

## 遠軽町丸瀬布国有林における低コスト造林技術の検証

森林総合研究所北海道支所 中西敦史・津山幾太郎  
北海道森林管理局森林技術・支援センター 山崎孝一・井上純

### はじめに

北海道のトドマツ人工林はその多くが主伐期を迎えていて、伐採後の再生林の確保が重要な課題である<sup>(1)</sup>。また、近年、全国的に木材価格低迷により従来の施業方法では林業経営が難しく、より低コストな施業が求められている<sup>(2)</sup>。植栽および下刈・除伐等の初期造林費用は、植栽から伐期までにかかる費用の半分以上を占めるため、これらの低減は林業の採算性向上のため重要である<sup>(3)</sup>。これまで、下刈等施業の省略化について、他の造林樹種において研究されてきたが<sup>(4, 18, 3, 6)</sup>、トドマツについては、研究成果は少ない。一方で、近年、人工林を一部伐採することで広葉樹天然更新を促進し、針広混交林へ誘導する技術が検証されているが<sup>(6)</sup>、針葉樹植栽と併せて有用広葉樹種の植栽地への侵入を考慮し、施業を計画することで、より経済的価値の高い森林を造成できる可能性がある。北海道中部以北の潜在自然植生は、トドマツと経済的価値の高いミズナラを主体とした針広混交林であり<sup>(7)</sup>、トドマツ・ミズナラを主体とした針広混交林の造成技術は、この地域の林業の採算性向上に資すると考えられる。

そこで、本研究では、トドマツ伐採後のトドマツ植栽地において、「下刈の省略」および「有用広葉樹種の天然更新による針広混交林化」の二つの低コスト造林技術について検証する。

### 材料と方法

#### 1. 調査地

調査地は北海道紋別郡遠軽町丸瀬布に位置する網走西部森林管理署管内の275林小班で、18.16haの61年生(2016年伐採時点)トドマツ人工林である(図-1)。

2016年9月および10月に帯状伐採(伐採幅50~65m)からトドマツコンテナ苗植栽までの一貫作業が実施された。また、事業に先立ち、2015年5月に各50×25mの標準地3箇所、網走西部森林管理署により、胸高直径(以下DBH)6cm以上の樹木幹を対象に樹種、DBHおよび樹高が測定されている。

伐採後の10月に、尾根沿い3箇所に低密度試験区A、BおよびCが設置され、それぞれの箇所に、1,000本/ha(0.28ha)、1,500本/ha(0.19ha)および2,000本/ha(0.21ha)の密度でトドマツコンテナ苗が植栽された(トドマツでは標準本数3,000本/ha)。また、試験地A、BおよびCの方位は、いずれも南西で、標高は、それぞれ330~350m、340~350mおよび330~340m、平均傾斜は、それぞれ16°、4°および6°である。各低密度試験区に2×2mの植生調査

区を8個、計24個設置し、また各植生調査区は2本の植栽木が入るように設定した。なお、試験区では、2017年11月現在まで下刈・つる切は未実施である。

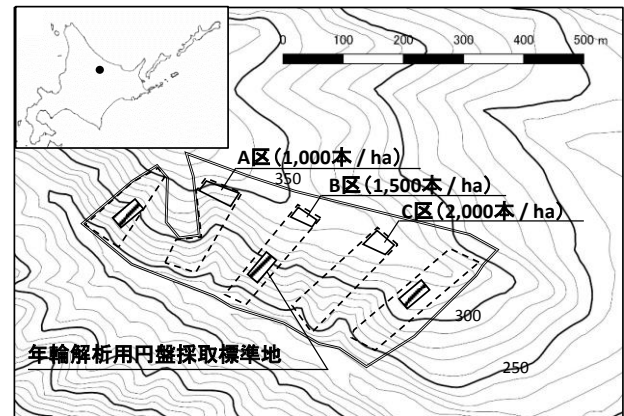


図-1 調査地の位置

二重線、破線および太線で囲った箇所は、それぞれ事業対象林小班、伐採・植栽地および低密度試験区を示す。斜線部分は標準地を示す。

#### 2. 植栽地における植生調査・解析

2017年5月および9月に低密度試験区のトドマツ植栽木の樹高を測定した。また、2017年10月に、各植生試験区に出現した維管束植物について各種の優占度階級<sup>(1)</sup>およびシカ被害について調査した。低密度試験区の調査は、植栽後1成長期目を実施したため、植栽木のサイズは小さく、植栽木やその他植生への植栽密度の影響は無いと考えられる。そのため、本研究では試験区間における植栽密度の差は考慮しない。

低密度試験区における植栽木の1成長期における樹高成長を算出した。次に植生調査区における2017年10月の調査結果を基に以下の解析を行った。(i)各種の全調査区における平均優占度は、各調査区における各種の優占度階級を平均百分率に換算して算出した<sup>(13)</sup>。(ii)常在度は当該種が出現した調査区数を全調査区数(24)で除して算出した。(iii)シカ被害率は当該種に被害が見られた調査区数を当該種が出現した調査区数で除して算出した。

#### 3. 伐採前の林況解析

標準地調査のデータから伐採前の林況を推定し、人工林内の広葉樹種の更新パターンを検証した。また、2016年

Atsushi NAKANISHI, Ikutaro TSUYAMA (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo 062-8516), Koichi YAMAZAKI, Jun INOUE (Forestry Technology Development and Support Center, Hokkaido Regional Forest Office, Shibetsu 095-0015)

Examinations on low-cost techniques of afforestation at a national forest in Engaru Maruseppu, Hokkaido

9月の伐採の際に、網走西部森林管理署に、標準地1箇所におけるトドマツ3個体(それぞれのDBHは22, 22および24cm)およびミズナラ3個体(10, 12および14cm)の年輪解析用円盤の採取を依頼した。円盤は各個体について地上0.2mから1m毎に採取した。採取した円盤の年輪数をDENDROTAB2003(Walesch Electronic社, スイス)を用いて測定し、各個体の各地地上高に達した時期を推定した。ミズナラ1個体(DBH14cm)については、地上0.2mの円盤が腐朽していた為、その箇所の年輪数を測定できなかった。また、地上1.2mから採取された各円盤について、樹皮から年輪の中心への直線を4本設定し、各線上の各成長期における年輪幅を、DENDROTAB2003を用いて測定した。各成長期の年輪幅は4個の測定値を平均して算出した。得られた結果から、トドマツ林の発達に伴うミズナラの侵入・成長パターンを検証した。

**結果**

**1. 植栽地における植生**

低密度試験区における植栽木調査の結果、植栽木の樹高は2017年5月で30.1±4.5cm(平均±標準偏差)、9月で32.8±4.4cm、1成長期の樹高成長は2.7±2.3cmだった。植生調査区における2017年10月における各維管束植物種の優占度、常在度およびシカ被害率を表-1に示す。

表-1 植生調査区の植生状況

種名	科	生活型	優占度(%)		常在度(%)		被害率(%)	
			平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
トドマツ(植栽木)	マツ科	針葉樹高木	0.100	0.000	100.0	0.0	0.0	0.0
トドマツ	マツ科	針葉樹高木	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
ミズナラ	ブナ科	落葉高木	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
ミズナラ(萌芽)	ブナ科	落葉高木	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
エゾイタヤ	ムクロジ科	落葉高木	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
オオバボダイジュ	シナノキ科	落葉高木	2.308	4.936	41.7	10.1	100.0	0.0
ホノキ	モクレン科	落葉高木	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
ホノキ(萌芽)	モクレン科	落葉高木	0.733	3.496	8.3	5.6	0.0	0.0
キコブシ	モクレン科	落葉高木	0.013	0.033	12.5	6.8	0.0	0.0
ウダイカンバ	カバノキ科	落葉高木	0.025	0.043	25.0	8.8	16.7	15.2
シラカンバ	カバノキ科	落葉高木	0.038	0.048	37.5	9.9	11.1	10.5
シラカンバ(萌芽)	カバノキ科	落葉高木	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
キハダ	ミカン科	落葉高木	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
オノノッコヤナギ	ヤナギ科	落葉高木	0.033	0.047	33.3	9.6	12.5	11.7
オノエヤナギ	ヤナギ科	落葉高木	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
ハウワウカエデ	ムクロジ科	落葉高木	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
イヌエンジュ	マメ科	落葉低木	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
イヌエンジュ(萌芽)	マメ科	落葉低木	0.013	0.033	12.5	6.8	33.3	27.2
ヤマブキ	ツバキ科	落葉低木	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
エンゴトコ	レンゲツク科	落葉低木	0.942	0.049	41.7	10.1	10.0	9.5
タラシキ	ウコギ科	落葉低木	4.921	5.255	91.7	5.6	63.6	10.3
エゾイタヤ	バラ科	落葉低木	6.896	6.443	95.8	4.1	100.0	0.0
クマイザサ	イネ科	常緑低木	21.171	21.163	100.0	0.0	100.0	0.0
オククルムグラ	アカネ科	多年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
ウツ	ウコギ科	多年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
オオハコ	オオハコ科	多年草	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
スゲSP	カヤツグサ科	多年草	0.258	0.990	54.2	10.2	0.0	0.0
アネタギ	キク科	多年草	0.217	0.998	12.5	6.8	0.0	0.0
アヲカオエゾギ	キク科	多年草	0.442	1.375	33.3	9.6	0.0	0.0
エゾトビ	キク科	多年草	0.021	0.041	20.8	8.3	0.0	0.0
タンポポ	キク科	多年草	0.017	0.037	16.7	7.8	0.0	0.0
チシマザミ	キク科	多年草	0.217	0.998	12.5	6.8	0.0	0.0
チチゴクサ	キク科	多年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
ノゲシ	キク科	多年草	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
ヒヨドリバナ	キク科	多年草	10.454	13.505	95.8	4.1	69.6	9.6
ミヤマウツリナ	キク科	多年草	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
アマドコロ	キジカクシ科	多年草	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
ミヤマオダマキ	キンポウゲ科	多年草	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
エンゴツクサ	クシ科	多年草	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
エゾクサナミソウ	シソ科	多年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
スズレSP	スズレ科	多年草	0.067	0.047	66.7	9.6	0.0	0.0
ミツバツクシ	バラ科	多年草	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
シロツクサ	マメ科	多年草	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
ホコガタカザ	アカザ科	一年草	0.067	0.047	66.7	9.6	18.8	9.8
バロキク	キク科	一年草	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
クシノオウ	クシ科	一年草	1.608	3.787	66.7	9.6	6.3	6.1
ナギナタコウジュ	シソ科	一年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
イヌサデ	タデ科	一年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
ハルサデ	タデ科	一年草	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
ミノソバ	タデ科	一年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
イヌホオズキ	ナス科	一年草	0.008	0.028	8.3	5.6	0.0	0.0
コハコバ	ナデシコ科	一年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
ミノハフスマ	ナデシコ科	一年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
エノハツツトソウ	バラ科	一年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
オニルリソウ	ムラサキ科	一年草	0.454	1.371	45.8	10.2	0.0	0.0
オシダ	シダ	一年草	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
ワラビ	コバノミシカガマ科	シダ	0.004	0.020	4.2	4.1	0.0	0.0
ツルオモトキ	ニホキ科	落葉木本つる	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
ヤマブドウ	ブドウ科	落葉木本つる	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
ミヤマタタビ	マタタビ科	落葉木本つる	0.050	0.050	50.0	10.2	0.0	0.0
オオカモメツル	ガガイモ科	多年草つる	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
オオツルイタドリ	タデ科	一年草つる	0.025	0.043	25.0	8.8	0.0	0.0

優占度が0%の種は、6月に出現したが10月に確認できなかったもの。

全出現種の中でクマイザサの優占度および常在度がそれぞれ21.2%および100%と最も高く、また、低木のエゾイタヤやタラノキ、多年草のヒヨドリバナの優占度および常在度もそれぞれ4.9~10.5%および91.7~95.8%と比較的高かったが、これらの優占度の高い種はエゾシカによる被害率も63.6~100%と高かった。高木性樹種では、有用広葉樹種のオオバボダイジュの優占度および常在度がそれぞれ2.3%および41.7%と他の高木性樹種に比べ高かったが、エゾシカによる被害率が100%と非常に高かった。それ以外では、ミズナラ、エゾイタヤ、シラカンバおよびウダイカンバといった特に材価の高い有用広葉樹種が出現していたが、これらはいずれも優占度が0.1%未満と低かった。また、これらの内、先駆種のウダイカンバおよびシラカンバでは常在度が25.0%および37.5%で、遷移後期種のミズナラおよびエゾイタヤの8.3%および4.2%に比べ高かったが、エゾシカによる被害が確認された。また、植栽木に被害を与える可能性のあるつる植物はいずれも優占度は0.1%未満と低かったが、木本のミヤマタタビおよび一年草のオオツルイタダリの常在度はそれぞれ50%および25%と比較的高かった。

**2. 伐採前の林況**

標準地調査における結果を表-2に示す。造林木であるトドマツは幹密度、平均DBH、胸高断面積合計および平均樹高がそれぞれ582.1本/ha、19.6cm、20.7m<sup>2</sup>/haおよび12.2mで、いずれもエゾマツ(1本)を除いて最大であった。また、ミズナラも幹密度が566.7本/haと非常に高くトドマツに近い値を示した。また、広葉樹種の中でミズナラの最大DBHおよび最大樹高がそれぞれ26cmおよび15mと最も大きく、それ以外の広葉樹種では、それぞれ20cmおよび13m以下だった。胸高断面積合計が大きかったミズナラ、イタヤ類(エゾイタヤおよびアカイタヤ)およびシナノキ類(オオバボダイジュおよびシナノキ)のDBH階別の本数分布を図-2に示す。いずれの樹種の分布も小サイズの本数がより多いL字型を示した。

年輪解析の結果を図-3に示す。トドマツ3個体はいずれもほぼ同様な樹高成長および直径成長パターンを示した。一方、ミズナラの樹高成長は植栽12年目の1968年頃から地上0.2mに達し、早期に侵入したと考えられる個体はトドマツと同じ樹高に達したものの、遅く侵入したと考えられる個体は樹高成長が抑制されていた。また、ミズナラの直径成長は、トドマツに比べ小さく、早期に侵入したと考えられる個体ほど成長は大きかった。

表-2 伐採前の林況

樹種	幹密度 (本/ha)	胸高直径 (cm)			胸高断面積合計 (m <sup>2</sup> /ha)		樹高 (m)		
		平均	標準偏差	最大	平均	標準偏差	最大		
トドマツ	582.1	19.6	7.3	38	20.7	12.2	3.0	21	
ミズナラ	566.7	13.2	3.7	26	8.7	9.9	1.8	15	
イタヤ類	59.0	10.0	2.6	18	0.5	7.8	1.3	13	
シナノキ類	43.6	10.6	3.9	20	0.5	8.8	1.7	13	
ホノノキ類	23.1	10.7	1.7	14	0.2	8.8	1.4	11	
アカエゾマツ	7.7	18.0	2.0	20	0.2	12.0	1.0	13	
シラカンバ	12.8	12.4	4.6	18	0.2	10.4	2.5	13	
ハリギリ	12.8	12.0	4.0	18	0.2	9.0	2.0	12	
ダケカンバ	10.3	10.5	1.9	12	0.1	9.5	1.0	10	
イヌエンジュ	10.3	10.5	1.0	12	0.1	7.5	0.6	8	
エゾマツ	2.6	20.0	-	20	0.1	14.0	-	14	

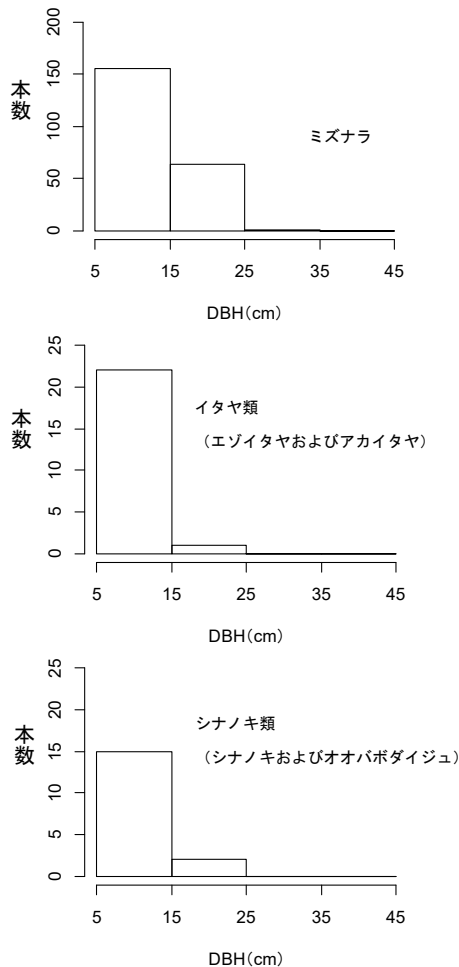


図-2 主要広葉樹種3種における胸高直径 (DBH) 階別の本数分布

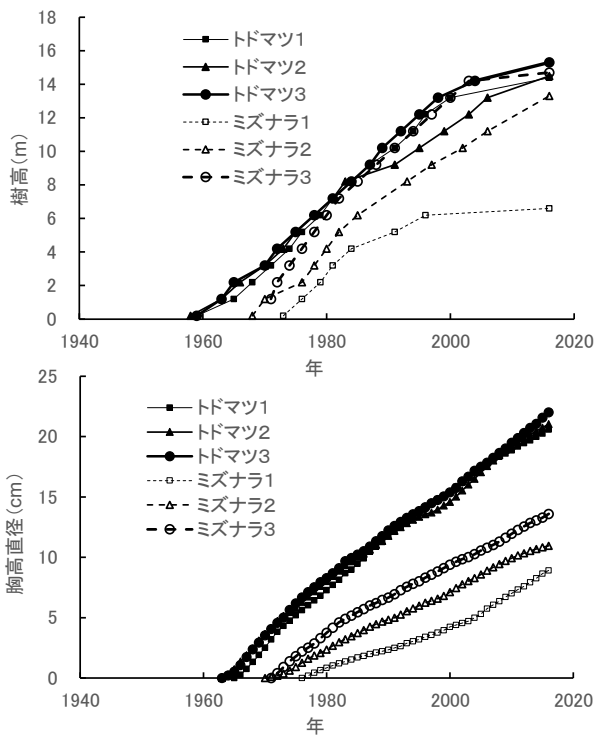


図-3 トドマツおよびミズナラの樹高・直径成長過程

## 考察

### 1. 下刈等の省略化の検証

伐採翌年の植生調査区ではクマイザサ, エゾイチゴ, タラノキおよびヒヨドリバナの被度は比較的高く, またこれらの常在度は91.7~100%と非常に高かった。今後, 被度が增大していく可能性がある。特にクマイザサとエゾイチゴについては, 北海道における海拔500m以上の森林の林床植生の大部分がこれらに2種によって占有され, 下刈の対象もほぼこの2種に限定される<sup>(8)</sup>。本研究における植生調査区は海拔330~350mに位置するが, 今後, これらの種が急激に優占していくと考えられる。さらに, トドマツ植栽木の1成長期における樹高成長が平均2.7cmと小さかったことや, 標準地におけるトドマツの平均樹高が61年生にも関わらず12.2mと非常に低かったことから, 本林分のトドマツ地位は低く, トドマツの樹高成長は遅いと考えられる。これらの結果のみから考えれば, 通常の植栽地に比べ長期に渡る下刈が必要である。一方で, クマイザサなどの優占度の高い雑草木へのエゾシカによる被害率は非常に高かったが, トドマツ植栽木への被害は見られなかった。トドマツ苗へのエゾシカ食害が無いことは他の研究でもわずかながら報告されている<sup>(2)</sup>。また, シカの食害により, 植生高が制限されることが報告されているが<sup>(4,7,12)</sup>, 本調査区においても, エゾシカによる食害により, クマイザサ等の競合雑草木の高さが抑制されることで, 植栽木が早期にそれら雑草木の高さを上回り, 下刈の回数や期間が低減される可能性もある。

つる植物については優占度が低かったものの, 植栽木に顕著な被害を与える木本の巻きつき型<sup>(15)</sup>のミヤマタタビが出現し, 常在度も50%と比較的高かった。また, 一年草のオオツルイタドリが調査区の植栽木2本を覆っていることが確認された。一年草の覆い型のつるによる被害については研究例は無いが, 下川町のカラマツ植栽地において同じ一年草のオオツルイタドリがカラマツ幼齢木を覆い引き倒している事例が観察されている(津山私信)。この事からつるの切りは今後必要になると考えられる。

各試験区の8個の植生調査区の内, 4区で2018年以降下刈およびつる切を実施し, 残り4区はそれらの施業を実施しない予定である。下刈およびつる切の省略化または低減の程度を決定するためには, それらの調査地を引き続き調査し, 施業の有無が植栽木に与える影響を明らかにする必要がある。

### 2. 有用広葉樹種との針広混交林化の可能性

植生調査区における調査結果から, 有用広葉樹種の優占度は低く, また, エゾシカによる食害が明らかになった。さらには, クマイザサおよびエゾイチゴなどの優占度の高い植生は植栽木だけでなく侵入した有用広葉樹種とも競合すると考えられる。これらのことから, 伐採直後の有用広葉樹種の早期導入は難しいと考えられる。

本研究では, 標準地の林況はトドマツ植栽地に隣接する残存トドマツ人工林と同様であると考えられ, さらには植栽地の将来の潜在的林況であると考えられる。これらのことを基に, 標準地調査および年輪解析の結果を以下の通り検証する。

松浦(1999)<sup>(9)</sup>の報告によれば, 天然林におけるミズナ

ラ、アカイタヤ、シナノキおよびオオバボダイジュの結実サイズは、それぞれ DBH25, 25, 25 および 20cm であることから、標準地の主要広葉樹種については、それらの平均および最大 DBH から判断して、ほとんどの個体が繁殖サイズに達していないと考えられる。また、繁殖サイズの個体があったとしても、繁殖サイズに達したのは最近の事であり、それらの次世代が調査対象の DBH6cm 以上に成長していることは非常に稀であると考えられる。これらのことから、標準地における調査対象広葉樹種のほとんどが 275 ㎡ 林小班のトドマツ人工林内の種子散布ではなく、林外からの種子散布で更新したものと考えられる。さらに、主要広葉樹種であるミズナラ、イタヤ類およびシナノキ類の DBH 階別の本数分布は L 字型であることから、これらの樹種は更新が確保されていると考えられる。これら 3 樹種は遷移後期種で耐陰性が比較的高く、また種子が動物 (ミズナラ) および風 (イタヤ類およびシナノキ類) により長距離散布され、トドマツ人工林内に安定的に供給されたものと推察される。

年輪解析の結果、ミズナラは 1968 年頃から地上 0.2m に達したと推定された。苗畑での被陰および開放条件下におけるミズナラ当年生実生の 1 成長期後の樹高が 15cm 程度と報告されていることから<sup>(10)</sup>、樹高 0.2m に達するのはおおそ発芽 1 年後以降と考えられる。このことからトドマツ人工林への侵入は植栽 (1956 年) からおおそ 10 年後以降、すなわち下刈終了後の林冠閉鎖時期であると推察される。前述のように本植栽地において有用広葉樹種の早期導入は難しいが、林冠閉鎖後にミズナラが侵入する可能性がある。しかしながら、侵入時期が遅すぎるとミズナラは樹高および直径成長が抑制されることが推定された。これらのことから、林冠閉鎖後の除間伐はミズナラの生育も考慮することで、ミズナラの蓄積も増加させることができると考えられる。以上から、本林分では、針交混交林化の可能性が示され、林冠閉鎖後の有用広葉樹種の侵入・成長を期待した施業計画を立案することが必要と考えられる。

本研究で対象としたトドマツ人工林はミズナラ密度が非常に高く、一般的な人工林ではないが、今後、同様の林分および一般的なトドマツ人工林を調査し、その結果を比較・検証することで、トドマツ植栽およびミズナラ天然更新を組み合わせた針広混交林造成技術を開発したい。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご協力いただいた北海道森林管理局網走西部森林管理署の皆様には御礼を述べたい。

#### 引用文献

- (1) Braun-Blanquet J (1964) Pflanzensozioologie, 3 Aufl. 865pp. Springer-Verlag, Wien.
- (2) 北海道立総合研究機構林業試験場道南支場・保護 G (2012) ヒバ植栽地の成績に及ぼす要因の解明と対策の検討. 平成 24 年度北海道林業試験場年報: 54.
- (3) 上床真哉 (2004) 省力・低コストな森林造成技術の開発. 鹿児島県林試報 52: 2.
- (4) Kumar S・Takeda A・Shibata E (2006) Effects of 13-year fencing on browsing by sika deer on seedlings on Mt. Ohdaigahara, central Japan. Journal of Forest Research 11: 337-342.
- (5) 松浦堯 (1999) 北大構内植栽ミズナラの着果をめぐって—林木着花樹齡と着花サイズを考える—. 日林北支論 47: 48-50.
- (6) 中西敦史 (2012) 低コスト育林技術に関する研究. 愛知県森林セ報 49: 1-10.
- (7) 中西敦史・小林元男 (2012) 森林の強度伐採による効果のモニタリング (第 1 報). 愛知県森林セ報 49: 11-21.
- (8) 中野實・横山喜作・藤村好子 (1961) 高海拔地の更新 (第 1 報) クマイザサ・エゾイチゴの生活形態とその造林的意義. 林業試験場北海道支場年報 1961. 21-33.
- (9) 林野庁 (2010) 平成 22 年版森林・林業白書. 145pp, 社団法人全国林業改良普及協会, 東京.
- (10) 清和研二・菊沢喜八郎 (1989) 落葉広葉樹の種子重と当年生稚苗の季節的伸長様式. 日本生態学会誌 39: 52-54.
- (11) 渋谷正人 (2014) 林業イノベーションの必要性. 北方森林研究 62: 1-2.
- (12) 島田博匡・野々田稔郎 (2009) 針葉樹人工林における強度間伐後の広葉樹侵入に及ぼすシカ採食の影響. 日林誌 91: 46-50.
- (13) 森林立地調査法編集委員会 (1999). 森林立地調査法, pp 284. 博友社, 東京.
- (14) 白井一則・竹内豊・手塚朗・熊川忠芳 (2003) 低コスト森林造成に関する研究. 愛知県森林セ報 40: 1-10.
- (15) 鈴木和次郎 (1989) ヒノキ造林地における植栽木につる被害とその発生機構. 日林誌 71: 395-404.
- (16) 田内裕之 (2010) 人工林を広葉樹林にする—誘導する意義とその可能性—. 森林科学 59: 2.
- (17) 舘脇操・五十嵐恒夫 (1971) 北大天塩・中川地方演習林の森林植生. 北大演研報 28: 1-192.
- (18) 山田耕司 (2004) 低コスト育林システムに関する研究. 青森県林試報 54: 91-95.