

ナラ枯れによる枯死木と非枯死木の周辺土壌中から得られた
アリの種構成の違い

葛西弘^{a)}・藤本将徳^{a)}・渡邊拓也^{b)}・出口千恵美^{c)}・澤畠拓夫^{d)}

a) 近畿大学大学院農学研究科環境管理学専攻

b) 生駒市立緑ヶ丘中学校

c) 奈良県立教育研究所

d) 近畿大学農学部環境管理学科

**Differences in ant species structure in the soil under dead trees due to the Japanese
oak wilt disease and its surviving trees.**

Hiro Kasai^{a)}, Masanori Fujimoto^{a)}, Takuya Watanabe^{b)}, Chiemi Deguchi^{c)}, Takuo Sawahata^{d)}

*a) Environmental Management, Graduate School of Agriculture, Kindai University, 3327-204
Nakamachi, Nara, Nara 631-8505, Japan*

b) Midorigaoka junior high school, 2232 Midorigaoka Ikoma Nara 631-0262, Japan

*c) Nara prefectural institute for education research, 22-1 Hatanoshyo Tawaramotochyo shiki Nara
636-0343, Japan*

*d) Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture, Kindai University, 3327-204
Nakamachi, Nara, Nara 631-8505, Japan*

Synopsis

We compared the ant species structure and soil water content from the soil under dead and non-dead *Quercus serrata* trees in deciduous broad-leaved forests suffering slight damage of oak wilt disease in Nara Prefecture to examine the effects of oak wilt disease on insect fauna. The value of

species diversity of ants decreased in the soil under dead trees especially in the species belonging the forest habitat type. Although the water contents of dead trees tend to show slightly lower proportion than those of non-dead trees, these proportions did not differ significantly each other. These results suggested that the ant species reacted sensitively to slight environmental change around the dead trees in the forest suffering oak wilt disease.

Keywords: Oak wilt, Dead tree, Ant fauna, Species structure, diversity, Habitat type

1. 緒言

ナラ枯れとは、カシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus* が媒介する病原菌 *Raffaelea quercivora* によって発生する、ブナ科樹木萎凋病によるナラ類の集団枯損被害を指す^{1,2,3)}。1980年代から日本海側を中心に被害が増加し、その後各地で拡大している^{4,5)}。奈良県では2010年に若草山で初めて確認され、その後被害が拡大し、2013年には近畿大学奈良キャンパス及び生駒山でナラ枯れが発生している^{6,7)}。

ナラ枯れの研究はこれまで、カシノナガキクイムシの生態や防除法に関するものが多くを占めており⁶⁾、またブナ科樹木の枯死による森林攪乱が他の生物群集に及ぼす影響として、鳥類や昆虫類などの分類群において研究がなされてきた^{8,9,10)}。ナラ枯れ被害の程度により生物群集が受ける影響は異なり、枯死木が ha あたり 100 本以上の激害林では生物群集に明瞭な変化が生じるが¹¹⁾、ha あたり 100 本以下の微被害林では生物群集に明瞭な変化が生じない傾向が観察されている¹¹⁾。とはいえ、微被害林においてもナラ枯れにより生じた枯死木の周囲では、生物群集に対して局所的に何らかの影響が出ている可能性はある。しかし、同一林分内において枯死木と生残木の周辺の生物群集を比較した事例はほとんどない¹²⁾。これは、これまで研究されてきた生物種が、主に鳥類や飛翔可能な昆虫など、移動能力の高い生物種を対象としていたためであると考えられる。その意味でも、移動能力の低い動物群集、すなわちアリなどの土壌動物に着目した調査を行うことで、同一林分内での局所的な環境変化を明らかにすることが近畿大学奈良キャンパス内では 2019 年の

可能となると期待される¹³⁾。

アリは、樹上や枯れ枝、朽木、地表から地中深くまで多岐にわたる幅の広い生息圏を有する昆虫である。森林内において種数・現存量ともに多く、その生態は多様で、捕食者や種子散布者として知られる。さらにはアブラムシ類などの他の生物と共生関係を持つなど、多くの動植物とかがわりを持つことで生態系において重要な役割を果たしている¹⁴⁾。その上、人為的攪乱や植生、微気象条件の違いなどの環境変化に敏感に反応する性質を有するため、アリの環境指標生物としての有効性が示されてきた^{15,16,17)}。実際、マツ類集団の枯損被害¹⁸⁾がアリ類へ与える影響を調べた北米の研究では、アリ類の群集構造が被害林と非被害林で異なることが示され、アリの営巣場所の環境変化に起因した可能性が示唆された¹⁹⁾。これら研究事例からも、日本におけるナラ枯れ被害林において、ナラ枯れにより生じた枯死木の周囲の生物群集に対する影響を明らかにする上で、アリ群集に着目した調査が有効であると期待される。

そこで本研究では、小規模のナラ枯れ発生地（微被害林）において、発生年数が約 2 年以内のナラ枯れ木が生物群集に与える影響を明らかにするために、枯死木と非枯死木の周辺土壌中から得られたアリ類群集を比較した。

2. 材料及び方法

調査は、奈良県北西部の生駒山及び近畿大学奈良キャンパス内で行った（図 1A）。

調査は生駒山では 2018 年の 8 月～9 月に、10 月に行った。調査地点は、生駒山で 2 地

点(図 1B-C)、近畿大学奈良キャンパス内で 3 地点(図 1D)の計 5 地点(A-E)を選定した。調査対象木はなるべく最近(約 2 年以内)のナラ枯れによって枯死した枯死木と、同一林分内の非枯死木(健全木)を対象とした。

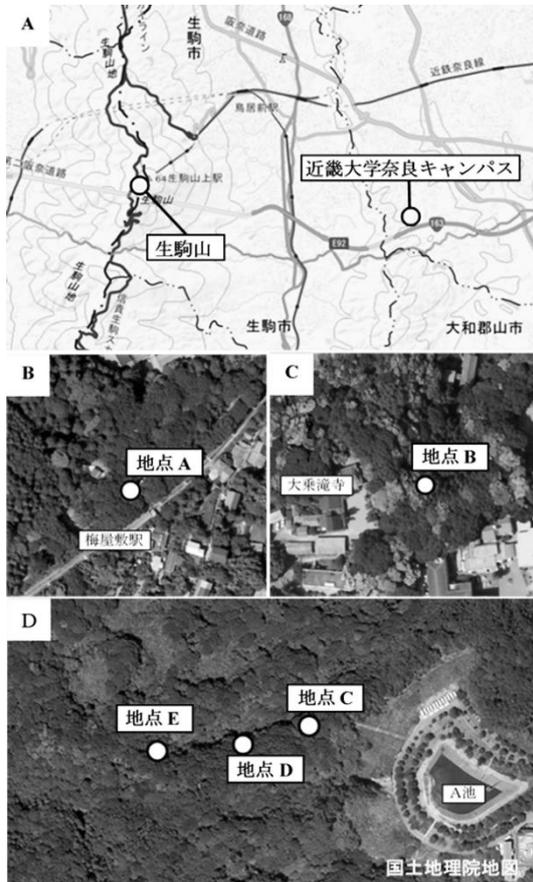


図 1. 調査地点(A:生駒山及び近畿大学奈良キャンパスの位置、B-C:生駒山調査地点、D:近畿大学奈良キャンパス調査地点)

各調査地点における土壤環境を比較するために各地点で土壤含水率を測定した。ステンレス試料円筒(100 ml)を用いて各調査地点で 3 回ずつ、ランダムな場所で土壤を

採取し持ち帰った後、湿重量を測定した。その後、ドライオープンで 2 日間(48 時間)乾燥させ乾燥重量を測定し、湿重量と乾燥重量から含水率を算出した。また得られたデータから両区間に差があるのかを t 検定(Welch's t test)を用いて検討した。

アリ類の採集は、調査対象木の周辺土壤に 25 cm×25 cm の方形枠をランダムに設置し、表層から 5 cm までの A₀ 層を採取した。これを各地点 3 反復行った。

採取した土壤は実験室に持ち帰り、ふるいにかけて、バットに落下したアリをハンドソーティングでサンプリングし、70%エタノールが入ったスクリーン管に保存した。アリの同定には日本産アリ類図鑑を用いた²⁰⁾。アリ類は複数個体で 1 つのコロニーを形成するため、個体数からのデータ解析は困難である。そのため、今回は複数個体得られた場合も 1 個体とし、全 15 反復(5 地点×3 か所/地点)の中での出現回数を算出した。また出現した種を、それぞれの生息型に分類した。生息型による種ごとの分類は寺山(2004)に従い、森林型、公園型、草地・荒地型の 3 つのタイプからなる 5 つの生息型(I-IV 群)に分けた¹⁷⁾(図 2)。

I 群は林床の発達した森林等の自然度の高い環境に生息する種が該当する。I' 群は主に自然度の高い森林環境に生息するが、公園のような単独林や立木が散生する環境にも生息するような種が該当する。II 群は森林型から公園型に広く分布する種が該当し、III 群は自然度の高い森林内から高木を全く欠く開放的な環境まで、幅広い環境に適した種が該当する。IV 群は公園型から草地・荒地型までの攪乱環境に生息する種が該当する。また、寺山(2004)で、当てはまら

ない種に関しては、寺山（2014, 2017）を参考にそれぞれの生息型に当てはめた^{17,21)}

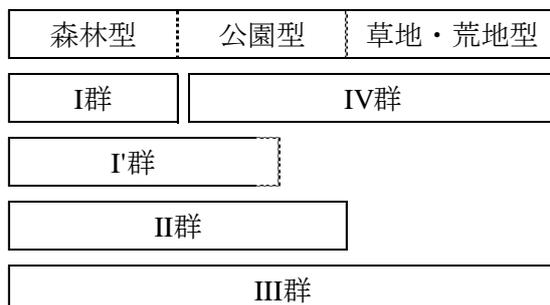


図2. 植生の景観に対応させたアリ類の生息型（寺山, 2004 より引用）

今回の調査で採集されたアリ類各種が枯死木区、非枯死木区の両区間で出現頻度に差があるのかをカイ二乗検定（CHITEST）を用いて検討した。同様に、両区間での生息型ごとの構成比率に差があるのかをカイ二乗検定（CHITEST）を用いて検討した。また、アリ類の多様性に違いがあるのかを検討するために枯死木区（5地点）、非枯死木区（5地点）で simpson の多様度指数 ($1/\lambda$) を求めた後、両区間で多様度に差があるのかを t 検定（Welch' s t test）を用いて検討した。

3. 結果

3-1. 土壌含水率

各調査地点における枯死木区と非枯死木区の周辺土壌の平均含水率を表1に示す。両区間での土壌含水率に差があるのかを解析した結果、B地点を除くすべての地点で、枯死木区の周辺土壌の含水率は低かったが、

この傾向に統計学的な有意差はなかった ($P > 0.05$, Welch' s t test)。

表1. 各地点における平均土壌含水率(%)

地点	枯死木区	非枯死木区
	平均±sd (n=3)	平均±sd (n=3)
A	21.2±3.8	26.6±3.9
B	16.6±1.4	18.3±1.8
C	33.9±3.8	28.3±6.6
D	24.3±1.4	27.1±2.8
E	26.6±5.8	34.5±7.4
全体	24.5±6.8	27.0±7.4

n; 反復数, sd; 標準偏差, Welch's t test; $P > 0.05$

3-2. アリ類の生活型ごとの出現頻度

今回の調査では5亜科20属25種のアリ類が確認された。枯死木区と非枯死木区で15反復（各地点3反復）ずつ採集されたアリ類を、生息型ごとの出現頻度で表にした（表3）。調査区間で各アリの合計出現頻度に差があるのかを解析した結果、I群に分類されるナカスジハリアリ *Brachyponera nakasujii* では出現頻度が枯死木区で有意に少なかった ($P < 0.01$, CHITEST)。またカドフシアリ *Myrmecina nipponica* でも枯死木区で有意に少なかった ($P < 0.05$, CHITEST)。その他の種では有意な差は見られなかった ($P > 0.05$, CHITEST)。I群ではノコギリハリアリ *Stigmatomma silvestrii*、ハヤシケアリ *Lasius hayashi*、ヒゲナガケアリ *Lasius productus* は非枯死木区のみで見られ、I群ではケブカハリアリ *Euponera pilosior*、ヤマ

表 2. 各調査地で得られたアリ類の生息型ごとの区分と出現頻度の比較

種の和名	種の学名	生息型 ¹	枯死木区					合計	非枯死木区					合計	P値 ³
			A	B	C	D	E		A	B	C	D	E		
ノコギリハリアリ	<i>Stigmatomma silvestrii</i>	I										1	1	0.3	
イトウカギバラアリ	<i>Proceratium itoi</i>	I			1		1		1			1	2	0.5	
ナカスジハリアリ	<i>Brachyponera nakasujii</i>	I ²		1	3		4	3	3	3	1	2	12	0.003 **	
ヒメムネボソアリ	<i>Temnothorax arimensis</i>	I ²					1	1					1	1	
キイロヒメアリ	<i>Monomorium triviale</i>	I	3			3	6		1		1		2	0.09	
コツノアリ	<i>Carebara yamatonis</i>	I			1	1	2	4		2	2	2	6	0.4	
カドフシアリ	<i>Myrmecina nipponica</i>	I			1		1		1	1	2	2	6	0.03 *	
ヒラタウロコアリ	<i>Strumigenys canina</i>	I			1		1		1				1	1	
セダカウロコアリ	<i>Strumigenys hexamera</i>	I ²					2	2		1			1	0.5	
ウロコアリ	<i>Strumigenys lewisi</i>	I			2	1	1	4	2	2	2	1	7	0.2	
ハヤシケアリ	<i>Lasius hayashi</i>	I					0	2					2	0.1	
ヒゲナガケアリ	<i>Lasius productus</i>	I ²					0			1			1	0.3	
テラニシハリアリ	<i>Ponera scabra</i>	I'			1		1	2					2	0.5	
ニセハリアリ	<i>Hypoponera sauteri</i>	I'			3	3	3	9		1	3	1	3	8	0.7
ケブカハリアリ	<i>Euponera pilosior</i>	I' ²					0	1					1	0.3	
ヤマトアシナガアリ	<i>Aphaenogaster japonica</i>	I'					0	2					2	0.14	
ハヤシクロヤマアリ	<i>Formica hayashi</i>	I'					0	1					1	0.3	
キイロシリアゲアリ	<i>Crematogaster osakensis</i>	II			2	1	3	2		3	2		7	0.1	
アメイロアリ	<i>Nylanderia flavipes</i>	II	2	2	1	2	1	8	1	2	2	1	6	0.4	
アズマオオズアリ	<i>Pheidole fervida</i>	III				1	1				1		1	1	
トフシアリ	<i>Solenopsis japonica</i>	III	1				1						0	0.3	
アミメアリ	<i>Pristomyrmex punctatus</i>	III	1				1		2				2	0.5	
イガウロコアリ	<i>Strumigenys benten</i>	III ²					0			1	1		2	0.1	
トビイロケアリ	<i>Lasius japonicus</i>	III		1			1						0	0.3	
トビイロシワアリ	<i>Tetramorium tsushimae</i>	IV	1				1						0	0.3	

¹ 寺山 (2004) による生息型 (I; 森林型、I'; 森林型 (公園型)、II; 森林型-公園型、III; 森林型-草地・荒地型、IV; 公園型-草地・荒地型) ごとに区分。

² 寺山 (2014, 2017) より生息型を参考に区分した種を示す。

³ 両区間の合計出現頻度値の差を比較 (CHITEST; * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$)。

トアシナガアリ *Aphaenogaster japonica*、ハヤシクロヤマアリ *Formica hayashi* が非枯死木区のみで見られた。また III 群ではイガウロコアリ *Strumigenys benten* が非枯死木区のみで見られた。III 群のトフシアリ *Solenopsis japonica* とトビイロケアリ *Lasius japonicus*、IV 群のトビイロシワアリ

Tetramorium tsushimae は枯死木区のみで見られた。

3-3. アリ類の生息型ごとの構成比率

枯死木区と非枯死木区との間で種構成に違いがあるかを詳細に考察するため、得られたアリ類の生息型ごとの構成比率に着目

した解析を行った (図 3)。その結果、調査区間での構成比率には有意な差は認められず、生息型ごとで比較した種構成に大きな違いはないことを示唆する結果となった ($P>0.05$, CHITEST)。枯死木区と非枯死木区での構成比率を詳細にみると、I群ではそれぞれ 48.0% および 56.8% と非枯死木区で高い割合となり、それ以外のI'群ではそれぞれ 20.0% および 18.9%、II群ではそれぞれ 22.0% および 17.6%、III群ではそれぞれ 8.0% および 6.8% と枯死木区で高い割合となった。IV群は枯死木区のみで出現し、その割合は 2.0% であった。

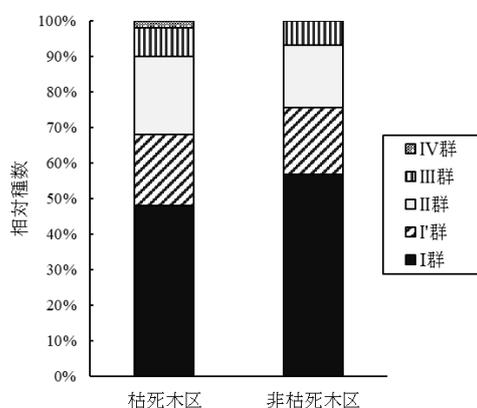


図 3. 枯死木区と非枯死木区における生息型ごとの構成比率 ($P>0.05$, CHITEST)

3-4. 多様度の比較

枯死木区と非枯死木区の間でアリ類の多様性に違いがあるかを検討するため、各区 5 地点から得られたアリ類の多様度を simpson の多様度指数を用いて算出し、平均値を比較した (図 4)。今回の解析ではアリの個体数の代わりに出現回数を用いて多様度を求めた。枯死木区に比べ非枯死木区で多様度が有意に高かった ($P<0.05$, Welch's

t test)。

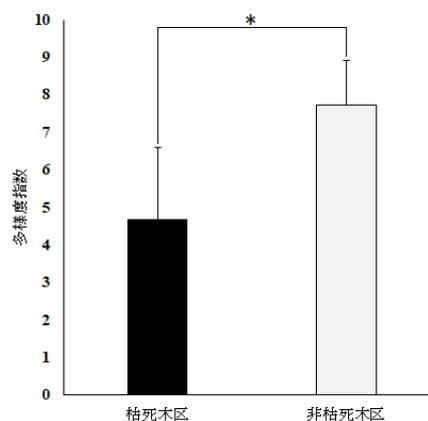


図 4. 枯死木区と非枯死木区における多様度の違い (各区 5 反復、Simpson の多様度指数 ($1/\lambda$)、Welch's t test; *: $P<0.05$)

4. 考察

本研究の結果、ナラ枯れ微被害林で枯死木の周囲では、アリ類の種組成や種数が異なり (表 3)、森林性種の消失に基づいたアリ類の種多様度の低下が起きていることが判明した (図 4)。これは、微被害林では土壌動物群集への明瞭な影響は見いだせないことを示した斉藤ら (2015)²²⁾ の報告とは異なるものであった。これまでに行われたナラ枯れと昆虫群集との関係性についての研究では、昆虫群集の明瞭な変化が生じた理由として、高木の集団枯損によって林内に大規模なギャップが形成され、林内照度の増加に伴い植生の変化が生じたことが原因とされている⁹⁾。しかし、本研究は集団枯損被害地ではなく林分内に 1、2 本程度枯死木が発生した小規模ナラ枯れ発生地 (微被害林) で行ったものである。

土壌動物に影響を与えそうな調査地の林床環境の比較として、土壌の含水率の違いを調査した。その結果、枯死木周辺の土壌は非枯死木周辺の土壌と比較するとやや乾燥している傾向はあるものの、両者の間で統計的な差は見いだせなかった。ただし、この結果にはサンプル数が少ない ($n=5$) ことも考慮に入れなくてはならない。実際、調査で土壌に触れた時、枯死木と非枯死木の周辺土壌とでは、土壌の感触が大きく異なる印象であった。したがって、統計的な有意差は検出されなかったものの、本調査で見られた非枯死木周辺の土壌における乾燥傾向が、そこに生息する動物群集に有意な影響を及ぼした可能性は否定できない。特に、近畿地方で最も普通に見られる森林性種のキイロシリアゲアリ *Crematogaster osakensis* やウロコアリ *Strumigenys lewisi*²³⁾ が、半数近くの調査地で枯死木の周辺から消失している事実は非常に示唆的である(表3)。今後は、土壌含水率のみならず、土壌硬度などの別の理化学的性質も調べる必要がある。

本研究では、ナラ枯れによる枯損が生じる前のデータは得られていない。したがって、ナラ枯れに起因する枯死木周辺の土壌において見出されたアリ類の種組成や種数の違いと土壌含水率の低下傾向が、ナラ枯れ後に生じたものなのか、それともナラ枯れ以前から生じていたものなのかは不明である。

枯死木周辺土壌では、比較的自然度の高い林内に多いとされるI群に含まれるアリ類に顕著な差異が生じている。これは、閉鎖林冠下などの薄暗い林内の林床部を好むとされているカドフシアリや、主に林内で見られるナカスジハリアリの出現頻度が有意

に異なっていたこと、また、林内の立木に営巣する種として知られるハヤシケアリやヒゲナガケアリの出現^{17,20,25)}の有無によるものである(表3)。キイロヒメアリ *Monomorium triviale* は、寺山(2004)の区分ではI群とされるが、夏原(2000)は林縁地上性で見なしている²⁴⁾。本研究ではキイロヒメアリは非枯死木区において多く観察されたことから、少なくとも他のI群とは異なる傾向を示す種であると推察される(表3)。

また、枯死木区と非枯死木区から得られたアリ類の多様度を比較したところ、非枯死木区で多様度が有意に高いという結果となった(図4)。これらの要因として、森林性種であるI群やI'群の減少が考えられる(表3)。江原ら(2013)は、間伐地よりも林冠が閉鎖した林分において森林性種がより多く出現することを報告しており²⁵⁾、本研究でも同様の傾向が得られた。しかし、光環境の良くなった林分では環境適応性の高い広域種や開放的環境を好む種が増加するため、種数自体に明確な違いはみられないとしている²⁵⁾。本研究では、攪乱地などに多く見られるIV群に属するトビイロシワアリが枯死木周辺の1地点観察されたことを除き、II群やIII群に属するアリ類の種および出現頻度は、調査区間でほとんど変わらなかった(表3)。また、生息型ごとの構成比率を比較したところ、統計的に有意な差はなかったもののI群が占める割合が非枯死木区で高い割合であった(図3)。これらの結果は、ナラ枯れ微被害林における枯死木の周辺ではわずかな環境の変化に敏感に反応する森林性種が減少するが、開放的環境を好む種が増加するような環境とはなっていないことを示唆するものである。今回の

調査は、土壌中から得られた種のみを対象としたが、今後は、ピットフォールトラップや糖蜜トラップ、見つけ採りなどの採集方法を利用し、様々な生息場所や生息環境を対象にアリ相全体への影響を調査する必要がある。

6. 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、多大なるご協力をいただいた生駒市立緑ヶ丘中学校科学部の生徒諸氏、ならびに活動助成を賜った奈良県立教育研究所に厚く御礼申し上げます。

7. 引用文献

- 1) 伊藤進一郎・窪野高德・佐橋典夫・山田利博 (1998) ナラ類集団枯損にかかる特定の菌類について. 日林誌80 : 170-175.
- 2) Kubono T., Ito S. (2002) *Raffaelea quercivora* sp.nov. associated with mass mortality of Japanese Oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience*. 43: 255-260.
- 3) 小林正秀・上田明良 (2005) カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死-被害発生要因も解明を目指して-. 日林誌. 87 (5) : 435-450.
- 4) 伊藤進一郎・山田利博 (1998) ナラ類集団枯損被害の分布と拡大. 日本林学会誌. 80: 229-232.
- 5) 斉藤正一 (2008) ナラ枯れ被害で分かってきた事、これからする事. 東北森林科学会誌. 13: 16-20.
- 6) ナラ枯れについて (<http://www.pref.nara.jp/40492.htm>, 令和1年10月21日閲覧) .
- 7) 河内香織・石原まりな・澤島拓夫 (2015) カシノナガキクイムシに媒介されるナラ枯れの近畿大学奈良キャンパスにおける発生. 近畿大学農学部紀要. 48: 67-71.
- 8) 斉藤正一・八木橋勉・高橋 文・柴田銃江・中静 透 (2016) ナラ枯れ被害終息後の林分における鳥類群集の推移. 東北森林科学会誌. 21 (1) : 11-17.
- 9) 上田明良 (2012) 昆虫におよぼすナラ枯れの影響. 昆虫と自然 (9) , 125 pp. ニューサイエンス社. 東京.
- 10) 斉藤正一・高橋 文・上野 満・柴田銃江・八木橋勉・中静 透 (2018) ナラ枯れ被害終息後の林分における昆虫相. 山形県森林研究研修センター研究報告第. 33: 14-35.
- 11) 斉藤正一・八木橋勉・高橋 文・上野 満・柴田銃江・中静 透 (2016) ナラ枯れ被害終息後の林分における更新の可能性と生物群集への波及効果. 東北森林科学会誌. 21 (2) : 60-65.
- 12) 江崎功二郎・高羽正治 (2005) ナラ集団枯損被害によって発生したミズナラ枯死木を利用する甲虫群集の特徴. 石川県林試研報. 37: 36-42.
- 13) 青木淳一 (1989) 土壌動物を指標とした自然の豊かさ評価. 都市化・工業化の動植物影響調査マニュアル(千葉県): 127-143.
- 14) Hölldobler, B. and Wilson, E. O. (1990) *The Ants*. Harvard University Press, Cambridge, USA, 733 pp.
- 15) Anderson A. N., Hoffmann B. D., Mull

- er W. J., Griffiths A. D (2002) Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. *J. Appl. Ecol.* 39: 8-17.
- 16) Folgarait P.J (1998) Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning; a review. *Biodiversity and Conservation.* 7: 1221-1244.
- 17) 寺山守 (2004) 日本のアリ群集: 地理的分布と生態分布. *埼玉動物研通信.* 48: 1-57.
- 18) California Forest Pest Council (2004) *Forest Pest Conditions in California-2003.* California Department of Forestry and Fire Protection, Sacramento, California.
- 19) Brian W. S., Alexander L. W (2013) Effects of tree mortality caused by a bark beetle outbreak on the ant community in the San Bernardino National Forest. *Ecological Entomology.* 38: 439-447.
- 20) 寺山守・久保田敏・江口克之 (2014) 日本産アリ類図鑑. 朝倉書店, 東京.
- 21) 寺山守 (2019) 「日本産アリ類生態情報 20. 生息場所・営巣場所」.
- 22) 齊藤正一・上野 満・柴田銃江・八木橋 勉・中静 透 (2015) ナラ枯れ被害終息後の林分における植物遺体と土壌動物相の推移. *東北森林科学会誌.* 20 (2) :54-59.
- 23) 今井弘民・鶴川義弘・緒方一夫・小野山敬一・木原 章・久保田政雄・栗林 慧・近藤正樹・園部力雄・月井雄二・寺山 守・森下正明・山内克典・山根正気・吉村正志・渡遠啓文 (2008) 日本産アリ類画像データベース 2008. アリ類データベース作成グループ.
- 24) 夏原由博 (2000) 都市から近郊森林の環境変化に沿った生物群集の推移パターンに関する研究-大阪地方における鳥, チョウおよびアリの群集を題材として. 京都大学大学院博士論文.
- 25) 江原秀宗・石井 弘明・前藤 薫 (2013) スギ人工林における列状間伐後のアリ群集構造と関連する環境要因. *日林誌.* 94: 36-41.