

暖温帯二次林におけるコナラのナラ枯れ実態 —愛知県瀬戸市と静岡県南伊豆町の比較—

井上淳・澤田晴雄・佐藤貴紀（東大演生水研）・村瀬一隆・鴨田重裕（東大演樹芸研）
松井理生・鎌田直人（東大北演）

カシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）の穿入がみられた愛知県瀬戸市の東京大学生態水文学研究所赤津研究林（以下、赤津）と静岡県南伊豆町の東京大学樹芸研究所青野研究林（以下、青野）において、発生から終息までのコナラに対する加害実態を記録した。カシナガの穿入がみられた期間は赤津が2009年から2015年の7年間、青野が2013年から2016年の4年間であった。期末の積算穿入率は赤津・青野ともに81%であった。穿入を受けたコナラの枯死率（以下、穿入枯死率）の期末の積算値は、赤津が34%に対して青野が52%であった。直径階別にみると、直径20cm以上の穿入枯死率は赤津が35%に対して青野が42%で有意差は認められなかったが、直径が20cm未満では赤津が30%に対して青野が76%で有意差が認められた。

キーワード：カシノナガキクイムシ、コナラ、穿入枯死率、直径階、ブナ科樹木萎凋病

I はじめに

カシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus*（以下、カシナガ）が媒介する糸状菌 *Raffaelea quercivora*（以下、ナラ菌）によるナラ枯れ被害は、1980年代後半以降、本州日本海側でミズナラを主とした集団的な枯死を引き起こしてきた（3）。その後ナラ枯れ被害は太平洋側にも広がり、2006年に愛知県で被害が確認され（12）、静岡県内に広がり（4, 10）、2017年には神奈川県でも発生した（13）。これら3県で枯死した主な樹種はコナラであった（4, 9, 10, 12, 13）。

東京大学演習林では、愛知県瀬戸市に位置する生態水文学研究所赤津研究林と静岡県南伊豆町に位置する樹芸研究所青野研究林の長期生態系プロット（LTER。以下、それぞれ赤津プロット、青野プロット）で、ナラ枯れが始まってから終息するまでの被害経過を調査した。

今回はコナラ個体のカシナガの穿入と生死に着目し、両プロット間でカシナガ穿入木の枯死特性の違いを比較した。

なお、本研究の一部は環境省モニタリングサイト1000による補助金を受けて行った。

II 調査地概要と調査方法

1. 調査地概要

赤津プロットは標高305～365mに位置し、尾根3本と沢2本を含む南西向き斜面にあり、東西に最大280m、南北に最大170m、10m×10mの小区画267個からなる面積2.67haの固定測定地である（9）。優占種はヒノキとコナラで、アカマツが混じる（表-1）。ブナ科は、コナラ、アカガシ、ツクバネガシ、アラカシ、ウラジロガシ、ツブラジイ、シラカシの7樹種がみられた。

青野プロットは1956～1957年の伐採後に更新した二次

林で、標高160～250mに位置し、尾根と沢それぞれ1本を含む南向き斜面にあり、25m×25mの小区画18個からなる面積1.125haの固定測定地である（10）。優占種はスダジイでコナラが混じる（表-2）。ブナ科はスダジイ、コナラ、ウラジロガシ、アラカシ、クリの5樹種がみられた。

2. 調査方法

調査は、赤津プロットでは2009年11月から2017年12月まで、青野プロットでは2013年8月から2018年12月まで行われた。胸高周囲長（地際高1.3m）が15.8cm以上（胸高直径5.0cm以上）のブナ科樹木の生立木を対象とした。プロット設定時（赤津プロットでは2004年、青野プロットでは1999年）に全個体に個体識別のための番号札を付け、樹種のほか、LTER調査時に胸高周囲長と樹高を調査した。初回の調査では、赤津プロットについては2007年、青野プロットについては2009年のLTER調査データに基づき、番号札の付いていたブナ科樹木全個体を対象に、カシナガの穿入孔の有無と調査木の生死を記録した。その後は毎年晩秋に同様の調査を実施した。なお、カシナガ穿入孔有の判断は、地際から地上高2mを対象に、幹にカシナガの穿入孔があり且つ穿入孔周辺から地際にかけてフラスがみられた場合とした。

本報では、コナラのデータを抽出し、カシナガによる穿入孔のみられたものを「穿入木」、そのうち調査時点で生存していたものを「穿入生存木」、枯死したものを「穿入枯死木」、調査開始時点の生立木本数に占める穿入木の本数割合を「穿入木率」、穿入木に占める穿入枯死木の本数割合を「穿入枯死率」とした。

3. 統計解析

穿入木率および穿入枯死率について、Fisherの正確確率検定によって比較した。統計解析にはフリーソフトウェ

ア R (ver. 3.6.1) を用いた。

III 結果

1. コナラのナラ枯れ進行状況

赤津プロットにおける、2007年から2009年までにナラ枯れ以外で枯死した11本を除く期首本数535本のコナラについての、ナラ枯れの推移を図-1に示す。積算穿入木率は2009年に4%であったが、2012年には77%に増加し、2015年には81%となった。2016年と2017年には新たな穿入木の発生はみられなかった。期末の積算穿入木本数は436本、積算穿入木率は81%であった。一方、積算穿入枯死率は、2009年に10%であったが、2014年には31%、その後の増加はわずかであった。期末の積算穿入枯死木は149本、積算穿入枯死率は34%であった。なお赤津プロットでは、カシナガの穿入が確認されなくなってから3年以上経過してから枯れたコナラが計19本みられた。最後の穿入から6年後に枯れたコナラも1本あった。

青野プロットにおける、2009年から2013年までにナラ枯れ以外で枯死した34本を除く期首本数170本のコナラについての、ナラ枯れの推移を図-2に示す。積算穿入木率は2013年に8%であったが、2014年に67%まで急激に増加し、2016年には81%となった。2017年と2018年には新たな穿入木の発生はみられなかった。期末の積算穿入木本数は139本、積算穿入木率は81%であった。一方、積算穿入枯死率は、2013年に3%であったが、2016年までの4年間で49%に増加し、その後は微増であった。期末の積算穿入枯死木は72本、積算穿入枯死率は52%であった。なお青野プロットでは、カシナガが最後に穿入してから3年後に枯れたコナラが計3本あった。

期末の積算穿入木率にプロット間で有意差はなかったが (Fisher の正確確率検定, $P=1$)、積算穿入枯死率には有意差が認められた (Fisher の正確確率検定, $P=0.0002$)。

2. コナラ直径階別の穿入木率と穿入枯死率

赤津プロット (図-3, 2007年 LTER 調査) と青野プロット (図-4, 2009年 LTER 調査) の直径階分布は、両方とも20-25cmの階級にピークをもつ山型であった。10-15cmから40-45cmの各階級に、穿入枯死木および穿入生存木がそれぞれ2本以上、計5本以上みられた。

期末の積算穿入木率を直径階別に見ると (図-5)、両プロットとも小さい直径階で穿入木率が低く、20-25cmの階級で約90%、それより大きい階級でも80%以上であった。小径木 (20cm未満) と中大径木 (20cm以上) の穿入木率は (表-3)、両プロットとも小径木よりも中大径木の穿入木率のほうが有意に高かった。なお、両プロットの間で穿入木率を比較すると、小径木、中大径木ともに有意差はなかった。

期末の積算穿入枯死率を直径階別に見ると (図-6)、赤津プロットでは、穿入した1本が生存していた (穿入枯死率0%) 5-10cm と 45-50cm の階級を除けば、10-15cm から 40-45cm までの階級の穿入枯死率が27%~

52%の範囲にあった。一方、青野プロットでは、穿入した1本が枯死した (穿入枯死率100%) 5-10cmの階級を除けば、10-15cmの階級の穿入枯死率が87%と最も高く、25-30cmの階級まで穿入枯死率が減少し、25-30cmより大きい階級では何れも穿入枯死率は約40%であった。両プロットの小径木と中大径木の穿入枯死率は、赤津プロットで大径木と小径木で有意な差がなく、青野プロットでは小径木のほうが大径木よりも有意に高かった (表-4)。また小径木の穿入枯死率は青野プロットが赤津プロットよりも有意に高く、大径木の穿入木率は両プロットの間で有意差がなかった。

IV 考察

カシナガは大径木を好み、直径13cm以下の部分にはほとんど穿孔しないといわれていたが、両プロットとも10cm未満の穿入木が1本ずつあり、青野プロットの1本はカシナガの穿孔を受けて枯死した。

コナラの穿入木率は兵庫県北部で89%という報告があるが (11)、今回調査した2つのプロットとも期末の積算穿入木率が81%と高かった。カシナガの穿入が終息するまでの期間は、愛知県海上の森で5年という報告があるが (14)、青野プロットではそれよりも短く4年、赤津プロットでは7年であった。

他地域で報告されているコナラの穿入枯死率は、山形県で数%~60% (8)、石川県 (1)、京都府北部 (5,6)、兵庫県北部 (11)、鳥取県 (7) で0~20数%、愛知県海上の森 (14) で55%などであり、山形県を除けば日本海側で低く、太平洋側で高い傾向がある。期末の積算穿入枯死率については赤津プロットで34%、青野プロットで52%と、この傾向を支持していた。

両プロットの穿入枯死木について小径木と中大径木に分けて比較した結果、中大径木の穿入枯死率には両プロット間で有意差がないが、小径木の穿入枯死率は青野プロットのほうが有意に高かった。したがって、小径木の枯死特性の差が両プロットの穿入枯死率の差に影響している可能性が高いものと考えられた。同様の結果は、穿入枯死率が55%と高かった愛知県海上の森でも認められ、10-20cmの小径木で20cm以上の階級よりも穿入枯死率が高かった (14)。両プロットの小径木の穿入枯死率に差が生じた理由として、小径木に対するカシナガ穿入密度 (6) や含水率 (7) の違いが影響している可能性が考えられるが、本研究ではそれらの調査を実施していなかったため不明である。一方、ナラ枯れによる穿入枯死率にコナラの直径-辺材率関係が影響している可能性が示唆されている (2)。今後、青野プロット周辺のコナラについても辺材率を調査し、その可能性を明らかにしていきたい。

引用文献

(1) 赤石大輔・鎌田直人・中村浩二 (2006) コナラ・ア

- ベマキ二次林におけるカシノナガキクイムシの初期加害状況. 日林誌 88: 274-278
- (2) 井上淳・澤田晴雄・鎌田直人 (2011) コナラの直径一辺材率関係の地域間比較. 中部森林研究 59 : 253-256
- (3) 伊藤進一郎・山田利博 (1998) ナラ類集団枯死被害の分布と拡大. 日林誌 80 : 229-232
- (4) 加藤徹 (2014) 静岡県におけるカシノナガキクイムシの分布拡大. 静岡農技研報 7: 103-110
- (5) 小林正秀・柴田繁 (2001) ナラ枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿入と立木の被害状況 (I) —京都府舞鶴市における調査結果—. 森林応用研究 10 (1) : 73-78
- (6) 小林正秀・上田明良 (2001) ナラ枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿入と立木の被害状況 (II) —京都府和知町と京北町における調査結果—. 森林応用研究 10 (2) : 79-84
- (7) 西垣眞太郎・井上牧雄・西村徳義 (1998) 鳥取県におけるナラ類の集団枯損及びカシノナガキクイムシ穿入木の材含水率. 森林応用研究 7: 117-120
- (8) 斉藤正一・柴田鏡江 (2012) 山形県におけるナラ枯れ被害林分での森林構造と枯死木の動態. 日林誌

- 94 : 223-228
- (9) 澤田晴雄・平尾聡秀・鎌田直人 (2013) 東海地方の暖温帯二次林におけるカシノナガキクイムシ加害初期の穿入木の経年変化と空間分布. 森林防疫 62 (3) : 10-15
- (10) 澤田晴雄・辻和明・辻良子・小林徹行・井上広喜・鴨田重裕・鎌田直人 (2014) 東京大学樹芸研究所青野研究林におけるカシノナガキクイムシ穿入木の発生状況. 中部森林研究 62: 55-58
- (11) 塩見晋一・尾崎真也 (1997) 兵庫県におけるコナラとミズナラの集団枯損の実態. 森林応用研究 6: 197-198
- (12) 高德佳絵・澤田晴雄・渡部賢・鎌田直人 (2009) 東京大学愛知演習林犬山研究林内におけるカシノナガキクイムシによるナラ枯れ被害の実態. 中部森林研究 57: 289-292
- (13) 谷脇徹・木下雄・大木伸一・日高壯一・岩本隆生・佐々木廣海・本田美里・坂井あゆみ・栗林留美・永田幸志・山中日奈子・相原敬次・西口孝雄 (2018) 2017年に神奈川県内で初めて発生したナラ枯れの被害と対策. 神奈川県自環保セ報告 15: 1-9
- (14) 渡辺直登・岡田知也・戸丸信弘・西村尚之・中川弥智子 (2016) 愛知県海上の森におけるナラ枯れ被害林分の森林動態. 日林誌 98: 273-278

表-1. 赤津プロットの構成樹種の本数および断面積合計 (2007 年)

樹種	立木本数			胸高断面積合計		
	本/2.67ha	本/ha	%	m ² /2.67ha	m ² /ha	%
コナラ	546	204	10.0	24.151	9.045	24.9
アカガシ	76	28	1.4	2.713	1.016	2.8
ツクバネガシ	58	22	1.1	0.683	0.256	0.7
アラカシ	42	16	0.8	0.346	0.130	0.4
ウラジロガシ	19	7	0.3	0.163	0.061	0.2
ツブラジイ	6	2	0.1	0.089	0.033	0.1
シラカシ	2	1	0.0	0.031	0.012	0.0
上記ブナ科樹種 小計・・・①	749	281	13.7	28.177	10.553	29.0
ヒノキ・・・②	1,076	403	19.7	29.394	11.009	30.3
アカマツ・・・③	204	76	3.7	13.925	5.216	14.3
他の樹種 小計・・・④	3,432	1,285	62.8	25.646	9.605	26.4
合計・・・①+②+③+④	5,461	2,045	100.0	97.141	36.383	100.0

表-2. 青野プロットの構成樹種の本数および断面積合計 (2009 年)

樹種	立木本数			胸高断面積合計		
	本/1.125ha	本/ha	%	m ² /1.125ha	m ² /ha	%
スダジイ	885	787	28.9	37.168	33.038	54.2
コナラ	204	181	6.7	8.828	7.847	12.9
アラカシ	94	84	3.1	0.586	0.521	0.9
ウラジロガシ	17	15	0.6	0.387	0.344	0.6
クリ	3	3	0.1	0.106	0.094	0.2
ブナ科樹種 小計・・・①	1,203	1,069	39.3	47.075	41.844	68.6
他の樹種 小計・・・②	1,859	1,652	60.7	21.516	19.126	31.4
合計・・・①+②	3,062	2,722	100.0	68.591	60.970	100.0

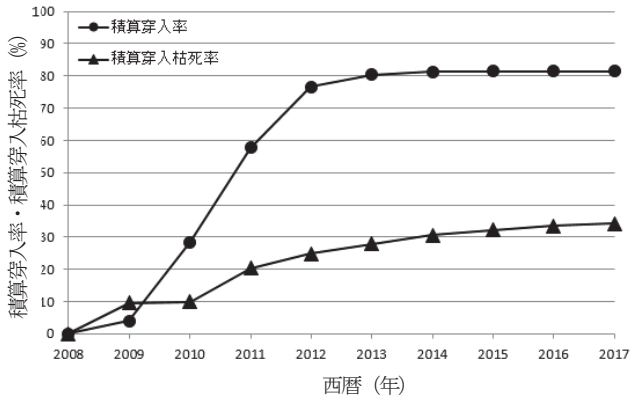


図-1. 赤津プロットのコナラのナラ枯れ進行状況

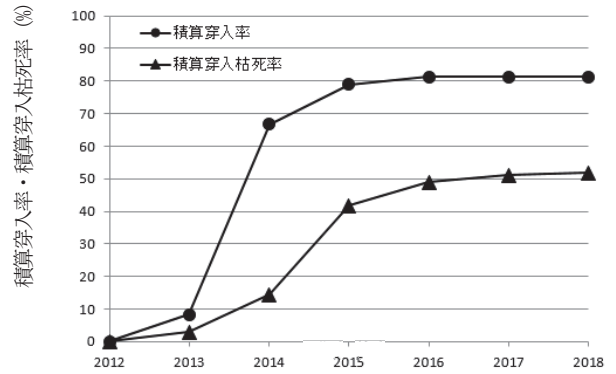


図-2. 青野プロットのコナラのナラ枯れ進行状況

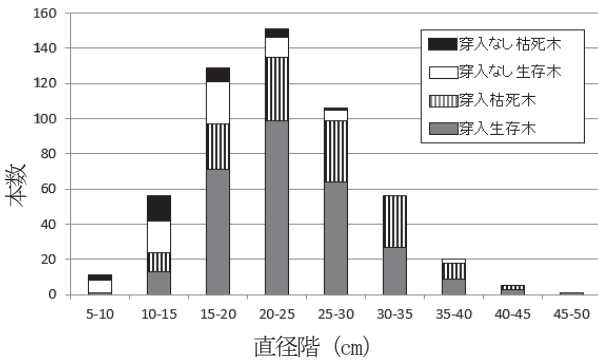


図-3. 赤津プロットのコナラ直径階分布 (2007年)

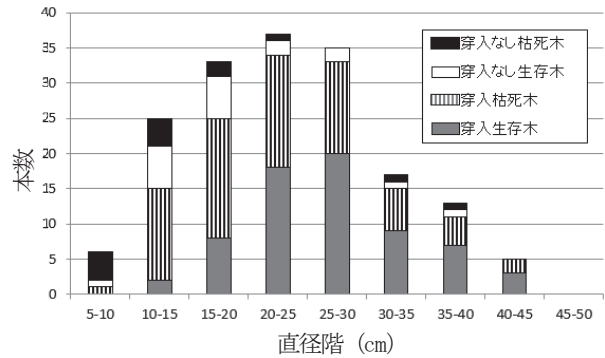


図-4. 青野プロットのコナラ直径階分布 (2009年)

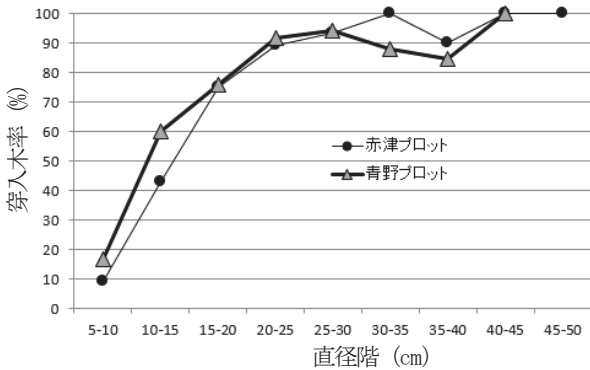


図-5. コナラ直径階別の穿入木率
(赤津プロット：2017年，青野プロット：2018年)

表-3. 両プロットの小径木と中大径木の穿入木率とそれらの有意差 (Fisher の正確確率検定)

	赤津プロット		青野プロット
小径木 20cm未満	62%	← $P=0.8819$ →	64%
	↑		↑
	$P=2.2E-16$		$P=1.4E-05$
	↓		↓
中大径木 20cm以上	93%	← $P=0.6810$ →	92%

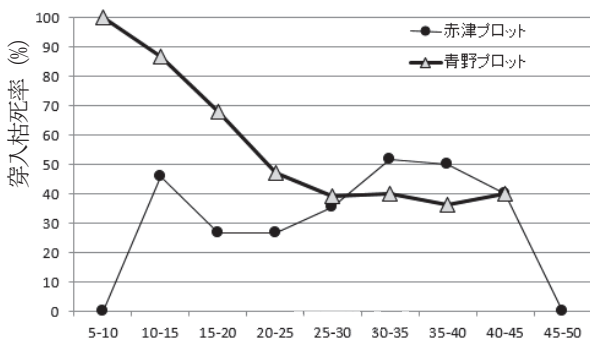


図-6. コナラ直径階別の穿入枯死率
(赤津プロット：2017年，青野プロット：2018年)

表-4. 両プロットの小径木と中大径木の穿入枯死率とそれらの有意差 (Fisher の正確確率検定)

	赤津プロット		青野プロット
小径木 25cm未満	30%	← $P=4.6E-07$ →	76%
	↑		↑
	$P=0.3677$		$P=0.0004$
	↓		↓
中大径木 20cm以上	35%	← $P=0.2806$ →	42%