

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2022-003	事故の呼称 二酸化炭素漏えい事故			
事故発生日時 2022年1月5日(水) 7時45分	事故発生場所 静岡県 島田市	事故発生事象 1次)漏えい① 2次)	事故発生原因 主)設計不良 副)	
施設名称 NH ₃ /CO ₂ 二元冷凍設備	機器 蒸発器	材質 ヘッダー : SUS304 コイル : SUS304	概略の寸法 ヘッダー : 外径 60.3mm、 厚さ 2.9mm コイル : 外径 33.7mm、 厚さ 2.6mm	
ガスの種類および名称 不活性ガス(二酸化炭素)	高圧ガス製造能力 1753.8トン/日	常用圧力 0.57MPa	常用温度 18℃	
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害: 軽症者1名 物的被害: なし				
<p>事故の概要</p> <p>食品工場において、NH₃/CO₂二元冷凍設備のスタートアップ作業中、蒸発器の冷媒コイルから漏えいし、真空チャンバ内に滞留していた二酸化炭素が、バルブ(V20)の開操作により食品の製造エリアに放出された(図1参照)。</p> <p>食品の製造エリアを巡回、点検していた運転員が、酸欠で倒れ、病院へ救急搬送された。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>2021年</p> <p>11月30日(木) 製造課は、年末休暇のため、食品製造ラインの運転を停止した。</p> <p>12月7日(火) 製造課は、バルブ(V1)を開放し、携帯型ガス漏えい検知器を用いて、二酸化炭素濃度を測定した。 製造課は、蒸発器から冷媒ガスが漏えいしている可能性が高いと判断し、冷凍設備メーカーに検査を依頼した。</p> <p>12月21日(火) 冷凍設備メーカーは、NH₃/CO₂二元冷凍設備の点検を実施し、蒸発器から二酸化炭素が漏えいしていると判断したが、漏えい箇所の特定はできなかった。 工務課は、冷凍設備メーカーの報告を受け、後日、改めて詳細な検査を実施する方向性を決めた(実施時期は、未定)。</p> <p>2022年</p> <p>1月5日(水) 7時35分 製造課は、食品製造ラインの運転を開始するため、点検作業を開始した。 製造課は、真空チャンバと振動コンベアを結ぶ配管系(振動コンベア側は、開放系)のバルブ(V20)を開操作した。</p> <p>7時45分頃 食品の製造エリアを巡回、点検していた運転員(以下「運転員A」)は、食品の製造エリア1階で倒れた。</p> <p>8時00分頃 食品の製造エリアの一角にあるオペレータ室(1階)にいた運転</p>				

<p>8 時 05 分</p> <p>8 時 20 分</p> <p>8 時 30 分</p>	<p>員(3名)は、息苦しさを感じ、避難しようとしたとき、運転員 A の姿が見えないことに気付き、食品の製造エリア内を確認したところ、振動コンベア付近で倒れている運転員 A を発見した。</p> <p>人事総務課長は、119 番通報した。</p> <p>公設消防は、運転員 A を病院へ救急搬送した。</p> <p>警察が、現場に到着した。</p>
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>(1) 蒸発器の冷媒コイルからの冷媒(二酸化炭素)漏えい</p> <p>事業所は、冷凍設備メーカーに漏えいが発生した原因の調査を依頼した。</p> <p>冷凍設備メーカーは、蒸発器の冷媒コイルの気密試験を実施し、ヘッダーとコイルの溶接継手から漏えいを確認した。また、漏えいを確認した溶接継手について、浸透探傷試験(PT)を実施し、指示模様を確認した(図 2 参照)。</p> <p>冷凍設備メーカーは、漏えいに至った原因を、次の 2 つのいずれかと推定した。</p> <p>① 溶接継手の止端にあった溶接欠陥(オーバラップまたはクレータ)を起点として、温度変動による疲労が発生した。</p> <p>② 溶接継手の止端にあった溶接欠陥(クレータ)周辺の不動態皮膜が脆弱で、溶着金属で粒界腐食が進展した。</p> <p>冷凍設備メーカーは、漏えいした蒸発器(1 基)の溶接継手 516 箇所のうち 172 箇所について浸透探傷試験(PT)を実施して、数点のクレータを認めたが、いずれも漏えいに至る可能性は低く、漏えいを確認した溶接継手を溶接補修することで、冷媒コイルを継続して使用できると判断した。</p> <p>なお、冷媒コイルは、冷凍設備メーカーの製作品ではなく、事業所指定の海外メーカーからの購買品であった。</p> <p>(2) 真空チャンバ内への冷媒(二酸化炭素)滞留</p> <p>蒸発器の冷媒コイルから漏えいした冷媒(二酸化炭素)は、蒸発器の胴側に滞留した。蒸発器の胴側と真空チャンバの間には、バルブ(V1)を設けていた(図 1 参照)。しかし、このバルブのシール性能は、真空度の保持を目的に選定しており、冷媒(二酸化炭素)に対するシール性能は、考慮していなかった。そのため、冷媒が、バルブの内漏れにより、蒸発器の胴側から真空チャンバ内に流れ込み、滞留したと推定した。</p> <p>(3) 食品の製造エリアへの冷媒(二酸化炭素)漏えい</p> <p>真空チャンバと振動コンベアを結ぶ配管系(振動コンベア側は、開放系)には、バルブ(V20)を設けていた。食品製造ラインの停止に伴い「閉」としていた。食品製造ラインの運転を開始するため、バルブ(V20)の開操作をしたため、真空チャンバ内に滞留していた冷媒(二酸化炭素)が、配管系(振動コンベア側)の開口部から、食品の製造エリアに漏えいした。</p> <p>(4) 冷媒(二酸化炭素)の漏えい検知</p> <p>食品の製造エリアの 1 階と 2 階には、それぞれ複数の酸素濃度計と二酸化炭素濃度計が設置されていた。</p> <p>しかし、酸素濃度計は、作業場所からは警報時のランプの点滅が見えにくい場所に設置されていた。</p> <p>また、一部の二酸化炭素濃度計は、年末の校正作業で不具合を確認していたが、そのまま使用していた。</p>	

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 漏えい管理の強化

- ① 冷凍設備の蒸発器は、2年に1回、気密試験(圧力の変動がないことの確認)を実施することを規定した。
- ② 併せて、年に数回、バルブ(V1)を開放し、携帯型ガス漏えい検知器を用いて、二酸化炭素濃度を測定する運用を開始した。

(2) 冷凍設備の運転管理の見直し

- ① 年末休暇のように長期間、食品製造ラインの運転を停止する場合の冷凍設備の運転管理を見直し、万が一、冷媒コイルから漏えいがあっても、大量の冷媒ガスが漏えいしない運転とすることを規定した。

(3) 水平展開

- ① 工場内にある同型の蒸発器(5基)について、気密試験を実施したところ、2基の蒸発器で漏えいを確認した。
- ② ただし、漏えい箇所は、冷媒コイルの溶接継手ではなく、温度計の保護管とフランジ継手であった。

(4) 保安教育

- ① 工場の従業員に対して、今回の事故情報を周知した。
- ② 工場の従業員に対して、ハザードガスに関する教育を行った。

(5) 酸素濃度計と二酸化炭素濃度計の管理強化

- ① 食品の製造エリアの室内と室外(出入口扉付近)に、パトライト、シグナルタワーを増設した。
- ② 食品の製造エリアの1階の振動コンベア付近(運転員Aが倒れていた付近)に、二酸化炭素濃度計を増設した。
- ③ 食品の製造エリアの1階に、濃度計と連動する強制換気システムを導入した。
- ④ 食品の製造エリアに従業員が入る場合は、携帯用の二酸化炭素濃度計を使用することを規定した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ① 冷凍設備ユーザは、冷媒ガスの漏えいが疑われる場合は、速やかな運転停止、冷凍設備メーカーへ調査依頼、補修の検討などの対応を行う必要がある。漏えいしている冷凍設備の運転は、非常に危険である。
- ② 冷凍設備ユーザは、通常の運転では冷媒ガスが流れない設備、配管系であっても、冷媒ガスが漏えいした場合に冷媒ガスが流れてくる可能性がある設備、配管系を特定し、リスクアセスメントの実施とその後の適切なリスク対応が必要である。漏えいしたガスが無色、無臭であれば、漏えいの検知はガス検知器に頼らざるを得ない。ガス検知器の設置場所の検討、定期的な作動検査が重要である。
- ③ 冷凍設備メーカーは、客先支給品、指定品を含めて、設備全体に責任をもって設計し、製作する必要がある。
- ④ 冷凍設備ユーザとメーカーは、漏えい事故の原因調査をする場合、漏えい箇所の非破壊試験、破面の確認などを行い、正しい事故原因を特定し、有効な再発防止対策を講じる必要がある。
- ⑤ 今回の事故では、オペレータ室にいた他の作業員が息苦しさを感じ退避を決めた際、いない作業員(被災者)を探し、すぐに倒れているところを発見、救出した。異変を感じた際、最善な行動を取るためには、危険時を想定した教育(取扱い物質の情報共有、避難場所の設定、避難訓練など)が非常に有効である。

事業所の事故調査委員会

—

備考

—

キーワード

冷凍設備、蒸発器、ヘッダー、コイル、溶接継手、二酸化炭素、疲労、漏えい、酸欠

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

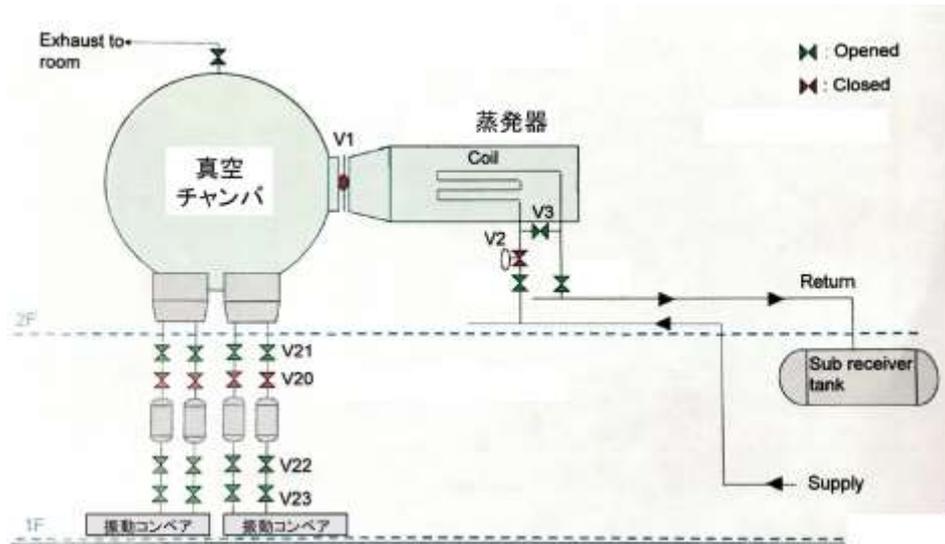


図1 食品の製造エリアの概要



図2 蒸発器の冷媒コイルの溶接継手(ヘッダーとコイル)の浸透探傷試験結果