

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19780124

研究課題名（和文） ブナ種子の豊凶現象を引き起こす気象トリガーの検証

研究課題名（英文） Examination of weather triggers causing masting behavior in *Fagus crenata*

研究代表者

今 博計 (KON HIROKAZU)

北海道立林業試験場・森林環境部・研究員

研究者番号：20414253

研究成果の概要：自生地から600km以上離れた場所に植栽されたブナ林において、開花量の年変動を調べ、花芽形成時の気温条件と開花量の関係を解析した結果、ブナは生息地で経験する気温変動を感受して、花芽分化に対する気温の閾値をシフトさせていることが示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000		1,200,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	240,000	2,240,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：林学・林学・森林工学

キーワード：ブナ、豊凶、種子生産、繁殖、同調

1. 研究開始当初の背景

植物個体群の種子生産量が年によって大きく変動し空間的に同調する現象は、種子生産の豊凶現象(マスティング)と呼ばれ、世界中のさまざまな植物種で見られる。なかでも日本の冷温帯林を代表する樹木であるブナは、種子生産に明瞭な豊凶を示し、5年から7年に1度、一斉に開花・結実し豊作になることが知られている。こうした種子生産の豊凶現象は、植物自身の繁殖成功に大きく影響するほか、種子を食料とする動物をとおして生態系へ影響が波及するため、近年多くの生態学者が注目している。

本研究の申請者らの研究グループは、1990年から15年以上にわたって、北海道南西部の5カ所のブナ天然林においてブナの開花・

結実量の調査を継続して行っている。これまでのところブナの種子生産数の年変動は、資源動態によって説明され、その同調には開花の合図として、花芽形成期の気温条件（開花前年の4月下旬から5月中旬の最低気温）が働いていることを示唆してきた。そして、この種子生産数の調整メカニズムは、マスティングの究極要因（進化的意味）である散布前の種子捕食の回避に対応した巧妙な仕組みであることも示唆してきた。しかし、ブナのマスティング至近要因については、まだ検討すべき重要な課題が残っている。

第一の課題は、ブナが4月下旬から5月中旬の最低気温をどのように感受しているのかについてである。一般に、花芽分化を引き起こす気温条件は、気温の絶対値ではなく生

育地で経験する平均的な気温からの偏差であると考えられている。なぜなら温帯に生育する植物の場合、生育地の気温は標高や緯度によって大きく異なるからである。もし、ブナの花芽分化が気温の絶対値によって影響を受けているならば、10~100km オーダーの広範囲にわたった開花や結実の同調は起こらないはずである。したがって、ブナは4月下旬~5月中旬の最低気温の平年値からのずれを認識していると考えられる。また、このことを解明できれば、急速に進行しつつある地球温暖化の影響を評価するうえで有益な情報を提供できるはずである。

第二の課題は、他の地域におけるブナのマस्टィングの至近要因の解明である。これまでの研究で提示された4~5月の最低気温(気温合図説)が、近年、東北地方や石川県白山など各地のブナ林で検証され始めている。しかし、4~5月の最低気温が開花の合図になっていることを支持する結果は得られておらず、他地域では別の気象条件が合図になっている可能性も考えられる。

2. 研究の目的

(1) ブナは一定の頻度で起こる気温条件を開花制御のトリガーとして利用するため、それぞれの個体が生育地で経験する気温変動を感受して、それに応じて開花を制御していると考えられる。ここでは、以上の仮説を検証するため、自生地(種子産地)から北東へ600km以上離れた場所に植栽されたブナ個体群において、ブナの開花・結実量の年次変動を調べ、花芽形成時の気温条件と種子生産量の関係を明らかにすることを目的とする。

(2) 北海道以外の地域では、繁殖休止の合図となる気象条件が、4月下旬~5月中旬の最低気温とは別である可能性がある。ここでは、過去に報告された東北地方でのブナの結実記録を利用して、豊凶現象を引き起こす気象条件を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 江別市西野幌のブナ人工林(53本、密度901本/ha、平均樹高20m、平均胸高直径38.3cm、種子産地は新潟県魚沼市栃尾又、明治末期植栽)において、ブナの開花・結実状況を明らかにするため、2006年4月から2008年11月まで受け口面積0.5㎡の種子トラップを12基設置し、2週間から1カ月ごとに内容物の回収と分類を行った。

雌花序痕により2007年以前の種子生産量を推定するため、2007年9月に高枝切りハサミ(長さ12m)を用いて、8個体から計38本の繁殖枝を採取した。採取した枝は実験室に持ち帰った後、雌花序痕と芽隣痕を判読し、年ごとの雌花序痕率(雌花序痕数/シュート

数)を求めた。

調査地に最寄りの長沼のアメダス観測点の気象データを用いて、雌花序痕率と気象条件との関係を比較した。

(2) 福島県磐梯山におけるブナの結実データ(1976~1992年; Hiroki and Matsubara 1995)とブナ結実状況データベース(1989年~; 森林総合研究所)に基づき、1976年、1984年、1990年、1995年、2000年、2005年を豊作年とした。磐梯山に最寄りの鷲倉のアメダス観測点の気象データを用いて、これら豊作年の2年前と1年前の気温条件を比較した。4月から7月までの10日間ごとの平均日最高気温、平均日最低気温を解析対象とした。ただし、1978年以前は気象データ資料がないため、1976年の豊作は解析から除外した。

4. 研究成果

(1) 江別ブナ人工林での検証

① 2006年から2008年の種子生産数は、少(0.67個/㎡)、多(214個/㎡)、少(22.3個/㎡)と大きく変動した(図1)。しかし、落下した種子の大部分は虫害種子であり、2006年から2008年の虫害率はそれぞれ100%、68.9%、97.0%であった。加害が最も大きい種は、ジェネラリストであるナナスジナミシヤクと推定され、虫害種子の54~100%を占めた。一方、スペシャリストのブナヒメシヤクと推定された加害も次いで

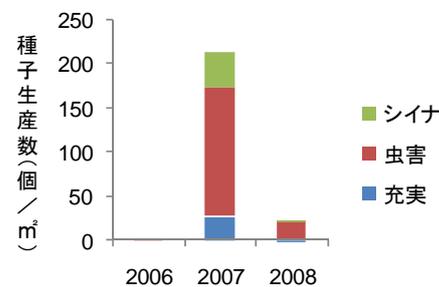


図1 品質別の種子数の変動

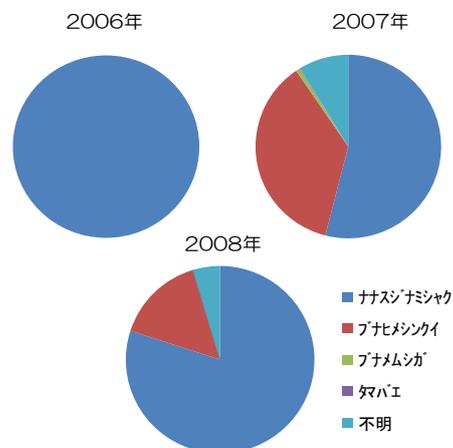


図2 虫害種子の昆虫種別割合

大きく 0~36%であった。

2006年から2008年の充実種子率はそれぞれ 0%、7.3%、1.3%と変動し、虫害率が低い 2007年に充実率が高くなった。これは自生地の分域外のブナ個体群においても、捕食者飽食効果が存在することを示唆していた。

今回の調査では、スペシャリスト昆虫であるブナヒメシクイと推定される食害痕が観察されたが、これが確かであれば、自生地外にブナが隔離分布する場所においてもブナヒメシクイが生育可能なことを意味する。一年一世代のブナヒメシクイの場合、ブナが完全に繁殖しない年を経験すると、個体群が絶滅してしまうことになる。これまでブナヒメシクイの休眠性については、議論されてきたことがなかったが、もしかすると、江別のブナ人工林では、ブナ自然林に比べて長期休眠する個体の割合が多い可能性もある。今後は、ブナヒメシクイの同定も含め、休眠性についての調査が必要と考えられる。

② 各年枝に残された雌花序痕を数えて、開花量の個体レベルの年変動を調べた結果、ブナの雌花序は2年連続して大量に生産されることはなく、大量開花の後には少なくとも1年間、個体によっては2年間、繁殖量を少なくしていることが明らかになった(図3)。

また、雌花序痕率は個体や年により大きな変動を示していた。例えば、比較的繁殖量が多い2005年においても、8個体中2個体では雌花序痕率が低く、全ての個体が同調して開花してはいなかった。それに対して、繁殖量の少ない年(2001年、2006年)は、個体間で同調しており、開花抑制に何らかの気象条件が関係していることを示唆していた。

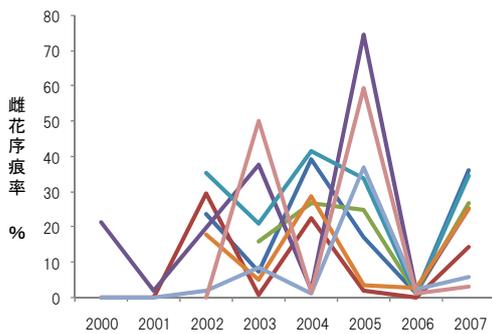


図3 8個体の雌花序痕率の年変動

③ 開花量が樹体内の貯蔵資源量によって影響を受けているかどうかを検証するため、前年の雌花序痕率と当年の雌花序痕率との関係を調べた。その結果、負の相関関係が認められた(図4; $r=0.34$, $p=0.024$)。このことは、ブナが体内に蓄積された資源量に応じて種子生産を行っていることを示唆しており、繁殖の変動メカニズムを説明する仮説とし

て最も有力視されている物質収支モデルを支持していた。

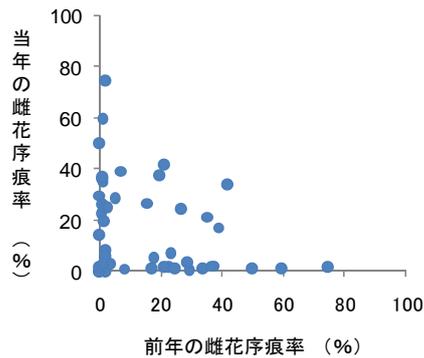


図4 前年の繁殖量と当年の繁殖量の関係、ブナ8個体(2000年~2007年)

④ 開花抑制に関係する気象条件を明らかにするため、雌花序痕率と花芽分化期(4月下旬から5月中旬)の日最低気温との関係を調べた。その結果、日最低気温が平年よりも 2°C 以上高い年の翌年に開花が抑制されていることが明らかになった(図5)。この結果は、北海道南西部のブナ林で、平年より 1°C 以上高いと繁殖が休止するというこれまでの報告と同じであり、ブナの種子生産における気象合図説を支持していた。

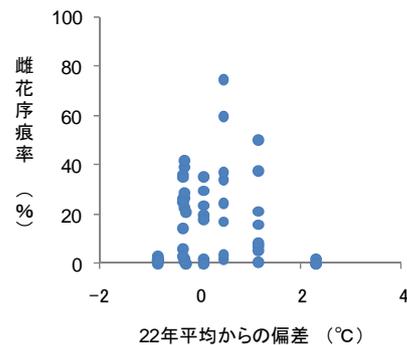


図5 開花前年の4月下旬から5月中旬の日最低気温と繁殖量との関係、ブナ8個体(2000年~2007年)

以上のように、自生地(種子産地)から北東へ600km以上離れた場所に植栽されたブナ個体群においても、種子生産の年変動が、その地域(北海道)の個体群と同様に、特定の時期の気温変動に対応していたという結果は、ブナは生息地で経験する気温変動を感受して、花芽分化に対する気温の閾値をシフトさせていることを示していた。

(2) 東北地方のブナ豊凶記録による検証

5回の豊作年のうち、1984年と2000年の2回は2年前の4月下旬~5月中旬の日最低気温が著しく高く、それぞれ平年値(1979~2000年の22年間の平均)の $+2.2^{\circ}\text{C}$ 、 $+3.1^{\circ}\text{C}$ であった(表1、図6)。この結果は、本州のブナにおいても、4月下旬~5月中旬の気象

表1. 豊作年の1年前と2年前における春の最低気温と初夏の最高気温の平年値(22年平均)からの較差

Mast year	4/21-5/20最低気温の平年差(°C)		7月最高気温の平年差(°C)	
	Year -1	Year -2	Year -1	Year -2
1984	0.63	2.20	-1.57	-1.23
1990	-0.67	-1.07	-0.60	-3.17
1995	-0.03	-1.77	2.20	-2.60
2000	0.43	3.10	0.63	0.43
2005	0.20	0.67	2.50	-2.33

条件を合図に繁殖が休止し、その結果、翌年に大量結実していることを示していた。一方、1990年、1995年、2005年の3回は、2年前の7月の日最高気温がそれぞれ平年値の-3.2°C、-2.6°C、-2.3°Cであり、冷夏の年にあたっていた(表1、図6)。一般に、繁殖には何らかの貯蔵資源が必要であることが知られているが、ブナでは花芽分化時期の資源のインプットが少ないことによっても、繁殖休止が生じると考えられた。したがって、4月下旬から5月中旬の日最低気温のほか、7月の日最高気温も、ブナの繁殖休止の合図となっていると考えられ、複数の合図が存在することが示された。

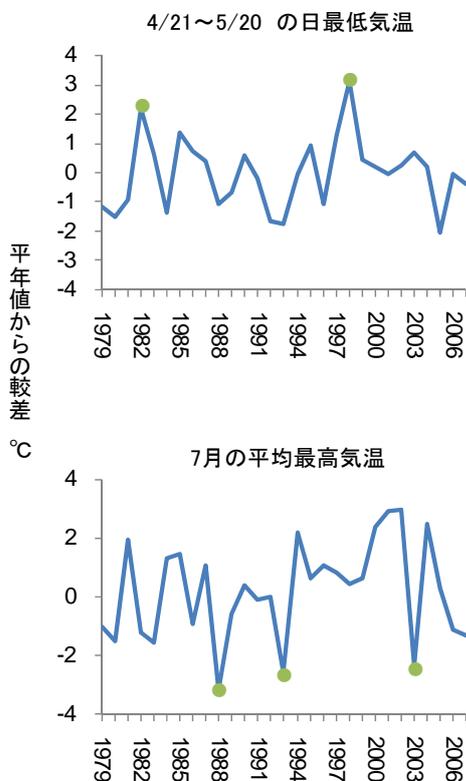


図6 4月21日から5月20日の日最低気温と7月の平均最高気温の年変動
●は2年後に豊作になった年

5. 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計3件)

- ①H. Kon, Experimental investigation on weather cues for mast seeding of *Fagus crenata*, Ecological Research, 22, 802-806, 2007、有
- ②今 博計、ブナにおけるマस्टィングの適応的意義とそのメカニズム、北海道林業試験場研究報告、46、53-83、2009、有
- ③H. Kon, Effect of weather conditions on mast seeding in *Fagus crenata* in northern Japan, Proceedings The 8th IUFRO International Beech Symposium, 169-171、2008、無

〔学会発表〕(計1件)

- ①今 博計、ブナにおけるマस्टィングの至近要因、日本森林学会、2008年3月28日、東京農工大学

〔図書〕(計2件)

- ①今 博計、文一総合出版、ブナ林再生の応用生態学、2008、15-51
- ②今 博計、北方林業会、北方林業創立60周年誌：北の森づくり Q&A、52-53、2009

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.hfri.pref.hokkaido.jp/kanko/nempo/nempo.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今 博計 (KON HIROKAZU)

北海道立林業試験場・森林環境部・研究員

研究者番号：20414253