

## 2013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<sup>\*1,2</sup>

**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。福井県全体の2013年の作柄は、ブナは並作、ミズナラとコナラは不作、クリは豊作であった。高標高域に生育するブナとミズナラの作柄は、大量出没年と比較して良好であったことから、2013年秋期の山地におけるクマが利用可能な餌資源の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<sup>\*1,2</sup>. 2016. Acorn crops of 4 Fagaceae species in Fukui prefecture in 2013. Ciconia (Bulletin of Fukui Nature Conservation Center) 19: 19-29.**

We conducted a survey to estimate the acorn crop yields of four Fagaceae species (*Fagus crenata*, *Quercus crispula*, *Q. serrata*, and *Castanea crenata*) in order to predict the occurrence of mass intrusions of the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* into residential areas. The acorn crop yields of *F. crenata*, *Q. crispula*, *Q. serrata*, and *C. crenata* were rated as medium, poor, poor, and heavy, respectively. Compared with the crop yields in the mass intrusion year, the yields of *F. crenata* and *Q. crispula* were higher in 2013. The amount of food resources in mountain areas at high elevations was therefore greater in 2013, a year in which mass intrusion of bears in the autumn did not occur, than that in the mass intrusion year, implying that these food resources might be sufficient for bears.

**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没件数には大きな年次変動があり、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* (以下、クマ) 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)。

クマ大量出没には様々な要因の関与が予想されているが(自然環境研究センター2005)、なかでも特に関係が深い要因は、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、クマ大量出没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)。これまで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くなったり(米田1990; 水谷ら2007b; 山崎ら2007)、人里に近い低標高地で活動したりする事例(水谷ら2007a)が報告されている。これらは山地で獲得できる餌資源の不足を補うためのクマの順応的な行動の変化と考えられるが、これにともなってクマの人里付近への出没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* がともに凶作の年に、ク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; 水谷ら2013)。このブナ科樹木の豊凶とクマ出没との関係性から、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と考えられている(Oka et al. 2004)。

そこで福井県ではクマの大量出没を予測するための基礎資料を得ることを目的として、県内における主要なブナ科樹木4種(ブナ、ミズナラ、コナラおよびク

福井県自然保護センター研究業績 第96号

\* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: mmizuki.agr@gmail.com

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 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設 〒381-0401 長野県下高井郡山ノ内町平穂 7148

Institute of Nature Education in Shiga Heights, Department of Education, Shinshu University, Shigakogen, Yamanouchi-machi, Shimotakai-gun, Nagano 381-0401, Japan.

リ *Castanea crenata*) を対象に、県全体の広域的な豊凶モニタリング調査を 2005 年から継続的に実施している。

本報告では 2012 年の豊凶モニタリング調査の結果について報告するとともに、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, 2011b, 2012, 2013; 水谷ら 2008, 2009), 堅果類の豊凶とクマ大量出没との関係について検討する。

## 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 km<sup>2</sup>) 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<sup>2</sup>) 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<sup>2</sup>) 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、過去にクマが出没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、クマ出没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、

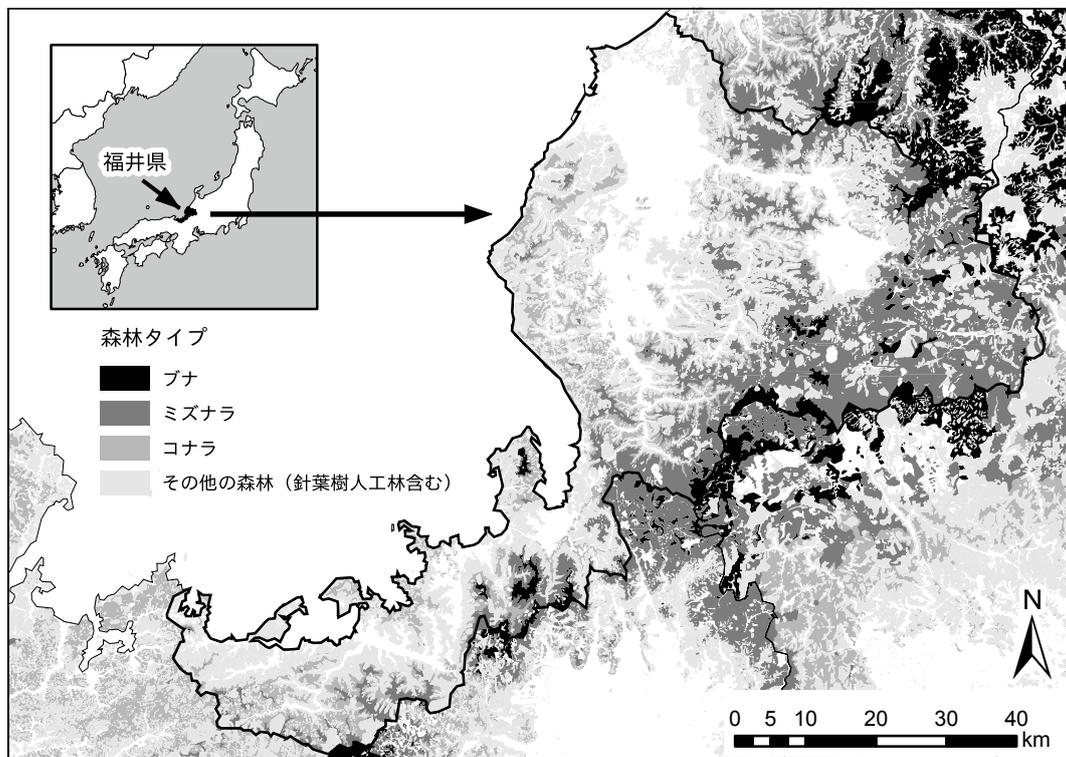


図 1 福井県における主要なブナ科樹木が優占する森林の分布。森林タイプは自然環境情報 GIS (環境庁自然保護局 1999) を元に作成した。

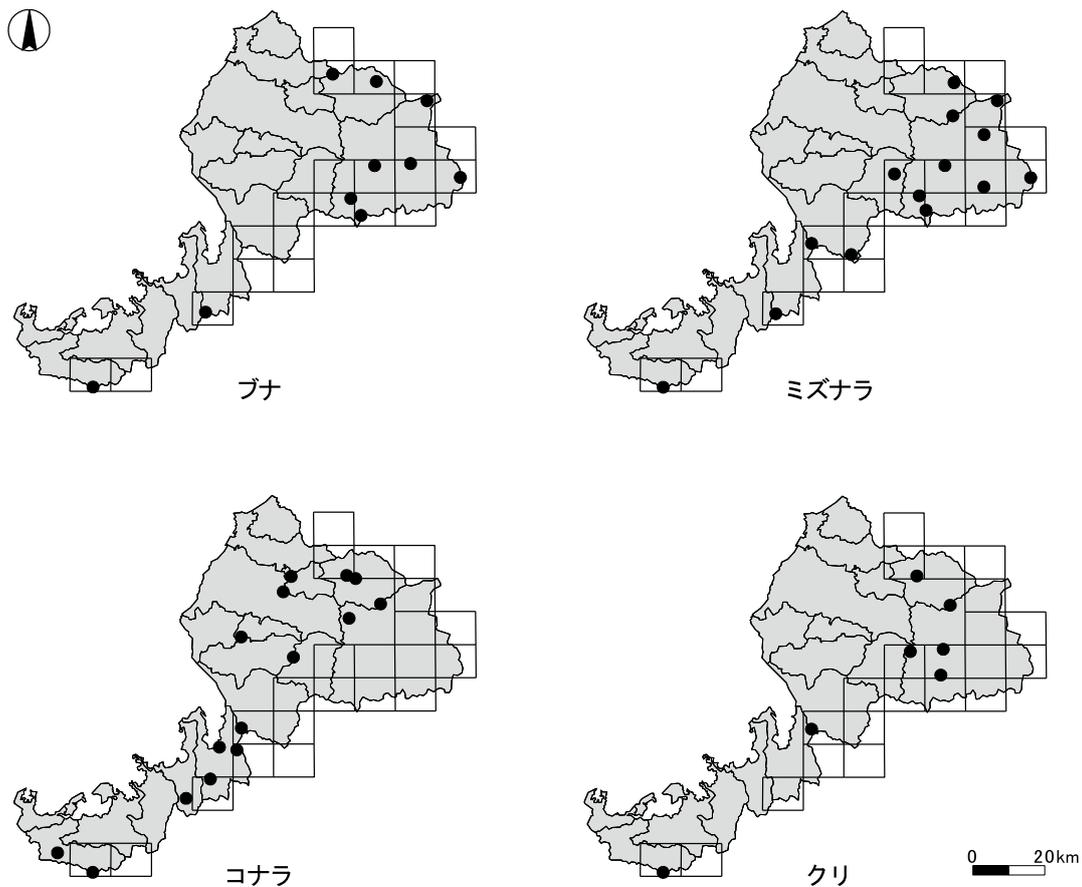


図2 調査地点の位置。メッシュはブナ科樹木が優占する森林の面積が50%以上を占める2次メッシュ。

それぞれ10地点、14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、調査地点と調査本数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2013年8月16日から9月30日までの期間に実施した。

調査は、2005年から継続実施している調査(以下、詳細調査)と、2008年から導入した簡易調査の2種類の方法を組み合わせて実施した。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20cm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

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

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、豊凶評価を行った。

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、豊凶評価を行った。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	

### 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、水谷(2013)にしたがって個体ごとの着果状況を表3の判定基準により評価した。

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ミズナラとコナラでは、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人以上で同時に行い、その評価の最大値を評価値として採用した。

表4 地点(県域)レベルの豊凶評価基準.

作柄 <sup>†</sup>	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, 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.

個体ごとの着果度指標および着果状況を3段階の着果区分(表1~3)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報告されている(水谷・多田2011a; 水谷2013). 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るのみを行っている. したがってこれら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) の基準に準じて, 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比較した.

統計解析には, R ver. 2.15.2 (R Development Core Team 2012) 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.

2013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 ( $\chi^2 = 139.8, df = 6, P < 0.0001$ ), 多重比較ではミズナラ-コナラ間を除く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70%以上の調査木に殻斗の着生が見られ, 密に着果した個体も25%あった(図3). ブナは広域的に同調して隔年結果する傾向があり, 2012年の不なり年に続く2013年は生り年にあたっていたといえる. ミズナラは90%以上の調査木で着果が見られた(図3). 並作以上の木が占める割合14%で, 2012年よりは少ないものの, 大量出没が発生した2006年, 2010年よりは多かった. コナラもミズナラと同様, 90%の調査木に着果していた. 並作以上の木が占める割合は17%で, ミズナラと同じように2012年と比較して少なかった(図3). クリはほとんどの調査木に殻斗の着生が見られた(図3). 並作以上の木が占める割合は50%で, 過去最も作柄が良好であった2011年と同程度の作柄であった. いずれの樹種においても, 着果区分別個体数割合には年次間で有意な差が検出された ( $P < 0.001$ ).

地点(県域)レベルの豊凶判定基準(表4)にあてはめると, 2013年における県全体の作柄は, ブナ, ミズナラ, コナラおよびクリが, それぞれ並作, 不作, 不作, 豊作と判定された.

#### 地点ごとの着果状況

地点ごとの着果状況を図4に示す. ブナは10地点のうち2地点が豊作, 2地点が並作, 5地点が不作, 1地点が凶作であった. ミズナラは14地点のうち3地点が並作, 11地点が不作で, 不作の地点が多かった. コナラは15地点のうち5地点が並作, 10地点が不作で, ミズナラと同様に不作の地点が多かった. クリは7地点のうち4地点が豊作, 2地点が並作, 1地点が不作で, 全体的に作柄が良好であった.

地点ごとの着果状況の年次変化を図5に示す. ブナは2012年にはすべての個体が着果していなかったため, 2013年には全地点で密に着果した個体の割合が増加した. ミズナラ, コナラでは, 2012年と比較して2013年に密に着果した個体の割合が減少した地点が多かったが, 逆に増加した地点もみられた. クリでは2012年と比較して, 密に着果した個体の割合が増加した地点が4地点, 減少した地点が3地点あった.

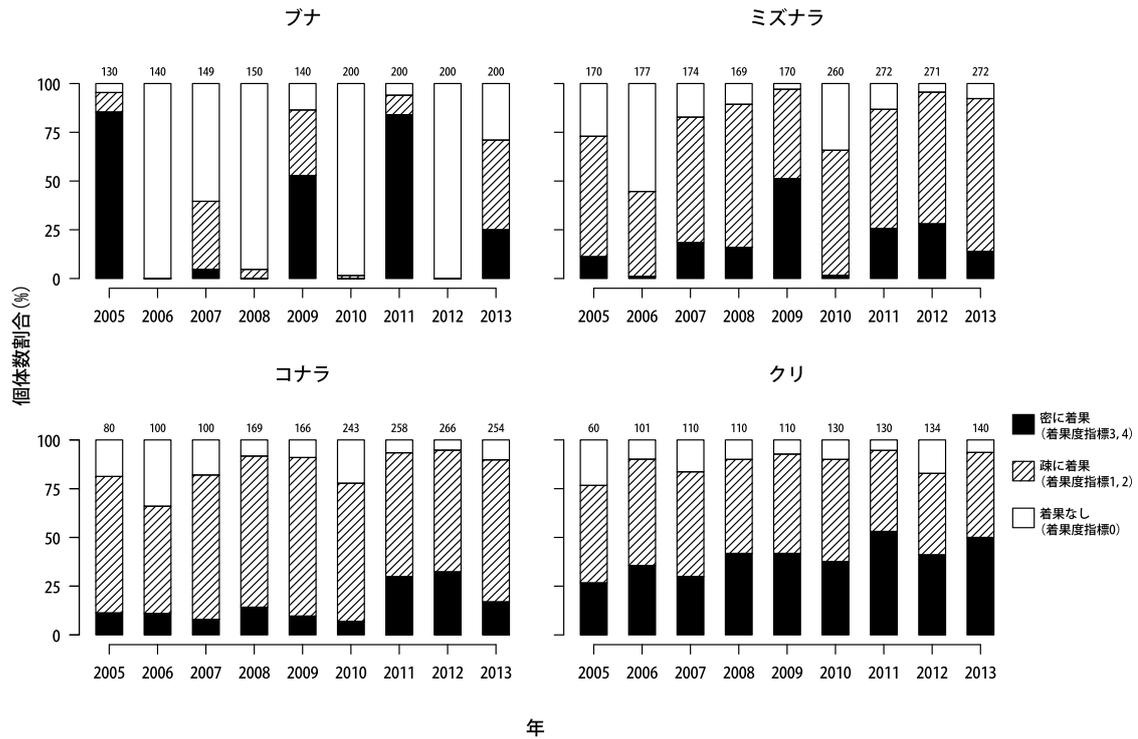


図3 2005年から2013年におけるブナ科樹木4種の着果区分別個体数割合。棒グラフ上の数字はサンプル数を示す。

ミズナラの調査地点のうち大野市平家平では、マイマイガの大発生による大規模な食害が発生した。これによりミズナラの堅果の成熟は通常より遅れたものの、ほぼすべての葉が食害された個体でも、堅果は生産された(水谷2014)。

着果状況と標高の関係を図6に示す。2013年は標高500m以上の山地では、いずれの樹種でも密に着果した個体の割合が比較的多い地点が存在し、その地点数や割合はクマ大量出沒年(2006年, 2010年)よりも多かった。

#### 堅果類の豊凶とクマ出沒との関係

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以上の割合、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。クマ大量出沒は、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。

#### 考察

2013年はブナの生り年にあたり、クリの作柄も良好である一方、ナラ類の作柄はやや不良であった。過去の作柄と比較すると、クマ大量出沒年(2006年, 2010年)にはブナ、ミズナラともに著しい結実不良であったが(水谷・多田2007, 2011b)、2013年はブナ、ミズナラのいずれにも結実がみられる点で、これらの年よりも作柄は良好であったと評価できる。しかし、とくにクマの出沒に対する影響が大きいと考えられるミズナラの作柄は、2011年, 2012年(水谷・多田2012, 2013)と比較して不良であった。このため、山地の餌資源量は大量出沒に至る可能性は低いものの、先の2年と比較して少ないと推察された。

これらの情報を総合的に判断し、2013年9月5日に開催された「平成25年度ツキノワグマ出沒対策連絡会」

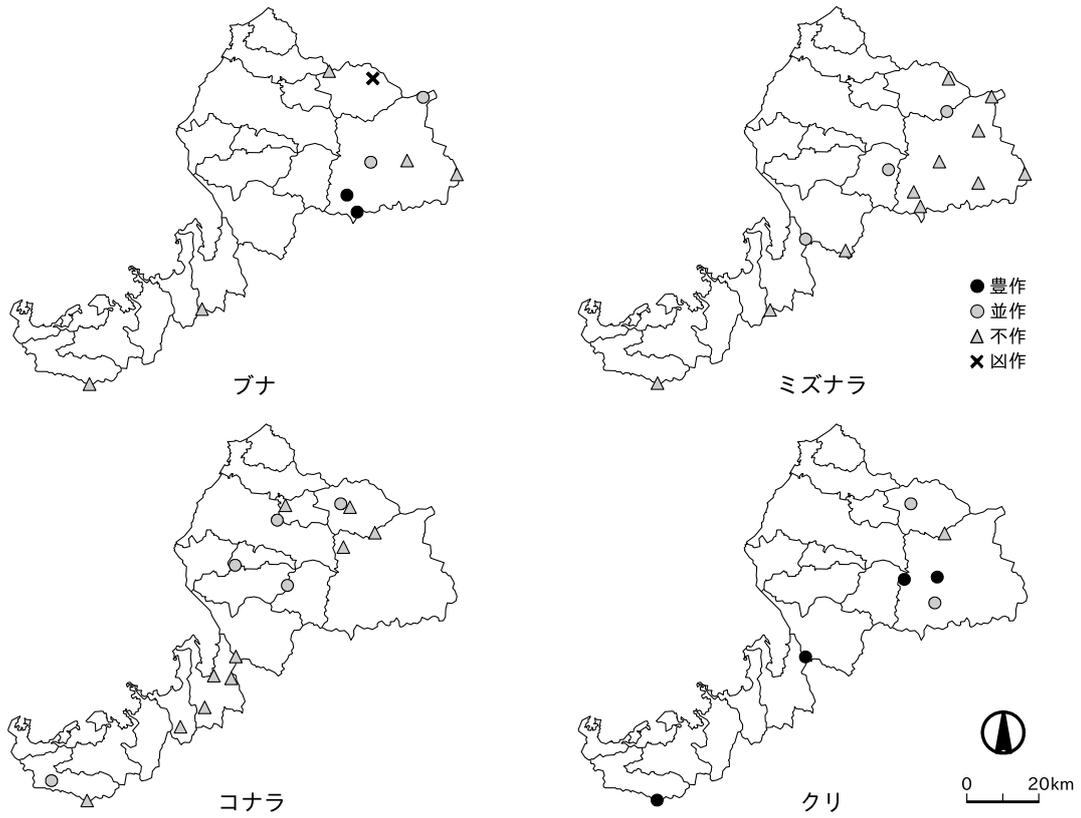


図4 ブナ科樹木4種の地点ごとの作柄.

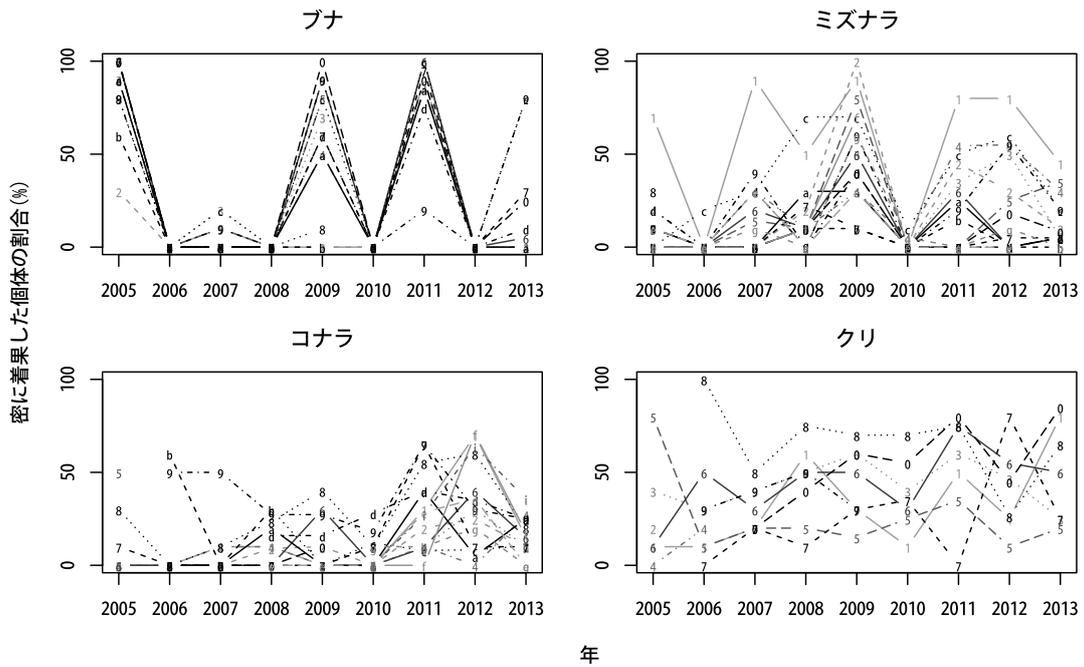


図5 各調査地点で密に着果した個体が占める割合の年次変化. 異なる記号は、異なる地点の結果を表す. 2年間以上継続して調査した地点の結果は、線をつないで示した.

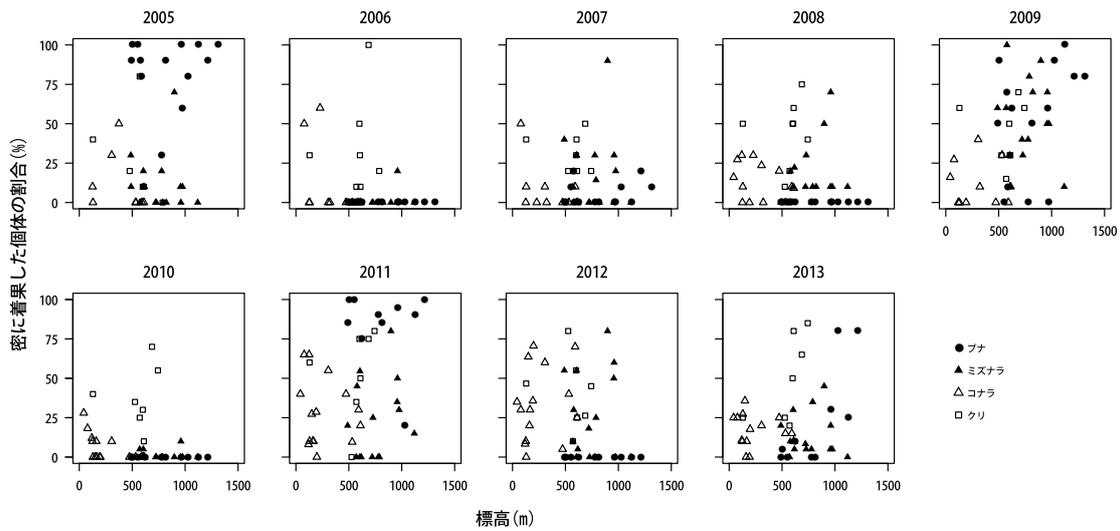


図6 各調査地点で密に着果した個体が占める割合と標高との関係。

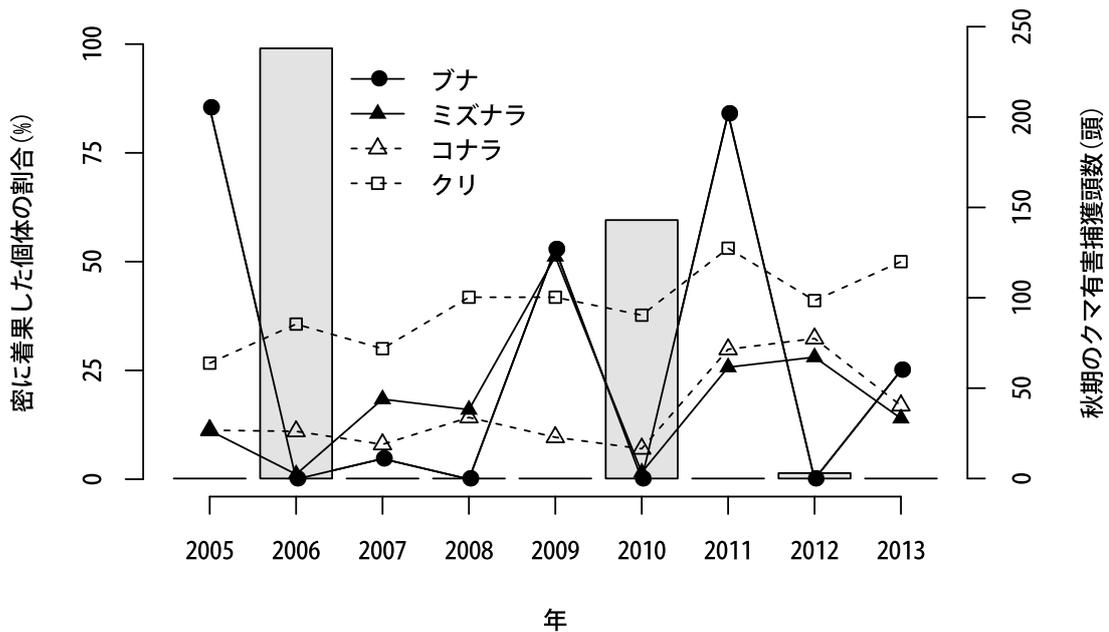


図7 ブナ科樹木の豊凶(折れ線グラフ)と秋期のクマ有害捕獲頭数(棒グラフ)の年次変化。ブナ科樹木の豊凶は、県全体の調査個体に密に着果した個体が占める割合で示した。秋期のクマ有害捕獲頭数は9月から12月までの値。

において、県はクマ大量出没の危険性は高くないと予想されるものの、クマが里山に下りてくる可能性があるため注意が必要との注意喚起を行った。

2013年秋(9月から12月)のクマ出没件数は32件で、有害捕獲は発生しなかった(福井県安全環境部自然環境課2014)。したがって、豊凶モニタリング調査によって把握された堅果類の作柄を根拠とした、2013年の福

井県におけるクマ大量出没の発生予測は的中したといえる。

2013年には福井県内で広食性の食葉性昆虫であるマイマイガの大発生が発生し、一部調査地のミズナラでは大部分の葉が食害されるほどの被害が確認された(水谷2014)。米国では、マイマイガの大発生による堅果生産量の低下が、アメリカクロクマ *Ursus*

*americanus* の行動に影響を及ぼした事例が報告されている (Kasbohm et al 1998). 従来, 広域的な豊凶をもたらし要因として気象要因が注目されてきたが, 他に重大な影響を及ぼしうる生物的要因として, マイマイガの大発生についても注目していく必要があるだろう.

## 謝辞

自然保護センター職員の大谷順一主任、加藤幸洋主査、羽生裕美主査および臨時職員（特定雇用）の皆様には現地調査をお手伝いいただきました。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参加いただきました。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. 2014. クマの出没状況について (H22 年度～H26 年度). [http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/shizen/tixyouzixyuu/tukinowaguma2\\_d/fil/200.pdf](http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/shizen/tixyouzixyuu/tukinowaguma2_d/fil/200.pdf) (参照: 2014/12/20).
- 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. 種子一実生期の比較生態学的研究. 日本生態学会誌 32:227-240.
- Kasbohm JW, Vaughan MR, Kraus JG. 1998. Black bear home range dynamics and movement patterns during a gypsy moth infestation. *Ursus* 10: 259-267.
- 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 II: 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.
- 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.
- 正木隆・柴田鏡江. 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.
- 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.
- 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. 種子重一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. 2013. 目視によるコナラの簡便な豊凶評価. 日本森林学会誌 95: 60-66.
- 水谷瑞希. 2014. 2013 年の福井県におけるマイマイガの大発生とミズナラ堅果生産への影響について. 中部森林研究 62: 63-66.
- 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・中島春樹・小谷二郎・野上達也・多田雅充. 2013. 北陸地域におけるブナ科樹木の豊凶とクマ大量出没との関係. 日本森林学会誌 95: 76-82.
- 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. 2011a. 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. 2011b. 2010 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) 16: 33-44.
- 水谷瑞希・多田雅充. 2012. 2011 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) 17: 25-35.
- 水谷瑞希・多田雅充. 2013. 2012 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) 18: 25-35.
- 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.
- 水谷瑞希・中島春樹・小谷二郎・野上達也・多田雅充. 2013. 北陸地域におけるブナ科樹木の豊凶とクマ大量出没との関係. *日本森林学会誌*. 95: 76-82.
- 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, 2012. 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.
- 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 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 <sup>‡</sup>	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	8/19	9	1	0	10	10	0	0	10	19	1	0	20	凶作
	竹田川上流(坂井市)	543613	772	8/19	6	4	0	10	9	1	0	10	15	5	0	20	不作
	川合(大野市)	533665	485	8/16	3	7	0	10	3	7	0	10	6	14	0	20	不作
	黒川林道(敦賀市)	533620	497	8/28	4	5	1	10	3	7	0	10	7	12	1	20	不作
	モッカ平(大野市)	533664	957	8/18	0	5	5	10	2	7	1	10	2	12	6	20	並作
	温見峠(大野市)	533654	1021	8/22	1	2	7	10	0	1	9	10	1	3	16	20	豊作
	刈込池(大野市)	543605	1119	8/17	0	8	2	10	0	7	3	10	0	15	5	20	並作
	油坂峠(大野市)	533666	808	8/16	1	9	0	10	2	8	0	10	3	17	0	20	不作
	平家平(大野市)	533653	1208	8/26	0	0	10	10	0	4	6	10	0	4	16	20	豊作
	五波峠(おおい町)	533505	617	8/21	3	5	2	10	2	8	0	10	5	13	2	20	不作
				合計	27	46	27	100	31	50	19	100	58	96	46	200	不作
ミズナラ	部子山(池田町)	533663	898	8/22	1	3	6	10	0	7	3	10	1	10	9	20	並作
	黒川林道(敦賀市)	533620	578	8/28	0	9	1	10	0	9	1	10	0	18	2	20	不作
	モッカ平(大野市)	533664	957	8/18	2	4	1	7	0	13	0	13	2	17	1	20	不作
	山中林道(南越前町)	533641	605	8/27					0	14	6	20	0	14	6	20	並作
	南六呂師(大野市)	543604	789	8/31	1	6	3	10	1	5	4	10	2	11	7	20	並作
	平家平(大野市)	533653	975	9/18	9	10	1	20					9	10	1	20	不作
	五波峠(おおい町)	533505	617	8/21	1	7	0	8	0	11	1	12	1	18	1	20	不作
	夜叉が池(南越前町)	533642	489	8/27	2	6	2	10	1	7	2	10	3	13	4	20	不作
	北谷町谷(勝山市)	543614	721	8/19	0	9	0	9	0	2	1	3	0	11	1	12	不作
	温見(大野市)	533654	728	8/22	1	9	0	10	0	9	1	10	1	18	1	20	不作
	刈込池(大野市)	543605	1119	8/17	1	9	0	10	0	10	0	10	1	19	0	20	不作
	池ヶ原(大野市)	533675	960	8/17	0	7	3	10	0	9	1	10	0	16	4	20	不作
	油坂峠(大野市)	533666	778	8/16	0	6	0	6	0	13	1	14	0	19	1	20	不作
	伊勢(大野市)	533665	571	8/16	1	9	0	10	0	10	0	10	1	19	0	20	不作
				合計	19	94	17	130	2	119	21	142	21	213	38	272	不作
コナラ	山中林道(南越前町)	533641	592	8/27					3	14	3	20	3	14	3	20	不作
	五波峠(おおい町)	533505	610	8/21	0	9	1	10	0	9	1	10	0	18	2	20	不作
	荒土町別所(勝山市)	543613	129	8/31					2	6	3	11	2	6	3	11	並作
	南六呂師(大野市)	543604	532	8/31	3	14	3	20					3	14	3	20	不作
	黒川林道(敦賀市)	533620	125	8/28	3	7	0	10	0	8	2	10	3	15	2	20	不作
	池河内(敦賀市)	533631	306	8/27	0	8	2	10	0	8	2	10	0	16	4	20	不作
	東山公園(福井市) <sup>†</sup>	543602	78	9/3	2	3	5	10	0	10	0	10	2	13	5	20	並作
	ハツ杉キャンプ場(越前市) <sup>†</sup>	533662	473	8/29	0	15	5	20					0	15	5	20	並作
	松岡公園(永平寺町) <sup>†</sup>	543612	119	9/3	4	6	0	10	0	7	2	9	4	13	2	19	不作
	鱈江青年の家(鱈江市) <sup>†</sup>	533671	42	8/29	0	15	5	20					0	15	5	20	並作
	亀山公園(大野市) <sup>†</sup>	533673	192	9/3	5	8	0	13					5	8	0	13	不作
	長尾山総合公園(勝山市) <sup>†</sup>	543604	198	9/30					0	14	3	17	0	14	3	17	不作
	金ヶ崎公園(敦賀市) <sup>†</sup>	533630	160	8/29					3	7	0	10	3	7	0	10	不作
	新庄(美浜町) <sup>†</sup>	533527	165	8/30					0	9	1	10	0	9	1	10	不作
	流星館キャンプ場(おおい町) <sup>†</sup>	533504	149	8/21					1	8	5	14	1	8	5	14	並作
				合計	17	85	21	123	9	100	22	131	26	185	43	254	不作
クリ	五波峠(おおい町)	533505	610	8/21	0	4	16	20					0	4	16	20	豊作
	荒土町別所(勝山市)	543613	129	8/31	4	11	5	20					4	11	5	20	並作
	南六呂師(大野市)	543604	571	8/31	3	13	4	20					3	13	4	20	不作
	山中林道(南越前町)	533641	600	8/27	0	10	10	20					0	10	10	20	豊作
	笹生川ダム(大野市)	533664	526	8/18	2	13	5	20					2	13	5	20	並作
	宝慶寺(大野市)	533663	687	8/26	0	7	13	20					0	7	13	20	豊作
	モッカ平林道(大野市)	533664	743	8/18	0	3	17	20					0	3	17	20	豊作
					合計	9	61	70	140	-	-	-	-	9	61	70	140

<sup>†</sup> 市町との連携による調査地点.

<sup>‡</sup> 日本測地系に準拠した2次メッシュコード(約10km×10km; 行政管理庁1973).