

研究クラスター「自然冷媒による次世代冷凍空調サイクルの包括的研究」

CFD 解析による管路内設置型下水熱回収技術の最適化に関する研究

著者 納富 信、裴 相哲、王 涛

第1章 研究背景・目的

下水熱利用とは、都市内に豊富に存在する未利用エネルギーである下水の持つ熱エネルギーを、ビルの冷暖房や給湯、道路の融雪などに活用し、都市の省エネ化・省 CO₂ 化等を図るものである。

本研究の目的は、管路内設置型下水熱回収技術をより効率的かつ合理的な構造で設計するため、CFD(数値流体力学)を用いた熱交換性能計算モデルを構築し、最適な運用条件を導くことである。具体的には、熱供給側条件は下水の温度と流量を季節ごと時間ごとに設定し、熱需要側条件は集合住宅に熱需要パターンを想定し、熱交換器の最適構造と下水熱の利用効率が最大になる熱源水流量などの諸条件を導く。

第2章 研究手順

上記の目的を達成するために、以下の手順に沿って、研究を進めていく。

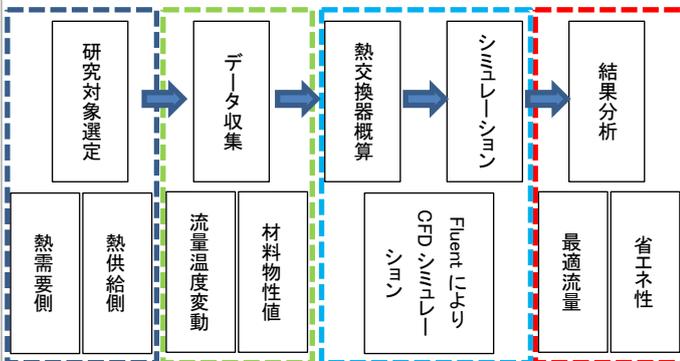


図1 研究の手順

第3章 システムの基本設定

3.1 下水熱利用システム

想定する下水熱利用のシステムの概略を図2に示す。

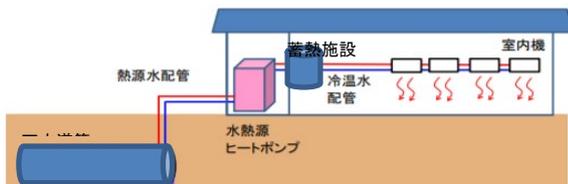


図2 下水熱利用システムの概略

3.2 熱需要側の条件設定

現実に近い使用頻度と熱需要量に基づく下水熱利用システムと家庭用の空調システムの省エネ性の比較を行うため、熱需要側の条件は、環境省の「平成25年度家庭における電力消費量実測調査」を参考として設定する。

表1 熱需要側条件の設定

熱利用施設	集合住宅
下水熱用途	空調(冷暖房)
世帯数(世帯人数)	10(4人/世帯)
延床面積(m ² /世帯)	60
最大熱負荷原単位(W/m ²)	46.5(冷房)34.9(暖房)
代表日最大電力需要量(kWh/h 世帯)	0.78(冷房)0.8(暖房)
地域補正係数	1

3.3 熱供給側の条件設定

条件設定はNEDO 次世代型ヒートポンプシステム研究開発「都市域における下水管路網を活用した下水熱利用・熱融通技術」と芝浦水浄化センターの実測値を参考とする。

表2 熱供給側の設定

下水管内径	910 mm	下水管外径	1000 mm
場所	芝浦処理区	平均汚水量設計値	0.014m ³ /s
流速日平均値	0.4 m/s	水深日平均値	0.091m
最大下水温度	28.5°C	最小下水温度	19.6°C

第4章 シミュレーションの結果

4.1 熱交換器の配列

熱交換器の配列は、流路が1本で往復流として流路長を確保するタイプ(タイプA)、複数の流路で下水流に対して並流とするタイプ(タイプB)と複数の流路で下水流に対して向流とするタイプ(タイプC)の三つの配置方法を想定する。

シミュレーションの結果から、同じ環境条件ではタイプCの場合において熱流束が最も高くなる。

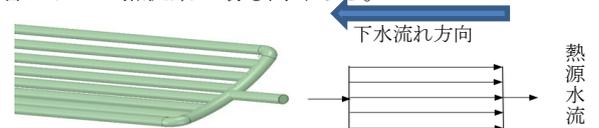


図3 熱交換器の配列

4.2 最大熱需要量を満たす伝熱管総延長の概算

熱交換器の内表面熱流束は、Fluentにおいて基本設定の下水と熱源水の温度、流速、物性値を設定し、各サイズの伝熱管における単位設置延長の回収熱量概算値を求める。この回収熱量概算値と最大熱需要量、設置可能な伝熱管本数から、夏季と冬季の場合の熱交換器伝熱管の総延長を導く。

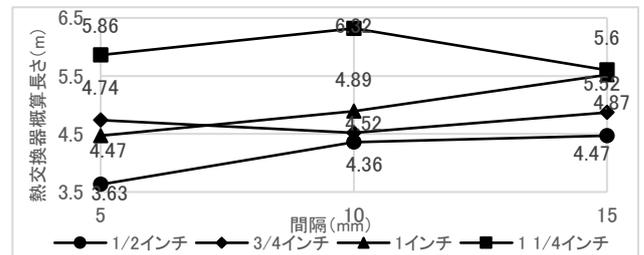


図4 熱交換器伝熱管の総延長 (夏季)

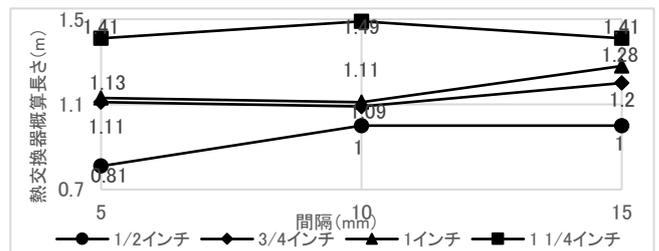


図5 熱交換器伝熱管の総延長 (冬季)

夏季のほうが冬季よりも下水と熱源水との最小温度差が小さいことから、熱負荷に必要な伝熱面積が大きくなり、相対的に長い伝熱管総延長となる。シミュレーション結果から、夏季における最大熱負荷・最小温度差の条件での必要伝熱量を満たす熱交換器形状は、管外径 1/2 インチ、管設置間隔 5mm、熱交換器伝熱管総延長 3.63mとなる。

第5章 結論

熱需要側と熱供給側の条件を設定した下水熱利用システムに関して最もコンパクトに設置できるシステムは、

- ・熱交換器配列: 複数の分岐流路で下水流に対して向流
 - ・熱交換器構造: 管外径 1/2 インチ、管設置間隔 5 mm
- であることを導いた。