

2019.01.03

InterRisk Thai Report <2019 No.01>

冷凍・冷蔵倉庫の事故事例と対策

【要旨】

- 天井や間仕切り壁にサンドイッチパネルが使用されている場合、火災が急激に拡大します。
- アンモニアやフロンなど、冷媒ガスの漏洩による中毒、酸欠事故が過去に発生しています。

※一般倉庫の火災リスクと対策については、「災害リスク情報<第 74 号> : 倉庫における火災リスクと対策 (2017.3.1 株式会社インターリスク総研)」をご参照ください。

1. 冷凍・冷蔵倉庫の火災リスク

(1) 火災リスクの特徴^{*1}

冷凍・冷蔵倉庫の火災は、天井、内壁、間仕切り壁等の建材に使用されている断熱材によって火災が急激に拡大するのが最大の特徴です。

これらの建材として多く用いられるのは、ウレタン樹脂やスチロール樹脂等の断熱材を鋼板で挟んだサンドイッチパネル(右図参照)です。サンドイッチパネルは優れた断熱性能と経済性、施工の容易性から広く普及していますが、火災が発生した場合、断熱材として用いられている合成樹脂から生じる可燃性ガスにより、延焼が急激に拡大する傾向があります。

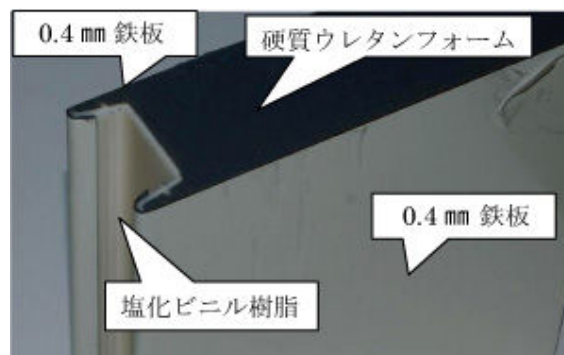


図 サンドイッチパネルの構造例^{*2}

(2) 火災事故事例

以下に、可燃性合成樹脂を用いた建設資材によって大きな被害が生じた日本および韓国の火災事例を紹介します。

【小麦製粉工場敷地内の倉庫火災 (日本・神戸市 : 2009 年)】^{*2}

- 火災規模 : 鉄骨準耐火造 3 階建て倉庫 1 棟延べ 4,715m² のうち 3,484m² が焼損
- 人的被害 : 消防職員 1 名が死亡
- 出火源 : 小麦焙煎機のフィルタータンク
- 合成樹脂 : 内壁、間仕切り壁、吊り天井にポリウレタンを芯材としたサンドイッチパネルを使用
- 火災概要 :
 - ①フィルタータンクから噴出した火炎によって天井のサンドイッチパネルが高温に曝され、芯材であるポリウレタンから可燃性ガスが発生。
 - ②可燃性ガスに着火し、ポリウレタンの燃焼が開始。
 - ③天井のサンドイッチパネルの下側鉄板がたわみ、端部から可燃性ガスと炎が噴出
 - ④仕切り壁の断熱材に着火。その熱でサンドイッチパネル外側の鉄板が剥がれだし、断熱材が露出することで空気が供給され激しく燃焼。
 - ⑤一方、吊り天井裏の空間に、酸素不足によって発生した可燃性物質を含んだ黒煙が充満。可燃性物質の濃度が爆発限界に達し、爆発的な燃焼 (爆燃) が発生。

⑥爆燃により天井裏空間の温度が急上昇し、気体圧力が急激に膨張。これにより天井パネルが落下、変形し隙間から空気が供給され、天井裏の不完全燃焼が一気に活性化。全面火災へ移行。

【地下冷凍倉庫の火災（韓国・京畿道：2008年）】*3

- 火災規模：地下冷凍倉庫 22,338m²が全焼
- 人的被害：40名が死亡、10名が負傷
- 出火源：不明（蛍光灯または電気配線の可能性あり）
- 合成樹脂：内壁、間仕切り壁にスチロール樹脂を芯材としたサンドイッチパネルを使用
天井には厚さ 125mm のウレタンフォームを使用
- 火災概要：
 - ①天井に設置されている電気設備のスパーク等の原因により火災が発生。
 - ②天井に沿って流れる高温気流により、ウレタンフォームから発生した可燃性ガスが上部空間に滞留。
 - ③延焼拡大する過程で、上部空間に滞留したガスに火炎または高温の気流が接触し着火。爆発的かつ急速な燃焼が発生。
- 火災前の状況：

2007年9月頃から12月29日まで、約283tのウレタン発泡作業が行われていた（火災発生は2008年1月7日）。また、2007年12月27日から2008年1月7日まで毎日150kg以上の接着剤が使用されており、保温施工をする過程で発生したトルエン、アセトンなどの引火性蒸気も急激な火災拡大の原因として働いたと推定される。

※火災概要および火災前の状況は「40名が死亡した冷凍倉庫火災の調査分析（李義平・大谷英雄）」から抜粋または一部編集して記載。

(3) 冷凍・冷蔵倉庫の火災対策

前項の火災事故事例からも分かるとおり、ウレタン樹脂やスチロール樹脂などの可燃性合成樹脂が建材として使用されている場合、火災が発生すると樹脂から発生する可燃性ガスによって燃焼が急激に拡大します。ウレタン樹脂の引火点（可燃性蒸気が発生する温度）は約310℃、スチロール樹脂の引火点は約370℃です。火災が発生した際の室温は500℃程度に達するため、一度火災が発生すると、可燃性合成樹脂による延焼の拡大は避けられません。

生産工程や設備のない倉庫では、火災が発生する原因（火源）は電気設備で生じるスパーク、改装時の火気使用作業、タバコ、放火等に限定されます。この中で冷凍・冷蔵倉庫の火災対策としては、特に電気設備と火気使用作業に特段の注意が必要です。まず電気設備については、天井や壁に設置された照明設備、換気ファンや天井裏に配線された電気ケーブル等の損傷、短絡（ショート）によって出火する危険性がありますので、定期的な点検、メンテナンスが重要となります。また、電気ケーブルがサンドイッチパネルの内部に配線されている場合、点検、メンテナンスが困難な上、ケーブルの短絡等の原因によりパネル内部で火災が発生すると可燃性合成樹脂の燃焼に直結するため注意が必要です。

改装時の火気使用作業については、作業者がサンドイッチパネルやウレタンフォームの火災危険を認識していない場合、安易な溶断、溶接作業等によって火災が生じる危険性があります。

以上を踏まえ、冷凍・冷蔵倉庫の防火対策チェックリストを次ページにまとめます。

表 冷凍・冷蔵倉庫の防火対策チェックリスト*4

建設資材		
内壁・間仕切り壁・天井にウレタン樹脂やスチロール樹脂を芯材としたサンドイッチパネルが使用されていないか。(使用されていない場合→「はい」)	☐ はい	☐ いいえ
内壁・間仕切り壁・天井にウレタンフォームなどの可燃性合成樹脂が吹き付けられていないか。(吹き付けられていない場合→「はい」)	☐ はい	☐ いいえ
電気設備・機器、配線		
サンドイッチパネルの内部に電気ケーブルが配線されていないか。(配線されていない場合→「はい」)	☐ はい	☐ いいえ
電気設備・機器の保守点検を、天井裏の配線を含めて定期的に行っているか。	☐ はい	☐ いいえ
タコ足配線、電気コードを用いた仮配線をしていないか。(していない場合→「はい」)	☐ はい	☐ いいえ
配管、梁、ダクト、設備・機器周辺、コンセント・プラグ周りを定期的に清掃しているか。	☐ はい	☐ いいえ
ポータブルの暖房器具は倉庫内での使用を避けているか。	☐ はい	☐ いいえ
火気工事と業者管理		
内壁・間仕切り壁・天井に可燃性合成樹脂が使用されている場合、その旨が表示されているか*。	☐ はい	☐ いいえ
内壁・間仕切り壁・天井に可燃性合成樹脂が使用されている場合、工事業者にその旨を通知し、安全教育を行っているか。	☐ はい	☐ いいえ
溶接・溶断などの火気使用工事については、許可制としているか。	☐ はい	☐ いいえ
工事の際は、許可札の掲示、現場の養生、消火器の配備、作業中の立ち合いを実施しているか。	☐ はい	☐ いいえ
工事終了時ならびに工事終了後 1～2 時間後に現場で残火確認しているか。	☐ はい	☐ いいえ
消防火設備		
法令や関係基準に基づき、消火設備、警報設備および避難設備を設置し、定期的に点検を実施しているか。	☐ はい	☐ いいえ
冷凍庫、冷蔵庫内の温度でも使用できる消防設備が設置されているか。	☐ はい	☐ いいえ
冷凍庫、冷蔵庫の自動温度調節装置からの温度異常信号が火災受信機に取り込まれているか。	☐ はい	☐ いいえ
発災時に備え、二方向の避難経路が確保されているか。	☐ はい	☐ いいえ
発災時に備え、消防隊の外部からの侵入経路が確保されているか。	☐ はい	☐ いいえ
火災時に迅速に操作ができるように、消火設備、非常警報設備および避難設備周辺に空地を確保しているか。また、設置位置が遠方からでも分かりやすいように明瞭な表示をしているか。	☐ はい	☐ いいえ
防火戸や防火シャッター、避難口、避難経路周辺に可燃物やモノを置いていないか。また、物置禁止のマーキングをしているか。	☐ はい	☐ いいえ
消防計画		
発災時の対応手順を明確に規定し、従業員に周知徹底しているか。	☐ はい	☐ いいえ
火災時に的確な行動が取れるよう定期的に避難・通報訓練を実施しているか。	☐ はい	☐ いいえ
消火設備や消火器を用いた訓練を定期的に行っているか。	☐ はい	☐ いいえ
5S状況の確認、消防火設備の機能維持のために、自主点検活動（パトロール）を実施しているか。	☐ はい	☐ いいえ

※日本では以下の発泡樹脂をある特定の建物、構造物で使用する場合、消防法で「内装表示マーク」の掲示が指導されています*1。

【対象となる発泡樹脂】

- ✓ ポリエチレンフォーム（指定可燃物）
- ✓ ビーズ法ポリスチレンフォーム（発泡スチロール）（指定可燃物）
- ✓ 硬質ウレタンフォーム（指定可燃物）

プラスチック発泡体で、断熱効果が非常に高く、現場発泡品もある。「不燃外装材で覆われた当該断熱材の燃焼性は、適度な空気が空気層に流入した場合、壁体内で着火し、延焼拡大する可能性があり、外被面の目地割れや亀裂等の発生により噴出火炎が長時間継続する。」とされている。また、硬質ウレタンフォームの原料、原液は法に定める危険物第4類第2石油類から第4石油類に該当するものがある。

- ✓ その他、上記と同等以上の火災危険性を有するもの

【対象となる防火対象物】

定温倉庫、冷凍・冷蔵倉庫等の部分で発泡樹脂等を使用する部分の床面積の合計が 500 m²以上のもので次の事項に該当するもの。

- ✓ 発泡樹脂等を露出して使用するもの
- ✓ サンドイッチパネルを使用するもの
- ✓ 発泡樹脂等をプラスターボード等で覆ったもの



(内装表示マーク)

2. 冷凍・冷蔵倉庫の労災リスク

(1) 労災リスクの特徴

冷凍・冷蔵倉庫では、一般の倉庫と同様、保管物の崩壊・倒壊・落下、フォークリフトの衝突、従業員の転倒、転落等の労災の他、冷媒ガスの漏洩による中毒、酸欠、冷凍倉庫内の閉じ込めといった事故が発生する可能性があります。

(2) 労災事故事例^{*5}

以下に、冷凍・冷蔵倉庫特有の労災である冷媒ガスの漏洩に関する事故事例を紹介します。

【食肉処理工場（日本）】

➤ 労災発生場所：機械室

➤ 漏洩ガス：アンモニア

➤ ガスの特徴：

眼・皮膚・気道粘膜表面の水分と反応して、腐食損傷の原因となるアンモニア水を生成する。損傷の程度は濃度と曝露時間に依存し、吸入した場合は咳、喉頭浮腫、肺水腫に至る場合もある。

➤ 人的被害：17 名がアンモニア中毒、1 名が液体アンモニアによる足指の凍傷

➤ 漏洩原因：

冷却装置系の電磁弁が故障し、液体アンモニアがガス化されないまま冷凍機に流入した状態で電源が入ったため、冷凍機内のコンプレッサーが破裂してアンモニアが機体との接合部から漏洩。

➤ 事故概要：

食肉工場内にアンモニアが流入・拡散した後、作業員をすべて退避させ、排気装置等を用いて機械室及び食肉工場内の換気を行ってから作業を開始したが、工場内のアンモニアガスの除去が不十分であったため、作業員 17 名が 2 次災害としてアンモニア中毒に被災した。作業員らは強いアンモニア臭を感じながらも上司に伝えずに作業に従事したところ、上記の災害に及んだ。また、アンモニア漏洩防止のための緊急作業中の作業員が、冷凍機のパルプを閉める際に熱遮断性の低い布製靴を履いて低温物体に接触したため、足指に凍傷を負った。

➤ 再発防止策：

- ✓ 安全衛生管理の組織体制を強化するとともに、幹部職員及び関係労働者に対して、アンモニア中毒予防に関する教育、アンモニア漏洩時における退避、救護等の訓練を実施する。
- ✓ 冷却装置系設備の定期検査を励行する。この検査には、例えば、電磁弁の内部における異物付着の有無の点検のような内部検査を含めたものとする。
- ✓ 電磁弁の故障が生じても冷却器へのアンモニア液流入の防止ができるようシステム設計を変更する。
- ✓ アンモニアガスが漏洩した場合は、その除去を確実にを行い、立入禁止解除はガス濃度測定等の客観的な判断に基づいて行う。

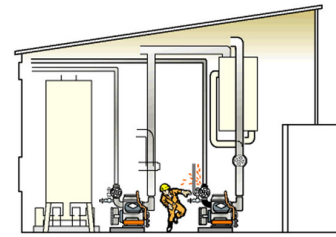


図 事故イメージ^{*5}

【食品工場冷凍庫（日本）】

➤ 労災発生場所：機械室

➤ 漏洩ガス：フロン 22

➤ ガスの特徴：無味無臭で刺激性もなく、空気より重いため床面付近に滞留しやすい。

➤ 人的被害：酸素欠乏により 1 名死亡

➤ 事故概要：

災害が発生した機械室は地下にあり、出入口 1 カ所以外には窓等がなく、換気のための設備も設置されていなかった。被災者は冷凍機等の機械を保守管理する会社の作業員であり、災害発生当日は食品工場から冷凍機の調子が悪いとの連絡を受け、修理を行っていた。作業の手順としては、冷凍機のコンプレッサーからフロンガスを地上のボンベに抜き取り、乾燥剤入りのフィルターを交換した後、水分の混入していないフロンガスを充填することとなっていた。フロンガスを抜き取る作業の際には、冷凍機およびその配管内部のすべてのフロンガスをボンベに回収することはできず、一部その場に放出することとなる。当労災事故では一部のフロンガスが機械室内に放出され、床面付近に滞留し、それに気付かないで床に敷いたダンボールの上に仰向けに寝た状態で作業をしていた被災者が、フロンガスにより酸素欠乏となったものである。

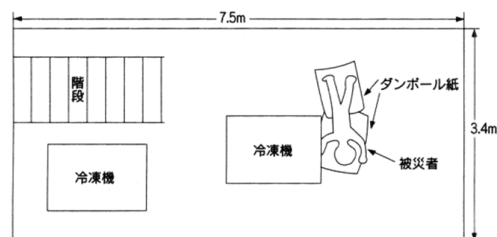


図 事故イメージ*5

➤ 再発防止策：

- ✓ 自然換気が十分になされない場所においてフロンガスを取り扱う作業を行う場合には、換気を行いフロンガスが滞留しないようにすること。
- ✓ 従事する作業員に対し、取り扱う物質の危険性、災害防止のために必要な措置等の教育を十分に行うこと。
- ✓ できるだけ複数で作業を行い、異常発生の際に適切な対応が取れるようにすること。

(3) 冷凍・冷蔵倉庫の労災対策

冷媒の漏洩に関する労災対策チェックリストを下表にまとめます。

表 冷凍・冷蔵倉庫の労災（冷媒漏洩）対策チェックリスト

冷媒ガスの種類、危険性を把握しているか	☐ はい	☐ いいえ
冷媒ガスの危険性を従業員に教育しているか	☐ はい	☐ いいえ
冷媒ガスの漏洩を検知するシステムが導入されているか	☐ はい	☐ いいえ
冷媒ガスの漏洩後、濃度測定により客観的に再入室の可否を判断することができるか	☐ はい	☐ いいえ
冷媒ガスが漏洩する可能性のある場所の換気手段を確保しているか	☐ はい	☐ いいえ
冷却装置を定期的に検査しているか	☐ はい	☐ いいえ
冷媒ガスが漏洩した場合の対応手順を定めているか	☐ はい	☐ いいえ
冷媒ガスの漏洩を想定した避難訓練、救護訓練を定期的実施しているか	☐ はい	☐ いいえ

(4) その他対策

冷凍・冷蔵倉庫には、倉庫内と外部との連絡のため通報機等の設備が必要となります。通報機とは、冷凍庫内に閉じ込められた者が外部に通報し、救助を求めるために倉庫内に備え付けられた非常ベル、電話機その他の設備を指します。通報機は、当該冷凍室の保管温度下においても作動する能力を有していることが求められます。また、倉庫内が消灯されている場合において、閉じ込められた者が通報機の位置を認識できるよう、ランプが備え付けられていることが望まれます。

執筆者：InterRisk Asia (Thailand) Co., Ltd. 佐藤 公紀

参照

- *1:「可燃性合成樹脂発泡体を断熱材等に用いた消防対象物に係る防火安全対策の推進に関する要望」2009.12.15
全国消防長会
- *2:「火災原因調査シリーズ (55)・倉庫火災」消防防災博物館
- *3:「40 名が死亡した冷凍倉庫火災の調査分析」李義平、大谷英雄
- *4:「災害リスク情報<第 74 号> : 倉庫における火災リスクと対策」2017.3.1 株式会社インターリスク総研 から一部抜粋
- *5:「職場の安全サイト」厚生労働省

MS&AD インターリスク総研株式会社は、MS&AD インシュアランスグループに属する、リスクマネジメントに関する調査研究およびコンサルティングを行う専門会社です。タイ進出企業さま向けのコンサルティング・セミナー等についてのお問い合わせ・お申込み等はお近くの三井住友海上、あいおいニッセイ同和損保の各社営業担当までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先

MS&AD インターリスク総研 (株) 総合企画部 国際業務グループ
TEL.03-5296-8920
<http://www.irric.co.jp/>

インターリスクアジアタイランドは、タイに設立された MS&AD インシュアランスグループに属するリスクマネジメント会社であり、お客様の工場・倉庫等における火災リスク調査や洪水リスク評価、ならびに交通リスク、サイバーリスク等に関する各種リスクコンサルティングサービスを提供しております。お問い合わせ・お申し込み等は、下記の弊社お問い合わせ先までお気軽にお寄せ下さい。

お問い合わせ先

InterRisk Asia(Thailand) Co., Ltd.
175 Sathorn City Tower, South Sathorn Road, Thungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120, Thailand
TEL: +66-(0)-2679-5276
FAX: +66-(0)-2679-5278
<http://www.interriskthai.co.th/>

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。
また、本誌は、読者の方々に対して企業の CSR 活動等に役立てていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製／Copyright MS&AD インターリスク総研株式会社 2019