

### Ⅲ. サイロにおける穀物類のリン化アルミニウム 空間部投薬循環くん蒸技術（未定稿）

リン化アルミニウムは、空気中の水分と反応し、殺虫成分であるリン化水素ガスを発生するくん蒸剤であり、これまで植物検疫や一般の害虫防除に使用されている。しかし、剤型が、錠剤、粒剤であり、サイロでは穀物の搬入と同時に投薬するため、穀物中に分解残渣が混入したままとなる。また、搬入後の穀物に害虫が発生した場合は、薬剤の投薬が困難なためくん蒸できない。このような状況下、植物検疫を含め広い分野での害虫防除に資するため、安価で利便性の高いサイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸技術を確立した。くん蒸条件、使用できるくん蒸剤の種類、くん蒸に必要な器具機材、設備、くん蒸方法等の概要は以下のとおりである。

#### 1. サイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸基準

##### (1) くん蒸薬量、温度、くん蒸日数の基準

サイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸薬量は、現行の検疫基準薬量(リン化水素として $2\text{g}/\text{m}^3$ )を用い、くん蒸日数は、表1により決定する。

表1. サイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸の温度別くん蒸日数  
薬量  $2.0\text{g}/\text{m}^3$ (リン化水素として)

くん蒸日数(日)		サイロ空間部温度(°C)				
		5~7 未満	7~10 未満	10~15 未満	15~20 未満	20 以上
穀温(°C)	5~7 未満	7	7	7	7	7
	7~10 未満	7	6	6	6	6
	10~15 未満	7	6	5	5	5
	15~20 未満	7	6	5	4	4
	20 以上	7	6	5	4	3

注) 1. リン化水素  $2\text{g}$  発生させるためには、リン化アルミニウム約  $6.2\text{g}$  必要である。

2.  温度が低くリン化アルミニウム粉剤の分解が不十分であるため残渣処理に要注意。

くん蒸日数を決定するためには、穀層部分（穀温）とサイロ空間部の温度測定が必要となる。サイロに温度計が常設されている場合は、くん蒸開始前に温度を確認し、表に応じたくん蒸日数によりくん蒸を実施する。

温度が不明な場合は、くん蒸前にサイロ上から温度計を挿入し、穀層部分とサイロ空間部の温度を測定する必要がある。

## （２）サイロ空間部必要容積の確保

サイロ空間部投薬循環方式によるくん蒸では、サイロくん蒸に必要なリン化アルミニウム袋入り粉剤を全てサイロ空間部に投薬するため、サイロ空間部のガス濃度が急上昇する。このため空間部容積が小さい場合や停電などにより循環（排気）装置を運転できない場合は、非常に危険な濃度となる。したがって、必要な空間部の容積を確保することは極めて重要となる。具体的には、サイロ内容積の15%以上が空間部の容積として確保される必要がある（図1）。例えば、内容積1,000 m<sup>3</sup>のサイロであれば、空間容積が150 m<sup>3</sup>以上必要である。内容積1,000~1,500 m<sup>3</sup>の一般的なサイロであれば、サイロ天井から穀層までの距離は5~6mとなり、薬剤を吊り下げた場合の全長が4.1mであることから、薬剤の吊り下げについても穀層までの距離には、十分な余裕が確保されている。

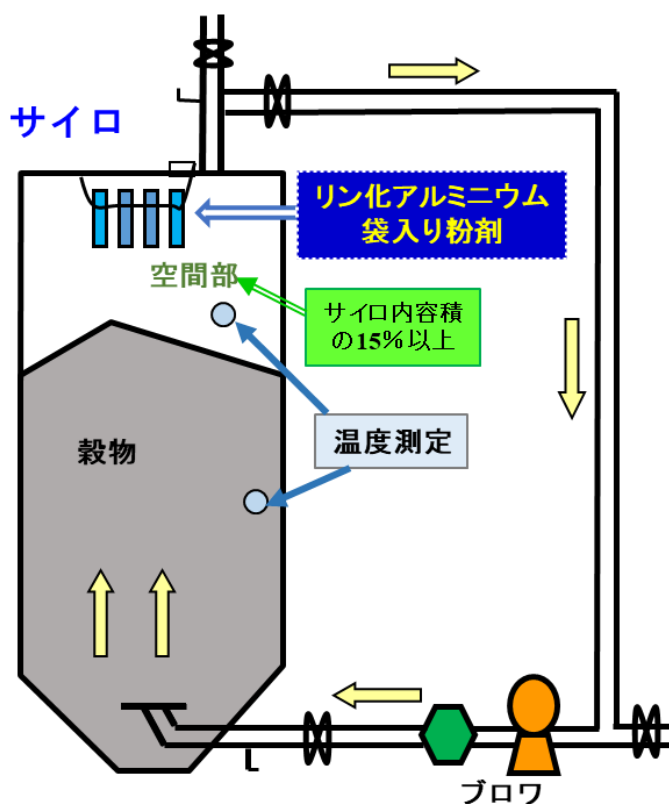


図1. サイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸模式図

### (3) 使用できるリン化アルミニウム剤

サイロ空間部投薬循環方式によるくん蒸に使用できる薬剤の種類は、リン化アルミニウム袋入り粉剤（農薬登録薬剤）である（錠剤、粒剤の場合は、重なり合うことから発火の恐れがあり使用できない）。この薬剤は、一袋 34g 入り 10 連が単位（340g）で、一袋からは 11g、合計 110g のリン化水素が発生する。10 連が一つのバックに封入されているが、開封したものは全てその都度使い切る必要がある。したがって、サイロの内容積から使用量を算出した場合、端数を切り上げ必ず使い切るようにする。

## 2 サイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸の実際

### (1) くん蒸施設（サイロ）の条件と必要な設備

サイロ空間部投薬循環方式に使用できるサイロは、輸入検疫規程に基づく「くん蒸倉庫指定要綱」で定められた基準を満たした施設で、循環装置審査に合格した等級が特A級またはA級に限られる。

サイロくん蒸に当たっては、サイロ内天井部分にリン化アルミニウム袋入り粉剤を吊り下げることになるが、投薬（サイロ空間部に薬剤を吊り下げる）及び開放（吊り下げた薬剤を回収する）時にサイロ内に立ち入ることなく、安全、確実、迅速に作業ができる設備、器材が必要となる。薬剤を吊り下げる方法として、サイロ上の開口部（マンホール）に取り付けられている中蓋（転落防止用鉄格子）を利用する方法がある。

投薬方法は、鉄格子の周囲に薬剤落下防止用の網袋（万が一の落下防止用）を取り付け、中央部にリン化アルミニウム袋入り粉剤を取り付けて、サイロ内に投入し、蓋をずらす。吊り下げ器具 1 個にはベルトが 3 本ついており、最も長いベルトの長さは 3m であるが、薬剤をセットすることにより全長が 4.1m になる（ベルトの長さは調節可能）（図 2～4）。

吊り下げ器具 1 個で 30 連（ $34\text{g} \times 30 \text{袋} = 1.020\text{kg}$ ）の投薬が可能である。吊り下げ器具は、薬剤とともに購入が可能である。

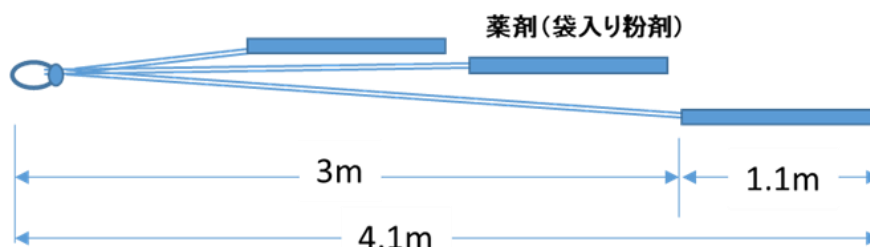


図2. 吊り下げ器具と薬剤の長さ

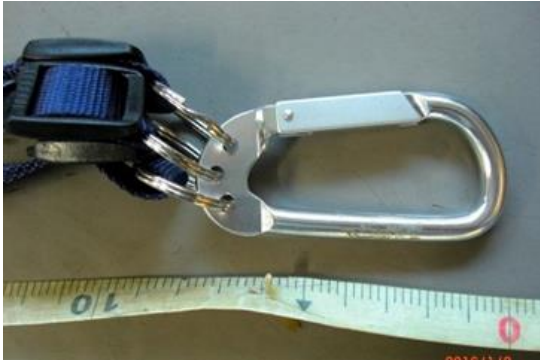


図3. 薬剤吊り下げ器具



図4. 薬剤の留め器具

### (2) くん蒸中におけるガスの循環

サイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸では、くん蒸終了時（開放）まで定期的に敷設のガス循環装置によりサイロ内のガス循環が必要である。ガスの循環は、冬期、夏期に関わらず基本的に1日毎に1時間であるが、循環の回数を多くすることや、1時間以上循環しても全く問題ない。仮に1日毎に循環できない場合は、図5に基づき循環する。

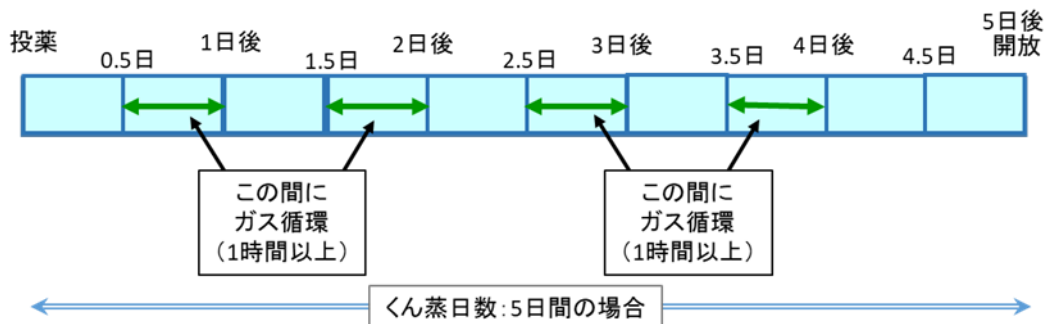


図5. 投薬後のサイロ循環方法

### (3) ガスの開放と残渣処理

くん蒸終了後は、ガス排気装置によりガスを排気し、リン化アルミニウム残渣を回収する。残渣には未分解のリン化アルミニウムが存在し、分解し続けているため、取り出し作業は、必ず隔離式全面型防毒マスクを装着して作業しなければならない。回収後の残渣は、サイロ下まで運搬する必要があるが、安全を確保するため残渣専用の運搬箱を使用する（運搬箱には専用のリン化水素吸収剤が装着されており、発生したガスを吸収する）。その後は、運搬箱を残渣処理場所まで運び、残渣処理機に搬入し、リン化

水素の発生がほとんど認められなくなった後に、産業廃棄物として一定の手続きに従い廃棄（焼却）処理する。

#### （４）くん蒸の流れ（手順）

- ① 袋入りリン化アルミニウム粉剤の投薬設備の確認（図６）
- ② サイロ内空間部の容積確認（サイロ内容積の 15%以上を確保）
- ③ サイロ内の穀温及び空間部の温度を確認し、投薬量、くん蒸日数を決定
- ④ リン化アルミニウム（袋入り粉剤）を投薬（吊り下げ）（図 7）
- ⑤ 投薬後 12～24 時間以内にガスを循環（1 時間以上）
- ⑥ くん蒸終了（開放）まで、同様に循環を繰り返す
- ⑦ くん蒸終了後、ブロワによりガスを排気し、残渣を取り出す（図 8）
- ⑧ 取り出した残渣を専用運搬器（図 9）で処理場所まで運搬し、残渣処理機に搬入（図 10）
- ⑨ 残渣処理後、安全を確認し、廃棄方法に従って廃棄処理



図6. リン化アルミニウム袋入り粉剤  
パック(1 袋 34g×10 連が封入)



図7. リン化アルミニウムの投薬状況



図8. リン化アルミニウム残渣取り出し  
状況



図9. リン化アルミニウム残渣運搬器

(5) リン化アルミニウムくん蒸における注意事項

- ①くん蒸開始前に、くん蒸実施方法、ガスの特性、中毒症状、緊急事態発生の際の措置など危害防止上必要な事項をあらかじめ関係者に十分説明しておく。
- ②あらかじめ関係者及び作業主任者の間で、投薬時刻、開放時刻及び荷役開始可能な時刻などの連絡方法について協議しておく。
- ③くん蒸作業は 2 名以上で作業班を編成し、ガスに接触する可能性のある作業では、隔離式全面型防毒マスクを着用し、吸収缶はリン化水素用を使用する。  
くん蒸剤を扱う場合は乾いた手袋を着用し、作業終了後は手や顔などを石鹸で十分洗い、手袋は洗濯しておく。
- ④投薬後は、ガス漏洩の有無を定期的に点検し、ガス漏れを認めたときは補修、補強などの措置を行う（ガス漏洩点検には、リン化水素専用のガスリーク検知器を用いる）。
- ⑤くん蒸中は、サイロビンの上下などに「くん蒸実施中・立入禁止」の表示を行い、くん蒸中であることを周知させるとともに、くん蒸場所周辺やガス漏れにより汚染される可能性のある場所についても立ち入りを禁止する。くん蒸終了後は、「くん蒸実施中・立入禁止」の表示を撤去するとともに、関係者にくん蒸を終了したことを通知する。
- ⑥検疫くん蒸における供試虫の設置方法は、臭化メチルサイロくん蒸と同様である。サイロ内のガス濃度を測定する場合は、24 時間毎（サイロガス循環前後）にサイロ上部と下部のピーコックからガスを吸引して測定する（ガス濃度測定器は、リン化水素用として認められている機器を使用する）。
- ⑦ガス排気後は、サイロ上・下のピーコックなどから検知管法により抑制濃度以下であることを確認し、くん蒸作業は終了する。くん蒸終了後、ガスの脱着により再びガス濃度が抑制濃度以上になる場合があるため、荷役作業を開始するときは必ず安全を再確認することが必要である。



図 10. リン化アルミニウム残渣処理機

(6) くん蒸関連機材

- 1) 防毒マスク（吸収缶）

リン化アルミニウムくん蒸では、防毒マスクは、隔離式全面型防毒マスク及びリン化水素専用吸収缶（缶の色は藤色）を着用する。マスクの着用方法を間違えると外気が漏入して思わぬ中毒事故を引き起こすことがあるので、着用の方法を十分に習熟する必要がある。

吸収缶の寿命の判定は、未使用の場合、上下の栓が閉めてあり、缶体にサビなどがなければ製造日から 2 年までは使用できる。使用後の場合、使用時間や使用時のガス濃度を記録しておくことがきわめて重要なことであり、それぞれの吸収缶に記載されている注意事項を十分守ることが大切である。

## 2) ガスの検知及び測定

くん蒸に当たっては、殺虫効果確認のための濃度測定、くん蒸中のガス漏れ調査のためのガス検知、くん蒸後の安全確認のための濃度測定が必要になり、それぞれ目的に合った測定器や検知器が必要になる。

- ① 検知紙法（リン化水素用硝酸銀検知紙）：検知紙の原色は白色であるが、水で湿らせてリン化水素の存在する場所にさらすと、ガスの濃度と暴露時間に応じて、検知紙の周辺から中心に向かって変色する。この方法は、正確な濃度の判定は困難であるため、あくまでもガス漏洩の有無に限られる。
- ② 機器による検知・測定法：リン化水素ガス濃度測定機器は、電気化学式（電解液方式）、半導体式及び干渉計式（光学式）の 3 種類が使用されている。電気化学式検知器にはリン化水素専用器であり、くん蒸中のガス濃度測定に使用できる高濃度用（0～2,000ppm）とガス漏洩検知及び安全確認に使用できる低濃度用（0～20ppm）の 2 種類がある。説明書により必ず用途に合ったものを使用しなければならない。半導体式検知器は、投薬中やくん蒸中のガス漏えい検知に使用されているが、他のガス（車、フォークリフトの排気ガス、アルコール、タバコ煙、人の息など）にも反応したり、低濃度を正確に測定できない場合があるため、許容濃度や管理濃度の測定には使用できない。干渉計式測定器は、くん蒸中のガス濃度測定に使用され、モードを切り替えることによって合計 8 種類のガスを測定できるが、空気以外のガスが存在する場合は干渉を受ける。
- ③ 検知管法：くん蒸後の安全確認に多く使用されている測定法で、ガス採取器と専用の検知管が必要となる。庫内ガス濃度の測定は、あらかじめ配置されている測定パイプからガスを吸引測定し、許容濃度以下であることを確認する。その後は防毒マスクを装着して庫内に入り、庫内濃度を直接測定したり、容器内などに検知管を挿入して測定することができる。検知管はガス濃度によって種類が異なり、使用方法もメーカーによって異なるため、添付されている使用説明書により正しく測定しなければならない。

(7) 危害防止対策

植物検疫くん蒸においては、「植物検疫くん蒸における危害防止対策要綱（昭和43年4月22日付け43農政B第699号農政局長通達）」により、くん蒸関係者に対する安全を確保するとともに、第三者に対する危害を防止するため、くん蒸関係者（くん蒸事業者、植物検疫作業主任者、くん蒸施設の所有者）が、くん蒸前、くん蒸中、ガス開放時、ガス開放後に、それぞれが果たすべき責任の範囲を定め、さらに、その責任をいかにして果たすべきか、従事するときの留意事項が定められており、これを遵守した作業が必要となる。

(8) 中毒時の応急措置

リン化アルミニウムは特定毒物に指定され、非常に毒性の高い薬剤である。そのため、使用できるくん蒸者は予め都道府県知事により指定されている。また、検疫くん蒸を業にしているくん蒸者は、予め緊急担当医を指定し、くん蒸剤による中毒事故等に対応できるよう作業体制が確立されている。したがって万が一リン化アルミニウムやリン化水素を吸い込んだり、気分が悪くなった場合は、直ちに指定医師に連絡し、対応しなければならない。今回開発されたサイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸は、検疫くん蒸に関係したくん蒸者のみの使用となることから、既に作成されている緊急時の対応に沿って対応することとなる。

〈（一社）日本くん蒸技術協会〉  
〈（国）農研機構果樹茶業研究部門〉