

段ボールの強度特性に対する塩分の影響に関する研究

下村 充*

A Study of Effects of Salt for Strength Properties of Corrugated Fiberboard and Corrugated Box

Mitsuru SHIMOMURA*

海に近い倉庫では、保管していた段ボール箱包装品の座屈や荷崩れが散見される。海に近い場所で段ボール箱を保管する際には、潮風を受けることが想定される。潮風には塩分が含まれ、その塩分は水分を引き寄せる性質があることから、塩分が段ボール箱に付着すると、段ボール箱の強度低下につながる懸念がある。そこで、塩分と段ボールや段ボール箱との関係をテーブルテストで調査し、含水率や強度の側面から影響について考察した。また、実際に海に近い場所で約一ヶ月間、屋外に静置した段ボール箱の付着塩分を測定し、潮風が段ボール箱に与える影響について考察した。

結論として、潮風に含まれる塩分は段ボール箱の含水率にほとんど影響しないことが確認された。

Corrugated box packages stored at warehouses near seashores, sometimes buckled or collapsed. When corrugated boxes are stored near seashores, effect of receiving salty breeze is assumed. Since sea breeze contains salt and its salinity attracts water, there is concern that the compression strength of corrugated box may be reduced, if salt adheres to the corrugated box. Therefore, the relationship between salt and corrugated fiberboard and corrugated box were investigated in table tests and considered influence by moisture content and compression strength aspects. Furthermore, the salt adhered on corrugated boxes left outdoors near seaside for about a month was measured, and considered the influence on corrugated box by sea breeze.

In conclusion, it was confirmed that salt content in sea breeze had little effect on the moisture content of corrugated box.

キーワード： 段ボール 潮風 塩分 含水率

Keywords : corrugated fiberboard, sea breeze, salt, moisture content

*王子コンテナ(株) Oji Container Co., Ltd. (〒135-8558 東京都江東区東雲 1-10-6)
1-10-6 Shinonome, Koto-ku, Tokyo 135-8558, Japan,
Email: shimomura135mit@oji-gr.com

1. 緒言

海に近い地区では、時として潮風にさらされることがある。その潮風には海水由来の塩分が含まれる。段ボールの含水率が增加すると段ボールの強度が低下する¹⁾ことが知られているが、塩分と段ボールに関しての研究は皆無である。そこで、塩分と段ボールとの関係について、集水力や吸収性、含水率について調査した。

次いで、屋根付きの屋外に段ボール箱を約一ヶ月間静置し、その段ボール箱の塩分含有量を調査した。これらの結果から、潮風が段ボール箱に与える影響について考察した。

2. 潮風がもたらす塩分付着量

潮風に含まれる塩分の付着に関する研究報告として、橋梁等構築物に関するもの²⁾³⁾、農作物の塩害に関するもの⁴⁾⁵⁾が多く見受けられる。これらの研究報告によれば、塩分付着量は $0\text{g}/\text{m}^2$ から $3000\text{g}/\text{m}^2$ まで大きな差があった。これらの差は天候や風量などの気象要因、土地の起伏や湾などの地理的要因、橋梁や農作物などの材質的要因などによるものと考えられる。

なお一般に海水の塩分濃度は 3%程度といわれている。

3. 海辺と内陸の温度と湿度

海辺である千葉県銚子と内陸寄りの東京の 2016 年気象庁測定のと温度と相対湿度の年平均値⁶⁾を Table1 に、毎月の平均値⁶⁾を Fig.1 に示す。

Table1 Average of temperatures and relative humidities at Choshi and Tokyo in 2016⁶⁾

place	Choshi (Chiba pref.)		Tokyo	
	temperature	relative humidity	temperature	relative humidity
unit	°C	%RH	°C	%RH
average	16.5	79	16.4	69

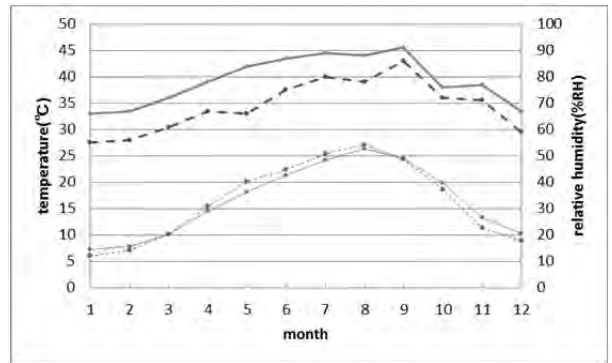


Fig.1 Monthly average of temperatures and relative humidities at Choshi(Chiba pref.) and Tokyo in 2016⁶⁾

海辺の銚子の温度年平均値は東京とほぼ等しいが、相対湿度年平均値は東京より約 10%高かった。Fig.1 を見ると、銚子の相対湿度月平均値は年間を通じて東京よりも高かった。

4. 段ボールの含水率

段ボールの含水率は、温度及び湿度に影響される。 $23^{\circ}\text{C}50\%RH$ 環境に静置した段ボールの含水率は 7%程度である。

段ボール箱の場合、含水率が 1%変化すると、箱の強度は 10%変化することが知られている¹⁾。含水率が增加すると、段ボールが水分を吸収して繊維間に入り、軟化するために段ボール箱の強度が低下する。

5. 実験方法

5.1 実験内容

以下の項目について実験した。

- 1)塩の集水力
- 2)塩分を吸着させた段ボールの高湿環境下での重量変化
- 3)塩水濃度と Cobb 吸水量
- 4)海に近い場所への段ボール箱の設置
- 5)段ボール箱に付着した塩分の抽出
- 6)水溶液塩分濃度の測定と段ボール箱付着塩分量の算出

5.2 試料

試料として、ライナは LB170 及び LB210 の 2 種類、段ボールは LB210×MC115×LB210 の A フルートを使用した。

段ボール箱は 0201 形で、材質 LB210×MC120×LB210]の B フルート、内のり寸法 254mm×39mm×53mm の段ボール箱を使用した。段ボール箱の封かんには幅 35mm のクラフトテープを使用した。

塩は塩化ナトリウム 99%以上の食塩を使用した。塩水濃度は 1~15%となるよう調製した。

これらの試料は、屋外設置の段ボール箱を除き、23℃50%RH 下にて 24 時間以上静置した。

5.3 測定

5.3.1 塩の集水力

塩をガラスシャーレ上に配置したものを 40℃90%RH 下に静置し、ガラスシャーレ上の

塩と水の重量変化を測定した。

5.3.2 塩分を吸着させた段ボール板の高湿環境下での重量変化

段ボールに濃度 3%の塩水をスプレーにて塗布し、乾燥させた後、23℃50%RH 下にて 24 時間以上静置した。その後、30℃80%RH 下または 40℃90%RH 下にて静置し、所定時間後の重量 $w_c(g)$ を測定した。さらに 105℃で 4 時間乾燥させた直後の重量 $w_d(g)$ を水分 0%として、下記計算式にて含水率 $m(\%)$ を算出した。

$$m = \frac{w_c - w_d}{w_c} \times 100$$

5.3.3 塩水濃度と Cobb 吸水量

塩水濃度 1~15%のライナ (表側 120 秒)の塩水吸水量を Cobb 法(JIS P8140)にて測定した。

5.3.4 海に近い場所への段ボール箱の設置

海辺に近い 2 地点 A(徳島県小松島市)及び B(石川県白山市) に設置した。風が通り、かつ雨の影響を極力避けるために屋根付きの場所を選定した。

Fig.2 及び Fig.3 に示すように、野菜用干し網(直径約 34cm×高さ約 16cm)を 3 連結し、それぞれに組み立てた段ボール箱を挿入した。干し網を屋根や壁のフック等から吊るし、地点 A は約 1 ヶ月間、地点 B は約 3 週間設置した。干し網には温湿度記録計 (チノー製カードロガー) を 1 台取り付けた。

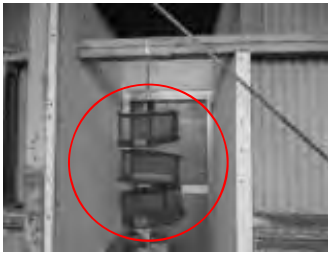


Fig.2 Net setting at point



Fig.3 Net setting at point B

5.3.5 段ボール箱に付着した塩分の抽出

干し網に設置した段ボール箱を回収し、プラスチック製 2L 水筒に段ボール箱とイオン交換水 700ml を入れ、段ボール箱の半分を浸漬させた後、超音波洗浄機で 2 時間、浸漬していない側を浸漬させて同様に 2 時間、計 4 時間抽出処理した (Fig.4)。



Fig.4 Extraction of salt from the corrugated box with ultrasonic cleaner

得られた水溶液を適宜濃縮した後、塩素イオン濃度を測定し、付着塩分量を算出した。

5.3.6 水溶液中の塩分の測定

水溶液中の塩分量の測定方法として、北川式塩素イオン検知管 (1~60ppm 用・光明化学工業) を用いて塩素イオン濃度を測定した (Fig.5)。測定した水溶液が希薄で検知管測定限界以下の場合、濃縮後に測定を試みた。



Fig.5 Measurement of concentrated chloride ion with detector tube

6. 設置環境

4.3.4 で示した設置場所の環境について、以下に述べる。

6.1 温湿度

設置場所で計測した温湿度記録計の測定結果を Table2 に、1 時間毎の測定結果を Fig.6 及び Fig.7 に示す。Table2 の A(徳島)と B(石川)の結果を比較すると、温度では平均値で 5.6°C、最低値で 5.5°Cの差があった。湿度は両者ほぼ同等であった。

Table2 Temperatures and relative humidities at point A and B

net set place	A(Tokushima)		B(Ishikawa)	
	temperature	relative humidity	temperature	relative humidity
unit	°C	%RH	°C	%RH
period	Oct28-Nov28 (2016)		Nov9-Nov29 (2016)	
average	14.0	76	8.4	76
highest point	21.9	97	20.6	97
lowest point	4.9	44	-1.4	42

6.2.気象庁データによる風速と風向

設置場所に近い気象庁地方气象台で、6.1での測定日における最大風速と風向に関するデータ⁹⁾を Fig.8 及び Fig.10 に、地図を Fig.9 及び Fig.11 に示す。最大風速は徳島地方气象台が 9.4m/s、金沢地方气象台が 14.5m/s で、日本海側のほうが最大風速が大きかった。

風向については、徳島は西北西から北にかけての風向が多数を占めた。徳島は瀬戸内海から大阪湾、紀伊水道へと風が抜けたと考えられる。

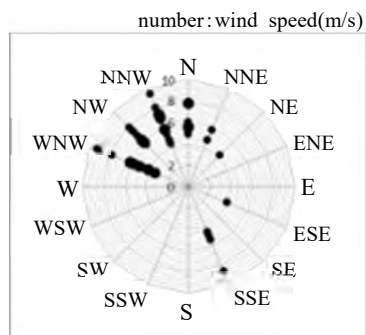


Fig.8 Maximum wind speed and direction by Tokushima local meteorological office

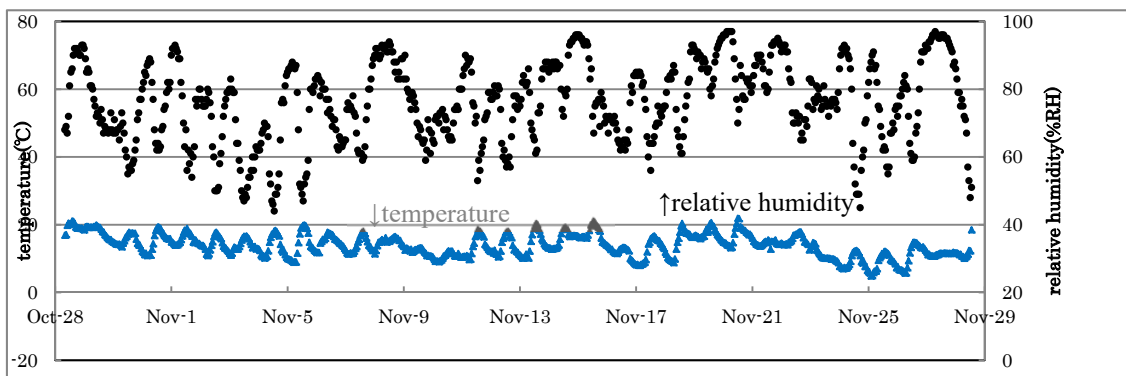


Fig.6 Temperatures and relative humidities at net setting point A (Tokushima Pref.)

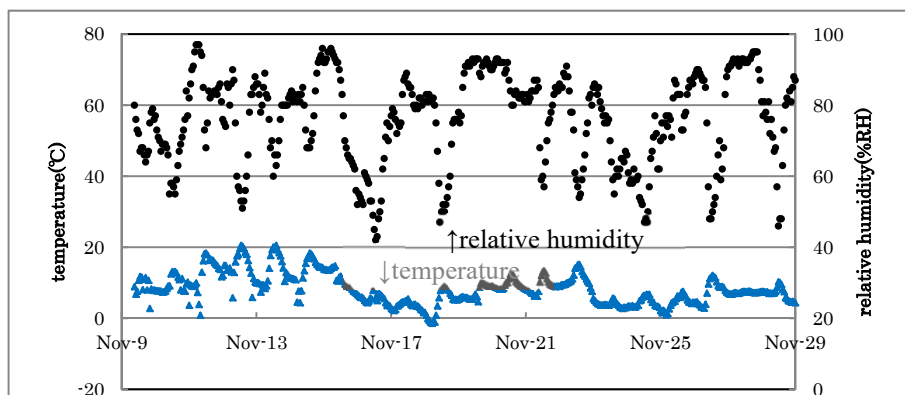


Fig.7 Temperatures and relative humidities at net setting point B



Fig.9 Location of point A and Tokushima

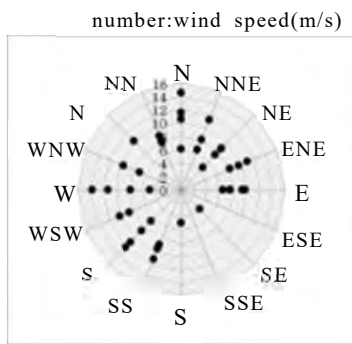


Fig.10 Maximum wind speed and direction by Kanazawa local meteorological office



Fig.11 Location of point Band Kanazawa

一方、金沢は北から東にかけてと、南南西から西にかけての大きく2つに分類できる。

東に白山が立地し、山地に沿って風が流れるような地形要因の影響が大きいと考えられる。

7.結果と考察

7.1 塩の集水力

塩が水を集める性質について、シャーレ上の塩の量と集中・分散の配置の違いによる重量変化を測定した。結果をFig.12～14に示す。

短時間では分散配置のほうが水を集めたが、塩が水に溶解・水没してしまうため、長時間経過すると集中配置のほうが水を集めた。

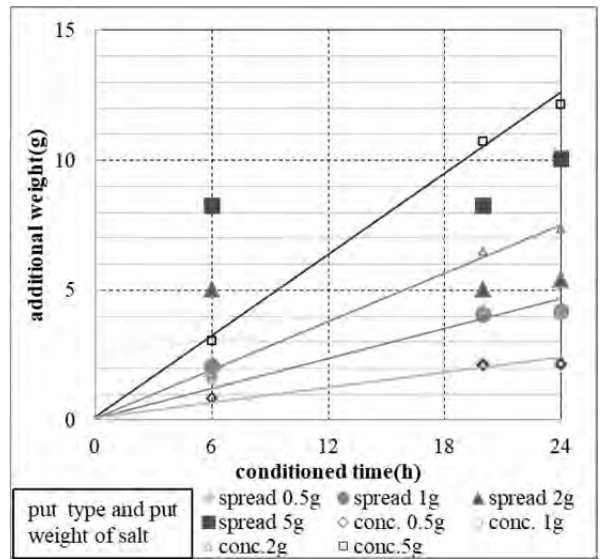


Fig.12 Relationship of put type and put weight of salt, and additional weight of water incubated

at 40°C 90%RH

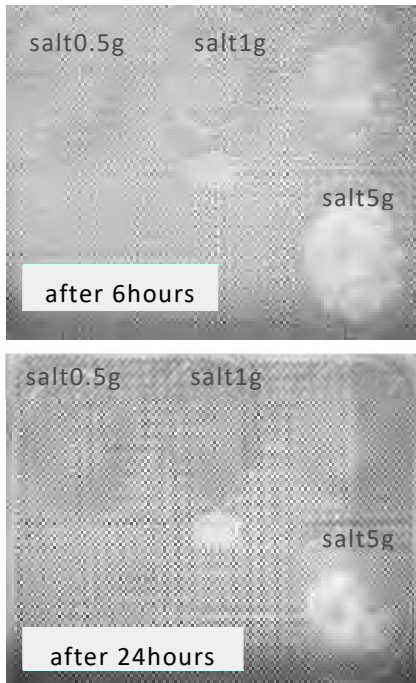


Fig.13 Salt placed spread on watch glass and pulled water at 30°C80%RH after 6 and 24 hours

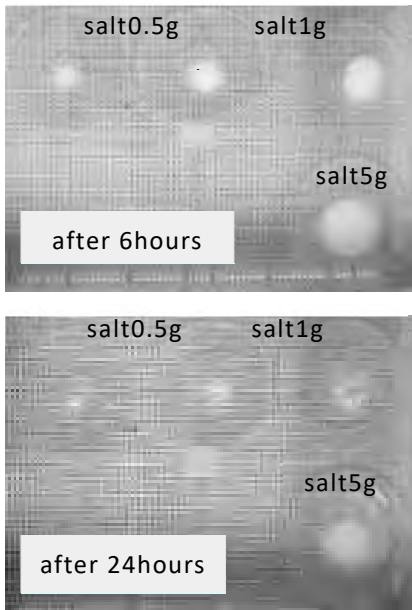


Fig.14 Salt placed in center on watch glass and pulled water at 40°C90%RH after 6 and 24hours

7.2 塩分を吸着させた段ボールの高湿環境下での重量変化

塩固形分が 0.4~1.5g/m²となるように塩水をスプレーした段ボールを 30°C 80% RH 下に静置した時の含水率を Fig.15 に示す。

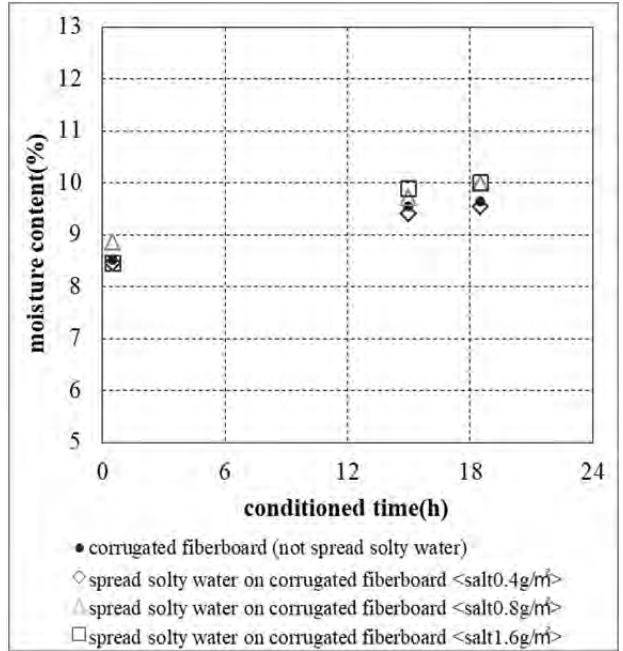


Fig.15 Conditioned time and moisture content of corrugated fiberboards different of sprayed solty water and conditioned at 30°C80%RH

塩固形分が多いほうが含水率は高くなったが、塩固形分が少ない場合は塩を含まない段ボールと同程度の含水率であった。

同様に、塩固形分が 0.4~1.9g/m²となるように塩水をスプレーした段ボールを 40°C 90%RH 下に静置した時の含水率を Fig.16 に示す。前述の 30°C 80%RH と同様、塩固形分が多いほうが含水率が高い傾向を示した。

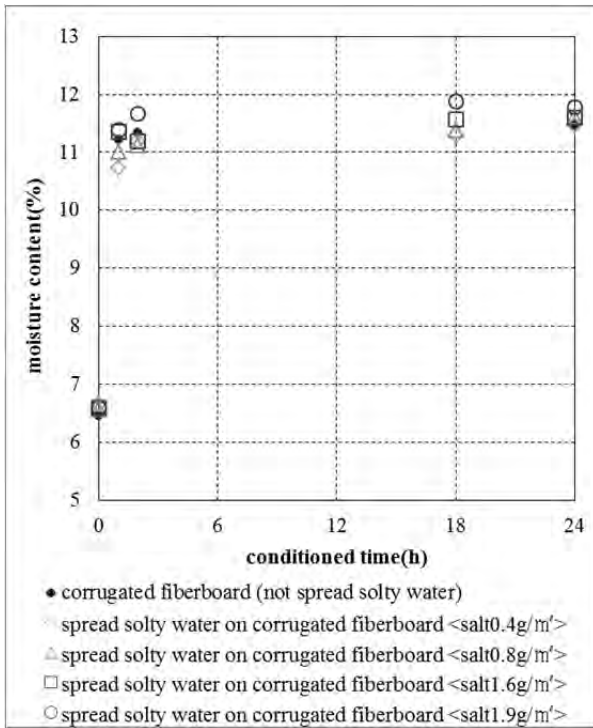


Fig.16 Conditioned time and moisture content of corrugated fiberboards different of sprayed solty water and conditioned at at 40°C90%RH

ここで Fig.15 及び Fig.16 において、塩固形分が 0.8g/m²までの塩水をスプレーした段ボールの含水率は、塩水をスプレーしていない段ボールの含水率と同程度であった。一方、塩固形分 1.6g/m²の塩水をスプレーした段ボールは塩水をスプレーしていない段ボールの含水率を上回った。よって、塩固形分が 0.8g/m²以下の塩水であれば、段ボールの含水率は塩分の影響を受けないことが判明した。

7.3 塩水濃度と Cobb 吸水度

水及び濃度 1~15%の塩水との Cobb 吸

水度（表側 120 秒）を、ライナ 2 種類で測定した。結果を Fig.17 に示す。

塩水濃度が高くなると、ライナの Cobb 吸水度は低下した。紙に吸水される現象は毛細管現象によるが、塩水濃度が高くなると塩水が浸みこみにくくなった。

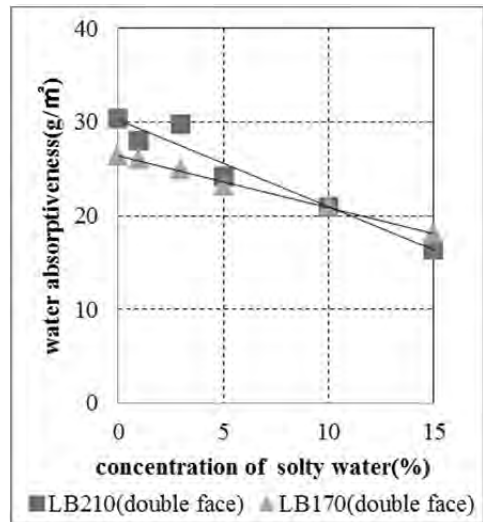


Fig.17 Concentration of solty water and water absorptiveness by Cobb method

7.4 屋外設置した段ボール箱の付着塩分量の測定

A(徳島)と B(石川)の屋外に設置したボール箱をイオン交換水に浸漬、抽出し、得られた水溶液を測定したところ、塩素イオン検知管の測定範囲外(1ppm 未満)であったため、水溶液を加熱して濃縮して測定した。A(徳島)、B(石川)の両設置場所ともに、上段や中段の段ボール箱から得た水溶液からは、塩素イオン濃度が検知管測定範囲外(1ppm 未満)であった。

下段に設置した段ボール箱から得た水溶液で、A(徳島)及びB(石川)の塩素イオン濃度は同じ20ppmであった。

得られた結果から塩分付着量を算出すると、A(徳島)で31.9mg/m²、B(石川)で47.1mg/m²であった。

6.2で示した気象庁の風速や風向のデータで、金沢のほうが徳島より風速が強かった点は、塩分付着量と関連する可能性がある。

8. まとめ

段ボール箱に付着する潮風の塩分は、箱の表面に分散して付着していると推察される。塩の集水力試験の結果から、塩が分散している場合の集水力は集中している場合に比べて短時間で溶解して集水力がなくなるため、集水力は低かった。

次に塩分を含ませた段ボールを高温多湿下に静置することで、段ボールの含水率が増加したが、塩分付着量(塩固形分)が0.8g/m²以下の段ボールであれば、塩分付着量が含水率に影響を与えなかった。

屋外に設置した段ボール箱について、潮風による段ボール箱の塩分付着量は0.03~0.04g/m²台とごく少量であったことから、潮風の塩分による、段ボール含水率への影響は少ないと考えられる。

以上の結果から、海辺の段ボール含水率が高いのは、海辺の湿度が高いことによるものであり、そのため段ボールの強度が低下する。よって、潮風に含まれる

塩分は段ボール箱の強度に影響を与えないことが示された。

10. 今後の展望

本報では潮風による段ボール箱への塩分付着量と、その塩分付着量の段ボール含水率への影響を関連付けた。塩分付着よりも湿度自体の影響によるものであった。

海辺に近い場所での段ボールの強度低下が湿度によるものとすれば、含水率が高い可能性や、吸湿と乾燥による疲労による可能性が考えられる。いずれかか、他の要因によるものかを今後検討したいと考える。

謝辞

段ボール箱の屋外設置に際して、日本青果包装株式会社及び弊社滋賀工場北陸事業所に謝辞を述べる。

<参考文献>

- 1) “段ボールハンドブック”, p45, 全国段ボール工業組合連合会(2007)
- 2) 白土博通, “構造物表面の海塩粒子付着量の定量的予測”, 第9回新都市社会技術セミナー資料(2012)
- 3) 島袋綾子, “実塩害環境下の鋼材腐食特性と相関性のある促進試験法の開発”, 琉球大工学部卒業論文(2013)
- 4) “諫早湾干拓事業 開門調査に係る環境影響評価準備書の概要”, p65, 農林

水産省九州農政局 (2011)

- 5) “イチゴ苗における潮風害の再現と散水による被害軽減”, 佐賀県農業試験研究センター(2006)

- 6) 気象庁データベース

<https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>

(原稿受付 2018年5月8日)

(審査受理 2018年7月6日)

