

農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業

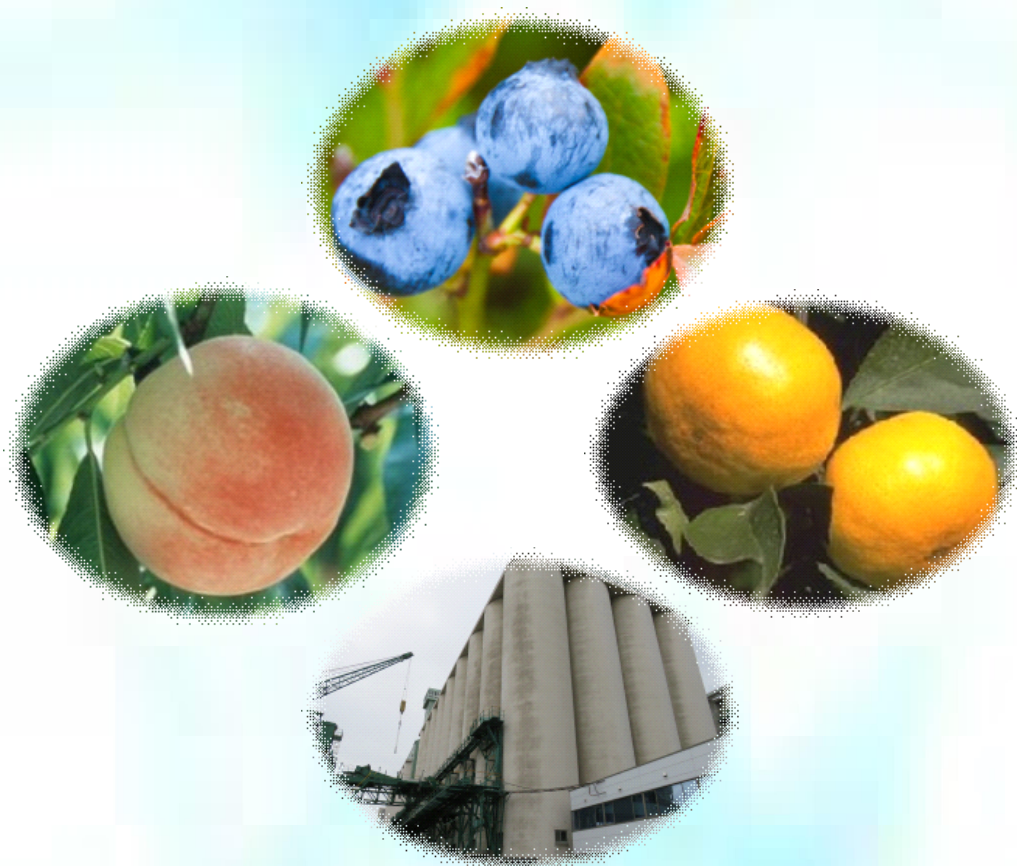
課題番号: 27012C(H27-29)

「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」
成果事例集

輸出向け生果実の生産を対象とした防除技術

輸出生果実の植物検疫ヨウ化メチルくん蒸技術(未定稿)

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)



2018年3月

はじめに

農産物の輸出は、相手国の定める検疫条件をクリアする必要があり、生果実の安定輸出には、くん蒸技術など検疫対象生物に対する完全防除技術の確立が必須である。従来広く使用されてきた臭化メチルは、オゾン層破壊物質に指定され、検疫用のみ規制対象から除外されているが、使用量の削減、代替剤の開発・導入が強く求められている。

わが国では世界に先駆けて、国産クリのクリシギゾウムシ等の防除において臭化メチルの代替剤としてヨウ化メチル剤を導入することに一定の成果を挙げている。本事業課題ではさらに、ヨウ化メチル剤のより広い作物種への適用拡大を図るとともに、リン化アルミニウム剤くん蒸の穀物への使用の標準化もあわせて検討するため、特に輸出検疫で問題となっている害虫に対する薬効薬害試験等を行い、それぞれの基準（案）を作成した。今後、二国間協議を経て輸入国が本くん蒸技術を植物検疫処理法として受け入れることになれば、将来にわたり安定した生果実の輸出が期待できる。

一方で、生果実をくん蒸しても、その前の収穫果実の中に被害果が多く残っていると、くん蒸後市場に流通するまでに腐敗果が発生する。したがって、圃場において害虫被害を最小限にすることが重要である。そこで、輸出向け果実の生産現場での最善の防除体系の事例もここで紹介した。

本事例集では、輸出向け生果実については果実の生産から収穫、くん蒸の流れに沿った掲載順とした。まず、圃場での検疫対象害虫の防除技術を記載した。収穫後、くん蒸では、ヨウ化メチルに対する検疫対象害虫の各態での感受性を試験した結果に基づき、完全殺虫が可能なくん蒸基準（案）を示すとともに、くん蒸に必要な設備や手順等の概略を記述した。また、生果実ごとに一部の品種について、各基準でのくん蒸処理により発生する障害の有無を記載した。さらに、穀類等に対する植物検疫を含め広い分野での害虫防除に資するため、利便性の向上が見込まれる“リン化アルミニウム剤のサイロ空間部投薬循環くん蒸技術”を新たに確立し、その概要を記した。これらの得られた成果は今後の制度整備の進展とともに内容を改訂する予定である。現場で安全かつ的確な効果が得られるよう活用されることを期待する。

ヨウ化メチル及びリン化アルミニウムくん蒸技術に関するより詳細な情報は、別途作成した下記のマニュアルを参照されたい。

「輸出生果実のヨウ化メチルくん蒸技術マニュアル（未定稿）」

「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）」

目 次

I. 輸出向け生果実の生産を対象とした防除技術	
1. ブルーベリーのオウトウショウジョウバエ	1
2. モモのアザミウマ類	3
3. モモのチョウ目害虫～モモシンクイガ、モモノゴマダラノメイガ	5
4. カンキツのミカンバエ	7
II. 輸出生果実の植物検疫ヨウ化メチルくん蒸技術（未定稿）	11
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）	17

I. 輸出向け生果実の生産を対象とした防除技術

1. ブルーベリーのオウトウショウジョウバエ

1 基本生態

- ★分布:北海道～九州
- ★体長:約3mm
- ★生態:年 10 化以上。
 - ・ブルーベリーでは早生品種の着色期から晩生品種の収穫期まで加害。
 - ・産卵から羽化まで、15℃で 20 日、25℃では 10 日程度と短い。
 - ・キイロショウジョウバエと異なり、外見が健全な成熟間際～成熟果に産卵する。
 - ・同様の加害様式を示すニセオウトウショウジョウバエがいるが、割合は少ない。
 - ・果実の熟期に合わせて寄主を替える。
- ★寄主植物:オウトウ、キイチゴ、グミ、クワ、ブルーベリー、モモ、ブドウ、サクラ、その他各種バラ科果樹、カキ等



図1. オウトウショウジョウバエ雄成虫（上）と被害果（下）

2 重点防除時期

- ★着色開始期から収穫期まで。



未熟果(緑色)

着色始めの果実(赤色)

適熟果実(青色)

図2. ブルーベリー果実の着色度合い

3 効果のある防除薬剤と施用方法

薬剤名	希釈倍数	年間使用回数	農薬登録上の使用時期
スピネトラム水和剤	5,000 倍	2回以内	収穫前日まで
トラロメリン水和剤	3,000 倍	2回以内	収穫前日まで
ペルメリン水和剤	2,000 倍	2回以内	収穫前日まで
アセタミプリド水溶剤	4,000 倍	1回	収穫前日まで

上記薬剤を重点防除時期に散布する。

4 防除の特徴～防虫網と防除薬剤を利用した総合防除

★輸出向けブルーベリー果実を生産する園地ではオウトウショウジョウバエの被害をできるだけ少なくするため、網目 0.8mm の防虫網で被覆する。防虫網は果実の着色始め前に被覆する(図3)。



図3. 防虫網で覆われたブルーベリー

5 防除体系

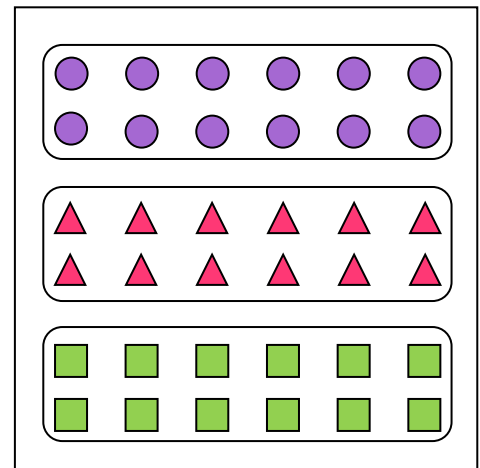
★早生種・中生種・晩生種と収穫時期別に分けて栽植し、収穫時期に合わせて散布を行う(表1、図4)。

★果実の着色前までに防虫網を設置し、防虫網内にいる可能性のあるオウトウショウジョウバエを排除するためスピネトラム水和剤 5,000 倍を散布する(表1)。

表1. 散布スケジュール例

散布時期	早生種	中生種	晩生種
6月上中旬 (防虫網被覆後)	スピネトラム	スピネトラム	スピネトラム
7月1週目	ペルメトリン	—	—
7月2週目	スピネトラム	スピネトラム	—
7月3週目	トラロメトリン	トラロメトリン	トラロメトリン
7月4週目	アセタミプリド	アセタミプリド	アセタミプリド
8月1週目	トラロメトリン	トラロメトリン	トラロメトリン
8月2週目	ペルメトリン	ペルメトリン	ペルメトリン
8月3週目	—	ペルメトリン	スピネトラム
8月4週目	—	—	ペルメトリン

※スピネトラム：スピネトラム水和剤 5,000 倍
 ペルメトリン：ペルメトリン水和剤 2,000 倍
 トラロメトリン：トラロメトリン水和剤 3,000 倍
 アセタミプリド：アセタミプリド水溶剤 4,000 倍



●：早生種、▲：中生種、■：晩生種

図4. 栽植イメージ

〈(地独)青森県産業技術センターりんご研究所〉

2. モモのアザミウマ類

モモ園や樹内でみられる多くのアザミウマ類の中で、モモ果実でみられる種は4種あり、その大部分はミカンキイロアザミウマである（図1）。

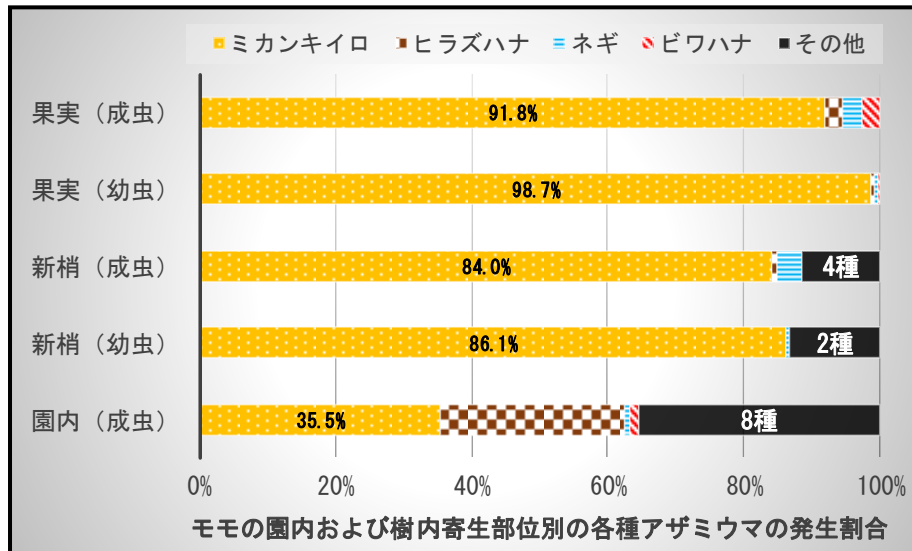


図1. モモ園で確認できたアザミウマ類 (H27~29、14園地調査)

1 基本生態(ミカンキイロアザミウマ)

★分布：北海道、本州、四国、九州

★体長：雌 約1.5mm、雄 約1.1mm

★生態

- ・モモでは春先から新梢に寄生する。果実への寄生は着色始期からみられるようになり、果実表面に産卵管を差し込み産卵する。
- ・成幼虫の吸汁被害を受けたモモの熟果は、果皮が白点状に色が抜ける”かすり症状”(図2)が現れる。
- ・花に対する嗜好が強い。
- ・卵から成虫まで、20℃では約21日、25℃では約13日を要する。

★寄主植物：果樹類、花卉類、野菜類、豆類等



図2. ミカンキイロアザミウマ成虫(上)と被害果実(下)

2 重点防除時期

★果実上に成虫が移動し、産卵を始める着色始期から収穫期まで（図3）。

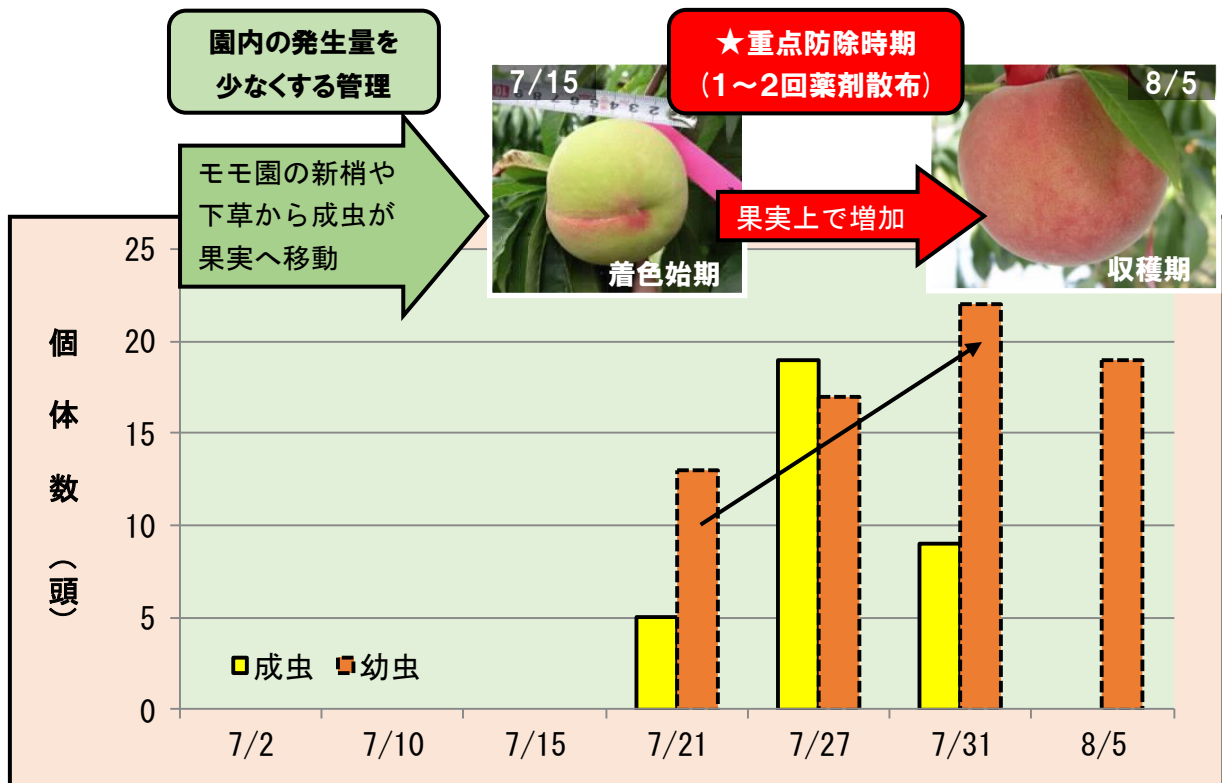


図3. モモ果実上でのミカンキイロアザミウマの発生消長と重点防除時期

3 効果のある防除薬剤と施用方法

★ミカンキイロアザミウマに効果の高い下記の防除薬剤を、無袋栽培では着色始期以降1~2回、有袋栽培では除袋後すみやかに散布する。

- ・スピネトラム水和剤
 - ・アクリナトリン水和剤
 - ・スピノサド水和剤
 - ・クロルフェナピル水和剤
- を重点防除時期に散布。

4 防除の特徴

- ・着色始期（有袋栽培では除袋後）を中心に薬剤散布を行う。
- ・園内や周囲の雑草が発生源にならないよう除草を徹底する。また、着色促進のために着色始期から反射マルチ等を敷きつめることは下草からモモ果実への飛び込み防止に役立つ。
- ・輸出用の果実は選果時に、エアーブラシ等を用いて果実表面のアザミウマ類の除去を徹底する。

〈長野県果樹試験場〉

3. モモのチョウ目害虫～モモシンクイガ、モモノゴマダラノメイガ

1 基本生態

モモシンクイガ

★分布: 北海道、本州、四国、九州

★開帳: 12～20mm

★生態: 年間発生回数は1または2世代。

- ・5月上旬から9月下旬まで成虫が発生する。
- ・モモ果実では、毛茸が果実では果面のいたるところに、平滑な果実では縫合部に沿って産卵する。
- ・孵化した幼虫は果実内を縦横に食害し、老齢期に脱出する。

★寄主植物: リンゴ、ナシ、モモ、スモモ、アンズ、ウメ、マルメロ、サクラ、ズミ、エゾノコリンゴ、ヒメリンゴ、ボケ、クサボケ、ハマナス、サンザシ、エゾヤマザクラなど。



と果実を加害する幼虫（下）

モモノゴマダラノメイガ

★分布: 本州以南

★開帳: 約 25mm

★生態

- ・年間発生回数: 3回
- ・越冬世代は5月下旬から羽化し、果樹では6月中旬にスモモ、モモなどの果実に産卵する。
- ・第1世代は7月下旬から羽化し、8月にクリ、カキの果実に産卵する。
- ・第2世代は8月下旬から羽化し、早い時期に羽化した個体はクリやカキに産卵する。
- ・老熟幼虫で粗皮下や樹皮の間に繭を作り越冬する

★寄主植物: クリ、モモ、スモモ、リンゴ、ナシ、カキ、ビワ、ウメ、カンキツ、ブドウ、ザクロ、トウモロコシ、ヒマワリ、キク、タマネギ、アヤメ、アカメガシワ、ヒマラヤスギ、ゴヨウマツ、モミ、ツガ、ハマボウ、自生グリ等、上記を含め 17 科 44 種以上が知られている。



図2. モモノゴマダラノメイガ成虫（上）と果実を加害する幼虫（下）

2 重点防除時期

★成虫発生期:5月～9月(収穫期まで)

3 効果のある防除薬剤と施用方法

- ★発生予察情報等から発生状況を確認し、適期防除に努める。
- ★地域の防除指針に従って散布むらがないように適切に殺虫剤を散布する。
- ★モモシクイガに対しては交信かく乱剤も有効である。地域全体で使用することで効果が上がる。

4 防除の特徴

モモにおけるシクイムシ類の防除時期(参考:国内向け生産地慣行防除)

防除時期	早生種	中生種	晩生種
袋かけ前 5月下旬～6月上旬	有機リン系	有機リン系	有機リン系
6月中旬	ジアミド系	ジアミド系	ジアミド系
6月下旬	スピノシン系 または 合成ピレスロイド系 (除袋直後)	有機リン系	—
7月上旬～7月中旬	—	スピノシン系 または 合成ピレスロイド系 (除袋直後)	有機リン系
7月中旬～8月上旬	—	—	スピノシン系 または 合成ピレスロイド系 (除袋直後)

- ・上記の防除スケジュールは、果樹病害虫防除暦(JA全農やまなし編)による。
- ・各地域の防除指針、防除暦等に記載されている登録薬剤を選択する。
- ・モモシクイガに対し交信かく乱剤を使用する場合は、4月中旬～下旬に設置する。
なお、小面積では効果が低下するので、地域全体で取り組む。

〈山梨県果樹試験場〉

I. 輸出向け生果実の生産を対象とした防除技術

4. カンキツのミカンバエ

1 基本生態

- ★分布:九州の一部、奄美群島
- ★体長:雌は産卵管を含め約 11 mm、翅の長さは 10 mm。雄はこれよりやや小さい。
- ★生態:年1回の発生。
 - ・羽化は6月上旬から7月中旬まで続く。成虫密度は8月にピークとなり、分布域において管理不良なカンキツ園で観察できる。
 - ・産卵は7月から8月に主に起こり、卵は外皮の内側のじょうのう内に産みこまれる。
 - ・幼虫はじょうのう内でふ化し、果肉を食害しながら発育する。1匹の幼虫が成熟するまでに、数個のじょうのうを食害する。
 - ・幼虫は 10 月から 11 月には成熟し、寄生された果実は落下する。成熟した幼虫は落下果実から脱出しほとんどは深さ3cm までの土中で蛹化する。
- ★寄主植物:かんきつ類に限られる。温州みかん、キンカン、タチバナなど。果皮の薄い品種は寄生されやすい。



図1. ミカンバエ成虫（上）と果実内の幼虫（下）

2 重点防除時期

- ・卵・幼虫期:8～9月上旬の薬剤体系防除で極めて高い被害抑制効果
- ・成虫期:6月下旬～8月下旬のベイトスプレー処理

3 効果のある薬剤と防除体系

- ・6月下旬～7月上旬:エチプロール・シラフルオフエン水和剤 2,000 倍や馬拉ソン粉剤 3kg/10a、アセタミプリド水溶剤 4,000 倍、を2回程度散布
- ・8月下旬、9月上旬に
 - アセタミプリド水溶剤 2,000 倍
 - チアメトキサム水溶剤 2,000 倍
 - ジノテフラン水溶剤 2,000 倍、のうち、2 剤を散布(図2)
 - (かけむらがないように丁寧散布する)
- ・成虫防除の強化策として、園地周辺部の雑木などにサンケイマラソン乳剤 800～1,000 倍と蛋白加水分解物 200 倍の混用散布を行う(図3)。

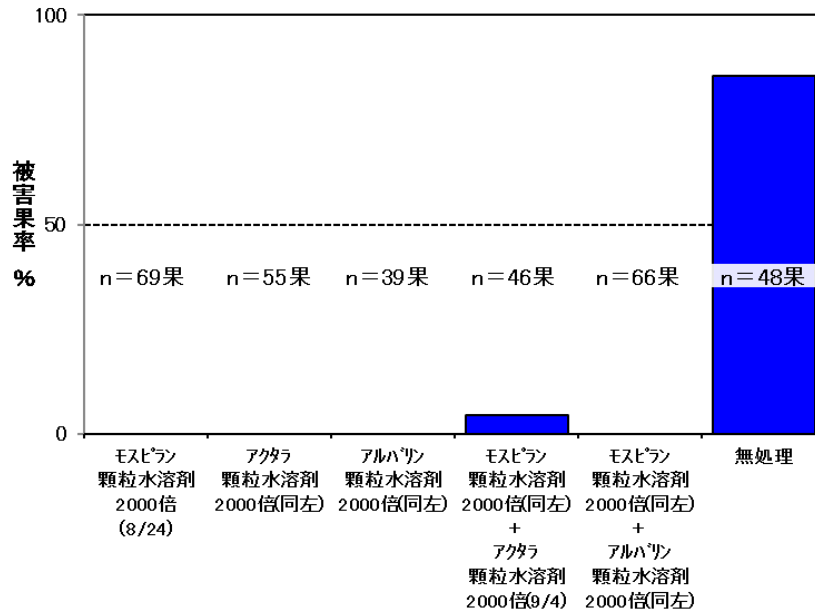


図2. 薬剤体系防除による被害抑制効果(H29)

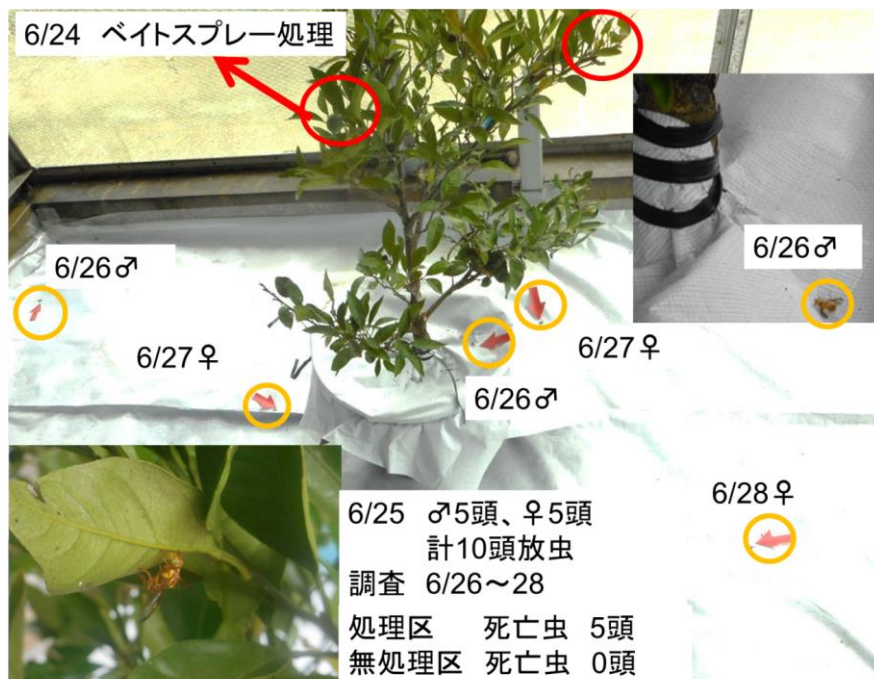


図3 ベイトスプレー処理の効果(網室内試験, H29)

※矢印は死亡虫及び死亡日と性別を示す

4 新たなモニタリング技術の開発

★蛋白加水分解物を誘引源とするガロントラップは、ミカンバエ以外の昆虫類も多数誘殺するため調査が煩雑で、腐敗臭も強いなど欠点も認められた(図4)。

★ガロントラップ内部に、「シトロネラ油」を含浸させた脱脂綿を設置すると、他の昆虫類の誘殺頭数が減少し、調査時の腐敗臭も大幅に減少し、ミカンバエの誘殺頭数も多くなった(図5)。



図4. 蛋白加水分解物の誘殺状況



図5. ガロントラップに「シトロネラ油」を組み合わせた場合の誘殺状況



★「シトロネラ油」を誘引源とするSEトラップと、蛋白加水分解物を誘引源とするガロントラップを、前年度被害多発圃場に設置したところ、どちらのトラップにもミカンバエは誘殺された。

★SEトラップは、白色より緑色の方が設置後の誘殺開始が早く、総誘殺頭数も多い傾向が認められた(図6, 7)。



図6. 「シトロネラ油」を誘引源とするSEトラップ(白)



図7. 「シトロネラ油」を誘引源とするSEトラップ(緑)

5. ミカンバエの被害発生リスク

(1) 雌成虫尾端から引き出した産卵管部分の長さは、硬化した部分が約2mm、その前方の柔らかい部分を含め約4mmになる(図8)。突き刺された産卵管(図9)は果皮を貫通し、卵は内部(じょうのう)にのみ産み込まれる。

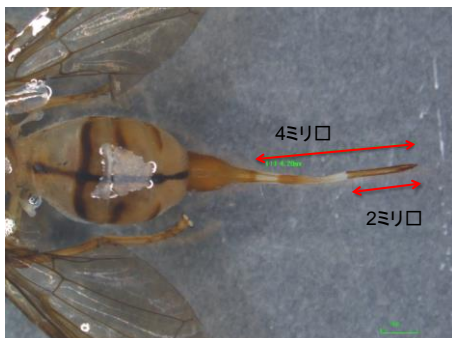


図8. ミカンバエの産卵管



図9. 果実への産卵状況

(2) 果面に残された産卵痕(図 10)を探し、この部分を鋭利な刃物で切断すると果皮断面には変色した産卵痕跡が見つかる。これらの長さは産卵管部分全体に相当する4mm 近くに達する場合がある(図 11)。従来、産卵管の硬化部分(2mm)よりも厚い果皮を備えた果実の内部には産卵されないとされたが、被害発生リスクを評価するためには産卵管部分全体と果皮厚さを比較する必要がある。



図 10. 果実表面の産卵痕跡(赤丸囲み部分)

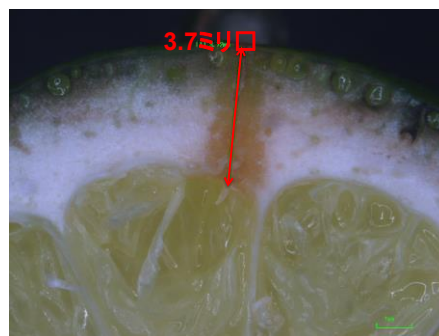


図 11. 果皮断面に残された産卵管の貫通痕跡

(3) 産卵痕は、そのほとんどが果実の赤道面(縦径の半分)部分に分布する(図 10)。産卵痕を探す際には、果実赤道面を観察すると発見しやすい。

(4) 果実内部への産卵を回避できる指標として、産卵盛期である8月中下旬に果皮厚さが5mm 程度確保されていることを用いて調査した結果、被害発生リスクがごく少ないカンキツ品種として、“はるか”、“カラマンダリン(南津海)”、“レモン”があげられた。

(5) 一方、早生ウンシュウミカン(興津早生)では8月下旬の果皮厚さは平均 2.5mm で、産卵されやすい状態にある。このような被害発生リスクのある品種は、発生地域では防除指針に従い防除を徹底する。

〈山口県農林総合技術センター〉
〈愛媛県農林水産研究所果樹研究センター〉
〈大分県農林水産研究指導センター〉
〈農研機構果樹茶業研究部門〉

II. 輸出生果実の植物検疫ヨウ化メチルくん蒸技術(未定稿)

生果実の輸出において、相手国の輸入検疫で問題となる検疫対象害虫のうち、特に重要な害虫種について、完全殺虫が可能であり、かつ対象とする生果実品目でくん蒸による障害が発生しない植物検疫ヨウ化メチルくん蒸基準(案)を作成した。また、生果実の輸出促進を担う地方自治体や農協の技術者、植物検疫くん蒸作業主任者など向けに、輸出植物検疫制度、くん蒸剤の取扱い、くん蒸方法、くん蒸作業における危害防止対策など、輸出検疫やくん蒸作業において参考となる事項をとりまとめた「輸出生果実の植物検疫ヨウ化メチルくん蒸技術マニュアル(案)」の一部を掲載した。

1. 輸出検疫対象害虫に対するヨウ化メチルくん蒸基準(案)

生果実の輸出検疫で問題となる検疫対象害虫のうち、特に重要な害虫種について、完全殺虫が可能なヨウ化メチルくん蒸の基準(案)を作成した(表1)。

表1. 検疫対象害虫に対する植物検疫ヨウ化メチルくん蒸基準(案)

対象害虫	対象生果実	薬量(g/m ³)	くん蒸時間(h)	温度(°C)
ミカンバエ	カンキツ	50	3	
オウトウショウジョウバエ	ブルーベリー、オウトウ	50	2	15°C以上
モモシクイガ、 ミカンキイロアザミウマ等	モモ、ブドウ等	40	2	

(注)

1. くん蒸は、ガス保有力85%以上を有し、必要なくん蒸装置を備え、事前に植物防疫官の確認を受けた施設で実施すること。

2. ハダニ類、カイガラムシ類、アブラムシ類なども表の基準を適用すること。

3. 殺虫効果が確認された害虫の種類(態)

ミカンバエ(幼虫)、モモシクイガ(卵、幼虫)、モモノゴマダラノメイガ(幼虫)、オウトウショウジョウバエ(卵、幼虫、蛹、成虫)、ミカンキイロアザミウマ(卵、幼虫、成虫)、カンザワハダニ(卵、幼虫、成虫)、モモアカアブラムシ(幼虫、成虫)、クワコナカイガラムシ(卵、成虫)

2 生果実におけるヨウ化メチルくん蒸による障害の発生

対象とした検疫害虫が問題となる生果実6品目について、くん蒸による障害の発生を調査した。調査した生果実のなかには果皮や果肉の黒化や食味の変化などの障害が発生する品目・品種があったが、下記の6品目の24品種では障害が発生しないことを確認した。カンキツの南津海では果皮にわずかにピットイングの症状が発生した。また、メロンのアムスメロンでは果皮一部が淡赤色に変色したが、いずれも果肉や食味には変化はなかった(表2)。なお、障害の発生は、気候、栽培、保管条件などが影響をするため、輸出前に障害発生の有無を少量の果実について確認することを推奨する。

表2. くん蒸基準（案）（表1）によるくん蒸処理の果実への影響

品目	くん蒸による障害が発生しなかった品種	外観のみ障害が発生した品種	調査項目
ブルーベリー	ウェイマウス、ノースランド、デューク、ハーバード、ラビットアイ種		外観変化 果肉：糖度、酸度 食味：甘さ、酸味、異臭など
モモ	日川白鳳、あかつき、川中島白桃、さくら		果皮：地色、果皮変色 果肉：硬度、果肉変色、糖度 食味：甘さ、香り、酸味、渋味、発酵臭など
ブドウ	シャインマスカット		果皮：果皮色、果面障害、果穂変色 果肉：糖度、酸度 食味：果肉特性、硬さ、香り、甘さ、酸味、渋味、異臭など
	甲斐路、巨峰		外観変化 果肉：糖度 食味
カンキツ	〈ウンシュウミカン〉 興津早生、青島温州、大津八号 〈中晩柑〉 せとみ、吉田ポンカン、大田ポンカン	〈中晩柑〉 南津海	果皮：変色、ピットイング、しおれ、浮き皮 果肉：変色、糖度、酸度 食味：甘さ、酸味、苦み、異臭など
	〈中晩柑〉 はるみ		外観変化 果肉：糖度 食味
オウトウ	サミット、紅秀峰		外観変化 果肉：糖度、硬度 食味
メロン	アンデスメロン	アムスメロン	外観変化 果肉：糖度 食味

3. ヨウ化メチル剤の特性及びヨウ化メチルくん蒸の実際

(1) ヨウ化メチル剤の特性

ヨウ化メチル剤は、無臭、淡黄色、常温常圧で液体。耐圧ボンベに充填貯蔵される。比較的低濃度で木材害虫、クリシギゾウムシ、クリミガなどに優れた殺虫力を示し、生果実に対する薬害が比較的少ない。浸透性に優れており、荷口中に速やかに拡散、浸透する。沸点が高く（42℃）、ガス比重が重い（空気の4.9倍）ため、気化器やかく拌機を使用してガス化及びガスの拡散を促進する必要がある、引火性や爆発性はない、などの特性を有する。

(2) ヨウ化メチルくん蒸の実際

1) くん蒸施設

くん蒸は、ガス保有力85%以上を有し、ガス投薬終了後40分以内にガス濃度が均一化する能力があるかく拌機、気化器、排気装置を備え、事前に植物防疫官の確認を受けた倉庫で実施する（図1, 2）。



図1. 青果物くん蒸倉庫



図2. 青果物の倉庫積付け

2) くん蒸方法

- ①くん蒸前にくん蒸に必要な器材があるか、破損、故障がないか、倉庫付属設備が正常に稼働するか、貨物の積付けは問題ないかなどについて点検する。
- ②くん蒸作業は、必ず、隔離式全面型防毒マスク（ヨウ化メチル吸収缶）を着用してくん蒸作業主任者等の指揮のもとに2名以上で組になって実施する。
- ③投薬作業は長袖、長ズボン、乾いている厚手のニトリル製手袋を着用する。倉庫くん蒸で使用するヨウ化メチルポンベの種類及び関係設備を利用したヨウ化メチル投薬のイメージは下図のとおりである。

圧力ポンベを使用する場合は、倉庫に接続した気化器にポンベを接続し、計量しながら気化器内でガス化して庫内へ送り込む。加圧ポンベを使用する場合は、ポンベを気化器に接続して窒素ガスで加圧し、流量を調節し薬液を追い出し気化器内でガス化して庫内へ送り込む（図3～5）。

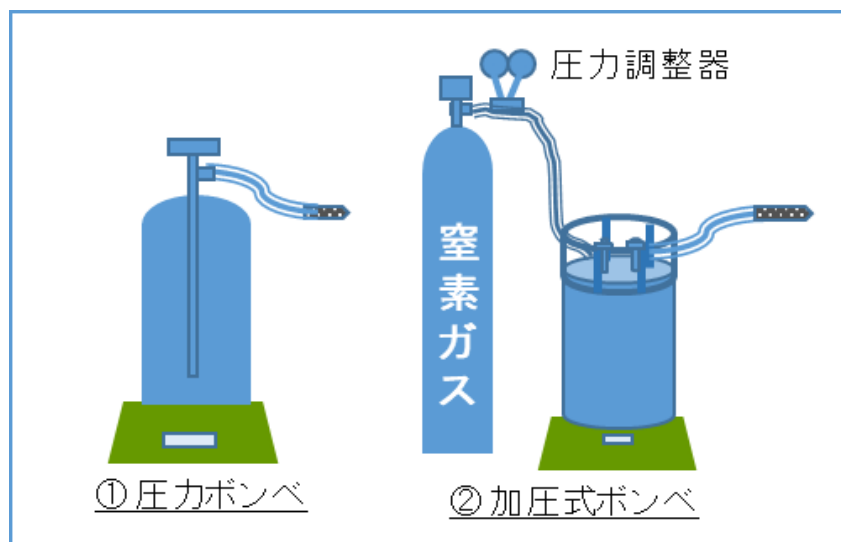


図3. ヨウ化メチルポンベ(8kg)

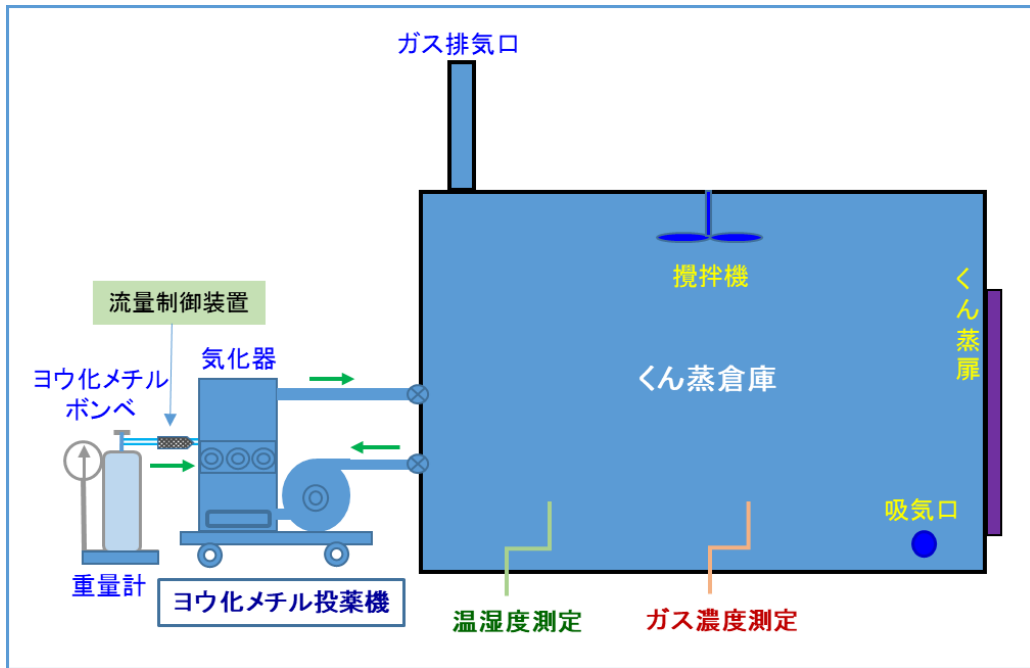


図4. ヨウ化メチルくん蒸設備及び投薬イメージ

④倉庫の扉に「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する。くん蒸中は、検知器で漏えいガスの有無を点検する。くん蒸終了後は、残存ガス濃度を測定（図6）する。風向、人家の有無及び周囲における作業の状況などを考慮し、開放しても安全であることを確認する。ガス排出及び空気取入口を外部から開き、強制ガス排気装置を運転し、できるだけ短時間に排気する。くん蒸作業を終了したときは、「くん蒸実施中・立入禁止」の表示は必ず撤去する。一度管理濃度（抑制濃度）以下になったことが確認された場合であっても、生果実や庫内壁から徐々に脱着したガスが滞留し、立入り濃度以上に達している可能性があるため、必ず、検知管でガス濃度を測定し、立入り濃度以下であることを確認する。



図5. くん蒸剤気化投薬機



図6. ガス濃度測定

3) くん蒸関連器材

①防毒マスク（吸収缶）

ヨウ化メチルくん蒸では、防毒マスクは、隔離式全面形防毒マスク又は隔離式半面形防毒マスク（必ずゴーグル形保護メガネを併用）及びヨウ化メチル専用吸収缶（缶の色は黒色）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。

②吸収缶の能力

吸収缶の能力には限界がある。製造元は、吸収缶に吊り下げられている破過曲線図により除毒能が喪失したと考えられる場合、新しい吸収缶と交換することを勧めている。

4) ガス測定器

①干渉計型ガス検定器

くん蒸効果の確認など高濃度ガスの測定に使用する。

②半導体式ガス検知器

投薬中の気化器やくん蒸施設からの漏えいガスの検知に使用する。高感度半導体によりガスを検知するものがある。

③検知管（採取器）

低濃度の管理濃度（抑制濃度）を測定する。測定時に検知管の両端を切断し、ガス採取器に接続して一定量のガスを吸引すると、検知剤と化学反応を起こして変色するので、この変色層の長さから濃度を読み取る。

(3) 危害防止対策

1) 植物検疫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（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いる。

輸出生果実のヨウ化メチルくん蒸作業においても、臭化メチルくん蒸作業に準じた安全対策をとることになる。

2) 中毒症状及び応急措置

ヨウ化メチル取扱いにおいて、吸入した場合、皮膚に付着した場合、眼に入った場合、飲み込んだ場合、経口摂取した場合の中毒症状や応急措置については、井筒屋化学産業株式会社のクリ専用ヨーカヒュームの「製品安全データシート（SDS）」に記載されているので熟読しておく必要がある。また、万が一の対応として、次項の中毒110番：公益財団法人日本中毒情報センターを利用する。

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

※生果実のくん蒸基準(案)の取り扱いについて

ヨウ化メチルによる生果実のくん蒸は、今後、以下の検討が必要です。

1. ヨウ化メチルの農薬登録(適用拡大)関係の整備
2. ヨウ化メチルくん蒸技術の植物検疫くん蒸処理法としての導入
3. 相手国との二国間協議による規則策定

以上から、本項に記載するくん蒸基準(案)は、使用施設、くん蒸方法、危害防止対策などを現行の検疫規則などを参考に、一般的なマニュアルとして、県、JA の技術者、植物検疫くん蒸作業主任者など向け「案」として作成したものです。

生果実くん蒸処理の実際については別途作成する「輸出生果実の植物検疫ヨウ化メチルくん蒸技術マニュアル(案)」を参照してください。

〈農研機構果樹茶業研究部門〉
 〈(一社)日本くん蒸技術協会〉
 〈(地独)青森県産業技術センターりんご研究所・県南果樹部〉
 〈長野県果樹試験場〉
 〈山梨県果樹試験場〉
 〈山口県農林総合技術センター〉
 〈愛媛県農林水産研究所果樹研究センター〉
 〈大分県農林水産研究指導センター〉

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 2g 発生させるためには、リン化アルミニウム約 6.2g 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 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。

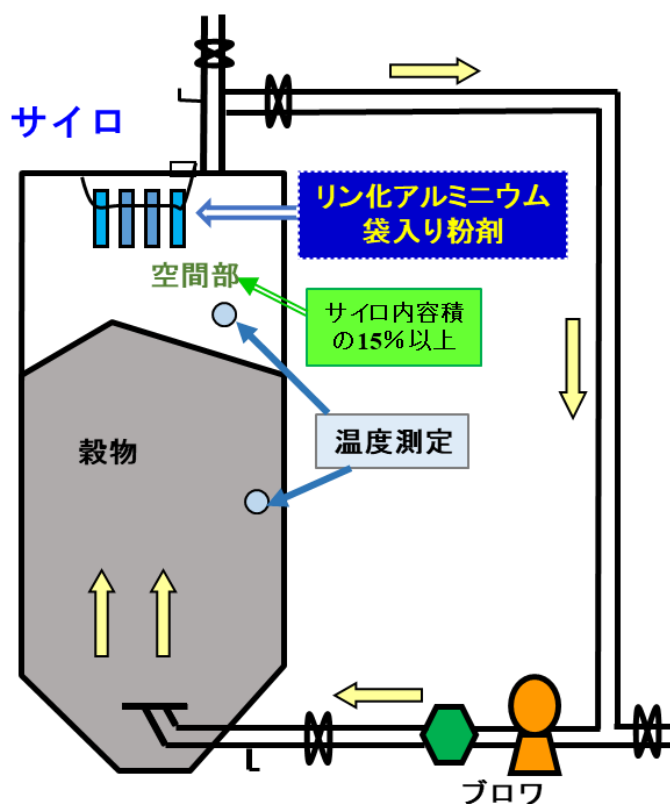


図1. サイロ空間部投薬循環方式によるリン化アルミニウムくん蒸模式図

(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。

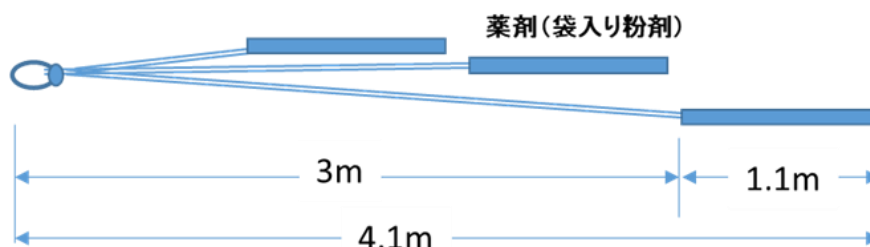


図2. 吊り下げ器具と薬剤の長さ



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。

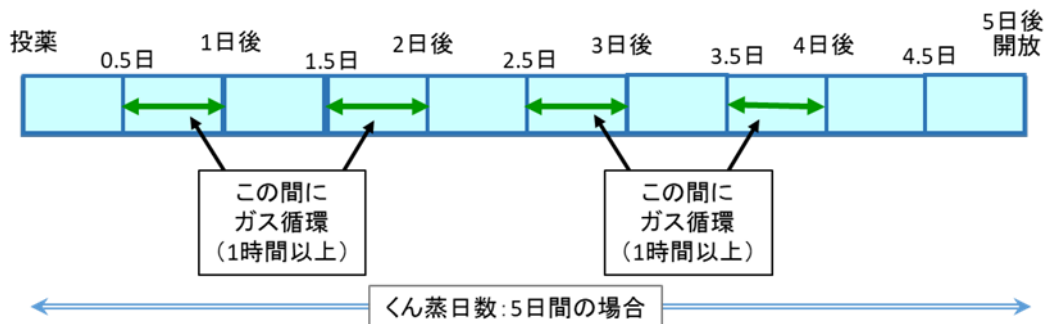


図5. 投薬後のサイロ循環方法

(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の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〉

【作成・取りまとめ機関】

農研機構 果樹茶業研究部門

【課題担当機関】

ブルーベリー：(地独)青森県産業技術センターりんご研究所

モモ :長野県果樹試験場
山梨県果樹試験場

カンキツ :山口県農林総合技術センター
愛媛県農林水産研究所果樹研究センター
大分県農林水産研究指導センター

ヨウ化メチルくん蒸技術：

(一社)日本くん蒸技術協会
農研機構果樹茶業研究部門

リン化アルミニウムくん蒸技術：

(一社)日本くん蒸技術協会
農研機構果樹茶業研究部門

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

