

トップヒートモード用伝熱促進素子 (NTEカプセル)の開発

～逆熱対流創生への挑戦～

工学研究科 機械工学専攻 / 工学部 機械システム工学科

やまぐちよしゆき うのかつや
○准教授 山口義幸、B4 宇野勝哉

キーワード

自然エネルギー、伝熱促進、自然対流、負の熱膨張、
上部加熱系、相変化物質、伸縮容器

研究概要

上方から加熱される系であるトップヒートモードでは、自然対流が生じないので熱輸送量が非常に小さい。ここに、負の熱膨張をするカプセル形状の装置（以下NTEカプセルと呼ぶ）を流体層に混入するとカプセル密度変化で沈降・浮上を繰り返し、外部動力なしで流体を攪拌できる。トップヒートモードで熱輸送が行われる技術のひとつに地中蓄熱がある。これは、図1のような夏季の冷房システムへの利用が考えられ、ヒートアイランド対策の観点から有効な技術として期待される。

NTEカプセルの概要を図2に示す。大ベローズに圧縮空気、小ベローズに温度に対する飽和蒸気圧の変化が大きい相変化物質（PCM）を封入している。カプセルを高温層に投入すると、小ベローズ内部のPCMの飽和蒸気圧が上昇して大ベローズが圧縮され、全体の体積が減少する。すなわち、カプセルの見かけの密度が増加するので、カプセルは沈降する。次に低温層では逆の変化が起こり、密度が減少してカプセルが浮上する。この動作を繰り返すことで流体を攪拌し熱輸送を促進させる。

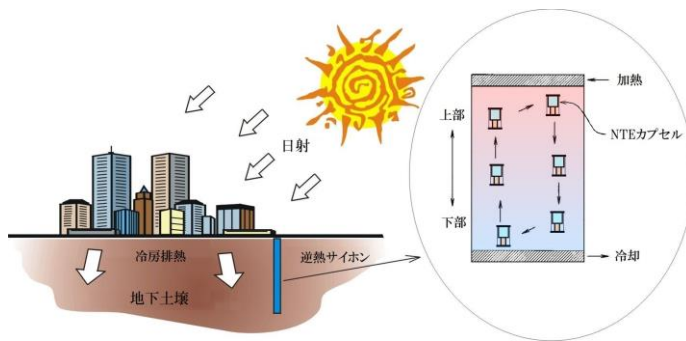


図1 トップヒートモードでの熱輸送の例
地中蓄熱への応用が期待される

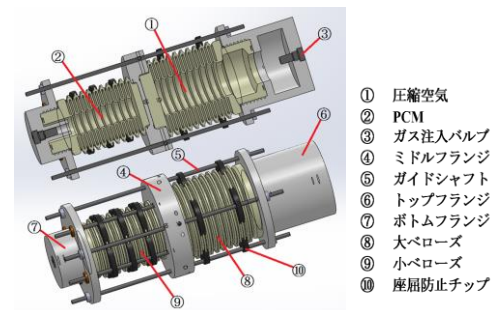


図2 NTEカプセルの構造

大・小のベローズ容器を組み合わせる
負の熱膨張を発現させる

アピール ポイント

NTEカプセルは、かつて原子炉内の緊急冷却の補助装置としての利用が検討されたことがある。ただし、従来の装置は、シリンダ・ピストン容器と形状記憶合金を用いており、適用可能な高低差が最大1m程度と小さいため実用には至らなかった。本研究では、ベローズ容器を用いることで圧縮空気の完全密封を実現し、形状記憶合金の代わりに相変化物質（PCM）を用いることでより大きな高低差への適用を可能にした。

内圧が掛かるベローズの座屈防止方法に関する研究例は少なく、試行錯誤を繰り返しながら研究を進められた。軸方向にのみ変形し、軽量かつ変形抵抗の小さい密閉容器を作ることが課題であったが、近年、3Dプリンターによるベローズ容器の試作が可能になり、研究が進展した。