

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マニュアル(未定稿)

(国) 農研機構果樹茶業研究部門

(一社) 日本くん蒸技術協会

2018年3月

農林水産省・食品産業科学技術研究推進事業

課題番号：27012C(H27-29)による研究成果

目 次

はじめに

I	リン化アルミニウムくん蒸剤についての一般的知識	
1.	リン化アルミニウム剤の特徴	1
1)	リン化アルミニウムの理化学的性状	
2)	リン化水素の理化学的性状	
3)	くん蒸剤としての特性	
4)	適用害虫、くん蒸対象物及びくん蒸場所	
5)	許容濃度と抑制濃度	
6)	濃度、時間、温度の要因	
7)	害虫の薬剤に対する強さ	
8)	ガスの収着性	
2.	取扱上の一般的注意事項	6
1)	使用者の資格	
2)	使用上の注意事項	
3)	容器取り扱い上の注意事項	
4)	分解残渣の処置	
3.	ガスの検知、測定法	8
1)	ガスの検知	
2)	ガス濃度の測定	
3)	安全確認用ガス測定器	
4.	保護具（防毒マスク）と取扱上の注意事項	12
1)	防毒マスクの種類	
2)	防毒マスクの使用及び保管についての注意事項	
3)	吸収缶の能力	
5.	くん蒸剤の残留及び安全性	13
1)	農薬の登録制度	
2)	農薬の毒性	
3)	農薬の安全使用	
II	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.	くん蒸施設の調査	15
1)	環境の調査	
2)	構造の調査	
3)	ガス保有力の調査	
4)	かくはん（循環）装置の調査	
2.	使用できるくん蒸剤	16

3. くん蒸施設（サイロ）の条件と必要な設備	17
4. サイロ空間部必要容積の確保	18
5. 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薬量表	19
6. くん蒸中におけるガスの循環	20
7. ガスの開放と残渣処理	21
8. くん蒸の流れ（手順）	21
9. くん蒸剤の毒性と中毒症状	23
1) リン化水素の人体への作用機構	
2) 中毒症状	
3) 応急処置	
10. 危害防止対策（植物検疫危害防止対策要綱抜粋）	24
1) くん蒸体制の確立及び強化	
2) 責任分野の明確化	
3) 危害防止についてとるべき措置	
4) 事故発生時の措置	
5) リン化水素くん蒸における危害防止対策	

はじめに

リン化アルミニウム剤は、これまで植物検疫や一般の害虫防除に使用されている薬剤である。しかし、剤型が、錠剤、粒剤であるため、サイロでは穀物の搬入と同時に投薬する必要があり、穀物中に分解残渣が混入したままとなる。また、サイロ搬入後に害虫が増殖した場合には、薬剤の投薬が困難となる。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。

リン化アルミニウム剤は特定毒物に該当し、使用者は植物検疫くん蒸作業主任者など、予め認可を受けたもの以外では使用できないが、くん蒸を的確に実施できるよう、リン化アルミニウム剤の特性、くん蒸方法、くん蒸作業における危害防止対策など、くん蒸作業において参考となる事項を整理し、「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マニュアル」としてとりまとめた。本マニュアルは、今後、くん蒸に関する規則整備の進展とともに内容を改訂する予定である。

I リン化アルミニウムくん蒸剤についての一般的な知識

1. リン化アルミニウム剤の特徴

1) リン化アルミニウムの理化学的性状

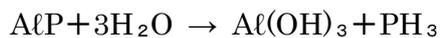
化学名：リン化アルミニウム

化学式：AlP

分子量：57.96

化学的特性

リン化アルミニウム剤には、錠剤（普通錠剤 3g 及び粒剤 1g）と袋入り（34g）の粉剤があり、剤型や成分がやや異なっているが、いずれも密閉容器から取り出せば、空気中の水分により徐々に分解し、殺虫成分であるリン化水素を発生し、残さとして灰白色粉末の水酸化アルミニウムが残る。



リン化アルミニウム剤の主成分は、リン化アルミニウム（55～57%）、カルバミン酸アンモニウム（ $\text{NH}_4\text{CO}_2\text{NH}_2$ ）、パラフィンなどで、完全分解するとリン化アルミニウム剤 1g 当たり約 0.33g のリン化水素が発生する。リン化水素の発生と同時に不燃焼化するための炭酸ガスとアンモニアガスの 2 種類の保護ガスが発生する。ただし、袋入り粉剤では、アンモニアガスの発生しない製品がある（テベック粉剤）。また、同時にカーバイトに似た危険予防のための警戒臭を発生する。

リン化アルミニウム剤は、空気中の水分によって分解するが、空気中の温湿度によってガスの発生する速度は異なる。

2) リン化水素の理化学的性状

化学名：リン化水素（ホスフィン）

化学式： PH_3

分子量：34.00

ガス比重：1.184（空気＝1）

沸点：-87.7℃

臭気：純粋なリン化水素は無臭であるが、警戒臭としてカーバイト様の臭いが付けられている。

気化熱：102.6cal/g

溶解度：熱水には不溶、冷水（17℃）では 26ml（1気圧 100ml）。

蒸気圧：34.2atm（20℃）

爆発限界、引火点、発火点（表 1 のとおり）

表1 主なくん蒸剤の爆発限界、引火点、発火点

くん蒸剤	爆発限界 (20℃、1atm)		引火点 ℃	発火点 ℃
	%	g/m ³		
青酸ガス	5.6～40.0	63～450	-17.8	537
臭化メチル	13.5～14.5	533～572	-	537
リン化水素	1.8～	25.5～	-	100
炭酸ガス	-	-	-	-
フッ化スルフリル	-	-	-	-

3) くん蒸剤としての特性

- (1) 通常のかん蒸剤が液体または気体であるのに対し、リン化アルミニウム剤として固形または粉体に製剤されており、殺虫成分であるリン化水素を徐々に発生するので比較的容易に取り扱うことができ、被くん蒸物中に混入、挿入、貼り付け、吊り下げ及び配盆などの方法により分散投薬ができる。
- (2) リン化アルミニウムくん蒸剤には、錠剤（3gの普通錠剤及び0.6gの小形錠剤）と粉剤（一袋34g入り）がある。3gの普通錠剤からは1g、0.6gの小形錠剤からは0.2g、一袋34gの粉剤からは11gのリン化水素が発生する。
- (3) 徐々にリン化水素が発生することや、長時間くん蒸によって強い殺虫力を発揮することから、他のくん蒸剤に比べて長時間くん蒸を必要とする。
- (4) 低温（5℃未満）では分解が極端に遅いため使用が困難である。リン化アルミニウム剤（普通錠剤）の完全分解所要日数と温度、湿度の関係は、表2のとおりである。

表2 リン化アルミニウム剤（普通錠剤）の分解所要日数と温・湿度の関係

温度 ℃	相対湿度 %	絶対湿度 g/m ³	分解所要日数 日
25	72.9	16.9	1
	48.5	11.3	2
15	72.9	9.4	2
	48.5	6.2	3
5	72.9	5.0	4
	48.5	3.3	7

- (5)一部の害虫を除く貯穀害虫に対し、非常に強い殺虫力を持っている。
- (6)殺虫成分であるリン化水素は拡散、浸透性がよく収着されにくい。
- (7)通常の使用法では穀物、種子などに薬害がない。ただし、電灯や配線器材に多く使用されている銅、真ちゅう、銀及びその製品を腐食するため注意を要する。
- (8)発生するリン化水素ガスは発火性が強く、空気中で高濃度（1.8%以上）になると発火する危険がある。
- (9)くん蒸後の残渣には、未分解のリン化アルミニウム剤が残ることが多いため、必ず残渣を回収し処分する必要がある。
- (10)人畜に対する毒性が強い。

4) 適用害虫、くん蒸対象物及びくん蒸場所

- (1)適用害虫：貯穀害虫（ヒメアカカツオブシムシを除く）。ただし、コクゾウムシ、ココクゾウムシ、グラナリアコクゾウムシはリン化水素に対する感受性が低いため、温度、くん蒸時間に注意する必要がある。
- (2)くん蒸対象物：穀類、豆類、雑穀、種子など。
- (3)くん蒸場所：倉庫、サイロ、はしけ、コンテナなど。

5) 許容濃度と抑制濃度

くん蒸剤使用に伴い、くん蒸施設内または作業現場などの濃度を管理する際の安全の目安として、許容濃度と抑制濃度がある（表3）。

(1)米国産業衛生監督官会議（ACGIH:American Conference of Governmental Industrial Hygienists）の許容濃度

許容濃度を次の3項目に区別している。

- ①時間荷重平均濃度（TLV-TWA：Threshold Value-Time Weighted Average）：
一日8時間、週40時間の労働時間に対する時間荷重平均濃度で、大多数の労働者はこの条件に繰り返し暴露されても健康障害を起こさない濃度である。
- ②短時間暴露濃度（TLV-STEL：Threshold Value-Short Time Exposure Level）：
15分以下の短時間における時間荷重平均濃度で、大多数の労働者が健康障害を起こさない濃度である。ただし、暴露間隔が60分以上で、一日4回を超えないことが必要である。
- ③天井値（TLV-C：Threshold Value - Ceiling）：たとえ瞬間的にでも超えてはならない濃度である。

(2)日本産業衛生学会の許容濃度

わが国では、日本産業衛生学会が許容濃度を勧告している。その基本的な考え方は、ACGIHの許容濃度の思想を取り入れたもので、次のように定義されている。

「ここにいう許容濃度とは、労働者が有害物に連日暴露される場合に、当該有害物

の空气中濃度がこの数値以下であれば、ほとんどすべての労働者に悪影響がみられぬ濃度である。ただし、個人の有害物への感受性は個人ごとに異なるので、この値以下でもある特別の労働者にとっては、不決、潜在的異常状態の悪化及び職業病の防止に役立たぬこともあろう。」

この定義でわかるように、わが国の許容濃度は労働者の暴露濃度の基準であって、気中環境濃度の基準ではない。また、学会の勧告であって、いきなり法的な強制力を持つものではない。

(3)抑制濃度

抑制濃度とは、特定化学物質等障害予防規則などにおいて法的に測定が義務づけられているいわゆる立入禁止濃度で、この濃度を超える場所への立ち入りは禁止されている。ただし、くん蒸の効果を確認するなどの場合には、送気マスク、隔離式防毒マスクなどの着用により立ち入りが許可される。

抑制濃度の値は、いずれもくん蒸中の濃度に比べて極めて低い値であり、開放後かなり薄くなった場合の濃度でさえも抑制濃度以上であることに十分注意しなければならない。抑制濃度以下であることの確認は、干渉計型ガス検定器、炎色反応型ガス検知器、検知紙などで、ガス濃度が十分低くなったことを確かめた後、検知管法または専用の検知器により測定しなければならない。

表 3 主なくん蒸剤の許容濃度及び抑制濃度

くん蒸剤	許 容 濃 度				抑制濃度 ppm
	米国 (ACGIH)			日本	
	TLV-TWA	TLV-STEL	TLV-C		
	ppm	ppm	ppm	ppm	
臭化メチル	1	-	-	1	1*
青酸ガス	-	-	4.7	5	5*
リン化水素	0.3	1.0	-	-	0.3
ヨウ化メチル	2	-	-	-	2
二酸化炭素	5,000	30,000	-	5,000	15,000
フッ化スルフリル	5	-	-	-	-

* : 特定化学物質等予防規則。

6) 濃度、時間、温度の関係

ガス濃度、くん蒸時間及びくん蒸中の温度の相互関係については、次のようなことがいわれている。

CT 値 (濃度・時間積)

殺虫効果は、濃度と時間を乗じた値により決まる。

$CT=K$ C =濃度 T =時間 K =定数（温度、害虫の種類により一定）

ただし、この式はリン化水素や炭酸ガスの場合にはあてはまらない。これは前記くん蒸時間の項で述べたように、殺虫効果に及ぼすくん蒸時間の影響が非常に大きく、 CT 値が同じでも、時間 (T) が長い場合は短い場合に比べて殺虫効果が著しく大きいからである。

7) 害虫の薬剤に対する強さ(リン化水素)

主な貯穀害虫のリン化水素に対する強さの比較は、表 4 のとおりである。

表 4 貯穀害虫のリン化水素に対する強さ

強さの程度	種 類
弱 い	コクヌストモドキ、ヒラタコクヌストモドキ及びアズキゾウムシの各態、タバコシバンムシ及びジンサンシバンムシ、ノシメマダラメイガの成虫・幼虫、ノコギリヒラタムシ、グラナリアコクゾウ及びコクゾウの成虫
中程度	コクゾウムシの幼虫、トルコカクムネヒラタムシの蛹、ノシメマダラメイガの卵
強 い	コクゾウムシ、ココクゾウムシ、グラナリアコクゾウムシの蛹、ヒメアカカツオブシムシの幼虫

なお、ここで述べていない種類、態は大体中程度以下で、大部分は弱に入ると考えられる。

以上のように、リン化水素に対してはコクゾウ、ココクゾウ及びグラナリアコクゾウの蛹、ヒメアカカツオブシムシの幼虫が最も強く、リン化アルミニウム剤による通常のくん蒸方法では完全殺虫することはできない。

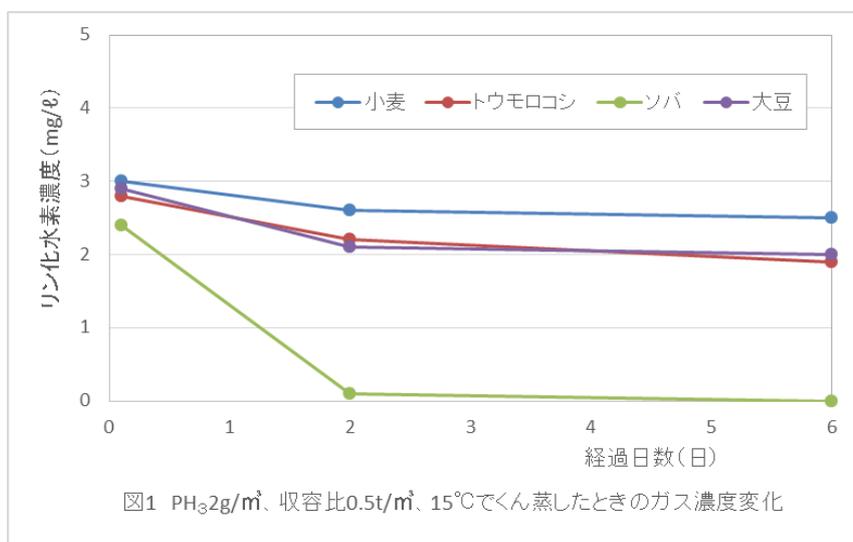
しかし、他の害虫に対してはどのような態でも 100%殺虫することができる。これらの害虫のくん蒸効果判定用の供試虫としては、臭化メチルの場合と同様にヒラタコクヌストモドキの成虫を用いている。

8) ガスの収着性

リン化水素は、沸点が低く、水に難溶性で、また、被くん蒸物に収着されにくいガスであるため、一部のもの（そば、べにばな種子など）を除き収着量は非常に少ない。

リン化水素で小麦、大豆、トウモロコシ及びそばをくん蒸した場合のそれぞれのガス濃度の経

時変化を示すと図1のとおりである。



2. 取扱上の一般的注意事項

1) 使用者の資格

わが国では、関係法令により、リン化アルミニウム剤は「特定毒物」に指定されており、その使用者は次のように定められている。また、30kg以上の貯蔵に際しては消防署に届出が必要である。

- ①国、地方公共団体、農業協同組合または日本たばこ産業株式会社。
- ②くん蒸により倉庫内もしくはコンテナ内のねずみ、昆虫などを駆除することを業とする者または営業のために倉庫を有する者であって、都道府県知事の指定を受けたもの。
- ③船長（船長の職務を行う者を含む。以下同じ）またはくん蒸により船倉内のねずみ、昆虫などを駆除することを業とする者。

2) 使用上の注意事項

- ①リン化アルミニウム剤を取り扱うときは、隔離式全面型防毒マスク（リン化水素用）を着用すること。
- ②作業中は乾いている手袋を着用し、作業終了後は手や顔を十分洗うこと。
- ③作業中は火気を近付けないこと。
- ④錠剤は水や他の液体と接触しないようにすること。
- ⑤開封した（外部の缶）薬剤は、そのつど使いきり、作業終了後、錠剤が缶内に残存していないことを確かめること。ただし、缶を密栓し安全に保管できるものに限る、翌日引き続き使用することができる。
- ⑥銅、真ちゅう、銀及びそれらの製品をくん蒸しないこと。

- ⑦銅や真ちゅうはリン化水素ガスにより表面が腐食して黒変する。銅は、100ppm 以下、真ちゅうは、250ppm 以下の濃度では腐食せず、外観上の変化はないが、これ以上の濃度では、温度及びくん蒸時間に比例して腐食が激しくなる。また、腐食は、通常の場合では一般に温湿度に比例するが、特に湿度の影響が大きい。
- ⑧倉庫などでは、スイッチやコンセント類が影響を受ける。なお、これらにニッケルまたはクロームメッキをしたものを使用した場合、外観的にはほとんど変化しなくなるが、接触電気抵抗がかなり上昇する。また、蛍光灯も若干寿命が短くなるので、くん蒸するときはこれらをビニールシート（厚さ 0.2mm 以上）などで被覆する必要がある。
- ⑨銅板や真ちゅう板などの表面を水ガラス、ラッカーペイント、パラフィンでシールすれば、かなりの防止効果があるといわれている。
- ⑩銀は銅ほどではないが、リン化水素の濃度が高く、くん蒸時間が長いと表面が部分的に茶褐色に変色する。

3) 容器取り扱い上の注意事項

(リン化アルミニウム容器の貯蔵)

- ①容器は換気の良い冷暗所に貯蔵し、居室内に持ち込まない。
- ②直射日光、火気、その他の熱源から離し、また、腐食性の強い薬剤を近くに置いてはならない。
- ③容器を保管する場所には必ず施錠する。

(容器の取り扱い)

- ①容器は丁寧に扱う。
- ②容器運搬の際は引火または発火しやすいもの、腐食性の強い薬品との積合せを避ける。

4) 分解残渣の処置

くん蒸終了後の残さには未分解のものがあるので、処理に当たっては、次のことを注意する。

- ①回収した残渣はなるべく専用の運搬容器（除毒機能付き）に収容し、廃棄場所まで安全に運搬して処理するか、すみやかに残渣処理機（除毒機能付き）に収容し、完全分解後に産業廃棄物として廃棄処理（焼却）する。
- ②残渣の処理の作業は、残存ガスが発生する恐れがあるので、周囲に人家や、第三者がいないことを確認した上で、隔離式全面型防毒マスク（リン化水素用）を着用して行う。
- ③未分解の粉末を密閉容器に入れたまま数分以上放置すると発熱発火の恐れがあり非常に危険である。また、粉末の上から水をかけることも絶対に禁物である。

3. ガスの検知、測定法

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、くん蒸後は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。ここでは、くん蒸作業において通常使用されている方法を主体に説明する。

1) ガスの検知

(1) リン化水素用硝酸銀検知紙

①原理

水で湿らせた硝酸銀試験紙（硝酸銀溶液を浸み込ませて暗所で乾燥したろ紙）は、リンと反応して黒色を呈することを利用する。

②測定の方法

硝酸銀 5g を蒸留水 100ml に溶かした溶液をろ紙に浸み込ませて暗所で乾燥させる。このろ紙を水で湿らせ使用する。この検知紙の原色は白色であるが、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。しかしながら、5分間以上空气中に暴露した場合は、リン化水素ガスの有無にかかわらず、酸化によって検知紙の周辺から淡褐色に変色するので、判定は3～4分間以内とする。硝酸銀検知紙の呈色反応色は図2のとおりである。

図2 リン化水素による硝酸銀検知紙の反応色

	約3分	0.3～0.5ppm	周辺がわずかに淡褐色
	1分	1ppm	黒色、中央は暗褐色
	30秒	25ppm	黒色
	直ちに	100ppm	黒色

(2) ガス検知器

① ガスリーク検知器 SP-220 (図3)

投薬中やくん蒸中に機器やくん蒸施設からのガス漏えい検知に使用する。検知器のモードをリン化水素用 (PH₃) にセットしガスを吸引する。ガスを検知するとレベルメーターと警戒音で知らせる。レベルの切り替えで3段階の濃度設定が可能である。リン化水素の場合、最高感度は0.1ppmとなっているが、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、正確なガス濃度とはいえないのでの抑制濃度や管理濃度の測定には使用できない。



図3 SP-220

(SP-220 : 表6 理研計器測定器仕様書参照)

②専用ガス検知器 Pac7000 リン化水素用 (図 4)

投薬中やくん蒸中に機器やくん蒸施設からのガス漏えい検知に使用できる他、専用機器であるためくん蒸後の安全確認(許容濃度0.3ppm)にも使用できる。検知できる濃度は0.01ppmから20ppmである。胸ポケットにも装着でき、0.1ppmでランプの警戒表示、0.2ppmでアラームの警戒音が作動する。

(Pac7000 : 表5 ドレーゲル測定器仕様書参照)



図4 Pac7000 PH3

2) ガス濃度の測定

(1)専用ガス濃度測定器 X-am5000 リン化水素用 (図 5)

電気化学センサーにより高濃度のリン化水素濃度を測定できる測定器である。測定範囲は0~2,000ppmであり、外付けの吸引ポンプ(図6)に組み込むことで庫内のガス濃度をパイプから吸引してガス濃度を測定することができる。(X-am5000 : ドレーゲル測定器仕様書参照)



図 5 X-am5000

表 5 ドレーゲル測定器仕様書

種類	パック7000(Pac7000)		イグザム5000(X-am5000)
	リン化水素用	青酸ガス用	リン化水素用
用途	くん蒸中のガス濃度測定(低濃度用)		くん蒸中のガス濃度測定(高濃度用)
総重量	120g		250g
使用可能時間	5,500時間		連続9時間以上
使用形態	装着可能		携帯可能
検知方法	ガス接触式		ガス接触式 吸引ポンプ装着で吸引式
付属機器(別途購入) (使用可能時間)	-	-	吸引ポンプ(400g) (連続30時間以上)
測定範囲	0~20ppm	0~50ppm	0~2,000ppm (約3mg/l)
最小単位	0.01ppm	0.1ppm	1ppm(最小表示)
(参考:許容濃度)	0.3ppm	5ppm	
アラーム(ランプ)	0.1ppm	2.5ppm	表示可能
アラーム(+パイプ)	0.2ppm	4.5ppm	表示可能
測定センサー	電気化学式		電気化学式
センサー寿命	1年 (メンテ込みでセンサー交換)		1年 (メンテ込みでセンサー交換)
電源	CR123A(リチウム電池)		単三電池または充電器



図 6 吸引ポンプ付き

(2)干渉計型ガス濃度測定器 FI-8000 型 (図 7)

ガスの種類により光の屈折率が空気中のそれと異なることを利用して、ガス濃度を測定する装置である。ガスの吸引はポンプ式(図 8)で、庫内のガスを吸引後に接続部を切り離してデジタル表示されるガス濃度を読み取る。リン化水素濃度を測定する場合は、検知器のモードを P H3 にセットしガスを吸引する。モードを切り替えることによって合計で 8 種類のガス濃度を測定できるが、空気以外に複数のガスが存在する場合は干渉を受ける。特に二酸化炭素が存在する場合は多いため、ガス濃度測定に当たっては必ずガス吸収管(ソーダライム吸収管及び塩化カルシウム吸収管)を接続する。接続の順序は、ソーダライム吸収管⇒塩化カルシウム吸収管⇒測定器とする。リン化水素濃度の場合、測定単位(最小目盛)は 0.05mg/l で、10mg/l まで測定可能である。



図 7 FI-8000



図 8 吸引ポンプ

(FI-8000 : 表 6 理研計器測定器仕様書参照)

表 6 理研計器測定器仕様書

種類	FI-8000				SP-220			
機種	ゴムスプレーによる手動吸引式				ポンプ吸引式			
用途	くん蒸中のガス濃度測定				ガス漏洩確認			
総重量	約1.1kg(乾電池を含む)／ 約1.2kg(リチウムイオン電池を含む)				215g(乾電池除く)			
使用可能時間	乾電池:16時間以上(新品乾電池、25℃、無照明時) リチウムイオン電池:24時間以上(満充電時、25℃、無照明時)				約13時間 (25℃、無警報、無照明時)			
使用形態	装着可能(胸部等)				携帯可能			
検知方法	光波干渉式				熱線型半導体式			
付属機器 (別途購入)	ガス吸収管(塩化カルシウム及びソーダライム用)、 ゴムスプレー、乾電池				乾電池			
測定可能ガス	臭化メチル、ヨウ化メチル、リン化水素、シアン化水素、 フッ化スルフルル、酸化プロピレン、ギ酸エチル、二酸化炭素				臭化メチル、ヨウ化メチル、リン化水素、シアン化水素等			
測定対象ガス	臭化メチル	ヨウ化メチル	リン化水素	二酸化炭素	臭化メチル	ヨウ化メチル	リン化水素	シアン化水素
測定範囲	0~200mg/l	0~200mg/l	0~10mg/l	0~200mg/l	レベル1~3	レベル1~3	レベル1~3	レベル1
最小単位	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1~1ppmでレベル1表示(ガスの種類により異なる)			
(参考:許容濃度)	1ppm	2ppm	0.3ppm	5000ppm	1ppm	2ppm	0.3ppm	5ppm
電源	乾電池ユニット(単3形アルカリ乾電池×3本) またはリチウムイオン電池ユニット(オプション)				乾電池ユニット(単3形アルカリ乾電池×2本)			

3) 安全確認用ガス測定器

(1) 専用ガス検知器 Pac7000 リン化水素用 (図 4)

前項の 2)の②で述べたように、Pac7000 リン化水素用は、低濃度のリン化水素を測定できる専用機器であり、くん蒸後の安全確認(許容濃度 0.3ppm)に使用できる。操作が簡便で、連続的に、迅速に測定でき、0.1ppm でランプの警戒表示、0.2 ppm でアラームの警戒音が作動する。くん蒸庫内の許容濃度確認に際しては、安全が確認されるまで必ずリン化水素専用の防毒マスクを着用して測定する必要がある。

(Pac7000 : 表 5 ドレーゲル測定器仕様書参照)

(2) 検知管法

検知管は次の多くの利点によって、空気中の有害ガス濃度を測定するのに利用されている。

- ①許容濃度付近の微量ガス濃度の測定ができる。
- ②信頼性と再現性がある。
- ③操作が簡便で現場で迅速に測定ができる。
- ④器具器材がそれ程高価でなく、入手が容易である。
- ⑤選択的に測定ができる。
- ⑥測定結果をある程度の時間内は、そのままの状態で保存できる。

現在、わが国では、北川式、ガステック式、ドレーゲル式が使用されている。検知管法の器体は、ガスを採取するガス採取器(ガス検知器、ポンプともいう)と濃度を測定する検知管とからなり、これに保守、補助器具が付いている。

検知管による測定は、測定ガスの種類やガス濃度によって測定方法やガス検知器による吸引量、吸引回数が異なり、温度補正が必要な場合もある。そのため、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。

(ガス検知器及び検知管と測定方法 : 図 9 参照)

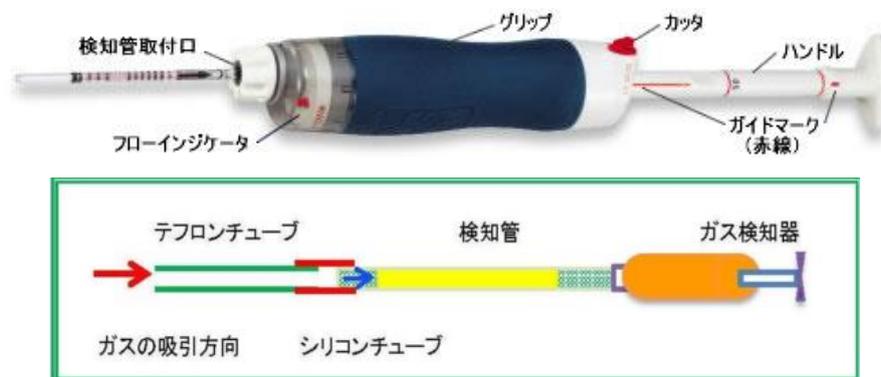


図 9 ガス検知器及び検知管と測定方法 (例)

4. 保護具（防毒マスク）と取扱上の注意事項

くん蒸作業の現場では、防毒マスク、空気呼吸器、送気マスクなど呼吸用保護具を使用する機会が多いが、これらの保護具には構造の規格や国の検定を必要とするものがある。保護具の選定に当たっては、ガスの種類に応じたものを選んで使用しなければならない。また、くん蒸作業場所は酸素欠乏状態になることがあるので、酸素濃度を測定する必要がある。

ここでは、最も多く使用されている防毒マスクについて説明する。

1) 防毒マスクの種類

直結式マスク：吸収缶と面体とが直接連結されている。この型式のマスクは、小型の吸収缶を使用しており、除毒能力が低いので、くん蒸作業には適さない。

半面型面体：鼻、口辺を覆う形式のものである。くん蒸作業では、臭化メチルくん蒸に限って半面型面体の使用が認められているが、投薬時にはゴーグル型保護メガネを着用することになっている。

隔離式全面型防毒マスク：吸収缶と面体とが連結管（蛇管）で連結されており、吸収缶によって有毒ガスを浄化した清浄な空気を、連結管を通じて吸気し、呼気は排気弁から外気中に放出するものである。隔離式用の吸収缶は、その容積が大きく、比較的長時間有効であるので、くん蒸作業では、この隔離式を使用することになっている（図 10 参照）。



隔離式全面型防毒マスク



リン化水素用吸収缶



隔離式半面型防毒マスク



密閉型ゴーグル

図 10 防毒マスク、専用吸収缶及び密閉型ゴーグル

2) 防毒マスクの使用及び保管についての注意事項

- ①防毒マスクは、安全及び衛生的見地から各人が専用のもを持つべきである。
- ②マスクの着用は、完全でなければならない。着用が悪い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。着用には先立ち、吸収缶の上下の栓を外し、吸収缶と面体の連結管をつなぐ。次に、締めひもの長さを自分の顔に合うよう調節し、下の左右 2 本は緩めておく。冬期は、アイピースが呼吸で曇ることがあるので、このような場合は曇り止め剤を塗布する
- ③着面は、まず、両手で左右の締めひもを握り、先にあごを入れ、ひもをつり上げながら順次顔全体を覆う。次に、下の左右 2 本の締めひもを適度に締めあげる。この際、面全体の位置を無理のないよう調整する。終わったら、吸収缶の底をふさぎ、静かに吸気して、外気が漏入しないことを確かめる。また、ガスボンベと投薬用耐圧ホースの切り離しなど、濃いガスに触れる可能性のある作業においては、ガス漏れ部位に吸収缶がこないように注意して携帯袋をセットする必要がある。脱面は、面体の下部を握ってあごから順次外す。
- ④マスク使用後は、吸収缶を連結管から取り外し、上下に密栓し、面体（特に弁関係）の湿気をふき、使用時間をカードに記入して袋に納める。マスクが非常に汚れたときは、アルコールで拭いておく。直射日光を避け乾燥した場所に保管する。
- ⑤空気中の酸素が 18%未満の場合（通常空気では約 21%）または非常にガス濃度が高い場合は危険であるため使用してはならない。この場合は、空気呼吸器または送気マスクを使用する必要がある。
- ⑥吸収缶は、リン化水素の場合はリン化水素用（藤色・記号なし）を用いる。また、空気中の湿気を吸収して急速に能力が低下するため、使用時以外は必ず上下の栓を確実にはめて乾燥した冷暗所に保管しなければならない（開缶状態で保管されていたものは絶対に使用しないこと）。

3) 吸収缶の能力

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。

5. くん蒸剤の残留及び安全性

現在、使用されているくん蒸剤は、その使用量、回数にかかわらず安全性が保証されているわけではない。くん蒸剤の種類によっては、使用方法により許容量以上の残留性が認められる可能性がある。したがって、くん蒸剤（農薬）の使用方法は、その毒性や残留性が調査され、安全性が確認された方法に限られている。わが国における農薬の登

録制度、農薬の安全使用、農薬残留基準、くん蒸剤の分析方法などは次のとおりである。

1) 農薬の登録制度

わが国では、農薬取締法により、「製造業者又は輸入業者は、その製造し若しくは加工し、又は輸入した農薬について、農林水産大臣の登録を受けなければ、これを販売してはならない」定めている。

この登録を受けるには、農薬の種類、名称、物理的・化学的性状、有効成分の含有量などの他に、農薬の薬効、薬害に関する試験成績、農薬の安全性を評価するための毒性及び残留性に関する試験成績などが必要となる。

ここで毒性とは、哺乳動物を用いた急性及び慢性毒性など、残留性とは、農作物及び土壌への残留性のことで、これらの試験成績に基づいて農作物などへの残留に関する「農薬登録保留基準（環境庁）」を定めているが、すでに「農薬の残留基準（厚生省）」が定められている場合は、この基準を準用している。その他、土壌への残留、水産動物に対する毒性、水質における残留性に関する基準などがある。

また、環境庁は作物残留性農薬などの指定及び使用基準の設定を、厚生省は毒性の強い農薬の指定を行い、農林水産省は農薬残留に関する安全使用基準及び適正使用基準を定めて、それぞれの基準を超えた農作物などの生産、流通を未然に防ぐこととしている。

2) 農薬の毒性

わが国では、農薬に限らず、通常社会に出回る物質（化学物質）全般について、人間または動物に対する毒性の強いものについて「毒物（特に強いものは特定毒物）」、「劇物」に分類し、法令によりその製造、輸入、販売、取扱いなどを規制している。

くん蒸剤では、リン化アルミニウム剤が「特定毒物」、リン化水素及び青酸ガスが「毒物」、臭化メチル、クロルピクリンが「劇物」に指定されている。

表示方法は、毒物は「医薬用外」の文字及び赤地に白字で「毒物」と、劇物は「医薬用外」の文字及び白地に赤字で「劇物」とする。

3) 農薬の安全使用

残留農薬の安全性は、残留量の多少のみでは判断できない。安全かどうかの基準は、残留農薬の潜在的な毒性、毒性の強さ、量が関係している。作物体の残留農薬は極めて微量（ppm または ppb）であるために、急性毒性よりも、長期間にわたって摂取した場合の毒性が問題となる。残留農薬は食物と共に毎日摂取される。毎日の摂取量が微量のため、数か月では何の障害も現れないが、何年、何十年という単位で見れば、何か健康への障害が現れるかもしれない。このような危険性、つまり農薬の慢性毒性を明らかにしておく必要がある。農薬の安全性を評価するためには種々の毒性試験が必要であり、わが国では急性毒性試験、慢性毒性試験、次世代に及ぼす影響の試験、変異原性試験の実施が必須となっている。

II 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

リン化アルミニウム剤は毒物劇物取締法により特定毒物に指定され、使用者、用途が制限されている。使用に当たってはあらかじめ都道府県に申請し、使用者指定を受けなければならない。リン化アルミニウム剤を使用してくん蒸できる施設、農産物、使用量、くん蒸時間、使用回数、使用上の注意事項等は農薬取締法により定められており、使用に当たってはその範囲、使用方法を遵守する必要がある。これらの事項は、薬剤の容器などに記載されている。検疫くん蒸で使用する際は、「植物検疫くん蒸における危害防止対策要綱」に基づき、植物検疫くん蒸作業主任者資格者の指示の基に2名以上が組となって作業しなければならない。

くん蒸作業については、基本的には検疫くん蒸と同様の作業となるが、リン化アルミニウム粉剤を使用したサイロ空間部投薬循環方式によるくん蒸方法で、特に重要となる事項について説明する。

1. くん蒸施設の調査

くん蒸に使用する倉庫、サイロは、大量に輸入される穀類などのくん蒸が円滑、確実にできるように、あらかじめ周囲の環境、施設の気密性、設備の能力などに問題がないか、調査しておく必要がある。わが国におけるくん蒸施設の調査方法は、以下のとおりである。

1) 環境の調査

くん蒸施設（倉庫、サイロ）と学校、病院、住宅などとの距離が3m以上あり、かつ、そのガスを排出する場所と学校、病院、住宅、事務所、公共道路などとの距離が15m以上あること。

2) 構造の調査

くん蒸施設に亀裂、破損か所がないか、攪拌、投薬、排気装置などが所定の構造のものであるかについてチェックする。

くん蒸施設の気密性は、コンクリートまたは鉄鋼板造りのものは3年毎に、その他の構造の施設は1年毎に、次に述べるガス保有力調査によって確認する必要がある（ただし使用実績が多い場合は、そのデータにより気密性を確認する方法もある）。

3) ガス保有力の調査

空倉庫（サイロ）において、10g/m³の臭化メチルを使用してくん蒸を行い、48時間後に倉庫（サイロ）の中央、上（はりの高さ、または天井から30cm下）、中（上下の中間）、下（床面またはガス吐出口から30cm上）のガス濃度を測定する。ガス保有力

は、上・中・下 3 点のガス濃度の平均値で算出する。ガス保有力は、85 %以上が特A級、70 %以上がA級、55 %以上がB級の 3 段階に区分される。

ガス保有力審査は、気密度審査（圧力降下法）によって代えることができる。

倉庫：送風して水マノメーターで水柱高が 55mm になるまで加圧し、送風停止後、水柱高が 50mm に降下した時点から 5 分後の水柱高が 45mm 以上の特 A 級、5mm～45mm 未満が A 級となる（加圧すると破損の恐れがある場合や 5mm 以上の圧力を保てない場合は、気密度審査による指定ができない）。

サイロ：空の状態です送風して水マノメーターで水柱高が 550mm になるまで加圧し、送風停止後、水柱高が 500mm に降下した時点から 20 分後の水柱高が 400mm 以上の特 A 級、200mm～400mm 未満が A 級となる（加圧すると破損の恐れがある場合や 200mm 以上の圧力を保てない場合は、気密度審査による指定ができない）。

4) かくはん（循環）装置の調査

貨物を収容して、消毒基準薬量を用いてくん蒸し、かくはん（循環）装置を作動させた場合、一定時間以内にガス濃度が均一化するかどうかを調査する。

貨物の量は、穀類などでは、サイロで 0.7～ 0.8t/m³、倉庫で 0.2～ 0.3t/m³を収容し、投薬終了後 2 時間以内にガス濃度が均一化（±10%以内）する必要がある（青果物を収容する倉庫の審査については省略）。

ガス濃度の測定位置は、サイロの場合は上部空間（天井から 30cm 下）、穀層上（穀層表面から 0.5～1m 下）、同中（穀層上下の中間）、同下（ガス吐出口付近）の 4 点以上、倉庫の場合は中央上（はりの高さ、または天井から 30cm 下）、中（上下の中間）、下（床面から 30cm 上）の 3 点以上となる。

サイロのかくはん（循環）装置審査は、検疫くん蒸と兼ねて実施する場合以外は、臭化メチルを使用できないため、その場合は二酸化炭素を使用することができる。二酸化炭素の投薬量は 20g/m³とし、投薬後に循環装置を運転する。この場合、循環開始から 2 時間以内にガス濃度が均一化（±10%以内）する必要がある（臭化メチルの場合は、検疫くん蒸の方法により実施する）。ガス濃度の測定は、干渉計型ガス濃度測定器（理研 18 型又は FI-8000）を使用するが、必ずソーダライムガス吸収管を接続しないで測定しなければならない。なお、倉庫（30 m³以上）のかくはん（循環）装置審査は、使用するかくはん機の最大静圧が 20 水柱 mm（200 パスカル）以上で、送風率が 15.0 以下であれば、その確認により審査が免除される。

2. 使用できるくん蒸剤

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（テベック、デゲッシュ・ジャパン）である。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。

3. 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、「植物検疫防疫所指定くん蒸倉庫」として指定されているサイロで、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、図 11 のように鉄格子の周囲には、薬剤落下防止用の網袋（必ずしも必要でない）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

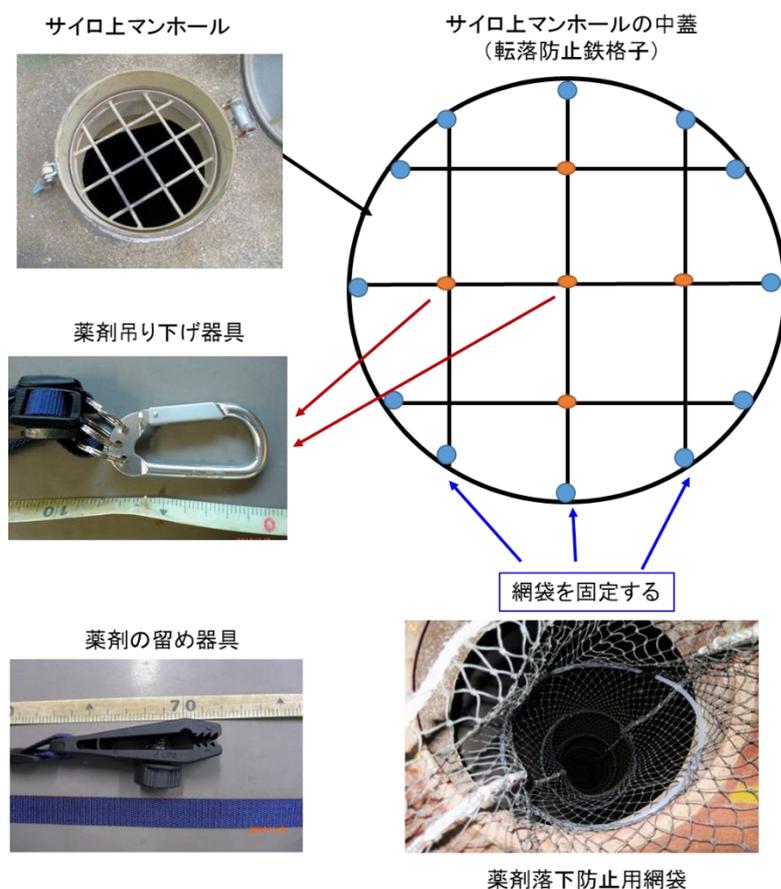


図 11 サイロ上マンホールを使用した投薬設備

投入し、蓋をする。吊り下げ器具1個にはベルトが3本ついており、最もながいベルトの長さは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）。吊り下げ器具1個で30連（34g×30袋=1.020kg）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12及び図13参照）。

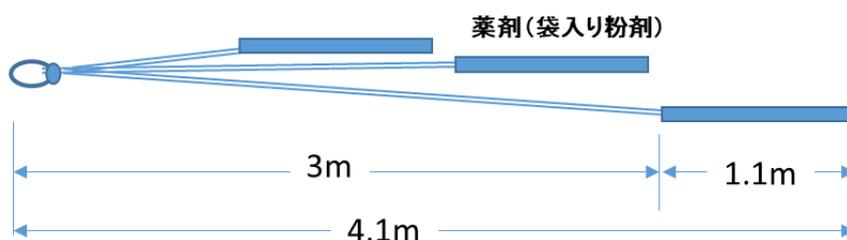


図12 吊り下げ器具と薬剤の長さ

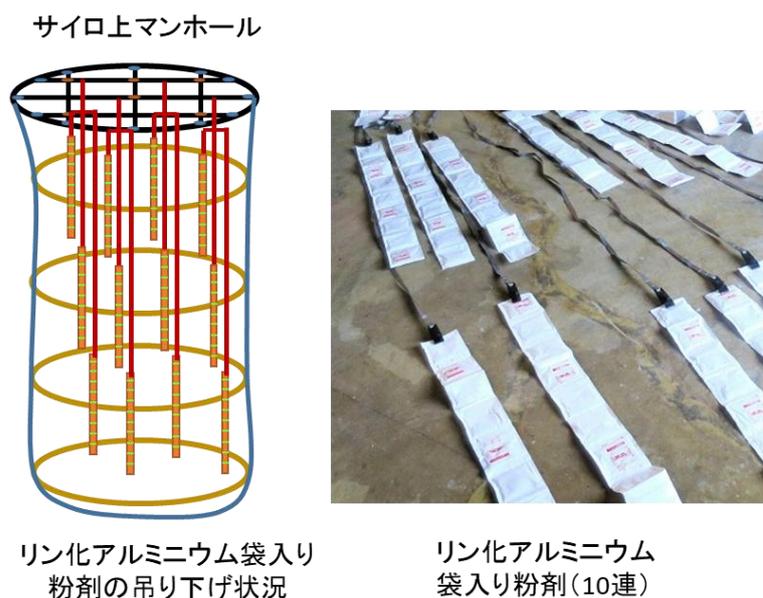


図13 薬剤吊り下げ方法

4. 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し、空間部容積が小さい場合は、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。例えば、内容積1,000 m³のサイロであれば、空間容積が150 m³以上必要である。内容積1,000~1,500 m³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14参照）。

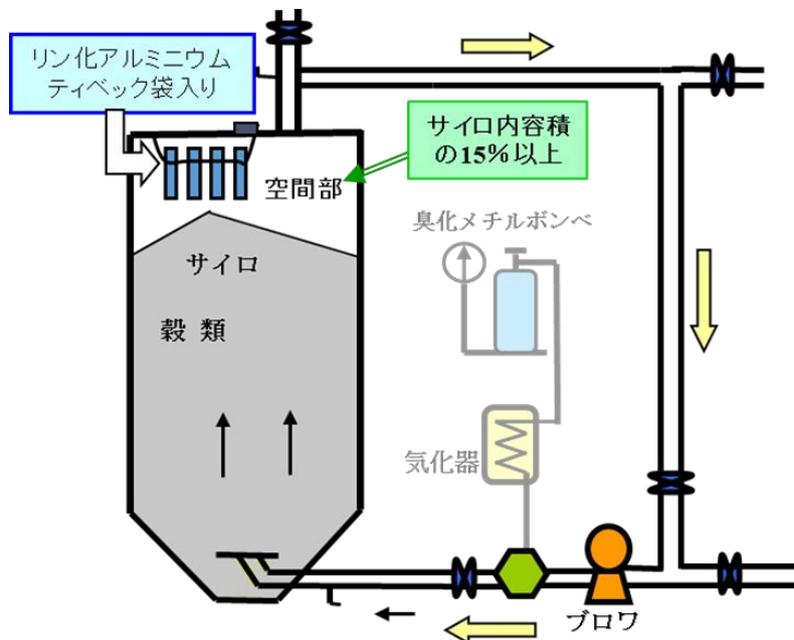


図14：サイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸の模式図

5. 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薬量表

リン化アルミニウム袋入り粉剤を用いたサイロ空間部投薬循環方式によるくん蒸薬量、くん蒸日数（薬量表）は、表7のとおりである。

表7 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2.0g/m³（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) 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。

くん蒸薬量とくん蒸日数を決定するためには、穀層部分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、表に応じた薬量と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。穀層部分の温度は、図 15 のようにテスター棒などを利用して、穀層に差し込むことで温度測定が可能である。ただし、センサーに接続する延長コードが長いものが必要となるため、工夫が必要である。

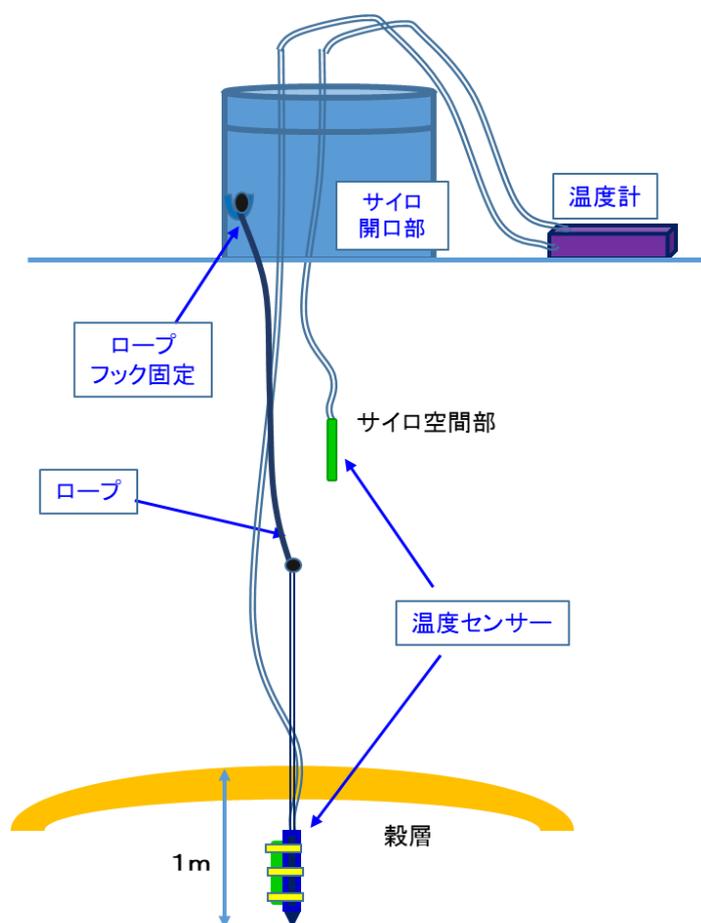


図 15 サイロ空間部及び穀層内の温度測定方法

6. くん蒸中におけるガスの循環

リン化アルミニウム袋入り粉剤を用いたサイロ空間部投薬循環方式によるくん蒸では、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、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 16 に基づき循環する。

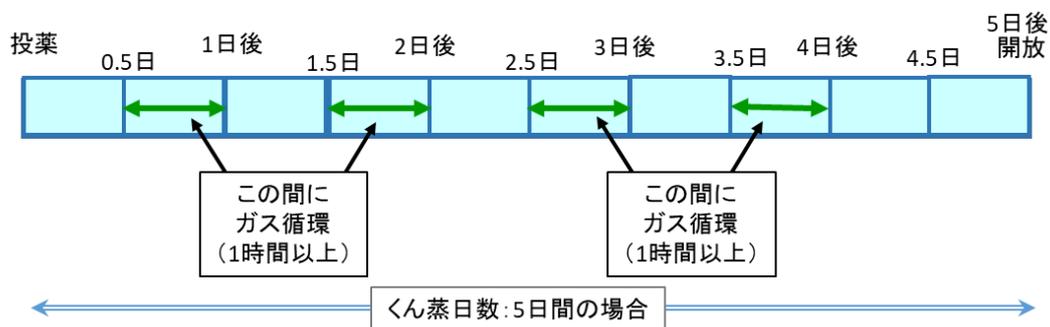


図 16 投薬後のサイロ循環方法

7. 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、必ず隔離式前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したがい廃棄（焼却）処理する。

8. くん蒸の流れ（手順）

サイロ空間部投薬循環方式によるくん蒸の手順をまとめると、次のとおりである。

- ①袋入りリン化アルミニウム粉剤の数量（図 17）と投薬設備の確認（図 18）
- 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、薬量、くん蒸日数を決定
- ④リン化アルミニウム剤（袋入り粉剤）を投薬（吊り下げ）（図 19）
- 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、ブロワによりガスの排気し、残渣を取り出す（図 20）
- ⑧取り出した残渣を残渣運搬器（図 21）で残渣処理場所まで運搬し、残渣処理機（図 22）に搬入
- 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17 リン化アルミニウム袋入り粉剤パック
(1袋34g×10連が封入されている)



図18 サイロ上マンホールを使用した投薬設備



図19 リン化アルミニウムの投薬状況



図20 リン化アルミニウム残渣取り出し状況



図21 リン化アルミニウム残渣運搬箱



図22 リン化アルミニウム残渣取処理機

9. くん蒸剤の毒性と中毒症状

くん蒸剤は人体に対し毒性の強いものもあり、使用方法を誤るとくん蒸に従事する作業員ばかりでなく、第三者にも危害が発生する恐れがある。これらくん蒸剤（ガス）は目に見えず、また、ほとんど臭いのないものもあるので、くん蒸作業に当たっては特に厳重な作業管理、健康管理などにより安全を期さなければならない。

1) リン化水素の人体への作用機構

中毒症状は有機リン剤の場合とほぼ共通しているといわれている（有機リン剤は、人体に吸収されると血液組織や血液中にある酵素アセチルコリンエステラーゼと結合し、その作用を抑制する結果、中毒を起こすといわれている）。

2) 中毒症状

①ガス濃度と毒性

リン化水素を吸入した場合の濃度別の毒性の程度は、次のとおりである。

ガス濃度 ppm	症 状
0.02～3	臭覚の最低しきい値（不純物存在の場合）。
7	数時間ばく露で重篤な作用が現れる。
100～200	30～2時間ばく露で重篤な作用のない最大値。
290～430	1時間ばく露で死の危険。
400～600	30～1時間ばく露で死亡。
2,000	急速な死。

②中毒症状

- ・軽微な中毒：悪感を覚え、胸部に圧迫感を覚える。下痢及び吐気を催す。
- ・中程度の中毒：めまい、耳鳴り、胸騒ぎ、胸部圧迫感、食欲減退、非常な渇き、呼吸困難などを起こす。
- ・重症中毒：胃痛、吐気、歩行困難、手足の痛み、瞳孔拡大、咽喉の詰まるような痛み、急激な昏睡を起こす。

3) 救急処置

くん蒸者は、あらかじめ医療機関を指定し、使用しているくん蒸剤、作業内容、これまでの事故例、治療例などを医師に十分説明し、緊急時の対応に備えておくことが重要である。

中毒事故時の救急処置は、次のとおりである。

- ①いかなる中毒の場合でも患者を速やかに正常な空気のある場所に移し、汚染された衣服を取り除き、安静にし、保温に気をつける。なお、救助活動は、防毒マスク（酸素濃

度が 18%未満の場合またはガス濃度が非常に高い場合は、空気呼吸器または送気マスク）を着用して行う。

②患者の呼吸が弱まるか、止まっている場合は人工呼吸を行う。

③早急に医師（指定医療機関）の診断を受ける。この場合医師に事故と患者の状況を告げる。

④目に入った場合、または汚染された身体は流水で 15 分以上洗浄した後、医師の診断を受ける。

⑤中毒についての緊急問合せ先（表 8）

表 8 中毒 110 番：公益財団法人 日本中毒情報センター

中毒 110 番	一般市民専用電話 (情報提供料無料)	医療機関専用電話 (1 件につき 2、000 円)
大阪 (365 日、24 時間対応)	072-727-2499	072-726-9923
つくば (365 日、9～21 時対応)	029-852-9999	029-851-9999

10. 危害防止対策（植物検疫危害防止対策要綱抜粋）

1) くん蒸体制の確立及び強化

(1) 統括責任者の選任

危害防止対策上最も大切なことは、それぞれのくん蒸関係者が相互の連絡を密にし、各自の責任分野について完全に責務を果たすことである。そのためには、くん蒸体制の整備が特に重要であり、指導できる立場にある者を統括責任者として選任し、作業主任者の監督、指導、養成、資質の向上、安全作業基準の作成、安全衛生教育、健康管理、保護具及びくん蒸器材の統括的管理、点検、安全作業の実施状況に関する調査、くん蒸技術及び危害防止対策の改善、事故時の対策など、くん蒸作業全般について統括管理させる必要がある。

(2) 人員の適切な配置

① くん蒸作業主任者

くん蒸者は、くん蒸を実施する際には、くん蒸に対する専門的知識及び作業経験のある者（専門の講習を終了した者を含む）の中からくん蒸作業主任者を選任し、その作業に従事する者がガスにより汚染されたり、ガスを吸入しないよう安全な作業方法を決定し、これに基づいた作業の実施について指揮監督させるほか、作業に従事している者の保護具の使用状況を監視させる。

② 作業班の編成

くん蒸者は、くん蒸作業を実施する際には、そのくん蒸作業に必要な人員をもって作業班を編成し、お互いに連絡をとりながら作業を実施させる。

(3) くん蒸器材の整備

① くん蒸者は、ガスの検知・測定器具、呼吸用保護具、密閉用の器材などを常時、十分に整備する。特に呼吸用保護具については、くん蒸作業に従事する者の人数と同数以上を備える。

② くん蒸者は、くん蒸統括責任者にくん蒸器材が必要な数だけあるか、有効かつ清潔に保持されているかなど、必要な事項について定期点検を実施し、統括管理させる。

(4) 安全な作業基準の確立

くん蒸者は、くん蒸統括責任者にくん蒸作業開始から終了までの各作業項目ごとに安全作業基準を作成させる。この作業基準は、関係する法令の趣旨を十分に取り入れた上で作成することが必要である。特に、ガスに暴露される作業の軽減を図ることが必要で、そのためには外部投棄などの推進が不可欠である。

(5) 緊急時の連絡体制の確立

くん蒸者は、あらかじめ医療機関を指定し、使用しているくん蒸剤、作業内容、これまでの事故例、治療例などを医師に十分説明しておくとともに、緊急連絡網を作成し、くん蒸統括責任者に常時密接な連携を保たせ、緊急の用に備えることが必要である。

(6) 安全衛生教育

くん蒸者は、くん蒸作業に従事する者に対して、くん蒸統括責任者にくん蒸剤についての知識、ガス濃度の測定方法、中毒症状や救急措置方法、呼吸用保護具の使用方法及び安全作業基準による的確なくん蒸作業の遂行などに関する安全衛生教育を常時行わせる。

(7) 健康管理

くん蒸者は、くん蒸作業に常時従事する者に対して、年 1 回以上の一般健康診断のほか、6 か月ごとに 1 回、定期的に、定められた項目について医師による特殊健康診断を実施する。また、くん蒸作業に従事する者については、毎日の健康状態を点検し、異常を発見したり異常を訴えたとき、あるいはくん蒸により身体が汚染されたときには、ただちに医師（指定医療機関）の診断を受けさせる。

2) 責任分野の明確化

密閉作業に始まり、投棄、開放そして安全確認に終るくん蒸作業は、くん蒸を安全かつ的確に行ううえで、同一くん蒸者が一貫した責任体制のもとに実施することが望ましい。しかし、倉庫くん蒸などにおける開放作業後の危害防止の措置、警備、作業開始に際しての安全確認などを、やむをえずくん蒸者以外の者が実施する場合は、各作業項目毎の責任分担を、お互いに文書により明確にしておかなければならない。なお、作業実施に当たっては、作業基準の中でそれぞれの業務分担を明確にしておき、

実施記録を残しておくことが望ましい。

3) 危害防止についてとるべき措置

くん蒸作業を実施する場合の具体的な危害防止対策について、関係法令により定められている場合は、これを順守する必要がある。わが国の法令関係で定められている主な事項及び一般的注意事項は次のとおりである。

- ①くん蒸作業従事者：女子及び18才未満の年少者ならびに疲れている人、健康状態の思わしくない人は、くん蒸作業に従事させてはならない。
- ②くん蒸作業主任者及び作業班：くん蒸作業は、くん蒸作業主任者の指揮、監督のもとに、2人以上（本船くん蒸の場合は3人以上）が組になって、お互いに連絡をとりながら実施しなければならない。また、くん蒸中の休息についても、くん蒸作業主任者の指示に基づき、抑制濃度以上のガスが拡散する恐れのない安全な場所において行わなければならない。
- ③関係者への周知：くん蒸の実施方法、ガスの特性、中毒症状、緊急事態発生時の措置及び投棄・開放の時刻などを、あらかじめくん蒸施設の所有者・管理者及び荷役業者などの関係者に十分説明しておかなければならない。
- ④器材の点検・整備：くん蒸作業に必要な器材は、その種類、数、性能を作業開始前に点検しておかなければならない。
- ⑤くん蒸関係者以外の存在確認：投棄開始前に、くん蒸施設の内部及び投棄場所の周辺にくん蒸関係者以外の人がないことを確認しなければならない。
- ⑥くん蒸施設の密閉及び点検：倉庫、サイロ、コンテナ、船倉及び天幕などのくん蒸施設は、ガス漏れのないように完全密閉し、その点検を行わなければならない。
- ⑦立入禁止の措置：張り紙、立札、警告灯及び移動柵などを使用して、投棄直後から開放後安全が確認されるまでの間、くん蒸施設及びその周辺に関係者以外の者が立ち入らないようその防止に努めなければならない。
- ⑧監視員の配置：本船くん蒸、はしけくん蒸、木材天幕くん蒸及び青酸ガスくん蒸の場合は、投棄直後から開放後安全が確認されるまでの間、その他のくん蒸の場合は必要に応じ、監視員を配置して関係者以外の者の立ち入りを防止しなければならない。
- ⑨保護具の使用：くん蒸作業に従事するときは、隔離式全面型または半面型の防毒マスク、送気マスク、空気呼吸器などの呼吸用保護具を正しく着用しなければならない。
- ⑩ガスに触れない作業：くん蒸作業を行う場合は、庫外からの操作で投棄、ガス濃度測定及び目張りの切除を行うなど作業方法を改善し、風上に立って作業を行うなど極力ガスに暴露されないようにしなければならない。
- ⑪ガス漏れ点検・補修：投棄後及びくん蒸期間中は、ガスリークチェッカー、炎色反応型ガス検知器、ガス検知紙、検知管などを用いてガス漏れの有無を点検し、ガス漏れを認めた場合はただちに必要な補修を行わなければならない。なお、ガス漏れの点

検に当たっては、特に投薬時のガス容器と耐圧ホースの接続部や目張り箇所留意しなければならない。

⑫ガス容器の安全処理：投薬後のガス容器は、残存ガスによる危険のないことを確認して安全に処理するとともに、ガス容器から取り外した耐圧ホースの口は、ガムテープなどで密閉しなければならない。

⑬安全なガス放出作業：開放作業に先立ち、施設の所有者、管理者及び荷役業者など関係者に対しガスを放出する旨の通知を行うとともに、抑制濃度以上のガスが拡散する可能性のある範囲については立ち入りを禁止し、その旨を表示しなければならない。開放作業に当たっては、風向き（微風の場合はスモークテスターを使用して測定することが望ましい）、風速「周囲における人家、事務所及び人の有無、排出ガス濃度などを考慮し、安全を確認してガスを放出しなければならない。

⑭抑制濃度の確認：炎色反応型ガス検知器、ガス検知紙などを用い、ガス濃度が十分低くなったことを外部から測定して確認したのち、最終的には検知管法により隅々に至るまで、くん蒸施設の内部及びその周辺のガス濃度が抑制濃度以下になったことを確認し、安全を確認した場合は、確認者、確認日時及びガス濃度などを施設の所有者などに通知しなければならない。

⑮表示の撤去：抑制濃度以下であることの確認を行った場合は、速やかに立入禁止の表示を撤去しなければならない。

⑯荷役前の安全確認：荷役作業の開始に先立ち、上記「抑制濃度の確認」に準じ安全を確認しなければならない。

4) 事故発生時の措置

事故を起こさないことが最も大切であるが、万一事故が発生した場合にはくん蒸者及びくん蒸作業主任者はただちに指定医療機関と連絡をとり、適切な処置を受けさせるとともに、関係機関に事故の内容を報告しなければならない。また、くん蒸者は事故の原因を調査し、同種事故の再発防止措置及びその実施状況について関係機関に報告しなければならない。

5) リン化水素くん蒸における危害防止対策

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、くん蒸関係者の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いる。

(1) くん蒸前

①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（応急手当、

医師への連絡等) 危害防止上必要な事項をあらかじめくん蒸施設の所有者(管理者を含む)及び荷役業者等に十分説明しておくこと。(くん蒸事業者)

- ②くん蒸作業は、植物検疫くん蒸作業主任者の指揮監督のもとに行わせること。(くん蒸事業者)
- ③あらかじめ倉庫の管理者、荷役業者及び植物検疫くん蒸作業主任者の間で、投薬時刻、開放時刻及び荷役開始可能時刻の相互間の連絡方法について協議すること。(植物検疫くん蒸作業主任者)
- ④倉庫内及び投薬場所の周囲にくん蒸者以外の者がいないことを確認すること。(植物検疫くん蒸作業主任者)
- ⑤人の出入りするおそれのある箇所には「くん蒸中・立入禁止」の表示をすること(図19)。(植物検疫くん蒸作業主任者)



図19 立ち入り禁止表示

- ⑥開孔部の完全密閉とその確認を行うこと。(植物検疫くん蒸作業主任者)
- ⑦くん蒸器材及びその点検を行うこと。(植物検疫くん蒸作業主任者)
- ⑧ガス循環装置その他くん蒸施設の点検を行うこと。(植物検疫くん蒸作業主任者及びくん蒸施設の所有者)

(2) くん蒸中

- ①くん蒸実施者は必ず防毒マスクを着用し、投薬前後の人数を確認すること。(植物検疫くん蒸作業主任者)
- ②投薬後は、ガス漏れの有無を綿密に点検し、ガス漏れを認めた場合は速やかに防止措置を確実に講ずること。(植物検疫くん蒸作業主任者)
- ③くん蒸中ガス漏えい点検を定期的に行うこと。(くん蒸施設の所有者)
- ④扉及びくぐり戸等の出口に必ず施錠しておくこと。(植物検疫くん蒸作業主任者及びくん蒸施設の所有者)

(3) ガス開放時

- ①周囲に有毒ガスが排出されることを倉庫及び荷役の関係者等に知らせるとともに、抑制濃度以上のガスが拡散される可能性のある範囲については立入を禁止し、その旨を表示すること。(植物検疫くん蒸作業主任者及びくん蒸施設の所有者)
- ②風向、人家の有無及び周囲における作業の状況等を考慮し、安全を確保して開放すること。(植物検疫くん蒸作業主任者及びくん蒸施設の所有者)

- ③扉及びくぐり戸に網戸をつけて施錠すること。（植物検疫くん蒸作業主任者及びくん蒸施設の所有者）
 - ④開放作業に従事する者は、必ず防毒マスクを着用すること。（植物検疫くん蒸作業主任者及びくん蒸施設の所有者）
- (4) 開放後
- ①投薬後のガス容器は、残存ガスの危険のないことを確認して必ず安全に処理すること。（植物検疫くん蒸作業主任者）
 - ②荷役作業の開始に先立って、作業場所のすみずみに至るまでガス濃度が抑制濃度以下であることを確認すること。（植物検疫くん蒸作業主任者及びくん蒸施設の所有者）
 - ③「くん蒸中・立入禁止」の表示は、開放後安全が確認され次第、必ず撤去すること。（くん蒸施設の所有者）

本事例集は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（課題番号27012C）「輸出入植物検疫処理の円滑化等に資する新たなくん蒸技術の確立」(H27-29)による成果をわかりやすくまとめたものです。

「私的利用」または「引用」など著作権上認められた場合を除き、無断で転載、複製、放送、販売などに利用することはできません。本資料に関するお問い合わせは、以下の連絡先をお願いします。

◎編集・発行

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門
〒305-8605 茨城県つくば市藤本2-1
tel.029-838-6416（代表） fax.029-838-6437

◎問合せ先

一般社団法人日本「くん蒸技術協会」
〒110-0016 東京都台東区台東 1-26-6
Tel.03-3833-6923 fax.03-3833-6925