【特　集】「林木育種事業 60 周年記念シンポジウム」

再造林時代の林木育種

井 出　雄 二 *, 1

はじめに

精英樹選抜にはじまる長い林木改良の道のりが 60 年前（1957 年）に始まった。60 年といえば大変長いようにも思われるが、林木の一生にとっては高々一伐期が過ぎたにすぎない。農作物の育種などと異なり、「改良の確からしさ」を基本とする林木育種の方法は、一般には理解しにくいものであるが、第 1 世代の育種を進め、実際のデータを蓄積する中で、ようやく全体像が見えてきたと思われる。

私が、林木育種と出会ったのは約 40 年前だが、当初は林木育種というすでに確立した手法が存在しているものとばかり思っていた。しかし、実際にはわかっていないことがほとんどで、とてつもなく大変な仕事だということに気づいたのは、数年間いろいろやった後のことであった。事業を根気よく継続され、多くの基礎的、応用的な知見を築かれてきた、歴代の林木育種担当者、研究者の皆さんにあらためて敬意を表したい。

今日、戦後植栽の人工林が利用期を迎え、国産材の利用拡大が今まで以上に求められ、伐採量も増加しつつある。こうした中、いかに再造林を進めてゆくかに日本の森林の将来がかかっている。本稿では、これからの林木育種はどうあるべきなのか、考えを述べたい。

林木育種 60 年を振り返る

林木育種事業は、戦後の逼迫した木材需要と荒廃森林の回復をめざした大造林事業を支える施策の一環として開始された。「短期間にたくさんの木材を生産する」というのが最重要課題であり、それに向けた種苗の育成が求められていた。ところが、造林が再造林地だけでなく奥地や寒冷地の拡大造林へと向かい始めると、スギ、ヒノキの気象害など新たな問題が生じることになり、これへの対応も求められることになった。また、寒冷地への造林のために、人工林造成の知見が乏しいカラマツやトドマツなど寒地性樹種の育種にも取り組むこととなり、事業の範囲は拡大し続けた。

さらに、木材の輸入自由化に伴う国産材の消費が低迷すると、優良な材を育てて高く売ろうとする高級化路線ともいうべき林業が台頭し、枝打ちや密度管理を徹底して無節の高級材を作るといったことが推進され、材質へのこだわりもより強くなった。育種に対しても、強度はもちろん材色であるとか材のねじれなど材質への要求が高まり、重点的に取り組んだ時期があった。さらには、マツ材線虫病の流行による海岸林の消滅や戦後造林したスギ・ヒノキの成長に伴う花粉症の蔓延などに対しても、対応が求められる事態となり、ますます事業内容は多様化することになった。

こうした中、限られた人員でそれぞれの課題に関係機関が熱心に取り組み、それぞれすばらしい成果を出してきたことには感心させられる。選抜だけでなくその間に必要な様々な技術についても研究や改良が必要なので、関係者の努力は並大抵ではなかった。しかし、育種というのは、単によい系統や品種を作出すればよいというものではなく、それが林地に植栽されやがて収穫を迎えて初めて完結する仕事であり、これまでの努力のどれ程が実際の森林に寄与したかについては、考えさせられる点も少なくない。

最近 10 年間に限ってみると、林木育種にはいくつかの特筆すべき動きがあった。

第一に、第 2 世代精英樹がエリートツリーとして実用に供され始めたことである。これは、長年にわたる次代検定と次世代の作出の努力によって生み出された新たな種苗である。生態学では、生物が繁殖して子供を残すだけではなく、その子供がさらに子供を残したことをもって生態系に適応したとみなすが、林木育種も、第 1 世代採種園からの種苗だけでなく、第 2 世代種苗

* E-mail: ide.yuj@gmail.com
1 いで ゆうじ　東京大学 教授（2018 年 2 月 当時、現在は東京大学名誉教授）

の社会実装が始まったことをもって、林業を支える基幹技術としての地位を確立したといえる。間伐等特措法の特定母樹としての指定とあいまって、これら種苗の急速な普及が期待されている。もう一つの、成果はマツノザイセンチュウ抵抗性マツの選抜が全国レベルで進み、二次検定合格クローンは 10 年前に約 180 程だったのが、現在では約 400 にまで増加した。

基礎的な研究においても大きな進展があり、森林総合研究所を中心に行われてきたスギゲノム研究では、単に塩基配列を読み解くという段階から個々の有益な遺伝子を特定できるまでになった。林木育種センターでは環境傾度と遺伝子発現などについても研究が進められ一定の成果が上がってきており、実地への応用が期待される。また、バイオテクノロジーの分野でも遺伝子組換えが安定技術となり、組換え無花粉スギの隔離圃場試験などが行われている。これがそのまま野外で利用可能ということではないにしても、遺伝子レベルの研究を飛躍させる重要な技術であることは間違いない。

このように、この 10 年間の成果は、応用、基礎両面において目覚ましいものがあり、それまでの 50 年とは異なった新たな次元への突入を感じさせる。

近年の森林・林業の状況と課題

さて、種苗について話す前に、近年の森林・林業の状況を理解しておく必要がある。戦後造林された林分が伐期を迎えたことにより、国産材の供給量は徐々に増加しており、それに伴い木材自給率も上がって、久々に 30% を超えたとされる。しかし、これまで営々と積み重ねてきた育林の努力が報われるかどうかは、材をどのように使っていくか、また、伐採跡の再造林をどうするかにかかっている。森林・林業基本計画では、林業の成長産業化をうたい、原木の安定供給体制の構築、木材産業の競争力強化、新たな木材需要の創出などを通じて、資源の循環利用の実現を目指すとしている。しかし、現実には、伐採後 3 年以上再造林されず放置される林地が毎年 1 万 5 千 ha 程度もあり、解消されたといってもその多くが天然更新であるという状況では循環の実現はなかなか難しい。加えて、森林の CO_2 吸収源としての位置づけや生物多様性保全の観点からも、持続的な森林経営の確立は我が国にとって極めて重要な課題であることは論を待たない。なぜ再造林が進まないのかについてはいろいろな意見があるが、その一つに再造林コストの問題が指摘されている。収穫後の再造林を進めるための対策として、伐採と造林の一貫作業システムの開発、低密度植栽による経費の節減、コンテナ苗の利用による育苗、造林コストの低減、初期成長の早い品種や樹種の導入による保育経費の節減などが考えられている。

こうした中で求められるのはどんな種苗だろうか。林木育種センターが進めている第 2 世代精英樹は、再造林のニーズに対する一つの選択肢として有望と思われるが、それを利用する場合の育林の体系というものがいまだ十分に伴っていないという問題も含んでおり、早急にデータを蓄積する必要がある。

どんな林業になってゆくのか

種苗を考えるには、どのような林業が営まれるのかを念頭に置く必要がある。林業が成長産業化してゆくと、森林は、持続経営対象の森林と公益的機能重視の森林に区分されてゆくことになる。林野庁の 2015 年の「森林誘導の考え方について」という文書にも、森林の現況・機能に応じた林型への誘導のあり方が具体的に示されている。そして、持続的林業を目指す場合も、経営体の考え方や実力によって明確な目標を設定し生産性の高い森づくりを目指す経営と人工林を安全・適正に維持してゆこうという消極的林業経営に分化するものと考えられ、それぞれ目指す林型や伐期はおのずと異なったものになるだろう。

また、公益的機能重視型では、人工林を放置することへのリスク対応、生物多様性や安定性を重視した管理が求められる。私の試算では、これまで造成してきた人工林を持続的に管理しようとどんなに頑張っても、ほぼ半分は手入れが行き届かずどんどん高齢化するとみており、これの取り扱いが今後の森林機能の維持にとって大きな課題となると予想している。

そこで、今後の林業環境の中では表−1 に掲げる 3 つの方向性を考えておく必要がある。①では、目的に沿った機能、特性を備えた、特徴ある種苗が求められ、これまで用いられてきた樹種だけでなく、多様な造林材料、樹種の選択も視野に入れることになるかもしれない。②では、育林のリスクが低いことが優先されるので、生産

表−1　今後の林業の 3 つの方向性

①明確な経営目標と高い生産性を目指した林業
②人工林の安定的維持を重視した標準的な管理の林業
③生物多様性や安定性の高い森づくり

の安定性や今後の改良が十分保障されている、これまでの林木育種事業で供給されてきた種苗を引き続き用いてゆくことが有利といえる。③については、林業のローテーションから外れてゆく人工林を、健全に管理して公益的機能の高い状態へ誘導するための技術やそれに用いる種苗が求められるが、これについては後述する。

林木育種の方向性

ところで、筆者は林木育種 50 周年時の講演で、世界の木材供給は依然天然林に偏っていること、CO_2 の吸収源として森林が期待され人工林資源の強化は世界的な要請になっていること、持続的な人工林経営が可能な場所は世界的に見て決して多くないことなどから、限られた土地で優良な木材を可能な限り多く生産することが必要であり、そのために林木育種による資源の充実が欠かせないと述べた。日本の林木育種は、人工林全体についてその生産性なり性質をすこしずつ底上げしてゆくという、長期的な展望に立った森林資源のベースライン強化のための事業であり、人工林の量的・質的改善という点からすれば、そのまま現在の世界的課題に直結する事業と評価できる。この目標を達成するため、種苗はどのような条件の場所でも一定の成果を上げ得るジェネラリストであることが求められてきた。しかし、今後の林業経営は大きく変わることになると考えられ、個別経営のニーズに即した種苗、すなわちスペシャリストの育成にも力を入れる必要があると提案した。この方向性は 10 年たった今でも修正の必要はない。

実は、私たちは、これまでの 60 年にわたる林木育種の成果をまだ十分に享受しているわけではない。50 周年時の試算では、育種種苗の植栽されている人工林面積は約 70 万 ha、全人工林面積の約 7% にすぎなかった。この 10 年間の造林面積は約 20 万 ha であり、育種種苗普及率が 100% として、高々 2% の増加である。60 年たって精英樹系種苗の山での普及率がまだ 9% なのである。これまでの、次代検定林の調査などから、育種種苗は従来の種苗に比べて格段に優れた成長と特性を備えていることが示されている。その成果が十分に活かされていないのは大変もったいないことで、育種事業の本当の成果はこれからの再造林時代に発揮されるといって良い。当然ながら、こうしている間にも第 2 世代精英樹が次々に世に送り出され、それらによってさらに生産性が高まることになるので、これまでの育種の方針は堅持されるべきである。さらに、その成果をうまく活用してスペシャリストの育成につなげることで、様々な経営方針の大半に対応してゆくことが可能と考える。

実現に向けた育種戦略

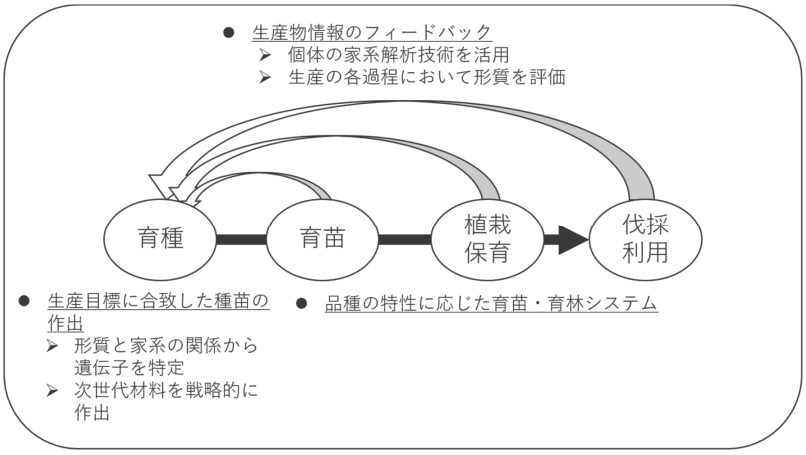
それでは、多様な目標に向けてどのように育種を進めてゆくのが良いだろうか。新しい育種が必要なのだろうか。

従来方式では、集団の遺伝的多様性を極端に小さくしないことが重要で、多様性の中からの絞り込みによって適切な種苗を育成するという二段構えで行ってきた。そのため、母体となる集団、すなわち育種集団をできるだけ大きく維持することが多様な目標に対応する上で重要であった。今後も基本的な育種スタイルを貫くことで、将来の材料をたくさんそろえておくことが重要と考える。

第 2 世代精英樹が世に出るまでに 40 年近くの歳月を必要としたが、今日では特性の評価に遺伝子による評価を加えることで大幅な育種時間の短縮が図られつつある。それにより、経営目標別の種苗の選抜もスムーズに行われることになり、一般的な種苗から特徴ある種苗まである程度自在に選択できるものと期待できる。育種の更なる高速化を実現させるには、遺伝子レベルの情報収集をさらに進めて、幅広い樹種や特性に適応を図る必要がある。

一方、林業が産業として競争力を持つようになると、製品の差別化を目指す動きが顕著になるものと思われる。これに従来の樹種の特性の範囲で対応できるかという問題が生じる。場合によっては、新規樹種の開発が必要となるかもしれないだろう。現在、林野庁ではコウヨウザンを推しているようだが、新規樹種の開発手順を標準化しておくことにより、その可否を含めてスムーズに判断・実行できるようになるだろう。それには、ランドレースの収集をはじめ、多様な遺伝資源に関する情報の収集を経常的に行う必要があるだろう。

大庭喜八郎先生は「経営の中で育種する」という言葉で、従来の精英樹による育種を表現した。今日、遺伝分析技術は飛躍的に向上して、山に植えてある木がどの精英樹の子供であるのか知ることもできる。そうした手法をもっと現実の育種に取り込んでゆくことが、育種の高速化にとって不可欠といえる。また、これまで精英樹の次代検定では山に植栽されてからの成長や形質の評価がなされていたが、成長の差や形態的特徴は



図−1　遺伝情報をフル活用した育種システム

苗木のころから現れているはずで、マーカーによる家系解析により樹木の各成長段階における評価を早期に行うことができる。こうした情報収集をルーチン化することが重要である。図−1 に示すように、木材生産のそれぞれの過程での情報収集が育種の効率化をもたらすのである。まさに「生産の中で育種する」こととなるだろう。蓄積してきた樹木の遺伝に関する知識・情報を森林の現場で活用する時期に来ているといえる。

生物多様性と林木育種

最後に、生物多様性と林木育種について若干述べる。2010 年の COP10 で示された愛知目標の達成のための国家戦略として生物多様性戦略が定められている。愛知目標のうち森林に直接かかわるものとして、表−2 に掲げたような項目が示されているが、どれもが「森林を健全に維持する」という単純な言葉に行きつくように思われる。すなわち、人工林は人工林として適切に管理されるべきであり、それ以外の森林はその機能が十分発揮されるようにとの意味である。林木育種ではこれまで樹木を育種のための遺伝資源として評価してきたが、その蓄積はこうした森林の維持・管理に十分活用可能である。健全に森林が維持されるということは、林があるというだけでなく、そこに十分な遺伝的多様性が存在することを含んでおり、また、それが育種のための貴重な資源ともなる。人工林においては、目的に沿った優良な種苗の供給を、それ以外の森林では遺伝的多様性の高い遺伝的に健全な森林をめざす管理が望まれる。

表−2　愛知目標（COP10）のうち森林に直接かかわる項目

①森林を含む自然生息地の損失が少なくとも半減、可能な場合にはゼロに近づき、劣化・分断が顕著に減少する
②農業・養殖業・林業が持続可能に管理される
③侵略的外来種が制御され、根絶される
④絶滅危惧種の絶滅・減少が防止される
⑤自然の恵みが提供され、回復・保全される
⑥劣化した生態系の少なくとも 15% 以上の回復を通じ気候変動の緩和と適応に貢献する

戸田良吉先生は「森林の遺伝的管理」という言葉で林木育種の本質を言い表したが、今日的には林木育種にとどまらず生態系保全の考え方としても重要な概念と考えることができる。森林生態系を目的に応じて効果的に管理するには、構成種の持続的な繁栄をめざす必要があり、それには地域集団の持つ遺伝的多様性のあり方を理解し、それが守られるような方策をとる必要がある。これらの実現には、社会的なコンセンサスと行政的な取り組みが必要で、私たちはそれに向けて発信してゆく必要があると考える。津村義彦先生らがまとめられた広葉樹の種苗移動ガイドラインのような形も取り組みとして重要である。

まとめ

林木育種は、持続的林業経営を種苗の側面から担保する技術であり、林業の基盤材料を提供する事業である。単なる品種創出ではなく、育林体系と生産目標を明確にした育種がより一層求められる時代になっている。これまでは、現場のニーズに応えるという形で育種が進められてきたが、今後は新しい林業を生み出すような種苗が必要だろう。特色ある種苗を基軸に据えた、ニーズを先取りした経営の提案ができるようになると育種の存在感が増すものと思われる。また、林木育種や森林遺伝の研究、事業に携わる者は豊富な遺伝・育種の経験や情報をもって、生物多様性の保全とそれを我々の生活を豊かにするための資源として利用することへの積極的関与が求められる。そして、なにより具体的な種苗供給へより強力にことにより、現実の保全に寄与できるだろう。林木育種事業がさらに高いレベルを目指し発展してゆくことを期待して、結びとする。