

マイマイガの生態と防除に関する最近の知見について

横浜植物防疫所調査研究部 ^{いわ}岩 ^{いずみ}泉 ^{れん}連

はじめに

マイマイガ *Lymantria dispar* (Linnaeus) はドクガ科に属する比較的大型の蛾で、英名を **gypsy moth** (GM) と称し、アジアからヨーロッパ、北米の温帯地域に広く分布する。本種は非常に多くの種類の樹木を加害し、時に大発生することから森林および園芸樹木の害虫として有名である(古田, 1994)。

本種とその近縁種は最近の遺伝子解析などの研究により、大別するとアジア型 (AGM) とヨーロッパ型 (EGM) に分類される。米国農務省研究者の学説によれば、EGM は単一の亜種、*L. dispar dispar* とされ、ウラル山脈以西の全欧州と北アフリカに分布する。EGM は19世紀末、北米東部にもち込まれ、森林および都市周辺で多種の樹木を加害して大きな被害をもたらした。現在でも米国およびカナダ政府は本種の防除に多額の費用を投じている (POGUE and SCHAEFER, 2007 ; KEENA et al., 2008)。

一方、AGM はアジアの温帯地域に広く分布し、複数の種・亜種に分類される。このうち、アジア亜種、*L. dispar asiatica* は大陸部 (中国, モンゴル, 朝鮮, 極東ロシア) に広く分布し、日本亜種 *L. dispar japonica* は本州, 四国, 九州と北海道南西部に分布する。沖縄と北海道産マイマイガは以前、沖縄亜種、北海道亜種とされていたが (井上, 1982), 現在では独立種とされ、各々、*L. albescens* (シロシタマイマイ), *L. umbrosa* (エゾマイマイ) と命名されている。日本国内にはさらに1種、*L. postalba* (コシロシタマイマイ) が本州・四国・九州の南西部と対馬に局地的に分布する。現状、AGM とされる種・亜種は以上の5種類となる。

1980年代以降、極東ロシア出港船舶が北米西部の港湾 (バンクーバー, シアトル等) に入港した際、出港地で夜間に船舶の光源に飛来した AGM 雌成虫に由来する大量の AGM 卵塊とふ化幼虫が発見された。さらに、港湾周辺のフェロモントラップ調査で AGM が発見され、多大な労力・費用を要して AGM の根絶防除が実施された。

EGM 雌成虫はほとんど飛翔しないのに対して、AGM

雌成虫は飛翔能力を有しており、寄主樹木以外の物資、船舶、車両等の輸送機器にも卵塊を付着させることから、卵塊の人為移動により未発生地へ侵入する可能性が高い。米国およびカナダ政府は自国の森林資源保護のため、AGM 発生国に出航前船舶を対象とした卵塊などの付着調査と AGM 不在証明書の発行などの検疫措置を求めるに至った (横地, 2007)。

こうした情勢の下、農林水産省と植物防疫所は米国およびカナダ政府の要請を受け、関係省庁、各港湾管理者と連携して、2004年から港湾地域における AGM の発生調査と防除活動支援に取り組んできた。防除対策の主なものは、秋から春期の卵塊除去、若齢幼虫期の殺虫剤散布、樹木の剪定、下草除去である。成虫の発生時期を特定することは船舶への卵塊付着リスクと直接関係することから重要で、フェロモントラップ調査を行うことにより、各地の発生期間を明らかにした (IWAIZUMI et al., 2009)。

このような AGM 調査および防除に併せて、より効果的に防除を推進することを目的として、独立行政法人「森林総合研究所」が中心となって「ハイリスク港指定解除に向けたマイマイガ密度管理法の開発」と題する研究事業が2008年から3年計画で開始された (なお、AGM にかかわる米国およびカナダの規制の最新の動向については、農林水産省 HP を参照願いたい。http://www.maff.go.jp/j/syoutan/syokubo/keneki/index.html)。

一方、植物防疫所においてもマイマイガの生態と防除に関係した調査研究を設定し、各種の調査、実験を行ってきた。本稿では植物防疫所の調査で、最近明らかになった本種の生態知見を主体に紹介する。

I マイマイガ雌成虫の夜間飛翔活動 (IWAIZUMI et al., 2010)

船舶などの光源に対するマイマイガ雌成虫の飛来・産卵を効果的に抑制・防止するためには、雌成虫がいつ、どのくらいの距離を飛翔するのかを明らかにして各種の防除を実施する必要がある。KOSHIO (1996) は日本産マイマイガ雌成虫の産卵前行動を調査し、日中に交尾した雌成虫は日没直後から約1時間の間に羽ばたき、歩行、飛翔行動をとって適当な産卵場所を選択した後に卵塊を産むことを明らかにした。LIEBHOLD et al. (2008) は石川

Some Topics in Research on Biology and Control of the Gypsy Moth. By Ren IWAIZUMI

(キーワード: マイマイガ, 生態, 飛翔行動, 防除)

県金沢市内においてマイマイガ卵塊の分布調査を行い、繁殖源と想定される森林から1 km 以内の住宅地において比較的高い密度で卵塊が発見されたことから、雌成虫の飛翔距離はおおむね1 km 以内と推定している。これらの基礎研究情報により、船舶接岸岸壁から1 km 以内を重点に発生調査と防除を実施すれば卵塊の付着抑制が可能と推測されていた。

筆者は2007年4月から植物防疫所におけるマイマイガ防除研究業務に携わることとなった。当初は本種の生態・防除に関する関係部署からの照会に対応しながら、職場付近（横浜市中区）で幼虫を採集し、サクラ葉で飼育することから研究を開始した。また、前年に千葉市で採集された卵塊からふ化した幼虫も同様に飼育したところ、おおむね順調に生育し、6～7月に雌雄成虫が羽化した。事前に詳細な試験計画は立てなかったが、前述のKOSHIO（1996）に習って雌雄成虫の行動を温室内に設置された網室（幅1.3 m、高さ1.9 m、奥行き2.9 m）で観察した。最初に羽化した雌雄1対を夕刻、網室に放飼したところ、数分で交尾し、翌朝、雌は綺麗な卵塊を産卵していた。実物を目の当たりにすることができたことは興味深かった。以降、雌個体について、時間の許す範囲で経時的に行動を観察・記録することとした。本種の繁殖行動の特徴はKOSHIO（1996）によっておおむね明らかにされている。したがって新たな知見を見いだすことは容易と思われなかったが、筆者らが得た知見も加えてその特徴を挙げれば以下ようになる。①雌は羽化後数時間でコーリング行動（フェロモン放出）を開始し、雄がアプローチすれば交尾を受け入れる。②雌のコーリングは日中、夜間を問わず行われる。③日中に交尾した雌は日没後1～2時間の時間帯に数分～10数分飛翔し、移動先で卵塊を産卵する。④雌は産卵開始後に飛翔することは全くなく、同じ場所で数日にわたって夜間に追加産卵して死亡する。⑤成虫の寿命は雌雄ともおおむね

8日間である。文章にすると簡潔過ぎるが、実際の行動経過は雌個体によって多少とも異なった経過を示した。以上の知見に加えて、昼行性とされている本種であるが夜間にも交尾することが新たに判明した。同じ網室で雄を放飼せず、未交尾雌の行動を観察していたときのこと、未交尾雌は既交尾雌と同様に日没後1時間の間に数分～10数分飛翔した。未交尾雌は飛翔終了後、コーリングを再開するが雄不在のため交尾できず、卵塊を産卵することなく翌朝を迎える。観察を数回続けたところでふと着想したことが、夜間に雄を放飼すれば、交尾するのではないかということである。早速、未交尾雌の飛翔が一段落した夜間20:00に雄を放飼したところ、5分以内の短時間で交尾が成立した（図-1）。予想が的中したこのときの感動を今でも思い出す。完全な野外条件で本種成虫の行動を追跡することはかなり難しいことから、網室での観察によって行動を調査することも一定の意義があると思っている。日本産マイマイガ雌成虫の繁殖行動の概要をまとめると図-2のようになる。未交尾雌は、日中、フェロモン放出を継続して雄を誘引する。もし、



図-1 マイマイガ雌雄成虫の夜間交尾

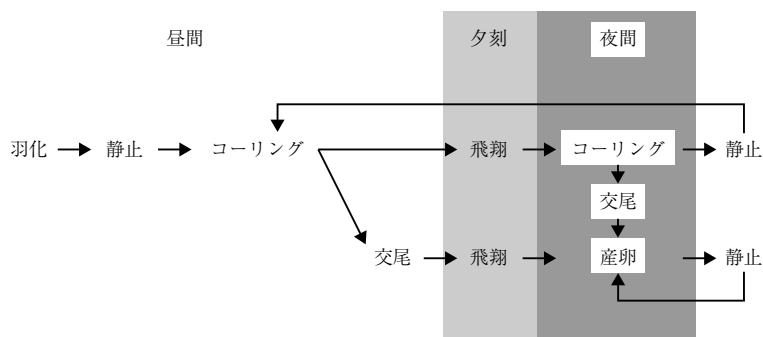


図-2 マイマイガ雌成虫の繁殖行動（IWAIZUMI et al., 2010 を改変）

周囲に雄が不在で交尾できない場合は、日没後飛翔移動し、移動先で再度フェロモンを放出して雄を誘引する。したがって、日中は専ら雄が活発に探索飛翔して雌にアプローチするのに対して、夕刻から夜間は雌が雄の探索飛翔を行って移動先周辺に生息する雄をフェロモンで誘引していると考えられる。マイマイガは夜行性から昼行性に進化した種と考えられるが、夜行性の性質も失うことなく、限られた成虫寿命の間、雌雄ともに鳥などに捕食されないよう行動し、交尾・産卵を行っているものと思われる。今後、カシワマイマイなど同属近縁種の行動観察を行い、マイマイガの繁殖行動に関する考察も同時に深めていければと考えている。

次に、本種の防除を実施するうえで問題となる雌成虫の飛翔能力についても、同じ網室でデータを収集した。まず、飛翔時間帯と飛翔持続時間について、これも網室という行動制約があることは否めないが、雌を個体識別して調査した。羽化後0～2日齢の未交尾雌または既交尾雌（千葉産）を夕刻17:00に網室内に放飼し、その後の行動経過を夜間21:00まで継続観察した。なお、既交尾雌は実験当日の日中、網ケージ（30×30×45 cm）内で雄成虫と同居させ、交尾を確認した雌成虫を用いた。その結果は概略以下のとおりであった。①未交尾雌、既交尾雌ともに日没後19:00～20:00の限られた時間帯に集中して飛翔した。②飛翔時間の平均値（平均±標準偏差）は未交尾雌が10.6±9.2分（17個体）、既交尾雌が12.6±5.7分（18個体）で、両者の間に有意差はなかった（*t*検定）。

飛翔持続時間データを収集中、単純であるが新たな着想が生まれた。それは雌の飛翔速度を測定できれば飛翔持続時間との積により飛翔距離が推定できるということである。雌成虫は日没後数分間羽ばたき行動を行い、飛翔衝動が高まると飛翔を開始する。その飛び方はヤガ類に比べればかなり遅く、羽音は大きく、まるでカブトムシ・クワガタムシ等の大型甲虫が飛翔している印象に近い。このことから、網室内で飛翔軌跡を追跡できれば、その距離と時間から飛翔速度の推定が可能と考えられた。しかし、雌は通常低照度条件で飛翔することから飛翔軌跡を記録することは難しかった。幸い、1頭の未交尾雌が日没前の夕刻17:00に飛翔し、デジタルカメラの動画機能を用いた撮影を行うことができた。その記録から、網室内の水平方向の飛翔軌跡を追跡調査し、30秒間の飛翔軌跡3回分を描画することができた。その結果、飛翔速度（平均±標準偏差）を分速21.3±1.9 mと推定した。上述のとおり日没後の動画撮影が困難なため、既交尾雌を含む多くの雌成虫の飛翔速度を求めることは

できなかった。しかしながら、飛翔持続時間を求める過程で観察した限りでは、より速い速度で飛翔したと考えられる雌成虫はなかった。また、ストップウォッチを用いて30秒間の雌の飛翔軌跡を肉眼観察により描画し、同じく飛翔速度を推定する試みも行ったが、上記推定値を上回る結果は得られなかった。このことから飛翔速度の推定値、分速21.3 mの信憑性に大きな問題はないものと考えている。

飛翔速度が推定できたことから、飛翔持続時間との積により飛翔距離を推定した。その結果、未交尾雌の飛翔距離は平均226 m、最大746 m、既交尾雌のそれは平均269 m、最大511 mと推定した。雌の一生の飛翔回数は2回以内と考えられること、直線的に飛翔し続けるとは考えにくいことから雌の行動半径は1 km以内と推定され、LIEBHOLD et al. (2008) が石川県金沢市で卵塊の分布調査により雌の飛翔距離を推定した結果と、手法は異なるがほぼ一致した。

以上の調査結果により、冒頭で述べたマイマイガ雌成虫がいつ、どのくらいの距離を飛翔するかという課題について、一定の結論を得ることができた。

II マイマイガ雌成虫の飛翔能力測定と黄色光源による飛翔抑制 (IWAIZUMI and ARAKAWA, 2010)

マイマイガ雌成虫の交尾、飛翔、産卵行動について、主として千葉産飼育虫を用いて観察を行いI章で述べた結果を報告した。その後、調査などで出張した機会に卵塊を採集または譲渡してもらうことにより、神戸、八戸、苫小牧産マイマイガの累代飼育を行い、千葉産と同じ実験方法で飛翔時期、飛翔持続時間を測定した。その結果、未交尾雌、既交尾雌とも神戸、千葉、八戸産の飛翔持続時間に有意差がほとんど認められなかったのに対して、苫小牧産は約3倍長い時間飛翔した（表-1）。このことから、苫小牧産は他産地に比べて高い飛翔習性を有していることが示唆された。その理由は不明であるが、過去の大発生記録は北海道に多いことから（尾崎, 1990）、大発生による餌の枯渇など、生育に不適な環境からのエスケープ手段としての飛翔能力が他産地に比べて高いのではないかと想像している。ただし、東北地方でも局地的な本種の大発生が報告されていることから、必ずしも確かな仮説とは言えない。また、1回の飛翔距離が長いといっても300～1,000 m程度であるので船舶への卵塊付着防止のための現行の調査・防除範囲（北米航路岸壁からおおむね半径1 km以内）を見直す必要はないと考えている。

次に、マイマイガ雌成虫の飛翔行動を制御し、船舶光

表-1 国内4産地由来のマイマイガ雌成虫の飛翔時間と推定飛翔距離

産地	未交尾/既交尾	供試数	飛翔持続時間 (分)	飛翔距離* (m)
			(平均±標準偏差)	(平均±標準偏差)
千葉	未交尾	28	10.11 ± 8.77 a	215.34 ± 186.80
	既交尾	24	11.96 ± 5.45 a	254.75 ± 116.09
神戸	未交尾	14	8.79 ± 7.16 a	187.23 ± 152.51
	既交尾	10	16.70 ± 16.46 ab	355.71 ± 350.60
八戸	未交尾	16	7.69 ± 8.02 a	163.80 ± 170.83
	既交尾	16	8.81 ± 9.49 a	187.65 ± 202.14
苫小牧	未交尾	17	27.47 ± 17.33 b	585.11 ± 369.13
	既交尾	12	30.92 ± 15.74 bc	658.60 ± 335.26

*飛翔速度 (21.3 m/分) × 飛翔持続時間 (分). 異なるアルファベットは有意差あり ($p < 0.05$, Bonferroni 検定). (IWAIZUMI and ARAKAWA, 2010 を改変)

表-2 黄色蛍光灯 (Y) とブラックライト蛍光灯 (B) に対するマイマイガ雌成虫の誘引性比較

試験区	点灯状態	産地	供試数	誘引個体数 (%)			飛翔個体数 (%)		
				Y	B	Y + B	Y	B	Y + B
1	Y	千葉	26	3 (11.5)			3 (11.5)		
		苫小牧	21	1 (4.8)			6 (28.6)		
2	B	千葉	26	8 (30.8)			23 (88.5)		
		苫小牧	9	7 (77.8)			9 (100)		
3	Y + B	千葉	60	1 (1.7)			5 (8.3)		
		苫小牧	17	3 (17.6)			3 (17.6)		

すべての試験は 2008, 09 年 5 ~ 8 月の 17:00 ~ 21:00 までの時間帯に行った. (IWAIZUMI and ARAKAWA, 2010 を改変)

源への飛来・産卵防止を図る観点から、黄色光源の飛翔抑制効果について検証した。具体的には、夜行性昆虫の行動抑制効果があり、施設園芸害虫対策あるいは工場施設侵入防止のための防除資材として用いられている黄色蛍光灯がマイマイガ雌成虫に対しても有効かどうか、網室内で雌成虫の飛翔行動を観察することにより検討した。試験方法は以下のとおりである。①網室奥面（幅 1.3 m, 高さ 1.9 m）に 20 W 黄色蛍光灯（500 ~ 700 nm）または/およびブラックライト蛍光灯（300 ~ 400 nm）を設置する。②日没前の 17:00 に羽化後 0 ~ 2 日齢の雌成虫 5 ~ 15 頭（未交尾雌を使用）を網室手前床面、光源から 2.9 m の位置に放飼する。③日没直後の 19:00 ~ 21:00 までの間、黄色蛍光灯または/およびブラックライトを点灯し、雌成虫の飛翔と光源への誘引の有無を調査する。その結果、ブラックライト点灯時はほとんどの

雌成虫が飛翔し、一部が光源に誘引されたのに対して黄色蛍光灯点灯時はほとんどの雌成虫が飛翔せず、光源に誘引された個体もごくわずかにとどまった。また、黄色蛍光灯とブラックライトを同時点灯した場合、黄色蛍光灯単独点灯と同様に飛翔・誘引雌個体数はごくわずかであった（表-2）。したがって、黄色蛍光灯や、それに類似した波長特性をもつナトリウムランプ等はマイマイガ雌成虫に対する一定の飛翔抑制効果があると考察した。現在、港湾地域に設置されている各種光源（水銀灯、ナトリウムランプ等）に対するマイマイガ雌成虫の誘引数を調査することにより野外条件での飛翔抑制効果の評価を試みている。

III 日本の港湾地域におけるマイマイガの発生と防除状況 (IWAIZUMI et al., 2009)

米国およびカナダ政府からの要請に基づき各港湾で実施したフェロモントラップ調査（誘引剤ディスバルアー使用）の結果を取りまとめた（主として2005～08年）。

フェロモントラップ調査から見た全国のAGM成虫発生期間は、気候条件を反映して南西部（近畿～九州）で早く（6月中旬～7月下旬）、北上するに従って遅くなり、北海道で最も遅かった（8月上旬～9月中旬）（図-3）。各地での発生期間（初捕獲から最終捕獲までの日数）は、平均すると約40日間であった。各港湾のトラップは北米航路船舶接岸岸壁から1 km 以内の区域に5～10個を設置した（5～10月まで）。各トラップを、岸壁からの距離により3分類（A：岸壁～20 m、B：20～

300 m、C：300～1,000 m）、設置場所周辺の環境により3分類（I：寄主樹木なし、II：街路樹、III：緑地帯）し、1トラップ当たり誘殺数を比較すると、岸壁から遠ざかるほど、樹木が多いほど誘殺数が多い傾向が認められた（図-4、5）。したがって、発生源と想定される緑地帯での防除を徹底すれば、船舶に対するマイマイガ卵塊付着リスクを低減できると考えられた。本調査初期に比較的発生が多かった一部の港湾では緑地帯を主体とした防除活動（樹木剪定、下草除草、薬剤散布、卵塊除去等）を数年間継続して実施しており、その結果、年間トラップ誘殺数も減少している。

おわりに

米国およびカナダ政府からの要請に基づき、農林水産省と植物防疫所による港湾地域のマイマイガ発生調査が

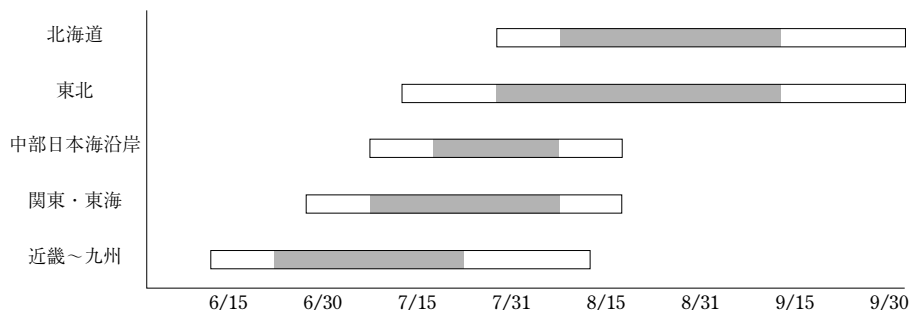


図-3 日本の各地の港湾におけるマイマイガ雄成虫のフェロモントラップ捕獲期間
網掛け部分は90%捕獲期間。(IWAIZUMI et al., 2009を改変)

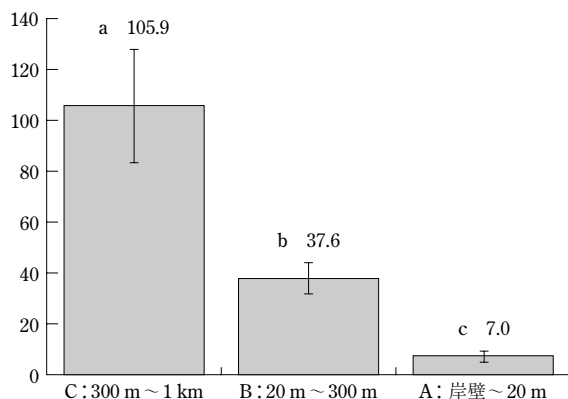


図-4 岸壁からトラップまでの距離で分類した場合の1フェロモントラップ当たりマイマイガ雄捕獲数の比較（平均±標準誤差）(IWAIZUMI et al., 2009を改変)
異なるアルファベットは有意差あり ($p < 0.05$; Tukey-Kramer HSD 検定)。

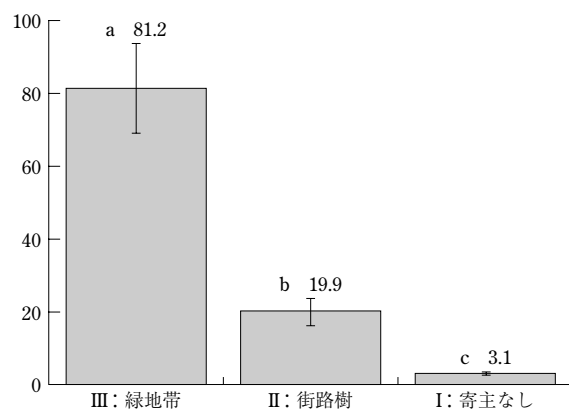


図-5 トラップ周辺の環境で分類した場合の1フェロモントラップ当たりマイマイガ雄捕獲数の比較（平均±標準誤差）(IWAIZUMI et al., 2009を改変)
異なるアルファベットは有意差あり ($p < 0.05$; Tukey-Kramer HSD 検定)。

2004年に開始されてから6年以上の年月が経過した。この間、港湾管理に従事する関係機関の方々による防除活動によって、マイマイガ発生密度の抑圧が図られてきた。各港湾のマイマイガ発生状況は緑地帯の多寡などの立地条件によって大きく異なり、防除が困難な地域も見受けられるが、現在開発中のものも含めて各種の防除手段により、効率的な密度管理が図られることを願ってやまない。私も微力ながらAGM防除に役立てることを目指した研究を続けて参る所存である。

引用文献

1) 古田公人 (1994): 森林昆虫, 養賢堂, 東京, p.279 ~ 282.

- 2) 井上 寛 (1982): 日本産蛾類大図鑑 I, 講談社, 東京, p. 633 ~ 634.
- 3) IWAIZUMI, R. et al. (2009): Res. Bull. Pl. Prot. Japan **45**: 29 ~ 36.
- 4) ——— and K. ARAKAWA (2010): ibid. **46**: 9 ~ 15.
- 5) ——— et al. (2010): Appl. Entomol. Zool. **45**: 121 ~ 128.
- 6) KEENA, M. A. et al. (2008): Environ. Entomol. **37**: 636 ~ 649.
- 7) KOSHIO, C. (1996): Appl. Entomol. Zool. **31**: 1 ~ 10.
- 8) LIEBHOLD, A. M. et al. (2008): Agricultural and Forest Entomology **10**: 69 ~ 73.
- 9) 尾崎研一 (1990): 森林防疫 **39**: 198 ~ 201.
- 10) POGUE, M. G. and P. W. SHAEFER (2007): A review of selected species of *Lymantria* Hubner [1819] Including three new species (Lepidoptera : Noctuidae : Lymantriidae), USDA Forest Health Technology Enterprise Team Technology Transfer, 223 pp.
- 11) 横地 洋 (2007): 植物防疫 **61**: 451 ~ 456.

登録が失効した農薬 (22.9.1 ~ 9.30)

掲載は、種類名、登録番号；商品名（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

「殺虫剤」

- DDVP 乳剤
5325：日農 DDVP 乳剤（日本農薬）10/09/14
5327：クレハ DDVP 50%乳剤（クレハ）10/09/14
- DDVP くん蒸剤
19055：日曹殺虫プレート（バイロン）10/09/07
- ベンゾエピン粒剤
14369：マリックス粒剤 3（アグロ カネショウ）10/09/29
14370：マリックスベイト（アグロ カネショウ）10/09/29
- MEP 液剤
19052：武田スミチオンスプレー（住友化学）10/09/07
- D-D 剤
21344：D-D92（アグロ カネショウ）10/09/08

「殺虫殺菌剤」

- MPP・EDDP 粉剤
14530：ヤシマヒノバイジット粉剤 25DL（協友アグリ）10/09/22
- BPMC・MPP・フサライド・EDDP 粉剤
15812：ヤシマヒノラブバイバッサ粉剤 35DL（協友アグリ）10/09/22
- エトフェンプロックス・EDDP 乳剤
17525：ヤシマヒノトレボン乳剤（協友アグリ）10/09/22

- イミダクロプリド・MPP・フサライド・EDDP 粉剤
18489：ヤシマヒノラブバイアドマイヤー粉剤 DL（協友アグリ）10/09/22

「殺菌剤」

- EDDP 粉剤
14405：ヤシマヒノザン粉剤 25DL（協友アグリ）10/09/22

「除草剤」

- テニルクロール・ピリブチカルブ・ベンスルフロンメチル水和剤
20031：石原キングダムフロアブル（石原産業）10/09/03
- オキサジクロメホン・クロメブロップ・シクロスルファミロン粒剤
21346：草仁ジャンボ（BASF ジャパン）10/09/22
21347：JA 草仁ジャンボ（全国農業協同組合連合会）10/09/22
- プロマシル粒剤
21522：ネコソギ X 粒剤（レインボー薬品）10/09/09
21804：ウィードキラー粒剤（ユニカス）10/09/30

「その他」

- 蛋白加水分解物
13791：サンケイプロテイン 20（富士グリーン）10/09/29