

【解説】

植物検疫における病虫害防除技術

三角 隆

農林水産省横浜植物防疫所調査研究部 〒231-0801 神奈川県横浜市中区新山下 1-16-10

Treatments and techniques for pest control on the plant quarantine of Japan

Takashi MISUMI

Quarantine Disinfestation Technology Laboratory, Research Division, Yokohama Plant Protection Station.
1-16-10 Shin-Yamashita, Naka-ku, Yokohama 231-0801, Japan

摘 要

国内農業強化を目指しているが、低い食糧自給率から輸入農産物に依存する日本にとって、病虫害の侵入を防ぐ植物検疫制度は重要である。検疫処理では、青酸ガス、臭化メチル (MB) 及びリン化アルミニウムによるくん蒸処理が主に実施される。青酸ガスでは、種苗類と青果物に対し、液体青酸 1.8 g/m³, 30 分処理, MB では、穀類等・青果物及び木材に対し、品目、温度などに応じた単位薬量 (一部を除き, 15–8.5 g/m³) と時間 (2–72 時間) が規定され、また、リン化アルミニウムでは、穀類、種子等に対し、リン化水素 0.5–2.0 g/m³, 3–9 日間の処理が同様に規定されている。モントリオール議定書の枠組下で検疫用途の MB は規制対象外であるが、代替技術に転換することが求められている。これまで日本が開発、又は開発中の MB 代替薬剤は、(1) 二酸化炭素、(2) ヨウ化メチル、(3) フッ化スルフルル/MITC 混合ガス、(4) 庫外投薬機によるリン化水素、(5) 酸化プロピレンなどがある。木材輸入数量の急激な減少や、非検疫病虫害の増加の影響などにより、最近では検疫処理が減少しているが、検疫処理の必要性は消滅することはなく、防除対策の多角化が求められてきている。オーストラリアで実施された防除プログラムでは、リスクの評価を実施した上でリスク管理措置が実施されており、今後、このような防除がさらに重要になってくると考えられる。

Abstract

Despite a policy to strengthen domestic agriculture, Japan depends on imported agricultural products due to a lower food self-supply rate. Plant quarantine system therefore, must be necessary. Quarantine treatment mainly uses fumigation using hydrogen cyanide (HCN), methyl bromide (MB) and hydrogen aluminum (AIP). Fumigation schedule of HCN for fruits and vegetables is HCN 1.8 g/m³ for 30 minutes. MB fumigations for grains, fruits and vegetables or logs, various dosage rates (mostly use 15–48.5 g/m³) and time (2–72 hours) are prescribed in their schedules depended on commodities, temperature, etc. AIP fumigation schedules for grains or seeds are similarly provided dosage rates (0.5–2.0 g/m³ as phosphine) and time (3–9 days) as MB. The Montreal protocol exempts quarantine use MB however, encourages transition to alternatives. Alternatives to MB that Japan developed/is developing are (1) carbon dioxide, (2) methyl iodide, (3) sulfuryl fluoride/MITC mixture, (4) phosphine from the generator, (5) propylene oxide, etc. Quarantine treatments are decreasing lately due to a rapid reduction of log import or an expansion of non-quarantine pests; however, quarantine treatment will never lose its necessity besides a diversity of quarantine measures must be required. Eradication program executed in Australia carried out risk management after evaluating precise risk assessment. Such pest control may be considered substantial from now on.

Key words: plant quarantine treatment (植物検疫くん蒸), methyl bromide (臭化メチル), hydrogen cyanide (青酸ガス), phosphine (リン化アルミニウム), MB alternatives (MB 代替技術)

1. 植物検疫と現行の消毒方法

海外から輸入された植物に付着して本来の生息地から新天地に移動した病虫害は思いもよらない被害

をもたらすことがある。過去にはリンゴワタムシ (*Eriosoma lanigerum*) などの病虫害が海外からの貨物に紛れて日本に侵入し、農作物に大きな被害が発生した。そのため、病虫害の侵入とまん延を防ぐための植物検疫制度が 1914 年 (大正 3 年) に開始された。国内農業生産の強化を目指しているもの

の、食料自給率が低く、海外からの大量の輸入農産物に依存する日本にとって、輸入される農作物を検疫する制度は重要であり、植物防疫法（昭和 25 年 5 月 4 日法律第 151 号）に基づき、国の制度として植物検疫が実施されている。日本の海空港 68 カ所の植物防疫所に約 900 名の植物防疫官が配置され（2010 年 10 月現在）、まさに日本の水際で病虫害の侵入・定着を防ぐべく、世界各国から輸入される植物を検査し、必要に応じて消毒、隔離等の措置を実施している。

植物検疫において、海外から輸入される農作物は、(1) 輸入禁止品、(2) 検査不要品、(3) 輸入検査品の 3 つに分けられる。輸入禁止品は基本的に輸入が禁止されている農作物であるが、例外的に、輸出国が有効な検疫措置（検疫処理など）を確立し、当該措置が有効に実施された農作物は輸入可能となる。例えば、アメリカ産サクランボ果実などはこの措置により日本に輸入されている。検査不要品とは、農作物であっても、高度に加工された物品や缶詰などであり、植物検疫検査を受けずとも輸入することができるものである。しかしながら、農作物の大部分は輸入検査品である。輸入検査品の農作物は、陸海港などで植物防疫官により検査され、病虫害の付着がなければ、合格証明書が発給されて通関できるが、検査で病虫害が付着していた場合は不合格となり、

植物防疫官は消毒、若しくは廃棄を命じなくてはならない（植物防疫法第 9 条）。実態として、多くの農作物はこの消毒措置を経て輸入されている。

植物検疫で利用されている処理技術は表 1 のとおりであるが、輸入検疫においては、病虫害や農作物の種類に応じ、青酸ガス、臭化メチル及びリン化アルミニウムの 3 つの薬剤による「くん蒸処理」が消毒措置として主に利用されている。

1-1. 青酸ガス

くん蒸処理の基準として、輸入される切花や苗木などの種苗類、バナナ、パイナップルなどの青果物に対し、液体青酸を倉庫 1 m³ 当たり 1.8 g 投薬して 30 分間暴露させる処理が処理基準として設定されている（表 2）。青酸ガスの特性から殺虫対象となるのは、アザミウマやアブラムシなど農作物の表面に寄生している害虫である。くん蒸には液体青酸が使われるが、沸点が約 25℃ である。よって、青果物倉庫で効果的に処理するため、気化器を通してガス化して投薬することが必須条件になる。なお、各自治体は青酸ガスに対し、厳しい環境排出規制を設けており、くん蒸終了後、青酸ガスは、そのまま大気放出することができない。従って、水酸化ナトリウムなどを利用して青酸ガスをトラップするシステムを装備した特別な倉庫で青酸くん蒸が実施される。

表 1 植物検疫で利用される処理技術の例（輸入検疫以外の利用も含む）

化学的処理	物理的処理
殺菌剤処理	低温処理
青酸ガスくん蒸	蒸熱処理
臭化メチルくん蒸	乾熱処理
リン化アルミニウム（リン化水素）くん蒸	温湯浸漬
MEP 処理	木材水没
DDVP くん煙	
土壌消毒（クロルピクリンなど）	

表 2 青酸ガスくん蒸の基準

種類	方法	薬量
苗木、苗の表面に付着するカイガラムシ、アブラムシ、アザミウマ、コナジラミ等の検疫有害動物	倉庫くん蒸	液体青酸 1.8 g/m ³ (10–20℃)
青果物の表面に付着するアザミウマ、アブラムシ、カイガラムシ、コナジラミ等の検疫有害動物	倉庫（海上コンテナを含む）くん蒸	液体青酸 1.8 g/m ³ (10–20℃)

※輸入種苗検疫要綱（昭和 53 年 9 月 30 日 農蚕第 6963 号）及び輸入青果物検疫要綱（昭和 62 年 4 月 15 日 農蚕第 2006 号）より一部抜粋。

1-2. 臭化メチル

次に臭化メチル (MB) であるが、倉庫くん蒸として、カンキツ類などの果実類、アスパラガス、かぼちゃ、ブロッコリーなどの野菜類に基準が設定されている (表 3)。果実類ではくん蒸温度に応じて単位薬量が 16.0 g/m^3 – 48.5 g/m^3 で 2 時間の処理、野菜類では、単位薬量 48.5 g/m^3 の 3 時間の処理が検疫処理基準となっている。

穀類のサイロくん蒸では、小麦、とうもろこし、大豆などの穀類をサイロに収容した状態で臭化メチルくん蒸される (表 4)。穀類では、種類によって MB ガスを多く収着するものとししないものが様々である。したがって、穀類をその収着特性により、米や麦のグループ、とうもろこし等のグループ、大豆等のグループに分け、それらグループ毎にくん蒸処理基準が決められている。例えば、小麦を温度 10°C 以上、ガス保有力が特 A 級のサイロに収容比 0.5 t/m^3 の条件で収容して 48 時間 MB くん蒸する場合、表 4 から、単位薬量は 22 g/m^3 となる。穀類サイロは収容量が多く、その内容積も大きくなるため、くん蒸処理で使用する MB の量も多くなる。

大型の穀類サイロに MB を投薬し、ガスを均一化させるために循環するには強力なブロアーが必要であり、また、バルブの開閉操作も複雑になる。

MB くん蒸は、輸入される木材 (丸太) の処理にも利用される。方法は 2 種類あり、輸入された丸太を港の指定場所に積み上げてビニールシートで被覆して行う「天幕くん蒸」と、木材輸送船の船倉で行う「本船くん蒸」がある。例えば、天幕くん蒸でくん蒸を行う場合、温度 15°C 以上で MB 32.5 g/m^3 の単位薬量で、24 から 72 時間の処理が実施される (表 5)。天幕くん蒸は部外者が立ち入らない港の指定場所で実施されるが、くん蒸中の安全確保のため、木材天幕の周囲には立ち入りを禁止する柵と警告灯、

表 5 臭化メチルくん蒸 (木材) の基準

方法	薬量 (内容積 1 m^3 当たり)	処理時間
天幕くん蒸	温度 15°C 以上	32.5 g 24~72 時間
	温度 15°C 未満	48.5 g

※輸入木材検疫要綱 (昭和 26 年 11 月 22 日 農局第 1843 号) より一部抜粋

表 3 臭化メチルくん蒸 (果実及び野菜類) の基準

種類	方法	薬量	時間
かんきつ類、なし、りんごに付着又は食入する検疫有害動物	倉庫 (海上コンテナを含む) くん蒸	48.5 g/m^3 ($> 5^\circ\text{C}$)	2 時間
		40.5 g/m^3 ($> 10^\circ\text{C}$)	
		32.5 g/m^3 ($> 15^\circ\text{C}$)	
		24.5 g/m^3 ($> 20^\circ\text{C}$)	
		16.0 g/m^3 ($> 25^\circ\text{C}$)	
アスパラガス、かぼちゃ、キウイフルーツ、キャベツ、ざくろ、さやえんどう、たまねぎ、ぶどう、ブロッコリーに付着又は食入する検疫有害動物	倉庫 (海上コンテナを含む) くん蒸	48.5 g/m^3	3 時間

※輸入青果物検疫要綱 (昭和 62 年 4 月 15 日 農蚕第 2006 号) より一部抜粋

表 4 臭化メチルサイロくん蒸 (穀類、48 時間処理) の投薬量

種類	循環装置の有無	穀類等の収容比 (t/m^3)	温度及びサイロの等級		
			10 $^\circ\text{C}$ 以上 20 $^\circ\text{C}$ 未満		
			特 A 級	A 級	B 級
ばら積みされた米、麦等 (粉状・かす状のものを除く) に付着する検疫有害動物	有	0.3 未満	15	17	20
		0.5 以上	22	24	28
ばら積みされただいず、いんげん、らっかせい等 (粉状・かす状のものを除く) に付着する検疫有害動物	有	0.3 未満	21	23	27
		0.5 以上	31	34	40

※輸入穀類等検疫要綱 (昭和 46 年 2 月 6 日 農政第 2628 号) より一部抜粋

また、監視員がくん蒸の開始から終了まで必ず配置される。

1-3. リン化アルミニウム（リン化水素）

リン化アルミニウム剤は、検疫処理において、主に穀類に対して使われている。リン化アルミニウムは錠剤であり、くん蒸する倉庫内に分散配置して投薬されると、空気中の水分と反応して殺虫成分のリン化水素ガスを徐々に発生させる。なお、リン化アルミニウム錠剤 3 g からリン化水素 1 g が発生する。このくん蒸剤の特性として、単位薬量を高くするよりも、くん蒸時間を長くする方が殺虫に非常に効果的であり、検疫くん蒸の基準においても、単位薬量は（リン化水素として）0.5 g/m³ や 0.75 g/m³ と低い薬量となっているが、くん蒸時間は、温度に応じて 5-7 日間を要するようになっている。倉庫とサイロのどちらでも実施が可能であるが、リン化水素ガスは金属腐食性があり、特に銅や真鍮をよく腐食するため、くん蒸の際は、倉庫の電気系統などの腐食対策が必要である。

以上の青酸ガス、臭化メチル及びリン化水素くん蒸は、検疫処理として法令で規定された技術であるため、処理基準の改廃には、公聴会の実施など所定の法改正手続きを経る必要がある。また、3 種類のくん蒸剤は毒性のある「ガス体」であり、青酸ガスは毒物、臭化メチルは劇物、リン化アルミニウムは特定毒物（リン化水素は毒物）に分類されている。関連法規を遵守することはもちろんのこと、くん蒸作業者の安全性確保のため、ガスマスク、ガス濃度測定機器など特殊な装備を正しく使用することも必要である。

なお、表 2 から表 6 のくん蒸基準は例として植物検疫関係規則から抜粋したものであり、他にも多くのくん蒸基準や殺虫処理が定められている。それらの詳細は、輸入種苗検疫要綱、輸入青果物検疫要

綱、輸入穀類等検疫要綱及び輸入木材検疫要綱に記載されている。また安全対策は植物検疫くん蒸における危害防止対策要綱が定められており、すべて植物防疫所 web サイト（http://www.pps.go.jp/law_active/mokuji.html）でそれら全文が参照可能である。

1-4. 検疫処理として必要な条件

検疫処理は、病虫害防除技術のひとつではあるが、農作物の流通の過程で利用されるという特性上、短時間で極めて高い効果を得る必要があるため、導入にはいくつかの条件がある。

(1) 高い処理効果

処理によって、非常に高い殺虫率を達成することが求められる。これは状況にもよるが、新たな病虫害の侵入と定着を防ぐためには、たとえ数頭でも侵入を許してはならないという考えが基本となっており、Baker（1939）が提唱した「プロビット 9」を達成できる処理が望まれている。プロビット 9 とは、プロビット解析におけるプロビット値が「9」、すなわち殺虫率 99.9968% であり、一般的に 100,000 頭の対象害虫を供試して殺虫処理を実施した場合、生存頭数が 3 頭以下を達成できる処理のことである。日本においては、プロビット 9 レベルを達成する指標として、供試虫を 30,000 頭以上供試し、生存虫数が 0 頭であることを、禁止対象害虫（コドリノガヤチチュウカイミバエなど）の検疫処理として諸外国に求めている。

(2) 安全対策

処理に薬剤やくん蒸剤を使う場合は、作業者の安全対策が必要である。また、周辺環境に対する処理の影響を抑制し、さらに処理される食品の安全性をも確保するため、関連法規に適合した処理であることも必要不可欠である。

表 6 リン化アルミニウム（リン化水素）くん蒸の基準

種類	倉庫の等級	薬量（リン化水素として g/m ³ ）	温度（℃）	くん蒸時間
袋詰めされた米、麦、とうもろこし、だいず、コブラ等（ふすま等の一次加工品を含む）に付着する検疫有害動物（ヒメアカカツオブシムシ、[ペレット等以外に付着するグラナリアコクゾウムシ]を除く）	特 A 級 A 級	0.5	5 ≤ < 10	7 日間
			10 ≤ < 20	6 日間
			20 ≤	5 日間
	B 級	0.75	5 ≤ < 10	7 日間
			10 ≤ < 20	6 日間
			20 ≤	5 日間

※輸入穀類等検疫要綱（昭和 46 年 2 月 6 日 農政第 2628 号）より一部抜粋

(3) 他種多様な品目への適用

昨今では、国際的な物流速度の向上により、これまでは想像もできなかったような植物が日本に輸入されてきているが、そのような、諸外国から輸入される多種多様な品目に処理を適用しなければならない。また新たに開発された品目及び品種を処理した場合でも、それらの品質を損ねることなく、かつ、少量から大量貨物までを迅速に処理できるものであることが求められる。

(4) 限定使用

多くの品目に適用することが求められるにもかかわらず、使用が植物の日本輸入時に限られる処理である。従って、毎年ある限られた時期のみ輸入され、検査して不合格の場合のみ処理が行われるような、極めてマイナーな使用が行われる場合でも対応できる必要がある。

以上のような条件を満たすことを考えれば、検疫処理は、極めて特殊性の高い処理になってしまい、民間レベルでの自主的な処理技術開発は困難な状況であることは容易に想像できる。なぜなら、高い殺虫効果を得るために処理強度を上げれば、農作物の品質や食品の安全への影響も増大するし、作業者の安全対策もより強化する必要がある。また、多種多様な品目に適用させるためには、それら品目への影響と安全性を、品目（又は品種）ひとつひとつ調査して確保しなければならない。しかも、そのような処理技術開発にかかるコスト、安全対策や食品の安全性確保に要するコストが非常に高額になってしまうにも関わらず、限定的な使用しか期待できないため、コストの回収が困難な処理だからである。

2. モントリオール議定書の規制

主要くん蒸剤3剤のうち、常温で気体であり、浸透性が強く、広範囲の植物と病害虫に適用できるなどの多くの利点から、検疫処理で最も広範に使われているのがMBである。既に各方面で紹介されているように、MBはモントリオール議定書によりオゾン層破壊物質として指定され、2005年に原則全廃となっているが、その使用用途が「検疫」であるものは規制から除外されている（UNEP, 1992）。そのため、日本だけでなく世界各国においても、輸出入植物を中心にMBが検疫処理の主力として使用されている。

しかしながら、モントリオール議定書では、規制

対象外の検疫用途のMBであっても、使用量を削減する努力義務を各国に重ねて求めてきたところであり、世界全体での使用量は、1992年には14,000 tであったものが着実な減少を続け、2004年には11,000 tとなっていた。

ところが、その頃、国際植物防疫条約（IPPC）では、国際的に流通する貨物に使用される「木製のこん包材」に対し、検疫処理の国際基準（ISPM No.15と呼ばれる）を定め、農作物に限らず、木材梱包材を使用して貨物を輸出入する際には、①熱処理または②臭化メチルクン蒸を義務化した。そのため、MB使用量の増加が懸念されていたところ、果たして2005年になると世界のMB使用量が11,000 tから14,000 tに急激に跳ね上がった。このようなことが引き金となり、モントリオール議定書締約国会合では、検疫用途のMBが規制対象外であることに懸念が表明されるようになり、毎年の締約国会合とその公開作業部会では、検疫用途のMBにもある程度の規制が必要である等の議論がなされるようになった。これを受け、EU（欧州連合）は2009年3月に検疫処理も含めて臭化メチルの農薬登録を抹消し、2010年3月にはMB使用を完全全廃するなど、検疫処理のMB削減の動きが活発化してきている。

2-1. 日本におけるMB代替技術

日本では、検疫用途であっても、早くからMB代替技術の開発に取り組んでいる。日本において、輸入検疫処理でMBが使われている品目は図1のとおりである。主要な品目のうち、60%が木材（丸太）、32%が穀類（豆類を含む）に使用されているが、木材こん包材のISPM No.15の処理は日本においては、ほとんどすべて熱処理で実施されているため、MB使用割合はわずか1%である。したがっ

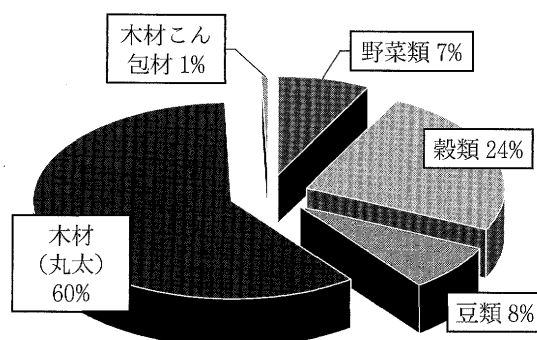


図1 検疫用途臭化メチルの主要品目における使用状況（2006-2007年）

て、検疫用途の MB 使用量を効率的に減少させるため、木材と穀類及び豆類をターゲットに、農林水産省横浜植物防疫所調査研究部が中心となって MB 代替技術開発が進められてきた。

(1) 木材（丸太）

木材では、ヨウ化メチル剤、及び、フッ化スルフル（SF）+メチルイソチオシアネート（MITC）混合剤の2種類のくん蒸剤による開発試験がいち早く着手され、本格的には2000–2003年に殺虫試験が実施された。ヨウ化メチル剤による試験では、9種木材害虫（ヒメスギカミキリ *Callidiellum rufipenne*, マツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus*, スギカミキリ *Semanotus Japonicus*, キイロコキクイムシ *Cryphalus fulvus*, カラマツヤツバキクイムシ *Ips cembrae*, ファイルキクイムシ *Xyleborus pfeili*, フィリピンザイノキクイムシ *Xylosandrus germanus*, マツキボシゾウムシ *Pissodes nitidus* 及びシラホシゾウムシ *Shira-hoshizo rufescens*）とマツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* のヨウ化メチルに対する感受性が同等であることが明らかとなった。このため、マツノザイセンチュウで大規模殺虫試験を行った結果、合計で87,800頭が、ヨウ化メチル 60 g/m^3 (10°C), $40\text{--}50 \text{ g/m}^3$ (15°C), 40 g/m^3 (20°C) 及び 30 g/m^3 (25°C) の24時間くん蒸で完全殺虫された (Soma et al., 2005)。

SF + MITC 混合剤の試験では、ヒメスギカミカ *C. rufipenne*, キイロコキクイムシ *C. fulvus*, ファイルキクイムシ *X. pfeili* 及びフィリピンザイノキクイムシ *X. germanus* の4種木材害虫はマツノザイセンチュウ *B. xylophilus* よりも感受性が高いことが判明したことから、マツノザイセンチュウを対象とした大規模殺虫試験により、合計179,600頭が、SF 27 g/m^3 + MITC 27 g/m^3 (10°C), SF 21 g/m^3 + MITC 21 g/m^3 (15°C), SF 15 g/m^3 + MITC 15 g/m^3 (25°C) の24時間くん蒸で100%殺虫された (Soma et al., 2006)。これら2種薬剤は、既に農薬登録が完了しており、上述のように、輸入木材の検疫処理として十分な殺虫結果が得られており、それら薬剤処理による検疫処理基準の導入が期待されている。

(2) 穀類及び豆類

穀類では、既に植物検疫に導入されているリン化アルミニウムくん蒸の利便性を高める技術として、リン化アルミニウム剤から、リン化水素を急速に発

生させる「庫外投薬機」が開発されている。アメリカやオーストラリアなど諸外国では、リン化水素ガスをボンベ詰めした製品が植物検疫処理においても利用できる。しかしながら、日本においては高圧ガス保安法の規制から、リン化水素ボンベの利用は困難なため、庫外投薬機が開発された。

庫外投薬機のリン化水素ガスの発生方式には現在、一括投薬式と加温加湿式の2種類があるが、どちらもリン化アルミニウム剤を空気中の水分ではなく、水又は水蒸気と直接反応させることにより、リン化水素を急速に発生させるものである。この庫外投薬機を使えば、従来の検疫くん蒸において1週間かかっていたリン化アルミニウムくん蒸の日数を3日間程度に短縮できる。また、庫外投薬機によるリン化水素くん蒸では、くん蒸終了後にリン化アルミニウム剤の残渣が残らないという利点もあるため、これまでリン化アルミニウムくん蒸が適用されていなかった、果実や野菜などの青果物への利用も期待されている。

二酸化炭素処理は、既に技術開発及び法改正が終了し、検疫処理に導入されている技術である。二酸化炭素濃度を倉庫・サイロ内で40%以上にし、10日から21日間（日数はくん蒸温度で異なる）くん蒸する。リン化アルミニウムくん蒸よりも処理に時間がかかるため、また、高圧ガス保安法の規制がネックとなり、植物検疫処理としての利用実績はないが、対象害虫を限れば、処理を5–7日間に短縮することが見込まれている。また、有機農産物の日本農林規格において使用が認められているという利点がある。ネックとなっている高圧ガス保安法の規制は、二酸化炭素を搭載したタンクローリーを活用する方法により、大幅に緩和できる。

(3) 最近の調査研究

穀類を対象として酸化プロピレン剤で単位薬量 $12\text{--}24 \text{ mg/l}$, 温度 10°C , 24–48時間の条件で殺虫試験を実施したところ、二酸化炭素と混合することでグラナリアコクゾウ (*Sitophilus granarius*) 蛹とノシメマダラメイガ (*Plodia interpunctella*) 休眠幼虫に対し、90%以上の高い殺虫効果が得られている (Misumi et al., 2011)。また海外で農薬登録のあるギ酸エチル剤について、果実や野菜に適用できないかどうか殺虫試験及び障害試験を現在実施中である。

2-2. 世界の MB 使用の動向

諸外国では先進国を中心に MB 代替技術が開発

されているが、主にリン化アルミニウム剤、リン化水素（ボンベ）が米国、NZ、ドイツ、イギリス、オーストラリア、カナダなどで穀類を対象に、また、SF も同様に利用されている。

特に、SF は世界各国で様々な品目・分野でどんどん適用が拡大している状況であり、検疫用途でもその利用が期待されている。SF は GWP（地球温暖化係数）が高く、二酸化炭素の 4,800 倍の温室効果があること報告されていることが懸念材料であるが、その絶対使用量は少ないため、地球温暖化防止のための放出規制の対象にはなっていない。

さて、これら世界各国の MB 削減の取組がどのように検疫用途の MB 使用量削減に繋がっているのかどうか、2009 年までの世界の MB 使用量の推移は図 2 のとおりである。

検疫用途 MB が問題となる 2005 年頃までは、アメリカと日本で世界の使用量 1 位と 2 位を独占していたが、アメリカは 2007 年以降大幅に減少し（2009 年は増加しているが）、日本は 2003 以降一貫して減少しており、2009 年には約 700 t である。EU は検疫用途であっても 2010 年 3 月の全廃を表明している関係から、2009 年に至っては僅かな量（53 t）しか使用していない。逆に EU が全廃を表明できたのは、2008 年及び 2009 年での検疫用途 MB の使用量が加盟 27 カ国であっても 195 t 及び 53 t と少なく、全廃の影響が少なかったためと考

えられる。

これら先進国の検疫用途 MB 使用量の減少には、輸入農作物の増減など、様々な要因が関係していることは間違いないものの、モントリオール議定書締約国会合の決議で求めてきた検疫用途 MB の削減が着実に進んでいることを証明している。日本では、IPPC で求められている検疫病害虫の危険度評価（Risk Analysis）を進め、検疫の対象としない病害虫（いわゆる非検疫病害虫）を定めて対応してきたことが、検疫用途 MB の削減に幾分か貢献したものと考えられる。

一方、発展途上国を見てみると、中国とベトナムでは、1995 年頃から MB 使用量が着実に増加を続け、特に中国は 2005 年で日本の使用量約 1,100 t を超えるおよそ 1,500 t を使用している。ベトナムの検疫用途 MB 使用量は、2009 年に日本を上回る 740 t に達している。韓国は減少傾向で推移していたものの、2009 年には日本と同程度の使用量 700 t に到達している。

従って、今後、世界的に検疫処理における MB 使用量を削減するためには、発展途上国での対策を実施する段階にきており、先進国で実績のある技術を発展途上国に応用する必要があると考えられる。それでは、先進国では MB 削減が必要ないかというそうではなく、引き続き MB 削減を進める必要があるが、MB 使用量が相当削減してきている段

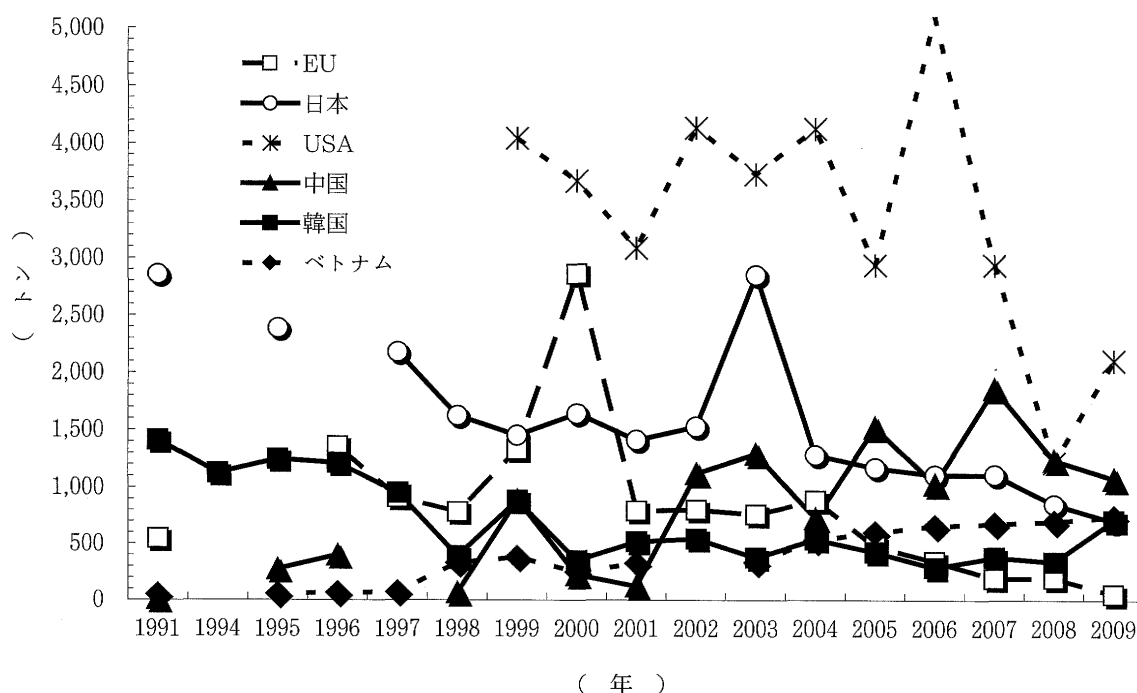


図 2 各国の検疫用途 MB 使用量の推移（UNEP オゾン事務局）

階の先進国では、これまでどおりの対策から、あるいは対策に加えて、一步進んだ次のステージの対策が必要になるものと考えられる。それら対策の導入には、まずは様々な議論をする必要があると考えられるが、以下に記述する多角的な対応を含めることも考えられるのではないか。

3. 多角的な防除技術の必要性

3-1. 検疫処理されない病害虫

日本では、木材に代表される急激な輸入数量の減少、植物検疫における穀類や野菜類の合格率の上昇に加え、2011年には検疫病害虫のリストをポジティブリスト化することに伴い、非検疫病害虫が168種から194種に拡大される。そのため、輸入検疫において病害虫が発見されても、それが非検疫病害虫であるため合格となり、病害虫が付着したまま農作物が輸入されるケースが増えてくる。

そうすると、検疫処理の代わりに、農作物の品質を保持するための処理などが必要となるが、それは検疫処理ではないため、検疫用MBが使用できない。よって、他の薬剤又はなんらかの手段を利用するしかないが、これまでMBくん蒸に頼っていた品目と病害虫の組み合わせには既存の防除手段がない場合が多く、代替の防除手段の開発が必要とされる。しかしながら、上述したようにマイナーな検疫処理にもかかわらず、少量多品目に対応できたMBくん蒸のような広範に対応できる薬剤・技術が開発されることは、今日ではなかなか考えにくい。

したがって、これまでのように、海空港の倉庫やサイロで一回の処理で終了する処理ではなく、弱点はあるが利用できる防除技術を、海空港の倉庫・サイロから出荷して消費の段階までの流通の各過程で適応するなどして組み合わせ、効果的な防除方法とすること、すなわちIPM的な防除がますます必要になってくると考えられる。

3-2. 検疫処理される病害虫

一方、検疫対象の病害虫はどうだろうか。輸入検疫における処理は輸入農作物の増減と、国内農業生産の増減及びその重要度のバランスで成り立っている。したがって、検疫病害虫が明示されているこれからの検疫において、一概に輸入量の増加＝検疫処理の増加とはならず、また、国内農業のある分野が衰退すれば、その分野のみに関連していた病害虫に対する検疫処理の必要性はなくなるかもしれない。しかしながら、現在は、検疫処理が減少している状

態が続いているものの、検疫措置としてのくん蒸処理等の必要性が消滅することは考えにくい。

また、検疫処理はMBに大きく依存しているが、モンリオール議定書に加盟している先進国として、MBに関する国際的な動向に留意し、世界と同調していかななくてはならない。MB使用量が多い分野・品目については、上述2-1の技術が適用できるが、その技術を少量多品目にも適用できるだろうか。今日では、処理には安全を確保しつつ、効果と効率を達成しなければならないが、単純にひとつの薬剤・技術を多種類様々な品目に適用してくん蒸・処理することは、コスト面からなかなか難しいにもかかわらず、国際的な農作物の流通速度がどんどん高速化している面から、迅速な処理技術が要求される。つまり結果的には、検疫処理される病害虫でも、検疫されない病害虫の処理と同じ課題を抱えることになり、加えて処理の高速化が望まれる。

従って、検疫処理されない病害虫と同様、IPM的な防除を検疫処理に導入することが必要であるが、さらに物流を阻害しないことがプラスして求められる。具体的な方法はさまざま考えられるが、現在、植物検疫で主眼としている水際対策のみならず、農作物を日本に輸入する前に生産国・栽培地で検疫を実施すること、また、日本の内陸部でも検疫病害虫の監視を強化し、発見された場合には、そのリスクに応じて、緊急防除や防除プログラムを柔軟に発動することなどがあるだろう。いずれにせよ、MB一本でなんでも済ましてきた時代から脱却し、様々な防除技術を応用せざるを得ない局面になって来ていると考えられる。

3-3. MBを使用した防除プログラム

リスクに応じた多角的な防除対策の例として、オーストラリアで実施された防除プログラムがある。2007年4月に西オーストラリアのパース郊外において、イギリスから移住した家族の住宅及び家財からヒメアカカツオブシムシ (*Trogoderma granarium*) が発見された。このヒメアカカツオブシムシの侵入について、オーストラリア政府 (Australian bureau of agricultural and resource economics) は、輸出市場での損失を含めた経済影響を46-117百万ドルと試算し、穀類施設への伝搬可能性を評価した結果、防除プログラムを発動することを決定した。そこで居住していた家族を近隣のホテルに待避させて、2階建て住宅の内外とガレージ (乗用車1台を含む) を薬剤散布した後に、家と

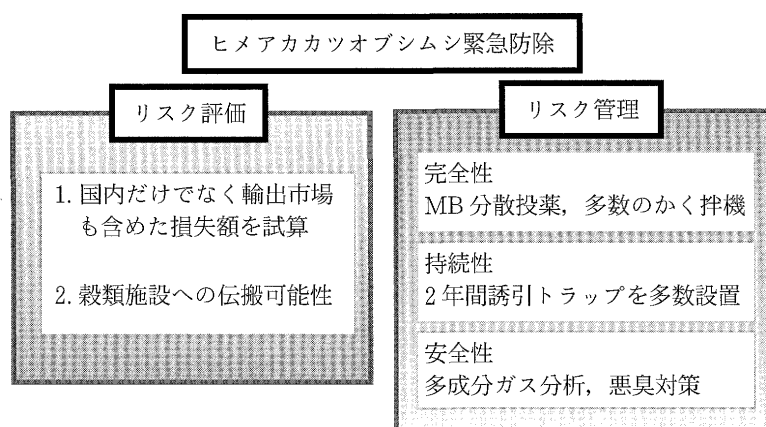


図3 オーストラリアで実施された緊急防除のしくみ

ガレージを丸ごと MB くん蒸 (MB 80 g/m³, 2 日間) する処理を実施した. MB の投薬はガスの拡散性を高めるため, 3 カ所から分散投薬し, 4 つのかく拌ファンを使用した. くん蒸終了後は, 安全確保のため, MB ガスだけでなく, 他のガス成分も測定分析し, 二硫化ジメチルを検出した. この成分は悪臭成分であることから, 発生源のカーペットを特定してそれを廃棄し, さらにオゾン発生機を稼働させ悪臭を解消したが, これには時間を要し, 居住していた家族が帰宅できたのは6月上旬であった. なお, 家族が帰宅後も, 家屋および住宅周辺に誘引トラップを配置し, 2 年間調査を実施した (Emery et al., 2008).

このオーストラリアの緊急防除は, リスクの評価を実施した上でリスク管理措置が実施されており, また, そのリスク管理は処理の完全性, 安全性及び持続性も確保することも考慮して実施されている (図3). このような評価+管理による多角的な防除の実施方法は, 検疫措置においても病虫害防除においても, 今後, ますます重要になっていくものと考えられる.

引用文献

- 1) Baker, A. C. (1939) The basis for treatment of products where fruit flies are involved as a condition for entry into the United States. *U. S. D. A. Circular* No. 551.
- 2) Emery, R. N., Kostas, E. and Chami, M. (2008) An urban eradication of khapra beetle in western Australia. *Proceeding of the 8th international conference on controlled atmosphere and fumigation in stored products*. pp.

670–674.

- 3) Misumi, T., Kitamura, H., Suzuki, N., Aoki, M., Shukuya, T., Yamada, K. and Tanigawa, N. (2011) Susceptibility of stored-product pests (Indian meal moth, *Plodia interpunctella* [Lepidoptera: Pyralidae]; granary weevil, *Sitophilus granarius*; and maize weevil, *S. zeamais* [Coleoptera: Dryophthoridae] to propylene oxide fumigation at normal atmospheric pressure. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 47: 25–32.
- 4) Soma, Y., Goto, M., Ogawa, N., Naito, H. and Hirata, K. (2005) Effects of some fumigants on mortality of pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* infecting wooden packages. 5. Mortality of pine wood nematode and fumigation standards by methyl iodide. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 41: 1–7.
- 5) Soma, Y., Komatsu, H., Abe, Y., Itabashi, T., Matsumoto, Y. and Kawakami, F. (2006) Effects of some fumigants on mortality of pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* infecting wooden packages. 7. Fumigation schedules for pine wood nematode by mixture gas of methyl isothiocyanate and sulfuryl fluoride. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 42: 15–22.
- 6) UNEP (1992) Report of the meeting of the parties to the Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer, UNEP/OzL.Pro.4/15. 88 pp.