

貯穀害虫の二酸化炭素くん蒸に対する感受性

2. グラナリアコクゾウムシ, タバコシバンムシ及び三種メイガ類の 二酸化炭素くん蒸における温度及び時間の影響

岸野 秀昭・後藤 睦郎・今村 守一・相馬 幸博

横浜植物防疫所調査研究部

Responses of Stored Grain Insects to Carbon Dioxide. 2. Effects of Temperature and Exposure Period on the Toxicity of Carbon Dioxide to *Sitophilus granarius*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia cautella* and *Ephestia kuehniella*. Hideaki KISHINO, Mutsuro GOTO, Morikazu IMAMURA and Yukihiro SOMA. (Chemical & Physical Control Laboratory, Research Division, Yokohama Plant Protection Station). Res. Bull. Pl. Prot. Japan 32: 57 - 61 (1996).

Abstract : Responses of all stages of *S. granarius* to 40, 50, 60, 70, 80, and 100% CO₂ for 5 days at 20 or 25 °C showed that larvae and pupae were almost the same resistant and they were more resistant stages than egg and adult stages. The larvae and pupae were killed completely under conditions of 40 ~ 80% CO₂ for 35 days at 20 °C or 21 days at 25 °C. All stages of *L. serricorne* and 3 species of Lepidoptera (*P. interpunctella*, *E. cautella* and *E. kuehniella*) were also killed completely under conditions of 50% CO₂ for 14 days at 20 °C or 10 days at 25 °C and 50% CO₂ for 7 days at 20 °C or 5 days at 25 °C respectively.

Key Words : fumigation, carbon dioxide, grains, susceptibility, quarantine treatment, *Sitophilus granarius*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia cautella*, *Ephestia kuehniella*

は じ め に

二酸化炭素 (CO₂) くん蒸に対するコクゾウムシ, グラナリアコクゾウムシ及びヒラタコクヌストモドキの温度別感受性及びくん蒸期間と殺虫率の関係を調査し, コクゾウムシ及びヒラタコクヌストモドキについては CO₂ くん蒸による完全殺虫消毒基準を提案した (相馬ら, 1995)。そして大型サイロにおける実用化試験において, 提案した消毒基準で完全殺虫されることが確認された (川上, 1995 ; 川上ら, 1996)。しかし, グラナリアコクゾウムシは, 他の 2 種よりも CO₂ 感受性が低く, 完全殺虫基準を作成するにはならず, 別途くん蒸期間と殺虫率の関係を調査することになった。また, タバコシバンムシ及びメイガ類では, CO₂ 感受性が高いとされており (町田ら, 未発表), 提案したヒラタコクヌストモドキ等の殺虫基準よりも短い期間で完全殺虫が得られる可能性が示唆されている。

そこで, グラナリアコクゾウムシ, タバコシバンムシ, ノシメマダラメイガ, スジマダラメイガ及びスジコナマダラメイガについて, 完全殺虫に必要なくん蒸期間を温度別に調査し, また, グラナリアコクゾウムシについては感受性も調査したので, その結果を報告する。

材料及び方法

1. 供試虫

グラナリアコクゾウムシ *Sitophilus granarius* (L.), タバコシバンムシ *Lasioderma serricorne* (FABRICIUS), ノシメマダラメイガ *Plodia interpunctella* (HUBNER), スジマダラメイガ *Ephestia cautella* (WALKER) 及びスジコナマダラメイガ *Ephestia kuehniella* ZELLER の卵, 幼虫, 蛹及び成虫を試験に使用した。

グラナリアコクゾウムシは, オーストラリアから農林水産大臣の輸入許可 (農林水産省指令 5 横植第 2258 号) を得て導入したものを小麦粒を飼料として, 26 °C, 70 % R. H. で累代飼育を行い, 卵は 2 ~ 3 日令卵を, 幼虫は産卵後 21 ~ 25 日経過したものを, 成虫は羽化後 7 ~ 14 日経過したものをを用いた。また, 蛹は産卵後 30 ~ 35 日経過した小麦 (約 30 粒) を切開調査し, 全体の 80 % 以上が蛹化したものをを用いた。

タバコシバンムシは, 小麦全粒粉を飼料として 25 °C, 70 % R. H. で累代飼育を行い, 卵は 2 ~ 3 日令卵を, 幼虫は産卵後約 1 ヶ月経過したものを, 蛹は蛹化後 2 ~ 5 日経過したものを, 成虫は羽化後 3 ~ 4 日経過したものをそれぞれ用いた。

ノシメマダラメイガ, スジマダラメイガ及びスジコ

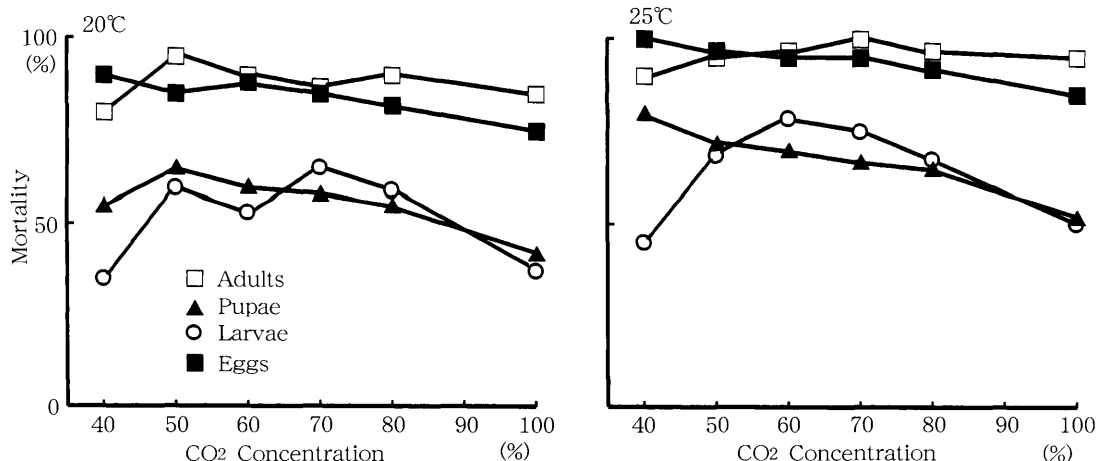


Fig.1. Mortalities of eggs, larvae, pupae and adults of *S. granarius* resulting from 40 ~ 100% carbon dioxide for 5 days at 20 °C and 25 °C

ナマダラメイガは、フスマにグリセリン（重量比で 12 %）を加えたものを飼料として、25 °C、70 % R. H. で累代飼育を行い、卵は 1 ~ 2 日令卵を、幼虫は産卵後約 20 日経過したものを、蛹は蛹化後 2 ~ 5 日経過したものを、成虫は羽化後 2 ~ 3 日経過したものをそれぞれ用いた。

2. CO₂ くん蒸

各供試虫は、くん蒸温度に 24 時間順化させた後、飼料とともにゴース布袋に入れ、約 5 ~ 8 l のガラス製くん蒸ビン（ガス通気、ガス採取及び温度測定孔付き）の空間部に吊り下げた。投薬は、ガス混合装置（GB - 2B 小島製作所）を用いて CO₂ と空気を所定の濃度となるよう混合し、くん蒸ビン内を一定時間通気させる方法で行い、投薬終了後はくん蒸ビンを密封し、マグネットスターラーを用いてかく拌した後、試験条件下に保管した。

ガス濃度は、CO₂・O₂ 濃度同時測定装置（UR - 126G、光明理化学工業）により投薬終了直後、その後は 24 時間毎に測定した。

くん蒸中の温度は、自動温度記録計（熱電対型、チノ）で測定した。

3. 殺虫効果の確認

くん蒸が終了した供試虫は飼育容器に移し換え、25 °C、70 % R. H. の条件下に保管した。殺虫効果の確認は、成虫についてはくん蒸終了の翌日に、卵、幼虫及び蛹については羽化により判定した。また、くん蒸処理した供試虫は生育が遅延する傾向があったため、

対照区の羽化予定日からさらに 30 ~ 60 日間継続して調査した。

各供試虫の卵数及びグラナリアコクゾウムシの幼虫及び蛹数は、対照区の羽化数から推定した。

結果及び考察

1. グラナリアコクゾウムシ

CO₂ 濃度と各態の殺虫率との関係

グラナリアコクゾウムシの各態を用い、20 °C 及び 25 °C で 5 日間 CO₂ 濃度別にくん蒸したときの殺虫率は、Fig.1 のとおりである。

濃度に対する感受性は両温度区とも卵及び成虫で高かった。LINDGREN ら (1970) は、80 °F (約 26 °C)、濃度 100 % では成虫の感受性が最も高いと報告しているが、本試験においても同様の傾向が認められた。それに対して幼虫及び蛹は感受性が低く、幼虫では濃度 40 % 及び 100 % における殺虫率が極端に低下した。また、蛹では濃度 50 % 以上において濃度が高くなるほど殺虫されにくくなり、コクゾウムシの感受性（相馬ら、1995）と同様の傾向が認められた。

CO₂ 濃度及びくん蒸日数と殺虫率の関係

CO₂ くん蒸に対して感受性が低かった幼虫及び蛹について、20 °C 及び 25 °C、濃度 50 % 及び 80 % の条件下でくん蒸日数別に殺虫率を求め、プロビット法により解析（POLO - PC : LeOra Software, 1987）した結果は Table 1 のとおりである。なお、蛹については相馬ら (1995) のデータを用いた。

各温度における幼虫及び蛹の感受性を LT₉₅ 値で比

較すると、20℃では濃度 50%において幼虫が 13.8 日と最も長い結果となった。しかし、同区の蛹と 95%信頼限界値が交錯しており、両態の感受性に有意な差はないものと考えられる。また、25℃では濃度 80%における幼虫が 10.2 日と最も長い結果となったが、20℃同様、蛹との間に有意な差は認められなかった。また、両態の CO₂ に対する感受性は、コクゾウムシ（相馬ら、1995）よりも低く、完全殺虫にはコクゾウムシの殺虫基準より長い日数が必要であると考えられる。

グラナリアコクゾウムシの殺虫基準

グラナリアコクゾウムシの完全殺虫に必要な日数を決定するため、幼虫及び蛹を用いて温度別及び CO₂ 濃度別に殺虫試験を行った結果は、Table 2 のとおりである。

濃度 40～80%において、コクゾウムシ及びコクゾウムシは 20℃-21 日間及び 25℃-14 日間で完全殺虫が得られている（相馬ら、1995）が、グラナリアコクゾウムシの蛹は同処理条件では完全殺虫されなかった。しかし、20℃-35 日間及び 25℃-21 日間

Table 1. Estimated LT₅₀ and LT₉₅ values for larvae and pupae of *S. granarius* fumigated with 50 or 80% carbon dioxide at 20 or 25 °C.

Temperature (°C)	CO ₂ concentration (%)	Stage	LT ₅₀ (95%FL) (day)	LT ₉₅ (95%FL) (day)
20	50	larvae	4.4(3.4-5.5)	13.8(10.5-20.1)
		pupae	4.0(2.5-5.0)	11.4(8.1-32.2)
	80	larvae	3.8(2.9-4.7)	12.1(9.5-16.7)
		pupae	2.3(1.3-3.2)	12.3(8.0-30.8)
25	50	larvae	3.0(2.3-3.7)	9.5(7.6-12.8)
		pupae	2.7(2.1-3.3)	7.7(6.2-11.0)
	80	larvae	3.2(2.5-4.0)	10.2(8.0-14.2)
		pupae	2.5(1.6-3.1)	9.4(6.9-18.7)

Table 2. Mortality of pupae and larvae of *S. granarius* exposed to 40～80% carbon dioxide for 14, 21 or 35 days at 20 or 25 °C.

CO ₂ concentration (%)	Mean % mortality					
	20 °C			25 °C		
	21d exposure	35d exposure		14d exposure	21d exposure	
	pupae	larvae	pupae	pupae	larvae	pupae
40	92.2	100	100	92.2	100	100
50	98.5	100	100	98.7	100	100
60	87.4	100	100	98.6	100	100
70	70.5	100	100	97.2	100	100
80	71.4	100	100	96.5	100	100

1. Means of two replicates.
2. 200～500 pupae or larvae were used in each concentration.
3. Mortalities were estimated from survivors in untreated control.

Table 3. Mortality of all stage of *L. serricorne* exposed to 50% carbon dioxide for 7, 10 or 14 days at 20 or 25 °C.

Species	Stage	Mean % mortality			
		20 °C		25 °C	
		10days	14days	7days	10days
<i>L. serricorne</i>	eggs	—	100	—	100
	larvae	98.5	100	99.5	100
	pupae	96.8	100	97.2	100
	adults	100	100	100	100

Table 4. Mortality of all stage of *P. interpunctella*, *E. cautella* and *E. kuehniella* exposed to 50% carbon dioxide for 3, 5 or 7 days at 20 or 25 °C.

Species	Stage	Mean % mortality			
		20 °C		25 °C	
		5days	7days	3days	5days
<i>P.interpunctella</i>	eggs	100	100	100	100
	larvae	99.3	100	100	100
	pupae	94.7	100	95.2	100
	adults	100 *	—	100	—
<i>E.cautella</i>	eggs	100	100	100	100
	larvae	100	100	100	100
	pupae	100	100	97.6	100
	adults	100 *	—	100	—
<i>E.kuehniella</i>	eggs	100	100	100	100
	larvae	100	100	100	100
	pupae	96.6	100	97.8	100
	adults	100 *	—	100	—

* Adults of each species were killed for 3 days at 20 °C.

では、濃度 40 ～ 80 % の範囲で幼虫、蛹ともに完全殺虫された。

2. タバコシバンムシ

タバコシバンムシの各態を 20 °C 及び 25 °C、濃度 50 % でくん蒸したときの日数別殺虫効果は、Table 3 のとおりである。

CHILDS ら (1983) は蛹の感受性が最も低く、27 °C - 7 日間ではほぼ殺虫されると報告しているが、本試験においても 25 °C - 7 日間で殺虫率 97.2 % が得られ同様の結果となった。

幼虫及び蛹は濃度 50 % 20 °C - 10 日間及び 25 °C - 7 日間では完全殺虫されなかったが、同濃度において、

20 °C - 14 日間及び 25 °C - 10 日間ではいずれの態も完全殺虫された。

また、タバコシバンムシは CO₂ 濃度が高くなるほど感受性が高くなることが判明 (町田ら、未発表) しており、CO₂ 濃度 50 % 以上での完全殺虫基準を考えた場合、タバコシバンムシの感受性はヒラタコクヌストモドキ (相馬ら、1995) と同程度と考えられ、くん蒸時間を短縮することは困難であると考えられる。

3. ノシメマダラメイガ、スジマダラメイガ及びスジコナマダラメイガ

3 種メイガ類の各態を 20 °C 及び 25 °C、濃度 50 % でくん蒸したときの日数別殺虫効果は、Table 4 のと

おりである。

3 種メイガ類の CO₂ 感受性は卵及び成虫で高く 20℃ -5 日間（成虫は 3 日間）または 25℃ -3 日間で完全殺虫された。また、同処理条件において、幼虫は 20℃ のノシメマダラメイガ（殺虫率 99.3 %）を除く全ての区で完全殺虫されたが、蛹は感受性が低くほとんどの区で完全殺虫されなかった。しかし、20℃ -7 日間及び 25℃ -5 日間では、すべて完全殺虫された。したがって、メイガ類はヒラタコクヌストモドキよりも感受性が高く、くん蒸時間の大幅な短縮が可能であると考えられる。

以上の結果から、CO₂ に対する感受性は、グラナリアコクゾウムシはコクゾウムシよりも低く、タバコシバンムシはヒラタコクヌストモドキと同程度、また、3 種メイガ類はヒラタコクヌストモドキよりも高いことが判明した。これらの害虫に対する完全殺虫基準として、グラナリアコクゾウムシでは CO₂ 40 ~ 80 % で 20℃ -35 日間または 25℃ -21 日間、タバコシバンムシでは CO₂ 50 % 以上で 20℃ -14 日間または 25℃ -10 日間、3 種メイガ類では CO₂ 50 % 以上で 20℃ -7 日間または 25℃ -5 日間の基準が考えられる。

引用文献

- CHILDS, D. P. and J. E. OVERBY (1983) : Mortality of the Cigarette Beetle in High - Carbon Dioxide Atmospheres. *J. Econ. Entomol.* 76 : 544 - 546.
- 川上房男 (1995) : 二酸化炭素くん蒸による貯蔵穀類の植物検疫消毒法. *植物防疫* 49 : 506 - 510.
- 川上房男・相馬幸博・岸野秀昭・後藤睦郎・町田真生・井上享 (1996) : 大型サイロにおける穀類の二酸化炭素くん蒸実用化試験. *植防研報* 32 : 51 - 55.
- LE ORA Software (1987) : POLO - PC, a user's guide to probit or logit analysis. Berkeley CA.
- LINGREN, D. L., and L. E. VINCENT (1970) : Effect of atmospheric gases alone or in combination on the mortality of granary and rice weevils. *J. Econ. Entomol.* 63 : 1926 - 1929.
- 相馬幸博・岸野秀昭・後藤睦郎・藪田重樹・松岡郁子・加藤利之 (1995) : 貯穀害虫の二酸化炭素くん蒸に対する感受性. 1. コクゾウ, グラナリアコクゾウ及びヒラタコクヌストモドキの二酸化炭素くん蒸における温度, 時間及び酸素濃度の影響. *植防研報* 31 : 25 - 30.