ISSN　1883−311X

林木育種情報

No.3
2009.3

独立行政法人　森林総合研究所　林木育種センター

平成20年度に開発した新品種

森林総合研究所林木育種センターは国民の安全で安心できる暮らしの実現に寄与する森林の機能を向上させるため、事業の目標や推進方策を示した林木育種戦略や５カ年間の事業計画を示した中期計画に沿って、花粉症対策に有効な品種、国土保全、水源かん養及び自然環境保全機能の向上に資する品種、地球温暖化防止に資する品種、林産物供給機能の向上に資する品種を開発することになっています。特に国民病とも言えるほどに深刻な社会問題となった花粉症対策に有効な品種の開発に力を入れてきた結果、花粉の少ないスギ及びヒノキについては採種園を構成するのに概ね十分な品種数を得ることができましたが、開発された品種数の地域的な偏りをなくすために追加的な開発を行うとともに、無花粉スギと精英樹の人工交配を行い、花粉症対策品種の開発をなお継続して進めています。

さて、平成２０年度は環境対策品種として地球温暖化防止に資する炭素吸収･固定能力に優れたスギ品種を関東育種基本区で９品種、関西育種基本区で１６品種を開発することができました。これらは材積成長量と材の容積密度に優れ、樹幹の木部に蓄積する炭素の量がこれまでのものに比べて最大５０％程度大きいことが期待できます。これは単木当たりの値なので、実際の施業技術によって最大限の効果を得るための研究をさらに進める必要がありますが、この品種の利用によって我が国の森林が二酸化炭素の吸収･固定能力をこれまで以上に発揮し、ひいては炭素排出削減に貢献できることを期待しています。この他、国土保全に資する品種として多雪･豪雪地域において雪圧による根曲がりの少ないスギ18品種、マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツ１２品種、クロマツ１２品種を開発するとともに、密かにスギ林を浸食するスギカミキリの害に強い２品種を関東育種基本区で開発しました。さらに、関西育種基本区では花粉の少ないスギ品種４品種の開発によって花粉症対策品種を追加することができました。

これらの詳細については、これに続く各育種基本区の記事をご覧いただくようお願いいたします。

（育種部育種第一課　藤澤義武）

紙面紹介

東北育種基本区における新品種の開発 …… 2
関東育種基本区における新品種の開発 …… 3
関西育種基本区における新品種の開発 …… 4
平成20年度に開発した新品種について(一覧表) …… 5
長野増殖保存園の本州産トウヒ類 …… 6
ケニア共和国の林業と林木育種研究の現状 …… 8
中国における足かけ10年間の林木育種の技術協力(3) … 12
森林総合研究所の育種戦略 …… 14
スポット 系統評価のための統計的手法(6) …… 16

東北育種基本区における新品種の開発

１．はじめに

スギ雪害抵抗性品種は，平成12年度に実生19家系，さし木８クローンを新品種として開発しましたが，これらの本格的な普及に必要なミニチュア採種園を造成するにはクローン数が不足となっていました。そのため，平成19年度までに調査した雪害抵抗性検定林等の10年次調査結果に基づき，特に根曲がりが少なく，生存率及び初期成長等の林業上の特性が優れていることが明らかとなった10家系を新品種として追加申請し，平成21年2月に認定されました。

またマツノザイセンチュウ抵抗性品種は平成19年度の検定結果で合格したアカマツ6クローン，クロマツ1クローンが新品種として平成20年５月に認定されたもので，これにより東北育種基本区の抵抗性品種はアカマツ31，クロマツ10となりました。

２．雪害抵抗性品種の開発

積雪の多い地帯に設定された検定林に植栽された44検定林314家系の10年次調査データに基づいて，家系毎に調査対象形質の最小二乗推定値を算出し，家系毎の各調査形質の成績を５段階の評価値で表しました。この評価値及び最小二乗推定値に基づいて，検定林供試回数が２回以上の家系を対象に，根曲がりの指標となる傾幹幅指数の評価値が４以上であり，胸高直径及び生存率の評価値が３以上，樹高の最小二乗推定値が全平均値以上の家系を新たに選抜しました（表－1）。なお，評価値は各形質とも数字が大きいほど優秀な成績であることを示しています。

表－１ 開発した雪害抵抗性スギ新品種の特性

家　系	検定林	傾幹幅	胸高直径	生存率	樹	高
	供試回数	評価値	評価値	評価値	評価値	最小二乗推定値(m)
耐雪秋田営14	6	4	3	3	3	4.27
耐雪秋田営121	2	4	3	4	4	4.47
耐雪前橋営13	3	4	4	5	4	4.59
耐雪前橋営107	3	4	3	3	3	4.22
耐雪秋田県19	3	4	4	3	4	4.45
耐雪山形県36	6	4	4	3	5	4.72
耐雪山形県46	2	4	4	4	5	4.60
耐雪山形県68	7	4	4	3	4	4.38
耐雪新潟県27	3	4	4	3	4	4.43
耐雪精英樹角館1	3	4	3	3	3	4.29

３．マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

岩手(藤沢)アカマツ6号,岩手(藤沢)アカマツ19号,岩手(藤沢)アカマツ22号及び岩手(藤沢)アカマツ28号は,岩手県林業技術センターが抵抗性候補木クローンの一次検定を実施し，新潟（上越）アカマツ42号及び新潟(新潟)アカマツ136号は,新潟県森林研究所が抵抗性候補木クローンの一次検定を実施し，山形(遊佐)クロマツ72号は,山形県森林研究研修センターが抵抗性候補木実生苗の一次検定を実施し，一次検定に合格したものです。

東北育種場は，「東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の実施について」(平成10年4月8日付け10林野普第45号)に基づき，これら一次検定合格木の二次検定を平成19年6月から実施し、上記7クローンが合格したので、新品種として申請を行い、決定されました。

写真－１

写真－２

写真－３

写真－１：検定林での開発品種の生育状況
耐雪山形県46号（秋田営30号検定林H4.10設定）
写真－２：岩手（藤沢）アカマツ６号本体
写真－３：岩手（藤沢）アカマツ６号クローン

４．新品種の今後の活用

開発した雪害抵抗性スギ新品種の原種はミニチュア採種園用に山形県に21年度に穂で配布する予定になっています。またマツノザイセンチュウ抵抗性アカマツは採種園用に全国で活用できるように増殖に努めるとともに，利用しやすいように特性情報を提供していきます。

（東北育種場育種課　半田孝俊）

関東育種基本区における新品種の開発

1．はじめに

関東育種基本区で平成20年度に新たに開発した品種は、二酸化炭素吸収･固定能力(以下、CO_2吸収・固定能力）の高いスギ９品種と、スギカミキリ抵抗性スギ2品種です。いずれの品種も育種事業･研究において、関係機関との連携によって進められた事業の成果です。今後、これらの品種が関東育種基本区の都県の機関を通じ、一般の林家にまで広く普及が進むことを期待します。

2．CO_2吸収・固定能力の高いスギ

CO_2吸収･固定能力の高いスギは、これまでの研究から、材積が大きく、材の容積密度が高いクローンを選抜することが効率的であるという結果が得られています。

材積の大きさは、樹高と胸高直径が大きいクローン、つまり成長量の大きいクローンと同義と言えます。したがって、これらの評価はクローンの次代検定林の調査データを解析して得ることができます。今回の解析では、30年次での樹高、胸高直径を対象にして北関東育種区のクローンを評価しました。

材の容積密度については、これまでに育種素材保存園やクローンの植栽された次代検定林の間伐木を用いて測定を行ってきています。また、立木でもピロディンを用いることによってピンの陥入量から推定することができますので、11箇所の次代検定林で新たにピロディンによってデータを収集しました。

以上の材積と容積密度から、単木幹重量を算出し、5段階指数評価を行い、評価が4以上のものを選びました。また、雄花の着花が多くないこと、発根が良いことにも配慮しています。このようにして、平成20年度は北関東育種区の9品種をCO_2吸収･固定能力の高いスギとして開発しました。（表－１）

なお、平成21年度は、関東平野、中部山岳および東海の育種区について、品種を開発する予定です。

表－１　開発したCO_2吸収・固定能力の高いスギ

精英樹名	選抜地	単木幹重量 評価
西白河3号	福島県	5
石城6号	福島県	4
相馬3号	福島県	4
上都賀3号	栃木県	5
上都賀5号	栃木県	5
上都賀7号	栃木県	5
河内1号	栃木県	4
利根2号	群馬県	4
沼田2号	群馬県	4

3．スギカミキリ抵抗性品種の開発

地域虫害抵抗性育種事業は、スギの造林地で大きな被害を生じさせるスギカミキリに抵抗性を有する品種を開発することを目的に昭和62年から開始された事業です。関東育種基本区でも、福島県、栃木県、茨城県、千葉県、岐阜県、愛知県の関係機関と関東林木育種場（当時）の合計7機関が事業に携わりました。

事業の進め方は、スギカミキリによるスギ林分の激害地で、無被害で成長や形質の良い個体について実施する簡易検定、選抜木をクローン増殖して網室に植栽し、スギカミキリ成虫を放虫して行う一次検定、孵化直後の幼虫を樹幹に直接接種する二次検定を経て、合格木を決定します。今回は、これまでに進めてきた検定で、スギカミキリ抵抗性東京営１３号（写真－１）およびスギカミキリ抵抗性栃木県５号（写真－２）の２品種を開発しました。

写真－1　スギカミキリ抵抗性東京営13号

写真－2　スギカミキリ抵抗性栃木県5号

（育種部育種第二課　河崎久男）

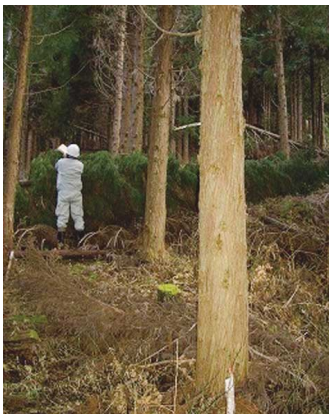
関西育種基本区における新品種の開発

１．はじめに

関西育種基本区の日本海岸及び脊梁山地の積雪地帯では、雪害が林業上大きな問題となっており、雪圧による根曲がりの少ない品種が求められています。また、近年、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスによる地球温暖化が危惧されており、温暖化防止に貢献する品種の開発が必要です。このような背景のもと、平成20年度は関西育種場が関係府県と連携して継続的に取り組んできた成果として、雪害抵抗性スギ８品種、二酸化炭素吸収･固定能力の高いスギ16品種、花粉の少ないスギ４品種及びマツノザイセンチュウ抵抗性マツ14品種を開発しました。ここでは、新たに開発した雪害抵抗性品種及び二酸化炭素吸収・固定能力の高い品種の概要を紹介します。

２．雪害抵抗性品種の開発

新たに開発した雪害抵抗性スギ品種は、滋賀県で選抜した1品種、島根県で選抜した2品種及び岡山県で選抜した5品種です。昭和45年（1970年）に開始した気象害抵抗性育種事業により設定したスギ雪害抵抗性検定林において、関西育種場と関係機関が連携して調査・解析し、雪圧による根曲がり等を評価しました。開発した抵抗性品種は、特に根曲がりが少なく、かつ、成長、生存率、幹の形質等の林業上の特性に優れていることが確認されたものです。



開発した雪害抵抗性品種（岡山県林業試験場提供）

３．二酸化炭素吸収・固定能力の高い品種の開発

新たに開発した二酸化炭素吸収・固定能力の高いスギ品種は、近畿育種区で選抜した６品種及び瀬戸内海育種区で選抜した10品種です。近畿及び瀬戸内海育種区に設定している87箇所のスギさし木次代検定林と１箇所の育種素材保存園に植栽しているスギ精英樹173クローンについて、関西育種場と関係機関が連携して樹高、胸高直径及び容積密度について調査・解析を行い、30年次の樹高、胸高直径及び容積密度を推定しました。得られた推定値から計算した単木の幹材積、容積密度により単木当たりの幹重量を算出し、二酸化炭素吸収・固定能力を推測する指標としました。開発した16品種は、30年次における単木幹重量が特に大きく、かつ、さし木発根性が著しく劣っていないことが確認されたものです。

４．新たに開発した品種の活用

今回開発した品種は、ホームページなどを通じて、広く紹介するとともに、育種技術講習会や現地での技術指導を通して品種の利用促進を図ります。また、今回開発したスギの品種は、いずれも次代検定林等での調査データをもとに開発しています。今後とも関係機関と連携して調査を進め、データの蓄積に努めていきます。

次代検定林における容積密度の簡易測定

（関西育種場育種課　久保田正裕）

平成20年度に開発した新品種について

当センターでは，関係府県と連携して，花粉の少ないスギ品種４品種，二酸化炭素吸収・固定能力の高いスギ品種２５品種，マツノザイセンチュウ抵抗性品種２４品種（アカマツ１２品種及びクロマツ１２品種），スギカミキリ抵抗性品種２品種、雪害抵抗性スギ品種１８品種の合計７３品種を平成２０年度新たに開発しました。

○花粉の少ないスギ品種

育種基本区	No.	選抜地	品種名（精英樹名）
関　西	1	岡山県	苫田9号
	2	岡山県	苫田15号
	3	岡山県	真庭36号
	4	岡山県	英田1号

○二酸化炭素吸収・固定能力の高いスギ品種

育種基本区	No.	選抜地	品種名（精英樹名）
関　東	1	福島県	西白河3号
	2	福島県	石城6号
	3	福島県	相馬3号
	4	栃木県	上都賀3号
	5	栃木県	上都賀5号
	6	栃木県	上都賀7号
	7	栃木県	河内1号
	8	群馬県	利根2号
	9	群馬県	沼田2号
関　西	10	三重県	度会9号
	11	奈良県	奈良署2号
	12	和歌山県	有田1号
	13	和歌山県	西牟婁12号
	14	和歌山県	田辺署3号
	15	滋賀県	甲賀6号
	16	兵庫県	氷上6号
	17	岡山県	真庭1号
	18	岡山県	真庭2号
	19	岡山県	真庭5号
	20	岡山県	阿哲3号
	21	岡山県	新見11号
	22	岡山県	新見署4号
	23	広島県	比婆2号
	24	山口県	玖珂7号
	25	山口県	美祢5号

○マツノザイセンチュウ抵抗性品種（アカマツ）

育種基本区	No.	選抜地	品種名
東　北	1	岩手県	マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手（藤沢）アカマツ6号
	2	岩手県	マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手（藤沢）アカマツ19号
	3	岩手県	マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手（藤沢）アカマツ22号
	4	岩手県	マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手（藤沢）アカマツ28号
	5	岩手県	マツノザイセンチュウ抵抗性 新潟（上越）アカマツ42号
	6	岩手県	マツノザイセンチュウ抵抗性 新潟（上越）アカマツ136号
関　東	7	茨城県	マツノザイセンチュウ抵抗性 茨城（那珂）アカマツ201号
	8	岐阜県	マツノザイセンチュウ抵抗性 岐阜（本巣）アカマツ18号
	9	岐阜県	マツノザイセンチュウ抵抗性 岐阜（武芸川）アカマツ6号
関　西	10	鳥取県	マツノザイセンチュウ抵抗性 鳥取（東伯）アカマツ685号
	11	鳥取県	マツノザイセンチュウ抵抗性 鳥取（東伯）アカマツ719号
	12	鳥取県	マツノザイセンチュウ抵抗性 鳥取（東伯）アカマツ746号

○マツノザイセンチュウ抵抗性品種（クロマツ）

育種基本区	No.	選抜地	品種名
東　北	1	山形県	マツノザイセンチュウ抵抗性 山形（遊佐）クロマツ72号
関　西	2	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（網野）クロマツ31号
	3	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（網野）クロマツ43号
	4	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ47号
	5	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ50号
	6	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ51号
	7	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ58号
	8	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ60号
	9	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ64号
	10	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ65号
	11	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ69号
	12	京都府	マツノザイセンチュウ抵抗性 京都（丹後）クロマツ71号

○スギカミキリ抵抗性品種

育種基本区	No.	選抜地	品種名
関　東	1	茨城県	スギカミキリ抵抗性 東京営13号
	2	栃木県	スギカミキリ抵抗性 栃木県5号

○雪害抵抗性スギ品種

育種基本区	No.	選抜地	品種名
東　北	1	秋田県	スギ耐雪 秋田営14号
	2	秋田県	スギ耐雪 秋田営121号
	3	秋田県	スギ耐雪 精英樹角館1号
	4	秋田県	スギ耐雪 秋田県19号
	5	山形県	スギ耐雪 山形県36号
	6	山形県	スギ耐雪 山形県46号
	7	山形県	スギ耐雪 山形県68号
	8	新潟県	スギ耐雪 前橋営13号
	9	新潟県	スギ耐雪 前橋営107号
	10	新潟県	スギ耐雪 新潟県27号
関　西	11	滋賀県	スギ耐雪 滋賀県12号
	12	島根県	スギ耐雪 島根県34号
	13	島根県	スギ耐雪 島根県38号
	14	岡山県	スギ耐雪 岡山県19号
	15	岡山県	スギ耐雪 岡山県29号
	16	岡山県	スギ耐雪 岡山県40号
	17	岡山県	スギ耐雪 岡山県43号
	18	岡山県	スギ耐雪 遠藤355号

（育種部育種第一課　野村考宏）

長野増殖保存園の本州産トウヒ類

１．はじめに

マツ科トウヒ属は、日本に6種1変種が分布しており、本州には中部山岳地帯を中心に５種1変種が分布しています（表－１）。トウヒ類は北海道では主要な森林構成種であり造林樹種でもありますが、本州では事業としての造林は行われておらず、比較的なじみのうすい樹種です。しかし、中部山岳地帯の亜高山地帯では重要な森林構成種であり、絶滅危惧種(ヤツガタケトウヒ、ヒメバラモミ等)や天然記念物(山梨県山中湖村ハリモミ純林)に指定されている貴重な事例もあります。

また、トウヒ属は学問的に興味深い分類群でもあります。たとえば、最近の研究の結果からはアズサバラモミやヒメマツハダがそれぞれヒメバラモミとヤツガタケトウヒの種内変異に含まれることが強く示唆されています。加えて、DNA等を用いた研究からは本州産のトウヒが朝鮮半島由来のものであるという分布変遷が推定されています。

表－１ 日本に分布するトウヒ属と長野増殖保存園での保存

No.	種　　名	日本での分布	長野増殖保存園での保存
1	エゾマツ	北海道	－
	(変種)トウヒ	中部、紀伊	○
2	アカエゾマツ	北海道、東北	○(試験木として)
3	イラモミ	関東～中部	－
4	ヒメバラモミ	中部	○(1本のみ)
	(種内変異) アズサバラモミ		○
5	ヤツガタケトウヒ	中部	○
	(種内変異) ヒメマツハダ		○
6	ハリモミ	関東～中部、 紀伊、四国、九州	○

２．保存状況

長野増殖保存園には4種1変種が保存されています(表－１)。本稿では本州産のトウヒ、アズサバラモミ、ヤツガタケトウヒ、ヒメマツハダ、ハリモミについて紹介します。

（１）トウヒ交配園

つぎ木により20クローン98本が保存されています。岐阜県高山市（旧朝日村、旧高根村)、下呂市（旧小坂町)、長野県塩尻市(旧楢川村)から収集されたもので、1966年に造成され、1986年に現在の場所に移植されました。開花は1981年から報告されています。平均樹高約4m、平均胸高直径約9cmとなっています（写真－１)。

写真－１　トウヒ交配園

（２）アズサバラモミ遺伝資源保存園

実生により92本が保存されています。長野県川上村から収集されたもので、1984年に造成され、開花はまだ報告されていません。平均樹高約9m、平均胸高直径約13cmとなっています（写真－２)。

（３）ヤツガタケトウヒ交配園

つぎ木により23クローン165本が保存されています。長野県富士見町から収集されたもので、1971年に造成され、1980年から開花が報告されています。平均樹高約12m、平均胸高直径約25cmとなっています（写真－３)。

写真－２　アズサバラモミ遺伝資源保存園

写真－３　ヤツガタケトウヒ交配園

写真－４　ヒメマツハダ交配園

（４）ヒメマツハダ交配園

つぎ木により25クローン75本が保存されています。長野県富士見町から収集されたもので、1971年に造成され、1982年から雄花の開花、1991年から雌花の開花が報告されています。平均樹高約14m、平均胸高直径約32cmとなっています（写真－４）。

（５）ハリモミ遺伝資源保存園

園内の2か所につぎ木により64クローン146本が保存されています。山梨県山中湖村から収集されたもので、1986年と1998年に造成され、開花はまだ報告されていません。平均樹高約2m、平均胸高直径約3cmとなっています（写真－５）。

写真－５　ハリモミ遺伝資源保存園

（育種部指導課　古本良）

参考文献

逢沢峰昭：日本のトウヒ属樹種の植物地理．林木の育種 No.223．1-6．2007

勝木俊雄：日本の絶滅危惧樹木シリーズ(7)－ヤツガタケトウヒ－．林木の育種No.207．17-19．2003

勝木俊雄，逢沢峰昭，杉田久志，吉丸博志：本州・四国・九州におけるトウヒ属樹木*Picea* spp.の分布の現状と保全．生物科学(2008)第59巻第3号．149-156．2008

（保存コレクションシリーズ　No.９）

本保存コレクションシリーズは「林木遺伝資源情報誌」で連載していたものです。

以前の記事をご覧になりたい方は、独立行政法人森林総合研究所林木育種センター遺伝資源部までご連絡いただくか、末尾のホームページにあります「林木遺伝資源情報誌（刊行物）」をご参考ください。

TEL:0294-39-7012

http://labglt.nftbc.affrc.go.jp/genebank/index.htm

ケニア共和国の林業と林木育種研究の現状

１．はじめに

アフリカは日本人にとっては必ずしも身近な国ではありません。しかし、先端産業に欠かすことのできないニオブやアンチモン、ガリウム等のレアメタル、さらには石油等の鉱物資源の重要な輸入相手となっています。また、カカオ豆、コーヒー、紅茶等の農産物、意外なところでは我が国で消費されるタコの５割はアフリカから輸入されています。

このように、我が国にとってアフリカ諸国は重要な貿易相手国であるため、アフリカ開発会議（TICAD）を主導する等によって関係の強化に努めています。その一方で、ルワンダの虐殺、ダルフール紛争、はてはソマリア海賊等あちらこちらに火薬庫を抱おり、我が国も安定に貢献するため、自衛艦派遣等を論議しなければならない地域でもあります。

標題のケニア共和国はアフリカ東岸の赤道直下にあり、古くは山川惣治の“少年ケニヤ”から近年のサファリツアーに至るまで、サバンナの広がる雄大な自然、槍を携えたマサイと野生の動物がこの国のイメージなのではないでしょうか。確かにサファリツアー等の観光や高級切り花生産等を主体とした園芸農業が主要産業という国なのですが、比較的高い国民の教育、サバンナや美しい海岸線等観光資源に恵まれていること、モンバサ等の良港にめぐまれている事等によって、ここ数年間にわたって大幅な経済成長を示しています。政治的にも1963年の独立以降も英連邦の中にとどまり、モイ党の一党政治ではありますが政治・社会的に比較的安定していることも、成長の原動力になっていると考えられています。

さて、草原の国と言ったイメージのケニアではありますが、ケニア林業研究所（KEFRI；Kenya Forestry Research Institute）はアフリカの林業研究の中核の一つであり、我が国の国際協力機構（JICA）の援助のもと、２０年以上にわたって「社会林業」の技術向上と定着等に尽力してきました。KEFRIではこれに続くものとして、降雨量の減少などによる一層の乾燥化に対応し、育種技術によって林業樹種の耐乾燥性を向上させること等を目的とした技術開発プロジェクトを計画しています。これに森林総合研究所林木育種センターがどのような協力できるかを検討するため、まずはケニアの林業とKEFRIの活動の実態を把握することを目的とした現地調査を行いました。遠くにあって日本人にはなじみの薄いケニアについて、限られた範囲ではあり

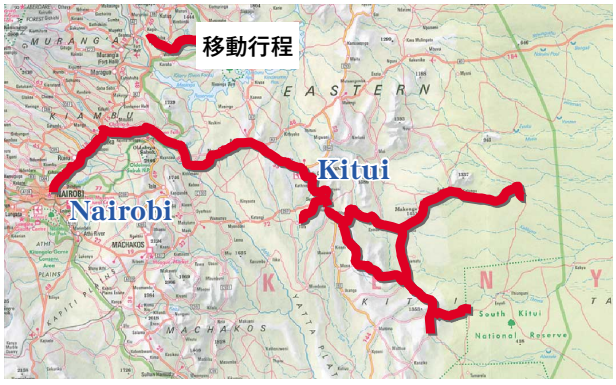


図1　ケニア国内の移動行程

写真１　Kitui郊外に広がるサバンナ

ますが、ここで見聞きしたケニアの林業やKEFRIの活動を紹介するとともに、社会事情についても若干触れました。図１は今回の調査行程を示したものです。

２．ケニアの林業

ケニアは国土の80％以上を潜在的乾燥地帯が占め、森林率はわずか２％にしかすぎません。しかし、いわゆる「森林」の占める比率が２％程度なのであって、樹木がまったくない訳ではありません。森林の定義は世界各国、機関によって異なるので、一概には言えませんが、ある程度以上の大きさの樹木がある程度の密度で叢生し、ある程度の面積や幅を持つものを森林とするのが一般的なので、その他９８％の実態は写真１に示すように、草原の中にバオバブやアカシア属などの樹木が点在するそれなりに潤いのある（？）風景なのです。写真は最も乾燥した地域ではないこともその印象を強めるのかも知れませんが、より乾燥した地域でも、多少樹木がまばらになるものの、概ねこのような風景でした。

このような森林事情に対し、ケニアでは家庭用エネルギーの８９％を薪炭に頼っています。したがって、それほど潤沢ではない森林資源が燃料に消費され、乾燥がさらに進むことが深刻な問題となっています。その解決手段として重要視されてきたのが社会林業です。社会林業とは、高木・低木を含む木本と農作物、家畜を総合的に組み合わせ、農業経営を安定させることを目的とした複合農業経営システムを指します。写真２がその実例です。ちなみに、社会林業はケニア林野公社(KFS: Kenya Forest Service）の管轄下にあります。ただし、社会林業に用いる果樹の育種は農業の範疇に入るそうです。また、ケニアではAZK（Agroclimatic zones of Kenya）と呼ばれる降雨量等による乾燥の程度で国土を７つの地域に区分し、それぞれに適した樹種や作物を栽培しています。Zone1は高山の

写真２　Meliaを使った社会林業の例

頂上などで常に雪に覆われているような湿潤地域であり、他方、Zone7は最も乾燥している地域です。ケニアの社会林業において重要な造林樹種と見なされているものを次に示します。

①Sclerocarya birrea(Marula)：比較的湿潤な地域に適応した果樹であり、果実は美味で食用、酒造原料に用いられる。なお、酒はMarulaワインとして輸出もされている。②Melia volkensii：比較的乾燥程度の強い地帯に適応し、高価な用材生産用として重要である。樹形、材いずれも我が国のセンダンに類似する。③Acacia tortiliis：最も乾燥に耐える薪炭用樹種であり、最乾燥地帯ではこの樹種のみが利用可能である。

これらの樹種の中で最も重要な樹種ととらえられているのはMelia volkensiiです。それは①比較的乾燥に強く、広い範囲に適応できる、②成長が早く10～15年伐期で経営が可能、③用材は心材色が濃い赤色で美しく、比

写真３　Muguga郊外の産業造林地

重は0.63と高いうえに、耐腐朽性、耐蟻性が高く、家具材等として高価に取引され、経済効果が高い、④リターによって収穫が増えるとされる、⑤シロアリに強く他にも致命的な病虫害は報告されていない等の多くの利点があるからです。特に材が高価で農家の効果的なつなぎ収入となるところが注目されています。

もちろん、ユーカリやサイプレス等の導入種による大規模の産業造林も行われており、写真３はKEFRIのあるMuguga周辺に広がる産業造林地です。

３．ケニア林業研究所(KEFRI)について

KEFRIは日本の資金と技術の双方の援助で設立されたケニアで唯一の林業研究機関であり、この分野においてアフリカの指導的立場にあると評価されています。研究だけではなく、研究者の指導や技術研修等を行っており、これらの実績に対抗できるのは南アフリカ共和国の Forestry and Forest Products Research Centre, South Africaだけであろうとのことです。我々も大学院修士コースの学生がここで学んでいるのを目にしました。

KEFRIはNairobi近郊のMugugaの本所及びNairobiの東南東150kmのKituiをはじめ、Gede、Karua、Londiani、Masenuに支所がありますが、Kituiを除いては実験ステーション程度の規模とのことです。さて、この KEFRI の林木育種関係の活動状況を次に紹介します。

１）林木育種：郷土樹種と導入種の双方で産地試験やプラス木の選抜等が盛んに行われています。Pinus patulaではすでに64個体のプラス木が選抜され、Melia volkensiiでも、産地試験やプラス木選抜が行われ、15個体のプラス木があります。写真４は農家の庭先で選抜されたプラス木です。このように林木育種が盛んな背景には、種子の販売がKEFRIの重要な収入源であることも関係しているようです。傘下のSeed Centerが生産、販売に当

写真４　豪農の庭先のプラス木

たっており、パンフレットを作成する等販売促進に努めています。最大の顧客はKFSですが、農家への販売量も大きいとのことです。

２）組織培養：本所には組織培養用の実験室が完備されており，クリーンベンチ，グロースチャンバー，オートクレーブ、さらには培養物を観察するための顕微鏡も装備して実験を進めていました。また，研究員，技術職員等も揃っており、十分な研究体制が整っていました。研究の対象となっているのは，Bamboo、Melia volkensii、African Sandalwood (Osyris lanceolata)、Warburgiaであり、Melia volkensiiは最も研究が進んでおり，特に節からの発根・再生が容易であるとのことです。また，子葉からのSomatic embryoの作成も既に成功しており、効率的に大量増殖を行う方法を模索している段階にあると思われました。一方で，需要が高いが増殖が難しい African Sandalwood の研究も積極的に行っていました。African Sandalwoodは香木として高値で取引されています。

３）遺伝子導入：遺伝子導入に関する研究は全く行われていないものの、研究環境を整備したいとの要望はあるようです。DNAの抽出のための破砕機、遠心分離機、分光光度計、PCR増幅装置、電気泳動装置、泳動像撮影装置などが整備されており、これらDNA分析関係の設備と組織培養の設備を利用すれば、遺伝子組換え実験の基本的な操作の大半を行う

ことは可能でしょう。必要なのは技術の取得と実用化に必要な隔離網室等の施設の整備と考えられます。

4）その他：害虫防除分野では植民地時代に始まる50,000種を越える昆虫標本を保存しており、これをもとにした種の同定、防除法を主に研究しています。他機関、他国からの依頼も受け入れており、特に同定の依頼が数多くあるとのことでした。また、天敵利用の研究も積極的に進めており、ラジアータパインの害虫を駆除するため、捕食昆虫をインドから導入して成功しています。

5）まとめ：このようにKEFRIは人的、施設的ともに十分な能力と実績を持っており、彼らと一緒に仕事をすることによって我々も得るところの多い有能なパートナーであると感じました。

4．ケニアの生活

1）都市部（首都Nairobi）：ケニアは赤道直下にありますが、Nairobiは標高が1600mと高いこともあって気温はそれほど高くなく、朝夕は肌寒さを感じる程でした。また，調査時の１２月初旬は小雨期と呼ばれる比較的降雨の多い時期で湿気もあり、過ごしやすいと感じました。しかし、治安面では問題があり、地元住民ですらひったくり防止として走行中には車の窓を閉じてドアロックを徹底するなど、常に緊張した状態にありました。同様に、外出に当たっては鞄等や光り物を身につけない、財布を持たずに裸札で数千円程度を持つ等を留意するように指導されました。また、夜間走行は危険度が高いため、地元住民も避けており，暗くなるまでに帰還する、あるいは複数台を連ねて走行する等の配慮が必要であるとのことでした。

2）地方（Kitui）：Kituiは人口１万３千人程の小さな街ですが、それなりに賑やかな街です。標高がNairobiよりも若干低いため、気温も高く気候的には少々暮らしにくい感じがしました。しかし、治安は比較的良いようで、Kitui Centerの職員の聞き取りでも、夜間の単独外出を避ける以外はそれほど気をつける必要がないとのことです。これは、地方に共通することで伝統的コミュニティーの治安は良く、これは本所のあるMugugaも同様だそうです。夜間に職員と市内のレストランへ食事に出かけましたが、Nairobiで感じたような不穏な雰囲気や緊張感はありませんでした。ところで、KEFRI Kitui Center内にはシャワー，トイレを完備したゲストハウスがあり、清潔な職員食堂も用意されてなかなか快適な生活を送ることができます。ここには、日本の女子学生が研究目的で２ヶ月間滞在しており、野菜が入手し難い以外は大きなストレスもなく滞在できるとのことでした。ただし、地方では道路事情が悪いために移動が大変であり、150kmほど移動するのに５時間を要しました。写真５は地方宿場街のEndauの様子であり、住民はこのようなトラックを改造したバスで移動します。

3）まとめ：このように、赤道直下にありながら冷房を必要としない快適な気候に加え、治安面もいわゆる田舎ではそれほど深刻な問題ではないことがわかりました。Nairobiのホテルよりも KEFRIのゲストハウスの方が滞在には適していると言えそうです。

写真５　地方の宿場街Endau

（育種部育種第一課　藤澤義武）

中国における、足かけ10年間の林木育種の技術協力(3)

～中国の森林造成政策と日中協力林木育種科学技術センター計画の成果との係わり～

国家林業局の祝列克副局長は、２００７年１２月４日の国務院の記者会見で「中国の森林面積は１億７５００万ｈａ、森林蓄積量は１２４億５６００m³、森林被覆率は新中国設立当初の８．６％から１８．２１％に拡大している。世界では森林資源が減少する中で、中国の森林資源は増加を続け、世界で最も増加が著しい国になっている」と発言しました。

被覆率を約１０％増加させた、いろいろな森林造成政策と「日中協力林木育種科学技術センター計画」で開発された成果との係わりについて報告します。

１．森林造成政策の変遷

１９４９年の建国直後は長年にわたる戦乱、無秩序な開墾による禿げ山や荒廃地が各地に見られたため、国家は生産性と保護機能を備えた森林の造成、天然林の開発等を重点とした森林造成計画の必要性を自覚し、１９５０年に林業部を設立し、以下の政策を実施してきました。

年度	森林造成政策等
1953	「**大造林、森林の保育、森林の保全などの指令**」を制定、公布
1954	**森林資源調査の開始**
1955	「**農業発展１２ヶ年計画**」（『植樹造林、祖国緑化』をスローガンとし、木材消費量を想定し、需要量を満たすための造林面積を定め、森林保護と土地利用の共同化を進めた最初の林業計画を策定）
1958	「**林業科学研究院**」を設立
1963	「**森林保護運営規則に関する法令**」（森林を保護し、森林の生産能力の増進）
1978	「**三北防護林プロジェクト～緑の万里の長城～**」（国土の約４分の１を占める北部地域（西北、華北、東北）の乾燥地帯への造林事業を行うプロジェクト）
1979	「**林業法**」（全国民の森林造成への努力を鼓舞）
1981	「**植樹義務**」（村の周辺、水路沿い等の空き地や作物列の間への植樹義務）
1985	「**種子管理条例**」（種子の品質確保）
	「**森林法**」（森林管理に関する法律）～１９９８年に改正～
1989	「**長江上中流防護林**」
1993	「**砂漠化防止**」
1996	「**珠江、遼河防護林等**」
	（1989～1996）防護林の造成など、環境保全を重視したプロジェクトを開始
1998	**長江等の大洪水発生**（これを機に政策が木材生産から環境保護対策重視となる）
	「**天然林保護国家プロジェクト**」（天然林保護のための伐採削減等）
1999	「**全国生態環境建設計画**」（50年スパンでの生態環境の回復・保全を目標）
	「**退耕還林プロジェクト**」（急斜面の農地を林地や草地に戻し植生を復活させる）
	「**西部大開発**」（西部地域の過度の森林伐採による、砂漠化を阻止するために環境保全型の資源開発を実施）
2000	「**種子法**」（種苗行政の強化等）
2002～	「**早生多収穫用材林基地建設事業**」（六大林業重点事業等により生態環境保護を重視し、農民の生活安定を図る集体林権制度を取り入れた政策により植樹）

２．育種事業の現状と新しい森林造成政策

中国においては７０年代から造林対象樹種の精英樹選抜、８０年代から９０年代後半にかけて採種・穂園、次代検定林、精英樹の保存、増殖等を行う種苗場、優良母樹林を全国に何ヶ所も設定しています。しかしながら、育種研究・育種事業を実施する基本方針や長期計画、法整備は国家、省共に未制定です。北京・天津風砂源整備事業等の六大林業重点事業等に供する苗木についても、成長・材質等の形質が遺伝的に優れた母材からの種苗では無く、地上部と地下部の均整がとれている等形状主体の苗木で造林が実施されており、事業終了後の検査項目には、種子の産地等は含まれておらず、活着率の良否により補助金を支給しています。このような林木種苗事業の現状を打破するため、国家林業局は２００６年に策定した、森林造成指針の「１１次５ヶ年計画」の中で造林木の品質を高める目標を掲げました。そして、２００８年の林業重点事業の中で、選抜、育苗、販売等に関する法整備を行い、科学的研究成果と種苗生産事業を結合させた森林経営を行うための新たな枠組みを作る方針を発出しました。

- 林木遺伝資源の収集・保存、優良形質木の育成、種子の貯蔵、種苗品質監督強化、情報化管理を行い、計画的に主な造林樹種の育種事業を行う。このために全国を１０の育種区(日本での育種基本区)に区分し、２５カ所に国家林木育種センターの設立を計画する。
- 湖北省では華中林木育種区湖北省林木育種センターを設立し、地理分布と気候帯により、地域区分を行い、省と各地域の『林木育種事業計画』を樹立し、育種目標を定め、用材林、経済林樹種の優良木の選抜と遺伝資源の保存等を行い、各地域には増殖センターの造成、種子貯蔵センターの建設、林木種子質量検査センターを設立する。また、センターと各地域との情報網の強化、林木育種研究の成果の総括と、開発された育種技術は現地への活用を図り、担当者は林木育種事業を推進する業務に励む、

等の計画を樹立しました。

３．結び

このように国家林業局、湖北省は「造林木の量から質へ」と造林緑化事業の政策を変換し、前述の政策を完成させるための予算措置等を配して、強力に取り組んでいます。１２年間に及んだ日中協力林木育種科学技術センター計画での循環選抜育種、人材育成、育種素材の収集・保存、試験地の造成等（写真)、

写真　導入したポプラの現地適応試験地
「２００２年設定　標高７７０m」

一連の育種技術開発の成果は森林造成政策を変換させる基盤となったと思われます。また、育種技術を取得した『湖北省林木育種センター』は今後の中国における林木育種事業を体系的、組織的に継続して推進する過程において大きな原動力になると確信しています。中国の大地に大きく根を下ろした「林木育種」への中国側の保育・管理を見守りたいと思っています。

(国際協力機構日中協力林木育種科学技術センター計画　前長期専門家　河村嘉一郎)

森林総合研究所の育種戦略

林木育種事業は、昭和３２年に林木育種場が設置され、林木育種事業が組織的にスタートしてから、平成１９年で５０年という節目を迎え、今日に至っています。

この５０年間に、国の施策に基づいて、精英樹選抜育種事業、林木次代検定事業等の事業を展開してきましたが、林木育種事業を実施する組織も、林木育種事業に対するニーズ、社会の要請等を踏まえ、平成３年の林木育種場のセンター化、平成１３年の中央省庁等の改革に伴う独立行政法人への移行、平成１９年には独立行政法人の中期目標期間終了時の事務・事業の見直し等により独立行政法人森林総合研究所と組織統合と再編･整備を行い、現在に至っています。

林木育種事業等については、平成１３月３月に林野庁が１０年間を見通した目標とその目標を達成するための推進方策を明確にすることとし、「林木育種戦略」が策定されています。その後５年を経過し、森林・林業・木材産業を取り巻く情勢が変化し、京都議定書目標達成計画において、我が国の温室効果ガス削減のうち約３分の２を森林による二酸化炭素の吸収により確保することとされたり、平成１８年９月には新たな「森林・林業基本計画」が閣議決定をみたことから、平成１９年２月には「林木育種戦略」が見直されています。

この「林木育種戦略」は、森林総合研究所の「中期目標」に反映され、森林総合研究所ではこれを達成するために「中期計画」や「年度計画」を作成し、目標を定め林木育種事業を実施しています。

さらに、これら計画を円滑かつ効果的に実施するためには、都道府県等の関係機関と連携して取り組むことが重要となることから、森林総合研究所は育種基本区毎に設置されている「林木育種推進地区協議会」において、関係機関と調整し、育種基本区毎に「林木育種事業推進計画」を策定しています。この計画は、育種基本区毎の林木育種事業の目標とその推進方策から構成されているもので、いわば、育種戦略を育種基本区毎の実情に応じて具体化する計画といえるものです。

今回、育種戦略の理解をいただくため、新品種の開発について、関東育種基本区の「林木育種事業推進計画」を掲載いたします。

しかしながら、昨今の規制改革会議等で、民間との連携や民間開放が求められるなど、これまでの育種事業の枠組みを越えた取組も必要となっております。今後は、民間との連携や共同研究・試験、民間参入に寄与する事業成果等の情報発信等も積極的に行っていく考えでありますが、森林総合研究所の育種戦略についてご意見などございましたら、是非お寄せいただきたいと思います。

関東育種基本区の「林木育種事業推進計画」（抜粋）

Ⅱ　林木育種事業の推進方向

１　新品種の開発

（1）花粉症対策に有効な品種の開発

ア　ヒノキ精英樹について雄花着花性の調査･評価を進め、花粉生産の少ない品種を開発する。

イ　センターが開発した爽春等の雄性不稔スギとスギ精英樹等との人工交配及びF_1の苗木の育成を進めるとともに、雄性不稔遺伝子を保有するヘテロ個体の探索を進める。

(2) 地球温暖化防止に資する品種の開発

スギ精英樹の容積密度等の調査・分析を進め、二酸化炭素吸収・固定能力の高いスギの品種を開発する。

(3) 国土保全・水源かん養及び自然環境保全の機能の向上に資する品種の開発

ア　マツノザイセンチュウに抵抗性を持つアカマツの品種及びスギカミキリに抵抗性を持つスギの品種を開発する。

イ　耐陰性を有するスギの品種を開発するための新たな試験地設定に着手する。

ウ　ケヤキの優良形質候補木を用いたモデル採種林を造成する。

(4) 林産物供給機能の向上に資する品種の開発

ア　スギ、ヒノキ、カラマツの次代検定林については、定期調査を進め、調査データの集計･管理を行うとともに、３０年次の調査データを中心に解析･評価を行い、精英樹特性表の充実を図る。また、材質の優れたスギの品種を開発する。

イ　成長や材質等に一段と優れた特性を有するスギ、ヒノキの第二世代品種を開発するための、人工交配、育種集団林の造成等を進める。

ウ　育林コストの削減に有効な特性を有するスギ、ヒノキの精英樹を選定し、公表する。

Ⅲ　林木育種事業の推進方策

1　新品種の開発

(1) 育種素材の選抜・交配・保存

育種素材の選抜・交配・保存については、（独）森林総合研究所林木育種センター（以下「センター」という。）、都県及び森林管理局が連携しておこなう。

(2) 育種素材等の検定等

ア　花粉生産の少ないヒノキ、無花粉スギと精英樹等との人工交配及びヘテロ個体の探索については、センターと都県が連携して行う。

イ　マツノザイセンチュウ抵抗性候補木の検定については、一次は都県等で、二次はセンターで行う。

ウ　次代検定林の定期調査については、国有林内はセンターと森林管理局の連携、民有林内は各都県によりそれぞれ行う。また、都県は民有林内次代検定林データの集計結果をセンターに送付し、調査データ全体の分析等をセンターが行う。

エ　精英樹特性表の作成は、センターが行う。

オ　育種集団林の造成については、センター、森林管理局等が連携して行う。

(3) 技術開発

技術開発については、センターが中心となって進める。

スポット　系統評価のための統計的手法（6）

これまで、次代検定による精英樹の系統評価のための統計的手法として、最小二乗推定法、BLP法（Best Linear Prediction）、BLUP法（Best Linear Unbiased Prediction ）を紹介しました。ここでは、それぞれの手法の特徴について、整理してみたいと思います。

精英樹の系統評価に用いるデータは、複数箇所に設定した検定林における各系統のプロット平均値です。各検定林での供試系統の構成は不規則なため、系統と検定林の二元分類表を作成すると、欠測値のある不完全な表になります（表－1）。このようなデータで評価を行う際には、次の点に考慮する必要があります。

①遺伝と環境の交互作用(検定環境の不均一性)
②各検定林の供試系統が不揃い(データの非直交性)
③各検定林の試験精度が異なる(分散の不均一性)
④各系統の供試回数が異なる(推定精度の不均一性)

表－1　検定林と供試系統（一部）

平均 / 2	検定林コード							
精英樹コード	212	213	214	215	216	217	218	231
779					9.9			
783				6.7	8.8	7.6		
785								
786				9.4	10.4		10.7	
787					9.1			
789							9.9	
790				10.3				
791	7.0	6.1	7.3		11.1	8.8	7.0	
792	8.8	8.0			12.5	8.3	8.2	
793	7.7	9.2					10.9	
796	7.5	6.0	6.3	9.2	10.4	8.1	7.4	
797	6.5	6.2		9.5			8.5	
799					10.0			
800							7.5	
801	7.2	5.4						
802	6.2	4.5		6.6				
803	7.7	6.2		8.5	9.6	9.4	7.1	
804	6.9	6.4	6.3					
805	6.3	5.9		9.1			6.4	

このようなデータから、そのまま系統平均値を求めると各系統の平均値に特定の検定林の地力差が含まれているために、評価手法として最小二乗推定法が用いられてきました。最小二乗法では、分散や共分散を計算に使用していないため、分散や推定精度の不均一性を評価に反映していません。そこで、重み付き最小二乗法(各検定林の誤差分散の逆数で重み付けする)、修正最小二乗法（供試回数、系統間分散で修正する）などの改良した手法が用いられました。しかし、このような修正を同時に行うことや、異なる形質や年次のデータを組み合わせることはできません。

BLP法は、①不揃いなデータ(系統、年次、形質）を活用できる、②不均一性（試験精度、供試回数）が反映できる、③異質なデータ（検定林、集植所）の組合せもできるという特徴を持ちます。BLP法の予測値(g)は、観測値ベクトル(y)と次の関係にあります。

$g = C' \cdot V^{-1} \cdot y$　…(1)

$C' \cdot V^{-1}$は，行列Cがgとyの共分散，行列Vがyの分散であることから，Cov(g,y)をVar(y)で除した形となり，$C' \cdot V^{-1}$は、yとgを関係づける重回帰係数と考えられます。$C' \cdot V^{-1}$は、試験精度や供試回数によって系統ごとに変わる値で、系統の評価値に精度を反映させることができます。また、異なる年次や形質のデータや育種素材保存園のデータであったとしても、共分散、分散が求まれば、評価に使用できます。

第二世代精英樹の選抜では、個体の評価が必要となり、BLUP法で推定することができます。BLUP法は、個体の評価だけでなく、系統評価も可能ですが、計算が複雑で、BLP法の方が早く計算できます。しかし、BLUP法では、BLP法では、別に計算しておく必要があった遺伝率や固定効果を同時に推定できます。また、血縁関係をデータとすることができ、3世代にわたるデータも解析可能となります。

大量のデータを使用する精英樹特性表の作成には、計算が早く、解析プログラムが充実した最小二乗推定法を利用しています。二酸化炭素吸収・固定能力の高い品種開発では、系統評価にBLP法を利用して育種素材保存園のデータも活用しました。また、第二世代精英樹の選抜に利用するため、BLUP法の研究を進めています。系統評価のための統計的手法は、それぞれの特徴を理解し、事業・研究の目的に合った手法を選択して利用することが重要です。

（関西育種場育種課　久保田正裕）

平成21年3月13日発行　編集：独立行政法人森林総合研究所林木育種センター　〒319-1301　茨城県日立市十王町伊師3809-1　電話0294(39)7000