

2007年の福井県におけるブナ科樹木4種の着果状況

水谷瑞希*¹・平山亜希子¹・西垣正男^{1,2}・多田雅充^{1,3}

要旨: ツキノワグマ大量出沒予測の基礎資料とするため、ブナ科樹種4種(ブナ、ミズナラ、コナラ、クリ)の着果状況を調査した。2007年における福井県全体の作柄は、ブナは不作、ミズナラは並作に近い不作、コナラは不作、クリは並作であった。ブナ、ミズナラの着果状況は年次間で異なり、クマ大量出沒が発生した2006年には著しく不良となった。一方、コナラ、クリの着果状況には、年次間で顕著な違いはなかった。地点ごとの着果状況の年次変動は、ブナ、ミズナラは同調的であったが、コナラ、クリには地点間で共通するパターンはなかった。クマ大量出沒の発生を予測するためには、ブナ、ミズナラの作柄不良の把握がもっとも重要と考えられる。

キーワード: 堅果生産量、豊凶、クリ、ブナ、ミズナラ、コナラ

Mizuki MIZUTANI*¹, Akiko HIRAYAMA¹, Masao NISHIGAKI^{1,2}, Masamitsu TADA^{1,3}. 2008. Acorn crops of 4 Fagaceae species in Fukui Prefecture in 2007. Ciconia (Bulletin of Fukui Nature Conservation Center) 13:33-44. We conducted a survey to estimate the yields of the acorn crops of 4 Fagaceae species (*Fagus crenata*, *Quercus crispula*, *Q. serrata*, and *Castanea crenata*) in order to predict mass intrusions of the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* into residential areas. These were the findings in Fukui Prefecture in 2007: the yield of the acorn crops of *F. crenata*, *Q. crispula*, *Q. serrata*, and *C. crenata* were rated as poor, light-medium, light, and medium, respectively. Between 2005 and 2007, the yields of *F. crenata* and *Q. crispula* were scarce in the mass intrusion year, while those of *Q. serrata* and *C. crenata* did not differ between the years. The fluctuation in the acorn crops of *F. crenata* and *Q. crispula* corresponded between the sites, whereas that in the crops of *Q. serrata* and *C. crenata* differed between the sites. Assessing the drop in the yield of the acorn crops of *F. crenata* and *Q. crispula* would be important for predicting the mass intrusion of bears.

Key words: acorn crops, masting, *Castanea crenata*, *Fagus crenata*, *Quercus crispula*, *Quercus serrata*

はじめに

クマ類の人里付近への出沒件数には年次変動があり、ときに大量出沒が発生することが知られている。たとえば、ツキノワグマ *Ursus thibetanus japonicus* の人里付近への出沒頻度の指標となる有害捕獲頭数は、平年(1970年~2001年平均)には全国で1,150頭程度であるが、2004年、2006年には、それぞれ2,241頭、4,846頭が捕獲される大量出沒に至った(環境省自然環境局野生生物課2007)。

クマ大量出沒の原因としては様々な可能性が指摘されているが(自然環境研究センター2005)、とくに関係が深いと考えられるのは、山地における秋期の餌不足と、里山林の管理放棄などに伴う里山域の環境変化である(米田2007)。このうち里山域の環境変化は長期的にクマ大量出沒を促進する素因として、また秋期

の餌不足は年ごとのクマ大量出沒の引き金となる誘因として、それぞれ作用すると考えられる。

ブナ科(Fagaceae)樹木の堅果類は、冬眠を控えた秋期のツキノワグマの主要な餌資源であるが(橋本・高槻1997)、その結実量には林分レベルで大きな年次変動があることが知られている(e.g. Yasaka et al. 2003; 正木・柴田2005; 橋詰1987)。堅果類が不作の年の秋期には、クマの行動圏は通常よりも広くなり(米田1990; 水谷ら2007a; 山崎ら2007)、また人里近くの低標高地を使う例が報告されている(e.g. 水谷ら2007b)。これはクマが山地の餌不足を補うための行動と考えられるが、同時にクマと人間が接触する機会が増加することが予想される。実際、ブナ *Fagus crenata* の凶作年、もしくはブナとミズナラ *Quercus crispula* (= *Q. mongolica* var. *grosseserrata*) がともに凶作の年に、ツキノワグマの有害捕獲個体数や出沒件

福井県自然保護センター研究業績 第78号

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: mmizuki@fncc.jp

1 福井県自然保護センター 〒912-0131 福井県大野市南六呂師 169-11-2

Fukui Nature Conservation Center. Minamirokuroshi 169-11-2, Ono, Fukui 912-0131, Japan.

2 現所属: 福井県安全環境部自然保護課 Present address: Fukui Prefecture Nature Conservation Division.

3 現所属: 福井県海浜自然センター Present address: Fukui Coastal Nature Center.

数が増加する例が報告されている（谷口・尾崎 2003；Oka et al. 2004；水谷・多田 2007；中島 2008）。このため、ツキノワグマの餌となる堅果類の豊凶を事前に把握することにより、その大量出沒を早期に予測できる可能性がある（Oka et al. 2004）。

県域レベルでツキノワグマの大量出沒を予測するためには、堅果類の着果状況を広域的に把握する必要がある。ブナ科樹木のような風媒植物では、個体群で同調して周期的に大量結実する豊凶現象の存在が知られている（Kerry 1994）。しかしその同調性の程度は樹種によって様々である。たとえば、ブナの結実には広域的な同調性が知られている一方（e.g. Homma et al. 1999；Suzuki et al. 2005）、ミズナラやコナラ *Q. serrata* では個体間や地点間で結実状況が異なる場合があることが報告されている（e.g. Kanazawa 1982；Imada et al. 1990；福本 2000；水谷・多田 2006, 2007）。したがってブナ科樹木の豊凶の傾向を県域レベルで把握するためには、多地点、多個体で調査をおこない、個体間および地域間における豊凶の同調性について考慮する必要がある。

そこで、ツキノワグマ大量出沒を予測するための基礎資料とすることを目的として、福井県における主要なブナ科樹木 4 種を対象として、県全体の広域的な着果状況を調査した。対象とした樹種は、ブナ、ミズナラ、コナラおよびクリ *Castanea crenata* である。また、過去の調査における堅果類の着果状況と比較し（水谷・多田 2006, 2007）、豊凶の年次変動およびツキノワグマの大量出沒との関係について検討した。

調査地と調査方法

調査地の概要

調査は福井県のうち、対象とするブナ科樹木が優占する地域を対象として実施した。図 1 に、福井県の森林の概要を示す。福井県の森林のうち、ブナ、ミズナラおよびコナラが優占する森林は森林面積全体の 52 % を占め、スギを主体とする針葉樹人工林は 31 %、その他の森林は 17 % を占める。ブナ林はおおむね標高 600m 以上の山地に分布する。ブナ林の分布域は奥山に限られており、全森林面積に占める面積割合は 5 % (143km²) と小さい。ミズナラ林はおおむね標高 400m 以上の山地に分布する。ミズナラ林が全森林面積に占める面積割合は 31 % (945km²) であり、

調査対象とするブナ科樹木の中では最も森林面積が広い。ミズナラ林は、とくに嶺北山間部にまとまって分布している。コナラ林はおおむね標高 400m 以下の地域に分布し、全森林面積に占める面積割合は 17 % (519km²) である。コナラ林がまとまって分布する地域は、嶺北の山麓部や嶺南地方に多い。クリは他のブナ科樹木とは異なり、単一樹種がまとまって優占する林分を形成するのではなく、コナラ林などに混生することが多い。

調査地は、まず 2 次メッシュ（行政管理庁 1973）単位で対象地域を抽出したのち、メッシュごとに調査地点を決定した。調査対象とした 2 次メッシュは、福井県内においてブナ科樹木が優占する森林面積が 50 % 以上のメッシュ、および低標高でブナ科樹木の優占度は低いものの、ツキノワグマが出沒した履歴のあるメッシュである（図 2）。ブナ科樹木が優占する森林は、自然環境情報 GIS（環境庁自然保護局 1999）に収録されている現存植生図から作成した。各メッシュで優占する対象種ごとに 1 ないし 2 地点ずつ、調査地を選択した。調査地点は対象樹種が優占し、林冠の高さがある程度揃っており、かつ調査対象木が 10 本以上連続して選択できる林分とした。ただし、適切な林分が見つからなかった地点では、林道や登山道など、特定のルート沿いの樹木を調査した。調査地点数は、ブナ、ミズナラ、コナラおよびクリでそれぞれ 14, 16, 10 および 8 地点となった。

現地調査

調査は、2007 年 8 月 6 日から 9 月 6 日にかけて実施した。調査地点ごとに 10 本以上の調査木を対象として調査した。調査木は、胸高直径が 20cm 以上で、樹冠が林冠上部に到達している木を選択した。また、林縁木と林内木がそれぞれ半数ずつになるように選択した。ただし、適切な調査林分が見つからず、林道や登山道など、特定のルート沿いで調査した地点では、すべて林縁木を調査木とした。

継続調査が可能な林分の調査地においては、調査木にナンバーテープを貼付して個体識別し、胸高直径を輪尺で計測した。また、林縁からの距離を 5 段階（A：孤立木、B：林縁木、C：林縁から 10m 未満、D：林縁から 10～20m、E：林縁から 20m 以上）で記録した。林道や登山道など、ルート沿いで調査した場合は、目

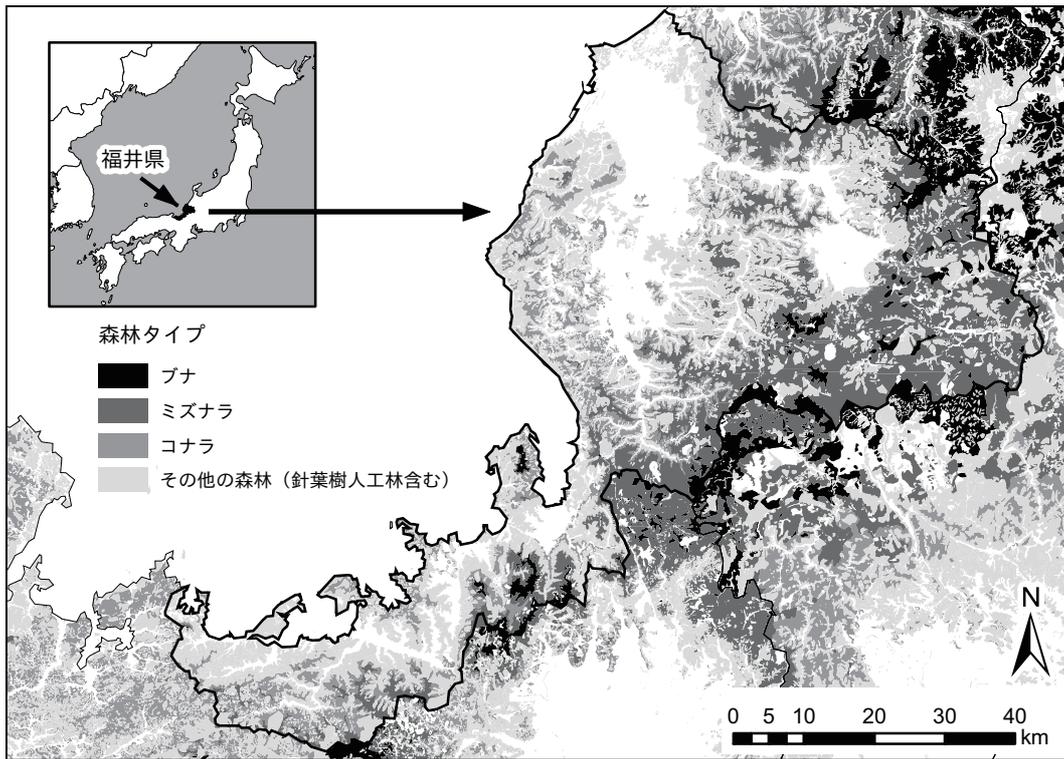


図1 調査地の位置と福井県の森林タイプ。森林タイプは自然環境情報GIS（環境庁自然保護局1999）を元に作成した。

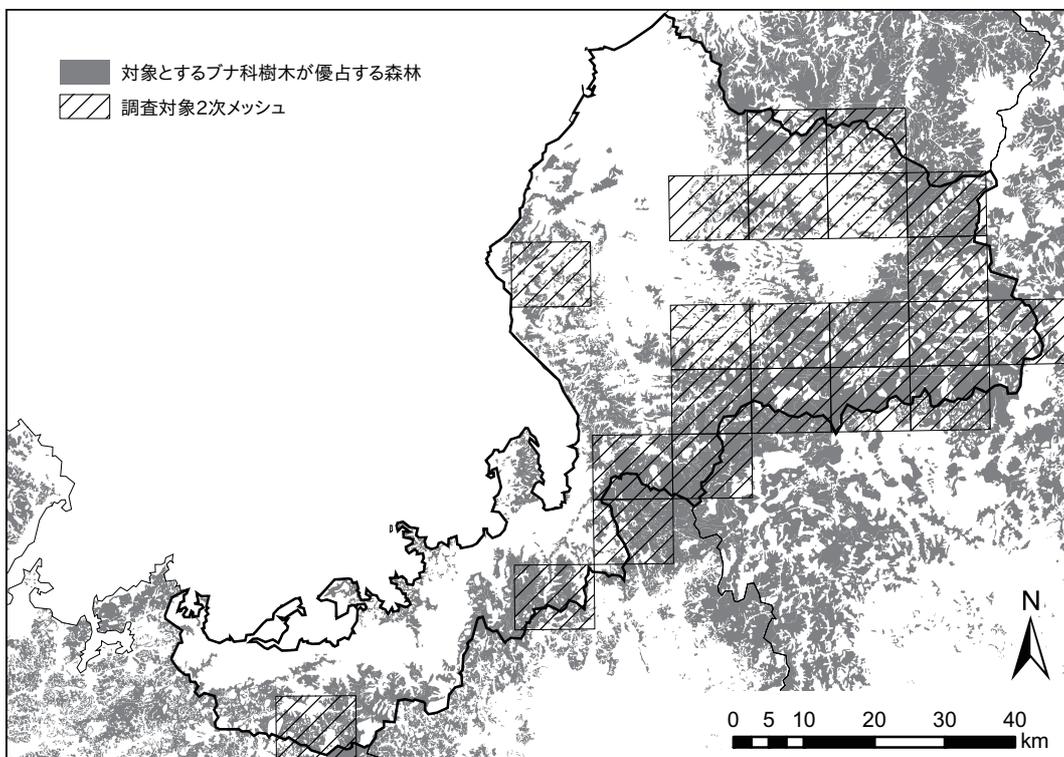


図2 ブナ科樹木が優占する森林の分布と調査対象とした2次メッシュ。

測した胸高直径と林縁からの距離を記録した。

調査木ごとに、樹上の堅果を7~18倍双眼鏡もしくは肉眼により目視で観察し、次に述べる方法で着果状況を評価した。

豊凶の評価

豊凶の評価は、個体レベル、地点（県域）レベルの2つの段階でおこなった。

ブナは豊凶間の着果量の差が大きく、その違いが明瞭であるため、樹冠全体を概観しての豊凶評価が可能である。そこで、紙谷（1986）を参考に、表1の着果度指標にもとづいて豊凶を評価した。

ミズナラ、コナラおよびクリは、ブナと比較して豊凶間の着果量の差が小さく、その違いが明瞭ではない。このため、水井（1991）の方法に準じて次の手順で定量的な着果指数を求め、豊凶評価をおこなった。

①樹冠全体から20本の枝を選び、枝先およそ50cm×20cmの範囲に堅果を着生している枝の本数率（着果枝率）を調べた。②着果枝10本について、枝先およそ50cm×20cmの範囲に着生する堅果（クリにおいては殻斗）の平均個数（平均着果数）を調べた。③着果枝率と平均着果数の積を個体の着果状況をあらわす着果指数（寺澤2002a）として求めた。なお、ミズナラ、コナラの堅果のうち、殻斗から堅果の先端が十分に突出していないものは、虫害、発育不全の可能性が高いため、着果数には含めなかった。またクリについても、殻斗が著しく小さいものや、殻斗が裂開前に褐変したものは、着果数に含めなかった。着果指数に対しては、種子重-種子数関係を用いた落葉広葉樹の種子の結実豊凶区分（水井1991）を適用することができる。既存文献から求めた平均種子重（ミズナラ2980mg（清和・菊沢1989）、コナラ1840mg（広木・松原1982）、クリ1920mg（広木・松原1982））を水井（1991）に示されている種子重-種子数関係式に当てはめ、着果度指標区分の基準値を求めた（表2）。ただしクリの場合、1殻斗あたりの種子数は3であるから、殻斗の個数の基準値は、求めた閾値の1/3とした。

地点（地域）レベルの豊凶は、個体ごとの豊凶の構成割合にもとづいて評価した。個体ごとの着果度指標を3段階の着果区分（表1、2）に集約したのち、McDonald（1992）の基準に準じて（表3）、調査地点ごと、および県全体の作柄を評価した。

表1 ブナの着果度指標の判定基準。

着果度指標	着果の状態	着果区分
0	着果なし	着果なし
1	樹冠の一部に疎に着果	疎に着果
2	樹冠の一部に密に着果	
3	樹冠全体に疎に着果	密に着果
4	樹冠全体に密に着果	

表2 ミズナラ、コナラ、クリの着果度指標の判定基準。

着果度指標	作柄	着果指数			着果区分
		ミズナラ	コナラ	クリ	
0	凶作	0	0	0	着果なし
1		0~0.6	0~0.9	0~0.3	疎に着果
2	不作	0.6~1.9	0.9~2.6	0.3~0.9	
3	並作	1.9~5.7	2.6~7.8	0.9~2.5	密に着果
4	豊作	5.7~	7.8~	2.5~	

表3 地点（県域）レベルの豊凶評価基準。

作柄 [†]	評価基準
豊作	密に着果の個体が50%以上
並作	密に着果の個体が25~50%
不作	疎に着果以上の個体が25%以上
凶作	疎に着果以上の個体が25%未満

[†] 上位の作柄から順に判定する。

統計解析

県全体の年次間における着果状況を比較するため、着果区分別個体数割合に対して Fisher's Exact Test for Count Data を用いて有意差検定をおこなった。また樹種ごとの着果状況の年次間比較について、Bonferroniの方法による多重比較をおこなった。

地点間における着果状況を比較するため、地点ごとの着果指数（ブナにおいては着果度指標）に対して Kruskal-Wallis rank sum test および Schefféの方法による多重比較により、有意差検定をおこなった。

また、地点レベルの年次間および地点間における着果状況を比較するため、継続調査地点を対象として、密に着果した個体が占める割合に対して Friedman rank sum test を用いて有意差検定をおこなった。

なお、すべての統計解析には、R ver.2.7.1 (R Development Core Team 2008) を使用した。

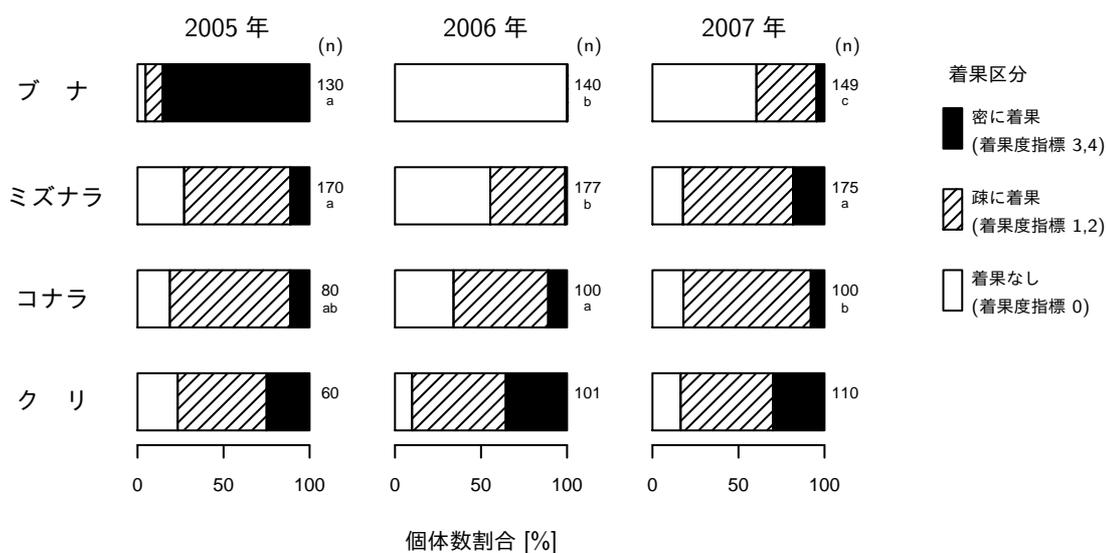


図3 2005年から2007年におけるブナ科樹木4種の着果区分別個体数割合。棒グラフ右上の数字はサンプル数を表す。棒グラフ右下の異なる英小文字は、樹種ごとの着果区分別個体数割合に、年次間で有意差があることを示す (Fisher's exact test for count data with Bonferroni corrections for multiple comparisons, $P < 0.05$)。ただしクリの着果区分別個体数割合には、年次間で有意差が検出されなかった (Fisher's exact test for count data, $\chi^2 = 5.96$, $df = 4$, $P = 0.20$)。

結果

県全体の着果状況

ブナ科樹木4種の県全体の着果状況を図3に示す。2007年における着果区分別個体数割合は、樹種間で有意に異なっていた ($\chi^2=119.1$, $df=6$, $P<0.001$)。

ブナは、2007年には着果した個体が40%、密に着果した個体が5%あった (図3)。2005年から2007年までのブナの着果区分別個体数割合は、年次間で有意に異なっていた ($\chi^2=389.6$, $df=4$, $P<0.0001$)。ブナの着果区分別個体数割合は、いずれの年次間においても有意に異なっていた (図3)。

ミズナラは、2007年には着果した個体が82%、並作以上の作柄の個体が18%あった (図3)。2005年から2007年までのミズナラの着果区分別個体数割合は、年次間で有意に異なっていた ($\chi^2=74.0$, $df=4$, $P<0.0001$)。ミズナラの着果区分別個体数割合は、2005年、2007年と2006年の間で有意に異なっていた (図3)。

コナラは、2007年には着果した個体が82%、並作以上の作柄の個体が8%あった (図3)。2005年から2007年までのコナラの着果区分別個体数割合は、年次間で有意に異なっていた ($\chi^2=10.2$, $df=4$, $P=0.04$)。

コナラの着果区分別個体数割合は、2006年と2007年の間で有意に異なっていた (図3)。

クリは、2007年には着果した個体が84%、並作以上の作柄の個体が30%あった (図3)。2005年から2007年までのクリの着果区分別個体数割合には、年次間で有意差がなかった ($\chi^2=5.96$, $df=4$, $P=0.20$)。

県域レベルの豊凶判定基準 (表3) にあてはめると、ブナは凶作、ミズナラ、コナラは不作、クリは並作と判定された。ただし、ミズナラとコナラはいずれも不作ではあるものの、密に着果した個体 (並作以上の作柄の個体) の割合には樹種間で差があり (図3)、ミズナラの作柄は並作に近い不作と評価できる。

地点ごとの着果状況

ブナは、2007年にはすべての地点で不作もしくは凶作であった (図4; 付表1)。ブナの着果度指標は、地点間で有意に異なっていた ($\chi^2=66.0$, $df=13$, $P<0.0001$)。地点間における着果度指標の違いは、2地点の間でのみ有意であった (付表1)。

ミズナラは、2007年には大部分の地点が並作もしくは不作であった (図4; 付表1)。また、豊作と凶作の地点も、1地点ずつあった。ミズナラの着果指数は、地点間で有意に異なっていた ($\chi^2=72.1$, $df=15$,

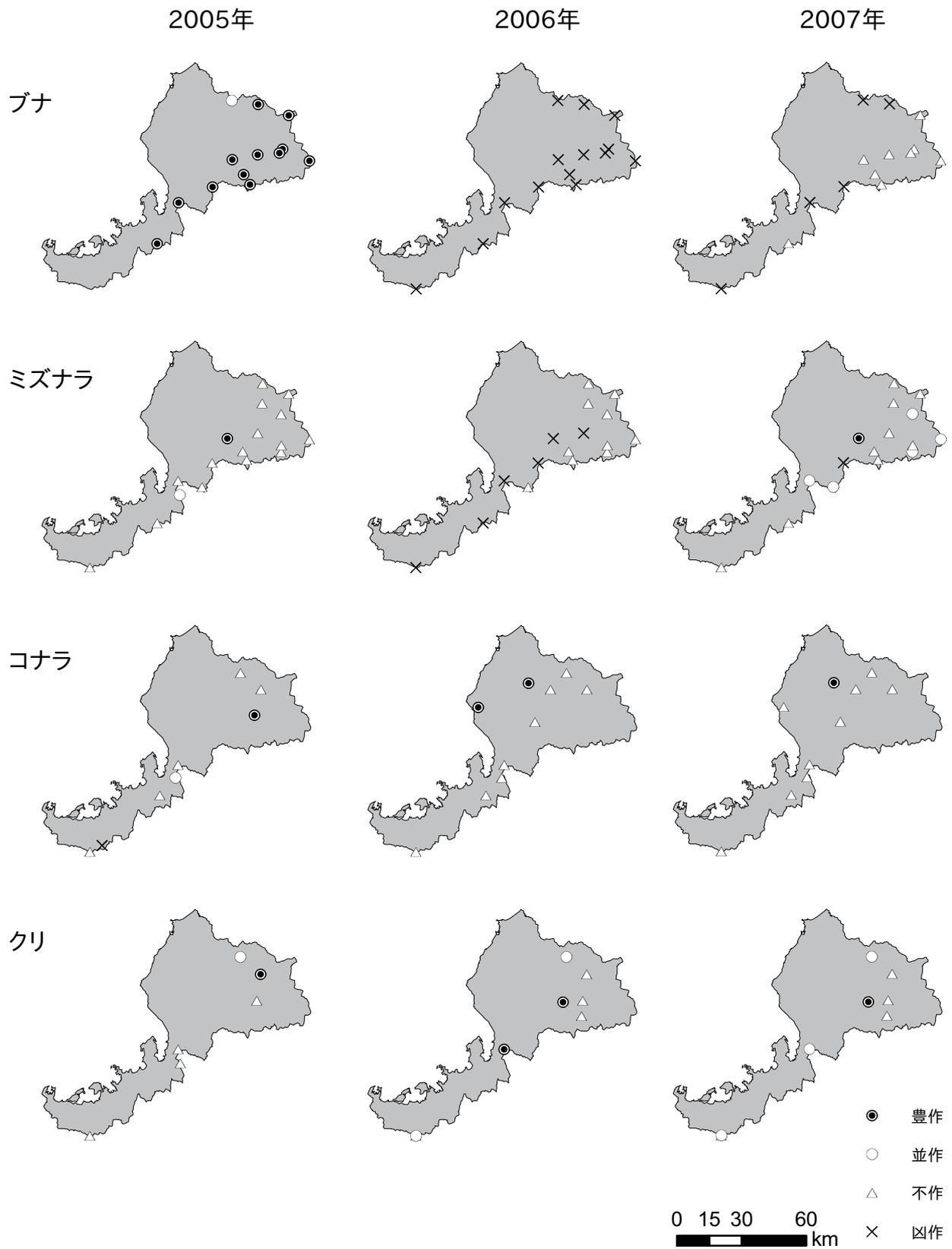


図4 ブナ科樹木4種の地点ごとの作柄。2005年から2007年までの結果を、年次および樹種別にプロットした。

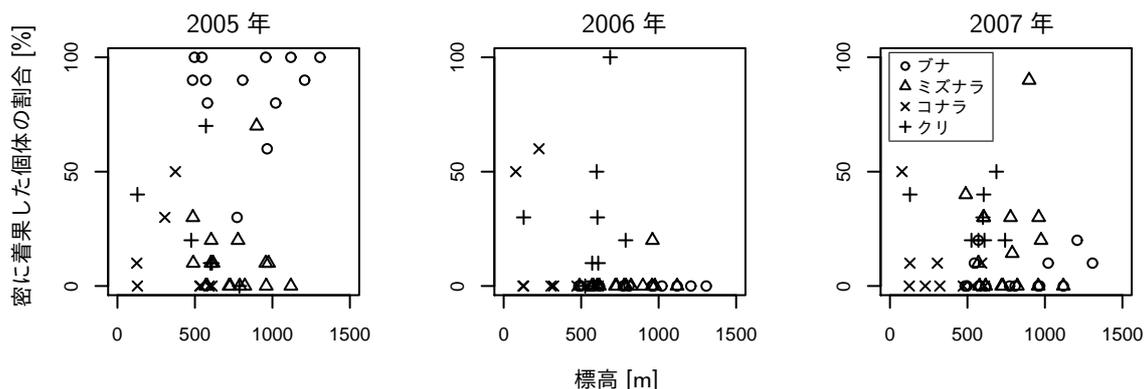


図5 各地点において密に着果の個体が占める割合と標高の関係。2005年から2007年までの結果を、年次別にプロットした。異なる記号は、異なる樹種を表す。

$P < 0.0001$). 地点間における着果指数の違いは、豊作の地点と着果状況がとくに悪かった2地点(凶作1地点, 不作1地点)との間で有意であった(付表1).

コナラは、2007年には大部分の地点が不作であったが、豊作の地点も1地点あった(図4; 付表1). コナラの着果指数は、地点間で有意に異なっていた($\chi^2 = 53.9$, $df = 9$, $P < 0.0001$). 着果指数は複数の地点間で有意に異なっていた(付表1).

クリは、2007年には大部分の地点が並作もしくは不作であったが、豊作の地点も1地点あった(図4; 付表1). クリの着果指数には、地点間で差がなかった($\chi^2 = 12.7$, $df = 7$, $P = 0.079$).

年次ごとの着果状況と標高の関係を図5に示す。ブナやミズナラなどが中心となる高標高域においては、2005年、2007年と比較して、2006年には着果状況は不良であった。一方、コナラやクリが中心となる低標高域においては、2006年にも密に着果した個体が比較的多い地点があり、高標高域と比較して年次間における着果状況の違いは小さかった。

地点ごとに密に着果した個体が占める割合は、ブナ、ミズナラのみ年次間で有意に異なった(表4)。一方、地点間の違いはいずれの樹種でも有意ではなかった。

地点ごとの着果状況の年次変化を図6に示す。ブナはすべての地点で、2005年から2006年にかけては着果状況が不良となり、2006年から2007年にかけては良好(もしくは同レベル)となる、V字型の変動パターンを示した。ミズナラも1地点を除くすべての地点において、2005年から2006年にかけては着果状況が不良(もしくは同レベル)となり、2006年から2007年

表4 地点ごとに密に着果した個体が占める割合の年次および地点間における比較[†].

樹種	比較対象	χ^2	df	P
ブナ	年次間	24.2	2	<0.0001 ***
	地点間	13.3	12	0.346 <i>n.s.</i>
ミズナラ	年次間	12.8	2	0.002 **
	地点間	23.5	15	0.074 <i>n.s.</i>
コナラ	年次間	2.92	2	0.232 <i>n.s.</i>
	地点間	5.58	5	0.350 <i>n.s.</i>
クリ	年次間	1.29	2	0.526 <i>n.s.</i>
	地点間	3.67	3	0.300 <i>n.s.</i>

[†]Friedman rank sum test による有意差検定。

にかけては良好(もしくは同レベル)となる、ブナと類似した変動パターンを示した。コナラ、クリでは、地点間に共通する変動パターンはみられなかった。

考察

堅果類の豊凶の年次変動と同調性

ブナの地点ごとの着果状況の年次変動は、すべての地点で同じ傾向であった(図6)。また、地点内における個体ごとの着果状況のばらつきは、豊作となった2005年(水谷・多田2006)、すべての個体が着果しなかった2006年(水谷・多田2007)ほどではないものの、2007年においても他樹種と比較して小さかった(付表1)。ブナの着果状況については、県域レベルで同調する傾向にあるといえる。また、石川県(野上ら2007)、富山県(中島2008)におけるブナの豊凶も福井県と同じ傾向であり、ブナの豊凶は北陸地域スケールでも同調しているものと考えられる。ブナの結実は

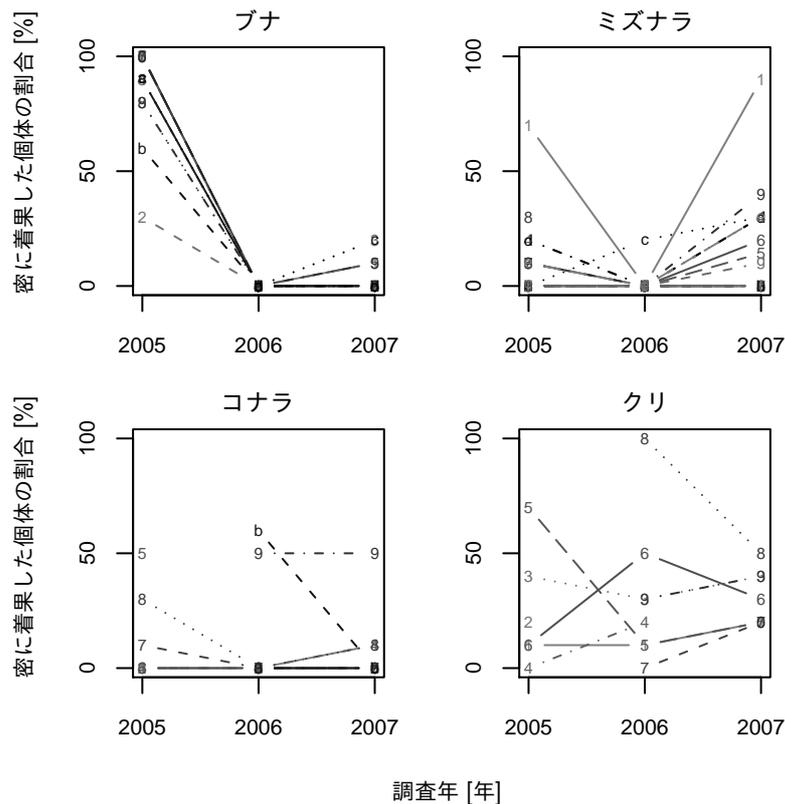


図6 地点ごとに密に着果した個体が占める割合の推移. 2005年から2007年までの結果を, 樹種別にプロットした. 異なる記号は, 異なる地点の結果を表す. 年次間で比較可能な継続調査した地点の場合のみ, 結果を線をつないで示した.

広域的に同調することが知られている (Homma et al. 1999; Suzuki et al. 2005). このようにブナの豊凶が広範囲にわたって同調する要因として, 特定の気象条件の関与が報告されている (矢田・小谷 2006; Kon et al. 2007).

ミズナラの地点ごとの着果状況の年次変動も, 大部分の地点で同じ傾向であった (図6). しかし地点内における個体ごとの着果状況は, 県全体の着果状況が一律に不良であった2006年には比較的揃っていたものの (水谷・多田 2007), 他の年には同一地点内でも様々な着果状況の個体が存在していた (水谷・多田 2006; 付表1). このことから, ミズナラの着果状況は, 個体群内においてはブナと比べて個体間のばらつきが大きいものの, 県域レベルの年次変動は同調していたといえる. 同様の傾向は, 富山県においても報告されている (中島 2008). ミズナラの結実状況の年次変動は, 個体間や林間で同調することが多いとされている (寺澤 1998; 寺澤 2002b). しかし一方で, 個体群内において個体間で着果状況にばらつきがあるこ

とも報告されている (e.g. Kanazawa 1982; Imada et al. 1990; 溝口ら 1996; 谷口・尾崎 2003). 本調査の結果は, これら従来の知見と一致するものといえる.

一方コナラには, 地点ごとの着果状況の年次変動に, ブナやミズナラのような同調性はみられなかった (図6). また同一地点内においても, 着果状況は個体間でばらついていた (水谷・多田 2006, 2007; 付表1). 富山県においても, コナラに着果状況の年次変動の同調性が認められなかったことが報告されている (中島 2008). コナラについては, 着果状況が個体間, 地点間で異なることが知られている (橋詰 1987; 福本 2000). コナラの空間的な豊凶については, 狭域では130m以下の範囲での同調性の存在が報告されているが (Akita et al. 2008), 広域的な同調性の存在については十分な知見が得られていない.

クリでは, 県全体の着果状況に年次間で違いがなく (図3), 地点内における個体ごとの着果度指標は, 大部分の地点ですべてのランクの個体が存在するほどにばらついていた (付表1). 地点ごとの着果状況には年

次変動があるものの、県全体で一定の傾向は認められなかった(図6)。クリは地点ごとの着果状況には年次変動があるものの、それが同調していないために、県全体の作柄には年次間の違いが生じにくいものと考えられる。

樹種ごとの結実特性の把握には長期間の観測が必要である(正木・柴田 2005)。とくに極端な豊作や凶作がごく稀にしか発生しない場合、それが観測できるか否かによって、結実特性の評価が大きく変わる可能性がある。これらブナ科樹木の結実特性については、さらに継続的な調査によりデータを蓄積しつつ検討する必要がある。

堅果類の豊凶とクマ出没傾向

福井県における9月から11月までの間のツキノワグマの出没(目撃、痕跡の確認、捕獲を含む)件数は、2005年が18件、2006年が1436件、2007年が47件であった(福井県安全環境部自然保護課 2008)。福井県においては、2006年はツキノワグマの大量出没年、2005年、2007年は通常年とみなすことができる。

ブナ科樹木の堅果類の着果状況を標高に着目して比較すると、2006年にはツキノワグマの基本的な生息地となっている高標高域において、密に着果した個体がほとんどなかった(図5)。ブナ、ミズナラの着果状況が同時に著しく不良であった結果(図3)、奥山における秋期の餌資源量が少なかったことが、2006年のツキノワグマ大量出没の誘因となったと考えられる。ブナとミズナラの両方の結実が不良な年にツキノワグマの出没が多くなることは、兵庫県氷ノ山においても報告されている(谷口・尾崎 2003)。

一方、クリの着果状況には年次間で違いがなく(図3)、クマ大量出没が発生した2006年にも相当量の結実があった。またコナラについても、着果状況が2006年に極端に不良であった訳ではなく、平野部近くの低標高域では豊作の地点もみられた(図4)。これら低標高地の堅果類は、2006年の大量出没時にクマの餌資源となっていた。福井県では2006年に、ツキノワグマが低標高域のクリを利用した例が報告されている(水谷ら 2007b)。また富山県では、2005年、2007年には結実していてもクマに利用されていなかった低標高地のコナラに、2006年に多くのクマ棚が形成されていたことが報告されている(中島 2008)。しかし、

これら2樹種の堅果の結実は、2006年のツキノワグマ大量出没を抑止する効果はなかったといえる。これが、2樹種の結実量がクマの餌資源量の不足を補填するに十分な量ではなかったためなのか、あるいはクマのおもな行動域が低標高域に推移した時点で大量出没に至るのかについては、さらに情報を蓄積した上で検討する必要がある。

ツキノワグマの大量出没発生への関与が大きい樹種は、その果実が秋期にツキノワグマに利用される樹種のうち、その結実状況の年次変動がツキノワグマの広域的な餌資源量に影響しうる樹種と考えられる。そのための条件として、面的に広く分布すること、豊凶に年次変動があること、その豊凶が広域的に同調することなどの特性を持つことが必要であることが予想される(水谷・多田 2007)。とくに豊凶の同調性については、ツキノワグマの有害捕獲頭数の年次変動に、隣接する複数の都道府県に共通する傾向が認められることから(Oka 2006)、県域以上の広域的なスケールで豊凶が同調する樹種の影響が大きいものと考えられる。

現時点において、福井県で上記の条件によくあてはまるのは、ブナ、ミズナラの2樹種である。したがって、ツキノワグマの大量出没を予測する上で、これら2樹種の作柄不良の把握が重要と考えられる。ただし、結実特性の把握には長期間の観測が必要であるため(正木・柴田 2005)、クマ大量出没の発生予測の確度を高めるためには、ブナ科樹木の着果状況のモニタリングを継続することが必要である。

謝辞

福井県安全環境部自然保護課および福井県自然保護センター職員の皆様には現地調査をお手伝いいただいた。記して感謝する。

引用文献

- Akita, T., Sakai, K., Iwabuchi, Y., Hoshino, Y., Ye, X. 2008. Spatial autocorrelation in masting phenomena of *Quercus serrata* detected by multi-spectral imaging. *Ecological Modelling* 215: 217-224.
- 福井県安全環境部自然保護課. 2008. 平成16年度～平成20年度の出没・捕獲・人身被害件数の一覧表. URL <http://www.pref.fukui.jp/doc/shizen/>

- tixyouzixyuu/tukinowaguma_d/fil/045.xls (引用:2008/11/27).
- 福本浩士. 2000. コナラ属における種子食昆虫の資源利用様式とその食害が寄主植物の種子生産と発芽に及ぼす影響. 名古屋大学森林科学研究 19:101-144.
- 行政管理庁. 1973. 統計に用いる標準地域メッシュおよび標準地域メッシュ・コード. 昭和48年7月12日付け行政管理庁告示第143号.
- 橋本幸彦・高槻成規. 1997. ツキノワグマの食性: 総説. 哺乳類科学 37:1-19.
- 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.
- 広木詔三・松原輝男. 1982. ブナ科植物の生態学的研究Ⅲ. 種子-実生期の比較生態学的研究. 日本生態学会誌 32:227-240.
- Homma, K., Akashi, N., Abe, T., Hasegawa, M., Harada, K., Hirabuki, Y., Irie, K., Kaji, M., Miguchi, H., Mizoguchi, N., Mizunaga, H., Nakashizuka, T., Natume, S., Niiyama, K., Ohkubo, T., Sawada, S., Sugita, H., Takatsuki, S., Yamanaka, N. 1999. Geographical variation in the early regeneration process of Siebold's Beech (*Fagus crenata* BLUME) in Japan. *Plant Ecology* 140:129-138.
- Imada, M., Nakai, T., Nakamura, T. Mabuchi, T., Takahashi, Y. 1990. Acorn dispersal in nature stands of Mizunara (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) for twenty years. *Journal of the Japanese Forest Society* 72:426-430.
- 紙谷智彦. 1986. 豪雪地帯におけるブナ二次林の再生過程に関する研究(Ⅲ): 平均胸高直径の異なるブナ二次林6林分における種子生産. 日本林学会誌 68:447-453.
- Kanazawa, Y. 1982. Some analyses of the reproduction process of a *Quercus crispula* blume population in Nikko: I. a record of acorn dispersal and seedling establishment for several years at three natural stands. *Japanese Journal of Ecology* 32:325-331.
- 環境庁自然保護局(編). 1999. 自然環境情報GIS第2版18:福井県[電子資料]. 環境庁自然保護局生物多様性センター, 富士吉田市.
- 環境省自然環境局野生生物課. 2007. クマ類の捕獲数及びクマ類による人身被害について(平成19年1月末現在). 平成19年2月19日付け報道発表資料.
- Kelly, D. 1994. The evolutionary ecology of mast seeding. *Trends in Ecology and Evolution* 9:465-470.
- Kon, H., Noda, T. 2007. Experimental investigation on weather cues for mast seeding of *Fagus crenata*. *Ecological Research* 22:802-806.
- 米田一彦. 1990. 秋田県太平山地域におけるツキノワグマの生態・テレメトリー調査. 環境庁自然保護局(編)人間活動との共存を目指した野生鳥獣の保護管理に関する研究. 環境庁, 東京. pp.159-206.
- 米田政明. 2007. ツキノワグマ保護管理の課題-教訓を生かす-. 坪田敏男(編)JBN緊急クマシンポジウム&ワークショップ報告書. 日本クマネットワーク, 岐阜. pp.8-15.
- 正木隆・柴田銃江. 2005. 森林の広域・長期的な試験地から得られる成果と生き残りのための条件. 日本生態学会誌 55:359-369.
- McDonald, P.M. 1992. Estimating seed crops of conifer and hardwood species. *Canadian Journal of Forest Research* 22:832-838.
- 水井憲雄. 1991. 種子重-種子数関係を用いた落葉広葉樹の種子の結実豊凶区分. 日本林学会誌 73:258-263.
- 水谷瑞希・多田雅充. 2006. 2005年の福井県におけるブナ科樹木4種の結実状況. *Ciconia* (福井県自然保護センター研究報告) 11:64-73.
- 水谷瑞希・多田雅充. 2007. 2006年の福井県におけるブナ科樹木4種の結実状況. *Ciconia* (福井県自然保護センター研究報告) 12:43-52.
- 水谷瑞希・多田雅充・高畑麻衣子・高柳敦. 2007a. 福井県におけるツキノワグマの行動調査Ⅰ: 行動経過と集落等への接近事例. *Ciconia* (福井県自然保護センター研究報告) 12:53-96.
- 水谷瑞希・多田雅充・高畑麻衣子・高柳敦. 2007b. 福井県におけるツキノワグマの行動調査Ⅱ: 行動圏と環境選択性. *Ciconia* (福井県自然保護センター研究報告) 12:97-120.
- 溝口紀泰・片山敦司・坪田敏男・小宮山章. 1996. ブナの豊凶がツキノワグマの食性に与える影響: プ

- ナとミズナラの種子落下量の年次変動に関連して. 哺乳類科学 36:33-44.
- 中島春樹. 2008. 平成 19 年度富山県ツキノワグマ生息環境調査報告書: -ブナ, ミズナラ, コナラの豊凶調査-. 富山県林業技術センター.
- 野上達也・中村こすも・小谷二郎・野崎英吉. 2007. 2007年の石川県加賀地方のブナ科樹木3種の結実状況. 石川県白山自然保護センター研究報告 34:11-20.
- Oka, T., Miura, S., Masaki, T., Suzuki, W., Osumi, K., Saitoh, S. 2004. Relationship between changes in beechnut production and asiatic black bears in northern Japan. *Journal of Wildlife Management* 68:979-986.
- Oka, T. 2006. Regional concurrence in the number of culled Asiatic black bears, *Ursus thibetanus*. *Mammal Study* 31:79-85.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- 清和研二・菊沢喜八郎. 1989. 落葉広葉樹の種子重と当年生稚苗の季節的伸長様式. *日本生態学会誌* 39:5-15.
- 自然環境研究センター. 2005. ツキノワグマの大量出没に関する調査報告書(平成16年度ツキノワグマ個体群動態等調査事業). 自然環境研究センター, 東京.
- Suzuki, W., Osumi, K., Masaki, T. 2005. Mast seeding and its spatial scale in *Fagus crenata* in northern Japan. *Forest Ecology and Management* 205:105-116.
- 谷口真吾・尾崎真也. 2003. 兵庫県氷ノ山山系におけるブナ・ミズナラの結実とツキノワグマの目撃頭数の関係. *森林立地* 45:1-6.
- 寺澤和彦. 1998. ミズナラの花・種子・稚樹の生態的特性. 広葉樹育林ガイド ミズナラ林の造成技術. pp30-75. 北海道林業改良普及協会, 札幌.
- 寺澤和彦. 2002a. 北海道全域における1991-1999年のミズナラ堅果の豊凶(I)-個体ごとの結実特性-. *北方林業* 54:73-76.
- 寺澤和彦. 2002b. 北海道全域における1991-1999年のミズナラ堅果の豊凶(II)-着果量の年次推移-. *北方林業* 54:110-113.
- 矢田豊・小谷二郎. 2006. 前年の気象条件によるブナおよびスギの開花結実量の予測: -石川県におけるブナ7年間、スギ15年間の解析結果から-. 第117回日本森林学会大会学術講演集.
- 山崎晃司・小池伸介・小坂井千夏. 2007. ツキノワグマの土地利用と出没. 坪田敏男(編) JBN緊急クマシンポジウム&ワークショップ報告書. 日本クマネットワーク, 岐阜. pp.52-53.
- Yasaka, M., Terazawa, K., Koyama, H., Kon, H. 2003. Masting behavior of *Fagus crenata* in northern Japan: spatial synchrony and predispersal seed predation. *Forest Ecology and Management* 184:277-284.

付表1 調査地点ごとの着果度指標別本数と豊凶判定. メッシュコードは日本測地系に準拠した2次メッシュコードである(約10km × 10km; 行政管理庁 1973).

樹種	調査地(市町)	2次 メッシュ	標高 (m)	調査日	着果度指標別本数(本)						地点の 豊凶†
					0	1	2	3	4	計	
ブナ	北谷町谷(勝山市)	543614	545	2007/08/23	9	0	0	1	0	10	凶作 ^{ab}
	竹田川上流(坂井市)	543613	772	2007/08/14	9	1	0	0	0	10	凶作 ^{ab}
	刈込池(大野市)	543605	1119	2007/08/27	5	5	0	0	0	10	不作 ^{ab}
	後野(大野市)	533675	570	2007/08/06	0	6	2	2	0	10	不作 ^a
	油坂峠(大野市)	533666	808	2007/08/06	5	5	0	0	0	10	不作 ^{ab}
	川合(大野市)	533665	485	2007/08/06	3	7	0	0	0	10	不作 ^{ab}
	モッカ平(大野市)	533664	957	2007/08/07	7	3	0	0	0	10	不作 ^{ab}
	部子山(池田町)	533663	1307	2007/08/12	5	4	0	1	0	10	不作 ^{ab}
	温見峠(大野市)	533654	1021	2007/08/12	2	4	3	0	1	10	不作 ^{ab}
	平家平(大野市)	533653	1208	2007/08/07	2	3	3	2	0	10	不作 ^{ab}
	高倉峠(南越前町)	533652	966	2007/08/16	10	0	0	0	0	10	凶作 ^{ab}
	山中林道(南越前町)	533641	581	2007/08/15	10	0	0	0	0	10	凶作 ^{ab}
黒川林道(敦賀市)	533620	497	2007/08/15	6	4	0	0	0	10	不作 ^{ab}	
五波峠(おおい町)	533505	617	2007/08/30	17	2	0	0	0	19	凶作 ^b	
合計					90	44	8	6	1	149	
ミズナラ	北谷町谷(勝山市)	543614	721	2007/09/06	1	9	0	0	0	10	不作 ^{ab}
	刈込池(大野市)	543605	1119	2007/08/27	2	6	2	0	0	10	不作 ^{ab}
	南六呂師(大野市)	543604	789	2007/09/01	0	9	3	2	0	14	不作 ^{ab}
	池ヶ原(大野市)	533675	960	2007/08/27	0	2	5	2	1	10	並作 ^{ab}
	油坂峠(大野市)	533666	778	2007/09/04	0	4	3	1	2	10	並作 ^{ab}
	伊勢橋(大野市)	533665	571	2007/09/04	2	5	2	1	0	10	不作 ^{ab}
	モッカ平(大野市)	533664	957	2007/08/29	3	6	1	0	0	10	不作 ^{ab}
	部子山(池田町)	533663	898	2007/09/05	0	1	0	5	4	10	豊作 ^a
	久沢谷(大野市)	533655	604	2007/09/04	1	4	2	3	0	10	並作 ^{ab}
	温見(大野市)	533654	728	2007/08/29	3	6	1	0	0	10	不作 ^{ab}
	平家平(大野市)	533653	975	2007/08/29	0	12	4	3	1	20	不作 ^{ab}
	高倉峠(南越前町)	533652	822	2007/09/05	8	2	0	0	0	10	凶作 ^b
	夜叉が池(南越前町)	533642	489	2007/09/02	1	4	1	2	2	10	並作 ^{ab}
	山中林道(南越前町)	533641	605	2007/09/02	0	5	2	1	2	10	並作 ^{ab}
黒川林道(敦賀市)	533620	578	2007/09/01	3	4	3	0	0	10	不作 ^{ab}	
五波峠(おおい町)	533505	617	2007/08/30	7	4	0	0	0	11	不作 ^b	
合計					31	83	29	20	12	175	
コナラ	荒土町別所(勝山市)	543613	129	2007/09/06	0	9	0	1	0	10	不作 ^{ab}
	南六呂師(大野市)	543604	532	2007/09/01	3	7	0	0	0	10	不作 ^{ab}
	上吉山(福井市)	543603	322	2007/09/03	1	8	1	0	0	10	不作 ^{ab}
	東山公園(福井市)	543602	78	2007/09/03	0	0	5	2	3	10	豊作 ^a
	上山中(越前町)	533670	228	2007/09/03	3	7	0	0	0	10	不作 ^{bc}
	ハツ杉キャンプ場(越前市)	533662	473	2007/09/03	4	6	0	0	0	10	不作 ^{bc}
	山中林道(南越前町)	533641	592	2007/09/02	0	5	4	1	0	10	不作 ^{a c}
	池河内(敦賀市)	533631	306	2007/09/01	0	9	0	0	1	10	不作 ^{ab}
	黒川林道(敦賀市)	533620	125	2007/09/01	0	10	0	0	0	10	不作 ^{ab}
	五波峠(おおい町)	533505	610	2007/08/30	7	3	0	0	0	10	不作 ^b
合計					18	64	10	4	4	100	
クリ	荒土町別所(勝山市)	543613	129	2007/08/14	4	1	1	2	2	10	並作 ^{n.s.}
	南六呂師(大野市)	543604	571	2007/09/01	5	11	0	2	2	20	不作 ^{n.s.}
	笹生川ダム(大野市)	533664	526	2007/08/25	0	7	9	3	1	20	不作 ^{n.s.}
	モッカ平林道(大野市)	533664	743	2007/08/25	2	2	4	2	0	10	不作 ^{n.s.}
	宝慶寺(大野市)	533663	687	2007/08/25	2	4	4	6	4	20	豊作 ^{n.s.}
	山中林道(南越前町)	533641	600	2007/09/01	2	3	2	1	2	10	並作 ^{n.s.}
	五波峠(おおい町)	533505	610	2007/08/30	2	6	0	1	1	10	不作 ^{n.s.}
	五波峠林道(おおい町)	533505	605	2007/08/30	1	2	3	3	1	10	並作 ^{n.s.}
合計					18	36	23	20	13	110	

† 異なる英小文字は、調査地間で着果指数(ただし、ブナにおいては着果度指標)に有意差があることを示す(Kruskal-Wallis test, combined with the Scheffé method for multiple comparisons, $P < 0.05$). ただし、n.s. はいずれの調査地間にも有意差なし.