

補助事業番号 28-113
補助事業名 平成28年度 LNG貯槽ロールオーバー予測技術の開発 補助事業
補助事業者名 国立大学法人室蘭工業大学 今井 良二

1 研究の概要

LNG（液化天然ガス）を燃料とする火力発電プラントは原油、石炭火力よりCO₂の排出量が少なく、特に福島原発事故後、LNGの需要は急増している。これを受け、LNG貯槽の蒸発ガス急増現象（ロールオーバー）の予測が、プラント運用において重要である。本研究では本現象の予測技術の確立を目的とし、側壁を加熱した小型容器内溶液対流の数値解析および検証実験を実施した。

2 研究の目的と背景

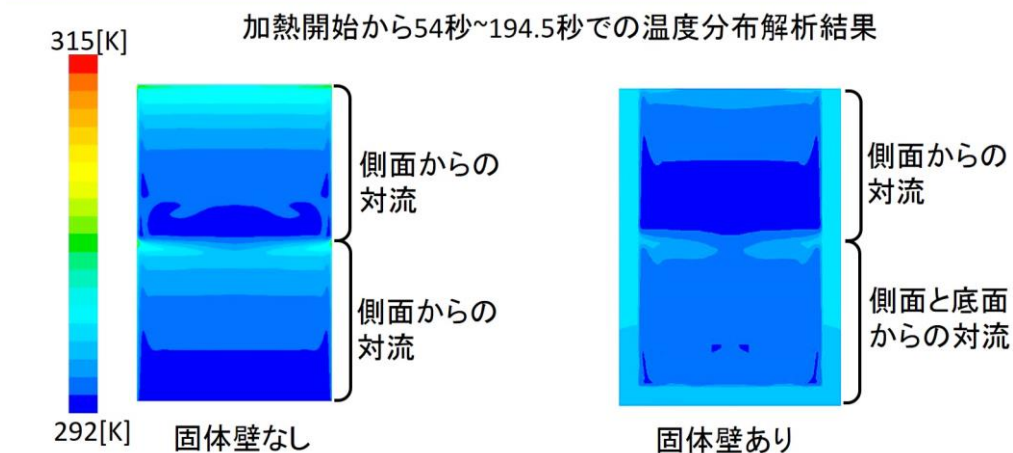
LNGの需要は急増により、LNG受入基地では様々な産地の成分、密度の異なるLNGを一つの貯槽に貯蔵する事態となっている。この状態で外部からの侵入熱を長時間受けると、蒸発ガスが急激に増大し、貯槽の破壊に至るロールオーバー現象が発生する。本研究では、ロールオーバー現象を熱流体解析により再現し、ロールオーバー発生条件を明確化し、回避手段策定に繋げることを目的とする。

3 研究内容

(1) ロールオーバー解析技術の開発の開発

(<http://www.mmm.muroran-it.ac.jp/~13999408/report.html>)

数値解析結果



固体壁なし ⇒ 層状化する

固体壁あり ⇒ 下層は層状化しない 下面が加熱されて上昇流ができるため

図 ロールオーバー現象解析結果の一例

(2) 模擬液体を用いたサブスケールタンク実験

(<http://www.mmm.muroran-it.ac.jp/~13999408/report.html>)

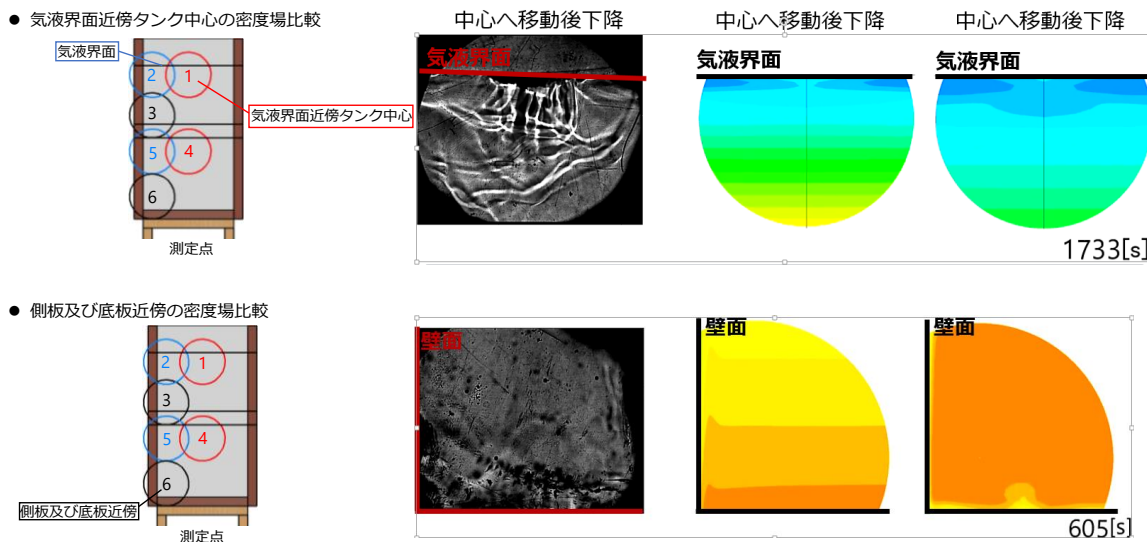


図 模擬液体を用いたサブスケールタンク実験の一例（密度分布の計測結果）

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究の最終目標であるロールオーバー予測技術が確立されれば、ロールオーバー発生に至るまでの時間、発生条件を明確にでき、プラント運用にあたり、ロールオーバー回避策を立案できるようになる。さらに本技術をプラントメーカーにおけるLNG貯槽およびLNGプラントの設計技術の高度化につなげることができる。ひいてはLNG大量受け入れへの対応、LNGプラントの安全性向上、安全な社会インフラ構築に貢献することが可能となる。

本研究成果は、LNG貯槽、プラントだけでなく、ロケットや将来型宇宙輸送機の燃料、酸化剤の熱設計、蒸発による液体の喪失低減を狙った熱管理システムの設計に展開することも可能である。

上述のように、本研究開発成果は、エネルギー、宇宙開発等、幅広い分野への波及効果が期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究担当者は、これまでにLNGプラント、原子力、宇宙推進系等の熱・流体問題に関する基盤研究、開発研究を担当してきた。本事業で得られた成果は、これらの分野の基盤技術の高度化に大いに貢献した。さらに本成果により、将来実施を検討しているLNG貯槽、宇宙推進系の対象とした、極低温液体貯槽の熱管理システムの開発の課題、シナリオ、方向性を策定が可能となり、新規のプロジェクトの立ち上げ、研究開発成果の創出により、社会貢献につなげることが可能である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表】

- (1) Ryoji Imai, “Propellant management technology and thermal problem in propellant tank (Keynote speech)”, proceeding of 11th International Conference on Two-Phase Systems for Space and Ground Applications Sept. 26-29, Marseilles, France, 2016.
(本講演の中で宇宙機燃料タンクに関連する技術として、本事業の成果を発表した)
- (2) 稲葉克典、今井良二、LNG貯槽ロールオーバー現象の数値解析技術に関する研究、混相流シンポジウム2017、2017年8月19日～21日、東京、2017。 発表予定（申込済）
- (3) 今井良二、稲葉克典、容器内ロールオーバー現象予測技術に関する研究、日本機械学会2017年度年次大会、2017年9月3日～6日、埼玉、2017。 発表予定（申込済）

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

平成28年度LNG貯槽ロールオーバー予測技術の開発補助事業に関する研究報告書

(<http://www.mmm.muroran-it.ac.jp/~13999408/H28JKAreport.pdf>)

<p>平成28年度 LNG貯槽ロールオーバー予測技術の 開発補助事業に関する 研究報告書</p> <p>室蘭工業大学大学院 航空宇宙総合工学コース 航空宇宙流体機械研究室 今井 良二 稲葉克典</p> <p>平成29年3月31日</p>	<p>目次</p> <p>第1章 緒言 1 1.1. 研究背景 1 1.1.1. ロールオーバー現象 2 1.2. 研究目的 3</p> <p>第2章 研究概要 4 2.1. 実験概要 4 2.2. 数値解析概要 4</p> <p>第3章 実験方法 6 3.1. 実験装置 6 3.1.1. サブスケールタンク 6 3.1.2. 鉛直方向温度分布計測装置 7 3.1.3. 気液界面の水平方向温度分布計測装置 8 3.1.4. 密度場可視化実験装置 8 3.2. 実験条件 9 3.3. 実験手法 10 3.3.1. 気液界面の水平方向温度分布計測実験 11 3.3.2. 密度場可視化実験 11</p> <p>第4章 数値解析方法 12 4.1. 数値解析モデル及び使用ソフトウェア 12 4.2. 基礎方程式・数値解析設定 13 4.3. 物性値 17 4.3.1. 純物質の物性値 17 4.3.2. 混合物の物性値 19 4.4. 境界条件 20 4.4.1. Model1の境界条件 20 4.4.2. Model2の境界条件 21 4.4.3. Model3の境界条件 22 4.4.4. Leeモデル使用時の境界条件 22 4.4.5. Model4の境界条件 23 4.5. 初期条件 24 4.5.1. Model1およびModel2の初期条件 24 4.5.2. Model3の初期条件 24 4.5.3. Leeモデル使用時の初期条件 24</p>	<p>4.5.4. Model4の初期条件 24</p> <p>第5章 研究結果及び考察 25 5.1. 実験結果 25 5.1.1. 鉛直方向温度分布計測実験結果 25 5.1.2. 気液界面の水平方向温度分布計測実験結果 26 5.1.3. 密度場可視化実験結果 28 5.2. 解析結果 35 5.2.1. 液領域のみモデル(Model1)の解析結果 35 5.2.2. 固体領域含むモデル(Model2)の解析結果 46 5.2.3. Mixtureモデル(Model3)の解析結果 57 5.2.4. 相変化(Leeモデル)を考慮した解析 61 5.2.5. 気液連成解析 66 5.3. 実験結果と解析結果の比較 70 5.3.1. 温度分布による比較 70 5.3.2. 密度分布による比較 73</p> <p>第6章 結言 93 6.1. 研究結果のまとめ 93 6.2. 今後の課題 93 参考文献 94</p>
--	---	---

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 室蘭工業大学大学院 航空宇宙総合工学コース

(ムロランコウギョウダイガク コウクウウチュウソウゴウコウガクコース)

住 所： 〒050-8585

北海道室蘭市水元町27-1

申 請 者： 教授 今井良二 (イマイ リョウジ)

担 当 部 署： 航空宇宙流体機械研究室 (コウクウウチュウリュタイキカイケンキュウシツ)

E - m a i l： r_imai@mmm.muroran-it.ac.jp

U R L： <http://www.mmm.muroran-it.ac.jp/~13999408/index.html>