

北海道内 4 か所に造成したクリーンラーチ植栽試験地における 5 年生までの成長

北海道立総合研究機構林業試験場

来田 和人・今 博計・石塚 航・黒丸 亮

はじめに

カラマツ (以下、「JL」という) は成長が早く、現在、北海道において植栽面積が最も多い樹種である。しかし、幹が曲がる⁽⁹⁾、野鼠の食害を受けやすい欠点がある⁽⁶⁾。その欠点を改良するために 1950 年代よりグイマツとの交雑育種が取り組まれ、1980 年代からグイマツ雑種 F₁ (以下、「F1」という) の名称で造林されている。クリーンラーチ (以下、「CL」という) は、グイマツ精英樹「中標津 5 号」を種子親、不特定の JL 精英樹を花粉親とする F₁ で、初期成長に優れ、炭素固定能が高いとして北海道立総合研究機構林業試験場と同林産試験場が 2005 年に共同で選抜した⁽¹⁾。

CL については、2016 年時点で 12 万本の挿し木苗が道内に生産されているが、選抜の際に用いた検定林は、美唄、新冠、訓子府の 3 か所であり、比較的、北海道の中央部に位置する (図-1)。またこれら 3 か所以外の検定林も近隣に固まっており、その他の地域における CL の環境適応性は調べられていない。そこで本研究では、北海道の辺縁部における CL の成長を調べ、より幅広い環境における CL の適応性を明らかにすることを目的とする。



図-1 クリーンラーチを選抜した検定林 (○) と本研究の試験地 (●)

材料と方法

洞爺湖、ニセコ、中川、標茶の 4 か所に試験地を造成した (図-1)。洞爺湖試験地は洞爺湖町有林で珠山山西山麓噴火口から西南西 500~600m に位置し、緩やかな南向き斜面である。ニセコ試験地は後志総合振興局森林室 39 林班で羊蹄山南山麓に位置する。地形は平坦で 1990 年代まで苗畑として使用された。中川試験地は中川町宇安川の中川町有林にあり、南向き斜面である。標茶試験地は京都大学フィールド科学教育研究センター森林ステ

ーション北海道研究林 10 林班にあり、試験地中央部に沢状の凹地を配する扇型地形である。試験地近傍の気象庁アメダス観測地点の気象データによるとニセコ、中川では冬季の降水量が多く、多雪地域に位置する (図-2)。標茶は、夏季に霧の発生が多い太平洋岸の気候であり成長期の日照時間が少ない。また中川、標茶は、洞爺湖、ニセコに比べて成長期に平均風速が高い傾向がある。

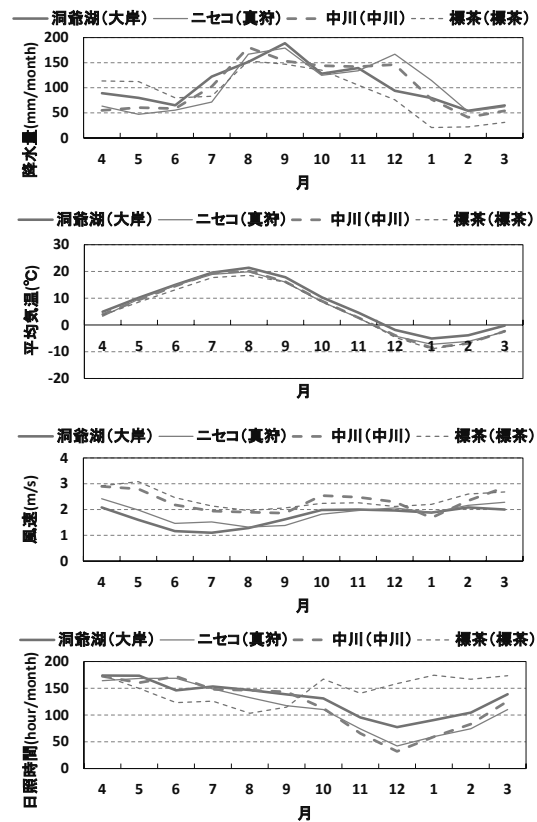


図-2 各試験地の月別の降水量、平均気温、風速、および日照時間

凡例の () 内は、アメダス観測点で 2011~2015 年の 5 年間の観測データの平均値を示す。

試験地には CL のほか、対照として JL, F1 を植栽した (表-1)。ニセコでは 2010 年 10 月に、標茶では 2011 年 5 月にそれぞれ 3 反復、植栽密度 1600 本/ha で植栽した。中川では 2010 年 5 月に 2 反復、植栽密度 1111 本/ha で植栽した。洞爺湖は 2009 年から 2011 年の毎年、植栽密度

Kazuhiro KITA, Hirokazu KON, Wataru ISHIZUKA, Makoto KUROMARU (Hokkaido Research Organization, Forestry Research Institute. Bibai 079-0198)

The growth until 5 years old of the hybrid larch progeny “Clean Larch” in 4 planting test sites in Hokkaido

表-1 試験地の造成年月, 反復数および植栽本数

| 試験地 | 造成年 | 月 | 反復数 | 植栽本数/反復 | | |
|-----|-----------------|-----|------|---------|--------|--------|
| | | | | CL | F1 | JL |
| 洞爺湖 | 2009年 ~2011年 | 5月 | 1×3年 | 64-226 | | 84-141 |
| ニセコ | 2010年 | 10月 | 3 | 80 | 80 | 80 |
| 中川 | 2010年 | 5月 | 2 | 30 | 15 | 15 |
| 標茶 | 2011年 | 5月 | 3 | 78 | 72-144 | 72 |

2000 本/ha で植栽した。反復あたりの植栽本数は表-1 の通りである。

測定項目は、5 年生までの樹高、3 年生までの根元径、3, 5 年生の胸高直径である。ニセコでは植栽時、1, 2, 3, 5 年生時に、標茶、洞爺湖 2010 年・2011 年植栽では 1, 2, 3, 5 年生時に、中川、洞爺湖 2009 年植栽では 2, 3, 5 年生時に測定した。また、調査時に雪害や野鼠害などの被害があれば、その種類を記録した。なお、ニセコ以外では最初の調査時に芽鱗痕を植栽時までさかのぼって樹高を測定した。

統計解析には解析アプリケーション“R”を用いた。樹種と試験地による生存率の違いを明らかにするために関数 glm と anova を使って次の一般化線形モデルで逸脱度分析を行った。

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + T_i \times S_j + \varepsilon_{ijk}$$

ここで Y_{ijk} は試験地 i , 樹種 j の反復 k の生存率, μ は全体の平均値, T_i は i 番目の試験地の効果, S_j は j 番目の樹種の効果, $T_i \times S_j$ は i 番目の試験地と j 番目の樹種の交互作用, ε_{ijk} は誤差を表す。関数 glm のリンク関数は、logit である。

また、樹種と試験地による樹高と胸高直径の違いを明らかにするために関数 lmer を使って次の混合モデルで分散分析を行った。

$$Y_{ijkn} = \mu + T_i + R_{k(i)} + S_j + T_i \times S_j + R_{k(i)} \times S_j + \varepsilon_{ijkn}$$

ここで Y_{ijkn} は試験地 i , 樹種 j の反復 k の n 番目の個体の樹高または直径, μ は全体の平均値, T_i は i 番目の試験地の固定効果, $R_{k(i)}$ は試験地 i 内の k 番目の反復のランダム効果, S_j は j 番目の樹種の固定効果, $T_i \times S_j$ は i 番目の試験地と j 番目の樹種の交互作用で固定効果, $R_{k(i)} \times S_j$ は試験地 i 内の k 番目の反復と j 番目の樹種の交互作用でランダム効果, ε_{ijkn} は誤差を表す。

なお、複数年にわたって植栽した洞爺湖では植栽年を反復として解析した。

表-2 5 年生生存率の逸脱度分析

| 要因 | 自由度 | 逸脱度 | 危険率 |
|--------|-----|--------|--------|
| NULL | 29 | 679.35 | |
| 試験地 | 26 | 419.99 | <0.001 |
| 樹種 | 24 | 235.41 | <0.001 |
| 試験地×樹種 | 19 | 134.29 | <0.001 |

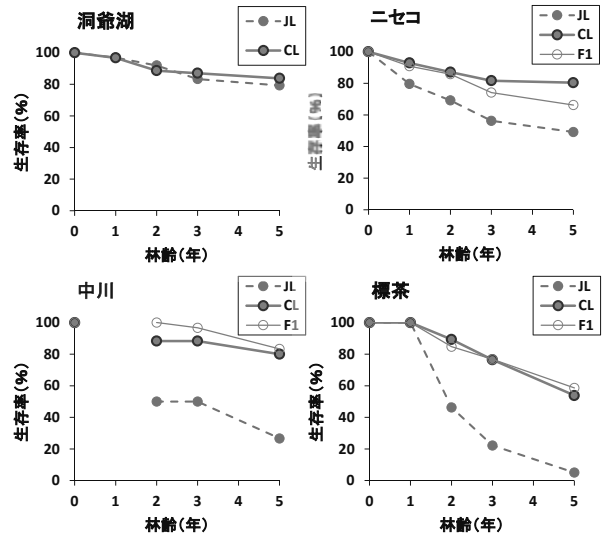


図-3 試験地, 樹種別の生存率の推移

結果

生存率には樹種、試験地に有意な違いがあったが、試験地と樹種の交互作用も有意であった(表-2)。洞爺湖では JL, CL とともに高い生存率を示したが、その他の試験地では JL の生存率が低かった(図-3)。特に生存率が低かった中川、標茶では野鼠食害による枯死が多かった。また、中川やニセコでは、雪害による根元曲り、幹折れが観察され、これも枯死の原因と推察された。F1 の 5 年生生存率は、中川、標茶で CL と同じで、ニセコでは CL と JL の中間であった。

樹高、胸高直径でも樹種、試験地に有意な違いがあったが試験地と樹種の交互作用も有意であった(表-3, 4)。JL の 5 年生平均樹高は、洞爺湖が 5.2±1.0m で最も大きく、標茶の 3.3±0.7m, ニセコの 3.3±1.0m と似た値で続き、中川の 2.6±1.1m の順であった(図-4)。CL の樹高も同じ順で大きかったが、JL と比べると洞爺湖で同じであった他は、CL が大きかった。F1 は、いずれの試験地においても CL より JL に近い値であった。5 年生胸高直径の試験地別成績は、JL, CL とともに樹高と同じ順位を示したが、

表-3 5 年生樹高の混合モデル分散分析結果

| 要因 | 自由度 | 平均平方和 | F値 | 危険率 |
|--------|------|-------|-------|--------|
| 試験地 | 3 | 36057 | 126.4 | <0.001 |
| 樹種 | 2 | 4318 | 15.1 | <0.001 |
| 試験地×樹種 | 5 | 4607 | 16.1 | <0.001 |
| 誤差 | 1389 | 285 | | |

表-4 5 年生胸高直径の混合モデル分散分析結果

| 要因 | 自由度 | 平均平方和 | F値 | 危険率 |
|--------|------|---------|-------|--------|
| 試験地 | 3 | 2185159 | 193.8 | <0.001 |
| 樹種 | 2 | 136940 | 12.1 | <0.001 |
| 試験地×樹種 | 5 | 87046 | 7.7 | <0.001 |
| 誤差 | 1411 | 11277 | | |

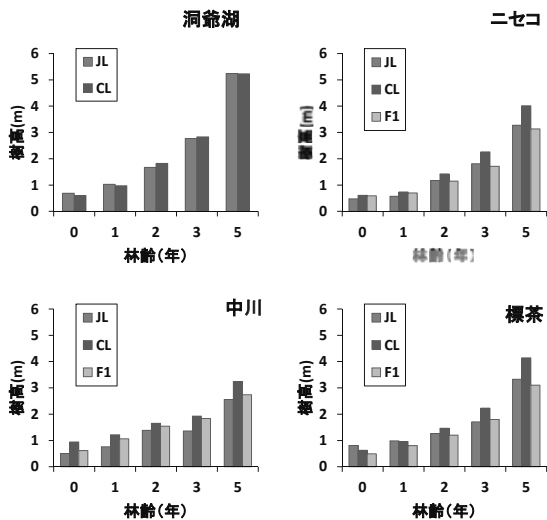


図-4 試験地、樹種別の樹高の推移

洞爺湖ではCLよりJLが、中川ではJLよりCLが大きかった(図-5)。F1の胸高直径は、中川ではCLより小さくJLとほぼ同じで、ニセコ、標茶ではCL、JLより小さかった。

植栽から3年生までの枯死や成長にみられる試験地間や樹種間の違いは5年生時のそれと同様で、植栽後に大きな順位の変動はみられなかった(図-3, 4, 5)。

考察

JL, CL, F1を道内辺縁部の4か所に植栽して、それぞれの5年生の成長を調べ、洞爺>ニセコ>標茶>中川の成長成績を得た。小林(1973)⁽²⁾は、北海道におけるJLの成長を制限する要因として、夏季と冬季の寒暖差、冬季積雪、平均風速、土壌をあげている。夏季と冬季の寒暖差が大きいほうがよく、I等地は温量指数55以上、寒さの指数40以上の地域に多い。ニセコ、中川はこの条件に当てはまった(図-6)。JLの成長が最も良かった洞爺湖は、温量指数が最も大きかったが寒さの指数は小さく、寒暖差は大きくない。一方、洞爺湖より成長が悪いが中庸であった標茶では温量指数が小さいために寒暖差も小さい。これらのことから、JL成長の制限要因は寒暖差よりもむしろ温量指数の大きさにあるかもしれない。標茶での温量指数の小ささは夏季の霧による日照時間の低下、それによる気温低下に起因すると考えられる。冬季積雪量は、雪折れ等の雪害の原因となり、ニセコ、中川においてJLの成長制限要因と推察された。平均風速3m/sの常風が成育期間に55日以上続くとJLの樹形を変形させ、成長が制限される⁽²⁾。本研究ではいずれの試験地も、この成長を制限する条件に達していなかった。また、JLは土壌中の酸素要求度が高い樹種で、粗孔隙の多い火山噴出物を母材とする土壌で成長がよく、粘土含有量が多く排水性が低い土壌で成長が悪い⁽²⁾。土壌分類図^(3,4,5)によると土壌母材は洞爺湖、ニセコ、標茶が、それぞれ火山性岩石の安山岩質岩石、火山性砕屑物、火山灰であるのに対して、中川は土壌母材が泥岩で土壌による成長制限があると考えられる。以上のことを試験地別に

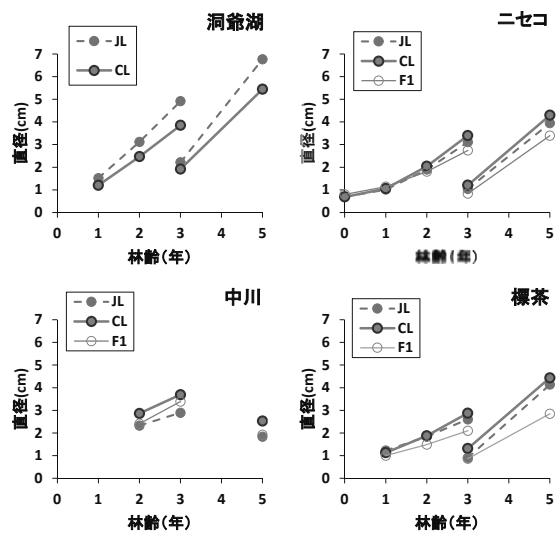


図-5 試験地、樹種別の直径成長の推移

1~3年生の折れ線は根元径、3~5年生の折れ線は胸高直径。

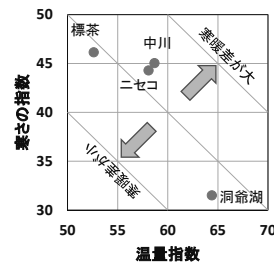


図-6 各試験地の温量指数と寒さの指数

温量指数は月平均気温5℃以上の月を対象に[月平均気温(℃)-5]の年間積算値、寒さの指数は月平均気温が5℃未満の月を対象に[月平均気温(℃)-5]の絶対値の年間積算値

まとめると最もJLの成長が良かった洞爺湖においてはJLの成長を制限する顕著な要因はなく、成長が中庸なニセコでは積雪が、標茶では夏季日照時間が、最も成長が悪い中川では積雪と土壌母材がJL成長の制限要因となっていると考えられる。

CLについては、成長・生存の両成績において、洞爺湖での直径成長以外でJLより劣ることはなかった。洞爺湖のようなJLの成長制限がない立地においてはCLの優位性が現れないものの、JLにとって何らかの成長制限要因が考えられた他の立地においては、CLの初期成長はJLよりも優れているようだった。これまでの知見より、北海道中央部におけるCLの優位性も確かめられている⁽¹⁾。これらのことはすなわち、CLの幅広い環境適応性を示唆しているといえよう。CLの母樹となるグイマツはサハリンや千島列島に分布しており、北方の寒冷環境、またその中でも湿地や風衝地、海岸域にニッチがあるとされる^(10,11)。今回の結果には、このようなグイマツの種特性が反映されたのかもしれないが、同じくグイマツを母樹と

する F1 でも同じ優位性が認められたわけではなかった。あるいは、CL 母樹のグイマツ精英樹「中標津 5 号」が有する遺伝的特性に起因した可能性も考えられる。

造林樹種を選択する際には、成長だけでなく諸被害の有無や材の利用も考慮する必要がある。F1 は JL に比べて野鼠害抵抗性が高く⁽⁶⁾、F1 を造林樹種として選択する大きな理由となっている。本研究でも実際に、野鼠害発生率が高い標茶と中川で JL の生存率が低かった一方、CL と F1 の生存率が高く、F1 同様に、F1 の 1 つでもある CL も野鼠害抵抗性が高いことが示された。また CL は JL よりヤング係数が高く⁽⁷⁾、JL より 1~2 ランク高い規格の集成材のラミナを効率的に採材することができる⁽⁸⁾。これらの特徴をふまえると、CL を造林樹種として選択するメリットは十分あるだろう。ただし、JL の成長制限がなく、JL との成長差が小さい立地、もしくは F1 との成長差がない立地では、近年の野鼠害の発生状況や、目標とする材の用途も加味することで、樹種選択の幅を広くとることもできるだろう。

謝辞

本研究は農林水産技術会議「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発」ならびに生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の支援を受けて行った。試験地の造成、維持管理、調査には京都大学フィールド科学教育センター森林ステーション北海道研究林、洞爺湖町役場、中川町役場、北海道胆振総合振興局林務課、北海道後志総合振興局森林室の職員の方々に多大な協力をいただいた。感謝いたします。

引用文献

- (1) Kita K, Fujimoto T, Uchiyama K, Kuromaru M, Akutsu H (2009) Estimated amount of carbon accumulation of hybrid larch in three 31-year-old progeny test plantations. *Journal of Wood Sci* 55:425-434
- (2) 小林正吾 (1973) 北海道におけるカラマツ施業法に関する研究 (I) カラマツ育林経営上の自然的立地区分. *北海道林業試験場報告* 11: 1-18
- (3) 国土庁土地局 (1975) 土地分類図 (北海道 I 石狩・後志・胆振支庁)
- (4) 国土庁土地局 (1977) 土地分類図 (北海道 IV 上川支庁)
- (5) 国土庁土地局 (1979) 土地分類図 (北海道 VIII 釧路・根室支庁)
- (6) 宮木雅美 (1990) ハイブリッドカラマツの特性と改良. *北海道の林木育種* 33(1): 7-12
- (7) 根井三貴・藤本高明・安久津久・来田和人 (2005) グイマツ雑種 F₁ の幹曲りとヤング係数の家系間差. *日林北支論* 53: 12-14
- (8) 根井三貴・藤本高明・安久津久・来田和人・黒丸亮・内山和子 (2006) グイマツ雑種 F₁ の実大材の強度性能. *日林北支論* 54: 24-26
- (9) 大島紹朗・錦織正智根 (1994) グイマツ雑種 F₁ の幹曲りに関する家系間変異. *日林北支論* 42: 37-39
- (10) 小野有五・五十嵐八枝子 (1991) 北海道の自然史. 北海道大学図書刊行会, 札幌, 219pp
- (11) 高橋英樹・阿部剛史・加藤ゆき恵・小林考人・佐藤広行・野別貴博・福田知子 (2013) 北方四島調査報告. 31pp. 北海道大学総合博物館, 北海道