

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



平成29年3月

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
果樹茶業研究部門

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。しかしながら、臭化メチルは「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」においてオゾン層破壊物質として指定されており、国内においては平成 25 年末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、農薬メーカーは土壌用途についてヨウ化メチル剤の販売を平成 25 年末で終了している。このため、平成 25 年末で臭化メチルが全廃された収穫物用途（クリ）については、臭化メチル及びヨウ化メチル剤だけ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。

このことから、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た後、平成 25 年度から平成 27 年度にかけて実施された農林水産業・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み、その成果を加えて、マニュアルとして完成させた。

目 次

1	クリシギゾウムシの生態と被害	4
	(1)生態	4
	(2)被害	4
	(3) クリシギゾウムシの発生とクリの管理	6
	①クリシギゾウムシ発生時期について	6
	②クリ園管理について	6
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	8
	(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
	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	9
	②立木防除の可否で対策技術を区別	13
	③立木防除について、出荷形態別に対応	20
	(3) 発生生態に基づく IPM の体系化	25
	①クリシギゾウムシの被害を受けにくい環境の整備	25
	②防除要否、タイミングの判断	26
	③多様な手法による防除	26
	④IPM 体系化のまとめ	27
3	残された課題	30
	(1) 早生品種について	30
	(2) 中生以降の品種について	31
	①収穫後処理で対応	31
	②立木防除について、出荷形態別に対応	31
	参考資料：技術の概要一覧	34
	参考文献	40

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少ない。そこで、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) 生態

クリシギゾウムシ成虫（図 1-1）は主に 8 月以降に出現し、9 月上旬以降クりに産卵を始める。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。ふ化幼虫は果実内を食害して成長する。老熟幼虫は果実に円形の穴をあけて脱出し、土中で休眠する。休眠期間は 1 冬だけとは限らない。ふ化した翌年に羽化する個体もあれば、2 年以上土中で休眠してから羽化する個体もあり、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. クリシギゾウムシ雌成虫（左、体長約 1cm）と老熟幼虫（右、約

(2) 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、被害果が処理されずに流通すると、幼虫が内部を食い荒らすことや、老熟幼虫が果実から脱出することがあり、問題となる。

クリシギゾウムシと同様に幼虫が果実を加害する害虫に、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. クリシギゾウムシの産卵痕（左）と老熟幼虫の脱出痕（右）



図 1-3. クリミガ被害果（左）と老熟幼虫（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、図 1-6)

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月上～中旬以降にクリ果実への産卵を始める。
- ・果実内を食害して成長した幼虫は、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変化に富み、その割合も年によって異なる。

② クリ園管理について

- ・クリシギゾウムシの産卵が9月上～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受けないのが通常である。
- ・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、対策が必要になる。
- ・立木防除では、成虫が産卵を始める前の8～9月に薬剤散布を行う。
- ・耕種的防除として、被害果・毬は園内に残さず、園外で処理する。
- ・収穫後の処理として、くん蒸以外に温湯処理や氷蔵処理が実施されるようになっている。

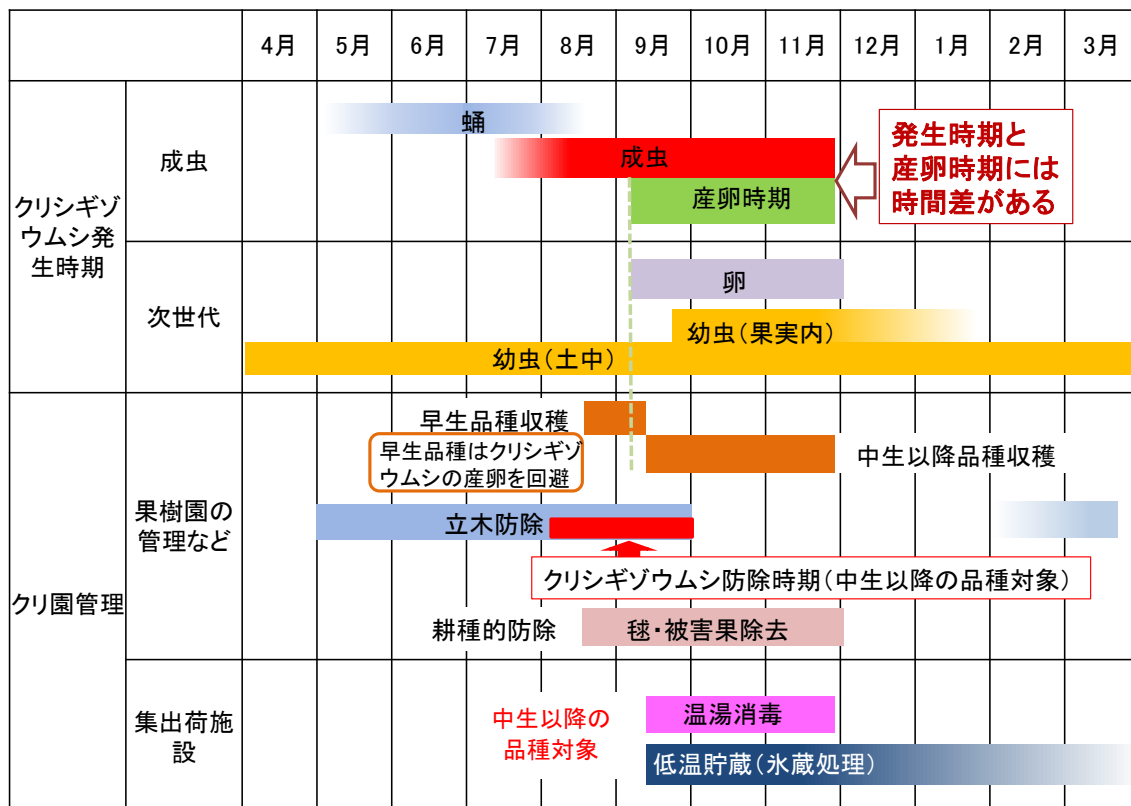


図 1-5. クリシギゾウムシの発生生態と防除時期との関係

主産地における収穫期									
品種名	8月			9月			10月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下
丹 沢			○						
ぼろたん				○					
国 見				○					
筑 波					○				
紫 峰					○				
美玖里						○			
秋 峰						○			
石 鎚							○		

図 1-6. 主要な品種の主産地における収穫期（果樹育成品種カタログ http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/nifts/062297.html を転記）

○：茨城県つくば市における収穫期

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を判断し、その上で、適切な技術を選択して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。

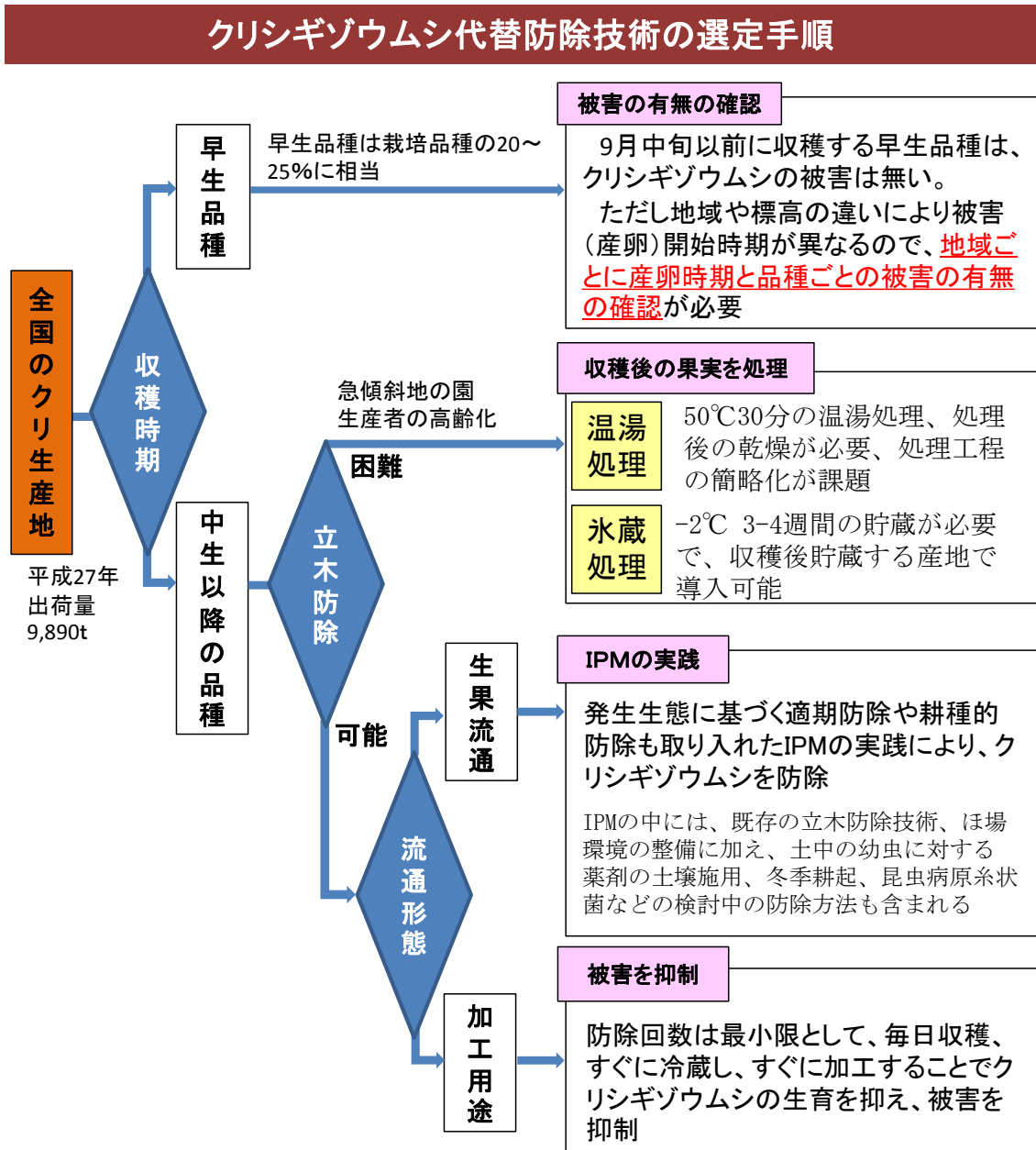
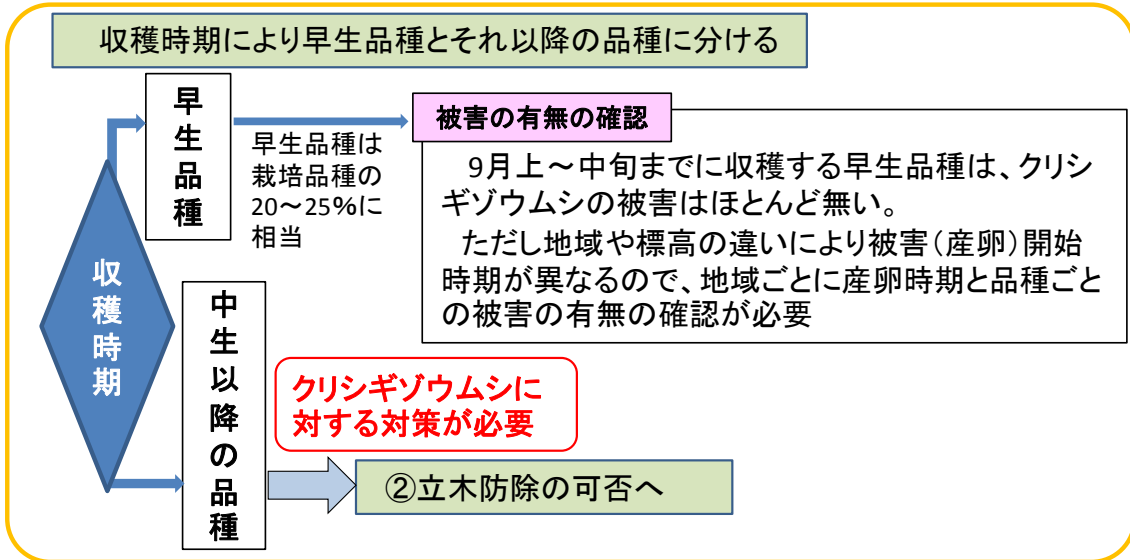


図 2-1. クリシギゾウムシ防除について、産地の条件に対応する臭化メチル代替技術の選定手順

(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、早生品種は処理せずに出荷が可能である。また、「ぼろたん」についても加害は少ないと思われる。ただし、標高の高い産地や北日本では収穫期が遅くなるので、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必要がある。

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果のみを出荷するためには、

- ・ 収穫日の異なる果実を混合しないこと
- ・ 毎日収穫のように収穫間隔をできるだけ短くすること

など、被害果の混入や被害果内での幼虫の成熟を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

- ・ 成虫の土中からの脱出および成虫の発生源からクリ園への飛来
- ・ 成虫のクリへの加害時期

について明らかにする必要がある。なぜなら、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も発生し、果樹園内に飛来・加害するからである。

- ・ 成虫の土中からの脱出

成虫は8～9月にかけて断続的に土中から発生する（図 2-2）。野外では成虫の密度が低いため、成虫の土中からの発生時期を、自然状態で把握するのは難しい。成虫の土中からの発生時期を把握するためには、あらかじめ、狭い範囲内に幼虫を放飼しておき、その範囲に羽化トラップなどを設置して調べる。

羽化時期は 8～9 月にかけて長期にわたる。表 2-1 にある各地域の発生期間では、西日本の方が中～東日本に比べて 10 日前後早かった。



図 2-2. 成虫出現時期（茨城県つくば市における 2015 年の例）

2013 年または 2014 年の秋季に、300 個体のクリシギゾウムシ幼虫を埋設した植木鉢（図中写真）に放飼し、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調査した（植木鉢は両年とも 3 基設置し、その合計数を示した）。図上の「雨」は降雨が認められた日を示す。

表 2-1 各地の成虫発生期間（2015 年）

調査地	発生期間	発生ピーク
茨城県つくば市	8月17日～9月16日	8月31日、9月9日
岐阜県中津川市	8月18日～9月11日	8月31日
山口県山口市	7月31日～8月28日	8月13日
熊本県宇城市	8月 5日～9月15日	8月18日

山口県では 11 月 30 日、熊本県では 11 月 4 日にも成虫が認められたが、偶発的な事象と考えられる

幼虫は年により、越冬する期間が異なる。すなわち、秋季に土中に潜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、不規則である（図 2-2 で 2013 年に放飼した幼虫は、1 年目の 2014 年に 5%、2015 年に 53% が羽化した）。そのため、成虫発生時期を把握する

場合、秋季に放飼する幼虫の個体数は、数百頭以上を準備する必要がある。

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把握するのは、本種の密度が低いこともあり、難しい。

なお、石川県が開発したクリシギゾウムシ成虫の発生盛期の予測式については、立木防除の項目（p.23）で触れる。

・成虫のクリへの加害時期

クリの加害時期の把握方法として、クリ収穫時期ごとに被害果率を調べる方法がある。図 2-3 では、茨城県つくば市（農研機構内）のクリを品種ごとに週 2 回程度収穫し、鬼皮表面の産卵痕（図 1-2）を調べ、産卵痕を有する割合（被害果率）を示した。つくば市における調査例では、9 月 20 日前後から加害が始まっている。また、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ていない。

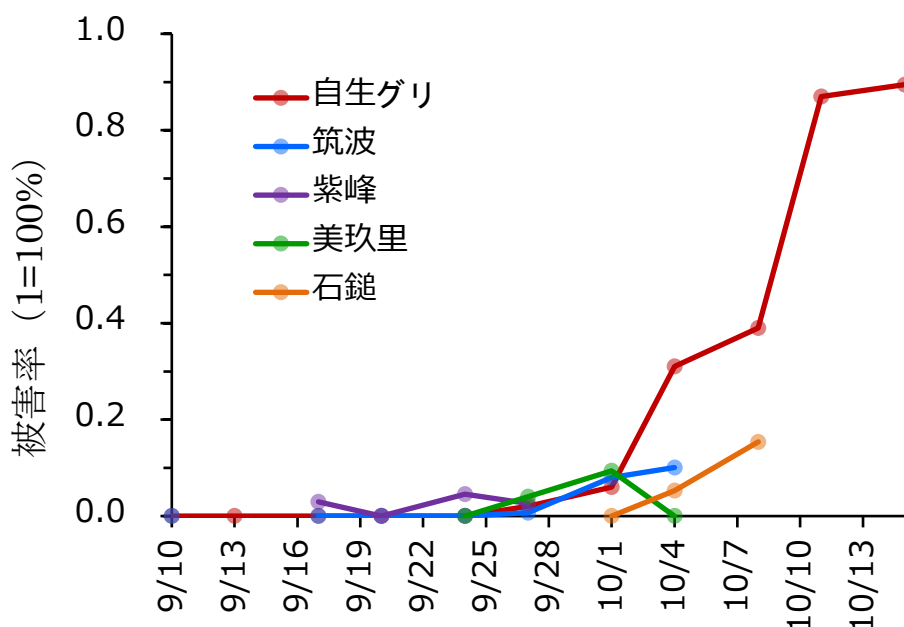


図 2-3. クリ果実への産卵痕で見た被害率の推移（茨城県つくば市における 2013 年の例）

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た。

加害時期に関する上記の結果は単年度のものであり、年次変動を考慮した複数年の調査から加害時期を判断する必要がある（2015 年の結果では、自生グリは 9 月 14 日から、栽培品種では 9 月 18 日収穫の‘筑波’から被害果が認められた）。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。

2015 年のクリ産地の被害果の状況を図 2-4 に示した。地域によっては早生でも被害果が認められ、9 月初旬から加害が認められる。そのため、

地域毎に被害の発生する初日を把握することが重要である。

また、集荷されるときに果実をまとめると被害を受けたクリと受けていないクリが混合されるので、同一品種でも果実はまとめないで、収穫日、収穫園地ごとに分けたままにすることで、被害果の混入が防ぎやすくなる。

岐阜県中津川市 収穫果実調査			島根県 収穫果実調査			
品種	収穫始期(収穫盛期)	被害果率	浜田市	9月9日	4.5%	
胞衣	8月27日(9月6日)	0%		9月16日	11.8%	
丹沢	9月2日(9月11日)	0.7%	津和野町	9月9日	7.4%	
国見	9月13日(9月19日)	2.2%		9月16日	18.9%	
ぼろたん	9月12日(9月19日)	0.4%	<hr/>			
大峰	9月12日(9月23日)	2.9%	山口県 収穫果実調査			
利平	9月20日(9月28日)	0.8%	山口市	筑波	0.3%	
紫峰	9月22日(9月29日)	3.1%		岸根	3.0%	
筑波	9月21日(10月4日)	3.3%	美祢市	在来中生	1.0%	
秋峰	9月28日(10月4日)	7.6%	岩国市	岸根	30.7%	
石鎚	9月29日(10月7日)	8.4%	<hr/>			
美玖里	10月1日(10月8日)	14.7%	兵庫県 三田市 収穫果実調査			
<hr/>			9月14日～9月16日	9月21日～23日		
愛媛県 収穫果実調査			人丸	0%	利平	0%
早生	伊予市(4号)	0%	ぼろたん	0%	筑波	30.0%
	内子町(日向)	0%	利平	0%	銀寄	1.3%
	大洲市(大洲早生)	0%	筑波	1.2%	紫峰	5.0%
中生	伊予市(銀寄)	4.5%	銀寄	1.3%		
	内子町(紫峰)	0.4%	紫峰	0%		
	大洲市(筑波)	0%	<hr/>			
晩生	伊予市(岸根)	0.5%	熊本県 果実採集調査			
	内子町(石鎚)	0.7%	被害果発見初日			
	大洲市(石鎚)	0.1%	阿蘇	9月3日	丹沢・筑波	
<hr/>			宇城市	9月8日	丹沢・筑波	

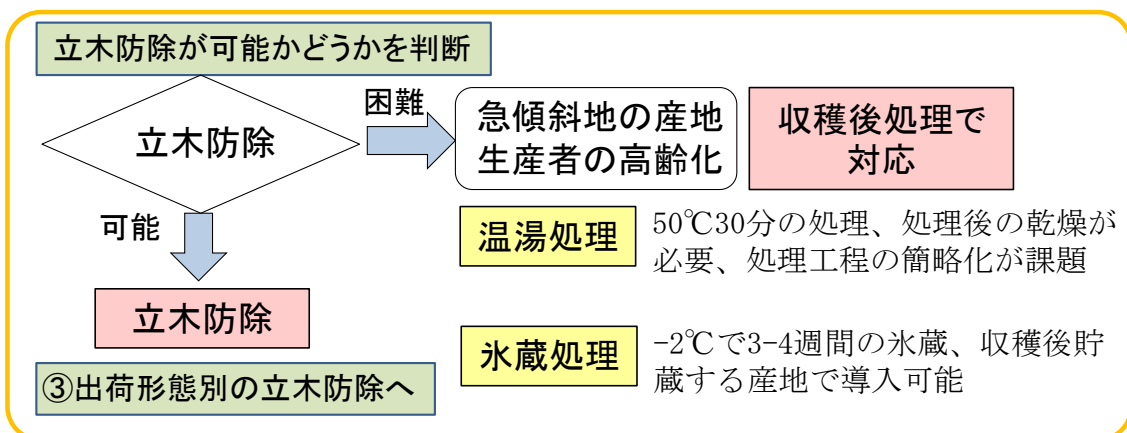
図 2-4. 産地毎の被害果の発生時期 (2015 年)

岐阜県、愛媛県、兵庫県、山口県は品種毎に収穫し、まとめて調査、島根県は品種不明で集荷された果実を調査。熊本県は樹上の毬を収穫し被害果の有無を調査。

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(早生品種への加害は極めて少ない)。
- 2 各産地で品種とクリシギゾウ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。実用化されている処理方法には、温湯処理と氷蔵処理がある。

ア 温湯処理

a. 標準的な処理方法

50°C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である(図2-5、26)。1日の最大処理量が数百kgまでの生産者では導入が容易で、処理後すぐに流通させる産地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産地では、少ない初期投資で導入できる。温湯処理後に乾燥工程が必要で、果実を広げて乾燥させるためには、ある程度広い場所が必要である。1日に処理可能な量は、乾燥工程のために確保できる面積によって制限される。乾燥が不十分だと果実表面にカビが発生しやすくなる。また、乾燥後に貯蔵する場合は、温湯により果実表面にカビが発生しやすくなるので、冷蔵することが推奨される。

図2-5に示した温湯処理手順は、標準的な手法であり、クリミガや炭そ病などの同時防除も可能である。流水での冷却は省略可能であるが、その場合は果実表面の艶がやや失われる場合がある。乾燥工程(時間や方法)は産地の実態に応じて調整する必要がある。

b. 乾燥処理時間を短縮する取り組み

温湯処理技術の普及にあたっての問題点として、温湯処理後に流水で冷却し、乾燥する工程が必要とされることがあげられる。そこで、温湯処理後の処理時間短縮方法を検討した。

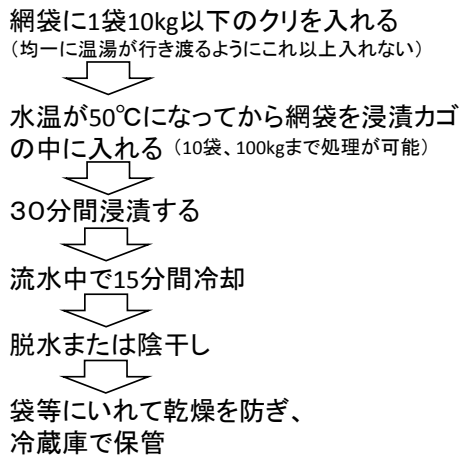


図 2-5. 温湯処理手順の例
(二井、2007 を改変)



図 2-6. 温湯処理装置
(YS-501M)

・ 温湯処理後の風乾

温湯処理後の果実に対し、果実を広げた台の下から強い風を当てて風乾させることで、冷却、乾燥時間を短縮できる (図 2-7)。風乾は風の強さにも依存するが、約 10～30 分で乾燥ができる。従来は、15 分の水冷後、乾燥工程には 2 時間～一晩が必要であり、1 日 300 kg 程度が最大処理量であった。機械で風乾することで温湯処理と合わせて 1 時間以内に 100 kg の処理が可能になり、乾燥する広いスペースも必要ないことから、一日の処理量を飛躍的に増加することができる。乾燥のための市販機は今のところないが、そのような装置の市販化が望まれる。



図 2-7. 試作の乾燥機による温湯処理後の風乾作業
装置の下から風が出る構造になっており、100 kg のクリを乾燥中。

- ・ポリ袋を利用する温湯処理

乾燥工程を省略するため、あらかじめクリを濡れないようにポリ袋に入れて温湯処理することを検討した。ポリ袋に入れると熱伝導が悪くなるため、図 2-8 にあるように、衣類（あるいは布団）圧縮袋（75×145cm）等に 10 kg をできるだけ薄く（1 層になるよう）入れ、空気を抜いてから、温湯処理する。この場合、クリ果実内部の温度は約 40 分でクリシギゾウムシ幼虫の致死温度 45℃ に達した。そのため、処理時間は少し長めに設定して 50 分が良いと思われる。

なお、この方法での処理量は通常処理と同様に 100kg（10 袋分）であるが、内部の空気により袋が浮いてしまうので、水面に網等をかぶせ、その上に重しを載せるなどして湯の中に十分浸漬するようにする。



図 2-8. 衣類圧縮袋を用いた温湯処理

- c. 氷蔵処理と組み合わせた温湯処理時間の短縮

従来、温湯処理は一日の処理量は多くて 300kg 程度であり、一日に処理しきれない果実は、後述の低温で貯蔵するなどした後、温湯処理することも考えられる。その場合、5 日以上氷蔵処理することにより温湯処理時間を 15 分に短縮することが可能である（表 2-2）。

表 2-2 温湯処理と氷蔵を組み合わせた場合の被害果率 (%)

氷蔵時間	温湯処理時間					
	0分(無処理)	10分	15分	20分	25分	30分
1日	21.2	15.0	1.8	0.9	0	0
2日	19.8	14.7	1.7	0	0	0
3日	26.2	16.2	1.0	0	0	0
4日	17.2	8.8	0	0	0	0
5日	15.9	6.1	0	0	0	0
6日	11.2	3.6	0	0	0	0
7日	9.6	1.9	0	0	0	0
8日	5.8	1.7	0	0	0	0
9日	4.2	1.8	0	0	0	0
10日	5.4	2.9	0	0	0	0

d. 簡便な温湯処理

本稿の温湯処理は、一度に 100 kg を処理できる装置 (図 2-6) を前提に検討した。しかしながら、処理量が 10~30 kg の場合は 100kg の温湯処理装置は過剰である。そこで、風呂の追焚き用に使用される多目的保温ヒーターなどを活用した簡易な処理方法を検討した。45L 容量のポリバケツに水を入れ、簡易ヒーター (上限温度は 45℃) を入れて 45℃ に加熱した。その中にクリ果実 10kg を入れ果実内部の温度を計測したところ 40~50 分でクリシギゾウムシの致死温度である 45℃ に達した。処理時間としては少し長めの 60 分が適当と思われ、その条件では処理後の果実から幼虫の脱出は認められなかった。なお、ポリバケツ内の 18~20℃ の水 45L を、簡易ヒーターを用いて 45℃ に達するまでに要する時間は約 120 分であった。なお、果実内部の温度が 45℃ にしかならないため、クリミガと炭そ病に関してはやや効果が低下する場合がある。

e. 黒色実腐病の軽減効果

温湯処理の副次的な効果として、黒色実腐病の軽減効果があげられる (図 2-9)。クリ果実をクリシギゾウムシの殺虫と同じ条件 (50℃、30 分) で処理したところ、被害果率が 2.0~5.9% となり、処理しない場合 (16.7%) に比べて低い値ではあったが、統計的な有意差は認められなかった。そこで、黒色実腐病菌を接種したクリ果実を用いて、温湯処理したところ、処理なしの被害果率が 73.3% に対し、20.0~36.7% に有意に低減した。クリシギゾウムシの処理条件では完全に黒色実腐病を死滅させることはできないが、低減効果は認められる。

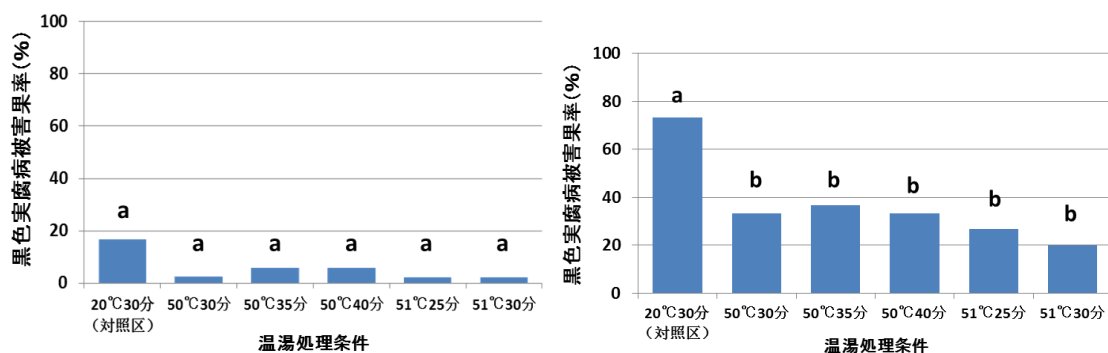


図 2-9. クリの温湯処理による黒色実腐病低減効果

左：収穫果実を使用、右：果実に黒色実腐病を接種

図の中で同一アルファベットの処理区間は 5%水準で有意差なし

イ 氷蔵処理

果実を氷蔵庫（壁面に不凍液を循環させ、壁面の冷熱輻射にて庫内全体を均一に冷却する装置）の設定温度 -2°C で 3~4 週間貯蔵することで殺虫する技術（図 2-10）。栗を冷蔵しながら流通させている産地には導入が容易である。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、氷蔵庫をクリ以外の作物にも活用でき、導入が容易になる。殺虫に時間がかかるので、貯蔵せずに出荷する流通形態では導入が難しい。また、氷蔵庫の設置場所と導入コストがかかる（一坪サイズで 350 万円程度）。ただし、氷蔵処理には、見た目の変化が無く、クリの糖度が増し食味が向上するという大きなメリットがある。

さらに、温暖化傾向の中で、クリの収穫期が早まり、クリの需要が高まる 10 月中旬にクリが不足する事態になっている。氷蔵処理は、需要が低い夏期に収穫された早生品種を、需要が高まる秋まで貯蔵したり、需要が低下する 10 月下旬に収穫した晩生品種を正月用に貯蔵するという出荷調整が可能となることも大きなメリットである。その他、品種ごとにロットをまとめることが可能となり、品種別出荷で有利に販売できる。特に「ぼろたん」のような剥皮が容易なクリをポン栗機で焼いて販売する六次産業化も可能となる。

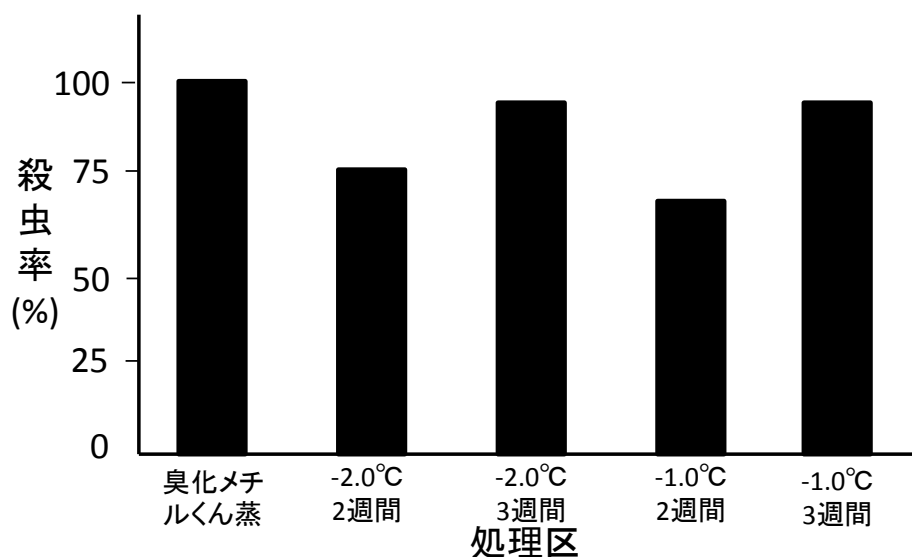


図 2-10. 氷蔵処理について温度と貯蔵期間との関係
(小林ら、2003 を改変)

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、氷蔵する際にコンテナ等に載せるそれぞれのクリの塊は 30kg 以下にする必要がある (図 2-11)。



図 2-11. 20 kg 毎にコンテナで氷蔵処理中のクリ果実

ウ 氷蔵処理導入メリット

氷蔵処理を行うことのメリットを実証するため、9月に購入したクリを氷蔵処理し、クリの流通量が少なくなる10月以降に販売した(表 2-3)。道の駅での販売実績では、販売単価は購入価格の約2倍であった。氷蔵処理のメリットとしては、殺虫効果と高値販売に加え、糖度が増して美味しくなることや貯蔵することで品種毎の特徴を明示して販売可能なことも挙げられる。また、焼栗にすることで、表面の傷などのために生栗として販売できないクリが販売できることも特記される。

表 2-3 2015 年道の駅での販売実績

	区分	数量 (kg)	金額 (円)		単価 (円/kg)
購入		685	829,940	a	1,211
販売	生栗	481	1,024,200		2,129
	焼栗	189	428,000		2,265
	合計	670	1,452,200	b	2,167
諸経費	販売手数料		182,440		
	光熱費		82,272		
	資材費		33,820		
	人件費		22,000		
	雑費		4,060		
	合計		324,592	c	
差し引き収入額			297,668	b-a-c	

「ぼろたん」は、先端部が黒変する問題があるため、京都府では、食べても問題がない黒変したクリの焼栗販売を実施した。2016年、約900kgのクリを1kgあたり900円程度で購入し（黒変のある販売できないクリを500円/kgで購入したため、平均単価は低い）、焼栗販売（平均単価2,500円/kg）することで、100万円程度の純利益が得られた。また、氷蔵庫を導入したクリ生産者が、他の生産者のクリ（3L）を1kgあたり1,300円で購入して氷蔵処理し、道の駅で1kgあたり4,000円で販売して収益を得た例もある。

氷蔵庫は1坪タイプが350万円と高価であるため、氷温庫を導入する人も多い。氷温庫の場合、庫内温度が場所によって一定ではないため（冷氣吐き出し孔周辺は低温）、庫内全体が使えず（氷温庫では、氷蔵庫の半分程度しか貯蔵できない）、また、加湿器を併用しても、乾燥を防ぐためのビニール被覆が必須で、労力がかかる。氷蔵庫は、不凍液を壁面に循環させる方法であり、庫内全体が一定温度になるだけでなく、湿度が常に100%近いことが特徴で、壊れにくく、電気代も安価であるというメリットがある。

氷蔵処理で、くん蒸と同程度の殺虫効果を発揮させるためには、3週間程度の貯蔵が必要である。しかし、消費者に、「クリは食べるまでに冷やすもの」という認識が定着すれば、氷蔵庫で幼虫を完全に殺虫する必要はない。2週間の貯蔵でも十分に甘くなるし、卵はふ化せず、孵化した幼虫は大きくならないため、果肉内が食い荒らされることや、老熟幼虫が脱出することもない。道の駅で氷蔵したクリを販売する場合は、0～5℃程度に冷やしながらか販売しており、贈答用に送る場合も冷蔵にしている。

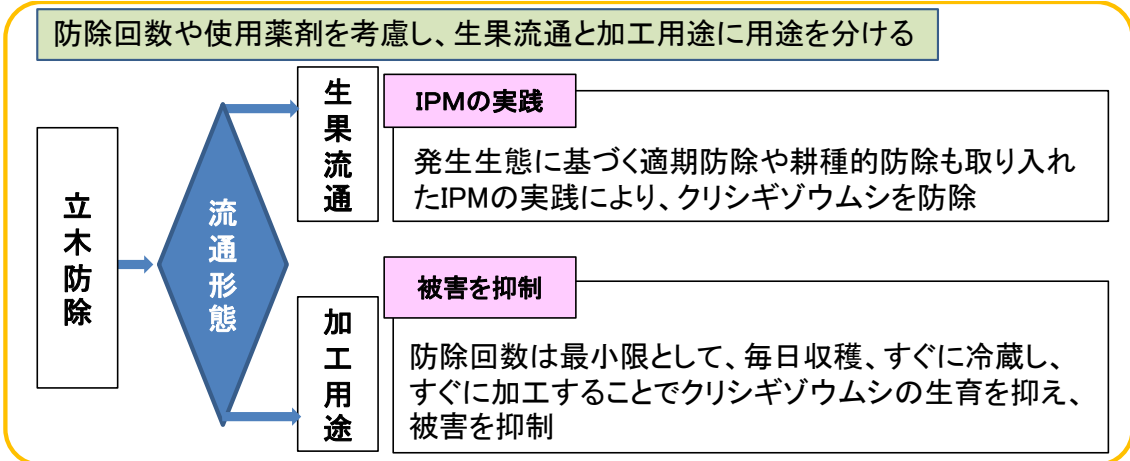
さらに、ポン栗機の登場で、和栗が、道の駅などで焼栗販売できるようになっている。これまで、贈答用に生栗が流通していたが、クリシギゾウムシの問題の解決策として、焼栗を冷凍して贈答用として販売することも有効で

あろう。こうした取り組みにも、氷蔵庫は必須となる。なぜなら、剥皮が容易なクリは焼栗に適するが、「ぼろたん」のような剥皮が容易なクリは早生品種であり、焼栗の需要が高まる秋まで貯蔵する必要がある。

ポイント

- 1 収穫後の処理には温湯処理または氷蔵処理が有効
- 2 温湯処理では1日の処理可能量が限られること、氷蔵処理では3~4週間の貯蔵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、のように流通形態を分ける。

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、表 2-4）、次年度にクリイガアブラムシ被害拡大などのリサージェンスが起きないような散布間隔・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 2-4 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%
シペルメトリン水和剤	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

a. 年1回の防除でクリシギゾウムシを防除

・早生品種に対する防除効果

早生品種の「丹沢」（収穫ピーク日が9月12日頃）では、8月21日に防除を行った結果、フルバリネート水和剤は被害抑制効果が認められたが、アセタミプリド水溶剤では被害抑制効果が認められなかった（2014年、表 2-5）。

表 2-5 早生品種の「丹沢」におけるクリシギゾウムシに対する薬剤散布効果（2014年）

試験区	散布 時期	希釈 倍率	供試 樹数	総供試 果実数 ^{注)}	総被害 果率(%)
フルバリネート水和剤	8月21日	2000倍	4	668	1.6
アセタミプリド水溶剤		2000倍	4	762	9.6
無散布		—	4	638	6.4

注) 「丹沢」の収穫期（9/1～9/25）の全果実を供試した

・中生品種に対する防除効果

中生品種「筑波」（収穫ピーク日が9月30日頃）については8月21日の1回散布と、9月5日の1回散布を比較した。8月21日の1回散布では、フルバリネート水和剤のみに効果が認められ、9月5日散布では両方の剤に効

果が認められた（表 2-6）。

表 2-6 中生品種の「筑波」におけるクリシギゾウムシに対する薬剤散布効果（2014 年）

試験区	散布時期	希釈倍率	供試樹数	総供試果実数 ^{注)}	総被害果率(%)
フルバリネート水和剤	8月21日	2000倍	1	319	4.1
アセタミプリド水溶剤		2000倍	4	502	28.1
フルバリネート水和剤	9月5日	2000倍	3	377	1.3
アセタミプリド水溶剤		2000倍	4	924	7.8
無散布	—	—	4	1459	28.2

注) 「筑波」の収穫期（9/22～10/23）の全果実を供試した

・ 中生～晩生品種に対する防除効果

中生品種の「銀寄」では8月26日の、晩生品種の「石鎚」では9月5日の1回散布での防除効果が認められた（表 2-7）。フェンバレレート・MEP水和剤の1回散布により中生・晩生品種の被害が抑制された。また、フルバリネートでも同様の効果が確認された。

表 2-7 中生品種の「銀寄」、晩生品種の「石鎚」におけるクリシギゾウムシに対する薬剤散布効果（2013 年）

調査場所	品 種	散布日	散布量	被害果率(%)
伊予市	銀寄(中生)	8月26日	600L/10a	0.5
			300L/10a	0
		無処理	2.4	
内子町	石鎚(晩生)	9月5日	600L/10a	0
			300L/10a	0
		無処理	2.2	
大洲市	石鎚(晩生)	9月5日	600L/10a	0
			300L/10a	0.7
		無処理	3.4	

フェンバレレート・MEP水和剤を散布。フルバリネートでも同様の効果を確認。

b. クリシギゾウムシ以外のクリ害虫への影響

クリイガアブラムシは、前年の薬剤散布が影響して多発するリサーチェンスが指摘されている。実際に、試験期間中、合成ピレスロイド系殺虫剤のシペルメトリン水和剤を散布した結果、翌年にクリイガアブラムシによる被害毬果率の上昇と被害に伴う樹当たり毬果数の減少が一部で確認された。クリイガアブラムシの常発地域では、翌年にクリイガアブラムシが多発する可能性に留意し、適期に薬剤を散布するなど防除対策を講じる必要がある。

ゴマダラノメイガに対する防除にクリシギゾウムシに対する防除を兼ねることができないか検討したが、上述の1回散布ではモモノゴマダラノメイガの防除効果は低かった。モモノゴマダラノメイガに対しては、クリシギゾウムシとは別の対策が必要である。

c. クリシギゾウムシ発生盛期予測式（石川県開発）の適用

石川県でクリ雌花開花盛期、クリシギゾウムシ成虫初発日からクリシギゾウムシ発生盛期（累計羽化率50%までの日数）を予測する式が開発されており、下記には「筑波」での式を示した。

$$Y = 0.53334 X_1 + 0.02806 X_2 - 0.02046 X_3$$

Y : 雌花開花盛期から累積羽化率50%までの日数
X₁ : 雌花開花盛期から初発までの日数
X₂ : 雌花開花盛期から8月31日までの積算温度
X₃ : 雌花開花盛期から8月31日までの積算降水量

本予測式に基づく効果的な防除の可能性について、岐阜県における適用性を検討した。岐阜県でのクリシギゾウムシ成虫初発日は8月20日であり、これを起点として予測したところ、8月30日であった。実際の発生盛期は8月31日であった。またこの予測式に基づき9月2日に薬剤散布を行ったところ、被害果率は1.1%に低下した（無処理：7.8%）。ただし本予測式が全国で導入できるかは、検討を要する。

イ 加工用途

加工に使用されるクリは基本的に収穫後または仕入後すぐに加工されることから、薬剤散布でのクリシギゾウムシ防除が完全ではなく、クリシギゾウムシに産卵された果実であっても、果肉への食害が進んでいなければ影響が少ない。そのため、クリシギゾウムシ成虫の発生予察情報を利用して適期に最小限の薬剤散布を実施し、あわせて毎日収穫することと、収穫後すぐに出荷または冷蔵し、素早く加工することで、被害を抑制する。

クリの収穫間隔が開くと、園内に放置されたクリは常温にさらされ、その間に幼虫が生育する。実際に、1週間放置したとき、半数以上のクリで果肉への食害が進み、食入程度が3以上の状態であった（表2-8、図2-12）。収穫3日までは、食入程度3以上の果数は20～25%であり、毎日収穫が難し

いときでも、3日以内の頻度で収穫することが望ましい。食害程度の進行は、その年の気温などに影響され、2015年の調査では3日毎の収穫でも、食害程度3以上の割合が37%に達した。

表 2-8 収穫間隔の違いとクリシギゾウムシ幼虫の頭数および食入程度 (2014)

品種	収穫間隔	産卵痕付近の変色大きさ (mm)	幼虫数 ^z (頭/果)	食入程度 ^y	
				平均	3以上の果数 (果) (%)
筑波	毎日	2.6	1.2	1.3	8 17.8
	3日毎	2.8	0.9	1.3	9 20.9
	7日毎	9.4	1.9	2.3	11 55.0
美玖里	毎日	1.5	0.5	1.5	3 20.0
	3日毎	6.5	1.5	1.8	1 25.0
	7日毎	4.8	4.1	3.0	4 57.1

^z 収穫時に解体した果実内の幼虫数

^y 食入程度 0: 無、1: 洗皮のみ、2: 食入2mm未満、3: 食入2-5mm、4: 食入5mm以上



毎日収穫 食入程度 1~2



7日毎収穫 食入程度 3

図 2-12. 「筑波」における収穫間隔の違いとクリシギゾウムシ幼虫の果肉への食入程度

収穫後の保管温度については、0~3℃で幼虫の発育を抑えられると考えられる (表 2-9)。6℃で貯蔵すると1ヶ月では老熟幼虫の脱出は認められないが、ごく緩やかな幼虫の生育は認められる。また、短期間の低温貯蔵で幼虫の脱出を抑制する効果は確認できたが、殺虫効果は期待できない。

表 2-9 果実の貯蔵温度と幼虫の生育との関係

温度(°C)	幼虫脱出果実数	脱出幼虫数
0	0	0
3	0	0
6	0	0
9	1	2
12	2	4
15	3	6
18	8	27

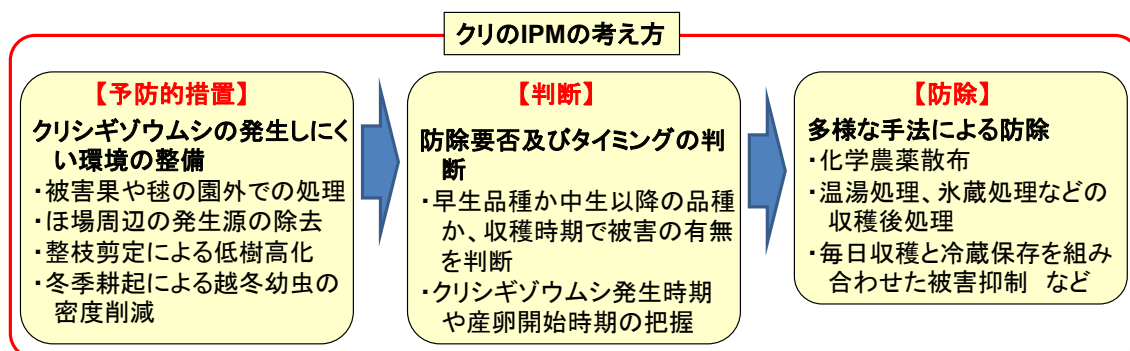
「筑波」20～30果をプラスチック容器に入れ、各温度で1ヶ月貯蔵し、幼虫の脱出日と幼虫数を調査

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 加工用のクリは、最低限の防除を行うこと、毎日収穫して、直ぐに出荷または冷蔵して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・雑草管理）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被害を受けにくい環境の整備

クリ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。

樹高が高いと薬剤がかかりにくくなるため、整枝剪定を実施し、樹高を低く管理する。

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主に 8 月に出現するが、産卵は 9 月上～中旬以降であるため、9 月上～中旬までに収穫を終える早生品種へのクリシギゾウムシに対する薬剤散布の必要はなく、中生以降の品種に対し、防除を行う。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。

本種成虫の発生が主に 8 月であることから、8～9 月上旬の薬剤散布は園内の産卵前の成虫を防除できる。この場合も、その地域での成虫の発生時期は把握しておく必要がある。また、早生品種と中晩生品種が混植されている園では、ドリフトの危険があるため散布時期に注意する必要がある。

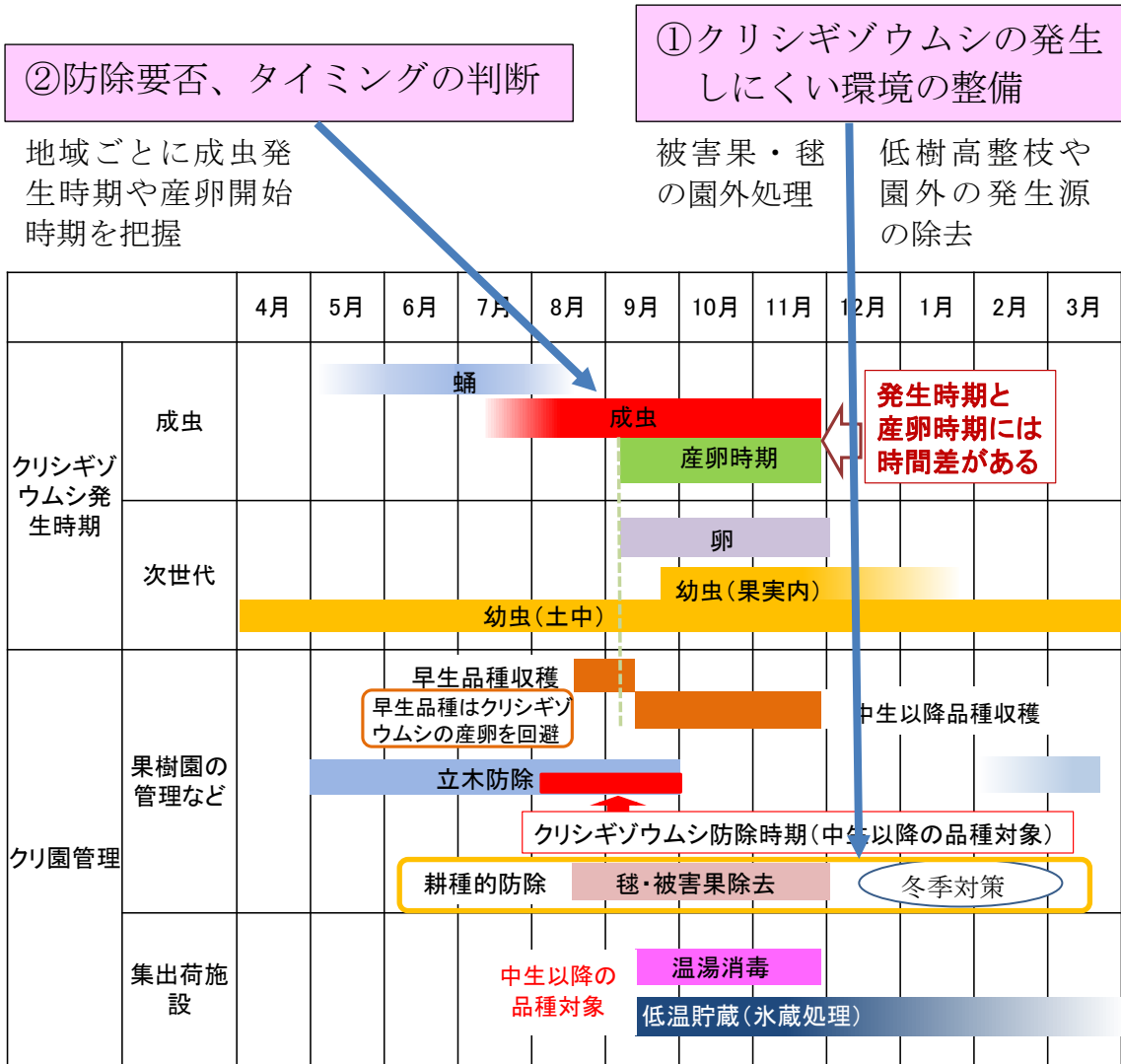
③多様な手法による防除

本種成虫に対する登録農薬は少なく、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℃、3～4 週間）が有効。ただし、温湯処理後には乾燥工程が、また氷蔵処理では長い貯蔵期間が必要なことなどを考慮して導入する。

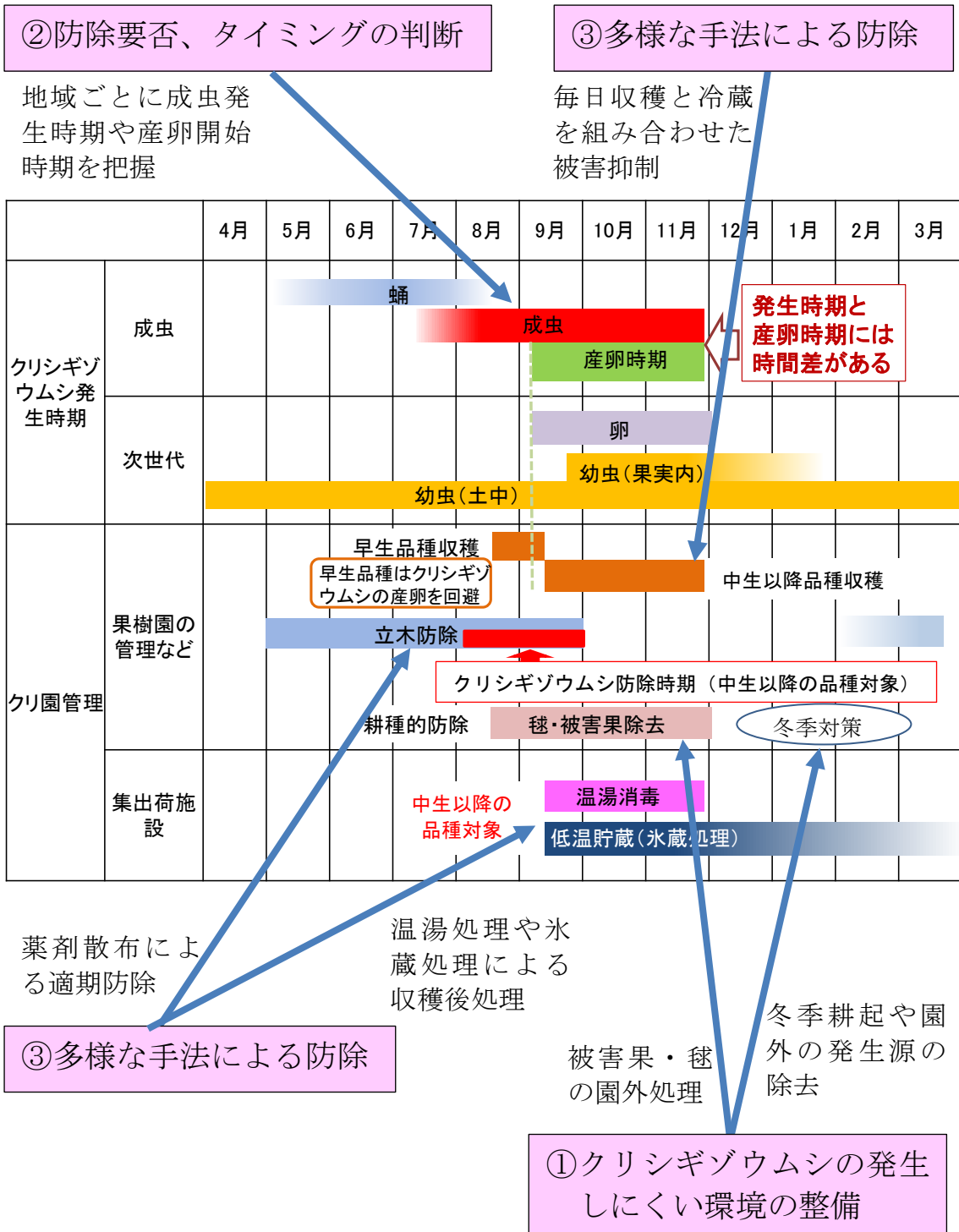
薬剤散布に限られる場合など、最低限の防除と毎日収穫とすぐに出荷、冷蔵、加工を組み合わせ、被害を抑制することも考えられる。

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をせずに、被害が回避できる場合もある。

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法を組み合わせた体系化を行う。

ウ クリ栽培における IPM 管理項目

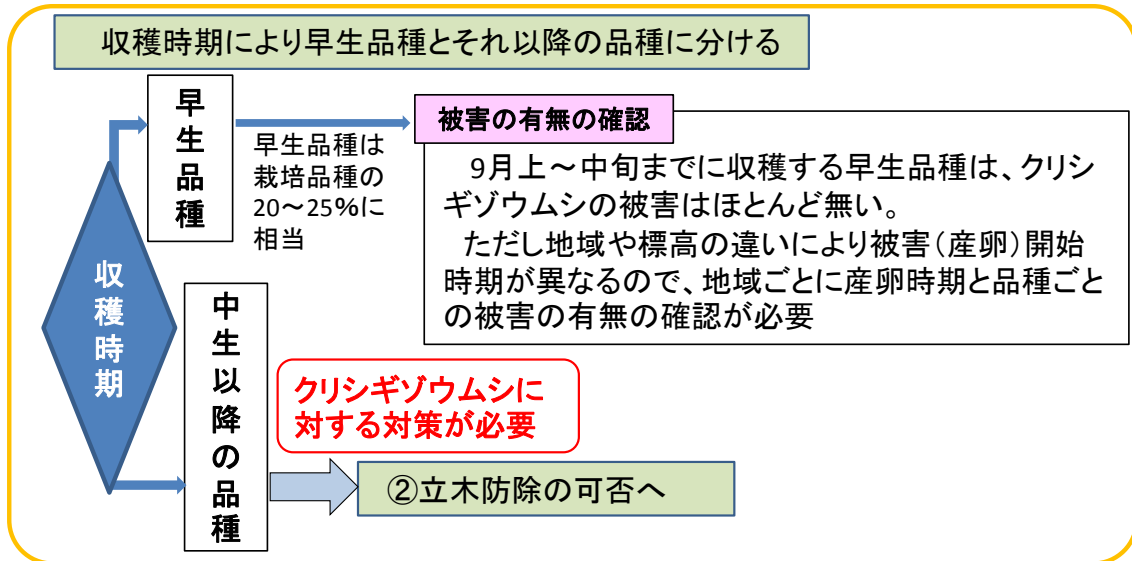
クリ栽培に IPM を導入する際、参考となる管理ポイントについて、現在までの知見を考慮し、下記の表にまとめた。より多くの管理ポイントに取り組むことで、IPM への取り組みの深度化が図られる。

管理項目	管理ポイント
園地の立地条件 や対象病害虫の 確認	地域内に未管理の園地がないか確認を行うとともに、園内及び周辺に発生する病害虫をあらかじめ確認する。
	園周辺の自生グリなど病害虫の発生源となる樹木の有無を確認する。自生グリは害虫の発生源になる。
	園周辺にドングリは有無を確認する。クヌギ、シラカシ、コナラなどはクリシギゾウムシの発生源となる。
	園周辺に未管理のモモ、スモモなどの有無を確認する。未管理のモモ、スモモなどはモモノゴマダラノメイガの発生源になる。
	園周辺に未管理のクワの有無を確認する。未管理のクワはカミキリムシ類の発生源になる。
園内の環境整備	剪定により樹高をなるべく低くするとともに樹冠内部の通風・採光を良好にし、病害虫が発生しにくい環境を作るとともに、薬液散布における付着の死角をなくす。樹勢が弱い場合、クリタマバチの加害を受けやすくなるので、適正な樹勢を保つ剪定を行う。
	天敵のチュウゴクオナガコバチを放飼している地域では、天敵を守るためクリタマバチのゴールのある剪定枝は5月初旬まで園内に置き、チュウゴクオナガコバチの羽化時期を過ぎてから適切に処分する。
	天敵を放飼していない地域では、剪定で弱小枝をせん除するとともに、適正な肥培管理を行い適正な樹勢を保つ。
	ほ場表面は、定期的な耕起あるいは除草(草刈り、除草剤)、ナギナタガヤによる草生栽培等により、収穫時に果実を拾いやすい(見逃さない)状態にしておく。
	イタリアンライグラスによる草生栽培の場合、コウモリガ等樹幹害虫の被害を防ぐため、樹幹周りを中心に定期的に除草する。
	落葉や剪定枝は地中に埋めるか園外で適切に処分する。
	クリ毬や未収穫の果実を園内に放置するとモモノゴマダラノメイガやクリシギゾウムシなどの発生源になるので、園内に残さず適切に処分する。
有機質肥料を適切に施用し、樹勢・根活性を良好に保つ。	
新たに植栽する場合は、防除を行いやすいよう収穫期が同時期の品種の混植が望ましい。	
病害虫防除	ほ場内を見回り、病害虫の発生や被害を把握するとともに、気象予報などを考慮して防除の要否を判断する。
	都道府県が推奨する要防除水準を利用する。なお、防除が必要と判断された場合には、確実に防除を実施する。
	防除は、リサーチエンスを招かないよう合成ピレスロイド剤の連用は避ける。
	冬季に主枝にクリオオアブラムシ、クスサン、マイマイガの越冬卵がある場合は削り取る。
	害虫の幼虫(ケムシ類)、蛹(繭)、成虫を捕殺する。
	病害の現れた箇所は速やかに取り除き、園外で適切に処分する。
	十分な薬効が得られる範囲で最小の使用量となる最適な散布方法を検討した上で使用量・散布方法を決定する。
農薬散布に当たっては、無風～弱風時の選択、ドリフトレスノズル等の飛散が少ない散布器具の使用等の適切な飛散防止策を講じた上で実施する。	
収穫	収穫間隔はできるだけ短くする(毎日収穫が望ましい)。
	選果により病害虫被害果を除去し、除去した果実は適切に処分する。
	収穫後の果実は速やかに冷蔵する。生栗として販売する際は、消費者に対して低温(5℃以下)で貯蔵することを推奨する
その他	のり面の保守、草生栽培などによって土壌流亡の防止に努める。
	各農作業の実施日、病害虫・雑草の発生状況、農薬を使用した場合の農薬の名称、使用時期、使用量、散布方法等のIPMIに係る栽培管理状況を作業日誌として別途記録する。
	都道府県や農業協同組合などが開催するIPM研修会等に参加する。

3 残された課題

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、検討すべき点など残された問題点も多くある。そこで、代替技術を導入する時の課題とその解決に向けて必要な技術開発について整理した。

(1) 早生品種について

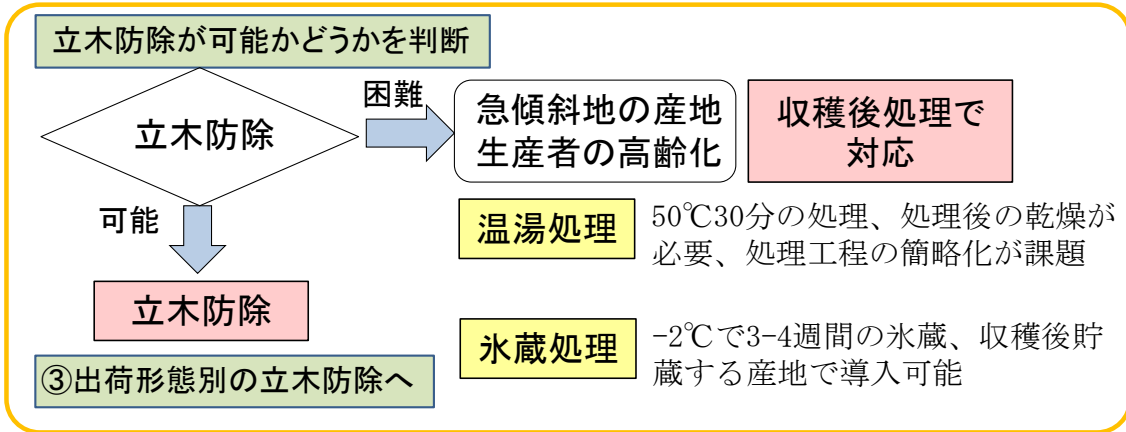


ア 発生時期の解明：クリシギゾウムシは早生品種にほとんど産卵しない。本種の産卵開始時期について、地域や標高による差があるので、産地ごとに産卵を回避できる早生品種の収穫時期を解明する必要がある。

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、降雨後に脱出が多くなる傾向が認められた。クリシギゾウムシの成虫の土中からの脱出時期が、なにによって制御されているのかを解明する必要がある。また、このような生態が解明できれば、それを利用した個体数抑制手法の開発も可能となる。

(2) 中生以降の品種について

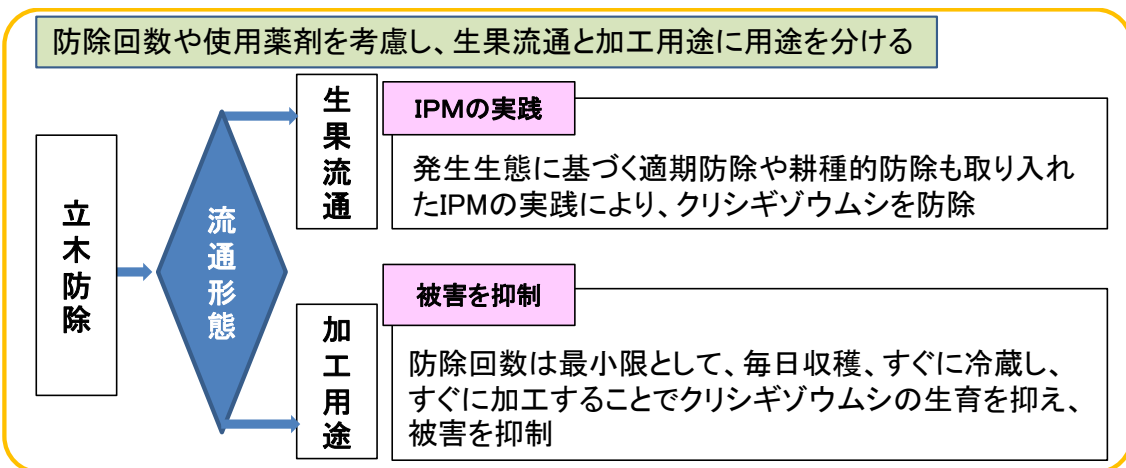
①収穫後処理で対応



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、簡略化が必要である。乾燥装置など簡略化の提案はしているが、市販品がない問題点がある。

イ 氷蔵処理：氷蔵処理は、氷蔵庫で-2°C、3~4 週間の貯蔵が必要となることから、導入に際しては、地域の状況に対応した流通形態や、他の作物への活用などを総合した検討が必要である。

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駆除効果が期待できる（図 3-1）。昆虫病原性線虫も同じような使用方法が考えられる。現在、昆虫病原糸状菌で本種に対して使用可能な製剤は無いが、昆虫病原糸状菌 *Metarhizium anisopliae* を用いた土壌改良材は市販されている。

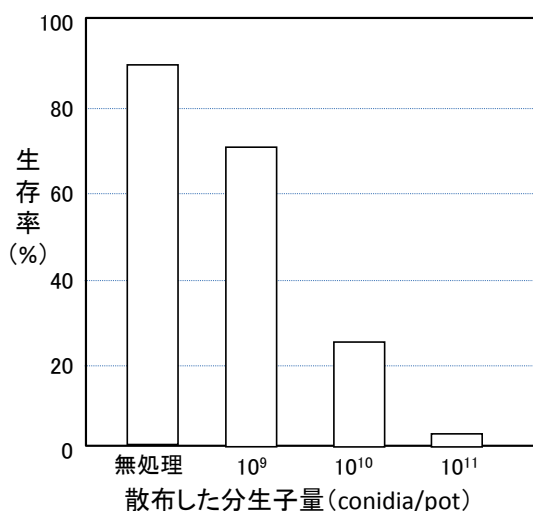
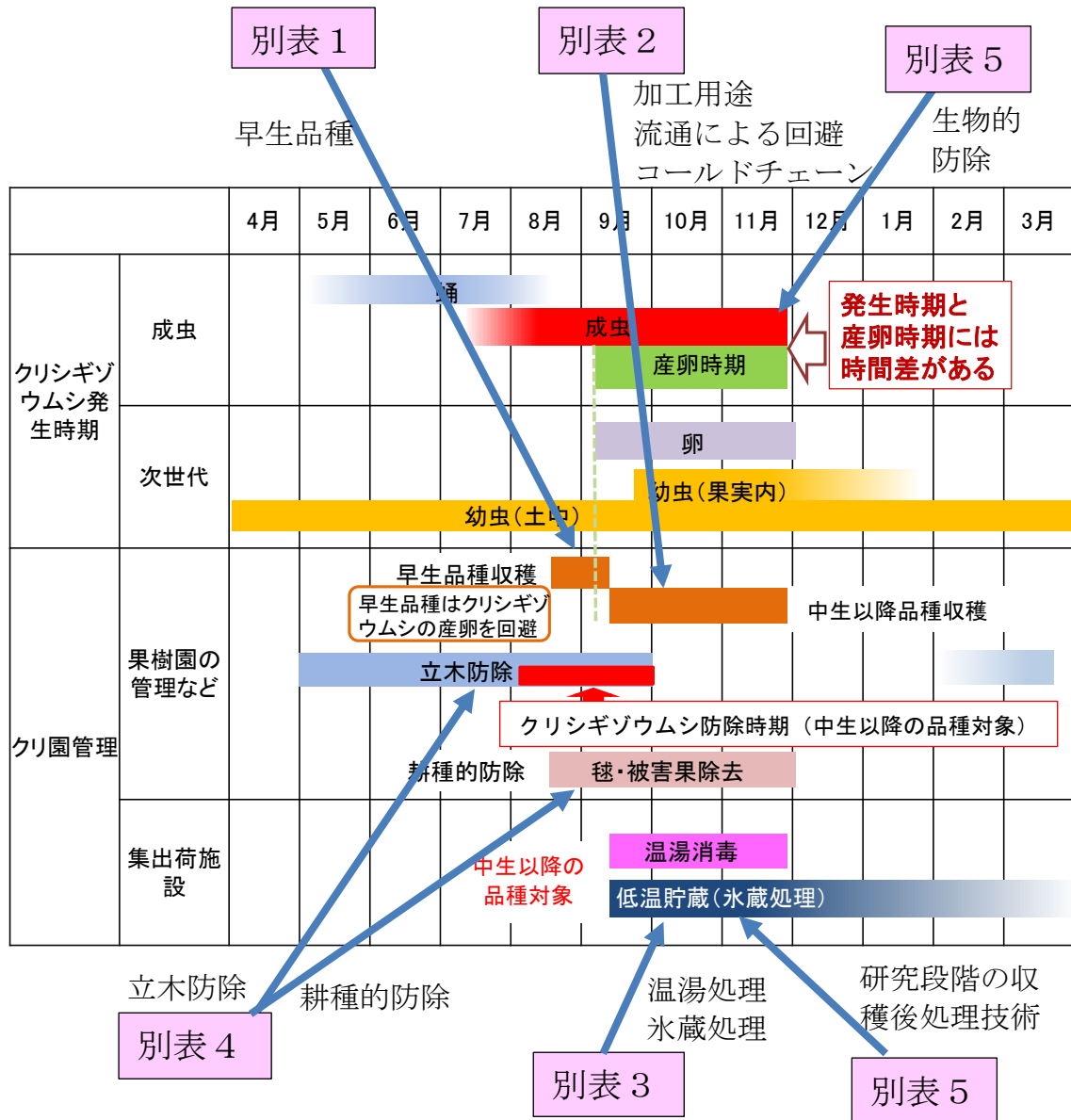


図 3-1. 野外ポット試験におけるクリシギゾウムシ幼虫に対する昆虫病原糸状菌 (*Beauveria bassiana*) の効果 (Ihara ら, 2009 を改変)

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ため、毎日収穫し、消費者に渡るまでの間、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、消費者には、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が重要である。「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。

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は不要の場合が多い

技術名	早生品種
実用化レベル	普及レベル
内容	<p>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、加害は少ないと思われる。</p>
想定される産地	<p>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)</p>
今後の課題	<p>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。</p>

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(3℃以下)で卵・幼虫の成育を抑制しつつ、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(3℃以下)で貯蔵し、ふ化の阻止または幼虫の成長を抑制しながら流通させる。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の流通・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°C30分処理することで殺虫する技術。処理後は十分に乾燥させ、貯蔵する場合は冷蔵することが必要。温湯処理後に乾燥装置があれば、全工程が1時間以内に処理できる。 参考:温湯処理装置は39.9万円	稲籾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(設定温度-2°C)で3~4週間程度貯蔵することで殺虫する 参考:氷蔵庫(1坪タイプ)は350万円前後
想定される産地	全てのクリ産地	1日の最大処理量が数tになる大産地の選果場に導入	長期間貯蔵する必要があるため、出荷調整として冷蔵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一定の場所と、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ことで簡素化が期待できる。稲籾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。	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。稲籾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。	氷蔵庫を確保する必要があり、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。早生や晩生などの品種の価格が低下している地域では、出荷調整用として併用することで導入コストを相殺できる。

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。クリシギゾウムシの防除に関しては収穫時期の違いを考慮することで、1回の散布で防除が可能。			園内の被害果の適切な処理や園周辺の発生源の除去、低樹高整枝剪定の実施など	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に対する防除は別途必要	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 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、登録薬剤を増やすための研究が必要 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	実証・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℃10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	クリ園内の土壤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、また処理後は冷蔵貯蔵する必要がある。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、 関西病害虫研究会報、 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、 関東東山病害虫研究会年報、 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、 関東東山病害虫研究会年報、 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

茨城県農業総合センター園芸研究所*、長野県果樹試験場、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*、熊本県農業研究センター果樹研究所*、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

*：農食事業「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」
参画機関

調査とりまとめ

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門