

## 2種混合ガスによる木材天幕くん蒸試験

相馬幸博・後藤睦郎・小川 昇・内藤浩光・川上房男・小松 仁\*・  
楯谷昭夫\*・有田 彰\*\*・野村直樹\*\*・佐藤哲則\*\*・森 史雄\*\*・  
阿部 豊\*\*\*・板橋 享\*\*\*・久田芳夫\*\*\*・宮地宏幸\*\*\*  
横浜植物防疫所調査研究部・\*日本くん蒸技術協会・\*\*バイケーン研究会・\*\*\*MITC研究会

Mortalities of Forest Insect Pests by Mixture Fumigants. Yukihiko SOMA, Mutsuro GOTO, Noboru OGAWA, Hiromitsu NAITO, Fusao KAWAKAMI, Hitoshi KOMATSU\*, Akio TATEYA\*, Akira ARITA\*\*, Masaki NOMURA\*\*, Tetsunori SATO\*\*, Fumio MORI\*\*, Yutaka ABE\*\*\*, Toru ITABASHI\*\*\*, Yoshio HISADA\*\*\* and Hiroyuki MIYACHI\*\*\* (Research Division, Yokohama Plant Protection Station, 1-16-10, Shin-yamashita, Naka-ku, Yokohama 231-0801, Japan. \*Research Laboratory, Japan Fumigation Technology Association, Tokyo. \*\*Vikane Research Group, Tokyo. \*\*\*MITC Research Group, Tokyo). *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 40: 19-23 (2004)

**Abstract:** Imported Papua New Guinean logs (approximately 85 cm in diameter, 2 m in length; no bark) infested with *Xyleborus perforans* (all stages), and Japanese red pines infested with *Xyleborus pfeili* (all stages) and *Cryphalus fulvus* (adults), and Japanese ciders infested with *Callidiellum rufipenne* (all stages), were fumigated with mixture fumigants of sulfuryl fluoride and methyl bromide, and sulfuryl fluoride and methyl isothiocyanate for 24 hours, respectively, in a tarpaulin of 3.2 m<sup>3</sup>. Temperatures inside and outside of the tarpaulin were 16.4–21.2°C (average 19.5°C) and 11.2–21.2°C (average 15.6°C), respectively. The results showed that a total of 1,098 insects of all four species were killed completely with mixture fumigants of sulfuryl fluoride (30 g/m<sup>3</sup>) and methyl bromide (15 g/m<sup>3</sup>), and a total of 852 insects of all four species were also killed completely with mixture fumigants of sulfuryl fluoride (15 g/m<sup>3</sup>) and methyl isothiocyanate (15 g/m<sup>3</sup>).

**Key words:** quarantine treatment, fumigation, mixture fumigants, sulfuryl fluoride and methyl bromide, sulfuryl fluoride and methyl isothiocyanate, forest insect pests, tarpaulin

### はじめに

輸入木材などの消毒に使用されている臭化メチル (MB) がオゾン層破壊物質に指定されたことから、その代替剤を開発するため、これまでフッ化スルフルル (SF)、リン化水素、メチルイソチオシアネート (MITC)、ヨウ化メチルなどのくん蒸剤について殺虫効果が試験されてきた。その結果、いずれのくん蒸剤も単剤では殺虫効果や投薬方法に問題があるが、混合または組み合わせることによって欠点がカバーできる可能性があることが判明した (相馬ら, 1999)。特に卵以外に対して高い殺虫効果を示した SF (MIZOBUCHI ら, 1996; SOMA ら, 1996; 1997) と卵に対して効果の高い MB (扇田ら, 1998) 及び MITC (内藤ら, 2000) と組み合わせることにより、低薬量で効果的な処理の可能性が示唆された。

そこで、SF と MB を組み合わせ、MB の使用量を 50～70%削減した方法と、すでに混合剤の製剤化と

投薬方法が確立されている MITC・SF の炭酸ガス製剤について、その実用性を確認するために輸入材 (アンブロシアビートル寄生材) と内地材の木材害虫寄生材を用い、実際に検疫くん蒸を実施している場所で木材天幕くん蒸試験を実施したので、その結果を報告する。

本試験にあたり、試験の計画にご協力いただいたダウケミカル日本株式会社の山内一馬氏及び輸入材の供給にご協力いただいた名古屋植物防疫所清水支所に厚くお礼申し上げる。

### 材料及び方法

#### 1. 供試虫

供試虫は、次のアンブロシアビートル 2 種、カミキリムシ 1 種及びパークビートル 1 種を用いた。

フィリピンザイノキイムシ (*Xyleborus perforans* (WALLASTON)) の全態：平成 14 年 10 月、清水港に輸入されたパプアニューギニア産木材を用い、木部内に

寄生した状態で供試した。

ファイルクイムシ (*Xyleborus pfeili* (RATZEBURG)) の全態: 愛知県内のモミ材から採取した成虫を、人工飼料 (水野ら, 1997) を用いて増殖させ、脱出した成虫をアカマツ (径約 10 cm) に放飼、寄生させ、27°C で約 30 日間飼育したものを材のまま供試した。

ヒメスギカミキリ (*Callidiellum rufipenne* (MOTSUCHULSKY)) の成虫: 平成 14 年 4 月に神戸市周辺のスギ及びヒノキの間伐材に飛来してきた成虫をスギ材 (径約 10 cm) に放飼、産卵させ、6 カ月間飼育したものを木部内に寄生させた状態で供試した。

キイロコクイムシ (*Cryphalus fulvus* NIJIMA) の全態: 平成 14 年 6 月、岩手県宮古市周辺のアカマツの間伐材から採取した成虫をアカマツ材 (径約 5 cm) に放飼、産卵させ、約 30 日間飼育したものを材のまま供試した。

## 2. くん蒸剤

くん蒸には、次の 2 種類の混合ガスを用いた。

SF と MB の混合ガス (SF+MB)

SF はガス体でボンベに充填 (純度 99% 以上) したものを、MB はあらかじめ所定量を液体で缶に充填 (純度 99% 以上) したものを別々に用意した。薬量は、SF50 g/m<sup>3</sup>、MB15 g/m<sup>3</sup> (SF50+MB15) の区と、SF30 g/m<sup>3</sup>、MB15 g/m<sup>3</sup> (SF30+MB15) の 2 区を設定した。

MITC と SF の炭酸ガス製剤 (MITC+SF)

液化炭酸ガスに MITC と SF の 2 種くん蒸剤を溶解 (それぞれ 30% (w/w) 含有) させ、ボンベに充填した炭酸ガス製剤を用いた。薬量は、製剤 50 g/m<sup>3</sup> (MITC15+SF15) の区と 70 g/m<sup>3</sup> (MITC21+SF21) の区の 2 区を設定した。

## 3. 天幕くん蒸

くん蒸試験は、2002 年 10~11 月に清水港で実施した。

くん蒸山は、港に面したコンクリート舗装の土場に 4 山 (SF+MB くん蒸試験用 2 山, MITC+SF くん蒸試験用 2 山) 作成した。木材の配置は、1 山につきパプアニューギニア産の木材 (直径約 85 cm, 長さ 2 m, 樹皮なし) 1 本と充填材 (直径約 20 cm, 長さ約 2 m の樹皮付きスギ材) 20 本を用いて作成した。ファイルクイムシの寄生したアカマツ供試材 (径約 10 cm×50 cm, 2 本)、ヒメスギカミキリの寄生したスギ供試材 (径約 10 cm×50 cm, 2 本) 及びキイロコクイム

シの寄生したアカマツ供試材 (径約 5 cm×40 cm, 2 本) については、山の中心付近部にある充填材の間に配置した。1 山に用いた木材の内容積は約 2.4 m<sup>3</sup>、被覆した天幕の内容積は約 3.2 m<sup>3</sup> で、木材の収容率は約 75% であった。

木材を被覆した天幕は、SF+MB では厚さ 0.2 mm のポリエチレンシート (無色半透明) を用い、MITC+SF では厚さ 0.1 mm のバリアスター® (無色半透明) を用いた。天幕の押さえには、直径約 10 cm のポリエチレン製水管を用い、天幕の周囲を 1 周させ、さらに天幕と水管の隙間に水を満たし、天幕のゆるみを調整した。

くん蒸剤の投薬は、SF+MB くん蒸ではあらかじめ天幕内に配置した投薬用テフロンパイプを利用し、MB を専用オープナーで投薬後、直ちに SF を専用の流量計を用いて計量投薬した。MITC+SF くん蒸では、薬剤を充填したボンベにスプレーガンを接続し、計量しながら天幕内に直接噴射した。

くん蒸中のガス濃度は、あらかじめ天幕内対面 2 カ所に設置した測定用テフロンパイプを用い、投薬直後、1, 2, 3, 6, 12 及び 24 時間後に SF はガスクロマトグラフ (TCD) 及び赤外線式自動ガス測定器で、MB 及び MITC はガスクロマトグラフ (FID) で測定した。くん蒸中の温度は、天幕内表面及び内部の 2 カ所と外気温を自動温度測定器 (熱伝対) で 30 分ごとに測定した。

## 4. 殺虫効果の確認

くん蒸終了後は天幕を開放し、供試材を倉庫内に常温で 7 日間保管した。保管中は、供試虫の分散を避けるために、それぞれ網付きのプラスチック容器に収容または 300 メッシュのゴース網で被覆した。

殺虫効果の確認は、チェンソー、ノコ、ナタ、ノミを用いて供試材を割材、分解し、供試虫を取り出して顕微鏡下で生死を確認した。対照区についても同様に割材して調査した。

## 結果及び考察

### 1. くん蒸中のガス濃度

SF+MB くん蒸による天幕内のガス濃度は、Fig. 1 のとおりである。

SF 及び MB とも、投薬後は徐々にガス濃度が低下した。SF のガス残存率 (100×投薬量/ガス濃度) は投薬 1 時間後で約 150% であったが、24 時間後では 47~61% であった。これに対して MB のガス残存率

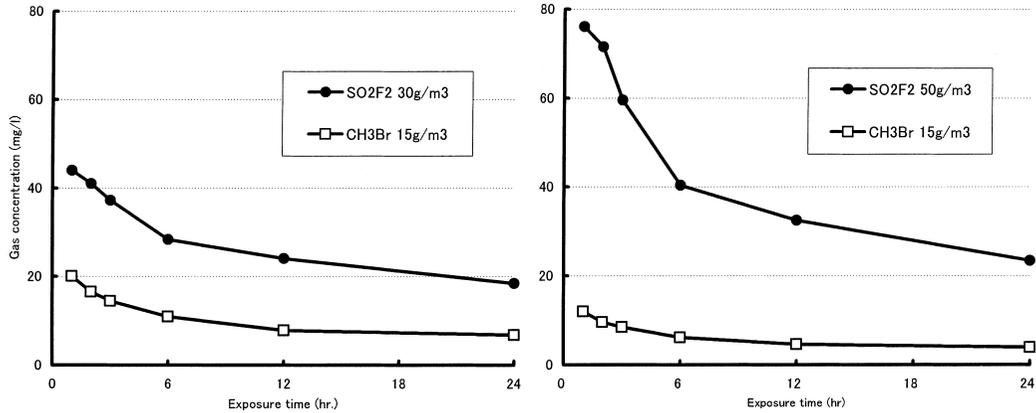


Fig. 1. Progressive gas concentrations in tarpaulin fumigation with mixtures of sulfuryl fluoride and methyl bromide.

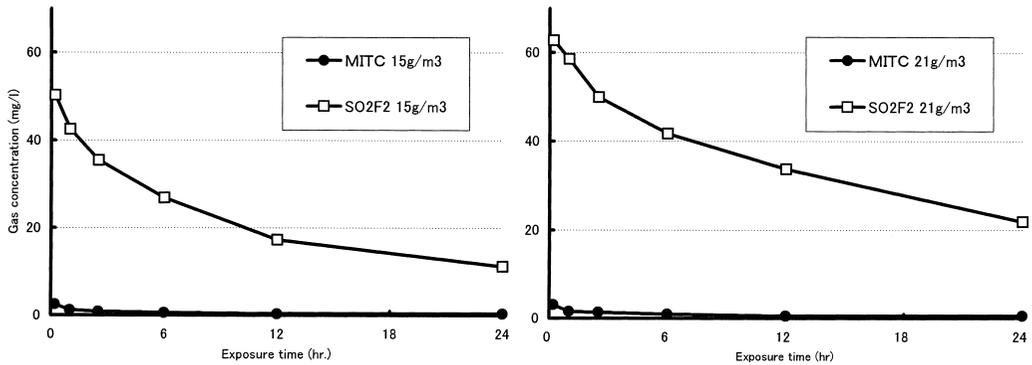


Fig. 2. Progressive gas concentrations in tarpaulin fumigation with mixtures of MITC and sulfuryl fluoride.

は、投薬1時間後で80~134%, 24時間後では26~45%でSFよりも低く、MBの方が収着されやすい傾向があった。また、「SF50+MB15」の方が「SF30+MB15」よりもガス残存率が低かったことから、「SF50+MB15」ではガス漏れがやや多かったものと考えられる。

MITC+SFくん蒸による天幕くん蒸中のガス濃度は、Fig. 2のとおりである。

SFは高濃度で推移したが、MITCは投薬と同時に急激に濃度が低下した。投薬1時間後のSFのガス残存率が約280%であったのに対し、MITCでは約8%で、木材に対するMITCのガス収着は短時間で極めて大きかった。しかし、MITCは24時間後も約2%の残存率を示し、急激な収着後は濃度の低下が少なく、平衡状態となる傾向があった。また、SFの濃度は、24時間後でも75~104%を保持し、SF+MBくん蒸よ

りも気密性が良好であったことから、使用した天幕(バリアスター<sup>®</sup>)のガスの透過性が低かったことが考えられる。

## 2. 混合ガスくん蒸による殺虫効果

SF+MBくん蒸による殺虫効果は、Table 1のとおりである。

SF+MBくん蒸では、「SF50+MB15」区及び「SF30+MB15」区とも、供試したフィリピンザイノキウムシ(「SF50+MB15」区では卵の寄生が認められなかった)、ファイルキウムシ(幼虫、蛹及び成虫)、ヒメスギカミキリ(成虫)及びキロコキウムシ(全態)は完全殺虫された。試験温度は、外気温が11.2~21.2(平均15.6℃)であったが、天幕内部が18.4~20.3℃(平均19.3℃)であったことから、温度20℃以上、24時間、SF30 g/m<sup>3</sup>、MB15 g/m<sup>3</sup>の混合

**Table 1.** Mortalities of forest insect pests fumigated with mixtures of sulfuryl fluoride and methyl bromide in tarpaulin fumigation<sup>1)</sup>.

Species	Log tested <sup>2)</sup>	Stage	Control		SF30+MB15 g/m <sup>3</sup> <sup>3)</sup>		SF50+MB15 g/m <sup>3</sup> <sup>4)</sup>	
			No. of insect tested	Mortality (%)	No. of insect tested	Mortality <sup>5)</sup> (%)	No. of insect tested	Mortality <sup>5)</sup> (%)
<i>Xyleborus perforans</i>	New Guinea wood in xylem	Egg	0	—	0	—	102	100
		Larva	19	0	171	100	81	100
		Pupa	6	0	19	100	31	100
		Adult	171	11.1	568	100	448	100
		Total	196	9.7	758	100	662	100
<i>Xyleborus pfeili</i>	Red pine in xylem	Egg	0	—	0	—	0	—
		Larva	8	0	91	100	135	100
		Pupa	4	0	17	100	40	100
		Adult	5	0	38	100	57	100
		Total	17	0	146	100	232	100
<i>Callidiellum rufipenne</i>	Cedar in xylem	Adult	19	0	45	100	44	100
<i>Cryphalus fulvus</i>	Red pine under bark	Egg	1	0	65	100	6	100
		Larva	61	0	66	100	24	100
		Pupa	1	0	9	100	5	100
		Adult	4	0	9	100	19	100
		Total	67	0	149	100	54	100

<sup>1)</sup> Fumigation was conducted at 18.4–20.3°C for 24 hours with 79% loading.

<sup>2)</sup> Cedar logs were used for the test as filler logs.

<sup>3)</sup> SF30+MB15 g/m<sup>3</sup>: sulfuryl fluoride 30 g/m<sup>3</sup>+methyl bromide 15 g/m<sup>3</sup>.

<sup>4)</sup> SF50+MB15 g/m<sup>3</sup>: sulfuryl fluoride 50 g/m<sup>3</sup>+methyl bromide 15 g/m<sup>3</sup>.

<sup>5)</sup> Mortality was evaluated in 7 days after fumigation.

ガスによる木材天幕くん蒸により、これらの木材害虫は完全殺虫が可能であると考えられる。

MITC+SF くん蒸による殺虫効果は、Talbe 2 のとおりである。

MITC+SF くん蒸では、「MITC15+SF15」区及び「MITC21+SF21」区とも、供試したフィリピンザイノキクイムシ（全態）、ファイルクイムシ（「MITC21+SF21」区では蛹の寄生が認められなかった）、ヒメスギカミキリ（成虫）及びキイロコクイムシ（全態）は完全殺虫された。試験温度は、外気温が 11.2～21.2（平均 15.6°C）であったが、天幕内部が 18.3～21.2°C（平均 19.7°C）であったことから、温度 20°C 以上、24 時間、MITC15 g/m<sup>3</sup>, SF15 g/m<sup>3</sup>（炭酸ガス製剤 50 g/m<sup>3</sup>）の混合ガスによる木材天幕くん蒸により、これらの木材害虫は完全殺虫が可能であると考えられる。各くん蒸区のパプアニューギニア材には、フィリピンザイノキクイムシ以外に *Xyleborus* sp. 及び *Platypus* sp. の幼虫及び成虫が数頭または十数頭認めら

れたが、生存虫は認められなかった。

これらの結果から、SF, MITC 及び MB を用いた、SF+MB くん蒸及び MITC+SF くん蒸による木材の天幕くん蒸は、殺虫効果に問題がないものと考えられる。また、これまでの報告（相馬ら, 1999; 内藤ら, 2000）から、試験を実施した 2 種の混合剤は、アンプロシアビートルに対し最も効果が低いと考えられるが、今回の試験で完全殺虫が確認されたことから、ほとんどの木材害虫に対して高い殺虫効果が期待できる。MB を使用した SF+MB くん蒸（「SF30+MB15」）は、MB 代替剤とは言えないが、現在の使用量（32.5～48.5 g/m<sup>3</sup>）を 50～70% 削減できることから、その利用性は高いものと考えられる。また、MITC+SF くん蒸（「MITC15+SF15」）は、炭酸ガスを利用してボンベに製剤化できたことにより、使用面でも現在の MB くん蒸と同様に扱うことが可能で、代替剤として検疫くん蒸に利用できる可能性は大きいものと考えられる。

**Table 2.** Mortalities of forest insect pests fumigated with mixtures<sup>1)</sup> of methyl isothiocyanate and sulfuryl fluoride in tarpaulin fumigation<sup>2)</sup>.

Species	Log tested <sup>3)</sup>	Stage	Control		MITC15+SF15 g/m <sup>3</sup> <sup>4)</sup>		MITC21+SF21 g/m <sup>3</sup> <sup>5)</sup>	
			No. of insect tested	Mortality (%)	No. of insect tested	Mortality <sup>6)</sup> (%)	No. of insect tested	Mortality <sup>6)</sup> (%)
<i>Xyleborus perforans</i>	New Guinea wood in xylem	Egg	0	–	7	100	3	100
		Larva	19	0	158	100	122	100
		Pupa	6	0	70	100	25	100
		Adult	171	11.1	352	100	216	100
		Total	196	9.7	587	100	366	100
<i>Xyleborus pfeili</i>	Red pine in xylem	Egg	0	–	3	100	11	100
		Larva	8	0	16	100	18	100
		Pupa	4	0	4	100	0	–
		Adult	5	0	6	100	12	100
		Total	17	0	29	100	41	100
<i>Callidiellum rufipenne</i>	Cedar in xylem	Adult	19	0	24	100	20	100
<i>Cryphalus fulvus</i>	Red pine under bark	Egg	1	0	63	100	10	100
		Larva	61	0	119	100	48	100
		Pupa	1	0	5	100	1	100
		Adult	4	0	25	100	33	100
		Total	67	0	212	100	92	100

<sup>1)</sup> Methyl isothiocyanate 30% (w/w), sulfuryl fluoride 30% (w/w) and carbon dioxide 40% (w/w).

<sup>2)</sup> Fumigation was conducted at 18.3–21.2°C for 24 hours with 73–76% loading.

<sup>3)</sup> Cedar logs were used for the test as filler logs.

<sup>4)</sup> MITC15+SF15 g/m<sup>3</sup>: methyl isothiocyanate 15 g/m<sup>3</sup>+sulfuryl fluoride 15 g/m<sup>3</sup>.

<sup>5)</sup> MITC21+SF21 g/m<sup>3</sup>: methyl isothiocyanate 21 g/m<sup>3</sup>+sulfuryl fluoride 21 g/m<sup>3</sup>.

<sup>6)</sup> Mortality was evaluated in 7 days after fumigation.

## 引用文献

- MIZOBUCHI, M., I. MATSUOKA, Y. SOMA, H. KISHINO, S. YABUTA, M. IMAMURA, T. MIZUNO, Y. HIROSE and F. KAWAKAMI (1996) Susceptibility of Forest Insect Pests to Sulfuryl Fluoride. 2. Ambrosia Beetles. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 32: 77–82.
- 内藤浩光・相馬幸博・松岡郁子・三角 隆・赤川敏幸・溝淵三必・川上房男 (1999): メチルイソチオシアネートによる木材害虫の殺虫試験. 植防研報 35: 1–4.
- NAITO, H., M. GOTO, N. OGAWA, Y. SOMA and F. KAWAKAMI (2003) Effects of Methyl Iodide on Mortality of Forest Insect Pests. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 39: 1–6.
- 水野孝彦・藤沢史郎・松田 勝 (1997): 人工飼料による養菌性キクイムシ *Xyleborus pfeili* (RATZEBURG)

の飼育. 植防研報 33: 81–85.

扇田哲男・内藤浩光・相馬幸博・川上房男 (1998): 低薬量の臭化メチルくん蒸による木材害虫の殺虫効果. 植防研報 34: 37–39.

SOMA, Y., S. YABUTA, M. MIZOBUCHI, H. KISHINO, I. MATSUOKA, M. GOTO T. AKAGAWA, T. IKEDA and F. KAWAKAMI (1996) Susceptibility of Forest Insect Pests to Sulfuryl Fluoride. 1. Wood Borers and Bark Beetles. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* 32: 69–76.

相馬幸博・溝淵三必・三角 隆・岸野秀昭・赤川敏幸・川上房男 (1997): 木材害虫のフッ化スルフリル感受性に関する試験. 3. 25°Cにおける感受性. 植防研報 33: 25–30.

相馬幸博・内藤浩光・三角 隆・川上房男 (1999): フッ化スルフリル・臭化メチル混合ガスくん蒸による木材害虫の殺虫効果. 植防研報 35: 15–19.