

天日塩の塩だれに関する研究（第1報）

鴨志田智之, 宮原健太郎*, 野田 寧

要 旨

塩は、吸湿性があるため環境中の水分によって、製品の外側に塩が析出する現象である塩だれが起きる。輸入天日塩を製品とした場合、制御できるのは初期水分であり、低い場合には、塩だれを抑制できることが知られている。塩だれ抑制のための初期水分量は、原料塩、保管環境、包装袋の密閉性などに影響を受けると考えられるが、本報告では条件を限定し、初期水分値を設定することを目的とした。

結果、ポリ袋の製品では、塩だれが発生する初期水分の限界値が $1.8 \pm 0.2\%$ 付近であることが予想された。一方で、紙袋の製品では、袋の気密性が塩だれ現象に影響したため、初期水分の限界値を見出すことができなかった。

1. 緒 言

国内で販売されている天日塩製品の多くはメキシコ、オーストラリア等から輸入した天日塩を脱水、乾燥することで水分を調整している。製品の初期水分が少ないほど包装袋内部の塩水が外装や周囲へと染み出す現象（以下、塩だれ現象）の防止効果は高いと考えられるが、生産コストが高くなるため、適切な初期水分値を設定することが重要となる。

本研究では、共栄商事株式会社製の天日塩製品である湿塩（水分 $1.6 \sim 2.4\%$ ）、乾燥塩（ $0.1 \sim 0.3\%$ ）およびこれらを混合した混合塩（水分 $0.8 \sim 1.5\%$ ）を用いて天日塩の塩だれ現象と初期水分との関係性について検討した。

2. 試験の考え方

Fig. 1 に湿塩および混合塩における初期の水分分布のイメージを示す。湿塩は平均値で $1.6 \sim 2.4\%$ 、混合塩は $0.8 \sim 1.5\%$ の水分を保持しているが、そこには一定の分布が存在する。塩だれ発生リスクが水分に依存すると仮定した場合、同一ロット内でも水分が上振れした一部の製品は塩だ

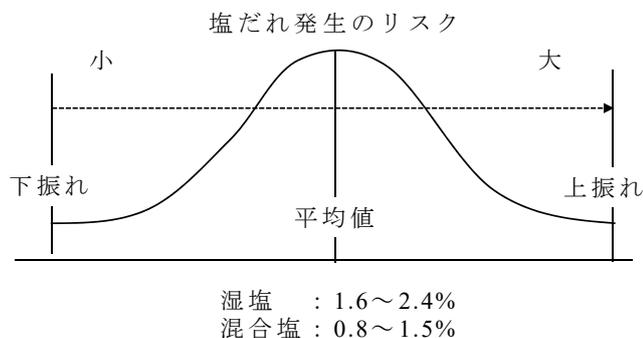


Fig. 1 湿塩および混合塩における初期の水分分布のイメージ

れが発生しやすいことが想定される。よって、混合塩のロット全体の塩だれを防止するには水分の上振れを考慮して初期水分を設定する必要がある。そこで、今回の試験では工程内でのサンプリングを通じて湿塩および混合塩における初期の水分分布を測定した。

また、塩だれ発生リスクが水分に依存すると仮定すれば、初期の水分の違いにより塩だれ発生リスクは異なる。そのため、短い保管期間で多くの吸湿量が得られる強制吸湿環境下と通常の保管環境である実倉庫環境下での蔵置試験を通じて塩だれ現象と初期水分との関係性を検討した。

3. 試験方法

3.1 初期の水分分布の測定

混合塩の生産ラインを連続稼働させ、Fig. 2 に記載の試験採取箇所にて湿塩および混合塩を概ね 5 分間隔で連続してサンプリングした。サンプリングは2018年 8 月23日と 9 月18日の 2 回実施し、8 月23日は12点、9 月18日は 8 点のサンプリング試料を得た。採取したサンプリング試料の水分を測定した。

3.2 強制吸湿環境下での蔵置試験

強制吸湿環境下での蔵置試験において、多くの試料について検討するために特注の小袋（ポリエチレン製、クラフト紙製、共に内容量 $3.5 \text{ kg} \sim 4.0 \text{ kg}$ ）を作製した（Fig. 3）。この小袋は、ポリエチレン袋（以下、ポリ袋）の場合、ピンホールの大きさを大袋と同一とし、クラフト紙袋（以下、紙袋）の場合、大袋での折り返しとミシン縫いの構造を再現した。

初期水分が異なる天日塩を上記小袋で包装し、小袋試験袋を製造した（ $n = 5$ ）。小袋試験袋の初期水分を Table 1 に示す。各試験袋は 35°C $90\% \text{RH}$ の強制吸湿環境下に 3 ヶ月間蔵置（Fig. 4）し、塩だれ発生を観測した時に開封し、

* 共栄商事株式会社ソルト事業部（〒803-0801 福岡県北九州市小倉北区西港町111-2）

塩の水分を測定した。

一方、大袋試験袋 (内容量 25 kg) は実製品 3 塩種 (乾燥塩, 混合塩, 湿塩) について、1 袋ずつを強制吸湿環境下へ蔵置した。Fig. 5 に記載の各部位 (①~⑤) の初期水分を Table 2 に示す。

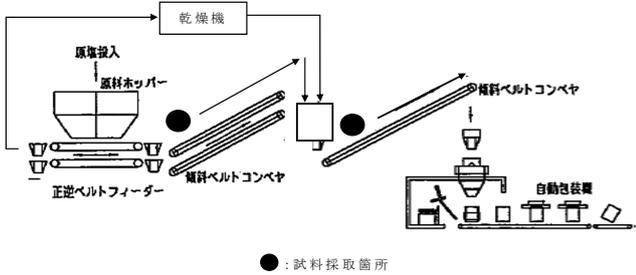


Fig. 2 水分測定用試料の採取箇所

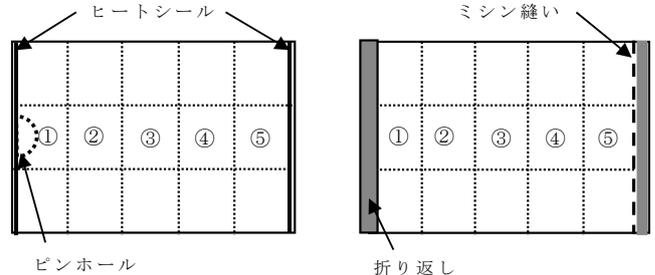


Fig. 5 大袋試験袋のサンプリング部位 (左: ポリ袋表面, 右: 紙袋表面)

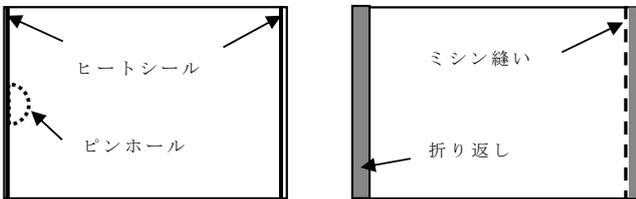


Fig. 3 小袋試験袋の模式図 (左: ポリ袋表面, 右: 紙袋表面)

Table 1 小袋試験袋の初期水分

n = 5

包装形態	試料名	水分 (%)	包装形態	試料名	水分 (%)
ポリ袋	乾燥塩	0.1	紙袋	乾燥塩	0.1
	混合塩 1	0.8		混合塩 1	0.7
	混合塩 2	1.3		混合塩 2	1.8
	湿塩	1.5		湿塩	2.1
	苦汁添加塩 1	1.8		苦汁添加塩 1	2.7
	苦汁添加塩 2	2.7		苦汁添加塩 2	3.0

Table 2 大袋試験袋の初期水分

n = 1

包装形態	試料名	水分 (%)				
		①	②	③	④	⑤
ポリ袋	乾燥塩	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	混合塩	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7
	湿塩	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7
紙袋	乾燥塩	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	混合塩	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8
	湿塩	2.0	2.2	2.5	2.6	2.4

Table 3 実環境蔵置用試験袋の初期水分

n = 1

包装形態	試料名	水分 (%)				
		①	②	③	④	⑤
ポリ袋	混合塩	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7
	湿塩	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7
紙袋	混合塩	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7
	湿塩	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7

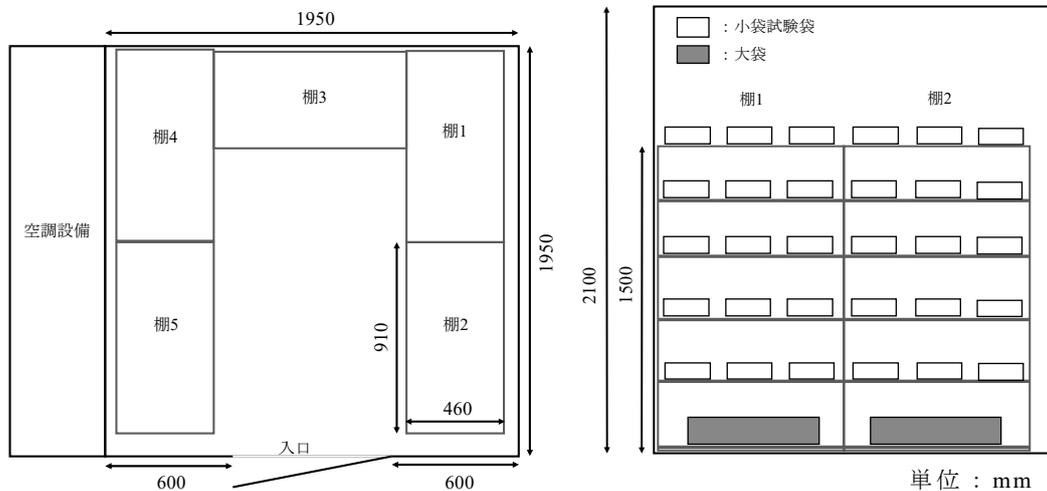


Fig. 4 強制吸湿環境下への試料蔵置の模式図 (左: 部屋上面, 右: 棚前面)

単位: mm

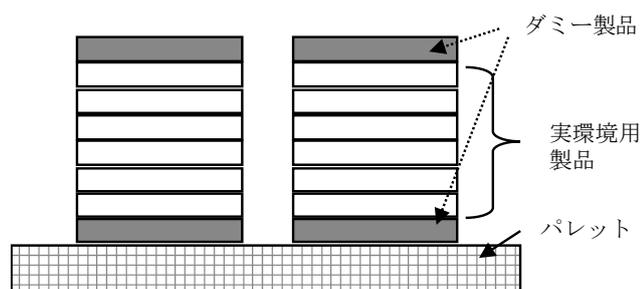


Fig. 6 倉庫での蔵置試料の模式図

製品で挟んでパレタイズし、共栄商事株式会社北九州事業所の倉庫内に約2ヶ月間蔵置（Fig. 6）し、定期的（月に1度程度）にFig. 5に示した各部位を採取後、水分を測定した。

4. 結果および考察

4.1 水分分布の測定結果

分布が正規分布に従うと仮定して算出した水分の平均値、標準偏差、最大値および最小値をTable 4に示す。

湿塩は製造日により水分の平均値は異なったが、混合塩は同様の値であった。また、標準偏差／平均値の値はいずれも0.1程度であった。

4.2 蔵置試験結果

本項では、強制吸湿環境下および実倉庫環境下における蔵置試験の結果を包装袋の材質（紙袋、ポリ袋）ごとに整理し、記載する。

4.2.1 紙袋

1) 強制吸湿環境試験結果

強制吸湿環境下での試験では、全ての小袋試験袋および大袋製品で吸湿による水分の増加が認められ、試験期間中に塩だれが発生した（Tables 5, 6）。初期水分に関わらず塩だれ発生があったことから、塩だれのリスクは水分に依存しないこととなる。しかし、大袋試験袋の部位ごとの水分測定結果より、密閉度の低いミシン縫いに接した部位の水分が他の部位に比べ増加量が多い傾向であった（Table 6の⑤）。

これより、ミシン縫い部分は密閉度が低く、外気の影響を受けやすいため、吸湿環境では、局所的に高水分となり、初期水分に関係なく、塩水が袋の外部へと流出することで、塩だれが発生したものと考えられた。

2) 実環境試験結果

実倉庫環境下の試験では、2ヶ月経過時点において塩だれは発生しなかった。2018年9月に試験を開始したが、外気は乾燥しており、放湿条件であったことが原因であると思われる。水分の測定結果をTable 7に示す。水分は放湿により初期に比べ減少傾向であった。特に⑤の部位において、水分が初期値よりも減少していたことから、ミシン縫い部分の密閉度が低いことが分かる。

以上より、今回用いた紙袋では、袋の密閉度が低いため

Table 4 サンプル試料の水分測定結果

試料名	製造日 (測定点数)	水分値 (%)			
		平均	標準偏差	最大	最小
湿塩	8/23 (12点)	1.7	0.1	1.9	1.5
	9/18 (8点)	2.3	0.3	2.6	2.0
混合塩	8/23 (12点)	0.9	0.1	1.2	0.7
	9/18 (8点)	0.8	0.1	0.9	0.7

Table 5 紙製小袋試験袋の結果（強制吸湿環境下）

試料名	水分 (%)	
	初期	塩だれ発生時
乾燥塩	0.1	0.8
混合塩 1	0.7	1.2
混合塩 2	1.8	2.0
湿塩	2.1	2.5
苦汁添加塩 1	2.7	3.1
苦汁添加塩 2	3.0	3.6

Table 6 紙製大袋試験袋の結果（強制吸湿環境下）

試料名	水分 (%)									
	初期					塩だれ発生時				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
乾燥塩	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	1.0
混合塩	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9	0.6	0.8	0.8	1.3
湿塩	2.0	2.2	2.5	2.6	2.4	2.2	2.7	2.6	2.7	2.9

Table 7 紙製実環境蔵置用試験袋の結果（実倉庫環境下）

試料名	水分 (%)									
	初期					2ヶ月経過時（塩だれ未発生）				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
混合塩	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.3
湿塩	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.4	1.5	1.5	1.4	1.1

に初期水分の塩だれへの影響を確認できなかったが、袋の密閉度を向上すれば確認できるものと考えられる。

4.2.2 ポリ袋

1) 強制吸湿環境試験結果

強制吸湿環境下での試験では、初期水分が2.7%の苦汁添加塩2でのみ塩だれが発生し、初期水分が1.8%以下の小袋試験袋および大袋試験袋では、塩だれは未発生であった（Tables 8, 9）。水分が1.8%以下の試料では、塩だれ（ピンホールを通じた塩水の流出）は発生しなかったものと考えられる。

一方、塩だれが発生した初期水分2.7%の苦汁添加塩においても、塩だれ発生時の水分は2.6%と増加していなかったことから、塩だれ発生は、局所的な外気との接触部で発生

Table 8 ポリ製小袋試験袋の結果 (強制吸湿環境下)

試料名	水分 (%)	
	初期	塩だれ発生時
乾燥塩	0.1	未発生
混合塩 1	0.8	未発生
混合塩 2	1.3	未発生
湿塩	1.5	未発生
苦汁添加塩 1	1.8	未発生
苦汁添加塩 2	2.7	2.6

Table 9 ポリ製大袋試験袋の結果 (強制吸湿環境下)

試料名	水分 (%)					塩だれ発生時
	初期					
	①	②	③	④	⑤	
乾燥塩	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	未発生
混合塩	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	未発生
湿塩	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	未発生

することが分かった。

2) 実環境試験結果

実倉庫環境下での試験では、放湿条件でありながら、蔵置後 2 ヶ月経過時点において初期水分が 1.8% の湿塩の一部でピンホール付近に塩結晶の析出 (塩だれ初期現象) が認められた。これより、水分 1.8% 付近に塩だれ発生に関する水分の限界値が存在する可能性が考えられた。紙袋で観測されなかった塩だれがポリ袋で観測されたのは、発生した塩だれが紙袋では吸収され確認できなかった可能性がある。

一方、今回観察された塩だれによる塩結晶の析出量はごく僅かであり、湿塩袋内の水分は初期に比べ減少傾向 (Table 10) であったことから、夏場の倉庫内 (吸湿環境下) での蔵置試験などを通じて、塩水が袋の外部へと流出

Table 10 ポリ製実環境蔵置用試験袋の結果 (実倉庫環境下)

試料名	水分 (%)									
	初期					2 ヶ月経過時*				
	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
混合塩	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6	0.7
湿塩	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6

※：湿塩の一部でピンホール付近に塩結晶の析出有

する塩だれ現象と本現象との関係を検証する必要があると考えられる。

5. 結 言

天日塩製品で生じる塩だれ現象を防止可能な初期水分値を設定することを目的に、初期の水分分布の測定および強制吸湿環境下または実倉庫環境下での蔵置試験を実施した。結果、初期の水分分布については標準偏差/平均値で 0.1 程度であった。ポリ袋を包装袋とした試験により、初期水分 $1.8 \pm 0.2\%$ 付近に塩だれが発生する初期水分限界値があることが予想された。

紙袋を包装袋とした試験により、ミシン縫い部分は外気の影響を受けやすく、また、外気と接触している局所的な部位が高水分となり、塩だれが発生していることが観測された。

課題として、紙袋の密閉性を向上させた場合に、ポリ袋と同様の初期水分限界値となるかの確認、ポリ袋で観測された放湿条件における微小な塩だれ現象の解明があげられる。また、強制吸湿環境下での試験結果を実際の吸湿環境下で検証する必要があると考えられる。

Reference

- 1) The Salt Industry Center of Japan, Methods for salt analysis 4th edition, 9-11, The Salt Industry Center of Japan, Tokyo (2015) (Japanese)

Abstract

Examination of Salt Dripping Phenomenon of Solar Salts (Report 1)

Tomoyuki KAMOSHIDA, Kentarou MIYAHARA* and Yasushi NODA

Salt is hygroscopic, therefore there is a salt dripping phenomenon in which salt precipitation occurs outside of a product due to atmospheric water. In imported solar salt products, which have a low initial water content, the salt dripping phenomenon can be controlled. We are of the opinion that the condition of the raw materials, the storage environment, and the airtightness of the bag, all affect the initial water content. We examined the origins of the initial water content by limiting these conditions.

Our findings were that, with respect to plastic bag products, the upper limit of the initial water content was found to be around $1.8 \pm 0.2\%$. However, paper bag products do not have "airtightness," thus it was not possible to find an upper limit for the initial water content.

* KYOEI SHOJI Co., Ltd., 111-2 Nishimatomachi, Kokurakita-ku, Kitakyushu-shi, Fukuoka, 803-0801, Japan