

Safety & Tomorrow 202



新着情報

- 「新技術を活用した危険物施設の保安設備等に関する研究会」(第5回)のWEB開催について(お知らせ)
<http://www.khk-syoubou.or.jp/news-detail.php?id=187>
- 令和3年度危険物事故防止対策論文_各賞受賞者が決定しました!
http://www.khk-syoubou.or.jp/pkobo_news/upload/218-Olink_file.pdf
- 地下貯蔵タンク及びタンク室等の構造・設備に係る評価実績一覧(令和4年3月31日現在)
http://www.khk-syoubou.or.jp/pkobo_news/upload/216-Olink_file.pdf



危険物保安技術協会
Hazardous Materials Safety Techniques Association





「無知の知」と「無知の科学」
— 知らざるを知ることの難しさ — 1
東京理科大学 火災科学研究所教授 松原 美之



●【開催報告】第31回危険物事故事例セミナー 2
事故防止調査研修センター
●地下貯蔵タンク及びタンク室等の構造・設備に係る評価実績(令和3年度)について 3
土木審査部
●特定屋外貯蔵タンクの浮き屋根の点検について 6
タンク審査部



●特定屋外貯蔵タンクの浮き屋根の点検に係る技術援助業務 13
タンク審査部
●KHKで製作している視聴覚教材について 14
企画部
●「新技術を活用した危険物施設の保安設備等に関する研究会」の開催について 15
企画部
●講習会等の開催予定のご案内 17
事故防止調査研修センター



浮き屋根式屋外タンク貯蔵所
ローリングラダー(可動式梯子)破損事故について 19
倉敷市消防局 危険物保安課 田中 崇敬



『CUI抑制の保温構造』 29
ニチアス株式会社 基幹産業事業本部 黒坂 和弥



「危険物施設におけるスマート保安等に係る調査検討報告書」の概要について 36
総務省消防庁危険物保安室



第58回 心の油断を悪魔は狙う! 55



巻頭言

「無知の知」と「無知の科学」
— 足らざるを知ることの難しさ —東京理科大学 火災科学研究所教授
松原 美之

「無知の知」は、古代ギリシアの哲学者・ソクラテスの言葉とされており、「不知の自覚」とも表現され、“知らないことを自覚すること”の困難さを示す。「無知の科学」は最近文庫本化されたスローマン他の著作「知ってるつもり 無知の科学:The Knowledge Illusion)」に依った。人は、自身では知っているつもり的事柄について説明を求められ説明をしようとした時、すぐに説明に詰まってしまい、実は理解していなかったことに気づかされるという、自身の理解度に対する幻想を分析した、認知心理学の良書である。

教員という職業に転じて教える機会が増え、その結果、自身の無知に気づかされる機会が当然のように増え、自身の無知・理解の浅さを再認識させられ続けている。先週、卒業した留学生の一人から在学時の授業で教えられた事柄に関して理解できない点があると遠隔会議を申し込まれた。母国で教える立場になったとのことで、理解したつもりであった事柄についての説明を自身が出来ないことに気づいたとのことであり、「知っているつもり」がここでも真実であったかと、ほくそ笑んだ。また、COVID-19以前であれば、海外の卒業生への補講を遠隔会議で実施するなどということは考えられなかったと、この2年間の自分自身を取り巻く遠隔会議システム環境の変化に驚かされた。

「『この世の天国とは、コックはフランス人、警官はイギリス人、技師はドイツ人、銀行家はスイス人、恋人はイタリア人』、『この世の地獄とは、コックはイギリス人、警官はドイツ人、技師はフランス人、銀行家はイタリア人、恋人はスイス人』」というように、民族の民族性、もしくはある国の国民性を端的にあらわす話によって笑いを誘うエスニックジョーク (ethnic joke) がある。勤務している大学院はアジアからの留学生が半数近くを占めているため、彼らと接してお国柄というものを実感する。国、民族だけでなく、親族、地域、企業など、人の集団には、集団としての性格があり、集団としての記憶があると言われており、集合知 (集団的知性) という概念につながる。化学工場の規制に関しても、組織ごと、府省ごとに考え方の相異が生じる所以であろう。

産業安全関連研究所で、防爆規制における危険箇所の定量的判断基準に関する研究が行われていることは以前から知っていたが、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」(経済産業省:以下「ガイドライン」)を通じて、危険物規制の世界につながって来たことを最近知った。ガイドラインの目的の記述に「ヒューマンエラーを防ぐ必要」の文言があるのを見つけて新鮮に感じた。ヒューマンエラーを防ぐために精緻な判断基準を導入するというのであるが、精緻な判断を求められる人に「不知の自覚」の欠如が無いことを願う。消防は保守的であるとその文化を批判的に語る人もいるが、世界的には大規模事故を起こさない日本は、この保守的な文化に依るところもあり、大切にしないといけないのではないかと。

【開催報告】第31回危険物事故事例セミナー

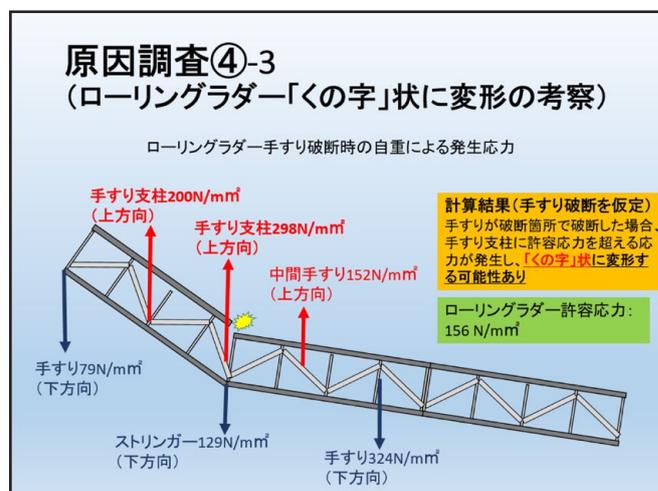
事故防止調査研修センター

当協会主催の「第31回危険物事故事例セミナー」は、昨年度に引き続き新型コロナウイルス感染症の感染拡大を防止するため、2月1日から3月31日までWeb配信にて開催し、危険物行政に携わる消防職員や事業所において、日頃、危険物の取扱い等の業務に携わっている方など、106名の方々にご参加いただきました。

今回のセミナーでは次の4題について、ご講演いただきました。

- 1) 倉敷市消防局 危険物保安課 主任 田中 崇敬 様から「浮き屋根式屋外タンク貯蔵所 ローリングラダー（可動式梯子）破損事故について」と題して、浮き屋根式屋外タンク貯蔵所のローリングラダー手すりが高経年化により破断し、ローリングラダーの破損に至った事例についてご紹介いただきました。
- 2) 四日市市消防本部 予防保安課 安全指導係 清水 康明 様から「屋外タンク貯蔵所の浮き蓋で発生した破損事故～液面計の不具合に起因する破損・漏えい～」と題して、製油所において常圧蒸留装置から屋外タンク貯蔵所へライトナフサを送液中、当該タンクの液面計の不具合により送液が停止されず、内部浮き蓋が屋根板に接触して浮き蓋デッキ上にライトナフサが漏えいした事例についてご紹介いただきました。
- 3) 横浜市消防局 予防部 保安課 危険物保安係 岸野 寛章 様から、「屋外タンク貯蔵所における付属配管からの硫黄の漏えい事故について」と題して、屋外タンク貯蔵所の付属配管の可とう管継手の破損により硫黄が流出した事例についてご紹介いただきました。
- 4) 川崎市消防局 予防部 危険物課 検査係長 大川 和人 様から、「配管閉止フランジの開放に伴う危険物流出火災」と題して、配管末端部の閉止フランジ及びガスケットの交換作業中、フランジの隙間から内液が滴ってきたため、作業員が内液をビニール袋で受けていたところフランジ付近から出火し、作業員2名が火傷を負った事例についてご紹介いただきました。

当協会では、これからも危険物の保安対策の推進に役立つセミナーを企画してまいりますので、引き続きご支援、ご協力くださいますようお願いいたします。



映像抜粋 (左: 四日市市消防本部、右: 倉敷市消防局)

地下貯蔵タンク及びタンク室等の構造・設備に係る評価実績（令和3年度）について

土木審査部

1 はじめに

「地下貯蔵タンク及びタンク室等の構造・設備に係る評価業務」（以下「本評価業務」という。）は、消防法令上想定していない構造である「縦置円筒型地下貯蔵タンク（図1参照）」や「タンク室上部に地下空間（以下「上部空間室」という。）を有するタンク室構造（図2参照）」等について、消防本部職員の審査業務の一助となることを目的に実施しています。

平成30年度から開始した本評価業務も丸4年が経ち、少しずつではありますが、当該業務の周知が浸透してきたものと感じています。

本稿では、本評価業務を活用していただいた案件の傾向等をお伝えすることを目的に、令和3年度の評価実績について紹介します。

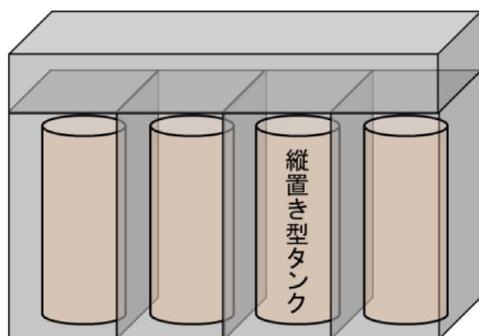


図1 縦置き型地下タンク

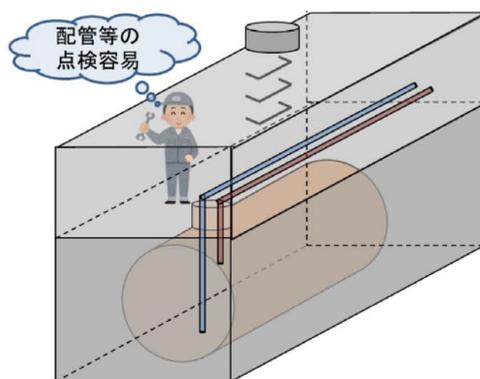


図2 上部空間室を配置した構造

2 令和3年度の評価実績

令和3年度の評価実績を、タンク本体の型式別や上部空間室有無別等で紹介します。

①タンク本体の型式別による評価実績

まず、タンク本体の型式別に評価実績を紹介します。

表1に示すとおり、令和3年度は合計23件受託しました。

表1の「変更」の欄ですが、これは、評価業務が終了した後に、タンク室等の構造変更が生じて、再評価及び報告書の再発行を行った件数です。令和3年4月1日に業務規程を改正し、「評価内容の変更」という新たな仕組みを業務規程第5条に設け、構造変更後の再評価に対応できるようにしたものです。

この「変更」に係る件数を除いたとしても、少しずつではありますが、受託件数は増加している傾向がうかがえます。

表1 タンク本体の型式別による評価実績（令和3年度）

		横置き型	縦置き型	小判型等	変更	合計
R3年度		19件	2件	0件	2件	23件
（参考）	R2年度	13件	4件	0件	—	17件
	R1年度	10件	1件	1件	—	12件
	H30年度	0件	2件	0件	—	2件

②上部空間室有無別による評価実績

ここでは、上記表1のうち、「変更」の案件を除く新規案件の「横置き型タンク」と「縦置き型タンク」について、上部空間室有無別で実績を紹介します。

なお、本評価業務においては、配管用の「ピット」や「トレンチ」と呼ばれる空間も「上部空間室」として取り扱っています。

表2に示すとおり、上部空間室を有するタンク室が多く、近年はやはり、配管等の維持管理の容易さ等から、上部空間室を有するタンク室構造が多く採用されていることが分かります。

また、本評価業務では、上部空間室内の設備（照明、換気設備、ためます、消火器等）の安全対策についての評価も行うことができる仕組みとしていますが、令和3年度は、この設備の安全対策に対する評価の受託はありませんでした。これは、常設の設備を特設設けないケースや、所轄消防本部で上部空間室内設備の審査を実施しているケースが多いためと考えられます。

表2 上部空間室有無別による評価実績（令和3年度）

タンク型式	横置き型		縦置き型	
受託件数	19件		2件	
上部空間室有無	有り	無し	有り	無し
件数	15件	4件	1件	1件

③建築物への近接有無別による評価実績

上記②同様、「変更」を除く「横置き型タンク」と「縦置き型タンク」の新規案件について、実績を紹介します。

本評価業務では、建築物の地下外壁からタンク室側壁までの離隔距離が1m未満を「近接有り」、1m以上を「近接無し」と分類しています。「近接有り」と判断された場合は、地震時における建築物の変位により、タンク室に与える影響は無視できないことから、地震時の建築物からの影響検討を実施しています。

表3は、横置き型タンクと縦置き型タンクのそれぞれについて、建築物へ近接してタンク室が設置されたかどうかを示したものです。建築物の地下外壁から1m未満（近接有り）で設置されるケースは、半数近くあったことが分かります。

近接無しの案件において、建築物からの離隔距離の最大は、約4.4mでした。

表3 建築物への近接有無別による評価実績（令和3年度）

タンク型式	横置き型		縦置き型	
受託件数	19件		2件	
建築物への近接有無	有り	無し	有り	無し
件数	8件	11件	1件	1件

④都道府県別による評価実績

ここでは、「変更」に係る評価も含め、都道府県別による評価実績を紹介します。

表4に示すように、東京都からの評価委託が多いのは、従前より変わらない傾向ですが、今年度は新たに、宮城県から1件受託しました。

これまで受託した都道府県全てを列記すると、表4に示された都道府県のほか、埼玉県、新潟県及び福井県となります。受託した都道府県の数が増えています。これは消防本部の関係者と申請者の方に本評価業務の有効性をご理解いただいた結果と考えています。

表4 都道府県別による評価実績（令和3年度）

都道府県	横置き型	縦置き型	変更	計
東京都	11件	1件	2件	14件
北海道	3件	—	—	3件
千葉県	2件	—	—	2件
宮城県	1件	—	—	1件
神奈川県	1件	—	—	1件
大阪府	—	1件	—	1件
島根県	1件	—	—	1件
合計	19件	2件	2件	23件

3 評価期間の実績等

令和3年度に受託した案件のうち、「変更」に係る案件を除き、新規案件の「横置き型タンク」と「縦置き型タンク」の21件から、評価に要した期間を算出しました。

土日・祝日及び年末年始休暇を除外して評価期間を算出してみると、1件当たり平均1.7日となりました。暦日数でも1件当たり平均2.5日となり、申請受付後1ヶ月以内に評価を終了し、報告書を発送していることとなります。

申請者等との事前打合せ等においては、評価期間に関する質問が最も多いことから、当協会も、申請者等のニーズも踏まえながら、評価期間をできるだけ短くすることを第一の目標として取り組んでいるところです。

結果として、令和元年度の1件当たり平均2.7日、令和2年度の1件当たり平均2.9日の評価期間に対して、令和3年度は約10日間の評価期間を短縮することができました。

今年度の評価期間を算出した21件に関しては、協会では全ての案件において、本申請前の打合せの段階から並行して、構造計算書の事前チェックを実施し、設計書の精度を高めたうえで本申請を受け付けており、こうした取り組みが評価期間の短縮につながったと考えています。

本申請前の構造計算書（設計書）の精度については、消防法令に準じていない事項や設計条件の不備、解析計算過程での誤りがあり、案件ごとに修正内容・修正箇所数の差はあるものの、21件全ての案件で、完成度が高い内容にはなっていないのが実状です。

こうした設計書の修正に係る申請者等との質疑応答は、事前チェックの段階で3回程度実施し、本申請後は、プログラム等を活用した詳細な計算結果のチェックをメインにしており、2回程度の質疑応答で評価を終えている状況です。

4 おわりに

令和3年度も従前同様、評価申請前の打合せを適宜実施し、地下タンク貯蔵所の設置許可申請時期等を考慮しながら、できる限り申請者等の方々要望する時期までに報告書が発送できるよう対応してきました。

地下タンク貯蔵所の技術基準は、性能規定の導入が図られたことにより、タンク室等躯体の構造計算や解析手法、各条件設定等、設計者の考え方にゆだねられる部分が多いため、消防法令の基準に沿っていない事項や考え方が適切でないことも発生しており、評価を重ねるごとに、当協会が、危険物施設に関する豊富な審査経験や専門的な知識を活かし、地下タンク貯蔵所の構造安全性の確認を行うことの効果と必要性を感じている次第です。

本稿では、評価業務に要した期間の実績も併せて紹介しましたが、今後も引き続き、より効率的に、また消防本部や申請者等、皆様の要望に応えられるよう業務を遂行して参ります。

消防本部の皆様におかれましては、当協会の取り組み状況等をご理解いただき、本評価業務の活用、さらには申請者等へのご指導も併せて、ご検討いただければ幸いです。



特定屋外貯蔵タンクの浮き屋根の点検について

タンク審査部

1. はじめに

屋外貯蔵タンクの 1 つの構造形式である浮き屋根式タンクは、側板と底板で構成された円筒形のタンクに危険物を貯蔵し、当該危険物の液面上に円盤形の屋根を浮かせる構造となっており（図-1）、主に揮発性の高い危険物を貯蔵するタンクや、危険物を大量に貯蔵する大型のタンクに採用されています。

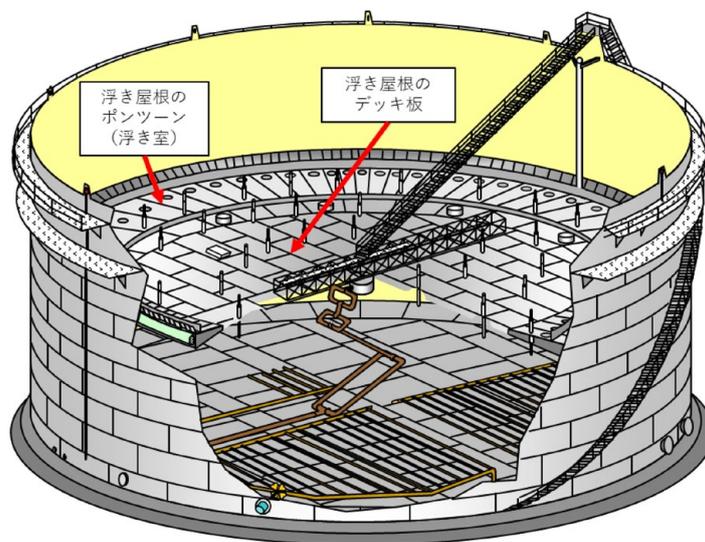


図-1 浮き屋根式タンク

大型の屋外貯蔵タンクは、その多くが高度経済成長期以前に建設されており、タンクが設置されてから 50 年以上経過したものが多くの割合を占めています。こうした状況の中、タンクの経年劣化に起因する危険物の流出事故は高止まりの状況が続いており、タンクの適切な維持管理は重要な課題となっているところです。

浮き屋根については、ポンツーン（浮き室）内部への漏えい事故が相次いだことを契機として、消防庁において平成 29 年度に全国調査が行われるとともに、平成 30 年度から「危険物施設の長期使用に係る調査検討会」の下に「屋外貯蔵タンクの浮き屋根の安全対策に関するワーキンググループ」が開催され、浮き屋根の事故防止対策や、事故が発生した際の適切な対応方法について検討が行われました。検討の結果取りまとめられた「浮き屋根の事故防止に関するガイドライン」（以下、「ガイドライン」という。）において、浮き屋根式タンクの所有者がタンク開放時に実施する浮き屋根の点検内容が示されたほか、浮き屋根上への漏えい事故が浮き屋根の沈没まで至らないための評価項目として、ポンツーンの仕切り板の健全性確認や、過去の補修状況を踏まえた浮き屋根の浮力性能確認についても示されました。

当協会では、浮き屋根式タンクの所有者がガイドラインに沿った点検を適切に実施しているかどうかを第三者機関として評価する技術援助業務を行っており、本稿においてガイドラインの概要及び点検時に留意するポイントを解説します。

2 主な浮き屋根の事故事例

浮き屋根式タンクは、浮いている屋根により、危険物の液面が外部に露出しない構造となっています。また、このことを前提に、浮き屋根式タンクの消火装置は浮き屋根外周部のシーリング材の箇所から発生する局所的な火災（リング火災）に対応することを主眼として設置されており、何らかの影響で浮き屋根が沈没し、貯蔵している危険物の液面が全て暴露さ

れた状態で火災となるケース（全面火災）に対応するものとなっていません。すなわち、浮き屋根式タンクの安全を確保する上で、浮き屋根の沈没による危険物の露出は絶対に避けなければならない事態です。

ここでは、地震や台風の影響等により浮き屋根が沈没した近年の主な事例について紹介します。

(1) 平成 15 年十勝沖地震による火災事故

平成 15 年 9 月 26 日に発生した十勝沖地震において、震央から約 250km 離れた苫小牧市の石油コンビナート地区の浮き屋根式タンクで 2 件の火災が発生しました。1 件目は地震発生直後に発生した浮き屋根式原油タンクのリング火災であり、消火まで 7 時間を要しました。2 件目は地震発生の翌日に浮き屋根式ナフサタンクで発生した火災であり、浮き屋根の沈没に伴い全面火災となり、消火まで 44 時間を要する大変深刻な事態となりました(写真-1)。原因は、長周期地震動にタンクの液面が共振してスロッシングが生じたことに伴い、浮き屋根が損傷したことによるものです。なお、このときスロッシングの最大波高は 3m 近くに達したものと推定されています。

この被害事例を受け、平成 17 年 4 月から浮き屋根式タンクの耐震基準が新たに施行されることとなりました。



写真-1 浮き屋根式タンクの全面火災

(2) 平成 24 年沖縄県での浮き屋根沈没事故

平成 24 年 11 月 7 日、沖縄県うるま市の石油コンビナート地区の浮き屋根式タンクで、浮き屋根上への危険物漏えいが確認されました。その後、浮き屋根が座屈、傾斜して沈没し、貯蔵危険物が完全に暴露される状態となりました(写真-2)。

事故発生後の対応では、沈没した浮き屋根の状態把握が難しく、実施された危険物抜き取り作業は困難を極めました。大容量泡放射システム資機材を警戒配備し、不活性ガスの投入等を行う等可能な限りの安全対策を実施した上でタンクから危険物の抜き取りを行った結果、最終的に危険物の抜き取りが完了するまで約 2 ヶ月間を要し、さらに清掃が完了するまでもう 2 ヶ月間を要しました。

事故の原因として、当該地区は強力な台風に見舞われることが多く、台風によりポンツーンに亀裂が発生、進展しポンツーン内へ危険物が徐々に滞留して浮力が低下したことに加え、大雨の影響により浮き屋根の沈下傾斜が進行したことが挙げられています。さらに、当該浮き屋根のポンツーンの仕切り板は上部が断続溶接となっており、隣接するポンツーンと液密構造になっていなかったため、ポンツーンへの危険物滞留が隣接するポンツーンへと連鎖していき、最終的に沈没したものと推定されています。



写真-2 浮き屋根沈没により液面が露出したタンク

紹介した2事例とも、災害対応は困難を極めており、浮き屋根の沈没は、一步間違えると周辺を巻き込んだ大災害へと繋がるおそれがあることが分かります。浮き屋根の経年劣化に加え、巨大地震の切迫性が指摘されていること、更には特に近年では風水害の規模が大きくなってきていることから、浮き屋根の適切な維持管理は重要なテーマとなっています。

3. ガイドラインの概要

ガイドラインでは、浮き屋根の事故防止のため、次の3点を明示しています。

- ① タンク開放時における浮き屋根の詳細点検
- ② ポンツーン内の仕切り板の健全性確認
- ③ 補修履歴を踏まえた浮き屋根の浮力確認

タンク開放時における浮き屋根の詳細点検としては、デッキ板及びポンツーン内部の目視検査、ポンツーンの加圧漏れ試験及びポンツーン底板の板厚測定の実施が求められています。

仕切り板の健全性確認としては、仕切り板が全周連続隅肉溶接であることを図面及び目視で確認するほか、仕切り板上部が断続隅肉溶接となっており隣接するポンツーンと液密構造になっていない場合には、法令で規定されたポンツーンの破損状態における浮き屋根の沈下傾斜時においても最終喫水線が仕切り板上端を超えないことを確認する必要があるとされました(図-2)。

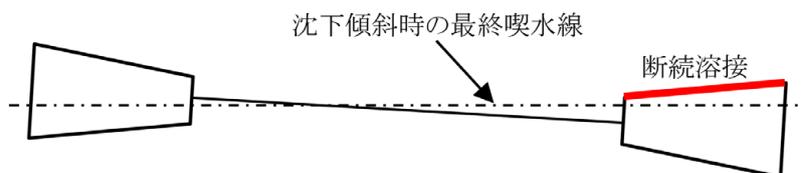


図-2 仕切り板上部が断続溶接の健全性確認

補修履歴を踏まえた浮力確認としては、過去において実施された浮き屋根の当板補修等による重量増加を反映したうえで必要な浮力が確保されているか確認する必要があるとされました。

このほか、ガイドラインにおいては、浮き屋根の事故時における対応についても示されています。浮き屋根上に危険物が漏えいした場合には、原則として速やかにタンクを空にして清掃した後に、漏えい箇所を特定し当該箇所を溶接補修する必要がありますが、上記①～③について適切に実施されており、かつ、危険物の漏えいが軽微な場合にあっては、これまで消防本部において認められていなかった仮補修によるタンクの継続使用が可能である旨がガイドラインにおいて示されています。これらの要件の確認については、タンクについて高度な知見を有する第三者機関を適宜活用することが望ましいとされています。

4. 浮き屋根の詳細点検のポイント

ガイドラインで規定された浮き屋根の詳細点検について、これまで当協会の技術援助業務を通じて得られた知見を基に、適切に点検を実施するうえでのポイントをまとめました。

(1) 目視検査

ガイドラインでは、デッキ板及びポンツーン内の溶接線及び板の腐食状況について目視検査を実施することとされています。目視検査の実施にあたり、塗装を剥離する必要はありません。

デッキ板の目視検査では、デッキ板上の汚れをできるだけ取り除いた状態で実施することが望ましいです（写真－3）。特に塵が常に滞留する箇所は、当該箇所が低くなっている場合が多く、雨水等も溜まりやすいため腐食が発生・進行しやすい場所でもあるため、目視による丁寧な確認が必要です。また、塗装の破損が認められる箇所についても、当該箇所の溶接線や板に腐食が発生していないか確認する必要があります。塗装破損部から雨水が浸入しているケースがこれまでも多く認められていることに留意する必要があります。



写真－3 デッキ板の目視検査の様子

ポンツーン内の目視検査では、溶接線や板の腐食状況の確認に加え、溶接施工の健全性を確認します。ポンツーン内部は狭隘部であり、かつ、上向き溶接が多用されることから、溶接施工の難易度が比較的高く、重大な溶接欠陥が存在する蓋然性が高いためです（写真－4）。また、ポンツーンの大きさによっては内部にラフターやトラス等の骨材を配置されているものも多く存在します（写真－5）。こうした板と骨材との取り合い部は応力が集中する箇所でもあり、過去に発生したポンツーン内への危険物漏えい事故においても破損の起点となっているケースが存在することに留意する必要があります。

なお、ダブルデッキ型の浮き屋根については、全ての区画をポンツーンとして捉え、目視検査の対象としています。



写真－4 ポンツーン内部の溶接施工不良の例



写真-5 ポンツーン内部に配置された骨材の例

(2) 加圧漏れ試験

ポンツーンの加圧漏れ試験は空気を使用した漏れ試験となります。漏れ試験方法の種類を規定した日本産業規格 JIS Z2330「非破壊試験－漏れ試験方法の種類及びその選択」では、空気などの気体を使用する漏れ試験の種類として「液没試験」、「発泡漏れ試験」、「圧力変化による漏れ試験」および「流量測定による漏れ試験」を規定していますが、このうちポンツーンに適用される漏れ試験は発泡漏れ試験又は圧力変化による漏れ試験となります。試験圧力について、石油タンクの日本産業規格 JIS B8501「鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）」では、屋根板の厚さ（4.5mm）の重量に見合う圧力（353Pa）を最低試験圧力としており、ガイドラインもこれに従って試験圧力を定めています。

当協会が実施する浮き屋根の点検に係る技術援助では、原則として圧力変化による漏れ試験による確認を実施しています（写真-6）。その実施要領は、日本産業規格 JIS Z2332「圧力変化による漏れ試験方法」や石油学会が制定した規格 JPI-8R-14-2018「耐圧・気密試験」を参考として次の手順としています。

①加圧

- ・試験体を所定の圧力まで加圧する。

②平衡

- ・加圧後、遮断弁を閉じて圧力の変動がなくなるまで待つ。

③検出

- ・検出開始の初期値として時刻、圧力、温度等を記録する。
- ・遮断弁を閉じ加圧された状態で10分間保持する。
- ・検出開始10分後の時刻、圧力、温度等を記録し、著しい圧力低下がないことを確認する。

なお、天候等の影響による圧力低下があった場合には、再度加圧から検出までの工程を実施します。

試験圧力が微圧であることから天候等の影響を受けやすいため、実際に試験を実施する際は可能な範囲で高い試験圧力を設定することが安定した結果に繋がります。また、例えば直射日光の影響で屋根の温度やポンツーン内の圧力が安定しない場合には、午前中の早い時間帯に試験を実施することで改善することもあります。

シングルデッキ型の浮き屋根については全てのポンツーンが加圧漏れ試験の対象となりますが、ダブルデッキ型の浮き屋根については浮力を担保するポンツーンについて加圧漏れ試験を実施することで構わないとされています。

仕切り板の上部が断続溶接である場合は加圧漏れ試験の実施が困難ですが、ポンツーンの加圧漏れ試験の実施にあたっては、仕切り板上部の断続溶接部についてコーキングを施工する等の措置を講じることで対応が可能であれば、技術的には構わないと考えています。



写真-6 マノメーターを用いた加圧漏れ試験の様子

(3) 板厚測定

ガイドラインでは、ポンツーン底板に対して超音波板厚測定を実施することとされています。具体的な測定箇所、測定数等は示されていませんが、当協会では、消防本部からの指導がない場合はポンツーン 1 室あたり少なくとも 3 箇所の板厚測定をお願いしているところです。

また、シングルデッキ型の浮き屋根のうち、容量が 20,000 キロリットル以上となるもの、または法令で定められた空間高さが 2m 以上となるものについては、別途浮き屋根の耐震強度を評価するのに必要な部位の板厚測定を実施する必要がありますので、これらを合わせて測定を計画されるとよいでしょう。

5. これまでの技術援助実施状況

当協会では、令和元年から浮き屋根の点検に係る技術援助業務を開始しており、これまでに 35 件の委託をいただいています。浮き屋根の形式別に見ると、シングルデッキ型、ダブルデッキ型共に着実に実績を積んでまいりました。タンクの容量別に見ると、容量が 100,000 kℓ以上の大規模なタンクの委託が多いようです。また、浮き屋根全体の更新やポンツーンの更新が行われたタンクについても技術援助を行っています。

表-1 年度別受託基数

年度	受託基数
令和元年	1
令和2年	9
令和3年	25
計	35

表-2 浮き屋根形式別受託基数

形式	受託基数
シングルデッキ型	24
ダブルデッキ型	11
計	35

表-3 容量別受託基数

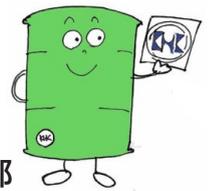
容量(kℓ)	受託基数
1,000以上5,000未満	1
5,000以上10,000未満	2
10,000以上50,000未満	4
50,000以上100,000未満	6
100,000以上	22
計	35

技術援助の実施にあたっては、当協会がこれまで培ってきた浮き屋根の耐震評価や浮き屋根上への漏えい事故調査等の経験を最大限活かしてまいります。開放時にどのような点検を実施すればいいか、点検の記録はどのように取りまとめればいいか等、ご不明な点があればお気軽にお問い合わせください。

6. おわりに

近年では、勢力が強いまま日本に上陸する台風が増えており、また、ゲリラ豪雨の頻度も増えている等、浮き屋根がさらされている環境は従前に比べ過酷さを増しているといえます。また、首都直下地震や南海トラフ地震発生の切迫性も叫ばれており、こうした状況の中で浮き屋根上への危険物漏えい事故を未然に防止するためには、タンク開放時に詳細な点検を実施することで浮き屋根の状況について適切に把握し、必要な補修工事を実施していくことが極めて重要です。

浮き屋根を適切に維持管理していく上で最も重要なポイントは、いかなる場合においても浮き屋根の浮力性能を確保することです。浮き屋根式タンクの所有者におかれては、ガイドラインを有効に活用していただき、引き続き屋外貯蔵タンクの安全性を確保されることをお願いいたします。また、浮き屋根の点検について、当協会の技術援助を活用していただければ幸いです。



企画部

KHKで製作している視聴覚教材について

危険物保安技術協会では、危険物の貯蔵、取扱い又は運搬に関する技術情報の提供や事故防止及び安全対策の向上を目的とした視聴覚教材を製作しており、一部の教材は販売、貸し出しを行っています。販売、貸し出しは随時受け付けておりますので、ご希望される方は企画部企画課までご連絡ください。

1 <販売>視聴覚教材一覧

タイトル	時間	製作年度
安心・安全なガソリンスタンド業務のために ～給油取扱所における事故防止対策～	35分	令和3年度
ぬらすな×キケン！ 禁水性物質の性状に応じた火災予防と消火方法 ※	26分	令和元年度



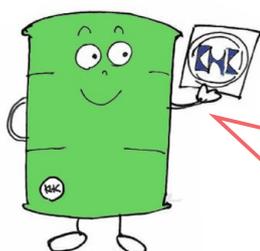
- ・いずれもDVDでの販売となります。
- ・販売価格は、1枚当たり8,800円税込（令和4年4月現在）、別途送料が生じます。
- ・「危険物事象事例情報システム」にご登録いただいた方は、本システムからも視聴することが可能です。
<http://www.khk-syoubou.or.jp/hazardinfo/guide.html>
- ・在庫数が少ないため少数の購入を希望される場合でも、お届けするまでに多少の時間を要する場合がございます。
- ※「ぬらすな × キケン！」については、貸し出しも行っていません。

2 <貸し出しのみ>視聴覚教材一覧

タイトル	時間	製作年度
事象事例から学ぶ単独荷卸し作業の安全対策	41分	平成28年度
消防法における危険物の性状に応じた火災予防と消火方法	39分	平成27年度
震災時における危険物の仮貯蔵・仮取扱い	30分	平成26年度
映像でわかる移動タンク貯蔵所	31分	平成25年度
映像でわかる地下貯蔵タンクの概要	31分	平成24年度

- ・平成24年度以前の貸し出し視聴覚教材については、協会ホームページにてご確認ください。
- また、協会ホームページでも動画の視聴は可能となっておりますので、この機会にぜひご覧ください。
- (危険物保安技術協会ホームページ 視聴覚教材)

<http://www.khk-syoubou.or.jp/guide/video.html>



【お問い合わせ先】

危険物保安技術協会 企画部企画課
TEL 03-3436-2353 / FAX 03-3436-2251
E-mail kikaku@khk-syoubou.or.jp

KHKからの お知らせ

「新技術を活用した危険物施設の保安設備等に関する研究会」の開催について



危険物施設における保安設備等への新技術の活用を目的に、「新技術を活用した危険物施設の保安設備等に関する研究会」（第5回）の **WEB 開催** について、お知らせします。

1 概要

近年、様々な分野で監視カメラ技術、ドローン技術、IoT 技術等の新たな技術が活用されています。

今後、危険物施設においても、これらの新技術を活用した保安設備等の導入や普及が見込まれることから、人の目に替わる点検手段、データを用いた危険予兆など、大規模危険物施設等における維持管理や災害早期発見についての方策として、これらの新技術を活用した保安設備等について意見交換を図ります。

2 実施内容

日揮株式会社 「ファストデジタルツインで既設プラントの DX を加速する INTEGRANCE VR」
メーカーによるプレゼンテーション（約 50 分）、フリートークの時間（約 1 時間）

3 開催日時

日 時：令和4年6月17日（金） 14時～16時

4 参加・傍聴方法

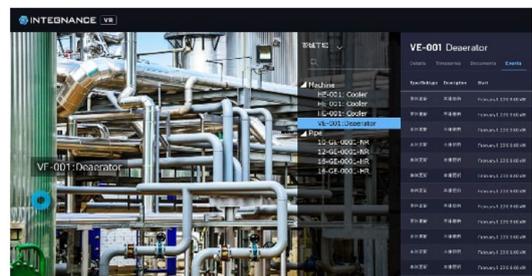
開催方法：WEB 開催（Cisco Webex Meetings）

参加費：無料

弊社ウェブサイトの申込みフォームから必要事項入力の上、
お申込み下さい。招待メールを後日送付させていただきます。

「新技術を活用した危険物施設の保安設備等に関する研究会」申込みフォームはこちら

<https://reg26.smp.ne.jp/regist/is?SMPFORM=lh-pcobt-66390289cec1b87773d560a50a260b32>



<https://www.jgc.com/jp/news/2021/20211005.html>
（日揮ホールディングス株式会社のホームページより）

5 過去の事例紹介

令和元年度から研究会を立ち上げ、4回開催しました。

第1回：「ドローンを使用した屋外タンク貯蔵所の側板板厚測定等」について

TERRA DRONE 株式会社

第2回：「3D 保安高度化データプラットフォームとバーチャルプラント」について

千代田化工建設株式会社

第3回：「赤外線カメラによるガス監視システム」について

コニカミノルタ株式会社

第4回：自動走行ロボットを利用した監視・点検について

— プラント自動巡回点検防爆ロボット “EX ROVR” をご紹介します —

三菱重工業株式会社

発表内容等の詳細についてはこちら <http://www.khk-syoubou.or.jp/guide/research.html#ep01>

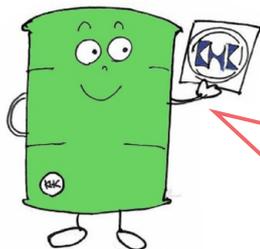
以下は前回実施時の参加・傍聴者となります。

全参加者数 127 名

内訳：消防関係機関（13 消防機関 19 名）、事業所関係（55 事業所 95 名）、その他（13 名）

6 その他

WEB 開催のため、どなたでも参加・傍聴可能ですが、既定の人員を超えた場合等、調整させていただく場合がございます。



【お問い合わせ先】

危険物保安技術協会 企画部企画課

TEL 03-3436-2353 / FAX 03-3436-2251

E-mail kikaku@khk-syoubou.or.jp



講習会等の開催予定のご案内

事故防止調査研修センター



◆令和4年度における講習会・セミナー等の開催予定は下表のとおりです。

日程等詳細については、決定次第当協会ホームページでお知らせ致します。また、関係機関や特定事業所等には開催案内をお送り致します。

(講習会等に関する当協会ホームページ <http://www.khk-syoubou.or.jp/seminar/>)

◇◇保安技術講習◇◇

No.	名称	開催時期	開催場所
1	危険物保安技術講習会 ※1	8月15日～9月30日	web配信

◇◇防災管理研修等◇◇

No.	名称	開催時期	開催場所		
1	・防災管理者研修会 (防) ※2 ・副防災管理者研修会 (副) ※2 ・再研修会 (再) ※2 ・災害対策本部企画運営訓練 ※5 ・緊急記者会見訓練 ※5	9月30日 (副)	札幌市 北農健保会館		
		6月23日 (防)、24日 (副) 8月25日 (副)、26日 (再) 10月14日 (副) 11月17日 (防)、18日 (副) 令和5年2月2日 (防)、3日 (副)	東京都 危険物保安技術協会		
		12月13日 (防)、14日 (副)	名古屋市 AP名古屋 名駅		
		7月14日 (防)、15日 (副) 9月15日 (副)、16日 (再)	大阪市 大阪科学技術センター		
		11月28日 (防)、29日 (副)、30日 (再) 令和5年1月13日 (副)	岡山市 ピュアリティまきび		
		7月21日 (副)	周南市 ホテルサンルート徳山		
		7月5日 (防)、6日 (副) 令和5年3月1日 (副)、2日 (再)	北九州市 毎日西部会館		
		2	危険物基礎研修 ※3	令和4年4月～令和5年3月	eラーニング
		3	危険物施設総合研修訓練	10月11日～10月12日	東京都 危険物保安技術協会(1日目) 横須賀市 海上災害防止センター(2日目)

◇◇事故防止セミナー◇◇

No.	名称	開催時期	開催場所
1	危険物事故事例セミナー ※4	令和5年2月頃	未定(都内) ※web配信のみとする場合があります。

◇◇保安技術専門講習会◇◇

No.	名称	開催時期	開催予定地
1	屋外タンク実務担当者講習会 ※4	会場：11月中旬頃 Web：令和4年12月～令和5年1月	未定(都内) ※web配信のみとする場合があります。
2	コーティング上からタンク底部の板厚を測定する測定者に対する講習会 ・初めて受講する方対象(初) ・再講習(再)	令和5年2月(初)・(再)	東京都 危険物保安技術協会
		令和5年3月(初)・(再)	大阪市 エル・おおさか
3	屋外貯蔵タンクのコーティング管理技術者講習会 ・初めて受講する方対象(初) ・再講習(再)	12月(初)・(再)	東京都 危険物保安技術協会
		令和5年1月(初)・(再)	(会場変更) 大阪市 大阪科学技術センター
4	屋外タンク貯蔵所の泡消火設備の一体的な点検に係る講習会 ・初めて受講する方対象(初) ・再講習(再)	8月31日(初)、9月1日(再)	札幌市 北農健保会館
		6月15日(初)、16日(再) 9月7日(初)、8日(初) 令和5年1月18日(初)、19日(再)	東京都 危険物保安技術協会
		11月頃(初)・(再)	名古屋市 名古屋港湾会館
		10月4日(初)、5日(再)	大阪市 大阪市立阿倍野防災センター
		10月19日(初)、20日(再)	倉敷市 ライフパーク倉敷
		7月27日(初)、28日(再)	北九州市民防災センター
		11月頃(初)・(再)	未定(北九州市内: 7月上旬決定予定)
5	単独荷卸しに係る運行管理者等研修会 ※2 ・運行管理者(運) ・危険物保安監督者(危) ※5	6月29日(運) 8月31日(運)	東京都 危険物保安技術協会
6	地下貯蔵タンクの砕石基礎に関する施工管理者研修会 ※5	随時	ご希望の開催地

◇◇保安防災対策研修◇◇

No.	名称	開催時期	開催場所
1	保安・防災対策に関する研修 ※5	随時	ご希望の開催地

※1 本年度は web 配信のみでの開催です。

※2 「防災管理者研修会」、「副防災管理者研修会」、「再研修会」、「単独荷卸しに係る運行管理者等研修会」の出前出張研修も従来どおり開催します。

※3 e ラーニングのみでの開催です。

※4 都内での集合研修及びweb 配信を予定していますが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大状況により web 配信のみとする場合があります。

※5 出前出張研修のみでの開催です。

<令和4年度のトピックス>

講習会等の開催にあたり新型コロナウイルス感染症対策を講じていきます。また、オンライン研修の実施にも取り組んでいきます。

危険物事故 関連情報

浮き屋根式屋外タンク貯蔵所 ローリングラダー（可動式梯子）破損事故について

倉敷市消防局 危険物保安課 田中 崇敬

1 はじめに

本事例は、浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の屋根上にあるローリングラダー（可動式梯子）が破損した事案である。

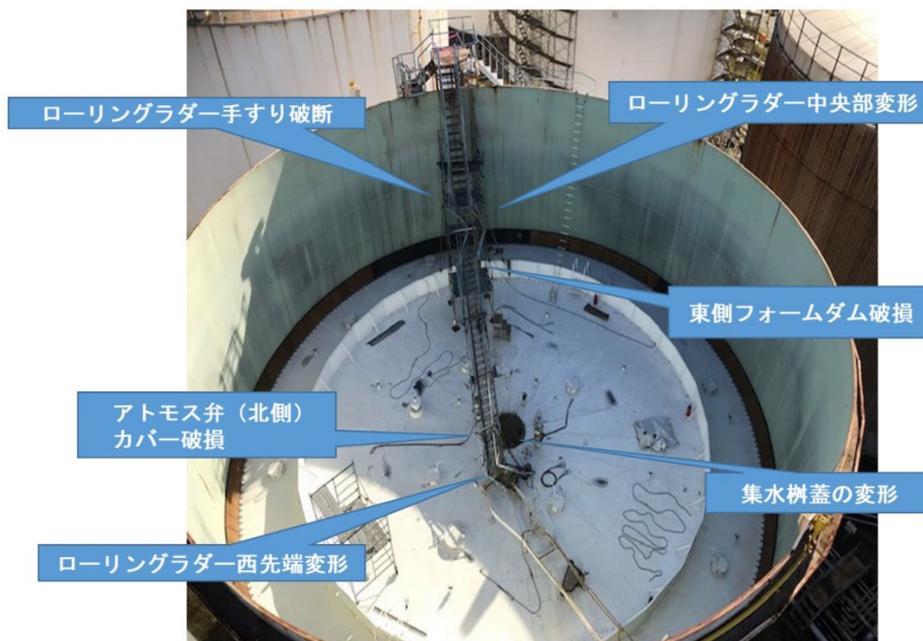
2 事故事例

- (1) 概要 点検中に浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の屋根上にあるローリングラダーが破損しているのを発見したものの。危険物等の漏洩なし。
- (2) 被害状況 人的被害：なし
物的被害：ローリングラダー及び付属品
- (3) 行政措置 緊急使用停止命令（消防法第12条の3）

3 発災タンク概要

- (1) 設置許可年 昭和40年12月
- (2) 貯蔵物 危険物第4類第1石油類（ナフサ）
- (3) 許可容量 5,342KL（事故発見時 約3,000KL）
- (4) タンク形状 縦置円筒型（フローティングルーフ）
- (5) 内径 21.310m
- (6) 高さ 16.473m

現場写真（上空から撮影）



4 時系列

- 令和2年10月24日 タンク内ナフサの移送を開始
- 令和2年10月25日 14時23分 タンク巡回点検時、当該タンク頂部に上がった際、ローリングラダーの破損を発見。直ちに計器室へ連絡
- 令和2年10月25日 14時25分 連絡を受けた計器室から119番通報実施
- 令和2年10月25日 14時29分 当該タンクからの移送を停止

5 現場の状況及び考察（ローリングラダー、ランウェイの変形）

(1) ローリングラダー中央部の変形（写真1、2参照）

- 状況 ア ローリングラダーの中央部が「くの字」状に変形していた。
- イ 手すり①部が両側とも破断していた。
- ウ 手すり破断箇所より上部に変形はなかった。
- エ ローリングラダーとプラットフォームとの間の接続部のピンに固着・変形はなかった。
- オ 手すり①部破断箇所より下部は北東方向にねじったように変形していた。

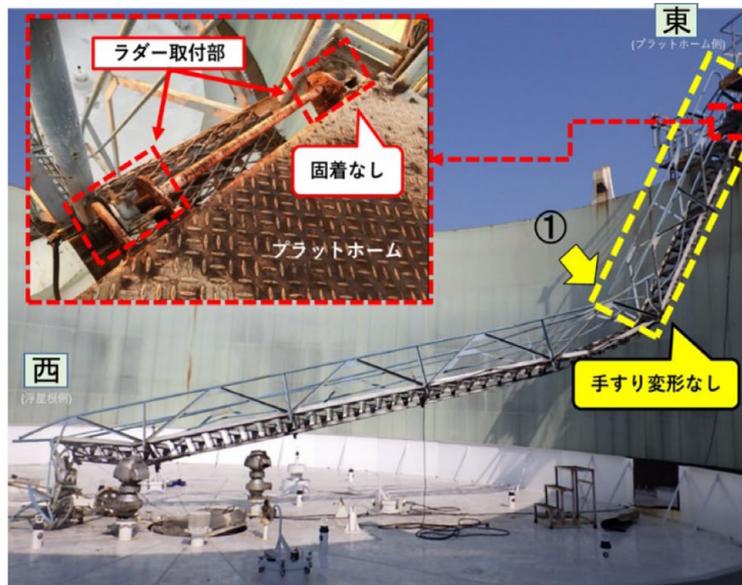


写真1 ローリングラダー変形状況

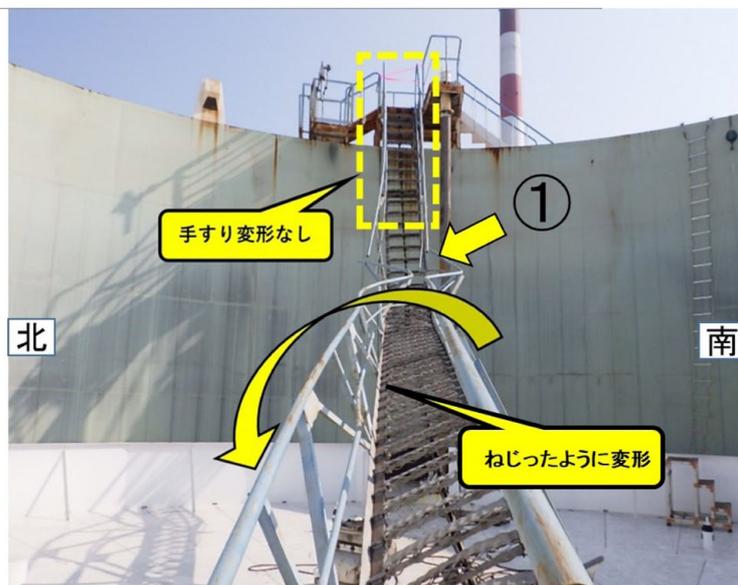


写真2 ローリングラダー変形状況

(2) ローリングラダー中央部手すりの破断（写真3、4参照）

- 状況 ア 手すりは南側、北側ともに破断しており、両方とも手すりの溶接部であった。
イ 強度部材にもかかわらず、手すり破断箇所には、開先加工の跡がなかった。
ウ 破断部分に溶接の溶け込みがほとんど見られなかった。
- 考察 手すり溶接部に大きな欠陥があったといえる。



写真3 南側手すり破断部



写真4 北側手すり破断部

(3) ローリングラダーの脱輪（図1参照）

- 状況 ア ランウェイの内側にローリングラダーの脱輪跡があった。
イ 脱輪跡の位置を検証した結果、ローリングラダーが「くの字」状に変形した状態でなければ、脱輪跡のあった位置に傷跡が付かないことがわかった。
- 考察 ローリングラダーが「くの字」状に変形後、脱輪したといえる。

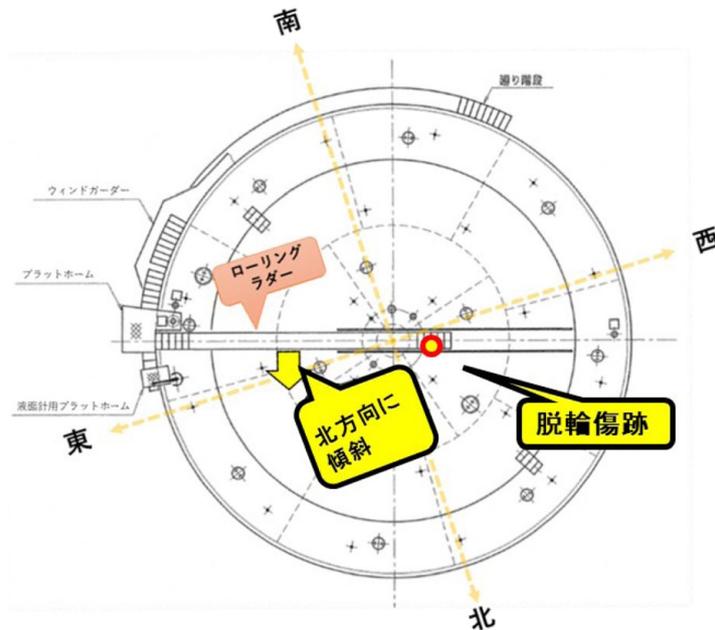


図1 ローリングラダー脱輪跡の位置図

(4) ローリングラダーの許容応力

状況 破断した手すりの位置が今回の場所の場合、ローリングラダーに許容応力をを超える部分が発生し、「くの字」状に変形する可能性があることが計算により、わかった。

考察 ローリングラダーの手すり破断後、「くの字」状に変形したといえる。

(5) ランウェイサポートの変形、ランウェイ西端先端の変形 (写真5、図2、図3参照)

状況 ア ランウェイサポートが東から西方向へ変形していた。

イ ランウェイ西先端が押しつぶされたように変形していた。

考察 ア ローリングラダーが脱輪したことにより、ローリングラダーが直接ランウェイを西方向へ押す形になり、ランウェイサポートが変形したと推定できる。

イ ランウェイ西先端の変形は、西側末端位置にあるランウェイサポート (SP-4) が作用する力に対して軸となり、ランウェイサポートSP-3とSP-4の間で、ランウェイ西先端が押しつぶされたように変形したと推定できる。



写真5 ランウェイサポート、ランウェイ西先端の変形状況



図2 ランウェイサポート変形状況

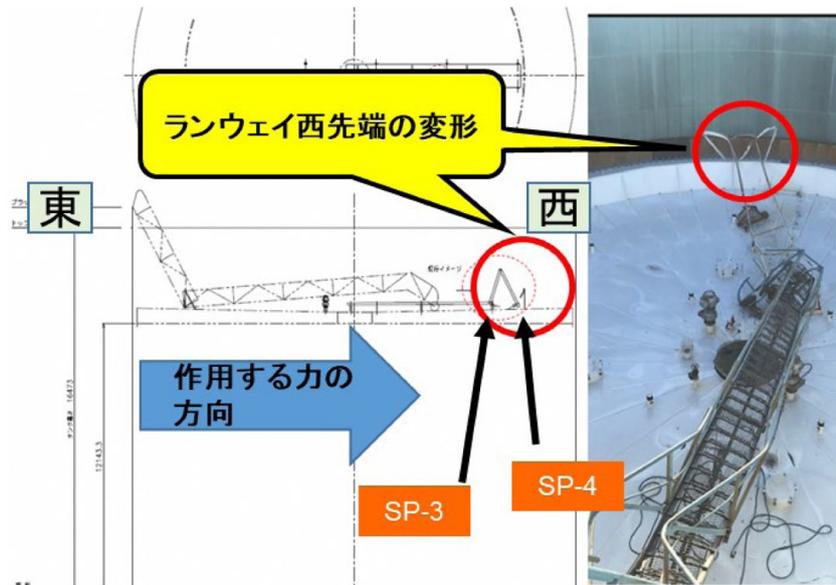


図3 ランウェイ西先端の変形状況

(6) ローリングラダー西先端の変形（写真6、図4参照）

状況 ローリングラダー西先端が前転するように変形していた。

考察 ローリングラダーが脱輪したことにより、ローリングラダーが直接ランウェイを西方向へ押す形になり、ランウェイを押す反力を受け、前転するように変形したものと推定できる。



写真6 ローリングラダー西先端の変形状況

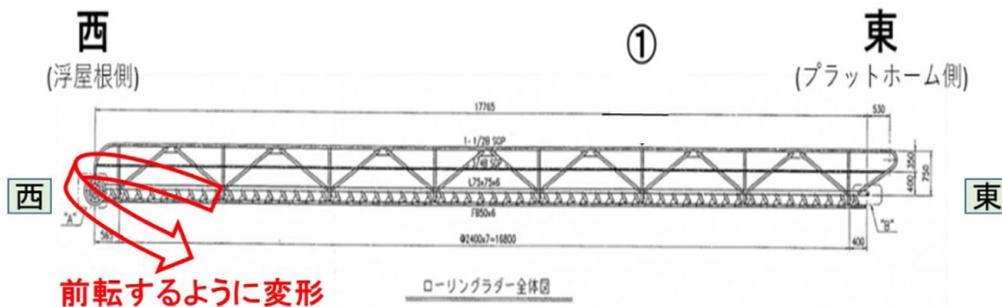


図4 ローリングラダー西先端の変形の考察図

6 ローリングラダー、ランウェイの変形及び発生日時の考察

調査、考察結果をまとめると、ローリングラダーの手すりがまず破断し、その後ローリングラダーの自重により「くの字」状に変形、ランウェイからの脱輪に至ったと推定できる。

ランウェイサポートの変形、ランウェイ西先端及びローリングラダー西先端の変形は、ローリングラダーが脱輪したことにより、ローリングラダーが直接ランウェイを東から西方向へ押す形となり、変形に至ったものである。

当該タンクの構造上、浮き屋根上昇時にローリングラダーは東から西方向へ移動するため、当該事故は浮き屋根上昇時に発生したものと推定できる。

当該タンクのトレンドグラフから、事故発生は、10月7日の法定点検実施時には異常がなかったことから、10月7日の法定点検実施後から、10月13日のタンク内のナフサ移送開始までの間の浮き屋根上昇時に発生したと推定できる。(図5参照)

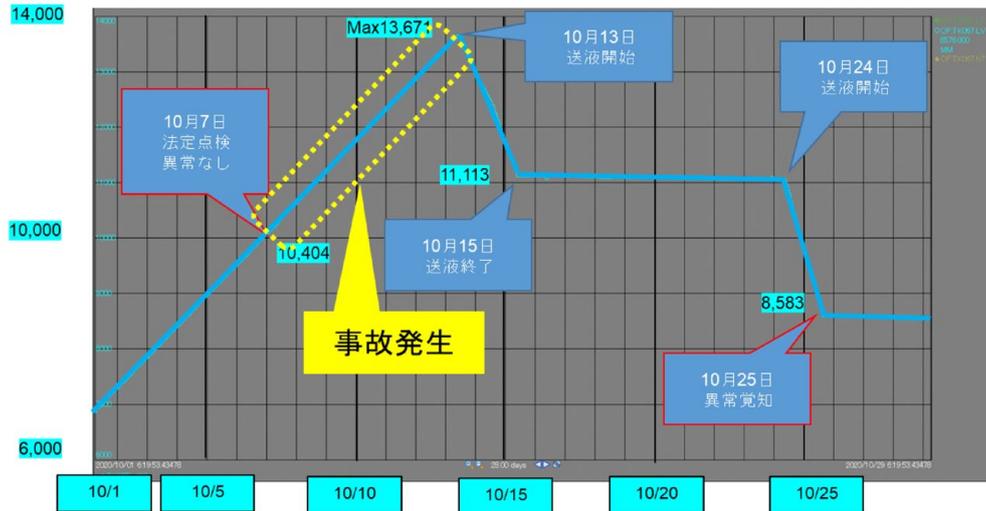


図5 タンクトレンドグラフ

7 その他付属品の破損の考察

(1) アトモス弁の破損 (写真7、図6参照)

ローリングラダーの手すり破断後、ローリングラダーが北東に傾斜した際に接触したことによるものと推定できる。



アトモス弁破損状況



ローリングラダートラスアングル変形/擦り跡
ラダーの上にアトモス弁の破片残存

写真7 アトモス弁の破損状況

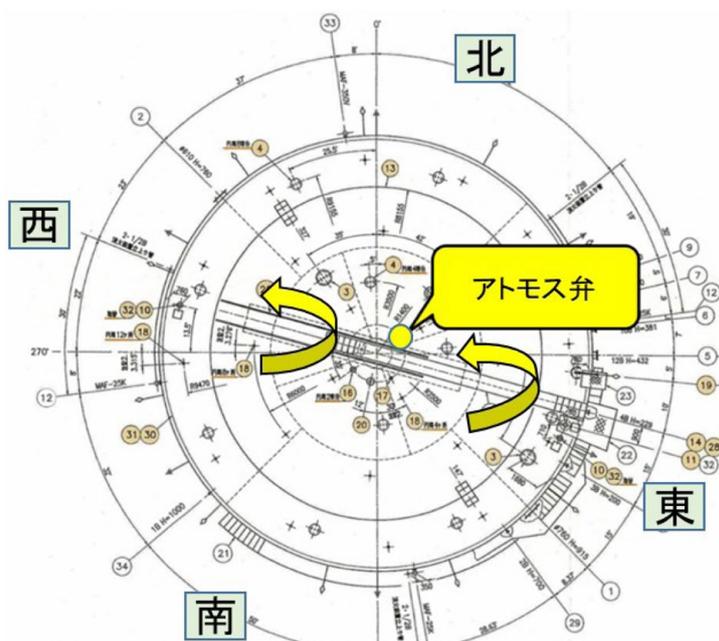


図6 アトモス弁破損状況図

(2) 東側フォームダムの破損（図7参照）

ローリングラダーが「くの字」状に変形し、変形箇所が浮き屋根上昇に伴いフォームダムと接触、さらにその状態で浮き屋根が上昇し続けたため、東側フォームダムが圧迫され、破損したと推定できる。

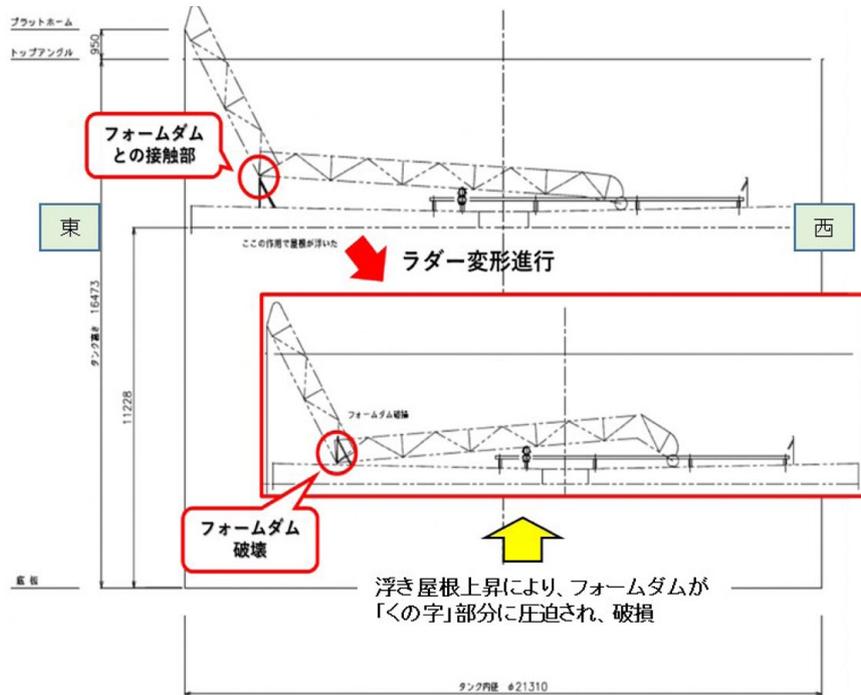


図7 東側フォームダムの破損状況図

(3) 集水桝の蓋変形（図8参照）

ローリングラダーがランウェイから脱輪し、浮き屋根に接触しながら移動したことから、ローリングラダーが集水桝の蓋に接触し、変形したと推定できる。

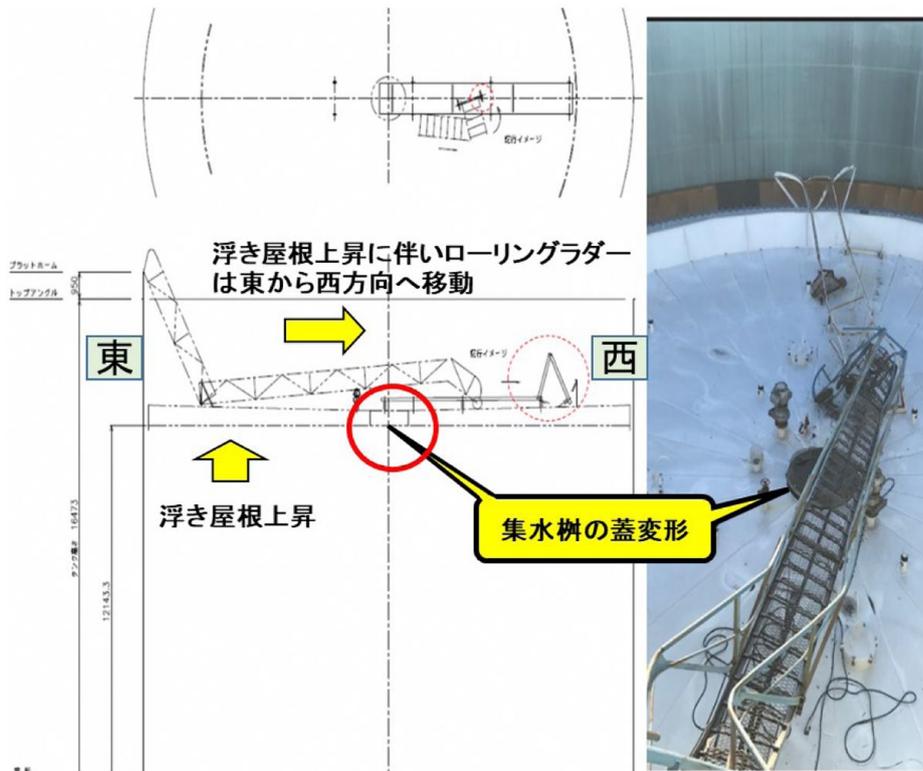


図8 集水桝の蓋変形状況図

(4) ランウェイ西先端と西側フォームダムの位置関係 (図9参照)

ローリングラダーの脱輪によって、直接ローリングラダーがランウェイを西方向へ押す形となり、ローリングラダーの西先端がランウェイの反力を受けて前転するように変形したことにより、ローリングラダーとランウェイが固着した状態となった。その状態で浮き屋根が上昇し続けたため、当該タンクの構造上、ローリングラダーが東から西方向へ移動、ローリングラダー西先端が上昇する動きになったことにより、固着したランウェイを抱き上げるように西側フォームダムを破壊することなく、乗り越えたと推定できる。

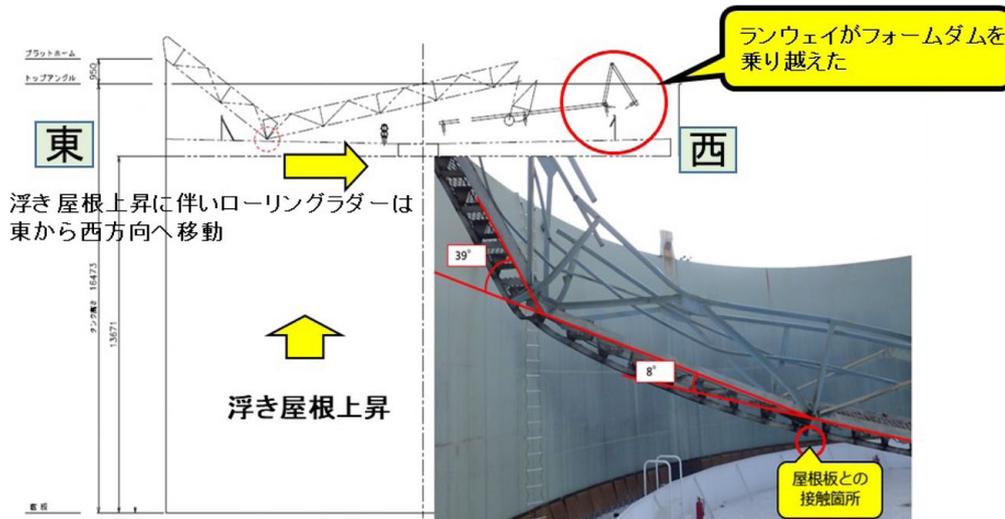


図9 ランウェイ西先端と西側フォームダムの位置関係図

8 調査結果（事故発生の過程・まとめ）

調査の結果、以下の過程で、事故に至ったと推定した。

- ① 浮き屋根上昇による上方向に作用する力によって、高経年化したローリングラダー北側手すりの溶接欠陥部が破断、ローリングラダーが北東方向に傾斜
- ② ローリングラダーが北東方向に傾斜した状態で浮き屋根が上昇し続けたため、許容応力を超えたローリングラダー南側手すりの溶接部が破断
- ③ ローリングラダーの自重及び浮き屋根上昇による上方向に作用する力によって、ローリングラダーが「くの字」状及び北東方向にねじったように変形
- ④ ローリングラダーがランウェイから脱輪
- ⑤ ローリングラダーが浮き屋根及びランウェイに接触し、さらに浮き屋根が上昇し続けることに伴い、ローリングラダーが西方向へ移動し、ローリングラダー西先端及び各付属品が変形、破損

9 直接原因

- (1) 建設当時（昭和40年）のローリングラダー手すりの溶接欠陥（製作時の図面に溶接に関する仕様の記載がなかった）
- (2) ローリングラダー手すり溶接部の高経年化（タンク開放点検時に手すり溶接線は未確認）

10 再発防止対策

- (1) 新規に製作するローリングラダーの手すり部は、図面に溶接記号を図示するとともに、非破壊検査を行い、溶接品質を確認する。
- (2) 他のタンクの既設ローリングラダー手すり溶接部を目視確認し、溶接欠陥が認められたもの、疑われるものはクランプ材で補強した。（応急処置）
- (3) クランプ材で応急処置した補強部は、次回タンク開放点検時に溶接にて補修する。
- (4) タンク開放点検時の点検項目に「ローリングラダー手すり溶接部の目視点検」を追加した。
- (5) 手すり以外のローリングラダー強度部材について、健全性を確認した。

11 所感

今回の事件事例から、改めて目視検査や高経年化対策の重要性を感じた。また、今回、事故の起因となったのは、ローリングラダーの手すりの溶接部の破断であるが、このような点検、施工基準が定められていない部材・箇所が事故の起因となり得ることを改めて再認識させられた。さらに、ローリングラダーのみならず、点検、施工基準が定められていない部材・箇所が起因となる類似の事故防止対策の意識を事業所・消防ともに高く持たなければならないと思った。そして、その意識だけ高く持つのではなく、事業所は、設計、施工、点検の質の向上を、消防は、審査や検査の質の向上を図り、お互い事故防止に取り組まなければならないと強く感じた。



『CUI抑制の保温構造』

ニチアス株式会社
基幹産業事業本部
黒坂 和弥

1. はじめに

石油精製、石油化学、製鉄関連のプラントは多くが屋外に設置され、建設以来30年～50年経過した老朽化設備が多く存在する。プラント設備に使用されている保温材は、法的規制による溶接部など点検が行われない箇所は、保温材が建設時から更新されずに存在する。保温材は、雨水の浸入によりCUI (Corrosion under Insulation) といわれる保温材下配管外面腐食の発生に伴い漏洩事故も多発化している。特に100℃以下の温度領域に顕著に発生している。これは、1973年の第一次オイルショック以降、それまで149℃以上の箇所で使用されていた保温材が、省エネルギーの観点から100℃以下の温度領域まで保温されたことに由来すると言われる。

国内では、CUIの問題が1988年頃からクローズアップされてきた。欧米では日本より10年～20年以上前からこの問題に直面している。

最近では、海外の大手石油会社でCUI対策にエアロジェル保温材が使用されている。

2. 保温材の含水劣化

保温材の劣化は、雨水などが浸入し含水によることが知られている。

プラントで多く使用されているけい酸カルシウム保温材の含水率と、熱伝導率の関係を以下の条件で試験を実施した。

- ・試験条件：測定温度：20℃
- ・試験体：けい酸カルシウム保温材（試験片寸法：200×200×25mm）
- ・絶乾状態で熱伝導率（W/(m・K)）測定
- ・保温材を2週間水槽で浸漬、含水（vol%）
- ・105℃で徐々に乾燥し、それぞれの熱伝導率（W/(m・K)）

この時の保温材の含水率と熱伝導率の関係は、図1のグラフに示す。

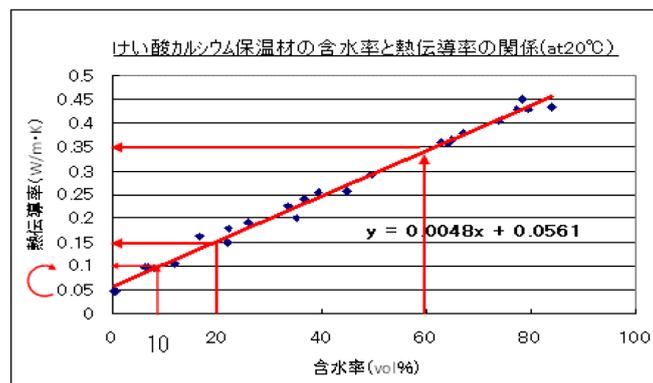


図1. けい酸カルシウム保温材の含水率と熱伝導率の関係

『JIS保温』に保温材の定義は、熱伝導率の低い空気を閉じ込めて断熱している材料、空隙率90%以上、常温に於いて、熱伝導率 0.065W/(m・K) 以下の材料とある。

けい酸カルシウム保温材が絶乾状態含水率0vol%の熱伝導率は、0.05W/(m・k) が、10vol%含水すると熱伝導率は2倍の0.1W/(m・K) となり、20vol%含水すると熱伝導率は3倍の0.15W/(m・K) となる。

『JIS保温』の定義から、10vol%含水したけい酸カルシウム保温材は、既に保温機能が喪失しており、保温材の劣化は、含水が原因であると言える。

3. 保温材パイロジェル™XTEの紹介

蒸気配管等のメンテナンスに使用するエアロジェル保温材パイロジェルXTEを紹介する。

エアロジェルは、二酸化けい素をベースにゾルゲル法によって製造され、ゲル中に含まれる水分を超臨界乾燥により気体に置換された空隙率95%以上の低密度の物質である。

代表的なエアロジェル保温材は、ガラスマットにエアロジェルを含浸させたパイロジェルXTEがある。特長は、低熱伝導率、フレキシブル、はっ水性、水蒸気透過性を有する保温材である。その特長を図2、3に示す。メーカーは、米国 Aspen Aerogels社。ニチアスは、国内代理店として材料販売、工事を行い、パイロジェルXTEを供給している。

パイロジェルXTEは、建築基準法第2条第9号の規定により不燃材料の評価方法として定められた発熱試験（20分加熱）に合格する保温材である。

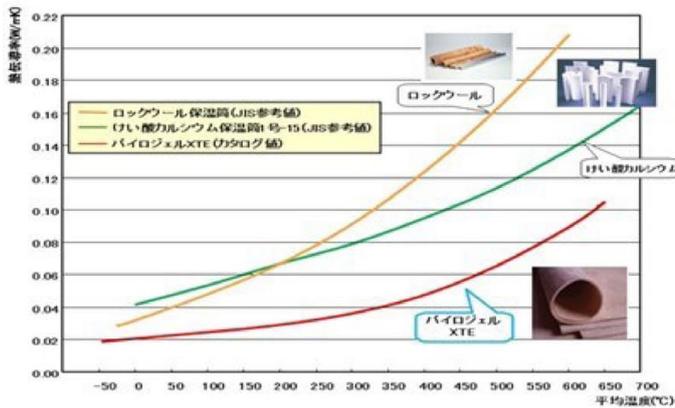


図2. 他保温材とパイロジェルXTEとの熱伝導率比較表

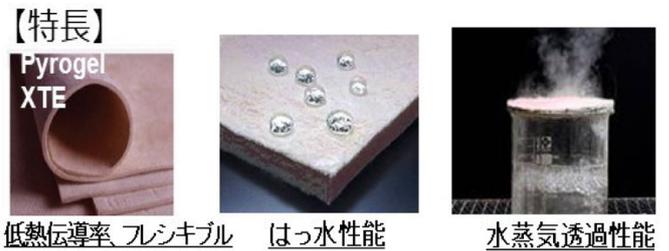


図3. パイロジェルXTEの特徴

4. 配管保温構造の比較

国内プラントで広く使用されている従来の保温材として、けい酸カルシウム保温材やロックウール保温材等がある。これら従来の保温材を使用した保温構造とエアロジェル保温材を使用した保温構造とに於いて、CUIの原因となる含水保温材乾燥試験と炭素鋼腐食速度試験を実施した。試験に使用した保温構造を図4に示す。

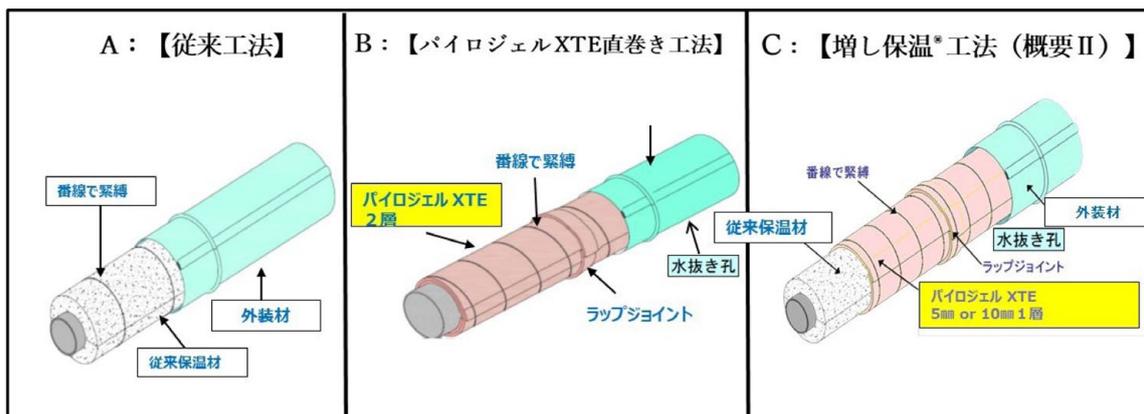


図4. 各種配管保温構造の比較

A：従来工法

・けい酸カルシウム、ロックウール保温材等を使用する。国内プラントで広く使用されている保温構造である。

B：パイロジェルXTE直巻き工法

・APIにエアロジェル保温材が仕様として記載されている。CUI対策で欧米、アジアで広く採用され始めている材料のエアロジェルを直接巻きつける工法である。

C：増し保温®工法（概要II）

・従来保温材のけい酸カルシウムやロックウール保温材+パイロジェルXTE 1層巻き付ける複合の保温構造である。
・配管内部温度が常温程度の温度から150℃以下温度域に採用するCUI予防に重点を置いた保温構造である。

- ・メンテナンス及び建設時に省エネ対策、CUI予防保全として推奨する保温構造である。
- ・従来工法の含水防止と保温機能維持を図った、弊社が考案した工法である。

5. A：従来工法 vs C：増し保温工法（概要Ⅱ）の乾燥試験

図5に示す100Aのモックアップ配管に40mm厚みのけい酸カルシウム保温材を、予め飽和状態（約60～70vol%）まで含水させて取り付ける。以下の保温構造で配管内分温度50℃、70℃、90℃の各温度領域でけい酸カルシウム保温材の乾燥時間を測定した。

A：従来工法：けい酸カルシウム保温材+外装

C：増し保温工法（概要Ⅱ）：けい酸カルシウム保温材+パイロジェルXT^{注1} 5mm1層+外装材

（注1：パイロジェルXTは、パイロジェルXTEの前世代の保温材。熱伝導率、はっ水性、水蒸気透過性等の性能は、同等である。）

2つ割りけい酸カルシウム保温材の含水の多い下部のみの含水率を評価した。



図5. A：従来工法 vs C：増し保温工法（概要Ⅱ）の乾燥実験モックアップ試験体

各温度に於けるけい酸カルシウム保温材の含水率と経過時間のグラフを図6、7、8に、評価を9に示す。

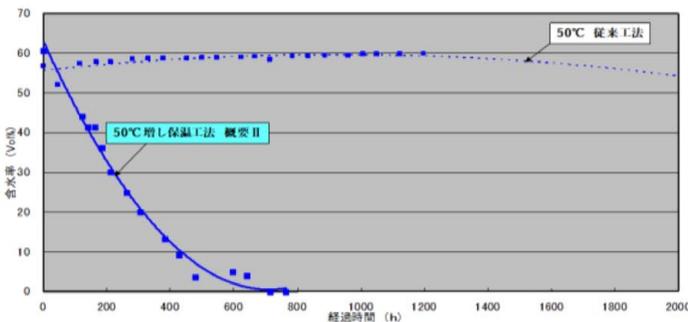


図6. 50℃けい酸カルシウム保温材乾燥時間

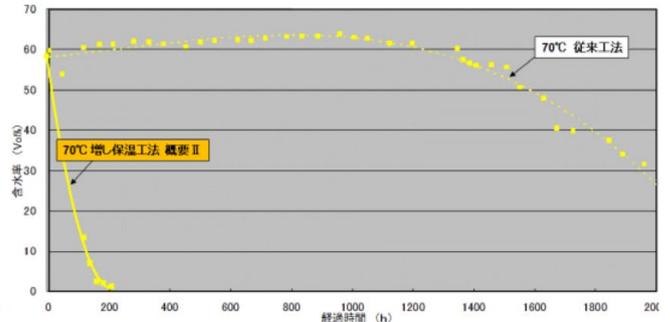


図7. 70℃に於けるけい酸カルシウム保温材乾燥時間

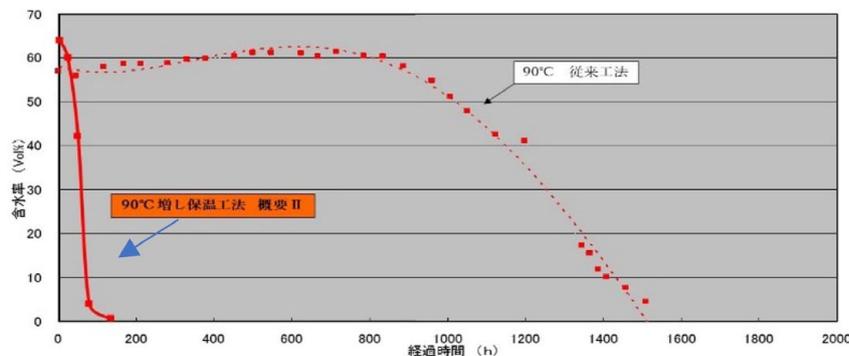


図8. 90℃に於けるけい酸カルシウム保温材乾燥時間

この結果と評価を図9に示す。

工 法	保温構造	50℃		70℃		90℃	
		乾燥時間 (h)	評価	乾燥時間 (h)	評価	乾燥時間 (h)	評価
A: 従来工法	けい酸カルシウム保温材40mm	1200 (変化無し)	×	2000 (乾燥せず)	×	1500	×
C: 増し保温工法(概要II)	けい酸カルシウム保温材40mm +パイロジェルXT5mm1層	500	○	150	○	50	○

図9. A：従来工法 vs C：増し保温工法（概要II）の乾燥実験結果と評価

従来工法の保温構造と増し保温工法（概要II）と比較し、5vol%程度の含水率を回復の目安にすると、明らかに増し保温工法（概要II）は、各温度領域で乾燥速度が速くなることが確認できた。配管内部温度が低温の50℃、70℃、90℃に於いてCUIの原因となる保温材の含水は、従来保温材にパイロジェルXT5mm1層を巻付ける保温構造で解決される。

6. 屋外配管に於けるCUI抑制効果試験

保温されている実機プラント屋外配管を試験に供し、各種保温構造に於ける屋外暴露試験を梅雨の降雨時期に実施した。CUIの抑制効果をACM（Atmospheric Corrosion Monitor）腐食センサ、温湿度センサのデータより評価しCUI抑制効果の保温構造を検討した。試験体の保温構造は、図10に示す。

【試験条件】

- 測定期間：2020年5月27日～8月3日（日数：69日、降雨日37日）
- 配管径：300A（現状の保温仕様：ロックウール50mm）
- 内部温度：55℃（化学薬品設備配管）

No.	施工法	保温構造	ACMセンサ	温湿度センサ
①	従来工法	けい酸カルシウム保温材 50mm	2カ所	1カ所
②		ロックウール保温材 50mm	2カ所	1カ所
③	エアロジェル直巻き	パイロジェルXTE 20mm（10mm×2層）	2カ所	1カ所
④	増し保温工法	けい酸カルシウム保温材 50mm +パイロジェルXTE 5mm	2カ所	1カ所
⑤		ロックウール保温材 50mm +パイロジェルXTE 5mm	2カ所	1カ所
⑥	-	大気環境（外気）（雨が直接当たらない箇所）	1カ所	1カ所

図10.試験体の保温構造

7. ACMセンサの原理と構造

基板（Fe、亜鉛メッキ鋼板など）の上に、絶縁ペーストをスクリーン印刷・焼成硬化し、さらにその上に絶縁が保たれるように導電性ペースト（Agなど）を積層印刷・焼成硬化する。これを、大気中に暴露すると、降雨や結露などによって両金属間に薄い水膜が形成されて、ガルバニック電流が流れる。この電流は腐食速度と良い相関関係があるので、大気環境の腐食性をモニタリングすることができる。ACMセンサの原理と構造を図11に示す。

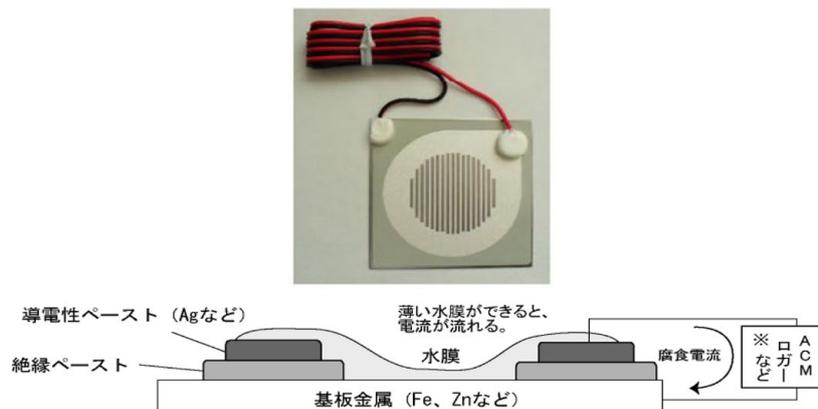


図11.ACMセンサの原理と構造

今回の実験は、加速試験として人工海水アクアマリン4%溶液を作成しセンサ表面に均一に1mℓ塗布し試験を実施した。

8. 屋外配管に於けるCUI抑制効果試験状況

既設ロックウール保温材50mmをベースに、けい酸カルシウム保温材、パイロジェルXT直巻きの保温厚みを決定した。増し保温工法は、ロックウール保温材、けい酸カルシウム保温材にパイロジェルXTE 5mm 1層巻き付ける保温構造とした。予め既設保温材を撤去し、同一配管上に、それぞれの保温構造で施工した。各保温構造を施工する箇所の配管頂部に、模擬ノズルを設置。模擬ノズルの両脇にACMセンサを取り付け、片側に温湿度計を取り付けた。それぞれの保温構造で施工後外装材を取り付ける。模擬ノズルと外装材のクリアランスは2mmとした。参考に外気を測定するACMセンサ、温湿度計を各1個ずつ配管サポート部に設置した。その状況を図12に示す。

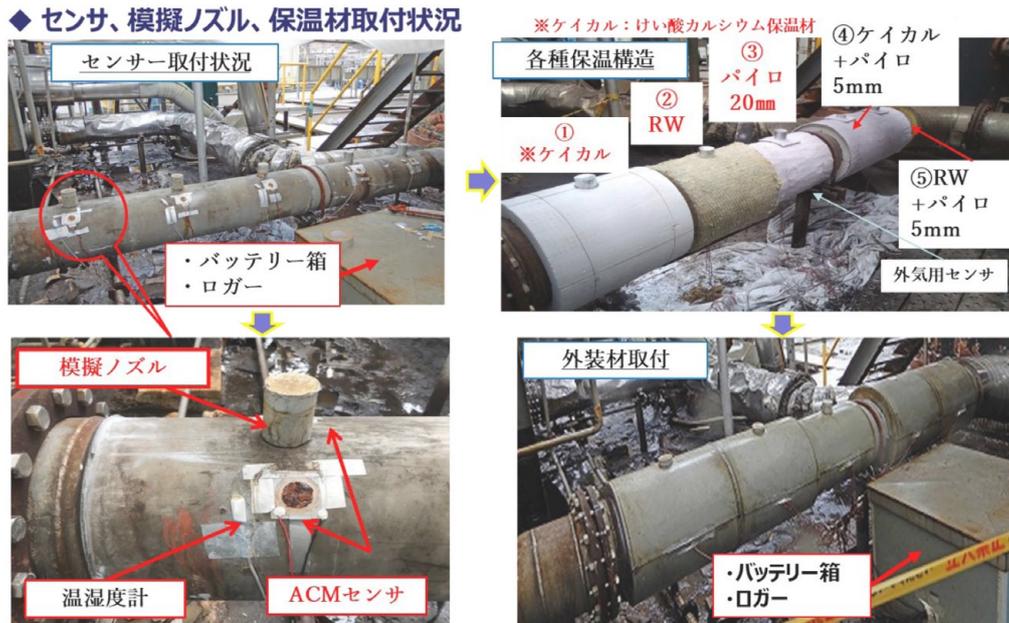


図12. 屋外配管に於けるCUI抑制効果試験状況

9. 屋外配管に於けるCUI抑制効果試験結果

9-1. 各保温構造に於けるACMセンサ、温湿度計データ

各保温構造を対比して、ACMセンサと、温湿度計のデータを図13、14、15に示す。

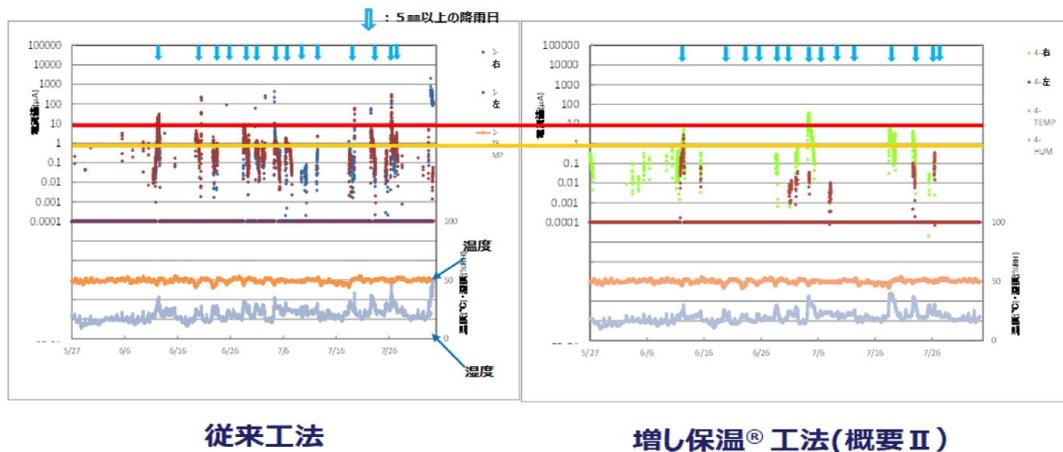


図13. ①けい酸カルシウム保温材 vs ④けい酸カルシウム保温材+パイロジェルXTE 5mm

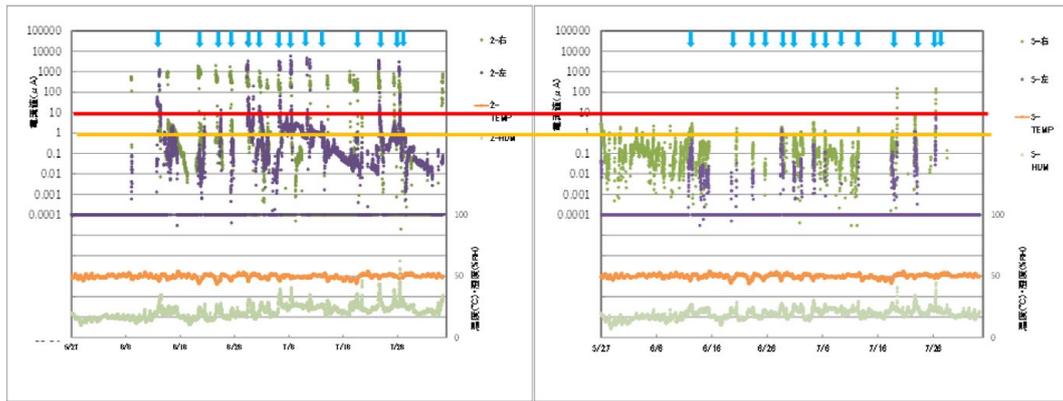


図14. ②ロックウール保温材 vs ⑤ロックウール保温材+パイロジェルXTE 5mm

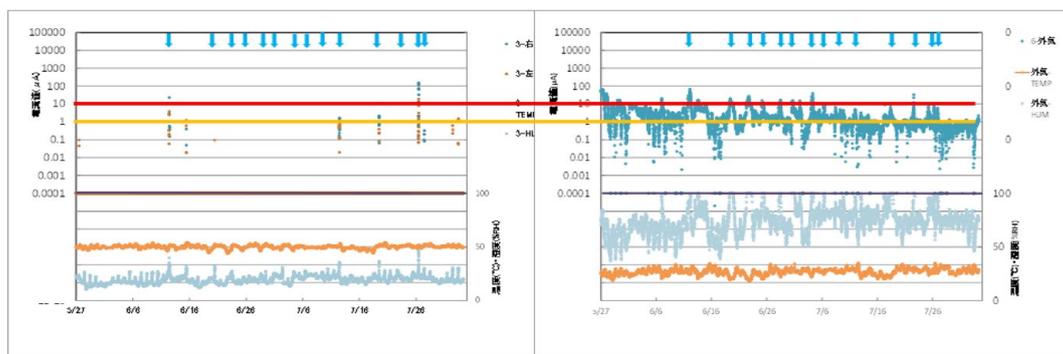


図15. ③パイロジェルXTE 直巻き工法 ⑥ (参考) 外気

グラフの読み方は、横軸が経過時間、縦軸の上半分がACMセンサのプロットした電流値 (μA) を、下半分が温湿度計の温度と湿度、グラフ上部の「↓」降雨が5mmあった日を示している。ACMセンサのグラフに、 $10\mu\text{A}$ 、 $1\mu\text{A}$ の箇所に目安の野線を引いている。

9-2. ACMセンサデータ解析した炭素鋼腐食速度

ACMセンサより得られたデータから炭素鋼腐食速度 ($\mu\text{m}/\text{y}$) を導き出した結果を図16に、炭素鋼腐食速度 ($\mu\text{m}/\text{y}$) を図17に示す。

測定期間(5/27~8/3期間)	①保温材	②保温材	③保温材	④保温材	⑤保温材	⑥外気
各保温構造	けい酸カルシウム50mm	ロックウール50mm	パイロジェルXTE20mm	+パイロジェルXTE 5mm けい酸カルシウム50mm	+パイロジェルXTE 5mm ロックウール50mm	-
(i) 総積算電気量Q(C)	8.3	138.8	0.21	0.52	0.50	14.2
(ii) 炭素鋼腐食速度 ($\mu\text{m}/\text{y}$)	104.1	302.2	26.1	36.6	36.1	138.0
(iii) 炭素鋼1mm腐食するのに要する年数(年)	9.6	3.3	38.3	27.3	27.7	7.2
(iv) 平均温度($^{\circ}\text{C}$) (配管外面)	50	50	50	50	50	27
(v) 平均湿度(RH%) (配管外面)	21	21	19	19	19	74

図16. ACMセンサデータ解析、温湿度計データ

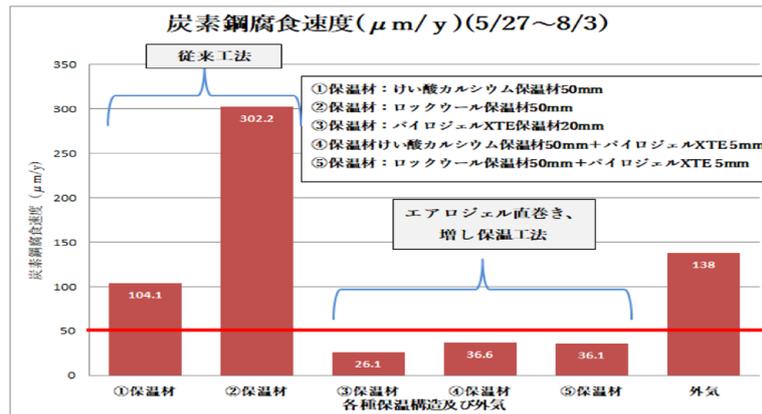


図17.各保温構造に於ける炭素鋼腐食速度

図16の表は、(i)は、ACMセンサより得られた総積算電気量Q(C)、(ii)は、総積算電気量から解析した炭素鋼腐食速度(μm/y)である。(iii)炭素鋼1mm腐食するのに要する年数(年)は、炭素鋼腐食速度(μm/y)から逆算した数値である。(iv)、(v)温湿度計のデータの平均値を記載している。

10. 考察

本試験に於ける考察は、以下の通りである。

○(ii)のデータより炭素鋼腐食速度の早い順番から並べると以下の様になる。

②ロックウール>①けい酸カルシウム>④けい酸カルシウム増し保温≧⑤ロックウール増し保温>③パイロジェルXTE直巻き

○従来工法と増し保温工法の腐食速度を比較すると

・①けい酸カルシウムvs④けい酸カルシウム+パイロジェルXTE(増し保温)

=104.1 μm/y : 36.6 μm/y = 1 : 0.35 約1/3増し保温工法が炭素鋼腐食速度を遅延させる効果が確認された。

・②ロックウールvs⑤ロックウール+パイロジェルXTE(増し保温)

=302.2 : 36.1 = 1 : 0.12

約1/8増し保温工法が炭素鋼腐食速度を遅延させる効果が確認された。

本試験に於けるデータでは、パイロジェルXTEを直巻き、増し保温で使用すると炭素鋼腐食速度の大幅な遅延が確認された。

11. おわりに

地域によって気象条件、温度条件、飛来塩分量などに差異はある。本データが全国を網羅するとは言い切れないが、試験条件と酷似する地域が存在することも否定できない。

今回の各種保温構造を比較すると、エアロジェル保温材のパイロジェルXTEを使用した保温構造が腐食速度を遅延させる効果を有していると考えられる。

予防保全としてパイロジェルXTE増し保温工法、パイロジェルXTE直巻き工法は、CUI抑制の保温構造の一助になると、本試験で確証が得られた。今後、パイロジェルXTE増し保温工法、もしくは、パイロジェルXTE直巻き工法の標準仕様化を推奨する。

※「増し保温」は、ニチアス(株)の登録商標です。

※「パイロジェル」は、Aspen Aerogels, Incの製品で同社の商標です。

※本稿のデータは参考値であり、保証値ではありません。

〔参考文献〕

- ・第50回日本芳香族工業大会発表論文 『CUI対策・省エネ対策の保温構造』
- ・公益社団法人腐食防食学会 材料と環境 No.4 2018 Vol.67 腐食の電気化学測定法の応用『ACM型腐食センサ』
- ・第55回日本芳香族工業大会発表論文 『CUI抑制効果の保温構造』



「危険物施設におけるスマート保安等に係る調査検討報告書」の概要について

総務省消防庁危険物保安室

1 はじめに

昨今、各分野において技術革新やデジタル化が急速に進展しており、危険物施設においても安全性、効率性を高める新技術の導入により効果的な予防保全を行うことなど、スマート保安の実現が期待されています。特に地方を中心とした過疎地域における人口減少を背景として、給油取扱所の人手不足と、それに伴う地域のエネルギー供給の安定性確保が課題となっており、その課題を解決する方法のひとつとして、AIの導入等により給油取扱所の業務の省人化・効率化の実現が期待されています。また、これら諸課題の解決に向けた対応と併せて、カーボンニュートラルの実現に向けた、従来の危険物規制の合理化なども求められています。

これらの状況を踏まえ、消防庁では「危険物施設におけるスマート保安等に係る調査検討会」を開催し、次の項目について調査検討を行いました。

- プラントにおける屋外貯蔵タンクの可燃性蒸気滞留範囲の明確化について
- セルフ給油取扱所におけるAI等による給油許可監視支援について
- キュービクル式リチウムイオン蓄電池の一時的な貯蔵に関する安全性の検討について

この度、調査検討報告書を取りまとめましたので、その概要を紹介します。

2 プラントにおける屋外貯蔵タンクの可燃性蒸気滞留範囲の明確化について

(1) プラントのスマート保安化に向けた消防法上の課題

施設の高経年化が進み、腐食・劣化等を原因とする事故件数が増加するなど、近年、危険物等に係る事故は高い水準で推移しており、ドローン、IoT機器等を活用してより効果的な予防保全を行うことなど、プラントのスマート保安化が求められています。

一方で、危険物施設において、可燃性の蒸気が滞留するおそれのある場所では、火花を発生する機械器具は使用しないこととされています。(危険物の規制に関する政令第24条第1項第13号)

一般的なドローン、IoT機器等の電子機器は、火花を発生する機械器具に該当するため、危険物施設で使用する場合は、可燃性の蒸気が滞留するおそれのない場所で使用するか、火花を発生しない防爆構造のものを使用する必要があります。

可燃性の蒸気が滞留するおそれのある場所(危険区域)の範囲の判定の方法については、「引火性の物の蒸気又はガスが爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所の分類の方法及び範囲の判定の方法に関する運用について」(厚生労働省健康安全課長通知)において、JIS60079-10又は「ユーザーのための工場防爆設備ガイド」(独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所)によることとされており、プラント事業者は、いずれかの基準に基づき危険区域を自ら設定することとなりますが、実態上は、プラント内設備の存する区域全体を危険区域として設定することが多く、プラント内でドローン、IoT機器等を使用する場合、高価、かつ、機器が限定される防爆構造のものを使用が必要となっている状況です。

(2) 本調査検討会における取組

これまで、危険区域の範囲を精緻に設定できる「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」(防爆ガイドライン)の周知や当該ガイドラインの活用事例の紹介などの取組を行ってまいりましたが、防爆ガイドラインの活用に関して、非危険区域(非防爆エリア)と危険区域(防爆エリア)がまだらになるため活用に工夫を要する場面が存在すること、プラント全体の評価など高度・複雑なものについては技術的支援策の検討が必要であること等が課題

となっていました。

そのため、令和3年度においては、防爆ガイドラインとは別に、プラント内における可燃性蒸気の滞留状況を検証した上で、統一的な基準の提示を目指すこととし、まずは、高所の点検等においてドローンやIoT機器の活用が期待されており、かつ、比較的単純な構造物であることから類型化が容易であると考えられる屋外貯蔵タンクについて検証することとしました。

(3) 屋外貯蔵タンク周囲における可燃性蒸気の実測

令和3年9月下旬から10月上旬にかけて実施した可燃性蒸気の実測状況について記載します。

ア 測定概要

(ア) 貯蔵物・タンク形状

揮発性が高く可燃性蒸気の放出量が多いガソリンを貯蔵する容量7,500KLの浮き屋根を有する屋外貯蔵タンク（フローティングルーフタンク）及び半製品ガソリン（C9アロマ）を貯蔵する容量1,000KLの浮き蓋付きの屋外貯蔵タンク（インナーフロートタンク）各1基について測定。

(イ) 測定方法（各タンク共通）

a 事前測定

タンク周囲に設置した赤外線カメラでタンク周囲における全体的な可燃性蒸気の滞留状況を観察。

b 本測定

- ・タンク周囲に設置したガス検知器でタンク周囲における可燃性蒸気濃度を測定（※事前測定結果により側板との距離等を調整）。
- ・上述と並行して赤外線カメラでタンク周囲における全体的な可燃性蒸気の滞留状況を観察（※可燃性蒸気の放出箇所、流れ等を確認）。

※民間プラント事業所内において測定を行ったため、高い危険性の伴うタンク上部へのガス検知器の設置作業等が困難であったことから、タンク上部については測定しないこととした。

(ウ) 測定日時

a 浮き屋根を有する屋外貯蔵タンク

- ・事前測定：令和3年9月28日 10:00～15:00（5時間）
- ・本測定：令和3年9月29日・30日・10月1日 11:00～14:00（各3時間）

b 浮き蓋付きの屋外貯蔵タンク

- ・事前測定：令和3年10月5日 10:00～15:00（5時間）
- ・本測定：令和3年10月6日・7日・8日 11:00～14:00（各3時間）

(I) 測定時の気象状況 (表2-1、2-2参照)

表2-1 浮き屋根を有する屋外貯蔵タンク周囲の可燃性蒸気測定時の気象状況

		日付	時刻	風向	風速 (m/s)	温度 (°C)	湿度 (%)	気圧 (hpa)
フロートタンク測定時	事前測定	9月28日	10:00	北東	4.0	26.3	19.0	1020.0
			11:00	北北東	2.0	27.5	19.0	1020.0
			12:00	南南東	4.0	27.9	19.0	1020.0
			13:00	東南東	5.0	28.4	19.0	1019.0
			14:00	南南東	5.0	27.8	19.0	1019.0
			15:00	南東	5.0	28.3	19.0	1019.0
	本測定	29日	11:00	南南東	4.0	30.6	19.0	1018.0
			12:00	南東	4.0	30.3	19.0	1018.0
			13:00	東南東	7.0	30.3	19.0	1017.0
			14:00	南東	6.0	31.2	19.0	1017.0
		30日	11:00	東北東	5.0	28.4	19.0	1014.0
			12:00	北東	4.0	28.4	19.0	1013.0
			13:00	北東	5.0	28.3	19.0	1012.0
			14:00	北東	5.0	27.6	19.0	1012.0
		10月1日	11:00	北北東	5.0	25.6	56.0	1015.0
			12:00	北東	6.0	25.6	61.0	1015.0
			13:00	北東	6.0	25.9	56.0	1015.0
			14:00	北東	6.0	25.9	58.0	1015.0

※風速については地上からおおむね12mの地点で計測した数値

表2-2 浮き蓋付きの屋外貯蔵タンク周囲の可燃性蒸気測定時の気象状況

		日付	時刻	風向	風速 (m/s)	温度 (°C)	湿度 (%)	気圧 (hpa)
インナーフロートタンク測定時	事前測定	10月5日	10:00	東北東	3.0	27.4	19.0	1026.0
			11:00	東北東	5.0	27.8	19.0	1026.0
			12:00	東北東	6.0	27.4	19.0	1026.0
			13:00	東北東	5.0	28.3	19.0	1026.0
			14:00	東北東	6.0	28.4	19.0	1025.0
			15:00	東北東	6.0	28.7	19.0	1025.0
	本測定	6日	11:00	北東	4.0	28.7	19.0	1025.0
			12:00	北東	2.0	29.1	19.0	1025.0
			13:00	東北東	2.0	31.1	19.0	1024.0
			14:00	北	3.0	29.7	19.0	1024.0
		7日	11:00	北東	4.0	27.3	19.0	1023.0
			12:00	北東	6.0	27.6	19.0	1023.0
			13:00	東北東	6.0	28.2	19.0	1023.0
			14:00	東南東	6.0	30.2	19.0	1023.0
		8日	11:00	東北東	4.0	28.0	19.0	1024.0
			12:00	北東	5.0	28.0	19.0	1023.0
			13:00	北東	7.0	27.9	19.0	1023.0
			14:00	東北東	8.0	28.0	19.0	1023.0

イ タンク外観

・浮き屋根を有する屋外貯蔵タンク

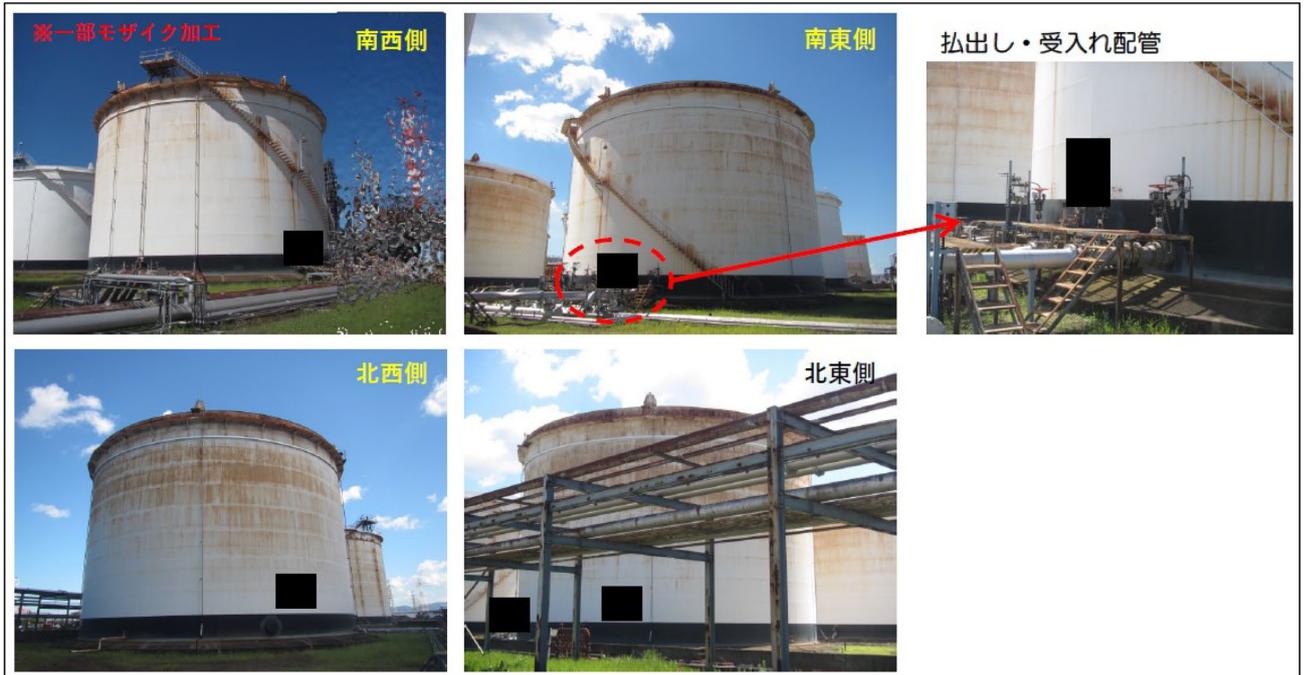


図2-1 浮き屋根を有する屋外貯蔵タンク外観

・浮き蓋付きの屋外貯蔵タンク

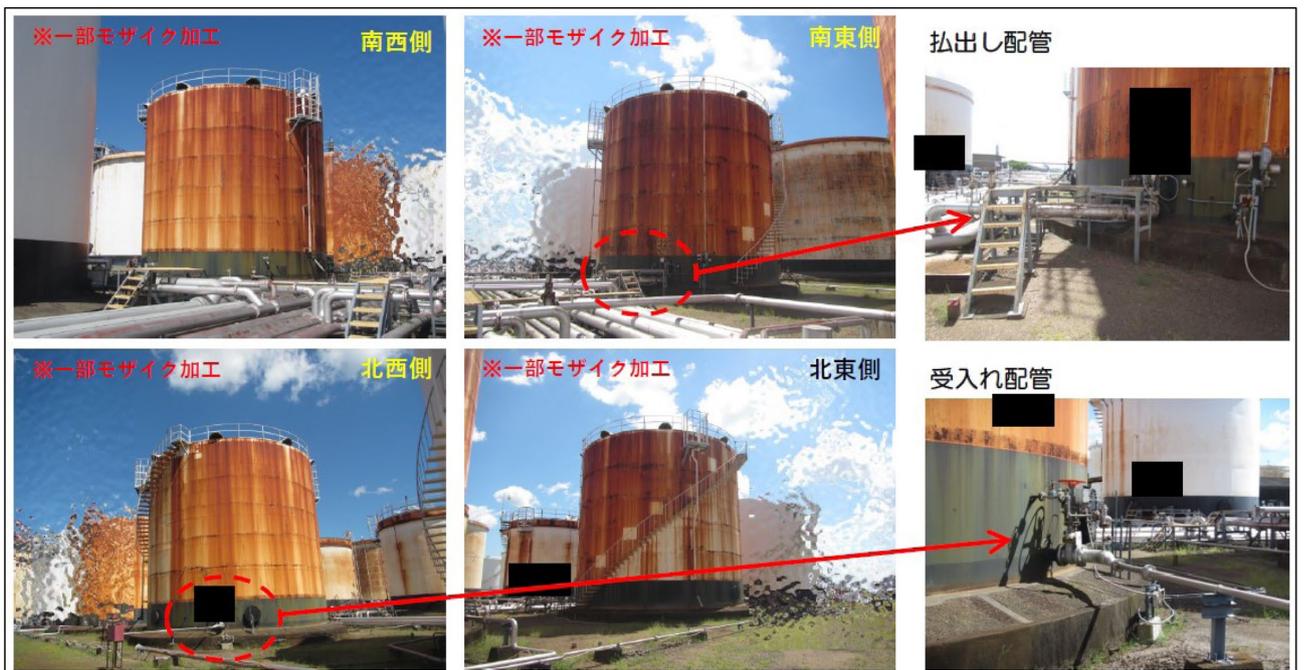


図2-2 浮き蓋付きの屋外貯蔵タンク外観

ウ 濃度測定箇所

(ア) 共通事項 (図2-3 参照)

- ・上・中・下段に分け、各段ともタンク周囲の12箇所を測定 (計36箇所)。
- ・タンク周囲の地面付近における滞留状況を確認するため、下段の各検知器から3m程度後方の箇所についても測定 (計12箇所)。 **【全48箇所】**

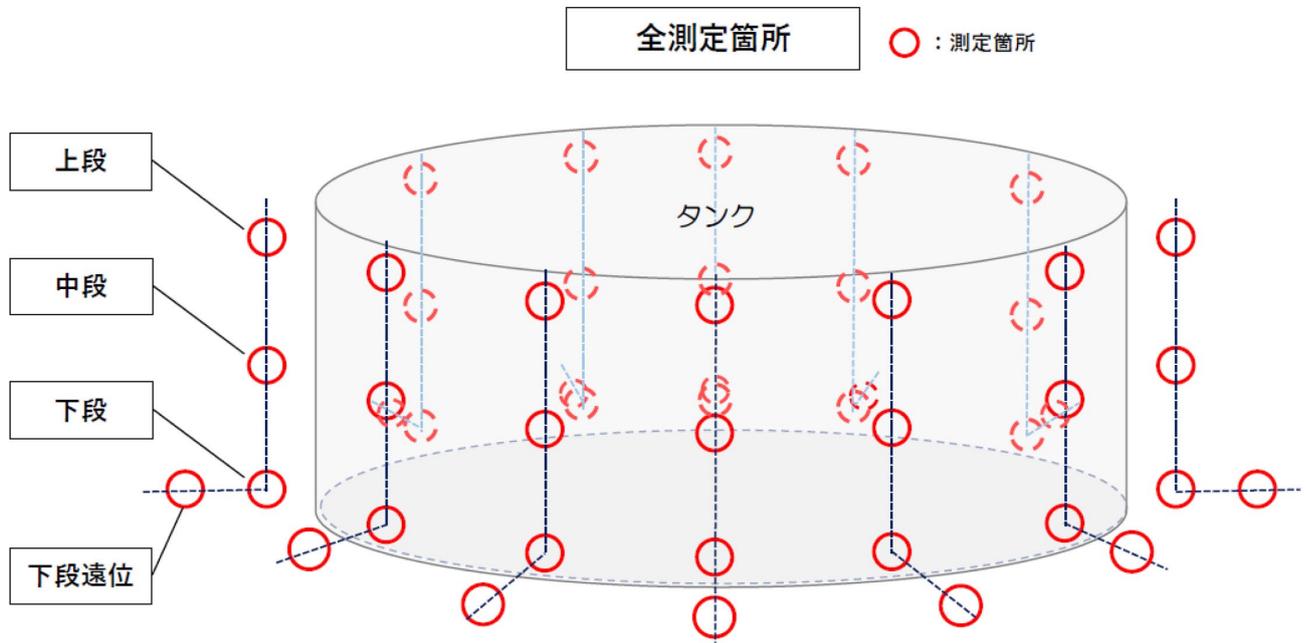


図2-3 測定箇所

(イ) 浮き屋根を有する屋外貯蔵タンクの測定箇所の詳細 (図2-4、2-5 参照)

- ・事前測定において可燃性蒸気の滞留がほとんど見られなかったことから、上段の測定箇所については側板から30cmの距離 (水平距離) とした。
- ・中段・下段についてはウィンドガード先端から真下に引いた直線上の位置とした (側板からの距離は約60cm)。

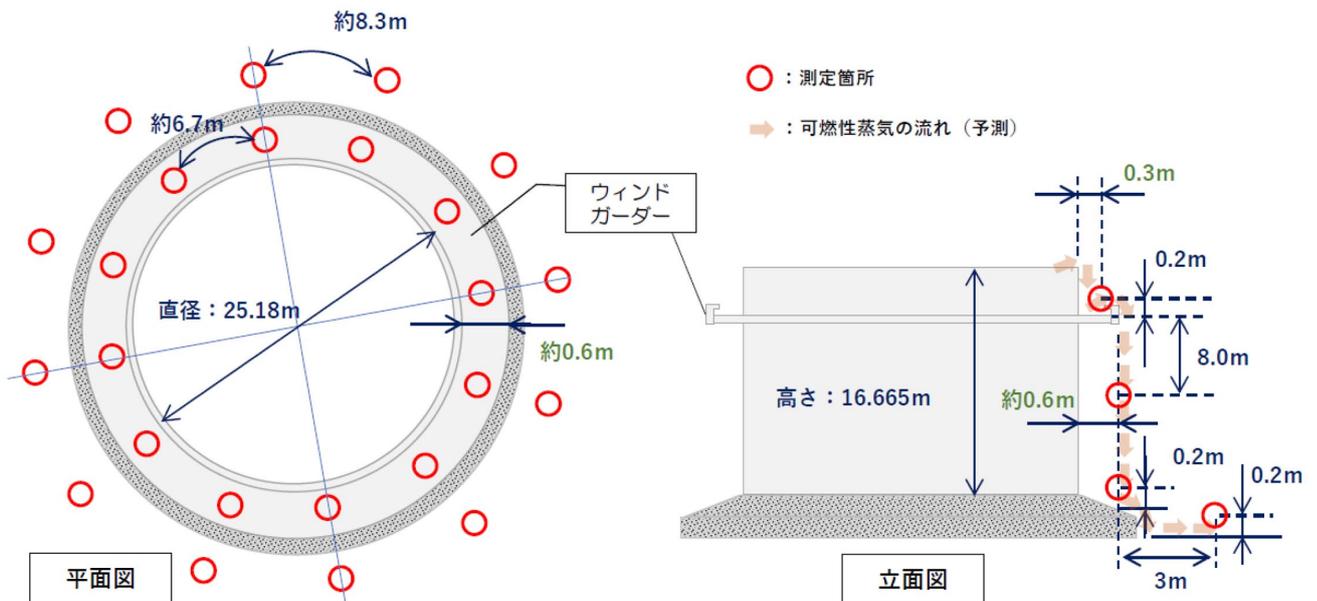


図2-4 測定箇所詳細 (浮き屋根を有する屋外貯蔵タンク)



図2-5 ガス検知器設置状況 (浮き屋根を有する屋外貯蔵タンク)

(ウ) 浮き蓋付きの屋外貯蔵タンクの測定箇所の詳細 (図2-6、2-7参照)

事前測定において可燃性蒸気の滞留がほとんど見られなかったことから、上段の測定箇所については側板から30cmの距離 (水平距離) とした。

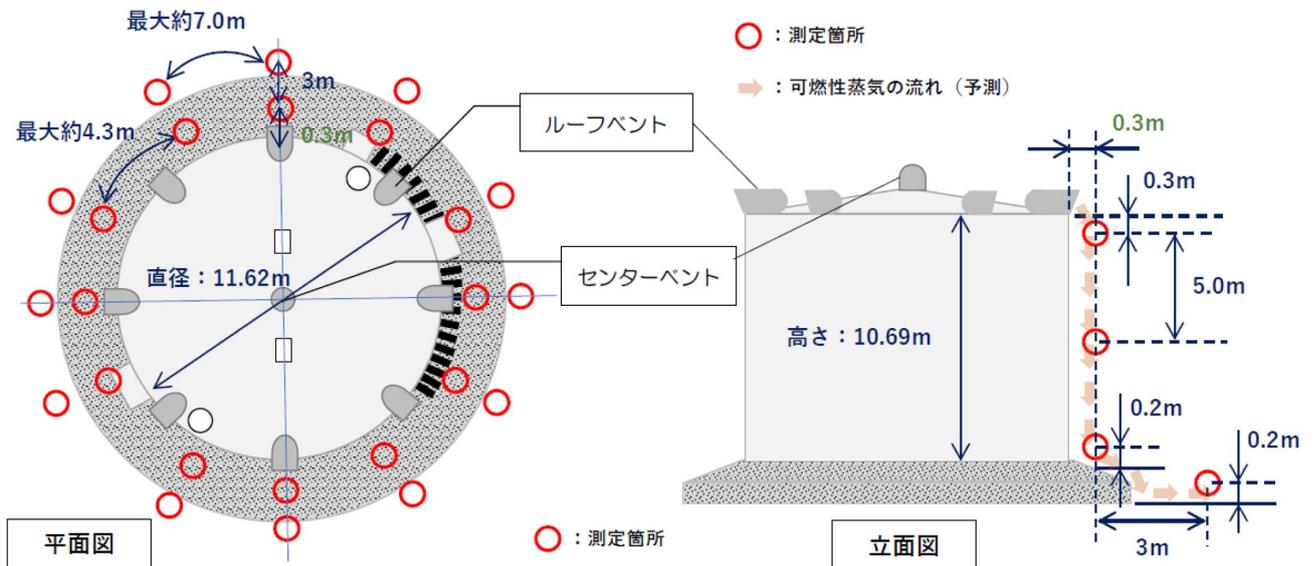


図2-6 測定箇所詳細 (浮き蓋付きの屋外貯蔵タンク)

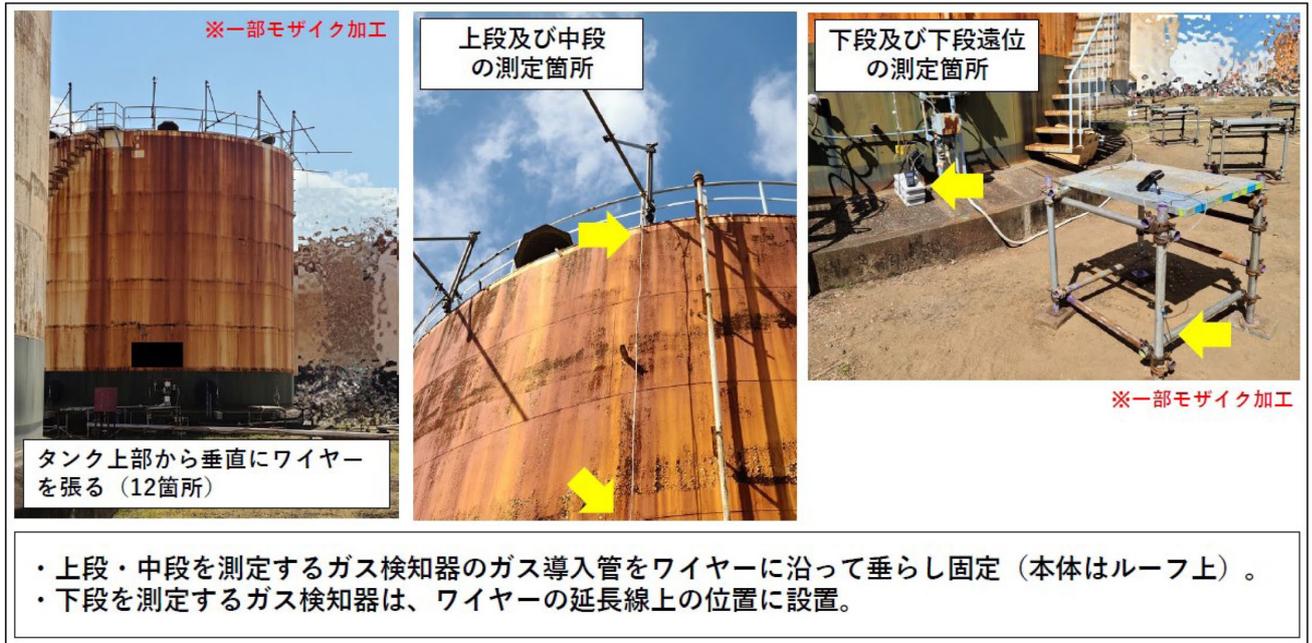


図2-7 ガス検知器設置状況 (浮き蓋付きの屋外貯蔵タンク)

エ 測定結果

- ・ 浮き屋根を有する屋外貯蔵タンクの内部 (図2-8参照) や浮き蓋付きの屋外貯蔵タンクの各ベント (図2-9参照) から放出された可燃性蒸気は、放出直後から速やかに拡散され、高濃度でタンク周囲に滞留する場面は見られなかった (最大でも爆発下限界 (※1) の1.2%未満)。
- ・ 水切り作業 (※2) に伴う排水からも可燃性蒸気の発生を確認した。
- ・ 水切り作業直後の溜めます (図2-10参照) 内には、爆発下限界の40%以上の比較的高濃度な可燃性蒸気が滞留していた。ただし、溜めますから外に出た直後に速やかに拡散され、溜めます直上で爆発下限界の10%未満に低下し、溜めます直近の風下側では2%未満であった。

※1 着火源があれば引火・爆発を引き起こす空気中における可燃性蒸気の最低濃度のこと。これを下回る濃度では爆発性のガス雰囲気とならない (引火しない)。

なお、ガス検知器が警報を発する濃度の設定値としては、爆発下限界の25%とするのが一般的である。

※2 タンク底部に溜まった雨水をタンク底部に設けられた弁を開き排水する作業。タンク内の危険物を払い出す (出荷する) 際などに行われる。



図2-8

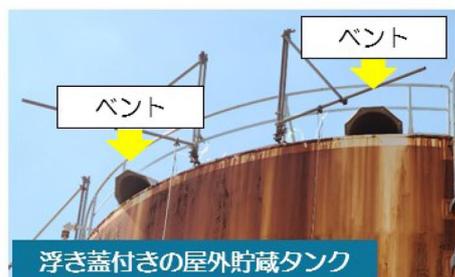


図2-9



図2-10

オ 考察

前エの測定結果のとおり、定常時 (※) における屋外貯蔵タンク周囲には、引火・爆発危険のある濃度の可燃性蒸気は滞留しないことを確認しました。

このことから、定常時の屋外貯蔵タンク周囲 (測定を実施していないタンク上部及び水切り作業時の排水が残留している可能性のある溜めます内部を除く。) 及び防油堤内については、危険物の規制に関する政令第24条第1項第

13号に規定する「可燃性の液体、可燃性の蒸気若しくは可燃性のガスがもれ、若しくは滞留するおそれのある場所又は可燃性の微粉が著しく浮遊するおそれのある場所」以外の場所として整理することができ、非防爆の電気設備・機器の使用も可能であると考えられます。

ただし、タンク内の危険物を払い出す際には水切り作業が行われるなど、非定常の状態が定期的が発生するため、使用する機器については、定常時であっても容易に防油堤内外に持ち運ぶことができる携帯型・可搬型のものとするべきです。

以上のことから、事業所においてタンク周囲が定常又は非定常の状態となるタイミングを確実に管理・把握し運用することを前提として、定常時におけるタンク周囲については、非防爆のドローン、タブレット端末、ウェアラブル端末等の活用が可能であると考えられます。（図2-11参照）

※ 本報告書においては、測定対象タンク及びその周囲のタンクにおいて危険物の受払いや水切り作業等の特別な作業が行われておらず、貯蔵のみが行われている状態のことをいう。

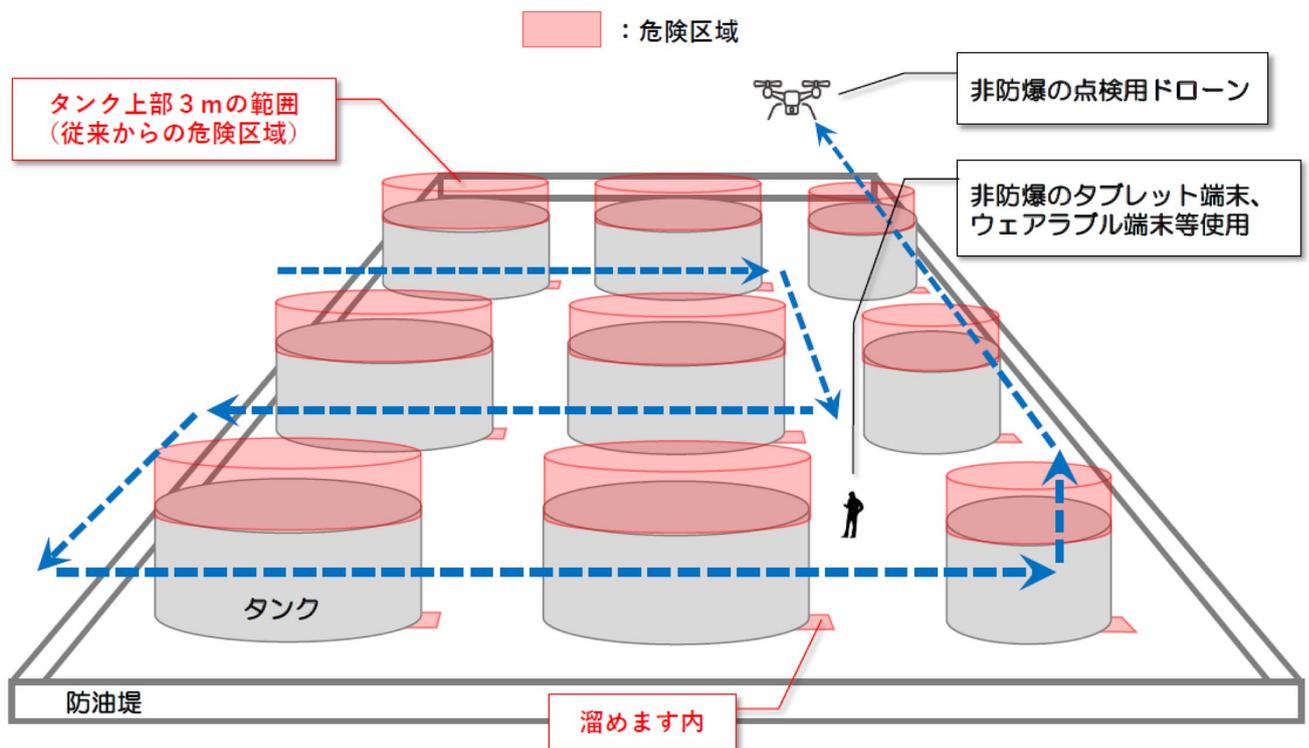


図2-11 定常時における非防爆機器の活用イメージ

(4) 今後の対応等

防爆構造を有しないドローン等の電子機器を使用できるように、可燃性蒸気を実測した結果に基づき、定常時の屋外貯蔵タンク周囲（タンク上部及び溜めます内部を除く。）及び防油堤内については、可燃性蒸気が滞留する範囲外の場所として整理しました。

しかし、危険区域における防爆機器の使用については、労働安全衛生の観点から、労働安全衛生法においても規制されており、屋外貯蔵タンク周囲の危険区域は、「ユーザーのための工場防爆設備ガイド」において下図のとおり例示されています。（図2-12参照）

このため、労働安全衛生法を所管する厚生労働省及び「ユーザーのための工場防爆設備ガイド」を策定した労働安全衛生総合研究所に対して、今回の測定結果及び検討結果について情報提供し、屋外貯蔵タンク周囲における危険区域の範囲及び電気設備・機器の使用に関して整合性がとれるよう協議していく予定です。

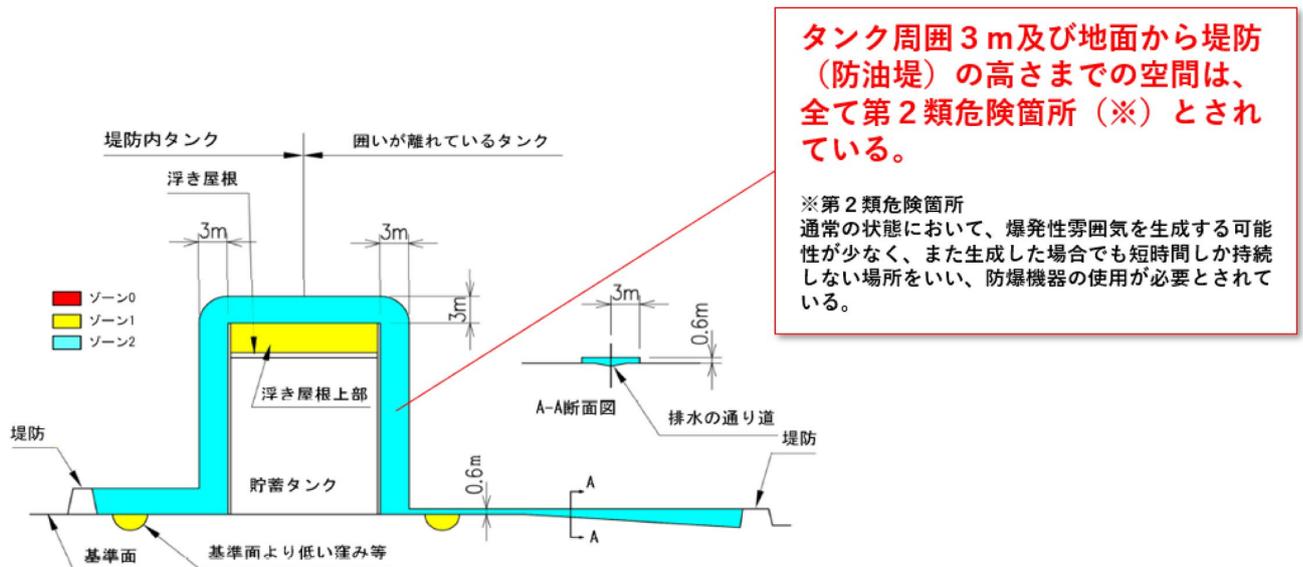


図2-12 ユーザーのための工場防爆ガイド（浮屋根式可燃性液体備蓄タンクの例）

出典：JNIOOSH-TR- NO.44 (2012) 労働安全衛生総合研究所技術指針 ユーザーのための工場防爆設備ガイド

3 セルフ給油取扱所におけるAI等による給油許可監視支援について

(1) これまでの取組

顧客に自ら給油等をさせる給油取扱所（以下「セルフ給油取扱所」という。）においては、顧客に対する給油許可監視について、事業所内の制御卓に配置された従業員又はタブレット端末等の可搬式の制御機器を持った従業員が行っているところですが、特に地方を中心とした過疎地域における人口減少を背景として、給油取扱所の人手不足と、それに伴う地域のエネルギー供給の安定性確保が課題となっており、その課題を解決する方法のひとつとして、給油許可監視にAI・画像認識技術を活用することにより更なる操業効率化を図ることが期待されています。

このことから、令和元年度から令和2年度にかけて開催された「過疎地域等における燃料供給インフラの維持に向けた安全対策のあり方に関する検討会」（以下「過疎地検討会」という。）において、セルフ給油取扱所においてAI等による給油許可監視支援を行うことについて検討が行われました。

過疎地検討会においては、開発中のAIがどのような機能を担おうとしており、どのようなことを判別しているのかについて、AIの導入を検討している事業者へのヒアリングを基に図3-1及び図3-2のとおり整理を行い、その結果、①今後、AIの導入に向けてさらに議論を深め、定量的な説明が行えるよう整理し、不測の事態が発生した際の信頼性等について整理していく必要があること、②「プラント保安分野AI信頼性評価ガイドライン」を活用したシステム評価方法等を検討し、実証実験方法、従業員の教育訓練に関する事項、危険物保安上の責任の明確化（漏えい・火災等の災害時）、省令改正・予防規程の記載等に関する事項についても検討し、さらに、給油許可支援の考え方、役割分担の見える化も掘り下げていく必要があることとされました。

〈どのプロセスにおいてAIを活用するかについての見える化の例〉
 ※現在開発中のもののヒアリング概要

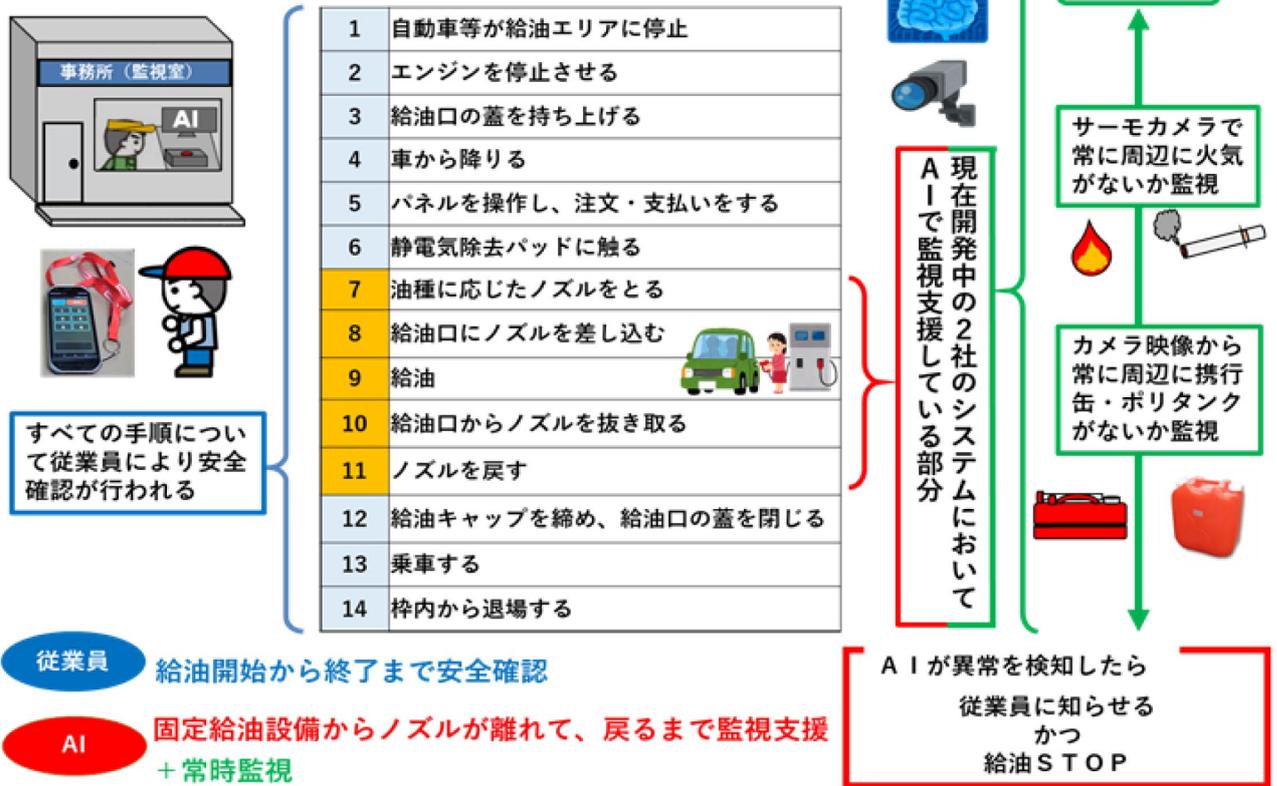


図3-1 どのプロセスにおいてAIを活用するかについての見える化の例

〈セルフ給油取扱所におけるAI等による給油許可監視支援 目指すイメージ〉

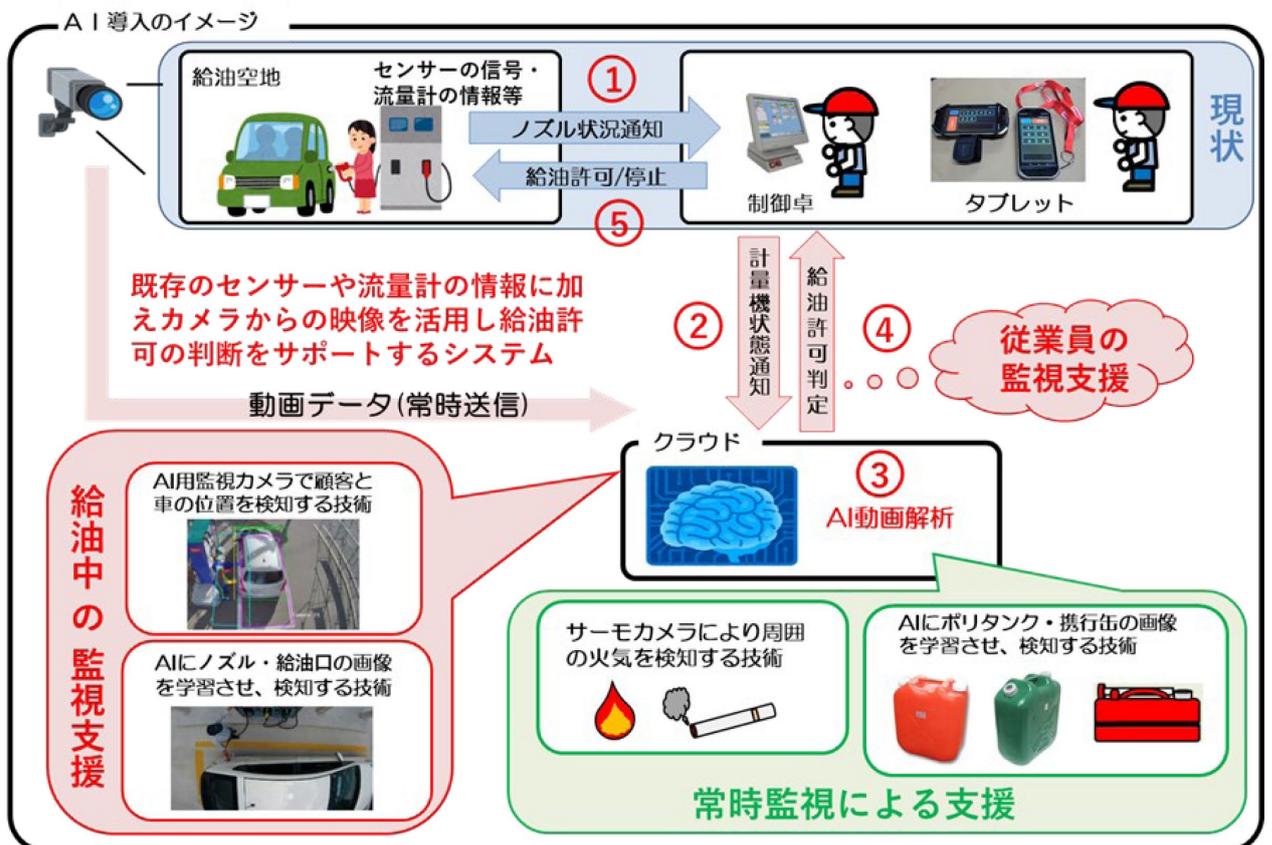


図3-2 セルフ給油取扱所におけるAI等による給油許可監視支援

(2) 本調査検討会における取組

過疎地検討会における検討内容を踏まえ、令和3年度は、AI導入の際の性能評価手法を検討するべく、以下の項目について検討・整備することとしました。

ア 要求性能について

導入されるAIのシステムは、期待通りの品質（信頼性のあるもの）である必要があるため、どのレベルの性能が要求されるかについて検討する。

イ 評価基準・評価方法について

導入するAIのシステムが要求性能を満たしているかどうか評価するため、評価基準・評価方法を示し、信頼性評価の体系を整備する。

なお、各検討項目の詳細な基準等については、石油連盟が開催する「セルフSSにおけるAIによる給油許可監視の実装に向けたAIシステム評価方法等に関する検討WG」（以下「WG」という。）において検討され、ガイドライン案として取りまとめられる予定のため、本調査検討会では、その妥当性や法的な位置付け等の検証を行うこととしました。

(3) ガイドライン案の概要

石油連盟において令和3年度中に取りまとめられたガイドライン案の考え方について、概要を記載します。

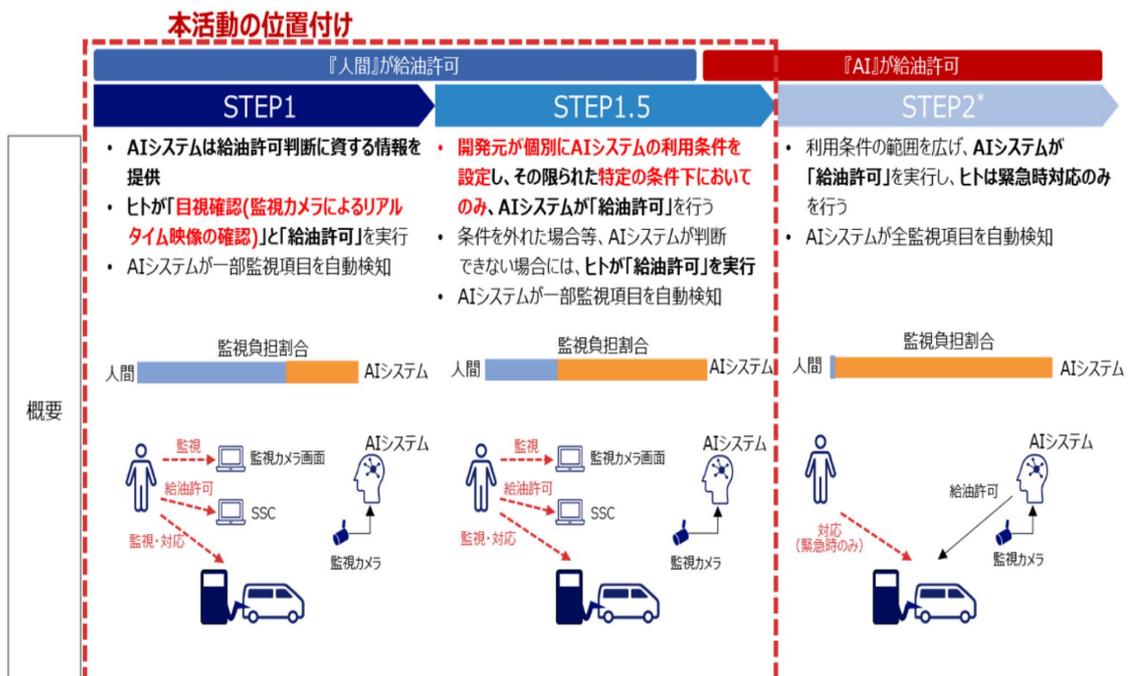
ア AIシステムの依存度による切り分け

AIシステムの活用について3つのSTEPに切り分け（図3-3参照）、STEP1では「安心・安全」を第一優先とし、技術的に実現可能な範囲のAIシステムと人間がダブルチェックをすることで安全を担保することを目指す。ここでは、可搬式SSC（セルフサービスコンソール）等を利用してAIシステムの判定結果を人間に通知し、人間が監視カメラによるリアルタイム映像の確認を通じて目視確認した上で、人間が給油許可を実施することを想定。

STEP1.5では、人間の確認作業負担を軽減し、特定の条件下においてはシステムが給油許可を実施できる環境を構築することを目指す。ここでは、AI応用分野で先行する自動運転車両の事例を参照して、限定された条件下でのみシステムの給油許可判断をそのまま適用し、その条件下でシステムが判断できない場合には、確実に人に判断をゆだねる形を想定。

STEP2では、給油許可監視システムが自律対応できる条件の範囲を拡大し、可能な限り人間の作業負担を減らせる形で運用することを目指す。

なお、策定するガイドライン案においては、STEP1～1.5を対象範囲とする。



*将来的なイメージ。なお、完全自動化（無人化）はゴールとしない。

図3-3 AIシステムの依存度による切り分け

イ 業務の範囲

消防庁が保有する過去5年分の事故発生データ等を基に、その内容を分析してリスク因子を特定した結果、給油プロセスにおける監視項目としては「ノズルをとるところからノズルを戻すところまで」を対象とし、また、その他安全上必要な監視項目として「火気の有無」と「ポリ缶・携行缶の有無」を必須の対象項目とする。その他の項目は元売各社が任意で検討し、開発・導入することを想定。

ウ 品質の定義

「プラント保安分野AI信頼性評価ガイドライン」では、利用時品質・外部品質・内部品質の3つの品質を定義し、レベルを定めていることから、策定するガイドライン案もそれに則りそれぞれ定義。AIシステムでは、セルフSSスタッフの対応が必要な異常な給油動作を見逃さない「安全性」と、セルフSSスタッフの不要な対応実施数を少なく抑える「効率性」の2つを実現することとし、システムに求められる性能としては、それぞれを担保する指標として誤判定率と誤検知率を定めた。

エ 検証方法

画像AIを活用したセルフ給油許可監視システムに必要な試験方法については、自動運転分野における安全保障に関するアプローチを参照し「原理原則に基づくシナリオベースアプローチ」の検討をした。カメラやセンサ、季節や天気などの前提となる外部環境を特定した上で、「認知」「判断」「操作」の要素ごとにシナリオを設定し、これらの評価シナリオの充足度を確保することにより給油許可監視システムの有用性を検証する。

(4) セルフ給油取扱所における制御卓の位置の検討

セルフ給油取扱所において、制御卓は、全ての顧客用固定給油設備等の使用状況を直接視認できる位置に設置することとされ、給油中の自動車等により直接的な視認が妨げられるおそれのある部分については、制御卓における視認を常時可能とするための監視設備を設けることとされています（危険物の規制に関する規則第28条の2の5第6号イ及びロ）。（図3-4参照）



図3-4 セルフ給油取扱所における従業員による監視の現状

本調査検討会では、ガイドライン案の検証と併せて、近年のAIシステム、監視カメラ等の技術発展を踏まえた基準の合理化についても検討し、制御卓における視認を常時可能とするための監視設備が適切に設置されており、かつ、監視設備を用いることによって従業員が直接視認する場合と同等以上の安全性が認められる場合には、任意の位置に制御卓の設置を可能とするべきであるとされました。

(5) 今後の方向性

給油取扱所へのAI導入については、今後、実証実験なども行いながら、引き続き石油連盟が策定するガイドライン案の検証を行っていく予定です。

また、監視カメラ等の監視設備により顧客の給油作業を適切に監視できる場合は、任意の位置に制御卓を設置できるよう基準の合理化を進めていきます。

4 キュービクル式リチウムイオン蓄電池の一時的な貯蔵に関する安全性の検討について

(1) リチウムイオン蓄電池の貯蔵に関する規制

近年、風力発電等再生エネルギーから得た電力の蓄電や非常用電源等として、キュービクル式リチウムイオン蓄電池設備の利用が進んでいますが、リチウムイオン蓄電池の電解液は危険物（主に第4類第2石油類）であることから、危

危険物規制の対象となります。

電解液の総量が指定数量（第2石油類の場合は1,000L）以上となるリチウムイオン蓄電池を屋内に貯蔵する場合、壁、柱及び床を耐火構造等とした危険物屋内貯蔵所に貯蔵する必要があります（危険物の規制に関する政令第10条）。（図4-1参照）

一方で、指定数量未満のリチウムイオン蓄電池を出入口（厚さ1.6mm以上の鋼板又はこれと同等以上の性能を有する材料で造られたものに限る。）以外の開口部を有しない厚さ1.6mm以上の鋼板又はこれと同等以上の性能を有する材料で造られた箱（以下、単に箱という。）に収納する場合には、当該箱を複数置く場合であっても箱ごとの指定数量の倍数を合算せず、それぞれを指定数量未満の危険物を貯蔵する場所として扱うことができるとされています。（「リチウムイオン蓄電池の貯蔵及び取扱いに係る運用について」（平成23年12月27日付け消防危第303号。以下「303号通知」という。）。（図4-2参照）



図4-1 屋内貯蔵所（例）

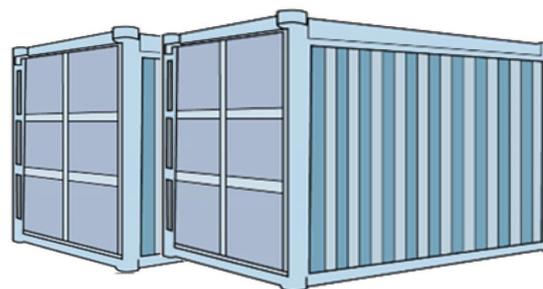


図4-2 厚さ1.6mm以上の鋼板製の箱に収納（例）

なお、キュービクル式リチウムイオン蓄電池設備については、外箱が厚さ1.6mm以上の鋼板で造られたものであっても、放熱用の換気口が設けられているため（図4-3参照）、303号通知を適用できず、電解液の総量が指定数量以上となる場合は、屋内貯蔵所に貯蔵する必要があります。



図4-3 キュービクル式リチウムイオン蓄電池

(2) キュービクル式リチウムイオン蓄電池設備に係る現状の課題と提案

キュービクル式リチウムイオン蓄電池設備は、現地での組み立てが難しいため、製造工場での組み立てられ、完成品が現地に輸送されますが、当該輸送工程中に倉庫等へ大量に貯蔵する場合があります。（図4-4参照）

この際、一般の倉庫に貯蔵するために、303号通知に適合するようキュービクル式リチウムイオン蓄電池設備の換気口部分に厚さ1.6mm以上の鋼板をマグネットで貼り付けるなどの対応がなされているところですが、鋼板の回収等によるコスト増加や鋼板の重量等から従業員の負担増加などが課題となっています。

このため、関係業界団体から、換気口部分を耐火性を有する布で覆うことにより、303号通知と同様の運用ができないか提案がなされました。（図4-6参照）



図4-4 キュービクル式リチウムイオン蓄電池の工程 (イメージ)



図4-5 換気口に鋼板を貼り付け一時貯蔵

<耐火性を有する布>

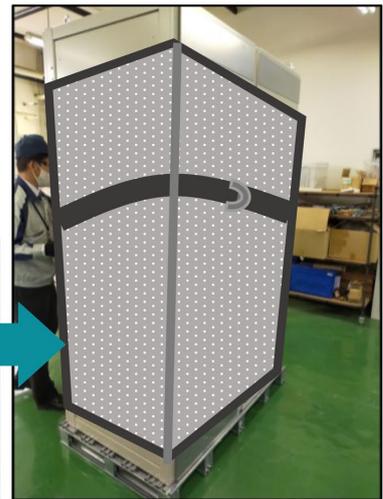


図4-6 耐火性を有する布で換気口を覆うイメージ

(3) 耐火性を有する布の性能の確認

換気口部分を耐火性を有する布で覆う方法について、厚さ1.5mm以上の鉄製の防火戸が建築基準法上の特定防火設備の一つとされていることを踏まえ、当該布が特定防火設備と同等以上の性能を有していれば安全上支障がないものと考えられます。

このことから、当該布に対して、特定防火設備の国土交通大臣認定に係る遮炎性能試験を実施することとしました。

(4) 遮炎性能試験の概要と試験結果

提案のあった3種類の布(表4-1参照)について、令和4年1月18日(火)に一般財団法人建材試験センター中央試験所(埼玉県草加市)において遮炎性能試験を実施しました。

試験の概要としては、所定の温度曲線となるよう制御された炉内において布を一時間加熱し、非加熱側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出及び発炎がないこと、並びに火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間の発生がないことを確認するものとなります。(図4-7参照)

試験の結果としては、いずれの布についても、判定基準をクリアし、特定防火設備と同等以上の性能を有していることを確認しました。(図4-8参照)

表4-1 試験に使用する布の材質等

	材質	コーティング	厚さ	目付
A	高純度シリカ布	なし	約0.7mm	600g/m ²
B	高純度シリカ布	なし	約1.3mm	1,000g/m ²
C	高純度シリカ布	有機系樹脂	約0.7mm	735g/m ²

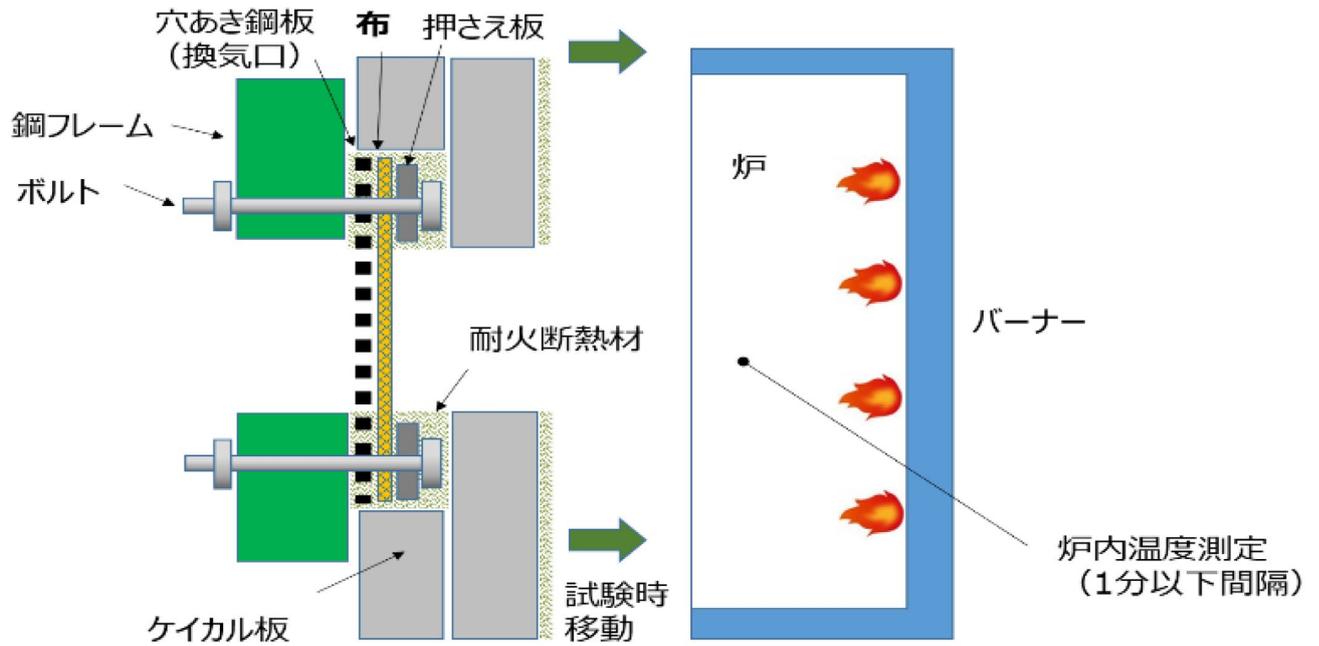


図4-7 燃焼試験のイメージ

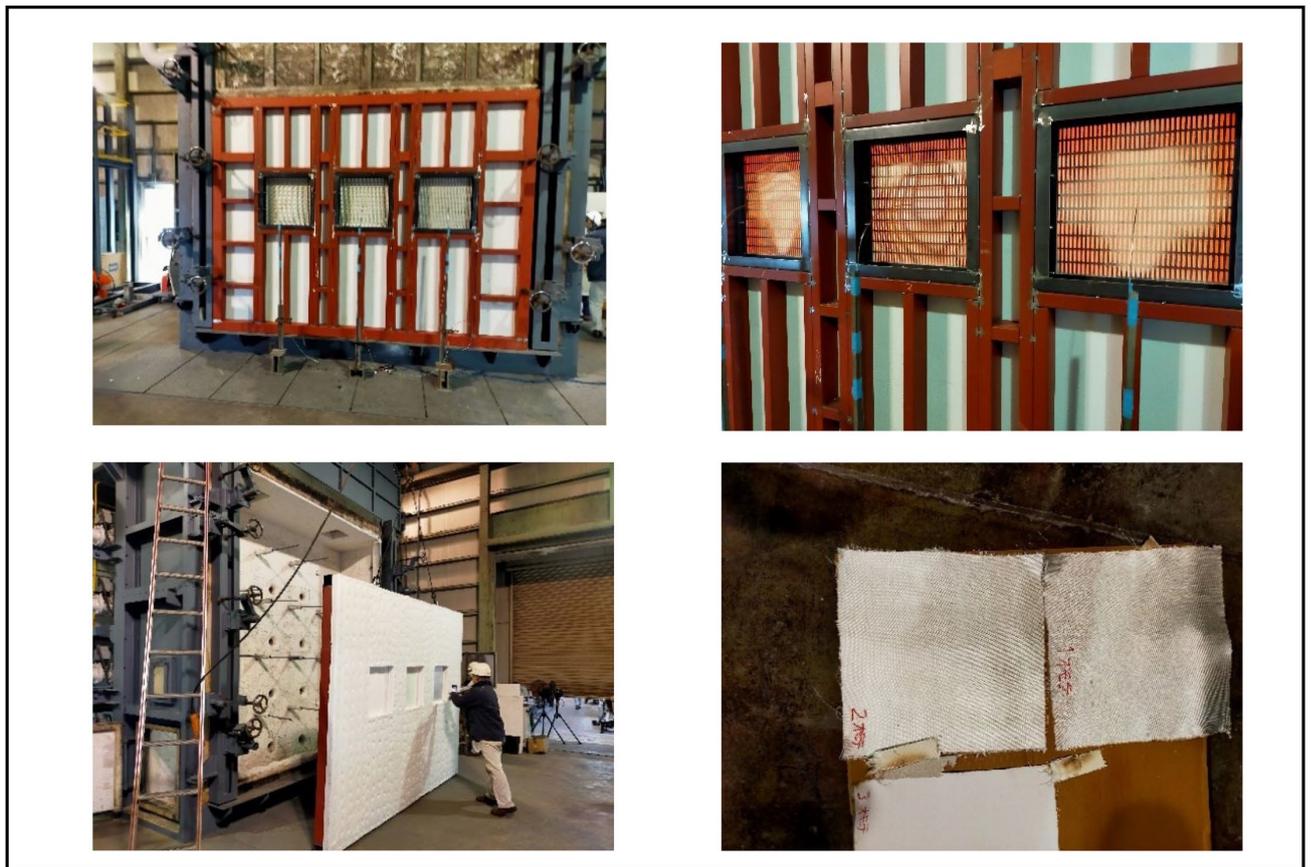


図4-8 耐火性能試験の状況

(5) 換気口の覆い方と布の運用について

次に、布による換気口の覆い方として提案のあった方法について、パターンごとに検討を行いました。

- ・パターン1：キュービクル全体に布をかぶせる方法（図4-9参照）



図4-9 袋状にしてかぶせる方法

換気口

(検討結果)

換気口部分を十分に覆うことで認められる。

・パターン2：キュービクルの換気口部分に布を巻く方法（図4-10参照）

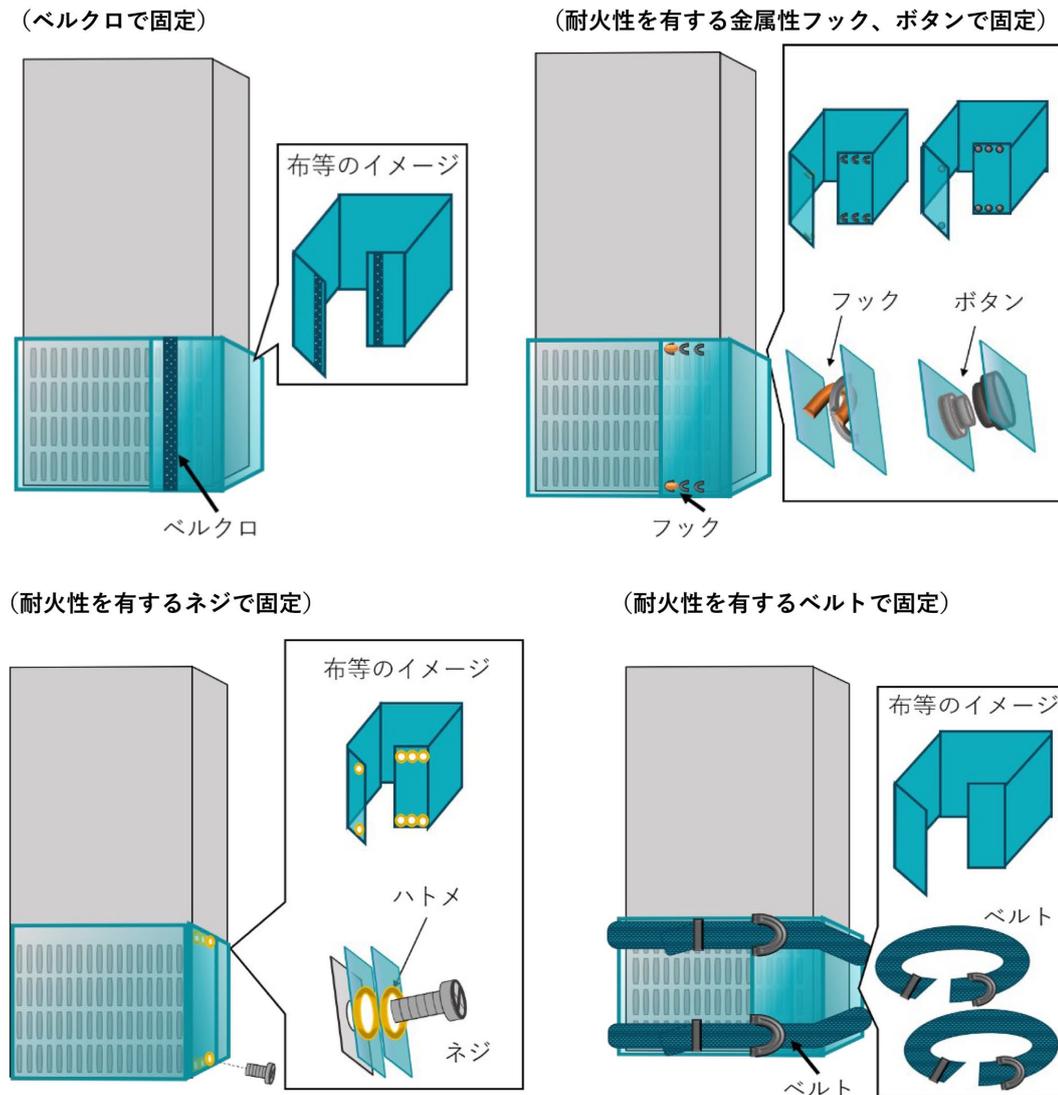


図4-10 換気口部分に布を巻く方法

(検討結果)

ベルクロで固定する方法については、現状では十分な耐火性を有するベルクロが見つからないが、十分な耐火性を有するものが開発された場合には、換気口部分が露出しない措置を講ずること認められる。その他の固定方法については、通常の保管時に想定される重力や外力により換気口部分が露出しない措置を講ずること認められる。

- ・パターン3：キュービクルの換気口部分を覆う方法（図4-11参照）

(耐火性を有するボタン、ネジで固定)

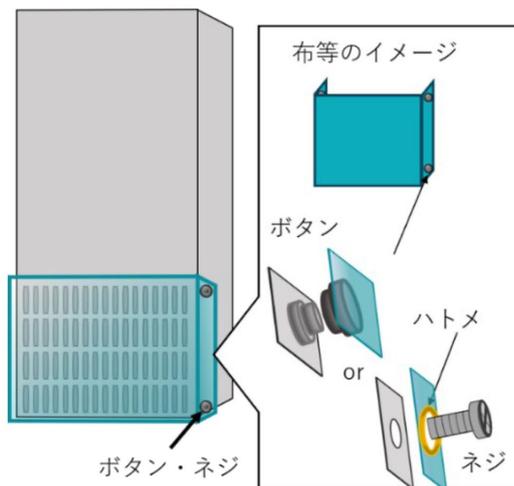


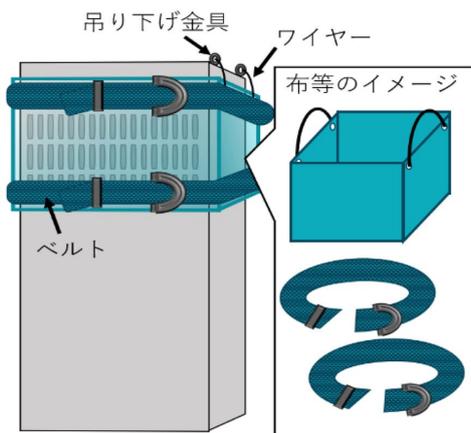
図4-11 換気口部分を覆う方法

(検討結果)

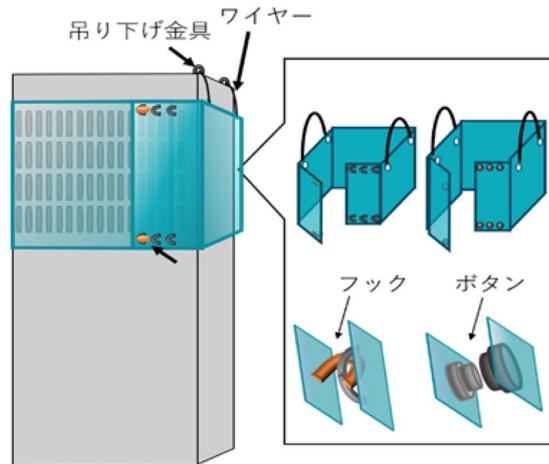
布が剥がれ落ちず換気口部分が露出しない措置を講ずること認められる。

- ・パターン4：キュービクルに布をかける方法（耐火性を有するワイヤーで吊り下げベルト等で固定する方法）（図4-12参照）

(耐火性を有するワイヤーで吊り下げ、ベルトで固定する)



(耐火性を有するワイヤーで吊り下げ、金属製フック、ボタンで固定する)



(耐火性を有するワイヤーで吊り下げ、耐火性を有するネジで固定する)

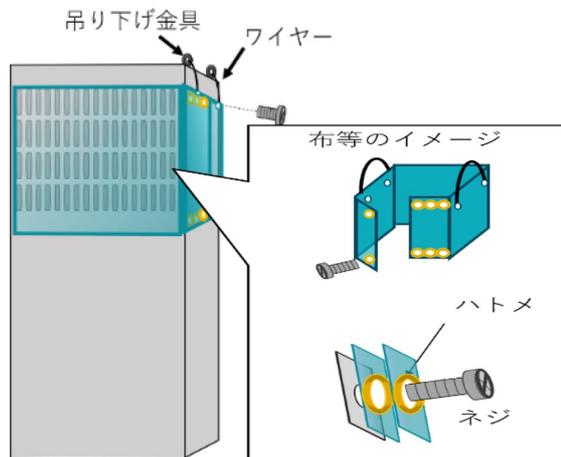


図4-12 キュービクルに布をかける方法（耐火性を有するワイヤーで吊り下げベルト等で固定する方法）

(検討結果)

通常の保管時に想定される重力や外力により換気口部分が露出しない措置を講ずること認められる。

- ・パターン5：キュービクルに布をかける方法（耐火性を有するベルトで吊り下げベルト等で固定する方法）（図4-13参照）

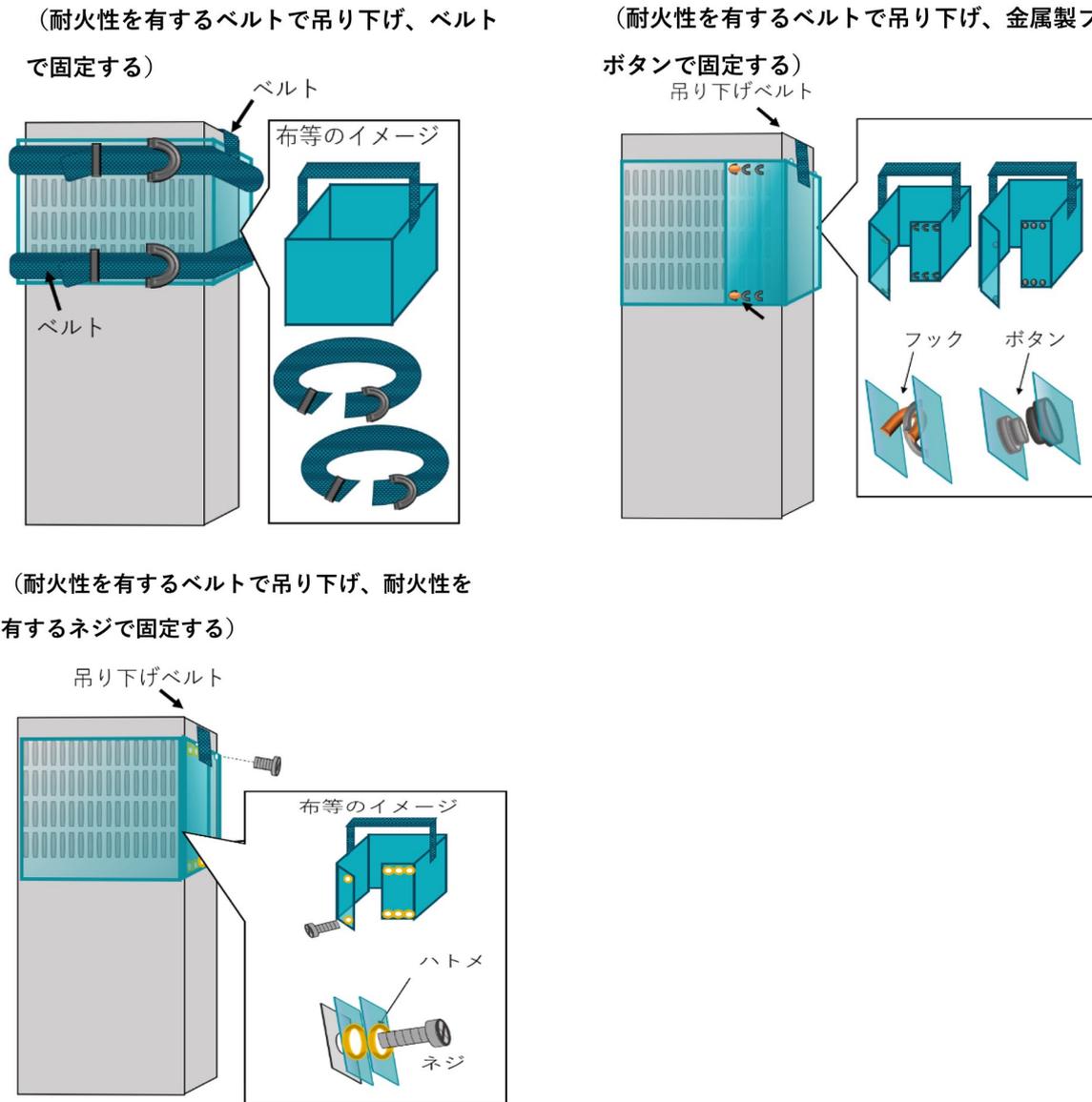


図4-13 キュービクルに布をかける方法（耐火性を有するベルトで吊り下げベルト等で固定する方法）

(検討結果)

通常の保管時に想定される重力や外力により換気口部分が露出しない措置を講ずること認められる。

(6) 今後の対応等

電解液量の総量が指定数量未満のリチウムイオン蓄電池を収納するキュービクル式リチウムイオン蓄電池設備について、耐火性を有する布で換気口等の開口部を適切に覆った場合は、設備ごとの危険物の量を合算しないこととして整理し、その旨について関係機関に周知する予定です。

5 おわりに

本調査検討会においては、昨今の各分野における技術革新やデジタル化の急速な進展及び危険物施設が抱える諸課題を踏まえ、3つの項目について調査検討を行い、引き続き検討を行っていくセルフ給油取扱所へのAIの導入に係る部分を除き各項目において一定の成果を得ることができました。

今後も、危険物施設の安全性維持を第一としつつ、危険物施設のスマート保安化に向けた諸課題の解決やカーボンニュートラルの実現に向けた規制の合理化などに取り組んでいきたいと思います。

心の油断を悪魔は狙う!



by makiko Kuzukubo

日頃の点検で何の問題がなくても今日も異常無しとは限りません。
そんな心の油断を悪魔に狙われないよう...