

# 殺虫処理効果判定用テストサンプルの高温耐性の検討

岩田 泰幸

## 1. はじめに

公益財団法人文化財虫菌害研究所（以下、文虫研という。）では、文虫研が認定している文化財用殺虫処理剤のヴァイケーン（主成分：フッ化スルフルル）、アルプ（アルアルアルプを含む。）（主成分：酸化プロピレン）、エキヒュームS（主成分：酸化エチレン）、えきたんくん（主成分：二酸化炭素）の殺虫処理効果判定用テストサンプル（以下、テストサンプルという。）としてコクゾウムシ *Sitophilus zeamais* を用いている（公益財団法人文化財虫菌害研究所，2015）。

殺虫処理を行う際にはテストサンプルを処理空間の内外にそれぞれ設置し、処理後のサンプルの致死状況を確認することにより薬剤の殺虫効果の判定を行う。処理空間内に設置したテストサンプルの致死率が100%であり、かつ、処理空間外に設置したテストサンプルが生存している場合に限り合格の判定とする。処理空間内外のテストサンプルの生死を比較することにより、薬剤以外の影響でテストサンプルが死滅したものでないことの根拠としている。

テストサンプルは、当然ながら、殺虫処理が開始されるまで生存している必要があり、処理空間外に設置するテストサンプル（コントロール（無処理対象）と呼称する。）は殺虫処理を経て文虫研に返送されるまで生存していなければならない。

しかし、テストサンプルは生きたコクゾウムシであることから、例えば、輸送、保管中に生存に適さない温度条件にさらされると死滅する可能性がある。特に近年は夏期の最高気温の上昇や最高気温が35℃以上となる猛暑日の増加、高温期の長期化が頻発しているため、テストサンプルが高温にさらされる機会が増えている。

現在テストサンプルは温度20～25℃で保管するよう注意喚起しているが、輸送は原則として格

別の温度管理のない状態で行われることから、上記の推奨温度を維持することは難しいと考えられる。

なお、コクゾウムシの繁殖と温度の関係については10～35℃における実験結果に基づく系統的な報告があるが（原田，1971）、コクゾウムシの致死と高温の関係についての知見は断片的であり、最も好適な繁殖温度が28℃であること、35℃では繁殖はできず期間が長ければ死滅すること（原田，1971）、高温処理の温度条件である55～57℃では4時間で死滅することが知られているのみである（木川他，1998）。コクゾウムシが何℃に何時間さらされると死滅するのか調べられた詳細な記録はなく、また、テストサンプル輸送中にどういった温度変化が生じているのかについてもデータはない。

そこで、テストサンプルを高温条件下に保管した際のコクゾウムシの致死状況を明らかにするとともに、輸送中のテストサンプルの温度も測定することにより、輸送中に高温にさらされることでコクゾウムシが死滅する可能性があるかどうかを、明らかにすることを目的とし実験と測定を行った。

またコクゾウムシとの比較のため、文化財害虫であるヒメカツオブシムシ *Attagenus unicolor japonicus* も高温下にさらし、致死状況を調べた。

## 2. 材料と方法

### 2-1. 高温耐性実験

#### (1) 材料

実験1回ごとに内容量15mlのガラス瓶に、それぞれ次のものを入れて用いた。

- ①コクゾウムシ成虫60匹と玄米を入れたもの。
- ②コクゾウムシの被害米9gを入れたもの。被害米とは玄米内部に、コクゾウムシの卵、幼

虫、蛹の異なる成長過程の個体が含まれているものである。米1粒内に何匹のコクゾウムシがいるか目視で判断できないため、匹数ではなくグラムで1回あたりの量を決めた。

- ③ヒメカツオブシムシ成虫10匹と玄米を入れたもの。
- ④ヒメカツオブシムシ老熟幼虫(体長約8～9mmのもの)10匹と玄米を入れたもの。

## (2) 方法

次の手順で行った。

- ①前述の材料を文虫研内の室温約23℃(無処理区)と、恒温器内(ヤマト科学株式会社製IC-101)で温度30～55℃の範囲にて5℃刻みで30分, 1, 2, 4, 6, 8時間, それぞれ保管した。前述の処置は2017年9月22～29日に行った。
- ②各温度, 各時間で処理した後, コクゾウムシ成虫とヒメカツオブシムシ成虫・幼虫は約1週間後(2017年9月29日～10月6日)の生存数を, コクゾウムシ被害米は約4週間後(2017年10月23～31日)の羽化数を数えた。

## 2-2. テストサンプル輸送中の温度測定

### (1) 材料

テストサンプル輸送用のダンボール箱(内寸:縦130×横165×高35mm)にボタン電池型データロガー(株式会社KNラボラトリーズ製サーモクロンGタイプ:直径17×厚み6mm, 3.3g)とテストサンプル(内容量15mlのガラス瓶にコクゾウムシ成虫20匹と被害米3gを入れたもの)を入れたものを輸送した。

### (2) 方法

次の手順で行った。

- ①日本液炭株式会社の協力を受け, 前述の材料を文虫研(東京都新宿区)から以下の各支社, 支店, 部署に宅配便と郵便の2通りの方法(ともに陸路)で2017年8月28日に発送した。

A: 北海道支店(北海道石狩市新港西3-750-1)

B: 東北支社(宮城県仙台市宮城野区榴岡4-2-3仙台MTビル10階)

C: 開発部(埼玉県久喜市清久町1-2)

D: 関西支社(大阪府大阪市西区新町1-16-1大陽日酸新町ビル)

E: 中四国支社(岡山県倉敷市阿知1-15-15倉敷フコク生命ビル4階)

F: 九州支社(福岡県福岡市博多区博多駅東2-5-28博多借成ビル5階)

- ②上記①の各所でテストサンプルを受けとり, 間を置かず文虫研へ返送した。
- ③文虫研に全てのテストサンプルが返却された後にデータロガーを停止し, 併せて同封したコクゾウムシの生死を目視で確認した。
- ④データロガーによる測定は2017年8月28日午前9時(発送時)から9月1日午前10時30分まで97.5時間連続して行い, 輸送中(往復)の温度を0.5℃間隔で30分おきに測定した。文虫研へのテストサンプルの到着日時は若干の差があったが, いずれのルートについても, 往復のデータを含むように, 上記の期間のデータを抽出した。

## 3. 結果

### 3-1. 高温耐性実験

実験に用いたコクゾウムシの生存数, 発生数を表1に, ヒメカツオブシムシの生存数を表2に示す。それぞれ次の結果が得られた。

#### (1) コクゾウムシ

- ①温度50℃に2時間以上, あるいは温度55℃に1時間以上さらすと卵, 幼虫, 蛹, 成虫はいずれも死滅した。
- ②温度45℃に4時間以上さらすと死ぬ数が増えた。
- ③温度40℃以下に8時間未満さらした場合, 死ぬものは少なかった。

#### (2) ヒメカツオブシムシ

- ①成虫は, 温度45℃に4時間以上, 温度50℃以上に1時間以上さらすと死滅した。
- ②幼虫は, 温度45℃に6時間以上, 温度50℃に2時間以上, 温度55℃に1時間以上さらすと死滅した。
- ③温度45℃に2時間さらすと死ぬ数が増えた。
- ④温度40℃以下に8時間未満さらした場合, 死ぬものは少なかった。

### 3-2. テストサンプル輸送中の温度測定

実験に用いたデータロガーの測定値の最高温度、最低温度、平均を表3, 4に、温度変動の推移をグラフ1.~6.に示す。次の結果が得られた。

なお、輸送用ダンボール箱にデータロガーと同封したテストサンプルのククゾウムシは全ての便で生存を確認した。

- (1) 今回の実施期間（2017年8月28日午前9時から9月1日午前10時30分）における、最高温度は38.5℃（九州へ発送した宅配便）だった。
- (2) 九州へ発送した宅配便では、半日（12時間）以上にわたり30℃より高い温度に連続してさらされていた。
- (3) 輸送中に短時間（30分程度）での急激な温度変化はないが、全行程で見れば最高・最低温度の差が15℃以上になる場合もあった。特に宅配便で東京から北海道か九州へ発送した際には温度差が大きかった。

## 4. 考察

前述の結果から、次のことが考えられる。

### (1) テストサンプルの高温耐性について

実験結果および測定結果から、ククゾウムシは温度が45℃に達すると死ぬものが急激に増えると考えられる。一方、今回の輸送実験中に最高温度が38.5℃に達してもデータロガーと同封したテストサンプルのククゾウムシが生存していたこと、高温耐性実験において40℃で8時間処理しても生存していたことから、40℃近くに達しても比較的短時間であれば生存することがわかった。

したがって、東京から陸路で北海道か九州までの範囲で輸送する際に、その過程で高温が原因でククゾウムシが死滅する可能性は低いと考えられる。

しかし、外気温が40℃を越える場合もある7月上旬から8月中旬（気象庁web., 2017）には、輸送中の温度の最高到達点が45℃を超える可能性もあるので、今後の気温の変化（特に高温化）を注視しておく必要がある。

また、宅配業者からテストサンプルを受け取った後の取り扱いとしては、夏期にエアコンが停止し閉められた車内にテストサンプルを放置した

場合、日中は温度が50℃を超える場合もあるので（高橋他, 2000; JAF, 2012）、受け取りから施工までの間の温度管理にも留意することが重要である。なお、これは殺虫処理中にコントロールを設置する場所の温度管理に対してもいえることである。

### (2) 高温がククゾウムシに与える影響

今回の実験結果から、温度40℃以下に8時間未満さらした場合は、死に至る個体は少ないと考えられる。しかし、ククゾウムシの繁殖にもっとも好適な温度は28℃であり、35℃では繁殖が見られず長期間この温度にさらされれば死滅するとされる（原田, 1971）。すなわち、30℃以上に長時間さらされることは、ククゾウムシにとって少なからずストレスとなるだろうから、即死することはなくとも、成虫の寿命や幼虫の成長に悪影響が生じる可能性が高い。

特に夏期に「えきたんくん」で二酸化炭素処理を行う際にテストサンプルを用いる場合、コントロールは調製から処理を経て返却されるまで少なくとも約30日間はククゾウムシが生存している必要があるため（岩田, 2016）、テストサンプルが30℃以上に長時間さらされると蓄積したストレスにより致死率が上がるのが予想されるので注意した方がよい。

### (3) 昆虫の種類による高温耐性の差

高温耐性実験の結果から、ククゾウムシとヒメカツオブシムシでは高温への耐性に差があり、ククゾウムシの方がより高温に強いと推測された。

ヒメカツオブシムシについては、屋外では年1化で成虫は主に春から初夏に見られ（西村, 2015）、飼育でも主に春と秋に成虫が見られることから（岩田未発表）、成虫の高温耐性は低いと考えられる。また、ヒメカツオブシムシは発生時の最適温度が25℃であるとの報告もあり（田中, 1991）、ククゾウムシの繁殖・発育の最適温度28℃よりも低いことから、ヒメカツオブシムシの幼虫も高温に対して比較的弱いと思われる。

ククゾウムシよりも高温に強いことが示唆されている昆虫としてはタバコシバンムシ *Lasioderma serricorne* があり、卵、幼虫、蛹、成虫を全て死滅させるには温度50℃では24時

間、60℃では数分を要するという(Howe,1957; 深澤, 2015)。

特に熱帯域に種類が多いシバンムシ類, ヒョウホンムシ類, ヒラタキクイムシ類は高温に強い可能性が高いので, 耐性が明らかでない種類については実験データを蓄積していく必要がある。

## 5. テストサンプルの使用に際しての注意

本実験により得られた結果および考察から, テストサンプルは温度が35℃に達しない場所で保管・使用する必要があると考えられる。

また, 温度30~34℃に8時間以上さらされる環境下では, 即死せずとも衰弱する可能性があるため, 特に処理期間が長くなる二酸化炭素処理でテストサンプルを使用する際には, 保管・設置場所の温度に気をつけていただきたい。

これまで, テストサンプルの保管には温度20~25℃を推奨してきたが, この温度範囲は致死に至る可能性が低く, かつ, 活発に活動しすぎない温度として妥当な値と考えられる。すべての現場において厳密に推奨する温度条件を守ることは難しいと考えられるが, 少なくとも致死温度やそれに至る時間を考慮しながらテストサンプルを取り扱うことが大切である。

## 6. 謝辞

テストサンプルの輸送実験を行うに際して, 日本液炭株式会社にご多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

(いわた・やすゆき

公益財団法人 文化財虫菌害研究所)

## 引用文献

深澤直人(2015)タバコシバンムシ. 上村 清(監修), 工場における虫侵入・発生防止対策, 62-68pp, 技術情報協会.

原田豊秋(1971)食糧害虫の生態と防除. 527pp. 光琳書院.

Howe,R.W.(1957) A Laboratory Study of the Cigarette Beetle, *Lasioderma serricorne* (F.)(Col. Anobiidae) with a Critical Review of the Literature on its Biology. Bulletin of Entomological Research, 48(1):9-56.

岩田泰幸(2016)殺虫処理効果判定用テストサンプルの有効期間の検討. 文化財の虫菌害, (72):27-29.

JAF(一般社団法人日本自動車連盟)(2012)JAFユーザーテスト 車内温度/夏(2017年11月20日参照) <http://www.jaf.or.jp/eco-safety/safety/usertest/temperature/detail2.htm>

木川りか・永山あい・山野勝次(1998)温度を利用した殺虫法(1)-低温処理および高温処理による殺虫効果の検討-. 保存科学, (37)15-22.

気象庁(2017)歴代全国ランキング「最高気温の高い方から」(2017年11月17日参照) <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/rankall.php>

公益財団法人文化財虫菌害研究所(2015)文化財の殺虫・殺菌処理標準仕様書2016年版. 102pp. 公益財団法人文化財虫菌害研究所.

西村知良(2015)カツオブシムシ類. 上村 清(監修), 工場における虫侵入・発生防止対策, 45-49pp, 技術情報協会.

高橋美加・佐々木昭彦・内山巖雄・西田泰(2000)乳幼児の熱中症事故からみた車内温度上昇の抑制(フィルムの効果). 人間・生活環境系シンポジウム報告集, 24:211-212.

田中和男(1991)ヒメカツオブシムシ. 厚生省生活衛生局(監修), 原色ベストコントロール図説第I集, 26-2~26-7pp, 社団法人日本ベストコントロール協会.

表1. コクゾウムシによる高温耐性実験の結果

	30℃		35℃		40℃		45℃		50℃		55℃	
	成虫	幼虫等	成虫	幼虫等	成虫	幼虫等	成虫	幼虫等	成虫	幼虫等	成虫	幼虫等
無処理	90	235	60	193	59	244	60	232	60	235	60	241
30分	58	226	60	208	60	240	59	141	50	83	30	51
15時間	90	234	60	241	60	250	60	123	11	23	0	0
29時間	59	239	60	264	60	237	51	156	0	0	0	0
49時間	60	210	60	211	60	246	49	23	0	0	0	0
69時間	60	278	60	249	60	228	38	27	0	0	0	0
89時間	57	245	60	269	57	221	7	9	0	0	0	0

表中の数字は, 成虫は生存数, 幼虫等(卵, 幼虫, 蛹が含まれる)は発生数(羽化数)を示す。

表2. ヒメカツオブシムシによる高温耐性実験の結果

処理時間	30℃		35℃		40℃		45℃		50℃		55℃	
	成虫	幼虫	成虫	幼虫	成虫	幼虫	成虫	幼虫	成虫	幼虫	成虫	幼虫
無処理	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
30分	10	10	10	10	10	10	9	10	4	10	4	8
1時間	10	10	10	10	10	10	9	10	0	1	0	0
2時間	10	10	10	10	10	10	2	8	0	0	0	0
4時間	10	10	10	10	9	9	0	3	0	0	0	0
6時間	10	10	10	10	9	9	0	0	0	0	0	0
8時間	10	10	10	10	8	9	0	0	0	0	0	0

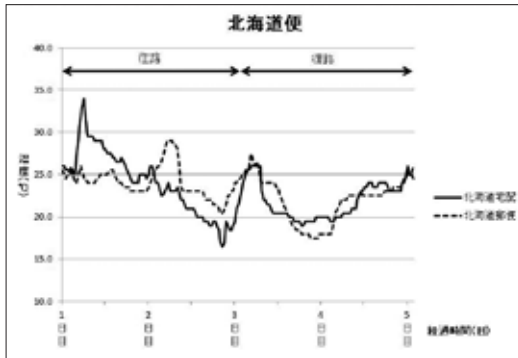
表中の数字は、成虫・幼虫ともに生存数を示す。

表3. 宅配便によるテストサンプル輸送中の最高・最低・平均温度

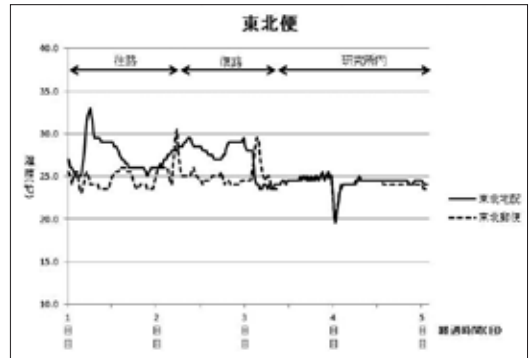
宅配便	北海道	東北	関東	関西	中国	九州
最高温度	34	33	33	33.5	36	38.5
最低温度	16.5	25	24.5	24	23.5	22
平均	23	26.1	26.8	26.2	27.5	28.1

表4. 郵便によるテストサンプル輸送中の最高・最低・平均温度

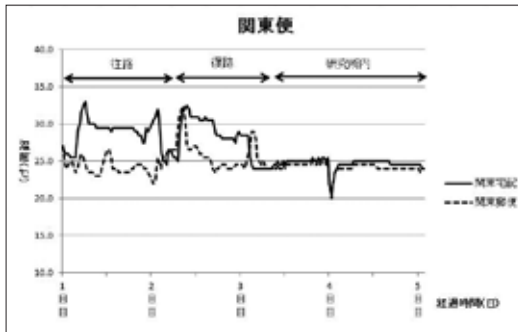
郵便	北海道	東北	関東	関西	中国	九州
最高温度	29	30.5	32.5	30	27.5	32
最低温度	17.5	23	22	23.5	22	22
平均	23.2	24.6	24.7	25.6	23.9	25.6



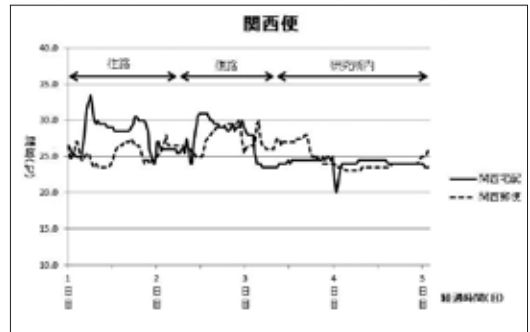
グラフ1. テストサンプル輸送中の温度変化(北海道便)



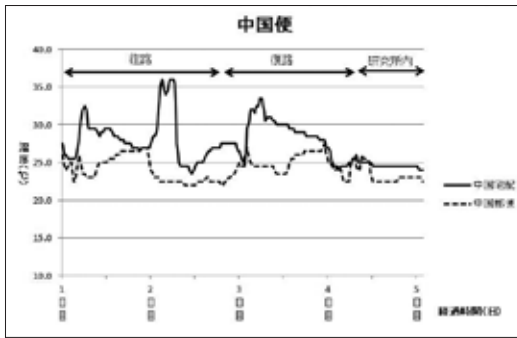
グラフ2. テストサンプル輸送中の温度変化(東北便)



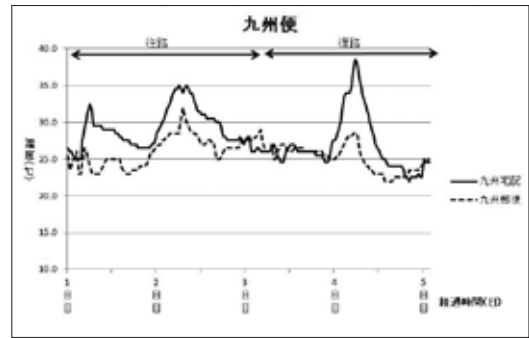
グラフ3. テストサンプル輸送中の温度変化(関東便)



グラフ4. テストサンプル輸送中の温度変化(関西便)



グラフ5. テストサンプル輸送中の温度変化(中国便)



グラフ6. テストサンプル輸送中の温度変化(九州便)