

**(公3 - 07)コンテナ貨物の損害に関する  
調査研究**

**報 告 書**

平成26年3月29日

一般社団法人日本海事検定協会

# 目 次

<b>1 . 目的</b>	... 2
<b>2 . 事業実施方法</b>	... 2
<b>3 . 本研究のための準備</b>	... 3
3-1 研究場の選定と設置	
3-2 研究機材の調達と設置	
<b>4 . 研究・実験結果の収集と解析</b>	... 5
4-1 ドライコンテナ	
(1) 温湿度変化、耐熱効果検証実験	
(2) 発汗現象確認実験	
4-2 冷凍コンテナの冷凍、保冷能力実験	
<b>5 . まとめ</b>	... 10
<b>6 . 来年度以降の事業について</b>	... 10

## 1. 目的

近年、輸送貨物の内、各種の一般雑貨や原材料、食品・食材料（冷蔵、冷凍を含む）、電気・機械製品、産業製品などを始めとして、様々な製品、材料、物品から重量貨物に至るまでコンテナ貨物として輸送されている。その輸送経路も様々で、輸送環境状態は大きく異なる。当然のことながら海上輸送では陸上輸送に比べて輸送距離も長距離となり、輸送経路での気象海象を始めとして輸送環境や船舶動揺状況も様々であり、そのために生じると考えられるコンテナ輸送貨物の損傷も様々である。

本共同研究では、リーファーコンテナで輸送される冷凍・冷蔵コンテナ貨物の温度異状による損害とドライコンテナで輸送される一般貨物の汗濡れ損害について、実験と数値シミュレーション解析に基づいて調査研究、分析するとともに事故原因を明らかにし、それらの対策、予防策についても研究することを目的とする。

## 2. 事業実施方法

本共同研究では、本共同研究実施計画期間中（3ヵ年）に共同研究実施項目について共同実験者である下記5校と協議の上、実施する。

### 共同研究者

- 1) 大島商船高等専門学校
- 2) 神戸大学大学院海事科学研究科
- 3) 鳥羽商船高等専門学校
- 4) 弓削商船高等専門学校
- 5) 広島商船高等専門学校

### 共同研究実施項目

- 1) 冷凍・冷蔵コンテナ貨物の損害調査に基づいた実験と解析
- 2) 一般貨物の汗濡れ損害調査に基づいた実験と解析
- 3) 気象状況とコンテナ貨物の積み付け位置によるコンテナ貨物内の大気状況調査と実験
- 4) 各種気象状況下におけるコンテナ貨物庫内（冷凍・冷蔵コンテナを含む）の数値シミュレーションと実験結果の比較検討
- 5) その他、共同研究組織で必要と認めた研究

## 3. 本計測のための準備

平成25年度4月より、共同研究者と、研究場所の選定及び必要研究機材の調達について協議を行った。

概要は以下の通りである。

### 3-1 研究場の選定と設置

研究場は、主研究者が在籍し、かつ研究・実験に必要で適した十分な用地を保有している大島商船高等専門学校（山口県大島郡周防大島町大字小松南1091-1）の校内遊休地を借用することとなった。

下記地図の矢印に位置する研究場は、瀬戸内海気候にあるため、雨が少なく温暖で研究実験

に適した場所である。温暖ではあるが、過去5年間の夏季最高気温は36.5 超、冬季最低気温は(-)6.6 と、実験するに十分な気温変化がある。

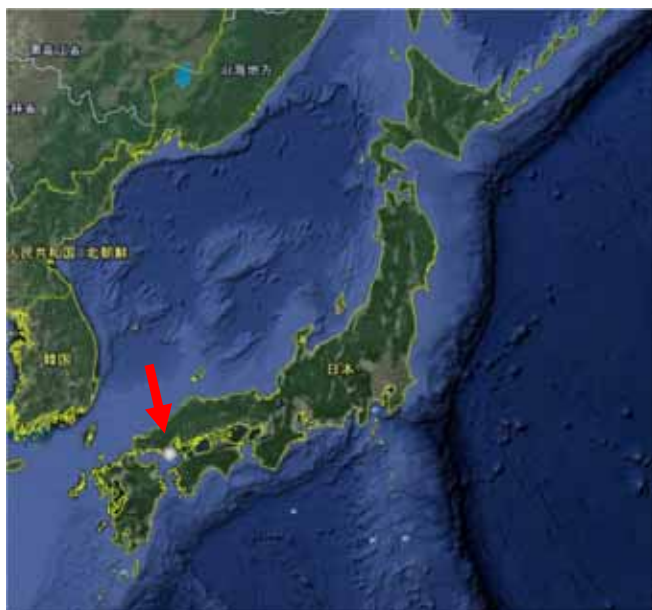


図1: 大島商船高等専門学校的位置



図2: 大島商船高等専門学校 校内研究場位置

上記研究場は、約30m x 30mの広さを取り、真砂を敷き、周囲をフェンスで囲んだ。



図3 & 4: 大島商船高等専門学校 校内研究場位置およびコンテナ敷ブロック

ドライコンテナ設置場所には、上記写真のようにブロックを敷き詰め、冷凍コンテナ設置場所は、コンクリートで強固な土台を設置した。



図5:冷凍コンテナ支持台

### 3-2 研究機材の調達と設置

ドライコンテナは、中古の20フィート海上コンテナ5台を購入。(内1台は、資材置き場および予備)冷凍コンテナは、実験中の故障による研究機会損失防止のため信頼性を重視し20フィート海上コンテナ(ダイキン製)1台を購入。また、測定電子機械、PCの作業棟として、スパーハウス1棟を購入。それぞれ下記の配置とした。



図6:コンテナおよび実験棟配置

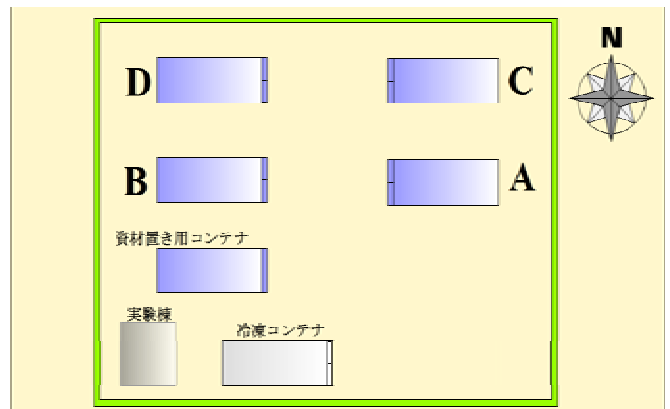


図7:コンテナ配置、ナンバリング

冷凍、ドライコンテナには、全て温度センサー、電源コード用の穴(10 cm diam.)を左ドアに空け、発信機ボックスを設けた。



図8 & 9:ケーブル穴および発信機ボックス

その他、下記測定機器、資材を準備した。

- 1) 自己記録式温湿度センサー： 50台
- 2) 低温対応温度センサー： 3台
- 3) モニター(VGA カメラ)： 1台
- 4) 簡易気象観測器： 1台
- 5) 穀物： 6トン
- 6) ポリタンク、カートン入り20L水： 800ケース
- 7) その他資材(発泡スチロールボード等)

上記準備は、9月上旬に完了した。

#### 4. 研究・実験結果の収集と解析

今年度は、基礎実験年と位置付け、ドライコンテナについては、コンテナ内の温湿度変化調査を、また、冷凍コンテナについては、冷凍能力検証実験を行った。

##### 4-1 ドライコンテナ

###### (1) 温湿度変化、耐熱効果検証実験

ドライコンテナ3台を使用し、各コンテナを下記の設定とした。

コンテナA： 空コンテナ



図10: ドライコンテナ内センサー

コンテナB： 穀物6トンを左側壁寄りに積み付けた。



図11: コンテナBの穀物積み付け状況

コンテナD： 断熱材として発砲スチロールボード(発泡倍率50倍、硬さQ)厚さ2cmを床面以外の5面に貼り付けた。

(コンテナCは、直射日光を遮る(所謂日陰)工事が間に合わず本年の実験には使用せず。)

また、各コンテナには、自己記録式温湿度計7個を下図のようにセットした。



図12: コンテナDの内貼り

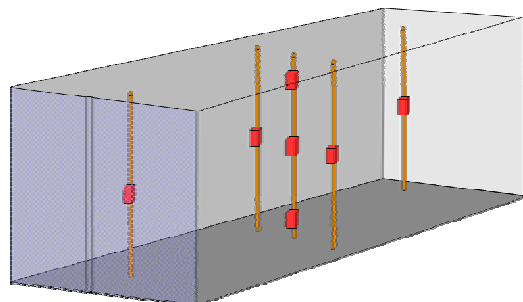


図13: コンテナ内のセンサー設置位置

各センサー位置とナンバリングは以下の通り。

コンテナA:

- センサーNo.1 奥-中央(前部壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.2 中央-中-上(コンテナ中央部、天井より 10 cm下)
- センサーNo.3 中央-中-中(コンテナ中央部、高さ 110 cm)
- センサーNo.4 中央-中-下(コンテナ中央部、床より 10 cm上)
- センサーNo.5 中央-右(コンテナ中央部、右側壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.6 中央-左(コンテナ中央部、左側壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.7 後-中央(後部ドアより 10 cm内側、高さ 110 cm)

コンテナ B:

- センサーNo.8 奥-中央(前部壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.9 中央-中-上(コンテナ中央部、天井より 10 cm下)
- センサーNo.10 中央-中-中(コンテナ中央部、高さ 110 cm)
- センサーNo.11 中央-中-下(コンテナ中央部、床より 10 cm上)
- センサーNo.12 中央-右(コンテナ中央部、右側壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.13 中央-左(コンテナ中央部、左側壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.14 後-中央(後部ドアより 10 cm内側、高さ 110 cm)

コンテナ D:

- センサーNo.22 奥-中央(前部壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.23 中央-中-上(コンテナ中央部、天井より 10 cm下)
- センサーNo.24 中央-中-中(コンテナ中央部、高さ 110 cm)
- センサーNo.25 中央-中-下(コンテナ中央部、床より 10 cm上)
- センサーNo.26 中央-右(コンテナ中央部、右側壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.27 中央-左(コンテナ中央部、左側壁より 10 cm内側、高さ 110 cm)
- センサーNo.28 後-中央(後部ドアより 10 cm内側、高さ 110 cm)

上記設定にて9月20 - 30日の11日間、温度、湿度の測定を行ったので、各コンテナの温湿度比較を以下に示す。(下記データは、9月22日のコンテナ天井下10cmのセンサーの記録である。)

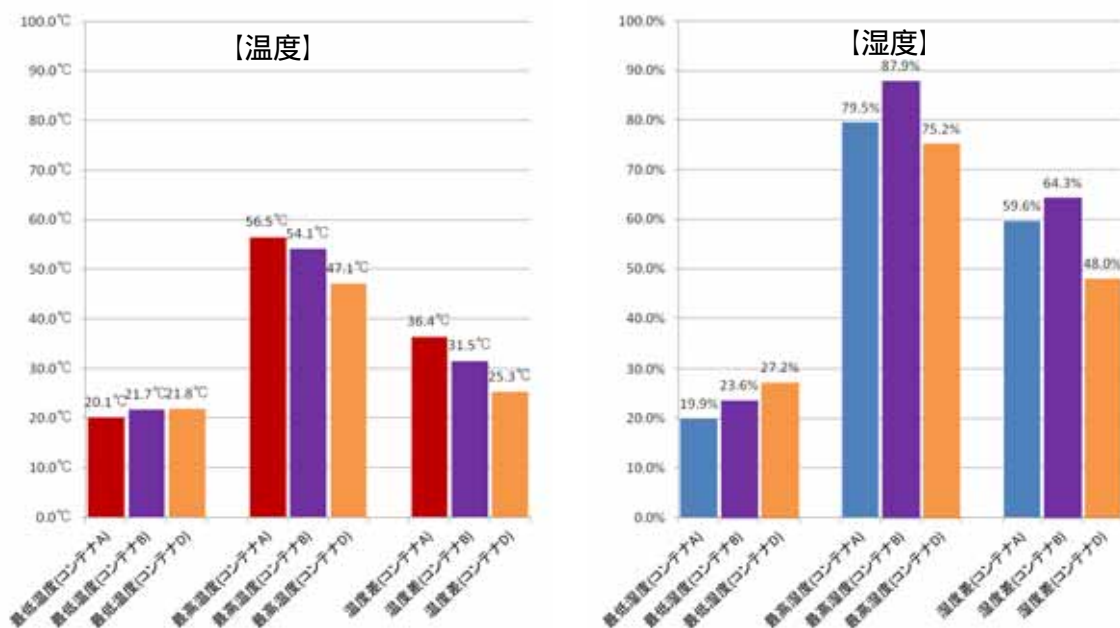


図14: コンテナ A, B, D の温湿度比較

上記実証実験より以下のことを確認した。

## 1) 温度:

日中、コンテナ A 内の最高温度は、外気最高温度 31.6 に対し、56.5 となった。これに対して、穀物 6 トンを詰めたコンテナ B は、54.1 と空コンテナ A と比べ若干低い温度となった。また、発泡スチロールを内貼りしたコンテナ D の内部最高温度は 47.4 と、空コンテナ A より 9.1 低い結果となった。

また、コンテナ内部の最低温度は、コンテナ A: 20.1、コンテナ B: 21.7、コンテナ D: 21.8 という結果となった。このことより、コンテナ内の最高・最低温度差は、大きな順に、コンテナ A、コンテナ B、コンテナ D となった。

当然の結果であるが、断熱材として使用した発泡スチロールが予想以上に有効であることを検証することができた。今回使用した発泡スチロールは、発泡倍率 50 倍の 2cm 厚さのものであったが、次回の実験では、倍の 4cm 厚さで同様の実験をおこなうこととする。

この断熱材の有効性が実証できるとワイン、電子部品、プラスチック部品、ココアバターなどの高温下で品質劣化を引き起こす可能性のある貨物の輸送に非常に有効なツールとなる。

## 2) 湿度:

コンテナ内の湿度については、図 11 のグラフのように、穀物入りのコンテナ B が 87.9% と高湿度となった。また、温度変化の少なかったコンテナ D は、3 コンテナで一番低い 75.2% であり、断熱材を使用することにより湿度変化を低く抑えることができるため、コンテナ内の発汗を防止する効果も期待できる。

## (2) 発汗現象確認実験

穀物入りコンテナ B にビデオカメラ、ライトを各 1 台設置し、結露が発生しやすい夜間にコンテナの天井を撮影した。同時に温湿度計を天井下 1 cm の位置にセットし、結露発生時の温湿度を測定した。撮影期間は、2013 年 12 月 2 日から 16 日のそれぞれ夕方 17 時から翌朝 8 時までとした。



図 15: コンテナ B 内天井のビデオカメラ設置状態

その結果、12 月 12 日 18 時から翌 13 日 1 時の 7 時間に亘ってビデオカメラの映像で発汗が確認された。しかしながら、この期間の湿度計の最高湿度は 87.7% であり、温度は露点温度に至っていなかった。



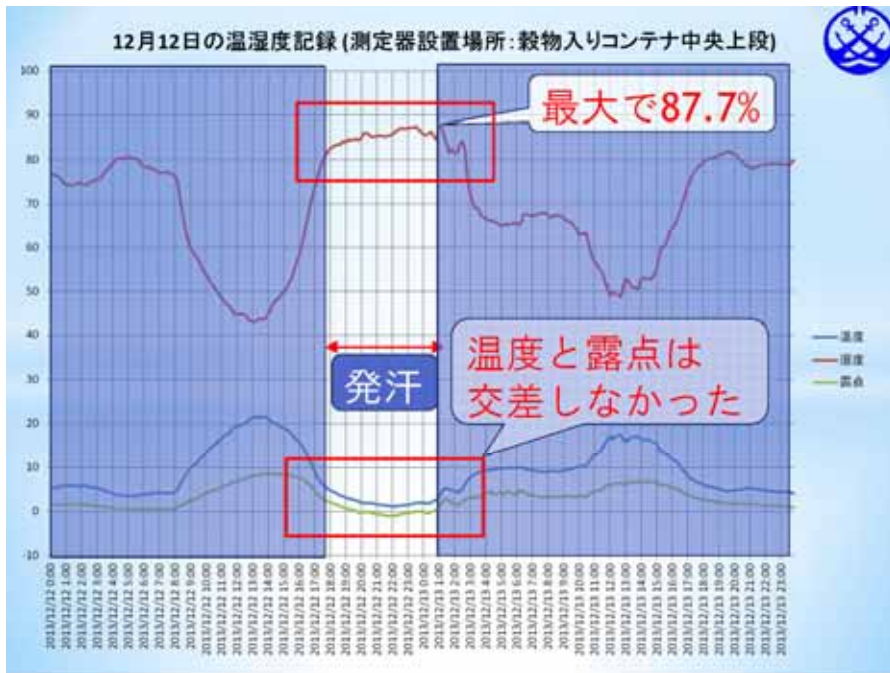


図16:12月12日の温湿度記録

上記より、コンテナ内の温度が露点温度に至っていなくとも、熱伝導率が高いコンテナ天井（鉄）が夜間の気温低下により冷やされることにより天井板表面に汗が発生することが確認できた。このことより、発汗は、コンテナ内の湿度が高くなるとも、コンテナ天井、側壁が外気温度により冷やされることにより発生するものであり、シリカゲル等の乾燥剤でコンテナ内の湿度を低く保とうとしても発汗を完全に防止することはできないことが確認できた。発汗による貨物の濡れ損防止は、如何にして発汗した汗を貨物に接触させないかに尽きると考える。

#### 4-2 冷凍コンテナの冷凍、保冷能力実験

清水 20 リットル入りポリタンク（カートン入り）735 個（横 7 個 x 積 7 段 x 15 列）をコンテナに詰め、温度センサー 35 本を下記の位置にセットし、凍結、解凍実験を行った。



図17:水カートンの積付状態



図18:センサー位置

##### (1)凍結実験

設定温度を ( - ) 20 とし、全センサー（カートン）が ( - ) 20 に達するまでの時間および温度の下降状態を調査した。

この実験は、冷凍コンテナの冷凍能力の検証、および Hot Cargo(十分に輸送設定温度近くまで冷却されていない冷凍貨物を冷凍コンテナに詰めた場合に、庫内温度記録が緩やかにしか下降しない場合は、その貨物は、“Hot cargo”であったと断定している)の条件を再現させるためのものである。

その結果、約3日後に全センサーの温度は一旦(-)10前後に下降し、その後、瞬時に0に上昇、そして徐々に(-)20に至った。この現象より、水の状態で(-)10まで冷やされた「過冷却」が発生していたことがわかる。

下記グラフは、センサーNo. 1 - 9(コンテナ最前部)の温度記録であるが、全カートンの水が(-)20の氷に変化するのに約12日間要することが判明した。

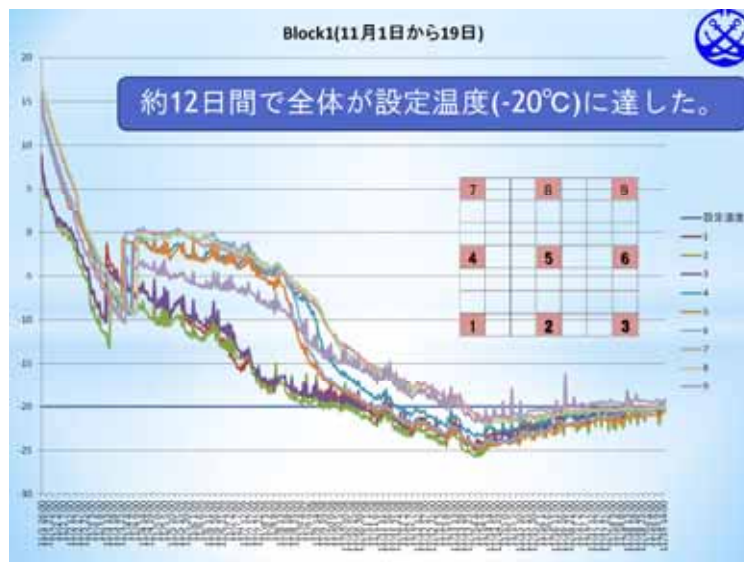


図19:温度センサーブロック1(センサー1 - 9)の温度下降グラフ

## (2) 解凍実験

全カートンが(-)20の氷の状態から冷凍機を停止し、全センサーが0に達する時間および温度の上昇状態を調査する過程で、コンテナ内のどの部分に積載された冷凍貨物の温度上昇が早いか、また、どの部分の温度上昇が遅いかを調査した。

その結果、下記グラフの通り、約21日でコンテナ内の氷全量が0に達した。

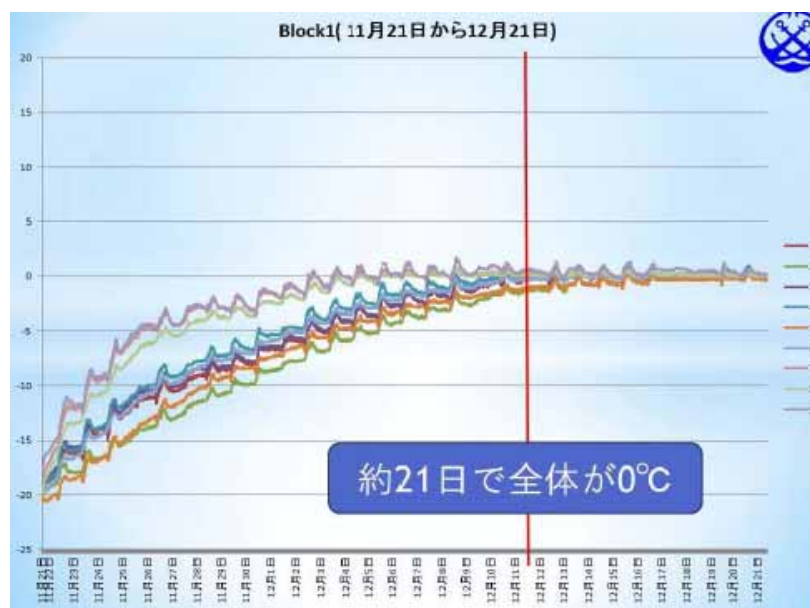


図20:温度センサーブロック1(センサー1 - 9)の温度上昇グラフ

また、温度上昇速度は、下段に行くほど遅くなることが判明した。従来、冷凍コンテナ内の貨物の温度上昇は、天井、側壁および床に近いほど早く、中段中央部が一番温度上昇が遅いと言われていたが、それとは異なる興味深い結果となった。

## 5. まとめ

本年度前半は、用地選定・整備、機材の発注等に費やされた。設備完了後の9月から本格的に実験を行った。本年度は、初期実験と位置づけ、種々の実証実験を行った。その実験結果から貴重なデータを得ることができ、また従来とは異なる結果も得ることができた。

## 6. 来年度以降の事業について

25年度は、今年度の実験で得られた結果を踏まえて、ドライコンテナについては、発汗による貨物濡れ損防止対策の検討、また、冷凍コンテナについては、実際の貨物を使用し、種々の冷凍機トラブルを再現し、それぞれのトラブルによって生じる貨物の劣化程度を検証する予定である。

以上