

倉庫内環境調査結果

—2018～2019年度—

鴨志田智之, 野田 寧

要 旨

2018～2019年度にかけて国内5箇所の倉庫で温湿度を調査した。結果、北海道と沖縄を除いたエリアでは、温度に明確な違いは無かった。一方、相対湿度は、環境、倉庫構造などの違いにより影響が外気から受ける影響の程度が異なるため、相対湿度は倉庫ごとに異なった。今後は、調査を継続することで国内における固結状況の実態把握が可能となり、製品品質の向上に資することができると考えている。

1. 緒 言

当センターが販売している塩商品（以下、センター塩）は製塩工場の倉庫で一時保管された後、当センターもしくは、塩元売業者が所有する倉庫（以下、自社倉庫、元売倉庫）に3カ月～半年程度保管される。倉庫内は温湿度が常に変化する環境にあり、塩は水分を吸放湿する。吸放湿は外気の相対湿度が塩の臨界相対湿度を上下することで生じるため、外気の湿度変化が大きい日本では、吸放湿により塩が固結する可能性がある。よって、センター塩の品質管理における固結発生時の要因検討および固結発生リスクの評価などのために倉庫内環境を調査、解析することは重要である。

過去の倉庫内環境の調査は、2009年から全国23箇所（製塩工場含む）の倉庫を対象に実施されたが、固結クレームの減少等を理由に2013年に終了している。しかしながら、倉庫内環境の違いによる固結発生リスクの評価などは未検討であること、現在でも固結クレームは散見されることなどから、定常的な倉庫内環境の調査は必要であると考えられた。そこで2018年より全国から選定した5箇所の倉庫を対象に倉庫内環境の調査を再開した。

本報では、2018年6月から2019年末までに取得した倉庫内の温度および相対湿度のデータを整理、解析した結果について報告する。

2. 調査方法

2.1 対象倉庫

2013年度末時点で全国に自社倉庫は7箇所、元売倉庫は9箇所存在した。Fig. 1に16倉庫の年間払出量を示す。今回の調査で対象とする倉庫は、過去の調査で得られた温度データ（1時間ごとに1回測定）から算出した週間平均温度を基に選定した。選定にあたっては、各倉庫を北海道地方、九州+沖縄地方および本州+四国地方に分けて検討した。

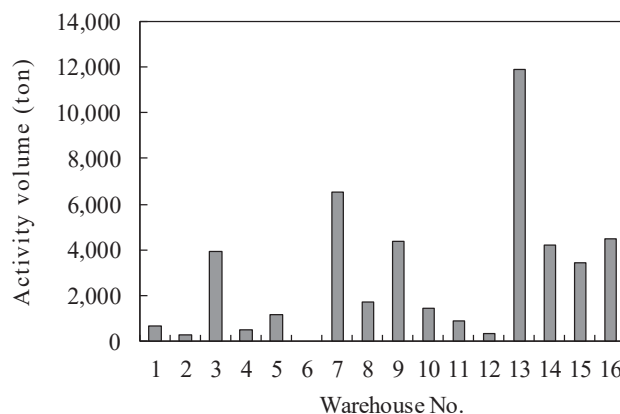


Fig. 1 Activity volume of individual warehouses in a FY2017

北海道地方（Fig. 2）では、3倉庫の温度変化に差はなく全倉庫平均と比較して低く、最低温度は0℃を下回る特徴があった。北海道地区の3倉庫から、年間払出量が多い倉庫であるNo. 3（以降、北海道地方倉庫）を選定した。九州+沖縄地方（Fig. 3）では、No. 5, 6の湿度変化が全倉庫平均と同様であったことに対して、No. 4はこれらの倉庫と比較して高温であったため、No. 4（以降、九州、沖縄地方倉庫）を選定した。本州+四国地方（Fig. 4, 5）では、No. 13が北海道地方と同様の温度変化であったこと以外は、全倉庫平均と同様の変化であったため、選定しなかった。一方、自社倉庫であるNo. 9（以降、自社倉庫1）およびNo. 11（以降、自社倉庫2）さらにセンター塩の年間払出量が最も多いNo. 14（以降、代表倉庫）をこれらに追加し、計5箇所の倉庫を選定した。

2.2 温湿度測定

調査では、各倉庫内に設置した温湿度ロガー（エスベックミック社製、RS-14NH）により1時間ごとに温度と相対湿度を測定、記録した。自社倉庫2、代表倉庫、北海道地方倉庫および九州、沖縄地方倉庫については2018年6月下旬から、自社倉庫1については2019年8月6日から調査を

開始し、2019年12月末までデータを取得した。
 温度については、倉庫ごとに日平均温度を算出するとともに、5倉庫平均の日平均温度についても算出し、比較し

た。相対湿度については、倉庫ごとに1日の最高湿度と最低湿度をそれぞれ求め、比較した。

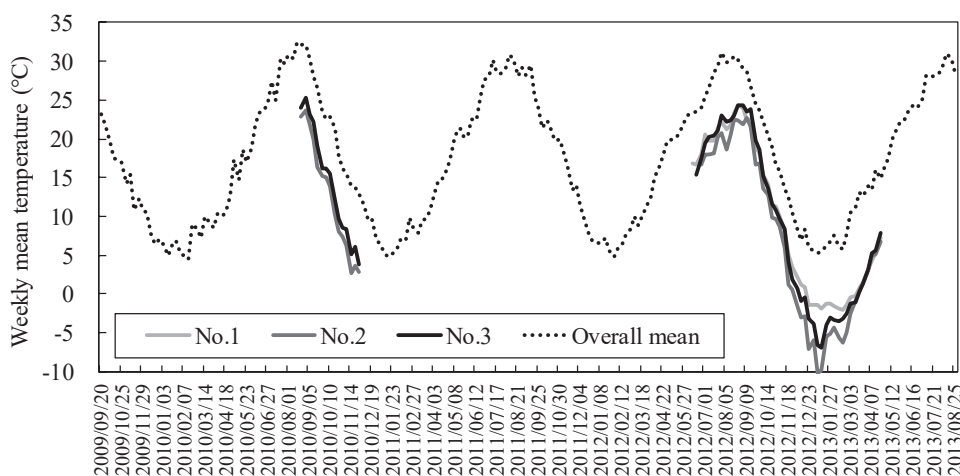


Fig. 2 Change in weekly mean temperature of the warehouse in Hokkaido

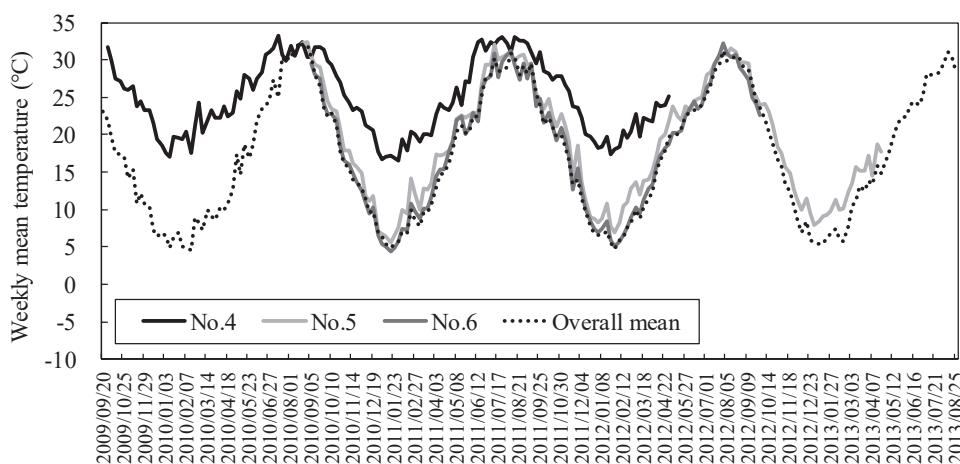


Fig. 3 Change in weekly mean temperature of individual warehouses in Kyushu and Okinawa

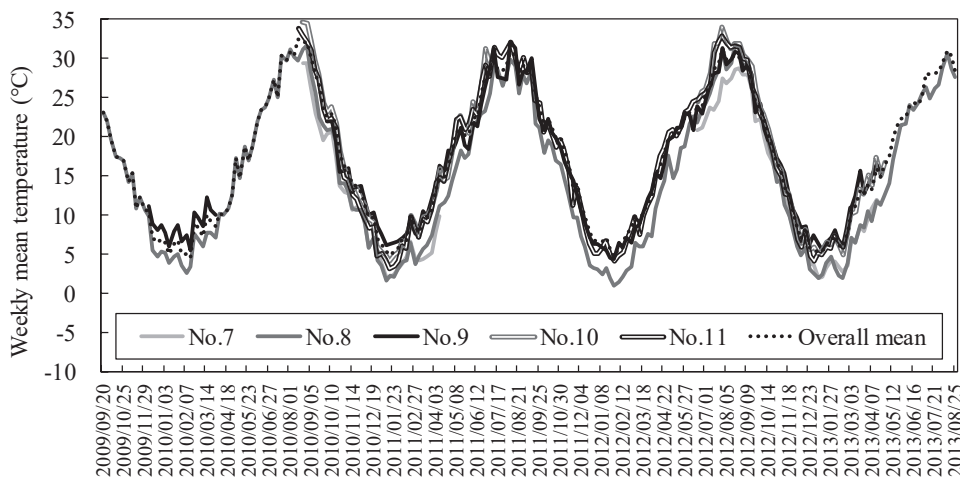


Fig. 4 Change in weekly mean temperature of individual warehouses in Honshu and Shikoku (1/2)

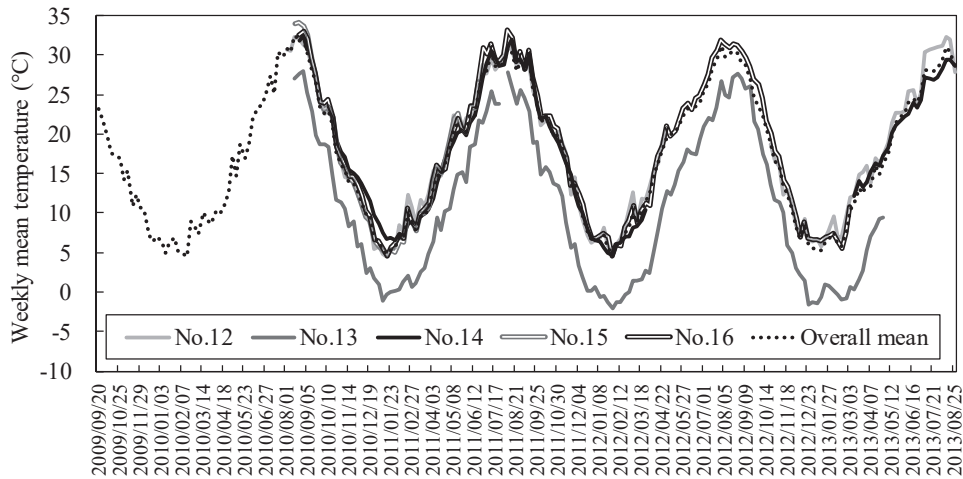


Fig. 5 Change in weekly mean temperature of individual warehouses in Honshu and Shikoku (2/2)

2.3 固結クレームの抽出

当センターが受け付けた生活用塩のクレームについて、製造日からクレームの受付日までの期間が本調査期間と重複していた固結クレームを抽出し、倉庫内環境との関係について考察した。

3. 結果および考察

3.1 日平均温度、最高湿度、最低湿度の推移

本調査期間における各倉庫および5倉庫平均の日平均温度の推移を Fig. 6 に示す。5倉庫平均の日平均温度は、概ね10~30℃の範囲で推移しており、自社倉庫1、2および代表倉庫も概ね同様であった。これに対し、北海道地方倉庫の日平均温度は概ね-5~25℃の範囲で推移し、特に2月の温度は5倉庫平均に比べ低い値であった。また、九州、沖縄地方倉庫の日平均気温は概ね20~35℃の範囲で推移し、特に11月~3月の温度は5倉庫平均と比べ高い値であった。

本調査期間における各倉庫の1日の最高湿度および最低

湿度の推移を Figs. 7-11 に示す。なお、図中には塩の吸放湿の目安として、塩化ナトリウムの臨界相対湿度である

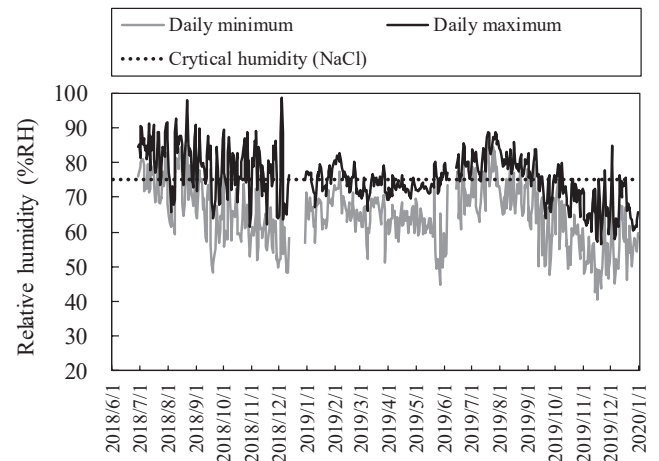


Fig. 7 Change in relative humidity of the warehouse in Hokkaido

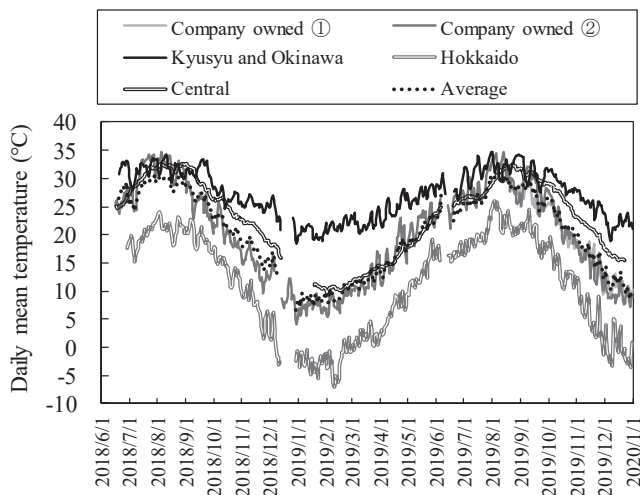


Fig. 6 Change in daily mean temperature of individual warehouses

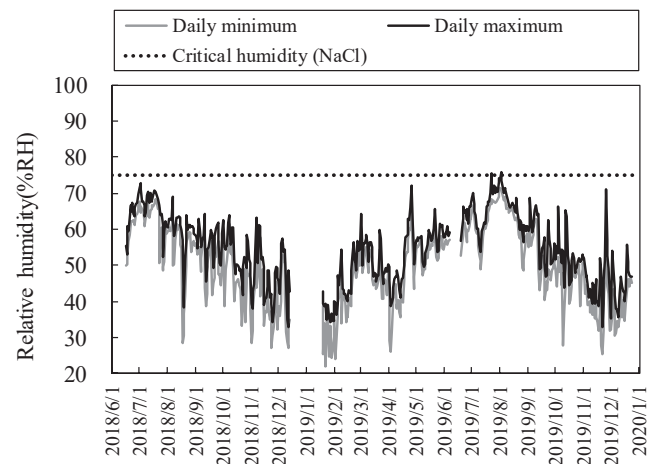


Fig. 8 Change in relative humidity of the central warehouse

75% RH のラインを付記した。

北海道エリア倉庫では、2018年の6～12月の最高湿度は75% RH を上下する日が大半であったが、2019年の1～4

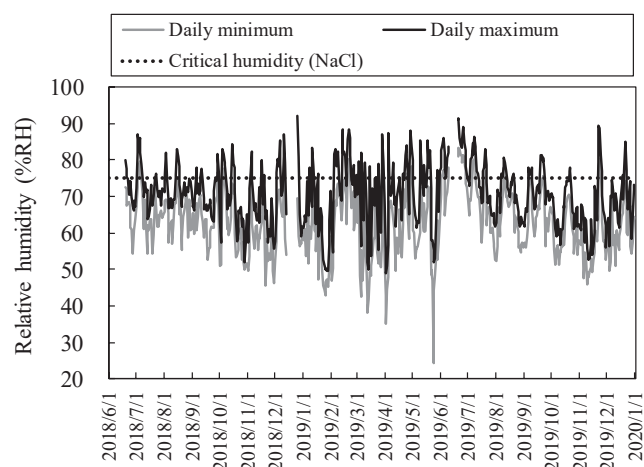


Fig. 9 Change in relative humidity of the warehouses in Kyushu and Okinawa

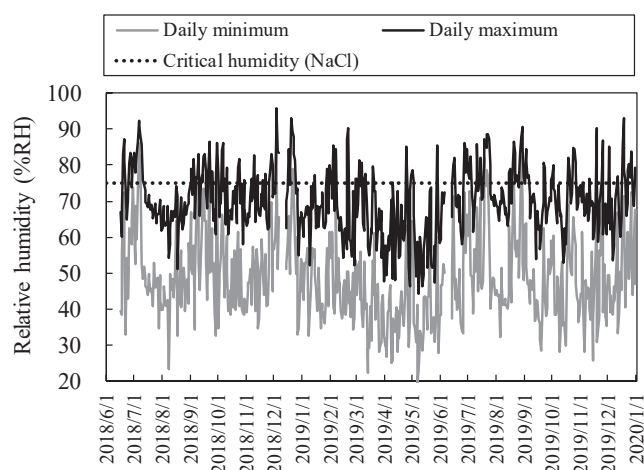


Fig. 10 Change in relative humidity of company-owned warehouse No. 2

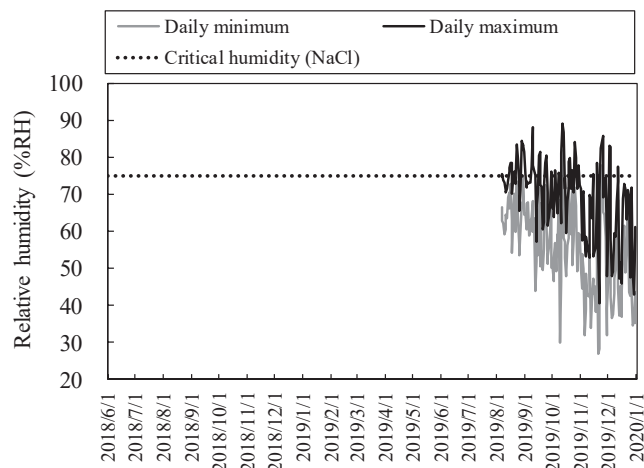


Fig. 11 Change in relative humidity of company-owned warehouse No. 1

月は75% RH 付近で安定していた。また、同時期の最低湿度は60～70% RH、平均温度は10℃以下 (Fig. 6) であり、温度が低い時期に相対湿度は安定化する傾向を示していた。

代表倉庫では、調査期間内のほぼ全日で最高湿度は75%を下回っており、最低湿度も最高湿度と近い値で推移した。この結果は、他の倉庫が平屋構造で開放系に塩が保管されているのに対し、代表倉庫での塩の保管場所は3階にあり、外気が直接流入しない状態にあるなど、倉庫の構造上の違いによるものと考えられる。

九州、沖縄地方倉庫では、調査期間全体を通じて最高湿度は概ね60～85% RH、最低湿度は概ね50～75% RHの範囲と高い値で推移していた。九州、沖縄地方倉庫では、Fig. 6に示したように温度も年間を通じて高いことから、環境中の水分量も他に比べて高い値で推移しているものと考えられる。

自社倉庫2では、最高湿度は6月には75% RH を超えて上昇後、7月には低下し、8月には再度75% RH を超えて上昇するなど、比較的短期間で挙動が変化していた。これらの結果から、自社倉庫2では、Fig. 6に示した温度に加え、相対湿度についても季節的な変動が大きいと考えられる。

自社倉庫1では、年間を通じての温度変化は自社倉庫2に近かった。しかし、自社倉庫2が最高湿度と最低湿度との差が大きかったことに対して、自社倉庫1ではその差は小さかった。そこで、湿度の変動が大きいと思われる8月の2週間について詳細に比較した。

2019年8月6日～20日における自社倉庫1および2の1時間ごとの相対湿度の推移を Fig. 12, 13 に示す。なお、Fig. 12, 13 には気象庁公開の当該市街地 (外気) の相対湿度の推移も付記した。自社倉庫2では、倉庫内の相対湿度は外気と同様の挙動を示したことから倉庫の立地、構造等により倉庫内環境が外気から受ける影響が大きいことがわかる。一方、自社倉庫1では、外気と比較して湿度変化は小さく、外気の影響が抑制されていた。このことから最高湿度と最低湿度の差が小さくなっていることがわかる。

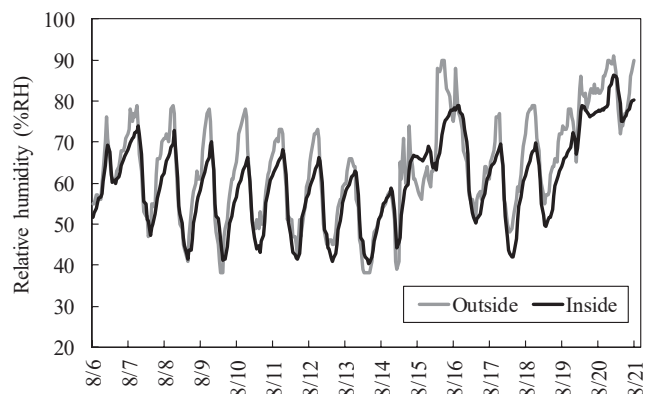


Fig. 12 Change in relative humidity inside and outside company-owned warehouse No. 2 in August 2019

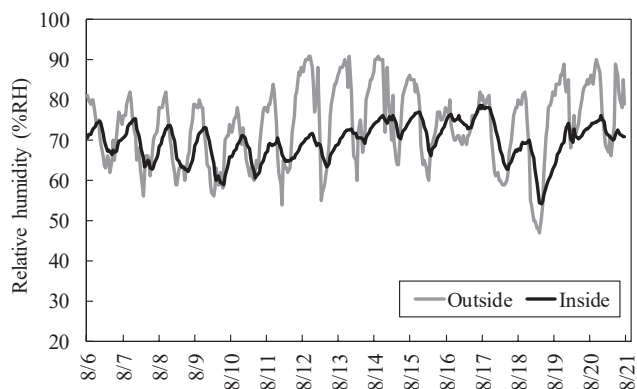


Fig. 13 Change in relative humidity inside and outside company-owned warehouse No. 1 in August 2019

3.2 固結クレーム

2017年から2019年3月までに当センターが受け付けたクレームのうち固結によるものは13件であった。この13件のうち、製造日からクレームの受付日までの期間が本調査期間と重複していたクレームは2件であった (Table 1)。

この2件のクレームはいずれも製品の製造日が5月であり、発生地域が本州エリアであった。保管されていた倉庫は特定できないが、いずれも夏季の高温下で湿度が変化する環境を過ぎて長期間保管されていたことは同じである。一方で、九州、沖縄地方倉庫のように他の地域でも同時期は同様の環境にあったものと考えられるが、クレームは発

生していない。これは環境以外の要因の影響と考えられるが、詳細な検討は今後の課題である。

4. まとめ

全国から選定した5箇所の倉庫を対象に倉庫内の温度および相対湿度を2018~2019年度にかけて調査した。結果、選定した倉庫のうち、北海道と九州、沖縄地方の倉庫以外では温度の変化に差はなく、平均的な挙動を示していた。しかし相対湿度に関しては外気から受ける影響の程度が倉庫により異なるため、倉庫ごとに特徴的な挙動を示していた。これらの違いは倉庫の立地環境や構造、管理状況によるものと思われ、製品の固結への影響については今後の調査を通じて明らかにしていきたいと考えている。

一方で、実際に判明している固結状況をクレーム台帳から調査したが、本調査期間内で温湿度変化が固結クレームの直接的な要因となった事象は認められなかった。このことは、各倉庫内の環境条件が固結発生の必要条件は満たしているものの、環境条件のみで固結は発生しないことを意味している。これは、沖縄エリアの倉庫が他倉庫と比較して高温多湿であるにも関わらず本調査期間内に固結クレームの報告がないことから理解できる。

以上の結果から、今後も継続して倉庫内の環境データを収集、蓄積する必要があると考えられることから、調査を継続するとともに、対象倉庫の増加も検討する。

Table 1 List of salt caking claims in FY 2018 and 2019

No.	Date claim received	Manufacture date	Elapsed time (days)	Area
1	October 5, 2018	May 4, 2018	158	Honshu
2	January 17, 2020	May 14, 2019	283	Honshu

Abstract

Survey Results of Environmental Conditions in Warehouses — FY2018-2019 —

Tomoyuki KAMOSHIDA and Yasushi NODA

The temperature and humidity in warehouses throughout Japan during FY2018–2019 were surveyed. According to the results, excluding Hokkaido and Okinawa, a significant difference in temperature between the warehouses was not observed. On the other hand, a difference in relative humidity was observed because the degree of influence from the outside air varied depending on the effect from the surrounding environment, warehouse construction, etc. In the future, clearly understanding the actual condition of salt caking, and as a consequence, improving product quality, are considered possible.