



保温配管からの危険物流出事故の低減に向けて

小山 賢二 (川崎市消防局)

総務省消防庁の発表によると、近年、危険物に係る事故は減少傾向にはあるが、流出事故の原因については、「腐食・劣化に起因する事故」の割合が依然多いとされている（図-1）。

また、平成18年3月に総務省消防庁から出された「屋外タンク貯蔵所の維持管理基準に関する調査検討会報告書」によると、屋外タンク貯蔵所の附属配管において平成元年から平成15年までの15年間に発生した流出事故285件を分析したところ、腐食開孔に起因する流出事故は、保温配管、トレンチ内配管及び配管内部等外観点検が困難なものから多く発生しており、これらの点に留意した維持管理が重要と考察されている。

これらのことから、全国で発生している腐食・劣化に起因する危険物流出事故の中には保温材被覆配管の外面腐食による流出も相当数含まれていると考えられ、昨年、当市においても保温材被覆配管の腐食により、危険物が流出する事故が立て続けに3件発生したところである。

保温材被覆配管が腐食しやすい環境下にあることは、想像するにたやすいが、一方で流出の発見が難しいこともまた事実である。それ故に、事故防止のためには維持管理の点検が極めて重要な要素となってくる。

そこで、当市において、毎年夏期に実施して

いる石油コンビナート等災害防止法の特定期間等対象とした特別立入検査において、過去に保温材被覆配管の維持管理方法について36事業所を対象にヒアリング調査を行ったことを思い出し、その結果について調べてみると次のような状況であった。（表-1 参照）

保温材を被覆していない配管については明確な補修基準を作成しているが、保温材被覆配管については基準を作成していない事業所が多数みられた。

また、「定期修理期間に合わせて一部保温材を剥がして肉厚測定をしている事業所」と、「日常点検で異常が認められた場合に保温材を剥がして点検を実施する事業所」に大別された。

当市の危険物施設の多くは設置から30年以上

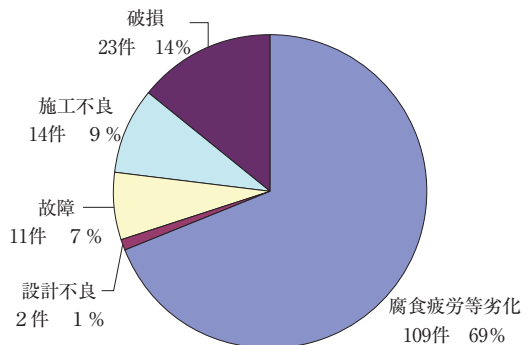


図-1 平成21年中の全国流出事故 物的要因の内訳

表-1 保温材被覆配管の点検方法

定期的保温材を全て剥がす	定期的保温材を一部剥がす	日常点検で異常が認められた場合のみ保温材を剥がす	点検をしない	その他
1	9	21	4	1

経っており、全体的に老朽化が進んでいる。特に保温材被覆配管については雨水等の浸入により腐食の恐れが著しく高く、ピンホールが生じたとしても、流出危険物が保温材内部に滞留し、発見の遅れによる重大な事故に繋がるおそれがあることも懸念された。

実際に当市で発生した重油流出事故事例を紹介する。

私がセメント工場の危険物施設の立入検査を実施した時のことである。私は危険物業務に携わり3年目ということもあり、新任1年目の職員を率いての立入検査であったため、少し緊張したことを今でも思い出す。7月中旬で、天気も良く立入検査には絶好の日であった。

事務所にて定期点検の結果や、保安講習の受講状況等の書類を審査したのち、私達は、海岸部沿いに設置してある再生油（第4類第3石油類）を貯蔵している屋外タンク貯蔵所（以下、再生油タンクとする）2基から検査を始めた。事業所内通路から標識、掲示板の状況やタンク外面に異常のないことを確認した後、防油堤内に入り、事業所内の主要通路からは死角となる再生油タンクの裏側（海岸部側）に回った。

すると、再生油タンクの立ち上がり配管の保温材被覆下端部につながる露出配管が、太陽光を反射しているのか、少し輝いているように見えた。また、遠くからではあるが、配管直下の地盤面にも若干水溜りのようなものが確認できた。不審に思い、当該配管に近づくと保温材端部から下の配管は濡れており、配管の分岐エルボ一部から地盤面に褐色の液体が垂れ漏れているのを発見した（写真-1）。

ふと、今までの経験から、検査日前に降った雨が保温材に浸透し、その水分が保温材端部から垂れ出ているのかと思ったが、思い返してみると、連日30度以上の真夏日が続き、雨といった雨は1週間以上降っていない状況であった。

再生油はセメント焼結炉の燃料として使われ

るものであり、当該立ち上がり配管は、炉に異常があったとき再生油をタンクへ戻す目的で30年前に設置されたものである。

私は、色、臭い、粘度から、タンク内容物の再生油の可能性が高いということを事業所の担当者とともに確認し、即座に違反処理体制に移った。事業所の関係者に保温材内部の配管の状況をただちに点検するように指導するとともに、危険物流出事故として上司に事案を報告し、所轄危険物係と消防局危険物課の応援を要請し



写真-1 2010.07.22査察時 流出状況



写真-2 流出確認状況



写真-3



写真-4

危険物流出事故調査を行った(写真-2)。

流出箇所の特定のため、保温材被覆を剥がすと写真3及び4のように、保温材被覆部の配管の外面腐食は著しいものであった。

その後の原因調査のため、配管の気密試験を実施したところ、当該配管に3箇所のピンホー

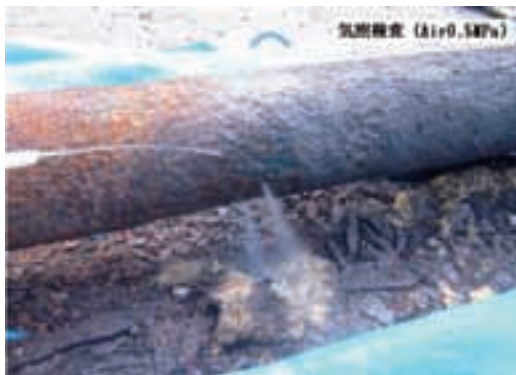


写真-5

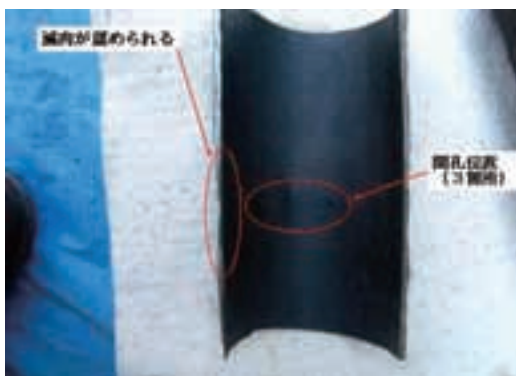


写真-6

ルが確認され、漏えい箇所を特定することができた(写真-5)。また、外面腐食が著しいのに対し、内面腐食はほとんど見られないことも明らかになった(写真-6)。

消防側の原因調査と平行して事業所側も事故調査委員会を立ち上げ、事故原因の特定について調査を実施し、その結果、いくつかの要因が発覚した。

- ・日常点検ルートは事業所内通路からの目視のみで、海岸側は死角となっていた
- ・目視では保温材被覆配管の腐食進行を発見できなかった
- ・設置から30年間保温材を剥がしての点検は実施していなかった
- ・以前は、蒸気配管を必要とする重油が貯蔵されていたことから、一部の保温材が取り外さ

れずに放置されていた

- ・保温材配管の点検基準は作成されていなかった

以上のことから、本件流出事故は次により原因を特定するに至った。

- ① 保温材被覆配管が日常点検ルートの死角になっていたことにより、事業所は保温材被覆配管の健全性について把握できていなかった。
- ② このような状態で、保温材被覆配管の保温材被覆欠損部より、保温材内部に雨水が浸入し外面腐食が発生した。
- ③ 保温材被覆されていることにより、腐食部が剥離することなく、常時湿潤状態となり、さらに配管外面を腐食した。
- ④ これを繰り返すことにより、腐食部がかさぶた状に層を形成し（写真－3，4）、腐食がさらに進行し、開孔漏えいした。

このように、保温材上からの目視点検だけでは保温材被覆配管からの流出事故を防ぐことが万全とはいえず、また、各事業所において統一的な点検基準が設けられていないという現状により、配管からの流出事故の減少に向けた抜本的な打開策には至っていない実態が浮き彫りになったところである。

そこで私は次のとおり提言したいと思う。

保温材配管の外面腐食による流出事故を減少させるには、保温材を全て剥がし目視点検及び必要に応じて気密試験や肉厚測定を実施することがもっとも効果的と考えるが、やみくもに保温材を剥がすことによるコストや時間のロスを考えると効率的な方法とは言い難い。

そこで、腐食の恐れが高い場所を重点的に点検し、保温材被覆の健全性を主とした目視点検及び非破壊検査を取り入れることにより、保温材被覆配管の効率的な点検ができるものと考え

すなわち、保温材の健全性について異常な兆

候を発見することにより、その内部での腐食の可能性を推測し、効果的かつ効率的な点検方法を提案するものである。

また、腐食の環境リスクから、次の項目を腐食の恐れが高い箇所とし、重点的に点検することを提案する。

- 保温材から水滴、水が滲み出している箇所
- 保温材の末端部付近の箇所
- 被覆材が劣化、損傷している箇所
- 被覆材継ぎ目が劣化、損傷している箇所
- 海に近い箇所に敷設されている箇所

上記箇所を腐食の恐れが高い箇所とする理由は次のとおりである。

保温材被覆及び保温材の健全性が損なわれると、劣化損傷箇所より侵入した雨水は保温材に浸透し、湿潤環境を形成する。この湿潤環境が配管本体の運転中の温度により蒸発し、また外装面での大気温度差により凝縮するという繰り返しが保温材内部で行われ配管の外面腐食を引き起こす大きな要因となる。また、保温配管が海の近くに設置されている場合は海塩粒子を溶解した塩分水がすきまより侵入して配管の腐食を促進させる要因にもなっている。

上記の点検項目に該当した場合、部分的に保温材を剥し、目視で明らかに減肉が認められる箇所については肉厚測定を実施する。減肉が広範囲に認められる場合は大規模に保温材を取り外し、全線について肉厚測定をすることとする。

しかしながら、非破壊検査の実施には、保温材の解体や配管を持ち上げるなど検査前作業が必要になることから、次に例示する非破壊検査方法を導入することで、一層の効果的かつ効率的な検査ができるものとする。

表－2に掲げたロングレンジガイド波検査とパルス渦流探傷検査は、現在の配管腐食状況を調べる上で有効な検査であり、中性子水分計を用いた検査は、保温材内部の腐食環境と今後の腐食状況を推定できる検査である。

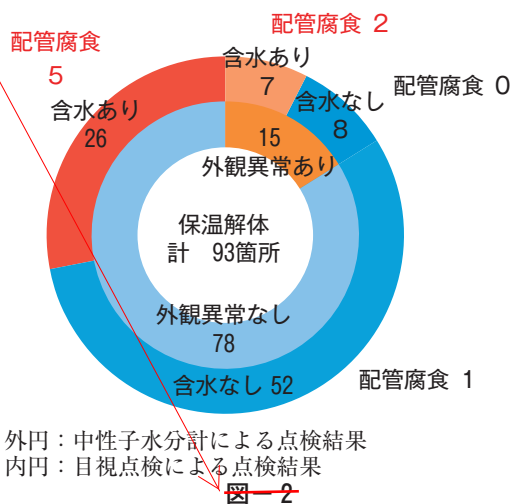
表-2

検査手法	検査の概要	検査の特徴	適応例
ロングレンジガイド波	長距離超音波探傷検査は、数十kHz程度の低い周波数の超音波を配管に励起して、板厚全体に渡って振動しながら管軸方向に長距離伝搬するガイド波と呼ばれる特殊な超音波を用い、探触子から遠く離れた腐食や溶接部等の形状変化部からの反射を検出する方法	保温材配管でも探触子設置場所のみ露出させることで、他の場所は保温材を外さずに探傷できる技術	垂直・水平配管
中性子水分計	中性子線源から放射される速中性子が水分（水素原子）に当たった際に生じる熱中性子を検知することによって水分を測定する方法	保温材内部の水分を測定するもので、水分量から腐食環境を推定する 一箇所当たり10秒で測定できる	保温材内部の水分
パルス渦流探傷検査	コイルを測定部位に押し当て、励磁直後に受信コイルで検出される瞬間的な渦電流の時間変化により腐食を検出する方法	保温材の上から検査できるが、熱断材板金が磁性体の場合検出性能が低下する	被覆配管腐食

訂正(2011/10/31):
図-2 配管腐食の調査結果
(出典：中部電力 技術開発ニュース 140)

保温材の健全性と配管の外表面腐食の関係性を鑑み、腐食の恐れの高い箇所について保温材を剥がし目視点検するとともに、中性子水分計を用いたスクリーニング検査を定期的実施する方法を取り入れ、配管の外表面腐食要因を事前に取り除く点検検査手法を取り入れる事により、計画的な保全計画をたてることができる。

中性子水分計の検査効果であるが、「中部電力の技術開発ニュース No.140」によると、保温材被覆配管（合計長さ約2 km）を対象に、目視点検と同時に約3,000箇所の水分測定を行い、その内93箇所の保温材を解体して保温材の含水と腐食状況を調査した（図-2）。その結果、含水有り（含水率20%以上）の的中率は97%で高い信頼性がうかがえた。また、外装板の目視点検で異常があった15箇所のうち、配管腐食箇所は2箇所（13%）であったのに対し、中性子水分計で含水有りと判定された33箇所では、配管



外円：中性子水分計による点検結果
内円：目視点検による点検結果

図-2

腐食箇所が7箇所（21%）という結果であったことから、その信頼度の高さがうかがえる（図-3）。

このことから、中性子水分計測定法は、外装の目視点検では見落としてしまう配管腐食箇所

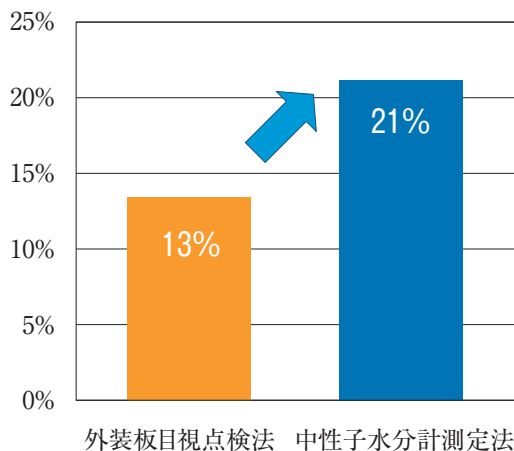


図-3 点検方法の違いによる腐食箇所を発見率
(出典：中部電力 技術開発ニュース No.140)

を確実かつ効果的に見つけ出せる可能性が高い検査方法と言える。

まとめ

現状、保温材が被覆されていない配管については、各事業所が明確な自主検査基準を策定しており、検査方法、検査時期などはほぼ定期的に行われているようである。一方、保温材被覆配管については各事業所で検査方法に差があり、定期的な非破壊検査を実施している事業所や、場合によってはまったく検査をしていない事業所も見受けられた。

そのため、配管の外面腐食の状況を正確に把握し、補修、更新等の適切な対応が可能となるよう、標準的な検査指針の1つの方向性として、保温材の健全性を主とした目視点検と、中性子水分計による保温材内部の腐食環境を調べる非破壊検査を平行で実施する、負担の少なく効果的なスクリーニング検査を提案するものである。

このような手法は、高圧ガス配管のリスク管

理に基づく検査手法に一部導入されているところであるが、危険物配管の流出事故においては、火災による延焼拡大、流出による土壌汚染、海洋汚染等の拡大につながる恐れもあり、そのような意味では、保安管理に関わる者は、決して軽んじることなく、いかにして配管からの流出事故を防ぐことができるか、今何ができるのか向き合う姿勢が求められているのだと思う。

今後、この提言が保安関係者の目に留まり、各事業所の自主保安体制に生かされることを期待する。

参考文献

- 1) 屋外タンク貯蔵所の維持管理基準に関する調査検討会報告書 平成18年3月 総務省消防庁
- 2) 保温材装着状態での配管内外面検査 白石時宜
- 3) 配管・棟梁触部の外面腐食診断方法のご案内 日本非破壊検査㈱
- 4) 保温材の上からの減肉検査 武内明、芳賀勝巳 石油学会第14回設備保全分科会シンポジウム P16-19 (2001)
- 5) 保温材下の配管腐食状況の過電流探傷法による非破壊検査技術 梅本明、斉藤伸一 火力原子力発電 vol.50 No.6 P62-68(1999)
- 6) 中性子水分計を利用した保温配管の外面腐食検査 日本非破壊検査㈱
- 7) 高圧ガス配管外面腐食に係る技術資料 神奈川県安全防災局工業保安課
- 8) 保温材下腐食検出技術の適用評価と課題 出光エンジニアリング㈱
- 9) 中性子水分計による屋外配管の点検 中部電力 金森直人、高須英明 技術開発ニュース No.140/2010-10