

ナラ類集団枯損初期被害防止のための研究

三枝 道生 牧本 卓史

Research for the prevention of initial damage
of mass mortality of Fagaceae trees

Michio SAEGUSA Takushi MAKIMOTO

要 旨

三枝 道生 牧本 卓史：ナラ類集団枯損初期被害防止のための調査研究 岡山県森林研報28：11～16（2012）全国的に報告されているカシノナガキクイムシの穿孔を受けたブナ科樹木が枯死する被害が，2009年度に初めて岡山県においても確認された。これを受け，県内における拡大を防ぐために発生状況の調査及び昆虫病原性線虫による防除効果を検討した。伐倒燻蒸処理実施下における発生状況は発生数，発生範囲ともに拡大しているものの，初確認から3年経過した現在においても鳥取県境から4 km以内に留まっている。一方，2年目以降で被害が集中して発生した箇所周辺では，調査漏れとみられる前年枯死木が確認されたことから，初期防除における被害探索の重要性が改めて示唆された。

キーワード：ナラ枯れ，カシノナガキクイムシ，昆虫病原性線虫

I はじめに

ナラ類集団枯損（以下，ナラ枯れ）は，カシノナガキクイムシ（以下，カシナガ）により伝播される菌により樹木が枯死する被害で，ブナ科樹木萎凋病の名称が提案されている（伊藤ら 2010）。この被害は，古くは江戸時代の文献にも記載があり（井田ら 2010），近年では1980年代以降に急速に拡大し，中国地方では，島根県（1986年），鳥取県（1991年），広島県（2006年），山口県（2007年）でそれぞれ確認されている。岡山県では2009年に県北部の鳥取県境付近で初めて確認された。

ナラ枯れ被害は，対策が遅れると急速に蔓延し，被害地域が拡大するおそれがあるが，本県は隣接県における激害地の先端地域に当たることから，発生が確認された初期の段階から監視，防除を徹底し，今後，被害の拡大にともない増加が予想される，対策にかかる労力及び経費の軽減を図る必要がある。

これまでカシナガの生態及びナラ枯れ被害の発生要因，対策については，多くの研究がなされている（熊本営林局 1941，黒田ら 1996，小林ら 2001，小林ら 2005）。大橋（2010）は，伐倒を伴わず，化学薬品を使用しない方法として昆虫病原性線虫（*Steiner-*

*nema*属）を被害木に注入することで，カシナガの脱出を抑制できたと報告した。

本報告では，ナラ枯れ被害の県内初確認から3年間の発生地域の変遷と，防除対策としての昆虫病原性線虫の可能性について検討した結果を報告する。

II 調査地及び材料と方法

1 被害状況調査

2009年8月，9月に，鳥取県からの情報を基に現地調査及び，その周辺地域の自動車等による目視調査を行った。また，同年10月に，ヘリコプターによる空中からの目視調査を行った。

2010年7月，8月に，前年度被害箇所を中心に県北部全域で，自動車等による目視調査を行った。また，同年9月に，ヘリコプターによる県北部全域の空中からの目視調査を行い，新規に確認したナラ枯れと思われる個体が存在する地点及びその周辺を現地調査した。

2011年7月，8月に，2010年と同様に，自動車等による目視調査を行った。また，予定していたヘリコプターによる空中探査が出来なかったため，9月に撮影された衛星写真によりナラ枯れ被害の疑いのある地点を確認し，現地調査した。

確認した個体については、GPS (Mobile Mapper CE : THALES製) で位置情報を収集した。

なお、本県ではナラ枯れに対する方針として、枯死木及び著しい穿孔被害を受けた穿入生存木については、全木処理することとしている。そのため、確認された被害木については原則としてカーバム剤による伐倒燻蒸処理を、急傾斜地等で伐倒燻蒸処理ができないものについては、立木燻蒸処理を実施した。

2 昆虫病原性線虫接種試験

(1) 駆除効果試験

2011年11月に、苫田郡鏡野町恩原地内のナラ枯れ枯死木にSteinernema属の線虫 (*S. carpocapsae*: 株式会社エス・ディ・エスバイオテック製バイオセーフ (図-1)) (以下、スタイナーネマ) を1本当たり2,500万頭接種した。



図-1 Steinernema属の線虫製剤

接種条件は、スタイナーネマ2,500万頭に2,000mlの水を加え懸濁液とし、200mlのスPOINTボトル (アズワン株式会社製) 10本に分注した。これを供試木の地上高50cmの位置に水平方向に等間隔になるよう電動ドリルで径7mmの穴を下向きに約45°で10カ所空け接種した (図-2)。供試木を表-1に示す。

表-1 駆除効果試験の供試木

個体番号	区分	樹種	状態	胸高直径 (cm)	樹高 (m)
No.1		コナラ	枯死	29.5	15.5
No.2	線虫接種区	コナラ	枯死	30.1	18.1
No.3		コナラ	枯死	37.0	17.6
No.4		コナラ	枯死	17.5	10.8
No.5	対照区	コナラ	枯死	20.6	10.5



図-2 スタイナーネマ接種試験

供試木は翌年4月に伐倒し、接種孔の高さから1m毎に、カシナガの穿孔孔がなくなる高さまで厚さ5cmの円板を採取した後、当研究所へ持ち帰って割材し、カシナガ個体の生死を調査した。

(2) スタイナーネマの移動能力試験

スタイナーネマの材内における移動経路を確認するため、2012年6月に津山市阿波のナラ枯れ枯死木にスタイナーネマ2,500万頭/本を注入した。

接種条件は、駆除効果試験と同様とし、接種位置は地上高1mとした。2週間後に伐倒、サンプルとして円板を採取した。円板は、接種孔下50cm、接種孔、及び地上高5mまで1m毎に採取し、線虫が円板間を移動しないように、ビニール袋に円板を1枚ずつ別封して当研究所へ持ち帰った。供試木及び懸濁液の吸収量を表-2に示す。

表-2 移動能力試験の供試木

個体番号	樹種	状態	胸高直径 (cm)	懸濁液吸収量 (ml)
No.1	ミズナラ	枯死	28.0	550
No.2	ミズナラ	枯死	31.6	425
No.3	ミズナラ	穿入生存	31.3	1,350
No.4	ミズナラ	枯死	35.6	310

持ち帰った円板を樹皮、樹皮下、辺材 (道管) 及びカシナガ孔道周辺に分けて携帯用実体顕微鏡 (株式会社Nikon製ファープル) で線虫の有無を確認した。

観察部位は、樹皮は樹皮の繊維の中、樹皮下は樹皮を剥がした後の材表面とした。辺材 (道管) は、円板の辺材部分を約5mmの厚さに割材し、その断面

を観察した。

線虫が確認された木材は、株式会社エス・ディ・エスバイオテックに送付し、同定を依頼した。

Ⅲ 結果と考察

1 被害状況調査

各年度におけるナラ枯れ被害木の発生状況を表-3に、ナラ枯れ発生位置を図-3に示す。

表-3 ナラ枯れ被害木の発生状況

区分	年度別被害本数(本)		
	2009	2010	2011
枯死木	3	81	272
穿入生存木	1	153	283
合計	4	234	555

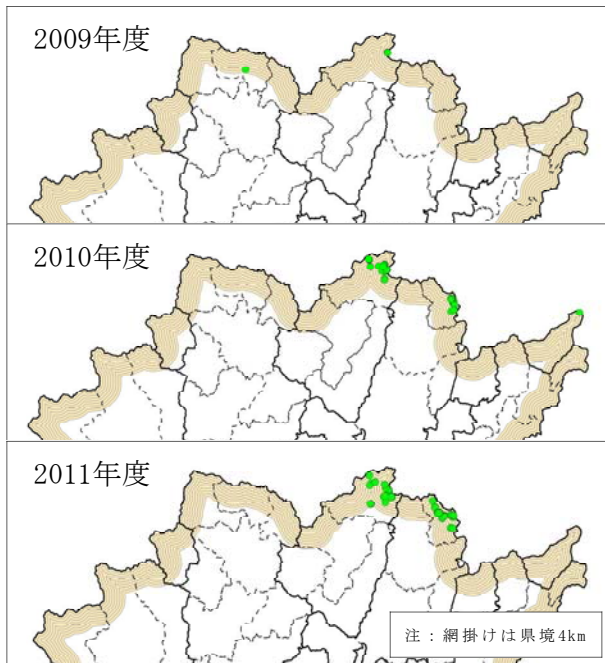


図-3 ナラ枯れ発生の推移(2009～2011)

2009年度は、真庭市蒜山地域(以下、旧八束村)、及び苫田郡鏡野町上斎原(以下、旧上斎原村)で発生した。2010年度は旧上斎原村で再び発生したほか、津山市阿波(以下、旧阿波村)及び英田郡西粟倉村でも新たに発生した。2011年度には前年度発生地域に加えて津山市加茂(以下、旧加茂町)でも発生した。

一方、2009年度に確認された旧八束村では、翌年度以降確認されていない。これは、当該被害地は隣接県を含めて周辺に被害地域のない飛び地的な発生箇所であったこと、かつ、被害は枯死木が1本で、周辺に穿入生存木も含めそれ以外になかったこと、被害木を適切に処理したことなどにより、被害を終息させること

ができたものと思われる。

被害拡散の状況について、ナラ枯れ被害は、年2km以上の早さで拡大するといわれている(布川 1993)が、本県では初確認後3年目において、県境から4kmの地点に1ヶ所確認されている以外は全て2km以内となっていた。これは、発見した被害木は処理をするという本県の方針により迅速に対応した結果であると考えられる。

一方、新たな被害が集中した箇所も確認された(図-4, 5)。

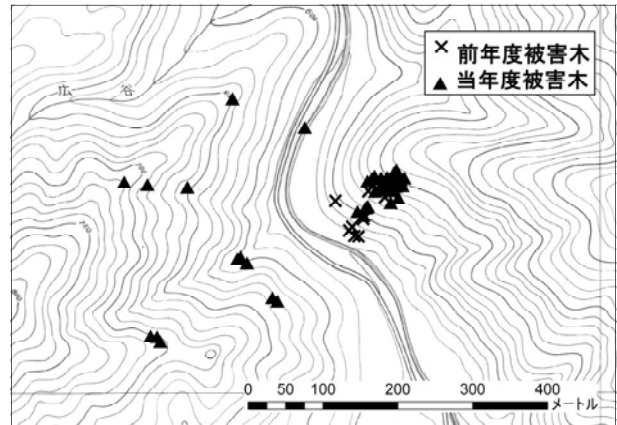


図-4 前年度被害木を調査漏れした箇所の被害状況(津山市阿波)

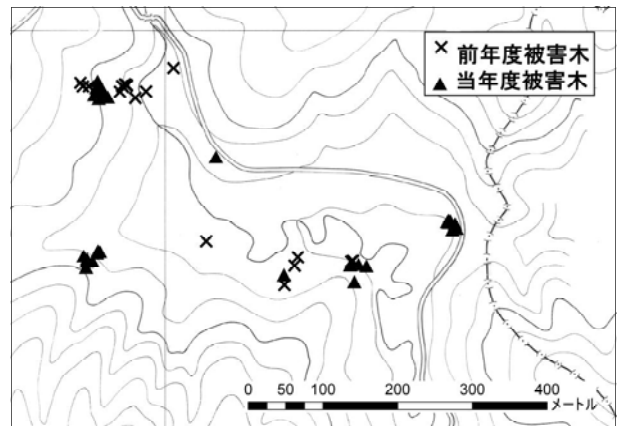


図-5 前年度被害木を処理した箇所の被害状況(津山市阿波)

被害が集中的に発生した箇所では、調査漏れとみられる前年枯死木が1～数本確認できた地域が多くみられた。このことは、集中的に被害を受けて枯死したり、枯死に至らなかったものの多数のカシナガが繁殖に成功した木を放置しておくこと、翌年にはその周辺で被害木が大量発生する可能性があることを示唆している。

また、前年枯死木を処理した箇所においても、新たな被害が確認された。本県におけるナラ枯れの発生箇所の多くは、近隣県の激害地と隣接しており、そこから継続的に侵入している可能性も考えられる。カシナ

ガは正の走光性を持ち、林縁部に集中しやすいことが明らかになっており（井下田ら 2003），前年度枯死木を処理したことによって林内にギャップが生じたことから新たに被害を受けやすくなっている可能性がある。

一方、少数ではあるが穿入生存木のうち、処理対象から除外した個体がある。岡山県では防除対策の方針として、枯死木及び穿入生存木は原則として全木処理としている。しかし、被害が集中して発生している箇所ですべて処理すると急激な疎開が起これ、これにより発生したギャップが新たな被害の発生を助長する可能性がある。そのため、被害が集中している箇所については、穿入生存木のうちカシナガの繁殖阻害要因と考えられる（小林ら 2004）樹液の流出の多い個体については処理対象から除外している。ただし、前述の文献において、樹液が流出している個体でも成虫の脱出が確認されているため、処理対象から除外する際には、①穿入の形跡が極めて少なく、②地際のフラスの堆積が極めて少ないかほとんど認められない、または、③フラスがあったとしても「秋の時点で」繊維状のフラスしか認められない個体を除外対象の候補とし、慎重に判断を行っている。しかし、処理対象から除外した穿入生存木で繁殖に成功し、カシナガが脱出した可能性も考えられるため、これらの個体からの発生状況について検討が必要である。

カシナガの発生源の有無、林冠の開閉など、立地環境が異なるため一概に比較は出来ないが、調査漏れのために前年度の被害木が放置されていた箇所の方が、処理した箇所と比較して新たな加害木がより集中しているように思われた。

2 昆虫病原性線虫接種試験

(1) 駆除効果試験

各円板におけるカシナガによる穿入孔数を表-4に、

表-4 各円板におけるカシナガによる穿入孔数

採取高 (m)	対照区		No.1		No.2		No.3	
	穿入数 (個)	穿入数 /100cm ²	穿入数 (個)	穿入数 /100cm ²	穿入数 (個)	穿入数 /100cm ²	穿入数 (個)	穿入数 /100cm ²
0.5 (接種孔)	10	3.63	3	0.47	12	1.79	8	0.94
1.5	6	2.85	4	1.13	13	3.13	7	0.93
2.5	6	3.34	4	1.58	5	1.25	4	0.61
3.5	1	0.59	3	0.80	10	1.97	4	0.62
4.5	0	0.00	5	2.05	4	1.01	2	0.44
5.5	2	1.30	1	0.48	6	1.85	1	0.28
6.5	0	0.00	3	1.69	2	0.80	1	0.41
7.5	-	-	5	2.12	4	1.22	0	0.00
8.5	-	-	0	0.00	3	1.42	-	-
9.5	-	-	1	0.62	1	0.51	-	-
10.5	-	-	0	0.00	0	0.00	-	-

各円板で確認したカシナガ幼虫の個体数及び死虫率を表-5に示す。

表-5 各円板で確認したカシナガ幼虫の個体数及び死虫率

採取高 (m)	対照区		No.1		No.2		No.3		No.4	
	生存 (頭)	死亡 (頭)	生存 (頭)	死亡 (頭)	生存 (頭)	死亡 (頭)	生存 (頭)	死亡 (頭)	生存 (頭)	死亡 (頭)
0.5 (接種孔)	44	49	9	110	0	21	0	29	0	195
1.5	5	10	1	27	0	39	0	25	0	88
2.5	16	15	2	56	0	22	0	3	0	138
3.5	0	1	1	39	0	13	0	0	0	23
4.5	0	0	0	14	0	11	0	4	0	6
5.5	0	0	2	20	0	16	0	0	0	0
6.5	0	0	0	22	0	17	0	0	0	0
7.5	-	-	0	43	0	26	0	0	-	-
8.5	-	-	0	2	0	8	-	-	-	-
9.5	-	-	0	4	0	9	-	-	-	-
10.5	-	-	0	0	0	4	-	-	-	-
合計(頭)	65	75	15	337	0	186	0	61	0	450
死虫率 (%)	53.6		95.7		100.0		100.0		100.0	

穿入孔は樹幹下部の円板から多く確認できたものの、樹幹上部からも確認できており、このうちNo.1及びNo.2からは9.5m地点でも確認できた。

スタイナーネマを接種した試験木では、ほとんどの幼虫が死亡していた。死亡した幼虫のほとんどは、褐色に変色し、体液がなく頭部と皮のみで、孔道または蛹室で確認できた（図-6）。なお、成虫も確認したが同様に死亡しており、外殻のみで内容物がなかった。また、死亡個体から線虫を確認することはできなかった。



図-6 カシナガ幼虫の死亡個体(スタイナーネマ接種木)

一方、スタイナーネマを接種しなかった対照区についても、死虫率53.6%と高くなっていることから、接種区についてもスタイナーネマ以外の原因で死亡した可能性も否定できない。しかし、対照区で確認された死亡個体は、白色で体液が残っているものがほとんどで、褐色に変色している個体はほとんどなかったことから、接種区

の死亡原因は対象区と異なるものと思われる。

(2) スタイナーネマの移動能力試験

線虫を確認した位置を表-6に示す。接種位置及びその前後の円板ではすべての供試木から線虫を確認できた。しかし、穿入生存木 (No. 3) では個体数が少なく、特に、辺材 (道管) では確認できなかった。

表-6 線虫確認位置

樹高 (m)	No. 1				No. 2				No. 3				No. 4			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
5.0			●	●											●	●
4.0	●		●	●				●								●
3.0	●			●				●					●		●	●
2.0	●	●	●	●	●		●	●	●				●	●		●
1.0 (接種位置)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●
0.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●

注 A:樹皮、B:樹皮下、C:辺材(道管)、D:カシナガ孔道内

枯死木 (No. 1, 2, 4) では、樹皮、樹皮下、辺材 (道管) 及びカシナガ孔道内の全ての区分から線虫を確認することができ、3本中2本で樹高5.0mの位置で線虫を確認した (図-7~10)。

線虫が確認できた位置は、カシナガ孔道内が最も多く、次いで辺材 (道管) であった。辺材 (道管) については、カシナガの孔道に比較的近い位置で確認することが多かったが、孔道が近くにない箇所でも確認できた。

樹皮で確認された線虫は、円板を採取する際にできた切断面で確認されることが多かった。一方、辺材 (道管) 及びカシナガ孔道内については、割材した断面で見られた。そのため、樹皮については、円板の移動、保管中に他の部位からカシナガが移動してきた可能性があるため、再検討が必要と思われる。

なお、株式会社エス・ディ・エスバイオテックに送付した木片からは数種類の線虫が分離され、その中に *S. carpocapsae* とと思われる種も確認されたが、種を特定することはできなかった。

IV おわりに

ナラ枯れは、現在のところ岡山県のごく一部で確認されているにすぎないが、被害数、地域ともに拡大傾向にある。被害地の周辺には森林公園や観光地など景観の保全に配慮が必要であると考えられる地域も少なくなく、そこへの被害拡大が心配されている。

現在、伐倒燻蒸処理による対策が実施されているが、今後、被害の拡大が懸念される中、より簡便な防除方法が求められており、今回の試験により、スタイナーネマによる防除の可能性が明らかになった。

一方、同時に同試験を実施した中国地方5県で良好な結果が得られたのは本県だけで、他の4県では良好な結

果が得られていない (未発表)。本県においてもまだ試験数が少なく、カシナガの体内から線虫の分離もされていない。なお、移動経路についてはカシナガの孔道及びそれに接している道管で確認できたことから、これらを經由して移動分散している可能性が示唆された。

線虫による防除は、伐倒を必要とせず迅速に大量の対象木に処理ができ、かつ、化学物質を使用しない環境及び施業者負荷の少ない方法であり、この手法が確立できれば、有効な対策方法の一つとなり得ることから、今後も調査・研究を続けていく必要があると考えている。

最後に、本研究に対して、資材の提供及び線虫の同定に協力いただいた株式会社エス・ディ・エスバイオテックの田辺氏並びに被害状況調査にかかる踏査及び情報収集に協力いただいた県美作県民局農林水産事業部森林企画課、鏡野町上斎原振興センター、津山森林組合、作州かがみの森林組合及び美作東備森林組合に厚くお礼申し上げます。

参考文献

井田秀行・高橋勸 (2010) ナラ枯れは江戸時代にも発生していた. 日林誌92 : 115-119.

井下田寛・加藤賢隆・鎌田直人・江崎功二郎 (2003) 広葉樹二次林内の光環境がカシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus* (Murayama) の飛翔行動に及ぼす影響. 中森研51 : 191-194.

伊藤進一郎・村田政穂・松田陽介・佐橋憲生・窪野高徳・山田利博 (2010) ナラ枯れ被害の名称. 第121回日本森林学会大会講演要旨集 : c 06.

小林正秀・萩田実・春日隆史・牧之瀬照久・柴田繁 (2001) ナラ類集団枯損木のビニールシート被覆による防除. 日林誌83 (4) : 328~333

小林正秀・野崎愛・衣浦晴生 (2004) 樹液がカシノナガキクイムシの繁殖に及ぼす影響. 森林応用研究13 : 155-159

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-被害発生要因の解明を目指して-. 日林誌87 (5) : 435-450.

熊本営林局 (1941) カシ類のシロスジカミキリ及カシノナガキクヒムシの豫防駆除試験の概要. 熊本営林局, 熊本. 51pp

黒田慶子・山田利博 (1996) ナラ類の集団枯損にみられる辺材の変色と通水機能の低下. 日林誌78 (1) : 84~88

布川耕市 (1993) 新潟県におけるカシノナガキクイムシの被害とその分布について. 森林防疫42 : 210-213.

大橋章博 (2010) カシノナガキクイムシ幼虫に対する *S-teinerinema* 属線虫の防除効果について. 第121回日本森林学会大会講演要旨集 : c 30.



図-7 移動能力試験供試木中の線虫
(樹皮：3 m地点)



図-10 移動能力試験供試木中の線虫
(蛹室：5 m地点)
※写真下方は死亡したカシナガ幼虫の頭部



図-8 移動能力試験供試木中の線虫
(道管：5 m地点)



図-9 移動能力試験供試木中の線虫
(孔道に隣接する道管：5 m地点)