

低温が南洋材の数種害虫にあたえる影響

高 島 文 雄・南 國 衛
小 岩 龍 衛・小 形 比 都 志

横浜植物防疫所小樽出張所

Effect of Low Temperatures upon the Survival of Some Ambrosia Beetles of Lauan Logs

By

Fumio TAKASHIMA Kunie MINAMI, Tatsue KOIWA and Hitoshi OGATA
Otaru Sub-Branch, Yokohama Plant Protection Station

目 次

- I. は し が き
- II. 熱電対による虫体凍結過程の観察
- III. 低温処理試験
 - A. 短期処理試験
 - B. 長期処理試験
- IV. 材片ブロック内に生息する虫の低温処理試験
- V. 材内の温度変化について
- VI. 考 察
- VII. 摘 要
- VIII. 文 献

I. は し が き

冬季、北海道に輸入される南洋材に寄生している害虫類にとって寒地のいちじるしい環境変化は、おそらく生存に不利であろうと考えられる。

従来、港における検疫ではこれらの実体について不明の点が多かったため、ほぼ画一的な消毒措置を行ってきたのであるが、この解明によって検疫方法を改善できるならば利点は大きい。

沢田ら (1963) は、1959 年～1962 年に、小樽・釧路両港に冬期間輸入されたラワン材の害虫の調査で、水面卸下後、約 2 週間経過した材の浮上部には生虫を認めることができず、低温によって死滅すると報告しているが、本稿はこの調査に継続して、虫の生死に影響する低温、ならびに材の温度変化などの、関連問題について行なった試験をとりまとめたものである。

本文に入るに先だち、この試験を行なうに際して、終始懇篤な指導、助言を賜わるとともに実験施設の貸与などに多大の便宜を与えられた北海道大学低温科学研究所、朝比奈英三博士、同所生物学部門の方々、ならびに同大学農学部、中島敏夫博士、種々鞭達をいただいた横浜植物防疫所、川崎調査課長、沢田管理官、また実験に協力していただいた山崎さつ氏、中北・上水両技官に対して厚く感謝の意を表する次第である。

II. 熱電対による虫体凍結過程の観察

この実験は、虫体の過冷却点、および凍結過程における生死を調べるために行なった。虫体がある温度まで冷却されて過冷却が破れると、虫体内の水分の凍結により体温は急激に上昇する。したがって、虫体の温度・時間曲線（凍結曲線）を測定することにより短時間冷却による過冷却点を知ることができる（朝比奈; 1959-a, b）。

1. 材料および方法

輸入ラワン材から採取した *Xyleborus perforans* WOLLASTON の成虫¹⁾を用い、熱電対を利用して凍結曲線を測定した。熱電対は 0.02 mm の銅およびコンスタンタンの針金で作り、その先端と虫体との接着には流動パラフィンを用いたが、この際、供試虫をあらかじめ 7°C の恒温器に数分入れて活動をおさえた後、虫体の腹部に接着した。また虫体温度の急変をさけるため虫体の

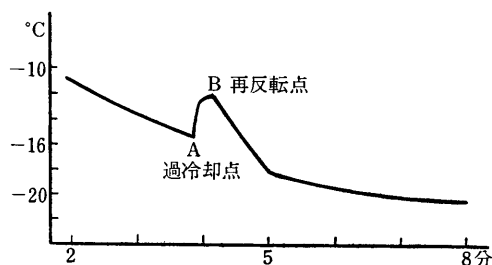
1) 本試験に使用した供試虫は農林省指令 39 農政 B 1695 号によって飼育許可済

ついた熱電対先端をダブルチューブに入れ電子管式温度自記記録計に連絡して虫体の温度を測定した。なお、過冷却中のもの 7 例、凍結を開始したもの 9 例（第 1～第 9 例）および、凍結後 5 分を経過したもの 7 例（第 10～第 16 例）については常温にもどして虫の生死をあわせて調査した。

2. 結 果

A 冷却槽 -34°C の場合：供試虫は 1963 年 9 月北ボルネオから輸入されたラワン材から採取した。

16 例中（第 1, 2 表・第 1 図）の過冷却点平均温度は -17.13°C で若干低めにあらわれた傾向にある²⁾このことは、過冷却が破れてから再反転点までの温度の上昇が大きく 7 例平均 2.45°C であったことからわかる。過冷却の破れたものは常温にもどして 2 時間後の調査で全個体死亡していたが、虫体を 2 分内外で -14.33°C まで冷却し、凍結する前に常温にもどした 7 例のうち 1 例だけは 3 時間後にも生きており、24 時間後の調査ではじめて死亡を確認した。



第 1 図 *Xyleborus perforans* WOLLASTON 成虫の凍結曲線

第 1 表 急速な冷却の場合の過冷却点

区 分	処理時間	過冷却点
第 1 例	2. 分 30 秒	-13.86°C
第 2 例	4. 40	-17.20
第 3 例	3. 20	-15.05
第 4 例	7. 15	-21.26
第 5 例	2. 20	-14.33
第 6 例	2. 35	-15.05
第 7 例	3. 50	-13.38
第 8 例	1. 30	-15.05
第 9 例	1. 05	-12.90

2) 朝比奈 (1959-b) によればこの方法で測定した温度は真の虫体温より低くなりやすく、ことに冷却速度が大きい場合には甚だしいという。

第 2 表 凍結後 5 分を経過して加温

区 分	処理時間	過冷却点	最終温度
第 10 例	11. 分 00 秒	-17.7°C	-19.6°C
第 11 例	10. 40	-20.6	-21.7
第 12 例	10. 00	-20.8	-22.7
第 13 例	15. 00	-23.4	-24.6
第 14 例	9. 00	-20.3	-24.1
第 15 例	8. 50	-15.8	-21.3
第 16 例	8. 30	-17.4	-21.5

B 冷却槽 -15°C の場合：供試虫は 1964 年 10 月輸入されたフィリピン産ラワン材から採取した。

前回の実験では、供試虫の温度が急激に下降して真の過冷却点より低くあらわれた懸念があったので、この実験を行なった。その結果は第 3 表のとおりで、過冷却点の平均は -12.9°C で、前回の平均値より 4.23°C 高くなった。このように、この虫の短時間冷却の場合の過冷却点はかなり低いことが判明した。

なお、この場合も、一旦過冷却がやぶれて虫体が凍結した場合は致命的であった。

第 3 表 冷却槽 -15°C における過冷却点

区 分	処理時間	過冷却点	再反転点
第 1 例	15. 分 00 秒	-14.82°C	-12.31°C
第 2 例	1. 15	-12.72	-11.61
第 3 例	8. 45	-14.13	-11.17
第 4 例	8. 30	-9.80	-7.98

III. 低温処理試験

A. 短期処理試験

1. 材料および方法

虫が凍死する場合、虫体が乾いた状態（以下 Dry と称する）と、ぬれた状態（以下 Wet と称する）ではその凍結温度が異なるので、Dry および Wet について、それぞれ 0°C 、 -3°C 、 -5°C 、 -7°C 、 -10°C の 5 区を設け、24 時間処理後、常温 (22°C) にもどしたときの生死の状態を観察した。

供試虫は 1963 年 7 月輸入のフィリピン産ラワン材から採取した *Xyleborus cognatus* BLANDFORD を成虫と蛹と幼虫に分けて使用した。Dry はろ紙を敷いた直径 3 cm のシャーレー 1 個に、成虫 20 頭、幼虫 10 頭および蛹 10 頭を入れてそれぞれ 1 区とした。Wet は Dry と同様なものをシャーレー内の虫体とろ紙とが充

第4表 低温24時間処理による生存虫数

処理温度	供試虫の ステージ	Dry				Wet			
		供試虫数	処理後の経過時間 24	48	72	供試虫数	処理後の経過時間 24	48	72
0°C	成虫	20	15	0	-	20	18	5	0
-3	成虫	20	17	1	0	20	17	10	0
-5	成虫	19	15	2	0	20	11	4	0
-7	成虫	20	17	3	0	20	0	-	-
-10	成虫	20	12	0	-	20	0	-	-
-5	成虫	10	0	-	-	10	1	0	-
-5	蛹	10	0	-	-	-	-	-	-

分ぬれるまで上から霧吹きで注水した。この双方のものを、ともに -25°C の低温室にあらかじめ用意しておいた5個の恒温箱 (0°C, -3°C, -5°C, -7°C, -10°C) におさめ、24 時間後にとりだして常温下で 24 時間ごとに3回生存虫数を調べた。

なお、虫の生死の判定は下記の方法によった。成虫については検鏡によって触角などがわずかでも動くものを生虫とし、幼虫については、虫体の動きがなく、後に変色したものを死虫と判定した。

2. 結 果

第4表のとおり、Dry では各温度区で60-80%の生存虫がみられたのに対し、Wet では -5°C 以上の各温度区で55-90%の生存虫がみられ、-7°C 以下では全頭が死亡した。また、処理後時間経過の調査ではWetよりDryの生存虫数が少なく、処理後72時間経過の調査ではWet, Dry いずれにも生存虫はみられなかった。

低温処理の後、24 時間以内にWet-7°C では全頭死亡したのに対し、Dry では -10°C で60%の生存虫がみられた。他の処理温度では少なくとも24 時間は多数のものが生存できることからみて、Wet -7°C という条件が虫を凍死させたのであろうと推測される。このことは、ぬれていることによって虫体が凍結しやすくなったことを意味する。

なお、ラワン材の水分含量は通常辺材部で48-50%であることがわかっているので(高島, 南ほか, 未発表)材内に生息する虫はこの実験のWetに近い状態にあると推測できる。

B. 長期処理試験

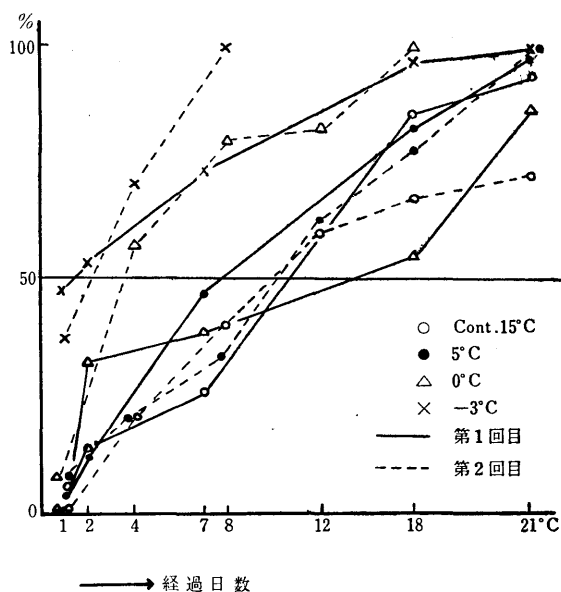
1. 材料および方法

Wet の状態のもとで凍結しなくても冷却のみで死ぬかどうかを知るためにこの実験を行なった。供試虫は1964年10月輸入されたフィリピン産ラワン材から採取

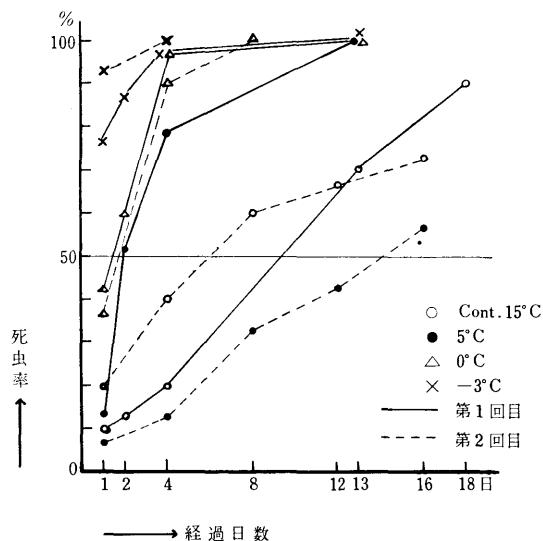
した *Xyleborus perforans* WOLLASTON の成虫を用い、含水量55%に調整したラワン材のこぎりくず3gを供試虫とともに25×25cmの管瓶に入れた。1区3瓶, 30頭とし、瓶の口はポリエチレンフィルムで封じた。処理温度は15°C区を標準区に、5°C, 0°C, -3°Cの3区とし、各区それぞれ3日および6日間処理し、同様な方法を2回反復した。処理後の調査は、15°Cの恒温器に入れ、24 時間後から開始し、21日間に5-6回行なった。

2. 結 果

第2図および第3図に示すとおり、0°C以下の低温に3日間処理したものは、0°C区の第1回実験で21日目に87%の死虫率を示したものがあつた以外は16日以内に全頭が死亡し、また、6日間処理したものでは



第2図 低温3日処理後における死虫率



第3図 低温6日処理後における死虫率

13 日以内に全頭が死亡する結果を得た。いっぽう、標準区の死虫率は3週間以内に 73~94% とかなり高率となり、5°C 区との有意差が認め難い結果となったが、この原因については今後の追試にまちたい。この実験によって 0°C 以下は3日、6日処理区とも日数が経過するにしたがって処理による影響があらわれ、ことに -3°C 区ではこの傾向が判然としており、0°C 以下の低温にさらされた場合、この虫にとっては致命的であることが確認された。

IV. 材片ブロック内に生息する虫の低温処理試験

1. 材料および方法

Xyleborus perforans WOLLASTON 成虫の多数生息

第5表 材片ブロック内に生息する虫の低温処理

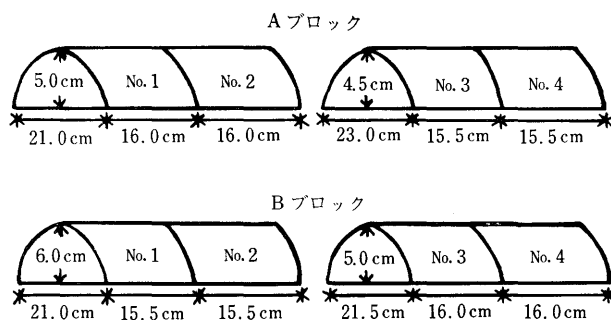
処 理 温 度	処理 日数	材ブロック	総数 A	生虫数 B	死虫数	B/A	材ブロック上 表面の虫孔数
15°C	12	A No. 1	67	58	9	87%	—
3~4°C	12	B No. 1	129	94	35	73	—
野外温	12	A No. 4	31	0	31	0	59
15°C	24	A No. 3	93	65	28	70	36
3~4°C	24	B No. 2	38	0	38	0	8
15°C	36	A No. 2	80	45	35	44	15
3~4°C	36	B No. 3	154	0	154	0	24

している 1964 年 10 月輸入されたフィリピン産ラワン材から第4図のような材片ブロックを採取し、15°C 恒温器湿室内に実験開始までの 20~30 日間保存して使用した。各ブロックは乾燥を防ぐため水でぬらした紙とビニールフィルムで包装し、Aブロックは 15°C の恒温器に、Bブロックは 3~4°C に調節した冷蔵庫に入れた。このうちAブロックの No. 4 は 12 月 1 日から野外のラワン材上に移して放置した。(平均気温 -1.3°C, 最高 9.4°C, 最低 -7.6°C)。

処理日数を経過した材片ブロックは細割して虫を取り出し、生死を判別したが、処理中に材外にはいだしたものも調査頭数のうちに加えた。

2. 結 果

第5表のとおりで、12日目の 15°C 区と 3~4°C 区との差はあまり認められないが、24日目以降の 3~4°C 区および 12 日間野外処理区のもの全頭死亡する結果を得た。



第4図 供 試 材

この実験でも、3~4°C 区から得られた結果によって、凍結に至らぬ程度の低温に長期間虫がさらされた場合は致命的となることが確認された。

V. 材内の温度変化について

1. 材料および方法

温度の測定は、材を水面に貯木した場合と陸上に貯木した場合の2例について、それぞれ初冬期(11月)と厳冬期(1~2月)の2回行なった。材温は材内に曲管温度計を埋設し(第5・6・7図)、各位置における温度を水中・陸上貯木のいずれの場合も、1日3時間ごとに8点(0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21時)をとり、5日目ごとに5回測定した。このとき同時に測定した気温は材の表面から10 cm、水温は水面下15 cmの位置の温度である。なお、測定した場所は、水中貯木の場合は小樽市有幌水面貯木場、陸上貯木の場合は横浜植物防疫所小樽出張所の構内の土場である。

材料および測定位置、測定期間は次の通りである。

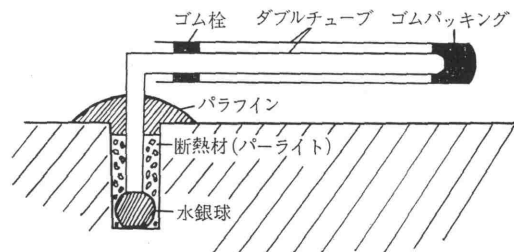
1) 水中貯木・初冬期測定用の材料は1963年11月5日輸入された、口径74.8 cm、長さ5.8 m、材積2.494 m³、浮上部材積0.584 m³のボルネオ産ラワン材である。測定位置は材浮上部の中央上表面から垂直に材内5 cm, 10 cm, 15 cmのところ、1963年11月7日から11月28日までの間に測定した。

2) 水中貯木・厳冬期測定用の材料は1964年1月19日輸入された、口径51.0 cm、長さ6.6 m、材積1.626 m³、浮上部材積0.26 m³のフィリピン産ラワン材である。測定位置は、前記1)と同様のところのほか、材の海水浸漬部側面から水平に5 cm, 10 cmのところを追加した(第5図)。なお、測定期間は1964年1月20日から2月10日である。

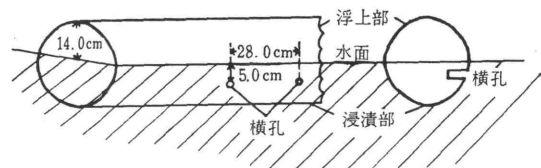
3) 陸上貯木・初冬期測定用の材料は1964年7月輸入された口径92.0 cm、長さ7.2 m、材積4.7 m³のフィリピン産ラワン材である。測定位置は材の上表面から垂直に5 cm, 10 cm, 15 cm, 30 cmのところ、1964年11月6日から11月27日までの間に測定した。

4) 陸上貯木・厳冬期測定用は上記3)の材料をそのまま使用した。測定位置は初冬期のところから1.8 mずれた材上表面に、上記3)と同様な4点を設けた。なお、積雪が材内の温度にどのような影響をあたえるかを知らるために積雪10 cm, 25 cmに調整した材内5 cmの温度を同時に測定した(第6図)。測定期間は1965年1月20日から2月10日である。

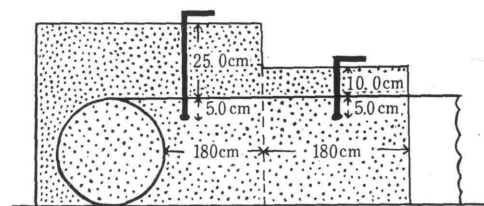
なお、調査期間中に降雪あつた場合はそのつど除雪して測定した。



第5図 曲管温度計装置図



第6図 海水浸漬部の測定位置



第7図 陸上貯木積雪下の測定位置

第6表 水中貯木時の材温

		最 高	最 低	平	均			
		初 冬 期	初 冬 期	初 冬 期	初 冬 期			
材 内 部 の 温 度	{ 浮上部	5cm	14.9°C	1.2°C	-0.4°C	- 7.0°C	5.3(±4.23)	-2.6(±1.92)
		10	12.3	0	0.4	- 3.2	5.5(±2.40)	-1.3(±0.89)
		15	12.5	0.5	1.5	- 2.7	6.4(±2.20)	-0.8(±0.87)
	{ 浸欄部	5	—	2.5	—	- 1.5	—	0.7(±1.00)
		10	—	2.5	—	- 1.5	—	0.4(±0.96)
		気 温	14.5	-1.0	-2.5	-12.8	6.9(±4.94)	-4.5(±2.97)
水 温	13.0	3.5	1.0	- 2.0	8.3(±3.06)	0.3(±1.52)		

第7表 陸上貯木時の材温

		最 高	最 低	平 均		
		初 冬 期	厳 冬 期	初 冬 期	厳 冬 期	初 冬 期
材内部の温度	雪上露出部					
	5 cm	7.7°C	-0.8°C	-0.5°C	-6.5°C	3.4(±2.34)
	10	5.5	-1.0	-0.5	-5.5	3.3(±1.94)
	15	5.5	-1.0	0	-4.7	3.4(±2.08)
	30	6.0	-1.2	1.0	-3.0	3.7(±1.82)
	積雪下					
	10 cm	—	-1.0	—	-4.5	—
	25	—	-0.5	—	-3.5	—
気 温		9.8	4.3	-6.0	-7.6	4.6(±3.26)

2. 結 果

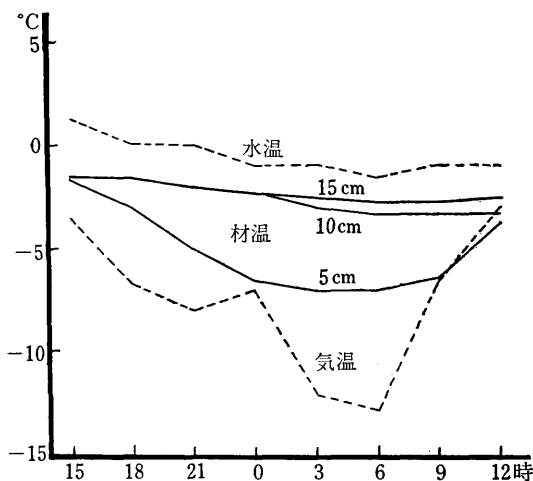
第6表・第7表のとおり、平均材温は初冬期ではどの部分も気温、水温より低く、3~6°Cであるのに対し、厳冬期は平均気温より高い傾向にあった。

特に指摘したいことは、材内の温度が厳冬期には常に0°C以下で、虫の冷死に充分な温度になっていることである。

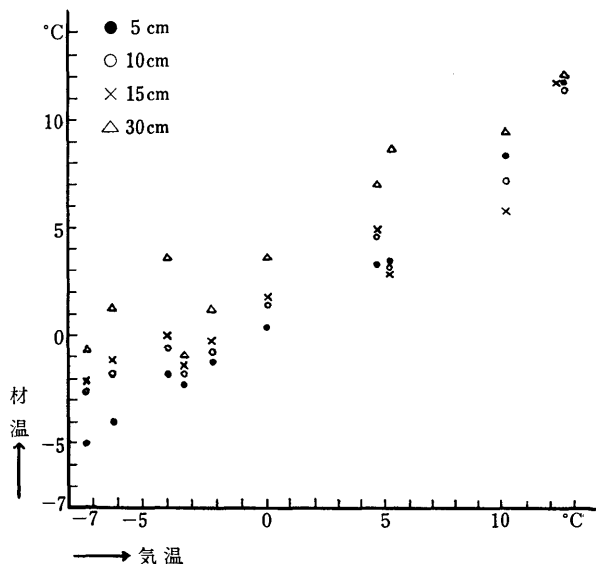
次に深さ別にこれを見ると、5 cm では水中、陸上いずれの場合も偏差は最も大きく気温の影響を受けて変動するが、深度が深くなるにつれて偏差は少なくなり、第8図のように気温が-12.8°Cに低下したときでも10 cm、15 cmではほとんど気温の影響をうけずに安定しており、むしろ海水温の変化に近い傾向にある。

第9図、第10図は、毎日の平均材内温度を深さ別に、気温に対して図示したものであるが、この図からも上記の傾向を読みとることができる。

さらに、水中貯木時と陸上貯木時の温度変化を比



第8図 水中貯木時の材温変化 (1964年2月9日)



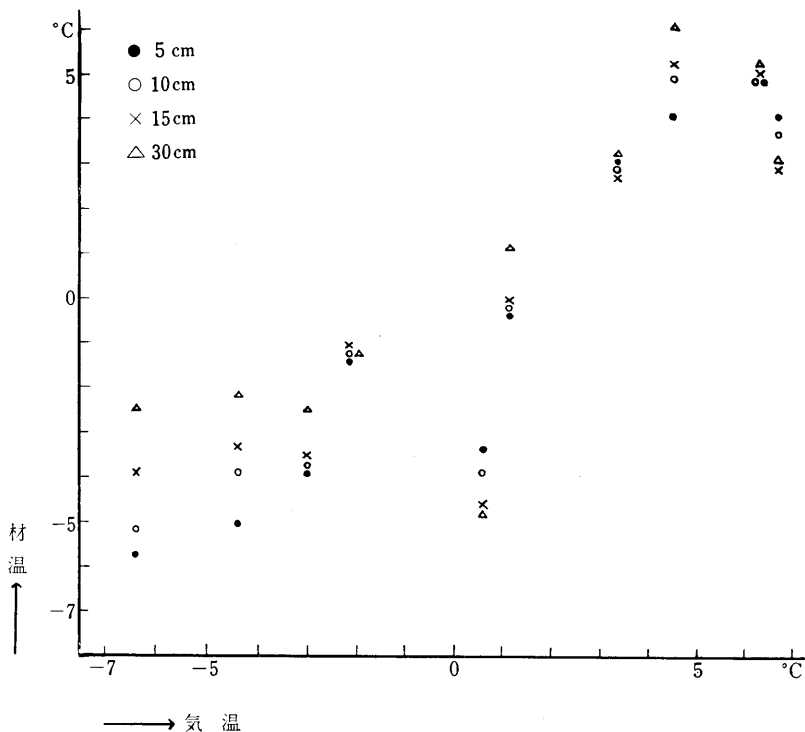
第9図 水中貯木時における各部の材温と気温との関係

較すると、陸上の場合内部まで冷却ははげしい(第7表)。これは陸上貯木では水温の影響がないためであろう。水中貯木時の浸漬部では、どの深さも海水温とほぼ等しく、変化の様相も類似しており、0°C前後に安定していた(第6表)。

最後に、積雪が材温にあたえる影響を知るため陸上貯木時に行なった試験では、材内5 cmで、積雪が10 cmまたは25 cmある場合の平均温度は、それぞれ、-2.9°C、-2.0°Cを示し、材内15 cm、30 cmの平均温度-2.9°C、-2.2°Cとほぼ一致しており、この時期での積雪は、木材と同程度の断熱性があることをしめした。

VI. 考 察

Xyleborus perforans WOLLASTON 成虫の Dry の状態における過冷却点は、条件を変えた2回の測定結果が



第10図 陸上貯木時における各部の材温と気温との関係

もらかなりの低温であることがわかったが、虫の生息密度の最も高い辺材部の水分含量は48~50%なので(高島・南ほか; 未発表), この過冷却点よりはるかに高い温度で虫体は植氷*により凍結する可能性があると考えられる。

虫体の生死は、その周囲にある水分の存否に著しく影響され、常温下ではDryの状態での死虫率は極めて高いのに対し、低温下では反対にWetの状態の方が死虫率は高くなる。虫体が低温で死滅する場合の機構として、植氷に起因する凍死と、凍死するに至らない低温であっても接触時間の長さに起因する冷死の二つがあげられる(朝比奈; 1959-a, 1959-b)。

凍死を対象に行なった低温短期処理試験では、上記を裏付けるようにWet -7°Cで24時間以内に100%の死虫率を示した。一般にぬれている虫は、乾燥している虫よりも冷却された場合は凍りやすい。これは外部に付いた水がまず凍り、このため体内の過冷却している水分が植氷されるものと考えられる(朝比奈; 1959-b)。自然

状態に近いWetの場合は、この昆虫では-5°Cから-7°Cの間に虫体に植氷を起す温度があるのかも知れない。

つぎに冷死について実験してみた。冷死とは凍結に至らぬ程度の冷却によってその虫の代謝に障害がおり、遂に死ぬと考えられるもので通常凍死よりはるかに時間がかかる(朝比奈; 1959-b, UVAROV; 1935)。

Wetの状態のもとで行なった低温処理試験では、0°C以下の低温に6日間処理したものは13日以内に100%の死虫率が得られた。しかし、この試験では標準区の死虫率が高く、5°C区との有意差は認められなかったで、今後はこの原因についてさらに究明する必要がある。

そこで、この点を補足する目的もあって、材片ブロック内の虫の低温処理を行なった。ここでは標準区とした15°C区が36日目に44%の生虫がみとめられたのに対し、野外温および、3~4°Cではそれぞれ12日、24日以内に100%の死虫率を示したことから、長期間低温にさらされた場合の冷死が裏付けられたといえる。

筆者らはかつて、南洋材から発見される害虫のうちで最も発見頻度の多い2種 *Xyleborus perforans* WOLLA-

* 水の凍結は自発的におこる場合と他の氷晶にふれた結果としておこる場合とがある。後者の現象を植氷という(朝比奈; 1959-b)。

STON, *Crossotarsus biturcus* SCHEDL のピンホールについて、その密度分布を調査したことがあったが(高島, 南ほか 1964), これによると、材の表面から 3~6 cm のものが最も多く、8~12 cm になると密度も稀になり、深さ 15 cm に達するピンホールは全く認められなかった。これらのことから、冬期間の材内温度の測定は、深さ 5~10 cm の部分について重点的に行なったのであるが、第 9 図および、第 10 図から一日の平均気温 0°C のとき深さ 15 cm の材温は 2°C 以下となり、この部分に生息する虫でも冷死するに十分な条件におかれていると推定できる。

いっぽう、耐寒性の低い虫がこのような低温にさらされた場合、凍死あるいは冷死するまでには至らないときでも虫の生理状態を乱し、畸形となったり、変態、生殖に障害をおよぼすことが考えられるので(UVAROV; 1935), 少なくとも月平均 0°C 以下の期間に輸入される南洋材については、その材が 12 日以上期間上記の気温下に置かれる場合は特に殺虫処理を行わなくても検疫上の不安はないものと考えられる。

これまでの上記の各種試験で、低温が南洋材寄生害虫におよぼす影響について一応の傾向は把握できたように思われるが、供試材料が豊富に得られなかったため、それぞれの試験で、同種、同条件の供試虫を使用できなかったほか、虫の各態、各種類についての資料に乏しいので、今後これらのものについてさらに究明してゆく必要がある。

VII. 摘 要

冬期間、寒地に輸入される南洋材の検疫方法を検討するため、害虫の生死に影響する低温ならびに、材温の変化等、関連する数種の項目について調査した。

1. 冷却槽内温度 -34°C, -15°C における *Xyleborus perforans* WOLLASTON 成虫が凍り始める温度は、平均 -17.13°C, および -12.9°C でかなり低い温度である。

2. 凍死を目的に行なった低温短期処理試験では、処理後 24 時間で、Dry -10°C 区は 60% の生存虫が認められたのに対し、Wet -7°C 区は全頭死亡する結果を得た。このことから自然状態に近いと考えられる Wet の条件下では、-5°C から -7°C の間に植氷により虫体が凍結する温度があると考えられる。

3. 冷死を目的に行なった低温長期処理試験では、0°C 以下のものは日数を経過するにしたがって処理による影響が認められ、ことに 0°C 以下の低温に 6 日間処

理したものは加温後 13 日以内に 100% の死虫率が得られた。

なお標準区の死虫率が高く、5°C 処理区との有意差は認められなかったもので、この点さらに究明する必要がある。

4. 材片ブロック内の *Xyleborus perforans* WOLLASTON は、野外温(平均気温 -1.3°C)では 12 日、3~4°C では 24 日以内に全頭の冷死が認められた。

5. 虫の生息密度の最も高い部分は表面下 3~6 cm で、この部分の材の含水量 48~50% Wet の状態にある。

6. 貯木場における平均材温は、初冬期ではどの部分も気温、水温より低く 3~6°C であるのに対し、厳冬期は平均気温より高い傾向にあるが、常に 0°C 以下である。

7. 水中貯木の浸漬部の材温は、厳冬期には水温と等しくなり 0°C 前後である。また、陸上貯木では材の内部まで冷却がはげしく、さらに、積雪下の材温は、積雪量を加えた深さの材温とほぼ等しくなる。

8. これらの材温測定値から、一日の平均気温 0°C 以下のとき、深さ 15 cm の材温は 2°C 以下となり、この部分に生息する虫でも冷死するに十分な条件下におかれているといえる。

VIII. 文 献

- 朝比奈英三(1959-a) 凍結した生物の生存と死. 科学, 29 (11)
 朝比奈英三(1959-b) 越冬昆虫の耐寒性(実験形態学新説) 養賢堂.
 UVAROV, B. P., 素木得一訳(1935) 昆虫と気候.

Summary

In an effort to contribute to the improvement of the quarantine of Lauan timbers imported during cold winter, the authors undertook the study of the effect of low-extreme temperature and some associated factors on the fate of timber pests.

In the freezing boxes that were adjusted to -34°C and -15°C, the adult of *Xyleborus perforans* WOLLASTON began to freeze at the average of -17.1°C and -12.9°C, respectively.

The test on the lethal low temperature at the relatively shorter exposure of 24 hrs showed 60%

survival of dry insects whereas 100 % kill was obtained with the moistened insects. This indicates that, in natural wet conditions, the lethal freezing point for the insect lies within the range of -5 to -7°C .

In the relatively longer exposure series, the effect of the treatment became apparent from below 0°C . When the insects were exposed to the temperature below 0°C for six days, 100 % kill was obtained within 13 days after thawing. In this test, however, the mortality of the untreated control was unusually high to give no significant difference from that of 5°C treatment, thus justifying further studies.

Xyleborus perforans WOLLASTON lurking in timber blocks were completely killed under the natural outdoor conditions when exposed to the average temperature of -1.3°C for 12 days and $3-4^{\circ}\text{C}$ for 24 days, respec-

tively.

The site of the heaviest infestation with this insect was confined to 3-6 cm from the log surface where the moisture content was 48-50 %.

In early winter, the temperature in average of any portions of the logs whether below or above the water level showed the range of $3-6^{\circ}\text{C}$ which is lower than the surrounding water or atmosphere. During the mid-winter, however, it was always below 0°C , but was usually higher than the average air temperature.

When the average air temperature is below 0°C , the internal portion of the log which is 15 cm deep from the surface usually get below 2°C , thus providing with no chance of survival for the pin-hole borers.