

## 非共溶性混合媒体の核沸騰熱伝達

大西, 俊輔

<https://doi.org/10.15017/1398350>

---

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済



(別紙様式2)

## 論 文 要 旨

区 分	甲	氏 名	大 西 俊 輔
論文題名	非共溶性混合媒体の核沸騰熱伝達		

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究では二相流体ループを用いた冷却システムへの適用を踏まえて、沸騰用混合冷媒に着目し2成分の非共溶性混合媒体を用いたプール沸騰実験を行い、その沸騰熱伝達特性を明らかにするとともにその有用性を提案する。本論文は以下の6章より構成される。

第1章では今後の半導体冷却の問題点と二相流体ループの必要性を明らかにした。冷却システムへの求められる条件としては限界熱流束の増大、伝熱面表面温度の低下、沸騰開始時における伝熱面表面温度のオーバーシュートの低減と大気圧以上での作動が重要と考えられた。

第2章では沸騰熱伝達として気泡成長、核沸騰熱伝達と限界熱流束及びサブクールによる向上に関する既存研究を、沸騰冷媒としては共溶性非共沸混合媒体、非共溶性混合媒体と非共溶性混合媒体の乳濁液に関する既存研究を調査した。また非共溶性混合媒体の界面における気泡挙動についての既存研究をまとめ、気泡による両媒体の物理的混合の効果とその要因について調査した。

第3章では非共溶性混合媒体の特性をまとめ、沸騰冷媒に最適な組み合わせを提示した。非共溶性混合媒体が気液相平衡状態にある場合、質量分率に関わらず一定の平衡温度になり、またそれはそれぞれの媒体の飽和温度より低くなり、サブクール状態となることを確認した。

密度と飽和温度の組み合わせおよび伝熱面上の加熱前層厚さの違いにより非共溶性混合媒体の組み合わせを4つに分類し、それぞれの特徴をまとめた。その中の層厚さが小さい高密度低沸点媒体と層厚さが大きい低密度高沸点媒体の組み合わせにおいてより優れた沸騰熱伝達特性が期待できることが分かった。この場合低沸点媒体がバーンアウトを起こした後も、その層厚さが小さいため上層から高沸点媒体が流入することにより高沸点媒体の沸騰熱伝達が支配的な領域へ移行し、高熱流束域までの除熱が可能となった。限界熱流束に対しては低沸点媒体の高い分圧により高沸点媒体が圧縮される結果、高沸点媒体に対して高いサブクール度が発生することにより大きな増大が見込まれた。また沸騰開始にはサブクール度の小さい高密度低沸点媒体が伝熱面に接触しているため、伝熱面表面温度のオーバーシュートは小さいと予測された。

2成分間の溶解度に注目すると動作温度内で互いに溶解しない不溶性混合媒体と動作温度内で部分的に溶解する部分可溶性混合媒体に分類でき、不溶性混合媒体において上述の非共溶性混合媒体の

特徴が得られると考えられた。

このように層厚さが小さい高密度低沸点媒体と層厚さが大きい低密度高沸点媒体の組み合わせによる不溶性混合媒体に対してより優れた沸騰熱伝達特性が期待でき、これらについて核沸騰実験を行い、その評価を行った。

第4章では上向き水平伝熱面を用いたプール核沸騰実験において、実験装置、実験手順とデータ処理方法について解説を行った。試験媒体として高密度低沸点媒体にFC72, Novec649とNovec7200を、低密度高沸点媒体にWater, n-Propanolとi-Propanolを選定した。不溶性混合媒体についてはFC72/Water, Novec649/Water, Novec7200/WaterとFC72/n-Propanolの組み合わせを、部分可溶性混合媒体についてはFC72/i-Propanolを選定し、溶解度の存在が非共溶性混合媒体に与える影響を調べた。合計の液面高さを100mmにそろえ、加熱前的高密度低沸点媒体の層厚さ $H_1$ を0mm, 5mm, 10mm, 50mmと変化させて実験を行い $H_1$ の効果を調べた。

第5章では上述の不溶性混合媒体と部分可溶性混合媒体に対して熱流束に対する伝熱面表面温度と液体との温度差、熱伝達係数、伝熱面表面温度のそれぞれの関係及び限界熱流束の測定結果を示した。加熱前における高密度低沸点媒体の層厚さが大きい場合、不溶性混合媒体と部分可溶性混合媒体ともに核沸騰熱伝達特性は高密度低沸点媒体単成分のそれと類似の傾向になった。一方で加熱前における高密度低沸点媒体の層厚さが小さい場合、核沸騰熱伝達特性はインターミディエイトバーンアウトを境に低沸点媒体支配領域と高沸点媒体支配領域に分けられた。低沸点媒体支配領域において非共溶性混合媒体の熱流束と伝熱面表面温度の関係は低沸点媒体単成分のそれと一致した。また高沸点媒体支配領域における熱伝達係数については液体の平衡温度が高サブクールになるため見掛け上の伝熱劣化が生じた。しかし実際には液体の平衡温度そのものが低いことと、低沸点媒体気泡による高沸点媒体の対流や沸騰の促進により伝熱面表面温度は高沸点媒体単成分のそれに比べて低下した。低沸点媒体の高い分圧により高沸点媒体が圧縮される結果、高沸点媒体に対する高いサブクール度の設定は限界熱流束値の増大になって現れた。またインターミディエイトバーンアウトによる低沸点媒体支配領域から高沸点媒体支配領域への遷移状態は低沸点媒体の層厚さや蒸気吹き出し速度の大小による気泡成長サイズとTaylor不安定の最危険波長の大小関係により説明された。

第6章では本論文の総括として、本研究で得られた成果を要約した。