

# 船倉における木材害虫の臭化メチルくん蒸時間の検討

川本 登・楯谷昭夫・星野貴博  
横浜植物防疫所調査課

わが国の木材の輸入量は年々増加し、輸入貨物価格の第2位を占めるまでになり、これに伴ない、水面、陸上の貯木場は狭隘となり、本船くん蒸の需要が増加している。しかしながら、現在木材の本船くん蒸時間は24時間であり、穀類のくん蒸時間に比較すれば短縮されているが、滞船料や本船のローテーションの関係から、さらにくん蒸時間の短縮を要望する声が強くなっている。

このことから、今回の試験では臭化メチルを使用して、①本船くん蒸試験として、午後16時に投薬して翌日午前中に開放し、夕刻出港が可能と思われる16時間を、また、②室内における試験として午前中投薬して午後開放が可能となるとと思われる6時間くん蒸を、それぞれ実施した。

なお、本試験を実施するに当り、御指導並びに御援助を頂いた門司植物防疫所石田栄一所長、当所東京支所森武雄所長、神戸植物防疫所小松島出張所上ノ園誠所長、並びに御協力を頂いた当所国際課、東京支所および千葉、川崎両出張所の各担当官、および木材輸入協議会、防除業者の方々に深甚の謝意を表する。

## I 本船における16時間くん蒸試験

### 試験方法

1. 試験区と対象区の構成： 本船くん蒸においては、一船ごとに船倉容積・規格・材種・材容積・材形・温湿度などの条件が著しく異なっており、複雑である。そこで、できる限り条件を統一するため同一本船において、一船倉を試験区とし、ほかのなるべく同一規格・同条件の船倉を対象区とし、常に1船ごとに比較検討した。

なお、試験を実施した船の船名・船倉容積および単位薬量ならびに材種・本数・材容積などは第1表に示した。

2. 試験場所と担当者： 当所調査課が主体となって、国際課、東京支所、川崎および千葉両出張所と協同して、それらの課・所の所在港において実施した。

3. 試験区の構成： 試験区はつぎの2項目を基本として6区を設定し2回反復した。その他の試験項目についても、後述するように並行して実施した。

(1) 材種を南洋材・北洋材・米材の3種類とする。

(2) 温度を船倉内温度10°C以上とそれ以下の2段階とする。

4. 薬量： 第1表に示すように現行の臭化メチル検疫くん蒸の薬量と時間積（以下「DT」と称す）の値と等しくなるように計算した。

5. くん蒸時間： 試験区は16時30分投薬、翌朝8時30分開放の16時間とし、対象区はなるべく10～15時までの投薬、翌日同時刻開放の24時間くん蒸とした。

6. くん蒸方法： 試験区のくん蒸は、下記の方法によった。なお、対象区は現行の検疫くん蒸の方法とした。

(1) ガス圧制御；本船くん蒸では、1投薬場所でも多量の薬液を噴出させるため、船倉蓋を覆ったビニールシートや各所の目張り箇所が膨大破損したり、各所の船室へガス洩れを生ずることがあった。よってこれらの事故を防止するため、ガス圧の制御を行なった。

その場所は、マストベンチレーターにおいて行ない、マストベンチレーターが使用不能の場合は、トリミングハッチに直径20cm、長さ10mの風管を接続し、煙突状に立てて行なった。制御方法は、それらのベンチレーターにガス測定管を挿入してガス濃度を測定しながら、2～3mg/lのガスが検知されるまで、ガス圧による空気の放出をはかり、その後ベンチレーターの密閉を行なった。

(2) 送風機の使用；ガスの拡散・浸透を促進するため、トリミングハッチまたはエスケープホールから、船倉内1m下に送風機を吊り下げ、船底のガスの攪拌をはかった。しかし、荷材のため風路がさまたげられる時は、送風機に風管（長さ5m）を接続して送風した。なお、送風機の規格は、トリミングハッチなどの規格から直径40cm以内の大きさの制限を受け、また電源の関係から単相とし、45m<sup>3</sup>/min、12mmAqの軸流型送風機を使用した。送風時間は、船倉内のガス濃度が±6mg/l

第1表 試験船の規格、薬量および試験材の種類

温 度		10°C 以上						10°C 以下			
材 種		ラウン材		北 洋 材		米 材		ラウン材	北 洋 材	米 材	
船 名		昭光丸	第2真実丸	Selenga	昭安丸	峯玉丸	東洋丸	天豊丸	Ajan	Yana	流洋丸
場 所	東 京	東 京	千 葉	横 浜	川 崎	横 浜	東 京	横 浜	横 浜	東 京	
試 験 月 日	44年8月14~15日	44.10.30~31	44.10.23~24	44.11.5~6	44.11.24~25	44.12.24~25	45.2.6~7	45.1.20~21	45.2.20~21	45.2.11~12	
船 型	後部機関型	三島型	後 部 機 関 型				三 島 型	後 部 機 関 型			
船 倉 容 積 (m³)	T 3378 C 3291	2556 2028	1068 1102	1728 2591	5492 5502	5305 5244	3395 3283	1168 1452	1105 1407	5894 5901	
単 位 薬 量 (g/m³)	T 37.5 C 25.0	48.5 32.5				45.0 30.0	72.5 48.5				
投 薬 量 (kg)	T 127 C 110	96 51	52 40	60 60	266.5 179	257.5 170	153 98.5	85.0 48.5	80.5 68.5	427.5 286.5	
投 薬 時 間	T 17時00分 C 11.00	19.00 18.00	16.00 10.30	16.30 12.00	16.30 14.40	16.30 11.15	17.00 15.50	16.30 11.15	16.40 14.35	16.30 14.20	
材 本 数	T 278 C 285	315 231	2018 1719	1403 1521	1540 1569	1964 1968	719 655	8794 9959	4218 5607	720 790	
材 容 積 (m³)	T 1319 C 1352	1279 938	580 495	785 1126	1939 1938	1663 1666	1363 1242	428 584	425 564	1558 1709	
収 容 比 (%)	T 39.0 C 41.0	46.3 46.3	54.3 44.9	45.4 43.5	35.6 35.2	31.3 31.8	40.1 37.8	36.6 40.2	30.6 41.7	26.4 29.0	

注 T……試験区, C……対象区

程度の差に均一化(本試験では、準均一化と称した。)するまで行なった。

(3) ガスの排気; くん蒸終了時に船倉蓋を開放し、高濃度ガス(40~50 mg/l)を一度に排気させることは、危険な場合も考えられる。よって、送風機または排風機(送風機を逆方向に使用)、およびマストベンチレーターを併用して強制排気を行なって、ガス濃度を半減(25~30 mg/l)させ、その後全船倉蓋を開き自然拡散による排気を行なった。なお、排気方法は原則として、送風機によって送風し、マストベンチレーターから排気、または、排風機およびマストベンチレーターからの排気、トリミングハッチからの新鮮空気の導入のいずれかの方法によった。

しかし、船倉蓋が木製の昭光丸と第2真実丸では、ビニールシートが強く船倉蓋に吸引されるため、船倉蓋の一部を開放して排気を行なった。また、ソ連船の3隻は専用の大型送風機(75m³/min)が設備されており、甲板上の空気取入口から新鮮空気を船底方向に送風し、マストベンチレーターから排気が行なわれた。

送風機の稼働時間は、原則としてガス許容濃度に到達

するまでとしたが、電源その他の関係で中止した場合もあった。

なお、第6表の船倉蓋開放の方法中の全開とは、船倉蓋の2/3以上を開いた状態である。対象区はくん蒸終了と同時に船倉蓋の開放を行なった。

(4) 投薬方法; 原則として船倉両側のおのおの3~4箇所から分散して投薬したが、ソ連船の3隻は鉄蓋によって密閉されているので、トリミングハッチから2~3本のガス管を挿入し、船倉内で噴出口の方向をわけて投薬を行なった。

7. 船型と船種: 計画では建造後5年以内のくん蒸実績のある後部機関型、木製船倉蓋の船を予定したが、実際には、ソ連船の3隻は中央機関型(三島型)で木製船倉蓋の本船は2隻のみで、鉄製船倉蓋は8隻であった。

8. 調査項目:

(1) ガス濃度の測定; ガス濃度の測定位置は、試験区・対象区ともに船倉の両側および中央の計3列の各3点、ならびにトリミングハッチの1点、合計10点のおのおの上、中、下3カ所、総計30カ所であった。測定器具

は、干渉計型ガス検定器（理研式18型4台、21型2台）を使用し、ガス許容濃度の測定は北川式およびドレーゲル検知管を使用した。

検定器に使用した吸収管は、塩化カルシウムおよびソーダ石灰を各2本宛接続し、それぞれ水分と炭酸ガスの除去を行なった。吸収剤の交換は、原則として2回の測定（測定位置として60カ所）のつど行なった。吸湿のはげしい時は、随時交換を行なった。

許容濃度の測定位置は、測定に際し新しいビニール管を材木間に挿入することがほとんど不可能であったため、主として、ガス採取器に綱を結び、そのピノスト柄を引いて後、急速に吊り下げて測定する方法をとった。したがって測定箇所は限られた場所のみとなった。

測定の方法は、ガス濃度が均一化されるまで、20分間隔で、均一後はくん蒸開始後の時間が6, 12, 24時間となる時間に測定した。測定に際しては、原則として2人1組の2班制とし、1班が測定点No. 1～15、他の班がNo. 16～30を受け持ち、1人が測定、1人が補助作業を分担し、同一人が同一場所を測定するようにした。

(2) 殺虫効果の確認；檢疫くん蒸における確認法に準拠して、1船倉に5～7枚のハトロソ紙を虫害材の下に敷き、くん蒸後これらの紙を回収し、落下した脱出虫、ならびに材から摘出した虫について調査した。

虫の生死の判定は、虫体の動きによって行ない、不活発な虫については、虫体を柄付き針で刺激しその反応の有無によって判定した。

(3) 温湿度、酸素・炭酸ガス濃度および風速風向・天候；温湿度は船倉内のほぼ中央の上部（船倉蓋下約2～3m）およびその中段（同、約4～5m）の2カ所、ならびにマストハウス内またはマストハウス軒下の1カ所の合計5カ所に自記温湿度計を設置し、その他にトリミングハッチ内に最高最低温度計を吊り下げ（甲板下約1.2～m）、ガス濃度の測定時に測定した。くん蒸中の強

い風が、くん蒸施設内（倉庫や天幕など）のガスろう洩を招くことが知られており、また、くん蒸終了後のガス排出時における風速の遅速は、ガス排出速度に関係するので、風速風向計を用いて随時測定を行なった。測定場所は、船倉蓋中央である。

木材くん蒸に際しては、酸素の消費と炭酸ガスの発生が多いことが知られ、それらのガスが干渉計型ガス検定器の測定値に影響を与える恐れがあり、また、くん蒸作業に悪影響を及ぼす危険性があるので、くん蒸の直前と直後にガス濃度測定管を使用して任意の数カ所で測定を行なった。

### 試験結果および考察

当初に述べたように、くん蒸条件が各船によって異なったため、試験結果にも大きな影響を与えたものと推定されたが、それらの各種条件を考慮しながらとりまとめた結果は、つぎのようである。

1. 試験を実施した船の規格や供試材：船倉容積は、北洋材船は小さく、米材船は大きく、南洋材船はそれらの中間容積で、北洋材のソ連船と米材船の船倉容積比は5倍の開きがあった。

供試材についても、一船倉当り300本未満の南洋材（ラワン材）の場合と、9,000本前後の北洋材まで、その差は30倍に達し、収容比は30～54%の大きな差があった。また、材形がラワン材では200cm、北洋材の白樺材は20cmの口径と大きく異なり、長さは米材の10mから北洋材の2mと各種各様で、積み方も整然と並んでいる場合と、縦横入り交った複雑な場合があった。このように試験条件は各船によって異なっており、ガスの拡散には大きく影響を与えたものと思われた。

2. ガス圧制御：投薬時に実施したガス圧制御の結果は、第2表のとおりである。すなわち、3 mg/l 以上

第2表 木材本船くん蒸におけるガス圧制御の経過時間とガス濃度

	昭光丸	第2真 実丸	Selenga	昭安丸	峯玉丸	東洋丸	天豊丸	Ajan	Yana	流洋丸
ガス到達所要時間(分)	6	5	20	3	18	4	3	7	5	2
ガス到達時間濃度 (mg/l)	6.7	5	1	5	4	5	3	1	5	15
場 所	マスト ウオール	マスト	マスト	マスト	マスト	マスト	デッキ	デッキ	マスト	マスト

第3表 ウオールベンチレーターにおけるガス濃度と経過時間（昭光丸）

経過時間(分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ガス濃度 (mg/l)	1.1	2.2	4.0	7.0	7.8	11.6	13.4	15.0	15.8	30.9

のガス濃度がマストベンチレーターなどの末端で測定されたのは、投薬後6分以内が7回、それ以上要したのが3回であった。また、昭光丸の甲板上1.5mの位置にあるウオールベンチレーターにおいて連続的に測定した結果は、第3表のとおりで比較的早く検知された。

このようなガス圧制御を行なった結果、船倉蓋被覆のビニールシートの膨大が木製船倉蓋を使用した第2真実丸において一部認められたが、その他の船では見られなかった。しかしながらガス圧によるシート、その他の個所の膨大は常に起こるとは限らないので、ガス圧制御を実施した効果であると断言することはできない。しかし事故のなかったことから、やはり実施すべきであると考ええる。なお、マストベンチレーターのような高所で、不安定な足場で作業することは望ましいことでなく、できれば安全な場所を選ぶか、他の安全な方法をとるべきであろう。

3. ガス濃度が均一化するのに要した時間： 投薬開始と同時に送風機を使用してガスの攪拌を実施したが、船倉の大きさや材の積み方、その他の相違によって、第4表のようにガスの拡散速度に差を生じ、したがって、送風時間も船によって大きく異なった。すなわち、流洋丸の船倉容積は大きく、16時間の送風を要し送風機の能力が不足であったと思われる。また、8時間送風の Ajan では、材が船倉壁に接して風路を妨げ、風筒の使用もできなかった。一方昭安丸は比較的船倉容積も小さく、船倉と材間にじゅう分な空間があったことなどから、送風

攪拌効果が顕著であったものと思われた。

また、ガス濃度が±6mg/l程度に準均一化するのに要した時間は、試験区では2隻を除いて1～3時間を要し、±3mg/l程度に均一化するのに要した時間は、さらに船による差を生じ、最小1.5時間、最大16時間となった。しかし、送風機を使用しない対象区に比較して1時間以上も多く要した船は、準均一化の場合および均一化の場合でもそれぞれ2隻であり、全般的には、動力による送風・攪拌の効果があつたものと判断された。

しかしながら、送風機を船に持込みガスの拡散促進を計る場合は、試験方法6-(2)で述べたように送風機の規格と台数に制限を受けるため、ある程度以上の効果を求めることは困難である。

なお、臭化メチルガスの拡散状況は、倉庫や天幕くん蒸の場合と同じく、投薬された葉液および高濃度ガスは、船倉底部に滞留し、その後、水平に拡散し、ついで上方に徐々に拡散した。したがって、船倉蓋下付近にガスが到達するには、もっとも時間を要した。本試験で測定を行なった上段位置は、船倉壁最上縁より約1m下としたが、木蓋を使用した昭光丸、第2真実丸等では、船倉中央部が屋根型となって高くなっており（縁に対し、中央部は約1m高い）、それらの部分では、ガスの拡散がきわめて不良であった。たとえば、第5表のように昭光丸では、投薬4時間後に測定点21カ所中19カ所が52mg/l以上に達したが、船倉中央部の船倉蓋下では、その船倉蓋下からの距離が30cmでは33mg/lに到達した

第4表 木材本船くん蒸における船倉内ガス濃度の均一化状況

温 度		10°C 以 上						10°C 以 下			
材 種		ラ ヴ ン 材		北 洋 材		米 材		ラ ヴ ン 材	北 洋 材	米 材	
船 名		昭光丸	第2真実丸	Selenga	昭安丸	峯玉丸	東洋丸	天豊丸	Ajan	Yana	流洋丸
試験区の攪拌条件	攪拌時間	7	1.3	3.0	1.0	1.3	3.0	1.5	8.0	2.5	16
	台 数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ガス濃度準均一化	試験区	mg/l 53~65 3.0hr	63~69 1.0	35~48 3.0	70~80 1.0	60~69 1.3	69~74 3.0	77~83 1.0	52~64 8.0	65~74 2.3	86~95 13.5
	対象区	46~57 4.5	42~53 1.0	17~27 2.3	35~47 5.0	41~51 1.7	39~48 1.3	49~54 1.0	46~52 8.0	37~42 2.5	59~65 7.2
ガス濃度均一化	試験区	55~61 7.0	64~67 1.7	41~44 5.0	57~62 5.0	58~62 4.0	62~64 6.0	76~81 1.5	50~54 1.4	68~72 2.4	85~94 15.5
	対象区	48~50 17	43~46 1.3	26~29 6.5	38~44 6.0	44~49 2.3	— —	49~54 1.2	37~41 23.8	37~42 2.5	58~63 8.2
残存ガス濃度 mg/l	試験区	57~58	57~60	39~43	42~50	53~56	55~58	55~57	43~48	40~44	78~85
	対象区	46~47	39~42	24~26	33~36	(35~46)	(34~48)	30~35	34~37	21~24	50~53

注 試験区、対象区の上段は mg/l、下段は経過時間

程度であった。

第5表 昭光丸における船倉蓋下附近におけるガス濃度

測定位置	船倉壁側の上段	船倉幅中央の上段
船倉中央部峯からの距離 cm	210	110 70 30
ガス濃度 mg/l	52~62	48 44 33

ガス濃度が均一化した時の濃度は、投葉量によってそれぞれ異なり一概にはいえないが、倉庫やサイロくん蒸に比較して高濃度であった。また、くん蒸終了時のガス濃度も同様に高く、船倉の気密度の良好なこと、および、木材のガス収着の少ないことを裏付けている。

北洋材の本船くん蒸は、他の材種に比較して残留ガス濃度が低いといわれているが、本試験でも北洋材積みのソ連船3隻は、いずれも残存ガス濃度が低かった。

ガス濃度の分布、すなわち船倉内の30カ所のガス測定点におけるガス濃度は、各船間によって異なり、測定位置（水平面および垂直面における比較）や経過時間とガス濃度の間に一定の傾向が認められなかった。その原因については、船倉容積、収容比、材種、材の積み方、温度、送風機の位置および能力など種々考えられるが、試

験例の少ないことも1原因であると考えられる。

4. ガスの排気および許容濃度到達時間：試験区における排気のための送風機および排風機の使用台数、使用時間、船倉蓋の開放方法および開放時におけるガス濃度、開放までの所要時間などについて第6表に示した。排風機による排風では平均ガス濃度が2時間以内に30mg/l以下（2例を除く）となり、船倉蓋の開放を行なった。特に動力排気設備を有するソ連船では、非常に早く十数分で10mg/l前後になったが、送風方向と反対になる船倉隅の一部にガスの残留がみられた。

船倉蓋の開放からガス許容濃度に達する時間は、2時間以内が8回、2~4時間が8回、4時間以上が4回で、もっとも早かったのは、動力排気設備をもつソ連船の0.5時間、送風機を使用した日本船で0.8時間であった。これに対し、もっとも長時間を要したのは、米材積みの大型船倉の場合で、10時間以上（夜間のため測定中止）であった。

試験区と対象区の比較では、余り差のない場合が4回、早い場合、遅い場合がおのおの3回あった。すなわち船倉開放時の残留ガス濃度の高低はそれ程影響がないようであった。

船倉内の各個所のうち、許容濃度に到達するのにもつ

第6表 本船くん蒸における排気方法および許容濃度到達時間

温度		10°C 以上						10°C 以下			
材種		ラワン材		北洋材		米材		ラワン材	北洋材	米材	
船名		昭光丸	第2真実丸	Selenga	昭安丸	峯玉丸	東洋丸	天豊丸	Ajan	Yana	流洋丸
試験区の動力排気	方法	吸出送風	吸出	送風	送風吸出	送風吸出	送風吸出	送風吸出	送風	送風	攪拌吸出
	台数	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2
船倉蓋開放	経過時間	0.5	1.5	1.3	1.5	1.5	0.3	1.8	1.0	2.5	1.0
	濃度 mg/l 最小~最大	19~33	31~50	5	15~33	8~28	0~46	2~26	13	3~64	
対象区	方法	交互	全開	動力全開	全開	全開	全開	全開	動力全開	動力全開	全開
	濃度 ppm	10	15	20	15	0	15	7	2	20	3
許容濃度到達状況	試験区 時間 (A)	4.4	3.8	2.0	1.6	3.5	5.5	3.3	3.5	5.1	10.0以上
	(B)	2.9	2.3	0.5	1.3	1.7	4.5	0.8	2.5	4.1	7.3以上
	測定位置	10下	10下	7下	4下	2下, 3下	6下	10下	10下	10下	3下, 5下
対象区	濃度 ppm	5	10	20	15	5	17	2	15	20	20
	時間	2.7	2.0	2.5	2.0	1.2	2.2	1.2	2.1	2.8以上	6.8
	測定位置	10下	1下	7下	10下	3下, 4下	7下	4下	4下	10上, 中	10下

注 A くん蒸終了後の経過時間  
B 船倉蓋開放後の //

とも時間を要したのは、船底付近であったのは当然であろう。ただし、測定位置がいずれも船倉壁に沿っているのは、その他の個所では測定ができなかった理由によるものである。

5. 殺虫効果：採取した虫の生死について調査した結果、各船のすべての採取害虫について100%の殺虫率であった。なお、害虫の種類については第7表のとおり9種類以上の害虫が採取されたが、そのうち多く採取されたのはつぎの3種であった。

- コナガキイムシ類 *Ips spp.*
- キクイムシ類 *Xyleborus spp.*
- カミキリムシ類 *Cerambycidae*

害虫による被害の程度は、船によって著しく異なり、そのため調査虫数についても可成りのふれがあった。なお、一般にラワン材にくらべて北洋材、米材の加害虫数は少なかった。(第8表参照)

6. DTと積算濃度からみた殺虫効果：DTを基準として積算濃度(くん蒸中のガス濃度とくん蒸時間の積分値、以下「CT」と称す)を比較すれば、第9表の結果となった。これらの値を試験区と対象区について比較すれば、船および材積による相違はあるが、いずれの試験区においても対象区の最低値、10℃以上では0.75、10℃以下では0.52を上廻っており、殺虫効果が高かったことを裏付けている。

7. 温度および湿度：試験期間が長期にわたったため、各船の間に温度の差が大きく異なった。8月に実施したラワン材は気温も船倉温度も高く30℃以上となったのに対し、北洋材の昭安丸は11℃前後であった。また、10℃以下の区である天豊丸は、2月で気温も4℃、くん

第7表 木材本船くん蒸における害虫の種類と発見頻度

温度	材種	種類	害虫の種類と発見頻度								
			A	B	C	D	E	F	G	H	
10℃以上	ラワン材	昭光丸	—	多	—	—	—	—	中	多	少
		第2真実丸	—	—	—	—	—	—	少	中	—
	北洋材	Selenga	少	—	—	—	多	—	—	—	—
		昭安丸	少	—	—	—	多	—	—	—	—
10℃以下	ラワン材	天豊丸	—	多	—	—	—	—	—	多	—
		Ajan	少	—	—	—	—	少	—	—	—
	北洋材	Yana	—	—	—	—	—	—	—	—	少
	米材	流洋丸	—	—	—	—	—	—	—	—	少

- 注 害虫の種類  
 A……*Cerambycidae*  
 B……*Crossotarsus*  
 C……*Ips achminatus*  
 D……*Ips typographus*  
 E……*Ips spp.*  
 F……*Platypus spp.*  
 G……*Xyleborus spp.*  
 H……その他

- 発見頻度  
 多……1船倉内で6本以上の材に発見された場合  
 中……同上、3~5本  
 下……同上、2本以下

第8表 木材本船くん蒸における殺虫効果(数紙調査)

温度	材種	船名	害虫発見数と調査個所数				殺虫率(%)
			多	中	少	計	
10℃以上	ラワン材	昭光丸	5	0	2	7	100
		第2真実丸	0	0	5	5	100
	北洋材	Selenga	0	0	5	5	100
		昭安丸	0	0	7	7	100
	米材	峯玉丸	1	0	4	5	100
東洋丸		2	0	5	7	100	
10℃以下	ラワン材	天豊丸	0	5	0	5	100
	北洋材	Ajan	0	0	4	4	100
		Yana	—	—	—	—	—
	米材	流洋丸	0	0	3	3	100

第9表 木材本船くん蒸における積算薬量に対する積算濃度の比率

温 度		10°C 以 上						10°C 以 下			
材 種		ラ ヲ ン 材		北 洋 材		米 材		ラワン材	北 洋 材	米 材	
船 名		昭光丸	第2真実丸	Selenga	昭安丸	峯玉丸	東洋丸	天豊丸	Ajan	Yana	流洋丸
CT DT	試験区	1.27	1.49	0.96	0.94	1.43	1.10	1.48	0.70	0.71	0.93
	対象区	1.69	1.48	0.75	0.95	1.89	1.22	1.64	0.78	0.52	0.82

注  $\frac{CT}{DT} \dots \dots \frac{\text{積算濃度}}{\text{積算薬量}} = \frac{\text{ガス濃度} \times \text{くん蒸時間}}{\text{薬量} \times \text{くん蒸時間}}$

第10表 木材本船くん蒸における温度と湿度

温 度		10°C 以 上						10°C 以 下			
材 種		ラ ヲ ン 材		北 洋 材		米 材		ラワン材	北 洋 材	米 材	
船 名		昭光丸	第2真実丸	Selenga	昭安丸	峯玉丸	東洋丸	天豊丸	Ajan	Yana	流洋丸
平均 温度 °C	試験区	32.0	24.0	15.0	10.0	14.0	11.5	14.0	1.5	3.5	8.5
	対象区	33.0	24.0	19.0	11.0	13.5	16.0	16.5	1.0	1.5	6.0
	大 気	29.5	16.0	19.0	10.0	11.0	13.0	4.0	0	14.0	5.0
最高 温度 °C	試験区上	35.0	25.5	16.0	—	—	12.0	15.0	3.0	5.0	—
	// 下	30.0	24.0	—	12.0	14.0	11.5	14.0	2.0	3.5	9.0
	対象区上	37.0	—	—	11.0	—	14.0	17.5	2.0	3.0	7.0
	// 下	—	24.5	10.0	—	14.0	21.5	18.0	1.0	1.0	6.0
	大 気	32.0	23.0	24.0	11.5	13.5	18.0	5.0	6.0	16.0	8.5
最低 温度 °C	試験区上	30.0	24.0	13.5	—	—	12.0	14.0	2.0	4.0	—
	// 下	29.5	23.0	—	12.0	13.0	11.5	12.5	0.0	2.5	8.0
	対象区上	31.0	—	—	10.5	—	13.0	14.0	1.0	2.5	5.5
	// 下	—	24.0	9.0	—	13.0	17.0	15.0	-1.0	0.0	6.0
	大 気	27.0	10.0	14.0	8.0	6.0	8.0	2.5	0.3	10.0	2.0
平度 均湿 %	試験区	94	95	94	98	98	96	90	93	78	94
	対象区	95	95	99	96	95	90	94	91	82	94

蒸作業の準備中も10°C以下であったが、投薬のため船倉蓋を密閉したところ、材温によって加温され船倉温度は投薬時に12.5°Cとなった。

船倉内の上、下位置による温度差は、最高および最低温度のいずれの場合も一般に上部が高いようであるが、外気温および材温の影響によって、低い場合もあった。特に北洋材および南洋材は、それぞれ材温度が気温と異なり、船倉内温度に影響を与えたようである。

このように、種々の条件からくん蒸温度に大きな差を生じたことは、ガスの拡散・浸透および排気に対しても影響を与えたものと推定された。

湿度は、冬季の北洋材を除いていずれの本船でも95%前後（1船倉を除く）で、船倉内では過湿のため作業に困難を来した。冬季の北洋材積載船は、やや湿度の低い

傾向がみられた。（第10表参照）

8. 酸素および炭酸ガス濃度：酸素の濃度は第11表のとおりで、いずれの船においても大気中の濃度と差がなく、木材およびくん蒸による影響は認められなかった。

炭酸ガスの濃度は、船によって大差があり、第11表のとおり、くん蒸前の調査において、すでに増加している船が3隻あった。くん蒸後においては、大気中に対し、2~8.7倍の増加があり、24倍という多量の例が1船あった。また、くん蒸前後について比較すれば、1~8.7倍の増加量となったが、その中1~2倍の例が5船、5倍以上が4船であった。

これらの炭酸ガスの増加する場所について調査したところ、船底周辺、船底中央、船倉内上下の各位置につい

第11表 くん蒸前後における酸素および炭酸ガス濃度の変化

温 度	10°C 以 上						10°C 以 下				
	材 種	ラ ウ ン 材		北 洋 材	米 材			ラ ウ ン 材	北 洋 材	米 材	
船 名	昭光丸	第2真実丸	Selenga	昭安丸	峯玉丸	東洋丸	天豊丸	Ajan	Yana	流洋丸	
酸 素 濃 度 (%)	く 前	20.0	19.0	20.0	20.0	20.5	20.0	21.0	20.5	21.0	20.0
	ん 蒸 後	20.3	19.5	20.0	19.0	20.5	20.0	20.0	18.5	20.4	20.0
炭 酸 ガ ス 濃 度 (%)	く 前	0.03	0.15	0.05	0.12	0.05	0.18	0.03	0.03	0.04	0.07
	ん 蒸 後	0.26	0.72	0.06	0.23	0.09	0.19	0.10	0.20	0.17	0.06
く 蒸 後 大 気 CO <sub>2</sub>	8.7	24.0	2.0	7.7	3.0	6.3	3.3	6.7	4.3	2.0	
く 蒸 後 前 CO <sub>2</sub>	8.7	4.8	1.2	1.9	1.8	1.1	3.3	6.7	6.0	0.9	

注・試験区における測定結果

第12表 船倉内上下位置よる炭酸ガス濃度の差 (Yana 対象区, くん蒸直後, 測定位置は第1図による) (%)

上下の位置	1	3	4	6	7	8	10
上 段	0.11	0.32	0.30	0.30	0.24	0.26	0.17
中 段	—	0.02	0.05	0.13	0.15	0.29	0.20
下 段	0.31	0.13	0.33	0.20	—	—	0.20

て一定の傾向が見られなかった。(第12表参照)

以上の結果によれば, 木材積載船では炭酸ガスの増加が見られ, 特にくん蒸後では大気中濃度に比較して増加した場合が多くなっている。しかし, 材種や温度および船倉内位置と増加量との関係は明らかでなかった。

なお, 本試験で測定した炭酸ガスの最大量は0.72%であったが, この値はソーダ石灰吸収管1本によって吸収できる量であり, 干渉計型ガス検定器の測定に影響を与える値ではない。

9. 風速・風向および天候: 測定結果は第13表のと

第13表 木材本船くん蒸における風速・風向および天候

船 名	昭光丸	第2真実丸	Selenga	昭安丸	峯玉丸	東洋丸	天豊丸	Ajan	Yana	流洋丸	
風 速 m/sec	くん蒸前	2	2	2	5	3	1	2	7	1~2	4
	くん蒸中	2	4	2~4	5	3	6~7	2~4	7~9	1~2	1~4
	開放時	2	2.5	2	4	6	7	2~5	7~8	1~2	1
	開放中	2	2	2~4	1.5	6~10	6~7	2~4	7	1~2	1
風 向	くん蒸前	南東	南東	北東	北	東	東	北	北	北	南東
	くん蒸中	北東	北	北東	北	北西	北西	北	北西	北	南東
	開放時	北	西	西	北	北北西	北西	西	西	北	南東
	開放中	南東	南東	西	北	北	北西	西	西	北西	南東
天 候	くもり・晴	晴	晴	くもり・晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴

おりであるが, 風速風向は短時間の測定であって, 変化の多いこうした気象に対して, 実態の把握は困難であった。

くん蒸中の風速は, 風力に換算して平均2~3で, 東洋丸とAjanでは4~5の場合があった。しかし, くん蒸および開放中の50時間以上にわたる試験中には, 風力0から6に達する場合もあった。また, 港湾では一般に午前9~10時頃まで無風状態で, その後風が吹き始める場合が多く, 今回の試験でもその傾向が強かった。

II 室内におけるくん蒸箱による16時間および6時間くん蒸試験

試 験 方 法

1. 試験用木材: 昭和44年7月, 群馬県嬭恋村国有林で, 約45年生のカラマツを伐倒し, 害虫を誘致し, じゅう分加害を受けるようにするため, 約1.5カ月間現地に

放置した。その後、材を長さ60cmに切断し、調査課敷地内に山積し、乾燥を防ぐためビニール天幕で覆い、順次供試した。

2. 薬量と試験区の構成： 現行の木材検疫くん蒸のDTを基準として第14表のように計算し、この表を基にして、10~100%殺虫のCTを濃度死亡率曲線から予想、計算し、さらに薬量を計算して試験を行なった。たとえば、20°C、24時間くん蒸の検疫薬量は32.5g、DT=780である。この値から50%のCTを200付近と仮定し、CT=200とし、24、16、6時間の薬量をそれぞれ  $x, y, z$  とすれば、 $200=24x=16y=6z$  となる。したがって薬量はそれぞれ、8.34g、12.5g、33.3gとなる。

第14表 くん蒸箱試験における薬量

くん蒸時間	20°C	5°C
16	48.5g/m <sup>3</sup>	72.5g/m <sup>3</sup>
6	130.0	194.0
24	32.5	48.5

3. くん蒸方法： 20°Cの場合は、ボンベ詰めの臭化メチルを密閉シリンダーで秤量し、くん蒸箱内の薬受瓶に流入させた。5°Cの場合は、密閉シリンダーから30~40°Cの温湯に浸した減圧フラスコに流入させ、気化させてからくん蒸箱内に送風した。なお、くん蒸中は常時ガスの循環を行ない、くん蒸終了後は強制排気によって、約5分でガス濃度が0となるようにした。

4. 供試本数： 試験区は、20°Cの場合1区4本、5°Cの場合1区3本とし、その他無処理区として随時無処理材を供試した。なお、供試本数は無処理区を含めて、合計180本である。

5. 調査対象害虫など： ヤツバキクイムシ *Ips typographus* を対象に予定したが、虫数の関係でカミキリムシ *Cerambycidae* の幼虫とクロコブゾウムシ *Niphades* の成虫・蛹・幼虫を主調査対象とした。殺虫効果の判定は、くん蒸終了24時間後に、樹皮を剥ぎ、または材からノミなどで掘り取り摘出して、採取害虫の動きによって判定した。

## 試験結果および考察

対象害虫の虫数が材によってきわめて不揃いであり、さらにクロコブゾウムシは天敵による被害が多くあった。このような不備な点はあるが、20°Cについて24、16および6時間くん蒸における対象害虫の100%殺虫に必要であった最低薬量を求めたところ第15表を得た。

第15表 20°Cにおいて100%殺虫に要する薬量

くん蒸時間	カミキリムシ幼虫	クロコブゾウムシ		
		成虫	蛹	幼虫
16	38.2g/m <sup>3</sup>	37.9g/m <sup>3</sup>	37.9g/m <sup>3</sup>	37.9g/m <sup>3</sup>
6	97.7	71.5	64.3	71.5
24	22.6	21.0	24.5	22.6

これらの結果によれば、現行薬量32.5g/m<sup>3</sup>を基準として計算されたDT値に対し、カミキリムシ、クロコブゾウムシの両者を殺虫するのに要する24、16および6時間くん蒸の薬量は第16表のとおりそれぞれ65~80%相当量であった。すなわち、時間短縮のためDTから算出された薬量は、100%殺虫にじゅう分な値であったと考えられる。

## Ⅲ. 総合考察

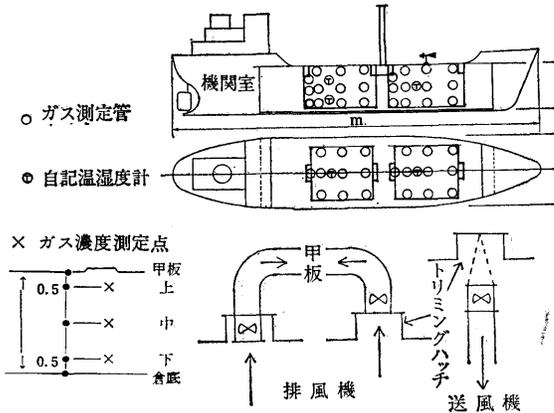
本船くん蒸における殺虫効果についてみれば、材種および本船によって、対象害虫が同一種でなく、加害程度も異なっていたが、試験の範囲内では、DTから計算された薬量と16時間くん蒸のため実施されたくん蒸方法の結果、従来の検疫くん蒸と同等の効果が認められた。また害虫に対するCT値から考察しても殺虫効果はじゅう分であると考えられる。

くん蒸箱における試験でもDTから計算された薬量の80%以下の薬量で100%の殺虫率を得ることができた。

しかしながら、本船くん蒸におけるくん蒸経過をみれば、ガスの均一化に要する時間は、送風機の効果があったもののなお長時間を要する場合があり、特にくん蒸の

第16表 検疫薬量と実験値薬量との比較

温 度		20°C			5°C		
薬 量		実験値	検疫値 (g/m <sup>3</sup> )	実験値×100 検疫値	実験値	検疫値 (g/m <sup>3</sup> )	実験値×100 検疫値
くん蒸時間	16	38.2	48.5	78.7	47.1	72.5	65.0
	6	97.7	130.0	75.2	157.6	194.0	80.9
	24	24.5	32.5	75.4	33.6	48.5	69.2



第1図 ガス濃度測定管の配置と送排風機等の位置

つど所要時間が異なった。短時間くん蒸では、なるべく早く均一化を促進し、CTの増大をはかる必要があり、しかもいずれの場合でも、常に一定の時間(なるべく1~3時間以内)で行なわれねばならない。

ガスの排気も同様になるべく短時間に許容濃度に到達することが望ましい。これらの点については、今回の試験結果は変異が大きく、不安定な結果であったとも考えられる。

したがって、今後の対策としてさらに送風機的能力・位置と船倉容積・収容比などの関係および材の積み方・

船倉温度ならびに排気方法について試験を行なうことが望ましい。

以上の結果を総合すれば、種々の問題点はあるがつぎのように考察される。

時間短縮のため、現行の検査における臭化メチルの薬量とくん蒸時間から算出された $10^{\circ}\text{C}$ 以上および $10^{\circ}\text{C}$ 以下の16時間くん蒸の薬量は、本船およびくん蒸箱による両試験において、100%の殺虫効果を得る値であった。

本船で16時間くん蒸を実用化する場合は、くん蒸方法としてつぎの方法を実施することが必要であると考えられる。

1. 船倉容積に応じて1台以上の送風機を使用し、船倉下部の高濃度ガスの拡散・浸透を促す。
2. くん蒸終了時のガスの排気については、残存ガス濃度が高濃度の場合は、危害防止のため、最初に高濃度ガスを $30\text{ mg/l}$ 付近まで動力換気によって低下させる。その後船倉蓋の開放を行なって排気を行なう。動力換気は、船倉容積に応じて1台以上の送風機によって行なう。
3. 単位薬量が多い場合は、投薬時にガス圧制御を考慮することが望ましい。

本船における6時間くん蒸の実用化は、本船におけるくん蒸を実施していないので推測の域を脱しないが、当面実用化は困難であろうと思われる。