

ブナ科広葉樹の生態的特性解明と資源管理に関する研究

—ブナとミズナラの2002年から2008年の種子豊凶—

和田覚・長岐昭彦

Research on ecological characteristics and resource-management issues in the planting and growth of *Fagaceae*. —Seed production of *Fagus crenata* and *Quercus crispula* in Akita Prefecture from 2002 to 2008.—

Satoru Wada · Akihiko Nagaki

要 旨

秋田県内のブナ林とミズナラ林において、2002年から2008年まで、シードトラップによる落下種子の定点調査を行った。ブナについては2005年に豊作が認められた。ただし、低標高域にある調査地では同調が見られず凶作であった。それ以外の年は、一部地域で並作が認められたものの総じて凶作であった。観測結果や過去の記録などから、近年のブナの結実動向は5年周期で豊作が訪れていた。ミズナラについては、2008年を除きいずれかの調査地で豊作が見られた。ブナに比べ豊凶差は極端ではなく、地域間の同調性も明瞭ではなかった。北海道で行われている冬芽調査によるブナの結実豊凶予測手法について試行した。高い確率で予測が的中し、秋田県内でも適用できる可能性が高いと考えられた。秋田県内で得られたデータを基に、豊凶に至る条件を整理し、予測手法の改良を検討した。開花数と健全堅果数は有意に高い相関が認められ、豊作とされる200個/m²以上の結実のためには、約600個/m²以上の大量開花が必要と推定された。予測前年の冬芽に占める花芽の割合（花芽率）とシードトラップにより観測された予測当年の開花数との関係式を求めた。その結果、花芽率48%以上の場合に600個/m²以上の開花が見込まれ、豊作になる確率が高いと推定された。豊作が見込まれる開花数や花芽率の値は北海道よりも高かった。当年の開花数が前年の開花数を下回る場合には、結実率は極めて低く虫害率が高まり豊作は見込めなかった。予測精度の向上のためには今後さらなる観測データの蓄積が必要である。

I. はじめに

ブナやミズナラは冷温帯地域を代表するブナ科の落葉広葉樹である。本県の山地においても、広葉樹林を構成する主要な樹種として広く分布している。しばしば優占し、純度の高い森林を形成する場合も多い。かつては主に薪炭林として利用され、第二次世界大戦後の燃料革命までは重要なエネルギー源となっていた。高度経済成長期には、スギの拡大造林によって資源量を減らし、残された広葉樹

林も良質な木は抜き伐りされた。現在、その後に再生した二次林が多く見られるが、利用目的は失われ、放置状態にある場合も少なくない。

こうした中、近年、環境意識の高まりとともに広葉樹林が見直されてきている。とくに、生物多様性の保全や水土の保全あるいは保健文化的な機能の面において、広葉樹林への期待が高まっている。今後、こうした機能の発揮に向けた広葉樹の育成管理技術が求められると考えられる。しかし、広葉樹林の育成に関する研究は木材生産を目的としたものが多く、生産性が重視されてきた(和田ら、2003など)。今後、多様なニーズに応じていくためには、広葉樹林を構成する多種多様な樹種について生活史や特性を理解していく必要があると考えられる。本報告では、その端緒として、本県の広葉樹林の主体をなすブナとミズナラを対象に、森林の造成や更新に不可欠な種子の生産特性を明らかにすることを目的とした。

樹木の種子生産は、年によって豊凶があることが古くから知られており(橋詰, 1994)、その理由については諸説がある(田中, 1995)。至近要因としては、さまざまな気候因子と開花・結実の関係が検討されており(気象追従説)、同じく繁殖に必要な貯蔵資源のレベルの重要性も指摘されてきた(資源制約説)。また、究極要因(適応的意義)については、不規則な種子生産を行うことで、種子生産が非常に乏しいあるいはない年に飢えさせることで種子捕食者の個体数を減少させ、他方大量の種子を生産する年には種子捕食者を飽食させて、捕食を逃れるためとする説(捕食者飽食仮説)、コンスタントにほどほどの量の花を着けるよりも、同調して大量の花を着けることで、風媒花の受粉の効率があるとする説(受粉効率仮説)、大量結実が散布者を誘引する、あるいは分散貯蔵者による散布距離をのばすというように、散布効率を上げるという説(動物散布仮説)などが議論されている。とりわけ、ブナについては5~7年に一度大量結実し、それ以外の年にはあまり結実せず、しかもこの現象は広い地域で同調するなど、豊凶差の激しい樹種として知られている(前田, 1988; 鈴木, 1989; 寺澤ら, 1995; 正木; 2009)。ミズナラについても、同じように豊凶現象が観測されている(今田ら, 1990; 倉本ら, 1995; 金指・正木, 2006)。これら樹種の結実実態を明らかにすることで次のようなメリットが期待される。

一つ目として、天然下種更新を効果的に行うことができる。広葉樹の更新は針葉樹に比べて人為によらず自然の力に委ねられる場合が多く、目標とする森林に誘導するうえでの課題は多い。ブナの天然下種更新の場合、豊作年のタイミングにあわせた林床処理(かき起こしやササの刈り払い等の作業)が有効であるとされる(小山ら, 2000)。しかし、結実状況が把握されないまま作業が行われたり、作業そのものが省略されたりして失敗の原因となっていた。豊作年を把握することにより、より効果的な天然下種更新が可能になるものと考えられる。天然下種更新はこれまで国有林の事業として行われてきた経緯があるが、近年はブナ林の再生にむけた取り組みとして民間レベルでも行われてきている。二つ目として、広葉樹種苗の安定的な生産がある。近年、県内では、ブナやミズナラを中心に広葉樹の植栽事例が増えている。苗木の需要も多く、安定的な苗木生産のためには種子の確保が必要である。ブナなどの豊凶差の激しい樹種については、結実状況を把握することで計画的な苗木生産が可能となる。三つ目として、野生動物の保護管理と被害対策がある。なかでもツキノワグマは、その出没によって人身被害や農林業被害に至るケースも多く、人間の生活にも直接的な影響を及ぼす。ブナ

やミズナラが生産する堅果、すなわちブナの実やドングリは、野生動物の餌資源であり、その豊凶はツキノワグマの出没や繁殖に影響していると考えられている（岡，2004）。結実状況を把握することにより、被害対策や保護管理に役立てることができるなど、ブナやミズナラの結実特性を明らかにする意義は大きいものと考えられる。

秋田県内では、国有林において、1989 年から目視によるブナの結実状況の観測が多点で行われており、その結果が公表されている（正木ら，1996；正木，2009）。しかし、ミズナラも含め、定量的な調査は行われておらず、その詳細については十分に把握しきれていないのが現状である。そこで、シードトラップによる落下種子の定点観測を行い、秋田県における近年のブナとミズナラの結実動向を探った。なお、ブナについては、北海道において、シードトラップによる調査から、結実豊凶を予測する手法が開発されている（八坂ら，1998；2001；小山ら，2001a）。それによると、豊作に至るための第 1 条件として当該年に大量開花があること、第 2 条件として昆虫による種子食害の影響が少ないことが示されており、この 2 つの条件が共に満たされた場合に豊作になるとされる。第 1 条件については、前年秋に形成される冬芽に占める花芽の割合から開花数を予測し、この値が 500 個/m²の場合に、第 2 条件については、第 1 条件で予測された開花数が前年比で 20 倍以上の場合に虫害が回避され、豊作になるとされている。こうした北海道での手法や条件が、秋田県内のブナ林においても適用可能かどうか検証を行うとともに、調査で得られたデータを基に、秋田県におけるブナの結実豊凶予測手法を検討した。

II. 調査地と調査方法

1. 調査地

ブナ林の調査地についてその概要を表 1 に示す。標高 230~740m のいずれも緩傾斜地に位置する。最も標高の低い沿岸部にある八森を除き多豪雪環境下にある。八森と森吉山は比較的自然度が高い林分でブナの樹齢が高いが、それ以外は二次林の様相を呈している。いずれもブナが優占するが、八森、田沢湖、鳥海はミズナラを交えた林分となっている。下層植生はオオバクロモジ、ウワミズザクラ、ハウチワカエデ、オオカメノキ、ヒメアオキ、エゾユズリハ、ツルシキミなどからなる。チシマザサなどのササ類も見られるが密生している状況にはない。

ミズナラ林の調査地についてその概要を表 2 に示す。ブナ林との対応関係を検討するため、表 1 に示すブナ林の調査地の近隣に設定した。標高 230~630m の緩傾斜地にあり、対応するブナ林と似たような環境下にある。いずれも二次林で、田沢湖、鳥海ではブナを、東成瀬ではホオノキ等を交えている。八森はミズナラの純林で、林床にはクマイザサが密生している。

表-1 ブナ林調査地の概要

略称	位置	標高	標準木数	平均直径(cm)	平均樹高(m)	トラップ数(開口部面積)	調査年
八森	八峰町八森水の目	230m	10本	47.0(29.7~81.6)	23.5(20.0~27.0)	20器(10㎡)	2002-2008
森吉山	北秋田市森吉山麓高原	740m	25本 (林分上層)	62.9(33.8~132.8)	25.3(15.3~31.1)	25器(12.5㎡) (林分内等間隔に配置)	2005-2008
田沢湖	仙北市田沢湖駒ヶ岳	630m	10本	48.8(33.7~75.7)	19.9(17.0~23.0)	20器(10㎡)	2002-2008
東成瀬	東成瀬村桁倉	550m	10本	40.9(34.1~51.1)	16.4(14.0~18.0)	20器(10㎡)	2002-2008
鳥海	由利本荘市鳥海笹子	380m	10本	42.3(29.4~53.4)	18.3(16.0~21.0)	20器(10㎡)	2002-2008

表-2 ミズナラ林調査地の概要

略称	位置	標高	標準木数	平均直径(cm)	平均樹高(m)	トラップ数(開口部面積)	調査年
八森	八峰町八森ナメトコ沢	230m	10本	42.3(33.1~67.8)	20.9(18.0~23.0)	20器(10㎡)	2002-2008
田沢湖	仙北市田沢湖駒ヶ岳	630m	10本	45.3(33.3~78.6)	17.4(15.0~19.0)	20器(10㎡)	2002-2008
東成瀬	東成瀬村荒砥沢	460m	10本	44.1(20.5~58.6)	16.8(14.0~18.0)	20器(10㎡)	2004-2008
鳥海	由利本荘市鳥海笹子	400m	10本	33.0(20.4~48.0)	14.3(13.0~16.0)	20器(10㎡)	2002-2008

2. ブナ林の調査方法

森吉山を除く各調査林分において、上層木 10 本を任意に標準木として選び、固定調査木とした(表-1)。それぞれの標準木の樹冠下にシードトラップを 2 器ずつ、計 20 器設置した(写真-1)。森吉山については、50m×50m のエリアに縦横 10m 間隔の格子状にシードトラップを 25 器設置した。森吉山はブナの優占度が高い林分であり、設置位置は全てブナの樹冠下に位置している。シードトラップは開口部面積 0.5 ㎡の円形で、ポリエチレンパイプの枠と寒冷紗からなる。3本の塩ビパイプ(長さ 1.3m)を支柱とし、地上約 1m の高さに開口面が水平になるように針金で固定した(写真-1)。調査は、森吉山では 2005 年から、それ以外は 2002 年から調査を開始した。シードトラップは 5 月中旬に設置し、10 月下旬に撤収した。ただし調査開始時の 2002 年は全調査地で、2003 年は八森と鳥海で夏以降に設置した。シードトラップに落下した堅果(開花直後に落下した未成熟なものから成熟したものまでを含む)は、6 月以降、一ヶ月毎(毎月下旬)に回収し分析に供した。回収した堅果については、胚が十分に発達し健全なもの「健全」、胚の発達が不十分なもの「シイナ」、未成熟なまま落下したもの「未熟」、虫害が見られるもの「虫害」、獣害や腐食が見られるもの「その他」に分類した。なお、ブナは 1 つの雌花序から 2 つの堅果が生産されるので、種子(堅果)が未発達な状態のものについては 2 倍にしてカウントした。豊凶の判定は、㎡あたり(シードトラップの開口部面積から換算)に落下した健全堅果が 50 個未満を凶作、50 個以上 200 個未満を並作、200 個以上を豊作とした(八坂ら, 1998)。ブナの更新状況について、2008 年に、全てのシードトラップ付近に 1m×1m の調査コドラートを設け、ブナの更新稚幼樹数を調査した。

豊凶予測のための花芽率の調査は、シードトラップ撤収時の 10 月下旬に行った。この時期には、すでに冬芽が形成されており、花芽(=混芽:花序が含まれている冬芽)と葉芽の区別ができる。結実調査を実施した場所の近隣において、林縁木 7 個体以上について陽樹冠(高さ 10m 前後、それぞれ

長さ1m以上の枝3~5本)にある冬芽を観察し、全冬芽数に占める花芽の割合(花芽率)を求めた。外観上、花芽と葉芽の区別がつかない冬芽については、分解して花序の有無を確認し判別を行った。冬芽に関する調査は、2003年に田沢湖、東成瀬、鳥海にて、2004年はこれに加えて八森にて、2005年から2007年までは全ての箇所で行った。こうして得られた花芽率について、翌年の開花数との関係を調べた。開花数は、ブナが開花する5月から10月下旬までに落下した堅果数とほぼ同じと考えられるため、シードトラップにより得られたこの値を用いた。また、虫害率(開花数に対する虫害堅果の比率)と結実率(開花数に対する健全堅果の比率)の予測のため、開花数の前年比がこれらにどう影響しているのか解析した。解析は2004年の田沢湖と東成瀬、2005年はこれに加えて八森と鳥海、2006年から2008年は全ての箇所のデータを用いた。夏以降にシードトラップを設置した箇所については、春期の開花数のデータが欠落しているため、この解析からは除外した。



写真-1 シードトラップによる落下種子の調査(仙北市田沢湖高原)

2. ミズナラ林の調査方法

ブナ林と同じように、上層木10本を任意に固定標準木として選び(表-2)、それぞれ樹冠下にシードトラップを2器ずつ、計20器設置した。調査は、東成瀬では2004年から、それ以外は2002年から調査を開始した。シードトラップは8月までに設置し、10月下旬に撤収した。シードトラップに落下した堅果は、一ヶ月毎(8月~10月の毎月下旬)に回収し分析に供した。回収した堅果については、胚が十分に発達し健全なもの「健全」、虫害が見られるもの「虫害」、獣害や腐食などのもの「その他」に分類した。外観上、堅果が見られず殻斗のみの状態のもの、あるいは堅果が未成熟で殻斗と分離しないものについては、解析から除外した。豊凶の判定は、 m^2 あたり(シードトラップの開口部面積から換算)に落下した健全堅果が5個以下を凶作、5~20個を並作、20個以上を豊作とした(谷口・尾崎, 2003)。

Ⅲ. 結果と考察

1. ブナの結実実態

1) 近年のブナの結実動向

図-1に、2002年から2008年までのブナの結実動向を示した。2005年は東日本を中心にブナの

豊作が報告されており（正木，2009；松井ら，2009）、調査地でも森吉山と東成瀬で豊作、田沢湖で並作であった。この年は調査地以外でも豊作とみられる地域を多く観察しており、全県的には豊作年であったと判断される。豊作が確認されたのは 2005 年のみで、2003 年の田沢湖、2008 年の東成瀬で並作が確認された以外はすべて凶作であった。調査以前の記録では、1995 年、2000 年に豊作が報告されており、秋田県全体を概観した場合、近年、5 年周期で豊作が訪れているものと考えられる。2005 年の同調性をみると、奥羽山脈を中心とした内陸部では概ね豊作が同調していた（図-1）。鳥海については凶作判定であったが、健全堅果の生産は 7 年間で最も多く、多少ながら同調傾向が見られた。しかし、沿岸部に位置する八森では同調が見られず凶作であった。このように、豊作年であっても全ての地域で完全に豊作が同調しているわけではなく、八森、鳥海では 7 年間、並作以上の結実が観測されなかった。八森、鳥海は、開花数が多い年はなかったものの、開花が見られない年もなく（5 月以降に観測を行った 2004 年以降）、開花数の年変動が小さかった。一方、田沢湖、森吉山、東成瀬では豊作、並作年で多くの開花が見られたものの、その翌年はほとんど開花が見られないなど、開花数の年変動が大きかった。開花数（堅果数）の変動係数は八森、鳥海が 0.24、0.62 であったのに対し、田沢湖、森吉山、東成瀬で 1.13、1.23、1.56 と大きかった（春期のデータが欠落している観測年を除く）。後者ほど、結実豊凶が激しいとされるブナの特徴を示していた。

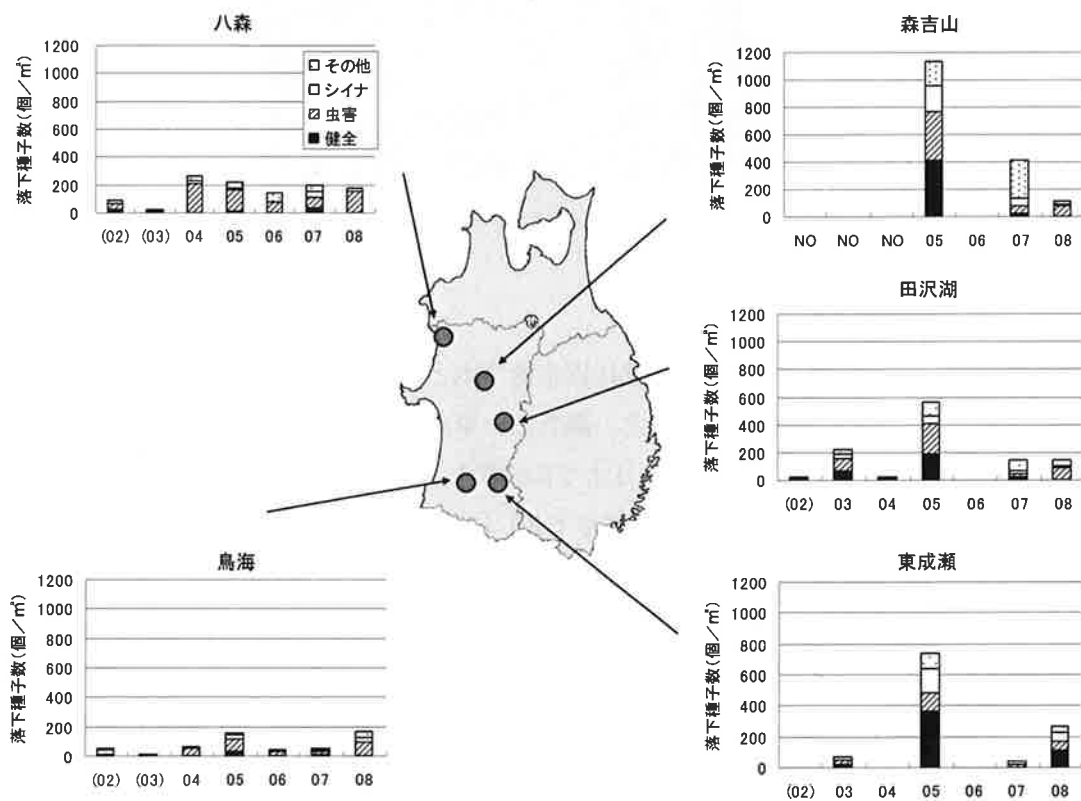


図-1 2002 年～2008 年のブナの結実動向

森吉山は 2005 年から観測。横軸 () の 2002 年の観測と 2003 年の八森、鳥海の観測は夏以降であったため、春期の非健全堅果数がカウントされていない。

図-2に各調査地におけるブナの更新状況を示した。豊凶現象が比較的明瞭な田沢湖、森吉山、東成瀬に対して、豊凶現象が見られない八森、鳥海では更新木が少なかった。豊凶現象の強弱が、調査地における更新に影響を及ぼしているものとみられる。八森・鳥海は、調査期間中にたまたま豊作がなかった可能性も否定できないが、豊凶現象が起こりにくい環境にあった可能性もある。特に八森は、沿岸部の少雪地に成立しており、一般的なブナ林と成立環境が異なる。また、周囲はスギ人工林に囲まれるなどブナ林としての広がりや連続性に欠ける。こうした環境が、着花や受粉効率、種子食者密度などに影響を及ぼし、豊凶現象が生じにくい環境になっているのかもしれない。

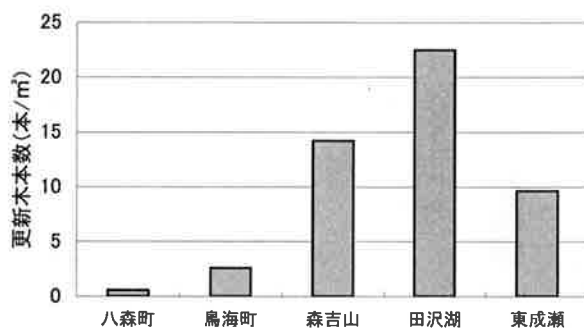


図-2 調査地におけるブナの更新状況

2) 種子落下の季節変動とパターン

県内では、一般に5月上旬前後にブナの開花が見られ、堅果の落下は開花直後から始まる。調査地における堅果の落下は、開花が見られない年を除き、春期(6月下旬まで)と秋期(10月)に増加する例が多かった(図-3)。春期に落下した堅果は、虫害を受けたり未成熟状態であったりと全て非健全であった。健全な堅果の落下は、早いもので9月に見られたが大部分は10月中であった。堅果落下の季節的な変動パターンを類型化すると、①相対的に10月に落下が多いパターン(図-3(A)、(B))、②6月下旬までに大部分が落下するパターン(図-3(C)、(D))、③開花結実がほとんど見られないパターンがあった。①は豊作年のパターンで健全堅果の生産が多かった。②と③は凶作年に見られたパターンであった。並作以上の結実が観測されていない八森と鳥海では、春期からのデータが存在する2004年以降、①と③のパターンは見られなかった。③は①の豊作年の翌年に見られた。豊作年の翌年は例外なく凶作になる(小山ら、2001b)ことが知られており、資源制約によるものと考えられる。非健全な堅果は虫害がもっとも多く、次いで未熟、シイナが多かった(図-1)。虫害はブナヒメシンクイなどの種子食昆虫によるものである。開花が見られる年に、パターン①の豊作になるか②の凶作になるかについては、種子食昆虫の影響が特に大きいものと考えられる。ただし、2007年の森吉山の例(D)では、虫害というよりは未熟落下種子の比率が高かった。森吉山では2005年に大豊作があったことから、開花はしたものの結実に至るだけの樹体内の資源が十分でなかったこと、あるいは強風など気象条件の影響等が考えられる。

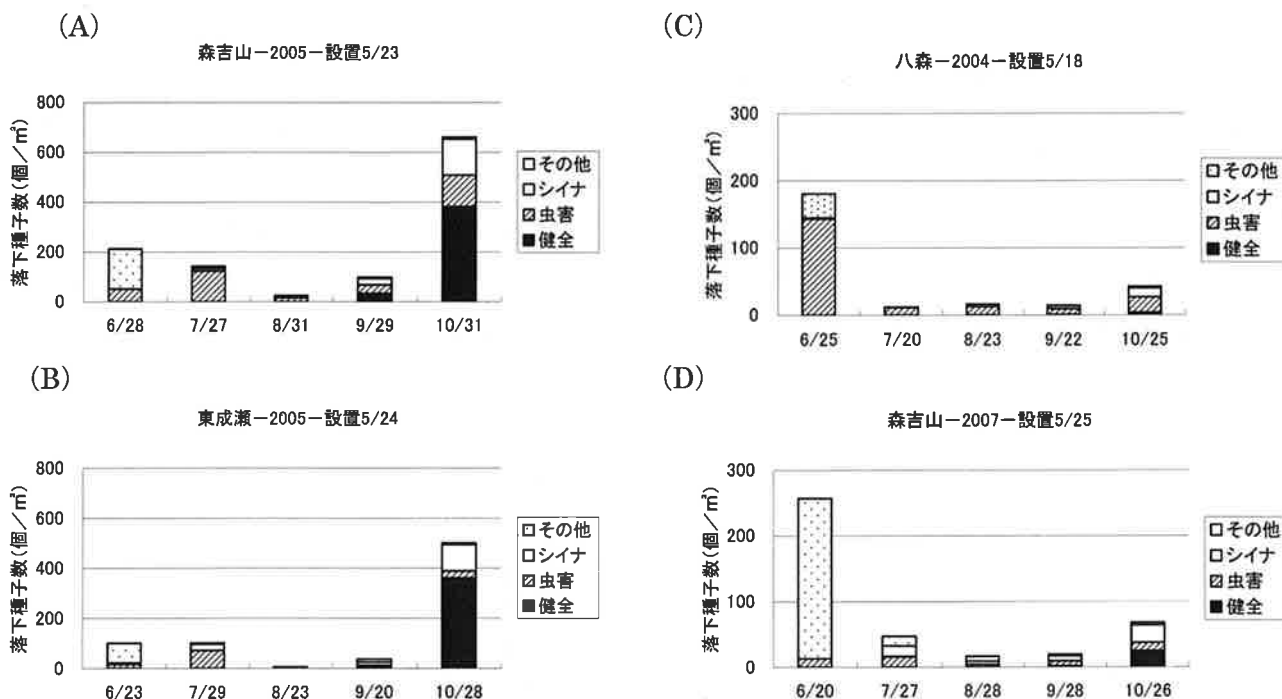


図-3 ブナ堅果落下数の季節変動の事例

(A) (B) は豊作時の例、(C) (D) は凶作時の例、横軸は落下種子回収日

2. ブナの結実豊凶予測とその要因の分析

1) 開花数、結実数、花芽率の関係

図-4に開花数と健全堅果数(結実数)の関係を示した。有意に正の相関関係が認められ($p < 0.001$)、開花数が多いほど健全堅果数が多くなった。近似式から、豊作とされる $200 \text{ 個}/\text{m}^2$ 以上の健全堅果の生産のためには、約 $600 \text{ 個}/\text{m}^2$ 以上の開花が必要であった。この値は北海道で示された値 ($500 \text{ 個}/\text{m}^2$) よりも大きかった。約 $600 \text{ 個}/\text{m}^2$ 未満の開花数では豊作には至らず、並作以上の作柄になるためには、最低でも $200 \text{ 個}/\text{m}^2$ 以上の開花が必要であった。秋田県においても、北海道での観測事例(八坂ら, 2001)と同様、大量開花が豊作になるための条件として考えられ、開花が $200 \text{ 個}/\text{m}^2$ 未満の場合には、並作以上の作柄は期待できないものと推察された。

図-5に花芽率と開花数との関係を示した。有意に正の相関関係が認められ($p < 0.001$)、花芽率が高いほど開花数が多くなった。ただし、豊作時のデータが少なく、また開花数約 $400 \text{ 個}/\text{m}^2$ 以下ではその関係は明瞭ではなかった。豊作になるために必要な約 $600 \text{ 個}/\text{m}^2$ 以上の開花のためには、近似式から、約 48% 以上の花芽が必要であった。この値は北海道で示された値 (35%) よりも大きかった。

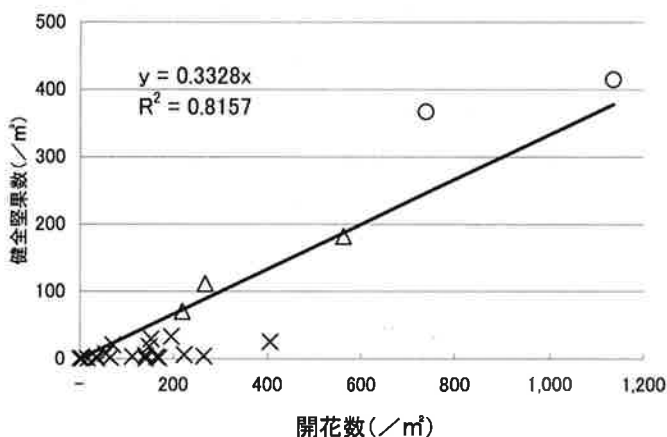


図-4 開花数と健全堅果数
○は豊作時、△は並作時、×は凶作時のデータ

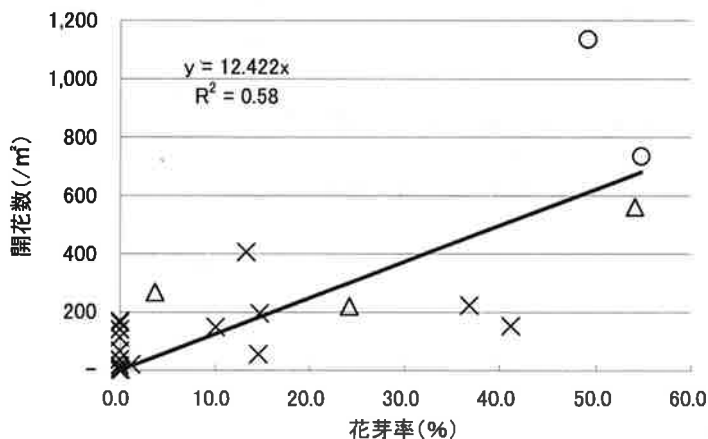


図-5 開花数と花芽率との関係
○は豊作時、△は並作時、×は凶作時のデータ

2) 開花数の前年比と結実率、虫害率の関係

ブナヒメシクイ等種子食昆虫による食害率は、前年に対して当年にどれぐらい多くの開花があったのか、その格差（前年比）の影響をうけることが報告されている（寺澤ら，1995；八坂ら，2001，松井ら，2009）。大量開花が豊作のための第1条件であるならば、開花数の前年比は第2条件として位置づけられている（八坂ら，2001）。図-6に開花数の前年比と結実率、虫害率の関係を示した。前年と比べ当年の開花数（前年比）が小さい（図では横軸の値が1以下）場合、結実率はほとんど見られないなど結実率は極めて低かった。一方、前年比が大きい（図の横軸が1以上）場合には、結実率は高くなった。虫害率については、逆に開花数の前年比が大きくなるにしたがい低下していく傾向がみられた。こうした開花数の前年比と結実率、虫害率の関係は、北海道の例（八坂ら，2001）、山形県の例（松井ら，2009）と同様の傾向を示した。ブナの豊凶現象の適応的意義を捕食者飽食仮説で説

明する一事例として考えられる。豊作になる条件として、北海道では開花数の前年比が20倍、山形県では10倍の値が示されている。図-6の秋田県の結果においては、豊作時のデータが少なく、2005年の東成瀬の豊作時（健全堅果生産367個/m²）で616倍、2005年の田沢湖の並作時（同181個/m²）で32倍、2008年の東成瀬の並作時（同111個/m²）で8倍であった。結果に幅があり、基準として具体的な線引きができなかったが、豊作に至る条件として、対前年比おおむね数10倍の開花が必要と考えられた。

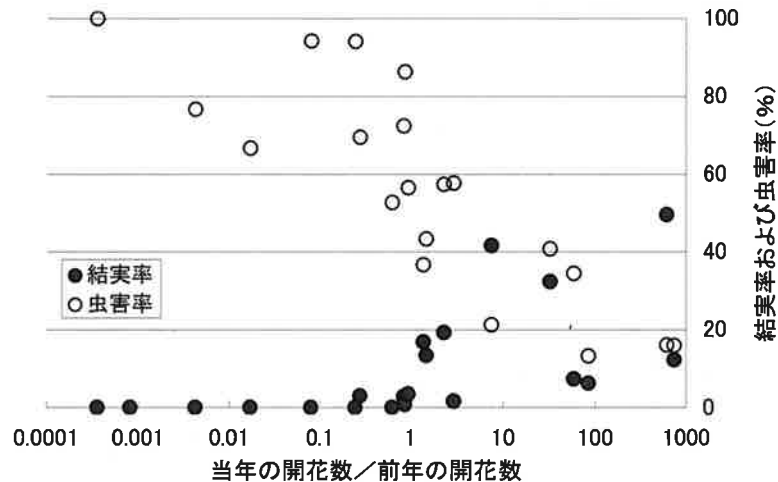


図-6 開花数の前年比と結実率、虫害率の関係

3) ブナの結実と気象要因

ブナの結実豊凶現象は、その同調性から、なんらかの気象要因が働いているとする見方がある。とくに結実前年の花芽の分化期に影響を及ぼす気象要因として、4月下旬から5月までの期間の最低気温とする北海道道南地方の例（今ら，2001）、7月の平均気温が低く、6月の降水量が少なく、5月と7月の蒸発散量が大きいこととする兵庫県氷ノ山での例（谷口，2001）、7月から8月の日最高気温が平年より高い日が続く、かつその年が豊作でない場合とする東北地方の例（正木，2009）などが報告されている。本研究においては、気象観測が行われておらず、詳細な分析はできないが、図-7に示すとおり秋田県における直近3回の豊作年の前年夏（1994年、1999年、2004年）はいずれも猛暑であった（2000年も1999年に続き猛暑であったが、当該年が豊作であったため、翌年の繁殖に必要な貯蔵資源がなく豊作にならなかったと考えられる）。東北地方においては、豊凶が同調する3つのグループが認められ、秋田県内にはこの3つのグループ全てが存在し、それぞれ「夏の高温」、「春の低温」、「両方」の影響を受けるとする最近の研究報告もある（正木，2009）。今後、気象条件との関係についても検討を加えていく必要がある。

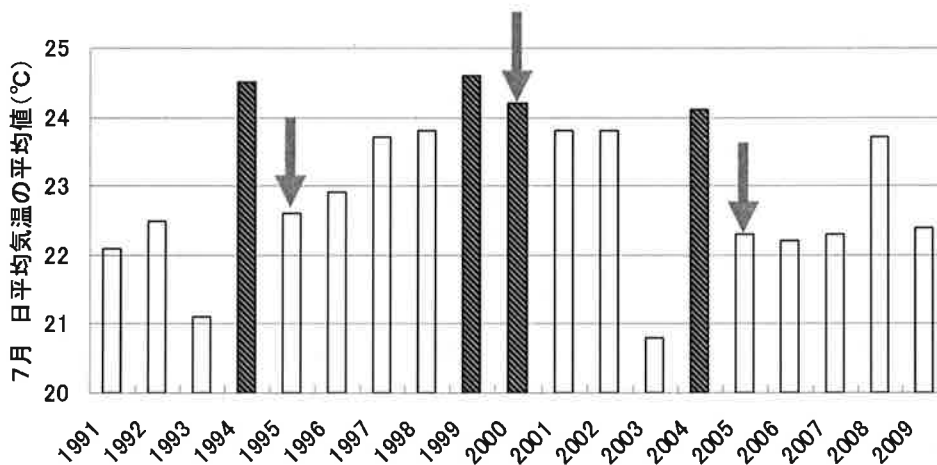


図-7 7月の平均気温とブナの豊凶

※棒グラフ（塗りつぶし）は7月の平均気温が24℃以上の猛暑の年。矢印は豊作年。

4) 秋田県におけるブナの結実豊凶予測

北海道で行われているブナの結実豊凶予測手法（八坂ら，1998；2001；小山ら，2001a）について、秋田県内で試行した。5林分において、延べ23回の予測を行った結果、21回（91%）で予測が的中した。この結果から、北海道で行われている方法が秋田県内でも適用できる可能性が高いものと考えられた。ただし、調査期間中、豊作年が1回しかなかったことから、今後さらなるデータの積み重ねと検証が必要と考えられる。予測をより確実なものとするため、前述の秋田県内の調査で得られた条件を加味し、以下に豊凶予測手法を提案した。気象条件や周期性を勘案することで、より精度が高まるものと考えられる。

- ① 予測前年の秋から予測当年春の開葉前までに、陽樹冠に位置する冬芽を観察し、冬芽に占める花芽の割合（ x ）%を求める。
- ② 図-5の式（ $y = 12.422x$ ）から開花数（ y ）を算出する・・・第1条件。
- ③ 予測前年の開花数（ z ）について、シードトラップによる調査から求める。
※シードトラップによる調査ができない場合には、予測前年の開葉前の冬芽について、①と②の方法で開花数（ z ）を求める。
- ④ 予測当年と予測前年の開花数の比（ y/z ）を求める・・・第2条件。
- ⑤ 第1条件が600個/㎡以上かつ第2条件が20倍以上・・・豊作
第1条件が200個/㎡以上かつ第2条件が1倍以上・・・並作以下（並作の可能性有り）
第1条件が200個/㎡未満または第2条件が1倍未満・・・凶作
（※第2条件の20倍の値は北海道の基準を暫定的に使用。）

3. ミズナラの結実実態

1) 近年のミズナラの結実動向

ミズナラの健全堅果の落下は、早いもので8月下旬に始まり、本格的には10月であった。2002～2008年の7年間（東成瀬は2004年からの5年間）のうち、健全堅果が20個/m²以上生産された豊作年は田沢湖で4回、八森で3回、鳥海で2回、東成瀬で1回認められた（図-8）。単純計算すると豊作は2～5年に1回、平均2～3年に1回の割合で訪れており、ブナに比べ豊作に至る周期は短かった。豊作の基準や定義が共通でないため単純に比較はできないが、豊作の到来間隔が2～3年であったとされる北海道雨竜地方での観測例（倉本ら、1995）とよく一致した。しかし、豊作が12年に1回の割合であったとされる岩手県での観測例（金指・正木、2006）とは一致しなかった。健全堅果が5個/m²未満となる凶作年については、八森と鳥海で3回、田沢湖で1回、東成瀬で2回であり、ブナと比べて凶作になる頻度は少なかった。図-8に示すとおり、豊凶の調査地間での同調性は認められず、地域によって豊凶が大きく異なる場合もあった。2008年を除き、いずれかの調査地で豊作が認められた。ミズナラの豊凶は数kmから数10kmまで、さまざまな空間規模で複雑に変化するとの指摘もあり（金指・正木、2006）、秋田県下においても地域性があるものと推察された。結実数が多い年の翌年は急激に結実数が減少することから、ブナと同様、ミズナラも開花や結実に伴う資源制約の影響を受けるものと考えられた。ミズナラの結実豊凶予測の技術は確立していないが、豊作年の翌年は豊作になりやすく、凶作になる確率が高いと考えられた。豊作は凶作年の後に訪れると考えられるが、凶作年の翌年も続けて凶作となるケースがあり、必ずしも豊作にはならない。気象条件など、豊作に至るなんらかの要因があるものと考えられる。ミズナラもシギゾウムシ類などの種子食昆虫による食害をうけることが多く、これら昆虫の動態が豊凶に影響を及ぼしている可能性がある。ただ、食害を受ければ発芽能力を失うブナに対し、ミズナラは胚軸と幼根が無事であれば発芽することが可能であり、食害イコール非健全として扱うことができない。ミズナラはブナと比べ堅果の健全性の判定が難しい場合もあり、また、豊凶の同調性や規則性が不明瞭であり、もう少し長期の観測から豊凶に関わる要因を検討していく必要がある。

2) ミズナラとブナ相互の結実の関係

近接するミズナラ林とブナ林において、両樹種相互の結実の関係を図-9に示した。相関関係は認められず（ $p > 0.05$ ）、ミズナラとブナとでは豊凶に至る仕組みや要因がそれぞれ異なるものと考えられた。両樹種がともに凶作になる事例は認められたものの、ともに豊作になる事例は観測されなかった。ただし、一方が凶作の場合に一方が豊作になる場合が比較的多く観察された。このことは、両樹種を餌資源とする種子食者（ツキノワグマやノネズミなど）にとって、餌不足を回避する危険分散として貢献するものと考えられた。ブナとミズナラ相互の種子の豊凶関係が、種子食者の動態さらに更新にも影響を及ぼしている可能性がある。

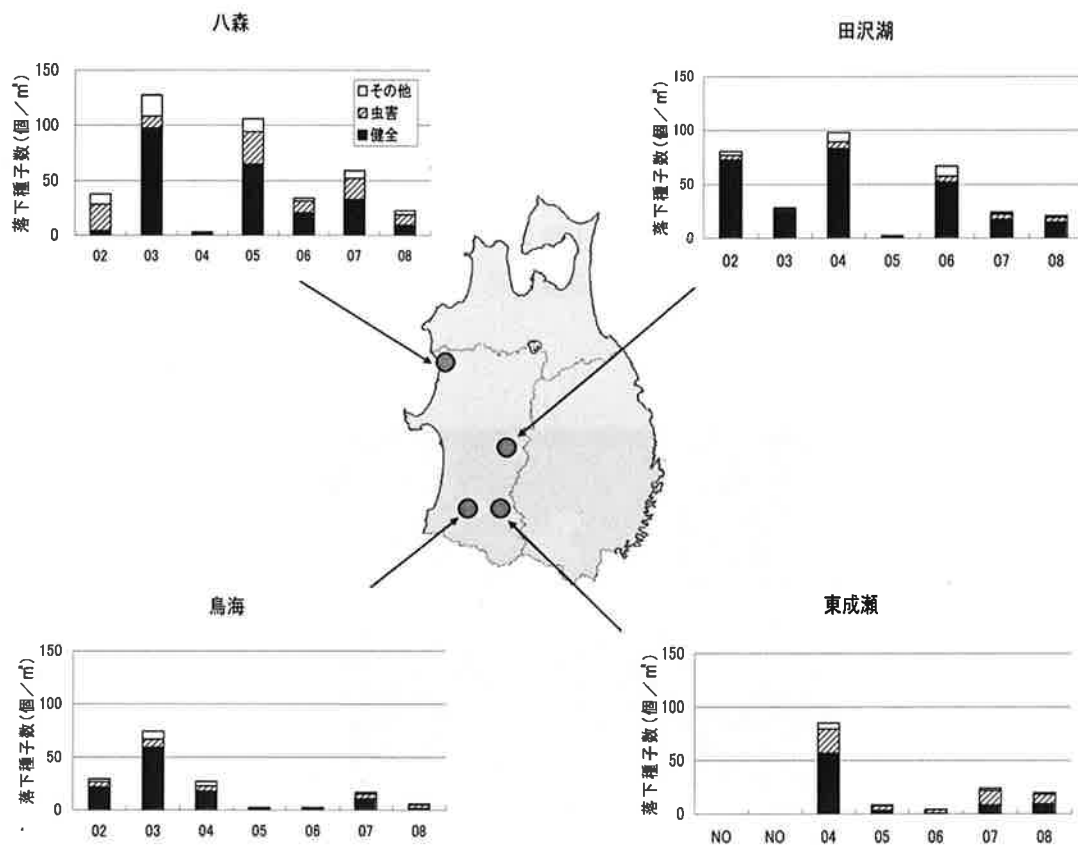


図-8 2002年～2008年のミズナラの結実動向
東成瀬は2004年から観測。

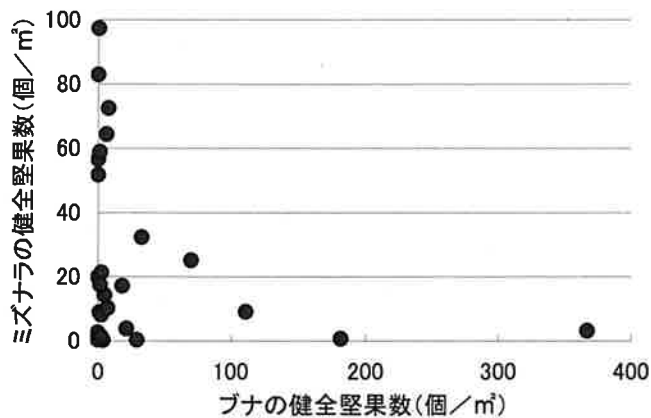


図-9 近接するミズナラ林ブナ林と健全堅果数の関係
2002～2008年の八森、田沢湖、鳥海および2004年～2008年の東成瀬

IV. おわりに

本報告では、秋田県内における2002年～2008年までのブナおよびミズナラの結実状況を解析し、ブナについては豊凶予測について検討を行った。

2004年当時、秋田県では森吉山麓高原自然再生事業が計画されており、広大な牧場跡地をブナ林に再生させる目的で、地域産ブナによる植栽用苗木の生産が計画されていた。2005年、森吉山ではブナが大豊作となったが、この豊作については2004年に予測され、種子の採取や育苗が計画的かつ効率的に行われた。結果として事業の推進に大きく貢献することができた（写真-2）。



写真-2 ブナ林再生用の苗木の育苗
森吉山麓高原における2005年豊作時の種子による。

2001年と2004年、秋田県内ではツキノワグマの出没がマスコミを賑わし、問題化した。ツキノワグマの出没とブナの豊凶にはなんらかの因果関係があると考えられており、ブナが凶作であればツキノワグマが多く出没する例が秋田県では顕著であった（岡，2004；2005；2009）。この事実は、ブナの豊凶を予測ができればツキノワグマの出没を予測できることを意味する。2005年当時、秋田県ではブナが豊作となり、2006年には確実に凶作になることが予測されていた。この予測をもとに、秋田県では2006年3月、「ツキノワグマの出没に関する注意報」を初めて発令した。結果、予測どおり大量出没し、人身被害が多発した（図-10）。注意報発令の効果は検証できないが、県民に対する注意の喚起に役立ったものと考えられる。ブナの豊作とツキノワグマの出没には規則性があり、豊作の翌年（1年後）と4年後に人身被害が多発し、問題化する場合が多い（図-10）。その原因は明らかでないが、ブナの豊作がツキノワグマの繁殖に影響を及ぼしているものと推察される。ツキノワグマの出没には、ブナの凶作だけではなく、豊作がトリガーとなっているのかもしれない。

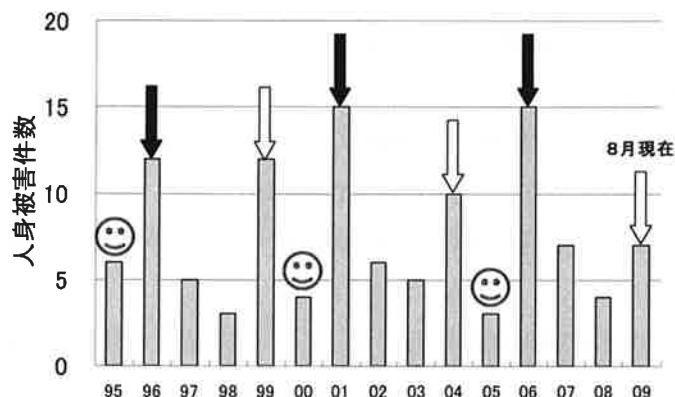


図-10 ツキノワグマによる人身被害件数とブナの豊作年

1995年、2000年、2005年が豊作、黒矢印は豊作から1年後、白矢印は豊作から4年後。

こうした事例が示すように、広葉樹の結実に関するモニタリングは、森林の動態を理解するということだけにとどまらず、様々な分野に有益な情報を提供できる可能性を有している。長期の観測によって、これまで見えてこなかった事実が明らかとなる可能性がある。今後、さらなるデータの蓄積によって、結実豊凶をもたらす要因の究明と予測精度の向上が期待される。

謝 辞

八峰町役場、仙北市役所（生保内財産区）、東成瀬村役場ならびに由利地域振興局の関係各位には、調査地の提供にご協力いただいた。森林総合研究所東北支所の正木隆博士（現森林総合研究所）には、シートトラップによる落下種子の調査方法等についてご教示いただいた。山形大学農学部の小山浩正博士には、ブナの結実豊凶予測手法についてご教示いただいた。ここに深く謝意を表す。

引用文献

- 橋詰隼人(1994)主要広葉樹林の育成。(造林学。堤利夫編、文永堂出版、東京)。103-179.
- 今田盛生・中井武司・中村剛・馬淵哲也・高橋陽一(1990)ミズナラ天然林における20年間の堅果落下量(英文)。日林誌 72(5): 426-430.
- 金指達郎・正木隆(2006)ミズナラはブナよりも豊凶の差が大きい?。森林総合研究所東北支所フォレストウインズ 24.
- 今博計・小山浩正・寺澤和彦・八坂通泰・長坂有(2001)ブナの新しい更新技術(V)ー開花量を気象データで予測するー。北方林業 53(12): 275-278.
- 小山浩正・八坂通泰・寺澤和彦・今博計(2000)かき起こしのタイミングがブナ天然更新の成否に与える影響ー豊凶予測手法の導入の有効性ー。日林誌 82(1): 39-43.

- 小山浩正・今博計・寺澤和彦・八坂通泰(2001a) ブナの新しい更新技術(Ⅰ) —どこでもできるブナの豊凶予測手法—. 北方林業 53(7) 145-150.
- 小山浩正・寺澤和彦・八坂通泰(2001b) ブナの新しい更新技術(Ⅱ) —2年後の凶作を予測する—. 北方林業 53(8): 176-180.
- 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.
- 前田禎三(1988) ブナの更新特性と天然更新技術に関する研究. 宇都宮大学農学部学術報告特輯 46:1-79.
- 正木隆・大住克博・鈴木和次郎(1996) 東北地域におけるブナの結実の豊凶. 森林総合研究所 平成8年度 研究成果選集. 30-31.
- 正木隆(2009) 森林の結実を測り、予測する. (生きものの数の不思議を解き明かす. 日本生態学会編, 文一総合出版, 東京). 18-31.
- 松井太郎・小山浩正・伊藤聡・高橋教夫(2009). 山形県のブナ林における豊凶予測手法の適用と改良の可能性. 森林立地学会誌 51(1):49-55.
- 岡輝樹(2004) 「山が不作の年にはクマが里へ出る」. 森林総合研究所東北支所フォレストウインズ 16.
- 岡輝樹(2005) ツキノワグマの「異常出没」を予測する. 森林総合研究所東北支所研究情報 5(2):1-6.
- 岡輝樹(2009) クマとブナの微妙な関係. (生きものの数の不思議を解き明かす. 日本生態学会編, 文一総合出版, 東京). 32-45.
- 鈴木和次郎(1989) ブナの結実周期と種子生産の地域変異(予報). 森林立地 31(1):7-13.
- 田中浩(1995) ブナはなぜ種子生産量を大きく変動させるのか. 個体群生態学会会報 52: 15-25.
- 谷口真吾(2001) 氷ノ山山系のブナ(*Fagus crenata*)の花芽分化に影響する気象要因の解析. 兵庫県森林技研報 49:13-18.
- 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. 森林立地学会誌 45(1):1-6.
- 寺澤和彦・柳井清治・八坂通泰(1995) ブナの種子生産特性(Ⅰ) —北海道南西部の天然林における1990年から1993年の堅果実の落下量と品質—. 日林誌 77(1): 137-144.
- 和田覚・澤田智志・石田秀雄・小坂淳一(2003) ブナ二次林の間伐効果—秋田県田沢湖試験地の事例—. 東北森林科学会誌 8(1): 10-13.
- 八坂通泰・寺澤和彦・小山浩正(1998) ブナ堅果の豊凶を予測する. 北方林業 50: 97-100.
- 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. 日林誌 83(4): 322-327.