

モニ 1000 愛知赤津サイトにおけるコナラ堅果の落下特性

澤田晴雄（東大演・生水研）

東京大学生態水文学研究所にあるモニ 1000 愛知赤津サイト内では口径 0.5 m² のリター・シードトラップを 25 基設置して毎月末に落下内容物を回収して仕分けしている。今回はコナラ堅果の落下特性を明らかにする目的で 2006 年から 2021 年まで 16 年間の落下堅果を解析した。総堅果のうち 16 年平均で 84% の堅果が発育不全のまま落下していた。発育堅果は早い年で 7 月から落下を始め、虫害、健全、獣害の順で落下していた。発育堅果の落下数は年による差が大きく豊凶が認められ、本サイトでは 16 年で豊作が 7 回・2.3 年間隔、並作が 5 回・3.2 年間隔、凶作が 4 回・4 年間隔であった。なお豊作の周期性は見られなかった。本サイトでは発育堅果落下数、健全堅果落下数、発育堅果率、健全堅果率がナラ枯れの前よりも後に有意に小さくなっており、ナラ枯れがコナラの堅果落下数や豊凶に与える影響が大きかったと考えられた。キーワード：コナラ、リター・シードトラップ、長期調査、落下特性、豊凶

I はじめに

コナラの更新に係る基礎的な研究として開花や結実、堅果の豊凶に関する研究がこれまでも多く行われてきた(2, 6, 7)。近年ではツキノワグマを含む野生動物の行動を予測し注意を喚起するためのコナラを含むブナ科樹木堅果類の豊凶調査(1, 3, 4, 8, 9, 13)や、ナラ枯れがコナラ堅果の豊凶に与える影響を調べた研究(5)も見られ、コナラの開花・結実・豊凶を解明する必要性が年々高まっている。しかし 10 年を超えるような長期にわたる調査・研究例は少ない。

愛知県瀬戸市に位置する東京大学演習林生態水文学研究所赤津研究林には、2004 年に設置した「環境省モニタリングサイト 1000」の森林・草原調査コアサイトの一つである「モニ 1000 愛知赤津サイト」があり、設置以来毎年、毎木調査、落葉落枝・落下種子調査、地表徘徊性甲虫調査、鳥類調査を実施している。本研究ではリター・シードトラップ（以下、トラップ）を用いた落葉落枝・落下種子調査の 16 年間の結果から、コナラの堅果に着目し、その落下特性と堅果の豊凶実態を明らかにした。また本サイトでは調査期間中にナラ枯れ被害が発生したが、ナラ枯れによるコナラの堅果生産への影響を調べた先行研究は少ない。そこで、ナラ枯れによる堅果落下数や健全堅果落下数への影響について本研究で検証した。

本研究は「環境省モニタリングサイト 1000」による補助金を受けて実施した。

II 方法

1. 調査地概況

本サイトは面積が 1 ha の方形区で、標高 305～365 m の尾根が 3 本と沢が 2 本を含む南西向き斜面にある。

本サイトを含む周辺は斜面を治山・緑化する目的で 1917～1918 年にヒノキを人工植栽したが、その後の保

育は行わずに放置された林分である。コナラについては植栽の記録がないため樹齢不明であるが、1917～1918 年以降に天然更新したものと考えられる。

本サイトではサイト内に出現する地上から 1.3 m 部位（以下、胸高）直径が 5.0 cm 以上の木本全てを調査対象木とした毎木調査を 2004 年から毎年実施している。調査結果は表-1 に示す通りで、胸高断面積（以下、BA）から 2004 年時点の優占種は上位からヒノキ、コナラ、アカマツの 3 種であった。その後のヒノキは BA が年々大きく増加、アカマツがマツ枯れ(12)により本数・BA ともに年々大きく減少した。コナラは BA が 2004～2009 年に増加、2009～2014 年にナラ枯れ(10)のため本数・BA ともに大きく減少したが、BA は 2014～2019 年に微増していた。その結果 2019 年時点の優占種はヒノキ、コナラの 2 種となっている。本サイトの一部 0.2 ha で 2014 年に実施した樹高調査(12)から推定したコナラの平均樹高は 12.0 m、2014 調査時のコナラの平均胸高直径は 22.8 cm であった。なお本サイトではカシノナガキクイムシ（以下、カシナガ）に穿入されたコナラが 2009 年に初めて 2 本見つかри、2010 年からカシナガによるナラ枯れ被害が本格化した(11)。被害は 2014 年までに 2009 年のコナラ本数の 83% にあたる 157 本にカシナガが穿入し、そのうち 39% にあたる 61 本が枯死した。ナラ枯れはその後沈静化した。

2. 調査方法

落葉落枝・落下種子調査は、円錐状で口径面積が 0.5 m² のトラップを 100 m×100 m の本サイトを 20 m×20 m の小区画に区分けした各小区画の中央部に 1 基ずつ計 25 基を設置して実施した。落下内容物は 2005 年 7 月から継続して毎月末を基本に回収し、内容物からコナラの堅果および殻斗を取り出した。なお堅果のうち殻斗から成長した堅果が突出せずに落下したものを「発育不全堅

SAWADA Haruo

Characteristics of nuts fall of Konara (*Quercus serrata*) in Moni-1000 Aichi Akazu Site

haruo@uf.a.u-tokyo.ac.jp

果」、殻斗から突出し堅果が見えているあるいは殻斗から脱落しているものを「発育堅果」とした。

発育堅果については、さらにその品質を調べた。果皮および中身が充実し発芽可能と考えられたものを「健全」（昆虫による孔があっても子葉以外の損傷がなく発芽が可能と考えられる堅果は「健全」とした）、昆虫による孔や内部に糞が見られ発芽不能と考えられたものを「虫害」、果皮や中身に齧った跡のあるものを「獣害」、上記の何れにも当たらない堅果を「その他」とした。

3. 集計方法

本サイトのコナラは毎年5月初めに開花し、当年開花分の堅果および殻斗は5月末から落下し回収され始める。そのため開花年の5月末回収分から翌年の4月末回収分までを堅果の落下年とし、年別に集計した。ただし5月末から9月末までの回収分には当年開花分と前年開花分のものとが混在するので、サイズや色艶などから開花年を判別してそれぞれを開花年別に集計した。集計したデータは2006年5月末から2021年4月末までを使用した。なお2021年開花分の堅果について本来であれば2022年9月末までの集計データが必要となるが、今回は暫定的に2022年4月末までの集計データを加えて解析して考察した。

Ⅲ 結果

1. 堅果の月別落下特性

調査期間中総計の月別発育不全堅果落下数を見ると（図-1）、落下は5月から始まり5～8月に多くが落下し、7月が落下のピークであった。発育不全堅果は9月までに97%が落下し、最も遅い年で翌年7月まで落下が見られた。

調査期間中総計の月別発育堅果落下数を見ると（図-2）、落下は早い年で7月から始まり、8～11月に多くが落下し、落下のピークは9、10月であった。堅果は11月までに98%が落下し最も遅い年で翌年7月まで落下が見られた。発育堅果の品質について調査期間中総計の月別品質割合を見ると（図-3）、7～9月は虫害の割合が高く、10・11月は健全の割合が高く、12月以降は獣害の割合が高かった。「その他」は7・8月の27%を占め、その他の86%が7～9月に落下していた。

2. 堅果落下数の経年変化と内容

16年間の発育不全堅果落下数の経年変化を見ると（図-4）、発育不全堅果の年別落下数は52～224個/㎡（平均 151 ± 50 個/㎡）であり落下数の年による違いが見られた。年毎の総堅果落下数（発育不全堅果落下数と堅果落下数の計）に占める発育堅果の落下割合（以下、発育堅果率）は1～28%でそれらの平均は16%であった。

16年間の発育堅果落下数の経年変化を見ると（図-5）、発育堅果の年別落下数は7～83個/㎡（平均 37 ± 21 個/㎡）

であり落下数の年による違いが大きかった。コナラ豊凶の数量基準について幾つ以上を豊作年とするのかは各論文（3, 4, 5, 10）でそれぞれ定義している。今回は比較のため橋詰（2）の基準を参考に、発育堅果の年落下数が40個/㎡以上を豊作、20～40個/㎡を並作、20個/㎡未満を凶作とする。その結果、2006年、2007年、2008年、2009年、2012年、2015年、2016年が豊作で7回、2013年、2014年、2017年、2018年、2020年が並作で5回、2010年、2011年、2019年、2021年が凶作で4回であった。

3. ナラ枯れの影響

コナラのナラ枯れ以前の2006～2009年（以下、ナラ枯れ前）と、ナラ枯れ被害が発生してから以降の2010～2021年（以下、ナラ枯れ後）の本数とBAを比較する（表-1）。2014年の本数は2009年から62本/ha減り2009年の本数の67%となっていた。2014年のBAは2009年から2.80 m²/ha減り2009年のBAの70%となっていた。ナラ枯れ被害による枯死木は直径10 cm以上の各階級に広く分布し（図-6）、直径20 cm以上のコナラのうちの34%が、直径30 cm以上のコナラのうちの50%が枯死していた。

発育堅果落下数と各品質の堅果落下数についてナラ枯れ前とナラ枯れ後の年平均を比較したところ（表-2）、年平均発育堅果落下数は有意に小さくなっており、同落下数はナラ枯れ後がナラ枯れ前の44%に減少していた。品質別では年平均健全堅果落下数が有意に小さくなっており、同落下数はナラ枯れ後がナラ枯れ前の39%に減少していた。他の品質は何れもナラ枯れ前よりナラ枯れ後に年平均堅果落下数が小さくなっていたが有意差は見られなかった。

発育堅果率と健全堅果率についてナラ枯れ前とナラ枯れ後の年平均を比較したところ（表-2）、どちらの堅果率ともナラ枯れ前よりもナラ枯れ後に有意に小さくなっていった。

Ⅳ 考察

1. 堅果落下の季節特性

発育不全堅果は5月から落下し始め7月をピークに9月までにほぼ落下していた。多くは生理的落下あるいは気象害による物理的落下（2）と推察され、昆虫によると思われる孔のある発育不全堅果は少数であった。

発育堅果は早い年で7月から落下し始め、内容別ではその他、虫害、健全、獣害の順に落下していた。「その他」とした堅果の長径は1.0 cm未満のものがほとんどであり落下の原因は生理的落下あるいは気象害による物理的落下（2）であると推察した。獣害の割合は12月以降に多かったが、それらは虫害や何らかの理由で樹上に残っていた堅果が餌の少ない冬季以降に獣類に利用されて落下したものと推察した。

2. 発育不全堅果の落下特性

発育不全堅果落下数は年による差が大きかった。発育不全堅果落下数について鳥取県蒜山演習林(2)の落下数と比較すると、蒜山演習林の5年間平均が 44 ± 17 個/m² (23~64 個/m²) であるので本サイトは蒜山の3倍近い落下数であった。一方、総堅果に占める発育不全堅果の落下数割合は高く、鳥取県蒜山演習林では47.5~67.8% (2)、東京都三鷹市のコナラ二次林では6月までに90.6%の発育不全堅果が落下したという事例もある(7)。本サイトでも7月頃までに発育を始めた堅果は少なく、16年平均で84%の堅果が発育不全のまま落下していた。

3. 豊凶の実態

発育堅果の落下数は年による違いが大きく既報同様(2, 3, 4, 7) コナラは明瞭な豊凶の見られる樹種であることが言えた。蒜山演習林(2)の発育堅果(健全+虫害)の豊凶は5年で豊作2回・2.5年間隔、並作が2回・2.5年間隔、凶作1回・5年間隔であった。本サイトでは16年で豊作が7回・2.3年間隔、並作が5回・3.2年間隔、凶作が4回・4年間隔であり、蒜山演習林と比較し本サイトは豊作と凶作の間隔がやや短く、並作の間隔がやや長かった。しかし両者の豊凶頻度に大きな差はなかった。目視による調査であり判断基準も異なるので参考程度ではあるが群馬県利根沼田地区(3)では8年間で豊凶が2回・4年間隔、並作と凶作が3回・2.7年間隔であり、本サイトと比べると豊凶間隔が長く、凶作間隔が短かった。しかしコナラの豊凶は地点間(8)あるいは県単位(3, 13)での同調性が低いことが知られており、豊作間隔もブナ科他樹種より林分あるいは個体によりバラついていく(3, 8, 13)。なお本サイトでは16年間で豊作が7回あったが4年連続したり、5年間間隔が空いたりするなど、豊作の周期性は見られなかった。以上の結果から本サイトの豊凶間隔も一例に過ぎないと推察されるので、コナラの豊凶間隔について今後より多くの地点あるいは林分での長期の豊作調査が必要であると考えられた。

4. ナラ枯れの堅果落下数への影響

発育堅果および健全堅果はナラ枯れの前よりナラ枯れ後に年平均落下数が有意に小さくなっていた。本サイトではナラ枯れ前より後に本数・BAともに3割ほど減少し、ナラ枯れにより枯れたコナラには中・大径木が多く含まれていた。したがって堅果を多く生産していたコナラの中・大径木が枯死したことが、発育堅果および健全堅果の落下数の減少した一因であると推察した。

島根大学三瓶演習林のナラ枯れが進行するコナラ林(5)では、ナラ枯れによりコナラの本数が2割程減少したにもかかわらず1個体あたりの種子数が多く、結実率も高い傾向が確認されている。それに対して本サイトではナラ枯れ前より後に本数が3割強減少し、発育堅果が44%に、健全堅果が39%にそれぞれ減っていた。また発育堅

果率、健全堅果率も有意に小さくなっていた。したがって本サイトでは、島根大学三瓶演習林(5)よりも堅果落下数や豊凶に対するナラ枯れの影響が大きかったと考えられた。

V おわりに

本サイトではナラ枯れがコナラの堅果落下数や豊凶に与える影響が大きかったと考えられた。引き続きリター・シードトラップによる調査を継続しナラ枯れが豊凶に与えた影響、気温や降水量など気象要因と豊凶との関連、雄花序落下数と豊凶との関係(4)などについても解析を進めていきたい。

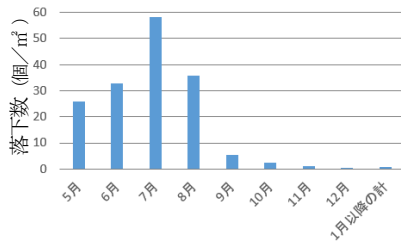
引用文献

- (1) 愛知県自然環境課 (2021) 冬眠前のツキノワグマに注意してくださいー出没予測資料ー. https://www.pref.aichi.jp/uploaded/life/362534_1533887_misc.pdf
- (2) 橋詰隼人 (1987) コナラ二次林における種子生産. 広葉樹研究 4 : 19-27
- (3) 片平篤行 (2019) 8年間の堅果類豊凶調査から把握したツキノワグマの出没との関係. 群馬林試研報 15 : 44-53
- (4) 小谷二郎 (2008) ブナ科3種の堅果の豊凶予測ー雄花序落下数および着果度と堅果生産数の関係ー. 石川県林試験報 40 : 22-26.
- (5) 久保満佐子・丸本栄矢・高井真子・尾崎嘉信・山下多聞 (2017) ナラ枯れが進行する二次林におけるコナラ種子生産量の6年間の変化. 日林講 128 : 255
- (6) 升原一介 (1991) 有用落葉広葉樹(クヌギ、コナラ、ミズナラ)の開花・結実特性. 広島林試研報 25 : 1-25.
- (7) Matsuda K. (1982) Studies on the early phase of the regeneration of a Konara oak (*Quercus serrata* Thunb.) secondary fores I. Development and premature abscissions of Konara oak acorns. Jap. J. Ecol. 32: 293-302.
- (8) 水谷瑞希・中島春樹・小谷二郎・野上達也・多田雅充 (2013) 北陸地方におけるブナ科樹木の豊凶とクマ大量出没との関係. 日林誌 95:76-82.
- (9) 中島春樹 (2009) 富山県におけるミズナラ、コナラ堅果の成熟過程ーツキノワグマ大量出没予測のための着果状況調査適期ー. 富山森研研報 1 : 16-22.
- (10) 佐藤貴紀・松井理生・田中延亮・蔵治光一郎 (2016) 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被害の経年変化. 中部森林研究 64 : 47-50
- (11) 澤田晴雄 (2012) 東京大学生態水文学研究所長期生態系プロットにおけるカシノナガキクイムシの初期侵入状況. 中部森林研究 60 : 147-150
- (12) 高橋功一・田中延亮・松井理生 (2017) 生態水文学研究所白坂小流域の林分構造の変化ー1954年, 2007年, 2014年の調査結果よりー. 中部森林研究 65 : 101-104
- (13) 山形県環境科学研究センター 環境企画部 (2019) 平成27年度ブナ・ナラ豊凶調査結, 山形県環境科学研究センター年報 23 : 23-24

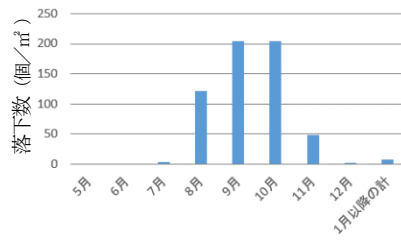
表－1. 林分構造の推移 (ha 当り)

樹種	2004年		2009年		2014年		2019年		2004年		2009年		2014年		2019年	
	本数	割合	本数	割合	本数	割合	本数	割合	BA m ²	割合	BA m ²	割合	BA m ²	割合	BA m ²	割合
ヒノキ	598	28.5%	596	28.5%	592	28.5%	585	28.3%	13.81	36.9%	15.71	39.9%	17.59	46.8%	19.78	50.4%
コナラ	202	13.6%	189	14.9%	127	17.0%	119	18.6%	8.93	23.8%	9.49	24.1%	6.69	17.8%	6.87	17.5%
アカマツ	68	9.6%	53	9.0%	34	6.1%	17	5.8%	5.51	14.7%	4.44	11.3%	2.86	7.6%	1.26	3.2%
コハウチワカエデ	146	7.0%	142	6.8%	144	6.9%	140	6.8%	1.57	4.2%	1.66	4.2%	1.76	4.7%	1.89	4.8%
サカキ	285	6.1%	312	5.8%	353	5.3%	384	5.2%	1.22	3.3%	1.46	3.7%	1.73	4.6%	2.11	5.4%
タムシバ	128	3.2%	122	2.5%	109	1.6%	107	0.8%	1.16	3.1%	1.21	3.1%	1.24	3.3%	1.30	3.3%
アオハダ	59	2.8%	61	2.9%	64	3.1%	64	3.1%	0.80	2.1%	0.88	2.2%	0.97	2.6%	1.06	2.7%
その他	612	29.2%	618	29.5%	651	31.4%	650	31.5%	4.47	11.9%	4.52	11.5%	4.76	12.7%	4.98	12.7%
計	2,098	100.0%	2,093	100.0%	2,074	100.0%	2,066	100.0%	37.47	100.0%	39.37	100.0%	37.60	100.0%	39.25	100.0%

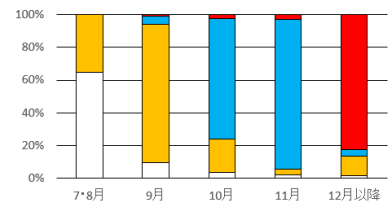
※ BA：胸高断面積合計



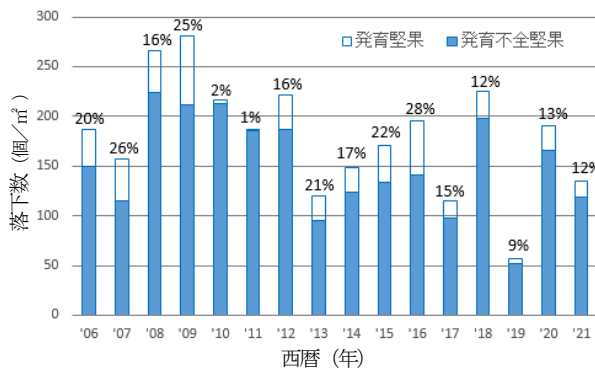
図－1. 調査期間中総計の月別発育不全堅果落下数



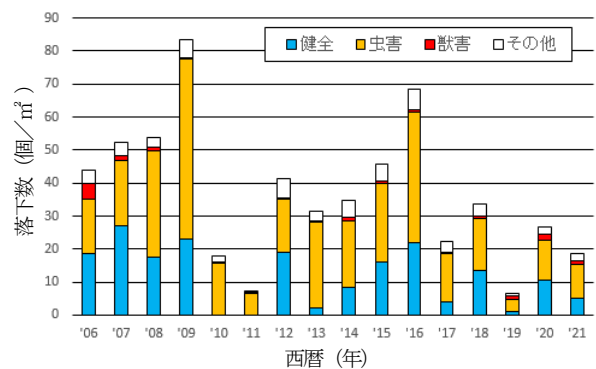
図－2. 調査期間中総計の月別発育堅果落下数



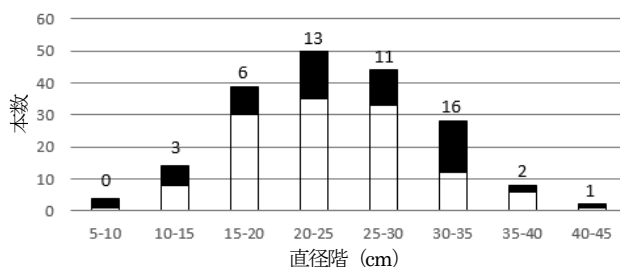
図－3. 調査期間中総計の月別堅果品質割合
■健全 ■虫害 ■獣害 □その他



図－4. 発育堅果落下数と発育不全堅果落下数の推移
※ 棒グラフ上の数字は総堅果に占める発育堅果の割合



図－5. 発育堅果落下数の推移と堅果の品質



図－6. コナラの直径階別本数分布 (2009 年)

※ 黒塗りは各階級で 2014 年までに枯死したコナラを、棒グラフ上の数字はその階級でナラ枯れにより枯死したコナラの本数を、それぞれ示す。

表－2. ナラ枯れ前とナラ枯れ後の年平均堅果落下数および堅果率の比較

	a: ナラ枯れ以前 (2006～2008年) の年平均	b: ナラ枯れ以後 (2010～2021年) の年平均	a より b が小さい かの有意差検定 (t-検定)
発育堅果落下数	62.2 個/m ²	29.5 個/m ²	*
(品質別)			
健全堅果落下数	21.6 個/m ²	8.5 個/m ²	**
虫害堅果落下数	30.7 個/m ²	17.0 個/m ²	n.s.
獣害堅果落下数	1.0 個/m ²	0.7 個/m ²	n.s.
その他堅果落下数	4.1 個/m ²	3.5 個/m ²	n.s.
発育堅果率	21.7%	13.9%	*
健全堅果率	38.7%	23.9%	*

但し, **, *: p<0.01, *: p<0.05, n.s.: not significant
発育堅果率 = 発育堅果落下数 ÷ (発育堅果落下数 + 発育不全堅果落下数)
健全堅果率 = 健全堅果落下数 ÷ 発育堅果落下数