クリくん蒸におけるヨウ化メチル剤の安全使用

ヨウ化メチル剤推進協議会
川上（かわかみ）　房男（ふさお）*・相馬（そうま）　幸博（ゆきひろ）*・小松（こまつ）　和夫（かずお）**

はじめに

1992年にオゾン層破壊物質に指定された臭化メチルは，国内外において使用量の削減が進められ，我が国では，検疫用途を除き不可欠用途として唯一使用が認められていたクリ用も2013年12月末に全廃された。これは，以前からクリ生産県，農林水産省横浜植物防疫所調査研究部などによりヨウ化メチル剤の薬効薬害試験が進められており，世界に先駆け2009年9月18日，「くり専用ヨーカヒューム®」として農薬登録され，臭化メチル代替剤として実用化の態勢が整ったことによるものである。

ヨウ化メチルは臭化メチルとは異なる理化学的性質を有し，急性経口毒性や眼・皮膚への刺激性も高く，取扱いを誤れば十分な殺虫効果が得られないばかりか，薬害の発生や重大な中毒事故を引き起こすおそれがある。また，農薬による第三者に対する危害の防止，周辺環境への負荷の低減やコンプライアンス（法令規則の遵守）が強く求められており，本剤の上市にあたっては使用環境を整備する必要があった。

このため，井筒屋化学産業株式会社（2013年10月，アリスタ ライフサイエンス株式会社から事業を継承）は，一般社団法人日本くん蒸技術協会とヨウ化メチル剤推進協議会（以下「協議会」）を設立し，現地説明会や安全使用講習会を開催して，薬剤の取扱い，くん蒸施設・くん蒸器材の整備，くん蒸技術の付与とともに，安全使用の啓発普及を図ってきた。ここでは，その現状を紹介したい。

I　ヨウ化メチルくん蒸技術の確立

1　ヨウ化メチル製剤とその特徴

ヨウ化メチル製剤は，有効成分のヨウ化メチル99%を含有する淡黄色澄明の液体で無臭，茶色のプラスチックボトルに溶着密封され最少単位は250 gである（図-1）。専用の投薬器（図-2，図-3）の中でボトルに孔を開け，流れ出た薬液を温湯などで間接的に温めてガス化

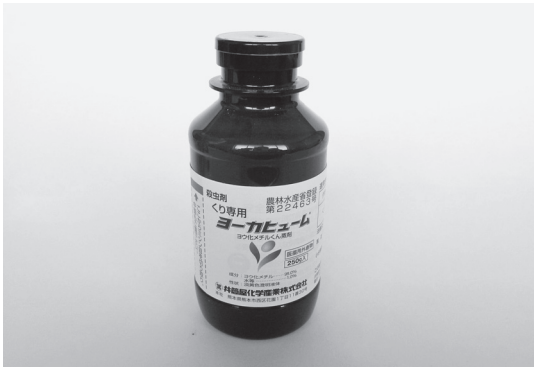

図-1　くり専用ヨーカヒュームボトル（最少単位250 g）

図-2　くり専用ヨーカヒューム専用投薬器（天幕くん蒸用）

Safe Use of Methyl Iodide in on-site Chestnut Fumigation.　By Fusao Kawakami, Yukihiro Soma and Kazuo Komatsu

（キーワード：ヨウ化メチル，くん蒸，クリ，クリ寄生害虫，安全使用講習会）

現所属：*　一般社団法人日本くん蒸技術協会
**井筒屋化学産業株式会社

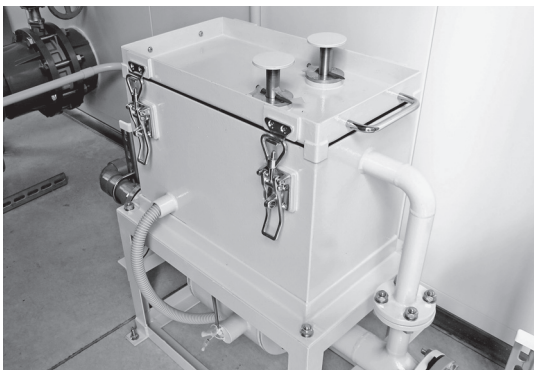

図-3　くり専用ヨーカヒューム
専用気化投薬器（倉庫くん蒸用）

表-1　ヨウ化メチル剤のクリ寄生害虫に対する殺虫効果[a)]

くん蒸温度（℃）	害虫の種類	態	供試数[b)]	殺虫率（%）
15	クリシギゾウムシ	卵，若齢幼虫	2,022	100
		卵，若齢幼虫 老齢幼虫	956	100
		老齢幼虫		98.9
25		卵，若齢幼虫 老齢幼虫	1,279	100
		老齢幼虫		99.9
15	クリミガ	幼虫	228	100
	モモノゴマダラノメイガ	幼虫	79	100

a) ヨウ化メチル 50 g/m^3 を使用し，収容比 0.14 t/m^3 で 2 時間くん蒸.
b) くん蒸後丹沢，銀寄，筑波，石鎚，岸根から脱出する幼虫を 60 日間調査.
出典：横浜植物防疫所　植防研報　No.41 : 9–14（2005）.

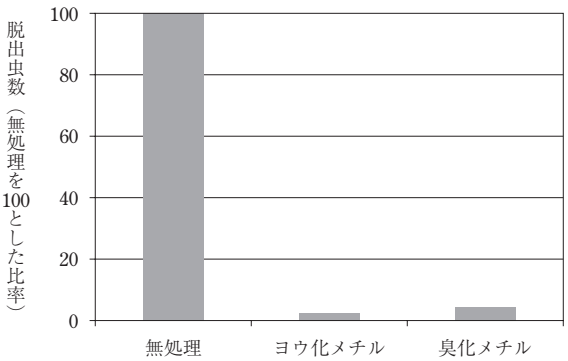

図-4　クリシギゾウムシに対する殺虫効果
ヨウ化メチル 50 g/m^3（臭化メチル 48.5 g/m^3）を投薬し 2 時間くん蒸. くん蒸後岸根から脱出する幼虫を約 50 日間調査.
出典：兵庫県農林水産技術センター（2005）.

し，施設内を撹拌しながらくん蒸する。10℃ 以上で 50 g/m^3–2 時間または 25 g/m^3–4 時間の基準でクリシギゾウムシ，クリミガ，モモノゴマダラノメイガ等に優れた殺虫力を示す（表–1，図–4）。

くん蒸剤としての特徴は，(1) 浸透性に優れ，荷口中に速やかに拡散・浸透する，(2) 沸点が 42℃ で臭化メチルの 3.6℃ より高く，ガス比重も 4.9 倍で臭化メチルの 3.3 倍より重いため，気化器と撹拌機を使用してガス化と拡散を促進する必要がある，(3) 蒸気圧は 39 kPa（20℃）で臭化メチルの 1/5 と低いため，ガス圧による施設からのガスの漏洩は比較的少ない，(4) 臭化メチルに比べてガス収着性が高く，脱着速度も遅い，(5) 引火性や爆発性はないなどである。

2　くん蒸場所およびくん蒸施設の要件

くん蒸効果の確保および危害防止の観点から，くん蒸場所とくん蒸施設に一定の制限を設けた。(1) くん蒸場所（倉庫，天幕を設置した建屋）は，事務所・民家・選果場・一般道路等から直線で 3 m 以上離れており，ガス排気吐出口と事務所・民家・選果場・一般道路等から直線で 15 m 以上離れていること，(2) くん蒸施設は関連設備付きの倉庫が好ましいが，クリは荷口が小さく 10 m^3 程度の天幕が多く使用されてきた経緯もあり，日本くん蒸技術協会がガス濃度と温度を維持できる方法として，小規模の輸出木製梱包材くん蒸用に開発した“二重天幕方式”（厚さ 0.15 mm 以上でガスを透過しない材質の天幕を二重にして緩衝空間を設け，床に同質のシートを敷いてシートと天幕の裾を合わせて巻き込み，この上に砂嚢を並べて密閉する方式；図–5）を導入した。(3) 施設および器材の能力として，ヨウ化メチル 50 g/m^3 またはドライアイス 15 ～ 20 g/m^3 を投薬して 2 時間くん蒸し，気化装置は投薬 20 分後にガス濃度が最高に達すること，撹拌機は投薬 20 分後にガス濃度が均一になること，施設はくん蒸 2 時間後のガス濃度が投薬 20 分後のガス濃度の 95% 以上残存することの基準を設けた。このほか，ガス濃度測定用チューブ，排気・給気装置，

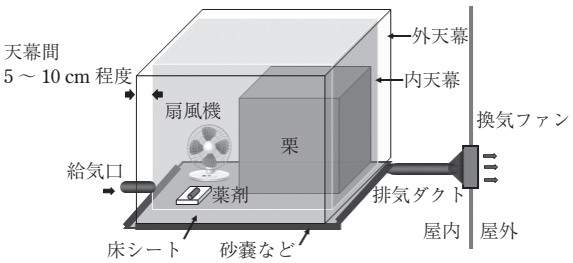

図-5　二重天幕くん蒸施設イメージ図

表-2　ヨウ化メチルくん蒸施設数

府県	倉庫（庫）	天幕（張）	府県	倉庫（庫）	天幕（張）
青森		1	京都		3
秋田		2	大阪		2
新潟		6	兵庫	4	
栃木		1	岡山		2
茨城		37	鳥取		2
千葉		5	島根		2
静岡		1	山口	3	1
石川		1	愛媛		6
長野		1	徳島		1
滋賀		1	計	7	75

倉庫では圧力調整弁・マノメーター，建屋・倉庫の施錠等の整備を要件とした。

これらの要件を満たしたくん蒸施設は表-2の通り，19府県において倉庫7庫，天幕75張となっており，天幕が圧倒的に多く，その半分を茨城県が占めている。

3　くん蒸器材の整備

くん蒸において基本的に整備が必要な器材は次の通りで，くん蒸前に必要な数があるか，正常に稼働するか確認する。

ア．薬剤ボトルおよび専用投薬器　イ．気化装置（専用気化器，ホットプレート等）　ウ．撹拌装置（固定式撹拌・循環装置，扇風機等）　エ．排気装置（固定式排気装置，移動吸引式排気ファン・ダクト等）　オ．ガス測定器（ガス検知管，ガスリークチェッカー等）　カ．長袖，長ズボンの作業衣，不浸透性手袋（ニトリル製）　キ．隔離式全面形防毒マスク・ヨウ化メチル吸収缶　ク．くん蒸区域立入禁止措置材料（縄，ロープ，「くん蒸中立入禁止」表示等）　ケ．施設からのガス漏洩防止材料（ガムテープ，補修用テープ，砂嚢等）

4　実用くん蒸方法（天幕くん蒸の場合）および危害防止対策

くん蒸作業の流れおよび危害防止上留意すべき事項は次のとおりである。

（1）　くん蒸施設の排気ガス吐出口から15 m離れた場所に立入りを禁止するロープを張り，「くん蒸中立入禁止」の表示をする。

（2）　床シートの上にスノコを置き，クリ入りメッシュコンテナを数段積み付ける（100～150 kg/m^{3}が目安）。コンテナの列の間に隙間と専用投薬器・扇風機の配置場所を設ける。床シートと二重天幕の裾を合わせて巻き込み砂嚢を2列に並べる。

（3）　くん蒸作業は長袖シャツ，長ズボン，不浸透性手袋，防毒マスクを着用し，必ず2名以上で実施する。

（4）　ホットプレート上に水を張りプラスチック製の専用投薬器に必要量の薬剤ボトルをセットし，80～90℃に加温できるように温度目盛りに合わせる。気化器の水温をあらかじめ50℃以上に上げておき，天幕越しにボトルに孔を開けて投薬（図-6）し，気化器および撹拌機の電源を入れる。この時点をくん蒸開始時刻とする。通常，薬液は投薬20分後には完全に気化しているので気化器の電源を必ず切る。撹拌装置はくん蒸が終わるまでそのまま運転する。

（5）　投薬後，ガスリークチェッカーで天幕の裾周辺からガスが漏れていないか確認し，建屋の扉に施錠する。

（6）　くん蒸終了後の天幕内には高濃度のガスが残存しているので，排気作業は防毒マスクを着用し，手順を間違えないよう素早く行う。まず，撹拌機を停止する。吸引式排気ファンのスイッチを入れたままダクトを天幕内に挿入（図-7）し，反対側にメッシュコンテナなどで給気口（図-8）を設けて約1時間排気する。

（7）　内天幕の濃度が2 ppm以下になったことを確認し，外天幕をめくり天幕間に残存している可能性があるガスを10分間程度自然排気し，内天幕を開放する。

（8）　ガス排気後もクリ荷口からガスが脱着してくるので，選果場へ搬入して選別，梱包を行う場合や一時的に倉庫に保管して再入室する場合は，必ず防毒マスクを着用して2 ppm以下であることを確認する。

（9）　回収した薬剤ボトルは薬液が残っていないことを確認し，自治体の廃棄物処理ルールに従って処分する。専用投薬器，扇風機およびホットプレートは清掃（洗浄）して保管する。

図-6　天幕越しにヨウ化メチルを投薬

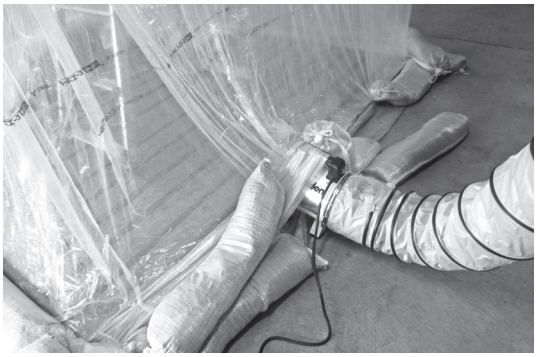

図-7　吸引式排気ダクト

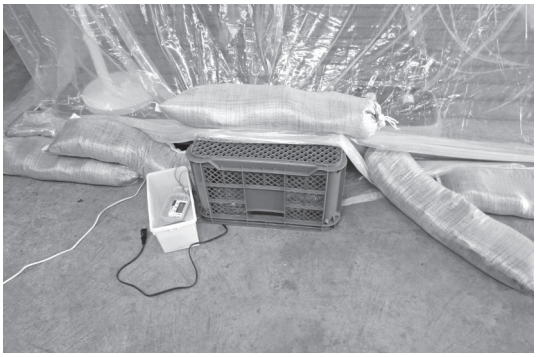

図-8　給気口（メッシュコンテナ）

Ⅱ　ヨウ化メチル剤の安全使用

1　関係規則および使用者の資格

ヨウ化メチルを取り扱う場合は関係規則の遵守が求められる。農薬取締法では，使用量・使用濃度・使用回数等の適正使用，JAなどの事業者は「農薬使用計画書（変更）」の農林水産大臣への提出が求められる。労働安全衛生法特定化学物質障害予防規則では，事業者は「特定化学物質及び四アルキル鉛等作業主任者技能講習」を修了した「特定化学物質作業主任者」を設置しなければならない。また，使用者は，労働安全衛生法の作業環境評価基準に基づく作業環境管理の指標である「管理濃度2 ppm」を超えない環境で作業することが求められている。毒物および劇物取締法では，購入の際に必要事項を記載し，受領印を押した書面の提出，「医薬用外劇物」表示をした鍵のかかる場所での保管などが定められている。農林水産省消費・安全局長および環境省水・大気環境局長連名通知では，使用前に周辺住民などへの周知，風速・風向き等に配慮したくん蒸の実施，周辺住民・子供等への健康被害防止措置などが求められている。

協議会は，安全確保のため協議会が示す基準を満たした場所および施設において，関連器材が整備され，安全使用講習会を受講し，受講証明書（会員証）が交付された者に限りヨウ化メチル剤を購入し，使用できる制度を導入している。

2　安全使用マニュアルの作成

ヨウ化メチルくん蒸にあたり必要とされる知識および技術を習得するため，“くり専用ヨーカヒューム（ヨウ化メチル剤）安全使用マニュアル”を作成し，講習会テキストとして使用している。本マニュアルには製剤の取扱方法，関係規則，くん蒸の実際，関連器材の使用方法，危害防止対策，緊急時の応急措置，講習会等の項目のほか，関連様式，参考資料等が含まれている。本マニュアルは井筒屋化学産業のホームページ（http://www.izutsuya-chem.co.jp）からダウンロードし利用できる。

3　安全使用講習会の開催

（1）「指導者講習会」および「使用者講習会」

「指導者（行政機関の技術者，JAの技術指導者およびくん蒸会社の作業主任者）講習会」は協議会主導で行う。府県はモデル地区を設定してくん蒸施設や関係器材の整備を進め，協議会はくん蒸場所，施設，関連器材の整備状況等を確認する。モデル地区のくん蒸施設の準備が整った時点で基礎講習（講義）約3時間，引き続き技能講習（実技）を約4時間行い，くん蒸方法〔投薬（図-9），ガスの撹拌，ガス濃度の測定（図-10），ガスの排気，管理濃度の測定〕，防毒マスクの着用方法（図-11），関連器材の使用方法，危害防止対策等について実技指導を行う。併せてくん蒸施設の要件（気化器の能力，撹拌機の能力およびガス保有力）を確認する。

「使用者（生産農家や生産会社従業員）講習」は府県主導で協議会がサポート（講師派遣および器材提供）し，府県の指導者講習受講者が講師となって使用者を対象に基礎講習および技能講習を指導者講習と同じカリキュラムで行う。

図-9　水ボトル使用による投薬実習

図-10　検知管法によるガス濃度測定実習

図-11　防毒マスク着用実習

表-3　ヨウ化メチル安全使用講習会等およびくん蒸施設等確認状況（回）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計
現地事前説明会	1	6					7
安全使用講習会			4	8	32	10	54
くん蒸場所・施設確認	11	3					14
くん蒸場所・施設能力確認			4	1	81	9	95

表-4　ヨウ化メチル安全使用講習会受講者数（人）

年	2012	2013	2014	2015	計
指導資格者	42	68	145	27	282
使用資格者	8	46	154	23	231
計	50	114	299	50	513

（2）　講習会等実施状況

2012～15年までの現地説明会，講習会の開催およびくん蒸場所・施設能力等の確認状況は表-3の通りで，講習会など61回，くん蒸場所・施設能力の確認等109回にわたり実施した。また，同期間の講習会受講者は表-4の通り，指導者資格者は282名，使用資格者は231名計513名となっており，2014年の299名をピークに減少している。現在，府県やJAから人事異動に伴う新たな資格者の確保やくん蒸方式の導入を検討している県から講習会の要望が出されている。これまで，受講後直ぐに実用くん蒸が行われることが多かったため，協議会は指導者と使用者講習を兼ねて開催してきた経緯もあり，また，新規受講者はそれどほ多くないと見込まれることから，今後，開催場所を集約し，両講習を兼ねて適宜開催することとしている。

お　わ　り　に

クリに対するヨウ化メチルくん蒸技術は，ここ4年間にわたる安全使用講習会を経て，中毒事故などの発生もなく全国の産地に定着しつつある。本剤の使用にあたっては，くん蒸場所，くん蒸施設，使用者等の制限に加え，関連器材の整備などで多大な負担を強いる結果となっている。これも，長年にわたり多くの研究者が開発した“虎の子の薬剤”を今後も安全に使用していくための止むを得ない措置とご理解をいただきたい。

本剤の市場はクリのみで使用期間も短く，出荷量も2014年1,960 kg，2015年670 kg，2016年5月末の注文数量360 kgとなっており，製造，流通などに多額の費用がかさむため，薬剤ボトルでのくん蒸は臭化メチルに比べて割高になっている。将来的には，クリのくん蒸場所（施設）を集約して効率化を図っていただく必要があるかも知れない。今後，クリ以外の青果物や他の品目への適用拡大，ボンベ仕様製剤を導入して投薬しやすくして本剤の適用範囲の拡大を図るとともに，薬剤費の低減や安全性の向上に努力したいと考えているが，協議会としての対応には限界があり，国や府県のご支援を節にお願いする次第である。