

2022 年ナラ枯れ被害防除実証試験報告書

1 背景

ブナ科樹木を枯死させる伝染病であるブナ科樹木萎凋病（通称「ナラ枯れ被害」）は、令和 2 年度以降、全国的に再び増加・拡大傾向にあり、青森県では、深浦町において平成 28 年から継続的に発生しており、令和 2 年度には、新たに弘前市、西目屋村、つがる市、五所川原市、鱒ヶ沢町、中泊町に被害が拡大した。

これまで「青森県ナラ枯れ被害対策基本方針」に基づき、徹底した駆除対策を講じてきたが、駆除方法は、くん蒸処理及びビニール被覆処理に限定され、被害木の活用はされておらず、被害木の活用を図りながら駆除効果を得られる新たな手法が求められている。

2 目的

岐阜県においてコナラの被害木を割材し、薪にすることで被害の駆除対策と併せて有効利用が可能という研究結果が示されていることから、青森県のミズナラにおいても同様の効果が得られるか調査、検証を行う。

3 事業期間

令和 3 年度～令和 4 年度（2 年間）

4 材料と方法

（1）被害木の伐採地

ナラ枯れ被害木は青森県西津軽郡深浦町長慶平地区及び横磯地区から伐採した（図 1）。

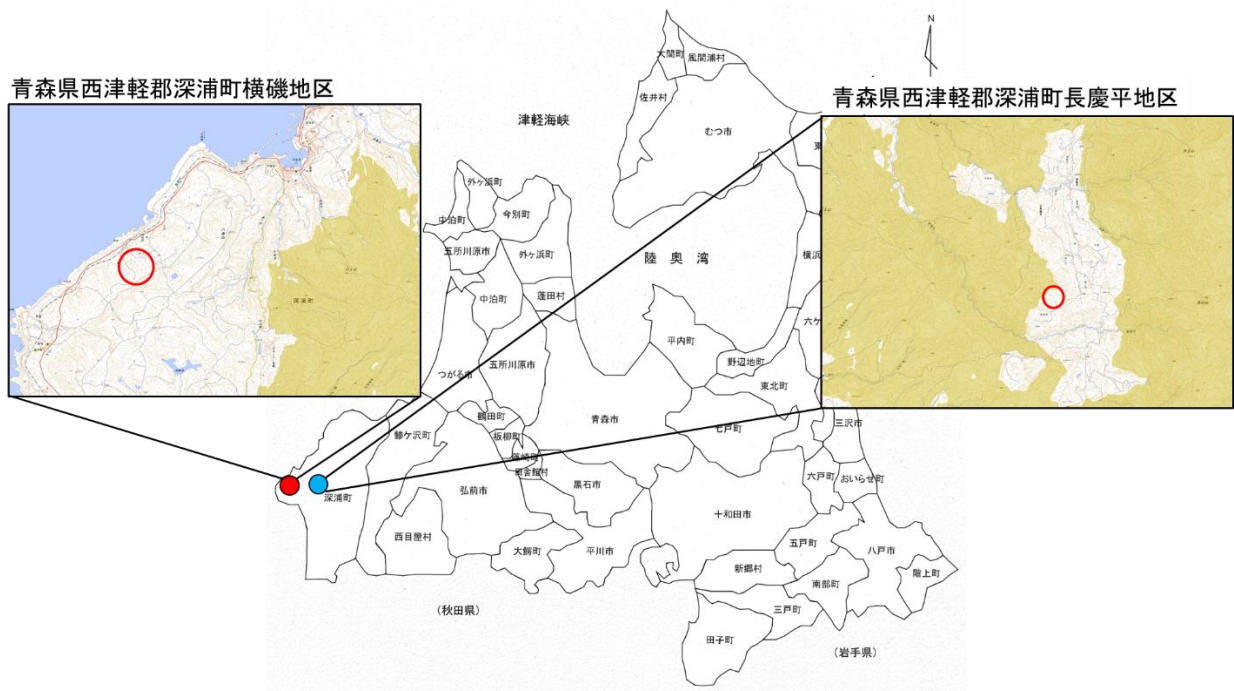


図 1 被害木の伐採地

(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 ³)
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

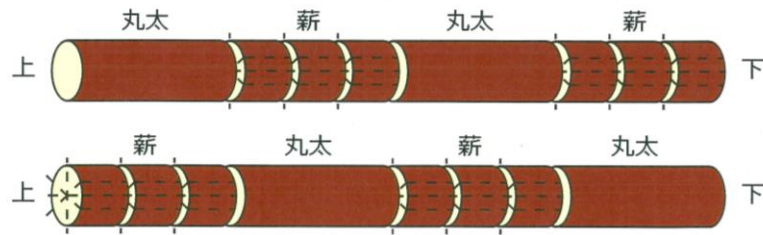
試験地は深浦町広戸地区のつがる森林組合深浦支所内である。試験地の標高は76mであり、周辺のナラ林はナラ枯れの激害地である。

(4) 調査方法

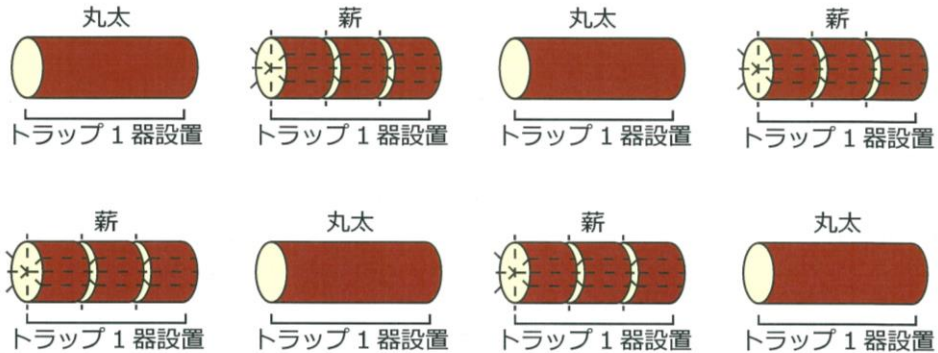
搬入した丸太は供試木ごとに2本を薪に加工した。薪は、1mの丸太を3つに玉切りし、長さ約33cmとした丸太を割材して作製した（写真1、写真2）。丸太及び薪（以下、薪等）は供試木ごとに根元に近いものから交互に振り分け（各24本）、カシナガの生息数が同等になるように調整した。各供試木の振り分け方は表2のとおりである。作製後の薪等は試験地内の草地に、露天状態で静置した。

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（写真3）。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（図2）。

① 被害木を玉切りして薪と丸太を作製



② 丸太 1 本または薪 1 組（丸太 1 本分）ごとにトラップを 1 器設置



③ 各回収日でトラップ 1 器ずつ分けてサンプルを保存


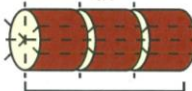

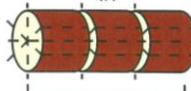
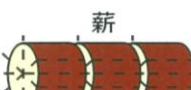

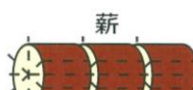

<p>丸太</p>  <p>トラップ 1 器設置 トラップ ID・回収日 毎に回収・保存</p>	<p>薪</p>  <p>トラップ 1 器設置 トラップ ID・回収日 毎に回収・保存</p>	<p>丸太</p>  <p>トラップ 1 器設置 トラップ ID・回収日 毎に回収・保存</p>	<p>薪</p>  <p>トラップ 1 器設置 トラップ ID・回収日 毎に回収・保存</p>
<p>薪</p>  <p>トラップ 1 器設置 トラップ ID・回収日 毎に回収・保存</p>	<p>丸太</p>  <p>トラップ 1 器設置 トラップ ID・回収日 毎に回収・保存</p>	<p>薪</p>  <p>トラップ 1 器設置 トラップ ID・回収日 毎に回収・保存</p>	<p>丸太</p>  <p>トラップ 1 器設置 トラップ ID・回収日 毎に回収・保存</p>

図 2 供試木の作製方法



写真 1 供試木（丸太）



写真 2 供試木（薪）



写真 3 トラップ設置状況

表2 薪及び丸太一覧

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

赤字：各項目の最大値、青字：各項目の最小値

(5) 統計解析

各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^3 ）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-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。

5 結果と考察

(1) 薪等の材積（ m^3 ）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、それぞれの最大値・最小値は、表 2 の示すとおりであった。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（ m^3 ）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 ± 15.19 孔、秋伐採の薪が 26.75 ± 7.27 孔、春伐採の丸太が 84.25 ± 50.13 孔、春伐採の薪が 98.58 ± 63.40 孔であった（表 3）。また、それぞれの最大値・最小値は、表 2 の示すとおりであった。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（ m^3 ）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）。

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ため、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 3）。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。

したがって、本調査で用いた薪等の穿入孔数は材積に強く依存しており、伐採時期による差はないものと思われた。

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 (m ³) [※] (平均値±標準偏差)	穿入孔数 [※] (平均値±標準偏差)
秋	丸太	12	0.044±0.008 ^a	35.33±15.19 ^{ab}
	薪	12	0.044±0.008 ^a	26.75±7.27 ^a
春	丸太	12	0.077±0.022 ^b	84.25±50.13 ^{ab}
	薪	12	0.075±0.021 ^b	98.58±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)

表4 穿入孔数に寄与する要因

応答変数	説明変数 ^{※1}	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 ³)	15.94	15.94～27.46 ^{※2}
	伐採時期・秋	-0.42	-1.05～0.18

※1 伐採時期は春を対照に設定

※2 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)

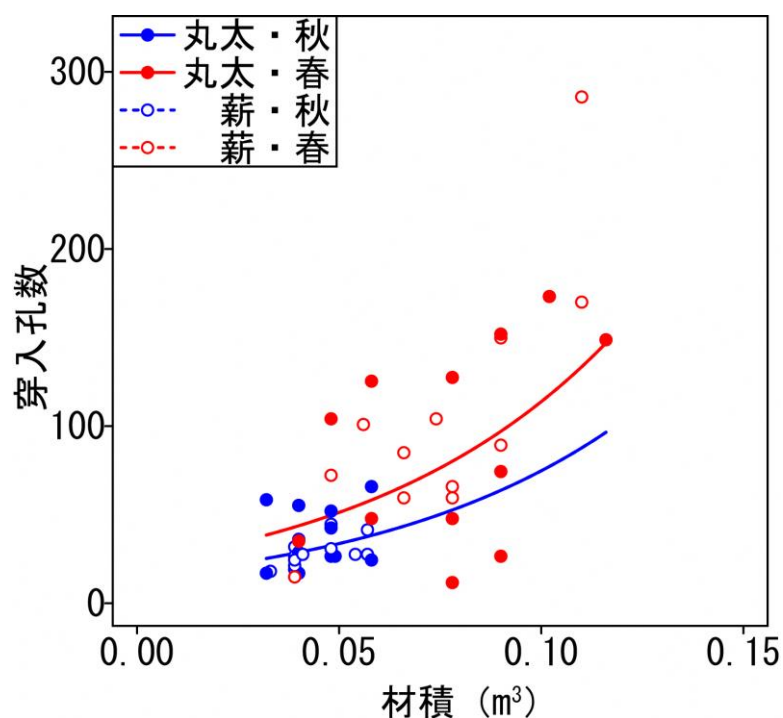


図3 薪等の材積と穿入孔数の関係

(2) 薪への加工によるカシナガの脱出抑制

脱出したカシナガの個体数は秋伐採の丸太が 82.17 ± 118.71 個体、秋伐採の薪が 1.17 ± 3.29 個体、春伐採の丸太が 187.08 ± 248.81 個体、春伐採の薪が 4.47 ± 12.93 個体であった（表5）。また、それぞれ最大値・最小値は、表2の示すとおりであった。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。

材積当たりの脱出個体数の最大値は、表2の示すとおりであった。

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 ± 2.38 個体/孔、秋伐採の薪が 0.04 ± 0.13 個体/孔、春伐採の丸太が 2.08 ± 2.95 個体/孔、春伐採の薪が 0.03 ± 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。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明らかとなった。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。これらのことから、薪に加工することによって、カシナガの脱出を大幅に抑制でき、春伐採による薪加工でも、秋伐採と変わらない脱出抑制効果が期待できるものと考えられた。

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4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3）、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5に示す。

表5 丸太及び薪からのカシノナガ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 (平均値±標準偏差)	材積当たりの脱出個体数 (個体/m ³) (平均値±標準偏差)	穿入孔当たりの脱出個体数 (個体/孔) (平均値±標準偏差)
秋	丸太	12	82.17 ± 118.71	$2,034.54 \pm 3401.21$	2.00 ± 2.38
	薪	12	1.17 ± 3.29	22.39 ± 60.87	0.04 ± 0.13
春	丸太	12	187.08 ± 248.81	$2,180.08 \pm 2766.44$	2.08 ± 2.95
	薪	12	4.47 ± 12.93	46.92 ± 143.52	0.03 ± 0.09

表6 1 穿入孔当たりのカシノ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 ^{※1}	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 ^{※2}
	伐採時期・秋	-0.06	- 2.15～ 2.45

※1 処理区は丸太を、伐採時期は春を対照に設定

※2 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)

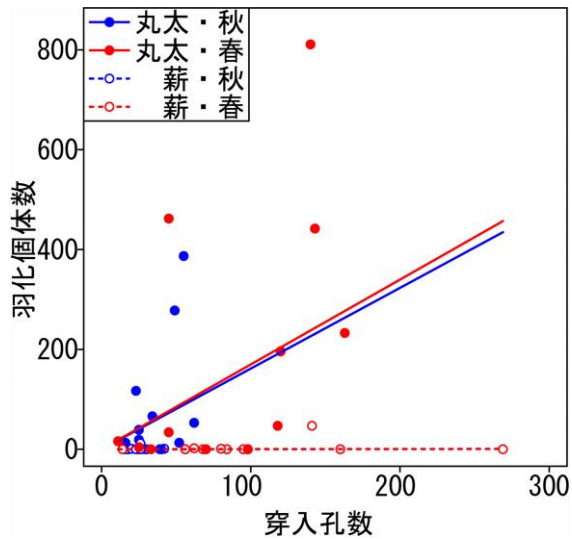


図4 穿入孔数と羽化個体数の関係

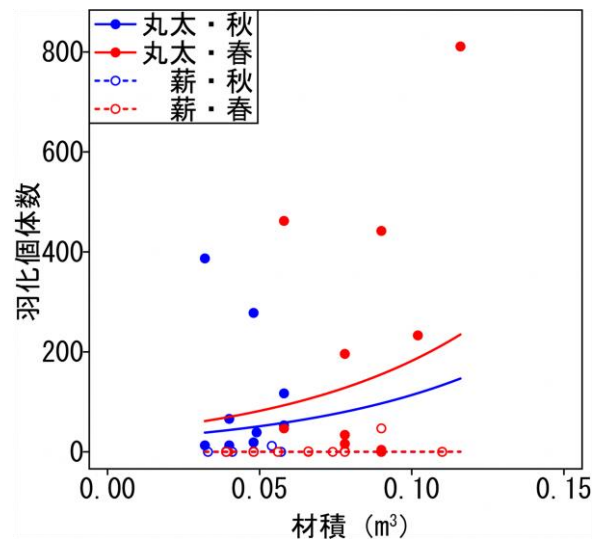


図5 材積と羽化個体数の関係

6 まとめ

今回の検証調査により、コナラ被害木と同様に (大橋, 2012; 田中, 2018) ミズナラ被害木を薪に加工することで、カシナガの脱出を抑制できることが明らかになった。また、被害木の伐採及び加工も、青森県南西部においては、春までに実施すれば、その抑制効果を期待できるものと思われた。

これらのことから、深浦町のような激害地において、被害木を薪として利用することは、ナラ枯れ被害の防除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、本事業で得られた成果は中、激害地のみに適用することが望ましいと思われる。

引用文献

Gelman A, Carlin JB, Stern HS, Rubin DB (2004) Bayesian data analysis, Edn 2. Chapman & Hall, Boca Raton.

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/>.

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.

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.