

Title	フィンチューブ型潜熱蓄冷装置の開発と性能解析
Author(s)	山下, 義彦
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46805
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山 下 義 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 9 8 6 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 17 年 12 月 26 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科化学系専攻
学 位 論 文 名	フィンチューブ型潜熱蓄冷装置の開発と性能解析
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 平 田 雄 志 (副査) 教 授 大 垣 一 成 教 授 井 上 義 朗 教 授 武 石 賢 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

LNG は約 840 kJ/kg の冷熱エネルギーを有し、多くの LNG 受け入れ基地でその有効利用が行われている。しかし、電力や都市ガスの需要に伴う LNG 冷熱量の変動が著しく、蓄冷システムの適用による変動冷熱の平準化が技術的に重要な課題となっている。

本研究では、LNG 冷熱利用の一つであるボイルオフガス再液化プロセスに蓄冷システムを適用した新たな冷熱利用システムを実用化するため、実用プラントと同規模の伝熱管長を有するフィンチューブ型潜熱蓄冷装置を用いてパイロットプラント実験を行った。パイロットプラント実験では、蓄冷材 (PCM : Phase-Change Material) として凝固点が 143.55 K の *n*-ペンタン ($n\text{-C}_5\text{H}_{12}$) を使用し、LNG 気液二相流の液化 (放冷) 実験と LNG 冷熱の蓄冷実験を行った。その結果、PCM の凝固・融解挙動と蓄冷装置の蓄・放冷性能が明らかになり、また、フィンチューブ周りの熱コンダクタンスが既存の伝熱相関式と単純な厚肉円筒モデルで表現できることがわかった。

実験により得られたフィンチューブ周りの伝熱特性を厚肉円筒モデルに適用し、実用プラント規模のフィンチューブ型潜熱蓄冷装置の設計や運転操作に容易に活用できる数値解析シミュレーションについて検討した。また、蓄冷装置の負荷と蓄・放冷性能の関係や、蓄冷装置の限界負荷について考察した。さらに、本シミュレーションを用いて、蓄冷装置の運転条件やフィンチューブ仕様が装置性能に及ぼす影響について考察した。

以上の結果により実用プラントのフィンチューブ型潜熱蓄冷装置を設計し、蓄冷システムを適用したボイルオフガス再液化プロセスを実用化した。実用プラントは 1997 年に営業運転を開始し、現在、順調に稼動している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者は LNG 冷熱利用の一つであるボイルオフガス (Boil-off Gas) 再液化プロセスの蓄冷システムの実用化を目指して開発したフィンチューブ型蓄熱装置を用いてパイロットプラント実験を行い、その蓄・放冷性能や伝熱特性を検討した。また、厚肉円筒モデルに基づいた蓄熱装置性能解析数値シミュレーション法を開発し、潜熱蓄冷装置の設計・操作法を確立した。申請論文は、これらの成果をまとめたものである。

まず、LNG 冷熱の利用と蓄冷システムの現状分析を行い、実用化のための技術課題をまとめて、LNG ボイルオフ

ガスの液化に適した蓄熱材として n-ペンタンを選定した理由を述べている。つぎに、フィンチューブの外側に蓄熱材を充填したパイロットプラント用蓄熱装置を用いて LNG 気液二相流の液化（放冷）実験と LNG 冷熱の蓄冷実験を行い、フィンチューブ内部の LNG 流体の相挙動とフィンチューブ外部の蓄熱材の凝固・融解の過程を検討した。その結果、蓄熱・放冷の操作温度範囲で定まる最大有効蓄熱・放冷量に対してその時点までに使用した熱量の割合を用いると、フィンチューブ長さ方向（LNG の流れ方向）の二相流 LNG の液化挙動、蓄熱材の凝固・融解挙動が統一的に説明できることを示した。また、フィンチューブ周りの伝熱特性を記述するために厚肉円筒モデルに基づいた数値シミュレーション法を作成し、蓄冷装置の負荷と蓄・放冷特性の関係やその限界負荷を明らかにした。さらに、蓄冷装置の運転条件やフィンチューブの仕様を変えたときの蓄・放冷特性を求め、これらが蓄冷装置の性能に及ぼす影響について検討を加えた。最後に、これらの知見をもとに設計し実用化した BOG 再液化プロセスを基にフィンチューブ型潜熱蓄冷装置の設計・操作法の要点をまとめ、今後の研究課題・技術開発課題を提案している。

以上のように、フィンチューブ型潜熱蓄熱装置の開発からパイロットプラント実験結果に基づく性能評価、シミュレーション解析を援用した設計・操作法に関して得られた本研究の成果は、LNG 冷熱利用技術へ寄与できるだけでなく、他の冷熱エネルギーの有効利用技術に応用できる内容を多く含んでおり、工学的な価値があるものと認める。