

# シベリアタイガにおけるカラマツ属植物の遺伝的資源の 保全とその持続的利用 Conservation and sustainable utilization of genetic resources of Larix species in Siberian Taiga

高田克彦  
Katsuhiko TAKATA

九州大学大学院・農学研究院・森林資源科学部門、助手  
Department of Forestry and Forest Products Sciences, Faculty of Agriculture,  
Kyushu University, Assistant Professor

## Abstract

Larch (*Larix* Mill.) is one of the most important elements of the boreal forests. The widest distribution of larch in the world is to be found in Russia. The wide genetic variation of larch species in Russia has, to a great extent, not earlier been available for forest research in the world. The main objective of the project is to study the conservation and sustainable utilization of genetic resources of the four main larch species within Russia, *Larix sukaczewii* Dyl., *L. sibirica* Ledeb., *L. gmelinii* Rupr., and *L. cajanderi* Mayr.. The researches are divided into five parts, (1) to obtain seeds of larch from 17 regions representing the four main larch species in Russia to establish the progeny trials, (2) to study the variation of wood properties in order to promote utilization and breeding programs of larch species, (3) to collect the basic ecological data to understand the forest dynamics and conservation of larch dominated forests, (4) to reveal genetic aspects on larch species grown in Russia to know the geographic variation and the mode of adaptation and survival of larch populations under extreme environmental conditions, and (5) to research the circulation and utilization of larch timbers in Japan to promote an effective utilization of them. The results of these researches showed that basically larch species in Russia had excellent wood properties to use for timber. Furthermore, frequent fire disturbances may bring about successful regeneration and dominance of larch species, which has fast growth, long interval of seed production, longevity and high tolerance to fires. Obtaining seeds of larch representing the four main larch species in Russia should make future research on larch possible, e.g., breeding, studies on genotype-habitat interaction, geographic-taxonomic, genetic structure and polymorphism within and between populations, intra-specific differentiation, etc.

## 1 研究目的

カラマツ属植物は北半球の森林を構成する最も重要な樹種の1つであり、現在までにヨーロッパカラマツ、ニホンカラマツ、北米産カラマツを対象に大規模な国際共同研究が実施されてきている。一方、ロシア産カラマツに関してはその莫大な森林蓄積、潜在的材供給能力及び遺伝子資源供給能力が認められていながら、地理的・政治的理由から永らく国際共同研究の対象とされてこなかった。近年、日本をはじめとしてスイス、スウェーデン等の諸外国との国際共同研究が盛んに行われるようになってきているが、依然としてその利用材質特性及び成長特性に関しては十分把握されるに至っていない。また生物学的には、ロシアのカラマツ属植物は4種に分類されており、さらに極東地域には数種の変種の存在が指摘されている<sup>1)</sup>。しかしながら、これらの天然分布域境界は明確ではなく、その遺伝的系統関係も定かではない。

本国際共同研究では、シベリアタイガに生育するカラマツ属植物を対象に、以下の5点を目的とし

て研究・調査を行った。(1)日本、スウェーデン、ロシアにおいて次代検定林を設立するために、対象樹種群の種子を収集してその品質を調査する。(2)樹木年輪解析等によって、対象樹種群の利用材質特性及び肥大成長特性を明らかにする。(3)対象樹種群生育地において群落の種組成及び空間分布を調査し、シベリアカラマツの更新動態を明らかにする戸共に保全に関する基礎知識を得る。(4)DNA分子マーカーを用いたゲノム解析によって、4樹種間の系統進化を明らかにする。(5)ロシア産カラマツの日本における流通・利用形態を調査し、効率的利用法を考察する。

## 2 研究経過

### 2-1 種子の採集

1998年から3年間にわたりシベリア全土の17地域から種子を採集した。図-1に17カ所の種子採集地域を示す。図中、西から *Larix sukaczewii*, *L. sibirica*, *L. czekanowskii*, *L. gmelinii*, *L. gmelinii* x *L.*

*cajanderi*, *L. cajanderi* の分布域がそれぞれ示されている。なお、これらの分類は Abaimov ら<sup>1)</sup>の分類に従っている。

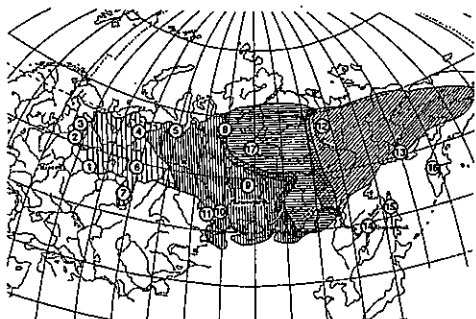


図-1 ロシアにおける主要カラマツ属植物の分布域と種子採集地<sup>2)</sup>

## 2-2 現地調査

1993 年から 3 年間にわたって中央シベリア南部 3 ケ所 (Altai, Khakasia 及び Irkutsk region) において、*L. sibirica* 天然林の森林生態及び木材材質の現地調査を行った。これらの調査と平行して、ゲノム解析用の針葉サンプルの採集を行った。調査は日本人研究者を中心に編成され、数人のロシア人現地協力者を加えて調査を行った (写真-1)。



写真-1 2000 年夏の調査隊

写真左側から、Valentikov 氏 (Sukachev Institute of Forest)、著者、作田耕太郎氏 (九州大学)、小泉章夫氏 (北海道大学)、中田了五氏 (林木育種センター)、伊藤 哲氏 (宮崎大学)、Matyashenko 氏 (Institute of Geochemistry)

## 3 研究成果

### 3-1 種子の採集と品質調査

シベリア全土 17 カ所から採集された種子はスウェーデン農科大学 (Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden) に集められ、種子の発芽試験に処された (写真-2)。分散分析

の結果、発芽率及び seedlings の形態には種子の採集 region の違いによる差異が認められた<sup>2, 3)</sup>。

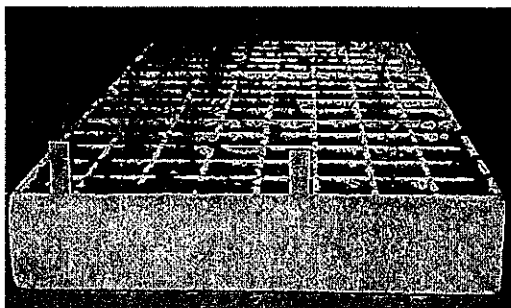


写真-2 発芽試験の様子

左側 4 列はⒶ:Altai region、右側 4 列はⒷ:Zigansk region から採集した種子の seedlings

これらの品質試験の結果を受けて、今春より次代検定林設定に向けて seedling を養苗中である。これらの seedling を用いた次代検定林は、スウェーデン、ノルウェーにそれぞれ 3 ケ所、ロシアに 3 ケ所、日本に 1 ケ所の計 10 ケ所で設定が予定されている。日本における次代検定林設定候補地は北海道足寄市にある九州大学足寄演習林である。

### 3-2 *L. sibirica* の木材材質調査

*L. sibirica* の天然分布域の中の低緯度地帯 3 ケ所 (Altai, Khakasia 及び Irkutsk region) において現地調査を行った<sup>4)</sup>。表-1 に供試林の概要を示す。

表-1 供試林の概要

Locations	Latitude	Longitude	Elevation (m)	DBH (cm)	TH (m)
Altai	N51°15'	E 85°35'	1060	16.1	12.3
Khakasia - 1	N54°45'	E 89°26'	680	18.7	16.6
Khakasia - 2	N54°42'	E 88°18'	565	21.4	20.4
Irkutsk - 1	N53°09'	E 107°22'	650	20.2	15.2
Irkutsk - 2	N52°58'	E 106°38'	660	18.6	14.3

現地調査では、供試木を伐倒して丸太のヤング係数を測定した後、円盤を採取して繊維傾斜度を測定した。一部の調査区からは試料を日本に持ち帰り、材密度、仮道管長及びマイクロフィブリル傾角を測定すると共に JIS 試験体による曲げ試験に供した。

各種強度試験の結果、*L. sibirica* の強度的性質は我が国固有の樹種であるニホンカラマツ (*L. kaempferi*) のそれを大きく上回る数値であった。一方、樹種内においても力学的性質の変異が認められた。すなわち、標高の高い Altai 地域の個体は他の地域の個体に比べて成長量が小さく、材密度、材強度等の力学的性質も小さかった。また、森林タイ

ブ、緯度、標高がほぼ同じ Khakasia 地域と Irkutsk 地域の個体を比較すると、経度において東に位置する Irkutsk 地域の個体の力学的性質が大きかった。シベリアに生育するカラマツ属は広くシベリア全土に連続的に分布しており、力学的性質において何らかの Genetic cline (遺伝的勾配) が存在する可能性が示唆された。

写真-3 に、Irkutsk-1 において伐倒した *L. sibirica* の胸高部付近の木口面を示す。この個体の樹齢は約 60 年である。人工林産のニホンカラマツ (*L. kaempferi*) と比較すると、成長初期段階での年輪幅が均一で、非常に厚い樹皮を有することを特徴として挙げることができる。シベリアの森林では山火事の頻度が高いことが知られており、*L. sibirica* はこのような厚い樹皮に守られて過去に遭遇したであろう大小の山火事をくぐり抜けてきたと推察できた。

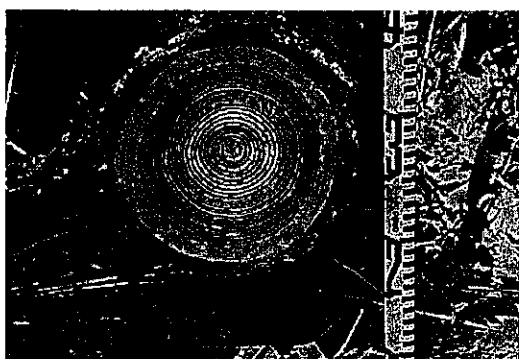


写真-3 *Larix sibirica*の木口面

### 3-3 *L. sibirica* の森林生態調査

Altai, Khakasia 及び Irkutsk region の異なるタイプの *L. sibirica* 天然林において森林生態調査を行った。対象とした天然林は、(1)山岳針葉樹混交林 (Altai)<sup>5)</sup>、(2)森林ステップ帯のカンバ混交林 (Khakasia)<sup>6)</sup>、(3)森林ステップ帯の同齢純林 (Khakasia)<sup>7)</sup>、(4)森林ステップ帯の異齢純林 (Irkutsk) の4種類である。

*L. sibirica*、*Picea obovata* 及び *Pinus sibirica* から構成される山岳針葉樹林帯における調査の結果、以下の事が明らかになった。*L. sibirica* は耐陰性が小さく、このことが他の個体の樹冠下での更新に不利に働いている。一方、*P. obovata* 及び *P. sibirica* は樹冠下においても更新・生存が可能である。*L. sibirica* の更新は比較的大きな攪乱 (山火事) に依存しており、その結果、*L. sibirica* の純林が成立すると推察された。一方、小規模な攪乱が *P. obovata* 及び *P. sibirica* に対して更新の機会を与えており、これらの大小の攪乱によって3種の植物が共存する森林が成立していると考えられた。

森林ステップ帯の *L. sibirica* とカンバ (*Betula pendula*) 混交林における調査の結果、以下の事が明らかになった。両種の空間分布には正の相関が認められ、調査林分内では両種のハビタットに相違はみられなかった。しかし *B. pendula* の稚樹と同種の林冠木の分布には負の相関が認められた。これは、*B. pendula* の耐陰性が *L. sibirica* に比較して低いことを示唆していた。両種の樹高階別個体頻度分布とともに似通った一山型であった。樹齢分布では、*L. sibirica* は 10-30 年生に集中した一山型を呈したのに対し、*L. sibirica* では 10-80 年生までの広いレンジがみられる L 字型を示した。この樹齢分布の違いは、頻繁に種子を生産する *B. pendula* がより多くの機会に更新に成功していることを示していた。直径および樹高成長は *L. sibirica* で *B. pendula* より早かった。また、最近 5 年間 (1994-1998) の肥大成長は両種とも強いサイズ依存を示し、*L. sibirica* で成長が旺盛であった。これらの結果から、この地域における両種の優占および共存は静的な環境因子よりも火災頻度により強く影響を受けると考えられ、以下のように結論づけられた：1) 低頻度の火災攪乱は、少ない更新機会に頻繁な種子生産で対応できる *B. pendula* の成立を促進する、2) 高頻度の火災攪乱は、種子生産頻度は低いが長寿で成長が速く、厚い樹皮で火事に対する耐性を有する *L. sibirica* の更新と優占をもたらす。

森林ステップ帯の *L. sibirica* 同齢純林における調査では、各個体の成長を対象個体のサイズと競合個体との関係 (競合指数) を用いて解析した。その結果、調査区内に含まれる各個体を樹高によって層化することによって、複数の異なる競合指数がそれぞれの階層において独立して個体の成長に影響を及ぼしていることが明らかとなった。

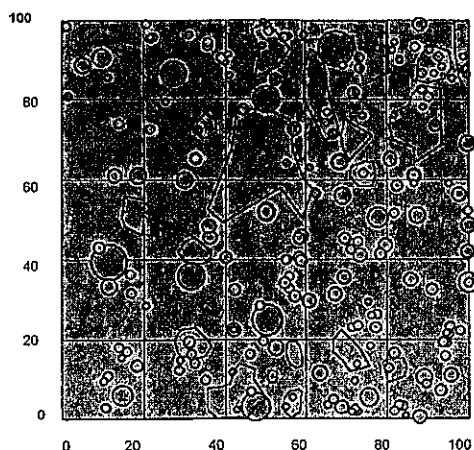


図-2 *Larix sibirica*異齢純林の空間配置

森林ステップ帯の *L. sibirica* 異齢純林での調査の結果、以下の事が明らかになった。この林分における最高樹齢個体は約 340 年生であり、樹齢構成は約 340 年生から約 40 年生までの間に約 60 年間隔で 5 世代が存在していた。この林分における各個体の空間分布を調査した結果、大径木ほどランダムに分布しており、小径木は大径木を避けるようにパッチ状に集中分布することが明らかとなった(図-2)。図中、円の大きさは胸高直径を表し、囲み線は胸高直径 8cm 以下個体のパッチを表している。これらの結果から、この林分では 60 年周期で比較的大規模な攪乱によってパッチ状の更新が繰り返し行われてきたことが示唆された。

#### 4 今後の課題と発展

##### 4-1 今後の課題

次代検定林の設立に関して、検定林の設計条件等についてスカンジナビア諸国及びロシアとの協議を継続中である。特に種子の品質に関して、他の地域からの種子と比較して極東シベリア地方からの種子の稔性が低いことから、再度の種子採集も検討されている。また、先に述べたように日本における次代検定林は九州大学足寄演習林を予定しているが、他の研究機関からの問い合わせもあり、現在、調整を続けている。

今回、木材材質に関する現地調査は、*L. sibirica* を主対象として行われた。当初、これらの調査・研究とは別に、シベリア全土の種子採集母樹からインクリメントコアサンプルを採集し、それらを用いた材密度の調査を予定していた。現時点で、種子採集対象 17 地域のうち 8 地域からのコアサンプルを入手、解析が完了している。現地研究協力者の確保等の問題で研究期間内にコアサンプルを入手できなかった残りの 9 地域については、今後 2 年間でコアサンプルの採集が予定されている。全サンプルを用いた材密度解析からはシベリアタイガ全域を対象とした Genetic cline (遺伝的勾配) の解明が期待される。

現在、森林生態調査を行った調査区 (Khakasia 及び Irkutsk) において採集した針葉サンプルから抽出した DNA を用いて、*L. sibirica* の遺伝的多様性保持機構の解明に取り組んでいる。特に、異齢純林を対象にした調査区 (Irkutsk) では天然更新の周期が明らかにされており、複数世代での遺伝的多様性の評価が可能になるであろう。これらの解析とは別に、次代検定林の設置を目的として収集された種子を用いた分子系統学的研究にも取り組んでいる。一部の地域 (特に極東シベリア地域) からの種子の品質に問題があることから、これらの地域からの再度の種子採集を待つて研究を再開する予定である。

##### 4-2 今後の発展

3 年という短い期間ではあったが、多くのロシア人研究者と出会い、広大なシベリアの森林に抱かれながらその保全と効率的利用という問題に関して様々な角度からの議論を行うことができた。これらの議論こそ本国際共同研究の最大の成果と言えるかもしれない。今後は、本研究を通して得られた知見とロシア人研究者との議論を礎にして、シベリアタイガのカラマツ属植物に対する新たな国際共同研究を推し進めていく予定である。

##### 引用文献

1. Abaimov, A., Lesinski, J., Martinsson, O. and Milyutin, L.: Variability and ecology of Siberian larch species, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Report 43, pp123, 1998
2. Martinsson, O. and Takata, K.: The Russian-Scandinavian Larch Project -Final report on the seed collection and seed germination-, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Working Report 159, 1-1, 2000
3. Abaimov, A.P., Barzut, V.M., Berkutenko, A.N., Buitink, J., Martinsson, O., Milyutin, L.I., Putenikhin, V.P. and Takata, K.: The Russian-Scandinavian Larch Project- Seed collection and seed quality, Eurasian Journal of Forest Research (submitted)
4. Koizumi, A., Takata, K., Yamashita, K. and Nakada, R.: Anatomical and mechanical properties of *Larix sibirica* grown in the south-central Siberia (in preparation)
5. Ito, S., Takata, K. and Matyashenko, G.: Structure and regeneration characteristics of *Larix sibirica*, *Picea obovata* and *Pinus sibirica* in mountainous conifer forests in south-central Siberia, Journal of Forest Research (submitted)
6. Ito, S., Takata, K. and Matyashenko, G.: Interspecies relationship between *Larix sibirica* and *Betula pendula* regenerated in an uneven aged stand in Khakasia district, south central Siberia, Japanese Journal of Forest Environment (submitted)
7. Mitsuda, Y., Takata, K. and Ito, S.: Factors determining growth and size structure of even-aged *Larix sibirica* stand, Journal of Forest Research (submitted)