

## 生態学的混播・混植法による植樹の樹高変化からみた植生遷移の進行

Progression of vegetation transition on the height growth of planted trees by eco-mixed seeding and planting method

寒地土木研究所  
北海道大学大学院地球環境科学研究院  
北海道科学大学空間創造学部都市環境学科  
寒地土木研究所

○正会員 藤浪武史 (Takeshi Fujinami)  
布川雅典 (Masanori Nunokawa)  
岡村俊邦 (Toshikuni Okamura)  
正会員 柏谷和久 (Kazuhisa Kashiwaya)

## 1. はじめに

工事跡地や地表変動等で裸地化した箇所には、生物多様性の確保や多様な自然環境が保全される緑化が求められる。また、侵略的な外来種の繁茂<sup>1)</sup>等、外来生物による生態系等に係る被害の防止や、表面侵食の発生を抑制するためにも、早期に地表の被覆が求められる。これらの対応策としてその地域の自然に近い森の再生を目指すことが重要であり、その植樹方法の一つとして生態学的混播・混植法（以下「混播・混植法」と呼ぶ。）があげられる。

混播・混植法は 1991 年、北海道工業大学（現北海道科学大学）と北海道開発局開発土木研究所（現国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所）との共同研究により開発に着手し約四半世紀の実績を持つ。この間、1997 年河川法改正による河川環境の整備と保全、2004 年特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律の制定、2008 年生物多様性基本法の制定等、時代の流れとともに発展してきた。

本研究は、植樹後 16 年間の樹高調査を主とするモニタリング結果を分析することで、先駆性樹種及び持続性樹種の樹高生長の特徴を植樹地区毎に把握し、植生遷移の進行状況（図-1）について考察することを目的とした。

## 2. 生態学的混播・混植法の特徴

混播・混植法の特徴は、植樹箇所周辺の自然林の種子やそれらを養成したポットの小苗（実生群ポット苗）を多種・多数導入して同時的な発芽・生長を促すことで、樹種の競争と淘汰により植生遷移を経て長期にわたり安

定して持続される樹林を形成するものである。小苗（実生群ポット苗）の生産には、植樹する箇所の土壌環境に影響されずに確実な活着を目指して、種子を貧栄養の土壌で 2～3 年程度育成する。また、初期の草本との競合の防止のため、直径 3 m の地表部の草本を根茎ごとにはぎ取り、表面に碎石等で厚さ 5 cm 程度覆い、雑草繁茂防止と乾燥防止を図る<sup>2)</sup>。この直径 3 m の植樹範囲をユニット（写真-1）と呼び、根返り後の裸地を模擬して大きさを設定した。

これまでの混播・混植法の植樹地は、河川敷、堤防隣接地及びダム湖岸等<sup>3)</sup>が主体であり、北海道内だけでも約 350 箇所、計約 2 万ユニットの施工実績（図-2）がある。

## 3. 調査方法

1998 年植樹箇所である忠別川東神橋下流右岸地区（以下「忠別川地区」という。）（写真-2）、永山新川辰永橋下流地区（以下「永山」地区という。）（写真-3）及び茨戸川花畔大橋下流左岸地区（以下「花畔地区」という）（写真-4）の 3 地区（図-2、表-1,2）について 2014 年に毎木調査を行った。

本調査地区では、3 地区で合計 61 種類の樹を植樹した。それぞれの地区の平均降水量、平均気温、平均風速および平均日照時間には大きな違いはなかった（表-1）。



図-1 生態学的混播・混植法における植生遷移のイメージ



写真-1 砂防ダム下流にある植樹地（洞爺湖温泉）

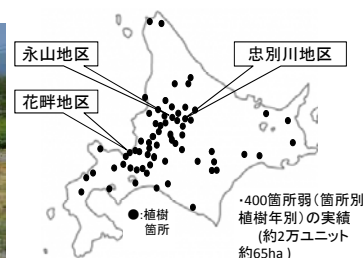


図-2 北海道内の主な生態学的混播・混植法の植樹箇所



写真-2 忠別川植樹地区の樹林



写真-3 永山植樹地区の樹林



写真-4 花畔植樹地区の樹林

表-1 調査地区の気象環境

|                | 忠別川地区           | 永山地区                | 花畔地区                   |
|----------------|-----------------|---------------------|------------------------|
| 立地条件           | 堤防天端から北向き<br>斜面 | 水路掘削箇所までに<br>北西向き斜面 | 石狩川旧川沿いの微<br>高地で南東向き斜面 |
| 近傍のアメダス観測所     | 東川              | 旭川                  | 石狩                     |
| 年降水量平年値(mm)    | 908             | 1,042               | 978                    |
| 年平均気温平年値(°C)   | 6.1             | 6.9                 | 7.7                    |
| 年平均風速平年値(m)    | 2.0             | 3.0                 | 3.0                    |
| 年平均日照時間平年値(hr) | 1,478           | 1,590               | 1,662                  |

表-2 調査地区の樹高調査年および樹種別植樹本数

|         | 忠別川地区                             | 永山地区           | 花畔地区           |
|---------|-----------------------------------|----------------|----------------|
| 植樹した年   | 1998                              | 1998           | 1998           |
| 植樹した本数  | 100                               | 144            | 30             |
| 主な樹高調査年 | 2000,2003,2005,<br>2007,2010,2014 | 2001,2008,2014 | 1999,2000,2014 |
| 植樹した種数  | 27                                | 32             | 37             |
| 植樹した本数  |                                   |                |                |
| ケヤマハンノキ | 25                                | 50             | 25             |
| シラカンバ   | 57                                | 0              | 10             |
| ハルニレ    | 104                               | 124            | 31             |
| ミズナラ    | 51                                | 179            | 15             |

樹高測定の方法は、地盤から木の最上部までの垂直高を樹高として、測高桿等を利用して直接測定した。直接測定が困難な場合はデジタル測高計を使用して樹高を計測した。

本研究では、既往文献<sup>4)</sup>を参考に先駆性樹種としてケヤマハンノキ、シラカンバ、持続性樹種としてハルニレ、ミズナラを選定しその樹高生長について分析した。

枯死した個体の本数を調査時毎に計測し、枯死個体数を加算した枯死累積数を算出した。各地区に植樹した全数に対して、この枯死累積数の割合を、調査時毎の枯死率とした。

また、地区による植樹後 16 年目の樹高の違いを明らかにするため、ケヤマハンノキ、シラカンバ、ハルニレおよびミズナラの樹高を変数とした一元配置分散分析を行った後、Tukey 法による多重比較を行った。

## 4. 結果

### 4-1 地区別樹種別の平均樹高の変化

忠別川地区、永山地区及び花畔地区の樹種別平均樹高の変化を図-3, 4, 5 に示す。

忠別川地区でシラカンバの平均樹高が植樹後 2～5 年の間でケヤマハンノキを上回った(図-3)。

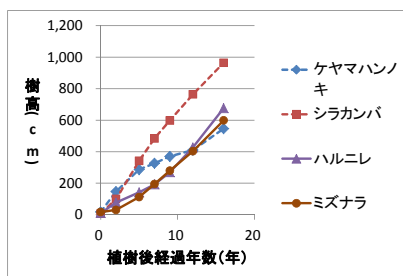


図-3 忠別川地区の樹種別平均樹高の経年変化

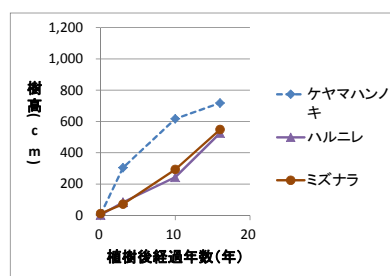


図-4 永山地区の樹種別平均樹高の経年変化

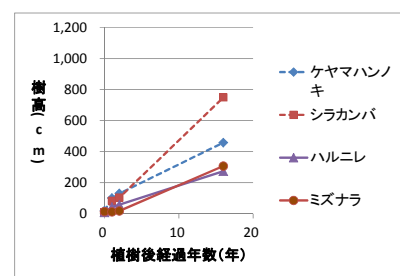


図-5 花畔地区の樹種別平均樹高の経年変化

忠別川地区と永山地区では、植樹後 10～16 年間でケヤマハンノキの生長が減少し、持続性樹種であるハルニレとミズナラの生長が旺盛となった(図-3, 4)。特に、忠別川地区では植樹後 16 年目でハルニレとミズナラの平均樹高がケヤマハンノキの平均樹高を上回った。

### 4-2 同一地区における樹種別経過年別の樹高の比較

忠別川地区においては、植樹後 5 年目の樹高は、シラカンバの方がケヤマハンノキよりも大きく、この間の生長はシラカンバが大きかったといえる(図-6)。

また、忠別川地区における 9, 12, 16 年目の樹高分布を見ると、ケヤマハンノキの樹高生長が他の 3 種の樹種よりも減少し、16 年目にケヤマハンノキの平均樹高を、ハルニレとミズナラの平均樹高がともに上回った(図-7)。

永山地区の植樹後 10, 16 年目の比較(図-8)では、ケヤマハンノキの樹高の生長は、ハルニレとミズナラの樹高の生長よりも小さい。ケヤマハンノキの樹高が 16 年目においてハルニレやミズナラよりも上回っていることから、永山地区においては、先駆性樹種の樹高を持続性樹種のそれが上回るのに時間がかかることがわかる。

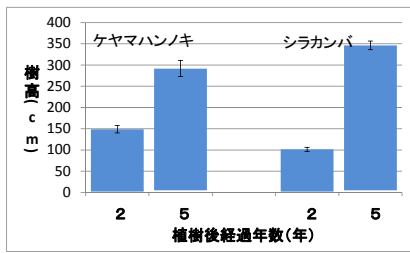


図-6 忠別川地区における2樹種の2および5年目の樹高(平均値±標準誤差)

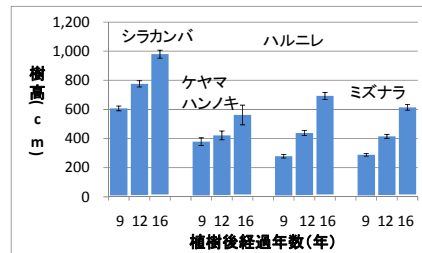


図-7 忠別川地区における4樹種の9、12および16年目の樹高(平均値±標準誤差)

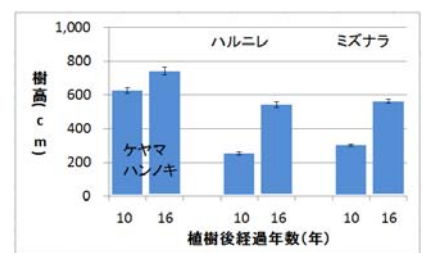


図-8 永山地区における3樹種の10および16年目の樹高(平均値±標準誤差)

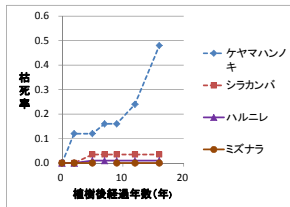


図-9 忠別川地区の樹種別枯死率の経年変化

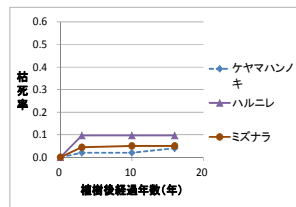


図-10 永山地区の樹種別枯死率の経年変化

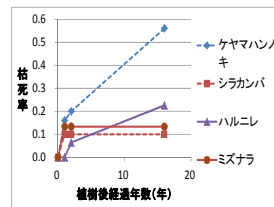


図-11 花畔地区の樹種別枯死率の経年変化

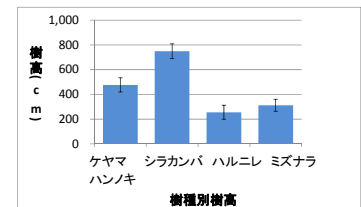


図-12 花畔地区における16年生の樹種別平均樹高(±標準誤差)

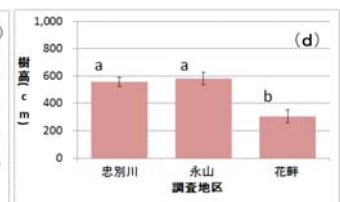
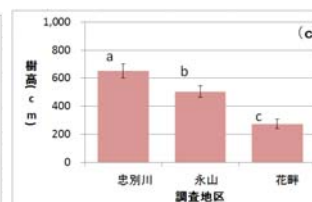
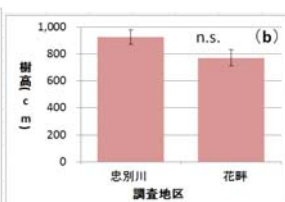
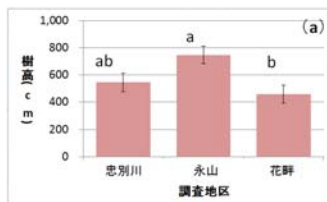


図-13 各地区の16年生のケヤマハンノキ(a)、シラカンバ(b)、ハルニレ(c)およびミズナラ(d)の平均樹高(±標準誤差)

異なる英小文字間には有意な差があることを示す。また n. s. はグラフ内のすべての間で有意な違いが無かったことを示す(Tukey の事後比較( $P < 0.05$ ))。

表-3 結実した本数の変化

|                 | 忠別川地区 | 永山地区 | 花畔地区 |
|-----------------|-------|------|------|
| ケヤマハンノキ 2008年調査 | —     | 9    | —    |
| ケヤマハンノキ 2010年調査 | 2     | —    | —    |
| ケヤマハンノキ 2014年調査 | 1     | 33   | —    |
| シラカンバ 2008年調査   | —     | —    | —    |
| シラカンバ 2010年調査   | 0     | —    | —    |
| シラカンバ 2014年調査   | 0     | —    | —    |
| ハルニレ 2008年調査    | —     | 0    | —    |
| ハルニレ 2010年調査    | 4     | —    | —    |
| ハルニレ 2014年調査    | 20    | 0    | —    |
| ミズナラ 2008年調査    | —     | 35   | —    |
| ミズナラ 2010年調査    | 20    | —    | —    |
| ミズナラ 2014年調査    | 32    | 122  | —    |

「—」は、結実した木がない場合、調査を不実施の年または植樹していない樹種を表す。

表-4 ユニット内における天然更新した稚樹の本数

|                 | 忠別川地区 | 永山地区 | 花畔地区 |
|-----------------|-------|------|------|
| ケヤマハンノキ 2014年調査 | 0     | 0    | 0    |
| 調査時の平均樹高(cm)    | —     | —    | —    |
| シラカンバ 2014年調査   | 0     | 0    | 1    |
| 調査時の平均樹高(cm)    | —     | —    | 7    |
| ハルニレ 2014年調査    | 2     | 0    | 0    |
| 調査時の平均樹高(cm)    | 41    | —    | —    |
| ミズナラ 2014年調査    | 61    | 27   | 2    |
| 調査時の平均樹高(cm)    | 18    | 18   | 23   |

「—」は稚樹が存在しないので平均樹高が算出できないことを表す。



写真-5 忠別川地区の稚樹の状況

#### 4-3 ケヤマハンノキの枯死

忠別川地区(図-9)と花畔地区(図-11)では、16年目におけるケヤマハンノキの枯死率が他の樹種より高い。しかし、永山地区(図-10)ではケヤマハンノキの枯死率は他の樹種より小さかった。

#### 4-4 植栽地区間の樹高

同齢の樹種毎にみた樹高は植栽地区によって異なる傾向が見られた。植樹後16年目のケヤマハンノキの樹高は、永山地区と花畔地区に違いが認められた(図-13(a))。一方、シラカンバの樹高は、忠別川地区と花畔地区では違いは認められなかった(図-13(b))。また、ハルニレの樹高は、忠別地区、永山地区、花畔地区の順

に樹高が小さかった（図-13(c)）。ミズナラの樹高は忠別川地区と永山地区では違いが認められなかった。しかしこれらの地区と花畔地区では違いが認められた（図-13(d)）。

#### 4-5 植樹の結実状況とユニット内の天然更新状況

調査地区では植樹した木が結実し母樹となり、その近傍に稚樹が確認できた。表-3 から植樹してから概ね 10 年後に結実することが確認された。なお、花畔地区では結実した樹を調査時点では確認できなかった。また、忠別川地区のケヤマハンノキは 2010 年に結実した 1 本が 2014 年時点では枯死していた。忠別川および永山地区の稚樹の数は、ミズナラが多かった（表-4）。

### 5. 考察

忠別川地区における、植樹後 2 年目から 3 年間のケヤマハンノキとシラカンバは、ともに旺盛な生長であったことから、先駆樹種同士が競争段階である可能性が考えられる。

忠別川地区と永山地区では、植樹後 10～16 年間でケヤマハンノキの生長が減少し、持続性樹種であるハルニレとミズナラの樹高がケヤマハンノキの樹高を上回った。また、ケヤマハンノキの枯死率が持続性樹種より増加していた。これらのことから、この地区では、植樹後 16 年で持続性樹種が先駆性樹種に置き換わりつつあることが示唆される。

忠別川地区（図-7）及び花畔地区（図-12）で示されたようにケヤマハンノキよりもシラカンバの方が樹高は高い。しかし、ケヤマハンノキの枯死率が高いことは同一ユニット内や隣接ユニットの樹木による被圧が原因の可能性も考えられ、今後はこの可能性に着目した研究も必要である。永山地区ではシラカンバを植樹していないことから、競争関係が生じず、枯死率が高くならなかったと考えられる。

海岸線から約 4 km 内陸にある花畔地区では、ケヤマハンノキ、ハルニレおよびミズナラの植樹後 16 年目の樹高が他の地区よりも小さかった（図-13(a), (c), (d)）。このことは、表-1 の気象環境に現れない局地的気象、潮風による塩分、土壌の栄養や乾湿等に影響されている可能性が考えられる。また、花畔地区ではハルニレおよびミズナラの樹高が小さいことから、持続性樹種の優占に向けた遷移の過程に時間がかかっている可能性が示唆される。

忠別川地区のユニット内には、植樹した木からの落葉層が厚く堆積し、土壌が柔らかかった。永山地区は道路沿いにユニットが 1 列に配置されているため、草刈りや

清掃の影響が発芽しても稚樹まで生長していない可能性が考えられる。また、花畔地区はユニット内および周辺の土壌が硬かった。これらのことが、天然更新樹の個体数に関係している可能性がある。

### 6. おわりに

混播・混植法により植樹した樹林の一部に対して、16 年間のモニタリング調査結果から、持続性樹種の樹高が先駆性樹種の樹高を上回るという現象を確認できた。このことは、植生遷移の一つの過程と考えられ、今後のモニタリング調査により植生遷移の進行を確認していきたい。この混播・混植法による植樹は、河川敷、堤防隣接地及びダム湖岸に加え、住宅隣接地等も実施しており、各地で多様な樹林環境の再生や創造が期待できる。それには、周辺地域にかつて存在した自然林の多様性と生態学的混播・混植法による樹林のそれとがどの程度類似するのかを把握する必要がある。また、全道の調査地のデータ解析を進めて混播・混植法による樹林の全体的な傾向から、樹林生育ガイドライン等の作成に向けた研究も今後の課題である。

### 謝辞

現地調査の機会の提供や既往のモニタリング結果の提供を快く承諾していただいた、北海道開発局札幌河川事務所及び旭川河川事務所の関係者に深く謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 大和田 壘ほか：河川改修に伴うニセアカシア (*Robinia pseudacacia* L.) の分布拡大、日本緑化工学会誌、37(1)、pp.135-138、2011
- 2) 岡村俊邦ほか：生態学的混播・混植法による自然に近い樹林再生の評価、日本緑化工学会誌、31(2)、pp.230-238、2005
- 3) 岡村俊邦ほか：生態学的混播法による自然林再生法の開発、土木学会論文集 No.546 / VI-32, pp.87-99、1996
- 4) 水辺環境林造成に関する研究会：水と生命をはぐくむ緑の創造、財団法人北海道開発協会 pp.15、1994