

## 第 4 章

# 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

藤木大介・横山真弓・坂田宏志

### 要 点

- ・ 県内本州部の全域において、ブナ科樹木 3 種（ブナ、ミズナラ、コナラ）の結実の豊凶を 6 年間（2005 年～2010 年）にわたってモニタリングした。
- ・ 3 樹種の豊凶は年ごとに増減を繰り返すパターンを示した。コナラとミズナラの豊凶リズムは非常に類似しており、この 2 樹種の豊凶には同一のメカニズムが働いている可能性が考えられた。一方で、ブナと上記 2 種の豊凶リズムは異なっていた。
- ・ ツキノワグマが越冬のために秋季に摂取する必要があるエネルギー量の試算に基づいて、ブナ林、コナラ林、ミズナラ林がツキノワグマに供給可能な餌資源量とその年変動を試算した。この結果、この 3 樹種のいずれかが豊作の年は、ツキノワグマはその樹種が優占する森林内の比較的狭い面積を採食エリアとするだけで、十分必要エネルギーをまかなえるものと考えられた。一方、3 樹種が凶作の年には餌資源を求めてツキノワグマの行動範囲が広がると考えられた。

**key words:** 堅果生産量 コナラ 熱量換算 ブナ ミズナラ

## 1. はじめに

日本の落葉広葉樹林では、主にブナ科樹木が林冠木を構成し、優占することが多い（福嶋・岩瀬 2005）。また、これらブナ科樹木は堅果を生産するが、堅果は炭水化物や脂肪分が豊富で、越冬に備えて脂肪分を蓄積する必要がある多くの野生動物にとっての秋季の重要な餌資源となっている（MacShea & Healy 2002; 大井 2009）。また、ブナ科樹木の多くは、堅果の結実に豊凶があることが知られている（Sork *et al.* 1993; Koenig *et al.* 1994; 森廣 2010）。例えば、ブナ(*Fagus crenata*)はしばしば複数の都道府県を跨るスケールで豊凶が同調することが確認されている（Suzuki *et al.* 2005）。また、ミズナラ(*Quercus crispula*)についても少なくとも数 km スケールでの豊凶が同調することが確認されている（倉本ほか 1995）。このように堅果の豊凶が地域スケールで同調することは、それを餌としている野生動物の行動や繁殖に強い影響を及ぼしているものと考えられる（藤木 2009）。実際、東北地方では、ブナの凶作時には、ツキノワグマ(*Ursus thibetanus*)の人里への出没が多くなることが示されている（Oka *et al.* 2004）。また、他の地方でも、ブナの凶作時にツキノワグマの人里への出没が増加することが経験的に知られている。そのため近年、ツキノワグマの出没を予測する目

的で、各地でブナやその他のブナ科樹種の豊凶のモニタリングが行われている（間野ほか 2008; 水谷・多田 2008）。

兵庫県でも、2004年にツキノワグマの人里への大量出没が生じて以来、全県スケールでのブナ科樹木の堅果の豊凶を観測する体制を整備し、ブナ、コナラ(*Quercus serrata*)、ミズナラの3種の堅果について、その結実の豊凶を広域スケールで毎年、観測してきた（横山ほか 2008）。本研究では、この観測結果に基づいて、これら3種の6年間に及ぶ豊凶の変動を明らかにするとともに、豊凶の変動に影響している要因について樹種毎に考察した。また、シートトラップ調査や既存の報告（谷口・尾崎 2003）に基づいて、堅果生産量とその年変動の推定を樹種毎に行った。さらに、ツキノワグマが越冬のために秋季に摂取する必要のあるエネルギー量の試算（大井 2009）に基づいて、ブナ林、コナラ林、ミズナラ林がクマに供給可能な餌資源量とその年変動を試算した。以上の試算に基づいて、兵庫県においてこれらの林の堅果の豊凶が、ツキノワグマの採食行動に及ぼす影響について考察した。

## 2. 調査地と調査方法

### 調査地域

調査地域は淡路島、家島諸島を除いた兵庫県本州部とした。

### 目視調査

2005年から2010年の6年間にかけて、各年の9月上中旬の期間にコナラ、ブナ、ミズナラの堅果の豊凶調査を行った。豊凶調査は、県内各地に設定された定点観測ポイントにおいて、調査対象種のうち、林縁部に近い位置に生育している個体を10本を観察木として選定した。観察木の選定基準は、道路から双眼鏡による樹冠の観察が可能な木とし、できるだけ林冠層構成木を選ぶこととした。個々の観察木の樹冠を双眼鏡で目視し、堅果の結実量に応じて単木毎にその豊凶度を以下の4段階に判定した。

0: 前方投影面積で樹冠 1m<sup>2</sup>当たりの平均結実数 1 個未満

1: 前方投影面積で樹冠 1m<sup>2</sup>当たりの平均結実数 1-4 個

2: 前方投影面積で樹冠 1m<sup>2</sup>当たりの平均結実数 5-9 個

3: 前方投影面積で樹冠 1m<sup>2</sup>当たりの平均結実数 10 個以上

判定された10本の観察木の豊凶度の平均値を、その観測ポイントの豊凶指数とした。なお、定点観測を行ったポイント数は、コナラ 206~216 地点、ブナ 10~15 地点、ミズナラ 10~14 地点である（図1）。観測ポイント数に幅があるのは、年によって一部の観測ポイントで欠測があるためである。

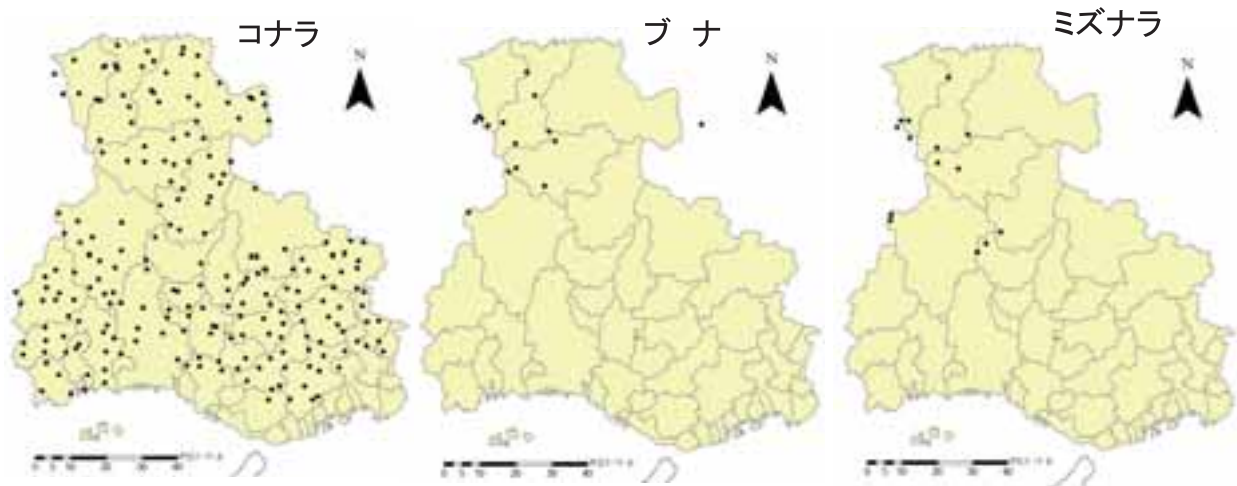


図1 コナラ、ブナ、ミズナラの豊凶観測地点

### シードトラップ調査

2006年から2010年の5年間、三田市尼寺の県立有馬富士公園内と加東市上久米の県立やしらの森公園内のコナラ林にシードトラップ（以下、トラップ）を設置して、コナラの落下堅果量を調査した。

トラップの設置箇所は、両公園内のそれぞれ1林分で、コナラの林冠構成木10本の樹冠下にトラップを1基ずつ設置した。なお、トラップは塩ビ管を曲げて円形の輪を作り、それに吹き流し状の寒冷紗袋を固定したもので、開口部の面積は $0.5\text{m}^2$ 、地面から約 $1.0\text{m}$ の高さに開口部が水平になるように設置した。

調査は、各年の8月下旬から1月上旬の期間に行った。おおよそ半月間隔で、トラップ内に溜まった内容物を回収し、堅果を選別した。選別された堅果は、Matsuda (1982)の基準に応じて、その成熟段階(Io, I1, I2, M)を4段階に分類し、トラップ毎にその個数を計上した。このうち小型成熟堅果(I2)と大型成熟堅果(M)についてはサンプルを採取し、乾燥機を用いて $80^\circ\text{C}$ で48時間乾燥させた後に、個々の重量(g)を計測した。

なお、シードトラップを設置した林分においても、各年の9月上中旬に目視によるコナラの豊凶調査を行った。

## 3. 解析方法

樹種毎に、各年の豊凶指数の平均値を求め、全県的な豊凶指数とした。さらに、この豊凶指数を用いて、2005年から2010年までの各年の堅果の豊凶判定を行った。豊凶判定にあたっては、豊凶指数の年変動は、平年値を中心に正規分布すると仮定した。この仮定に基づいて、データから分散を計算し、確率密度が6等分される幅で豊凶指数を6階級（大豊作、豊

作、並作上、並作下、凶作、大凶作) に区分した。最後に、この区分に従って樹種毎に各年の豊凶を判定した。

各年の堅果生産量は、以下の手順で推定した。まずコナラについては、同一地点で行ったシードトラップ調査と目視調査から、豊凶指数と落下堅果数の関係を線形回帰 (n=8) した。その結果、以下のような換算式が求められた。

$$BA = 61.888MI - 5.0267 \quad (R^2=0.87) \quad \text{式 (1)}$$

$$SA = 11.793MI + 12.724 \quad (R^2=0.44) \quad \text{式 (2)}$$

BA は 1m<sup>2</sup> 当たりの落下大型成熟堅果数、MI は豊凶指数、SA は 1m<sup>2</sup> 当たりの落下小型成熟堅果数である。各年の豊凶指数をこの換算式に当てはめることで、各年の 1m<sup>2</sup> 当たりの落下堅果数を推定した。さらに、大型成熟堅果と小型成熟堅果のそれぞれについて、落下堅果数と堅果 1 個当たりの乾燥重量 (g) の積を求め、その和を 1m<sup>2</sup> 当たりの堅果生産量 (g) とした。なお、大型成熟堅果と小型成熟堅果の堅果 1 個当たりの乾燥重量は、落下堅果のサンプルによる計測から、それぞれ 1.0g、0.3g とした。

ブナとミズナラについては、シードトラップ調査を行わなかったため、コナラと同様の推定手法は使えなかった。そこで、谷口・尾崎 (2003) を参照して堅果生産量の推定を行った。谷口・尾崎 (2003) では、各地で過去に行われた様々な豊凶調査データを整理して、1m<sup>2</sup> 当たりの落下堅果数に基づいたブナとミズナラに関する豊凶判定区分を作成している。そこで本調査で行った 6 階級の豊凶判定区分が、谷口・尾崎 (2003) の 3 階級の豊凶判定区分と表 1、表 2 のように対応すると仮定した。そのうえで、谷口・尾崎 (2003) の豊凶区分の各階級における 1m<sup>2</sup> 当たりの落下堅果数を 2 分割し、分割した階級の中央値を、本報告の豊凶判定区分の各階級における落下堅果数とした (表 1、表 2)。堅果生産量は、コナラと同様、落下堅果数と堅果 1 個当たりの乾燥重量の積とした。ブナとミズナラの堅果 1 個当たりの乾燥重量は、谷口・尾崎 (2003) に従い、それぞれ 0.24g、2.2g とした。

以上の手順で得た 3 種の堅果生産量は、松山 (1982) の分析値に基づいて熱量換算 (kcal) した。さらに大井 (2009) が試算した、ツキノワグマが秋季 (9-11 月) に摂取する必要エネルギー量を用いて、1ha 当たりのクマの最大収容頭数を計算した。なお、その際、ブナ、コナラ、ミズナラ堅果の消化率は、各樹種のタンニン含有率 (松山 1982) の順序に応じてそれぞれ 70%、55%、50% と仮定した。

表 1 既報データと豊凶判定区分から推定したブナの落下堅果数

谷口・尾崎 (2003)		換算値	
堅果数 (m <sup>2</sup> )		堅果数 (m <sup>2</sup> )	
豊作	300-1000	大豊作	767
		豊作	533
並作	5-100	並作上	68
		並作下	37
凶作	<3	凶作	3
		大凶作	0

表2 既報データと豊凶判定区分から推定したミズナラの落下堅果数

谷口・尾崎 (2003)		換算値	
堅果数 (m <sup>2</sup> )		堅果数 (m <sup>2</sup> )	
豊作	20-60	大豊作	47
		豊作	33
並作	5-20	並作上	15
		並作下	10
凶作	<5	凶作	3
		大凶作	2

## 4. 結果

### 各樹種の豊凶とその特徴

全ての樹種の豊凶指数は、年ごとに増減を繰り返すパターンを示した(図2)。豊凶判定の結果、この6年間で豊作年は、コナラは2年(2007年と2009年)、ブナは1年(2005年)、ミズナラは1年(2009年)存在した(表3)。一方、凶作年は、コナラが2年(2006年と2010年)であり、ブナは4年(2006年と2007年、2008年、2010年)、ミズナラは、3年(2006年と2008年、2010年)であった。

コナラとミズナラの豊凶指数の年変動は、非常に似通ったパターンを示した。ブナの豊凶指数の変動パターンは、他の2種とは異なったが、豊凶指数が隔年周期で増減を繰り返す傾向は同調していた。2006年と2010年は3種とも凶作年であった。

表3 ブナ科3種の堅果の豊凶の判定

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
コナラ	並下	凶	豊	並下	大豊	凶
ブナ	大豊	大凶	凶	大凶	並上	大凶
ミズナラ	並上	凶	並上	凶	大豊	凶

### 各樹種の堅果生産量の推移

成熟堅果生産数は、3種の中でブナが平均値、年変動幅、最小値、最大値ともに極値をとり、0~536.7万粒/ha(平均=97.8万粒/ha)の幅で年変動した(表4)。ブナの成熟堅果生産数の平均値と最大値は、コナラのそれぞれ2.5倍と6.5倍、ミズナラのそれぞれ9.9倍と16.4倍であった。コナラの各年の成熟堅果生産数は14.1~82.1万粒/ha(平均=39.4万粒/ha)の幅で年変動し、この値は同じ年のミズナラの値の2.5~12.1倍であり、平均値では4.0倍であった。

堅果生産量では、ブナが年変動幅、最小値、最大値ともに極値をとり、0~1,288kg/haの幅で年変動した。ブナの堅果生産量の最大値は、コナラの1.9倍、ミズナラの1.8倍であった。平均値でみると、コナラ(294kg/ha)が最も多く、次いでブナ(235kg/ha)、ミズナラ(218kg/ha)であった。コナラとミズナラの年変動幅、最大値、最小値は似たような値だっ

た（コナラ：69～673 kg/ha；ミズナラ：26～719 kg/ha）。

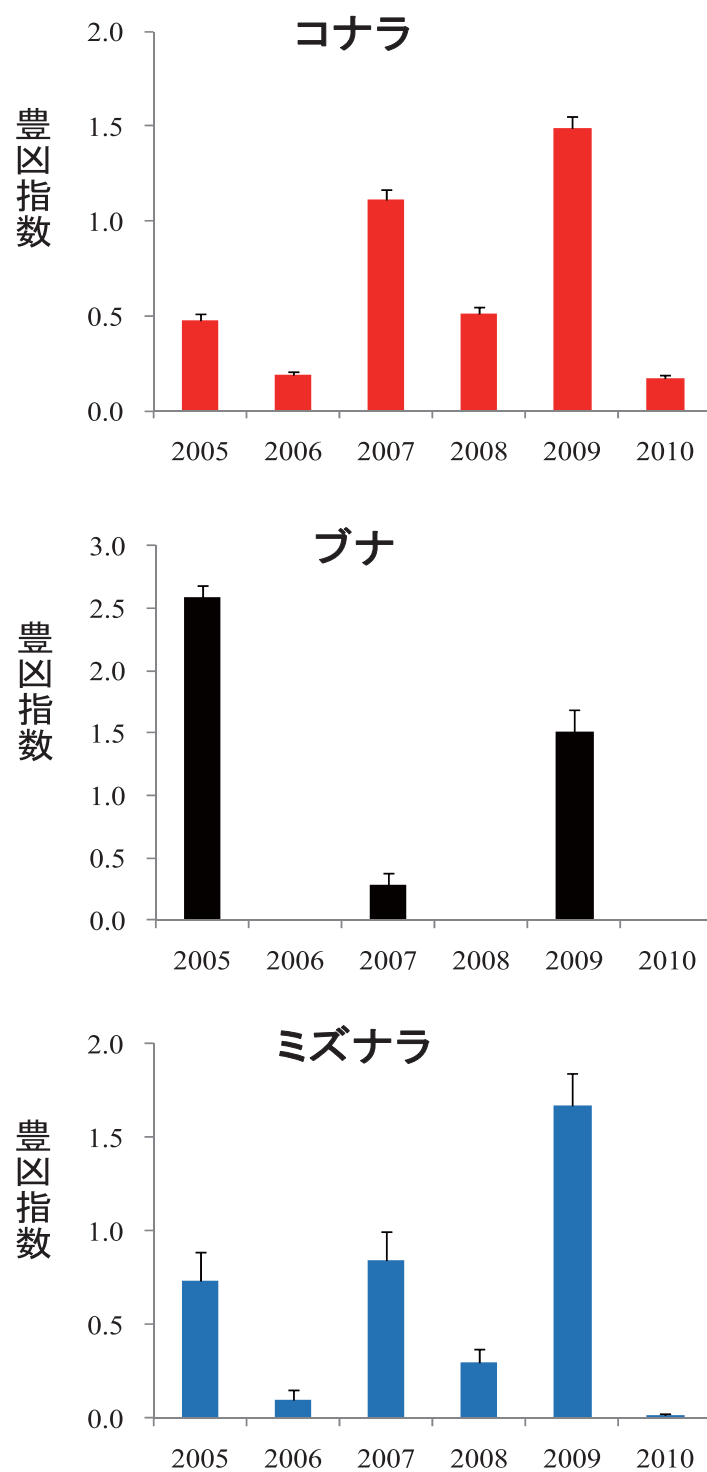


図2 ブナ科3種の堅果における豊凶指数の6年間の推移

表4 ブナ林、コナラ林、ミズナラ林の堅果生産数と堅果生産量の推定値

年度	成熟堅果生産数 (万粒/ha)			堅果生産量 (kg/ha)		
	ブナ林	コナラ林	ミズナラ林	ブナ林	コナラ林	ミズナラ林
2005	536.7	30.1	10.5	1288	211	231
2006	0.0	15.1	2.3	0	78	51
2007	2.1	63.0	10.5	5	503	231
2008	0.0	32.0	2.3	0	228	51
2009	47.8	82.1	32.7	115	673	719
2010	0.0	14.1	1.2	0	69	26
平均値	97.8	39.4	9.9	235	294	218

## ツキノワグマの餌資源量としての評価

堅果生産量を熱量換算すると、3種の中でブナが平均値、年変動幅、最小値、最大値ともに極値をとり、0~674.9万kcal/ha(平均=123.0万kcal/ha)の幅で年変動した(表5)。ブナの堅果生産量の熱量換算値の平均値と最大値は、コナラのそれぞれ1.5倍と3.5倍、ミズナラのそれぞれ2.0倍と3.3倍であった。コナラとミズナラの堅果生産量の熱量換算値は、それぞれ19.7~193.1万kcal/haと7.4~206.3万kcal/haと似たような年変動幅を示したが、平均値ではコナラの方が1.3倍大きかった(コナラ:82.4万kcal/ha; ミズナラ:62.6万kcal/ha)。

熱量換算値と秋季におけるツキノワグマの必要摂取エネルギー量、堅果の消化率に基づいて、林分1ha当たりの秋季におけるツキノワグマの最大収容頭数を求めると、3種の中でブナが平均値、年変動幅、最大値、最小値ともに極値をとり、ブナ、コナラ、ミズナラでそれぞれ0.0~9.6頭(平均1.8頭)、0.2~2.2頭(平均0.9頭)、0.1~2.1頭(平均0.6頭)であった。ブナにおける最大収容頭数の最大値は、コナラとミズナラのそれと比べて、それぞれ4.4倍と4.6倍と顕著に多かったが、その平均値は2.0倍(コナラ)と3.0倍(ミズナラ)と比較的小さかった。また、ブナは大豊作であった2005年のデータを除くと、最大収容頭数の平均値は0.2頭/haとなり、コナラの平均値の約1/5、ミズナラの平均値の約1/3にすぎなかった。

表5 ブナ林、コナラ林、ミズナラ林の堅果生産量の熱量換算値とそれに基づくクマの餌資源量評価

年度	熱量換算値 (万kcal/ha)			最大収容頭数 (頭/ha)		
	ブナ林	コナラ林	ミズナラ林	ブナ林	コナラ林	ミズナラ林
2005	674.9	49.6	66.3	9.6	0.7	0.7
2006	0.0	22.3	14.7	0.0	0.3	0.2
2007	2.6	144.3	66.3	0.0	1.6	0.7
2008	0.0	65.3	14.7	0.0	0.7	0.2
2009	60.2	193.1	206.3	0.9	2.2	2.1
2010	0.0	19.7	7.4	0.0	0.2	0.1
平均値	123.0	82.4	62.6	1.8	0.9	0.6

## 5. 考 察

### 各樹種の豊凶とその特性

ブナの結実量は広域的に同調することが知られている (Homma *et al.* 1999; Suzuki *et al.* 2005)。ブナは 2005 年は大豊作、2009 年は並作上だったのに対し、その翌年の 2006 年と 2010 年は全ての地点で結実量が観測されなかった (図 2)。ブナは豊作の翌年は樹体内の資源の枯渇のため結実しないことが知られており (Suzuki *et al.* 2005; 寺澤・小山 2008)、2006 年と 2010 年におけるブナの大凶作は前年の結実による資源不足のためであると推察される。また、ブナは前回の豊作から数年が経過し、樹体内の資源が回復している場合でも、花芽分化期における気象条件によっては、広域的に個体間が同調して非開花になる (Kon *et al.* 2005; Kon *et al.* 2007)。このような年の翌年は、一斉開花が起こり豊作になる。2008 年から 2009 年に至るブナの結実変化は以上のようなメカニズムが働いたものと考えられる。

一方、コナラとミズナラの豊凶のメカニズムについてはよく判っていない (横井 2009)。これまでに、ブナは開花量が結実量に強く影響するのに対し (八坂ほか 2001)、コナラとミズナラは開花量より結果率が結実量に影響することが示唆されている (橋詰 1987; 甲斐 1987; 金指・金指 2009)。また、ブナは非開花年が頻繁に生じるのに対し、コナラとミズナラは毎年開花する特性をもっている (橋詰 1987)。実際にブナとコナラ・ミズナラ間ではその豊凶リズムは異なっている (図 2)。以上のことから、ブナとコナラ・ミズナラ間では豊凶のメカニズムは異なるものと推測される。

一般的に樹種間で豊凶のメカニズムは異なっており、その結果として豊凶リズムも異なるものと考えられている。しかし、今回の観測結果をみると、6 年間に 2 回、3 樹種とも揃って凶作である年 (2006 年、2010 年) が発生している (図 2)。このような凶作年の同調は偶発的なものである可能性もあるが、なんらかの共通の要因が影響して凶作が同調した可能性も否定できない。特にコナラとミズナラの豊凶の変動は非常に類似していることから (図 2)、コナラとミズナラの豊凶は共通した要因に基づいて変動している可能性がある。ただし、他の地域では、コナラとミズナラの豊凶は必ずしも同調しないことが報告されており (Shibata *et al.* 2002)、6 年という短期間における偶発的な相関である可能性もある。いずれにせよ、このようなブナ科樹種間で豊凶の同調が生じる理由の解明は、クマの出没予測を行う上で重要な問題であるため、今後、より長期的にデータを観測し、慎重に検討を重ねる必要がある。

### ツキノワグマの餌資源としての 3 樹種の評価

大井 (2009) は、体重 80kg のオスのツキノワグマを想定して、冬眠のための秋季 (9~11 月) の摂取必要エネルギー量を試算している。試算の前提としては、9 月 1 日に体重 60kg であったツキノワグマが 11 月 30 日までに脂肪を 20kg 蓄積して、体重 80kg で冬眠を開始し、4 月 1 日には体重 60kg で冬眠から目覚めるというシナリオを想定している。また、試算の仮定としては、維持エネルギーは基礎代謝量の 2 倍であること、体重の増加は直線的に進むこととしている。このような仮定の下に試算した結果、秋季の維持エネルギーは 30.8 万 kcal、蓄積された脂肪のエネルギーは 18.3 万 kcal、合計 49.1 万 kcal となり、ツキノワグマが秋季



間に摂取すべきエネルギーであるとしている。

この試算値と樹種毎に仮定した堅果の消化率に基づいて、ツキノワグマの最大収容頭数を計算したところ、1ha 当たり、ブナ林、コナラ林、ミズナラ林でそれぞれ最大で 9.6 頭、2.2 頭、2.1 頭ものツキノワグマが養えることが示された（表 5）。もっとも、実際は、生産された堅果の多くは、ノネズミや野鳥などの他の様々な動物の採食の対象となるため、ツキノワグマが利用できるのはこの一部である（島田 1998）。しかし仮にツキノワグマが利用できる堅果が生産量の 5% だったとしても、2.1~9.5ha の面積の林があれば、1 頭のツキノワグマを養えると試算される。つまり、この 3 樹種のいずれかが豊作の年は、ツキノワグマはその樹種が優占する森林内の比較的狭い面積を採食エリアとするだけで、十分必要エネルギーをまかなえるものと考えられる。

一方で、最も凶作だった年における 1ha 当たりの最大収容頭数をみると、ブナで 0.0 頭、コナラで 0.2 頭、ミズナラで 0.1 頭であった（表 5）。この場合、同様の計算をすると、90.7~∞ha もの採食エリアが必要になる。2006 年や 2010 年は県内ではツキノワグマが大量に出没したが、両年は 3 樹種ともに凶作の年であった（藤木ほか 2011）。最大収容頭数という視点から、この両年のツキノワグマの採食エリアを上記仮定に基づいて計算すると、2006 年は 79.9~∞ha、2010 年は 90.7~∞ha となる。以上のように、堅果生産量とツキノワグマの必要摂取エネルギー量の視点からみて、3 樹種の凶作年には餌資源を求めてツキノワグマの行動範囲が広がることになる。実際に兵庫県では、凶作年には豊作年に比べてツキノワグマの行動圏が拡大したことが確認されている（横山ほか 2011）。今回の結果では、維持エネルギーは行動範囲に関わらず一定という仮定の下に試算されているが、実際は行動範囲が広がれば、その分、移動エネルギーがかさみ、結果として維持エネルギーも大きくなる。したがって、堅果生産量が少ない凶作年は、採食コストの増加によって必要なエネルギーを獲得できなくなり、カキやクリなどの代替資源が豊富な人里へ出没することは十分起こり得る現象といえる。

ブナ、コナラ、ミズナラの、ツキノワグマの餌資源としての相対的な重要性の違いについては、現状では判断するための十分な情報はない。豊作年におけるブナの最大収容頭数は、コナラ、ミズナラの 4 倍以上であるが、豊作年を除いて比較すると両樹種の 1/3 以下であった。ブナの豊作は 5~7 年に一度程度しか起こらないことを考えると、通常の場合は、ブナよりコナラやミズナラに対する依存度が高いと考えられる。一方、コナラとミズナラの最大収容頭数を比較すると、コナラの方がやや高い傾向がある。県内における 3 樹種の資源量は明確でないが、コナラが全県的に広く分布しているのに対し、ブナは北部の、ミズナラは北部と中部の高標高域の一部にしか分布が見られない（宮脇 1984）。また、ミズナラは近年、ナラ枯れによりその資源量を減少させている（鎌田 2005）。以上のことから、全県スケールでは、3 種の中でコナラが最も重要な餌資源である可能性が高い。ただし、以上の結論は、現在のところ利用可能なデータのみに基づいた考察である。今後、ツキノワグマの生息域におけるブナ、コナラ、ミズナラの資源量や、クマの行動範囲と維持エネルギーの関係などが明らかになった場合は、再検討する必要がある。

## 謝辞

本研究の一部は、平成 18 年～20 年度科学研究費補助金（基盤研究 C 1850783）と環境省の環境研究総合推進費（D-1003）により実施されました。ここにお礼申し上げます。

## 引用文献

- 藤木大介 2009 森林から野生動物との共存を考える。「動物たちの反乱」, 河合雅雄・林良博編著, pp.236-252. PHP サイエンス・ワールド新書
- 藤木大介・横山真弓・坂田宏志 2011 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「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3 号, pp.50-58. 兵庫県森林動物研究センター.
- 福嶋司・岩瀬徹 2005 図説 日本の植生. 朝倉書店, 153pp.
- 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.
- 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.
- 甲斐重貴 1987 暖帯性落葉広葉樹林の特性と施業に関する研究 (VII) コナラ林の種子生産. 第 98 回日本林学会大会発表論文集 98: 87-90.
- 鎌田直人 2005 昆虫たちの森. 日本の森林/多様性の生物学シリーズ⑤. 東海大学出版会, 329pp.
- 金指あや子・金指達郎 2009 ミズナラ. 「日本樹木誌 1」, 日本樹木誌編集委員会編, pp.635-667, 日本林業調査会.
- Koenig WD, Mumme RL, Carmen WJ, and Stanback MT 1994 Acorn production by oaks in central coastal California: variation within and among year. *Ecology* 75: 99-109.
- Kon H, Noda T 2007 Experimental investigation on weather cues for mast seeding of *Fagus crenata*. *Ecological Research* 22 :802-806.
- Kon H, Noda T, Terazawa K, Koyama H, Yasaka M 2005 Proximate factors causing mast seeding in *Fagus crenata*: the effects of resource level and weather cues. *Canadian Journal of Botany* 83:1402-1409.
- 倉本恵生・五十嵐恒夫・門松昌彦・船越三朗 1995 ミズナラ堅果落下量の年変動—北大雨龍地方演習林における 13 年間の結果. 日林北支論 43:146—148.
- MacShea WJ, Healy WM 2002 Oak Forest Ecosystems: Ecology and Management of Wildlife. Johns Hopkins University Press, Baltimore, 432pp.
- 間野勉・大井徹・横山真弓・高柳敦 2008 日本のクマ類の個体群管理の現状と課題. 哺乳類科学 48:43-55.

- Matsuda 1982 Studies on the early phase of the regeneration of a konara oak (*Quercus serrata* Thunb.) secondary forest I. Development and premature abscissions of konara oak acorns. *Japanese Journal of Ecology* 32:293-302.
- 松山利夫 1982 木の実の文化. ものと人間の文化史 47・木の実. 法政大学出版局, 371pp.
- 宮脇昭 1984 日本植生誌 近畿. 至文堂, 596pp.
- 水谷瑞希・多田雅充 2008 2006年の福井県におけるブナ科樹木4種の結実状況. 福井県自然保護センター研究報告 12:43-52.
- 森廣信子 2010 ドングリの戦略—森の生き物たちをあやつる樹木. 八坂書房, 255pp.
- 大井徹 2009 ツキノワグマと森の生物学. 東海大学出版会, 246pp.
- 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.
- Shibata M, Tanaka H, Iida S, Abe S, Masaki T, Niiyama K, Nakashizuka T 2002 Synchronized annual seed production by 16 principal tree species in a temperate deciduous forest, Japan. *Ecology* 83:1727-1742.
- 島田卓哉 1998 野ネズミによるドングリの種子散布. *林業技術* 679:19-22.
- Sork VL, Bramble J, Sexton O 1993 Ecology of mast-fruiting in three species of North American deciduous oaks. *Ecology* 74: 528-541.
- Suzuki W, Osumi K and 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・小山浩正 2008 ブナ林再生の応用生態学. 文一総合出版, 310pp.
- 八坂通泰・小山浩正・寺澤和彦・今博計 2001 冬芽調査によるブナの結実予測手法. *日本林学会誌* 83:322-327.
- 横井秀一 2009 コナラ. 「日本樹木誌1」, 日本樹木誌編集委員会編, pp. 287-341, 日本林業調査会.
- 横山真弓・斎田栄里奈・江藤公俊・中村幸子・森光由樹 2011 兵庫県におけるツキノワグマの行動圏の変異とその要因. 「兵庫県におけるツキノワグマの保護管理の現状と課題」, 兵庫ワイルドライフモノグラフ 3号, pp.59-70. 兵庫県森林動物研究センター.
- 横山真弓・坂田宏志・森光由樹・藤木大介・室山泰之 2008 兵庫県におけるツキノワグマの保護管理計画およびモニタリングの現状と課題. *哺乳類科学* 48:65-72.