HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	針広混交林造成法の諸形態
Author(s)	小鹿, 勝利; 野村, 具弘
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 56(2), 20-27
Issue Date	1999-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21455
Type	departmental bulletin paper
File Information	56(2)_P20-27.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

針広混交林造成法の諸形態

小鹿 勝利[1] 野村 具弘[2]

Afforestation Methods in Mixed Forests with Coniferous and Broad-Leaved Species

by
Katsutoshi KOSHIKA[1] and Tomohiro NOMURA[2]

要 旨

針広混交林は生理・生態学的に優れ，国土保全，自然環境・景観の保持，森林レクリエーション，生物多様性の維持など様々な観点から評価されている。しかし，これまで針広混交林の造成は進んでいない。本研究では過去の事例などから造成形態について整理し，各造成形態に伴う技術的課題や今後の針広混交林のあり方について検討した。造成形態は植栽だけでなく，針葉樹人工林における天然更新広葉樹の利用や更新補助作業の実施，広葉樹天然林における多様な施業の実施など，自然力の利用や更新方法の多様化により様々な形態がある。しかし，現状では針葉樹人工林の針広混交林への誘導が課題であろう。また，造成する混交状態は単木混交のみでなく，群状混交や階層的な混交，さらには針葉樹林分と広葉樹林分のモザイク的な配置など，自然条件，森林状態や地域特性，あるいは造成・施業目的により多様な選択をすべきであろう。

キーワード：針広混交林，造成方法，混交状態，更新方法の多様化

1999年4月16日受理. Received April 16, 1999.

1：北海道大学大学院農学研究科環境資源学専攻森林管理保全学講座
Laboratory of Forest Management and Conservation, Division of Environmental Resources, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University
2：興部道有林管理センター
Okoppe District Forestry Center, Okoppe town

Ⅰ．はじめに

日本の森林資源政策は明治期以降，人工造林による天然林の用材林化を中心として展開し，現在では森林面積の40％を越える人工林が造成された。同時にこれらの人工林造成には北海道ではトドマツ，カラマツ，北海道以外の都府県ではスギ，ヒノキなど極めて限られた樹種が用いられ，その結果，針葉樹単純林が大部分を占めている。一方，天然林は拡大造林による面積減少や北海道の天然林でみられたように，粗放かつ過大な木材生産の繰り返しによる蓄積減少や有用広葉樹類の減少など，質・量ともに劣化が進み，さらに里山地帯でも管理放棄等による森林荒廃の進行なども広く見られる。

また1991年の19号台風により，北九州や日本海沿岸のスギ人工林地帯では大規模な風倒被害が発生し，大面積の針葉樹単純林の問題が改めて顕在化した。そのため被害復旧に際しては，針葉樹林の再生のみでなく広葉樹林の配置や針広混交林の造成の必要性が強調された(12)。しかしその復旧状況を見ると，例えば被害中心地の大分県日田地方では1996年時点で復旧計画の90％，2,700haの造林が終了したが，その96％はスギ，ヒノキの単純一斉造林であった(3)。

一方，このような森林資源の構成状況や林業生産活動の縮小・停滞を背景に1987年，1996年には「森林資源に関する基本計画」が改訂され，従来の針葉樹単純林造成という木材生産や経済効率重視の画一的な森林造成から，人工林の複層林化，混交林化や広葉樹林の育成，天然林施業の拡充など，森林資源政策は森林造成主体から森林の質的充実へ重心を移し，多様な施業方法の採用や自然度の高い森林への転換が目標とされている。

このようなことから森林管理において混交林造成，なかでも針広混交林造成の必要性が再認識されつつある。混交林の重要性は19世紀末のK・ガイヤーの主張以来，我が国でもしばしば指摘されてきた。混交林は2種類以上の樹種から構成される森林で単純林に対する概念であるが，その形態には様々な分類が行われている(9)。混交林の特徴としては，性質の異なった樹種の組み合わせにより土地生産力を十分に活用出来ること，諸被害に対する抵抗性が強い林分構造が出来ること，地力の維持に適当であることなど，一般的には生理・生態学的に優れているとされている。また特に地力の維持の観点から混交林施業は農業における輪作方式に相当するものとして，20世紀はじめドイツで主張されたこともあった(8)。最近は以上のような混交林の利点に加えて，広葉樹資源の育成，国土保全，自然環境保全，生物種の多様性の維持，自然景観，森林レクリエーションなど多様な観点から再評価されている。

しかし針広混交林の造成および，その維持・管理は単純林に比較して格段に複雑であり，これまで造成事例は全国的に見ても極めて少なく，未だ技術的にも試行錯誤の状態にある。そのため本稿の目的は，今後針広混交林造成を進展させる一助として，北海道において針広混交林を造成した事例や，針葉樹人工林を自然条件の推移のもとで針広混交林に誘導しつつある事例等に基づいて，針広混交林の造成形態を整理すること，さらに各造成形態における技術的問題点の検討，および今後の針広混交林造成のあり方について検討することである。

なお，本研究は旧北海道営林局管内の札幌・苫小牧・恵庭・白老営林署，道有林の滝川・北見・厚岸・浦幌管理センター・林務署はじめ，北海道各地の民有林の実地調査に加えて，これまでに公表された調査報告書や文献をもとに分析，取りまとめた。

Ⅱ．北海道における針広混交林造成の事例

1．新規の混交林造成

本州等の府県などではケヤキとスギ・ヒノキ，コナラとヒノキの混交植栽等の事例がある(21)。北海道では針葉樹と広葉樹を同時に植栽し，混交林を造成した事例は極めて少ないが，例えばカラマツの単独植栽が野鼠害や気象害で失敗したため，広葉樹の混植により林分の抵抗性を高める目的で，シラカンバとカラマツを混植した事例などがある(16)。

植栽と天然更新補助作業を組み合わせた事例では，皆伐跡地1.4 haに対し各3 m幅の地拵え帯，放置帯，天然更新補助作業帯を順次繰り返し設定し，地拵え帯にはアカエゾマツを2条植栽し（ha当たり1,600本），天然更新補助作業帯はレーキドーザで掻き起こし作業を実施し，放置帯は天然更新補助作業帯に更新した広葉樹樹冠の生育空間確保のために設定したものである。掻き起し作業後3年目の天然更新樹発生状況はha当たり15樹種，271.5千本の更新が見られ，このうち84％はウダイカンバが占めて

いる(7)。さらに多雪寒冷地帯でのトドマツ枝枯れ病対策を目的にトドマツ植栽と掻き起し作業を組合せ，ダケカンバ等の天然更新木との混交事例(6)や，新植に際し前生広葉樹類を育成・利用するため帯状に残して造林する事例（苫小牧，恵庭営林署）がある。

2．針葉樹人工林の針広混交林への誘導

従来，針葉樹人工林では侵入した広葉樹類は除伐作業等で除去し，針葉樹一斉林に仕立てることが一般的であった。しかし，国有林や道有林では，最近は侵入した広葉樹を造林木とともに育成して，混交林化や複層林化を指向することが広く行われつつある。また、北大演習林でも多様な更新作業による混交林の造成が試みられている(19)。

針葉樹人工林では林冠閉鎖以前には，天然下種更新・萌芽更新による広葉樹の侵入が旺盛であるが(23)，火入れ地拵えしたカラマツ人工林などでは広葉樹類が造林地全面に更新することや，筋刈地拵えしたトドマツ，アカエゾマツ人工林では掻き幅に帯状に広葉樹類が更新する事等が多いが，更新状態や更新樹種は人工林の林齢や自然条件，保育方法などにより変化が大きい。

道有林滝川林務署では，天然林皆伐跡地を排土板装着のブルドーザで全面的に地拵えし，10m幅のトドマツ植栽帯と8m幅の掻き幅帯を交互に設定したところ，植栽後2・3年後から掻き幅帯にウダイカンバが全面的に天然更新し(1)，現在では約100haに及ぶトドマツとウダイカンバの帯状混交林が成立している。これは掻き幅帯をブルドーザにより掻き起し作業を実施したことと同じ結果をもたらしたといえる。さらに苫小牧営林署ではエゾマツ70年生人工林内で林内の天然更新木に加えて，小面積の掻き起し作業を実行して天然更新した広葉樹を利用して複層林，混交林への誘導を試みている(14)。

3．広葉樹天然林を対象とした混交林造成事例

この典型的な事例としては北海道東部，十勝支庁管内に所在する石井林業（所有面積530ha）をあげることが出来る(17)。石井林業では1950年代半ばより製炭原木採取跡地に成立した広葉樹二次林（林齢20～30年生）の林分改良施業を開始した。その施業方針は画一的な皆伐作業を採らず，形質の良い木を残す保残木作業を基本とした。そのため林分状況の観察・調査を重視するとともに，林道開設を先行的に実施し1955～68年間でha当たり170mの路網を作設した。林道作設に際しては安全性，機能性，低コストを重視した。

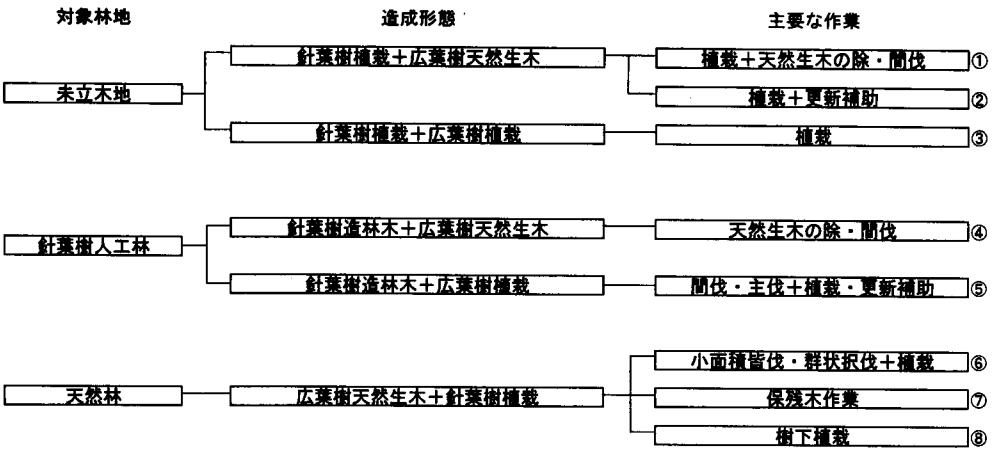
施業方法は形質優良木のみを単木的に保残するだけでなく，多様な樹種類を群状にも保残し，風衝地では広葉樹林を保護帯とした小面積の帯状皆伐，さらに尾根筋や急傾斜地では広葉樹林を残すなど，気象条件や地況に対応して多様な施業を実行した。保残木の選定では形質の優れたものや樹冠成長の健全な林木のほか，伐採により諸被害発生が予想される箇所の林木や景観上の観点から花木なども対象とした。人工造林はカラマツとトドマツを主要樹種としたが，保残木周辺の天然生稚幼樹の刈りだしや支障木の除去などのきめ細かな作業を実行した。

現在所有山林の大部分をしめる1団地424haの現況は森林調査簿上は，カラマツ218ha，トドマツ116ha，ヨーロッパトウヒ10ha，その他24haの人工林と天然林55haとなっているが，人工林内に混交する広葉樹はha当たり平均43本前後，多い林分では80～100本前後の広葉樹を混交し，樹種数は29樹種に及ぶ。さらに人工林と広葉樹林のモザイク的な配置など，個々の林分内での樹種混交のみならず針葉樹林と広葉樹林の配置など変化に富んだ多様な森林状態を形成している。

Ⅲ．針広混交林造成の諸形態

前述した諸事例は当初より意識的に針広混交林造成を実施したもの，あるいは植栽方法の変更や時間的経過のもとで結果的に混交林化したものなど様々なものを含んでいる。これら諸事例をもとに対象林地の状態ごとに針広混交林造成の基本的な形態，およびその主な作業方法の関連を整理すると図－1のように示すことが出来る。

伐採跡地や未立木地を対象に新規に針広混交林を造成する場合，まず針葉樹植栽と天然生広葉樹の組み合わせが考えられるが，これには針葉樹植栽と前生広葉樹の育成を併用する方法①と，針葉樹植栽と天然更新補助作業での広葉樹更新を併用する方法②がある。前生広葉樹を利用した作業を実施する場合には，植栽・保育作業の容易さを考えると多くは帯状を主体にした群状混交林への誘導が期待される。針葉樹と広葉樹をともに植栽する方法③は，植栽面



図－1　針広混交林の造成形態

の形状で理念的に混交状態は単木（列状）から群状まで様々考えられるが，種間競争を少なくし確実に成林させるためには，樹冠型や光利用特性の異なる樹種を帯状に配置した群状混交が主体となるだろう。また樹下植栽のように針広の樹種の植栽時期をずらすことにより階層的な混交状態への誘導も考えられる。

針葉樹人工林の針広混交林への誘導では，針葉樹植栽木と天然更新した広葉樹を利用・保育して混交林に誘導する方法④，間伐や主伐などで人為的にギャップを造成し，掻き起しなどの更新補助作業や植栽により広葉樹を導入して誘導する方法⑤がある。④の場合，地拵え方法・植栽方法，さらには広葉樹の更新状況や保育方法により単木的から群状（帯状）まで多様な混交状態が形成される。また⑤では階層的な群状（帯状）の混交状態が期待される。

天然林（広葉樹林）を対象にした場合，広葉樹天然生木の利用と針葉樹植栽の組み合わせで，小面積皆伐あるいは群状択伐を行い跡地に針葉樹を植栽する方法⑥，広葉樹保残木作業で針葉樹を植栽する方法⑦，広葉樹を保護木とする樹下植栽⑧がある。このうち樹下植栽は，気象条件の厳しい地域や高標高地の造林などで植栽木の気象害回避を目的とすることが多いが，天然林施業で補助造林として実行されることもある。これらの造成形態では群状や単木的な混交状態が形成されることが多い。

以上のように針広混交林造成は，対象林地の林木の成立状態や更新方法の組み合わせで多様な造成形態が考えられ，立地環境や森林造成の目標などから多様な選択肢があるといえる。同時に形成される混交状態も造成形態に応じて多様となる。古くから各地で行われている土壌条件や地形に応じた針葉樹・広葉樹の植え分けなど，すなわち林分内の樹種混交だけでなく，針葉樹林分と広葉樹林分の組み合わせ，モザイク的な配置も混交林の一形態と考えるべきであろう。

Ⅳ．針広混交林造成上の課題

1．未立木地での混交林造成

前生広葉樹と植栽による混交林造成では，成林後の植栽木と広葉樹の樹冠配置なども考慮した植栽幅，措き幅の設定や，前生広葉樹の適切な保育作業が必要である。掻き起し作業と植栽の組み合わせは天然更新の程度や更新樹の樹種内容など，自然力に依存する割合が高いため，造成できる林分の予測が困難なことも多いが，群状，帯状の混交林造成を目標にして，林況に応じた柔軟な保育作業などの実行が必要であろう。

植栽による造成形態では現状では広葉樹苗木の生産樹種が限られていること等の課題が多いが，樹種によってはミズナラ人工播種やハリギリ根ざしなどの更新方法の採用が考えられる。しかし単木混交は種間競争のため困難なことが多いため，植栽に際しては土壌条件や地形など，適地にあわせた樹種の選択，組み合わせで群状・帯状混交の造成を目標にすることがより自然であり，確実な造成方法と考えられる。また造成当初は限られた樹種の組み合わせ

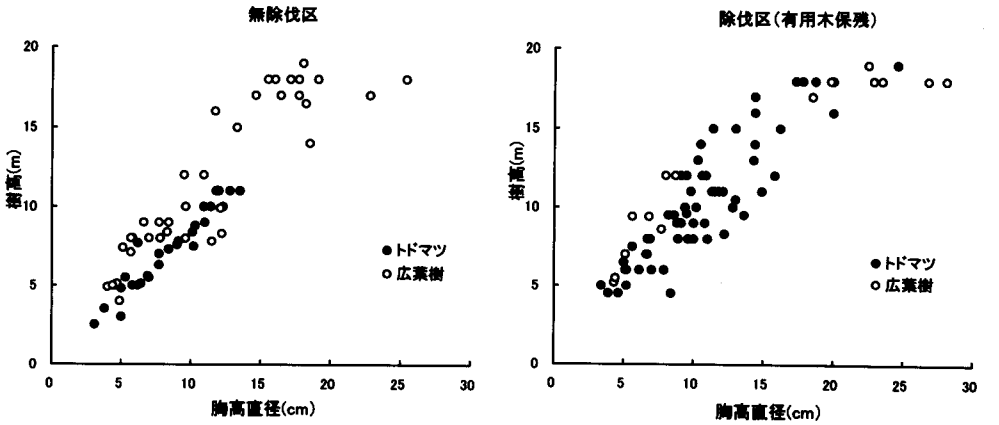
による混交でも、育成過程で漸次侵入する広葉樹類を積極的に保育するなど，植生の遷移に対応した柔軟な施業実行で，より自然度の高い多様な樹種構成の混交林に誘導することも必要であろう。

2．既存針葉樹人工林からの混交林造成

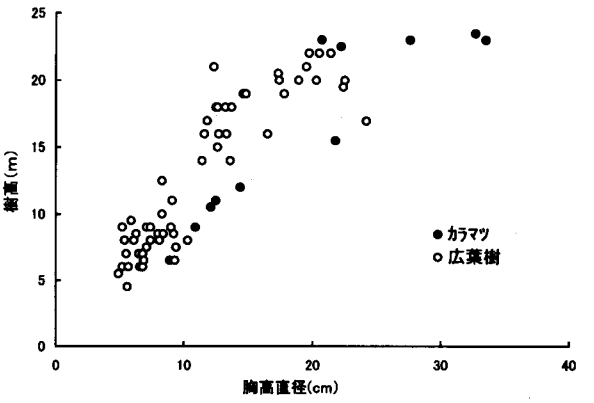
我が国の人工林の現状から見ると、針葉樹人工林の混交林への誘導が当面の大きな課題といえる。広葉樹天然更新木を植栽木とあわせて育成する事により，林分構造の健全化や林木形質の優良化の促進，あるいは長期的に見れば有用広葉樹の育成による経営的な利点も考えられるなど、混交林化を進める意味は大きいといえよう。

針葉樹人工林の混交林への誘導で特に問題となるのは，更新広葉樹類の保育の時期・方法である。一般的に針葉樹人工林では林冠閉鎖以前には天然更新する樹種も多様であるが，林冠閉鎖後は耐陰性の強い中小高木や低木類が多い。例えばトドマツ30年生林分でウダイカンバ，ニレ類，キハダなど侵入広葉樹のうち，有用樹種（主にウダイカンバ）のみ保残して除伐した林分と，無除伐の林分の状況（札幌営林署1127林班）を比較すると図－2のようになる。除伐林分ではトドマツha当り1950本，平均樹高10.3m，平均胸高直径10.6cm，広葉樹ha当り800本，平均樹高13.3m，平均胸高直径14.5cmである。これに対し無除伐林分ではトドマツha当り1450本，平均樹高7.2m，平均胸高直径8.3cm，広葉樹ha当り1750本，平均樹高11.9m，平均胸高直径11.9cmである。除伐林分に比較すると無除伐林分では植栽木の消失が多く，かつ成長も劣り，さらに広葉樹類の形質も不良である（20)。またウダイカンバが全面的に天然更新したトドマツ人工林で，トドマツの樹高が初期成長の勝るウダイカンバをしのぐ可能性があるのはトドマツの地位が一等地以上など立地条件に恵まれた林分に限られ，トドマツの地位が低い場合にはウダイカンバの被圧により両樹種の共存はかなり難しいと言われている(2)。そのため混交状態の維持にはそれぞれの樹高成長を比較しながら保育方法を検討するなど，常に立地条件に応じた施業実行が必要である。

またアカエゾマツは初期成長が遅く他の樹種との競合に弱いため、ウダイカンバ等を放置すると被圧により消失する場合が多い。そのためアカエゾマツの育成には広葉樹類の除伐が不可欠であり，アカエゾマツ人工林で広葉樹を混交させる場合はごく少数の単木的混交か，成長の優勢な樹種群ごとの群状的な混交であろう。カラマツ人工林にカンバ類が更新した場合には，共に陽性樹種であるため樹種間の競合が大きく、下刈や除伐時期まではカラマツ主体に育成することが必要である。しかし，例えばカラマツ人工林でウダイカンバ，ダケカンバ等が全面的に更新した33年生の林分（恵庭営林署455林班）の状況は，図－3のようになる。カラマツはha当り240本，平均樹高16.3m,平均胸高直径19.8cmで，一部は林冠上層をに達しているが，中層のものは枯損木や被圧木が多く今後の成長は望めない。一方天然更新広葉樹本数はウダイカンバ，ダケカンバ，ミズキ等がha当り1180本あり，そのうち40%を占めるウ



図－2　除伐の有無によるトドマツと広葉樹の樹高と胸高直径の関係[20]
注：除伐区の広葉樹小径木は除伐後に侵入



図－3　33年生カラマツ人工林に侵入した広葉樹とカラマツの樹高と胸高直後の関係[22]
注：侵入広葉樹はウダイカンバ、ダケカンバ、ミズキ、キハダ、ハルニレ

ダイカンバはha当り440本，平均樹高18.7m,平均胸高直径16.2cmであり，カラマツとともに林冠上層を占めている。しかし，上中層の広葉樹類はいずれも形状比が高く，樹冠の発達が悪く，今後の肥大成長の可能性は少ない(22)。このようにカラマツと広葉樹類が全面的に混交した場合には、樹種間の競合で優勢な樹種群を主体とした施業を早い段階から考える必要があるだろう(4，5)。

天然更新した広葉樹は通直性を確保するため群状に育成し，枝下高がある程度確保され将来的な形質の良否がある程度予測できる段階で除伐を行うことが望ましいとされている(23)。しかし初回の除伐段階のみで成長,形質を判断するとカンバ類などの先駆性樹種のみが保残され，混交樹種の単純化という問題が生じる恐れがあり，混交樹種の多様化のためには除伐方法の検討も必要であろう(18)。なおウダイカンバなどは初期の密度調整が遅れると樹冠成長が悪く、先々の肥大成長にも影響を及ぼすことが多いため、早い段階からの繰り返しの密度調整が不可欠とされている.(8)。さらにハリギリやヤチダモなどは，稚樹では弱光利用型であるが，成木に達すると強光利用型になり樹高3～4mくらいになった時点で，上層木の被圧から開放して側枝の発達を促し，強光を利用できるようにする必要があると指摘されている(10)。このように針葉樹人工林で天然更新した広葉樹類を育成して混交林に誘導する場合には，混交状態や樹種特性に対応した保育作業の継続的な実施が必要不可欠である。

また亜高木類や低木類が天然更新した林冠の閉鎖した高齢人工林等では群状伐採により新たなギャップを造成し，更新補助作業や補助造林により林冠下とは異なる樹種を混交させて，樹種構成の変化に富む林分配置の混交林へ誘導することも可能である。しかし大型機械類を利用して天然更新補助作業を実施するためには，林道網が整備されていることや傾斜など地形的な制約も考慮しなければならない。

3．天然林における混交林造成

北海道では天然林が森林面積の64%（約357万ha）を占めているが、その多くは過去数回の伐採が行われ森林内容は質的にも量的にも劣化している。また民有林では山火事跡地や薪炭林跡地の再生二次林で，いわゆる育成天然林施業の対象林分が54万ha近く存在する(9)。これら伐採の繰り返しにより劣化した天然林や再生二次林では低質広葉樹類の比率が高い林分が多いため，その育成には林分改良作業など積極的な保育作業による林分内容の改善を図ることが必要である。広葉樹主体の林分での混交林造成の場合，補助造林の樹種としては比較的耐陰性の強いトドマツやエゾマツが適しているが、なかでも資源量の大幅な減少状況にあるエゾマツは，天然林内での補助造林での成林可能性が高く(11)，その資源維持のためにも今後植栽樹種として積極的に利用されることが望まれる。また補助造林では植栽木成長のための光条件維持に必要な面積の設定や，保育管理上から植栽面を極端に分散させないなど，場所的配置への配慮も必要である。以上のように天然林の場合，天然更新と植栽を林分状況に応じて併用するなど更新方法を多様化して，林分配置を変化に富むようにすることが必要であろう。

V. おわりに

針広混交林造成はこれまで見てきたように，人工造林という人為に依拠するだけでなく，天然更新はじめ，立地環境や更新樹の成長特性など，自然力の意識的な利用・組み合わせにより多様な造成形態が存在する。同時にその実現は机上の計画に基づく画一的な作業実行ではなく，立地環境や林木の生育状態に対応した作用の実施により可能となる。そのため針広混交林造成は自然の推移に柔軟に対応した適切な作業実行を必要とするなど，単純林の施業以上に集約な施業実行が必要である。特に針葉樹人工林を多様な樹種構成をもつ針広混交林へ誘導するためには，一定の段階で保育方法や誘導方法を決定し，確実に作業を継続することが必要である。同時に混交状態は森林管理や施業目標と夫々の地域の自然条件を検討し，石井林業に見るように単木的な混交のみならず帯状，群状，階層的混交，あるいは宮崎県諸塚村に見られるクヌギ・スギ人工林のモザイク的配置等，林分配置による混交など広く考えていくなど，森林状態や地域特性に即した様々な選択肢を考慮していく必要があるだろう。

また針広混交林造成を推進する前提としては，造成から保育，収穫作業までふくめて施業実行を容易にするための林道・作業道などの基盤整備や，自然条件に応じて適切な除間伐などが実行可能な技術・労働組織の維持に対する対応策の検討も不可欠である。現在，造林事業は国や府県の補助事業として実行されているが，針広混交林造成を推進する上では補助制度の内容・運用等の改善も必要である。例えば補助制度の採択基準は全国一律の基準であるが，自然条件の多様さに応じて地域性を重視する，あるいは施業者の創意が尊重されるなどの柔軟な基準の運用なども必要である。

引用文献

(1) 秋保晃治（1985）：ブルドーザー地拵え造林地におけるウダイカンバの生長について，北方林業 **37**（4），24-26

(2) 阿部信行（1990）：ウダイカンバが侵入したトドマツ人工林の取り扱い方法，光珠内季報 **79**，15-19

(3) 有永明人（1997）：これからの山物語－なぜまたヒノキ・スギなのか？ アドバンス大分 Japan **5**，117

(4) 猪瀬光雄・向井弘正（1985）：造林地に成立した広葉樹類の取り扱い－Ⅰ－ウダイカンバが成立した造林地，北方林業 **37**（3），1-4

(5) 猪瀬光雄・向井弘正・坂上幸雄（1985）：造林地に成立した広葉樹類の取り扱い(Ⅱ)シラカンバが侵入した造林地，北方林業 **37**（8），16-20

(6) 福田仁士・菅田定雄・鎌田暁洋・高橋廣行（1990）：カンバ類と混交させたトドマツ植栽木の枝枯れ病の発生状況とその成長，北海道大学演習林試験年報 **8**，43-46

(7) 伊藤道夫・岸本英昌・池田善市・浅野達也（1991）：地がきと植栽を併用した更新方法について，平成3年度北海道営林局業務研究発表集録，70-74

(8) 星 司朗・遠藤嘉浩・鮫島惇一郎・鮫島和子・岩本巳一郎・宮島 寛・三宅基夫（1971）：造林樹種の特性 後編カンバ類の経営・利用編，北方林業叢書 **48**，173pp，北方林業会

(9) 亀田孝史（1988）：一般民有林における広葉樹賦存状況調査の結果について（第Ⅱ報），北方林業 **40**（5），20-26

(10) 小池孝良（1988）：落葉広葉樹の生存に必要な明るさとその成長に伴う変化，林木の育種 **148**，19-23

(11) 小鹿勝利・清野 年（1996）：北海道のエゾマツ資源に関する研究（Ⅱ）エゾマツ資源造成の経緯と課題，森林計画誌 **26**，73-84.

(12) 台風19号等災害復旧対策調査検討委員会（1992）：平成3年台風19号等災害復旧対策調査報告書，65pp

(13) 東京農林省山林局（1941）：ドイツに於ける択伐作業論の沿革，109pp

(14) 長野 了・岸本英昌・小田中敏之（1997）：エゾマツ高齢人工林の複層林施業について（第2報），北海道営林局平成8年度業務研究集録，19-27

(15) 中村賢太郎（1935）：育林学原論，422pp，西ヶ原刊行会

(16) 新岡善宣・山口重男・伊藤 孝（1985）：私達の現場－カラマツとシラカンバの混植造林，北方林業 **37**（2），24-26

(17) 野村具弘・小鹿勝利・和 孝雄（1997）北海道における混交林造成の一事例－石井山林の施業分析－，日林論 **108**，141-144

(18) 野村具弘（1998）：北海道における針広混交林造成に関する基礎的研究－針葉樹人工林の混交林化，北海道大学農学研究科，修士論文，70pp

(19) 松田 彊（1993）：混交林の維持と再生，北方林業 **46**（5），11－14

(20) 林野庁造林保全課（1995）：平成6年度針広混交林施業のあり方に関する調査報告書，16-23

(21) 林野庁造林保全課（1996）：平成7年度針広混交林

施業のあり方に関する調査報告書，41-65
㉒ 林野庁造林保全課（1997）：平成8年度複層林への誘導手法に対する調査報告書，58-65
㉓ 坂上幸雄（1985）：造林地に侵入した広葉樹の樹種数と本数，北方林業 37（11），1-4

Summary

Mixed forests with coniferous and broad-leaved species are physiologically and ecologically superior to other types of forests. Furthermore, these forests are highly regarded in terms of land conservation, nature conservation, landscape, recreation and biodiversity preservation, etc. Afforestation methods in mixed forests with coniferous and broad-leaved species in Hokkaido were classified according to past cases to examine the technical challenges of each afforestation method and discuss ideal methods for afforestation.

There is a variety of afforestation methods, such as natural regeneration and a wide variety of artificial generation techniques. Such afforestation methods include not only mixed planting of coniferous and broad-leaved species, but also use of broad-leaved species raised through natural regeneration in artificial coniferous forests, the promotion of natural generation through ground treatment, and diverse management methods in natural broad-leaved forests. A major task today is to change artificial coniferous forests into mixed coniferous and broad-leaved forests depending on natural environmental condition. Furthermore, creating diverse stand compositions is required in consideration of afforestation objectives and the natural environment, among other factors. Such stand composition includes not only single tree mixture but also group mixture, multi-storied forests and mosaic stands with coniferous and broad-leaved tree species.

Key word : mixed forest with coniferous and broad-leaved species, afforestation methods, mixing composition, diversification of regeneration