

氏 名 劉 植秀

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博甲第4636号

学位授与の日付 平成24年 9月27日

学位授与の要件 自然科学研究科 産業創成工学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 エリスリトール／マンニトール混合潜熱蓄熱材の蓄・放熱挙動に関する研究

論文審査委員 教授 堀部 明彦 教授 富田 栄二 教授 柳瀬 眞一郎

学位論文内容の要旨

本論文は、未利用エネルギーを有効に利用することを目的に工場等からの廃熱を潜熱蓄熱システムの熱源として使うため想定する条件を満足する蓄熱材の選定、および選定した潜熱蓄熱材を高い効率で利用するための潜熱蓄熱システムについて検討したものである。

工場から捨てられている中温度領域（100～250℃）での廃熱を熱源として使うため、まず既存の蓄熱材同士を混合することで相変化温度を調節し、新しい温度帯で使用可能な蓄熱材を検討した。その結果、糖アルコール類のエリスリトールとマンニトールを混合した混合物を選定し、融解ピーク温度や潜熱量をDSCにて計測して、約150℃の新しい温度域で200kJ/kgの潜熱量を持つ70mass%混合物とマンニトールの特性を示した。次に、融解・凝固挙動現象については、まず試験管を用いた基礎的融解・凝固実験を行って評価し、純物質であるエリスリトールとマンニトールおよびこれらの混合物に関する融解・凝固挙動について明らかにした。さらに混合物質を用いた潜熱システムを実用化するため、管型熱交換器と直接接触式の蓄熱槽にマンニトールと70mass%混合物を充填して蓄・放熱実験を行い融解・凝固挙動について検討した。実験条件は、蓄熱時には供給熱媒体温度を200℃に固定し実験を行い、放熱時には供給熱媒体温度を90、70、50℃として実験を行った。その結果、融解時では、70mass%混合物では低温側融解ピーク温度(約110℃)の相変化区間で融解した物質により熱伝達が促進され高温側融解ピーク温度(約150℃)になる前には顕熱蓄熱と潜熱蓄熱が同時に起きているため、緩やかな温度上昇が現れていることを確認した。また、供給熱媒体温度を200℃とした場合、70mass%混合物はマンニトールより蓄熱速度が速くなり早く融解が進行することが明らかになった。放熱時では、熱媒体温度が50℃で放熱実験を行った場合、直接接触式潜熱蓄熱槽が本研究で用いた管型熱交換器の潜熱蓄熱槽よりも平均放熱速度が大きくなることを明らかにした。さらに、管型熱交換器を用いた潜熱蓄熱槽に対して簡易な数値解析を行った。測定した熱物性値をもとに半径方向のみの1次元熱伝導解析として行い、蓄・放熱での熱量および蓄熱材温度の経時変化の比較を行った。その結果、解析モデルから得た結果と管型熱交換器を用いた蓄熱槽から得た実験結果がほぼ一致することを確認した。

以上の結果より新たな混合潜熱蓄熱材を用いて使用環境によって蓄熱方式を選定することにより、効率を高めた省エネルギー機器の開発が可能であることを示した。このように、本論文で得られた研究結果は、今後、益々活発になる中温度域での新しい蓄熱材を用いた潜熱蓄熱システムの開発に大きく貢献するものである。

論文審査結果の要旨

本論文は、未利用エネルギーを有効に利用することを目的に工場等からの廃熱を潜熱蓄熱システムの熱源として使うため想定する条件を満足する蓄熱材の選定、および選定した潜熱蓄熱材を高い効率で利用するための潜熱蓄熱システムについて検討したものである。

工場から捨てられている中温度領域（100～250℃）での廃熱を熱源として使うため、まず既存の蓄熱材同士を混合することで相変化温度を調節し、新しい温度帯で使用可能な蓄熱材を検討した。その結果、糖アルコール類のエリスリトールとマンニトールを混合した混合物を選定し、融解ピーク温度や潜熱量を DSC にて計測して、約 150℃の新しい温度域で 200kJ/kg の潜熱量を持つ 70mass%混合物とマンニトールの特性を示した。次に、融解・凝固挙動現象については、まず試験管を用いた基礎的融解・凝固実験を行って評価し、純物質であるエリスリトールとマンニトールおよびこれらの混合物に関する融解・凝固挙動について明らかにした。さらに混合物質を用いた潜熱システムを実用化するため、管型熱交換器と直接接触式の蓄熱槽にマンニトールと 70mass%混合物を充填して蓄・放熱実験を行い融解・凝固挙動について検討した。その結果、融解時では、70mass%混合物では低温側融解ピーク温度(約 110℃)の相変化区間で融解した物質により熱伝達が促進され高温側融解ピーク温度(約 150℃)になる前には顕熱蓄熱と潜熱蓄熱が同時に起きているため、緩やかな温度上昇が現れていることを確認した。また、供給熱媒体温度を 200℃とした場合、70mass%混合物はマンニトールより蓄熱速度が速くなり早く融解が進行することが明らかになった。放熱時では、熱媒体温度が 50℃で放熱実験を行った場合、直接接触式潜熱蓄熱槽が本研究で用いた管型熱交換器の潜熱蓄熱槽よりも平均放熱速度が大きくなることを明らかにした。さらに、管型熱交換器を用いた潜熱蓄熱槽に対して測定した熱物性値をもとに半径方向のみの 1次元熱伝導解析として行い、蓄・放熱での熱量および蓄熱材温度の経時変化の比較を行い実験結果とほぼ一致することを確認した。

以上の結果より新たな混合潜熱蓄熱材を用いて使用環境によって蓄熱方式を選定することにより、効率を高めた省エネルギー機器の開発が可能であることを示した。本論文で得られた研究結果は、工学的に大きく貢献するものであり、学位に値するものと判断する。