

特集：ポスト臭化メチル時代の土壌病害虫防除

# 土壌処理剤開発の現状と普及

 日本植物防疫協会 <sup>もり</sup>森 <sup>た</sup>田 <sup>やす</sup>恭 <sup>みつ</sup>充

## はじめに

土壌くん蒸剤として臭化メチルはウイルスを含めたほとんどの土壌病害、線虫、土壌害虫に対し高い防除効果を示すほか、除草効果も優れており、かつては多くの作物に長期間使用されてきた。しかし、本剤は1992年にモンリオール議定書締約国会合においてオゾン層を破壊する物質に指定されたことに始まり、年をおうごとに使用量を段階的に削減し、ついに2005年には先進国において全廃することとされた。

そのため、我が国は臭化メチルに関連する行政、研究機関、関係団体等が中心となり相互連携を図りながら、臭化メチル代替技術の開発・普及を積極的に進めてきたところである。代替技術の一つである臭化メチルに替わりうる農薬は古くから存在したが、適用作物や使用方法が限られていたためこれらの拡充が急務となり、農林水産省、農薬メーカー、試験研究機関等が様々な努力を重ねた結果、この10年で代替剤の登録拡大が急速に進んだ。

その結果、多くの土壌病害、線虫等は臭化メチルに頼らなくても防除が可能となってきた。しかし、キュウリおよびスイカのキュウリ緑斑モザイク病、メロンのモザイク病、トウガラシ類のモザイク病、ショウガの根茎腐敗病、クリシギゾウムシ等は代替方法のめどがたななかったため使用せざる得ない状況となっている。これらは第9回のモンリオール議定書締約国会合の決議に従い、臭化メチルの全廃後に農業生産上必要不可欠な使用用途として、その製造および使用が申請されている。

臭化メチルの登録は2004年10月20日付けで表-1のように新たに取得され、過去に本剤のもっていた登録(表-2)は04年12月27日をもって失効した。これから製造される臭化メチルについては不可欠用途として承認された作物病害虫のみに使用可能で、これ以外の使用は一切できないことになった。ちなみに我が国における臭化メチルの不可欠用途申請は、都道府県を受付の窓口としてとりまとめ申請された結果、2006年度は741.4t

が承認されている。なお、不可欠用途で認可された臭化メチル使用に関する基本方針においては、代替方法への転換を促す調査や努力、また情報公開等を積極的にすることが策定されている。つまり、不可欠用途は全廃の特例として認められていることから、将来にわたってその使用量は保証されているわけではなく、削減努力は進めなければならないとされている。

## I 臭化メチル代替剤の開発状況

ここでは、日本植物防疫協会の防除効果の試験研究の一面から、臭化メチル代替剤の開発状況を取り上げることとする。国の補助事業である臭化メチル代替技術緊急確立事業の後押しなどがあり、日本植物防疫協会における防除効果の試験研究は1995年ごろから、土壌病害、線虫等を対象とした試験が増えており、当協会もこれらの試験実施には積極的に協力してきたところである。図-1は臭化メチル代替剤と目される薬剤について実施された薬効薬害試験の件数、および作物ごとの病害虫数について年度別にまとめたもので、事業の始まった1995年を境に件数が増加している。また、これらの内容について品目別に件数の多いものから上げると、作物ではトマト、キュウリ、メロン、ダイコン等の主要作物、病害虫では線虫が圧倒的に多い。臭化メチル代替剤に含まれる有効成分には、クロルピクリン、MITC(メチルイソチオシアネート)、殺線虫剤のD-D、DCIP等がある。また非くん蒸剤としては殺線虫剤がほとんどではあるが、ピラクロホス、ホスチアゼート、カズサホス、カルボスルファン、オキサミル等があげられる。

このうち、例えばクロルピクリンくん蒸剤(99.5%)とキルパー液剤の登録状況を見てみると1995年、96年にはそれぞれ36作物17病害虫、14作物6病害虫であったが、2006年には63作物40病害虫、39作物27病害虫までに登録が拡充されている(表-3)。表-4には主な代替剤の現在の登録状況を記載したが、これを見ると臭化メチルが過去に取得していた適用作物(表-2)のほとんどを網羅していることがわかる。もちろん、これら代替剤の早期登録のために使用された試験成績は当協会に依頼・実施されたもののほかに、都道府県の研究機関等により独自に作成された多くの試験成績が利用され

The Current State of Methyl Bromide Alternative Development in Japan. By Yasumitsu MORITA

(キーワード：臭化メチル代替剤，土壌くん蒸剤，殺線虫剤)

表-1 臭化メチルくん蒸剤（不可欠用途専用）の適用表

臭化メチル 98.5%

作物名	病害虫名	使用薬量	使用方法	適用場所	備考
しょうが	根茎腐敗病	30 g/m <sup>2</sup>	土壌くん蒸	露地およびハウス	くん蒸時間：72時間以上
ピーマン	モザイク病 (PMMV)	50 g/m <sup>2</sup>			
とうがらし類					
メロン	えそ斑点病 (MNSV)	40 g/m <sup>2</sup>			
メロン	きゅうり緑斑モザイクウイルス (CGMMV)	20 ~ 50 g/m <sup>2</sup> (れき耕の場合は 10 ~ 20 g/m <sup>2</sup> )			
きゅうり	土中のウイルス粒子の不活性化				
すいか					

臭化メチル 99.5%

作物名	病害虫名	使用薬量	使用方法	適用場所	備考
くり	クリシギゾウムシ	1 m <sup>3</sup> 当たり 48.5 g	くん蒸	倉庫および天幕	

表-2 2004年までの臭化メチルくん蒸剤の適用表

成分	薬剤名	対象作物	対象病害虫	使用量	使用方法
臭化メチル 98.5%	サンヒューム, メチルプロマイド, 臭化メチル, ニチヒューム, アサヒヒューム, 他	あぶらな科野菜, いちご, かぼちゃ (かぼちゃ台を含む), きゅうり, しょうが, すいか, だいず, たばこ, とうがらし類, トマト, ミニトマト, なす, はくさい, ピーマン, メロン, やまのいも, 花き, 花き類, 材木 (苗木)	えそ斑点病 (MNSV), きゅうり緑斑モザイクウイルス (CGMMV) 土中のウイルス粒子の不活性化, ケラ, センチュウ類, つる割病, ネキリムシ, モザイク病 (PMMV), モザイク病 (TMV), 萎黄病, 萎凋病, 疫病, 黒点根腐病, 根くびれ病, 根茎腐敗病, 根腐病, 青枯病, 白絹病, 畑地一年生雑草, 苗立枯病	15 ~ 30 g/m <sup>2</sup> センチュウのみの場合は 5 g/m <sup>2</sup> , 20 ~ 50 g/m <sup>2</sup> (れき耕の場合は 10 ~ 20 g/m <sup>2</sup> ), 土 1 l 当たり 200 ~ 400 g	土壌くん蒸

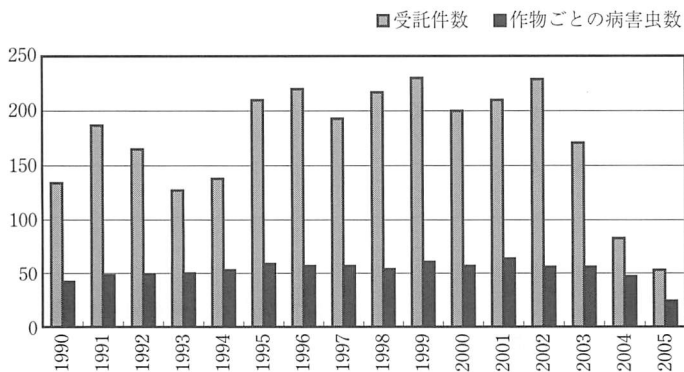


図-1 臭化メチル代替剤の年度別受託件数と作物ごとの病害虫数

表-3 クロルピクリンくん蒸剤およびキルパー液剤の登録状況

クロルピクリンくん蒸剤 (クロルピクリン 99.5%)						
	適用作物				適用病害虫	
	1995 年以降に 登録になった対象	あさつき アスター いんげんまめ えんどうまめ オクラ かぶ キャベツ	トルコギキョウ にら にんにく バセリ ふき ミニトマト みょうが	きゅうり くきちしゃ すいか ストック だいこん とうがらし類 かぼちゃ (かぼちゃ台を 含む)	メロン わけぎ 宿根かすみそう 非結球レタス 百日草 薬用ニンジン	イモグサレセンチュウ こぶ病 しみ腐病 そうか病 ネキリムシ ハリガネムシ ビッグベイン病 フザリウム立枯病 萎凋細菌病 褐色腐敗病 株腐病 乾腐病
1994 年以前	アスパラガス あぶらな科野菜 あま いちご うど うり科野菜 カーネーション かんしょ きく	とうもろこし トマト なす にんじん ねぎ はくさい ばれいしょ ピーマン ほうれんそう	ごぼう こんにゃく さといも しゃくやく しょうが セルリー たばこ たまねぎ てんさい	ぼたん やまのいも りんご りんどう レタス 桑 豆類 麦類 陸稲	ケラ センチュウ類 つる割病 わい化病 萎黄病 萎凋病 疫病 黄化病 褐色根腐病	根茎腐敗病 根黒斑病 根腐病 青枯病 白絹病 半身萎凋病 紋羽病 立枯病
キルパー液剤 (カーバムナトリウム塩液剤)						
	適用作物				適用病害虫	
	1996 年以降に 登録になった対象	あさつき かぶ かぼちゃ きく キャベツ さといも	さやえんどう しゃくやく (薬 用) しょうが たまねぎ とうがらし類 トルコギキョウ	にら ねぎ はくさい ほうれんそう ミニトマト みょうが (花 穂)	みょうが (茎 葉) ヤシ類 (伐倒 木) ゆり レタス わけぎ 実えんどう 非結球レタス	しみ腐病 すぞ枯病 つる割病 パーティシリウム萎凋病 パーティシリウム黒点病 ビッグベイン病 ヤシオオオサゾウムシ成虫 黄化病 株腐病 乾腐病 根くびれ病
1995 年以前	いちご かんしょ きゅうり ごぼう	こんにゃく すいか だいこん	たばこ トマト なす にんじん	ピーマン まつ (伐倒木) メロン	ネグサレセンチュウ ネコブセンチュウ マツノザイセンチュウ	マツノマダラカ ミキリ幼虫 萎黄病 萎凋病

ていることは言うに及ばすである。

### 1 既存の成分をもつ臭化メチル代替剤

これら代替剤のくん蒸成分を臭化メチルに比較すると、ガス化する温度が高めであるため厳冬期に処理がしづらい、土壌中の水分濃度に効果やガス抜き期間が左右されやすい、剤によっては適用対象病害虫の防除効果に

偏りがある、薬剤処理作業に手間がかかるなどの不利な点があり、使用に際してやや工夫を要する面もある。

このため、既存製剤の対象作物の適用拡大が図られる一方で、処理作業の軽減や安定した効果を目的とした新たな使用方法も開発された。また製剤を工夫することによってより使いやすくした新規の製剤、単剤の欠点を補

表-4 臭化メテル代替剤一覧 (その1)

成分	農業名	適用作物数	適用病害虫数	対象作物	適用病害虫	代表的な使用量	代表的な使用方法
クロルピクリンを含む剤	クロルピクリン 99.5%	クロールピクリン	63	40	各種土壌病害、センチユウ類、他	<圃場> 1穴当たり 2~3ml <床土・堆肥> 1穴当たり 3~5ml	土壌くん蒸 (30cm 間隔注入)
	クロルピクリン 80%	クロピク 80, ドジョウピクリン	59	32			土壌くん蒸
	クロルピクリン 70%	クロルピクリン錠剤	35	18		1穴当たり 1錠	土壌くん 30×30cm ごとに 1錠処理
	クロルピクリン 25%・DCIP 75%	ルーテクト油剤	10	9		1m <sup>2</sup> 当たり 6錠, 10錠	土壌くん蒸 1m <sup>2</sup> 当たり 6錠処理] 地表面に所定量を散布処理
	クロルピクリン 60%・DCIP 20%	ルートガード	16	13		20~30l/10a (1穴当たり 2~3ml)	土壌くん蒸 (マルチうね内処理)
	クロルピクリン 40%・D-D 52%	ソイリーン	33	23			土壌くん蒸 (30cm 間隔注入)
	クロルピクリン 35%・D-D 60%	ダブルストッパー	23	13		30l/10a (1穴当たり 3ml)	
	クロルピクリン 55%	クロピクテープ	25	19		<圃場> 110m/100m <sup>2</sup> <床土・堆肥> 2.2m/m <sup>2</sup>	土壌くん蒸
クロルピクリン 80%	クロピクフロー	9	7	ほうれんそう, なす, きゅうり, トマト, いちご, ピーマン, メロン, トマト, すいか	20~30l/10a	灌水チューブ処理 (液肥混合器などを使用)	
MITC系	ダゾメット 98%	バスアミド微粒剤, ガスタード微粒剤	78	56	各種土壌病害, センチユウ類, 他	20~30kg/10a 200~400g/m <sup>3</sup>	散布後土壌混和 (被覆または鎮圧)
	ナトリウム=メチルジチオカルバマート 30%	キルパー	39	27		原液 40~60l/10a	土壌へ注入・あらかじめ被覆した内で水で希釈後土壌表面に散布または灌水・土壌表面に散布後混和
	N-メチルジチオカルバミン酸アンモニウム 50%	NCS	31	22		原液 3~5ml/1穴	土壌へ注入 (30cm 間隔千鳥)
	メチルイソチオシアネート 20%・D-D 40%	ディ・トラベックス油剤	25	24		原液として 30l/10a	水で希釈し土壌散布後混和・被覆した後水で希釈し灌水注入処理
	メチルイソチオシアネート 20%	トラベックスサイド油剤	20	13		30~40l/10a (1穴当たり 3~4ml)	土壌注入 (30cm 間隔千鳥)・覆土鎮圧

2006年10月現在

表-4 臭化メチル代替剤一覧 (その2)

成分	農薬名	適用作物数	適用病害虫数	対象作物	適用病害虫	代表的な使用量	代表的な使用方法	
土壌センチュウ剤	DCIP 3%・D-D 53%	プラズマ油剤	10	2	トマト, ミニトマト, きゅうり, かんしょ, なす, いちご他	センチュウ類, 他	20 l/10 a (1 穴当たり 2 ml)	土壌注入 (30 cm 間隔千鳥) 被覆
	DCIP 80%	ネマモール乳剤	10	5	茶, なす, トマト, ミニトマト, すいか, きゅうり他		5 ~ 10 l/10 a	土壌注入 (30 cm 間隔千鳥) 被覆
	DCIP 30%	ネマモール粒剤 30	15	6	かんしょ, きゅうり, セルリー, はくさい, 桑, 茶他		30 kg/10 a	水で希釈し灌注後または注入 (30 cm 間隔千鳥) 後覆土
	D-D 92%	DC 油剤, D-D 92, テロン 92	47	9	いちご, キャベツ, きゅうり, ごぼう, こんにやく, だいこん, だいず, とうがらし類, トマト, 他多数		15 ~ 20 l/10 a (1 穴当たり 1.5 ~ 2 ml)	全面処理土壌注入 (30 cm 間隔千鳥), 作状処理土壌注入 (30 cm 間隔)
	オキサミル 0.8%	バイデート L 粒剤	18 <sup>a)</sup>	—	かんしょ, きゅうり, ごぼう, さといも, だいこん, たばこ, トマト, にんじん, ばれいしょ, メロン, レタス他		40 ~ 50 kg/10 a, 20 ~ 37 kg/10 a, 20 ~ 50 kg/10 a	全面土壌混和, 播溝土壌混和, 作条土壌混和
	カズサホス 3%	ラグビー MC 粒剤	15 <sup>a)</sup>	—	いちご, かんしょ, さといも, メロン, きゅうり, なす, 他		20 ~ 30 kg/10 a	全面処理土壌混和
	カルボスルファン 5%	アドバンテージ粒剤	2 <sup>a)</sup>	—	きく, いちご		10 ~ 20 kg/10 a	
	ピラクロホス 6%	ボルテージ粒剤 6	9 <sup>a)</sup>	—	やまのいも, きゅうり, にんじん, ピーマン, 他		30 ~ 40 kg/10 a	
	ホスチアゼート 30%	アオバ液剤	9 <sup>a)</sup>	—	かんしょ, きく, にがうり, にんにく, メロン, 他		100 倍, 4,000 倍	全面散布土壌混和, 土壌灌注
	ホスチアゼート 1.5%	ネマトリンエース粒剤	33 <sup>a)</sup>	—	いちご, いちじく, オクラ, きゅうり, ごぼう, すいか, だいこん, トマト, にんじん, ばれいしょ, 他多数		15 ~ 25 kg/10 a	全面土壌混和, 播種溝土壌混和
ホスチアゼート 1%	ネマトリン粒剤	23 <sup>a)</sup>	—	30 kg/10 a				

a) 適用作物数については適用病害虫をセンチュウに限った。

2006年10月現在

った新混合製剤も開発された。次にこれらの特長のある製剤や使用方法が拡大された製剤について述べる。

### (1) クロルピクリン製剤

#### 1) クロルピクリンくん蒸剤

クロルピクリン製剤には成分量が99.5% (クロールピクリン), 80% (ドロクロール, ドジョウピクリン) のものがあり, 1948年, 62年にそれぞれ登録された。両剤は登録作物・病害虫が微妙に違っていたために使用現場で混乱を招くおそれがあったことから, 今回の対策の中でなるべく適用表を統一する努力が払われた。本剤は臭化メチル代替剤の主力と言うべき製剤であり適用作物も極めて広く効果も高い。土壌注入で処理されるが処理中に少しずつ揮発するため, 本剤成分による強い刺激臭が作業中に感じられることがある。このため不手際があると作業者が成分に暴露したり, 周辺に危害が及んだりする場合がある。これに対する解決策として, 土壌注入されると同時にポリエチレンフィルムを被覆する土壌消毒機械が開発され実用化されている。また従来は処理機

械の薬液注入ノズルからの不必要な液だれが問題となったことから, 機械メーカーは液だれ防止装置付きの処理機械を開発し, 作業者の負担軽減, 作業効率の改善を図っている。

#### 2) クロルピクリン錠剤

本剤はクロルピクリンを特殊な方法で固化化させ, それをガスバリア性の高い水溶性のフィルムで真空包装した製剤で1987年に登録された。本剤は作業中に薬剤が漏れることが極めて少ないため, 施設内の使用も容易とされている。本剤は圃場面積当たり30×30cmごとに1錠ずつ処理する方法が登録されていたが, より簡便な使用を目指し地表面に所定量をばらまいた後, ロータリーなどで混和し被覆するという方法が開発された。この処理方法が使用できる作物はショウガ, トマト, ミニトマト, ホウレンソウ, イチゴ, スイカ, ミョウガ, ニラ, メロン, ピーマン, キクに限られるが, その他の作物にも適用するため現在も試験中である。

### 3) クロピクテープ

本剤はクロルピクリンを土壌中で容易に分解する物質に吸収させ、ガスバリア性の高い水溶性フィルムに封入しテープ状に加工した製剤である。本剤も上記製剤と同様に使用時に刺激臭が少なく作業効率が高い。使用方法は耕起整地後、90 cm 間隔の深さ約 15 cm の溝に本剤を 1 本施用後直ちに覆土し、覆土後ポリエチレン、ビニール等で被覆するのみである。本剤は 1996 年に日植防の試験研究に初めて登場し、99 年に登録された。

### 4) クロピクフロー

クロルピクリンを乳化化した製剤で、あらかじめポリエチレンなどで被覆された畦の中に設置された灌水チューブに、液肥混合器を用いて本剤を水で希釈しながら流し込み散布する方法で、2001 年に日植防の試験研究に初めて登場し 04 年に登録されている。本剤の処理時には既に被覆された状態にあるので、外部への成分漏出のおそれが比較的少ない。現在適用作物はトマト、メロン、イチゴ、ナス、ピーマン、ハウレンソウ、キュウリ、スイカ、キクのみであるが、今後拡大されるものと思われる。

## (2) MITC 系剤

MITC は製剤の成分として MITC (トラベックサイド油剤) そのもののほか、ダゾメット (バスアミド、ガスタード微粒剤)、カーバム (NCS)、カーバムナトリウム塩 (キルパー液剤) を含み、これらはいずれも土壌中で変化し MITC を放出し病害虫に効果を示す。

### 1) カーバムナトリウム塩液剤

本剤はバックマンラボラトリーから導入され開発された黄色透明な液剤で、1993 年に登録された。本剤は原液でも水で希釈しても使用できる利点を生かして、様々な処理方法を試した結果、登録適用表では多くの作物に多様な使用方法が適用されてやや統一性を欠くことになった。そこで使用者にわかりやすくするために、2006 年 7 月に適用表の記載が一部整理されるとともに、現場での使用方法に対して柔軟に対応できるよう変更された。例えば原液注入においては、「耕起整地後 30 cm 間隔に千鳥状に深さ約 15 cm の穴をあけ所定量の薬液を注入し、直ちに覆土・鎮圧する」となっていたところを「所定量の薬液を深さ 15 cm に注入し直ちに覆土・鎮圧する」と変更されており、点注処理よりも高い効果が期待できるトラクター牽引式の線状注入処理に対処できるようになった。本剤は原液注入のほか、水で希釈した本剤を灌水チューブによって散布または灌注する方法、所定量の薬液を土壌表面に散布する方法などが登録されており、使用するうえで選択肢が多く便利だが、適用表中の

すべての作物に登録されているわけではないので注意が必要である。

### 2) カーバム剤

本剤は東京有機化学工業が開発した黄色透明な液剤で、1957 年に登録された。原液注入処理または希釈後土壌散布処理で多くの作物に登録がある。また、被覆された畦の中に置かれた灌水チューブに液肥混入器などを使用し、水で希釈しながら流し込み散布する方法はくん蒸剤としては本剤が初めて試験された。本法は 2000 年に登録され、ハウレンソウ、スイカ、キュウリ、イチゴ、トマトの土壌病害やネコブセンチュウに対して適用がある。

### 3) ダゾメット粉粒剤

本剤はストーフアケミカルによって開発され、1980 年に登録された微粒状の製剤である。土壌に混和後ゆっくりガス化し、MITC を生成するため、急激に刺激性のガスにさらされることなく作業がしやすい。本剤の使用方法は基本的には「土壌に均一に散布後混和し、ビニール等で被覆する」であるが、非常に多くの作物・病害虫に登録されているため、適用表の使用法の記載が作物病害虫ごとに違いやや煩雑となっている。そのため、現在登録を保有している会社と登録機関との間で、適用表の記載をわかりやすいように整理することを協議中である。

### 4) MITC 油剤

トラベックサイド油剤は MITC そのものが成分の製剤で、1982 年に登録された。土壌への点注処理はセンチュウや萎凋病などを対象に 20 作物に適用がある。

## (3) 殺センチュウ剤

### 1) D-D (D-D92 など)

本剤はシェルが最初は殺菌剤として創製したが、土壌線虫への卓効が知られて以来線虫専用といって差し支えない位置づけとなっている。コガネムシ類やバレイシヨの青枯病・そうか病にも適用があるが、広範な作物で各種土壌線虫に対して植え付け前の土壌注入処理で登録がある。

### 2) DCIP (ネマモール粒剤 30)

本剤は昭和電工が開発したハロゲン化エーテルで、1965 年に登録された。多くの作物でネコブセンチュウ・ネグサレセンチュウに適用をもち、一部他の土壌害虫、野そ・モグラの忌避剤としても使われる。灌注または土壌注入で用いられる乳剤と、散布・混和して用いる粒剤があり、いずれも植え付け直前や生育期処理もできる。

### 3) オキサミル (バイデート L 粒剤)

デュボンが開発したカーバメート系化合物で、1981 年に登録された。当初は 1% 粒剤で広範な適用をもって

いたが、経口毒性が高いため現在では0.8%として安全性を高めた製剤に切り替えている。本剤は土壌中での直接接触による殺線虫活性はあまり高くないが、いったん植物体に吸収された成分が高い効果を示すという。活性は土壌線虫のみならず、地上部を加害するアブラムシ類・アザミウマ類にも及ぶ。

#### 4) ホスチアゼート (ネマトリン粒剤等)

石原産業が開発した有機リン系化合物で、1992年に登録された。くん蒸剤とは異なり接触することにより効果を発現し、各種線虫に対して高い活性を示すが、根から吸収され地上部の害虫にも活性があり、ミナミキイロアザミウマやアブラムシ類も同時防除が可能である。開発当初は播種・定植前処理の粒剤のみであったが、土壌灌注による生育途中での防除を可能とする液剤も開発し、使用の可能性を広げている。

#### 5) ピラクロホス

武田薬品が開発した有機リン系化合物で、1989年に登録された。水和剤・乳剤・粒剤の3剤型をもち、散布剤としてはチョウ目・カメムシ目害虫・ダニ類に適用があるが、粒剤としてはネコブセンチュウ・ネグサレセンチュウと数種土壌害虫に適用がある。

#### 6) カズサホス (ラグビー MC 粒剤)

FMCが開発した有機リン系化合物で、原体を樹脂で包含しマイクロカプセル化することにより急性毒性を軽減した製剤が線虫剤として開発され、2000年に登録された。他の有機リンと同様に接触することによって神経系に作用して活性を示す。ネコブセンチュウ・ネグサレセンチュウのみならずコガネムシ類などのほか土壌害虫にも活性を示し、同時防除が可能である。

#### (4) 混合剤

クロルピクリンと殺線虫剤を組み合わせた混合剤が主で、クロルピクリンの成分含量を減らすことで刺激臭を低減し、施設で使いやすくするなど作業上の効率化を図るとともに、線虫と土壌病害を同時防除できることが特長である。混合比率の違ういくつかの製剤がある。

##### 1) クロルピクリン・D-D

ソイリンとダブルストッパーがあり、それぞれ1998年、2000年に日植防試験研究に初めて試験が依頼され99年12月、02年1月に登録された。線虫を中心とした適用で土壌への注入処理が20～30作物以上に登録されている。

##### 2) クロルピクリン・DCIP

ルーテクト油剤、ルートガード油剤があり、それぞれ1988年7月、97年3月に登録されている。ルートガード油剤は1995年に日植防試験研究に初めて登場した。

10数作物に土壌への注入処理が登録されている。

##### 3) MITC・D-D

ディ・トラベックス油剤は1976年に登録され、線虫や萎黄病などを対象に20数作物に土壌への注入処理が適用されている。

## 2 現在開発中の新規成分を含む製剤

臭化メチル代替剤として過去にいくつかの新規成分を含む製剤が検討されたが、1995年以降では殺線虫剤のカズサホスを除いて登録された成分はない。現在、ヨウ化メチルが唯一の新規成分を含むくん蒸剤として申請中である。

#### (1) ヨウ化メチル

##### 1) TMZ-9911 液剤

本剤はアリスタライフサイエンス株式会社がTMZ-9911液剤の開発番号で、2001年から日植防の試験研究に依頼している。成分のヨウ化メチルは臭化メチルの臭素がヨウ素に変わった化合物であり臭化メチルと似た性質をもつ。このため、処理方法はポリエチレンフィルムなどで被覆した圃場内で、本剤が封入された缶に穴をあけることで受け皿の上に本剤を漏出・揮発させくん蒸するという臭化メチル同様の簡便性を引き継いでいる。ただし、ヨウ化メチルは沸点42.0度と臭化メチルの3.6度より高く、低温でも揮発拡散する臭化メチルとはやや違うため、使用時期を温度が高い晴天の日中を選ぶことなど制限があるが、今までの試験結果では10a当たり20～30kg処理でトマトやメロンなどの土壌病害、線虫等に対して実用的な防除効果であると評価されている。また開発段階の効果試験において本剤の使用後、定植された一部の作物(ナス、ピーマン等)に葉害の発生事例があることがわかっている。本剤は2004年11月に検疫専用くん蒸剤として登録されたが、土壌くん蒸剤としては06年1月に登録申請がなされた。より低薬量での効果試験を現在も実施中である。

##### 2) ALZ-0641 乳剤

本剤はヨウ化メチルを乳剤化した製剤でキルパー液剤、NCS、クロピクフローのように液肥混入機を使用し14l～22l/10aを4,000l/10a相当量の水で希釈し、灌水チューブなどで散布する処理方法で使用する。水で希釈し広く散布できることからヨウ化メチルのやや拡散しにくい性質を改良した方法と聞いている。アリスタライフサイエンス株式会社と大塚化学株式会社が開発しており、2006年からトマト、メロンの土壌病害、線虫等を対象に試験されている。

表-5 臭化メチルおよびその代替剤の農業年度別出荷数量（単位はtまたはkl、農業要覧（日本植物防疫協会編）より）

農業年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
臭化メチルくん蒸剤									5,736	4,659	4,040	3,204	2,663	1,602	1,506	1,738
検疫用臭化メチルくん蒸剤	8,950	9,168	9,108	10,045	9,814	9,486	8,276	7,840	1,659	1,906	1,625	1,534	1,427	1,432	1,319	1,190
クロルピクリンくん蒸剤	5,726	5,725	5,748	6,624	7,433	8,332	8,533	8,907	8,802	8,891	8,645	8,032	8,187	8,005	8,534	9,018
クロルピクリン混合剤	16	19	12	20	15	11	13	17	12	29	108	378	218	274	318	273
MITC系くん蒸剤	877	1,102	1,216	1,319	1,634	1,830	2,050	2,476	2,643	3,181	3,430	2,735	3,081	2,992	2,812	3,482
MITC系混合剤	905	887	874	853	882	855	812	814	751	739	797	729	621	550	625	629
D-D剤	15,374	12,694	13,856	14,015	13,205	12,344	10,976	12,951	12,187	11,889	11,159	8,633	10,886	9,453	8,802	11,838
DCIP剤	948	882	810	683	625	557	537	511	418	402	349	328	307	303	323	311
センチュウ粒剤など	5,090	5,388	5,602	6,976	7,455	8,229	6,555	7,905	8,963	9,806	9,360	7,734	8,756	8,289	9,310	9,410

クロルピクリンくん蒸剤：クロルピクリン 80%，99.5%，クロピクテープ，クロルピクリン錠剤の合計。クロルピクリン混合剤：クロルピクリン・D-D，クロルピクリン・DCIP剤の合計。MITC系くん蒸剤：メチルイソチオシアネート油剤，ダゾメット微粒剤，カーバム，カーバムナトリウム塩液剤の合計。MITC系混合剤：MITC・D-D剤。D-D剤：D-D55%，95%の合計。DCIP剤：DCIP粒剤，乳剤の合計。センチュウ粒剤など：オキサミル粒剤，カズサホスマイクロカプセル剤，カルボスルファン粒剤，ホスチアゼート液剤・粒剤，ピラクロホス粒剤の合計。

## II 臭化メチル代替剤の普及について

臭化メチル代替剤の普及状況を知るために、過去15年間の臭化メチルと代替剤の出荷量を年度別に表してみた（表-5）。これを見ると年々臭化メチルくん蒸剤の出荷量が減少するのに比例して、クロルピクリンくん蒸剤、MITC系くん蒸剤が増加傾向にある。MITC系くん蒸剤は、カーバム、カーバムナトリウム塩、ダゾメット等を含むが、このうちダゾメットが最も増加傾向が高い。またセンチュウ粒剤などはオキサミル粒剤、ホスチアゼート粒剤、カルボスルファン粒剤等をまとめて集計したが、このうち特にホスチアゼート粒剤が大きく増加している。D-D剤およびDCIP剤はやや減少傾向にあるが、全体的に見れば代替剤の出荷量が増えており、現場において代替が進んでいるものと思われる。

### おわりに

臭化メチル代替促進により、新しい製剤や既存製剤にあってはより使いやすい使用方法が開発されてきた。しかし、このような新しい製剤や使用方法も使用者が使い方を間違えると利点を十分活かすことができない。例えばクロルピクリンくん蒸剤の薬効薬害に関する使用上の注意事項、使用上のポイントには、地温が低いときの使用

を避けること、住宅周辺で使用する場合にはガスによる危被害の発生防止に十分配慮すること、必ずポリエチレン、ビニール等で被覆すること、作物残根および残菜などを本剤の使用前に取り除くことなどである。このような使用上の諸注意を守るとは、防除効果や薬害のみならず使用者や圃場周辺への危害防止の観点からも極めて重要である。これらのくん蒸剤を使用する場合には適用表および薬効薬害に関する使用上の注意事項を熟読し、使用方法を誤らないように配慮することは使用者の当然の義務であろう。

これらの代替剤の使用は、臭化メチルが使用されていたときと同じように土壌病害虫防除に対する基本となるべき技術ではあるが、栽培体系によっては処理方法がそぐわない場合や、価格が高いために生産コストに見合わない場合もあると思われる。

臭化メチル代替技術は物理的な防除、耕種的な防除手段など多様な展開を見せている。使用者は臭化メチル代替手段が薬剤だけではないことを念頭において、単に薬剤の置き換えを考えるだけでなく経済性に見合った手段を選ぶことが肝要であろう。

### 引用文献

- 1) 日本植物防疫協会編（1990～2006）：農業要覧，日本植物防疫協会，東京。



## ■訂正とお詫び■

本誌第61巻第2号に掲載しました特集：ポスト臭化メチル時代の土壌病害虫防除「土壌処理剤開発の現状と普及」の記事の中で、9～10ページ『表-4 臭化メチル代替剤一覧（その1）（その2）』に間違いがありました。

網かけで示した下記薬剤の「代表的な使用量」と「代表的な使用方法」の欄です。

関係者の皆様にご迷惑をおかけし申し訳ございません。お詫びして訂正させていただきます。

表-4 臭化メチル代替剤一覧（その1）

成分	農薬名	適用作物数	適用病害虫数	対象作物	適用病害虫	代表的な使用量	代表的な使用方法	
クロルピクリン 99.5%	クロールピクリン	63	40	あぶらな科野菜、いちご、うり科野菜、かんしょ、こんにゃく、さといも、しょうが、セルリー、たまねぎ、てんさい、とうがらし類、トマト、なす、にんじん、にんにく、ねぎ、ばれいしょ、ほうれんそう、ほおずき、やまのいも、ゆり、りんご、レタス、わけぎ、花き類・観葉植物、桑、豆類、麦類、陸稲、他多数	各種土壌病害、センチユウ類、他	<圃場> 1穴当たり 2～3 ml	土壌くん蒸 (30 cm 間隔注入)	
クロルピクリン 80%	クロピク 80, ド ジョウピクリン	59	32			<床土・堆肥> 1穴当たり 3～ 5 ml	土壌くん蒸	
クロルピクリン 70%	クロルピクリン錠 剤	35	18			1穴当たり 1錠	土壌くん 30×30 cm ごとに 1錠処理	
クロルピクリン 25%・DCIP 75%	ルーテクト油剤	10	9			ばれいしょ、きゅうり、トマト、 かんしょ、きく、たばこ、いちご	20～30 l/10 a (1穴当たり 2～ 3 ml)	土壌くん蒸 (マルチウ ね内処理)
クロルピクリン 60%・DCIP 20%	ルートガード	16	13					
クロルピクリン 40%・D-D 52%	ソイリン	33	23			ピーマン、ほうれんそう、トマト、 きゅうり、すいか、なし、メロン、 しょうが、いちご、他	30 l/10 a (1穴当たり 3 ml)	土壌くん蒸 (30 cm 間 隔注入)
クロルピクリン 35%・D-D 60%	ダブルストッパー	23	13					
クロルピクリン 55%	クロピクテープ	25	19					<圃場> 110 m/100 m <sup>2</sup> <床土・堆肥> 2.2 m/m <sup>2</sup>
クロルピクリン 80%	クロピクフロー	9	7	ほうれんそう、なす、きゅうり、 トマト、いちご、ピーマン、メロ ン、トマト、すいか	20～30 l/10 a	灌水チューブ処理 (液 肥混合器などを使用)		
M I T C 系	ダゾメット 98%	バスアミド微粒 剤、ガスタード微粒 剤	78	56	各種土壌病害、センチ ユウ類、他	20～30 kg/10 a	散布後土壌混和 (被覆 または鎮圧)	
	ナトリウム＝メ チルジチオカル バマート 30%	キルバー	39	27		原液 40～60 l/10 a		
	N-メチルジチ オカルバミン酸 アンモニウム 50%	NCS	31	22		原液 3～5 ml/1 穴	土壌へ注入 (30 cm 間 隔千鳥)	
	メチルイソチオ シアネート 20%・D-D 40%	デイ・トラベック ス油剤	25	24		原液として 30 l/10 a	水で希釈し土壌散布後 混和・被覆した後水で 希釈し灌水注入処理	
	メチルイソチオ シアネート 20%	トラベックサイド 油剤	20	13		いちご、カーネーション、きゅう り、こんにゃく、すいか、だいこ ん、たばこ、トマト、なし、にん じん、他	30～40 l/10 a (1穴当たり 3～ 4 ml)	土壌注入 (30 cm 間隔 千鳥)・覆土鎮圧
								土壌注入 (30 cm 間隔 千鳥) 被覆

2006年10月現在

表-4 臭化メチル代替剤一覧（その2）

成分	農薬名	適用作物数	適用病害虫数	対象作物	適用病害虫	代表的な使用量	代表的な使用方法
DCIP 3%・D-D 53%	ブラズマ油剤	10	2	トマト, ミニトマト, きゅうり, かんしょ, なす, いちご他	センチュウ類, 他	20 l/10 a (1穴当たり 2 ml)	土壌注入 (30 cm 間隔千鳥) 被覆
DCIP 80%	ネマモール乳剤	10	5	茶, なす, トマト, ミニトマト, すいか, きゅうり他		5 ~ 10 l/10 a	水で希釈し灌注後または注入 (30 cm 間隔千鳥) 後覆土
DCIP 30%	ネマモール粒剤 30	15	6	かんしょ, きゅうり, セルリー, はくさい, 桑, 茶他		30 kg/10 a	全面土壌混和, 植溝, 植穴土壌混和
D-D 92%	DC 油剤, D-D 92, テロン 92	47	9	いちご, キャベツ, きゅうり, ごぼう, こんにゃく, だいこん, だいず, とうがらし類, トマト, 他多数		15 ~ 20 l/10 a (1穴当たり 1.5 ~ 2 ml)	全面処理土壌注入 (30 cm 間隔千鳥), 作状処理土壌注入 (30 cm 間隔)
オキサミル 0.8%	バイデート L 粒剤	18 <sup>a)</sup>	—	かんしょ, きゅうり, ごぼう, さといも, だいこん, たばこ, トマト, にんじん, ばれいしょ, メロン, レタス他		40 ~ 50 kg/10 a, 20 ~ 37 kg/10 a, 20 ~ 50 kg/10 a	全面土壌混和, 播溝土壌混和, 作条土壌混和
カズサホス 3%	ラグビー MC 粒剤	15 <sup>a)</sup>	—	いちご, かんしょ, さといも, メロン, きゅうり, なす, 他		20 ~ 30 kg/10 a	全面処理土壌混和
カルボスルファン 5%	アドバンテージ粒剤	2 <sup>a)</sup>	—	きく, いちご		10 ~ 20 kg/10 a	
ビラクロホス 6%	ボルテージ粒剤 6	9 <sup>a)</sup>	—	やまのいも, きゅうり, にんじん, ピーマン, 他		30 ~ 40 kg/10 a	
ホスチアゼート 30%	アオバ液剤	9 <sup>a)</sup>	—	かんしょ, きく, にがうり, にんにく, メロン, 他		100 倍, 4,000 倍	全面散布土壌混和, 土壌灌注
ホスチアゼート 1.5%	ネマトリンエース粒剤	33 <sup>a)</sup>	—	いちご, いちじく, オクラ, きゅうり, ごぼう, すいか, だいこん, トマト, にんじん, ばれいしょ, 他多数		15 ~ 25 kg/10 a	全面土壌混和, 播種溝土壌混和
ホスチアゼート 1%	ネマトリン粒剤	23 <sup>a)</sup>	—		30 kg/10 a		

土壌センチュウ剤

a) 適用作物数については適用病害虫をセンチュウに限った。

2006年10月現在