

## 貯穀害虫の臭化メチル感受性に関する研究

### 1. ヒラタコクヌストモドキ, コクゾウの臭化メチル感受性 に関するくん蒸温度及びくん蒸時間の影響

秋 山 博 志・佃 由美子  
安 友 純・川 本 登

横浜植物防疫所調査研究部調査課

The tolerance to methyl bromide of stored product insects.

1. The effects of temperature and exposure periods in tests with methyl bromide on *Tribolium confusum* JACQUELIN DU VAL and *Sitophilus zeamais* MOTSHULSKY. HIROSHI AKIYAMA, Yumiko TSUKUDA, Jun YASUTOMO and Noboru KAWAMOTO (Research Division, Yokohama Plant Protection Station) Res. Bull. Pl. Prot. Japan 16: 77-84 (1979).

**Abstract:** Laboratory tests based on recommended FAO Methods No. 16 (1975) were conducted to determine the tolerance of the adults and pupae of *Tribolium confusum* and *Sitophilus zeamais* to methyl bromide at various temperatures (5-30°C) and exposure periods (5, 24 and 48 hours). Methyl bromide gas injected into the 6-liter glass jar. The gas concentrations present were measured using a gas chromatograph. Mortality counts were made after a post-exposure interval of two weeks. The Results indicated that the concentration-time product (CT product) required for 99% mortality decreased with an increased exposure period at 5°C, whereas it increased with an increased exposure period at 25°C and it was constant in any exposure period at 15°C in the adults and the pupae of the two species tested. In temperatures ranging from 5°C to 30°C, the greatest susceptibility was shown by *S. zeamais* adults at 15°C when the exposure period was 24 and 48 hours respectively. The tolerance of *S. zeamais* pupae was greater than that of *T. confusum* pupae at 5°C.

### ま え が き

これまで行われている多くの昆虫の臭化メチル感受性に関する研究によれば、昆虫の種類により感受性が異なることが指適されている。しかしこれらの報告を比較してみると同一種、態を用いても研究者により結果は必ずしも一致していない。この原因は昆虫のくん蒸剤に対する感受性が昆虫そのものの生理的要因(系統、性、態、令、栄養状態、休眠)、くん蒸条件(くん蒸装置、温湿度、圧力、くん蒸中のガス濃度の変化)、及びくん蒸後の取扱法(保管温湿度、殺虫効果の判定法)等に影響されるためである。また一部の研究によれば、長時間(24~48時間)くん蒸と短時間(2~16時間)では感受性が異なることが明らかにされているが長時間くん蒸における感受性の研究は少ない一方、植物検疫で穀類くん蒸に主として使用されている臭化メチルの薬量は、臭化メチルに対する感受性が低いと言われているヒラタコクヌストモドキの短時間くん蒸における致死濃度を基準にして

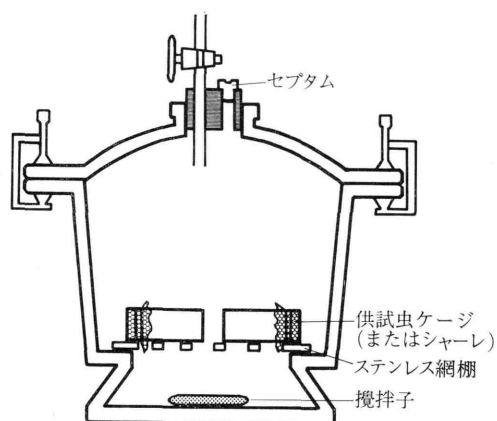
設定されている(森ら, 1963)。以上のことから、感受性に応じたより適切なくん蒸量を設定するためには一定の方法で長時間くん蒸した場合の種類間の感受性を比較する必要がある。

そこで FAO から勧告された「くん蒸剤標準感受性検定法」に準じ、ヒラタコクヌストモドキ *Tribolium confusum* JACQUELIN DU VAL, コクゾウ *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY. の成虫及び蛹の各温度(5, 15, 25°C)での長時間くん蒸(24, 48時間)における臭化メチル感受性を検討したので第1報として報告する。

### 実験設備及び材料

#### 1) 供試虫

供試虫の飼育は温度 26°C, 湿度 70% RH に保持した飼育室で行った。飼育容器は 18×9×4.5cm のプラスチック製容器を用い、ふたには過湿防止のため直径 1 cm



第1図 くん蒸装置

の穴を3つ開け60メッシュの金網を貼った。ヒタコクヌストモドキは調査課累代飼育の系統を、コクゾウは1976年岡山で採集した系統を異代飼育して用いた。餌はヒタコクヌストモドキには小麦全粒粉(24メッシュ以下)とイーストを12:1に混合したものを、コクゾウには小麦粒を用いた。これらはあらかじめ密閉して、60°C、1時間加熱消毒した。供試時期は両種の成虫については羽化後10~20日後のもの、ヒタコクヌストモドキ蛹は蛹化後1~3日後のもの、コクゾウ蛹は産卵後22~99日後の穀粒を用いた。

### 2) くん蒸装置

くん蒸には第1図に示した内容積約6lのデシケーターを用いた。すり合せ部分にはシリコングリスを薄く塗り、万力でふたを固定し、気密を完全にしてくん蒸に用いた。なおデシケーター内容積は水で測定し求めている。

### 3) 供試虫ケージ

内径3cm、長さ8cmの両切ガラス管の一方に60メッシュの金網を貼ったものに供試虫を入れ、もう一方を150メッシュのナイロンゴースで被った。ヒタコクヌストモドキ蛹については内径2.7cm、高さ3cmガラスびんに入れ、その上を少量の餌で被った。

## くん蒸方法

### 1) くん蒸の準備

あらかじめ、供試虫50頭(コクゾウ蛹は産卵している小麦粒を約50頭の蛹が含まれるように秤量し用いた)を入れたケージ2個、またはヒタコクヌストモドキ蛹100頭が入ったガラスびんをデシケーターに入れ、くん蒸温湿度で少なくとも20時間放置し、くん蒸直前にシ

リコン栓をしてデシケーターを気密にした。気密度は水マンومترにより確認した。

### 2) 臭化メチルの投薬とガス濃度測定

予備試験で0%及び100%殺虫薬量を求めた後、10~99%の殺虫率が得られるような6段階のガス濃度を設定し、投薬ガス濃度を計算した。くん蒸時間は5, 24, 48時間、くん蒸温度は5, 15, 25°Cとし、これらの条件を組合わせた。コクゾウ成虫については10, 20, 30°Cでの24時間くん蒸も追加して行った。各条件とも湿度は70% RHとした。

臭化メチル(三光化学製、純度99.5%以上)の投薬は臭化メチルの液体を入れたミニナートバルブ付のバイアルから所定量のガスを注射器で採取し、デシケーターのシリコンセプタムから注入した。投薬前にデシケーター内をわずかにスプレーで減圧にしておき、投薬後は直ちに常圧に戻し、マグネチックスターラーで2分間ガス攪拌を行った。くん蒸中のガス濃度はセプタムからマイクロシリンジで25 $\mu$ l採取し、ガスクロマトグラフ(日本電子製、JGC-20K型、FID検出器付)で測定した。5時間くん蒸では投薬後3時間後に、24時間くん蒸では3, 23時間後に、48時間くん蒸では3, 24, 48時間後にガス濃度を測定し、これらの平均をくん蒸ガス濃度とした。ガスクロマトグラフ条件は次のとおりであった。

|           |                   |                          |
|-----------|-------------------|--------------------------|
| カラム       | ステンレス製            | 3mm $\phi$ ×3m           |
| 充填剤       | Silicone GE SE-30 | 10%                      |
|           | Chromosorb W-AW   | 80~100メッシュ               |
| キャリアーガス   | N <sub>2</sub>    | 1.8 kg/cm <sup>2</sup>   |
| 空気        |                   | 1.6 kg/cm <sup>2</sup>   |
| 水素        |                   | 0.65 kg/cm <sup>2</sup>  |
| カラム温度     |                   | 50°C                     |
| 検出器、気化室温度 |                   | 200°C                    |
| 感度        |                   | 1~32×10 <sup>-10</sup> A |

くん蒸後は供試虫ケージをデシケーターからとり出し通気によりガスの脱着を十分に図った後、供試虫を少量の餌と共に試験管に移した。ヒタコクヌストモドキ蛹についてはくん蒸後、篩別してくん蒸時の餌を捨て、新しい餌を入れた。これらは26°C、70% RHの飼育室に保管して殺虫率を調査した。

### 3) 殺虫効果の確認とデータ処理

殺虫率は成虫についてはくん蒸後15日目の死虫数、蛹については羽化成虫数より求めた。成虫では完全に死んだ個体及び歩行不能で足や触角を微動させているものを死虫とした。蛹では羽化虫数を生虫数とし、羽化後死亡したり歩行不能の個体も生虫とした。ただし、コクゾウの小麦より羽化途中の死虫、ヒタコクヌストモドキの

第1表 各種くん蒸温度・時間におけるヒラタコクヌストモドキ、コクゾウ成虫及び蛹の LC<sub>50</sub> と LC<sub>99</sub>

| 種                   | 類 | 時間 | 温度 | 濃度・死亡率回帰直線方程式                | LC <sub>50</sub> |        | LC <sub>99</sub> |        |
|---------------------|---|----|----|------------------------------|------------------|--------|------------------|--------|
|                     |   |    |    |                              | 濃度               | CT値    | 濃度               | CT値    |
| ヒラタコクヌストモドキ<br>(成虫) |   | h  | ℃  |                              | mg/l             | mg·h/l | mg/l             | mg·h/l |
|                     |   | 5  | 25 | $Y=5.4746+1.0292(X-9.6798)$  | 9.2              | 4.6    | 11.5             | 57.5   |
|                     |   | "  | 15 | $=5.4596+2.8516(X-19.1109)$  | 18.2             | 91.0   | 22.8             | 114.0  |
|                     |   | "  | 5  | $=5.0234+0.1023(X-53.0819)$  | 52.9             | 264.5  | 75.8             | 379.0  |
|                     |   | 24 | 25 | $=5.1813+5.3333(X-2.8188)$   | 2.8              | 67.2   | 3.2              | 76.8   |
|                     |   | "  | 15 | $=5.5215+1.9214(X-4.3661)$   | 4.1              | 98.4   | 5.3              | 127.2  |
|                     |   | "  | 5  | $=4.5974+0.6139(X-7.3641)$   | 8.0              | 192.0  | 10.1             | 242.4  |
|                     |   | 48 | 25 | $=4.8237+12.7327(X-1.7269)$  | 1.7              | 81.6   | 1.9              | 91.2   |
|                     |   | "  | 15 | $=5.0503+4.3271(X-2.1948)$   | 1.9              | 91.2   | 2.7              | 129.6  |
|                     |   | "  | 5  | $=4.9284+1.7863(X-2.5036)$   | 2.5              | 120.0  | 3.9              | 187.2  |
| ヒラタコクヌストモドキ<br>(蛹)  |   | 5  | 25 | $=5.7757+0.9526(X-13.6887)$  | 12.9             | 64.5   | 15.3             | 76.5   |
|                     |   | "  | 15 | $=5.1702+0.3337(X-28.7376)$  | 28.2             | 141.0  | 35.2             | 176.0  |
|                     |   | "  | 5  | $=5.5504+0.0990(X-45.1379)$  | 39.6             | 198.0  | 63.1             | 315.5  |
|                     |   | 24 | 25 | $=5.3026+4.6061(X-3.6648)$   | 3.7              | 88.8   | 4.2              | 100.8  |
|                     |   | "  | 15 | $=4.7586+1.2295(X-5.4912)$   | 5.7              | 136.8  | 7.6              | 182.4  |
|                     |   | "  | 5  | $=5.095+0.3811(X-11.5837)$   | 11.3             | 271.2  | 17.4             | 417.6  |
|                     |   | 48 | 25 | $=4.5234+4.9699(X-2.6135)$   | 2.7              | 129.6  | 3.2              | 153.6  |
|                     |   | "  | 15 | $=4.9185+3.6325(X-2.7084)$   | 2.7              | 129.6  | 3.4              | 163.2  |
|                     |   | "  | 5  | $=5.0066+1.0533(X-3.2904)$   | 3.3              | 158.4  | 5.5              | 264.0  |
| コクゾウ<br>(成虫)        |   | 5  | 25 | $=4.829+0.9668(X-3.8831)$    | 4.1              | 20.5   | 6.5              | 32.5   |
|                     |   | "  | 15 | $=4.4467+0.8631(X-4.5410)$   | 5.2              | 26.0   | 7.9              | 39.5   |
|                     |   | "  | 5  | $=4.6717+0.0971(X-20.2139)$  | 23.6             | 118.0  | 47.6             | 238.0  |
|                     |   | 24 | 30 | $=4.8558+2.2546(X-1.3665)$   | 1.4              | 33.6   | 2.5              | 60.0   |
|                     |   | "  | 25 | $=5.0512+2.9700(X-1.3602)$   | 1.3              | 31.2   | 2.1              | 50.4   |
|                     |   | "  | 20 | $=5.0970+4.7333(X-1.3084)$   | 1.3              | 31.2   | 1.8              | 43.2   |
|                     |   | "  | 15 | $=4.8481+5.4167(X-1.1301)$   | 1.2              | 28.8   | 1.6              | 38.4   |
|                     |   | "  | 10 | $=5.0846+4.5700(X-1.6237)$   | 1.6              | 38.4   | 2.1              | 50.4   |
|                     |   | "  | 5  | $=4.7598+12.4480(X-2.4762)$  | 2.7              | 64.8   | 4.5              | 108.0  |
|                     |   | 48 | 25 | $=4.9843+3.3681(X-0.9861)$   | 1.0              | 48.0   | 1.7              | 81.6   |
|                     |   | "  | 15 | $=4.8272+7.6279(X-0.6678)$   | 0.7              | 33.6   | 1.0              | 48.0   |
|                     |   | "  | 5  | $=5.3651+1.7690(X-1.4647)$   | 1.3              | 62.4   | 2.6              | 124.8  |
| コクゾウ<br>(蛹)         |   | 5  | 25 | $=5.5815+0.4118(X-6.6416)$   | 5.2              | 26.0   | 10.9             | 54.5   |
|                     |   | "  | 15 | $=5.3327+0.3676(X-11.6250)$  | 10.7             | 53.5   | 17.1             | 85.5   |
|                     |   | "  | 5  | $=5.4556+0.0377(X-31.1273)$  | 19.1             | 95.5   | 80.7             | 403.5  |
|                     |   | 24 | 25 | $=5.3788+1.8423(X-1.8423)$   | 1.6              | 38.4   | 2.9              | 69.6   |
|                     |   | "  | 15 | $=5.5931+0.8055(X-0.8055)$   | 1.3              | 31.2   | 4.2              | 100.8  |
|                     |   | "  | 5  | $=5.425+0.1817(X-0.1817)$    | 2.7              | 64.8   | 15.5             | 372.0  |
|                     |   | 48 | 25 | $=5.1222+1.3426(X-1.2621)$   | 1.2              | 57.6   | 2.9              | 139.2  |
|                     |   | "  | 15 | $=5.421+2.2997(X-1.3418)^*$  | 1.2              | 57.6   | 2.1              | 100.8  |
|                     |   | "  | 5  | $=5.7866+0.4448(X-3.5570)^*$ | 1.8              | 86.4   | 6.8              | 326.4  |

注) \* は適合せず

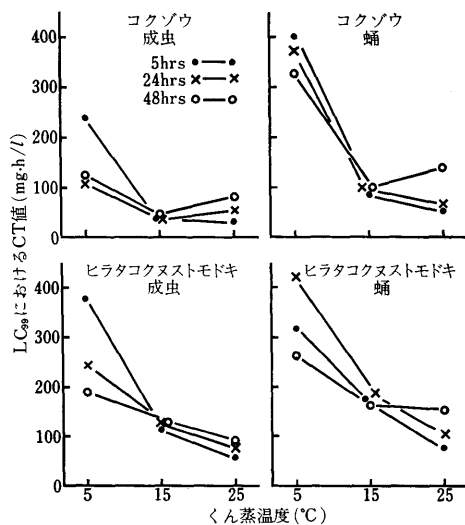
完全に羽化できていない歩行不能の個体は死虫とした。対照区はくん蒸区と同じ温湿度条件で保管し、自然死亡率を調査し、くん蒸区の殺虫率をAbottの補正式で補正した。ただし、コクゾウの蛹については対照区の羽化数より殺虫率を求めた。補正した殺虫率から Bliss のプロビット法により臭化メチルガス濃度と殺虫率の回帰直線を求め、50%殺虫濃度と99%殺虫濃度 (mg/l, 以下  $LC_{50}$ ,  $LC_{99}$  という) 及び濃度・時間積 (mg・h/l, 以下 CT 値という) を計算した。なお濃度は実数値でよく適合したので対数変換はしなかった。

## 結 果

ヒラタコクヌストモドキ、コクゾウの成虫及び蛹について、くん蒸温度 5, 15, 25°C, くん蒸時間 5, 24, 48 時間 (コクゾウ成虫は 10, 20, 30°C の 24 時間くん蒸を追加) のそれぞれの組合せにおける濃度・死亡率回帰直線方程式及び  $LC_{50}$ ,  $LC_{99}$  に要する濃度及びそのときの CT 値を第1表に示した。なおくん蒸中のガス濃度はいずれのくん蒸時間、温度においても投薬量に対してほぼ90%以上の値を保持していた。

### 1) 殺虫効果に及ぼすくん蒸温度の影響

第1表の  $LC_{99}$  の CT 値を基に、ヒラタコクヌストモドキ、コクゾウの成虫及び蛹について、臭化メチル感受性と温度の関係を第2図に示した。第2図によると、コクゾウ成虫の5時間くん蒸では、温度が低くなる程 CT 値が増加し、特に5°Cでは25°Cの時の7.3倍の CT



第2図 ヒラタコクヌストモドキ、コクゾウの成虫及び蛹の臭化メチル感受性に及ぼすくん蒸温度の影響

値を要しているが、24, 48 時間くん蒸では 15°C の時の感受性が最も高くなり、5°C の時の CT 値は 5 時間くん蒸時のおよそ 1/2 となった。コクゾウ蛹では 5, 24 時間くん蒸の時は温度が低くなるに従い CT 値が増加しているが、48 時間くん蒸では成虫の 24, 48 時間くん蒸と同じく 15°C の時の感受性が最も高くなっている。5°C の CT 値は 25°C に比べて 5, 24, 48 時間くん蒸の時、それぞれ 7.4, 5.3, 2.3 倍となり、くん蒸時間が長くなるにつれて温度の影響が少なくなっている。

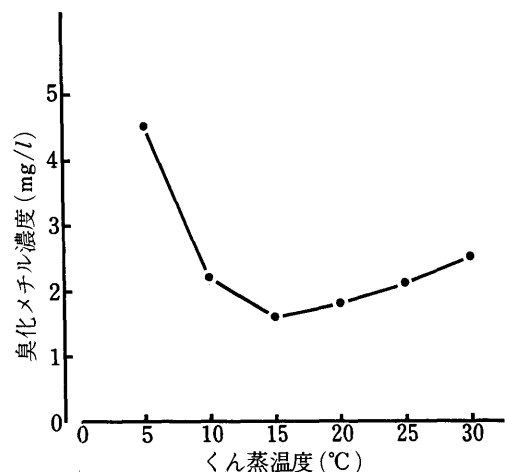
ヒラタコクヌストモドキでは、成虫、蛹共 5, 24, 48 時間のいずれのくん蒸時間においてもくん蒸温度の影響が少なくなっている。蛹の 5, 24 時間くん蒸の 5°C における CT 値は、25°C の時の 4.1 倍であり温度の影響が大きい。48 時間くん蒸では 1.7 倍と温度の影響は少なくなった。

コクゾウ成虫で 24, 48 時間くん蒸時に、15°C の感受性が高かったことから、24 時間くん蒸の  $LC_{99}$  に要するガス濃度を 5~30°C 域で 5°C 毎に調べ、第3図に示した。

第3図によると、コクゾウ成虫では 15~30°C で温度が高くなるのに比例して  $LC_{99}$  の値が増加している。

### 2) 殺虫効果に及ぼすくん蒸時間の影響

第1表の  $LC_{99}$  の CT 値を基にしてヒラタコクヌストモドキ、コクゾウの成虫及び蛹について、臭化メチル感受性とくん蒸時間の関係を第4図に示した。第4図によると、25°C ではいずれもくん蒸時間が長くなるにつれて CT 値は増加しているが、15°C ではいずれも CT 値はほぼ一定であり、 $CT=K$  の関係が認められている。



第3図 コクゾウ成虫の臭化メチル感受性に及ぼすくん蒸温度の影響 (24 時間くん蒸,  $LC_{99}$ )

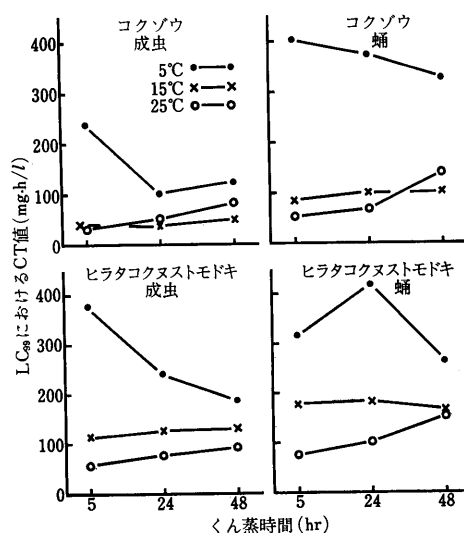
両種成虫での5°CでのCT値は、5時間くん蒸に比べて24, 48時間くん蒸がほぼ1/2になっておりくん蒸時間の影響は大きかった。コクゾウ蛹の5°Cでは、くん蒸時間の増加につれてCT値は減少していたが、ヒラタコクヌストモドキ蛹の5°Cでは24時間くん蒸の時のCT値が最も高く417.6 mg·h/lとなり、本試験中での最大値を示した。

### 3) 蛹と成虫間の臭化メチル感受性の比較

各条件におけるヒラタコクヌストモドキ、コクゾウについて、蛹と成虫間の臭化メチル感受性を比較するため、各条件での成虫のLC<sub>99</sub>に対する蛹のLC<sub>99</sub>の割合を第2表に示した。第2表によれば、コクゾウでは蛹が成虫に比べ1.4~3.4倍の耐性を示している。またヒラタコクヌストモドキでは、5時間、5°Cで0.8倍と蛹の方が感受性が高かったが、その他の条件では蛹の方が成虫に比べて1.3~1.7倍の耐性を示している。

### 4) ヒラタコクヌストモドキとコクゾウの臭化メチル感受性の比較

臭化メチルに対する両種の感受性を比較するため、各条件におけるコクゾウのLC<sub>99</sub>に対するヒラタコクヌストモドキのLC<sub>99</sub>の割合を第3表に示した。第3表によれば蛹の5°Cくん蒸では種間の臭化メチル感受性の差はほとんどなく、ヒラタコクヌストモドキのほうがコクゾウより臭化メチルに対する耐性が低い場合(5, 48時間)もあった。15°Cの時、成虫では2.7~3.3倍とかなりの差が認められた。48時間くん蒸では、25°Cの時、成虫、蛹共に両種の臭化メチル感受性の差はなかった。



第4図 ヒラタコクヌストモドキ、コクゾウの成虫及び蛹の臭化メチル感受性に及ぼすくん蒸時間の影響

## 考 察

臭化メチルは穀類害虫等の防除に有効なくん蒸剤として、諸外国においては1930年代から使用され、昆虫に対する感受性についてもよく研究されている。しかしながら、森ら(1963)も指摘しているように、これらを詳細に検討してみると、同一種の同一態においても研究者により感受性は大きく異なっている。この原因は用いた昆

第2表 ヒラタコクヌストモドキ、コクゾウの各くん蒸温度、時間における成虫と蛹の臭化メチルに対する耐性の比較(蛹のLC<sub>99</sub>/成虫のLC<sub>99</sub>)

| 種 類   | ヒラタコクヌストモドキ |     |        | コ ク ゾ ウ |     |        |
|-------|-------------|-----|--------|---------|-----|--------|
|       | 5           | 24  | 48 hrs | 5       | 24  | 48 hrs |
| 25 °C | 1.3         | 1.3 | 1.7    | 1.7     | 1.4 | 1.7    |
| 15    | 1.5         | 1.4 | 1.3    | 2.2     | 2.6 | 2.1    |
| 5     | 0.8         | 1.7 | 1.4    | 1.7     | 3.4 | 2.6    |

第3表 各くん蒸温度、時間におけるコクゾウとヒラタコクヌストモドキの臭化メチルに対する耐性の比較(ヒラタコクヌストモドキのLC<sub>99</sub>/コクゾウのLC<sub>99</sub>)

| 態     | 成 虫 |     |        | 蛹   |     |        |
|-------|-----|-----|--------|-----|-----|--------|
|       | 5   | 24  | 48 hrs | 5   | 24  | 48 hrs |
| 25 °C | 1.8 | 1.5 | 1.1    | 1.4 | 1.4 | 1.1    |
| 15    | 2.9 | 3.3 | 2.7    | 2.1 | 1.8 | 1.6    |
| 5     | 1.6 | 2.2 | 1.5    | 0.8 | 1.1 | 0.8    |

虫の生理的な差異及びくん蒸条件が大きく影響を与えるためである (SUN, 1946)。くん蒸時間についてはこれまでの大部分の研究は2~16時間の試験が多く (川本ら, 1961), 現在穀類のくん蒸でよく用いられている24~48時間くん蒸でのまとまった感受性の研究は非常に少なく, 最近ではVINCENTら (1975, 1977) が *Torogoderma variabile*, タバコシバンムシ *L. serricorne* の全ステージについて, 各温度で24時間くん蒸し, 感受性を検討しているにすぎない。その他の多くの研究は断片的で昆虫相互の感受性を比較するのは困難である。このためFAOは, 貯穀害虫の臭化メチル感受性を検知する「標準感受性検定法」(1975) を勧告し, この方法に基づいて全世界の貯穀害虫の臭化メチル感受性を調査した (CHAMP et al, 1976)。本試験はこの検定法を基本とし, くん蒸中のガス濃度をガスクロマトグラフで測定する等の若干の改良を加えて行ったものである。

近年ガスクロマトグラフの発達により, くん蒸中のガス濃度を非常に微量 (10~25  $\mu$ l) のサンプルで測定することができるようになり, それまでの投薬量のみでデータ処理した場合に比べて, データの信頼性が高くなってきた。本試験でも, 投薬量でなくガスクロマトグラフで測定したガス濃度を用いて計算したため, 濃度・殺虫率回帰直線の適合性が良く, ガス注入時の注射針のつまり等による投薬ミスがチェックできた。

我々の検討したくん蒸時間, くん蒸温度は, くん蒸条件のうちで昆虫の感受性に影響を与える最も大きな要因である。くん蒸時間とガス濃度の積 (CT 値) については, くん蒸剤の感受性を示す指標としてよく用いられ, 一定の時間, 温度, 濃度の範囲では, CT 値が一定であれば一定の殺虫率が得られることが各種の害虫で知られている (BOND et al., 1961; ESTES, 1965; BELL, 1973)。しかし, MUTHU ら (1975) は, 臭化メチルガス濃度が3mg/l以下の時には, くん蒸時間をいくら長くしても昆虫の解毒作用が働くため殺虫効果がきほど上らず, またくん蒸時間が4時間以内の時には, 昆虫体内の作用点へのガス浸透時間の不足あるいはくん蒸後の体内からのガス脱着のため, 殺虫に高濃度の薬量を必要とすると述べており, 条件によってCT値は変化するとしている。

本試験で用いたヒラタコクヌストモドキ, コクゾウは5時間くん蒸, 25°Cにおいて前記Champ (1975) の示している標準感受性系統とはほぼ同じ感受性であった。本試験では, 2種の成虫, 蛹共にくん蒸温度25°Cの時, LC<sub>99</sub>のCT値はくん蒸時間の増加と共に増加することが明らかとなったが, これは森ら (1963) が推測していたことを長時間くん蒸で実証したものである。Kenaga (1961) も2~16時間くん蒸したヒラタコクヌストモドキ

成虫で同じ結果を得ている。15°Cにおいては, ほぼCT=Kの関係が5~48時間くん蒸で認められており, 短時間くん蒸でのデータで長時間くん蒸の薬量が推定できる。5°Cでは, くん蒸時間が長い程LC<sub>99</sub>のCT値は減少しているが, この原因はおそらく呼吸量が低温により極端に低下し, 活動もしない状態では, くん蒸薬剤の昆虫体内への取り込みが自らの呼吸によるためでなく, 気門や皮膚からの拡散浸透によるためであろうと推察される。従って5°Cでのくん蒸は, 薬量が相対的に増大する短時間くん蒸が有利である。Bogs (1976) が5~10°Cの低温下でヒメアカカツオブシムシ *T. granarium* を殺虫するのに長時間くん蒸を提案しているのは妥当であろう。従来, ヒラタコクヌストモドキはコクゾウに比べて2倍の臭化メチルに対する耐性があるとされていたが, 本試験ではくん蒸時間, くん蒸温度により耐性は大きく異なり, 5°Cにおいては逆にコクゾウ蛹のほうがヒラタコクヌストモドキ蛹より耐性が強い場合もあった。森ら (1963) も5°Cで24, 48時間くん蒸の時, コクゾウ蛹がヒラタコクヌストモドキ蛹に比べて2倍の臭化メチルに対する耐性があることを報告している。

また, ステージ間においてもくん蒸条件により感受性は大きく変わることをVINCENTら (1975) が *T. variabile* で報告しており, 短時間くん蒸に比べて長時間くん蒸ではステージ間に感受性の差が少なくなることを報告している。本試験においても条件により, 蛹より成虫の方が臭化メチルに対する耐性が強い場合 (5時間, 5°C) もあることが明らかになっている。

コクゾウの成虫において, 5時間くん蒸では, 従来の短時間くん蒸の結果と同じく, くん蒸時間が長くなるにつれ受感性も高くなっているが, 24, 48時間くん蒸では15°Cの時の感受性が最も高く, それより温度が上ると感受性が低くなるという結果が得られたが, 同様な結果はコクゾウ *Sitophilus oryzae*, についても得られている (著者ら, 未発表)。福田 (1937) はコクゾウのクロルピクリンでの殺虫効果は呼吸量の増加につれ増大すると述べ, 呼吸量は15~30°Cの間は温度の上昇につれ増加すると言っている。またCARLSON (1967) は, ヒラタコクヌストモドキでは, 呼吸量が低下している時より増大している時の方が臭化メチルの解毒率が大いことを示しており, 本実験でコクゾウの長時間, 低濃度くん蒸時に, 15°Cでの感受性が最も高くなり, それより高い温度で感受性が低下する現象は, 高い濃度の時には問題にならない呼吸量の増加による解毒率の増加が, 低濃度の場合には大きな要因となるためと推察される。

本試験は, ガス濃度が一定の時の感受性を調査したものであるが, 実際のくん蒸場面において, 空間部やくん

蒸物表面は初期濃度が高く、くん蒸物の内部空間への浸透やくん蒸物への収着、ガスの漏洩等により次第にガス濃度が減少する。一方くん蒸物の内部空間ではガスの浸透によって徐々に濃度が高くなり、一定濃度に到達後再びガス濃度の低下が始まるなど、各部分をみると必ずしも一定でない。従って、ガス濃度が変化する時の臭化メチルの殺虫効果についても明らかにする必要がある。

## 要 約

1) ヒラタコクヌストモドキ、コクゾウの成虫及び蛹について、くん蒸時間 5, 24, 48 時間、くん蒸温度 5, 15, 25°C (コクゾウ成虫のみ 10, 20, 30°C を追加) のそれぞれの組み合わせの条件で臭化メチル感受性を FAO 勧告の「くん蒸剤標準感受性検定法」により検討した。

2) 両種共、5°C ではくん蒸時間が長くなるにつれ、99% 殺虫に要する CT 値が減少し、15°C ではほぼ一定、25°C では増加することが明らかとなった。

3) 短時間くん蒸の 5°C においては、15, 25°C に比べて 99% 殺虫に要する CT 値はかなり高く、くん蒸温度による影響が大きかったが、長時間くん蒸になる程くん蒸温度の影響は少なくなった。コクゾウ成虫の 24, 48 時間くん蒸、コクゾウ蛹の 48 時間くん蒸における感受性は 15°C の時が最も高かった。

4) 両種の成虫と蛹の感受性はくん蒸条件によって大きく異なり、成虫に対する蛹の耐性は、コクゾウで 1.4 ~ 3.4 倍、ヒラタコクヌストモドキで 0.8 ~ 1.7 倍であった。

5) 従来、ヒラタコクヌストモドキはコクゾウに比べて、2 倍の臭化メチルに対する耐性があるとされていたが、これはくん蒸条件により 0.8 ~ 3.3 倍と大きく変化し、蛹の 5°C (5, 48 時間くん蒸) では、逆にコクゾウの方がヒラタコクヌストモドキより臭化メチルに対する耐性があることが明らかとなった。

## 引用文献

- ANON. (1975) Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative methods for adults of some major pest species of stored cereals, with methyl bromide and phosphine-FAO Method No. 16 Plant protection Bulletin, FAO 23(1): 12-25
- BELL, C.H. and V. GLANVILLE (1973) The effect of concentration and exposure in tests with methyl bromide and with phosphine on diapausing larvae of *Ephestia elutella* (Hübner) (Lepidoptera, Pyralidae). J. stored Prod. Res., 9: 165-170
- Bogs, D. (1976) Zur Wirksamkeit von Methylbromid gegen Vorratsschädlinge bei niedrigen Temperaturen. Nbl. f.d. Pflanzenschutz in der DDR, Heft 11: 221-222
- BOND, E.J. and H.A.U. MONRO (1961) The toxicity of various fumigants to the Cadelle, *Tenebroides mauritanicus*. J. Econ. Ent., 54: 451-454
- CARLSON, S.D. (1967) Fumigation of the confused flour beetle with methyl bromide at high and low rates of respiration. J. Econ. Ent., 60(3): 684-687
- CHAMP, B.R. and C.E. DYTE (1976) Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Production and Protection Series No. 5
- ESTES, P.M. (1965) The effects of time and temperature on methyl bromide fumigations of adults of *Sitophilus granarius* and *Tribolium confusum*. J. Econ. Ent., 58(4): 611-614
- 福田仁郎 (1937) 穀象蟲の呼吸とクロールピクリンに依る燻蒸薬量との関係。応用動物学雑誌 9 (3, 4): 162-164.
- 川本 登, 山崎正吾, 渡辺睦雄, 高田昌稔 (1963) 数種の貯穀害虫のメチルブロマイドガスに対する感受性の比較。植防研報 2: 10-16.
- KEMAGA, E.E. (1961). Time, temperature and dosage relationships of several insecticidal fumigants. J. Econ. Ent., 54(3): 537-542
- 森 武雄, 川本 登 (1963) 穀類の検疫くん蒸薬量決定に関する資料。植物検疫資料第 104 号 86p. (謄写)
- MUTHU, M., E.J. BOND and A. PETRASOVITS (1975) Relation of the concentration-time product to uptake and mortality in *Sitophilus granarius* treated with methyl bromide. J. stored Prod. Res., 11: 143-148
- SUN, Y. (1946) An analysis of some important factors affecting the results of fumigation tests in insects, Minn. Agric. Exp. Sta. Tech. Bull., No. 177 (柏司訳, 神戸植物防疫情報 No. 41)
- VINCENT, L.E. and D.L. LINDGREN (1975) Toxicity of phosphine and methyl bromide at various temperatures and exposure periods to the four metamorphic stages of *Trogoderma*

*variabile*. J. Econ. Ent., **68**(1): 53-56

VINCENT, L.E. and D.L. LINDGREN (1977) Toxicity of methyl bromide and phosphine at

various temperatures and exposure periods to the metamorphic stages of *Lasioderma ser-ricorne*. J. Econ. Ent., **70**(4): 497-500