

コンテナ模型による汗濡れ現象の再現と 吸水シートの効果

村上知弘 *・吉田康二 **・池田真吾 *・永本迪隆 **

Reproduction Verification of Sweat Damage in Container Model and Effect of Absorbent Sheet

Tomohiro MURAKAMI * , Koji YOSHIDA ** , Shingo IKEDA *
And Michitaka NAGAMOTO **

Abstract

The container model was made to reproduce missing get wet the sweat in marine transport, and the reproduction experiment was done. We observed the model under three different conditions: with a PNIPA gel absorbent sheet, with a SAP absorbent sheet, and with no absorbent sheet. With no absorbent, there was sweat on the inside walls of the model, and the wood in the model was wet, it is due to the condensation of water in the container model. However, the sweat did not appear when the absorbent sheets were set up in the upper part of the model.

From those results, the effect of the absorbent sheets was able to be confirmed and the reproduction of sweat.

1. 緒言

筆者らは以前よりコンテナ輸送における品質管理用「リユーザブル吸水シート」について開発研究を行ってきた。その中で、吸水シートの乾燥時間の短縮や吸水剤ゲルのイオン濃度変化による用途に合わせたシート作製の可能性、吸水剤ゲルの繰返し特性などの結果が得られ、ポリ N-イソプロピリアクリルアミド(PNIPA)ゲルシートの有用性を確認できた^{[1]・[2]}。しかしながら、吸水剤を被覆するシート材料の再利用化などの問題から実用化に至らなかった。その後、多くの企業が本問題であるコンテナ貨物の結露障害防止に取り組んだが、大きな成果はいまだ得られていない。

汗濡れ損は現在も海上輸送において、解決が望まれている重要問題の一つである。今回日本海事検定協会からコンテナ貨物の損害に関する共同研

究の依頼があり、再度リユーザブル吸水シートの研究に取り組んだ。その中で、吸水剤に高吸水性ポリマー(SAP)を使用した既存の吸水シートでは結露を吸収したシートの重量増加に伴うたるみや固定具の剥落などにより、シートと貨物が接触した場合に吸水剤中の水分が貨物に移動して 2 次被害を起こすという問題が浮上した。図 1 にそのコンテナ断面における 2 次損害イメージを示す。昨年の研究で吸水剤から貨物への水分移動を調査するため、膨潤させた PNIPA ゲルおよび SAP を段ボール片の上に乗せ、簡易的に 2 次被害の発生状況を再現して時間経過に伴う水分の移動を比較した。その結果、PNIPA ゲルは SAP と比較して水分保持に優れ、2 次被害の軽減が示唆された^[3]。

そこで本の研究では、「リユーザブル吸水シート」の実用化を目指し、図 2 に示すようなコンテナ模型を作製し、コンテナ模型内に人工的に結露を発

* 商船学科

** 海上輸送システム工学専攻

生させ、その状態を調査した。その実験に伴って吸水シートをコンテナ模型に設置して、結露の発生状況を調査した。シート未設置、PNIPA ゲルシートおよび SAP シートをそれぞれ設置した 3 パターンの実験から PNIPA ゲルシートと SAP シートの性能を比較し、PNIPA ゲルシートの有用性の確認を試みた。

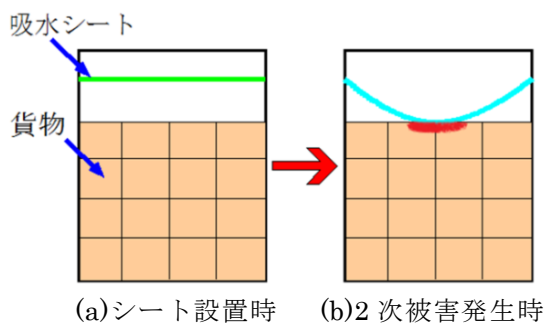


図 1 コンテナ断面における 2 次被害イメージ^[3]

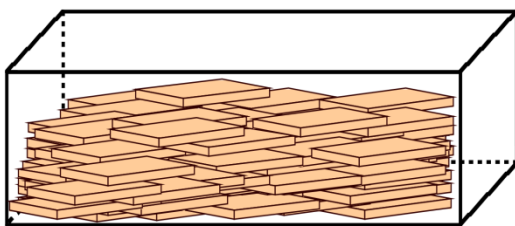


図 2 結露再現実験イメージ

2. 実験

2. 1 PNIPA ゲルシート作製

PNIPA ゲルシートの作製過程を示す。擬似吸水シートの作製方法は以下に示すとおりである。

はじめに PNIPA ゲル以下のように作製した。は主鎖 N-isopropylacrylamide(NIPA)3.883g、架橋剤 N,N'-methylenebisacrylamide(BIS)0.0645g およびイオン化剤 Sodium Acrylate(SA)0.067g を純水中に溶解させ、50ml のプレゲル溶液を作製する。この溶液に反応開始剤 Ammonium peroxodisulfate(AP)0.020g および反応促進剤 N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine(TEMED)120 μ l を加えて素早く攪拌し、恒温水槽内で 20 $^{\circ}$ C、24

時間放置して溶液をゲル化させ、試料を得た^[4,5]。

上記で作製した PNIPA ゲルのパウダー化は以下の手順で行った。作製した PNIPA ゲルをピンセットで細かく切り、同時にラバーヒーターとドライヤーで加熱し、ゲル内部の水を取り除く。さらに自然乾燥させ、ゲル内部の水分を十分に取り除く。乾燥させた PNIPA ゲルをサンタリークラッシャー(三庄インダストリー(株))を用いて mm 単位程度の粒径まで粉碎する。それをロータースピードミル(フリッチュ(株))で更に細かく粉碎し、最大 250 μ m 程度の粒径のゲルパウダーとした。

吸水シートはコットンシート(千代田(株))を二枚重ねにしたものを二組用意し、その間に吸水剤を挟み込んで作製した。擬似 SAP シートには粉末状 SAP(ケニス(株))を使用した。同シートは、図 3 に示すように、コンテナ模型の上部内側に設置した。



図 3 コンテナ上部と吸水シート

2. 2 コンテナ模型の結露再現

コンテナ模型を用いてコンテナ輸送中の結露発生状況を人工的に再現し、吸水ゲルシートの性能調査を試みた。図 4 に示すようなコンテナ模型(20 フィートサイズの 1/20 モデル、300mm \times 120mm \times 120mm)を鉄板で作製した。図 5 に示すように、模型中にベニヤ材の木片を十分に詰めた。このときコンテナ上部には吸水シートを取り付けた。コ

コンテナ輸送における吸水シートが及ぼす 2 次被害対策

ンテナ輸送のモデル条件として、日本が冬の場合の東南アジアから日本への輸送を考えた。このコースは、荷積地が高温多湿であり、荷揚げ地が日本である場合、日本では気温が低ため結露被害の多く発生することが知られている。

よって実験条件として、 $60^{\circ}\text{C} \cdot 90\%RH$ に管理した恒温器(アドバンテック(株))内で 4 時間加熱し、その後冷蔵庫で 12 時間冷却させて人為的に結露を発生させた。実験に使用した恒温器を図 5 に示す。これをシート未設置、PNIPA ゲルシート設置状態及び SAP シート設置状態で行い、吸水シートの性能を調べた。



図 6 恒温槽内のコンテナ模型



図 4 1/20 のコンテナ模型



図 5 コンテナ内部とシート取り付け

3. 結果と考察

図 7 にコンテナ模型上部に吸水シートを設置しなかった場合の状態を示す。コンテナ模型内部に水滴が十分に付着していた。内部のベニヤ材にも水滴が付着していた。

図 8 に SAP シートを設置したコンテナ内部の状態を示す。図 7 に比べ、ほとんど水滴が見られなかった。さらに図 9 に PNIPA ゲルシートを設置した場合の模型内部を示す。全く模型内側壁面に水滴が付着していないことが分かる。ベニヤ材にも全く水滴は見られなかった。

これらの結露実験の状態結果を表 1 に示す。縦軸にコンテナ模型、ベニヤ材、シートの実験前後の重量および変化量をそれぞれ表す。横軸には、シート未設置、各シートを設置した場合を示す。実験前後でコンテナ模型の重量が変化しているが、シートなしは空気中の水分が水滴となってシート及び木片に付着したため重量が増したと考えられる。しかしながら水滴が付着していたにもかかわらず木材の重量に変化がなかった。木材の含まれていた水分が一度蒸発して、水滴となり再び木材に付着して同じになったと考えられる。一方、シートを設置して行った結果では、SAP シートの方が多く吸水した結果となった。これは、SAP の方が PNIPA ゲルに比べ、架橋密度が低いいため、吸水しやすいことに起因していると思われる。しかしながら、再利用を考慮すると PNIPA ゲルの方がよ

いという結果があるため、汗濡れが防げたという点で見れば大差がないということになると思われる。

上記の結果から、コンテナ模型内の汗濡れの発生と防止が確認できた。



図 7 吸水シート未設置の模型内部



図 8 SAP シート設置の模型内部



図 9 PNIPA ゲルシートを設置したコンテナ内部

表 1 結露再現実験結果

	シートなし	ゲルシート	SAPシート
模型実験前(g)	1090	1095	1092
模型実験後(g)	1095	1095	1093
模型変化量(g)	5	0	1
木片実験前(g)	745	756	750.6
木片実験後(g)	745	754	750.4
木片変化量(g)	0	-2	-0.2
シート実験前(g)		9.42	9.65
シート実験後(g)		9.50	9.95
シート変化量(g)		0.08	0.30

4. まとめ

コンテナ輸送における汗濡れ損を再現するため、コンテナ模型を作製してベニヤ材を積荷に見立て実験を行った。シート未設置の場合、PNIPA ゲル及び SAP 用いた吸水シートを設置した場合、それぞれの条件下での模型内部の状態を調べた。それらの結果からシートを設置していない場合、模型内部に結露に伴って発生した水滴が内壁に付着し、木材にも水滴の付着が原因とみられる濡れが確認できた。一方、PNIPA ゲルシートまたは SAP シートを設置した場合、模型内部や木材への結露に伴う水滴の付着は見られなかった。

以上のことからコンテナ模型による汗濡れ損の再現は十分に確認できた。また、PNIPA ゲルシー

コンテナ輸送における吸水シートが及ぼす 2 次被害対策

ト及び SAP シートを設置することによって、その結露は発生しなかったため、同シートがコンテナ貨物の品質管理用吸水シートとして所定の性能を有していると考えられる。今後は、実際のコンテナを使用して、十分な検証を行う必要がある。

参考文献

- [1] 村上,岩本:弓削商船高等専門学校紀要,第 29 号, 2007.
- [2] 村上,赤瀬:弓削商船高等専門学校紀要,第 30 号, 2008.
- [3] 村上,吉田,池田,永本:弓削商船高等専門学校紀要,第 37 号,2015.
- [4] Y. Hirokawa, and T. Tanaka, *J. Chem. Phys.*, 81, 6379, 1980.
- [5] 村上,田窪,安永,吉田:弓削商船高等専門学校紀要,第 36 号,2014.