

# ナラ枯れ被害を受けたミズナラの薪加工処理による カシノナガキクイムシの駆除効果

伊藤 昌明・鷹山 裕人（青森県農林水産部林政課）

## 要約

ナラ枯れ被害を受けたミズナラを有効活用することを目的として、薪加工処理による羽化脱出抑制効果を検証した。その結果、薪に加工することによって、1m 長の丸太に比べて、脱出個体数が 1.10～2.23%に減少することが示された。また、秋伐採と春伐採で脱出個体数に差がないことが明らかとなった。以上の結果から、ミズナラ被害木を薪に加工することで、被害対策に効果があり、有効活用と両立できることが示された。また、薪からも脱出個体がみられたことから、中・激害地内で利用することが望ましいと思われた。

## I はじめに

2016 年に西津軽郡深浦町で発生したナラ枯れ被害は、2019 年以降 10,000 本を超える被害量となっており、2020 年には深浦町近隣の 6 市町村（弘前市、中津軽郡西目屋村、五所川原市、つがる市、西津軽郡鰺ヶ沢町、北津軽郡中泊町）でも被害が確認された。青森県では被害発生初期（被害木 10 本/ha 程度未満）の地域においては、被害木の全量駆除を実施しているが、被害発生中期以降（被害木 10 本/ha 程度以上）の地域では、カシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）の誘引捕殺や樹種転換等による森林整備を実施し、被害の拡大を防いでいる。

被害発生中期以降の被害地では、被害木の全量駆除が実施されていないことから、被害林分に被害木が残存しており、その多くがミズナラ被害木である。このミズナラ被害木を有効活用する方法として、青森県においては、ミズナラ被害木を原木に利用したきのこ栽培が提案されており（伊藤・矢本，2022）、特に、アラゲキクラゲの栽培利用が勧められている（伊藤，2022；伊藤・矢本，2022）。また、岐阜県や奈良県において、コナラ被害木を薪に加工し、カシナガの駆除と被害材の有効活用が可能であることが報告されている（大橋，2012；田中，2018）。しかし、青森県で発生しているナラ枯れ被害の主要樹種であるミズナラについて、同様の効果がみられるかは不明である。そこで、本研究では中期以降の地域で発生するミズナラ被害木の駆除対策と有効活用を両立させることを目的として、ミズナラ被害木を薪に加工し、カシナガの羽化脱出抑制効果を検証した。

## II 材料と方法

### 1. 被害木の伐採地

ナラ枯れ被害木は深浦町長慶平地区及び横磯地区から伐採した。

### 2. 供試木

供試木は全て、当年度にナラ枯れ被害を受けて枯死したミズナラである。2 か所の伐採地からそれぞれ 6 本の供試木を採集し、それぞれ地際から 4m までの主幹を試験に用いた。伐採した供

試木は伐採地において 1m の長さに玉切りし、各供試木から 4 本ずつの丸太を作製した。これらの丸太は、直ちに、後述の試験地に運搬した。伐採日は長慶平地区では令和 3 年 11 月 19 日（秋伐採）であり、横磯地区では令和 4 年 2 月 22 日（春伐採）である。供試木の材積、伐採地及び伐採日は表 1 のとおりである。

表 1 供試木一覧

| 供試木番号 | 伐採地 | 伐採年月             | 材積 (m <sup>3</sup> ) |
|-------|-----|------------------|----------------------|
| A     | 長慶平 | 令和 3 年 11 月 19 日 | 0. 202               |
| B     | 長慶平 | 令和 3 年 11 月 19 日 | 0. 160               |
| C     | 長慶平 | 令和 3 年 11 月 19 日 | 0. 185               |
| D     | 長慶平 | 令和 3 年 11 月 19 日 | 0. 150               |
| E     | 長慶平 | 令和 3 年 11 月 19 日 | 0. 181               |
| F     | 長慶平 | 令和 3 年 11 月 19 日 | 0. 178               |
| G     | 横 磯 | 令和 4 年 2 月 22 日  | 0. 280               |
| H     | 横 磯 | 令和 4 年 2 月 22 日  | 0. 292               |
| I     | 横 磯 | 令和 4 年 2 月 22 日  | 0. 356               |
| J     | 横 磯 | 令和 4 年 2 月 22 日  | 0. 175               |
| K     | 横 磯 | 令和 4 年 2 月 22 日  | 0. 348               |
| L     | 横 磯 | 令和 4 年 2 月 22 日  | 0. 390               |

### 3. 試験地

試験地は深浦町広戸地区のつがる森林組合深浦支所内である。試験地の標高は 76m であり、周辺のナラ林はナラ枯れの激害地である。

### 4. 調査方法

搬入した丸太は供試木ごとに 2 本を薪に加工した。薪は、1m の丸太を 3 つに玉切りし、長さ約 33cm とした丸太を割材して作製した。丸太及び薪（以下、薪等）は供試木ごとに根元に近いものから交互に振り分け（各 24 本）、カシナガの生息数が同等になるように調整した。各供試木の振り分け方は表 2 のとおりである。作製後の薪等は試験地内の草地に、露天状態で静置した。

薪等は令和 4 年 6 月 20 日に遮光シートで被覆し、6 月 30 日に羽化脱出した新成虫を捕獲するためのトラップを設置した。トラップの捕獲容器にはプロピレングリコールを入れて、脱出した新成虫を捕殺した。トラップの設置後、10～14 日間隔で捕獲容器を回収し、捕獲されたカシナガを計数した。また、カシナガが連続して 2 回捕獲されなくなるまで、トラップの設置を継続した。

### 5. 統計解析

供試木から得られた薪等の穿入孔数に寄与する要因を、マルコフ連鎖モンテカルロ法（以下、MCMC 法）で事後分布を推定する手法（以下、ベイズ法）を用いたポアソン回帰モデルによって抽出した。この解析では、応答変数に穿入孔数を、説明変数に伐採時期及び材積 m<sup>3</sup> を用いた。また、変量効果として、各丸太または薪及び伐採木を用いた。なお、応答変数はポアソン分布に従うものと仮定し、リンク関数には log を用いた。

カシナガの脱出抑制要因を明らかにするために、脱出したカシナガの個体数に寄与する要因

表 2 薪及び丸太一覧

| 供試木<br>番号 | 伐採<br>時期 | 部位* | 薪または<br>丸太 | 材積<br>(m <sup>3</sup> ) | 穿入<br>孔数<br>(孔) | 脱出<br>個体数<br>(個体) | 材積当たりの<br>脱出個体数<br>(個体/m <sup>3</sup> ) | 穿入孔当たりの<br>脱出個体数<br>(個体/孔) |
|-----------|----------|-----|------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------------------|----------------------------|
| A         | 秋        | 1   | 丸太         | 0.058                   | 62              | 53                | 913.79                                  | 0.85                       |
|           |          | 2   | 薪          | 0.057                   | 26              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 3   | 丸太         | 0.048                   | 25              | 19                | 395.83                                  | 0.76                       |
|           |          | 4   | 薪          | 0.039                   | 18              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
| B         | 秋        | 1   | 丸太         | 0.049                   | 25              | 39                | 795.92                                  | 1.56                       |
|           |          | 2   | 薪          | 0.039                   | 30              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 3   | 丸太         | 0.040                   | 16              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 4   | 薪          | 0.033                   | 17              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
| C         | 秋        | 1   | 丸太         | 0.058                   | 23              | 117               | 2,017.24                                | 5.09                       |
|           |          | 2   | 薪          | 0.048                   | 42              | 1                 | 20.83                                   | 0.02                       |
|           |          | 3   | 丸太         | 0.040                   | 52              | 13                | 325.00                                  | 0.25                       |
|           |          | 4   | 薪          | 0.039                   | 25              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
| D         | 秋        | 1   | 薪          | 0.048                   | 29              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 2   | 丸太         | 0.040                   | 27              | 1                 | 25.00                                   | 0.04                       |
|           |          | 3   | 薪          | 0.039                   | 20              | 1                 | 25.64                                   | 0.05                       |
|           |          | 4   | 丸太         | 0.032                   | 16              | 13                | 406.25                                  | 0.81                       |
| E         | 秋        | 1   | 薪          | 0.054                   | 26              | 12                | 222.22                                  | 0.46                       |
|           |          | 2   | 丸太         | 0.048                   | 49              | 278               | 5,791.67                                | 5.67                       |
|           |          | 3   | 薪          | 0.039                   | 23              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 4   | 丸太         | 0.040                   | 34              | 66                | 1,650.00                                | 1.94                       |
| F         | 秋        | 1   | 薪          | 0.057                   | 39              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 2   | 丸太         | 0.048                   | 40              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 3   | 薪          | 0.041                   | 26              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 4   | 丸太         | 0.032                   | 55              | 387               | 12,093.75                               | 7.04                       |
| G         | 春        | 1   | 薪          | 0.078                   | 62              | 2                 | 25.64                                   | 0.03                       |
|           |          | 2   | 丸太         | 0.078                   | 45              | 34                | 435.90                                  | 0.76                       |
|           |          | 3   | 薪          | 0.066                   | 56              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 4   | 丸太         | 0.058                   | 118             | 47                | 810.34                                  | 0.40                       |
| H         | 春        | 1   | 薪          | 0.090                   | 84              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 2   | 丸太         | 0.078                   | 120             | 196               | 2,512.82                                | 1.63                       |
|           |          | 3   | 薪          | 0.056                   | 95              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 4   | 丸太         | 0.058                   | 45              | 462               | 7,965.52                                | 10.27                      |
| I         | 春        | 1   | 薪          | 0.110                   | 160             | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 2   | 丸太         | 0.090                   | 25              | 4                 | 44.44                                   | 0.16                       |
|           |          | 3   | 薪          | 0.078                   | 56              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 4   | 丸太         | 0.078                   | 11              | 16                | 205.13                                  | 1.45                       |
| J         | 春        | 1   | 丸太         | 0.048                   | 98              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 2   | 薪          | 0.048                   | 68              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 3   | 丸太         | 0.040                   | 33              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 4   | 薪          | 0.039                   | 14              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
| K         | 春        | 1   | 丸太         | 0.102                   | 163             | 233               | 2,284.31                                | 1.43                       |
|           |          | 2   | 薪          | 0.090                   | 141             | 47                | 522.22                                  | 0.33                       |
|           |          | 3   | 丸太         | 0.090                   | 70              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 4   | 薪          | 0.066                   | 80              | 1                 | 15.15                                   | 0.01                       |
| L         | 春        | 1   | 丸太         | 0.116                   | 140             | 811               | 6,991.38                                | 5.79                       |
|           |          | 2   | 薪          | 0.110                   | 269             | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |
|           |          | 3   | 丸太         | 0.090                   | 143             | 442               | 4,911.11                                | 3.09                       |
|           |          | 4   | 薪          | 0.074                   | 98              | 0                 | 0.00                                    | 0.00                       |

\*地際に最も近い部位を 1 として、地際から順に番号を割当

を、ベイズ法を用いたゼロ過剰ポアソン回帰モデルで抽出した。この解析では、応答変数にカシナガの捕獲個体数を、説明変数に伐採時期及び薪加工の有無を、オフセット項として、穿入孔数を用いた。また、変量効果として、各丸太または薪及び伐採木を用いた。応答変数はゼロ過剰ポアソン分布に従うと仮定し、リンク関数には  $\log$  を用いた。

これらのモデルにおけるパラメータ推定は `rstan version 2.19.3` (Stan Development Team, 2020) を用い、統計ソフト `R version 3.6.2` (R Development Core Team, 2019) 内で計算した。また、初期値の影響を避けるため、最初のデータの 1,000 回を切り捨て、以後 4,000 回のデータを 10 回ごとに抽出した。推定は異なる初期値を用いて 4 連鎖計算を行い、 $R\text{-hat}$  値が 1.1 未満となっている場合に連鎖が収束したものと判断した (Gelman et al., 2004)。また、説明変数の 95% ベイズ信用区間が 0 をまたがない時に、その説明変数が応答変数に有意な影響を及ぼしているものと判断した。

### Ⅲ 結果

#### 1. 薪等の材積及び穿入孔数

材積は、秋伐採の丸太が  $0.044 \pm 0.008 \text{ m}^3$  (平均値  $\pm$  標準偏差、以下同じ)、秋伐採の薪が  $0.044 \pm 0.008 \text{ m}^3$ 、春伐採の丸太が  $0.077 \pm 0.022 \text{ m}^3$ 、春伐採の薪が  $0.075 \pm 0.021 \text{ m}^3$  であった (表 3)。また、それぞれの材積の最大値及び最小値は、秋伐採の丸太が  $0.058 \text{ m}^3$  及び  $0.032 \text{ m}^3$ 、秋伐採の薪が  $0.057 \text{ m}^3$  及び  $0.033 \text{ m}^3$ 、春伐採の丸太が  $0.116 \text{ m}^3$  及び  $0.040 \text{ m}^3$ 、春伐採の薪が  $0.110 \text{ m}^3$  及び  $0.039 \text{ m}^3$  であった (表 2)。ここで、伐採時期と処理区の組み合わせを説明変数とし、材積を応答変数としたベイズ法で比較した。なお、応答変数はガンマ分布に従うと仮定し、リンク関数に  $\log$  を用いた。その結果、春伐採の薪等の材積が秋伐採の薪等の材積よりも大きいことが示された (表 3)。

穿入孔数は、秋伐採の丸太が  $35.33 \pm 15.19$  孔、秋伐採の薪が  $26.75 \pm 7.27$  孔、春伐採の丸太が  $84.25 \pm 50.13$  孔、春伐採の薪が  $98.58 \pm 63.40$  孔であった (表 3)。また、それぞれの穿入孔数の最大値及び最小値は、秋伐採の丸太が 62 孔及び 16 孔、秋伐採の薪が 42 孔及び 17 孔、春伐採の丸太が 163 孔及び 11 孔、春伐採の薪が 269 孔及び 14 孔であった (表 2)。材積と同様に、伐採時期と処理区の組み合わせを説明変数とし、穿入孔数を応答変数、各丸太または薪及び伐採木を変量効果とし、材積をオフセット項としたベイズ法で比較した。なお、応答変数はポアソン分布に従うと仮定し、リンク関数に  $\log$  を用いた。その結果、春伐採の薪が秋伐採の薪よりも穿入孔数が多いことが示された (表 3)。

表 3 丸太及び薪の材積及び穿入孔数

| 伐採時期 | 処理区 | 処理数 | 材積 ( $\text{m}^3$ ) *<br>(平均値 $\pm$ 標準偏差) | 穿入孔数*<br>(平均値 $\pm$ 標準偏差) |
|------|-----|-----|-------------------------------------------|---------------------------|
| 秋    | 丸太  | 12  | $0.044 \pm 0.008^a$                       | $35.33 \pm 15.19^{ab}$    |
|      | 薪   | 12  | $0.044 \pm 0.008^a$                       | $26.75 \pm 7.27^a$        |
| 春    | 丸太  | 12  | $0.077 \pm 0.022^b$                       | $84.25 \pm 50.13^{ab}$    |
|      | 薪   | 12  | $0.075 \pm 0.021^b$                       | $98.58 \pm 63.40^b$       |

\*異符号間で有意差あり (95%ベイズ信用区間が 0 をまたがない)

薪等の穿入孔数と材積及び伐採時期について、ベイズ法による推定の結果を表 4 に示す。穿入孔数は材積と正の関係性がみられたことから、材積の増加に伴い、穿入孔数も増加することが示

された（図 1）。一方、秋伐採の係数は負の値を示しているものの、95%ベイズ信用区間が 0 をまたいでいることから、秋伐採と春伐採の間で、穿入孔数に有意な差はないことが示された。

表 4 穿入孔数に寄与する要因

| 応答変数 | 説明変数 <sup>†</sup>    | 係数     | 95%ベイズ信用区間   |
|------|----------------------|--------|--------------|
| 穿入孔数 | 切片                   | 3.08   | 2.15～ 4.07   |
|      | 材積 (m <sup>3</sup> ) | 15.94  | 15.94～27.46* |
|      | 伐採時期・秋               | - 0.42 | - 1.05～ 0.18 |

<sup>†</sup>伐採時期は春を対照に設定

\*有意な効果のある変数（95%ベイズ信用区間が 0 をまたがない）

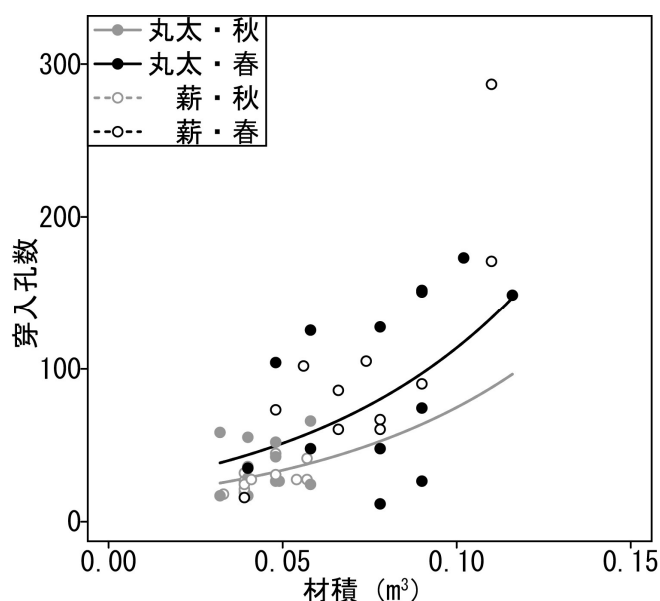


図 1 薪等の材積と穿入孔数の関係

## 2. 薪等からのカシナガの脱出個体数

脱出したカシナガの個体数は秋伐採の丸太が  $82.17 \pm 118.71$  個体、秋伐採の薪が  $1.17 \pm 3.29$  個体、春伐採の丸太が  $187.08 \pm 248.81$  個体、春伐採の薪が  $4.47 \pm 12.93$  個体であった（表 5）。また、それぞれの脱出個体数の最大値は、秋伐採の丸太が 387 個体、秋伐採の薪が 12 個体、春伐採の丸太が 811 個体、春伐採の薪が 47 個体であり、最小値は全て 0 個体であった（表 2）。なお、カシナガの脱出は 7 月 5 日から 10 月 28 日まで確認された。

表 5 丸太及び薪からのカシノナガキクイムシの脱出個体数

| 伐採時期 | 処理区 | 処理数 | 脱出個体数<br>(平均値±標準偏差) | 材積当たりの<br>脱出個体数<br>(個体/m <sup>3</sup> )<br>(平均値±標準偏差) | 穿入孔当たりの<br>脱出個体数<br>(個体/孔)<br>(平均値±標準偏差) |
|------|-----|-----|---------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 秋    | 丸太  | 12  | $82.17 \pm 118.71$  | $2034.54 \pm 3401.21$                                 | $2.00 \pm 2.38$                          |
|      | 薪   | 12  | $1.17 \pm 3.29$     | $22.39 \pm 60.87$                                     | $0.04 \pm 0.13$                          |
| 春    | 丸太  | 12  | $187.08 \pm 248.81$ | $2180.08 \pm 2766.44$                                 | $2.08 \pm 2.95$                          |
|      | 薪   | 12  | $4.47 \pm 12.93$    | $46.92 \pm 143.52$                                    | $0.03 \pm 0.09$                          |

材積当たりの脱出個体数は秋伐採の丸太が  $2034.54 \pm 3401.21$  個体/m<sup>3</sup>、秋伐採の薪が  $22.39 \pm 60.87$  個体/m<sup>3</sup>、春伐採の丸太が  $2180.08 \pm 2766.44$  個体/m<sup>3</sup>、春伐採の薪が  $46.92 \pm 143.52$  個体/m<sup>3</sup>

であり（表 5）、最大値は、秋伐採の丸太が 12093.75 個体/m<sup>3</sup>、秋伐採の薪が 222.22 個体/m<sup>3</sup>、春伐採の丸太が 7965.52 個体/m<sup>3</sup>、春伐採の薪が 522.22 個体/m<sup>3</sup>であった（表 2）。また、薪と丸太で材積当たりの脱出個体数を比較したところ、秋伐採では、薪の脱出個体数は丸太の 1.10%、春伐採では 2.15%となった。

穿入孔当たりの脱出個体数は秋伐採の丸太が  $2.00 \pm 2.38$  個体/孔、秋伐採の薪が  $0.04 \pm 0.13$  個体/孔、春伐採の丸太が  $2.08 \pm 2.95$  個体/孔、春伐採の薪が  $0.03 \pm 0.09$  個体/孔であり（表 5）、最大値は、秋伐採の丸太が 7.04 個体/孔、秋伐採の薪が 0.46 個体/孔、春伐採の丸太が 10.27 個体/孔、春伐採の薪が 0.33 個体/孔であった（表 2）。また、薪と丸太で穿入孔当たりの脱出個体数を比較したところ、秋伐採では、薪は丸太の 2.23%、春伐採では 1.51%となった。

脱出したカシナガの個体数と薪等の処理区及び伐採時期について、ベイズ法による推定の結果を表 6 に示す。脱出個体数は丸太を対照とした場合、薪で係数が負の値を示しており、その 95%ベイズ信用区間が 0 をまたいでいなかった。したがって、薪からの脱出個体数は丸太よりも有意に少ないことが示された。また、係数とその 95%ベイズ信用区間から、丸太と比較して、薪からの脱出個体数は 0.108% (0.001~2.237%) に減少することが示された。一方、秋伐採の係数は負の値を示しているものの、95%ベイズ信用区間が 0 をまたいでいることから、秋伐採と春伐採の間で、脱出個体数に有意な差はないことが示された。

表 6 1 穿入孔当たりのカシナガキクイムシの脱出個体数に寄与する要因

| 応答変数  | 説明変数 <sup>†</sup> | 係数    | 95%ベイズ信用区間      |
|-------|-------------------|-------|-----------------|
| 脱出個体数 | 切片                | 0.21  | - 1.49 ~ 1.61   |
|       | 処理区・薪             | -6.83 | -11.16 ~ -3.80* |
|       | 伐採時期・秋            | -0.06 | - 2.15 ~ 2.45   |

<sup>†</sup> 処理区は丸太を、伐採時期は春を対照に設定

\*有意な効果のある変数（95%ベイズ信用区間が 0 をまたがない）

本解析では、オフセット項に穿入孔数を用いていることから、穿入孔数の増加にしたがって、脱出個体数も増加するため、穿入孔数と脱出個体数の関係は図 2 に示したものとなる。また、穿入孔数は材積と正の関係性があるため（表 3、図 1）、穿入孔数を材積に換算した場合の脱出個体数との関係を図 3 に示す。

#### IV 考察

本研究の結果、カシナガの穿入孔数は材積と正の相関がみられるものの、伐採時期間では差がないことが示された（表 4、図 1）。また、穿入孔当たりの脱出個体数は薪よりも丸太が多く、秋伐採と春伐採では差がないことが示された（表 5、図 2）。以上のことから、カシナガの羽化脱出は薪に加工することで大きく抑制可能であり、秋伐採と春伐採で同程度の効果を期待できると考えられる。薪からの脱出個体数が減少した要因は、割材によって露出した孔道からカシナガの幼虫が這い出し、幼虫が成育できなくなること（大橋, 2012）、這い出した幼虫がアリに捕食されること（大橋, 2012）、割材による材の乾燥により、共生菌の成育が難しくなること（大橋, 2012）などが考えられる。

カシナガの脱出個体数は、薪に加工することで材積当たりでは 1.10~2.15%に、穿入孔当たりでは 1.51~2.23%に減少することが示された（表 5）。また、ベイズ法による推定では薪からの脱出個体数は 0.108% (0.001~2.237%) に減少することが示された（表 6）。コナラ被害木を薪に加工した場合、丸太に比べて、脱出個体数が 6%に減少することが報告されている（大橋, 2012）。

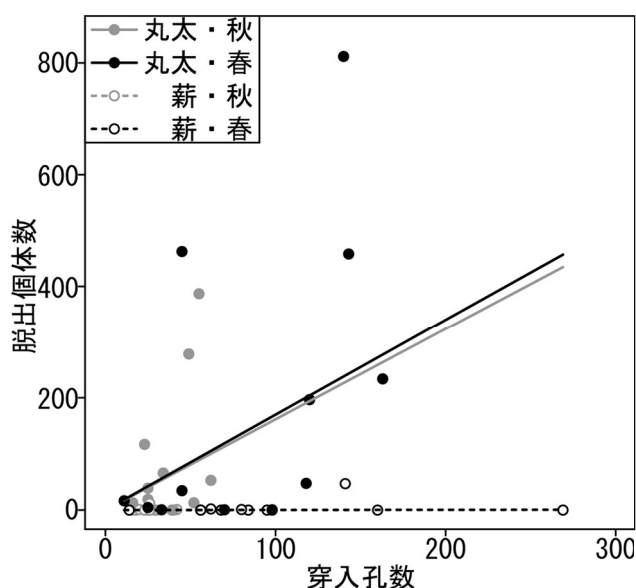


図2 穿入孔数と脱出個体数の関係

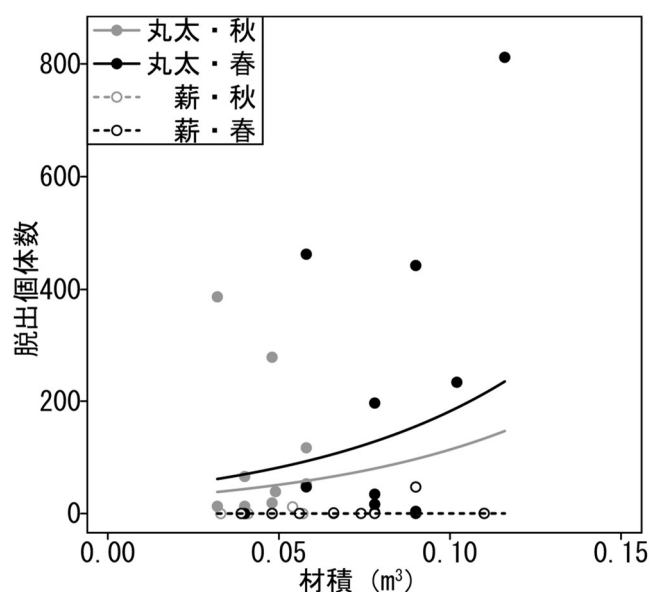


図3 材積と羽化個体数の関係

この報告では、対照とした丸太の長さが30cmであることから、単純な比較は難しいものの、ミズナラ被害木を用いた場合でも、コナラ被害木と同程度のカシナガの脱出抑制効果が期待できるものと考えられる。

以上の結果から、青森県南西部において、春までに被害木の伐採及び薪への加工を実施することで、カシナガの脱出を強く抑制できるものと思われた。また、深浦町のような中・激害地においては、被害木を薪に加工し、利用することによって、ナラ枯れ被害の防除対策にも大きく貢献できるものと考えられる。一方で、少ないながらもカシナガが薪から脱出しているため、被害木から製作した薪を未被害地や微害地に持ち込むことはナラ枯れ被害を拡大させてしまう原因にもなりかねない。したがって、被害木を薪として利用する方法は、中・激害地のみに適用することが望ましい。

## 謝辞

本研究は、林野庁委託事業令和3年度森林害虫駆除事業及び令和4年度森林害虫駆除事業により実施した。

## 引用文献

- Gelman A, Carlin JB, Stern HS, Rubin DB (2004) Bayesian data analysis, Edn 2. Chapman & Hall, Boca Raton.
- 伊藤昌明 (2022) ナラ枯れ被害木を利用したアラゲキクラゲの原木栽培. 林業研究所報告. 72: 5-10.
- 伊藤昌明・矢本智之 (2022) 森林の公益的機能を守る病虫害対策技術に関する試験・研究開発. 林業研究所報告. 72: 38-39.
- 大橋章博 (2012) ナラ枯れ被害木の割材によるカシノナガキクイムシの駆除. 中部森林研究. 60: 151-152.
- R Development Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.

Stan Development Team (2020). RStan: the R interface to Stan. R package version 2.19.3. <http://mc-stan.org/>.

田中正臣 (2018) ナラ枯れによるコナラ枯死木の薪への利用. 奈良県森林技術センター研究報告. 47: 1-5.