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

水谷 瑞希^{*1}・中島 春樹²・小谷 二郎³・野上 達也⁴・多田 雅充^{5,6}

富山県、石川県および福井県における、2005 年から 2011 年までの 7 年間の豊凶モニタリング調査の結果を用いて、北陸地域におけるブナ科樹木の豊凶とツキノワグマの人里への出沒との関係について検討した。北陸 3 県ではいずれも、高標高域に分布するブナとミズナラの県全体の結実状況に大きな年変動があり、とくに北陸地域でクマ大量出沒が発生した 2006 年と 2010 年には、極端な結実不良となっていた。低標高域に分布するコナラでは県全体の結実状況の年変動は小さく、極端な結実不良の年はなかった。このことから北陸地域では、ブナとミズナラの結実不良が広域的に同調して発生したことに起因する山地の餌不足が、クマ大量出沒の引き金になっていたと推察された。クマ大量出沒に影響するこれら「鍵植物」の豊凶は、県をまたがる広い地域で同調していた。このことから現在各地で実施されている豊凶モニタリング調査を、相互に比較可能な方法で連携して実施すれば、効果的な豊凶把握やクマ大量出沒の予測精度の向上に役立つと考えられる。

キーワード：ブナ、ミズナラ、コナラ、豊凶、ツキノワグマ

Mizuki Mizutani,^{*1} Haruki Nakajima,² Jiro Kodani,³ Tatsuya Nogami,⁴ Masamitsu Tada^{5,6} (2013) Relationship between the Acorn Crops of *Fagaceae* Trees and the Mass Intrusions of Bears into Residential Areas in the Hokuriku Region. *J Jpn For Soc* 95: 76-82 The relationship between the acorn crops of trees belonging to the *Fagaceae* family and the mass intrusion of Asiatic black bears (*Ursus thibetanus*) into the residential areas of the Hokuriku region were investigated based on an acorn crop monitoring survey conducted over a 7-year period, from 2005 to 2011, in the Toyama, Ishikawa, and Fukui Prefectures of Japan. Large fluctuations were observed in the annual acorn production of both *Fagus crenata* and *Quercus crispula* located in the high-altitude areas of all three prefectures. In particular, extremely poor yields of acorns were noted for 2006 and 2010, which coincided with the mass intrusion of bears into the residential areas. In contrast, little fluctuation was observed in the annual acorn production of *Q. serrata* distributed in low-altitude areas, and there were no incidents of years with extremely poor yields. These results infer that food shortages, due to simultaneous poor crops of *F. crenata* and *Q. crispula* in the mountainous areas of Hokuriku region, triggered the mass intrusions of bears into residential areas. Since the fluctuations in the annual acorn production of these key species were synchronized across a wide geographic area, a comparative analysis and coordinated survey of the acorn crop monitoring of each neighboring prefecture should result in an effective as well as accurate forecast of the acorn yields and therefore of bear intrusions.

Key words: *Fagus crenata*, masting, *Quercus crispula*, *Quercus serrata*, *Ursus thibetanus*

I. はじめに

ツキノワグマ *Ursus thibetanus japonicus* (以下、クマ) の秋期の人里付近への出沒頻度には大きな年変動があることが知られている。とくに平常年の数倍の出沒頻度となる大量出沒年にはクマと人間との遭遇が頻発し、人身被害の危険が高まることが大きな社会問題ともなっている。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)、中でも重要な誘因と考えられているのが、ブナ科 (*Fagaceae*) 樹木の結実不良による秋期の餌不足である (e.g. Oka *et al.* 2004; 環境省自然環境局 2007)。

冬眠を控えた秋期のクマは脂肪を蓄積するため、デンプンや脂質に富んだブナ科樹木の堅果類を多く採食するが(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)。クマはブナ科樹木の豊凶に応じて、その餌内容や行動を変化させることが報告されている (Arimoto *et al.* 2011; Kozakai *et al.* 2011)。ブナ科樹木の結実不良により山地の餌資源量が少ない年に、クマが餌を求めてその行動圏を拡大したり、より低標高域で行動したりすると、クマと人間の活動域が重なり、その結果とし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。実際、ブナ科樹木が結実不良の年にクマの有害捕獲個体数や

* 連絡先著者 (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, 169-11-2 Minamirokuroshi, Ono, Fukui 912-0131, Japan)

² 富山県農林水産総合技術センター森林研究所 〒930-1362 富山県中新川郡立山町吉峰 3 (Toyama Prefectural Agricultural, Forestry and Fisheries Research Center, Forestry Research Institute, 3 Yoshimine, Tateyama-machi, Nakaniikawa-gun, Toyama 930-1362, Japan)

³ 石川県農林総合研究センター林業試験場 〒920-2114 石川県白山市三宮町ホ 1 (Ishikawa Agricultural and Forestry Research Center, Forestry Experiment Station, Sannomiya Ho 1, Hakusan, Ishikawa 920-2114, Japan)

⁴ 石川県白山自然保護センター 〒920-2326 石川県白山市木滑ヌ 4 (Hakusan Nature Conservation Center, Kinameri Nu 4, Hakusan, Ishikawa 920-2326, Japan)

⁵ 福井県海浜自然センター 〒919-1464 福井県三方上中郡若狭町世久見 18-2 (Fukui Coastal Nature Center, 18-2 Sekumi, Wakasa, Mikata-kaminaka-gun, Fukui 919-1464, Japan)

⁶ 現在：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, 169-11-2 Minamirokuroshi, Ono, Fukui 912-0131, Japan)

(2012 年 4 月 2 日受付; 2012 年 8 月 23 日受理)

出没件数が増加した事例が、各地で報告されている（谷口・尾崎 2003；Oka *et al.* 2004；水谷・多田 2007, 2011b；中島 2009；藤木ら 2011a）。

クマ大量出没は都府県よりも広域的な空間スケールの地域単位で発生することが知られている。クマ出没件数の指標となる有害捕獲頭数の年変動は、近隣の都府県で同調する傾向があり、これは都府県レベルを越えた広い地域でのブナ科樹木の豊凶の同調性を反映したものと予想されている（Oka 2006）。しかしブナ *Fagus crenata* では豊凶の広域的な同調性の存在が知られているものの（Homma *et al.* 1999；Suzuki *et al.* 2005；Masaki *et al.* 2008），その他のブナ科樹木に関しては、これまでその広域的な豊凶の把握を目的とした調査そのものが実施されてこなかったため（正木・柴田 2005），広域的な豊凶の同調性などの特性は明らかになっていない。

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でクマ大量出没を早期に予測できると考えられることから（Oka *et al.* 2004），クマ大量出没の事前予測を目的としたブナ科樹木の豊凶モニタリング調査を実施する動きが、各地の自治体に広がっている。北陸地域（富山県、石川県、福井県）では 2004 年秋に、人身事故により 44 名が負傷するという記録的なクマ大量出没が発生し（自然環境研究センター 2005），大きな社会問題となった。これを受けて北陸地域の各県は、2005 年からそれぞれ個別にブナ科樹木 3 種（ブナ、ミズナラ *Quercus crispula*, コナラ *Q. serrata*）の豊凶モニタリング調査を開始した（中島 2009；野上ら 2007；水谷・多田 2006）。北陸地域における豊凶モニタリング調査は 2011 年時点まで継続的に実施されており、これまで 7 年間の広域的なブナ科樹木の豊凶データが蓄積されている。

北陸地域の 3 県は、クマ出没の年変動の傾向が類似していることが報告されている（Oka 2006）。そこで本研究では、北陸地域における豊凶モニタリング調査の結果を統合し、北陸地域を対象として広域的なブナ科樹木の豊凶とクマ出没との関係について検討する。

II. 方 法

1. 豊凶モニタリング調査結果の統合

解析には、各県が個別に実施しているブナ科樹木の豊凶モニタリング調査の、2005 年から 2011 年までの結果を用いた。対象樹種は、各県の豊凶モニタリング調査で共通して対象となっているブナ、ミズナラ、コナラの 3 樹種とした。豊凶調査は 8 月から 9 月にかけて、調査木ごとに双眼鏡を用いて樹冠部を目視で観測し、その着果状況を評価することによって行っている。各県の調査方法の概要を表-1 に示す。

各県が一般に公表している総合的な調査結果は「豊作」「凶作」といった離散的な豊凶評価であり、定量的な解析には適さない。このため本研究では、個体レベルの豊凶にもとづいて結果の統合を試みた。ブナの豊凶は、いず

表-1. 各県の豊凶モニタリング調査の比較

県	富山県	石川県	福井県
調査地点の選定基準	任意に選定	2 次メッシュごとに 1 地点を選定	2 次メッシュごとに 1 地点を選定
調査地点数			
ブナ	11~14 地点	18~25 地点	10~14 地点
ミズナラ	5~16 地点	15~36 地点	15~17 地点
コナラ	5~9 地点	16~35 地点	8~17 地点
合計	21~39 地点	50~88 地点	38~47 地点
地点ごとの調査木数	20 本以上	10 本	10~25 本
調査木の立地	すべて林縁	林縁と林内で半数ずつ	林縁と林内で半数ずつ
個体の豊凶評価			
ブナ	定性的評価 (5 段階)	定性的評価 (5 段階)	定性的評価 (5 段階)
ミズナラ・コナラ	水井式着果指数	定性的評価 (5 段階)	水井式着果指数
地点の豊凶評価	個体の豊凶評価指標の平均	個体の豊凶評価指標の平均	個体の豊凶区分別個体数割合

表-2. ブナの豊凶評価の対応

豊凶区分	富山県	石川県・福井県
着果なし	0 着生なし	0 着果なし
疎に着果	1 わずかまたはごく一部に着生 2 部分的に密または全体的に疎に着生 3 樹冠上部の大部分に密に着生するが、側部は密ではない	1 樹冠の一部に疎に着果 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 樹冠の全面に密に着生	4 樹冠全体に密に着果

れの県も 5 段階の記述的基準にもとづいて定性的に評価しているが、その基準は富山県と石川県、福井県との間で若干異なっていた（表-2）。このため豊凶の判定基準の対応にもとづいて豊凶区分を統合し、「着果なし」「疎に着果」「密に着果」の 3 段階に再分類した（表-2）。ミズナラとコナラの豊凶は、石川県はブナと同様の定性的評価によって、富山県と福井県は枝先 50 cm 当りの平均着果数（水井 1991；以下、水井式着果指数）を指標として評価している。定性的評価による評価 4（樹冠全体に密に着果）の豊凶区分は、水井式着果指数による豊凶区分の並作以上に相当する（水谷・多田 2011a）。このため富山県と福井県の結果については、着果個体の豊凶を、種子重-種子数関係にもとづく結実豊凶区分（水井 1991）の並作下限値を閾値として並作以上と不作以下に区分し、これに着果なしを加えた 3 段階に再分類した（表-3）。並作下限値の算出に用いた平均種子重は、ミズナラ 2,980 mg（清和・菊沢 1989），コナラ 1,840 mg（広木・松原 1982）である。石川県の定性的評価もこれに対応して 3 段階に再分類した（表-3）。

2. 解析

樹種ごとの豊凶の指標として、密に着果した個体の割合（密に着果/全個体）および着果個体の割合（（疎に着果 + 密に着果）/全個体）を用いた。検定にはこれらの割合を逆正弦変換した値を用いた。県間における各樹種の豊凶の相関については Pearson の積率相関係数によって、また各県における各樹種の豊凶と秋期のクマ有害捕獲頭数お

図-1. 県全体の豊凶

図上の数字はサンプル数を示す。

表-3. ミズナラ・コナラの豊凶評価の対応

豊凶区分	石川県 (定性的評価)	富山県・福井県 (水井式着果指数)
着果なし	0 着果なし	ミズナラ 0 コナラ 0
疎に着果	1 樹冠の一部に疎に着果 2 樹冠の一部に密に着果 3 樹冠全体に疎に着果	ミズナラ 1.9 未満 コナラ 2.6 未満
密に着果	4 樹冠全体に密に着果	ミズナラ 1.9 以上 コナラ 2.6 以上

表-4. 県間における豊凶の相関

県	ブナ r	ミズナラ r	コナラ r
密に着果した個体の割合			
富山×石川	0.98***	0.78 ^{ns}	-0.03 ^{ns}
富山×福井	0.96**	0.69 ^{ns}	-0.54 ^{ns}
石川×福井	0.91*	0.90*	0.50 ^{ns}
着果した個体の割合			
富山×石川	0.98***	0.44 ^{ns}	-0.58 ^{ns}
富山×福井	0.96**	0.36 ^{ns}	-0.37 ^{ns}
石川×福井	0.97***	0.74 ^{ns}	-0.41 ^{ns}

r , Pearson の積率相関係数。右肩の記号は Bonferroni の方法で調整した有意水準を示す。^{ns} $p \geq 0.05$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 。

よび県間における秋期のクマ有害捕獲頭数の相関については Spearman の順位相関係数によって、それぞれ評価した。また調査地点ごとの標高および豊凶との関係について、クラスカル・ウォリス検定と Scheffé の方法による対比較によって検討した。統計処理には、R version 2.14.0 (R Development Core Team 2011) を用いた。

III. 結 果

1. 県全体の豊凶の同調性

ブナの県全体の豊凶は、いずれの県でも年変動が大きく、隔年結果の傾向があり、2006 年、2008 年および 2010 年に極端な結実不良となっていた (図-1)。ブナの豊凶の変動傾向には、着果個体の割合、密に着果した個体の割合のいずれを指標とした場合でも、県間に有意な強い正の相関があった (表-4)。

ミズナラの県全体の豊凶の年変動は、ブナほどではないものの比較的大きかった (図-1)。ミズナラは 2006 年、

2010 年に、いずれの県でも極端な結実不良となっていた。ミズナラの豊凶の変動傾向には、密に着果した個体の割合を指標とした場合、いずれの県間にも強い正の相関があったが、このうち有意であったのは石川県-福井県間だけであった (表-4)。着果個体の割合を指標とした場合は、いずれの県間でも密に着果した個体の場合よりも相関は弱く、また有意ではなかった。

コナラの県全体の豊凶の年変動は、3 樹種の中でもっとも小さく、ブナやミズナラでみられたような極端な結実不良の年はなかった (図-1)。コナラの豊凶の変動傾向には、いずれの組み合わせにも有意な相関は検出されなかった (表-4)。

2. 県全体の豊凶とクマ有害捕獲頭数との関係

秋期のクマ有害捕獲頭数には大きな年変動があり、2006 年と 2010 年には 3 県で共通してクマ大量出没が発生した

図-2. 県ごとの豊凶とクマ有害捕獲頭数

折れ線グラフは県全体における密に着果した個体の割合を、棒グラフは秋期(9～12月)のクマ有害捕獲頭数を示す。

(図-2)。秋期のクマ有害捕獲頭数の年変動には、県間に強い正の相関があった (Spearman の順位相関係数; 富山-石川, $r_s=0.94$, $p<0.01$; 富山-福井, $r_s=0.75$, $p=0.053$; 石川-福井, $r_s=0.75$, $p=0.053$)。

クマ大量出没が発生した2006年と2010年には、いずれの県でもブナとミズナラが揃って結実不良となっていた(図-2)。ブナの豊凶とクマ有害捕獲頭数との間には、有意な強い負の相関が検出された(表-5)。ミズナラでは、密に着果した個体の割合とクマ有害捕獲頭数との間に、いずれの県でも有意な強い負の相関が検出された(表-5)。また着果個体の割合をミズナラの豊凶の指標とした場合は、石川県以外では有意ではないものの、強い、もしくはやや強い負の相関が検出された。コナラの豊凶とクマ有害捕獲頭数との関係については、着果した個体の割合を指標とした場合に福井県でのみ有意な強い負の相関が検出されたが、そのほかの指標と県の組み合わせでは有意な相関は検出されず、また一定の傾向もなかった(表-5)。

3. 地点ごとの豊凶

地点ごとの豊凶の状況を図-3に示す。ブナとミズナラは、クマ大量出没が発生した2006年と2010年に、北陸地域全体で結実不良となっていた。一方コナラではいずれの年にもある程度、密に着果した個体がみられる地点が存在した。

調査地点の標高は、ブナ (774.7 ± 314.9 m, mean $\pm$ SD), ミズナラ (689.9 ± 228.5 m) とコナラ (250.5 ± 169.0 m) との間で有意に異なっていた (クラスカル・ウォリス検定と Scheffé の方法による対比較, $p<0.05$)。地点ごとの豊凶と標高との関係を図-4に示す。高標高域に分布するブナとミ

表-5. 秋期のクマ有害捕獲頭数と豊凶との相関

県	ブナ		ミズナラ		コナラ	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p
密に着果した個体の割合						
富山県	-0.88	0.008	-0.81	0.027	0.25	0.585
石川県	-0.98	<0.001	-0.77	0.041	-0.45	0.310
福井県	-0.77	0.043	-0.93	0.003	-0.15	0.751
着果した個体の割合						
富山県	-0.95	<0.001	-0.52	0.229	0.67	0.102
石川県	-0.99	<0.001	-0.83	0.021	0.04	0.939
福井県	-0.74	0.057	-0.70	0.077	-0.82	0.025

r_s , Spearman の順位相関係数。

ズナラが揃って結実不良となった2006年と2010年には、とくに標高500m以上の調査地で、密に着果した個体の割合が少なかった。標高500m以上の調査地点で比較すると、2006年と2010年に密に着果した個体の割合は、2008年を除くすべての年より有意に少なかった (クラスカル・ウォリス検定と Scheffé の方法による対比較, $p<0.05$)。

IV. 考 察

北陸地域ではブナとミズナラの豊凶が広域的に同調しており (表-4)、またこれらの豊凶と秋期のクマ有害捕獲頭数との間には負の相関関係が認められた (表-5)。このことから、北陸地域におけるクマ出没傾向の同調性は、ブナ科樹木の広域的な豊凶の同調性を反映したものであることが示唆される。北陸地域でクマ大量出没が発生した2006年と2010年には、おもに高標高域に分布するブナとミズナラが広域的に同調して結実不良となっていた (図-3)。このことは山地の餌不足をもたらし (図-4)、大量出没の引き金となったと考えられる。

その豊凶がクマ大量出没に強く影響する「鍵植物」(正木 2011) は、地域によって異なることが予想されている。たとえば東北地方のクマ出没変動はブナの豊凶の影響を強く受けるのに対し (Oka *et al.* 2004), 兵庫県氷ノ山ではブナとミズナラがそろって凶作の年にクマ出没が多くなったことが報告されている (谷口・尾崎 2003)。これはクマの餌資源として、東日本ではブナの資源量が、西日本ではナラ類の資源量が多いという地域的な違いがあることを反映したものと推察される (Oka 2006)。北陸地域においては、資源量の多さや広域的な豊凶の同調性 (図-3, 表-4), そして豊凶とクマ有害捕獲頭数との相関の強さ (表-5) などから判断すると、ブナとミズナラが鍵植物に相当する可能性が高いと予想される。これら2樹種の豊凶に着目すると、ブナの極端な結実不良年は2006, 2008, 2010年の3回あったが、このうちクマ大量出没が発生した年は、同時にミズナラも極端な結実不良となった2006年と2010年の2回だけで、ミズナラがある程度結実した2008年には大量出没には至らなかった (図-1)。このことから北陸地域においては、とくにミズナラの豊凶がクマの出没変動を左右している可能性が考えられる。ミズナラは中部日本各地で、クマの秋期における主要な餌資源となっていることが報告されている (橋本・高槻 1997)。また広範な標高域で優占し、

またその着果特性に個体差があるミズナラは、クマにとってブナよりも安定的に利用可能な餌資源として重要であると考えられる (Nakajima *et al.* 2012)。ただし現時点では、ミズナラが極端な結実不良となった年はブナのそれと一致しているため、ブナの結実が良好でミズナラが結実不良となった場合のクマの反応は不明である。このためより厳密な鍵植物の判断については、今後も豊凶モニタリング調査を継続し、様々な条件での記録をさらに蓄積した上で判断する必要がある。

一方、コナラの豊凶は地点間での同調性が低いために (図-3)、県単位での年変動が小さく (図-1)、またクマ有害捕獲頭数との間に明瞭な関係性はなかった (図-2, 表-5)。しかし兵庫県では、コナラの豊凶も地域的に同調し、クマ

出没の変動要因となっている可能性があることが報告されている (藤木ら 2011b)。このコナラの豊凶とクマ出没との関係性の違いのもっとも大きな要因は、クマの潜在的な餌資源となる樹種の優占度の地域差と推察されるが、広域的な豊凶の同調性の違いについてもさらにデータを蓄積した上で検討する必要がある。

クマ大量出没の事前予測を目的としたブナ科樹木の豊凶調査は 2011 年 9 月末現在、少なくとも北海道と本州の 19 都道府県で実施されている (環境省野生生物課鳥獣保護業務室 私信)。これらの調査は基本的に自治体ごとに個別に実施されているが、この調査をクマ出没が連動する、あるいは同一のクマ保護管理ユニット (環境省 2010) に属する近隣の都府県が連携して行うことで、より信頼性の高い予

図-3. 地点ごとの豊凶の状況
円の大きさは密に着果した個体の割合を示す。

測が可能になることが期待される。

異なる自治体が実施する豊凶モニタリング調査の結果を統合する際に課題となるのが、調査方法や評価手法の違いである。このような目視による豊凶モニタリング調査で用いる評価手法としては、北陸地域で用いられている方法のほかに、これとは別の評価基準にもとづく定性的評価や、一定の時間内に数えられる堅果数を指標とする方法 (Koenig *et al.* 1994) などさまざまなものがあり、標準的な手法が定まっている訳ではない。豊凶モニタリング調査の評価方法は実施主体ごとに、その調査対象や調査体制に応じて選択したものであり、実施可能性や調査の継続性の観点から、今後いずれかの方法に統一することは困難であろう。しかし、たとえ異なる評価手法によって得られた結果であっても、本研究のように対応する評価に再分類できれば、その相互比較は可能であると考えられる。本研究では豊凶評価を3段階に再分類したが、Greenberg and Warburton (2007) は2段階の区分でも堅果生産量の良い指標となることを示している。また Oka *et al.* (2004) は、ブナの地点ごとの豊凶を2段階に区分した結果から導出した凶作指数が、クマ有害捕獲頭数と良く相関することを報告しており、このような単純化した指標でもクマ出没予測の実務上、有用であると考えられる。

調査方法の違いに関しては、選定する調査木の立地条件が個体の豊凶に影響する可能性が考えられる。多くの樹種では光環境が良い場所ほど種子生産量が多いため、林縁部の個体のみを対象とした調査の結果と、林内の個体を含む調査の結果とを、単純に比較することには問題がある。しかしこの場合でも相対的な変動傾向の比較は可能であるので、豊凶モニタリングが継続的に実施されるのであれば、クマ大量出没の検討は十分に可能と思われる。

本研究で示したような広域的なブナ科樹木の豊凶把握は、クマの保護管理上有益な情報であるだけでなく、生態学的にも重要な知見である。たとえば林野庁と森林総合研究所が1989年以降継続して実施してきた広域的なブナの豊凶に関する情報の蓄積 (ブナ結実状況データベース: <http://ss.ffri.affrc.go.jp/labs/tanedas/index.html>) は、おもにブナに依存する東日本のクマの出没予測だけでなく (Oka *et al.* 2004), 森林生態系の基礎情報としても重要な意義を持っている (e.g. Suzuki *et al.* 2005; Masaki *et al.* 2008)。現在各自治体で実施されている豊凶モニタリング調査の結果を統合し、ブナ以外の樹種についても豊凶に関する情報を広域的に把握・蓄積することができれば、クマ保護管理上の実務的価値だけでなく、森林生態学の観点からも意義深いものとなるであろう。

図-4. 標高と密に着果した個体の割合との関係

本研究は富山県、石川県および福井県の鳥獣行政主管課のご協力を得て実施した。また査読者の方には非常に有益で示唆に富むコメントをいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- Arimoto I, Goto Y, Nagai C, Furubayashi K (2011) Autumn food habits and home-range elevations of Japanese black bears in relation to hard mast production in the Beech family in Toyama Prefecture. *Mammal Study* 36: 199-208
- 藤木大介・横山真弓・坂田宏志 (2011a) 兵庫県内におけるブナ科樹木3種の堅果の豊凶とツキノワグマの餌資源としての評価。(兵庫ワイルドライフモノグラフ3号。兵庫県森林動物研究センター研究部編。兵庫県森林動物研究センター)。39-48
- 藤木大介・横山真弓・坂田宏志 (2011b) 兵庫県内におけるツキノワグマの出没変動パターンの地域変異とブナ科堅果の豊凶の影響。(兵庫ワイルドライフモノグラフ3号。兵庫県森林動物研究センター研究部編。兵庫県森林動物研究センター)。50-58
- Greenberg CH, Warburton GS (2007) A rapid hard-mast index from acorn presence-absence tallies. *J Wildl Manage* 71: 1654-1661
- 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-実生期の比較生態学的研究。日生態誌 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 Ecol* 140: 129-138
- 環境省 (2010) 特定鳥獣保護管理計画作成のガイドライン(クマ類編)。環境省
- 環境省自然環境局 (2007) クマ類出沒対応マニュアル：クマが山から下りてくる。環境省自然環境局
- Koenig WD, Knops JMH, Carmen WJ, Stanback MT, Mumme RL (1994) Estimating acorn crops using visual surveys. *Can J For Res* 24: 2105-2112
- Kozakai C, Yamazaki K, Nemoto Y, Nakajima A, Koike S, Abe S, Masaki T, Kaji K (2011) Effect of mast production on home range use of Japanese black bears. *J Wildl Manage* 75: 867-875
- 正木 隆 (2011) 大量出沒年の予測。(ツキノワグマ出沒予測マニュアル。大井 徹ら編。森林総合研究所)。7-18
- 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。日生態誌 55: 359-369
- Masaki T, Oka T, Osumi K, Suzuki W (2008) Geographical variation in climatic cues for mast seeding of *Fagus crenata*. *Popul Ecol* 50: 357-366
- 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。日林誌 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 (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
- 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。林野庁)。187-207, 225-228
- Nakajima A, Koike S, Masaki T, Shimada T, Kozakai C, Nemoto Y, Yamazaki K, Kaji K (2012) Spatial and elevational variation in fruiting phenology of a deciduous oak (*Quercus crispula*) and its effect on foraging behavior of the Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*). *Ecol Res* 27: 529-538
- 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. *J Wildl Manage* 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 (2011) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing
- 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。日生態誌 39: 5-15
- Suzuki W, Osumi K, Masaki T (2005) Mast seeding and its spatial scale in *Fagus crenata* in northern Japan. *For Ecol Manage* 205: 105-116
- 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)。環境省
- 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
- Yasaka M, Terazawa K, Koyama H, Kon H (2003) Masting behavior of *Fagus crenata* in northern Japan: spatial synchrony and predispersal seed predation. *Forest Ecol Manage* 184: 277-284