

2014 年の福井県におけるブナ科樹木 3 種の着果状況

坪内和夫^{1,2}・國永知裕^{*1}・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、2014 年夏、県内 39 地点において ブナ科樹種 3 種（ブナ、ミズナラ、コナラ）の着果状況を調査した。福井県全体の 2014 年の作柄は、ブナは凶作、ミズナラとコナラは不作であった。とくに高標高域に生育するブナとミズナラの作柄は、過去的大量出沒年（2006、2011 年）と同程度に不良であった。山地におけるクマが利用可能な餌資源の量が不足し、2014 年秋期のクマの人里への出沒は多くなったと考えられる。

キーワード：豊凶、ブナ、ミズナラ、コナラ、ツキノワグマ

Kazuo TSUBOUCHI^{*1,2}, Tomohiro KUNINAGA^{*1}, Masamitsu TADA^{1,3}, 2016. Acorn crops of 3 Fagaceae species in Fukui prefecture in 2014. Ciconia (Bulletin of Fukui Nature Conservation Center) 19: 31-41.

We conducted a survey to estimate the acorn crop yields of three Fagaceae species (*Fagus crenata*, *Quercus crispula*, and *Q. serrata*) at 39 stands in Fukui Prefecture in the Summer of 2014, 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*, and *Q. serrata* were rated as poor, light, and light, respectively. The crop yields of *F. crenata* and *Q. crispula* in 2014 were poor, similar to those in the mass intrusion years 2006 and 2010. This shortage of food resources caused by acorn crop failure of *F. crenata* and *Q. crispula* in mountainous areas of higher elevation is thought to have been a factor in the intrusion of bears in the autumn of 2014.

Key words: mastings, *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）では全国で 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、山地における秋季の利用可能な餌資源の不足と、里山林の管理放棄などに伴う里山域の環境変化であると考えられる（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、冬眠をひか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がったり（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沒頻度が増加すると推察される。

これまで、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、クマの有害捕獲頭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；水谷ら 2013）。このブナ科樹木の豊凶とクマ出沒の関係性から、堅果類の豊凶を事前に把握することにより、その大量出沒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沒を予測するた

福井県自然保護センター研究業績 第 97 号

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: t-kuninaga-2j@pref.fukui.lg.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：福井県自然観察指導員の会
Nature Interpreters Association of Fukui.

3 現所属：福井県安全環境部自然環境課
Fukui Prefecture Nature Environment Division.

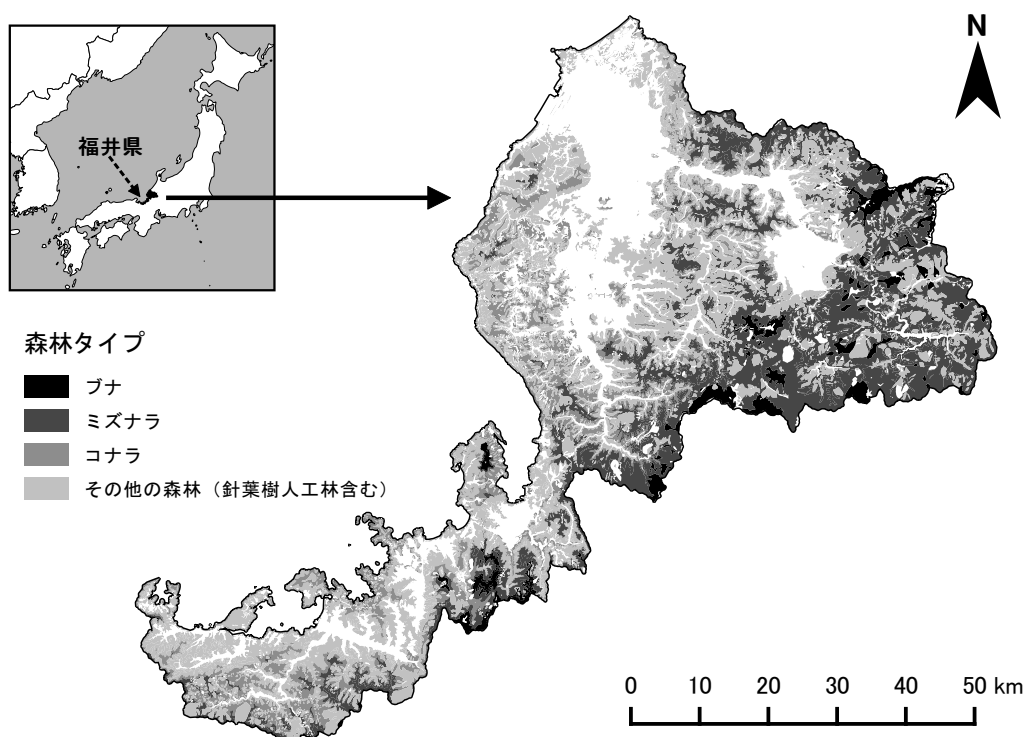


図1 福井県における主要なブナ科樹木が優占する森林の分布。森林タイプは自然環境情報 GIS（環境庁自然保護局 1999）を元に作成した。

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 *Q. serrata* およびクリ *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きた（水谷 2016, 水谷・多田 2006, 2007, 2010, 2011b, 2012, 2013；水谷ら 2008, 2009）。本報告では2014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、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。

調査地と方法

調査地の概要

図1は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したものである。ブナ、ミズナラ、コナラが優占する森林は森林面積全体の約50%を占め、標高によって優占する樹種が異なる。ブナ林の分布は、おおむね標高600m以上の奥山に限られており、全森林面積に占める面積割合は約5%（143 km²）と小さい。

ミズナラ林は、おおむね標高400m以上の山地に分布し、全森林面積に占める面積割合は約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。特に嶺北（県北部）の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。

調査は、ブナ、ミズナラおよびコナラを対象樹種とし、それぞれ10地点、14地点および15地点を選定した（図2）。なお、クリは、これまでの結果から堅果生産量の年次変動が少なくクマ大量出没との相関がみられないこと（水谷ら 2013）、分布が分散し優占林を形成せず、餌資源量が少ないためクマの主要な餌にならないことから、調査対象から除外した。調査地の選定の際には、ブナ科樹木が優占する森林面積が50%以上を占める2次メッシュにおいて、主要な樹種ごとに調査地点を1地点ずつ選定した。このほか、過去にクマが出没した山麓部や公園地域などには、市町との連携による調査地点を設定した。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

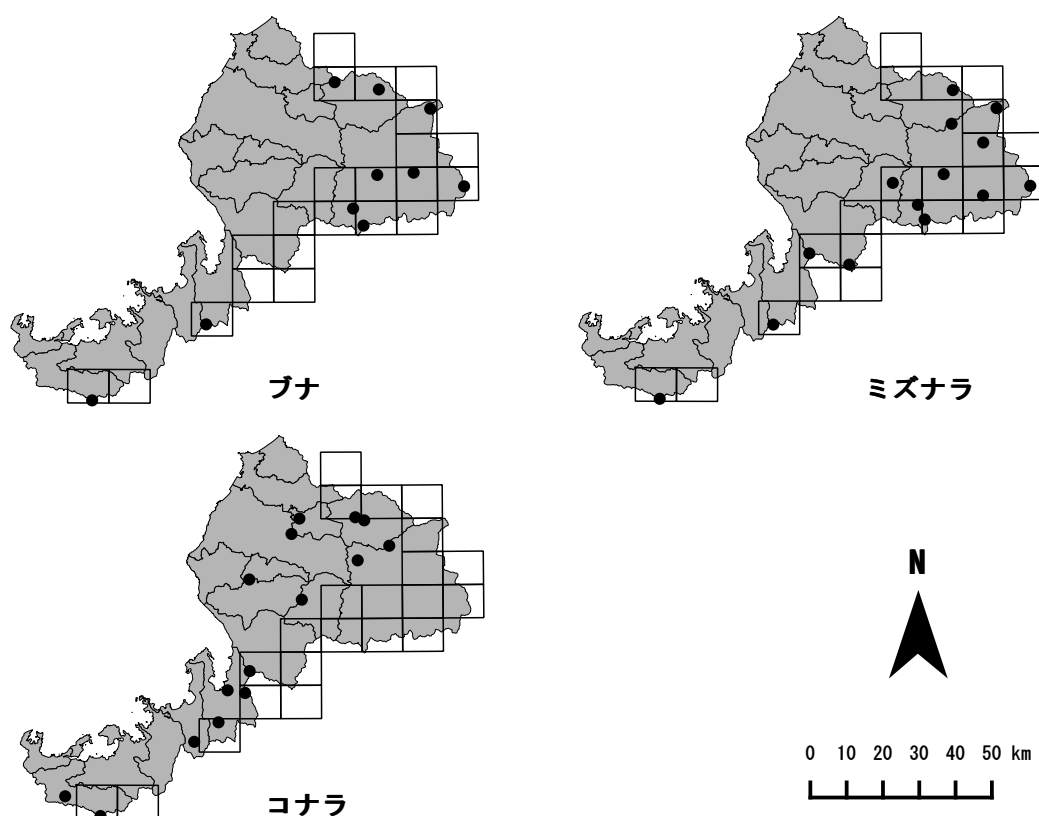


図2 調査地点の位置。メッシュはブナ科樹木が優占する森林の面積が50%以上を占める2次メッシュ。

的な資料を得ることを目的にしたもので、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本以上連続して選出できる調査地点を、市町担当者と協議して選定した。

調査方法

調査は2014年8月24日から9月3日までの期間に実施した。

調査地点ごとに調査木を20本選定した。調査木は、胸高直径が20 cm以上で、樹冠が林冠層に達し、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半数ずつになるように選択した。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、調査木ごとに、双眼鏡を用いて未成熟～成熟堅果を観察し、定性的な着果の状態から表1の基準でブナ着果度指標を判定した。

一方、ミズナラ、コナラはブナと比較して豊凶間の着果量の差が小さく、その違いは明瞭ではない。この

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

ため、これまで福井県では、水井(1991)の方法に準じ定量的な着果の状態から着果指数を求める方法(以下、詳細調査)でミズナラ、コナラの豊凶評価を行ってきた。さらに、2008年以降はこの方法に加え、定性的な着果の状態から着果状況进行评估する簡易調査を組み合わせて行ってきた。2つの調査方法による豊凶評価間の比較により、簡易調査の信頼性を検証した結果、簡易調査では詳細調査による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2011a; 水谷2013)。そこで2014年の調査では、すべての調査木に対し簡易調査の方法を用い豊凶評価(簡易評価)を行った。

表2 簡易調査におけるナラ類着果度指標の判定基準

着果度 指標	着果の状態	評価基準	着果区分
5	樹冠全体に非常に密に着果	ほぼすべての枝に、非常に密に着果。 着果している枝は、樹冠表面の半分以上。 着果数が多い枝が目立つ。	密に着果
4	樹冠全体に密に着果	・ミズナラ：5割以上の枝先に、平均3個以上着果。 ・コナラ：6割以上の枝先に、平均4個以上着果。	
3	樹冠全体に疎に着果	着果している枝は、樹冠表面の半分以上。 枝の着果数は大部分が少ない。	疎に着果
2	樹冠の一部に密に着果	着果している枝は、樹冠表面の半分以下。 着果数が多い枝が目立つ。	
1	樹冠の一部に疎に着果	着果している枝は、樹冠表面の半分以下。 枝の着果数は少ない。	
0	着果なし	着果なし。 30秒ずつ3回探しても実が見つからない。	着果なし

簡易調査では、調査木ごとに、双眼鏡を用いて樹上の未成熟～成熟堅果の数を観察し、定性的な着果の状態から、水谷（2013）にしたがって表2の基準により個体ごとにナラ類着果度指標を評価した。評価の個人差を避けるため、着果度4と3の判断の際は、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」、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」とする定量的基準を設け、慎重に判断した。また、着果度1と0との判断については、「30秒ずつ3回観察しても着果が見当たらない」とする、調査努力量に基づく目安を設定した。さらに、見落としによる過小評価を防ぐため、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。

地点レベルの豊凶評価

地点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。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3の豊凶評価基準にもとづいて判定

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。

した。

統計解析

県全体の年次間での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 で検定を行ったうえで Holm-Bonferroni の方法により多重比較を行った。以上の解析には、R ver.3.2.3（R Development Core Team 2015）を使用した。

結果

県全体の着果状況

図3は、ブナ科樹木3種の県全体の着果状況を示したものである。2014年の福井県における着果区分別個体数割合は樹種間で異なっていた。

ブナはすべての調査木で殻斗の着生が見られなかった（図3）。2005年から2014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（ $\chi^2 = 1585.6$, $df = 18$, $P < 0.0001$ ）。ブナは広域的に同調して隔年結果する傾向があり、2014年の着果区分別個体数割合は2006年、2008年、2010年、2012年と差がなく（図3； $P > 0.05$ ）これらの年と同様の結実不良年であったといえる。

ミズナラは39%の調査木で着果が見られたが、密に着果した個体の割合は全体の4%と低かった（図3）。

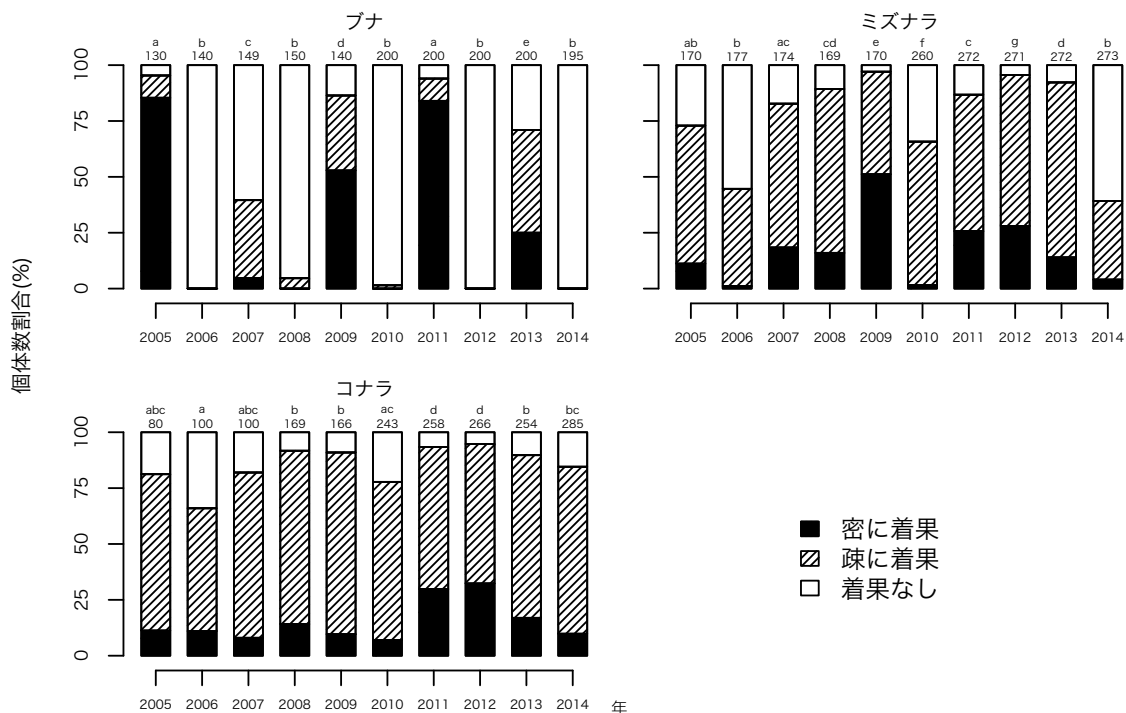


図3 2005年から2014年におけるブナ科樹木3種の着果区分別個体数割合。棒グラフ上の数字はサンプル数を、異なる英小文字は年次間で有意差があることを示す (Fisher's exact test for count data with Holm-Bonferroni corrections for multiple comparisons, $P < 0.05$)。

2005年から2014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おり ($\chi^2 = 694.2$, $df = 18$, $P < 0.0001$)、2014年は2006年と差が認められず (図3; $P < 0.05$)、2006年同様の過去最低の結実不良年であった。

コナラでは85%の調査木で着果が見られ、密に着果した個体の割合は全体の10%であった。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 ($\chi^2 = 195.6$, $df = 18$, $P < 0.0001$)。2014年のコナラの結実は2011年、2012年と比較して不良であったが (図3; $P < 0.05$)、過去最も結実不良であった2006年を除く他の年と同程度であった。

地点ごとの着果状況

図4は、地点ごとの着果状況を示したものである。ブナは10地点すべてが凶作であった。ミズナラは14地点のうち8地点が不作、6地点が凶作であった。凶作の6地点はすべて大野市内の調査地点であった。コナラは15地点のうち3地点が並作、10地点が不作、2

地点が凶作であった。

図5は、地点ごとの着果状況の年次変化を示したものである。ブナは、すべての地点で密に着果した個体の割合が0%となり、前年に比べ低下した。ミズナラの密に着果した個体の割合は、4地点で増加し、5地点で減少した。コナラは、密に着果した個体の割合は7地点で増加し、8地点で減少した。

図6は、年次ごとの各樹種の着果状況と標高の関係を示したものである。2014年は、ブナ、ミズナラともに密に着果した個体の割合が低く、高標高域の作柄は不良であった。特に、もっとも高標高域に生育するブナでは、密に着果した個体は認められなかった。一方、低標高域を中心に分布するコナラの作柄は良好であった。

堅果類の豊凶とクマ出没との関係

図7は、ブナ科3種の結実状況の年次変動とクマ有害捕獲頭数を示したものである。2014年はブナ、ミズナラともに密に着果した個体の割合が極めて低く結実

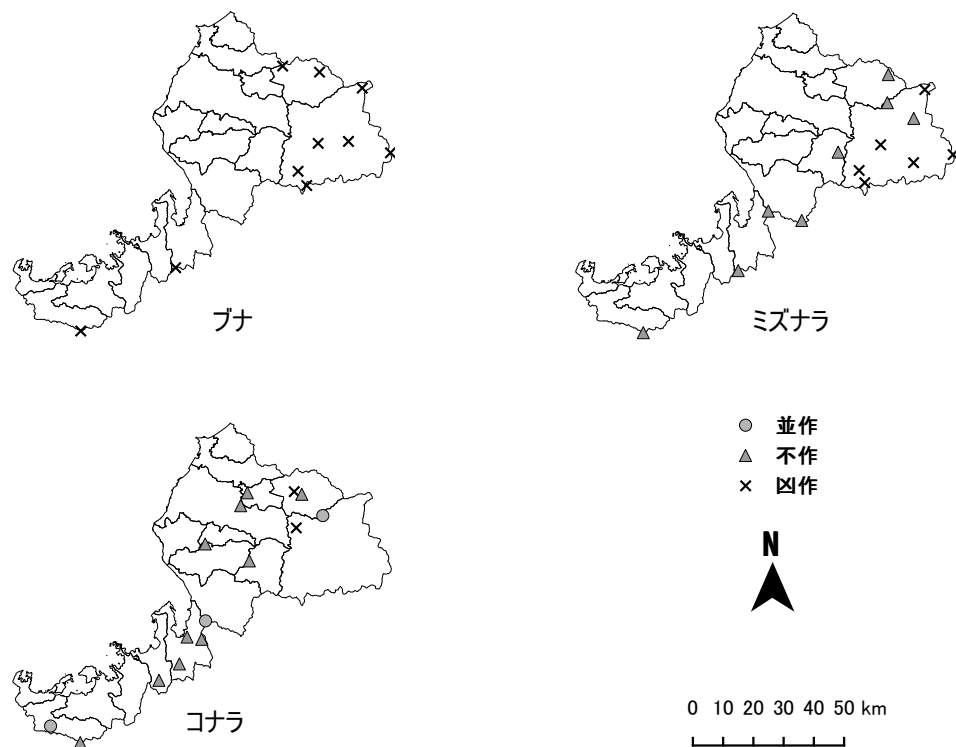


図4 ブナ科樹木3種の地点ごとの作柄

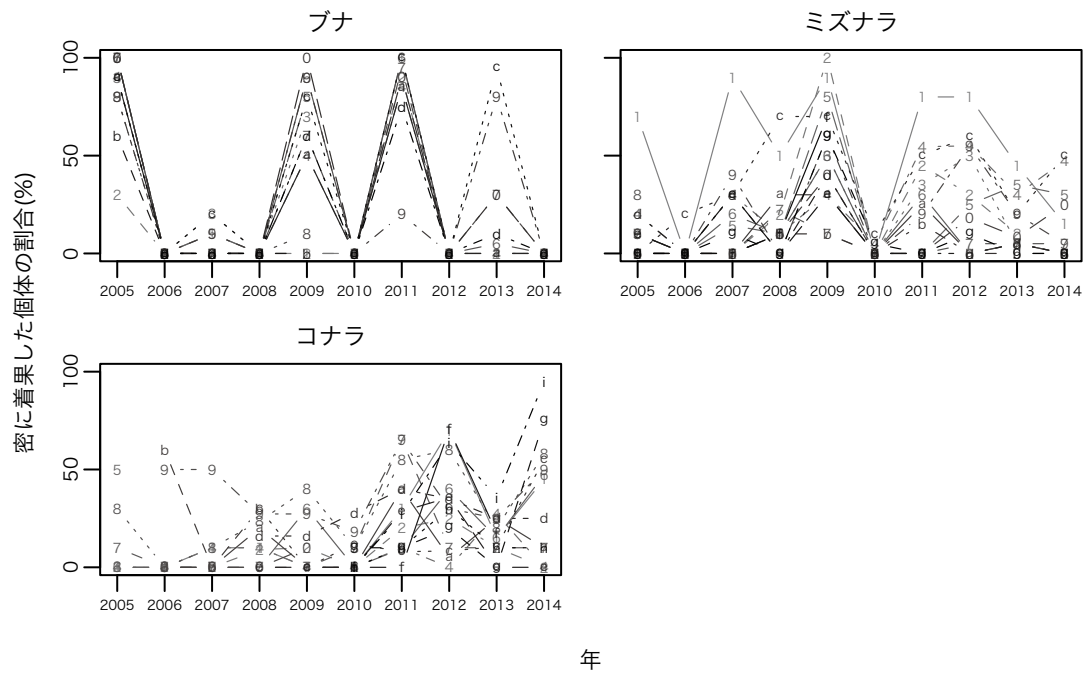


図5 各調査地点で密に着果した個体が占める割合の年次変化。異なる記号は、異なる地点の結果を表す。2年間以上継続して調査した地点の結果は、線でつないで示した。

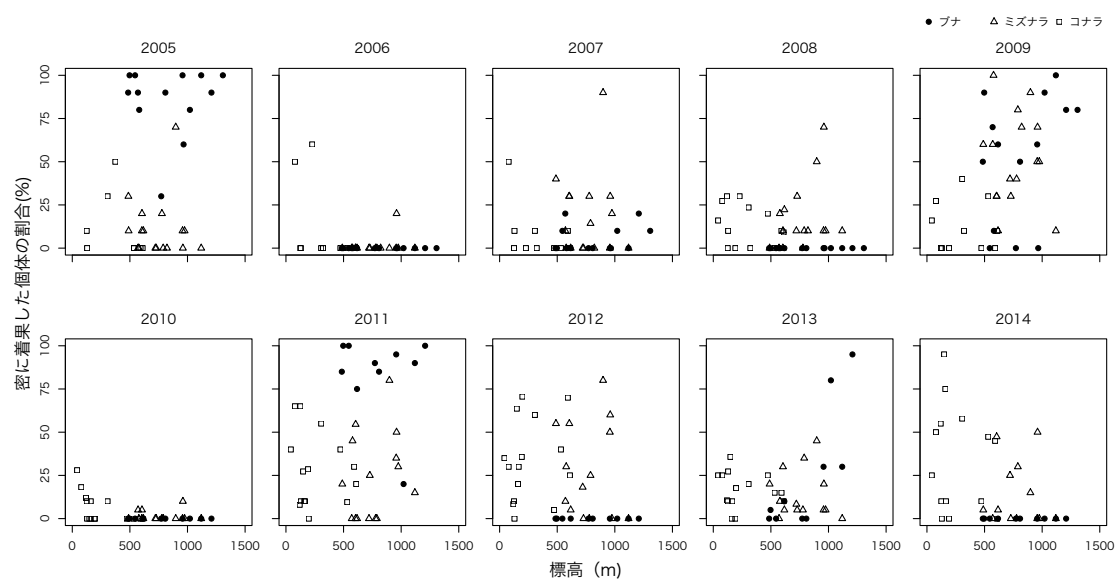


図6 各調査地点で密に着果した個体が占める割合と標高との関係。

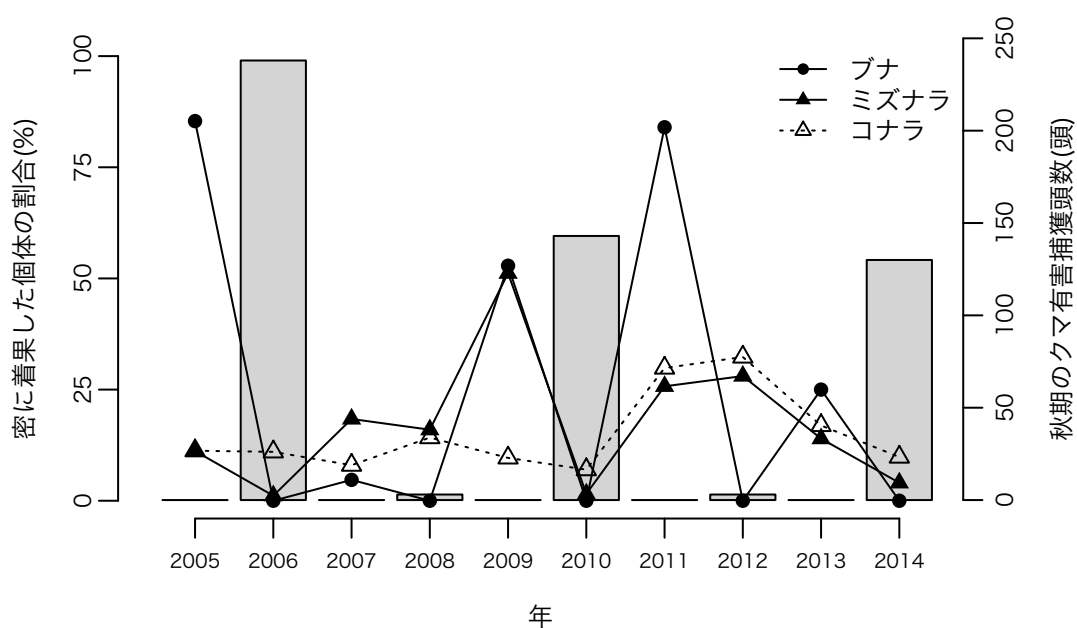


図7 ブナ科樹木の豊凶（折れ線グラフ）と秋期のクマ有害捕獲頭数（棒グラフ）の年次変化。ブナ科樹木の豊凶は、県全体の調査個体に密に着果した個体が占める割合で示した。秋期のクマ有害捕獲頭数は9月から12月までの値。

不良年となった。秋期（9月～12月）のクマの有害捕獲頭数は130頭となり、特に奥越地域（大野市、勝山市）ではその79%が記録された（福井県安全環境部自然環境課2014）。

過去、ブナでは2006年、2008年、2010年、2012年に、ミズナラでは2006年、2010年に極端な結実不良が確認されており、これら2種がそろって結実不良となった2006年、2010年にクマの大量出沒が発生した。一方、毎年コナラは密に着果した個体が一定割合認め

られ、極端な結実量の変動はなく、クマ大量出沒との関係性は認められなかった。

考察

2014年の県全域における堅果類の作柄は、ブナは凶作、ミズナラとコナラは不作であった。高標高域に生育するブナ、ミズナラの作柄が不良であり山地におけるクマの餌資源は不足していると考えられた。北陸地

域に共通してクマ大量出沒が発生した 2006 年、2010 年はブナ、ミズナラの作柄不良年と一致しており、これら 2 種がクマ大量出沒の鍵植物である可能性が示唆されている（水谷 2013）。

このため福井県は、2014 年 9 月 11 日に開催された「平成 26 年度ツキノワグマ出沒対策連絡会」において、クマ大量出沒の危険性は高く、クマが里山に下りてくる可能性が高いとの予測を発表した。2014 年秋季のクマ有害捕獲頭数は 130 頭となり、大量出沒が発生した。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 2014 年の福井県におけるクマ大量出沒の発生予測は的中したといえる。

2014 年のクマ大量出沒には強い地域性が認められ、有害捕獲頭数のうち奥越地域が占める割合は 79% であり、2006 年の 58%、2010 年の 63% を大きく上回っていた。したがって 2014 年は、過去 2 度の大量出沒年とは異なり、奥越地域に集中的であったと言える。

ブナはいずれの大量出沒年も調査地点で密に着果した個体は認められず、凶作となっていた（図 5）。これに対しミズナラは、2014 年においては 2006 年、2010 年に比べ密に着果した個体の割合の地点間でのばらつきが大きかった（図 5）。また、凶作の 6 地点はすべて大野市内に集中していたが（図 4）、過去 2 度の大量出沒年では、他地域に比べ大野市においてミズナラの作柄が不良となる傾向は認められなかった。

ミズナラの結実状況の年次変動は地点間で同調する傾向があるものの（寺澤 2002）、ブナに比べばらつきが大きいことも示されている（水谷ら 2013）。Maeto and Ozaki (2003) は、ミズナラは個体群レベルで隔年結実期と非隔年結実期を持つことを報告している。

2014 年はなんらかの気象条件に規定される広域的な作柄不良に加え、大野市の山域で極端な作柄不良が発生し奥越地域での集中的なクマ大量出沒をもたらしたと考えられる。大野市はミズナラ林の面積が県内で最も大きく（図 1）、クマが利用できる潜在的な餌資源量も多いと推測される。したがって、ここでのミズナラの作柄不良は、他地域に比べクマの人里への出沒により大きな影響を与えた可能性がある。

また、近年北陸地方では、マイマイガ（*Lymantria dispar*）の大発生が確認され、葉食性の幼虫によるナラ類繁殖個体への食害が堅果生産に及ぼす悪影響が注目されている（水谷 2014, Nakajima 2015）。福井県では、2013 年、2014 年にマイマイガの大発生とそれに

伴う樹木の失葉が確認されたが、2013 年にはマイマイガの食害はミズナラの堅果生産に影響を与えなかったことが報告されている（水谷 2014）。しかし一方で、Nakajima (2015) は、2014 年、富山県ではミズナラおよびコナラの個体レベル、地域（個体群）レベルの堅果生産と食害による失葉率の間に負の相関があったことを明らかにしている。さらに米国ではマイマイガの大発生がナラ類の堅果生産量を減少させ、アメリカクロクマ（*Ursus americanus*）の秋期の行動に影響を与えたことが報告されている（Kasbohm et al 1998）。

福井県における 2014 年のマイマイガの大発生とクマの大量出沒との関係は不明であるが、今後は、こうした生物的要因についても注視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丸山勝治主任、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、インターンシップ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。また、福井県地域農業課水谷瑞希主任には調査方法及び結果のとりまとめのご指導をいただきました。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. クマの出沒状況について（H22 年度～ H26 年度）. http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/shizen/tixyouzixyuu/tukinowaguma2_d/fil/200.pdf（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.
- 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.
- Maeto, K., Ozaki, K. 2003. Prolonged diapause of specialist seed-feeders makes predator satiation unstable in masting of *Quercus crispula*. *Oecologia* 137: 392-398.
- 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.
- 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—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. 2016. 2013 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) 19: 19-29.
- 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沒との関係. *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沒との関係. *日本森林学会誌*. 95: 76-82.
- Nakajima, H. 2015. Defoliation by gypsy moths negatively affects the production of acorns by two Japanese oak species. *Trees* 29 (5): 1559-1566.
- 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, 2015. 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>.
- 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.
- 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†	標高 (m)	調査日	着果なし	疎に着果	密に着果	合計	豊凶判定
ブナ	北谷町谷 (勝山市)	543614	545	8/29	20	0	0	20	凶作
	竹田川上流 (坂井市)	543613	772	8/22	15	0	0	15	凶作
	川合 (大野市)	533665	485	8/21	20	0	0	20	凶作
	黒川林道 (敦賀市)	533620	497	8/29	20	0	0	20	凶作
	モッカ平 (大野市)	533664	957	8/18	20	0	0	20	凶作
	温見峠 (大野市)	533654	1021	8/20	20	0	0	20	凶作
	刈込池 (大野市)	543605	1119	8/22	20	0	0	20	凶作
	油坂峠 (大野市)	533666	808	8/21	20	0	0	20	凶作
	平家平 (大野市)	533653	1208	8/14	20	0	0	20	凶作
	五波峠 (おおい町)	533505	617	8/28	20	0	0	20	凶作
合計					195	0	0	195	凶作
ミズナラ	部子山 (池田町)	533663	898	8/29	5	12	3	20	不作
	黒川林道 (敦賀市)	533620	578	8/29	8	12	0	20	不作
	モッカ平 (大野市)	533664	957	8/18	18	0	0	18	凶作
	山中林道 (南越前町)	533641	605	8/24	5	5	9	19	不作
	南六呂師 (大野市)	543604	789	8/23	2	12	6	20	不作
	平家平 (大野市)	533653	975	8/14	20	0	0	20	凶作
	五波峠 (おおい町)	533505	617	8/28	7	12	1	20	不作
	夜叉が池 (南越前町)	533642	489	8/24	12	7	1	20	不作
	北谷町谷 (勝山市)	543614	721	8/22	9	6	5	20	不作
	温見 (大野市)	533654	728	8/20	20	0	0	20	凶作
	刈込池 (大野市)	543605	1119	8/22	20	0	0	20	凶作
	池ヶ原 (大野市)	533675	960	8/25	5	5	10	20	不作
	油坂峠 (大野市)	533666	778	8/21	15	0	0	15	凶作
	伊勢 (大野市)	533665	571	8/21	20	0	0	20	凶作
合計					166	71	35	272	不作
コナラ	山中林道 (南越前町)	533641	592	8/24	3	8	9	20	並作
	五波峠 (おおい町)	533505	610	8/28	4	15	0	19	不作
	荒土町別所 (勝山市)	543613	129	8/21	10	0	0	10	凶作
	南六呂師 (大野市)	543604	532	8/23	0	10	9	19	並作
	黒川林道 (敦賀市)	533620	125	8/29	3	15	2	20	不作
	池河内 (敦賀市)	533631	306	8/27	0	8	11	19	不作
	東山公園 (福井市)	543602	78	9/1	0	10	10	20	不作
	ハツ杉キャンプ場 (越前市)	533662	473	8/19	3	15	2	20	不作
	松岡公園 (永平寺町)	543612	119	9/1	1	8	11	20	不作
	鯖江青年の家 (鯖江市)	533671	42	8/19	0	15	5	20	不作
	亀山公園 (大野市)	533673	192	9/1	16	3	0	19	凶作
	長尾山総合公園 (勝山市)	543604	198	9/3	1	11	5	17	不作
	金ヶ崎公園 (敦賀市)	533630	160	8/27	0	5	15	20	不作
	新庄 (美浜町)	533527	165	8/27	3	15	2	20	不作
	流星館キャンプ場 (おおい町)	533504	149	8/28	0	1	19	20	不作
合計					44	139	100	283	不作

† 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).