

臭化メチル剤の全廃に伴う クリシギゾウムシの 代替防除技術について(未定稿)



平成 26 年 4 月

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所

はじめに

従来、クリ果実を加害するクリシギゾウムシの対策には、収穫後に果実の臭化メチルくん蒸処理が行われてきた。臭化メチルはオゾン層破壊物質であることから、平成 25 年度を最後に使用できなくなった。その代替技術として、ヨウ化メチルによるくん蒸処理技術が開発されたが、東日本大震災以降、原材料のヨウ素が高騰しており、メーカーは土壌用途についてヨウ化メチル剤の販売を 25 年末で終了している。このため、25 年末で臭化メチルが全廃される収穫物用途（クリ）については、臭化メチル及びヨウ化メチル剤に頼らない代替防除技術への円滑な移行を図り、クリの安定生産に資する必要がある。

本マニュアルは、平成 24 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業の緊急対応型研究課題「24033 クリシギゾウムシの防除技術に関する緊急調査」において、これまで蓄積された知見及び新たな技術を再整理かつ一部の技術は可能な範囲でデータ検証し、平成 25 年 4 月から、全国の技術指導者のレベルで代替技術の確立が進展するよう、我が国では初めて、技術マニュアル化したものである。

その後、平成 25 年度から農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「25070C クリのくん蒸処理から脱却するクリシギゾウムシ防除技術の開発」の中で、残された技術的課題の解決について取り組んでいる。今回、1 年間の事業の中で、得られた成果などマニュアルに反映できる内容について 26 年 3 月に追記した（本文中で追記した部分には、わかりやすくなるようアンダーラインを付けた）。

H26年版変更のポイント

臭化メチル燻蒸の代替技術を導入するにあたり注意すべき事項について、最近の知見を整理した。

(1) 早生品種 (p. 10-11)

クリシギゾウムシの土中からの発生時期と加害開始時期について、H25年に茨城県つくば市で調査した結果を例として示した。

通常、早生品種はクリシギゾウムシの被害を回避できる場合が多い。しかしながら、産地によっては早生品種でも被害が認められる場合もあり、産地ごとの被害状況を確認する必要がある。そのとき、品種としてまとめて調べるのではなく、収穫日ごとに細かく分けて加害開始時期を調べる事が重要である。

早生～中生の品種において加害開始時期を把握し、その時期以前に収穫した健全な果実のみを出荷する。そのためには、収穫日の異なる果実をまとめてしまわないことや、毎日収穫のように収穫間隔を短くするなど、被害果の混入をできるだけ回避することが重要である。

(2) 収穫後処理 (温湯処理) (p. 12-13)

温湯処理については、処理後の果実表面のつやが無くなること、果実品質の低下などが発生することもあることを追加した。

マニュアルの処理条件を基本として処理を行い、果実品質等への影響を確認し、品種や季節に応じて処理条件を検討することが必要である。

(3) 収穫後処理 (氷蔵処理) (p. 13)

氷蔵処理については、十分な殺虫効果を得るためには氷蔵するクリの塊は20kg以下とする必要がある事を追加した。

目 次

1	クリシギゾウムシの生態と被害	5
2	クリシギゾウムシの臭化メチル代替防除技術の選定手順	
	(1) 防除対策の選定手順	8
	(2) 具体的な代替技術の選定方法	9
	(3) 発生生態に基づく IPM の体系化	15
3	研究開発要素	18
	参考資料 別表 1～5	22
	参考文献	29

1 クリシギゾウムシの生態と被害

クリシギゾウムシはよく知られている害虫ではあるが、被害は多いものの成虫を見る機会が少ないこと、成虫の発生時期が限られることから、生態に関する知見は多くはない。そのため生態については不明な部分も多いが、過去の文献等を整理し、生態や被害実態についてまとめた。

(1) クリシギゾウムシの生態

クリシギゾウムシ成虫（図 1-1）は 8 月以降に出現し、9 月中旬以降クリへの産卵がはじまる。産卵は毬の上から口吻を使って穴を開けた後、産卵管を挿入して渋皮に産下される。ふ化した幼虫は果実内を食害し成長する。成熟した幼虫は果実から脱出し、土中で休眠する。休眠期間は多くは 2 回冬を越して羽化する。次の年にすぐに羽化する個体もあれば、2 年以上休眠する個体もあり、その割合は年によって変化する。クリシギゾウムシはクリの他にコナラ、クヌギ、シラカシの果実でも繁殖可能である。



図 1-1. クリシギゾウムシメス成虫（左、体長約 1cm）と成熟幼虫（右、約 5mm）

(2) クリシギゾウムシの被害

クリシギゾウムシが果実に産卵した痕は小さく、またクリシギゾウムシの幼虫は果実の外に虫糞を出さないため、被害果を見分けることが難しい（図 1-2）。そのため、成熟幼虫が果実から脱出して初めて被害に気づくことになる。

クリシギゾウムシと同様に幼虫が果実を加害するクリ害虫に、クリミガやモモノゴマダラメイガがあげられる。クリミガの被害果は、クリの座の部分から細粒状の虫糞を外に出すため、被害果を見分けることは比較的容易である（図 1-3）。また、モモノゴマダラノメイガは毬内部も食害し、比較的大きな粒状の虫糞を排出する（図 1-4）。その他に、クリノミキクイムシも幼虫が食害し、本種も幼虫が虫糞を出さない。本種はかつて京都府で大きな被害を出したことがある。



図 1-2. クリシギゾウムシによるクリへの産卵痕（左、矢印）と成熟幼虫の脱出痕（右、矢印）



図 1-3. クリミガ被害果（左）と成熟幼虫（右、約 1cm）

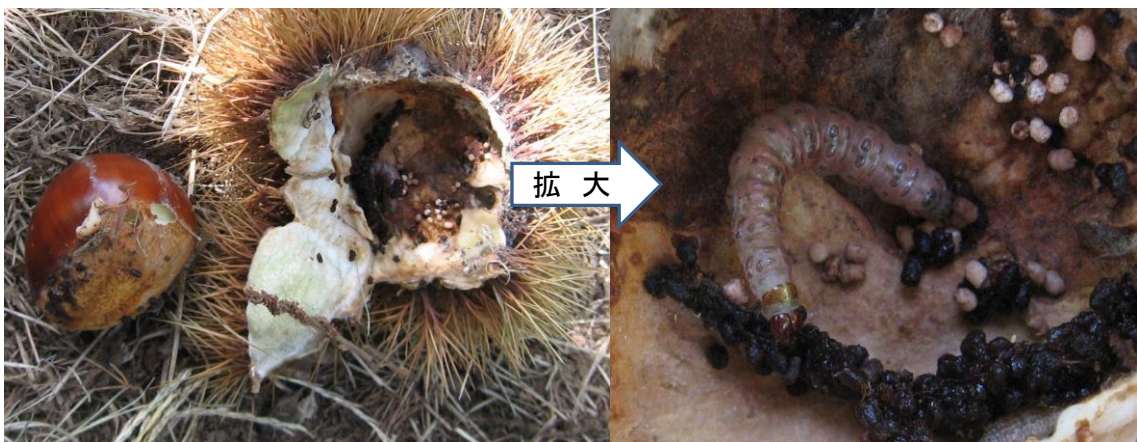


図 1-4. モモノゴマダラノメイガ被害果（左）とその中の幼虫（右）

(3) クリシギゾウムシの発生とクリの管理 (図 1-5)

①クリシギゾウムシ発生時期について

- ・土中で越冬した幼虫は春から夏にかけて蛹化し、早い個体では 7 月頃から羽化する。
- ・その後、地表に現れた成虫は、9 月中旬以降にクリ果実への産卵を始める。
- ・果実内を食害し成長した幼虫は、果実から脱出し、土中に潜り越冬する。
- ・越冬期間は 1 シーズンから数年まで多様性が見られ、その割合も年によって異なる。

②クリ管理について

- ・クリシギゾウムシの産卵が 9 月中旬以降であるため、その前に収穫される早生品種はクリシギゾウムシの加害を回避できる。
- ・中生以降の品種はクリシギゾウムシの産卵を受けるため、防除が必要になる。
- ・立木防除では、成虫の出現する 8 月から 9 月に薬剤散布を行う。
- ・耕種的防除として、被害果・毬を園内に残さず、園外で処理する。
- ・収穫後の処理として、温湯処理や低温貯蔵が考えられる。

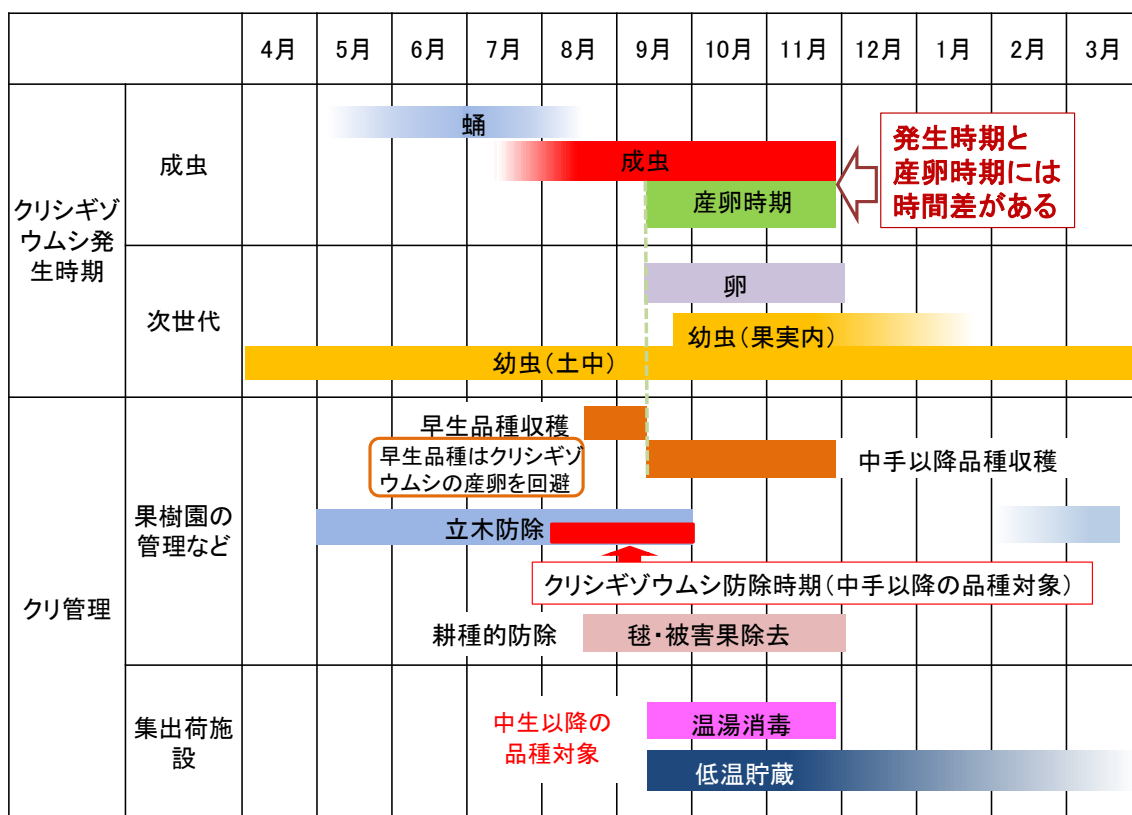


図 1-5. クリシギゾウムシの発生生態と防除時期との関係

2 クリシギゾウムシの臭化メチル代替防除技術の選定手順

(1) 防除対策の選定手順

クリシギゾウムシの防除対策は、品種や産地の条件ごとに、まず防除が必要かどうか判断し、その上で、適切な技術を選択し導入する必要がある。図2-1には、標準的な代替防除技術の選定手順を示した。

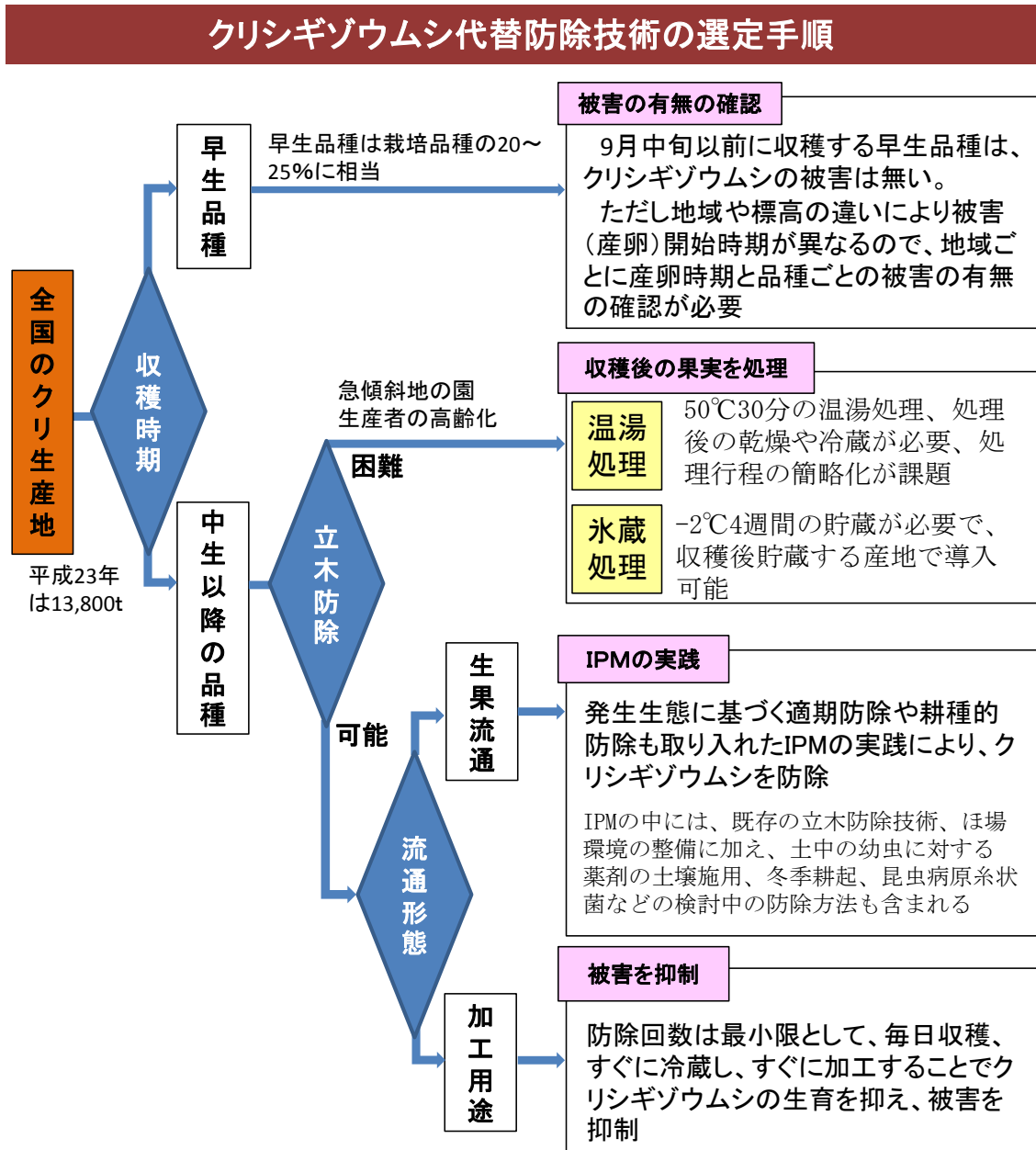
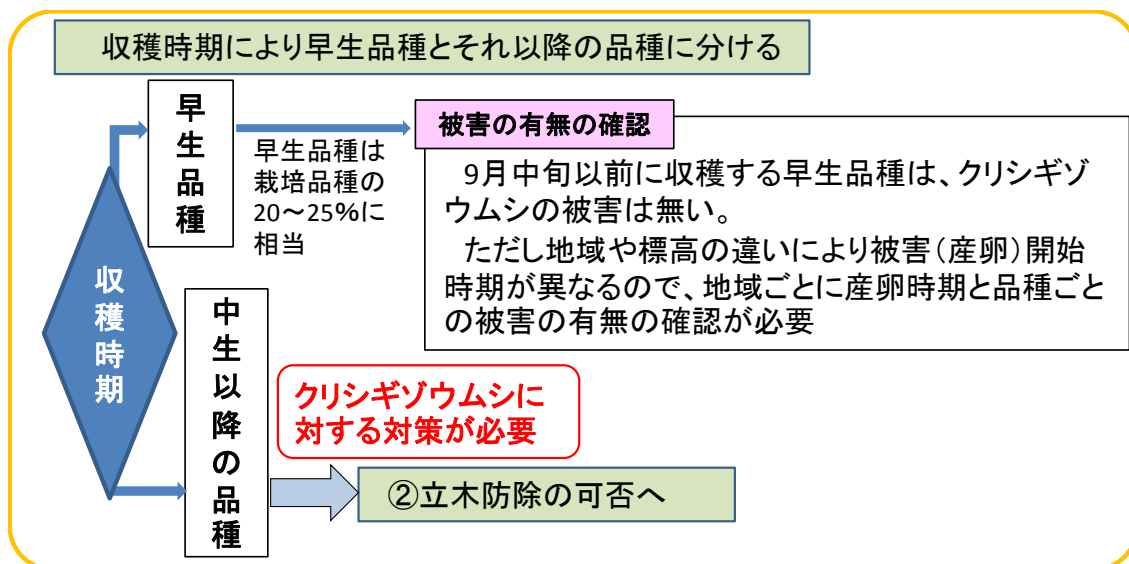


図 2-1. クリシギゾウムシ防除について、産地の条件に対応する臭化メチル代替技術の選定手順

(2) 具体的な代替技術の選定方法

① 収穫時期によりクリシギゾウムシに対する防除対策の必要性を判断



クリシギゾウムシは早生品種（例えば‘丹沢’）には加害しないことが多くの地域で知られており、早生品種は処理無しで出荷が可能である。また、‘ぼろたん’についても加害はないと思われる。但し、標高の高い産地や北日本ではクリシギゾウムシの加害時期が早まるので、地域ごとに早生品種に対する加害の有無を確認しておくことが必要である。

早生～中生の品種において加害開始時期を把握し、その時期以前に収穫した健全な果実のみを出荷するためには、

- ・ 収穫日の異なる果実をまとめてしまわないこと
- ・ 毎日収穫のように収穫間隔を短くする

など、被害果の混入をできるだけ回避することが重要である。

地域ごとにクリシギゾウムシの発生を調べるためには

ア. 成虫の土中からの脱出

イ. 成虫の発生源からクリ園への飛来

ウ. 成虫のクリへの加害時期

の各段階を明らかにする必要がある。それは、クリシギゾウムシがクリ園内で発生するだけでなく、園外の自生グリ、コナラ、シラカシなどのドングリからでも発生し、果樹園内に飛来・加害することによる。

ア 成虫の土中からの脱出

成虫の出現は8月から9月にかけて断続的に発生する（図 2-1）。

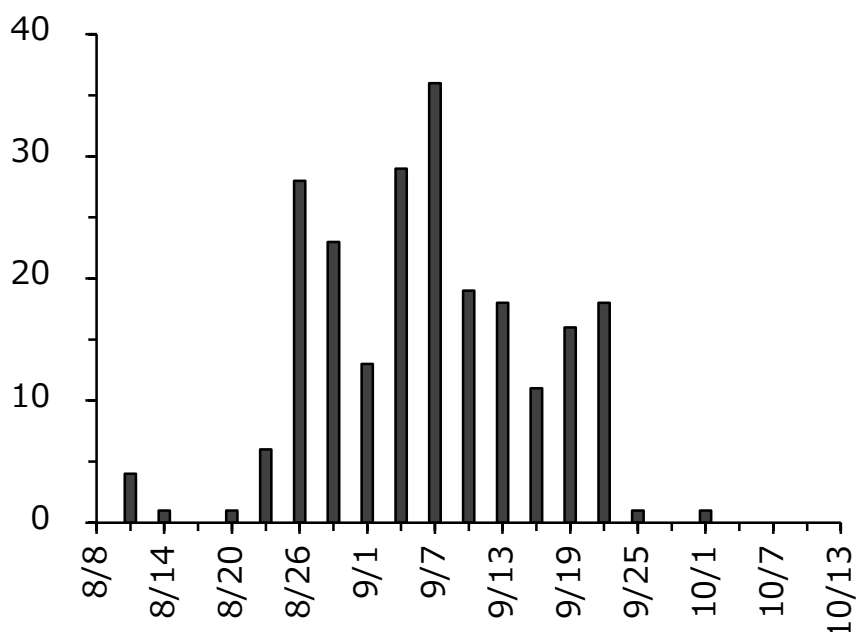


図 2-1. 成虫出現時期（茨城県つくば市における 2013 年の例）

複数年にわたり秋季に、網室にクリシギゾウムシ幼虫を多数放飼し、その上に 75×75cm の羽化トラップを設置して、土中から脱出する幼虫数を毎日計測した（図は 3 日ごとの捕獲数にまとめた）。

成虫の土中からの脱出時期を調べるためには、あらかじめ、幼虫を放飼しておき、そこから脱出する幼虫を調べる必要がある。野外では発生密度が低いため、自然状態での調査は難しい。

羽化時期は 8 月から 9 月にかけて長期にわたる。また、幼虫は年により、越冬する期間が異なる。すなわち、秋季に土中に入り越冬した幼虫の多くが翌夏に羽化する年と、2 回冬を越す個体が多い年など、不規則に異なる。そのため、秋季に放飼する個体は比較的多く準備する必要がある（数百から千レベルの個体が必要）。

イ 成虫の発生源からクリ園への飛来

土中から出現した成虫は、クリ園に飛来し、産卵・加害する。現在、クリ園への飛来時期を調査するのは、本種の密度が低いこともあり、難しい。平成 25 年度から農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「25070C クリのくん蒸処理から脱却するクリシギゾウムシ防除技術の開発」の中で取り組んでいる最中である。これにより、クリシギゾウムシの発生予察や適期防除が可能になる。

ウ 成虫のクリへの加害時期

クリの加害時期の調査方法として、クリの収穫時期ごとの被害果調査がある。品種ごとに週2回程度収穫し、鬼皮の表面から成虫の産卵痕(図1-2)を調べる。2013年の茨城県つくば市における調査例では、9月20日を境に被害果が出現している。なお、9月中旬までに収穫が終了する、'丹沢'、'国見'、'ぼろたん'に被害果は認められなかった。

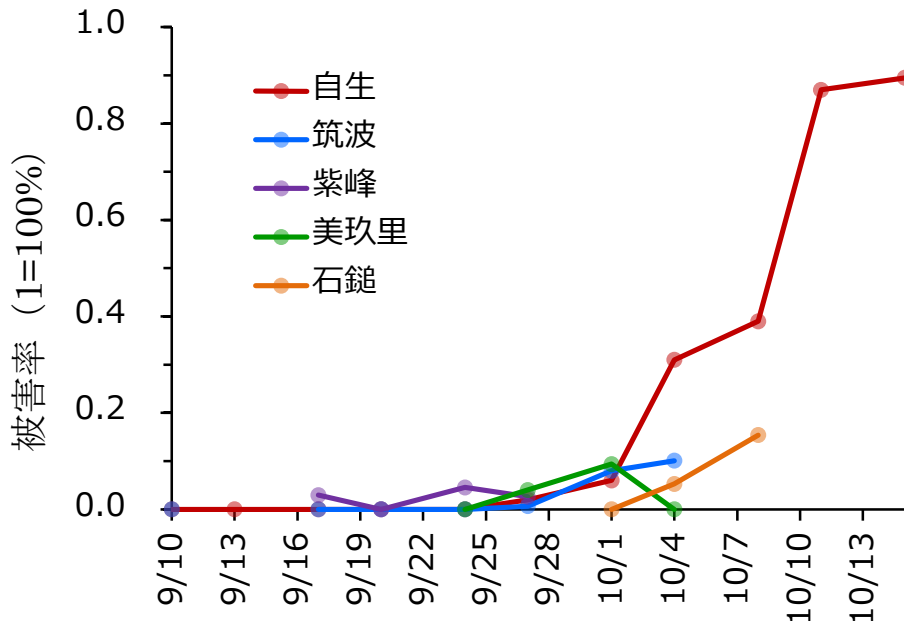


図2-3. クリ果実への産卵痕で見た被害率の推移(茨城県つくば市における2013年の例)

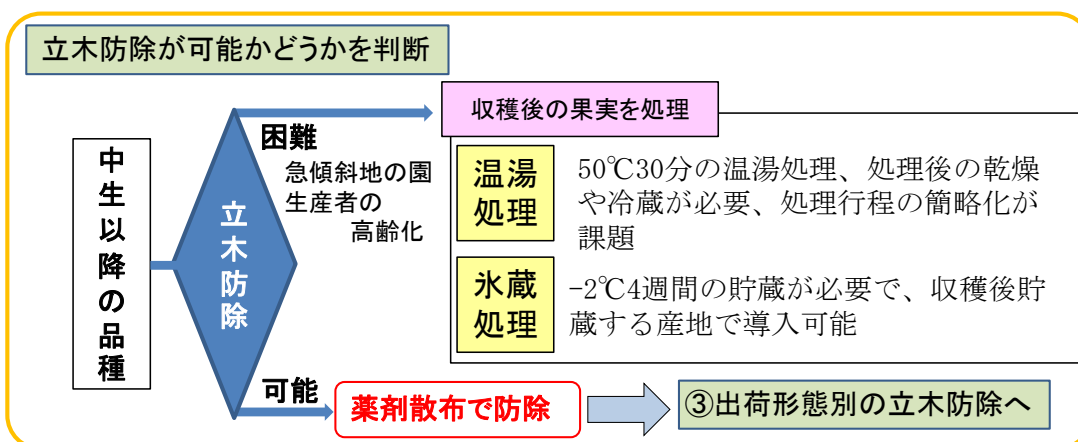
品種ごとに週2回程度収穫し、そのうち1-2kgについて果実表面の産卵痕を調査した。自生グリは早生から晩生までの結果をまとめてある。

加害時期について、上記結果は単年度の結果であり、年次変動の有無を考慮した複数年の調査から加害時期を判断することが必要である。また、2013年はクリシギゾウムシの発生は比較的少ない年であったので、多発年の調査結果も踏まえて判断する必要がある。

ポイント

- 1 全国のクリの25%程度は早生品種であり、本種に対する防除対策はほとんど必要ない(早生品種への寄生は極めて低い)。
- 2 各産地で品種とクリシギゾウムシの発生状況を確認する必要がある。

②立木防除の可否で対策技術を区別



クリの立木防除について、急傾斜地の園であることや生産者の高齢化などにより難しい場合、収穫後の果実に対する処理を行う。市販化されている処理方法として、温湯処理、氷蔵処理があげられる。

ア 温湯処理

50℃の温湯に果実を 30 分間浸漬することで殺虫する技術。処理装置は市販されており、1 回に 100kg を処理することが可能。1 日の最大処理量が数百 kg までの産地では導入が容易で、冷蔵保存せずすぐ流通させる形態のほうが導入しやすい。また、温湯処理装置は種籾の処理装置と部品を交換することで併用が可能なので、種籾の処理を行っている地域では、初期投資を少なくして導入できる。温湯処理後に乾燥行程が必要で、果実を広げて乾燥させるためには、ある程度広い場所も必要である。乾燥行程のために確保できる面積に 1 日に処理可能な量が制限される。乾燥行程を省略すると表面がカビやすくなる。また、乾燥後でも貯蔵には冷蔵が必須である。

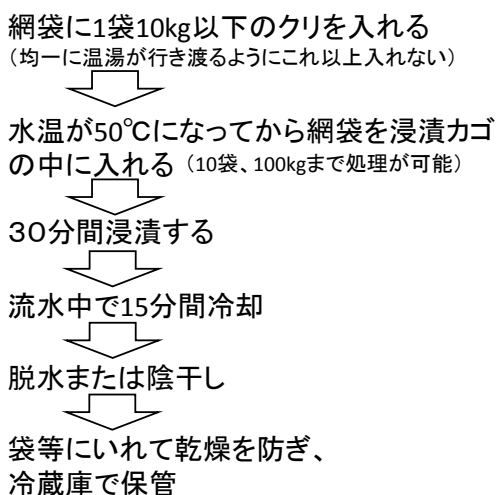


図 2-5. 温湯処理装置

図 2-4. 温湯処理手順の例 (二井、2007 を改変)

上記(図 2-4)の温湯処理手順は、標準的な手法であり、品種や処理時期によって、果実表面のつやが失われやすい、果実品質が低下しやすい、等があるので、処理条件(時間)や後処理(冷却時間や方法、乾燥方法)などを検討し、最適な処理条件となるよう地域の実態に応じて調整する必要がある。

イ 氷蔵処理

果実を氷蔵庫(-2℃)で4週間程度保存することで殺虫する技術。出荷調整として冷蔵保存をしながら流通させている産地には、導入が期待できる。また、野菜などを氷蔵して出荷調整することで有利に販売できる産地では、氷蔵庫をクリ以外にも活用でき、導入が容易になると考えられる。殺虫に時間がかかるので、貯蔵せずにすぐに出荷する地域のように流通形態によっては導入が難しい。氷蔵庫を確保することが必要で、設置場所と導入コストがかかる。

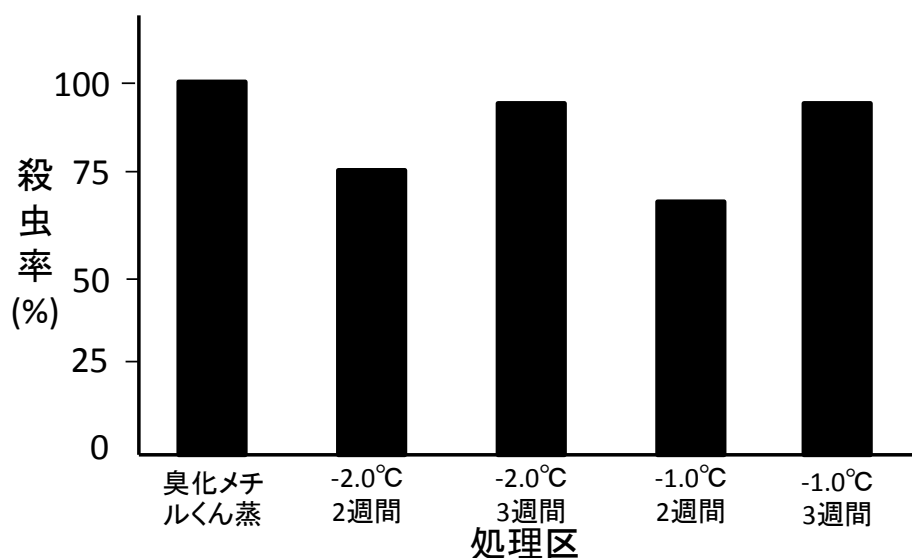


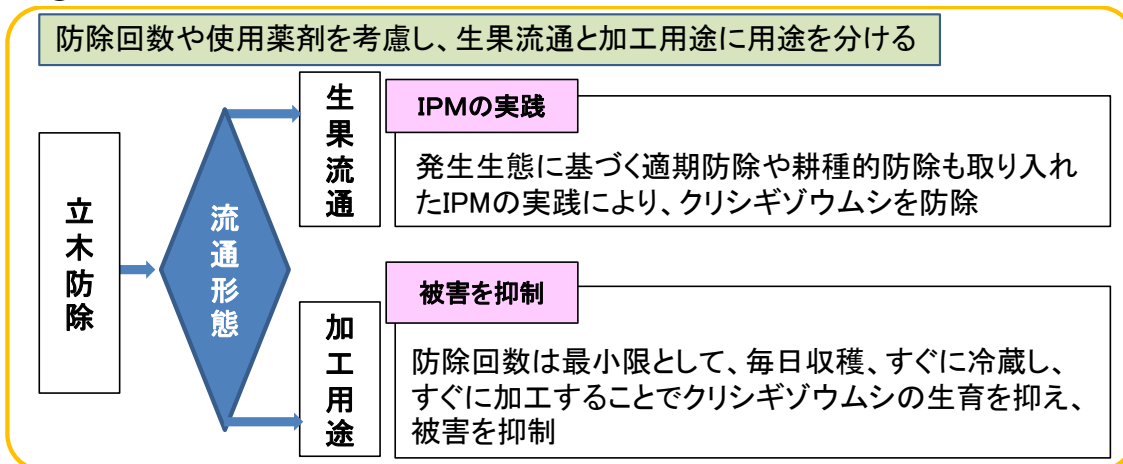
図 2-6. 氷蔵処理について温度と貯蔵期間との関係
(小林ら、2003 を改変)

氷蔵処理の際、果実を多くまとめると、果実自身の発熱により内部の温度が充分低下せず、殺虫効果が低下する。そのため、氷蔵するクリの塊は 20kg 以下とする必要がある。

ポイント

- 1 収穫後の処理には温湯処理または氷蔵保存が有効
- 2 温湯処理では1日の処理可能量が限られること、氷蔵保存では4週間の保存が必要であることを考慮して導入する

③立木防除について、出荷形態別に対応



立木防除では防除回数や使用農薬を考慮し、IPM に基づく防除を行う場合は生果流通を選択。防除は最小限とし、毎日収穫、すぐに冷蔵、すぐに加工で被害を回避する場合は加工用途、と流通形態を分ける。

ア 生果流通

各県などから発表されている防除暦を参考に薬剤散布を実施し、クリシギゾウムシ被害を抑える。本種に対する登録薬剤は限られており、合成ピレスロイド剤が中心であることから（有機リン剤は裂果前に限られる）、次年度にクリイガアブラムシなどのリサージェンスが起きないように散布間隔・回数、またモモノゴマダラノメイガとの同時防除のような効率的な散布時期を考慮する必要がある。

表 2-1 クリシギゾウムシに対する薬剤散布効果

供試薬剤（9月9日処理）	希釈倍率 (処理量)	被害果率
フルバリネート水和剤	2,000	0.0%
シベルメトリン水和剤	2,000	0.0%
フェンバレレート・MEP水和剤	1,000	1.6%
イミダクロプリド水和剤	1,000	1.6%
PAP乳剤	1,000	4.7%
MEP粉剤	12kg/10a	2.6%
無散布	—	8.7%

金崎・井伊（2008）を改変

イ 加工用途

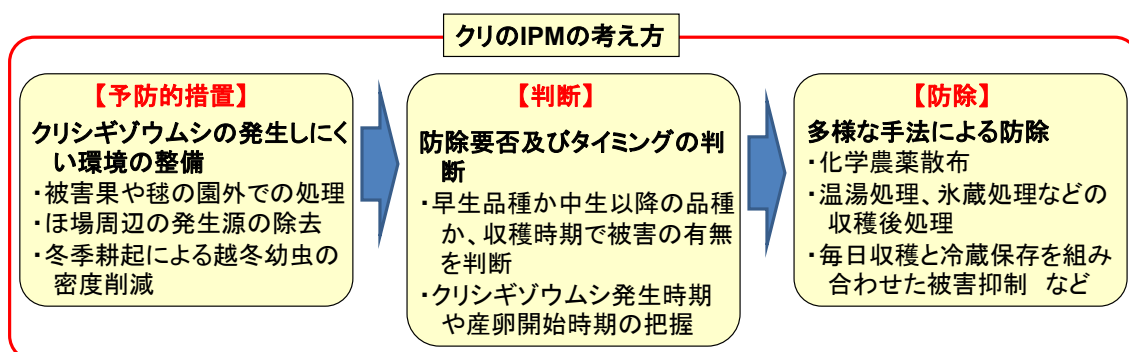
加工用途は基本的に冷蔵されることから、薬剤散布でのクリシギゾウムシ防除が完全ではなくても、被害が現れにくい。そのため、薬剤散布を最小限にし、毎日収穫することと、収穫後すぐに冷蔵し、素早く加工することで、果実中にクリシギゾウムシの産卵があっても、被害を抑制する。

ポイント

- 1 防除頻度や使用薬剤で、生果流通と加工用途の出荷形態を分ける
- 2 加工用途は、最低限の防除を行い、毎日収穫し冷蔵、すぐに加工することで被害を回避

(3) 発生生態に基づく IPM の体系化

IPM（総合的病害虫管理）は、経済性を考慮しつつ、病害虫・雑草の発生状況に応じて、化学農薬の使用を含むあらゆる防除手段から最も適当な手段を選択し、適切に防除を行うものである。クリのクリシギゾウムシ対策についても、臭化メチルくん蒸処理に代わる技術として、現有の技術を組み合わせ、対応する必要がある。



① クリシギゾウムシの発生しにくい環境の整備

果樹園内に被害果を放置すると新たな発生源になるので、被害果、毬は園外で適切に処理する。クリシギゾウムシは野生グリの他、コナラ、クヌギ、シラカシでも発生源となるので、園周辺に発生源があれば対策を講じる必要がある。放任園が隣接する場合も同様である。

クリ園内に越冬している幼虫を対象に、冬季耕起（深さ 18cm）により幼虫の密度低減効果が知られている（岡部・高枝、1993）

※ 耕起はクリの根を傷つけることもあるので、注意が必要。

② 防除要否、タイミングの判断

クリシギゾウムシ成虫は 8 月に出現するが、産卵は 9 月中旬以降であるため、早生品種への産卵は無いといえる。ただし、産卵開始時期は地域や標高によって異なるため、その地域での産卵開始時期は把握しておく必要がある。

本種成虫の発生が 8 月であることから、8 月～9 月上旬の散布は園内の産卵前の成虫を防除できる。また、その時期の散布は、モモノゴマダラノメイガとの同時防除も期待できる。この場合も、その地域での発生時期は把握しておく必要がある。

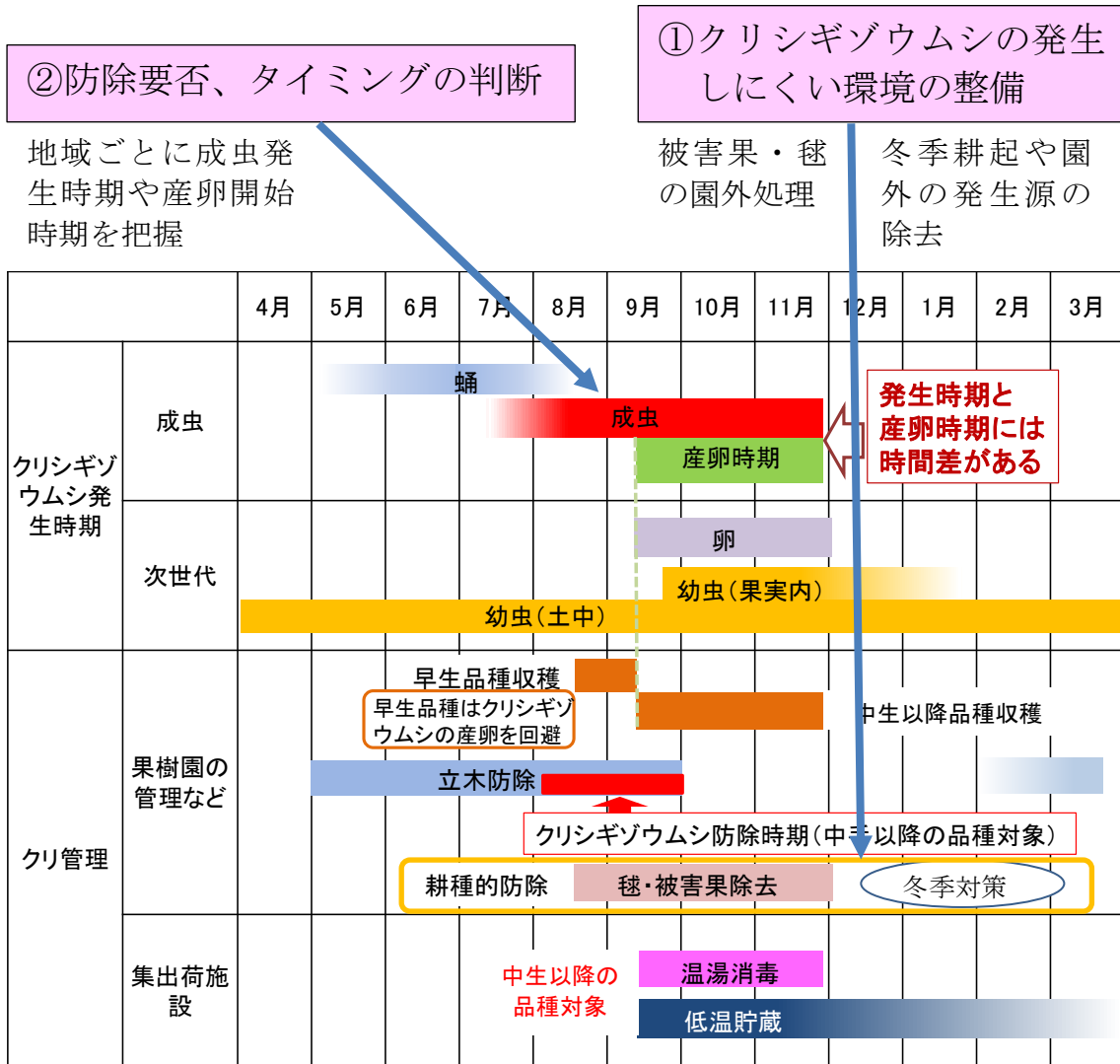
③ 多様な手法による防除

本種成虫に対する登録農薬は多くなく、有機リン剤、合成ピレスロイド剤及びネオニコチノイド剤が登録されている。有機リン剤は散布時期が裂果前に限られている。

収穫後の処理では温湯処理（50℃、30 分）や氷蔵処理（-2℃、4 週間）が有効。ただし、温湯処理後の後処理（乾燥・冷蔵）や氷蔵処理では長い保存期間が必要なことを考慮して導入する。

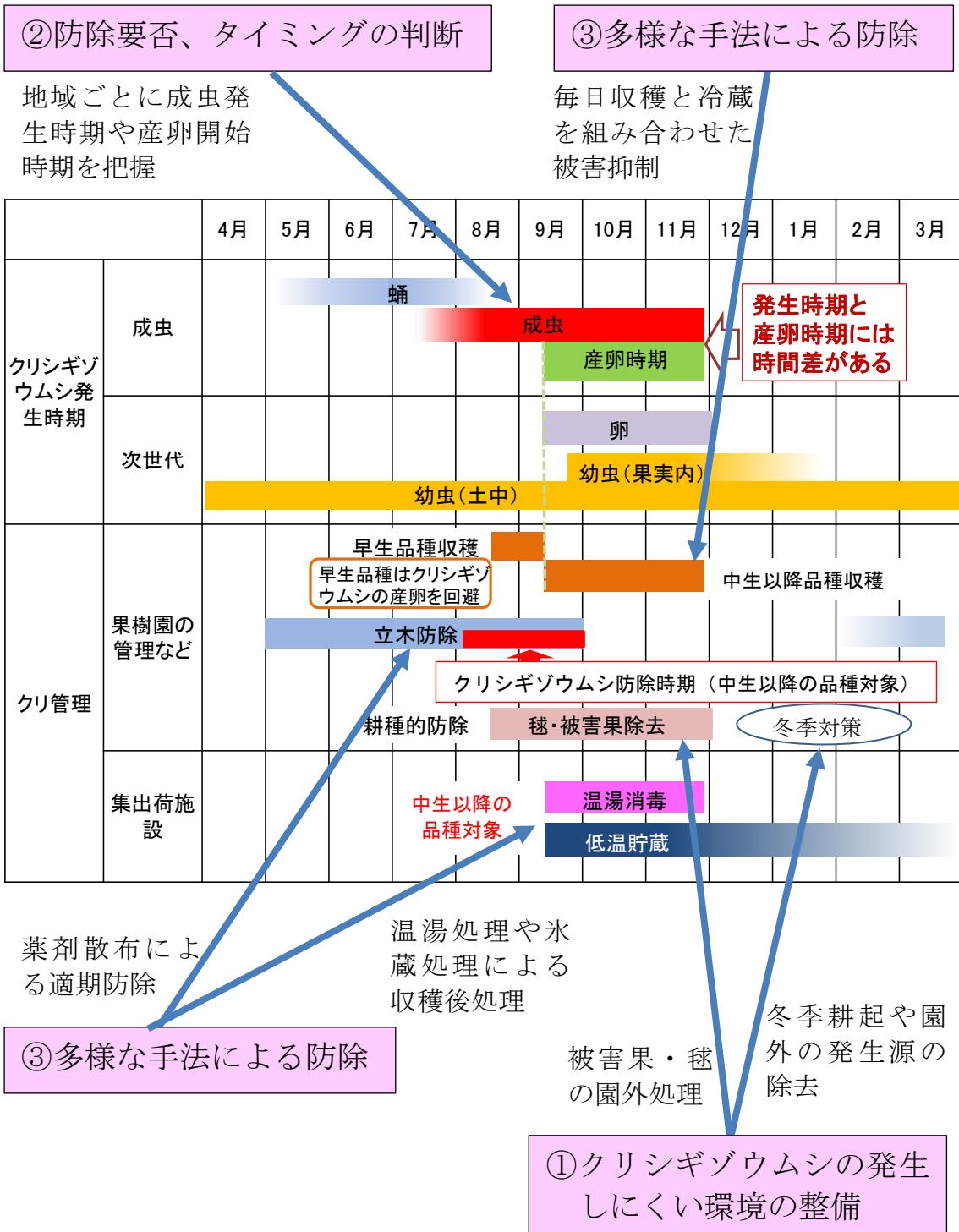
薬剤散布に限られる場合など、最低限の防除と毎日収穫とすぐに冷蔵を組み合わせ、被害を抑制することも考えられる。

④IPM 体系化のまとめ
ア 早生品種について



早生品種に関しては、クリシギゾウムシの産卵がほとんど認められないので、地域ごとに産卵開始時期を把握しておけば、クリシギゾウムシに対する防除や処理は無くても、被害を回避できる。

イ 中生以降の品種について

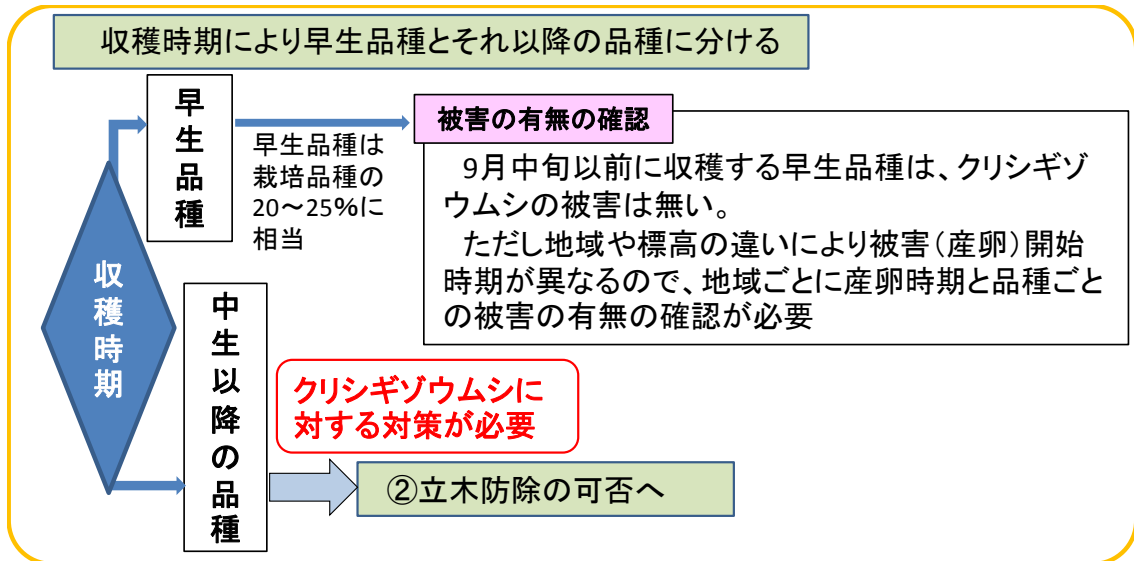


中生以降の品種に関しては、クリシギゾウムシの加害を受けるので、地域の特性に合わせて導入可能な様々な防除手段を組み合わせた体系化を行う。

3 研究開発要素

クリシギゾウムシの対策は、収穫果実の臭化メチルくん蒸に依存してきた。そのため代替技術は検討されてきたが、問題点や検討すべき点など残された問題点も多い。そこで、代替技術を導入する時の問題点とその解決に向けた技術開発について整理した。

(1) 早生品種について

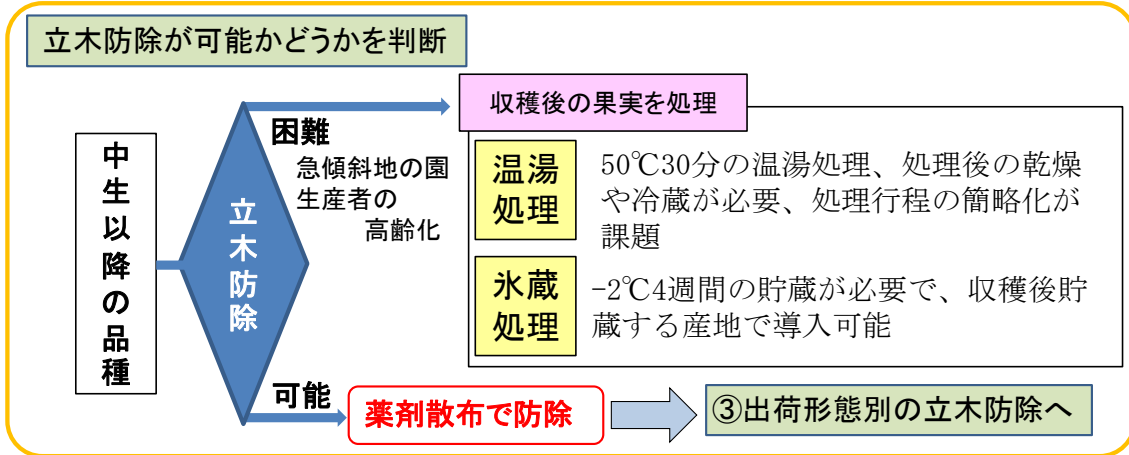


ア 発生時期の解明：クリシギゾウムシは早生品種にほとんど産卵しない。本種の産卵開始時期について、地域や標高による差を明確にし、地域ごとに産卵を回避できる早生品種の収穫時期を解明する必要がある。

イ 発生生態の解明：土壌中に1～数年も潜んでいる昆虫がどのようにして羽化時期、土中からの脱出時期を制御しているか不明である。土壌中なので、温度や日長とは考えにくく、脱出時期を制御している方法の解明が必要である。そのような生態をうまく利用した個体数を減少させる手法の開発も考えられる。

(2) 中生以降の品種について

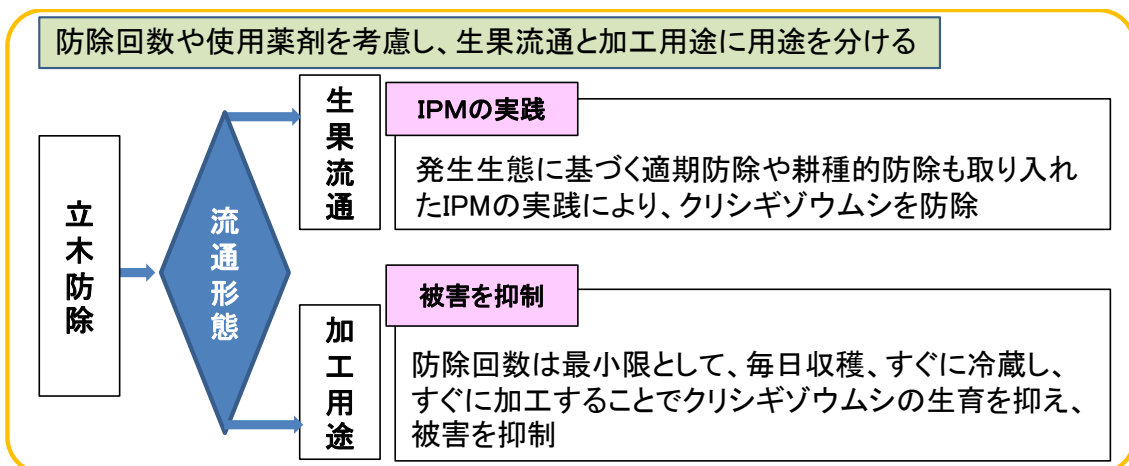
①収穫後処理で対応



ア 温湯処理：温湯処理後の乾燥・冷蔵など処理過程の煩雑さが普及を妨げている要因の一つと考えられ、簡略化の検討が必要である。i) 流通形態を含む、処理過程全体の簡略化の検討、ii) 処理装置の稲藁との併用を前提とする利用形態の開発・実証、などが必要になる。

イ 低温処理：低温処理は、氷蔵庫で-2°C、4週間あまりと処理に時間がかかることから、地域の状況に対応した流通形態まで含めた利用形態の開発・実証が必要である。

②立木防除について、出荷形態別に対応



ア 生態解明：立木防除に関しては、クリシギゾウムシの発生予察が可能になれば、適切な防除時期を示すことが可能になることから、発生消長を解明し発生予察に向けた知見の蓄積が必要である。

イ 薬剤の登録拡大：クリシギゾウムシに登録のある農薬は合成ピレスロイド系殺虫剤が中心で薬剤数や散布時期が限られており、早生から晩生までを混植するクリ園では使いにくい。そのため、登録農薬の拡大、裂果後にも使用できるような登録、散布とは異なる使用方法、などが考えられる。立木散布以外の利用方法として、成虫または孵化幼虫を対象にした樹幹への薬剤注入、土中の幼虫を対象にする土壌施用などが考えられる。

ウ 冬季耕起などの耕種的防除：クリ園の環境をきれいに保ち、クリシギゾウムシの発生を抑える耕種的防除も被害軽減に有効である。その一つとして冬季耕起があり、幼虫を耕起により寒気にさらすことで密度を低減させる。室内試験では-6℃以下で短時間に幼虫が死亡することが解明されている。効果があるのは寒冷地に限られるが、よく晴れた日の夕方に耕起することで防除効率が上がると考えられる。

※ 耕起はクリの根を傷つけることもあるので、注意が必要。

エ 昆虫病原糸状菌などの生物的防除：クリシギゾウムシ幼虫は果実から脱出後、土中で越冬することから、土中の昆虫病原糸状菌密度を高めておき、幼虫が土に潜る時に感染させることで防除効果が期待でき、幼虫の生存率を5%以下に低下させることができる。また、昆虫病原糸状菌 *Metarhizium anisopliae* を用いた土壌改良材も市販されている。また、昆虫病原性線虫も同じような使用方法が考えられる。

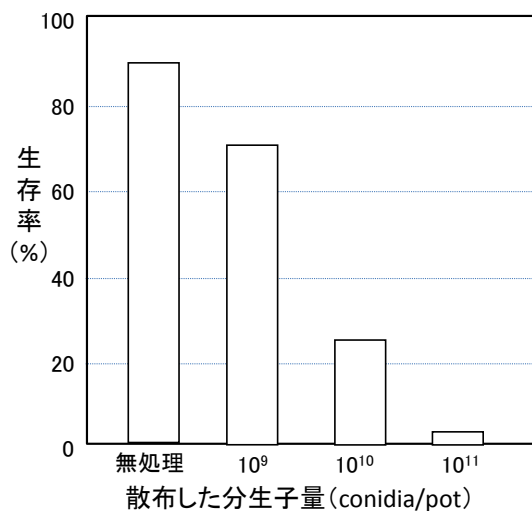
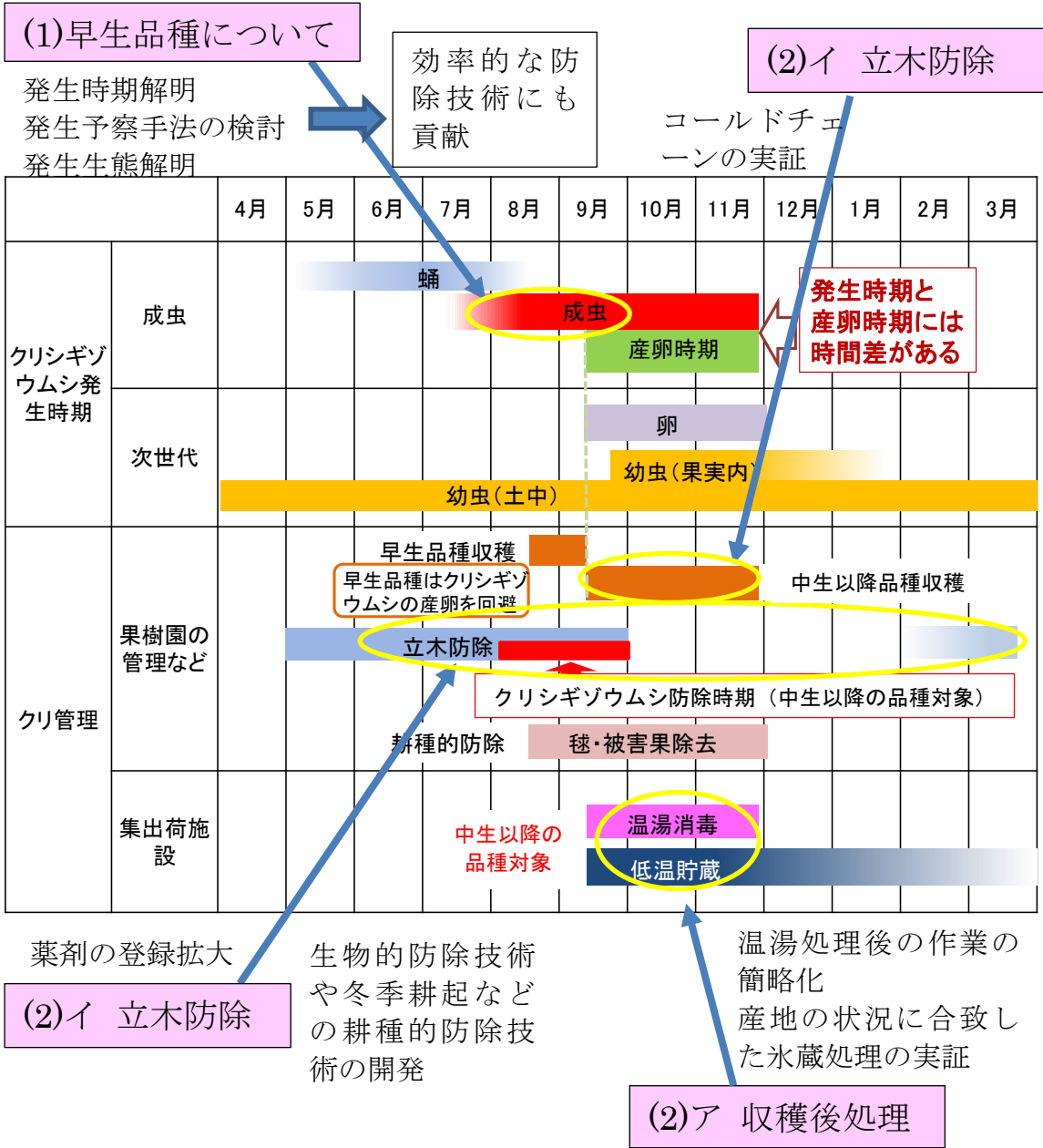


図 3-1. 野外ポット試験におけるクリシギゾウムシ幼虫に対する昆虫病原糸状菌 (*Beauveria bassiana*) の効果 (Ihara ら, 2009 を改変)

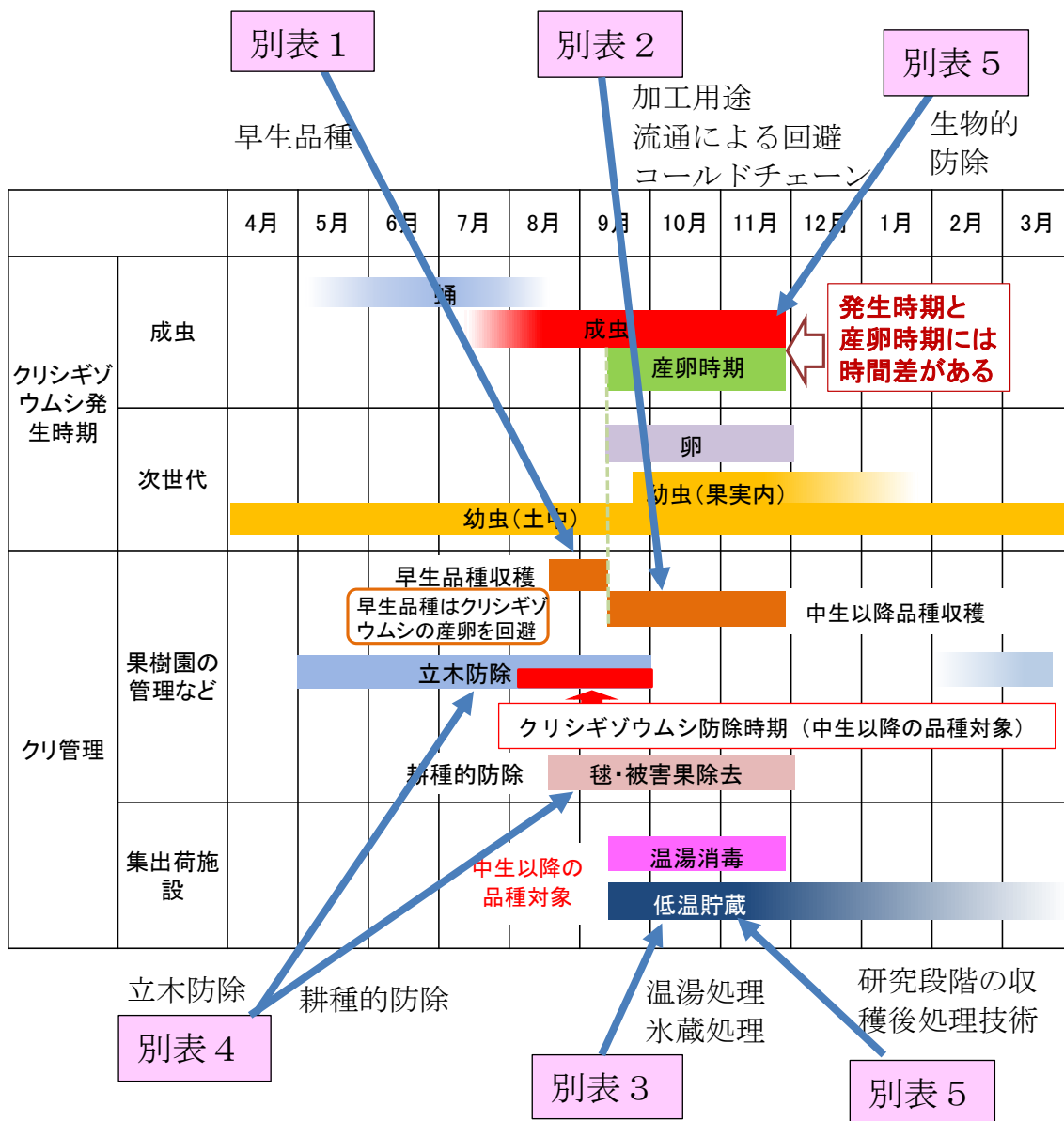
オ コールドチェーンの実証：産地において毎日収穫とコールドチェーンを組み合わせ、幼虫の成育を抑制した流通形態での実証が必要である。クリシギゾウムシの産卵を受けた果実でも卵がふ化する前に消費できれば問題ないと思われ、そのためには毎日収穫し、貯蔵することなく出荷し、その間常に低温で流通・販売する必要がある。この場合でも、消費者が常温で保存すると幼虫が成育してしまうため、消費者に対して、保存せずにできるだけ早く消費するよう注意喚起することも重要である。「生ものですから、美味しいうちに早くお召し上がり下さい」と呼びかけるような、販売上の工夫も必要である。

(3) 研究開発要素まとめ



参考資料：技術の概要一覧

クリシギゾウムシの防除技術について、実践可能な技術から研究途上にある技術を含め、現在までに検討されている技術について、別表1～5にまとめた。



別表1 早生品種はクリシギゾウムシ対策を不要とする

技術名	早生品種
実用化レベル	普及レベル
内容	クリシギゾウムシは早生品種(例えば‘丹沢’)には加害しないことが多くの地域で知られており、早生品種は処理無しで出荷が可能。また、‘ぽろたん’についても早生品種であり、加害はないと思われる。
想定される産地	すべてのクリ産地(早生品種と中生以降品種を区別して収穫できる園)
今後の課題	標高の高い産地や北日本ではクリシギゾウムシの加害時期が早まるので、地域ごと、品種ごとに加害の有無を確認しておくことが必要。 通常、クリ園は早生から晩生の品種を混植してあるので、早生とそれ以外の品種とを分けて収穫する。 園主の高齢化により、改植は難しい、また一般に加工用途では晩生が好まれる。

早生品種はクリ全体の20～25%

別表2 中生以降品種で、最小限の防除で被害を回避する対策技術

技術名	中生以降の品種		
	加工用途	流通による回避	コールドチェーン
実用化レベル	普及レベル	実証レベル	実証レベル
内容	加工用途では収穫後のくん蒸は必要なく、冷蔵で卵・幼虫の成育を抑制しておき、加工に利用する。 無防除のクリ園からの果実を積極的に加工用途に用い、防除している園の果実は被害果率を確認しながら生果実として出荷する。	園地から選果場に様々なクリ園からの果実が集まり混合されているが、品種の違いや防除の有無により、流通を分ける(例えば無防除は加工用、立木防除は生果実として流通)ことでクリシギゾウムシに対する処理が必要な果実量を減少させる	クリシギゾウムシの産卵があっても、低温で管理し、ふ化して成長する前に流通させる。具体的には、クリ園で毎日収穫し、すぐに冷蔵し、冷蔵を保ったままの状態ですぐに流通・消費させる。
想定される産地	すべてのクリ産地	すべてのクリ産地	すべてのクリ産地
今後の課題	特になし	選果場での作業の増加	収穫から流通までの経路を構築する必要がある。 消費者が常温で保存すると幼虫が成育してしまうリスクはある。

別表3 収穫後果実の処理技術について想定される導入形態

技術名	温湯処理 (100kg 処理用)		温湯処理 (1t 以上処理用)	氷蔵処理	
実用化レベル	普及レベル		実証レベル	普及レベル	
内容	市販の温湯処理装置を用い、収穫後の果実を50℃30分処理することで殺虫する技術。処理後は乾燥させ、冷蔵保存することが必要。 参考:温湯処理装置は75万円程度		稲粃用のコンベアタイプ の処理装置を転用し利用 参考:装置は1千万円以上	果実を氷蔵庫(-2℃)で4週間程度保存することで殺虫する 参考:氷蔵庫(1t規模)は450万円前後	
想定される産地	選果場で1日最大数百kgの果実を扱う規模の産地(選果場に装置を導入)	大規模な産地で、選果場に集積して処理せず、農家や生産グループで装置を導入	観光農園での導入(来園者自身で処理してもらう)	1日の最大処理量が数tになる大産地の選果場に導入	貯蔵期間が長く必要なので、出荷調整として冷蔵保存をしながら流通させている産地には、導入が期待できる。
今後の課題	温湯処理後の乾燥に広い場所と、時間が必要であり、この行程を見直すことができれば処理工程の簡易化、時間短縮が可能になる。また、処理後の冷蔵貯蔵も流通形態を見直すなどで簡素化が期待できる。稲粃の処理装置を導入している地域での共用する実証も必要。		特になし	処理後の乾燥・貯蔵行程について、現時点では大量の果実を扱える良い方法が無い。稲粃の処理装置を導入している地域があれば、装置の共用が可能と思われるが、実証する必要がある。	氷蔵庫を確保することが必要で、設置場所と導入コストが必要。野菜などで氷蔵庫を使用している産地で、氷蔵庫を共用できれば初期投資を抑えることができる。クリ果実を貯蔵することなく出荷する形態での導入は難しい。

別表4 栽培管理における対策技術

技術名	立木防除			耕種的防除	農薬の灌注処理
実用化レベル	実証レベル	普及レベル	研究レベル	実証レベル	研究・実証レベル
内容	クリシギゾウムシに登録のある薬剤は合成ピレスロイド剤、有機リン剤、及びネオニコチノイド剤があり、有機リン剤は裂果前の散布に限られる。現状ではクリは多くても年3回程度の散布回数であり、散布を全くしていない生産者も多い。			園内の被害果の適切な処理や園周辺の発生源の除去など	カイガラムシ類で実用化されている樹幹灌注処理や、土壌灌注処理をクリシギゾウムシの産卵時の成虫や孵化幼虫を対象にした防除へ応用する。
想定される産地	すべてのクリ産地			すべてのクリ園	すべてのクリ園(傾斜地でも導入可能)
今後の課題	モモノゴマダラノメイガとの同時防除を検討する必要がある。 クリイガアブラムシのリスクを回避する防除技術が必要	早生から晩生の品種を混植してあるので、適期の防除が難しい 多くのクリ園は傾斜地が多く、乗用機械による散布ができない。 園主の高齢化などにより薬剤散布が難しい場合がある。	収穫直前でも散布可能な薬剤など、登録薬剤を増加させるための研究が必要 クリシギゾウムシの発生予察を可能にするような発生生態の解明が必要	IPM 実践指標の項目のように生産者がチェックして取り組めるようにすることが必要	クリシギゾウムシの産卵行動に沿った農薬灌注の時期、場所の検討が必要 効果が明らかとなれば、直ちに農薬登録の試験を行い、防除体系としての実証が必要

別表5 研究段階または実証研究が必要な対策技術

技術名	蒸熱処理	高圧炭酸ガス	マイクロ波線	近赤外線照射	昆虫病原糸状菌
実用化レベル	実証・研究レベル	研究レベル	研究レベル	研究レベル	実証・研究レベル
内容	飽和水蒸気を用いて果実内の温度を上げ、殺虫する方法で49°C10分の処理で殺虫効果が得られている。技術は熱帯果実のミバエ対策などで実用化されている。	クリ果実を圧力容器中に入れ、炭酸ガス(1MPa以下)で1時間処理する	マイクロ波 200W、5分照射による殺虫	近赤外線ランプにより、果実の表面を熱して殺虫する技術	クリ園内の土壌に昆虫病原糸状菌を高密度に保持し、土中に潜る幼虫を感染・死亡させる技術
想定される産地	選果場で1日最大数百kgの果実を扱う産地(生果実で販売する量)	—	—	—	すべてのクリ産地
今後の課題	処理後の冷却条件などの検討が必要、また処理後は冷蔵保存する必要がある。設置費用が数百万円。蒸熱処理装置はイチゴ苗の処理でも導入が検討されており、装置が共用できれば導入コストの低減になる。	装置が高額になる。1回の処理量が70kgに限られる。	装置が高額になる。1回の処理量が限られる。品質を維持する温度制御が難しい。	装置が高額になる。1回の処理量が限られる。品質を維持する温度制御が難しい。	資材費が比較的高額、クリシギゾウムシ成虫の園外からの飛来に対しては効果が期待できない。
参考文献	http://www.nikkunkyo.or.jp/develop/lab.html	戸田ら(2005)	根本ら(2005)	根本ら(2003)	Iharaら(2009)

参考文献

- Ihara, F. ら. (2009) Comparison of pathogenicities of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to chestnut pests, *Appl. Entomol. Zool.*, 44:127-132
- 岡部信孝&高枝正成 (1993) 石川県能登地方におけるクリシギゾウムシの生態と防除, 植物防疫, 47:301-304.
- 鹿島哲郎ら.(2010)クリ果実内のクリシギゾウムシ幼虫に対するドライアイスを用いた炭酸ガスくん蒸の有効性, 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告, 17:1-8.
- 金崎秀司&井伊吉博(2008)クリシギゾウムシの産卵時期及びモモノゴマダラノメイガを含めたクリ立木防除, 愛媛果試験報, 22:17-24.
- 木村 裕(1971)クリシギゾウムシとクリミガの生態と防除, 大阪府農林技術センター研究報告, 8:107-112.
- 黒木功令 (1985) クリシギゾウムシの生態と立木防除, 植物防疫, 39:103-107.
- 小林正秀(1993)クリ果実害虫の防除に関する研究, 日林関西支論, 2:199-202.
- 小林正秀ら.(2003)クリ果実の低温高湿度貯蔵によるクリシギゾウムシ駆除法, 森林防疫, 52: 155-162.
- 曾我京次ら.(1986)クリシギゾウムシの生態に関する調査, 関西病虫害研究会報, 28:59-60.
- 戸田世嗣ら.(2005)高圧炭酸ガス処理によるクリシギゾウムシの収穫後の防除, 熊本県農業研究センター研究報告, 13:100-104.
- 中垣至郎ら. (1984) クリシギゾウムシの発育調査, 関東東山病虫害研究会年報, 31:164-165
- 中垣至郎&柳橋 泰(1985)クリの収穫期とクリシギゾウムシ, クリミガの発育ステージ, 関東東山病虫害研究会年報, 32:203-204.
- 根本 久ら.(2003)マイクロ波線処理によるクリシギゾウムシの防除法, 埼玉農総研研報, 3:1-5.
- 根本 久ら.(2005)蒸気と熱風を併用したマイクロ波処理によるクリシギゾウムシの防除法, 埼玉農総研研報, 4:33-37.
- Higaki, M. (2005) Effect of temperature on the termination of prolonged larval diapause in the chestnut weevil *Curculio sikkimensis* (Coleoptera: Curculionidae), *J. Insect Physiol.*, 51:1352-1358.
- 藤野宣博(1987)茨城県におけるクリの重要害虫の発生動向と防除上の問題点, 今月の農業, 31:68-71.
- 二井清友(2007)温湯浸漬処理によるクリ果実食入害虫の防除技術と品質評価, 果実日本, 37:68-70.

調査協力

岐阜県中山間農業研究所中津川支所、京都府森林技術センター、(地独)大阪府立環境農林水産総合研究所、兵庫県立農林水産技術総合センター、鳥取県西部総合事務所農林局西部農業改良普及所、島根県農業技術センター、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、宮崎県総合農業試験場、株式会社タイガーカワシマ、三州産業株式会社

調査とりまとめ

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所、茨城県農業総合センター園芸研究所、長野県果樹試験場、熊本県農業研究センター果樹研究所