

2010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。2010年の福井県における県域全体の作柄は、ブナは凶作、ミズナラ、コナラは不作、クリは並作であった。とくにブナとミズナラの着果状況は、クマ大量出沒が発生した2006年に似た状況であった。高標高域に分布するブナとミズナラの結実不良により、山地におけるクマの利用可能な餌資源が不足したことが、2010年秋のクマ大量出沒の誘因になったと考えられる。

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 TADA². 2011. Acorn crops of 4 Fagaceae species in Fukui prefecture in 2010. *Ciconia (Bulletin of Fukui Nature Conservation Center)* 16:33-44. We conducted a survey to estimate the yields of acorn crops of 4 Fagaceae species (*Fagus crenata*, *Quercus crispula*, *Q. serrata*, and *Castanea crenata*) to predict mass intrusions of the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* into residential areas. The findings of the survey conducted in Fukui prefecture in 2010 were as follows: (1) The acorn crop yields of *F. crenata*, *Q. crispula*, *Q. serrata*, and *C. crenata* were rated as poor, light, light, and medium, respectively. (2) The crop levels of *F. crenata* and *Q. crispula* were similar to those in the mass intrusion year 2006. (3) The shortage of food resources at higher elevation mountain areas caused by acorn crop failure of *F. crenata* and *Q. crispula* was thought to have affected the mass intrusion of bears in autumn 2010.

Key words: mastings, *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沒件数には大きな年次変動があり、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* (以下、クマ)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)、なかでも関係が深い要因は、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)。とりわけ秋期の餌不足は、クマ大量出沒の直接の引き金になると考えられる。

デンプンや脂質に富んだブナ科樹木の堅果類は、冬眠を控えた秋期のクマの重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)。堅果類が結実不良の年の秋期に、クマの行動圏が通常よりも広がったり(米田1990; 水谷ほか2007b; 山崎ほか2007)、人里に近い低標高地で活動したりする事例が報告されている(水谷ほか2007a)。これらはクマが山地における利用可能な餌資源量の不足を補うための順応的な行動の変化と考えられるが、これによりクマの人里付近への出沒頻度が増加することが推察される。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、クマの有害捕獲個体数や出沒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、ク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ことが指摘されている(Oka et al. 2004)。

福井県自然保護センター研究業績 第90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.

福井県におけるクマの大量出沒を予測するためには、県域レベルにおける堅果類の着果状況を広域的に把握する必要がある。ブナ科樹木を含む風媒植物では、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、樹種によって異なる。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）。従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、クマの生息環境を把握し、その大量出沒を予測するための基礎資料を得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, 2010 ; 水谷ら 2008, 2009）、堅果類の豊凶とクマ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

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。福井県において、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 km²）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 km²）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 km²）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。

調査は、福井県内でブナ科樹木が優占する森林面積が50%以上を占める2次メッシュを、おもな対象地域として実施した（図2）。各2次メッシュで主要な樹種ごとに、調査地点を1地点ずつ（一部は2地点）選定した。このほかに市町との連携による調査地点を、過去にクマが出沒した山麓部や公園地域などに設定した。市町との連携による調査は、クマ出沒に関する注意喚起を実施するための具体的な資料を得ることを目的としたもので、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調査地点を、市町担当者と協議して選定した。

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10地点、15地点、15地点および7地点であった（図2）。このほか、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、調査地点が限られているため、本報告では主要な4樹種についてのみ扱う。

調査方法

調査は2010年8月7日から9月10日までの期間に実施した。ただし長尾山公園（勝山市）のみ、10月6日に調査を実施した。

調査は、2005年から継続実施している調査（以下、詳細調査；水谷・多田 2006, 2007, 2010, 水谷ら 2008, 2009）と、2008年から導入した簡易調査（水谷ら 2009, 水谷・多田 2010）の2種類の方法でおこなった。

ブナ、ミズナラおよびコナラは、基本的に各調査地点で半数の個体は詳細調査によって、残りの半数の個体は簡易調査によって、その豊凶を調査した。ただし一部の調査地点では、いずれか一方の調査方法のみですべての個体の豊凶を調査した。クリはすべての個体を詳細調査で調査した。各調査方法の詳細は、下記の通りである。

■詳細調査 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おり、極度に被圧されていない個体を選択した。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

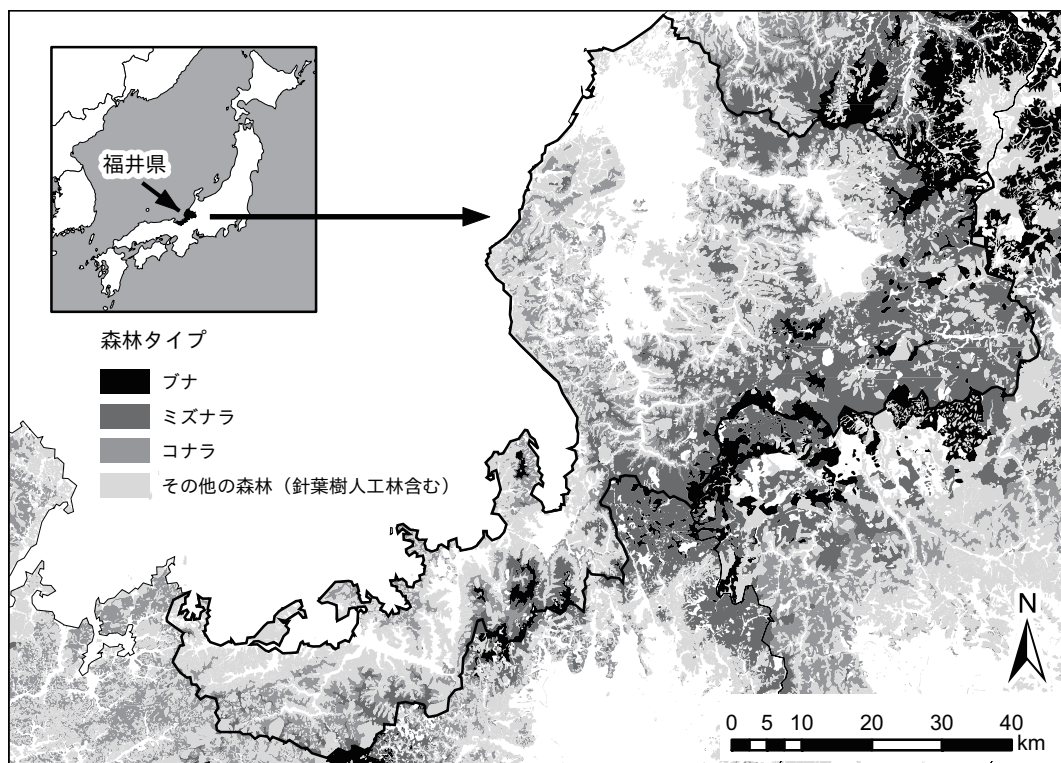


図 1 福井県における主要なブナ科樹木が優占する森林の分布。森林タイプは自然環境情報 GIS（環境庁自然保護局 1999）を元に作成した。

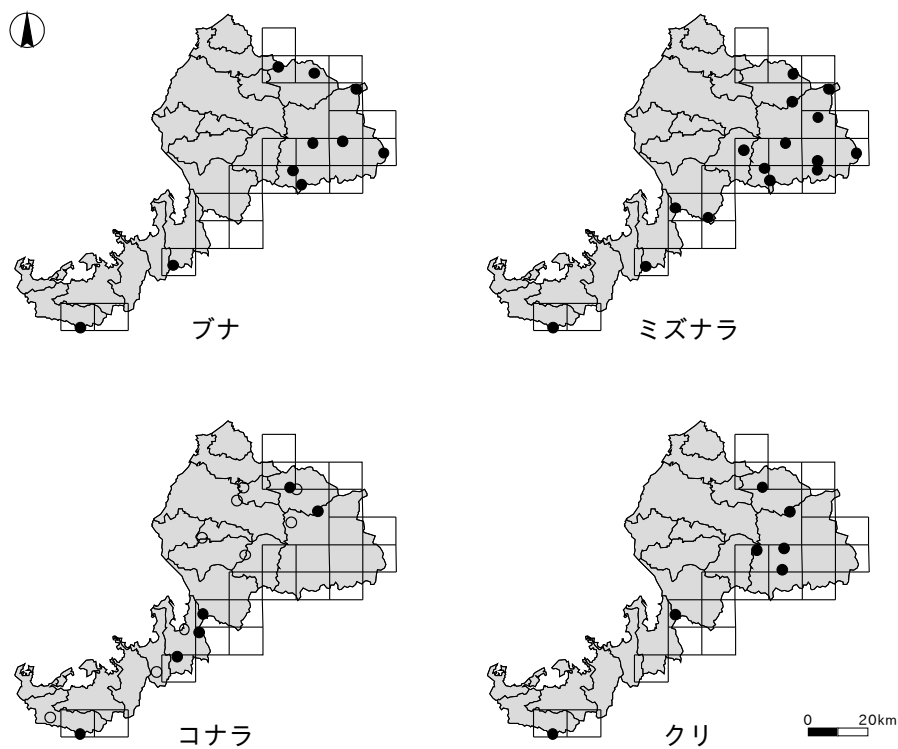


図 2 調査地点の位置。メッシュはブナ科樹木が優占する森林の面積が 50 % 以上を占める 2 次メッシュ。コナラの調査地点は、
●：通常の調査地点，○：市町との連携による調査地点を表す。

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、胸高直径と立地条件を記録した。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。

■簡易調査 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、樹冠が林冠上部に到達しており、極度に被圧されていない個体を選択した。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

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

表3 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	着果なし
E	着果なし	

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の判定基準に従って評価した。豊凶の差が相対的に小さく、評価に個人差が生じるおそれがあるナラ類では、AとBとの見きわめについて、以下の定量的な判定基準を示して慎重に判断した：ミズナラの場合は「5割以上の枝先に、平均3個以上着果している」こと、コナラの場合は「6割以上の枝先に、平均4個以上着果している」こと。DとEとの判断については、30秒ずつ3回観察しても着果が見あたらない場合をEとする、調査努力量にもとづく目安を設定した。また見落としによる過小評価を防ぐため、簡易調査は3人以上で同時におこない、その評価の最大値を評価値として採用した。

地点(地域)レベルの豊凶評価

地点、もしくは地域レベルの豊凶評価は、3段階の着果区分別個体数割合にもとづいて評価した。

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.

個体ごとの着果度指標を 3 段階の着果区分（表 1, 2, 3）に再分類し、着果区分ごとの個体数を求めた。ナラ類では 3 段階の着果区分で評価した場合、簡易調査で用いた評価基準（簡易評価）により、詳細調査で用いた着果指数にもとづく豊凶評価と対応する評価が得られることがわかっている（水谷・多田 2011）。またブナでは 2 つの調査で採用している豊凶評価基準そのものが対応しており、クリの豊凶評価は詳細調査によってのみおこなっている。従ってこれら 2 つの調査方法による豊凶評価は、3 段階の着果区分においては、対応する評価とみなすことができる。

調査地点ごと、および県全体の作柄は、McDonald (1992) の基準に準じた表 4 の豊凶評価基準にもとづいて判定した。

統計解析

県全体の着果区分別個体数割合は、Fisher's Exact Test（もしくは Pearson's Chi-squared Test）for Count Data および Holm-Bonferroni の方法による多重比較により樹種間、年次間で比較した。統計解析には、R ver. 2.14.0（R Development Core Team 2011）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。2010 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（ $P < 0.0001$ ）、多重比較でもすべての組み合わせにおいて有意差が検出された（ $P < 0.05$ ）。

ブナでは殻斗の着生がみられた個体は 1.5 % だけで、密に着果した個体はなかった（図 3）。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（ $P < 0.0001$ ）。ブナは隔年結果傾向であり、2010 年は 2006 年、2008 年と同程度（図 3； $P < 0.05$ ）の、結実

不良年であった。

ミズナラでは着果した個体は 68 % で、並作以上の個体は 1.5 % しかなかった（図 3）。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（ $P < 0.0001$ ）。ミズナラでは 2010 年は、2006 年に近い結実不良年であった。

コナラでは着果した個体は 78 % で、並作以上の個体は全体の 7 % であった（図 3）。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（ $P < 0.0001$ ）。コナラの 2010 年の作柄は、2008 年、2009 年と比較して不良であったが、ブナやミズナラにみられるような大きな年次変化はなかった。

クリでは着果した個体は 90 % で、並作以上の個体は全体の 38 % であった（図 3）。クリの着果区分別個体数割合には、年次間に有意差は検出されなかった（ $P = 0.08$ ）。

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

地点ごとの着果状況

ブナは 10 地点すべてが凶作であった（図 4；付表 1）。ブナの着果区分別個体数割合は、地点間で有意に異なっていた（ $P = 0.007$ ）が、いずれの地点の組み合わせにも有意差は検出されなかった（ $P > 0.05$ ）。

ミズナラは 15 地点すべてが不作であった（図 4；付表 1）。ミズナラの着果区分別個体数割合は、地点間で有意に異なっていた（ $P = 0.037$ ）が、いずれの地点の組み合わせにも有意差は検出されなかった（ $P > 0.05$ ）。

コナラは 1 地点が並作、13 地点が不作、1 地点が凶作であった（図 4；付表 1）。コナラの着果区分別個体数割合は、地点間で有意に異なっていた（ $P < 0.0001$ ）。

クリは、2 地点が豊作、4 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（ $P = 0.0004$ ）。

地点ごとの着果状況の年次変化を図 5 に示す。ブナは、2009 年に密に着果した個体があった 8 地点すべてで、2010 年に密に着果した個体の割合が減少した。ミズナラは 2010 年にすべての地点で、密に着果した個体の割合が減少した。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が 3 地点、

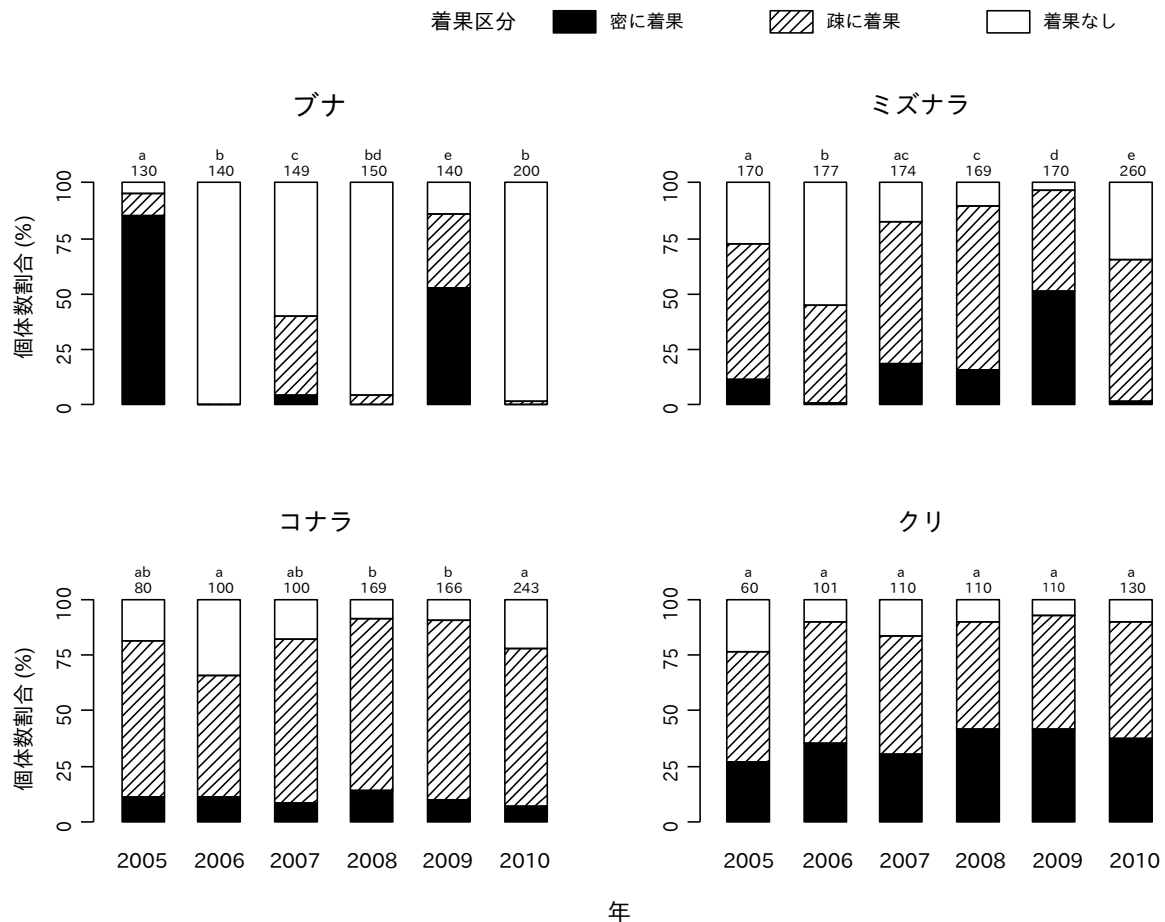


図3 2005年から2010年におけるブナ科樹木4種の着果区分別個体数割合。棒グラフ上の数字はサンプル数を、異なる英小文字は年次間で有意差があることを示す (Fisher's exact test for count data with Holm-Bonferroni corrections for multiple comparisons, $P < 0.05$)。

減った地点が4地点あった。また4地点では、2009年、2010年とも密に着果した個体がなかった。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2地点、1地点、4地点あった。

着果状況と標高の関係を図6に示す。2010年には、標高500m以上の山地では、クリで密に着果した個体の割合が多い地点がみられるものの、主要な構成樹種であるブナ、ミズナラはすべての地点で結実不良であった。一方これよりも低標高の地域では、コナラ、クリとも密に着果した個体が多い地点がみられ、山地と比較して着果状況の年次による違いは顕著ではなかった。

考察

堅果類の豊凶とクマ出没との関係

図7に、福井県における堅果類の豊凶と、秋期(9～12月)のクマ有害捕獲頭数との関係を示す。ブナ、ミズナラの着果状況には大きな年次変動がみられ、ブナは2006年、2008年、2010年に、ミズナラは2006年と2010年に、それぞれ極端な結実不良となっていた。一方、コナラとクリは毎年、県全体では密に着果した個体が一定の割合存在しており、ブナやミズナラのような極端な結実不良年はなかった。クマ大量出没は、2006年と2010年に発生し、ブナとミズナラが揃って結実不良となった年と一致していた。

クマ大量出没の要因となりうる樹種は、資源量が多く、広域に結実豊凶が同調するといった特徴を持つと

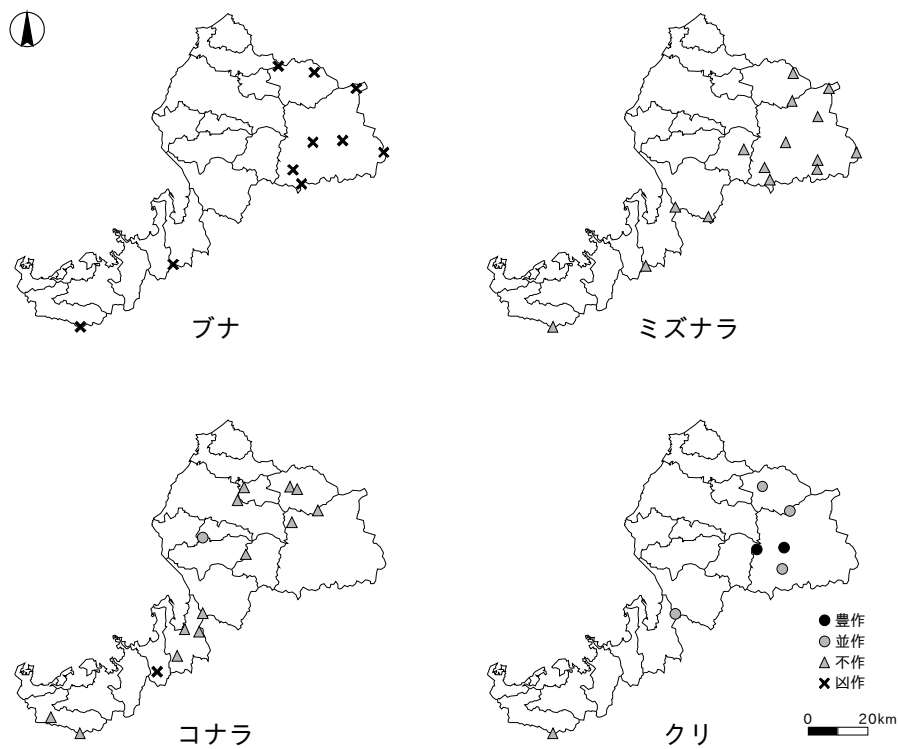


図 4 ブナ科樹木 4 種の地点ごとの作柄.

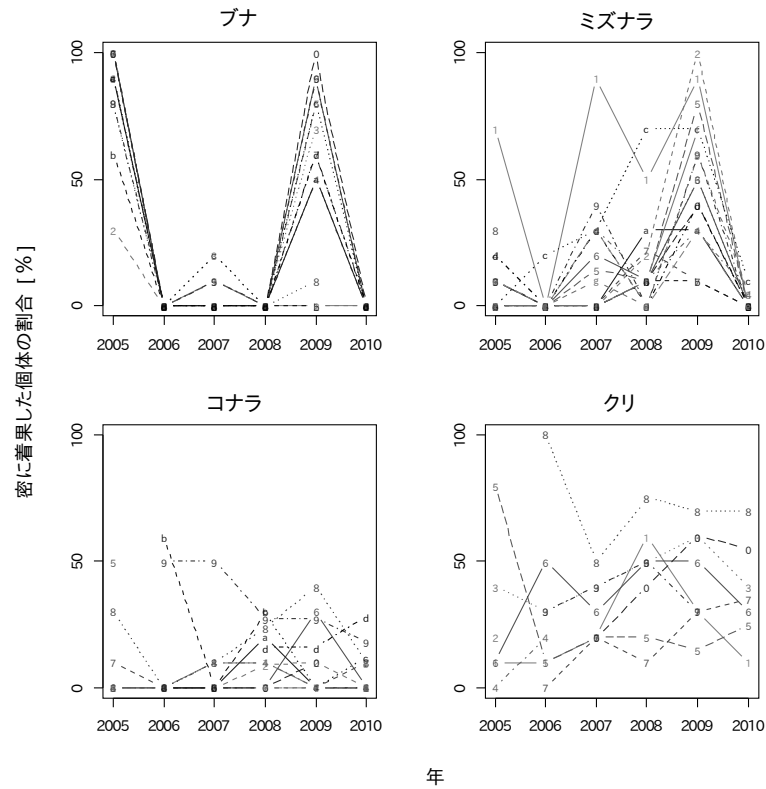


図 5 調査地点ごとに密に着果した個体が占める割合の年次変化. 異なる記号は, 異なる地点の結果を表す. 2 年間以上継続して調査した地点の結果は, 線でつないで示した.

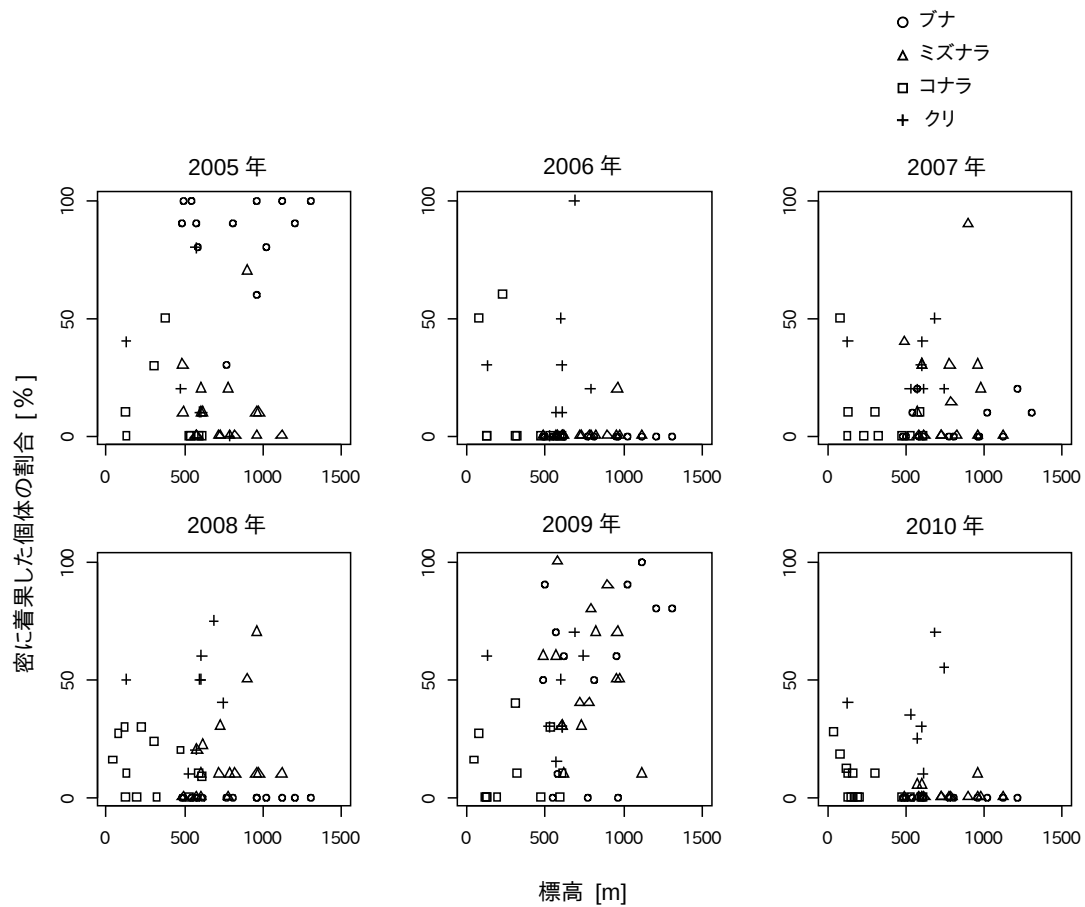


図 6 調査地点ごとに密に着果した個体が占める割合と標高との関係。

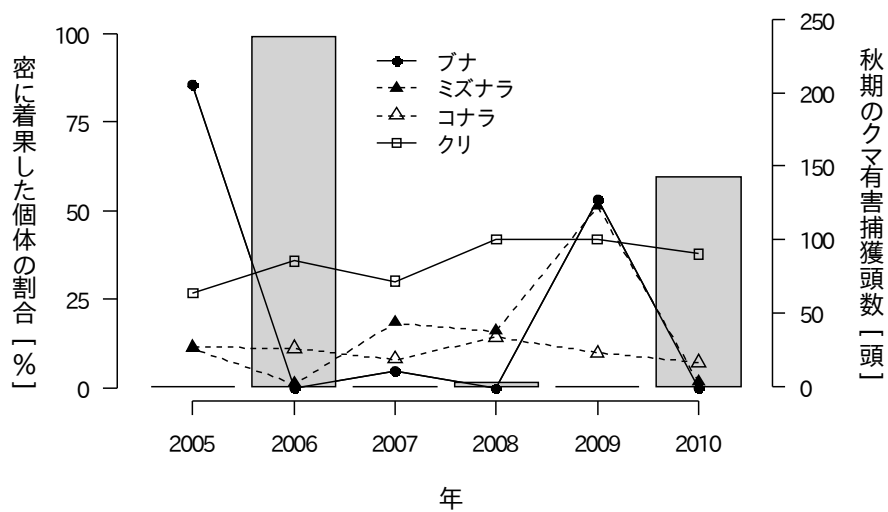


図 7 ブナ科樹木の豊凶 (折れ線グラフ) と秋期のクマ有害捕獲頭数 (棒グラフ)。ブナ科樹木の豊凶は、県全体の調査個体に密に着果した個体が占める割合で示した。秋期のクマ有害捕獲頭数は 9 月から 12 月までの値。

考えられる（正木，2011）。豊凶の同調性の点からは、ブナとミズナラはいずれもこの特徴に当てはまるといえる（図5）。おもに高標高域に分布するブナとミズナラがそろって極端な結実不良となることは山地に深刻な餌不足をもたらす（図6）、このことがクマ大量出沒の引き金となったと考えられる。従って福井県においては、ブナとミズナラがこの鍵植物に該当する可能性が高いと推察される。

ただし、現時点ではその影響を分けて評価することができないが、実際にはいずれか片方の樹種のみがクマの出沒に強く影響している可能性も残っている。また同じ地域であっても、クマ大量出沒の発生条件は、他の利用可能な餌資源や個体群の状態など、他の複数の要因によっても異なる可能性がある。従って堅果類の豊凶とクマ大量出沒との因果関係を明らかにするためには、今後も豊凶モニタリング調査を継続しつつ、他の情報と組み合わせて検討することが必要である。

クマ出沒予測とその課題

2010 年には高標高域に生育するブナ、ミズナラの作柄が不良であったことから、山地におけるクマの餌資源量が、クマ大量出沒が発生した 2006 年と同様に少ない状況になると考えられた。このため福井県は、2010 年 9 月 10 日に開催した「平成 22 年度ツキノワグマ出沒対策連絡会」において、クマ大量出沒が発生する可能性が高いとの予測を発表した。

実際、2010 年秋（9 月から 12 月）のクマ出沒件数は 721 件、有害捕獲頭数は 143 頭であり（福井県安全環境部自然環境課 2011）、2004 年（出沒 1,283 件、有害捕獲 231 頭）、2006 年（出沒 1,454 件、有害捕獲 238 頭）（福井県安全環境部自然保護課 2008）に次ぐクマ大量出沒に至った。従ってブナ、ミズナラの結実不良を根拠としたクマ大量出沒予測は的中したといえる。

しかし早期からクマ出沒への警戒を呼び掛けたにもかかわらず、2010 年秋には 5 件 6 人のクマによる人身事故が発生した（福井県安全環境部自然環境課 2011）。事故件数は 2004 年（11 件 12 人）、2006 年（9 件 9 人）（福井県安全環境部自然保護課 2008）より少ないものの、クマ出沒の規模に比して減少したとは言い難い。今後は堅果類の豊凶調査にもとづくクマ出沒予測を生かした、人身事故防止の在り方についても検討していくことが必要と考えられる。

謝辞

市町との連携による調査には、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保護課．2008．平成 15 年度～平成 19 年度の出沒・捕獲・人身被害件数の一覧表（平成 20 年 3 月 3 日現在）．URL <http://info.pref.fukui.jp/shizen/kuma/kumasuuzi.pdf>（参照：2008/3/3）．
- 福井県安全環境部自然環境課．2011．平成 19 年度～平成 23 年度の出沒・捕獲・人身被害件数の一覧表（平成 23 年 9 月 12 日現在）．URL http://www.pref.fukui.jp/doc/shizen/tixyouzixyuu/tukinowaguma_d/fil/055.xls（参照：2011/9/12）．
- 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．
- 広木昭三・松原輝男．1982．ブナ科植物の生態学的研究Ⅲ．種子一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.
- 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. 2011. 大量出没年の予測. 大井徹, 中下留美子, 小泉透 (編) ツキノワグマ出没予測マニュアル. 森林総合研究所, つくば. pp.7-18.
- 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・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. 2010. 2009 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) 15:43-55.
- 水谷瑞希・多田雅充. 2011. 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: 245-248.
- 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. 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.
- 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. 2011. 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

- 出沒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.
- 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沒．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 調査地点ごとの着果区分別本数と豊凶判定.

樹種	調査地 (市町)	2次 メッシュ コード [‡]	標高 (m)	調査日	詳細調査				簡易調査				詳細調査+簡易調査				豊凶 判定
					着果 なし	疎に 着果	密に 着果	合計	着果 なし	疎に 着果	密に 着果	合計	着果 なし	疎に 着果	密に 着果	合計	
ブナ	北谷町谷 (勝山市)	543614	545	8/18	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
	竹田川上流 (坂井市)	543613	772	8/18	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
	川合 (大野市)	533665	485	8/7	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
	黒川林道 (敦賀市)	533620	497	8/26	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
	モッカ平 (大野市)	533664	957	8/20	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
	温見峠 (大野市)	533654	1021	8/9	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
	刈込池 (大野市)	543605	1119	8/23	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
	油坂峠 (大野市)	533666	808	8/7	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
	平家平 (大野市)	533653	1208	8/9	9	1		10	8	2		10	17	3	0	20	凶作
	五波峠 (おおい町)	533505	617	8/27	10			10	10			10	20	0	0	20	凶作
合計					99	1		100	98	2		100	197	3	0	200	凶作
ミズナラ	部子山 (池田町)	533663	898	8/24	3	7		10	1	9		10	4	16	0	20	不作
	黒川林道 (敦賀市)	533620	578	8/26	3	7		10	4	6		10	7	13	0	20	不作
	モッカ平 (大野市)	533664	957	8/20	3	7		10	2	8		10	5	15	0	20	不作
	山中林道 (南越前町)	533641	605	8/31	6	4		10		9	1	10	6	13	1	20	不作
	南六呂師 (大野市)	543604	789	8/24	4	6		10	7	3		10	11	9	0	20	不作
	平家平 (大野市)	533653	975	8/30	10	10		20					10	10	0	20	不作
	五波峠 (おおい町)	533505	617	8/27	6	4		10	4	6		10	10	10	0	20	不作
	夜叉が池 (南越前町)	533642	489	8/22	2	8		10					2	8	0	10	不作
	北谷町谷 (勝山市)	543614	721	8/21	3	7		10					3	7	0	10	不作
	温見 (大野市)	533654	728	8/30	6	4		10					6	4	0	10	不作
	刈込池 (大野市)	543605	1119	8/23	2	8		10	3	7		10	5	15	0	20	不作
	池ヶ原 (大野市)	533675	960	8/23	1	8	1	10		9	1	10	1	17	2	20	不作
	油坂峠 (大野市)	533666	778	8/28	8	2		10	3	7		10	11	9	0	20	不作
	久沢谷 (大野市)	533655	604	8/28	4	6		10					4	6	0	10	不作
	伊勢 (大野市)	533665	571	8/28	3	7		10	1	8	1	10	4	15	1	20	不作
合計					64	95	1	160	25	72	3	100	89	167	4	260	不作
コナラ	山中林道 (南越前町)	533641	592	8/31	6	4		10	8	2		10	14	6	0	20	不作
	五波峠 (おおい町)	533505	610	8/27	1	9		10	3	7		10	4	16	0	20	不作
	荒土町別所 (勝山市)	543613	129	8/21		10		10					0	10	0	10	不作
	南六呂師 (大野市)	543604	532	9/4	7	3		10					7	3	0	10	不作
	黒川林道 (敦賀市)	533620	125	8/26		9	1	10		9	1	10	0	18	2	20	不作
	池河内 (敦賀市)	533631	306	8/26		8	2	10		10		10	0	18	2	20	不作
	東山公園 (福井市) [†]	543602	78	9/10		9	2	11					0	9	2	11	不作
	ハツ杉キャンプ場 (越前市) [†]	533662	473	9/9	6	14		20					6	14	0	20	不作
	松岡公園 (永平寺町) [†]	543612	119	9/10	2	20	3	25					2	20	3	25	不作
	鯖江青年の家 (鯖江市) [†]	533671	42	9/9	2	16	7	25					2	16	7	25	並作
	亀山公園 (大野市) [†]	533673	192	9/7	4	10		14					4	10	0	14	不作
	長尾山総合公園 (勝山市) [†]	543604	198	10/6						18		18	0	18	0	18	不作
	金ヶ崎公園 (敦賀市) [†]	533630	160	9/2					2	7	1	10	2	7	1	10	不作
	新庄 (美浜町) [†]	533527	165	9/3					10			10	10	0	0	10	凶作
	流星館キャンプ場 (おおい町) [†]	533504	149	9/2					3	7		10	3	7	0	10	不作
合計					28	112	15	155	26	60	2	88	54	172	17	243	不作
クリ	五波峠 (おおい町)	533505	610	8/27	2	16	2	20					2	16	2	20	不作
	荒土町別所 (勝山市)	543613	129	8/21	1	5	4	10					1	5	4	10	並作
	南六呂師 (大野市)	543604	571	8/19	7	8	5	20					7	8	5	20	並作
	山中林道 (南越前町)	533641	600	8/22	1	13	6	20					1	13	6	20	並作
	笹生川ダム (大野市)	533664	526	8/19	1	12	7	20					1	12	7	20	並作
	宝慶寺 (大野市)	533663	687	8/19		6	14	20					0	6	14	20	豊作
	モッカ平林道 (大野市)	533664	743	8/20	1	8	11	20					1	8	11	20	豊作
合計					13	68	49	130	—	—	—	—	13	68	49	130	並作

[†] 市町との連携による調査地点.[‡] 日本測地系に準拠した2次メッシュコード (約10 km × 10 km ; 行政管理庁 1973).