

## クロチアニジン薬剤散布による松くい虫防除効果

福原一成・遠藤良太(千葉県農林総研森林)・須藤智博(住化グリーン株)

**要旨:** フェントロチオンより施用薬量が少なくても松くい虫防除効果が期待できるクロチアニジンについて、マイクロカプセル薬剤100倍および150倍希釈液を用いた林分散布試験を千葉県九十九里海岸のクロマツ林で実施した。その結果、散布をしなかった場合よりも明らかにクロマツ枯死率は低く、既存のフェントロチオンマイクロカプセル50倍希釈と比べても差はなかった。また、クロチアニジンの後食防止効果は、散布後に採取した枝をマツノマダラカミキリに摂食させた試験からも確認された。さらに、100倍希釈液と150倍希釈液では効果に差がなく、事業的に有効な散布濃度は150倍希釈液であることが明らかとなった。

**キーワード:** クロチアニジン, 防除効果, 松くい虫, 薬剤散布

**Abstract:** For pine wilt disease, clothianidin is expected the same effect that has little quantity used from fenitrothion. A spraying examination was conducted in the Japanese black pine forest reserve of the Chiba prefectural Kujūkuri seashore using 100-times and 150-times diluted solutions of microcapsulated chemicals of clothianidin. Results show that the mortality rate of Japanese black pine sprayed with clothianidin was lower than that after no spraying. No difference was found in the mortality rate of spraying clothianidin (100-times or 150-times dilution) and fenitrothion (50-times dilution). From examination of *Monochamus alternatus* fed pine branches sprayed with clothianidin, the suppression effect on naturation feeding of clothianidin was confirmed. Furthermore, comparison of effects of the 100-times diluted solution with those of the 150-times diluted solution clarified that the latter was clearly the more effective.

**Key words:** Clothianidin, antagonistic effect, pine weevils, chemical spray

## I はじめに

長い海岸線を有する千葉県では、飛砂、塩害などを防ぐために海岸防災林は重要である。そこで、防災林の主な構成種であるクロマツ(以下、マツと記す)について、松くい虫防除事業で薬剤散布を実施している。一方、海岸保安林と県民の生活地域が近接している本県特有の環境条件から、より環境負荷の少ない薬剤を利用した松くい虫防除技術の開発が進められてきた。ネオニコチノイド系のアセタミプリドはマツノマダラカミキリ(以下、マダラカミキリと記す)成虫に対する後食阻害効果が優れており(1, 4)、従来利用されてきた有機リン系のフェントロチオン(以下、MEPと記す)と比べ、原体(有効成分)を低濃度とした液剤を散布しても、MEPと同程度の松くい虫防除効果があることが現地実証試験から明らかにされた(3)。これにより、千葉県では平成16年度から県営防除事業でアセタミプリドの使用が始まった。

今後も、松くい虫防除のための薬剤散布事業をすみや

かに継続していくためには、選択できる薬剤数の増加や減農薬化に取り組んでいくことが重要である。そこで、原体が安全性の高い普通物であり脊椎動物に対しては高い安全性が確認されているネオニコチノイド系クロチアニジン(2, 6)の希釈液を用いた林分レベルの散布試験を行い、松枯れ防止効果を検討したので報告する。なお、本試験は2009年度および2010年度(社)林業薬剤協会委託試験で実施したものである。

## II 材料と方法

## 1. 薬剤散布林分試験におけるマツ枯死率

試験地は千葉県長生郡一宮町東浪見の海岸県有保安林の35~36年生マツ林内とし、クロチアニジンマイクロカプセル剤100倍希釈液散布区(以下、クロチアニジン100倍区と記す)、クロチアニジンマイクロカプセル150倍希釈液散布区(以下、クロチアニジン150倍区と記す)、MEPマイクロカプセル剤50倍希釈液散布区(以下、MEP50倍区と記す)、無散布区の4試験区を設定した。2009年

Kazunari FUKUHARA, Ryota ENDO (Chiba Pref. Agriculture and Forestry Res. Center. 1887-1, haniya, Sanmu, Chiba 289-1223), Tomohiro SUTOU (Sumika Green Co., Ltd. 4-2-1, Takatsukasa, Takaraduka, Hyogo665-0051)

Effect of clothianidin in chemical spray on suppression of pine wilt disease

および2010年、両年とも6月2日の早朝、鉄砲ノズル噴霧器を使用して無散布区を除く3試験区にそれぞれ1,2000/haの薬剤散布を実施した。散布量は千葉県営営松くい虫防除事業で実施している散布量である。

試験区の概要は表-1のとおりで、2009年は各試験区の面積を同一としたが、マツの立木密度のバラツキから試験区ごとの本数に違いが生じた。そこで、2010年はマツの立木本数が各区同一となるように設定した。両年とも散布時はほぼ無風、散布当日は降雨が無く薬剤の散布効果が期待できる状況であった。

薬剤の散布効果を確認するため、2009年は10月28日、2010年は10月29日に各試験区内のマツの枯死状況を調べた。得られた各試験区の枯死率については、有意差確率をBonferroniの方法で補正し、カイ二乗検定で違いを解析した。併せて、枯死要因がマツ材線虫病であるか否かを判定するため、ベールマン法を用いて枯死木の中のマツノザイセンチュウ（以下、ザイセンチュウと記す）の有無を確認した。対象木は各区の枯死木から無作為に20本を抽出し、幹の地上1.2m前後部分にドリルで穴を空けて試料を採取し、約35ccに調整し24時間以上経過した抽出液で観察した。2009年のクロチアニジン150倍区は全枯死木の8本とした。

## 2. 薬剤散布枝摂食による成虫の生存日数と後食面積

試験区に散布した薬剤のマダラカミキリ摂食に対する効果を確認するために、各試験区で無作為に10本のマツを選び、マダラカミキリ発生のおぼピークにあたる散布4週間後（2009年は7月1日、2010年は6月30日）、発生のおぼ終息期にあたる8週間後（2009年は7月27日、2010年は8月5日）に、マダラカミキリが好む若い枝先（当年枝および前年枝）をそれぞれ1本採取した。実験室内で長さ15cmに切り揃え、枝とマダラカミキリ1頭を樹脂製フードパック（190×100×30mm）に入れて7日間飼育し、マダラカミキリの生死を観察した。7日後に枝の後食部分について、平均的な長さとおぼ幅を測定し、この長さとおぼ幅を乗じて後食面積を算出した。マダラカミキリが生存していた場合は、14日目の時点で生死を確認し生存日数とした。なお、14日目の時点で生存していたマダラカミキリは、当研究所の飼育実績から23日を生存日数とした。供試虫は、千葉県九十九里海岸でそれぞれ試験前年に枯死したマツを研究所内に搬入し発生させたものを、4週間および8週間ともに10個体ずつ用いた。得られた各試験区の生存日数、後食面積については分散分析により検定を行い、各試験区の違いをTukeyの多重比較で検出した。なお、この分析には統計解析ソフトJMPver8を使用した。

## III 結果と考察

### 1. 薬剤散布林分試験におけるマツ枯死率

表-2にベールマン試験によりザイセンチュウを検出した結果を示した。ザイセンチュウの検出率は、2009年のクロチアニジン100倍区およびMEP50倍区では95%、これら以外では100%であり、試験地内のマツのほとんどがマツ材線虫病による枯死と考えられた。

2009年および2010年の各試験区のマツ枯死率を表-3に、各試験区の枯死率についてのカイ二乗検定結果を表-4に示した。2009年、2010年のいずれもクロチアニジン100倍区および150倍区は無処理区と比べ明らかに枯死率が低く、この違いはカイ二乗検定でも1%水準で検出され、薬剤の効果が明確に認められた。次に、MEP50倍区と比べると、2009年は同等であったが、2010年はMEP50倍区より枯死率が低かった。表-4に示したカイ二乗検定結果においても、2009年はクロチアニジン100倍区および150倍区とMEP50倍区でそれぞれ有意な差が認められなかったが、2010年はクロチアニジン100倍区、150倍区ともMEP50倍区と1%水準で有意な差が認められた。また、クロチアニジン100倍区と150倍区については、両年とも有意な差は認められなかった。

### 2. 薬剤散布枝摂食による成虫の生存日数と後食面積

表-5に2009年および2010年の薬剤散布4週間後と8週間後の薬剤散布枝の摂食によるマダラカミキリ成虫の平均生存日数と平均後食面積を、表-6にそれらの分散分析結果を示した。分散分析から後食面積は試験年（2009年<2010年）と散布後経過期間（4週間後<8週間後）に、生存日数では散布後経過期間（4週間後<8週間後）に、1%水準で有意な差が認められた。試験経過後の期間が長いほど薬剤効果は減少するので、4週間後と8週後に統計的な差が検出されたことは妥当である。なお、2009年のMEP50倍区では生存日数、後食面積とも8週の方が減少していた。この理由は明らかではないが、4週間後と8週後の採取枝が異なっていたこと、作業上の散布ムラの影響などが考えられる。後食面積について試験年で有意差が認められた理由も明らかではないが、マダラカミキリ生存日数に差がなかったことから、2010年に供試したマダラカミキリの方が一度に後食する量は旺盛であったと考えられる。

試験年と散布後経過期間に有意差があったことから、試験年、散布後経過期間ごとに分散分析を行い表-7に、Tukeyの多重比較で検定した4試験区相互の有意差を表-8に示した。2009年、2010年とも4週間後、8週間後のほとんどで、クロチアニジン100倍区、150倍区、MEP50倍区の生存日数と後食面積の値は、無散布区の値より少

ないことが統計的に検出された。2010年の8週後のクロチアニジン100倍区の生存日数のみ無散布区の値と有意水準5%で差が検出できなかったが、その確率は比較的有意に近い値(P=0.11)であった。したがって、クロチアニジン100倍および150倍をマツ林に散布した場合も、MEP50倍区同様、マダラカミキリのマツ枝摂食に効果があることが明らかとなった。

IV クロチアニジンマイクロカプセル100倍および150倍希釈液散布の実用性

クロチアニジンマイクロカプセル剤100倍および150倍希釈液は、MEPマイクロカプセル剤50倍希釈液と同様に松くい虫防除に効果があることが、現地散布試験においても実証できた。また、100倍希釈液と150倍希釈液については、散布したマツ林でのマツ枯損率および散布枝の摂食によるマダラカミキリ成虫の生存日数と後食面積に明確な差は認められず、クロチアニジンマイクロカプセルの施用濃度として100倍と150倍希釈液は、同程度の後食防止効果を持つと評価できた。したがって、マツ林への薬剤成分散布量が少なくなり、しかも事業費的にも安価となる150倍希釈液を用いることが、実際の使用にあたっては妥当と考えられる。

また、薬剤散布林分試験において、2010年のみであるが、クロチアニジンマイクロカプセル剤100倍および150倍希釈液散布によるマツ枯死率は、MEPマイクロカプセル剤50倍希釈液の枯死率と統計的に明らかな差があった。ここで、両年の無処理区の枯死率をみると、2010年の枯死率は2009年の枯死率より統計的に有意に高く(比率の差の検定, P<0.01), 2010年の方がマツは枯れやすい状況であったと考えられる。一般に高温状態ではマツの枯死が多いといわれている(7, 8)が、気象庁勝浦測候所気象統計データをみると、2010年の7月~9月の方が平均気温で2℃高かった。したがって、このような気象条件下ではクロチアニジンマイクロカプセル剤100倍および150倍希釈液は、MEPマイクロカプセル剤50倍希釈液以上の効果を示すことも可能性として考えられる。

なお、クロチアニジンはハチ類に対する感受性が高く(5), 養蜂業者の活動する地域や付近でハチ類による花粉媒介を実施している場合の使用は避けるべきである。多種多様な生物が息づく森林においては、ハチ類がクロチアニジンに対して極めて高い感受性を有していたように、薬剤に対する生物の予測できない反応が考えら

れる。したがって、松くい虫薬剤防除を円滑に実施していくためには、人や環境に対し安全性が高いと考えられる薬剤の開発を進め、事業実施の際の選択肢を増やすことが今後も重要である。

引用文献

- (1) 阿部 豊・中村一美・高橋英光・波多野連平・田中康詞・松原 功・田中勝洋 (1998) アセタミプリド剤のマツノマダラカミキリ後食防止効果, 日林論, 109: 385-386
- (2) 赤山敦夫・谷本時夫・大河原雄一・坂元法久・岩田淳・浅見憲子・荒木 勉 (2001) 新規殺虫剤クロチアニジンに関する研究(第1報), 日農薬講演要旨集, 26: 147
- (3) 石谷栄次・小澤道弘・斉藤 繁 (2004) 液剤を散布したマツ枝におけるアセタミプリドのマツノマダラカミキリに対する後食防止効果と残存量, 関東森林研究, 55: 205-206
- (4) 石谷栄次(2003) マツノマダラカミキリに対する新しい後食防止剤アセタミプリド液剤の効果と使用法の検討, 林業と薬剤, 165: 14-21
- (5) IWASA TAKAO, MOTOYAMA NAOKI, JOHN T.AMBROSE, R.MICHAEL ROE (2004) Mechanism for the differential Toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*, Crop Protection, 23: 371-378
- (6) 住化武田農薬(株)技術本部開発部開発第三グループ (2003) クロチアニジン毒性試験の概要, 日農薬誌, 28(1): 167-173
- (7) 竹内昭彦・奥田素男・細田隆治 (1975) マツの激害型枯損木の発生環境-温量からの解析-, 日林誌, 57(6): 169-175
- (8) 全国森林病虫獣害防除協会 (1997) 松くい虫(マツ材線虫病)-沿革と最近の研究-, 全国森林病虫獣害防除協会, 174pp

表-1. 薬剤散布試験地の概況

Table-1. Summary of each examination plots

|          | クロチアニジン   |       | MEP<br>50倍区 | 無散布区  |
|----------|-----------|-------|-------------|-------|
|          | 100倍区     | 150倍区 |             |       |
| 林 齢      | 35~37年生   |       |             |       |
| 樹 高(m)   | 7.8~12.5  |       |             |       |
| 胸高直径(cm) | 9.0~12.4  |       |             |       |
| 2009年    | 面積(ha)    | 0.72  | 0.75        | 0.72  |
|          | 立木密度(/ha) | 1,817 | 250         | 1,184 |
| 2010年    | 面積(ha)    | 0.30  | 0.33        | 0.54  |
|          | 立木密度(/ha) | 790   | 790         | 790   |

表-2. 各試験区におけるザイセンチュウ検出率 (%)

Table-2. Detection rates of the pine wood nematode in each examination plots

| 試験年   | クロチアニジン |       | MEP   | 無散布区  |
|-------|---------|-------|-------|-------|
|       | 100倍区   | 150倍区 | 50倍区  |       |
| 2009年 | 95.0    | 100.0 | 95.0  | 100.0 |
| 2010年 | 100.0   | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

表-4. 試験区相互のマツ枯死率のカイ二乗検定

Table-4. Chi-square tests of mortality rates of cross-examination plots

| 試験年   | クロチアニジン<br>100倍区 | クロチアニジン<br>150倍区 | MEP50倍区      |
|-------|------------------|------------------|--------------|
| 2009年 | クロチアニジン150倍区     | NS (2.922)       | -            |
|       | MEP50倍区          | NS (5.761)       | NS (0.042)   |
|       | 無散布区             | ** (186.860)     | ** (23.163)  |
| 2010年 | クロチアニジン150倍区     | NS (0.047)       | -            |
|       | MEP50倍区          | ** (26.109)      | ** (24.076)  |
|       | 無散布区             | ** (507.990)     | ** (502.094) |
|       | 無散布区             | ** (355.084)     | -            |

\*\* : 1%有意, NS : 有意差なし, ( )内はカイ二乗検定値  
有意確率はBonferroniの補正による  
\*\*, significance level 1%, NS, no significant difference  
( ) equal chi-square test value

表-3. 各試験区のマツ枯死率 (%)

Table-3. Mortality rates of pine trees in respective examination plots (%)

| 試験年   | クロチアニジン |       | MEP  | 無散布区 |
|-------|---------|-------|------|------|
|       | 100倍区   | 150倍区 | 50倍区 |      |
| 2009年 | 1.7     | 3.2   | 3.0  | 14.1 |
| 2010年 | 5.6     | 5.8   | 13.0 | 58.5 |

表-5. 各試験区から採取したマツ枝を与えたマダラカミキリの平均生存日数と後食面積

Table-5. Average of survival days and maturation feeding area of *Monochamus alternatus* fed pine branches collected from respective examination plots

| 試験年                            | 散布後<br>経過期間 | クロチアニジン |       | MEP   | 無処理区  |
|--------------------------------|-------------|---------|-------|-------|-------|
|                                |             | 100倍区   | 150倍区 | 50倍区  |       |
| 平均生存<br>日数                     | 2009年       | 4週間後    | 2.8   | 4.8   | 10.5  |
|                                | 8週間後        | 10.0    | 14.5  | 3.2   |       |
| 2010年                          | 4週間後        | 10.2    | 6.2   | 2.4   |       |
|                                | 8週間後        | 16.0    | 11.9  | 6.6   |       |
| 後食<br>面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 2009年       | 4週間後    | 26.3  | 104.3 | 332.3 |
|                                |             | 8週間後    | 266.9 | 732.6 | 239.4 |
|                                | 2010年       | 4週間後    | 344.6 | 38.5  | 81.1  |
|                                |             | 8週間後    | 582.4 | 314.1 | 489.5 |

表-6. 各試験区から採取したマツ枝を与えたマダラカミキリの生存日数と後食面積についての, 調査年, 散布後経過期間, 試験区を要因とした分散分析

Table-6. Analysis of variance of survival days of *Monochamus alternatus* and maturation feeding area collected from *Monochamus alternatus* fed pine branches for respective examination plots, examination year, and progress period after spraying and ezaminatio plot into a factor

| 要因      | 自由度 | 平均生存日数    |          |          | 後食面積      |            |          |
|---------|-----|-----------|----------|----------|-----------|------------|----------|
|         |     | 平方和       | 平均平方     | F値       | 平方和       | 平均平方       | F値       |
| 試験年     | 1   | 80        | 79.6     | 1.58 NS  | 4540696   | 4540696.0  | 16.13 ** |
| 散布後経過期間 | 1   | 529       | 528.6    | 10.50 ** | 3525297   | 3525297.0  | 12.52 ** |
| 試験区     | 3   | 6107      | 2035.7   | 40.44 ** | 63152070  | 21050690.0 | 74.77 ** |
| 誤差      | 154 | 35192091  | 281536.7 |          | 35192091  | 281536.7   |          |
| 全体      | 159 | 101046754 |          |          | 101046754 |            |          |

\*\* : 1%水準有意, NS : 有意差なし  
\*\*, significance level 1%, NS, no significant difference

表-7. 調査年, 散布後経過期間別の, 各試験区から採取したマツ枝を与えたマダラカミキリの生存日数と後食面積の分散分析

Table-7. Analysis of variance of average survival days and maturation feeding area collected from *Monochamus alternatus* fed pine branches of respective examination plots according to the examination year and progress period after spraying

| 試験年   | 要因  | 自由度 | 生存日数  |          |       |          | 後食面積       |           |            |          |
|-------|-----|-----|-------|----------|-------|----------|------------|-----------|------------|----------|
|       |     |     | 4週間後  |          | 8週間後  |          | 4週間後       |           | 8週間後       |          |
|       |     |     | 平均平方  | F値       | 平均平方  | F値       | 平均平方       | F値        | 平均平方       | F値       |
| 2009年 | 試験区 | 3   | 801.4 | 34.95 ** | 459.5 | 6.95 **  | 17417272.0 | 222.15 ** | 15796292.0 | 35.69 ** |
|       | 誤差  | 36  | 22.9  |          | 66.1  |          | 78402.7    |           | 442641.7   |          |
|       | 全体  | 39  |       |          |       |          |            |           |            |          |
| 2010年 | 試験区 | 3   | 539.8 | 11.07 ** | 689.6 | 17.43 ** | 2308548.0  | 24.88 **  | 5406023.0  | 23.69 ** |
|       | 誤差  | 36  | 48.8  |          | 39.6  |          | 92792.0    |           | 228161.0   |          |
|       | 全体  | 39  |       |          |       |          |            |           |            |          |

\*\* : 1%有意 \*\*, significance level 1%

表-8. Tukeyの多重比較による各試験区の有差検定

Table-8. Significance test of respective examination plots as assessed using Tukey's multiple comparison

| 試験年   | 散布後経過期間 | 生存日数                       | 後食面積                       |
|-------|---------|----------------------------|----------------------------|
| 2009年 | 4週間後    | 100倍区, 150倍区, M50倍区 < 無処理区 | 100倍区, 150倍区, M50倍区 < 無処理区 |
|       | 8週間後    | 100倍区, 150倍区, M50倍区 < 無処理区 | 100倍区, 150倍区, M50倍区 < 無処理区 |
| 2010年 | 4週間後    | 100倍区, 150倍区, M50倍区 < 無処理区 | 100倍区, 150倍区, M50倍区 < 無処理区 |
|       | 8週間後    | 150倍区, M50倍区 < 無処理区        | 100倍区, 150倍区, M50倍区 < 無処理区 |

100倍区:クロチアニジン100倍区, 150倍区:クロチアニジン150倍区, M50倍区:MEP50倍区

有意差の水準:太字1%,細字5%,

100倍区:Clothianidin 100-times plot, 150倍区:Clothianidin 150-times plot, M50倍区:MEP 50-times plot

significance level: bold typeface 1%, small typeface 5%