

## 博士論文の内容の要旨

氏名	阿部 駿佑
学位名	博士（工学）
学位授与年月日	2021年3月20日
論文題目	未利用熱利用を想定した高汎用性熱媒体糖アルコールスラリーの基礎特性および流動・熱伝達特性

(博士論文の内容の要旨)

本研究では、未利用熱の有効利用を想定した熱媒体として糖アルコールスラリーを提案する。糖アルコールの融解潜熱に加え、スラリーの高い流動性を兼ね備えた糖アルコールスラリーは非常に高い熱輸送能力を有する熱媒体として有望である。しかしながら、糖アルコールをスラリーとして利用する例はほとんどなく、未知な点が多い。基礎特性および流動特性、熱伝達特性に関して検討し、熱媒体としての有望性を示しつつ、システム設計に必要な基礎的な知見を得ることを目的とする。本研究では、糖アルコールの中でも特に有望な候補であるエリスリトールとマンニトールに着目して検討を行う。

第1章「緒論」では、研究の背景、未利用熱の活用事例、および糖アルコールスラリーについて説明するとともに、潜熱蓄熱材、熱輸送媒体に関する従来の研究をまとめて示している。また、本論文の目的と概要について述べている。

第2章「中低温用熱媒体エリスリトールスラリーの基礎特性とシステム設計」では、エリスリトールスラリーの基礎特性を示している。基礎特性として、溶解度および水溶液中での結晶粒径分布、水溶液の密度、水溶液の動粘度を明らかにした。また、実際の未利用熱利用システムの一例を示し、そのシステムの概要を説明している。また、システム設計の際に必要な知見をまとめて示している。その知見の中でも特に、蓄熱特性および流動特性、熱伝達特性、固着特性が重要であるため、以後の章ではそれらについて詳細に検討し報告している。

第3章「糖アルコールスラリーの見かけの比熱のモデル化」では、エリスリトールスラリーとマンニトールスラリーの蓄熱性能について検討している。蓄熱性能の評価の指標として、見かけの比熱を用いる。先行研究として、アイスラリーの見かけの比熱に関する研究があり、スラリー中の氷の見かけの比熱は、凝固点降下により生じるエンタルピー差と希釈熱を考慮することで理論的に算出できることが報告されている。本研究では、糖アルコールスラリーについて同様のモデルを用い、見かけの比熱の推算式を提案し、実験値と良好な一致が得られることを示した。また、推算式の計算に必要な物性値として、水溶液の比熱と溶解度を測定した。さらに、その測定値について検討し、糖アルコールの液体と水の比熱の値から、加成性により水溶液の比熱が算出可能であることを示している。

第4章「エリスリトールスラリーの流動特性・熱伝達特性」では、エリスリトールスラリーの配管輸送を実現するために、流動特性と熱伝達特性について検討している。流動特性については、水平円管内を流動する際の圧力損失を測定することで、管摩擦係数を算出しその流動特性について検討を行っている。実験の結果、層流条件において固相率が6 vol%以上では、固相率の上昇に伴って管摩擦係数比は増加することがわかった。また、固相率や流速によって流動様相が大きく異なることを考慮して、低流速領域における固相の沈殿による流動面積の縮小を考慮した沈殿流れモデルを独自に提案した。このモデルを適用することで、実験値と理論値に良好な一致が得られることを確認している。熱伝達特性については、エリスリトールスラリーについて、加熱されている水平円管内を流動させる際の円管の上部、側部、下部それぞれの局所熱伝達係数の測定を行っている。実験の結果、層流にて、固相率が6 vol%程度までは、ヌセルト数は水溶液とほぼ同じ値となったが、固相率が14 vol%を超える条件では、ヌセルト数は水溶液に対して高く算出された。熱伝達特性についても沈殿流れモデルを適用して議論したところ、管上部におけるヌセルト数比は1に接近したことから管上部はほぼ水溶液のみの流れであることがわかった。管下部について、固相の融解による潜熱の影響を考慮したみかけの比熱を定義して用いた結果、実験値と理論値に良好な一致が得られることを確認した。

第5章「エリスリトールスラリーの閉塞性に関する検討」では、エリスリトールスラリーを配管輸送での利用を想定した際に大きな障害となり得る管閉塞を回避するため、固着特性についての検討を行っている。冷却した円管内にエリスリトールを流し、冷却条件と管内壁への結晶の固着の関係について検討した。実験の結果、冷却量が大きく、流速が小さい条件で固着が発生しやすいことを確認した。さらに、流速と固相率によって変化する流動様相が固着特性に及ぼす影響が大きいことを明らかにした。

第6章「糖アルコールスラリーを用いた蓄熱・熱輸送システムの提案」では、得られた知見を踏まえ、熱媒体としての糖アルコールスラリーの優位性と糖アルコールスラリーを用いたシステムの利点について述べている。

第7章「結論」では、本研究で得られた結論をまとめている。