

研究クラスター「自然冷媒による次世代空調サイクルに関する研究」	
題目	都市排熱の利用に関する研究 (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。

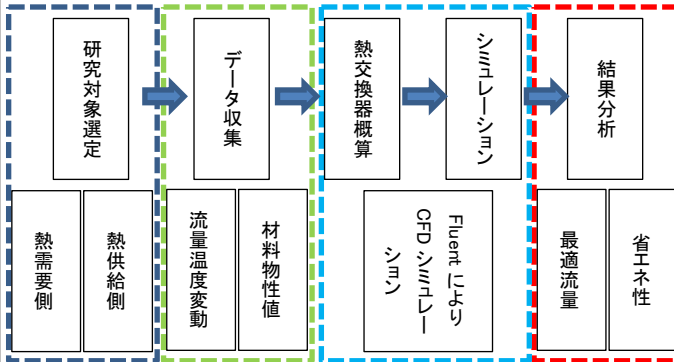


図 1 研究の手順

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。

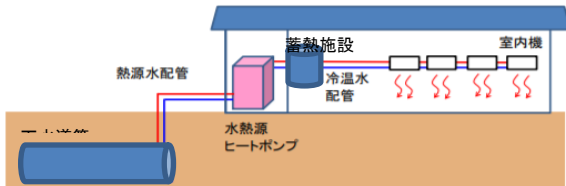


図 2 下水熱利用システムの概略

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℃	最小下水温度	19.6℃

第 4 章 シミュレーションの結果

4.1 熱需要側解析の条件

表 3 熱需要側解析の条件

	冷房	暖房
熱源水メインパイプ流量 (m ³ /h)	10.3	
熱源水温度(℃) (JISB 8613 を参考)	35	7
熱源水材質	水	
下水流速 (NEDO 報告書を参考) (m/s)	0.4 (平均値)	
下水温度(℃)	28.5(最大温度)	19.6(最小温度)
伝熱管サイズ(inch)	1 1/4 (外形 34.92mm、内径 32.78) 1 (外形 28.58mm、内径 26.8) 3/4 (外形 22.22mm、内径 20.6mm) 1/2 (外形 15.88mm、内径 14.46mm)	
伝熱管材質	銅管	
乱流モデル	K-Epsilon realizable	
メッシュ数	40 万左右	

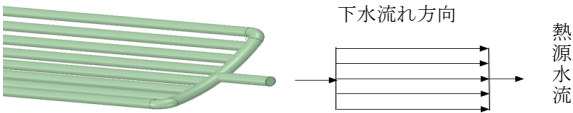


図 3 熱交換器の配列

4.2 単位設置延長での回収熱量の概算

熱源水流量を決めた後、設定した下水、熱源水の条件を境界条件として、Fluent に導入して、単位設置延長回収熱量の概算を行う。もっとも厳しい状態でも最大熱需要量を供給するため、熱需要側解析の条件、モデルを 4.1 のように設定した。パイプの間隔を表現するために、モデルの両側を対称境界と設定した。熱交換器と下水道管の間隔について、固定金具の設置を保証するために、その間隔は 10mm と設定する。

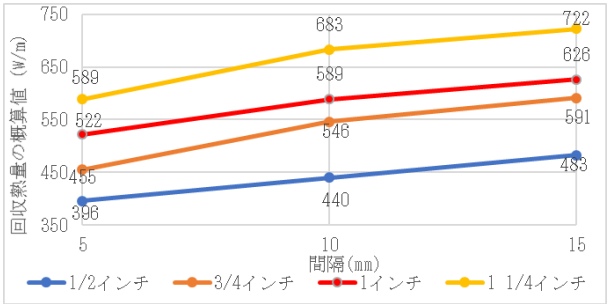


図 4 熱交換器伝熱管単位延長あたりの回収熱量 (夏季)

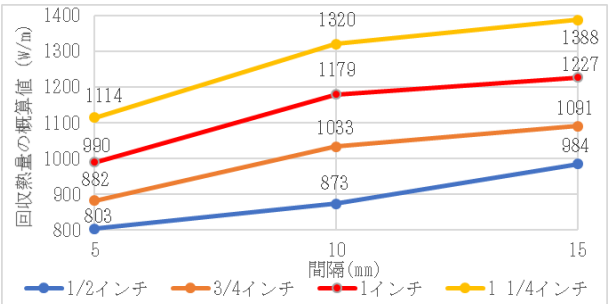


図 5 熱交換器伝熱管単位延長あたりの回収熱量 (冬季)