



東京大学秩父演習林内のブナ調査

# 地域性種苗生産のための 広葉樹の採種マニュアル

## 附録

### 県内天然及び植栽ブナ の遺伝的多様性

埼玉県寄居林業事務所 森林研究室

令和2年3月

ウノタワ付近の調査地

# 地域性種苗生産のための広葉樹の採種

## 1 はじめに

林業上有用とされるスギ・ヒノキ等は林業種苗法により苗木の移動範囲の制限がありますが、水源林など自然度の高い地域にも植栽される広葉樹では制限がありません。一方、埼玉県は全国的な緑化木の集散地であり、郷土樹種も全国から苗木を入手できてしまい、植栽によって知らないうちに遺伝的な攪乱を引き起こす可能性があります。

もう少し詳しく見ると、森林の①分断化、②集団サイズの縮小（個体

数の減少）、③遺伝子攪乱が種（内）の遺伝的多様性の減少の原因となります。①ではそれまでの進化プロセスが変わってしまう、②では遺伝的な多様性が代を重ねるにつれ縮小し適応度が著しく低下し多様性が縮小するスパイラルに陥る、また③では遺伝的に隔たった系統間の交配により適応度の低下や地域の歴史の中で形成されてきた遺伝構造の変化が問題とされています（井出・白石 2012）。なお、遺伝的多様性のうち、①・②に係わる多様性は「遺伝的変異」といい、③に係わる多様性を「地理的変異」などと言います。

水源地など自然度の高い地域への植栽に適した苗木を生産するには、これらを考慮した遺伝的多様性を重視すべきで、このような地域性種苗※の生産に有効な採種方法について説明します。また、ブナ・イヌブナ・ミズナラ・コナラ・ケヤキ・イタヤカエデの6樹種については樹種ごとの「遺伝的多様性の特性」と「採種母樹林の情報及び採種時の注意」、「県内の採種母樹林の例」について記述しました。

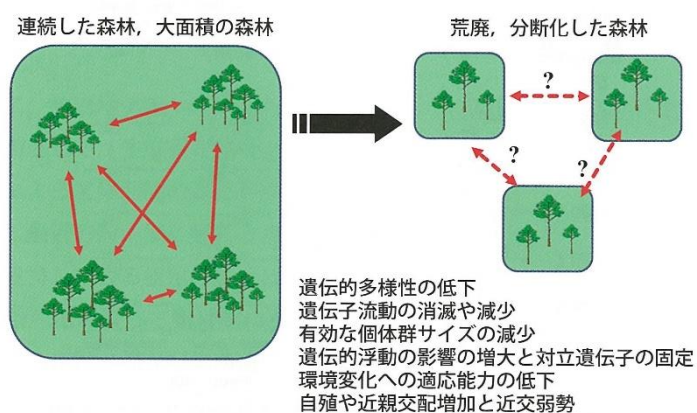
附録では、水源地域など自然度の高い地域の植栽木としてシンボリックに扱われ、国内での地理・地域的な変異が多く分化の進んでいるブナについて、県内の天然木及び植栽された個体の遺伝的多様性を調査し、評価しました。これは遺伝的多様性の標準的な遺伝学的方法であり、県内に点・線状に残存する天然林集団や苗木の集散地である埼玉県における入手法の異なる苗木で実施された植栽地での調査の結果です。

### 地域性種苗とは

「地域性系統（※1）をベースに生産された種苗。当面、市町村より下位の地域スケールで原産地が特定され、生産経過が明らかな種苗のみを認める。従来、「郷土産郷土種」と呼ばれていたものはこれにあたる。」（日本緑化工学会（2002）「生物多様性保全のための緑化植物の取り扱い方に関する提言」（<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsrt/tech/teigen2002.html>））とされていますが、このパンフレットでは本文の「遺伝的変異」と「地理的変異」を合わせた遺伝的多様性を考慮した種苗とします。

※1 地域性系統：自生種（※2）のうち、ある地域の遺伝子プールを共有する系統。遺伝子型とともに、形態や生理学的特性などの表現型や生態的地位にも類似性・同一性が認められる集団をさす。（筆者注 本文の「地理的変異」を考慮した系統（集団）と言い換えられる。）

※2 自生種：自然分布している範囲内に分布する種、亜種又はそれ以下の分類群をさす。



（井出・白石 2012）

## 2 採種方法

遺伝的多様性を考慮した苗木を生産するための採種方法については、上記で述べたように種苗の移動に注意を払うべき「地理的変異」、分断化・集団サイズ環境の変化に伴う進化プロセスの変化や代を重ねることの環境適応度の低下に注意を払うべき「遺伝的変異」を考慮する必要があります。

このパンフレットでは、苗木の流通の把握、つまりレサビリティが困難な状況であることから、「地理的変異」に十分に考慮して県内に限った採種地の例を次項で樹種ごとに紹介します。ここでは、樹種ごとの「地理的変異」の特徴についても触れています。

一方、「遺伝的変異」を考慮する場合は採種方法(条件)が重要になります。このため、独立行政法人森林総合研究所(現 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所)がまとめた「広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン」(平成23年3月1日発行)から「広葉樹の苗木の生産のための種子の採取方法」を引用します。これらは、次項の採種母樹林等で採取する際に必要な林相・樹種の違い関係なく共通の注意点です。

### (1) 植栽個体に由来する遺伝子の混入を防ぐために

天然の個体から採種することが必要です(公園・庭園・並木などの植栽個体からの採種は避けること)。天然個体(天然木)であっても、植栽個体(植栽木)が近くにある場合の採種は避けることが必要です(植栽個体からの花粉による遺伝子の混入を防ぐため)。

### (2) 自家受粉による種子を避けるために

孤立木からの採種は避けることが必要です。樹種により花粉の飛散距離が異なるので一概には言えませんが、ある程度まとまった集団からの採種が必要です。

### (3) 遺伝的多様性の高い種子を得るために

地域集団では近縁関係にない多くの個体(母樹)から採種することが必要です。1つの場所(林分)で採種する場合には、個体間の距離を約 30m以上離して①(近縁個体を避けるため)、30 個体以上から採種することが望ましいと言えます。採種面積としては3ha 以上の範囲が望ましいですが、同じ地域集団②の中ならば、複数の場所(林分)から採種したものを混合することも可能です。

森林総合研究所「広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン」より

上記の下線①は巨木の場合は「隣接しない個体」と読み替えることが可能です。また、下線②は、埼玉県の対象樹種の場合、「県内集団」であれば十分と考えられます。

## 3 樹種ごとの遺伝的多様性の特性と採種の注意及び採種母樹林の情報

この項目では、樹種別の「遺伝的多様性の特性」(地理的変異・遺伝的変異)と「採種の注意」及び「県内の採種母樹林の例」の順で御紹介します。なお、「採種の注意」では種子量の年変化や有効な採種方法を記述します。なお、採種後の種子の処理や発芽促進などは他の書籍などを参考にしてください。また、採種に当たっては、森林所有者及び管理者の承諾が必要なので事前に森林研究室(電話 048-581-0123)に御相談ください。承諾が得られそうな場合、森林所有者及び管理者を紹介いたしますので、所定の手続きを行い、許可を得ることになります。なお、公的な機関が森林所有者及び管理者となっており、採種は研究目的に限定され、営利目的では承諾が得られない場合もあることを御了承ください。

各樹種の「堅果数の年変化」のデータについては、環境省モニタリングサイト 1000 のデータファイル-森林・草原調査-落葉落枝・落下種子調査

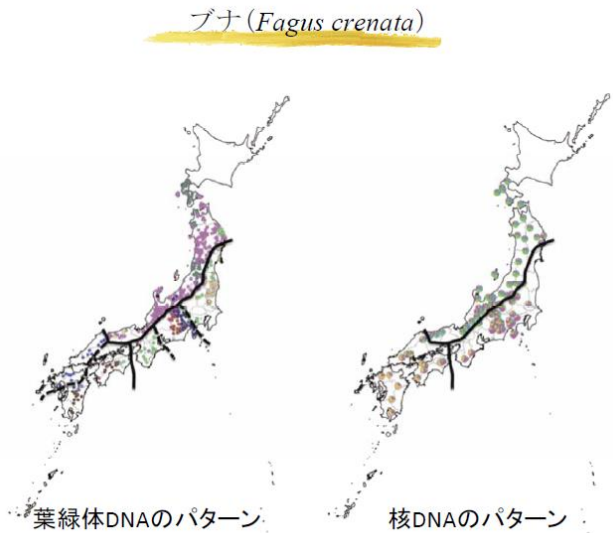
[http://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/data/index\\_file\\_LitterSeed.html](http://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/data/index_file_LitterSeed.html) の「秩父成熟林」のデータを利用しました。「堅果数の年変化」は健全な堅果数の((単年個数-全年平均個数)/全年平均個数)+1 としました。つまり、縦軸が 0 のときに健全単年堅果数が 0 であり、縦軸が 1・2・3・4・5 のときは健全単年堅果数が全年平均のそれぞれ 1・2・3・4・5 倍となります。種子の豊凶の目安と考えてください。

## (1) ブナ

### ア 遺伝的多様性の特性

ブナは地理的変異が明瞭に分化する樹種の1つで、核 DNA では全国が3区分に、葉緑体 DNA では大きく3区分(実線)、細かくは5区分(破線)に分かれます(右図: 森林総合研究所(2011))。

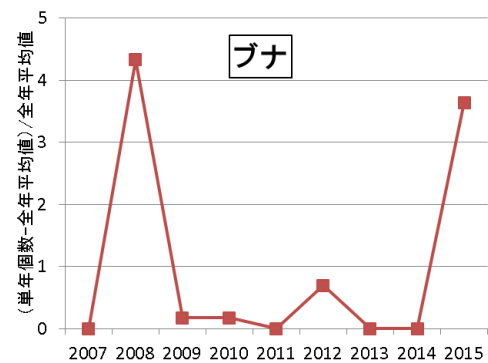
これまで、埼玉県内天然林の調査は2ヶ所のみでした。附録の葉緑体 DNA での県内 13 カ所 112 個体の調査結果からは、大部分の 111 個体が関東・東北太平洋側区域の特性を有する個体でしたが、「仁多小屋の頭」では静岡県・長野県の区域の特性を有する1個体が確認されました。また、遺伝的変異から、面状にブナが生育している東京大学秩父演習林内などで多様性が豊かと考えられました。



森林総合研究所 (2011) より

### イ 採種の注意

3~8年に1回といわれている豊作年には大量の種子が散布されます(津村・陶山(2015))。東京大学秩父演習林内のデータ(右図: 環境省モニタリングサイト 1000 のデータにより作成)では 2008 年と 2015 年が豊作年でした。一方、豊作年以外は健全な種子量が0か少数でした。また、落下種子は見つけにくいので、開花期に着花具合を調査して豊作年に、採種個体樹下にトラップを設置し、採種すると効率的です。



### ウ 県内の採種母樹林の例

(ア) 場 所 隣接せずに 30 個体以上生育する面状の天然林では 1 か所で採種が可能です。

(イ) 相談先 埼玉県寄居林業事務所森林研究室 電話 048-581-0123

※ 利用内容によっては対応できない場合があります。1 か月前までに必ず連絡してください。



多様な樹種の採種が可能。左下の林床上の円内は採種トラップ



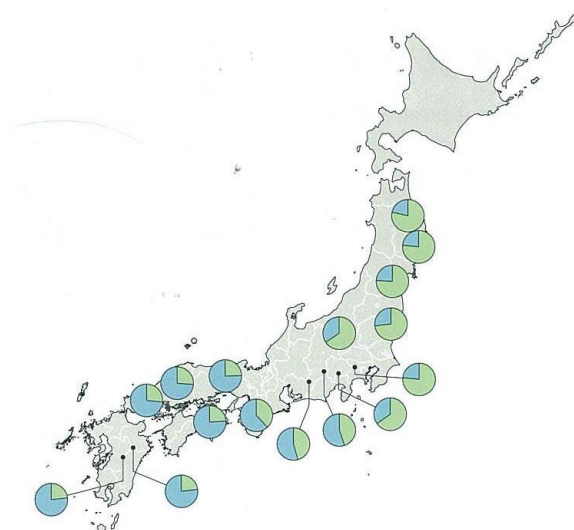
多様性豊かな林のブナ

## (2) イヌブナ

### ア 遺伝的多様性等の特性

イヌブナは、ブナと異なる亜属(*Engleriana*)に属し、形態的・遺伝的にも異なります(津村・陶山(2015))。イヌブナが多幹性で樹皮が黒っぽいのに対し、ブナは単幹性で白っぽい。また、葉は前者が成葉でも裏面に毛が残存するのにに対し、後者は無毛となります。さらに、葉脈は前者が7~11対に対し、後者は10~14対と多いとされています。ブナと違って多雪地帯にはほとんど生育していません。

核DNAでは、右図(津村・陶山(2015))のように、図の黄緑の遺伝的要素が多い東北から関東、図の青の遺伝的要素が多い中国・四国・九州、そして両方の遺伝的要素の割合が中間的である中部と紀伊半島に分かれる傾向があります。埼玉県では東北から関東の範囲の種苗を用いるのが望ましいと考えられています。



### 核DNAの解析による遺伝的集団構造

北東集団(東北~関東)と南西集団(中国・四国・九州)の間に遺伝的分化があり、地理的にそれらの間に位置する中部と紀伊半島の集団は、遺伝的にもそれらの中間であることがわかる

津村・陶山(2015)より

### イ 採種の注意

近年の東京大学秩父演習林内のデータ(右図:環境省モニタリングサイト1000のデータにより作成)では、1・2年おきにほぼ採種できない凶作年となっています。ブナ同様に落下種子は見つけにくいので、開花期に着花具合を調査して豊作年に、採種個体樹下にトラップを設置し、採種すると効率的です。



### ウ 県内の採種母樹林の例

(ア) 場所 奥秩父の西部には面状に生育する天然林があります。

(イ) 相談先 埼玉県寄居林業事務所森林研究室 電話 048-581-0123

※ 利用内容によっては対応できない場合があります。1か月前までに必ず連絡してください。



上右:イヌブナは長多毛の葉裏、上右:ブナは無毛の葉裏



イヌブナは根元からの萌芽が良く生育し多幹性

### (3)ミズナラ

#### ア 遺伝的多様性の特性

ミズナラとコナラ・カシワ・ナラガシワのすべての組み合わせで雑種があり、カシワとはカシワモドキ、コナラとはミズコナラ、ナラガシワとはナラミズガシワという雑種を生じます。このため形態の違いが種間で連続します(津村・陶山(2015))。また、コナラより高い標高に見られます。

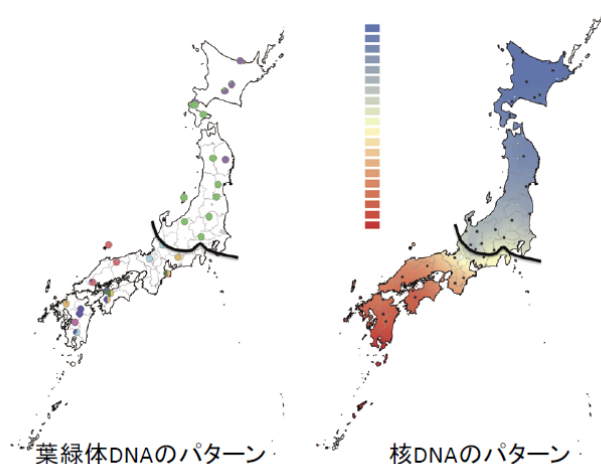
葉緑体DNAと核DNAともに北方タイプと南方タイプがあり、その境界はほぼ核DNAのパターン関西から東海にかけての黄色で示したあたりです(森林総合研究所(2011))。そのため、この境界を跨いだ種苗の移動は避けるべきです。

また、核DNAのパターンでの色の濃淡は遺伝的分化の程度を表し、濃い色程遺伝的分化が明瞭であることを示します(森林総合研究所(2011))。

#### イ 採種の注意

落下直後の堅果は散布前にシギゾウムシ類や葉巻が類の食害を受けることが多く、種子生産が多くても発芽する個体は多くないようです(津村・陶山(2015))。近年の東京大学秩父演習林内のデータ(右図:環境省モニタリングサイト1000のデータにより作成)では、全ての調査年で不健全か虫害の種子でしたが、年による豊凶の差は少ない結果となっています。夏に堅果を確認しておき、採種個体の樹下にトラップを設置するとよいようです。乾いている(白っぽい)と発芽しないので、地上に落下した堅果の場合はなるべく新鮮な重いものを採取します。また、採取後に水に数日付けておき、沈んだもののみを使います。この場合、堅果内の虫を追い出す効果も期待できます。

ミズナラ(*Quercus crispula*)



森林総合研究所(2011)より



※ ミズナラのみ不健全+虫害(2013:1)

#### ウ 県内の採種母樹林の例

##### (ア) 場所

奥秩父の面状に生育する天然林があります。ブナ・イヌブナの生育地で混交することが多く、標高の高い所ではコナラとの雑種が少なくなります。

##### (イ) 相談先

埼玉県寄居林業事務所森林研究室 電話 048-581-0123

※ 利用内容によっては対応できない場合があります。1か月前までに必ず連絡してください。



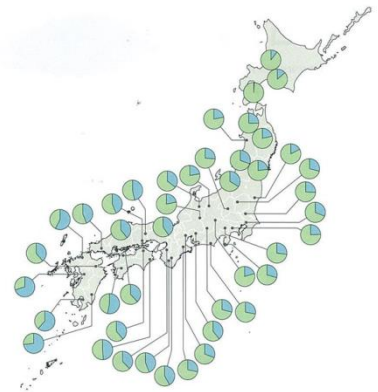
左: 林道脇の個体、右: 中津川研究林内のミズナラ個体

#### (4)コナラ

##### ア 遺伝的多様性の特性

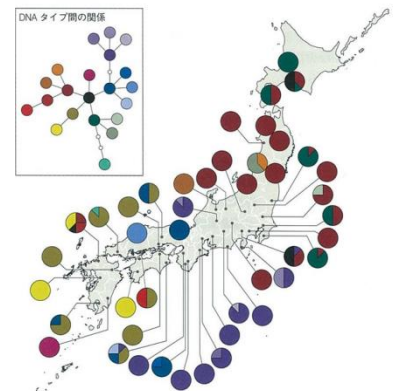
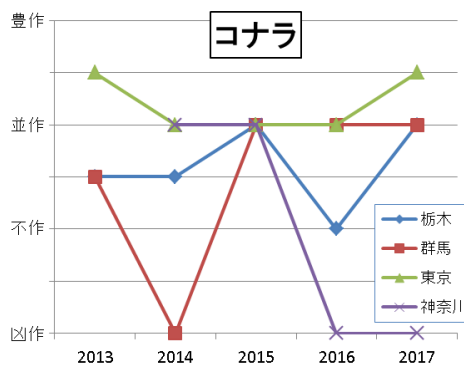
コナラとミズナラ・カシワ・ナラガシワのすべての組み合わせで雑種があります。ミズナラとの雑種はミズコナラと呼ばれます。形態の違いが種間で連続しますが、コナラは数ミリ程度の明確な葉柄を有するのが特徴です。また、ミズナラより低い標高に見られます。

核 DNA の解析の結果では 2 つの遺伝的要素が検出され、北では右図の黄緑の割合が多く、南では青が優先します。一方、葉緑体 DNA では 21 タイプが検出され、中部・北陸以南では 15 タイプ、以北では 6 タイプで、南部で多様性が高く、糸魚川-静岡構造線付近の南北でタイプが異なるため、この境界間及び南北内でも遠距離での種苗移動は避けるべきとされています(津村・陶山(2015))。



##### イ 採種の注意

環境省 Web のクマに関する各種情報・取組にある「堅果類の結実」の関東のデータから、ほぼ連年の結実が期待できることがわかります。夏に堅果を確認し



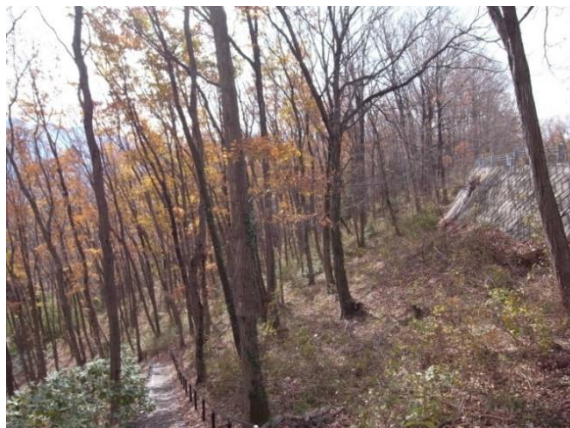
ておき、採種個体の樹下にトラップを設置するとよいでしょう。落下直前の堅果を採取しても発芽しますが、落下して乾いている(白っぽい)と発芽しないので、なるだけ新鮮な重いものを採取します。また、採取後に水に数日付けておいて沈んだもののみを使うと、堅果内の虫を追い出す効果も期待できます。

上図 核 DNA の解析による遺伝的集団構造  
 下図 葉緑体 DNA の解析による遺伝的集団構造  
 津村・陶山 (2015) より

##### ウ 県内の採種母樹林の例

(ア) 場所 まとまった天然林が多く存在し、広い林であれば 1 か所で採種が可能です。県内では異なる標高に広く分布するので植栽地に近い天然林を選ぶことでより地域性の高い苗木の生産が可能です。

(イ) 相談先 埼玉県寄居林業事務所森林研究室 電話 048-581-0123



秩父市内の公園のコナラ林  
 比較的浅い樹皮の個体が多い



発芽が期待できる落下前の堅果



地上落下後は  
 早期に発芽

## (5) ケヤキ

### ア 遺伝的多様性の特性

ケヤキは街路樹・公園樹などとしての利用も多く、苗木生産者が多い樹種です。このため、種苗の移動範囲が広いことが推定され、人工植栽個体は遺伝子の攪乱が生じている可能性があります。

葉緑体DNAでは九州、四国・中国、近畿、東海・北陸・信越、それ以外の4区分に分かれます。また、核DNAでは青・赤の色が濃いほど遺伝的分化が明瞭ですが、ケヤキでは分化程度が低いことがわかります(森林総合研究所(2011))。ケヤキの造林では異なる地域由来の種苗が立派に成林している事例もありますが、植栽地付近の地域性種苗が望ましいと言われていています(津村・陶山(2015))。

### イ 採種の注意

近年の東京大学秩父演習林内のデータ(右図:環境省モニタリングサイト1000のデータにより作成)では、1・2年おきにほぼ採種できない凶作年となっています。

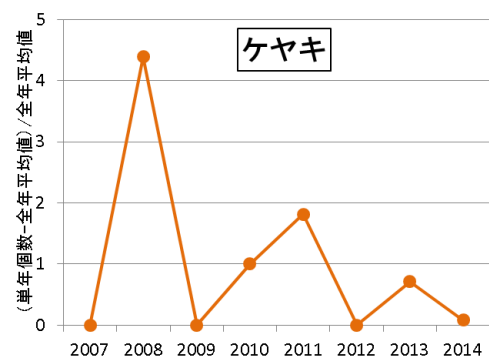
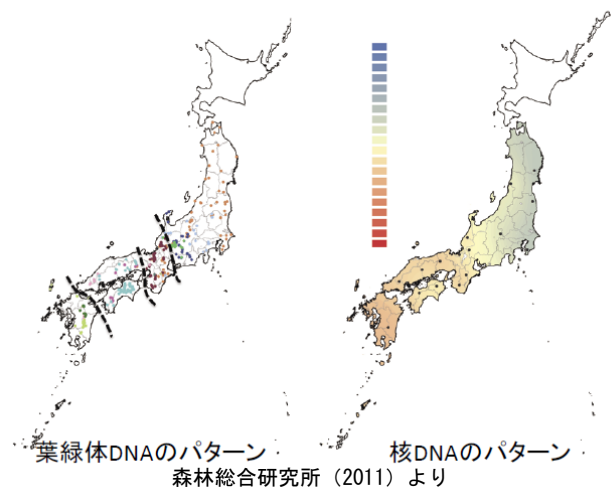
しかし、2008年のような豊作年には種子の充実率が高いものの、2011年のような豊作とまで言えない年は充実率が下がるので、豊作年の種子を風乾後に密閉容器へ入れて0~4℃で低温保存すると良いとされています(引田(1998))。採種は、落下直後、あるいは落葉期に着花短枝(遅くまで葉が残る枝)ごと採取します。

### ウ 県内の採種母樹林の例

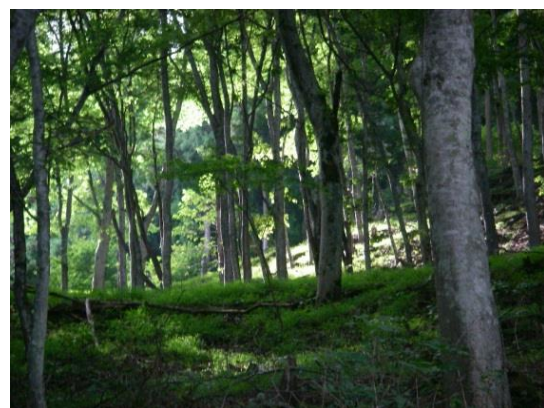
(ア) 場所 有用な広葉樹で過去に伐採が進み、まとまって生育する場所は植栽されたものが少なく、種苗の由来が不明なものがほとんどです。このため、山間地域に散在する複数の天然林のできるだけ多くの個体から種子を集めます。

(イ) 相談先 埼玉県寄居林業事務所森林研究室 電話 048-581-0123

ケヤキ (*Zelkova serrata*)



天然生林と考えられるケヤキ林  
大径木林の伐採後の萌芽・天然更新か？



1934年に植栽されたケヤキ林  
種苗の由来が不明のため母樹林としない



## (6) イタヤカエデ

### ア 遺伝的多様性の特性

イタヤカエデは変異が大きく、変種・品種などに多数分けられ、分類には諸説あって図鑑によって異なります。日本産を独立した7つの亜種(オニイタヤ、エゾイタヤ、エンコウカエデ、ウラジロイタヤ、イトマキイタヤ、アサイタヤ、タイシャクイタヤ)に分ける(大西(1993))、さらにウラゲエンコウカエデを加えるほかに、イタヤカエデをこれら種内分類群の総称とする説(大西(1993))や亜種として加えるなどです。このように、イタヤカエデは分類が明確でないことから遺伝的多様性を評価した例がありません。参考のオオモミジでは、長野県東部から山梨県にかけて北方型と南方型に分化し、葉緑体DNAではさらにイロハモミジに近似した境界もあります(森林総合研究所(2011))。

イタヤカエデの場合は、調査に基づく遺伝的多様性が確認できないことから、特に県内での採種に心がけることが重要です。

### イ 採種の注意

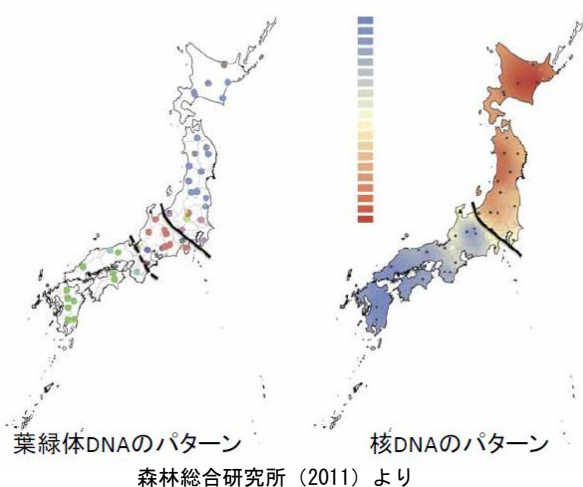
近年の東京大学秩父演習林内のデータ(右図:環境省モニタリングサイト1000のデータにより作成)では、イタヤカエデ類として整理されており、隔年で豊凶があるものの差が小さい結果となっています。イタヤカエデ類のうち県内で普通にみられるのはオニイタヤとエンコウカエデで、前者は樹皮が黄灰で葉裏全面に微毛、後者はそれぞれ灰茶で葉裏主脈の基部を除き無毛などで分類します。乾燥に弱いので翅果が灰から茶褐色になった頃に枝ごと採取するのも有効です。

### ウ 県内の採種母樹林の例

(ア) 場所 比較的集団が小さく他樹種と混交するので、複数の集団から採種します。

(イ) 相談先 埼玉県寄居林業事務所森林研究室 電話 048-581-0123

オオモミジ (*Acer amoenum*)



※「広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン」森林総合研究所（森林総合研究所）からは国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所の許可（平成29年12月15日写真等利用許可書）を得て、また「地図で分かる樹木の種苗移動ガイドライン」津村義彦・陶山佳久編（文一総合出版）からは津村氏及び株式会社文一総合出版の許可（令和2年3月25日転載許諾書）を得て、6樹種について関連の図を引用させていただきました。ここに記してお礼申し上げます。なお、「遺伝的多様性の特性」に掲げた図の詳細な説明は、これらの図書を参考にしてください。

#### 参考図書（アルファベット順）

Fujii et al. (2002) Plant Systematics and Evolution 232: 21-33.

引田裕之（1998）茨城県林業技術センター研究成果解説 31

井出雄二・白石進（2012）森林遺伝育種学. 文永堂出版

環境省（2018）クマに関する各種情報・取組「堅果類の結実」

<https://www.env.go.jp/nature/choju/effort/effort12/ketujitu.pdf>

大西広好（1993）植物研究雑誌 68：315-325（英文）

林業科学技術振興所（1992）有用広葉樹の知識. 林業科学技術振興所

森林総合研究所（2011）広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン. 森林総合研究所

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/2nd-chukiseika20.pdf>

種生物学会編（2001）森の分子生態学. 文一総合出版

津村義彦・陶山佳久編（2015）地図でわかる樹木の種苗移動ガイドライン. 文一総合出版

## 附録

### 県内天然及び植栽ブナの遺伝的特性

種内の遺伝的多様性の低下は、人為的な遺伝子攪乱による地理的変異の不適合と、分断化や集団サイズの縮小（個体数の減少）による集団内の遺伝的変異の縮小により生じます。そこで、これらの二つの遺伝的多様性について県内のブナの天然木および植栽木について調べてみました。

#### 1 方法

現在では、遺伝的多様性を調べるには生物の遺伝の根本である DNA を用いることが普通です。

地理的変異の調査には、葉緑体に少量含まれる DNA（葉緑体 DNA）を用います。核 DNA が種子親・花粉親のそれぞれ 1 セットずつ遺伝情報を引き継ぐので二倍体になっているのに対し、葉緑体では広葉樹などの被子植物では一般に種子親のみから種子へと遺伝し（母性遺伝）、遺伝情報を 1 セットだけ引き継ぐので半数体（ハプロイド）となっています。そのため、葉緑体 DNA の異なる遺伝的タイプを「ハプロタイプ」と呼びます。これまでの研究で、日本全国のブナ葉緑体 DNA には 13 種類のハプロタイプが確認されており (Fujii et. al. 2002)、自然状態ではあまり遠くまで種子が拡がらないブナのような樹種では、葉緑体 DNA を調べることで分布拡大に伴う歴史的な変遷も含めて、地理的な遺伝構造を推定することができます。

一方、遺伝的変異は、単純反復配列 (Simple sequence repeat (SSR)) と呼ばれるブナの DNA の単純な塩基 (アデニン : A、チミン : T、グアニン : G、シトシン : C) の配列の部位の多型を調べます。(CT)<sub>n</sub>、(CA)<sub>n</sub>、(GTG)<sub>n</sub> などのような 2～6 塩基の繰り返し配列のことを言います (種生物学会編 2001)。生体の DNA の複製段階でこれらの繰り返し数に誤りが起こりやすく (= 変異が起こりやすい)、かつこの変異は遺伝します。各集団内の個体の SSR の違いがどの程度あるか調べることで集団内の遺伝的な変異 = 多様性が分かります。また、SSR 解析はクローンや親子の鑑定にも使われています。

#### (1) ブナの地理的変異

2010・2011 年、県内のブナの天然木 13 集団 123 個体および植栽木 64 個体を対象に葉・冬芽を採取し、地理的変異の指標である葉緑体 DNA のハプロタイプを確定しました。

#### (2) ブナ集団の遺伝的変異

2010・2011 年に、県内のブナの天然木 12 集団 207 個体および植栽林 4 集団 68 個体から葉・冬芽採取し、先行研究によってブ



ナの遺伝的変異を調べるのに有効な核 DNA 上の SSR の多型を分析しました。また、遺伝的変異を固定指数とアレリックリッチネスという指標で評価しました。

2 結果

(1) ブナの地理的変異 (図1・2、表1)

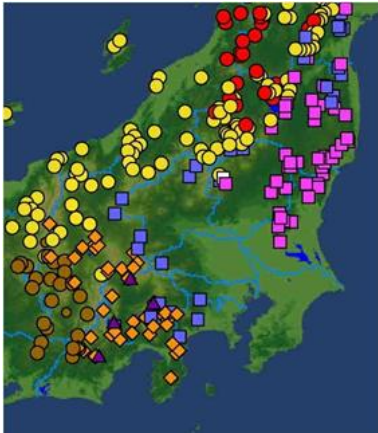


図1 埼玉県周辺のブナ天然木の葉緑体ハプロタイプの地理的分布パターン(高橋ら(2010)を改変)

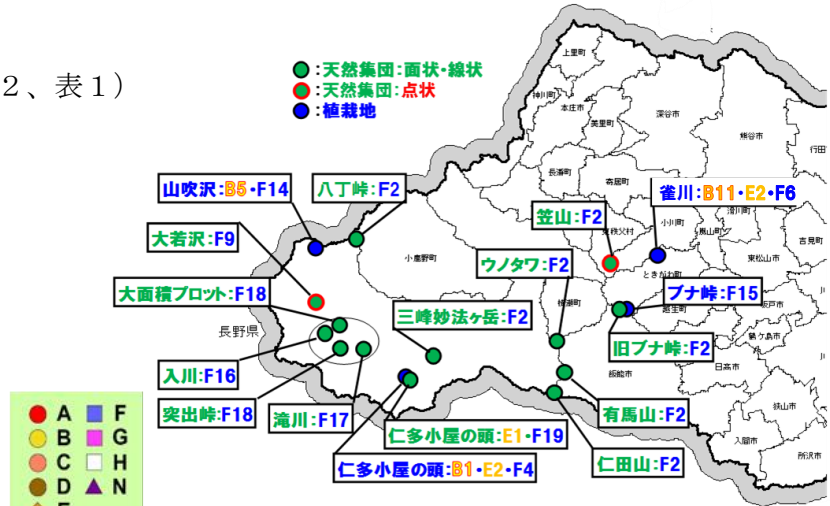


図2 埼玉県内ブナの天然集団と植栽地の位置および葉緑体ハプロタイプ  
ハプロタイプのアルファベットの後の数字は解析数。

表1 埼玉県内ブナ植栽地のハプロタイプ

| 植栽地     | 苗木由来         | 解析<br>個体数 | ハプロタイプ個体数 |   |     |
|---------|--------------|-----------|-----------|---|-----|
|         |              |           | B         | E | F   |
| 山吹沢     | 群馬県北部・秩父演習林  | 19        | 5         | 0 | 14  |
| 仁多小屋の頭  | 群馬県北部・秩父演習林  | 7         | 1         | 2 | 4   |
| ブナ峠     | —            | 15        | 0         | 0 | 15  |
| 雀川      | 福島県・群馬県北部・不明 | 19        | 11        | 2 | 6   |
| 埼玉県内天然林 | —            | 112       | 0         | 1 | 111 |

B: 本州日本海側  
E: 長野県南部・山梨県東部・静岡県東部  
F: 三陸～東北南部・関東西部・紀伊半島周辺

県内の天然木のハプロタイプは、伊豆半島から長野県南東部で確認される「タイプE」が仁多小屋頭周辺の1個体で認められたほかは、東北地方南部太平洋側

から関東地方西部および紀伊半島周辺で確認される「タイプF」(111/112個体)でした。このことから「タイプF」が埼玉県に適合したブナのハプロタイプと考えられます。一方、植栽木のハプロタイプは、全ての植栽地で「タイプF」が認められたものの、2カ所に「タイプE」が確認されました。さらに、日本海側の多雪地帯で確認されており、生育環境が大きく異なると考えられる「タイプB」が3カ所の植栽地で認められました。これらの植栽地には、群馬県北部産の苗木や苗木業者からの購入苗が植えられたことが記録されています。なお、従来の報告では群馬県の多雪地帯のブナは「タイプF」とされていました。

(2) ブナ集団の遺伝的変異 (表2)

| 由来     | 集団          | 生育状況<br>植栽由来 | 調査<br>個体数 | 平均胸高<br>直径(cm) | 固定<br>指数 | アレリック<br>リッチネス |
|--------|-------------|--------------|-----------|----------------|----------|----------------|
| 天然     | 入川          | 面状           | 20        | 75.5           | 0.089    | 7.84           |
|        | 突出峠         |              | 20        | 55.6           | 0.106 *  | 7.37           |
|        | 滝川          |              | 20        | 72.0           | 0.059    | 7.61           |
|        | 大面積プロット     |              | 20        | 62.7           | 0.092    | 7.79           |
|        | 仁多小屋の頭      |              | 19        | 40.2           | 0.134 *  | 7.86           |
|        | 三峰妙法ヶ岳      | 17           | 42.8      | 0.153 *        | 7.53     |                |
|        |             | 平均           | —         | —              | —        | 7.67 a         |
|        | 仁田山         | 尾根・帯状        | 19        | 22.6           | 0.192 *  | 7.27           |
|        | 有間山         |              | 19        | 34.9           | 0.159 *  | 7.78           |
|        | ウノタワ        |              | 21        | 53.7           | 0.057    | 7.33           |
|        | 平均          | —            | —         | —              | 7.46 ab  |                |
| 植栽     | 大若沢         | 周囲イヌブナ・点状    | 8         | 47.3           | 0.180    | 5.76           |
|        | 八丁峠         | 分散・点状?       | 9         | 32.1           | 0.119    | 7.00           |
|        | 笠山          | 山頂・点状        | 15        | 27.7           | 0.154 *  | 6.64           |
|        |             | 平均           | —         | —              | —        | 6.40 b         |
|        | 山吹沢         | 群馬県北部・秩父     | 19        | 3.6            | —        | 7.35           |
| 仁多小屋の頭 | 植栽 群馬県北部・秩父 | 7            | —         | —              | 7.30     |                |
| ブナ峠    | 一代 不明       | 15           | —         | —              | 7.83     |                |
| 雀川     | 福島県・群馬北部・不明 | 27           | 2.9       | —              | 7.42     |                |

固定指数の欄の「\*」は0から5%水準で有意差あり。  
アレリックリッチネスの欄の異符号間に5%水準で有意差あり。

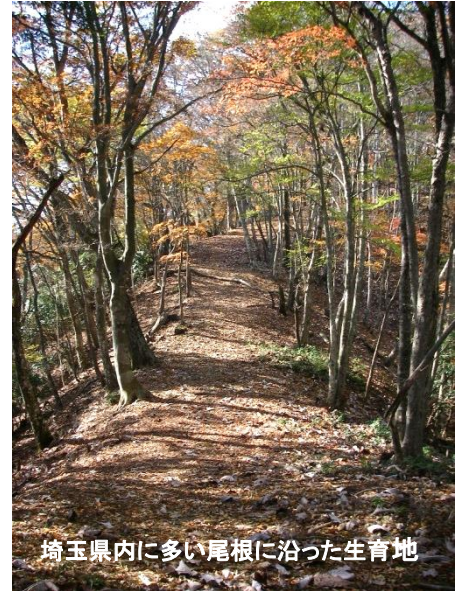
固定指数からは、集団内での雌花と花粉の自然交配がどんな状況か分かります。具体的には、-1から1の値を示し、表に「\*」がないゼロ近辺（有意差がない）場合はランダムな交配が生じていると期待される良い状態の集団であり、「\*」が付きプラス値の場合は近親交配が生じていると推定されます。なお、「\*」付きでマイナス値の場合、人為下で限られた特定の母樹の種子から生産された苗木が植えられている可能性があります。

また、アレリックリッチネスからは、値が大きいほど遺伝的変異が高いことを示し、望ましい状況であることが分かります。

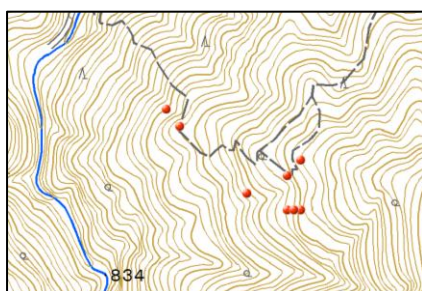
ブナが面状や尾根に沿って帯状に生育する集団では、アレリックリッチネスの値が高く遺伝的変異は良好と考えられます。これらの中には固定指数から良好なランダムな交配や近親交配が生じている可能性のある集団がありました。後者の場合、埼玉県ではブナの好む緩やかな地形が尾根筋であり、帯状と分類した集団の周辺には針葉樹人工林が迫っていることなどから、近親交配の生じた小集団がパッチ状に分布した所からサンプリングしてしまった可能性があります。

一方、イヌブナ林に囲まれてブナが部分的に混交する大若沢や山頂周辺だけにブナが生育する笠山、複数の小集団が離れて生育する八丁峠のような点状の天然木集団がありました。これらのうち大若沢と笠山は、集団の縮小により固定指数が高く、アレリックリッチネスが低くなりつつあり、近親交配や多様性の低下が生じている可能性が示唆されました。

気候の変化や針葉樹の人工造林によって、ブナの木が山頂部のように点状あるいは尾根筋



埼玉県内に多い尾根に沿った生育地



大若沢の林況(左上)とサンプリングしたブナ個体の位置図(左下)

埼玉県内など雪の少ない太平洋岸ではブナの優占度は下がって他の広葉樹や針葉樹と混じて種の多様性の高い林となる。大若沢はブナ類ではイヌブナが主であり、ブナの個体(赤丸)は限定的。

笠山の林況(中央)と3年後に枯損が確認された個体(右)

ブナの生育は笠山山頂付近に限られる。2010年の調査時に生存していた個体は3年後には枯損が確認された。

に帯状に残され分断化や集団サイズが縮小した状態の集団は、代を重ねるにつれて遺伝的多様性が縮小し、適応度が著しく低下して多様性が縮小するスパイラルに陥ることが予想されます。

### 3 今後の対応

人為的な遺伝子攪乱に関係する地理的変異では、埼玉県内の天然ブナは「タイプF」が標準と考えられました。しかし、植栽地には本来埼玉に存在しない降雪地帯に生育する「タイプB」が認められました。長野県での調査では「タイプB」地域産稚樹を「タイプF」地域に植栽すると先枯れ・成長低下が認められています（図3）。

天然林は長い時間をかけて成立して、地域の環境に適応した遺伝子型になっていると考えられています。そこに適応していない産地の異なる樹木を大規模に植栽すると適応的な遺伝子型が攪乱されて、将来的には森林の衰退につながるものが考えられます。このような森林の遺伝的攪乱を回避することが森林を保全する上で重要です。

ブナ集団の遺伝的変異では、埼玉県内のほとんどの天然林集団は大小・形状に関わらず問題はないレベルでした。これは現状に至るまで期間が短く一世代も経過してなかったためと考えられます。しかし、点状の天然林の一部では分断化・少数集団化の兆候が認められ、今後、代を重ねるに従い急速に適応度の低下が進むことも考えられます。このため、これらの地域については将来像を明確にして早い時点での対策を組むことが必要です。

県内に植栽するブナの苗木生産には、ハプロタイプFタイプであり、固定指数が0近辺でアレリックリッチネスの高い面状にブナが生育する場所から採取するのが望ましく、安心です。一方、今回の調査の結果から埼玉県内には適さないと考えられる日本海側産の性質を有するブナの苗木が植栽された例が少なくありませんでした。これは、日本海側など純林を形成する地域では種子や山取り苗が入手しやすいため流布しやすいからと考えられます。自然度の高い地域に森林を造成する場合は、ブナに限らず他の広葉樹でも由来の明らかな苗木を入手するか、自分たちで地元の遺伝的多様性の健全な森林から種子を採取して苗木生産者などに委託育苗してもらうなど工夫が必要と考えられます。

#### 参考文献（アルファベット順）

- 原口雅人・木村恵・大谷雅人・平岡宏一・高橋誠（2021）埼玉県内におけるブナの天然集団および植栽された実生苗の遺伝的特徴．森林遺伝育種 10：70-79
- 井出雄二・白石進編（2012）森林遺伝育種学．文永堂出版
- 片井秀幸・高橋誠・平岡宏一・山田晋也・山本茂弘・加藤公彦・袴田哲司・戸丸信弘（2011）葉緑体DNAと核マイクロサテライト変異にもとづく静岡県内ブナ集団の遺伝的系統の推定．日本森林学会誌 93：73-78
- 小山泰弘（2012）ブナの保全単位の設定に関する保全遺伝学的研究．名古屋大学大学院生命農学研究科
- 種生物学会編（2001）森の分子生態学．文一総合出版
- 高橋誠・矢野慶介・武津英太郎・宗原慶恵・岩泉正和（2010）有用広葉樹の育種と遺伝的多様性保全に向けて．<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/kanchu/seika/H220324kouyoujyu.pdf>



図3 日本海側産苗木を太平洋側に植栽した例  
長野県では前年枝の先端にある冬芽が部分的に枯れて、樹高が低下する「先枯れ現象」や成長低下が観察されている。  
（小山、2012）

地域性種苗生産のための  
広葉樹の採種マニュアル

令和2年3月発行  
令和3年4月改訂

編集・発行 埼玉県寄居林業事務所森林研究室  
〒369-1203 埼玉県大里郡寄居町寄居1587-1  
電話 048-581-0123