

氏名	佐藤 憲 二		
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1480号		
学位授与の日付	平成8年3月25日		
学位授与の要件	自然科学研究科生産開発科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文題目	不溶性潜熱蓄冷熱材の直接接触熱交換による凝固・融解に関する研究		
論文審査委員	教授 稲葉 英男	教授 山本 恭二	教授 濱本 嘉輔
	教授 田里伊佐雄	教授 大崎 紘一	

### 学位論文内容の要旨

本論文は、滴状潜熱蓄冷熱材と熱媒体とを直接接触熱交換させることにより、潜熱蓄冷熱および潜熱放冷熱に関する研究について述べたものである。すなわち、この種の潜熱蓄冷熱法についての各種の基礎的データと、直接接触熱交換が潜熱蓄冷熱および潜熱放冷熱へ与える効果について検討したものである。まず、本研究において潜熱蓄冷熱材および冷媒水溶液として扱うテトラデカンおよびエチレングリコール水溶液の物性値として、テトラデカンとエチレングリコール水溶液間の界面張力の測定を行った。その結果、テトラデカンとエチレングリコール水溶液の間の界面張力が一定値に安定した状態における静的界面張力を与える有用な実験整理式を得た。この界面張力の測定結果は、本潜熱蓄冷熱に関する実験のデータ整理に用いられた。また、直接接触熱交換による凝固現象を利用した潜熱蓄冷熱システムに関する研究が行われた。その結果、冷媒水溶液中におけるテトラデカン油滴の凝固挙動、および油滴の凝固率と諸実験パラメーターとの関係が明らかとなった。また、水溶液温度およびテトラデカン油噴射温度が極度に低い場合には、ノズル出口に凝固油柱が形成され、油滴は油柱中空部より水溶液中に噴出することがわかった。通常、テトラデカン油滴の凝固率は、ノズル出口におけるテトラデカン油の噴射温度および水溶液温度を低下させるに伴い、増加する傾向にあるが、温度条件を極度に低下させると凝固油柱が発生し、逆に温度の低下と共に凝固率が減少する特徴的な現象を呈することが判明した。結果として、各水溶液温度に応じて、極大の凝固率を示す噴射温度が存在するという興味ある結果を得た。最終的に、潜熱蓄冷熱材油滴の凝固割等を定量的に予測する無次元整理式の提案を行った。また、低温冷媒水溶液中を浮上する潜熱蓄冷熱材油滴の流動および凝固挙動に関する数値計算が行われた。その結果、冷媒水溶液中を浮上するテトラデカン油滴の挙動は、粘性流体中を運動する単一粒子に対する運動方程式により求められ、油滴に関しては液滴に対する抵抗係数を、また凝固油滴に関しては剛体球に対する抵抗係数を用いることにより、油滴速度の実測値と計算値は良好な一致を見せる結果となった。また、冷媒水溶液中を浮上するテトラデカン油滴の凝固率を予測する計算は、単一球の凝固に対する計算と粘性流体中を運動する単一粒子の速度解を組み合わせるにより実行可能であることが明らかとなった。この場合、油滴と冷媒水溶液間の熱伝達率には、液滴の外部ヌセルト数と内部ヌセルト数から得られる熱通過率を用い、凝固油滴と水溶液間の熱伝達率には剛体球に対する熱伝達率を用いることが可能であることがわかった。さらに、油滴が凝固を完了するまでに要する時間および凝固を完了するまでに要する浮上高さが定量的に把握された。また、凝固油滴と水の混合物である蓄冷材層中に温空気を流通させ、蓄冷材層との直接接触熱交換により空気を冷却し、冷風を取り出す新しいタイプの潜熱放冷熱法に関する実験が行われた。その結果、蓄冷材層中の充填水量が比較的多い場合、および空気流量が多い場合は、蓄冷材層の流動状態が活発かつ均一であり、全ての凝固油滴において均一に融解が進行し、また、出口空気温度は蓄冷材の融点に近い温度となり、更に安定することがわかった。出口空気の湿度は、水量の増大と共に増加する傾向があることがわかった。また、出口空気の相対湿度は飽和とはならず乾燥した状態になるという特徴的な現象が生ずることが明らかとなった。入口空気温度、湿度および流量、また蓄冷材層内の充填水量の変化により、出口空気の温度および湿度の持つエネルギー、すなわち出口空気のエンタルピーは変化するが、それは蓄冷材層内における空気と油滴の総交換熱量に比較して小さいため、空気の交換熱量および潜熱放冷時間はほぼ入口空気のエンタルピーに比例することがわかった。また、出口空気温度、絶対湿度、空気の交換熱量および潜熱放冷時間を与える有用な無次元実験整理式を得た。

## 論文審査結果の要旨

本論文は、新しい潜熱蓄冷熱システムの開発を目標とし、潜熱蓄冷熱材である滴状油を冷熱媒体である低温ブラインとの直接接触熱交換により凝固蓄冷熱させる潜熱蓄冷熱法、およびその凝固油滴と水の混合物層中に温空気を噴射し、直接接触熱交換による放冷熱を行う潜熱放冷熱法について検討したものである。まず、滴状油として融点 $5.8^{\circ}\text{C}$ のテトラデカン油を選定し、これを低温冷媒水溶液層中に噴射し、その凝固現象を利用した潜熱蓄冷熱に関する研究に関しては、冷媒水溶液中におけるテトラデカン油滴の凝固挙動、および油滴の凝固率と諸実験パラメーターとの関係を明らかにしている。さらに、油滴の凝固率が最大となるための条件を見だし、最終的に、潜熱蓄冷材油滴の凝固率を定量的に予測する無次元整理式の提案を行っている。また、低温冷媒水溶液層中を浮上する油滴の流動および凝固挙動に関する数値計算を行い、冷媒水溶液中を浮上するテトラデカン油滴の凝固率を予測する計算は、単一球の凝固に対する計算に粘性流体中を運動する単一粒子の速度解を組み合わせるにより実行可能であることを明らかにしている。最後に、凝固油滴と水の混合物である蓄冷熱材混合水層中に温空気を噴射し、粒状蓄冷熱材との直接接触熱交換により空気を冷却し、冷風として冷熱を取り出す新しいタイプの潜熱放冷熱法に関する実験が行われている。その結果、蓄冷熱材混合水層出口の空気温度、湿度、およびエンタルピー、そして蓄冷熱材混合水層の潜熱放冷熱完了時間に影響を与える因子である混合水層中の凝固油滴や水の質量、流入空気温度、湿度および流量との関係を表す無次元実験整理式の誘導を行っている。このように本論文は、低温潜熱エネルギー利用システムの構築を目的とした工学的に有用な多くの知見を得ており、エネルギーの有効利用上重要な貢献をもたらすものと判断される。よって、本審査会は、本論文を博士（工学）学位論文に値するものと判定した。