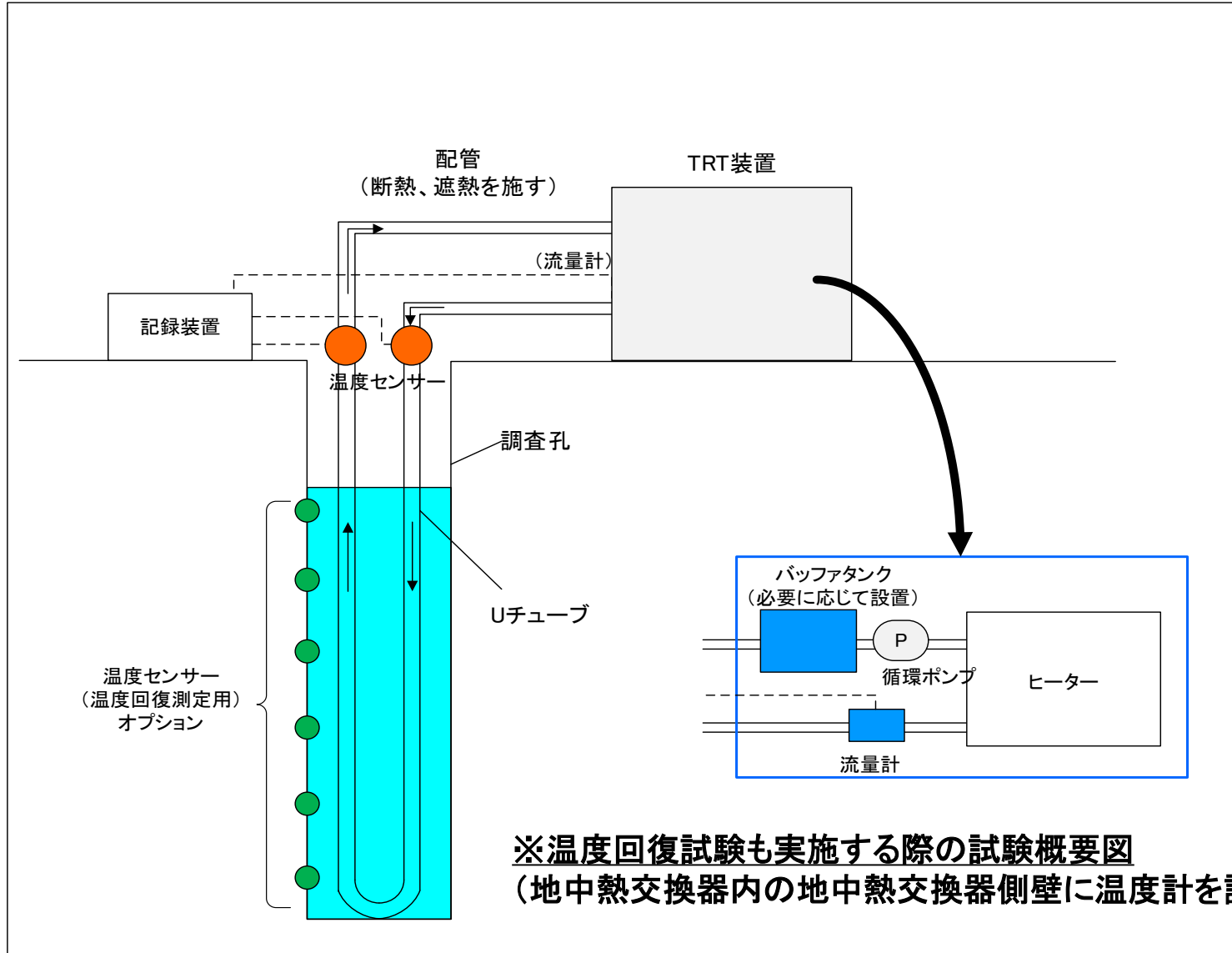
本計算方法は、以下に示す地中熱利用システムの一次エネルギー消費量を算定するにあたって必要となる、地中熱交換器から戻ってくる熱源水温度の計算について適用する。

- ・空調のみに利用するシステムを対象とする。給湯、融雪、もしくはそれらの複合用途で利用されるシステムは対象外とする。
- ・間接方式のヒートポンプシステムを対象とする(図1)。
- ・クローズドループ型を対象とする(図1)。オープンループ型は対象外とする。
- ・地中熱交換器が、垂直埋設型ボアホール方式のシングルUチューブ、または、ダブルUチューブであること。または、水平埋設型であること。
- ・地中熱ヒートポンプシステムの熱媒体は、地盤側が水(不凍液を含む)、需要側が空気(直膨式)もしくは水であること。

建築確審査、省エネ適合性及びTRT装置認定のスキーム概要



2.7.1 熱応答試験 熱応答試験概要図



TRT業務時のポイント 1

作業項目	留意点
地中熱交換井掘削後	・ Uチューブの必要深度に温度計を取付けて降下（温度プロファイルを求める場合） ・ Uチューブ設置完了後、温度計の動作チェック、Uチューブ内のエア抜き、水圧試験
TRT機器の準備と配管	・ モニタリング機器類のチェック、電源チェック（発電機 or 商用電力）、電圧の確認（100V or 200V）
循環試験開始時	・ 3日間程度放置して、自然状態に復帰してから試験開始 ・ ヒーターをオフにしたまま30分程度循環流体の循環を行い、循環水流体温度が安定するのを確認した後、試験開始 ・ 電圧変動、停電を発生させないように留意。発生時には状況に応じて再試験を実施することになるが、地中温度が回復してから開始する。 ・ 発電機を使用する場合は、電圧変動、燃料補給に注意 ・ 所定時間の試験を行い、データ状況を確認の上、回復試験に移行する。

TRT業務時のポイント2

作業項目	留意点
温度回復試験開始時	・（温水循環試験において）所定時間経過後に循環を停止し、モニタリングを継続したまま回復試験を開始
機器の撤去	・ 試験終了後はUチューブ端部を保護し、収録データの状況を確認の上、機材撤去
解析とシミュレーション	・ 循環時法、回復時法、ヒストリーマッチング法の内、二つ以上の方法を用いて有効熱伝導率を算出 ・ 地中熱ヒートポンプシステムの利用法、ヒートポンプ出力、運転時間等の設計条件でシミュレーションを実施し、必要な地中熱交換器の長さを算出。この際にヒートポンプの性能曲線が必要。 ・ TRTで得られた有効熱伝導率は、その場所における代表値として適当であるかの評価、確認（地質・地下水情報との比較、泥水壁が出来ていないかの検討）。 ・ 対象エリアが広く、地下条件に差異が想定される場合には、TRTの井戸を増やす。
施工管理上の注意点	・ TRT実施井戸と地中熱交換器施工時は同様の掘削手法を適用する（例えば、TRT実施井戸が「清水掘削」、施工時は「泥水掘削」とした場合には、有効熱伝導率の低下または熱抵抗の増加が懸念される）。

第3章 地中熱交換井

地中熱交換器の詳細と定義 (P.43)

G. L.

埋設標識シート
土被り300mm程度

横引き配管

Uチューブ
(地中熱交換器)

充填材

地中熱交換井

重り

掘削径

横引き配管
埋設深度
(凍結深度以下)

地中熱交換器長さ

余長

地中熱交換井掘削深度

地中熱交換井掘削深度とは

地中熱交換器長さ＋横引配管埋設深度＋余長

と定義する。

★ 余長＝重り長等

「地中熱交換井の長さ100m」あるいは「深さ100mの地中熱交換井」と言えば、地中熱交換器(Uチューブ)の有効長が100m以上ということである。

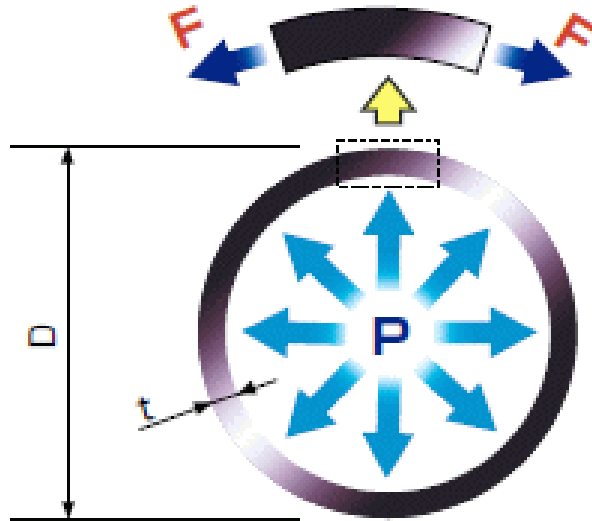
Uチューブに求められる特性・仕様

特 長	備 考
長期耐久性	地中での材料の劣化や破損のリスクが低く製品寿命が長いこと。
防食性・耐薬品性	海が近く塩害の影響がある地域でも使用が可能。また、耐薬品性があり劣化しにくい材料。
地中で少ない接続部	メーカーで融着加工された先端U字部の接続箇所以外に継ぎ目がなく長尺品で地中に埋設することが可能なこと。
システム温度に対応	システムの流体温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 位でも使用可能であること。
可とう性・耐震性	可とう性があり地震時も漏水リスクが少ないこと。
信頼性の高い接続継手	地中埋設する配管は熱融着により接合し、高い接合品質を確保できる

Uチューブの注意点

特 長	備 考
保 管	金属管と比較して柔らかく、傷がつきやすいため保管時など傷がつかないように注意する。
紫外線対策	保管時や施工後に長期間紫外線にあたると徐々に劣化していくのでブルーシートなどで覆い紫外線の対策をする必要がある。
施工時の傷	カッターや鋭利な工具を使用した施工では、管を傷つける恐れがあり、漏水につながるので注意する。
火気の注意	管の周囲では火気の使用に注意する。特に火花が管にあたると穴があく恐れがある。

(2) 管の耐久性



パイプ内の流体により内側から均等に圧力(P)がかかります。

圧力(P)によりパイプ断面には外側へ延びる力が働き、周方向に引っ張られます。

この力のつり合いを式に表すと

$$\frac{F \times t}{\text{(周方向応力} \times \text{厚み)}} = \frac{P \times (D/2 - t/2)}{\text{(内圧} \times \text{管厚中心半径)}}$$

(2) 管の耐久性

$$F \times t = P \times (D/2 - t/2)$$

を變形すると

$$\begin{aligned} F &= P \times (D/2 - t/2) / t \\ &= P \times (D - t) / 2t \quad \dots \text{Nadayの式} \\ &= P \times (D/t - 1) / 2 \end{aligned}$$

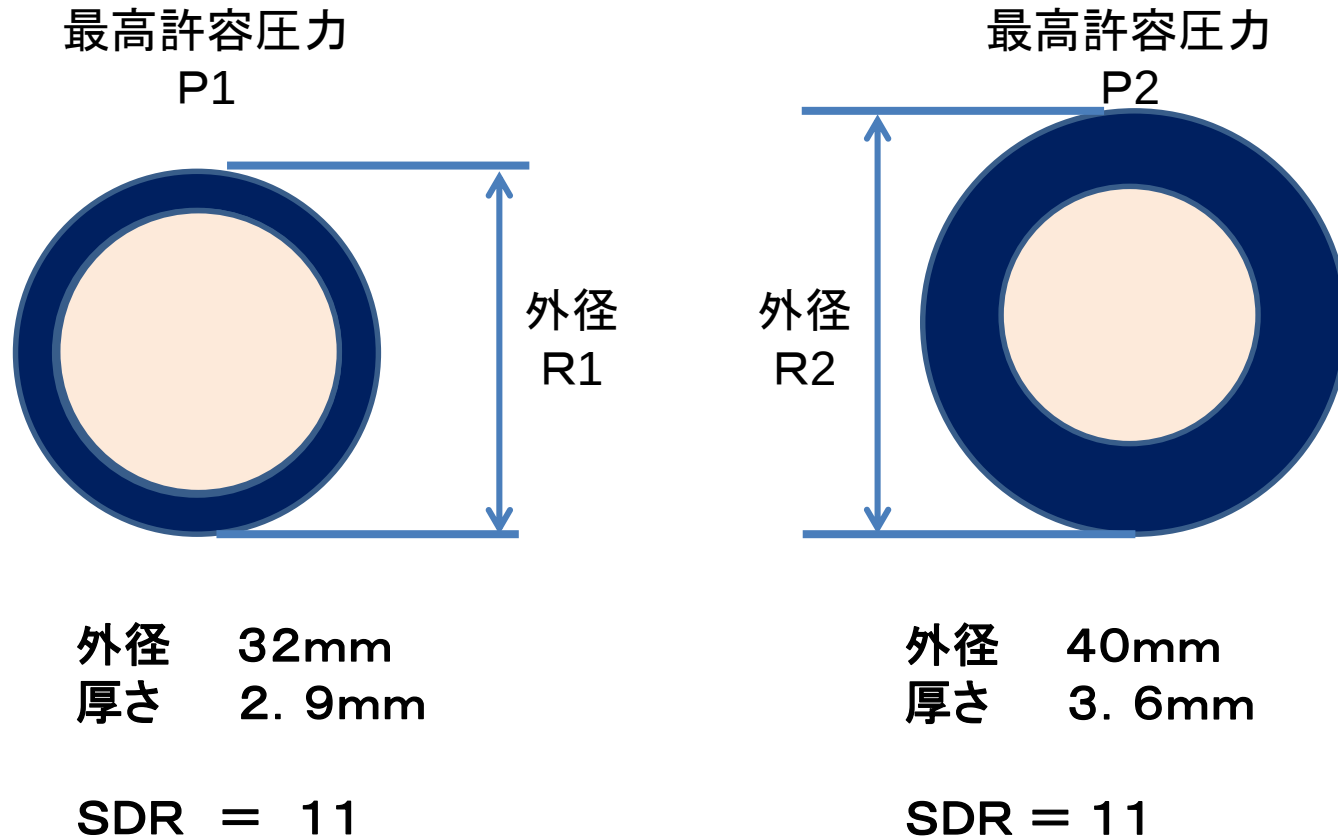
ここで、

$$D/t = \text{SDR (Standard Dimension Ratio)}$$

周方向応力(F)が一定(PE100は10.0MPa)とすると、内圧(P)は SDR(=D/t) で 決定される。

同じ材料でSDRが同じであれば最高許容圧力は同じである。

(2) 管の耐久性



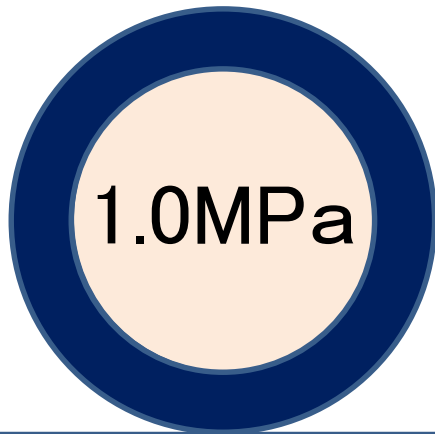
最高許容圧力
P1 = P2

(3) 使用温度と使用圧力 (P.45)

同じサイズのパイプで、管内圧力が使用圧力範囲内であっても、パイプにかかる温度が使用温度を超えると短期間で破壊することがある。

※露出配管で夏場の直射日光にあたるとパイプ表面温度が60℃を超えることもある。

流体温度 20℃



流体温度 60℃

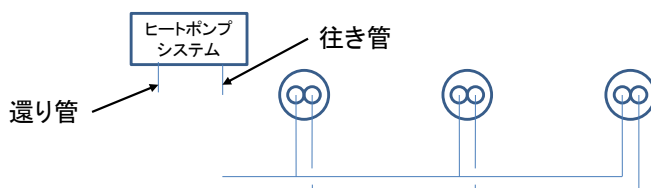


第4章 配 管

4.1.1 配管方式の選定(P.72)

並列方式の演習問題① (補講)

問題1 図のように3本の地中熱交換器を並列方式(パラレル方式)で接続する。残りの配管を書き足しなさい。



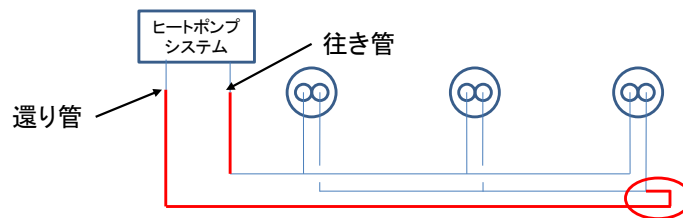
各ボアホールの配管経路の長さが
ほぼ等しくなる様に計画

並列方式の特徴を覚えることはそれ程難しくありませんが、実際に系統図を書こうとすると意外できない様ですので、並列方式の演習問題でもう少し解説します。問題1の3本の地中熱交換器を並列方式接続します。ポイントは各ボアホールの配管経路の長さがほぼ等しくなる様に計画することです。

4.1.1 配管方式の選定(P.72)

並列方式の演習問題① (補講)

解答

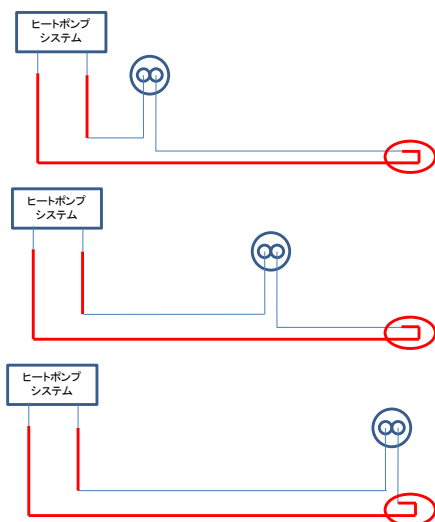


解答は図の様になります。

4.1.1 配管方式の選定(P.72)

並列方式の演習問題① (補講)

解説



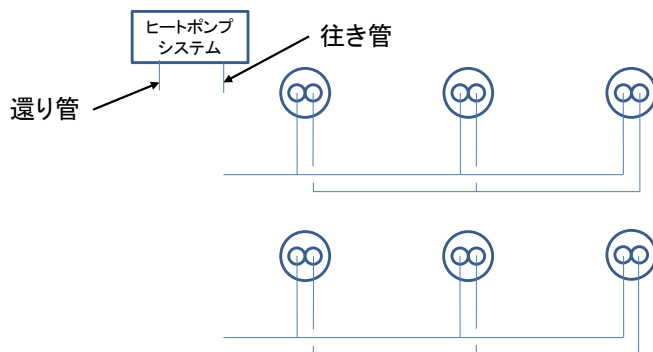
各ボアホールに分けて
書くと配管経路の長さが
ほぼ等しくなっている
ことがわかる

解答の図を各ボアホールに分けるとこの様になり、配管経路の長さがほぼ等しくなっていることがわかります。頭の中でこの様なイメージが描けると理解できたと言えます。

4.1.1 配管方式の選定(P.72)

並列方式の演習問題② (補講)

問題2 図のように6本の地中熱交換器を並列方式(パラレル方式)で接続する。残りの配管を書き足しなさい。

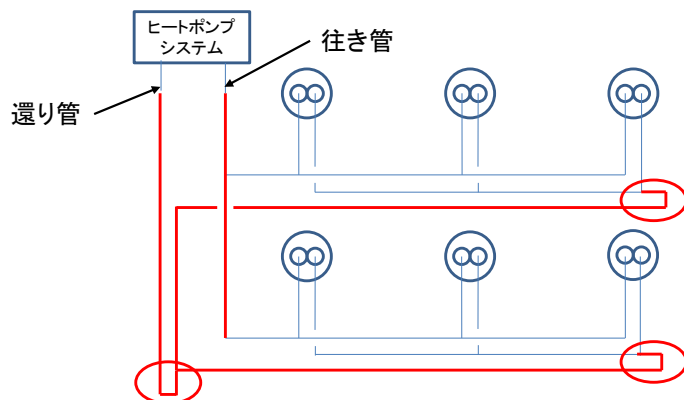


メイン配管経路が複数となる場合の演習問題です。演習問題①と同様に配管経路の長さがほぼ等しくなる様に計画してください。

4.1.1 配管方式の選定(P.72)

並列方式の演習問題② (補講)

解答



解答は図の様になります。問題1と同様に各ボアホールに分けて書くと理解が深まりますので実際に書いてみてください。

4.1.2 その他のチェックポイント

ヘッダーの留意点 (補講)



日本を元気にする産業技術会議シンポジウム(2012.6.8)資料より引用

- ヘッダー材質は設置条件により選定
鋼管・SUS・樹脂が一般的に使用されている
- ヘッダーには流量計・バルブ・圧力計を設置
ヘッダー系統数、モニタリング計画及び経済性を考慮

4.4.2 埋設配管

井戸元配管 (補講)



日本を元気にする産業技術会議シンポジウム(2012.6.8)資料より引用

- 横引き配管前に水圧試験を実施
- ボアホール工事完了から横引き配管施工まで期間が空く場合は井戸元配管の堅固な養生と現場全体への注意喚起が必須
(外構工事等で壊される事例が多い)

48

ボアホールに挿入したUチューブの頂部の配管を井戸元配管と呼びます。井戸元配管から埋設する横引き配管を施工する前に水圧試験を実施します。

ボアホール工事完了から横引き配管まで期間が空く場合は井戸元配管の堅固な養生と現場全体への注意喚起が非常に重要になります。

これまで外構工事などの他工種工事により井戸元配管部分が壊されるという事例が多く見られます。

4.4.2 埋設配管

井戸元配管 (補講)



日本を元にする産業技術会議シンポジウム(2012.6.8)資料より引用

- 井戸元配管の継手は一般的に地中埋設となる為、EF継手による電気融着が望ましい
(メカニカル接合の場合は点検用マンホール必須)
- 配管の圧力損失が大きくなるように、エルボやチーズ等を用いてシンプルに接続

49

井戸元配管の継手は一般的に地中埋設となる為、EF継手による電気融着を推奨します。メカニカル接合を採用する場合は点検用にマンホールを設置する必要があります。

ダブルUチューブの場合は行き管と還り管が2本づつになり、井戸元配管で行き管同士、還り管同士を接続することが一般的です。

この際、圧力損失が大きくなるように考慮してエルボやチーズ等を用いてシンプルに接続することが重要です。

地中熱ヒートポンプシステムの施工管理

配管工事の主な留意点 (補講)

施工管理項目	留意点
配管工事	・EF接合以外の接続を行っていないか確認 メカニカル接合の場合はハンドホール設置 ・EF接合のインジケータ有無確認(ダブルチェック) ・誤接続が無い配管経路の確認(ダブルチェック) 特に並列方式は要注意 ・埋設配管深さの検尺 特に寒冷地では凍結深度以上になっているか確認 寒冷地以外でも埋設深さが浅い場合は保温を検討 ・水圧検査の実施(埋戻し前) ・埋設標識シートの敷設(土被り300mmを標準) ・地表面に埋設標設置 ・ヘッダー廻りの施工状況確認 点検スペース、流量計、バルブ、圧力計、計測用 熱電対などが計画通りとなっているか

4.3.2 不凍液の種類 (P77 補講)

グリコール系不凍液の区分

不凍液の主成分	略 称	物質名	化学式	CAS番号
プロピレングリコール	PG	1,2-プロパンジオール	$C_3H_8O_2$	57-55-6
エチレングリコール	EG	1,2-エタンジオール	$C_2H_6O_2$	107-21-1
トリメチレングリコール	PDO	1,3-プロパンジオール	$C_3H_8O_2$	504-63-2

共通の特徴は『第4類第3石油類』
 消防法上の引火性液体及び水溶性液体で指定数量:4000L(=4m³)

51

プロピレングリコールとトリメチレングリコールはプロパンジオールの異性体
 $CH_3CH(OH)CH_2OH$
 1,2-プロパンジオール

$HOCH_2CH_2CH_2OH$
 1,3-プロパンジオール

指定数量は濃度100%の場合(濃度30%ならば12000L=12tまでは有資格者の立合いは不要)

4.3.2 不凍液の種類 (P77 補講)

不凍液の濃度についての解説①

プロピレングリコール濃度60%vol
の市販不凍液 ブリキ缶18L

プロピレングリコール 60%	水 40%
-------------------	----------

希釈用の水道水

水 18L



プロピレングリコール	水	水
------------	---	---

溶質:プロピレングリコールの体積
 $18L \times 60\% \rightarrow 18 \times 0.6 = 10.8L$

濃度 = 溶質 / 溶液 なので
 $10.8L / 36L = 0.3 \Rightarrow 30\%vol$

4.3.2 不凍液の種類 (P77 補講)

不凍液の濃度についての解説②

【要求事項】プロピレングリコール(PG)不凍液で、 -20°C 対応、総水量860Lの循環液を調達する。市販品のPG不凍液の濃度は67% volである。

- 1) 凍結温度は主成分(この場合はPG)の濃度に依存する
テキストP.83 図4.3.2 により -20°C に対応するにはPG濃度が40%volとわかる。
- 2) 次に総水量に対するPGの体積を計算する。
 $860\text{L} \times 40\% \rightarrow 860 \times 0.4 = 344$ ※これは濃度100%のPGの体積
- 3) 市販品のPG濃度は67%。この不凍液でPG344L分を賄うには・・・
 $344\text{L} \div 67\% \rightarrow 344 / 0.67 \div 513$ ※これが必要な市販品の体積
- 4) 希釈する水の体積を求める 総水量－不凍液 $860 - 513 = 347$

したがって要求事項を満たすには、市販不凍液513Lと希釈水347Lが必要

不凍液の濃度に関する設問(1)

クローズドループの保有水量が600Lであり、プロピレングリコール(PG)濃度が20%volであった。これを30%volに補正したい。

【設問1】

パワーシスターン(加圧給水機)を用いて80%vol濃度の不凍液を充填し、十分に攪拌させて濃度を30%volとしたい。保有水を抜かずに実施する場合80%volの不凍液は何L必要か？

- 1) 加える80%vol不凍液の量をXLとする。これに含まれるPG量は0.8Xと表せる。
- 2) 総水量は $(600+X)$ Lとなり、この中に含まれるPG量は・・・
現状のPG $600\text{L} \times \text{濃度}20\% \rightarrow 600 \times 0.20 = 120$
加わるPGの量 $0.8X$ したがって総水量 $(600+X)$ Lに含まれるPGの量は $120+0.8X$ となる
- 3) 濃度＝溶質／溶液 $\rightarrow$ この場合は 含まれるPG量／総水量
- 4) 含まれるPG量／総水量＝30%としたいので、次の式が成り立つ・・・
 $(120+0.8X) / (600+X) = 0.3$
 $120+0.8X = 0.3(600+X) \cdots$ これを解くと、 $X=120$ となる。
- 5) したがって、80%vol不凍液が120L 必要。

不凍液の濃度に関する設問(2)

クローズドループの保有水量が600Lであり、プロピレングリコール(PG)濃度が20%volであった。これを30%volに補正したい。

【設問2】

横引き配管より50L抜いてから実施した場合、80%volの不凍液は何L必要か？

- 1) 加える80%vol不凍液の量をXLとする。これに含まれるPG量は $0.8X$ と表せる。
- 2) 総水量は $(550+X)$ Lとなり、この中に含まれるPG量は・・・
現状のPG $550\text{L} \times \text{濃度}20\% \rightarrow 550 \times 0.20 = 110$
加わるPGの量 $0.8X$ したがって総水量 $(550+X)$ Lに含まれるPGの量は $110+0.8X$ となる
- 3) 濃度＝溶質／溶液 $\rightarrow$ この場合は 含まれるPG量／総水量
- 4) 含まれるPG量／総水量＝30%としたいので、次の式が成り立つ・・・
 $(110+0.8X) / (550+X) = 0.3$
 $110+0.8X = 0.3(550+X)$ ・・・これを解くと、 $X=110$ となる。
- 5) したがって、80%vol不凍液が110L 必要。

4.3.3 不凍液の条件 (P77 補講)

不凍液の劣化のメカニズム

1) 熱による劣化生成物の発生

PGが酸化され、ギ酸等が生成する。

←反応速度は温度が10℃上がると2倍になる(アレニウスの法則)

熱媒の劣化にもほぼ同様な傾向があります。

2) pH値の低下

金属の腐食が発生しやすくなる。

ゴム、樹脂等の高分子材料が劣化しやすくなる。

3) 濃度の低下

防錆力が低下し、金属の腐食が発生しやすくなる。

※長期使用の場合は、5年毎の精密分析を推奨 (P.125)

4.3.4 主成分(基材)の安全性 (P78 補講)

GHSの評価について

区分外: 有害・危険性の測定値がしきい値以下

分類対象外: GHSの「分類」定義に該当する
ものがない

分類できない: 情報・データ不足のため分類
出来ない

4.3.4 主成分(基材)の安全性 (補講)

平成28年6月1日施行 労働安全衛生法

一定の危険有害性のある化学物質（640物質）について

1. 事業場における**リスクアセスメント**が義務づけられました。
2. 譲渡提供時に容器などへの**ラベル表示**が義務づけられました。

<リスクアセスメントとは>

化学物質やその製剤の持つ危険性や有害性を特定し、それによる労働者への危険または健康障害を生じるおそれの程度を見積もり、リスクの低減対策を検討することをいいます。

<対象となる事業場は>

業種、事業場規模にかかわらず、対象となる化学物質の製造・取扱いを行うすべての事業場が対象となります。

製造業、建設業だけでなく、清掃業、卸売・小売業、飲食店、医療・福祉業など、さまざまな業種で化学物質を含む製品が使われており、労働災害のリスクがあります。

4.3.4 主成分(基材)の安全性 (補講)

平成28年6月1日施行 労働安全衛生法

一定の危険有害性のある化学物質（640物質）について

1. 事業場における**リスクアセスメント**が義務づけられました。
2. 譲渡提供時に容器などへの**ラベル表示**が義務づけられました。

<リスクアセスメントの実施義務の対象物質>

事業場で扱っている製品に、対象物質が含まれているかどうか確認しましょう。
対象は安全データシート（SDS）の交付義務の対象である**640物質**です。

640物質は以下のサイトで公開しています。

http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/GHS_MSD_FND.aspx

職場のあんぜんサイト SDS

検索

対象物質に当たらない場合でも、リスクアセスメントを行うよう努めましょう。

※エチレングリコールは対象物質 安衛番号75

4.3.4 主成分(基材)の安全性 (補講)

平成28年6月1日施行 労働安全衛生法

化学物質などについて、リスクアセスメントなどの対象となる業務を洗い出した上で、**SDS**に記載されている**GHS分類**などに即して危険性または有害性を特定します。

ラベル	SDS (安全データシート)
 ラベルによって、化学物質の危険有害性情報や適切な取扱い方法を伝達 (容器や包装にラベルの貼付や印刷)	 事業者間の取引時にSDSを提供し、化学物質の危険有害性や適切な取扱い方法などを伝達

※施工者だけでなく事業者にも周知する必要がある。

4.3.4 主成分(基材)の安全性 (補講)

平成28年6月1日施行 労働安全衛生法

<GHS国連勧告に基づくSDSの記載項目>

1	化学品および会社情報	9	物理的および化学的性質 (引火点、蒸気圧など)
2	危険有害性の要約 (GHS分類)	10	安定性および反応性
3	組成および成分情報 (CAS番号、化学名、含有量など)	11	有害性情報 (LD ₅₀ 値、IARC区分など)
4	応急措置	12	環境影響情報
5	火災時の措置	13	廃棄上の注意
6	漏出時の措置	14	輸送上の注意
7	取扱いおよび保管上の注意	15	適用法令 (安衛法、化管法、消防法など)
8	ばく露防止および保護措置 (ばく露限界値、保護具など)	16	その他の情報

4.3.4 主成分(基材)の安全性 (補講)

安全性の大まかな目安

推定致死量から換算
(50kgの成人の場合)

水: 6600ml

醤油: 600ml

中性洗剤: 300ml

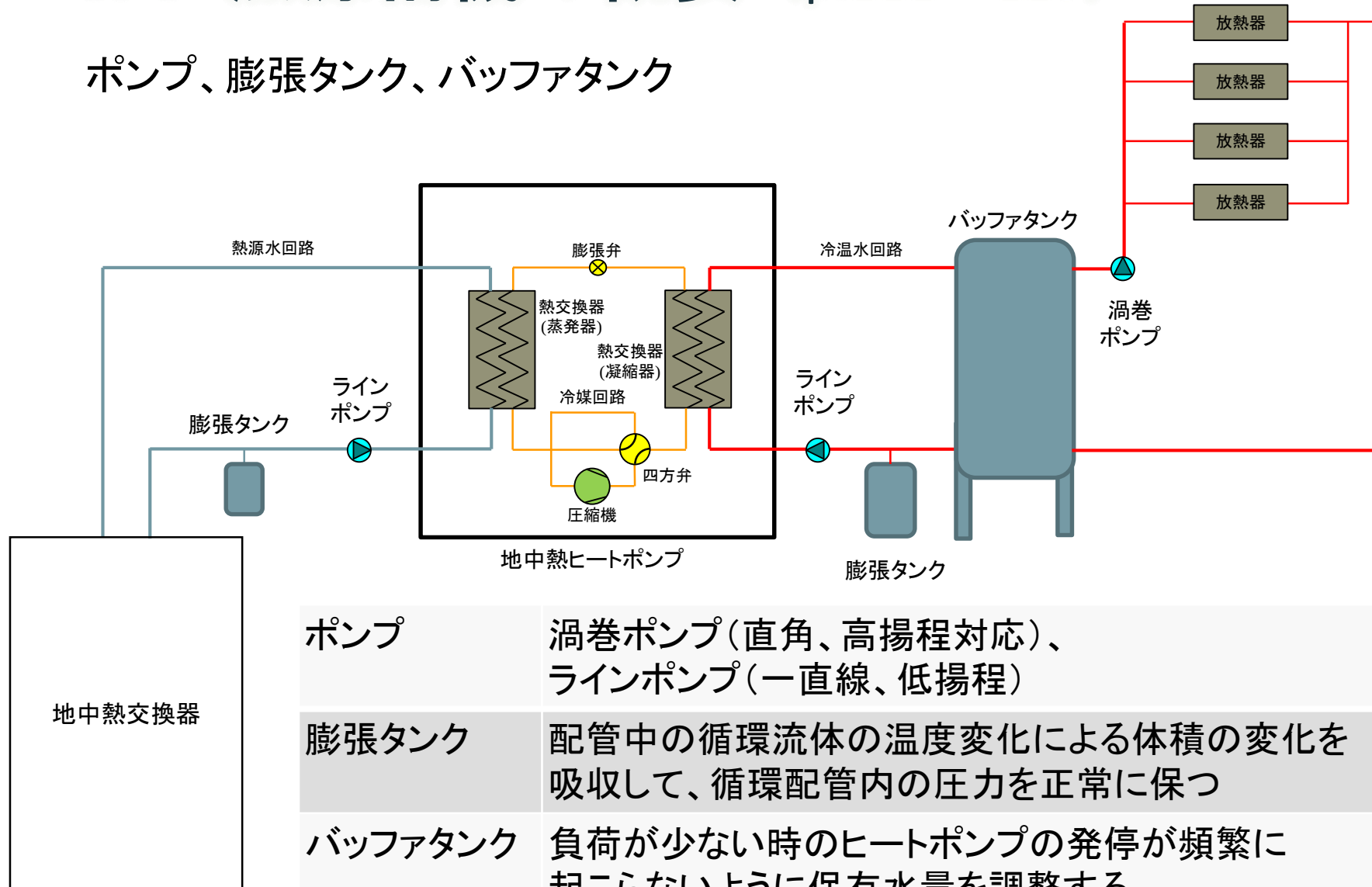
エチレングリコール: 300ml

プロピレングリコール: 500ml

第5章 ヒートポンプ(熱源機) と熱源補機

5.3 熱源補機の概要 (p.111~113)

ポンプ、膨張タンク、バッファタンク



ポンプ	渦巻ポンプ(直角、高揚程対応)、 ラインポンプ(一直線、低揚程)
膨張タンク	配管中の循環流体の温度変化による体積の変化を 吸収して、循環配管内の圧力を正常に保つ
バッファタンク	負荷が少ない時のヒートポンプの発停が頻繁に 起こらないように保有水量を調整する

5.3.1 ポンプ (p.111～112)



渦巻ポンプ

直角
高揚程
地面に設置



ラインポンプ

一直線
低揚程
配管中に設置

5.3.2 膨張タンク (p.112~113)



小型



大型

5.3.3 バッファタンク (p.113)

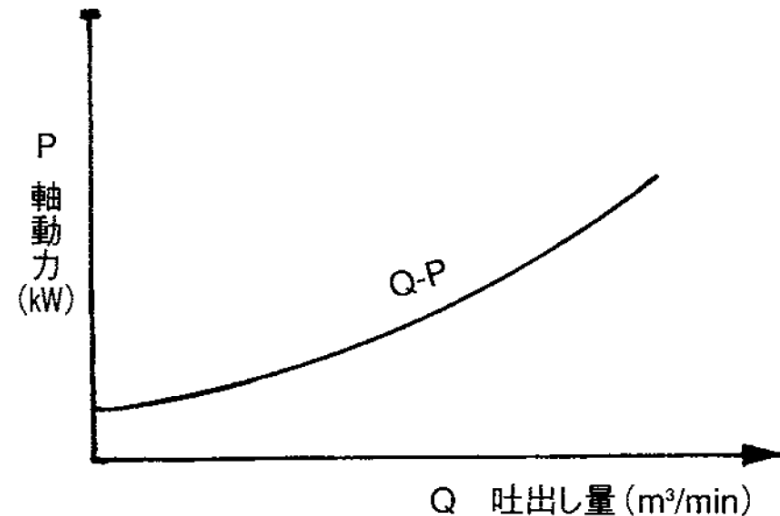
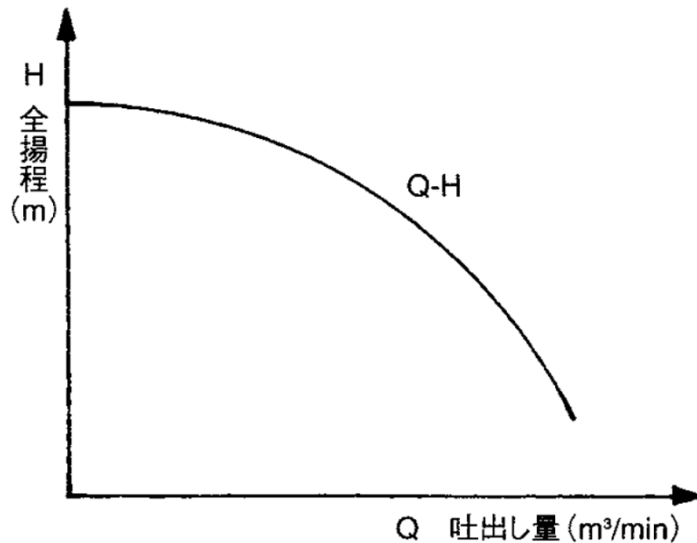


ステンレス
保温付き

第6章 試運転と維持管理

ポンプ特性曲線

(P. 118)



- ・ポンプメーカーのポンプ特性曲線資料により、全揚程(圧力差)またはポンプ軸動力(消費電力または電流値)により流量がわかる
- ・圧力差の方が消費電力よりも精度は良い
- ・ただし、あまり精度は良くない→トラブルの元

電流計

(P. 119)



機械式電流計



クランプ式電流計

6.1 ヒートポンプシステムの運転開始および点検 試験成績書サンプル（点検）（p.118～121）

点検箇所	点検作業内容	合格規準	運転試験測定値	判 定			
本体	異常振動、異音の点検	異常振動、異音がない	－	良	■	否	□
	各部ネジ、ボルト緩み点検	緩みがない	－	良	■	否	□
	塗装発錆状況の点検	発錆がない	－	良	■	否	□
圧縮機	絶縁抵抗値の測定	10MΩ以上あること	100MΩ以上	良	■	否	□
	運転電流の測定	測定時条件で規定内のこと	XX.XA	良	■	否	□
	運転時 高圧、低圧の測定	測定時条件で規定内のこと	高圧 X.XX MPa/ 低圧X.XX MPa	良	■	否	□
	運転時 吐出、吸入温度の測定	測定時条件で規定内のこと	吐出 XX.X℃ / 吸入 X.X℃	良	■	否	□
圧力計	冷媒漏れ点検	漏れがない	－	良	■	否	□
	指針の点検	異常がない	－	良	■	否	□
四方弁	端子緩み、配線損傷の点検	緩み、損傷がない	－	良	■	否	□
	動作点検	正常に動作する	－	良	■	否	□
	冷媒漏れ点検	漏れがない	－	良	■	否	□

6.1 ヒートポンプシステムの運転開始および点検 試験成績書サンプル（性能） (p.118～121)

	運転試験データ							能力 [kW]	COP
	ヒートポンプ 冷温水[°C]		ヒートポンプ 熱源水[°C]		温水 流量	熱源水 流量	消費電力		能力/ 消費電力
	①入口	②出口	④入口	⑤出口	③[L/min]	④[L/min]	[kW]	$4.19 \times ((2)-(1)) \times (3)/60$	
実測値									
基準値									
実測値/基準値									
判定								合格	合格

合否判定基準 能力: 定格値(基準値)の95%以上(JIS-B 8613より)、COP: 定格値(基準値)の90%以上(JIS-B 8613より)

電装品の点検



フロンガス漏れ点検



保護センサーの動作確認



動作確認





フロン類の使用の合理化及び 管理の適正化に関する法律 (P. 122-124)

略称 改正フロン法／フロン排出抑制法

平成27年4月施行

管理者の「判断の基準」では、全ての機器ユーザーに対して、使用する全ての業務用冷凍空調機器について日常的に行う「簡易点検」を**四半期に1回以上**行うよう定めています。この「日常点検（簡易点検）」は、機器ユーザーが自ら実施することが求められています（専門業者に依頼してもよい）。

また、以下のとおり、一定規模（7.5kW）以上の機器について、専門業者などの十分な知見を有する者による「定期点検」も定められています。

十分な知見を有する者：冷媒フロン類取扱技術者（民間資格）他

●簡易点検

機 種	点検頻度
全ての 業務用 冷凍空調機器	四半期に1回以上

●定期点検

機 種	圧縮機電動機定格出力 ^a	点検頻度
エアコン	7.5kW以上50kW未満	3年に1回以上
	50kW以上	1年に1回以上
冷凍・冷蔵機器	7.5kW以上	1年に1回以上

出典 業務用冷凍空調機器ユーザーによる簡易点検の手引き（業務用エアコン編）

平成27年4月に「フロン類の使用の合理化および管理の適正化に関する法律」（略称：改正フロン法、または、フロン排出抑制法）が施行となった。同法では業務用の地中熱ヒートポンプは業務用冷凍空調機器に相当するため、四半期に1回以上の簡易点検が必要である。また、圧縮機電動機定格出力が7.5kW以上50kW未満のエアコン（冷暖房用地中熱ヒートポンプが該当）の場合は3年に1回以上の定期点検、圧縮機定格出力が50kW以上のエアコンの場合は1年に1回以上の定期点検が義務化されている。冷暖房用ではない場合は圧縮機定格出力が7.5kW以上で1年に1回以上の定期点検となる。定期点検は専門業者などの十分な知識を有する者（有資格者）が実施しなければならない。十分な知見を有する者とは、民間資格の冷媒フロン類取扱技術者や、冷凍空調技士、高圧ガス製造保安責任者：冷凍機械などが点検に必要な知識等の習得を伴う講習を受講した者などを指す。

6.5.4 水質管理

(P. 124)

JRA-GL02 冷凍空調機器用水質ガイドライン 冷却水・冷水・温水・補給水の水質基準値

項 目 ⁽¹⁾⁽⁶⁾	冷 却 水 系 ⁽⁴⁾			冷 水 系		温 水 系 ⁽³⁾				傾 向 ⁽²⁾	
	循 環 式		一過式			低位中温水系		高位中温水系			
	循環水	補給水	一過水	循環水 [20℃以下]	補給水	循環水 [20℃を超え 60℃以下]	補給水	循環水 [60℃を超え 90℃以下]	補給水	腐食	スケール生成
基 準 項 目	pH(25℃)	6.5～8.2	6.0～8.0	6.8～8.0	6.8～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0	7.0～8.0	○	○
	電気伝導率(mS/m)(25℃)	80以下	30以下	40以下	40以下	30以下	30以下	30以下	30以下	○	○
	μS/cm(25℃) ⁽¹⁾	{800以下}	{300以下}	{400以下}	{400以下}	{300以下}	{300以下}	{300以下}	{300以下}		
	塩化物イオン(mgCl ⁻ /l)	200以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	30以下	30以下	○	
	硫酸イオン(mgSO ₄ ²⁻ /l)	200以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	30以下	30以下	○	
	酸消費量(pH8)(mgCaCO ₃ /l)	100以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下		○
	全硬度(mgCaCO ₃ /l)	200以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下		○
	カルシウム硬度(mgCaCO ₃ /l)	150以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下		○
参 考 項 目	イオン状シリカ(mgSiO ₂ /l)	50以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下		○
	鉄(mgFe/l)	1.0以下	0.3以下	1.0以下	1.0以下	0.3以下	1.0以下	0.3以下	1.0以下	○	○
	銅(mgCu/l)	0.3以下	0.1以下	1.0以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下	○	
	硫化物イオン(mgS ²⁻ /l)	検出されないと	検出されないと	検出されないと	検出されないと	検出されないと	検出されないと	検出されないと	検出されないと	○	
	アンモニウムイオン(mgNH ₄ ⁺ /l)	1.0以下	0.1以下	1.0以下	1.0以下	0.1以下	0.3以下	0.1以下	0.1以下	○	
	残留塩素(mgCl ₂ /l)	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.25以下	0.3以下	0.1以下	○	
	遊離炭酸(mgCO ₂ /l)	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	0.4以下	4.0以下	0.4以下	○	
	安定度指数	6.0～7.0	—	—	—	—	—	—	—	○	○

注意 循環水として井水を使ってはいけない。(ブラインに井水を混ぜてはいけない。)

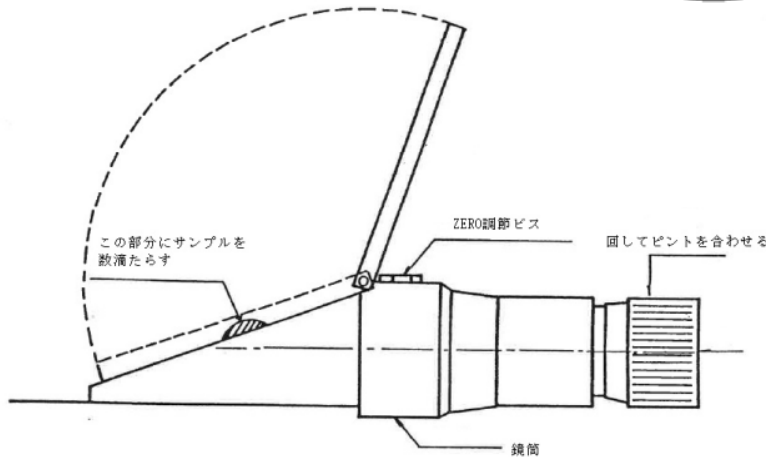
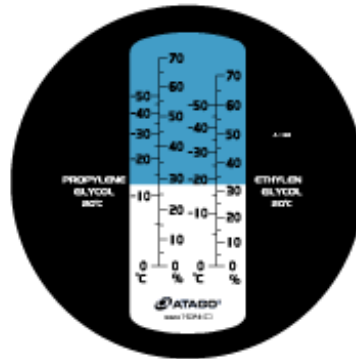
デジタルPHメーター

(P. 124-127)



ブライン濃度計

(P. 124-127)



手持屈折計



デジタル

注意 濃度が低い時はまずは循環系統における漏れがないかどうか確認すること。
(自動給水がある場合濃度が薄まる) 不足分を水で補充していないかどうかにも注意。

「地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度計算方法」より 「地中熱交換器タイプ確認シート」で入力する地中熱ヒートポンプの定格能力、定格消費電力→WEBプログラムで使用

地中熱ヒートポンプの定格能力、定格消費電力

・水－空気ヒートポンプについては、「JIS B 8616:2015パッケージエアコンディショナ」における定格条件(冷却時：空気入口温度27℃DB、19℃WB、冷却水入口温度30℃、出口温度35℃、加熱時：空気入口温度20℃DB、冷却水(熱源水)入口温度20℃)における定格能力(暖房時、冷房時)、定格消費電力(暖房時、冷房時)が必要である。

・水－水ヒートポンプについては、「JIS B 8613:1994ウォーターチリングユニット」、または、「JRA 4066:2014 ウォーターチリングユニット」における定格条件(冷却時：冷水入口温度12℃、出口温度7℃、冷却水入口温度30℃、出口温度35℃、加熱時：温水入口温度40℃、出口温度45℃、冷却水(熱源水)入口温度15℃、出口温度7℃)における定格能力(暖房時、冷房時)、定格消費電力(暖房時、冷房時)が必要である。

なお、循環ポンプを内蔵している機種については、ポンプ動力を除いた消費電力を定格消費電力として用い、循環ポンプ動力は補機または一次ポンプとして別に扱うこととする。

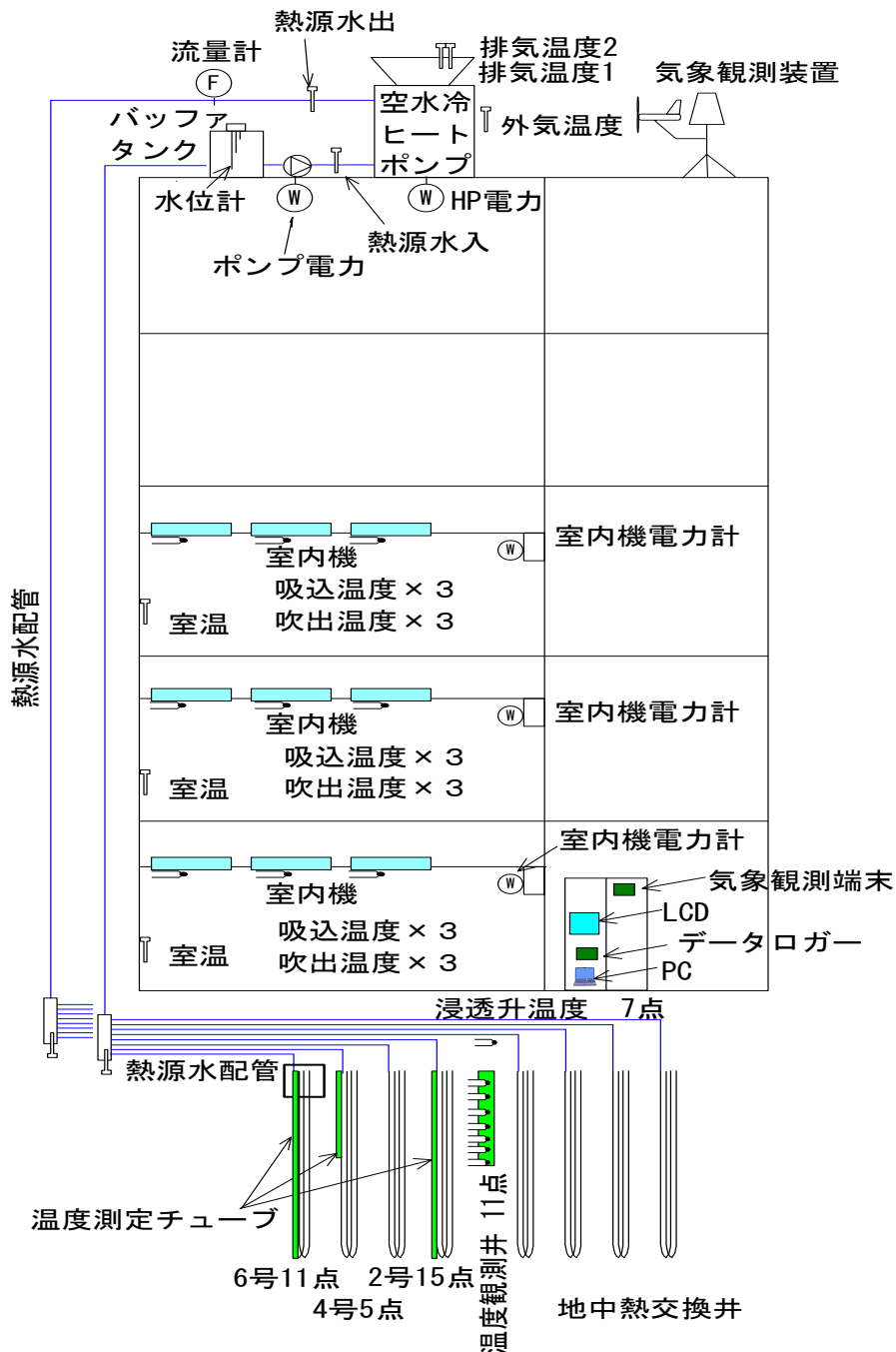
第7章 モニタリングとシステム評価

はじめに(補講資料)

- 地中熱ヒートポンプは冷暖房・給湯などに対する熱源システムとして、工事・設置された時点で設計通りの省エネ性、対環境性などの性能が発揮されなければならない。
- このため、地中熱ヒートポンプの施工会社はシステムを構成する機器のメンテナンスを実施し、維持管理する必要がある(仕様の満足)。
- 従来機器に比べて設置コストが高いため、システムの性能が長期間にわたって維持され、ランニングコストが従来システムよりも低い状態が長期間にわたって保たれる必要がある(性能の維持)。
- また、システムの運用状況が初期設計と異なる事もあるため、状況に応じて機器の制御方法を変更した方が性能を改善できる場合もある(性能の改善)。

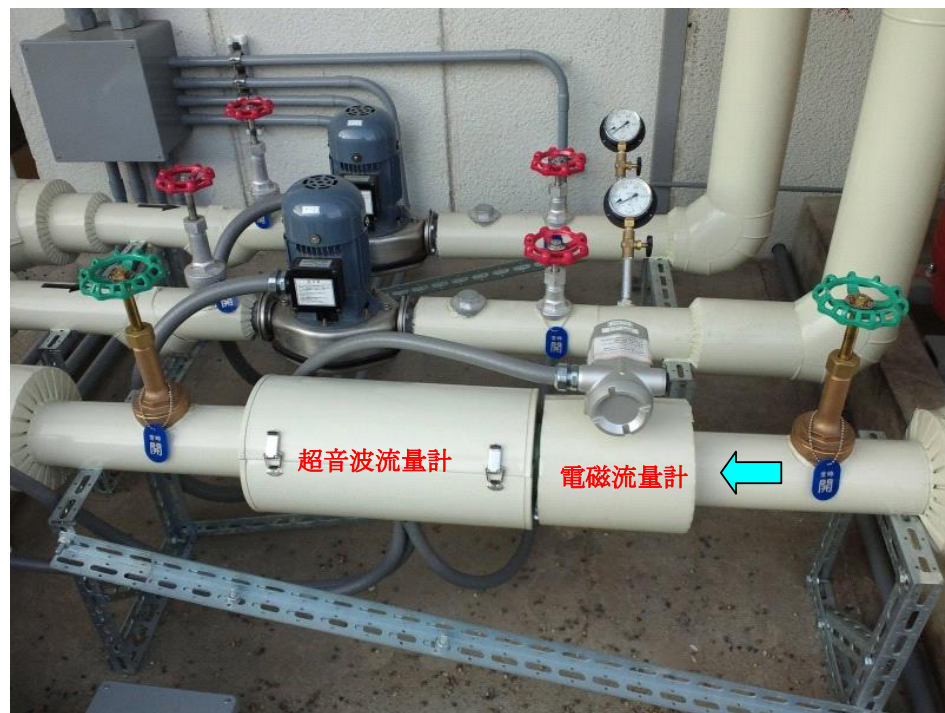
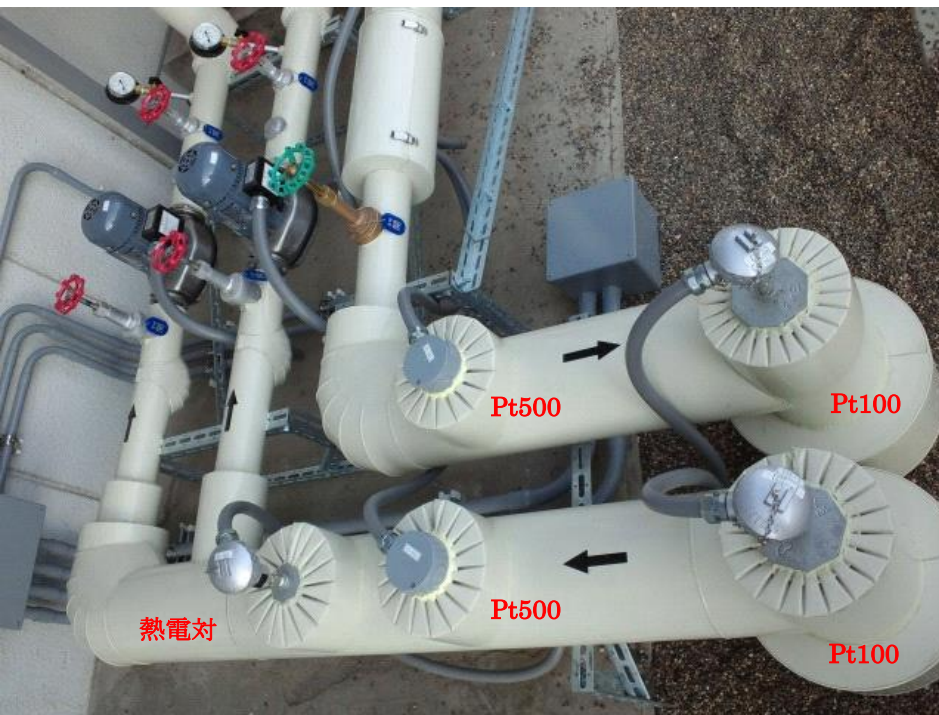
- ユーザーにとって満足度の高い地中熱ヒートポンプを提供するためには、性能検証（コミッショニング）を行い、運用時には最適な状況に維持、場合によっては改善することが重要である。
- このような考えはISOなどのマネジメントに用いられているPDCAサイクルと同様である。このPDCAサイクルは、単一の物件については、そのシステムの性能維持および改善を行うことが基本ではある。
- そこで得られた問題への対処方法などのノウハウは蓄積され、次期システムの設計・施工などの改良に有効利用できるものであり、単に現状のユーザーに対するメリットのみならず、将来のユーザーや地中熱に関わる各企業にとっても有益なものである。

測定例 (補講資料)



一番町笹田ビルの計測システム例

計測機器の設置例(補講資料)



(株)角藤でのセンサー設置例(NEDOプロジェクト)

第7章 まとめ(その1)

- モニタリングでは、ヒートポンプシステムに関わる温度、熱量を測定するとともに、周辺環境に関わる項目を測定することが望ましい。
- 稼働状況の「見える化」は、システムの管理のみならず、優位性のアピールなどにも有効である。
- 評価では、運転管理評価、エネルギー評価、環境評価を行い、PDCAサイクルに役立てる。
- 運転管理評価では、機器負荷率、ヒートポンプ単体性能、システム性能を評価し、ヒートポンプシステム性能の具体的な改善に利用する。
- エネルギー評価では省エネ効果(節電効果)を評価する。
- 環境評価では、CO2削減効果、ヒートアイランド対策効果、地球環境影響評価を行う。
- 長期予測では、モニタリング、評価のデータに基づき、数値シミュレーションを用いてシステムの持続的運用の可能性を予測し、改善提案を導き出す。
- 維持管理では、機械部分の日常点検、定期点検、フルメンテナンスを実施する。

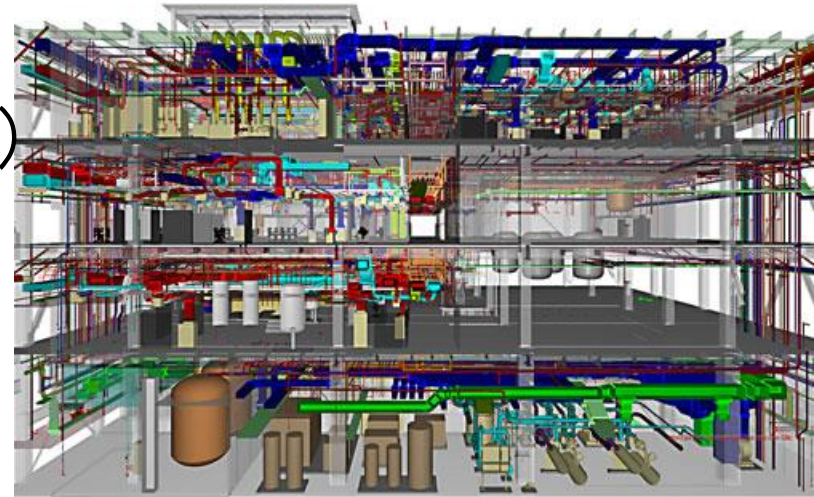
第7章 まとめ(その2)

- 施工会社は、地中熱ヒートポンプを設置した時点で、設計通りの性能を確認する。
- 使用者(ユーザー)はメンテナンスを実施し、性能を維持管理しなければならない。
- 長期間、性能を維持するため、メンテナンス及びモニタリングが必要である。
- さらに、運用条件に応じて、当初設計よりも性能を改善できる可能性がある。
- 使用者(ユーザー)の満足度を高めるために、性能検証(コミッショニング)を行い、性能の維持・改善に努めるのが基本である。
- このような考え方はISOのPDCAサイクルと同じである。
- このサイクルの維持は大変であるが、そこで得られたノウハウは施工会社、設計会社、資料者(ユーザー)にとって、将来に活かされる財産となる。
- システム評価と改善サイクルで、維持管理、モニタリング、評価、長期予測を行う。
- 地中熱以外の熱源の空調との連動運転システムが多い。システムそのものが複雑であり、かつ、その性能検証方法が、確立されていないため、十分に検討が必要である。

第8章 施工管理一般

8.2.1 設計図書(P.151補講)

- BIM (Building Information Modeling)
コンピューター上に作成した3次元の形状情報に加え、属性情報を併せ持つ建物情報モデル
- BIMの主な活用
 - (1) 2D図面の切出し
 - (2) CG・動画・パース・VR
 - (3) 数量集計(表作成、見積)
 - (4) シミュレーション
 - (5) 干渉チェック
 - (6) 工程管理(施工ステップ)
 - (7) 資材管理
 - (8) 維持管理



8.2.1 設計図書(P.151 補講)

- BIMで得られるメリット
 - (1)見える化による施主との情報共有
 - (2)図面整合性の向上
 - (3)フロントローディング(業務の前倒し)が容易

- BIMの課題
 - (1)導入コスト
 - (2)BIM活用組織の構築
 - (3)BIMモデルの連携(IFC形式での受け渡し)
 - (4)BIMモデル活用ソフトの追従が不足
 - (4)技術者不足(理想的な業務効率化のスキル)

8.2.1 設計図書(P.151 補講)

- BIMと地中熱ヒートポンプシステムの関わり
国土交通省官庁営繕部では平成26年3月19日に
BIMガイドラインを策定している。
官庁工事での採用が多い地中熱においては
今後、BIMの活用が増加することが予想される。



平成 26 年 3 月 19 日
大臣官房官庁営繕部
整備課施設評価室

「BIM ガイドライン」の策定とその運用について

施工管理における注意点

施工管理における注意点

設計図に地中熱交換井（ボアホール）100mと記載されている場合は、地中熱交換器有効長さ（熱交換有効長）で100m確保しなさいという意味である。

地中熱交換井設置工事では、設計値を満足させ（＝全孔設計深度以上）、漏水なく施工を完了（＝水圧試験に全数合格）させることが重要である。

また、地中熱交換量が低下しない掘削手法に配慮すべきであり、特に実施設計時にTRT調査が行われ「清水掘削」が適用された場合は、施工で「泥水掘削」とした場合、地層の有効熱伝導率の低下または熱抵抗の増加が懸念されるため、施工でもTRT調査と同様の掘削手法（清水掘削）を適用すること。

第3章 地中熱交換井工事の現場管理のポイント

I. 地中熱交換井工事の着手前の確認等

現場管理項目	留 意 点
施工場所の 条件確認	・空き地や駐車場等の広場、建築現場(出会い丁場)、歩道、車道上(敷地状況、整地と敷き鉄板の必要性の有無) ・周辺環境(住宅地、工業地等)への配慮と制約(安全対策・防音対策・施工時間) ・施工時期、準備期間、機材の調達と納期 ・工事スペース(仕切り、安全柵、工事用水)と搬入道路 ・使用機材の仕様と配置、Uチューブ・充填材の置き場、駐車場等 ・動力(発電機or商用電力) ・狭小敷地での地中熱交換井の施工本数の増設(傾斜掘削等の施工検討)
地質・地下水 条件の確認	・掘削深度、本数 条件により深度と本数の変更

現場管理項目	留 意 点
その他 現場管理	・工事看板、工程表、工事期間、掘り屑と掘削泥水処理(産廃処理契約)、道路使用許可、交通誘導員、埋設物の確認(図面および試掘)、支障架空線の移設と防御 ・周辺住民への工事説明会・工事前挨拶(住宅地の場合重要)
施工計画書等の作成	・現場の地質・地下水状況に適合した掘削工法の選定(地中熱交換井の品質、熱交換性能を低下させない工法) ・施工計画(使用資機材リスト、機材配置図、地中熱交換井構造図、掘削位置図、人員計画、安全計画、産廃処理等) ・工事写真の撮影ポイントの確認 ・工事費積算(見積書・工事原価)

Ⅱ．着手時と施工時の現場管理

現場管理項目	留 意 点
着手前 安全教育	・入場者教育(安全と施工内容および作業分担確認)、安全保護具、KY活動、作業員名簿(健康診断受診と健康状態確認、所有資格確認等)
機材搬入 と配置	・掘削地点の測量、機材配置の再確認(施工計画書との相違) ・着手前写真
地中熱交換井 の設置	・地質情報の把握(地質サンプルの採取と柱状図作成) ・掘削中の記録(泥水循環量、逸水、泥水試験(比重・粘性)等) ・掘削状況による余掘り長の決定 余掘り長は、重り長 + α (地質状況と埋没状況により検討) ・重り重量の決定 掘削泥水比重により試算 ・安全に早く掘削することに留意 ・泥水の比重と粘性に留意、泥水中の砂分(ソリッド分)の除去と厚い泥壁形成の防止

現場管理項目	留 意 点
地中熱交換器の挿入	・納品書と数量確認、降下治具への装着、治具吊り具点検（玉掛けワイヤー、チェーン） ・地中熱交換器内への水張り確認、適せつな重り装着、挿入時の温度計設置 ・降下深度確認後の管端部保護 ・熱応答試験時の温度センサーを仮挿入するための温度測定管を同時に設置 ・挿入深度確認、水圧試験終了後の管端部の保護
珪砂等充填材の投入と遮水	・最終充填量の確認 ・地表部からの汚水浸透を防止する目的で、適切な遮水方法を採用する。（ベントナイトペレット、セメントスラリー、ベントナイトセメント等） ・水圧試験で漏水が疑われた場合、掘り直しを実施 ・水圧試験結果をデータ保存する。
工事報告書	・工事報告書の作成は、工事状況（柱状図、地中熱交換井構造図）、水圧試験データ、使用材料検査証、納品書、ミルシート、工事写真、産廃処理、地質標本箱等の提出

重り重量の計算

掘削が終了した地中熱交換井へ長さ60m、呼び径25の地中熱交換器をダブルで挿入する時の重り重量を計算しなさい。ただし、重り重量は、計算値の25%増しとし、数値は切り上げて整数とする。なお、挿入時の地中熱交換器内部は満水とする。また、重りとU字部の浮力等は考慮しない。

計算条件 泥水比重:1.10

製品重量:36.0 kg (60m 1組)

25 Uチューブ外容積:0.8038 L/m(単管)

// 内容積:0.5140 L/m(単管)

浮力計算 $A = 0.8038 \times 60.0 \times 4 \times 1.10 = 212.2032 \text{ kg}$

Uチューブ重量 $B = 36.0 \times 2 = 72.0 \text{ kg}$

Uチューブ内水重量 $C = 0.5140 \times 60.0 \times 4 = 123.36 \text{ kg}$

必要重り重量 $= (212.2032 - 72.0 - 123.36) \times 1.25 = 21.054 \div 22 \text{ kg}$

充填材の容積計算

100m × 2井の地中熱交換井に呼び径25地中熱交換器をダブルで挿入するにあたり、準備する珪砂容積(m^3)を計算しなさい。ただし、珪砂は、GL-5.0mまで充填するものとする。準備する珪砂の容積は、計算値の20%増しとし、四捨五入して小数点1位までとする。なお、余掘り部容積と重りおよびU字部の外容積は考慮しない。

計算条件 掘削径: 0 ~ 10.0 m 229.4 mm

10 ~ 100 m 179.2 mm

25 Uチューブ外容積: 0.8038 L/m(単管)

裸孔容積 5 ~ 10m間 $A1 = (0.2294/2)^2 \times 3.14 \times 5.0 = 0.2066 m^3$

裸孔容積 10 ~ 100m間 $A2 = (0.1792/2)^2 \times 3.14 \times 90.0 = 2.2688 m^3$

Uチューブ外容積 $B = 0.8038/1000 \times 95.0 \times 4 = 0.3054 m^3$

準備珪砂量 = $(A1 + A2 - B) \times 2 \times 1.2 = 5.208 \div 5.2 m^3$

4.3.8 不凍液の施工時の注意点(P82,補講)

一般的な応急措置

(1) 吸入した場合

- ①多量に蒸気、ミスト等を吸い込んだ場合、直ちに空気の新鮮な場所に移し、保温して安静にすること。
- ②呼吸が不規則な場合や吐き気がする場合は、速やかに医師の診断を受けること。

(2) 皮膚に付着した場合

- ①汚染された衣服を脱ぎ、皮膚に付着した液を布紙等で吸取り、石鹼水で十分に洗淨すること。
- ②外観に変化が見られたり、痛みがある場合は医師の診断を受けること。
- ③汚染された衣服は洗濯後に使用すること。

4.3.8 不凍液の施工時の注意点（補講）

一般的な応急措置

（３）目に入った場合

- ①直ちに大量の清浄な流水で、15分以上洗浄する。瞼の裏まで完全に洗うこと。
- ②速やかに医師の診断を受けること。
- ③コンタクトレンズを着用し、容易に取れる場合は、コンタクトレンズを外し、更に洗浄を続けること。

（４）飲み込んだ場合

- ①直ちに医師の診断を受けること。
- ②水で口をよくすすぐこと。
- ③意識のない場合は、口から何も与えてはならない。

4.3.8 不凍液の施工時の注意点 (補講)

不凍液の正しい充填方法

原則として、

- ・適正な濃度に希釈してするから充填(注入)する。
- ・循環ポンプ内に不凍液を満たしてから循環させる。

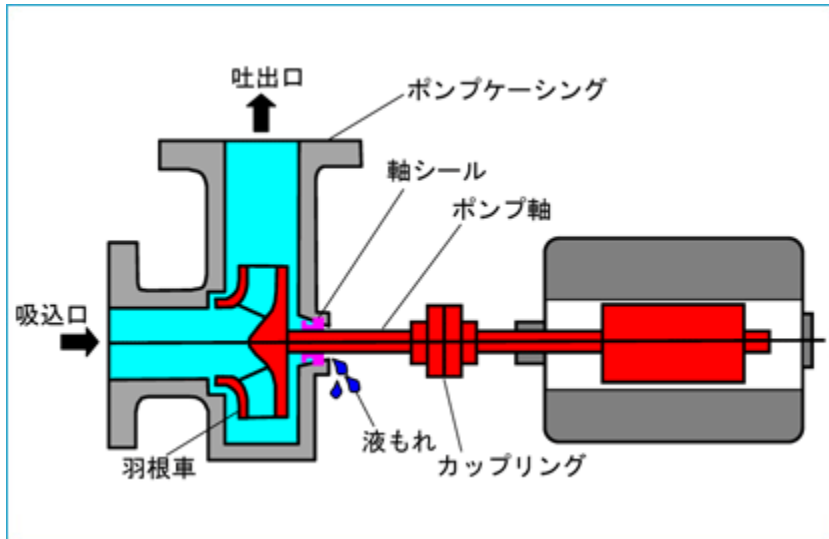
正しく充填しなかったとき

- 1) エアロック
 - 2) インペラーの破損(右図)
- 等の可能性がある。

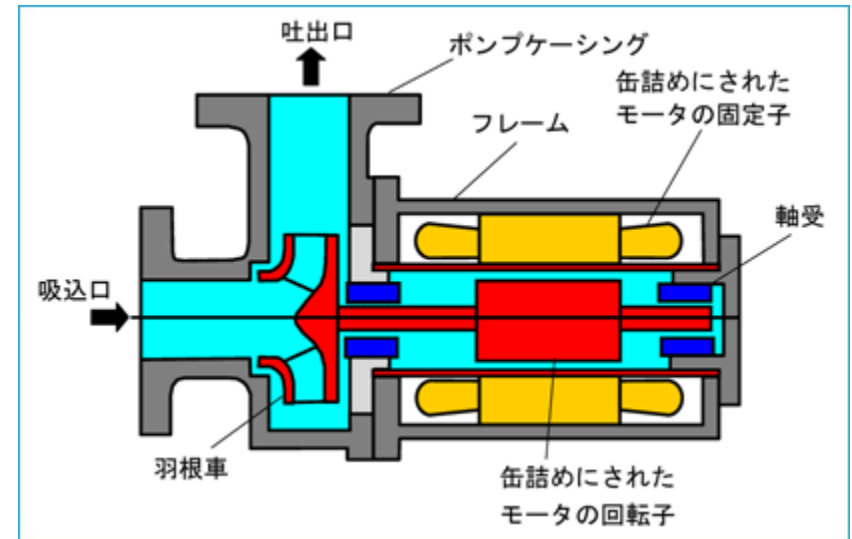


4.3.8 不凍液の施工時の注意点（補講）

循環ポンプ内の正しい不凍液の充填のようす



一般的な循環ポンプ



キャンドポンプ

4.3.8 不凍液の施工時の注意点（補講）

効率のよい不凍液の充填作業

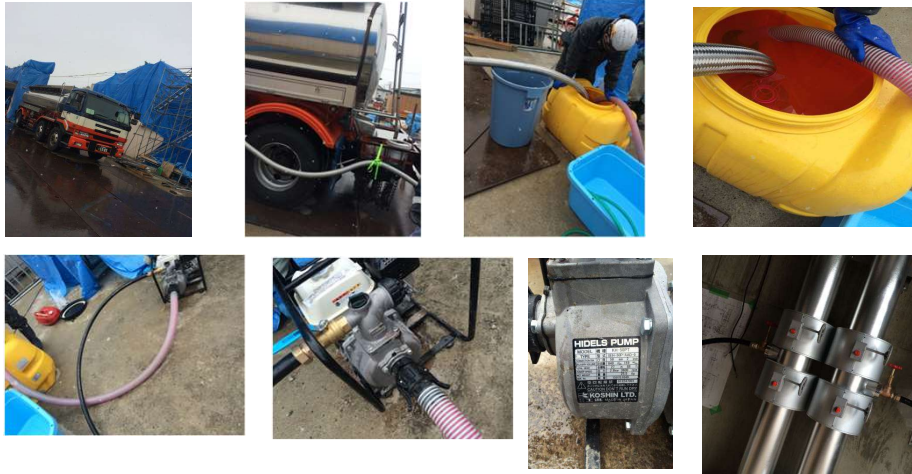
- ◆現場の状況に適した荷姿を選択すること。
- ◆作業後の容器類の廃棄・回収についても事前に検討しておく。



4.3.8 不凍液の施工時の注意点（補講）

効率のよい不凍液の充填作業例

秋田県某所の12tタンクローリー車による不凍液充填事例



98

- ①ローリー車が横付けできる敷地があった。
- ②ローリー車から自然落下で1トンポリタンクへ。
- ③ポリタンクからエンジンポンプで回路に充填。
- ④Uチューブ内の水を利用することで、時間と経費を短縮。

5.4.2 施工時の注意点

地中熱ヒートポンプの施工 (P.114)

- 基礎工事 アンカーボルト
- ↓
- 出荷、設置工事（立会い）、重量工事（クレーン、ユニック、コロ）水平出し
 - ・ 納入仕様書と銘板、設計図面の確認（受入検査） 出荷前工場検査（必要時）
 - ・ ヒートポンプ本体＋防振ゴム／防振架台
 - ・ 制御盤、モニタリングシステム、見える化システム
- ↓
- 配管工事（保温工事）
 - ・ ヒートポンプ廻り：一次側（地中熱）、二次側（室内機）との接続
 - ・ 循環流体の封入（冷温水、ブライン、冷媒）、エア抜き（配線工事後）
- ↓
- 配線工事
 - ・ ヒートポンプ廻り：キュービクル、動力制御盤、モニタリング・見える化システムとの接続（通信線、動力線）
- ↓
- 試運転
 - ・ 地中熱ヒートポンプシステム
 - ・ 他の熱源機と接続されている場合連動確認

メーカーの工事

地中熱ヒートポンプメーカーは工場で作られた製品を運送業者を利用して現場の施工業者宛てに出荷する。あらかじめ基礎工事によって設置されたコンクリート基礎にアンカーボルトを機器仕様書のアンカーボルト位置に施工される。重量工事（クレーン、ユニック、コロ曳き等）により、防振ゴムまたは防振架台の上に水平にヒートポンプを設置する。このときヒートポンプメーカーが立ち会う場合がある。制御盤、モニタリングシステム、見える化システムについてはメーカーが取り扱っている場合ヒートポンプと同時かまたは別途出荷される。施工業者の受け入れ検査では納入仕様書、機器銘板、設計図面により形状、数量等が確認される。必要に応じて出荷前にメーカーの工場において工場検査が実施される場合がある。ヒートポンプ設置後は、施工業者により配管工事（循環流体の封入、エア抜きを含む）、配線工事が実施された後に、メーカーと施工業者による試運転が実施される。地中熱ヒートポンプと他の熱源機器（空冷ヒートポンプなど）が接続されている場合は設計どおり連動して制御されているかどうかを確認する必要がある。

施工管理のポイント

工事名：東京スカイツリー地区熱供給施設建設工事のうち地中熱利用新設工事（東街区）

ボアホール掘削位置を測量により現場に再現（必要に応じて敷鉄板等で整地）



施工：株式会社大林組（三菱マテリアルテクノ株式会社）

施工管理のポイント

工事名：東京スカイツリー地区熱供給施設建設工事のうち地中熱利用新設工事（東街区）



全長から残尺を考慮し
掘削深度検尺を実施
※目盛り拡大写真も
撮影すること



施工：株式会社大林組（三菱マテリアルテクノ株式会社）

施工管理のポイント

工事名：東京スカイツリー地区熱供給施設建設工事のうち地中熱利用新設工事（東街区）

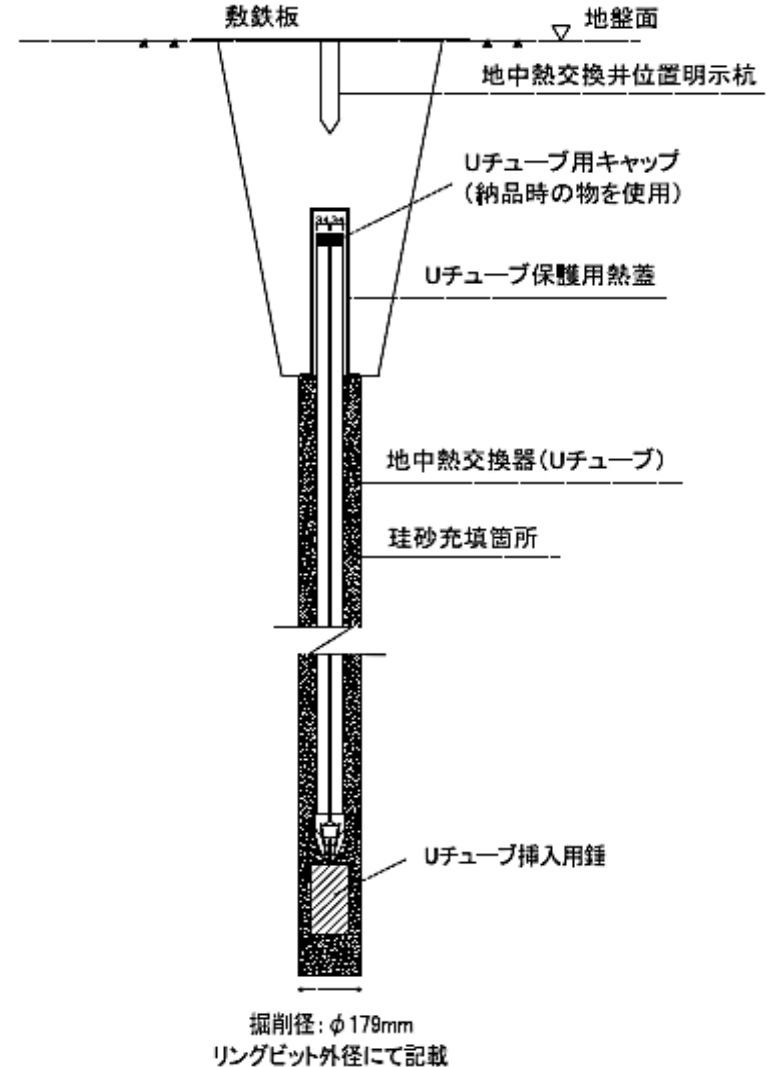


Uチューブ目盛りから
残尺を考慮し検尺を実施
※目盛り拡大写真も
撮影すること

施工：株式会社大林組（三菱マテリアルテクノ株式会社）

施工管理のポイント

工事名：東京スカイツリー地区熱供給施設建設工事のうち地中熱利用新設工事（東街区）



施工：株式会社大林組（三菱マテリアルテクノ株式会社）

施工管理のポイント

工事名：東京スカイツリー地区熱供給施設建設工事のうち地中熱利用新設工事（東街区）



施工：株式会社大林組（三菱マテリアルテクノ株式会社）

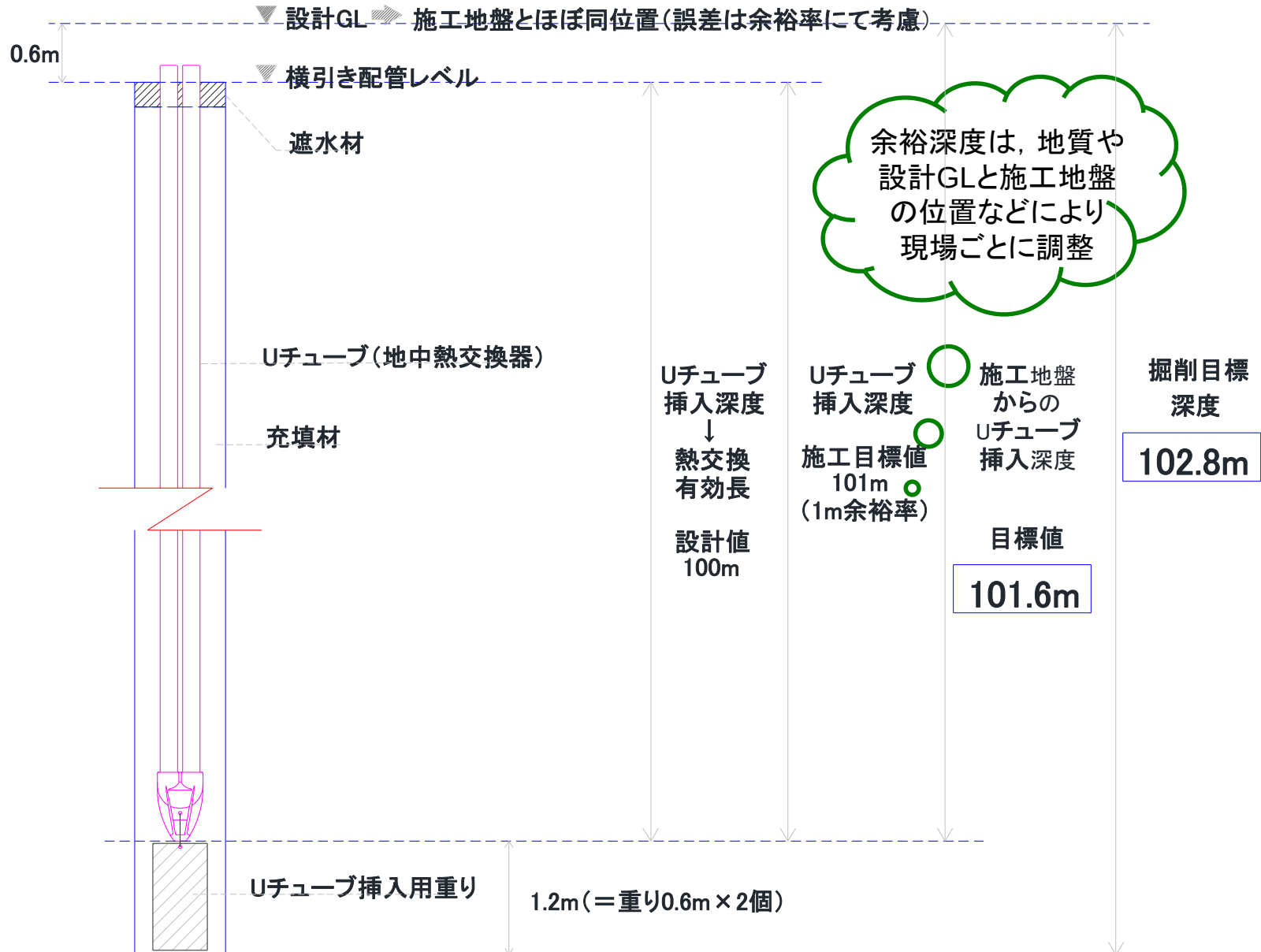
施工管理のポイント

工事名：東京スカイツリー地区熱供給施設建設工事のうち地中熱利用新設工事（東街区）



施工：株式会社大林組（三菱マテリアルテクノ株式会社）

地中熱交換井掘削目標深度の設定例



Uチューブ挿入深度(熱交換有効長)の検証例

◆掘削深度			◆Uチューブ挿入深度					
ボアホール No.	施工数量		ボアホール No.	設計数量 熱交換 有効長	施工数量			
	(目標値)	(実測値)			(目標値) 施工地盤 より	(目標値) 熱交換 有効長	(実測値) 施工地盤 より	(実測値) 熱交換 有効長
BH-1	102.80 m	103.00 m	BH-1	100.00 m	101.60 m	101.00 m	101.80 m	101.20 m
BH-2	102.80 m	103.00 m	BH-2	100.00 m	101.60 m	101.00 m	101.80 m	101.20 m
BH-3	102.80 m	103.20 m	BH-3	100.00 m	101.60 m	101.00 m	102.00 m	101.40 m
BH-4	102.80 m	103.20 m	BH-4	100.00 m	101.60 m	101.00 m	102.00 m	101.40 m
BH-5	102.80 m	103.20 m	BH-5	100.00 m	101.60 m	101.00 m	102.00 m	101.40 m
BH-6	102.80 m	103.20 m	BH-6	100.00 m	101.60 m	101.00 m	102.00 m	101.40 m
BH-7	102.80 m	103.20 m	BH-7	100.00 m	101.60 m	101.00 m	102.00 m	101.40 m
BH-8	102.80 m	103.20 m	BH-8	100.00 m	101.60 m	101.00 m	102.00 m	101.40 m
合計	822.40 m	825.20 m	合計	800.00 m	812.80 m	808.00 m	815.60 m	810.80 m
	100 %	100 %		100 %		101 %		101 %
			合否判定基準			上記赤枠数値が100%以上で合格		合 格

※上記実測値は、施工記録写真（検尺写真）として必ず残すこと。

水圧試験記録例

水 圧 試 験 記 録			
現場名			
施工業者			
配管用途	地中熱	系統名	ボアホール方式 (BH-〇〇)
配管材料	高密度ポリエチレン管 (PE100)	撮影場所	
試験手法	(1) 0.75MPaの水圧を加え, 5分放置後, 再加圧する。		
および	(2) 再加圧後すぐに圧力を0.5MPaまで減圧する。→ 開始		
試験圧力	(3) 1時間放置後, 水圧が0.4MPa以上確保されていることを確認する。→ 終了		
	平成 年 月 日		平成 年 月 日
開 始	時 分	終 了	時 分
	MPa		MPa
判定基準	終了時に0.4MPa以上	判定	合 ・ 否
検査者			
立会者			

※水圧試験時には必要に応じて立ち会い要請をすること。