

平成 21 年 4 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18580155
 研究課題名（和文）窒素および炭水化物の貯蔵機能の評価に基づくブナ林堅果の豊凶作のメカニズムの解明
 研究課題名（英文）Estimation of internal storage of nitrogen and carbohydrate and its relation to mastering in *Fagus crenata*

研究代表者
 韓 慶民（HAN QINGMIN）
 独立行政法人森林総合研究所・植物生態研究領域・主任研究員
 研究者番号：40391180

研究成果の概要：

ブナ結実の豊作年には、窒素化合物が種子に優先的に分配されるために花芽分化が阻害され、その翌年は凶作になることがわかった。また、結実の周期は、窒素と非構造的炭水化物資源の体内貯蔵量に関係していた。豊作の指標として、枝に貯蔵される窒素量と根に貯蔵される非構造的炭水化物量の変化が利用できることが示唆された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,100,000	0	1,100,000
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	690,000	4,090,000

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：結実豊凶作、生理的統合、炭水化物、窒素、貯蔵機能、光合成

1. 研究開始当初の背景

(1) 樹木の結実豊凶現象（マスティング）は古くから知られているが、その生理メカニズムはまだ明らかになっていない。捕食者飽食、風媒受粉の効率、気象条件の影響、資源適合などの仮説が提示されたが、どの仮説も結実豊凶現象を完全には説明し切れていない。

(2) 資源適合仮説によると、樹体内に貯蔵してきた炭水化物は結実年に大量消費され、その再蓄積に数年かかる。しかし、種子生産に関わる炭水化物は樹体内貯蔵炭水化物より、主として当年の光合成生産に由来するとい

うことが近年報告された。

(3) 光合成生産は葉の窒素量と正の相関がある。また、葉の窒素源は樹体内貯蔵に大きく依存する。さらに、繁殖器官への窒素分配量は、豊作年のリターフォールの窒素含有量の半分を占める。これらのことから、結実の豊凶作は樹体内の窒素貯蔵機能に関係があると考えられる。

2. 研究の目的

樹木結実の豊凶作に関する窒素制限仮説を検証するために、2005年が豊作年であつ

た苗場山ブナ林を対象として

(1) 結実による樹体内窒素の貯蔵機能への影響および結実後の窒素循環系の回復過程を明らかにする。

(2) 結実による樹木各器官の非構造化炭水化物量の変化および結実後の非構造化炭水化物量の回復過程を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 調査対象は標高 550、900、1500mに生育する苗場山ブナ林である。豊作年（2005年）に結実した 3-6 個体を供試木に選定した。

(2) 供試木の陽樹冠から 5 年生以上の枝 2 本を採取し、冬芽・葉・年ごとに枝を分類した。また、成長錐を用いて、幹・裸出根から 4cm のコアを採り、1cm ごとに分けた。サンプリングは展葉期、葉の成熟期、落葉前と落葉後の 4 回行った。

(3) 上記のサンプルをミルで粉碎し、窒素濃度と非構造化炭水化物濃度（可溶性糖分とデンプン）の分析を行った。

4. 研究成果

(1) 結実による冬芽サイズ、その窒素量および花芽分化への影響：結実による冬芽サイズ、窒素量および花芽分化への影響：2005 年に豊作となった苗場山ブナ林は 2006 年には不作となった。冬芽には花芽に分化するものと葉芽に分化するものがある。豊作年に形成された冬芽は、どの標高においてもすべて葉芽であったが、翌年の標高 550、1500m のブナ

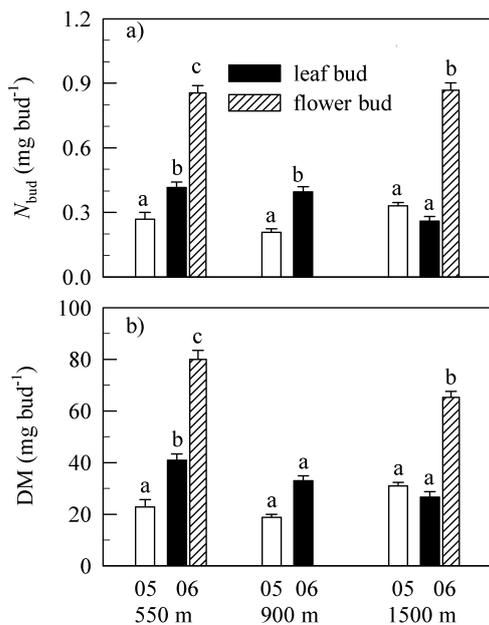


図 1. 冬芽あたりの窒素量と乾重量

林では、花芽を分化する個体も見られた。花芽の乾重量および窒素量は葉芽よりも 1.5-2.0 倍多かった (図 1)。ブナのシュート伸長は固定成長型であり、葉の枚数やシュート伸長などは冬芽の段階ですでに決まっている。このため、花芽の分化には葉芽の形成よりも 1.5-2.0 倍の窒素および炭水化物が必要であることが示された。また、樹冠内にある繁殖枝と非繁殖枝における当年枝単位の葉の枚数を測定した結果、結実による枝あたり葉の枚数の変化は見られなかった (図 2)。さらに、葉痕解読により枝単位の葉の枚数を 3 年枝まで遡って明らかにした。これによって、豊作年には枝あたり葉の枚数が減少していることがわかった (図 3)。豊作年の葉のリター量が減少していたことからこの結果が支持された (図 4)。以上の結果から、豊作年における窒素化合物の種子への優先分配は、花芽分化を阻害することがわかった。したがって、豊作年の翌年は凶作となった。

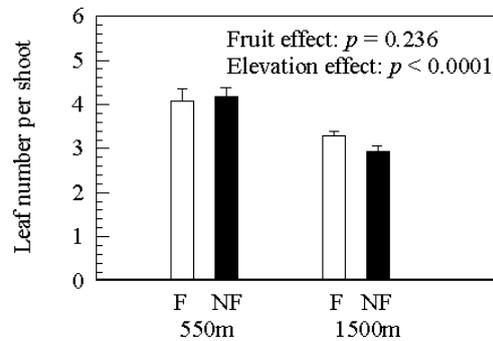


図 2 繁殖枝 (F) と非繁殖枝 (NF) あたりの葉の枚数の比較

(2) 非同化器官の窒素濃度の季節変化および結実の影響：非同化器官の窒素濃度は、枝、根、幹の順で高かった。また、枝の窒素濃度は枝の加齢とともに低下した。枝の窒素濃度の季節変化としては、各年次枝とも展葉期に低下が見られた。これは、展葉期における葉への窒素転流に起因するものと考えられる。また、土壌からの吸い上げや落葉前の葉からの窒素回収によって、枝の窒素濃度は生育シーズン後期に増加した。休眠期における枝の窒素濃度は 2005 年の豊作年以降、年々増加する経年変化パターンを示した。一方、幹と根の窒素濃度には顕著な季節変化及び経年変化が見られなかったものの、窒素濃度は形成層や師部などを含む表層に高かった。従って、ブナの主たる窒素貯蔵器官は枝であることがわかった。

(3) 各非同化器官の非構造化炭水化物 (NSC) の季節変化および結実の影響：NSC 濃度は、年間を通して、枝、根、幹の順で高かったが、

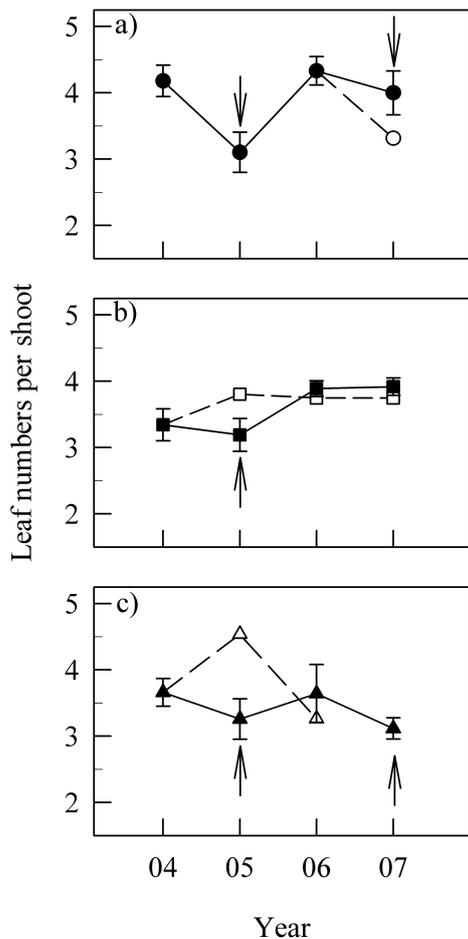


図3 豊作による枝あたりの葉の枚数への影響。白抜け：無結実個体、黒塗り：結実個体；標高 a) 550、b) 900、c) 1500m

その差は小さく、幹・根の貯蔵炭水化物量も無視できないことが示された。幹・根の可溶性糖分はコアの深度間で差がないのに対して、デンプンは最外層で顕著な貯留が見られた。この結果から、根・幹では、辺材の外層が主な炭水化物貯蔵部位であることが示唆された。糖分濃度は生育シーズンを通じて上昇していたのに対し、デンプン濃度はシーズン初期に大きく上昇し、落葉休眠期に低下した。幹・根のNSC濃度は豊作年以降、年々上昇しており、炭水化物の貯蔵器官としては枝・幹・根とも機能していることがわかった。

(4) 結実後の樹体内の窒素および炭水化物の貯蔵量の回復：個体レベルの窒素と炭水化物の貯蔵量は豊作年以降年々増加したことから、ブナの豊作はこれら資源の体内貯蔵機能による影響を受けていることが明らかとなった。花芽は結実の前年に分化されることから、今後、次の豊作年まで継続測定を行うことによって、豊作の誘導に必要な樹体内窒素と炭水化物貯蔵量の閾値の解明が期待で

きる。一方、個体の窒素貯蔵容量が豊作年よりも、その翌年の凶作年に最も低かったことは予想外の結果であった。窒素資源の樹体内再蓄積には土壌から窒素供給も重要であることが本研究からわかった。

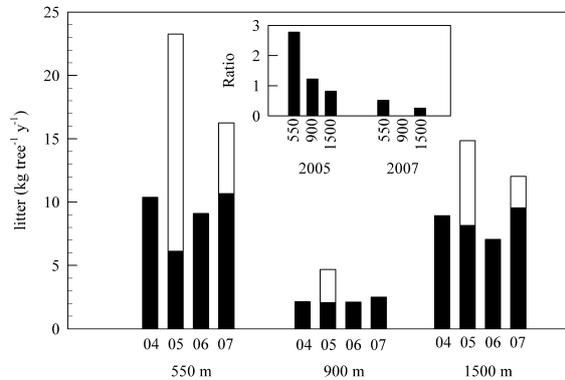


図4 豊作によるリター量の影響

(5) 残された課題：種子は全てが発芽するわけではなく、発芽しない種子が約8割ある。また、発芽後も、菌害などによって実生の約9割がその年に枯死する。未発芽の種子および発芽当年に枯死した実生はリターに供給される。ブナ林のリター分解には数年かかるため、未発芽種子および枯死実生は一時的な窒素プールとして機能し、土壌への窒素還元には1年以上のタイムラグを生じさせ得る。このように樹木の豊作年とそれに伴う資源収支のメカニズムを解明するためには、樹体内の貯蔵だけでなく、土壌-植物間の収支を含めた一連の窒素循環系を定量的に解明する必要があり、次の研究課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- ① Han Qingmin, Kabeya Daisuke, Iio Atsuhiko, Kakubari Yoshitaka, Masting in *Fagus crenata* and its influence on the nitrogen content and dry mass of winter buds, *Tree Physiology*, 28, 1269–1276, 2008、査読有

〔学会発表〕(計 7 件)

- ① 韓慶民、壁谷大介、飯尾淳弘、角張嘉孝、山本昭範、ブナ林堅果豊凶作のメカニズムの解明—樹体内における貯蔵窒素量の経年変化について—、日本森林学会大会学術講演集、

- 2009年3月27日、京都
- ② Han Qingmin、Kabeya Daisuke、Iio Astuhiro、Yamamoto Akinori、Kakubari Yoshitaka、Variation in nitrogen content in different organs of *Fagus crenata* trees after the masting event、The 8th IUFRO International Beech symposium, “Ecology and Silviculture of Beech”. 8-13 September 2008、Nanae、Japan
- ③ Kabeya Daisuke、Han Qingmin、Iio Astuhiro、Yamamoto Akinori、Kakubari Yoshitaka、Inter- and intra-year variation in nonstructural carbohydrates content in different organs of *Fagus crenata* trees after the masting event、The 8th IUFRO International Beech symposium, “Ecology and Silviculture of Beech”、8-13 September 2008、Nanae、Japan
- ④ Chiba Yukihiro、Migita Chiharu、Han Qingmin、Simulation of photosynthetic production of beech (*Fagus crenata*) trees affected by temperature oscillation amplitude. “Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health: A Review of Science, Policies, and Practices”、25-28 August 2008、Umeå、Sweden
- ⑤ Han Qingmin、Kabeya Daisuke、Iio Atsuhiro、Kakubari Yoshitaka、Masting decreased the amount but not concentration of nitrogen in the winter buds of *Fagus crenata* trees、第55回日本生態学会大会、2008年3月17日、福岡
- ⑥ 壁谷 大介、韓慶民、飯尾淳弘、角張嘉孝、苗場山のブナにおける2005年豊作後の貯蔵炭水化物の変動、第55回日本生態学会大会、2008年3月17日、福岡
- ⑦ Han Qingmin、Chiba Yukihiro、Seasonal changes in the temperature response of photosynthesis in leaves with different types of shoot development、14th International Congress of Photosynthesis、2007.07.25、Glasgow、UK

6. 研究組織

(1) 研究代表者

韓 慶民 (HAN QINGMIN)

独立行政法人森林総合研究所・植物生態研究領域・主任研究員

研究者番号：40391180

(2) 研究分担者

壁谷 大介 (KABEYA DAISUKE)

独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・主任研究員

研究者番号：30353650

(2006～2007年度)

千葉 幸弘 (CHIBA YUKIHIRO)

独立行政法人森林総合研究所・植物生態研究領域・室長

研究者番号：90353771

(2006～2007年度)

角張 嘉孝 (KAKUBARI YOSHITAKA)

静岡大学・農学部・教授

研究者番号：60126026

(2006～2007年度)

(3) 連携研究者

壁谷 大介 (KABEYA DAISUKE)

独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・主任研究員

研究者番号：30353650

(2008年度)

千葉 幸弘 (CHIBA YUKIHIRO)

独立行政法人森林総合研究所・植物生態研究領域・室長

研究者番号：90353771

(2008年度)

角張 嘉孝 (KAKUBARI YOSHITAKA)

静岡大学・農学部・教授

研究者番号：60126026

(2008年度)