

庫外投薬機を用いた穀類害虫のリン化水素くん蒸基準の検討

町田真生¹⁾・相馬幸博

¹⁾ 日本くん蒸技術協会、横浜植物防疫所成田支所

Phosphine Fumigation Standards for Stored Grain Insects Using a Phosphine Generator. Michio MACHIDA¹⁾ and Yukihiro SOMA (¹⁾Research Laboratory, Japan Fumigation Technology Association, Tokyo, 110-0016 Japan; Narita Substation, Yokohama Plant Protection Station, Narita, 282-0004 Japan). *Res. Bull. Pl. Pro. Japan* **47**: 11-18 (2011).

Abstract: To establish phosphine fumigation standards using a phosphine generator, susceptibility tests and large-scale mortality tests were conducted on each stage of five species of stored grain insects (*Sitophilus zeamais*, *Tribolium confusum*, *Plodia interpunctella*, *Cryptolestes turcicus*, and *Callosobruchus chinensis*) under conditions of different doses, temperatures, exposure time, and wheat loading. Phosphine evolved from aluminum phosphide tablets in a phosphine generator was used for the test. The results showed that all stages of the insects except *Sitophilus zeamais* were completely killed at 1.0 g/m³ for 48 hours and at 0.5 g/m³ for 72 hours at 25°C, at 1.5 g/m³ for 48 hours and at 1.0 g/m³ for 72 hours at 15°C, and at 1.5 g/m³ for 72 hours at 10°C, respectively. Phosphine fumigation by a phosphine generator would be a useful alternative method for stored grains in silos and warehouses with its extremely shorter exposure time, no mixing of the aluminum hydroxide debris into the commodity, safer application method for fumigation operators.

Key words: phosphine, fumigation, susceptibility, mortality, phosphine generator

緒 言

臭化メチルは、検疫くん蒸や土壌くん蒸に多く使用されていたが、モントリオール議定書でオゾン層破壊物質に指定され、検疫用途、不可欠用途及び発展途上国での使用を除き生産が規制されている。検疫用途で使用される臭化メチルについては、現在のところ規制から除外されているものの、国際的に使用量の削減が求められており、臭化メチル代替剤の開発は急務となっている。

穀類害虫の臭化メチル代替剤として最も有望視されているくん蒸剤はリン化アルミニウム剤であるが、錠剤又は粉剤を直接倉庫内に配置又はサイロ内に投入するため、殺虫成分であるリン化水素の発生に3～7日間を要し（楯谷ら、1974）、臭化メチルくん蒸に比較してくん蒸時間が長い欠点を有している。また、分解残渣が穀類中に混入するなどの問題も抱えている。

一方、リン化水素は、液化二酸化炭素と混合してボンベに充填することができ、短時間でガスを投薬する方法が開発されている（川上ら、1996）が、我が国では、高圧ガス保安法により特定高圧ガスに指定され、使用施設、設備の二重構造化などの制限により、その利用が困難となっている。

このような状況下において、リン化アルミニウム工業会は、温水にリン化アルミニウム剤を投薬して短時間でリン化水素を発生させ、二酸化炭素や窒素等の不活性ガスを用いて庫内に投薬する装置（以下、「庫外投薬機」）を開発した。この投薬機を使用することによりくん蒸時間を大幅

に短縮でき、また、リン化アルミニウム剤残渣が穀類中に混入することを防止でき、効率的な薬剤の分解により薬量の削減も可能である。

本試験は、穀類害虫を対象にリン化水素感受性を調査し、庫外投薬機を用いたくん蒸方法により完全殺虫が得られるくん蒸条件を調査するとともに、本くん蒸方法を臭化メチル代替法として検疫に導入することを目的に実施した。

材料及び方法

1. 供試虫

次の穀類害虫5種の各態を供試した。

コクゾウムシ *Sitophilus zeamais* Motschulsky：小麦粒を飼料として27°C、70%R.H.で飼育し、卵は2日齢卵を、幼虫は産卵後10～12日経過したものを、蛹は産卵後23～25日経過（小麦粒を切開し80%前後が蛹化）したものを、成虫は羽化後7日経過したものをを用いた。

ヒラタコクヌストモドキ *Tribolium confusum* Jacquelin du Val：小麦全粒粉を飼料とし、27°C、70%R.H.で飼育を行い、卵は2日齢卵を、幼虫は6～7齢を、蛹は蛹化後2～4日経過したものを、成虫は羽化後7日経過したものをを用いた。

アズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus)：小豆粒を飼料として25°C、70%R.H.で飼育を行い、卵は2日齢卵を、幼虫は産卵後13～15日経過したものを、蛹は産卵後21～23日経過（小豆粒を切開し、80%前後が蛹化）したものを、成虫は羽化後2日経過したものをを用いた。

ノシメダラメイガ *Plodia interpunctella* (Hübner) : 小麦粗粒粉にグリセリン (20%) 及び乾燥酵母 (10%) を加えたものを飼料として、25℃、70% R.H. で飼育し、卵は 2 日齢卵を、幼虫は産卵後 20 日経過したものを、蛹は蛹化後 2～3 日経過したものを、成虫は羽化後 2～3 日経過したものをを用いた。

トルコカクムネヒラタムシ *Cryptolestes turcicus* (Grouvelle) : 小麦全粒粉と乾燥酵母を飼料とし、27℃、70% R.H. で飼育を行い、卵は 1～3 日齢卵を、幼虫は産卵後約 14 日経過したものを、蛹は蛹化後 2～4 日経過したものを、成虫は羽化後約 5 日経過したものをを用いた。

2. くん蒸方法

感受性試験

リン化水素 0.5、1.0、1.5、2.0 及び 3.0 g/m³ を投薬して 5、15 及び 25℃ で 48 及び 72 時間くん蒸した。ただし、トルコカクムネヒラタムシについては、十分な供試虫が確保できなかったため、10℃ での感受性を調査し、温度別の殺虫効果は完全殺虫確認試験 (収容比 0.05 t/m³) と合わせて実施した。

供試虫 (反復試験当たり 100～500 卵・頭) は、少量の餌とともに金網付きプラスチック容器 (20×55×25 mm) に入れて、くん蒸温度に 24 時間馴化させた後、4 l のガラス製くん蒸ビン (ガス投薬孔及び攪拌装置付き) に収容した。リン化水素は、約 9 kg/cm² の低圧でボンベに調整 (10% v/v、窒素封入) したものをを用い、専用の圧力調整器及びコネクターを介して注射器で所定量を採取し、投薬した。

くん蒸後は排気装置を使用して 1 時間排気した。

試験は 3 回反復した。

完全殺虫確認試験

感受性試験で感受性の低かった種類の態を用い、小麦を 0.3 t/m³ (通常くん蒸の最大収容量) 及び 0.05 t/m³ (通常くん蒸の最小収容量) 収容し、リン化アルミニウム小型錠剤をリン化水素換算で 0.5～3.0 g/m³ 投薬して 5、15 及び 25℃ で 48 及び 72 時間くん蒸した。

供試虫 (反復試験当たり 100～500 卵・頭) は、少量の餌とともに金網付きプラスチック容器 (20×55×25 mm) に入れて、小麦 30 kg 入り PP 袋の中央部に挿入し、内容積 1 m³ (1×1×1 m) の鉄製くん蒸箱 (温度調節機、攪拌装置付き) の上 (上面から 30～40 cm)、中 (中央) 及び下 (底面から 15 cm) の 3 か所に配置し、くん蒸温度に 24 時間馴化させた。

投薬は、温水を入れたフラスコ内にリン化アルミニウム小型錠剤を投薬してリン化水素を発生させ、炭酸ガスとともにくん蒸箱に送り込む方法 (庫外投薬器と同様な投薬方法) で行った。投薬には約 30 分を要した。

くん蒸後、排気装置を使用して 1 時間排気した。

試験は 3 回反復した。

3. ガス濃度及び温度の測定

ガス濃度は、48 時間くん蒸については、投薬 30 分後及び 48 時間後に、72 時間くん蒸については投薬 30 分後、24 時間後、48 時間後及び 72 時間後にガスクロマトグラフ (TCD: GC-14A、島津) で測定し、次式により CT 値及び CT 効率 (薬量・時間積に対する CT 値の割合) を算出した。

CT 値 (mg・h/ℓ)

$$48 \text{ 時間くん蒸} : 12C_{0.5} + 24C_{24} + 12C_{48} \\ (\text{Cx: x 時間後のガス濃度})$$

$$72 \text{ 時間くん蒸} : 12C_{0.5} + 24C_{24} + 24C_{48} + 12C_{72} \\ (\text{Cx: x 時間後のガス濃度})$$

CT 効率 (%) : $100 \times \text{CT 値} / (\text{薬量} \times \text{くん蒸時間})$

くん蒸中の温度は自動温度記録計で測定した。

4. 殺虫効果の確認

くん蒸区及び対照区供試虫は、殺虫効果の調査まで飼育条件下の 25～27℃、70% R.H. に保管した。

殺虫効果は、コクゾウムシ及びアズキゾウムシの卵、幼虫及び蛹は羽化の有無で、ヒラタコクヌストモドキ、ノシメダラメイガ及びトルコカクムネヒラタムシの卵、蛹は孵化又は羽化の有無で判定し、供試虫数は対照区の生存虫数から推定した。コクゾウムシ及びアズキゾウムシの成虫及びヒラタコクヌストモドキ、ノシメダラメイガ、トルコカクムネヒラタムシの幼虫、成虫は、実体顕微鏡下で動きの有無を確認した上で生死を判定し、死虫数及び生虫数から殺虫率を計算した。

結果及び考察

1. 感受性試験

ガス濃度、CT 値及び CT 効率

リン化水素 0.5、1.0、1.5 及び 2.0 g/m³ を投薬し、15℃ で 72 時間くん蒸したときのリン化水素濃度の経時変化を Fig. 1 に示した。各薬量区において、投薬直後は投薬量に近い濃度であったが、その後はわずかに低下しただけで、48 時間以降はほとんど低下しなかった。

リン化水素 0.5、1.0、1.5、2.0 及び 3.0 g/m³ 投薬し、15℃ で 48 及び 72 時間くん蒸したときの薬量別の CT 値及び CT 効率を Table 1 に示した。CT 効率は、薬量・時間の積に対する実際の CT 値の割合で、CT 効率が 100% 以上の場合、くん蒸中のガス濃度平均値が投薬量 (濃度) よりも高いことを示し、100% よりも低くなるほどくん蒸中のガス濃度低下が著しいことを示すものである。

CT 効率は 48 時間くん蒸で平均 92%、72 時間くん蒸で平均 93% で、くん蒸後平均 90% 以上の高いガス濃度を維持したことになる。また、48 時間くん蒸と 72 時間くん蒸に差がなかったことから、くん蒸後 48 時間以後はほとんどガス濃度が低下しなかったことを示している。

殺虫効果

リン化水素 0.5、1.0、1.5、2.0 及び 3.0 g/m³ を投薬し、5、15 及び 25℃ (ただし、トルコカクムネヒラタムシは、供試

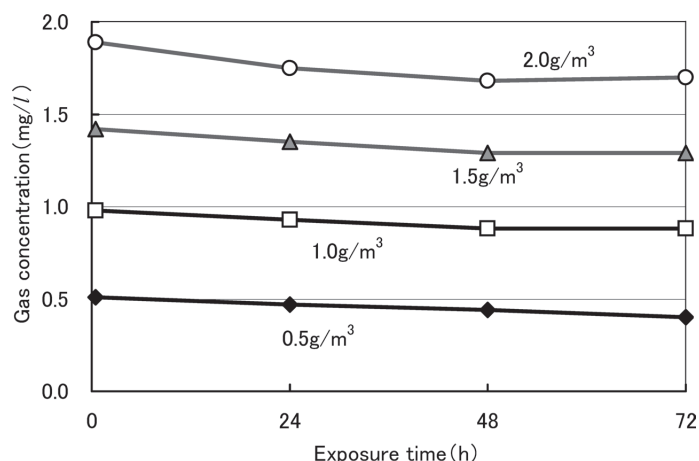


Fig. 1. Progressive gas concentrations for stored grain insects fumigated with phosphine at 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 g/m³ at 15°C for 72 hours in a 4 ℓ glass box. Phosphine singly packed in a cylinder was used for the test.

Table 1. CT product and CT validity for stored grain insects fumigated with phosphine¹⁾ at 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 3.0 g/m³ at 15°C for 48 and 72 hours in a 4 ℓ glass box.

Dose (g/m ³)	48 h		72 h	
	CTproduct ²⁾ (mg · h/ℓ)	CTvalidity ⁴⁾ (%)	CTproduct ³⁾ (mg · h/ℓ)	CTvalidity ⁴⁾ (%)
0.5	22.8	95.0	32.8	91.1
1.0	44.6	92.9	67.0	93.1
1.5	65.0	90.3	98.3	91.0
2.0	85.7	89.3	135.0	93.8
3.0	135.4	94.0	203.8	94.4
Average	–	92.3 ± 2.4	–	92.7 ± 1.6

¹⁾ Phosphine singly packed in a cylinder was used for the test.

²⁾ $12C_{0.5} + 24C_{24} + 12C_{48}$ (Cx: gas concentration after x hours).

³⁾ $12C_{0.5} + 24C_{24} + 24C_{48} + 12C_{72}$ (Cx: gas concentration after x hours).

⁴⁾ $100 \times \text{CTproduct} / (\text{dose} \times \text{fumigation time})$.

虫数の不足により10℃のみで実施)で、48及び72時間くん蒸したときの5種害虫の態別殺虫率(3反復の平均値)は、Table 2のとおりである。

各くん蒸区において、コクゾウムシの成虫、ヒラタコクヌストモドキ及びノシメマダラメイガの幼虫、蛹及び成虫、アズキゾウム及びトルコカクムネヒラタムシの卵、幼虫及び成虫はそれぞれ100%殺虫された。

コクゾウムシの蛹は、25℃・2 g/m³・72時間で完全殺虫されたものの、15℃以下では3 g/m³・72時間でも完全殺虫されなかった。森・川本(1966)は、リン化アルミニウム剤くん蒸に対してコクゾウムシ類の蛹は感受性が低く、25℃・2 g/m³・120時間でも完全殺虫されない場合があることを報告しており、本試験でも同様な結果を示し、リン化水素くん蒸によるコクゾウムシの完全殺虫条件を設定することは困難と考える。

ヒラタコクヌストモドキは卵の感受性が最も低かったが、25℃では1.0 g/m³・48時間及び0.5 g/m³・72時間で、15℃では1.5 g/m³・48時間及び1.0 g/m³・72時間で、5℃では3.0 g/m³・48時間及び1.5 g/m³・72時間で完全殺虫された。

アズキゾウムシは蛹の感受性が最も低かったが、25℃及び15℃では0.5 g/m³・48時間で完全殺虫された。5℃では2.0 g/m³・48時間及び1.5 g/m³・72時間で完全殺虫された。

ノシメマダラメイガは卵の感受性が最も低かったが、25℃では1.0 g/m³・48時間及び0.5 g/m³・72時間で、15℃では1.5 g/m³・48時間及び0.5 g/m³・72時間で、5℃では2.0 g/m³・48時間及び1.5 g/m³・72時間で完全殺虫された。

トルコカクムネヒラタムシは10℃のみで実施した。蛹の感受性が最も低く、10℃・1.5 g/m³・72時間では完全殺虫されたが、48時間くん蒸では3.0 g/m³でも完全殺虫さ

Table 2. Mortality data for each stage of five species of stored grain insects fumigated with phosphine¹⁾ at 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 3.0 g/m³ for 48 and 72 hours in a 4 ℓ glass box.

Species	Stage ²⁾	Temp. (°C)	Time (h)	Mortality (%) ³⁾				
				0.5 g/m ³	1.0 g/m ³	1.5 g/m ³	2.0 g/m ³	3.0 g/m ³
<i>Sitophilus zeamais</i>	egg	25	48	99.8	100	100	100	100
			72	100	100	100	100	100
		15	48	91.8	97.7	99.7	100	100
			72	96.0	99.6	100	100	100
		5	48	14.6	31.3	86.8	90.1	95.0
			72	66.8	93.7	100	100	100
	larva	25	48	100	100	100	100	100
			72	–	100	100	100	100
		15	48	98.7	100	100	100	100
			72	100	100	100	100	100
		5	48	99.1	99.5	99.5	100	100
			72	100	100	100	100	100
	pupa	25	48	94.5	98.6	99.6	98.9	99.7
			72	98.1	99.5	99.8	100	100
		15	48	85.9	89.6	90.5	93.4	92.1
			72	84.1	89.6	94.0	92.5	94.3
		5	48	52.2	70.1	64.5	61.2	66.7
			72	52.6	65.2	82.6	79.9	81.5
<i>Tribolium confusum</i>	egg	25	48	98.8	100	100	100	100
			72	100	100	100	100	100
		15	48	82.6	98.5	100	100	100
			72	92.2	100	100	100	100
		5	48	83.2	93.5	97.2	98.8	100
			72	98.9	96.9	100	100	100
<i>Callosobruchus chinensis</i>	pupa	25	48	100	100	100	100	100
			72	100	100	100	100	100
		15	48	100	100	100	100	100
			72	100	100	100	100	100
		5	48	95.3	96.9	99.8	100	100
			72	99.0	99.2	100	100	100
<i>Plodia interpunctella</i>	egg	25	48	99.2	100	100	100	100
			72	100	100	100	100	100
		15	48	94.8	98.5	100	100	100
			72	100	100	100	100	100
		5	48	96.0	97.8	99.1	100	100
			72	95.8	94.9	100	100	100
<i>Cryptolestes turcicus</i>	pupa	10	48	92.5	95.7	95.7	94.6	94.6
			72	96.1	99.0	100	100	100

¹⁾ Phosphine singly packed in a cylinder was used for the test.²⁾ A 100% mortality was confirmed on *S. zeamais* (adult), *T. confusum*, *P. interpunctella* (adult, pupa, and larva), *C. chinensis*, and *C. turcicus* (egg, larva, and adult), respectively, in all fumigation in all fumigation lots.³⁾ Mean values in three tests with 100–500 insects.

れなかった。

以上の調査結果から、コクゾウムシを除く他の4種の各態の殺虫データに基づき、次のくん蒸条件を設定し、完全殺虫確認試験に適用することとした。

25℃：リン化水素1.0 g/m³・48時間及び0.5 g/m³・72時間くん蒸

15℃：リン化水素1.5 g/m³・48時間及び1.0 g/m³・72時間くん蒸

5℃：リン化水素3.0 g/m³・48時間及び1.5 g/m³・72時間くん蒸

間くん蒸

2. 完全殺虫確認試験

ガス濃度、CT値及びCT効率

小麦を0.3 t/m³及び0.05 t/m³収容し、リン化水素0.5 g/m³・25℃・72時間及び1.5 g/m³・15℃・48時間くん蒸したときのリン化水素濃度の経時変化をFig. 2に、また、5℃～25℃でくん蒸したときの薬量別、収容比別のCT値及びCT効率をTable 3に示した。

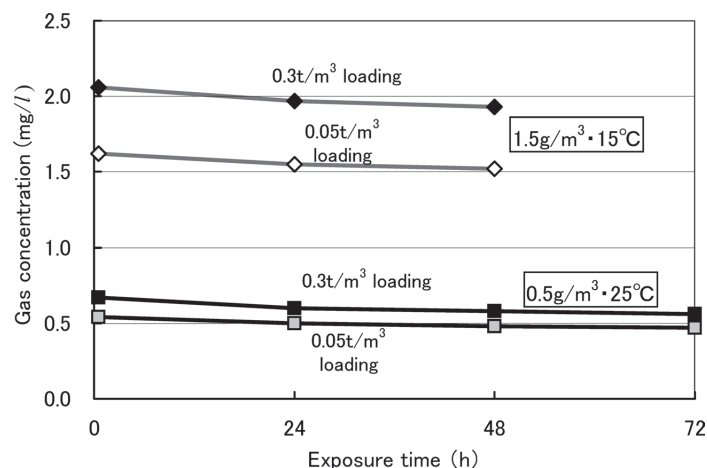


Fig. 2. Progressive gas concentrations for wheat fumigated with phosphine at 0.5 and 1.5 g/m³ for 48 hours (15°C) and 72 hours (25°C) with 0.05 and 0.3 t/m³ loading in a 1 m³ stainless steel fumigation box. Phosphine evolved from aluminum phosphide tablets in a phosphine generator was used for the test.

Table 3. CT product and CT validity for stored grain insects fumigated with phosphine¹⁾ at 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 3.0 g/m³ at 5–25°C for 48 and 72 hours with 0.3 and 0.05 t/m³ of wheat loading in a 1 m³ stainless steel box.

Load factor (t/m ³)	Dose (g/m ³)	48 h		72 h	
		CTproduct ²⁾ (mg · h/ℓ)	CTvalidity ⁴⁾ (%)	CTproduct ³⁾ (mg · h/ℓ)	CTvalidity ⁴⁾ (%)
0.3	0.5	–	–	44.3	123.1
	1.0	62.6	130.4	76.7	106.5
	1.5	95.8	133.1	123.8	114.6
	2.0	137.3	143.0	170.6	118.5
	3.0	189.8	131.8	–	–
	Average	–	134.6 ± 5.7	–	115.7 ± 7.0
0.05	0.5	–	–	36.4	101.0
	1.0	52.6	109.5	79.9	111.0
	1.5	75.4	104.7	–	–
	Average	–	107.1 ± 3.4	–	106.0 ± 7.1

¹⁾ Phosphine evolved from aluminum phosphide tablets in a phosphine generator was used for the test.

²⁾ $12C_{0.5} + 24C_{24} + 12C_{48}$ (Cx: gas concentration after x hours).

³⁾ $12C_{0.5} + 24C_{24} + 24C_{48} + 12C_{72}$ (Cx: gas concentration after x hours).

⁴⁾ $100 \times \text{CTproduct} / (\text{dose} \times \text{fumigation time})$.

Table 4. Mortality data for the most tolerant stage of three species of stored grain insects fumigated with phosphine* at 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 3.0 g/m³ at 5, 15, and 25°C for 48 and 72 hours with 0.3 t/m³ of wheat loading in a 1 m³ stainless steel box.

Species	Stage	Temp. (°C)	Time (h)	No. of insects	Mortality (%)				
					0.5 g/m ³	1.0 g/m ³	1.5 g/m ³	2.0 g/m ³	3.0 g/m ³
<i>Tribolium confusum</i>	Egg	25	48	1,804	–	100	100	–	–
			72	2,017	100	100	–	–	–
		15	48	1,562	–	–	100	100	–
			72	1,676	–	100	100	–	–
		5	48	661	–	–	–	–	100
			72	1,492	–	–	100	100	–
<i>Callosobruchus chinensis</i>	Pupa	25	48	2,055	–	100	100	–	–
			72	937	100	100	–	–	–
		15	48	1,393	–	–	100	100	–
			72	1,718	–	100	100	–	–
		5	48	745	–	–	–	–	100
			72	1,701	–	–	100	100	–
<i>Plodia interpunctella</i>	Egg	25	48	1,351	–	100	100	–	–
			72	1,556	100	100	–	–	–
		15	48	1,336	–	–	100	100	–
			72	1,367	–	100	100	–	–
		5	48	612	–	–	–	–	96.7
			72	1,493	–	–	100	100	–

* Phosphine evolved from aluminum phosphide tablets in a phosphine generator was used for the test.

ガス濃度は、2薬量区及び2収容比区ともに、投薬直後では投薬量よりも高く、その後はやや低下したもののくん蒸終了時まで高い濃度で推移した。また、収容比が高いほど高い濃度で推移した。

CT効率は、48時間くん蒸の収容比0.3t/m³では平均134.5%で、収容比0.05t/m³の平均107.1%よりも25.7%高かった。72時間くん蒸の収容比0.3t/m³では平均115.7%で、収容比0.05t/m³の平均106.0%よりも9.2%高く、48時間くん蒸に比べてCT効率の差が小さかった。

これらの結果は、小麦を収容することにより、また、その収容比が高いほどガス濃度が高く推移し、CT値が高くなることを示している。これは、リン化水素はくん蒸物に対する収着性が極めて小さいこと、貨物の収容比が高くなることでガス濃度が高くなり、殺虫効果に対しプラス要因となることを示しており、森ら（1966）及び相馬ら（1996）の報告と一致した。

殺虫効果

小麦を0.3t/m³収容し、リン化水素0.5～3.0g/m³を投薬して5、15及び25°Cで48及び72時間くん蒸したときの殺虫効果はTable 4のとおりである。供試虫は、3種害虫の各態で最も感受性が低い態（ヒラタコクヌストモドキの卵、アズキゾウムシの蛹及びノシメマダラメイガの卵）を

用いた。

5°C、3g/m³、48時間の条件でノシメマダラメイガの卵が生存した以外は、いずれの区も完全殺虫された。リン化水素による殺虫効果は、一般的に薬量よりも時間の比重が高いといわれていることから、ノシメマダラメイガの卵が生存したことは低温・短時間くん蒸の条件下における効果の限界であることが考えられる。

小麦を0.05t/m³収容し、リン化水素0.5～3.0g/m³を投薬して5、15及び25°Cで48及び72時間くん蒸したときの殺虫効果はTable 5のとおりである。供試虫は、3種害虫の各態で最も感受性が低い態（ヒラタコクヌストモドキ及びノシメマダラメイガの卵及びトルコカクムネヒラタムシの蛹）を用いた。トルコカクムネヒラタムシについては、感受性試験において温度別に調査ができなかったため、卵、幼虫及び成虫についても試験を実施した。また、アズキゾウムシの蛹は、ヒラタコクヌストモドキの卵よりも感受性が高かったため試験から除外した。

5°Cにおける3g/m³、48時間及び1.5g/m³、72時間の条件でトルコカクムネヒラタムシの蛹が生存した以外は、いずれの区も完全殺虫された。トルコカクムネヒラタムシの蛹は、感受性試験の10°C・1.5g/m³・72時間の条件で完全殺虫されていることから、ノシメマダラメイガの卵と同様

Table 5. Mortality data for the most tolerant stage of three species of stored grain insects fumigated with phosphine¹⁾ at 0.5, 1.0, 1.5, and 3.0 g/m³ at 5, 15, and 25°C for 48 and 72 hours with 0.05 t/m³ of wheat loading in a 1 m³ stainless steel box.

Species	Stage	Temp. (°C)	Time (h)	No. of insects	Mortality (%)			
					0.5 g/m ³	1.0 g/m ³	1.5 g/m ³	3.0 g/m ³
<i>Tribolium confusum</i>	egg	25	48	1,081	-	100	-	-
			72	1,032	100	-	-	-
		15	48	767	-	-	100	-
			72	674	-	100	-	-
		5	48	352	-	-	-	100
			72	436	-	-	100	-
<i>Plodia interpunctella</i>	egg	25	48	506	-	100	-	-
			72	455	100	-	-	-
		15	48	462	-	-	100	-
			72	480	-	100	-	-
		5	48	82	-	-	-	100
			72	210	-	-	100	-
<i>Cryptolestes turcicus</i> ²⁾	egg, larva, adult	25	48	653	100	-	-	-
			72	1,200	100	-	-	-
		15	48	1,696	-	-	100	-
			72	2,109	-	100	-	-
		5	48	863	-	-	-	100
			72	1,417	-	-	100	-
	pupa	25	48	118	-	100	-	-
			72	74	100	-	-	-
		15	48	292	-	-	100	-
			72	389	-	100	-	-
		5	48	205	-	-	-	95.1
			72	508	-	-	97.8	-

¹⁾ Phosphine evolved from aluminum phosphide tablets in a phosphine generator was used for the test.

²⁾ All stages were used for the test because there was no susceptibility data in the basic test.

に5°Cのような低温下では感受性が低いものと考える。

以上、15°C及び25°Cでは感受性試験と同様の結果が得られたが、5°C・3.0 g/m³・48時間くん蒸ではノシメマダラメイガの卵及びトルコカクムネヒラタムシの蛹が、5°C・1.5 g/m³・72時間くん蒸ではトルコカクムネヒラタムシの蛹がそれぞれ完全殺虫されなかった。

3. 庫外投薬機を用いた穀類害虫のリン化水素くん蒸基準

以上から、殺虫効果が得られにくい収容比0.05 t/m³の完全殺虫確認試験のデータ等に基づき、リン化アルミニウム剤庫外投薬機を用いた穀類害虫に対するリン化水素くん蒸基準を作成するとTable 6のとおりである。

コクゾウムシの蛹はリン化水素に対して特異的に感受性が低いことから、本くん蒸基準の対象害虫から除外した。く

ん蒸温度が10°C以上の場合は、コクゾウムシを除く害虫の感受性試験及び完全殺虫確認試験の結果をそのまま反映させた。くん蒸温度が5°Cの場合は、トルコカクムネヒラタムシが1.5 g/m³・72時間の条件で完全殺虫されなかったことから、基準から除外した。また、トルコカクムネヒラタムシ以外の害虫に対しても低温では感受性が低いことが考えられることから、安全性を考慮して薬量を2.0 g/m³に増加した。

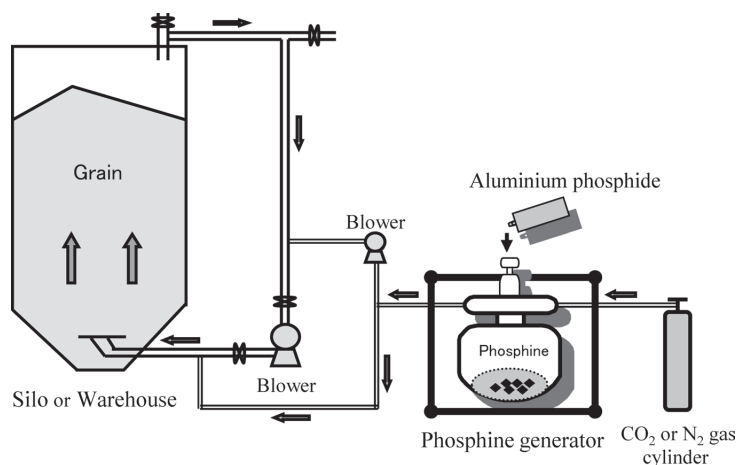
検査くん蒸では、気密性の高い倉庫やサイロが使用され、サイロでは通常0.5 t/m³以上で穀物が収容される。したがって、くん蒸中は常に高い濃度が維持されるため、本基準により穀類害虫の完全殺虫が可能であると考えられる。

リン化アルミニウム剤庫外投薬機は、既に2種類の実用機が開発（KDC、2003；帝人化成（現池田興業）、2004）

Table 6. Phosphine fumigation standards for stored grains.

Commodities and insects	Temperature (°C)	Exposure time (h)	Dosage (g/m ³)	Remarks
Wheat, maize, etc. infected with stored grain insects (except for <i>Sitophilus</i> spp.)	25 or above	72	0.5	・ Warehouse and silo classified as Superior and A are used for fumigation. ・ Phosphine evolved from aluminum phosphide tablets is dosed using a phosphine generator.
		48	1.0	
	15-24.9	72	1.0	
		48	1.5	
	10-14.9	72	1.5	
	5-9.9 ¹⁾	72	2.0	

¹⁾ Not applicable to *Cryptolestes turcicus*.

**Fig. 3.** Diagram of stored grain fumigation with phosphine by a phosphine generator.

されている。この投薬機を使用したサイロくん蒸方法は Fig. 3のとおりで、リン化アルミニウム剤から発生したリン化水素を、炭酸ガス又は窒素とともに施設内へ送り込み、次いで、既設の循環装置を稼働させてガスを均一化するくん蒸する方法であり、倉庫くん蒸も同様の方法が可能である。この庫外投薬機を使用し、提案したくん蒸基準を用いることで、現在実施しているリン化アルミニウム剤くん蒸に比較して、くん蒸時間を1/2～1/3に短縮することが可能である。また、薬量、投薬時間も大幅に縮減させることができ、分解残渣が穀物に混入しないこと、投薬作業者がリン化水素ガスに暴露しないことのメリットもある。

今後、検疫への導入に向けて大型サイロや倉庫を使用した実用規模の試験を実施し、作成されたくん蒸基準で穀類害虫が完全殺虫されることを確認する必要がある。

引用文献

- 株式会社ケー・ディー・コンサルタンツ (2003) 庫外投薬機を用いたリン化アルミニウムくん蒸について。日くん協だより **74**: 11-14.
- KAWAKAMI, F., Y. SOMA, T. TSUTSUMI, T. SATO, T. YUGE, M. YAMAMOTO, H. KOMATSU and T. INOUE (1996) Disinfestation of pests on cut flowers with mixture gas of methyl bromide phosphine and carbon dioxide. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **32**: 39-46.
- 森 武雄・川本 登 (1966) 燐化アルミニウム剤の性状と効果に関する研究。植防研報 **3**: 24-35.
- 相馬幸博・岸野秀昭・赤川敏幸 (1996) 穀類、豆類くん蒸におけるリン化水素の収着性。植防研報 **32**: 47-50.
- 楯谷昭夫・佐伯 聡・川本 登 (1974) リン化アルミニウム剤の分解におよぼす温湿度の影響。植防研報 **12**: 28-30.
- 帝人化成株式会社 (2004) 庫外投薬機を用いたリン化アルミニウム剤の投薬試験。日くん協だより **75**: 10-12.