

氏名	張 洵
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4964号
学位授与の日付	平成26年 3月25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	エリスリトールを用いた直接接触潜熱蓄熱槽の相変化および熱交換に関する研究
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回収・再利用することを目的に工場などからの排熱を潜熱蓄熱システムの熱源として利用するため、潜熱量が大きな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。

工場などから捨てられている中温度領域（100～200℃）での排熱を熱源として使うため、まず使用温度領域の相変化温度と大きな潜熱量を持っている潜熱蓄熱材を選定した。次に、選定した潜熱蓄熱材であるエリスリトールを直接接触式の潜熱蓄熱槽内に充填して放熱・蓄熱実験を行い、凝固・融解挙動について検討した。実験条件は、放熱時は供給熱媒体温度を50℃として実験を行い、蓄熱時は供給熱媒体温度を150℃として実験を行った。その結果、凝固時では、試験部下部から流入した熱媒体の周囲から凝固し、泡状で凝固が進行することを確認した。また、供給熱媒体の液滴表面の凝固挙動を明らかにするため、液滴表面を精密に観察した。その結果液滴の表面に均一に凝固が発生せず、部分的に蓄熱材の結晶が生じ、時間の経過とともに生じた結晶の成長や新しい結晶が生じて凝固が進行することが明らかになった。次に、泡状で凝固が進行することによって凝固面高さの上昇や試験部外部への流出を防ぐため、潜熱蓄熱槽のエリスリトール層内にアルミ多孔格子を設置しその結果を検討した。その結果流入してきた液滴は壁に接触することで消滅し、泡状で凝固が進行することを防止することを明らかにした。また、放熱・蓄熱過程に及ぼす槽内熱伝達率の無次元整理無次元量としてレイノルズ数と潜熱顕熱比であるステファン数、無次元高さ、そして無次元熱伝達率を用いて実験結果を整理した。さらにセルを大きくしたアルミ多孔格子を用いて凝固実験を行った場合に、攪拌とアルミニウムの熱伝導によって熱回収効率の向上が確認できた。融解時では、凝固時に形成されたエリスリトール層の流路を通るため、流路の周りやエリスリトール層の下部から融解が始まり、時間の経過とともに上部へと融解が進行することが確認できた。また、潜熱蓄熱槽のエリスリトール層内にアルミ多孔格子を設置する場合、アルミニウムの熱伝導によってアルミ多孔格子周辺からエリスリトールの融解が確認ができた。さらに、凝固・融解時では、熱媒体流量を増大させると高い放熱・蓄熱速度を示し、放熱・蓄熱時に必要な時間が短縮できることを明らかにした。以上の結果より潜熱蓄熱材を用いて直接接触式熱交換器の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。

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回収・再利用することを目的に工場などからの排熱を潜熱蓄熱システムの熱源として利用するため、潜熱量が大きな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。

工場などから捨てられている中温度領域（100～200℃）での排熱を熱源として使うため、まず使用温度領域の相変化温度と大きな潜熱量を持っている潜熱蓄熱材を選定した。次に、選定した潜熱蓄熱材であるエリスリトールを直接接触式の潜熱蓄熱槽内に充填して放熱・蓄熱実験を行い、凝固・融解挙動について検討した。その結果、凝固時には、試験部下部から流入した熱媒体の周囲から凝固し、泡状で凝固が進行することを確認した。融解時には、凝固時に形成されたエリスリトール層の流路を通るため、流路の周りやエリスリトール層の下部から融解が始まり、時間の経過とともに上部へと融解が進行することが確認できた。さらに、凝固・融解両過程にて、熱媒体流量を増大させると高い放熱・蓄熱速度を示し、放熱・蓄熱時に必要な時間が短縮できることを明らかにした。最終的に、放熱・蓄熱過程に及ぼす槽内熱伝達率の無次元整理無次元量としてレイノルズ数と潜熱顕熱比であるステファン数、無次元高さ、そして無次元熱伝達率を用いて実験結果を整理した。

また、供給熱媒体の液滴表面の凝固挙動を明らかにするため、液滴表面を精密に観察し、液滴の表面に均一に凝固が発生せず、部分的にエリスリトールの結晶が生じ、時間の経過とともに生じた結晶の成長や新しい結晶が生じて凝固が進行することを示した。次に、泡状に凝固が進行することによる凝固面高さの上昇や試験部外部への流出を防ぐため、潜熱蓄熱槽のエリスリトール層内にアルミ多孔格子を設置しその効果を検討した。流入した液滴は壁に接触することで消滅し、泡状での凝固の進行を防止すること、また、アルミニウムの熱伝導によってアルミ多孔格子周辺からエリスリトールの融解が確認できた。さらにセルを大きくしたアルミ多孔格子を用いて凝固実験を行った場合に、攪拌とアルミニウムの熱伝導によって熱回収効率の向上が確認できた。

以上の結果は、潜熱蓄熱材を用いた直接接触式熱交換器により、高効率で省エネルギーを図ることが可能であることを示しており、本論文の研究結果は、工学的に大きく貢献するもので、学位に値するものと判断する。