Ciconia（福井県自然保護センター研究報告）15:43-55（2010）

2009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]・多田雅充 [2]

要旨：ツキノワグマ大量出没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．2009年における福井県全体の作柄は，ブナ，ミズナラは豊作，コナラは不作，クリは並作であった．高標高域に分布するブナとミズナラの作柄は，ほとんどの地点で同調して良好であった．このことから2009年秋期の山地におけるのクマの利用可能な餌資源量は平年以上と推測され，このためにクマの人里への出没が少なかったと考えられる．
キーワード：豊凶，クリ，ブナ，ミズナラ，コナラ，ツキノワグマ

Mizuki MIZUTANI*[1], Masamitsu TADA[2]. 2010. Acorn crops of 4 Fagaceae species in Fukui Prefecture in 2009. Ciconia (Bulletin of Fukui Nature Conservation Center) 15:43-55. We conducted a survey to estimate the yields of the acorn crops of 4 Fagaceae species, namely, *Fagus crenata*, *Quercus crispula*, *Q. serrata*, and *Castanea crenata*, in order to predict the mass intrusions of the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* into residential areas. The findings of a survey conducted in Fukui Prefecture in 2009 were as follows: the yields of the acorn crops of *F. crenata*, *Q. crispula*, *Q. serrata*, and *C. crenata* were rated as heavy, heavy, light, and medium, respectively. The crop levels of *F. crenata* and *Q. crispula*, which are distributed at higher elevations, were synchronously greater than those in the previous year at almost all sites. Thus, the food resources available for bears in the mountainous areas at higher elevations in autumn 2009 was estimated to be more than average; this is possible because no mass intrusion of bears occurred in autumn 2009.
Key words: masting, *Castanea crenata*, *Fagus crenata*, *Quercus crispula*, *Quercus serrata*, *Ursus thibetanus*

はじめに

クマ類の人里付近への出没件数には年次変動があり，ときに大量出没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* の人里付近への出没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没に至った（環境省自然環境局野生生物課 2007）．

クマ大量出没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），なかでも関係が深いのは山地における秋期の利用可能な餌資源量の不足と，里山林の管理放棄などに伴う里山域の環境変化と考えられている（e.g. 米田 2007）．とくに秋期の餌不足は，クマ大量出没の引き金として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，ツキノワグマの行動圏が通常よりも広くなったり（米田 1990；水谷ら 2007a；山崎ら 2007），また低標高地で活動したりした事例が報告されている（e.g. 水谷ら 2007b）．これらはツキノワグマが山地の餌不足を補うための行動と考えられるが，同時にツキノワグマの人里付近への出没頻度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没件数が増加した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 2009）．このことから逆に，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，その大量出没を早期に予測できる可能性があることが指摘されている（Oka et al. 2004）．

県域レベルでツキノワグマの大量出没を予測するた

福井県自然保護センター研究業績　第87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 福井県海浜自然センター　Fukui Coastal Nature Center.

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現象の存在が知られている（Kelly 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の存在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，同一地点内の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，多個体で豊凶を把握し，個体間および地点間におけるその同調性について考慮する必要がある．

そこで，ツキノワグマの生息環境を把握し，その大量出没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；水谷ら 2008，2009），堅果類の豊凶とツキノワグマの大量出没との関係について検討した．

調査地と調査方法

調査の種類

2009 年には，2005 年から継続的に実施している調査（以下，詳細調査）に加えて，2008 年から開始した市町との連携によるコナラ等を対象とした簡易調査（水谷ら 2009）を実施した．詳細調査は主としてツキノワグマの山地における利用可能な餌資源量の把握を目的として，ブナ，ミズナラ，コナラおよびクリの豊凶を調査した．簡易調査は不特定多数の人が利用する公園，キャンプ場などを対象として，クマの餌となる堅果類等の着果状況を把握し，具体的な注意喚起を実施するための資料を得ることを目的として実施した．

簡易調査ではコナラのほか，勝山市でアベマキ *Q. variabilis*，クヌギ *Q. acutissima* の着果状況をそれぞれ 1 地点で調査したが，本報告ではこのうち，詳細調査と共通するコナラのみを扱う．

調査地の概要

図 1 に，福井県における主要なブナ科樹木が優占する森林の分布を示す．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 50 %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 %（143 km^2）と小さい．ミズナラ林はおおむね標高 400 m 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 30 %（939 km^2）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（県北部）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 400 m 以下の地域に分布し，全森林面積に占める面積割合は 17 %（520 km^2）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（県南部）地方に多い．クリは他のブナ科樹木のように単一樹種が優占する林分を形成せず，コナラ林などに混生することが多い．

詳細調査は，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 2 次メッシュ，および低標高でブナ科樹木の優占度は低いものの，ツキノワグマが出没した履歴のある 2 次メッシュにおいて実施した（図 2）．各メッシュで優占する対象種ごとに，1 ないし 2 地点の調査地を選定した．調査地点は対象樹種が多く生育し，樹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．このほか，市町連携によるコナラの調査地点でも，詳細調査と同様の調査をおこなった場合は，詳細調査の記録に含めた．

簡易調査の調査地点は，不特定多数の人が利用する公園，キャンプ場などで，調査対象木が 10 本以上連続して選択できる場所を，市町と協議して選定した．

詳細調査の調査地点数は，ブナ，ミズナラ，コナラおよびクリで，それぞれ 14 地点，16 地点，12 地点および 8 地点となった（図 2）．このうち市町との連携により実施した調査地点は，コナラが 5 地点であった．また簡易調査のみを実施した調査地点は，コナラが 4 地点であった（図 2）．

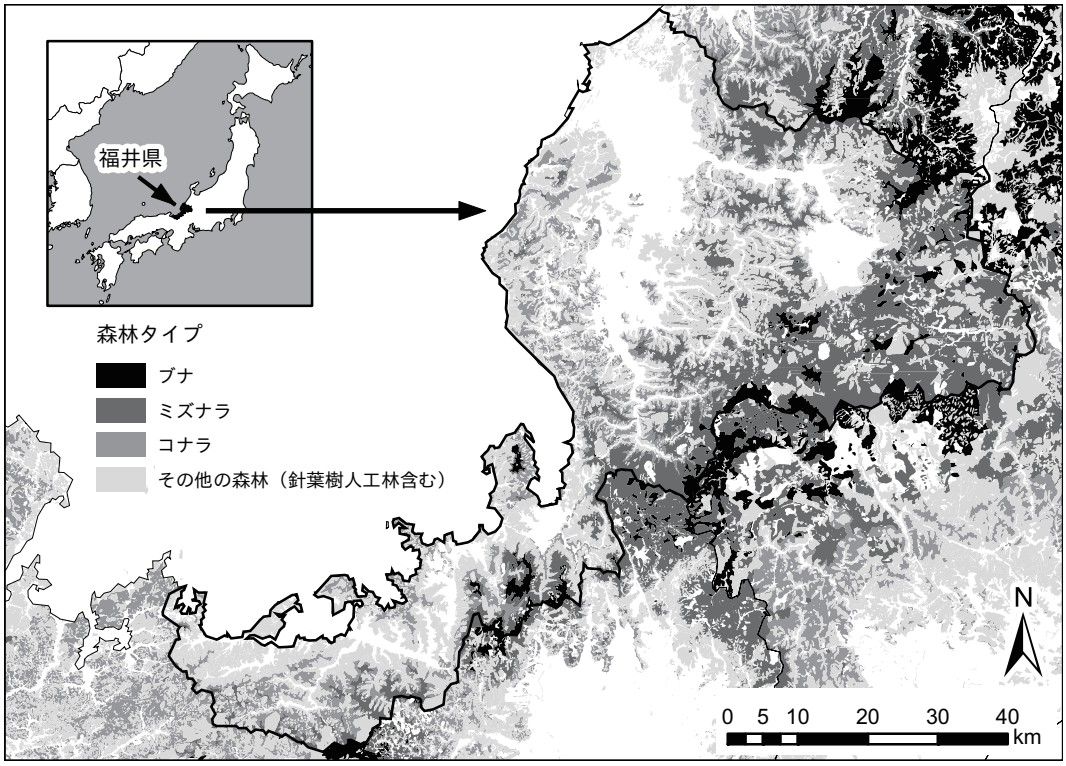

図 **1** 福井県における主要なブナ科樹木が優占する森林の分布．森林タイプは自然環境情報 GIS（環境庁自然保護局 1999）を元に作成した．

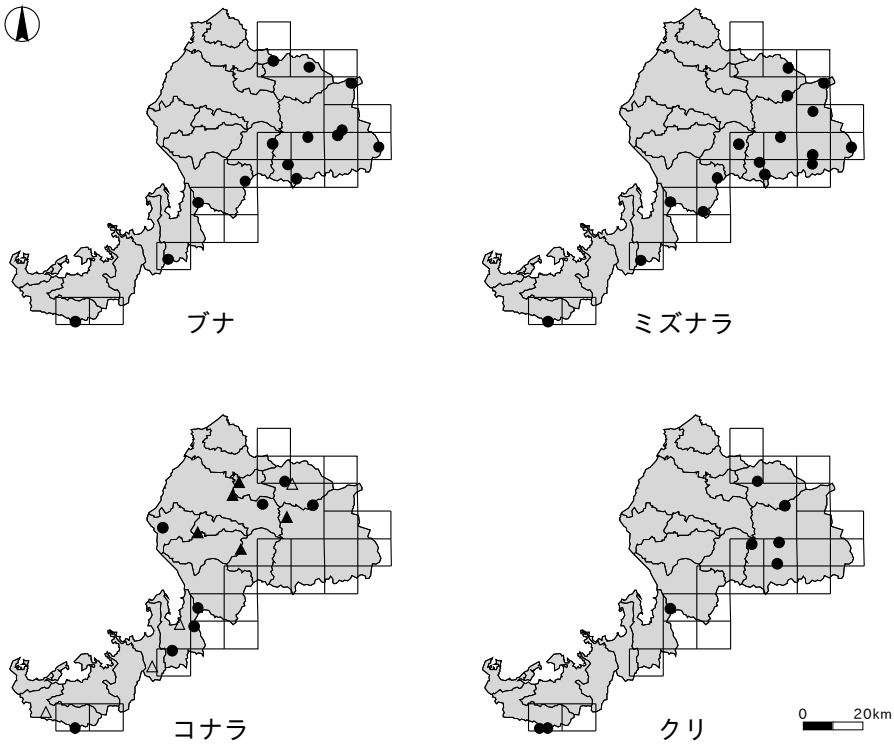

図 **2** 調査地点の位置．メッシュはブナ科樹木が優占する森林の面積が 50 %以上を占める 2 次メッシュ．コナラの調査地点は，●：詳細調査，▲：市町との連携による詳細調査，△：簡易調査の実施地点を表す．

詳細調査

詳細調査は，2009 年 8 月 11 日から 9 月 11 日までの期間に実施した．調査地点ごとに 10 本から 25 本の調査木を対象として調査した．調査木は，胸高直径が 20 cm 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，可能な限り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 10 m 未満，D：林縁から 10〜20 m，E：林縁から 20 m 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，以下に述べる方法で個体ごとの着果状況を評価した．

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，定性的な着果の状態から表 1 の基準で着果度指標を判定して，豊凶評価をおこなった．

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 50 cm × 20 cm 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 50 cm × 20 cm 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 2002）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 2980 mg（清和・菊沢 1989），コナラ 1840 mg（広木・松原 1982），クリ 1920 mg（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．

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
4	樹冠全体に密に着果	密に着果
3	樹冠全体に疎に着果	
2	樹冠の一部に密に着果	疎に着果
1	樹冠の一部に疎に着果	
0	着果なし	着果なし

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	
4	豊作	5.7〜	7.8〜	2.5〜	密に着果
3	並作	1.9〜5.7	2.6〜7.8	0.9〜2.5	
2	不作	0.6〜1.9	0.9〜2.6	0.3〜0.9	疎に着果
1	凶作	0〜0.6	0〜0.9	0〜0.3	
0		0	0	0	着果なし

簡易調査

簡易調査は，2009 年 9 月 10 日から 10 月 4 日までの期間に実施した．調査地点ごとに調査木を 10 本以上選定した．調査木は詳細調査と同様，胸高直径が 20 cm 以上で，かつ樹冠が林冠上部に到達している木を選択した．ただし簡易調査では林縁との位置関係にもとづく本数割合を指定せず，樹冠部が見やすい調査木を優先して選択した．調査木ごとに，樹上の未成熟〜成熟堅果の数を双眼鏡を用いて観察し，定性的な着果の状態から，個体ごとの着果状況を表 3 に従って評価した．このうち A と B，D と E の見きわめについては，詳細調査と同様の定量的な判定基準を示して慎重に判断した．これにより簡易調査による豊凶評価は，3 段階に集約した着果区分では，詳細調査による豊凶評価と同様の評価とみなすことができる（水谷・多田印刷中）．

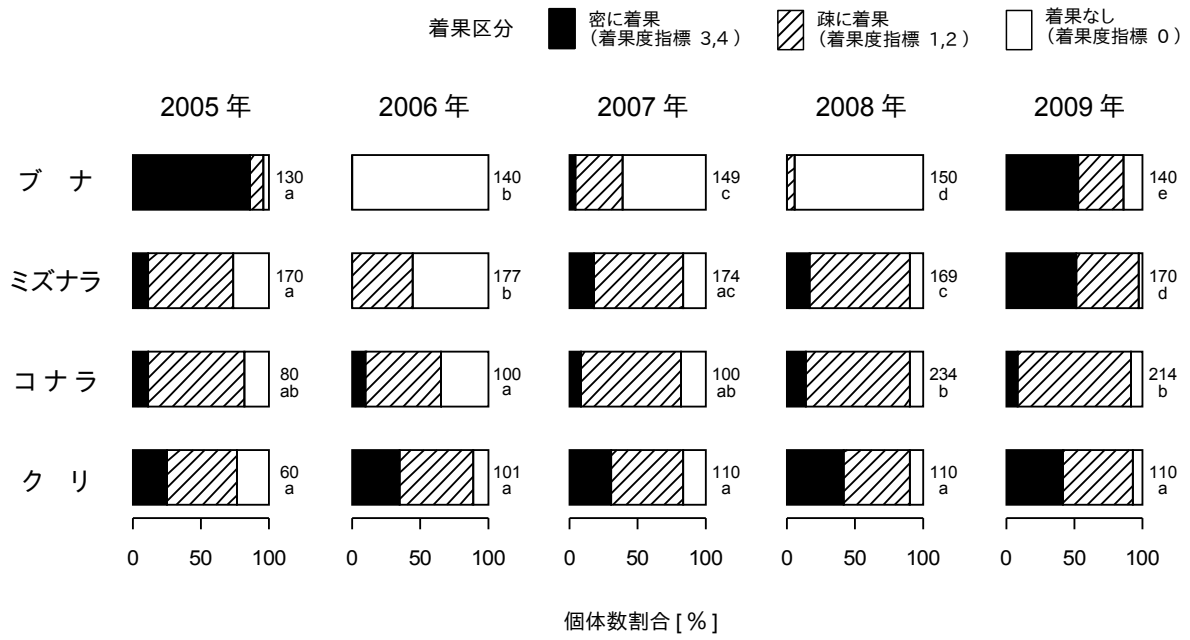

図 3 2005 年から 2009 年におけるブナ科樹木 4 種の着果区分別個体数割合．棒グラフ右上の数字はサンプル数を表す．棒グラフ右下の異なる英小文字は，樹種ごとの着果区分別個体数割合に，年次間で有意差があることを示す（Fisher's exact test for count data with Holm-Bonferroni corrections for multiple comparisons, $P < 0.05$）．

表 3 コナラの簡易調査における着果状況の判定基準．

着果状況	着果の状態	着果区分
AA	樹冠全体に非常に密に着果	密に着果
A	樹冠全体に密に着果	
B	樹冠全体に疎に着果	疎に着果
C	樹冠の一部に密に着果	
D	樹冠の一部に疎に着果	
E	着果なし	着果なし

表 4 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．

地点（地域）レベルの豊凶評価

地点（地域）レベルの豊凶は，着果区分別個体数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 1，2，3）に集約したのち，McDonald（1992）の基準に準じた表 4 の豊凶評価基準にもとづいて，調査地点ごと，および県全体の作柄を判定した．

統計解析

県全体の着果区分別個体数割合は，Fisher's Exact Test for Count Data により樹種間，年次間で比較した．また 2009 年における樹種間比較と，樹種ごとの着果状況の年次間比較について，Holm-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は，地点ごとの着果指数（ブナにおいては着果度指標）に対する Kruskal-Wallis rank sum test により比較した．

すべての統計解析には，R ver. 2.10.1（R Development Core Team 2010）を使用した．

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．2009 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おり（$\chi^2 = 121.5$, $df = 6$, $P < 0.0001$），多重比較でもミズナラとクリの間以外の組み合わせにおいて有意差が検出された（$P < 0.05$）

ブナでは，着果した個体は 86 %で，密に着果した

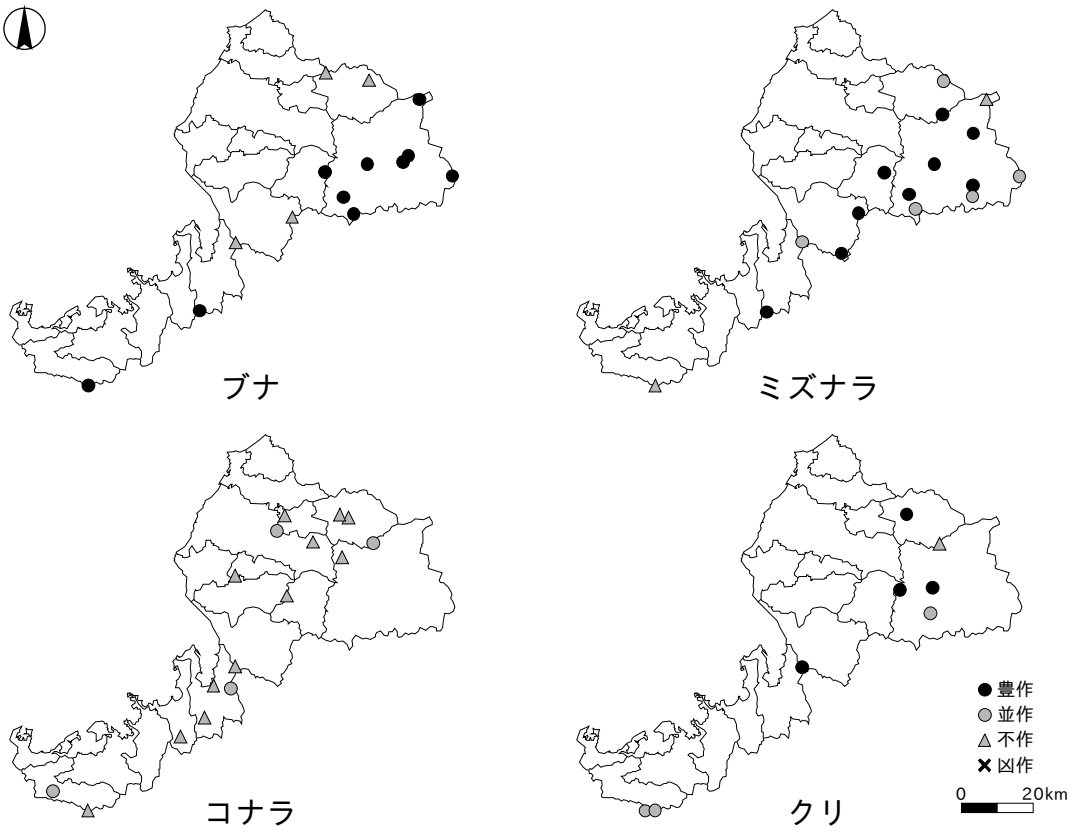

図 4 ブナ科樹木 4 種の地点ごとの作柄.

個体は 53 %あった（図 3）．2005 年から 2009 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（$\chi^2 = 592.6$, $df = 8$, $P < 0.0001$）．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；$P < 0.05$）．2009 年のブナの着果状況は，以前に豊作となった 2005 年に次いで良好であった．

ミズナラでは，97 %の個体で着果が見られ，並作以上の作柄の個体は 51 %あった（図 3）．2005 年から 2009 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（$\chi^2 = 271.0$, $df = 8$, $P < 0.0001$）．ミズナラの着果区分別個体数割合は，2005 年と 2007 年，2007 年と 2008 年の間以外で，有意に異なっていた（図 3；$P < 0.05$）．2009 年のミズナラの着果状況は，過去 5 年間でもっとも良好であった．

コナラでは，92 %の個体で着果が見られ，並作以上の作柄の個体は 9 %あった（図 3）．2005 年から 2009 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（$\chi^2 = 46.4$, $df = 8$, $P < 0.0001$）．コナラの着果区分別個体数割合は，2006 年と 2008 年，2009 年との間で有意に異なっていた（図 3；$P < 0.05$）．2009 年のコナラの着果状況は，大量出没が発生した 2006 年と比較して良好で，それ以外の年と似た状況であった．

クリでは，93 %の個体で着果が見られ，並作以上の作柄の個体が 42 %あった（図 3）．2005 年から 2009 年までのクリ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が（$\chi^2 = 16.2$, $df = 8$, $P < 0.05$），多重比較ではいずれの年次間の組み合わせにも有意差は検出されなかった（図 3；$P > 0.05$）．

地点（地域）レベルの豊凶判定基準（表 4）にあてはめると，県域全体ではブナ，ミズナラは豊作，コナラは不作，クリは並作と判定された．

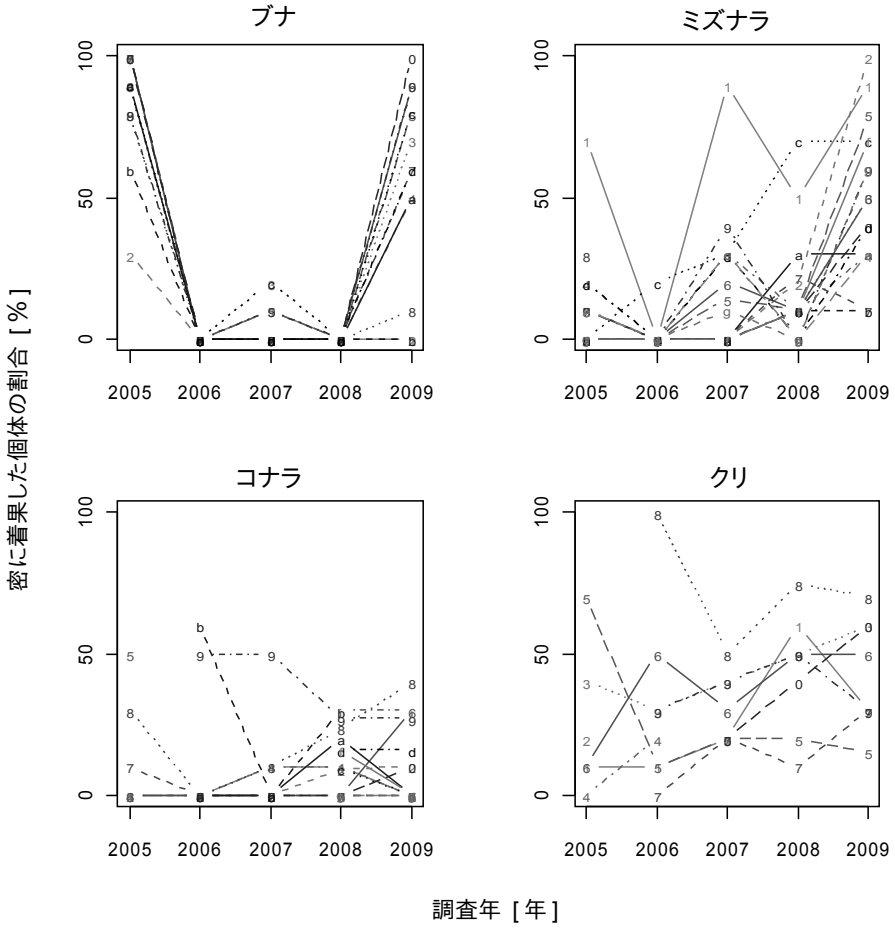

図 5 地点ごとに密に着果した個体が占める割合の年次変化．2005 年から 2009 年までの結果を，樹種別にプロットした．異なる記号は，異なる地点の結果を表す．2 年間以上継続して調査した地点は，結果を線でつないで示した．

地点ごとの着果状況

ブナは 10 地点が豊作，4 地点が不作であった（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（$\chi^2 = 81.4, df = 13, P < 0.0001$）．

ミズナラは 9 地点が豊作，5 地点が並作，2 地点が不作であった（図 4；付表 1）．ミズナラの着果指数は，地点間で有意に異なっていた（$\chi^2 = 49.4, df = 15, P < 0.0001$）．

コナラは 4 地点が並作，12 地点が不作であった（図 4；付表 1，2）．詳細調査を実施した地点については，コナラの着果指数は地点間で有意に異なっていた（$\chi^2 = 82.8, df = 11, P < 0.0001$）．

クリは，4 地点が豊作，3 地点が並作，1 地点が不作であった（図 4；付表 1）．クリの着果指数は，地点間で有意に異なっていた（$\chi^2 = 20.2, df = 7, P = 0.0005$）．

地点ごとの着果状況の年次変化を図 5 に示す．ブナは 2009 年にはすべての地点で，密に着果した個体の割合が増加した．ミズナラでは 2008 年と比較して，密に着果した個体の割合が増えた地点，同じ地点，減った地点がそれぞれ 12 地点，3 地点，1 地点あった．コナラでは 2008 年と比較して，密に着果した個体の割合が増えた地点，同じ地点，減った地点がそれぞれ 4 地点，7 地点，5 地点あった．クリでは 2008 年と比較して，密に着果した個体の割合が増えた地点，同じ地点，減った地点がそれぞれ 3 地点，1 地点，4 地点あった．

年次ごとの着果状況と標高の関係を図 6 に示す．2009 年の高標高域では，ブナ，ミズナラとも密に着果した個体の割合が多い地点が多く，ブナ科樹木の着果状況は良好であったと考えられた．一方低標高域では，高標高域と比較して，年次間における着果状況の

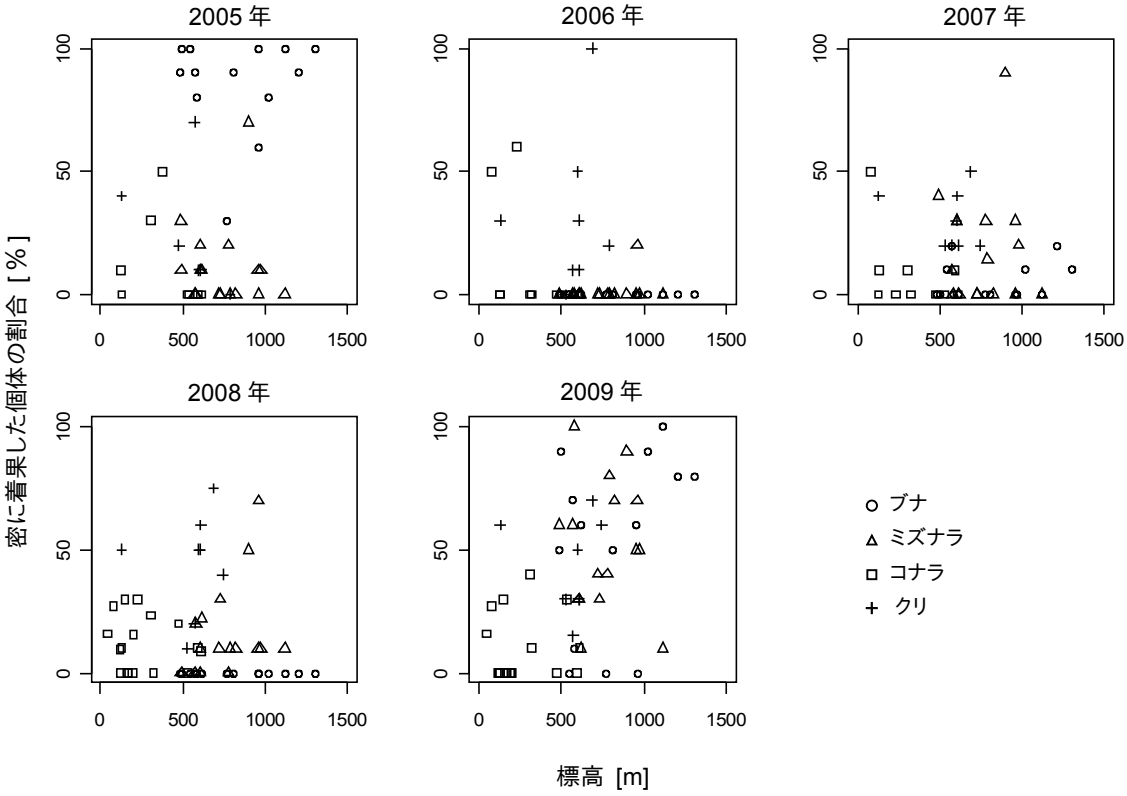

図 6 各地点において密に着果した個体が占める割合と標高の関係．2005 年から 2009 年までの結果を，年次別にプロットした．異なる記号は，異なる樹種を表す．

違いは顕著ではなかった．

考察

堅果類の豊凶の変動傾向と同調性

地点ごとのブナの着果状況の年次変動はこれまでと同様，県域レベルで同調的であった（図 5）．また石川県（野上ら 2009）や富山県（中島 2009，2010）でもブナの着果状況の年次変動は同じような傾向を示しており，ブナの豊凶は北陸地域のスケールでも同調していると考えられる．ブナの豊凶は広範囲にわたって同調することが知られているが（Homma et al. 1999；Suzuki et al. 2005），この要因として，特定の気象条件が関与していると考えられている（矢田・小谷 2006；Kon et al. 2007）．

ミズナラは，ほとんどの地点で着果状況が前年より良好になっており，逆に前年よりも悪化した地点は 1 地点のみであった（図 5）．このように地点ごとの着果状況について，年次間における変動傾向が一致することは，2007 年から 2008 年にかけての期間とは異なる傾向であった（水谷ら 2009）．しかしミズナラはブナほど明確ではないものの，とくに極端に着果状況が良い年や悪い年に注目すると，その年次間における変動傾向は県域レベルでおおよそ同調的であるといえる．また石川県（野上ら 2009）や富山県（中島 2009，2010）でも，ミズナラの着果状況の年次変動は同じような傾向を示しており，その豊凶は北陸地域のスケールでも同調しているといえる．ミズナラについてもブナと同様，広域的に作用する気象要因が，地点間における豊凶の年次変動の同調性に関与していることが予想される．

コナラとクリでは，地点ごとの着果状況が 2008 年と比較して良好になった地点と悪化した地点が，おおよそ半々であった（図 5）．これら 2 樹種では地点ごとの着果状況の年次変動に同調性がなく，また地点内における着果状況のばらつきも大きいために（付表 1，2），県全体の作柄には年次間で大きな変動が発生しなかったものと考えられる（図 3）．

ただし，樹木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，樹種ごとの結実特性の評価は，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だろう．

堅果類の豊凶とクマ出没傾向

福井県における 2009 年 9 月から 12 月のクマ出没件数（目撃，痕跡の確認，捕獲を含む）は 38 件，有害捕獲頭数は 3 頭であり，クマ大量出没が発生した 2004 年（出没 1,283 件，有害捕獲 231 頭），2006 年（出没 1,454 件，有害捕獲 238 頭）と比較して，いずれも少なかった（福井県安全環境部自然環境課 2010）．一方，クマ大量出没が発生しなかった平常年における秋期のツキノワグマの出没件数と有害捕獲頭数は，2005 年が 18 件 0 頭，2007 年が 50 件 0 頭，2008 年が 38 件 3 頭であった．従って福井県においては，2009 年はツキノワグマの出没頻度について平常年と見なすことができる．

2009 年にはブナ，ミズナラとも作柄が良好であったことから（図 3），秋期の山地におけるクマの餌資源量は平年よりも多かったことが推察される．このためクマは山地で十分な採餌が可能であったので，餌を求めて人里付近に出没する頻度は少なかったものと考えられる．

ブナが優占する東北地方では，ブナの凶作年にツキノワグマの出没が多くなることが報告されている（Oka et al. 2004）．しかしよりブナの優占度が低い兵庫県氷ノ山では，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傾向にある（谷口・尾崎 2003）．

福井県においては，高標高域に分布するブナとミズナラの作柄が，山地におけるクマの利用可能な餌資源量に大きな影響を及ぼすと考えられる（図 6）．したがって福井県ではブナ，ミズナラ両方の着果状況が，ツキノワグマの出没に影響を及ぼすことが予想される．しかしながら，クマ大量出没の発生が，ブナの着果状況に関わらずミズナラの着果状況のみで規定されている可能性も，依然として残されている．またクマ大量出没の発生条件は，他の利用可能な餌資源や個体群の状態などによっても変化する可能性がある．クマ大量出没が発生するブナ科樹木の着果状況の条件については，今後も豊凶状況のモニタリング調査を継続し，情報を蓄積した上で検討する必要がある．

豊凶モニタリング調査を長期間にわたって継続するためには，調査内容を容易かつ普遍的なものにすることが必要である．今回試行した簡易調査手法は，詳細調査よりも容易であり，行政担当者など研究者以外の調査者でも実施可能であると思われる．この簡易調査手法の確立は，ブナ科樹木の豊凶モニタリングを将来にわたって継続する上で，重要な課題である．

謝辞

市町連携調査には，各市町の鳥獣行政担当者，施設管理担当者の皆様にご協力いただきました．ここに記して感謝します．

引用文献

福井県安全環境部自然環境課．2010．平成 16 年度～平成 21 年度の出没・捕獲・人身被害件数の一覧表（平成 21 年 12 月 7 日現在）．URL http://www.pref.fukui.jp/doc/shizen/tixyouzixyuu/tukinowaguma_d/fil/055.xls （参照：2010/3/8）．

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.

正木隆・柴田銑江．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・平山亜希子・西垣正男・多田雅充．2008．2007 年の福井県におけるブナ科樹木 4 種の着果状況．Ciconia (福井県自然保護センター研究報告) 13:33-44.

水谷瑞希・平山亜希子・西垣正男・多田雅充．2009．2008 年の福井県におけるブナ科樹木 4 種の着果状況．Ciconia (福井県自然保護センター研究報告) 14:35-48.

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．（印刷中）．ナラ類の目視による豊凶評価手法の比較．中部森林研究 59.

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.

中島春樹．2009．富山県における堅果類結実調査・予測事例．平成 20 年度野生鳥獣被害広域防除対策推進調査事業報告書．pp.187-207, 225-228．林野庁，東京.

中島春樹．2010. ブナ，ミズナラ，コナラ堅果の豊凶調査：着果状況調査．　富山県農林水産総合技術センター森林研究所平成 21 年度業務報告: 13.

野上達也・中村こすも・小谷二郎・野崎英吉．2009．2009 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 36:35-49.

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.

R Development Core Team. 2009. 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．2002．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.

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.

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.

付表１　詳細調査による調査地点ごとの着果度指標別本数と豊凶判定．２次メッシュは日本測地系に準拠した２次メッシュコードである（約 10 km × 10 km；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） 0	1	2	3	4	計	地点の豊凶
ブナ	北谷町谷（勝山市）	543614	545	2009/08/19	5	5				10	不作
	竹田川上流（坂井市）	543613	772	2009/08/19	3	5	2			10	不作
	後野（大野市）	533675	570	2009/08/18		3		1	6	10	豊作
	川合（大野市）	533665	485	2009/08/18	1	2	2	3	2	10	豊作
	部子山（池田町）	533663	1307	2009/08/27		1	1	2	6	10	豊作
	黒川林道（敦賀市）	533620	497	2009/09/04		1		1	8	10	豊作
	モッカ平（大野市）	533664	957	2009/08/24		2	2	4	2	10	豊作
	山中林道（南越前町）	533641	581	2009/08/26	5	4		1		10	不作
	温見峠（大野市）	533654	1021	2009/08/22		1		1	8	10	豊作
	刈込池（大野市）	543605	1119	2009/08/11				10		10	豊作
	油坂峠（大野市）	533666	808	2009/08/18		3	2	4	1	10	豊作
	高倉峠（南越前町）	533652	966	2009/09/02	5	5				10	不作
	平家平（大野市）	533653	1208	2009/08/20		2			8	10	豊作
	五波峠（おおい町）	533505	617	2009/09/05		4		5	1	10	豊作
				合計	19	38	9	32	42	140	
ミズナラ	部子山（池田町）	533663	898	2009/08/27			1	3	6	10	豊作
	黒川林道（敦賀市）	533620	578	2009/09/04				6	4	10	豊作
	モッカ平（大野市）	533664	957	2009/08/24	1	2	2	5		10	豊作
	山中林道（南越前町）	533641	605	2009/08/26		5	2	3		10	並作
	南六呂師（大野市）	543604	789	2009/08/25		1	1	7	1	10	豊作
	平家平（大野市）	533653	975	2009/09/03		3	7	7	3	20	豊作
	五波峠（おおい町）	533505	617	2009/09/05	1	5	3		1	10	不作
	夜叉が池（南越前町）	533642	489	2009/08/31		2	2	3	3	10	豊作
	北谷町谷（勝山市）	543614	721	2009/08/28	1	2	3	4		10	並作
	温見（大野市）	533654	728	2009/08/22		2	5	3		10	並作
	刈込池（大野市）	543605	1119	2009/08/29		6	3	1		10	不作
	池ケ原（大野市）	533675	960	2009/08/29	1	1	1	5	2	10	豊作
	油坂峠（大野市）	533666	778	2009/09/01		1	5	3	1	10	並作
	久沢谷（大野市）	533655	604	2009/09/01	1	5	1	1	2	10	並作
	高倉峠（南越前町）	533652	822	2009/09/02		2	1	5	2	10	豊作
	伊勢（大野市）	533665	571	2009/09/01		3	1	5	1	10	豊作
				合計	5	40	38	61	26	170	
コナラ	山中林道（南越前町）	533641	592	2009/08/26	2	8				10	不作
	五波峠（おおい町）	533505	610	2009/09/05		5	4	1		10	不作
	荒土町別所（勝山市）	543613	129	2009/08/31	2	8				10	不作
	南六呂師（大野市）	543604	532	2009/09/08		3	4	2	1	10	並作
	黒川林道（敦賀市）	533620	125	2009/09/04	3	7				10	不作
	池河内（敦賀市）	533631	306	2009/09/04		1	5	2	2	10	並作
	東山公園（福井市）†	543602	78	2009/09/11		5	3	2	1	11	並作
	上吉山（福井市）	543603	322	2009/08/27		6	3	1		10	不作
	八ツ杉キャンプ場（越前市）†	533662	473	2009/09/09	3	17				20	不作
	松岡公園（永平寺町）†	543612	119	2009/09/11	2	23				25	不作
	鯖江青年の家（鯖江市）†	533671	42	2009/09/10	2	9	10	4		25	不作
	亀山公園（大野市）†	533673	192	2009/09/08	1	9	5			15	不作
				合計	15	101	34	12	4	166	
クリ	五波峠（おおい町）	533505	610	2009/09/05		3	4	2	1	10	並作
	荒土町別所（勝山市）	543613	129	2009/08/31	1	2	1	3	3	10	豊作
	南六呂師（大野市）	543604	571	2009/08/25	4	11	2	2	1	20	不作
	山中林道（南越前町）	533641	600	2009/08/26	1	2	2	2	3	10	豊作
	笹生川ダム（大野市）	533664	526	2009/08/22		7	7	5	1	20	並作
	宝慶寺（大野市）	533663	687	2009/08/20		2	4	8	6	20	豊作
	五波峠林道（おおい町）	533505	605	2009/09/05	2	1	4	3		10	並作
	モッカ平林道（大野市）	533664	743	2009/08/24		3	1	5	1	10	豊作
				合計	8	31	25	30	16	110	

†　市町連携による調査地．

付表 2　簡易調査による調査地点ごとの着果度指標別本数と豊凶判定．2 次メッシュは日本測地系に準拠した 2 次メッシュコードである（約 10 km × 10 km；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
					AA	A	B	C	D	E	計	
コナラ	長尾山総合公園（勝山市）	543604	198	2009/10/04			11	7			18	不作
	金ケ崎公園（敦賀市）	533630	160	2009/09/16					7	3	10	不作
	新庄（美浜町）	533527	165	2009/10/01					10		10	不作
	流星館キャンプ場（おおい町）	533504	149	2009/09/10		3	2		5		10	並作
アベマキ	長尾山総合公園（勝山市）	543604	198	2009/10/04		8	22	1			31	並作
クヌギ	長尾山総合公園（勝山市）	543604	198	2009/10/04			11				11	不作