

船上貨物の薫蒸: 見えざる殺人者

Fumigation of cargo on board ships: the invisible killer

薫蒸処理した貨物を積載した船舶において、船員1名が船室内で死亡するという惨事が発生しました。今回の Gard News では、類似のケースについて分析を行います。

輸送中の貨物を薫蒸処理することの危険性について認識を高めることが、極めて重要です。リン化水素ガスによる貨物の薫蒸は殺虫作用に優れていますが、正しく取り扱わないと、乗組員と陸上作業員の生命を脅かすことになります¹。

薫蒸について

薫蒸剤は、特定の環境下で気体状態となり、十分な濃度に達すると害虫を殺傷せしめる化学薬品です。薫蒸剤の重要かつ有益な特性の一つは、気体状態では分離した微粒子として拡散することです。この特性によって、薫蒸対象物に浸透した後に拡散します。植物などに噴霧するエアロゾルや殺虫剤は薫蒸剤ではありません。

かつては、船舶の貨物の中に潜む害虫を駆除する薫蒸剤としては、シアン化水素酸と、二塩化エチレンと四塩化炭素の混合物が一般的でしたが、1960年代～1970年代以降に、臭化メチルとリン化水素に置き換わりました。いずれも、人間が吸いこむと極めて危険なものです。臭化メチルは、オゾン層の激減をもたらすことから、2005年以降西欧諸国ではその使用が禁止されています。リン化水素 (PH₃) は、一般に「ホスフィン」と呼ばれているもので、現在ではばら荷で積載された乾燥植物製品の害虫駆除に最もよく利用される薫蒸剤です。ホスフィンを効果的に使用するには、臭化メチルの場合よりも長時間 (4、5日から2週間以上) 暴露させる必要がありますが、元来長距離輸送が中心の海上輸送では、長時間かかることは特に問題ではあり

ません。ホスフィン、リン化マグネシウムまたはリン化アルミニウムという固形状で生産されるため、薫蒸処理の実施者にとって扱いやすいものです。この固形剤 (通常はタブレット型) は、水に接触するか、水分を含んだ大気に触れると反応し、分解が進み、ばら荷貨物 (穀類など) の中にいる虫の殺傷に有効な気体 (リン化水素) を放出します。タブレット剤からホスフィンが放出される環境としては、熱帯または亜熱帯気候が最も適しており、その場合、4～5日で放出が完了します。気温が15度以下の環境や、大気が非常に乾燥している場合は、これよりも大幅に時間がかかります。タブレット剤を貨物の上部だけに撒いた場合も、発生するガスは空気より重いものの、貨物の底まで完全に拡がるには相当な時間がかかります。その場合には、貨物の底部に通した管の中にタブレット剤を入れて、ガスを送風扇で拡散するか、プローブで貨物の中に押し込んで、ガスの拡散を早める方法を採用することもできます。



貨物倉から積荷を荷揚げ後、タブレット型のリン化アルミニウムを入れるプラスチック管を取り出したところ。

純粋なホスフィンガスは無臭です。不純物が混ざると、ニンニクや、炭化物、腐食寸前の魚とよく似た臭気が発生するものの、その臭気はガ

¹ Gard News 173号の記事「In-transit fumigation of bulk cargoes」には、船主に対して輸送中の薫蒸に関するリスクを喚起し、リスクを最小限に抑える方法と、リスクが顕在化した場合の法的立場を保護する方法に関して、実務的な助言が掲載されています。同記事には、用船者との交渉のたたき台となる覚書のテンプレートも掲載されています。このテンプレートは、適切に修正すれば、用船契約において用船者に対して輸送中の薫蒸を要請する権限を付与するケースと、用船契約では触れずに船主がその要請に同意するケースのいずれでも利用可能です。

スが発生していることを周囲に知らせるとい
う役割も果たします。ただし、臭気がなくても、
危険なガスが発生している可能性があることを
理解しておくことが重要です。臭気はどのよう
な環境でも感知できるとは限らないうえ、ガス
の発生時間は臭気の発生時間よりも長い場合
があることに注意が必要です。

Gard が扱った直近の事例

Gard が直近で扱った事例は、船齢 30 年の普通
貨物船 (4,000GT) 内で、薫蒸が原因で船員が
死亡したというものです。同船舶は、2010 年
の暮れ、ラトビアのリエパヤで小麦を 3 つの船
艙に満載し、アントワープに向かっていました。
貨物の薫蒸を実施するため、直径 10mm のプラ
スチック管をハッチコーミングから各船艙のタン
クトップまで吊した後、船積み作業が開始さ
れました。ここで使用された管は、複数の小さ
な穴が開いた農業湿地の排水用のものでした。
貨物の船積み作業が終わると、リン化アルミニ
ウムのタブレット剤が貨物の上部に撒かれ、管
の中にも投下されました。貨物倉に続くハッチ
カバーと換気孔が閉じられ、コーミングのドレ
ンの周りにはビニール袋が取り付けられました。
船舶の居住区域のメインの換気システムは停止
されたものの、浴室とトイレの換気扇の使用は
許可されていました。外部ドアが閉鎖され、航
行上の必要性がない限り、甲板に出ることが禁
止されました。フィルター 8 個付きのガスマ
スク 2 つと、50 本の検出チューブ付きのガス検出
キット 1 セットが、薫蒸作業員によって船舶に
持ち込まれていました。船舶側には、作業員か
ら、5 日経過したら船艙を開けてもよいと伝え
られていました。

キール運河を通過中に、作業のため甲板長がガ
スマスクを付けて船首楼に向かったところ、異
臭に気づいたため、船長はその周辺を換気し、
薫蒸作業員が持ち込んだ検出キットを使ってホ
スフィンガスを検査するように命じました。キ
ール運河を通過したところで、陰性との検査結
果が出ました。しかし、乗組員らが検出キット
の使い方あまり慣れていなかったうえに、検
出チューブの使用期限も過ぎていました。

薫蒸を開始してから 4 日後の朝、停泊位置が空
くまで投錨している際に、夜間の当直明けの船
員の 1 人が体の不調を訴えました。当初、消化
不良か肝疾患の可能性が疑われたため、その船
員は船室のベッドに戻って、水でチョコレート
タブレットを服用するよう指示されたようです。
顔色が非常に悪く、微熱と嘔吐の症状もあった
ものの、翌日には快方に向かったため、医者は
呼ばれませんでした。しかし、その翌日、つま
り、その船員が船室に戻ってから 48 時間後に、
ベッドの中で死亡しているのが発見されました。
その 2 日後には、別の船員 1 名も体調の悪化を
訴えましたが、大事には至らず快復しました。
居住区域ではガス臭はしなかったものの、検査
を実施した結果、高濃度のホスフィンガスが検
出されました。

死亡した船員の船室は、主甲板と同じ階層の、
居住区域の前の船長室の隣に位置していました。
船長室内の裏張りされた箇所を下ろしてみると、
前端隔壁に腐食した小さな穴が一つ見つかりま
した。隔壁の鋼板は、船尾部換気孔と船尾部貨
物倉を隔てる境界としても使用されていました。
換気孔内部で長年にわたって腐食が進んで小さ
な穴が開き、貨物倉内のガスが居住区域の隔壁
に流れるようになっていたのです。トイレの換
気扇を使用した際に気圧がわずかに下がり、穴
から流れ出たガスを室内に呼び込んでしまった
のです。船室ではなく、新鮮な空気に触れられ
る場所で休むように助言されていたならば、そ
の船員は命を落とさずに済んだものと思われま
す。

その船員の死亡事故を受けて、調査が実施され
ました。また、貨物倉のガス量が定期的 (毎
日) に計測されるようにもなりました。5 日間
でガスの発生が止む予定であったのが、実際
には丸 1 か月かかりました。その原因としては、
乾燥した気候であったことと、船積み作業時
の気温がマイナス 10 度であったことが挙げられ
ます。また、貨物の湿気が少なかったことが、
リン化アルミニウムのタブレット剤の反応を遅
らせる原因となったものと思われまます。貨物
倉内に配置された管の穴が小さ過ぎ、タブレッ
ト

剤が貨物に十分接触できなかつたことも、貨物へのガスの拡散速度を遅らせる原因となった可能性があります。管を引き抜いた際、リン化アルミニウムのタブレット剤数錠が元の形状のままで見つかっています。アラームの役割を果たすリン化水素ガスの独特の臭気が、3~4日後にはすでに消えていたことも注目すべき点です。荷揚港に到着後、貨物は内陸水路用のほしけに積み替えられました。作業員たちは、貨物の積み替えの際にもリン化アルミニウムのタブレット剤の反応が続いていることは珍しいことではないと証言しています。

もう一つの事例

上記の事故が発生する以前にも、腐食によってできた穴を通して、貨物倉から船室に漏れ出したホスフィンガスが原因で船員が死亡した事故がありました。2008年1月に、英国海難調査局(MAIB)は、その事例の詳細をまとめた Accident Flyer 1/2008 (アクシデントフライヤー 2008年1月号) を発行し、海運業界に警鐘を鳴らしました²。

問題の事故を起こした船舶は、スコットランドのモンローズを仕向地として、ロシアのカリーニンガラードにおいて2500立方メートルの飼料用小麦の船積みを行いました。船積み作業の終了後、薫蒸作業員がリン化アルミニウムのタブレット剤をプローブで小麦の中に押し込み、ハッチを閉じました。その作業員は、一等航海士にホスフィンガスの危険性を手短かに説明し、ニンクのような独特の臭気がした場合には注意するよう船員に周知して欲しい旨を伝えました。作業員はガスマスク2個、ガス検出ポンプ1式、検出管5本を手渡しました。同船舶は、4日間かけてバルト海運河とキール運河を通過した後、北極海で荒天に遭遇しました。そこで、貨物を保護するため、ハッチカバーを膨張泡で密閉する処置が施されました。その後、何名かの乗組員が船酔い症状を訴えました。その中の1人が、食欲が湧かずに昼食を取るのを諦め

² 同小冊子は、MAIBのウェブサイト(www.maib.gov.uk)から入手できます。

て船室に戻りましたが、翌朝、死亡しているのが発見されました。隣の船室の船員は、死亡した船員の船室から悪臭が出ていたことに気づいていたものの、船酔いによる吐瀉物の臭いだと思ったということです。

その船舶は、ツーホールドで船員9名が乗り組む一般貨物船で、Gardの保険には加入していませんでした。船室の前面が後方貨物倉の船尾側隔壁より0.5メートル突き出た構造で、鋼甲板が貨物倉と(甲板と同じ階層にある)前方の船室との間の境界になっていました。港に到着後、検査が実施されたところ、死亡した船員の船室及び隣接する医務室から高濃度のホスフィンが検出されました。当初、煙試験では漏洩ルートは見つからなかったものの、甲板下の鋼板からさびの小片がはがれ落ちた際に、船室にガスが流れ出すルートになったであろう小さな穴が鋼板に開いているのが見つかりました。穴は極めて小さく、到着港での煙試験では再現されなかったものの、悪天候の折り、船舶が激しく揺さぶられて密閉されていた貨物倉内の気圧が上昇した結果、ガスが気圧の低い船室側に押し出されたものと推定されました。船室の浴室等の換気扇が使用されていたかどうかは不明ですが、使用されていたのなら、それも事故の一つの要因となったのではないかと思います。

薫蒸作業員は、船積みの開始前の検査に10分しか時間をかけておらず、十分な検査を実施するには時間が不足していたと考えられます(もっとも、腐食した鋼甲板の表面の検査を実施していても、危険性が判明する可能性は低かったと思われる)。また、乗組員らはホスフィンガスの検査装置を使った経験がなく、ガス漏れを疑うこともなかったようで、船酔いでめまいと嘔吐がしているだけだと思込んでいたようです。

警戒感の不足

1997年、パラナグアにおいて、一隻のクレーン付きばら積み貨物船がブラジル農務省職員から船艙の検査を受けました。無積載での検査には合格したものの、貨物の大豆ミール(大豆粕)から虫が見つかったため、ホスフィンを使った

薫蒸を行うよう、当局から命令を受けました。すでに船積みが完了していたため、リン化アルミニウムのタブレット剤を全貨物の上部に置くという方法が採用されました。薫蒸作業員は、ハッチは10日間閉めておくように船長に伝えました。薫蒸の開始から2日後、アイルランドに向けて航行中に、甲板上で作業していた整備工1名が体調を崩し、痙攣と手足の感覚の喪失に見舞われました。続けて、ほかの4人の乗組員にも同様の症状が現れたことから、無線で医療支援を要請した後、リオデジャネイロに寄港し、保健当局の職員が同船に乗り込み、5名の乗組員が病院に搬送されるという事態となりました。当局の職員は、これ以上乗組員がリスクにさらされないことが証明されるまで、同船の出港を禁止しました。薫蒸の最中に貨物倉を換気したことが原因で、害虫を殺傷する効果が弱まり、かつ貨物が汚染されてしまうリスクもたらされました。

すべての乗組員の健康が快復した後、航路からの逸脱と遅延による損害を誰が賠償するのかという点が議論の焦点となりました。船舶関係者らは、薫蒸実施会社が薫蒸時の対策を船舶に施す義務（つまり、貨物倉からのガスの出口を無くすこと）を十分に履行しなかったと主張しました。一方、薫蒸実施作業員側は船舶側が貨物倉の換気孔を密閉していなかったことを問題にしました。薫蒸作業員側がガス検出装置を船内に持ち込まなかったため、船舶側で検査を実施することはなかったものの、乗組員が強いガスの臭気に気づいて、ガスが漏れているハッチカバーをテープで密閉するという処置を施しました。薫蒸作業員側からは何の説明も指示もなかったようです。両当事者とも IMO

Recommendations on the Safe Use of Pesticides at Sea（国際海事機関の海上における殺虫剤の安全使用についての勧告）を引用したうえで、一方の当事者は、輸送中の薫蒸は「専ら船長の裁量によって実施されるべき」という箇所を引用し、船舶の安全性については船長に責任があると主張しました。結果論としては、双方に過失があり、どちらもより用心深く注意しておくべきでした。この事例は、貨物が船積みされた後

で、当局によって害虫に汚染されていることが発見された場合、船長や用船者は薫蒸を回避するのがいかに困難であることを示しています。ホスフィン、空気より重く、貨物の上部から底部まで浸透します。このケースでは、タブレット剤をすべて貨物の上部に置いたことによって、薫蒸の早い段階で、各船艙の上部空間に相当なガス気圧が生じて、ガス漏れが起こった可能性がある指摘されています。



貨物倉から穀物の荷下ろしを行っているところ。縦に3本のプラスチック管が並んでいるのが見える。船積み作業後に、この管の中にリン化アルミニウムのタブレット剤が投入されていた。管には小さい穴が開けられていたが、タブレット剤が貨物に十分に接触できずに薫蒸の完了までに1か月を要した。

木材貨物

薫蒸は、穀類だけでなく、木材貨物の害虫の殺傷にも使用されます。2006年、ある25,000GTの船舶（Gard加入）が、ペルーで用材を船積みしました。同船舶は、パナマ運河を通過する前にバルボアで錨泊し、燃料を積み込み、リン化アルミニウム（水分に触れるとホスフィンガスを発生するタブレット剤）を使用して薫蒸を実施しました。貨物倉は72時間薫蒸した後、24時間かけて換気が行われました。その後、プエルトリコのポンスに係留中に、薫蒸作業員が貨物倉から余分なタブレット剤を回収した際、船長とその処理方法について口論となりました。タブレット剤を濡れた甲板上に一時的に置いたときに発火が起こったようです。雨が降っていたため、タブレット剤はビニール袋に入れて回

取されましたが、船長は、薫蒸作業員が希望する、船内の焼却炉での処分を認めませんでした。その代わりに、タブレット剤は水と溶剤で満たした容器に保管されました。その結果、沸騰が起こり、ガスが発生し、中身が船外に流出するという事故が発生しました。このような「湿式法」も、余分な物質を非活性化するための一つの手法です。しかし、この方法で処理する場合には、適切に呼吸保護を行うことが必要で、いくつかの注意事項を遵守する必要もあります。薫蒸作業員2名が体調を崩して病院に搬送されたものの、無事快復しました。作業員らが、船内でガスマスクとガス検出装置を使用していなかったことが確認されています。Gardが選任したサーベヤーは、この事故の報告書の中で、はるかに深刻な結果がもたらされていた可能性があると指摘しています。

乗組員全員の危機

2000年、US Coast Guard News（米国沿岸警備隊の発行するニュース）で、オーストラリアに向かうばら積み貨物船の乗組員全員が、6番貨物倉から放出されたガスにより健康被害を受け、オレゴン州クーズベイに避難せざるを得なくなったことが報じられました。問題の貨物倉は、ワシントン州ポートエンジェルズにおいて害虫駆除のための薫蒸処理を受けており、大豆ミールが積み込まれていました。

出航して2日目に、19人の乗組員のうち12名が、頭痛、めまい、吐き気、呼吸困難、嘔吐、下痢のいずれかの症状を訴え始め、船長は薫蒸処理を受けた船艙からのガス漏れを疑いました。検査の結果、船舶内の事務所で0.5ppmのホスフィンが検出されました。空調を止め、すべてのドアと舷窓を開けて自然換気が行われました。乗組員全員が室外に退避し、無事快復に向かったということです。

同船に乗船した医者や薫蒸処理の専門家により、貨物倉からホスフィンガスが漏れていたことが判明しました。甲板の換気装置が停止され、テープ、シリコン、プラスチックを使って、ハッチコーミングのドレンパイプを含め、貨物倉の

すき間がすべてがふさがれました。特に、甲板下の通路から貨物倉へのアクセスハッチの蓋が目撃されました。この通路は居住区域に通じており、アクセスハッチの蓋が密閉されていなかったことが乗組員が被害に遭ったことの主因である可能性があります。ハッチの蓋の回し金の一部が不具合を起こしていました。選任されたサーベヤーは、薫蒸の実施会社が、すべての貨物倉が薫蒸の実施に適した状態にあると判断したことが間違いであったと指摘しています。航行前の薫蒸手順では、薫蒸の実施中、船舶の乗組員が安全に過ごせるように船舶が適切に設計されていること、かつ正常な状態であることの宣言を受けることが求められていました。それができない本事例のようなケースでは、全乗組員が船舶から退去するまで、船舶側では薫蒸処理は受けるべきではありませんでした。薫蒸作業員側は、貨物倉へのアクセス箇所の手すりについてより詳細な検査を実施すべきでした。一方、船主も、ハッチの蓋、シール、回し金の不具合を放置していたことについて責を負うべきでしょう。

幸運だった乗組員

2010年のクリスマスの数日前、エリー湖で、ばら積み貨物船の居住区域にホスフィンガスが漏洩し、乗組員が全員があわや死亡するという事故が発生しました。この船舶は、船齢が1年と新しく、腐食による穴はなかったものの、換気システムを経由してガスが漏れ出たものです。同船舶はGardの加入船ではなかったものの、この事故はニュースで大きく取り上げられました。

問題の船舶がミルウォーキーで穀類貨物を積み込み、モントリオールに向けて航行中に、乗組員の大半が体調の悪化を訴えました。船長は、貨物の薫蒸によって発生したホスフィンが食中毒の原因であると疑い、救助を要請しました。セントローレンス海路の職員が沖合で同船舶を停船させ、ポートコルボーンの消防局の救助隊が同船に乗り込みました。救助隊は船員の居住区に1.5ppmのホスフィンガスが充満していること、乗組員が休んでいた船室の舷窓が寒波の

ためにすべて閉めきられていて、換気システムから漏れ出した汚染された空気が蔓延していることに気づきました。調査員は、ガスが貨物倉から導管を経由して抜け出て、水密ドアと気密ドアを通して換気室に入り、そこから換気システムによって居住区へと循環されたのであろうと結論付けました。乗組員たちは、嘔吐、下痢、頭痛、めまいの症状を患い、何人かは自分で立ち上がることもできない状態でした。換気システムを停止させ、すべての窓が開け放たれました。船外に退避させた16名の乗組員（総乗組員数は21名）は病院に搬送され、無事快復しました。救助隊の助けがなければ、数名の犠牲者が出ていたものと思われます。環境有害物質・特定疾病対策庁（ATSDR）の指針では、呼吸器を平均濃度0.3ppmを上回るホスフィンガスに8時間以上、短時間でも1ppmを超えて暴露させてはならないと規定されています³。

ホスフィン中毒に対する解毒剤はありません。中毒症状にかかった際の処置は、呼吸機能と循環機能の働きをサポートすることです。緊急時には、被害者を空気の新鮮な場所に移すことが重要です⁴。

³ 国立労働安全衛生研究所(NIOSH)や労働安全衛生局(OSHA)などの米国当局が発行するガイドラインでは、作業員のホスフィンへの暴露は8時間の時間加重平均値(TWA)で0.3ppmを上回ってはならないと規定されています。時間加重平均値(TWA)は、職業暴露限度(OEL)の規定において用いられている用語です。ガス濃度が0.1ppmを上回っている船室で船員を休ませるような場合、24時間連続してホスフィンガスに暴露させてはなりません。欧州諸国では、さらに厳しい、欧州委員会の職業暴露限度に関する科学評議会(SCOEL)の数値(ホスフィンの場合の8時間TWAは0.1ppm)を採用しています。

⁴ ホスフィン中毒の医学面に興味のある方は、1980年に発生した、薫蒸中の穀類の輸送中に、子供2人と、総数31人のうち29人の乗組員が体調を崩し、子供1人が死亡した事故について、関心をお持ちください。この事故は、貨物倉から、居住室の換気装置近くのケーブルボックスを経由してガス漏れが発生していたことが原因です。「The Journal of the American Medical Association(JAMA)」の第244号(1980年)の148ページ~150ページ参照。

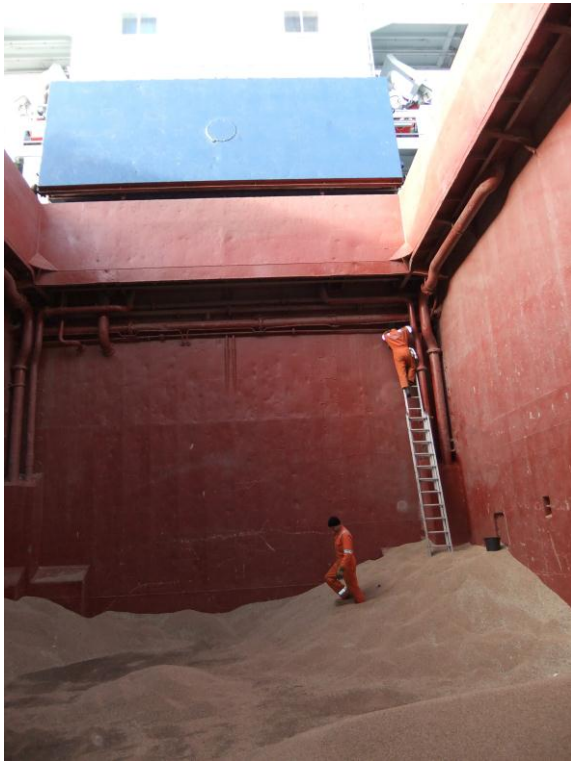


3番貨物倉の船尾隔壁に換気孔が開いている。鋼製の隔壁は、居住区域と穀物倉との境界としても使用されている。

密航者の死

必死の思いで国からの脱出を図る密航者も、薫蒸処理中の貨物倉に隠れているときに、危険にさらされているとは思ってもいまいでしょう。2009年、ナイジェリアのラゴスを出航した船舶内で、6人の密航者が発見されました。最初の1人は、鋼鉄をたたく音を聞きつけた乗組員によって、貨物ハッチの内側で発見されました。続けて、別の船艙から2人、大型ゴミ容器から2人が発見されました。貨物倉に隠れていた者は衰弱し意識が朦朧としていましたが、空気の新鮮な場所で休ませると快復に向かったようです。6人目は、貨物倉の入口のハッチのはしご上部の踊り場で発見されたときには、蘇生処置の甲斐なくすでに死亡していました。アビジャンで下船した5名は、病院で手当てを受けて無事快復しました。同船舶には、リン化アルミニウムで薫蒸した船艙に、薫蒸した袋詰めのカカオ豆が積み込まれていました。カカオは、通常、ホスフィンで処理されます。

このほかにも、貨物の薫蒸が原因で密航者が死亡した事例は数多くあります。



3番貨物倉の船尾隔壁。はしごの上部の隅に換気孔がある。甲板下の配管類の裏側にあるため、近付くのが難しい。

引火性

リン化アルミニウムは、それ自体可燃性ではないものの、水に触れるとリン化水素ガスが生成されます。このリン化水素ガスは空気中で自然発火する可能性があります。高濃度のリン化水素が発火すると非常に激しい反応を示すことがあります。また、爆発によって人体に重傷をもたらす危険性があります。消火する際は、水を使用せずに、砂や、炭酸ガス、粉末消化剤を使用してください。

2008年、オーストラリア交通安全局（ATSB）は、貨物の薫蒸の実施中に発火が起こったある船舶の事例をまとめた報告書を発行しました⁵。

船内における殺虫剤の安全使用に関する IMO の勧告

リン化合物は毒性が高く、水に触れたり、大気中の湿気にさらされると自然に発火するという特性を持つため、薫蒸を実施する際は、必ず、詳

⁵ ATSB「Marine occurrence investigation」第250号

細かつ厳格な手順を確立し、それを遵守することが重要です。

船内における殺虫剤の安全使用に関する勧告は、初版が1971年にIMOから発行された後、海上安全委員会によって数度の改訂が行われています。最新の改訂版は2010年版国際海上危険物規則（IMDGコード）の補足資料として掲載されています。貨物倉と貨物輸送設備の薫蒸の両方に関するガイドラインが定められています。IMOは、各国政府に対して、同勧告を所轄官庁、船舶関係者、薫蒸作業員、薫蒸剤・殺虫剤メーカー等の関係者に周知することを求めています。

このIMOの勧告は、船舶の薫蒸に関する最も重要なガイドラインであり、船員は薫蒸を実施する前に、十分に読み込んで遵守する必要があります。これ以外に、薫蒸剤の使用に関する旗国の規則や外国船舶に対する規制、メーカーの指示事項がある場合があります。IMOの勧告には、ホスフィン吸入時の中毒の症状として、「吐き気、嘔吐、頭痛、衰弱、失神、胸痛、せき、胸部絞扼感、呼吸困難」が取り上げられています。ただし、ホスフィンガスの濃度と暴露時間によっては、死亡する可能性があります⁶。

事故からの知見

これまでに発生した事例データから、次の知見を導き出すことができます。

- 薫蒸実施会社がIMOの勧告を遵守しないケースがある。
- 薫蒸作業員から提供される情報が不十分であったり、不正確な場合がある（例：薫蒸処理の所要日数など）。気温と湿度を考慮に入れなければならない。
- 船舶が薫蒸の実施に適した状態にあるか否かを判定するための検査が、極めて表面的に行われていて、乗組員の安全を確保するのに不十分なケースがある。

⁶ 米国立労働安全衛生研究所(NIOSH)は、ホスフィンの「即時に生命または健康水準に危険が迫る水準(IDHL)」を50ppmと規定しています。

- 船の老朽化や貨物倉と居住区間の鋼板の維持管理が不十分なことにより、薫蒸の実施に適していない船舶がある。

- 船長が、IMO の勧告を十分に理解していない場合や、勧告を遵守しない場合がある。船長が、IMO の勧告によって船長に付託されている権限と責任を十分理解せず、貨物の薫蒸は荷主と薫蒸作業員の仕事であると考えているようなケースがある。

- 適切な検査機器が船内に持ち込まれていないケースや、乗組員が検査機器の使い方を十分に理解していないケース、航行中の薫蒸実施の際に検査機器が使用されていないケースがある。

(タンカー船ではよく使用されているガラス管付きのベロー式検査機器も、ばら積み貨物船の乗組員には馴染みがない場合があります。想定されるガス濃度に合ったチューブを使用し、フィゴのポンピングは正確な回数実施することが重要です。説明書は必ず読んでください。テストチューブには、使用期限があることにも注意してください(特に、熱や日光にさらされている場合)。昨今では、ホスフィンをはじめとする多様なガスに対応した、アラーム付きの電子式測定機器が利用される場合があります。ベロー式の測定器がある時点の空気を検査するためのものであるのに対して、電子式の測定器は、空気中のガス濃度を常に一定に制御することを目的に使用するものです。個人用の小型の機器も利用できます。船舶には、ベロー式の検査機器しか準備されていないことが多く、陸上の検査官は、電子式の測定器を装備していることが多い傾向にあります。)

- IMO の勧告では、船内に持ち込まれたガス検出機器と呼吸保護具を正常動作させる責任は薫蒸作業員側にある。

通常、ガス検出機器と呼吸保護具は薫蒸実施会社から提供されます。「呼吸保護具」は、1~2個のガスマスクとフィルターで構成されているものが大半です。ガスの充満している部屋には、そのような環境での作業に慣れている船員以外はなるべく立ち入らないようにし、立ち入る場合には、ガスマスクに漏れ口がないか十分に注意する必要があります。フィルターは適切なタ

イプのもの使用し、適宜交換する必要があります。また、マスクの密着性は、各人の頭のサイズや形、ひげの有無などによって異なることに注意が必要です。ガスマスクを装着して立ち入ろうとする場所の空气中に十分な酸素が含まれているか確認することも重要です。ホスフィンガスの危険性を理解している人は、ガスが充満した場所に立ち入る場合、空気供給の過圧によってガスがマスク内部に侵入しにくい、酸素ボンベ付きのタイプを好む傾向があります。

- ホスフィン中毒の症状が出ていても、船酔いか食中毒にかかったと判断されてしまうケースがある。船長と乗組員が、薫蒸中の貨物の輸送に伴うリスクを十分に理解することなく、危険な兆候にも無頓着なことが一因となっているようです。

- 甲板や隔壁を貨物倉と乗組員の居住区の境界としても使用する構造の船舶の建造を禁止する規制がない。これについては、国際船級協会が検討すべき領域です。薫蒸中の貨物を輸送する可能性がある船舶については、貨物スペースの換気装置と居室の空気取り入れ口の場所も考慮に入れる必要があります。隔壁は気密構造でない限り、電気ケーブルを通す小さい穴などから、ガスが侵入する可能性があります。

コンテナの薫蒸

コンテナ内の貨物も薫蒸を実施する場合があります。2008年に、ロッテルダムにおいて、極東から輸送されたコンテナの扉を開けた陸上作業員3名が失神するという事故がありました。片側の扉の内側に吊り下げられた袋からホスフィンガスが発生していたのです。その袋は、前の貨物に使用されたもので、作業員らは薫蒸に使用されたものだとは知らなかったということです。このケースでは、作業員3名は病院に搬送され後に無事快復しています。

以下の2008年に発生した事例は、薫蒸に使用した材料の残滓の除去と処理の必要性を説明する際によく引用されるものです。ある船舶(Gardに加入)が、ロングビーチで、20台のパレットに載せた観葉植物を積み込んだ40フィートの冷蔵コンテナの荷揚げを行いました。

そのコンテナは、中身が搬出された後、荷受人の構内で1か月間保管されていました。次の貨物用にコンテナ内の清掃を行っていた作業員が、シガーチューブのような形の薄いアルミ製のシリンダーを発見しました。そのシリンダーは、一方の端が開封されていて、「リン化アルミニウム剤 30錠。有毒!」と表示されていました。その作業員が開封されている方を嗅いだところ、灰色の粉末状の物質があることに気づきました。2人目の作業員もそのチューブを見つけて、開封されている方を嗅いだということです。その後、その2名の作業員は暴露による潜在的危害があったとして、ターミナルの管理会社に対して賠償を求める訴訟を提起しました。チューブからホスフィンガスが出ていなかったため、被害者は出ませんでした。このクレームには、サーベヤー、弁護士、医師、危険物質取扱業者1社が関係することとなりました。

2009年、Gardでは、ペルーのカヤオからバルパライソに向かうコンテナ船内で起こった事例を扱いました。同船舶のオープンデッキで、28個のコンテナの薫蒸処理が実施されていました。出航から12時間後に、甲板長が強い臭気気づいたものの、当初は放置していました。しばらくすると、甲板長は発汗と嘔吐の症状に加え、頭痛の症状も訴え始めました。他の2人の乗組員も臭気を感じたものの、体に異常は起こらなかったということです。その後、その区域への立ち入りが制限されるとともに、居住区域の換気装置が完全に停止されました。載荷図と危険物図面から、薫蒸を実施しているコンテナの場所が割り出されました。すべてのコンテナに、リン化アルミニウムを使った薫蒸中であることから立ち入りを禁止する旨のラベルが掲示されました。荷揚港で保健当局が同船舶の検査を行ったものの、すでにガスの発生は収束しており、その他の異常も発見されなかったため、荷揚げが許可されました。甲板長は病院で検査を受けた結果、新鮮な空気だけで快復したと報告されています。

コンテナ船の乗船者にも、薫蒸処理中のコンテナがあることを通知し、ガスの臭気とホスフィ

ン中毒の症状に注意を向けさせることが重要です。一番リスクにさらされるのは、薫蒸処理済みのコンテナの開封と荷揚げを行う陸上作業員です。コンテナ内の有毒ガスへの対処方法と安全上の注意がまとめられた新しいハンドブック「Don't get caught by surprise」が発行されています⁷。

⁷ www.tgav.info