

A-2 オゾン層破壊物質及び代替物質の排出抑制システムに関する研究

(5) 検疫用臭化メチルの代替技術システムに関する研究

独立行政法人食品総合研究所 流通安全部食品害虫研究室
高橋敬一、池長裕史、宗田奈保子、今村太郎、宮ノ下明大

平成11～13年度合計予算額 12,215千円
(うち、平成13年度予算額 3,765千円)

[要旨]

モントリオール議定書に基づいて臭化メチルはオゾン層破壊物質に指定され、先進国は 2005 年までに臭化メチルの使用が全廃されることとなった。規制対象外であった検疫用用途に対しても規制強化に向けて調査が開始されたことを受け、その代替技術として、高圧二酸化炭素と各種ガスによる貯蔵食品害虫に対する殺虫法を検討した。

まず、二酸化炭素を高圧で処理し、貯蔵害虫の完全駆除に要する圧力と時間条件を決定すると共に、高圧二酸化炭素処理が穀類の品質におよぼす影響を調査した。内麦を加害中のコナナガシシクイ幼虫に対しては 30kg × 5 分の処理で完全に殺虫できた。外麦、トウモロコシでも同様であり、特にトウモロコシの場合は 15,20,25,30kg いずれの圧力でも 10 分以上の処理で完全に幼虫を殺虫できた。コクゾウムシでは内麦に産卵された卵に対しては 30kg × 5 分の処理で完全に殺すことができた。内麦を加害中の幼虫に対しては 20kg × 10 分、25kg × 5 分、30kg × 5 分の処理で完全に殺すことができた。また、処理コムギおよび無処理コムギについて品質の違いを調査したが、内麦、外麦ともに差は認められなかった。

次に、常圧および高圧 (15kg/cm² 圧程度) において、ホスフィンおよびフッ化スルフルルの単独および混合使用の殺虫効果を調査した。常圧においてはグラナリアコクゾウムシおよびコクゾウムシ卵に対して、ホスフィン PH₃ (2mg/l) とフッ化スルフルル SO₂F₂ (30mg/l) の混合ガスは完全な殺虫効果を示し、コクゾウムシ幼虫においても、ホスフィンとフッ化スルフルルおよび両者の混合ガスは完全な殺虫効果を示すことが判明した。さらに、ヨウ化メチル CH₃I は低濃度 (5mg/l 以下) でコクゾウムシの卵・幼虫・蛹を完全に殺虫した。また 15kg/cm² 圧において、グラナリアコクゾウムシの蛹に対する従来の炭酸ガス単独処理の殺虫効果が不完全だったのに比較して、ホスフィン (0.1mg/l)、フッ化スルフルル (5mg/l) それぞれ単独、および両者を混合した場合、短時間、低濃度で完全な殺虫効果を示すことが判明した。

[キーワード] 貯蔵害虫、高圧二酸化炭素、ホスフィン、フッ化スルフルル、ヨウ化メチル

1. はじめに

モントリオール議定書に基づいて臭化メチルはオゾン層破壊物質に指定され、先進国は 2005 年までに臭化メチルの使用が全廃されることとなった¹⁾。世界的にみた場合、臭化メチルの農業用途への使用量は土壌が 76%、ついで穀類・木材などが 12%となっている(1996 年)。一方検疫用と出荷前処理用途については規制除外であり、我が国での検疫用臭化メチルの使用量 (1997

年)は、2,030トンで、うち木材が60.6%、穀類が27.9%となっている。しかし、これら検疫用の用途に対しても規制強化に向けて調査が開始された。こうした状況を受けて、検疫に使用される臭化メチル代替技術として、二酸化炭素(通常圧処理)、ホスフィン、二酸化炭素およびホスフィンと他のガスとの混用、低温処理、マイクロウェーブなどの技術が実用化に向けて試験中である¹⁾。

本研究所ではすでに米を加害中のコクゾウムシに対して高圧二酸化炭素による殺虫法を確立している。本法は穀類を耐圧容器に入れて二酸化炭素を高圧に注入し、一定時間経過後に一気に圧を抜くことによって害虫の体内に溶けていた二酸化炭素が気化し、害虫の体を内部から破壊するものである。本研究ではこの高圧二酸化炭素殺虫法を他の貯穀害虫および他の穀類にも応用し、検疫用臭化メチルの代替法としての効果を確認する。さらに、より低圧での殺虫処理を目指して、ホスフィン、フッ化スルフリル、ヨウ化メチルといった二酸化炭素以外のガスの効果を調査し、また検疫対象害虫であるグラナリアコクゾウムシも対象とした。

2. 研究目的

検疫用臭化メチルの代替技術として二酸化炭素を高圧で処理し、貯穀害虫の完全駆除に要する圧力と時間条件を決定すると共に、高圧二酸化炭素処理が穀類の品質におよぼす影響を調査する。

また、より低圧での殺虫処理を目指して、ホスフィン、フッ化スルフリルといった二酸化炭素以外のガスの効果を調査し、またコクゾウムシに加えて検疫対象害虫であるグラナリアコクゾウムシも研究対象とした。さらに、ヨウ化メチルを用いてコクゾウムシに対する殺虫効果を調べた。

3. 研究方法

(1) 高圧二酸化炭素法を用いた殺虫法

①輸入穀類(コムギ、トウモロコシ)で混入頻度が高いコナナガシクイとコクゾウムシを対象に、加害する穀物間で高圧二酸化炭素処理による殺虫効果に差があるかどうかを検討するため、内麦(品種:ホクシン)、外表(品種:ダークノーザンスプリング)およびトウモロコシ(品種:セシリア)に対して、それぞれの卵と幼虫について圧力(15~30kg)と時間(5~60分)の組み合わせを変えて高圧二酸化炭素処理を行い、羽化してきた成虫数を無処理区と比較した。ここでいう高圧二酸化炭素処理とは、気密室内に害虫に加害された穀物を入れ、さらに高圧二酸化炭素を注入し、一定圧で一定時間の処理を行ったのちに一気に圧を抜き、昆虫体内に溶けていた二酸化炭素を気化させ、害虫の体を破壊するものである。なお、圧力の単位に現在はhPa(1kg=980.6hPa)を用いるが、ここでは従来通りkgを用いた。

②一般的に害虫の致死に十分な条件である30kg/cm²×30分でコムギの高圧二酸化炭素処理を行い、品質の変化について調査した。

(2) ホスフィン・フッ化スルフリル・ヨウ化メチルを用いた殺虫法

検疫対象害虫であるグラナリアコクゾウムシ、および輸入穀類(コムギ、トウモロコシ)で混入頻度が高いコクゾウムシの、それぞれ卵、幼虫、蛹に対して以下の処理を行い、殺虫効果を調査した。

①常圧におけるガスの殺虫効果

常圧において、ホスフィン(2mg/l)、フッ化スルフリル(30mg/l)それぞれ単独、および両者を混合した場合の殺虫効果を調査した。処理時間は24および48時間。コクゾウムシは玄米に、またグラナリアコクゾウムシは外麦(品種：ダーク・ノーザン・スプリング)およびトウモロコシ(品種：セシリア)を加害中のものを用いた。また、ヨウ化メチルの複数の濃度(3~15mg/l)におけるコクゾウムシ(卵・幼虫・蛹)への殺虫効果を調べた。それぞれコントロール区での羽化数に対する、処理区での羽化数の比率で比較した。

②15kg/cm²圧におけるガスの殺虫効果

15kg/cm²圧において、ホスフィン(0.1mg/l,1.0mg/l)、フッ化スルフリル(5mg/l,30mg/l)それぞれ単独、および両者を混合した場合の殺虫効果。処理時間は10および30分。コクゾウムシは玄米に、またグラナリアコクゾウムシは外麦(品種：ダーク・ノーザン・スプリング)およびトウモロコシ(品種：セシリア)を加害中のものを用いた。それぞれコントロール区での羽化数に対する、処理区での羽化数の比率で比較した。

4. 結果・考察

(1) 高圧二酸化炭素法を用いた殺虫法

①コナナガシクイ：内麦を加害中の幼虫に対しては30kg×5分の処理で完全に殺すことができた(図1)。外麦、トウモロコシでも同様であったが、特にトウモロコシの場合は15,20,25kgいずれの圧力でも10分の処理で完全に幼虫を殺すことができた。

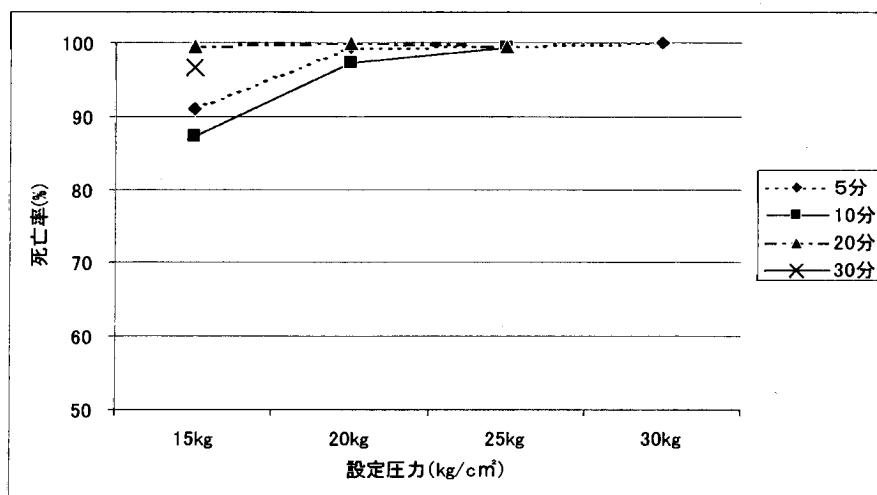


図1 コナナガシクイ幼虫に対する高圧二酸化炭素処理の効果

②コクゾウムシ：内麦に産卵された卵に対しては30kg×5分の処理で完全に殺すことができた。内麦を加害中の幼虫に対しては20kg×10分、25kg×5分、30kg×5分の処理で完全に殺すことができた。米に産卵されたコクゾウ卵に対する高圧二酸化炭素処理では30kg×5分の処理で完全に殺している²⁾。

③処理コムギおよび無処理コムギについて品質の違いを調査したが、内麦、外麦ともにほとんど差は認められず（表1）、これより高圧二酸化炭素処理は小麦の品質には影響を与えないものと判断された。

従来の二酸化炭素を常圧で用いる方法は、コクゾウムシを完全に殺虫するためには10日以上の日数を必要とする。それに比べ、高圧二酸化炭素法は短時間で処理することができ利点が多いが、加圧状態を保つため密閉した装置が必要であり、大量処理をする場合は装置の大型化にむけた工夫をしなければならないだろう。

表1. 高圧二酸化炭素処理がコムギの品質に与える影響

	分析項目	内麦	内麦	外麦	外麦
		CO ₂ 処理	コントロール	CO ₂ 処理	コントロール
原麦	容積重	833	840	813	813
	水分	12.7	12.8	11.5	11.5
	灰分	1.52	1.52	1.63	1.63
	灰分(13.5%ベース)	1.51	1.51	1.59	1.59
	蛋白質	11.3	11.3	13.8	13.9
	蛋白質(13.5%ベース)	11.2	11.2	13.5	13.6
製粉	歩留	72.5	72.5	71.4	72.1
	ストレート粉灰分	0.45	0.45	0.46	0.46
	シリングスコア	85.2	85.2	83.6	84.2
60%粉	水分	13.4	12.5	12.7	12.4
	灰分	0.42	0.42	0.44	0.44
	灰分(13.5%ベース)	0.42	0.42	0.44	0.43
	蛋白質	9.4	9.6	12.8	12.8
	蛋白質(13.5%ベース)	9.4	9.5	12.7	12.6
	C.G.V.	-0.97	-0.92	-2.39	-2.39
	反射率 R46	54.9	55.2	58.9	59.0
	反射率 R55	71.9	72.1	73.3	73.1
	ファリノ：吸水率	49.5	50.6	58.9	59.2
	ファリノ：VV	39	39	63	71
	ファリノ：WK	95	100	25	25
	エキステンソ：A	156	154	199	194
	エキステンソ：R	865	808	913	905
	エキステンソ：E	140	146	174	180
	エキステンソ：R/E	6.2	5.5	5.2	5.0
	アミログラム	700	645	700	715
	アミロース	24.1	24.3	26.6	26.7

(2) ホスフィン・フッ化スルフリル・ヨウ化メチルを用いた殺虫法

①常圧における各種ガスの殺虫効果：グラナリアコクゾウムシおよびコクゾウムシ卵において、ホスフィン(2mg/l)とフッ化スルフリル(30mg/l)の混合ガスは、完全な殺虫効果を示した(図2, 3)。ホスフィンはフッ化スルフリルよりは殺卵効果が高いものの、臭化メチルよりは劣り、時にふ化することもある(図3)が、両者の混合ガスはより高い殺虫効果を示している。コクゾウムシ幼虫に対しては、ホスフィン(2mg/l)、フッ化スルフリル(30mg/l)、および両者の混合ガスは完全な殺虫効果を示した(図4)。ホスフィン、フッ化スルフリル共に、幼虫に対しては同程度の効力があり、両者の混合ガスが効果があったのは当然ともいえる。グラナリアコクゾウムシおよびコクゾウムシ蛹においてはフッ化スルフリルおよびホスフィン・フッ化スルフリル混合ガスはかなりの程度で発生を抑えたが、100%殺虫にはいたらなかった。また、ヨウ化メチルについてはコクゾウムシの発育段階別に次の濃度で実験した。卵と幼虫(3,5,10,15mg/l、24時間・5,10,15mg/l、48時間)、蛹(5,10,15mg/l、24時間・5,10,15mg/l、48時間)。この結果、卵と幼虫は3mg/lで24時間処理、蛹は5mg/lで24時間処理すると完全に殺虫できた。

② 15kg/cm² 圧における各種ガスの殺虫効果：グラナリアコクゾウムシ(外表区、トウモロコシ区)の蛹に対しては従来の炭酸ガス単独処理区と比較して、ホスフィン(0.1mg/l,1.0mg/l)、フッ化スルフリル(5mg/l,30mg/l)それぞれ単独、および両者を混合した場合、いずれも完全な殺虫効果を示した(図5)。

害虫防除に対する臭化メチルの代替として有力な方法が開発されるまでは、ホスフィンが使われていくと考えられるが、既にその抵抗性を持った害虫が出現し始めており問題が生じている。ホスフィン抵抗性の出現を抑えるためにも、他のガスとの混合処理は実用的な方法である。その候補としてフッ化スルフリルが使用可能であることが示された。フッ化スルフリルはアメリカでは木材を加害するシロアリ防除に用いられているが、食品に対する使用は認められていない。今後、日本でも食品に対する使用が検討されるべきだろう。さらに、ヨウ化メチルは低濃度でコクゾウムシを殺虫可能であり代替技術の候補と考えられる。

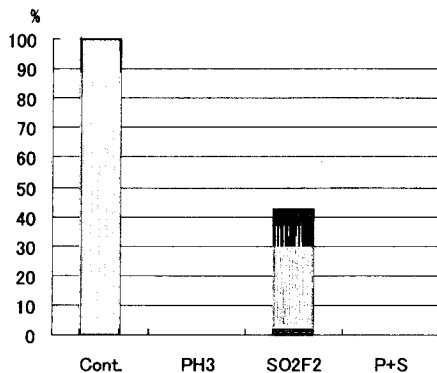


図2. グラナリアコクゾウムシ卵に対するガス処理の殺卵効果(外表、常圧24時間処理)。

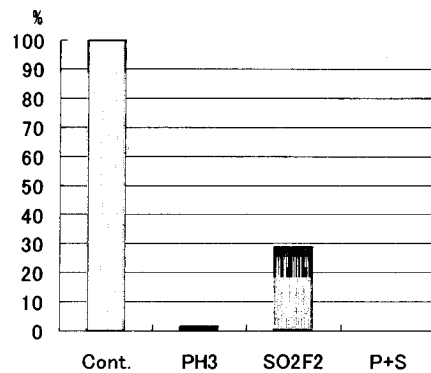


図3. コクゾウムシ卵に対するガス処理の殺卵効果(玄米、常圧24時間処理)。

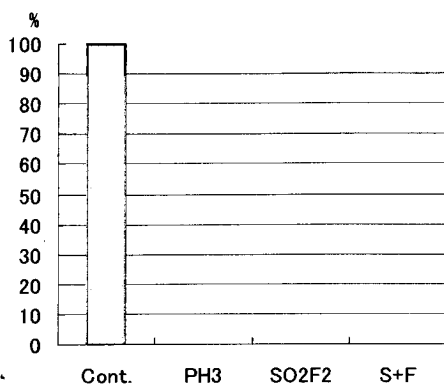


図4.コクゾウムシ幼虫に対するガス処理の殺虫効果(玄米、常圧24時間処理).

注) 図2から4では Cont: コントロール
PH3: ホスフィン 2mg/l、SO2F2: フッ化スルフリル 30mg/l、S+F: ホスフィン 2mg/l + フッ化スルフリル 30mg/l

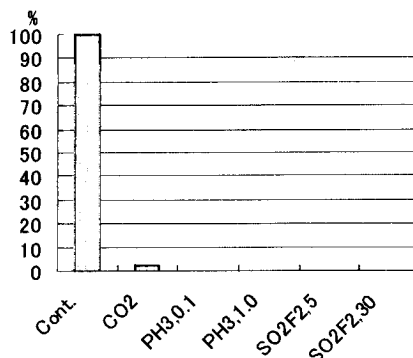


図5. グラナリアコクゾウムシ蛹に対するガス処理の殺虫効果(外麦、15kg圧10分処理).

注) 図5では Cont: コントロール
PH3: ホスフィン 0.1、1.0mg/l
SO2F2: フッ化スルフリル 5、30mg/l

5. 本研究により得られた成果

(1) 高压二酸化炭素法を用いた殺虫法

内麦を加害中のコナナガシクイ幼虫に対しては 30kg × 5 分の処理で完全に殺すことができることが判明した。外麦、トウモロコシでも同様であったが、特にトウモロコシの場合は 15,20,25,30kg いずれの圧力でも 10 分以上の処理で完全に幼虫を殺すことができた。コクゾウでは内麦に産卵された卵に対しては 30kg × 5 分の処理で完全に殺すことができた。また、内麦を加害中のコクゾウ幼虫に対しては 20kg × 10 分、25kg × 5 分、30kg × 5 分の処理で完全に殺すことができた。また、処理コムギおよび無処理コムギについて品質の違いを調査したが、内麦、外麦ともにほとんど差は認められず、これより高压二酸化炭素処理は小麦の品質には影響を与えないものと判断された。

(2) ホスフィン・フッ化スルフリル・ヨウ化メチルを用いた殺虫法

常圧においてはグラナリアコクゾウムシおよびコクゾウムシ卵に対して、ホスフィン(2mg/l) とフッ化スルフリル(30mg/l) の混合ガスは、完全な殺虫効果を示し、コクゾウムシ幼虫に対しても、ホスフィン(2mg/l)、フッ化スルフリル(30mg/l)、および両者の混合ガスも完全な殺虫効果を示した。また 15kg/cm² 圧においてはグラナリアコクゾウムシの蛹に対して従来の炭酸ガス単独処理区と比較して、ホスフィン(0.1mg/l,1.0mg/l)、フッ化スルフリル(5mg/l,30mg/l)それぞれ単独、および両者を混合した場合、いずれも完全な殺虫効果を示した。また、ヨウ化メチルは低濃度(5mg/l 以下)でコクゾウムシの卵・幼虫・蛹を完全に殺虫した。常圧での殺虫処理は施設にコストがかからず簡便であり、また 15kg/cm² 圧では短時間での処理が可能である。

[国際共同研究等の状況]

なし

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表 (学術誌・書籍)

①高橋敬一、宗田奈保子、内藤成弘、池長裕史、中北宏、岡留博司、豊島英親、大坪研一：
食品総合研究所研究報告、65, 33-37 (2001)

「高圧二酸化炭素処理が玄米の発芽率および食味におよぼす影響」

(2) 口頭発表

①高橋敬一：第10回日本環境動物昆虫学会セミナー (2000)

「貯蔵食品害虫の新しい防除法」

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

①池長裕史・中北宏

高圧炭酸ガスによる貯穀害虫の駆除 共同通信、各地方紙 (共同通信社 1999年6月19日発信)

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

なし