

## 道南地方のトドマツ人工林における広葉樹の侵入状況

北海道立総合研究機構林業試験場 道南支場 八坂通泰・菅野正人・寺田文子

## はじめに

今日の日本林業における最大の関心事は、成熟化しつつある人工林を活用し木材自給率を向上させることにある。そのために、施業の低コスト化や木材利用の促進に係る施策や技術開発が積極的に進められている。一方で、人工林の主伐後には伐採跡地の更新方法についての課題が差し迫る。我が国の林業の採算性を向上するためには、すべての人工林を同様に扱うよりも、人工林として持続的に維持する場所と、そうではない場所に分けて考えることも必要だろう。森林・林業基本計画でも、長期的には約 1000 万 ha の育成単層林（人工林）の約 3 分の 1 に当たる 350 万 ha については、公益的機能をより重視した育成複層林へ誘導していくこととしている。これらについては、広葉樹林化や針広混交林化など天然林化を図ることが管理方針の選択肢の 1 つと考えられる。

しかし、人工林を天然林化するための技術的蓄積は十分ではない。そのため、近年スギ・ヒノキ・カラマツ・トドマツなどの人工林において、天然林化を図るための研究が実施されている。これまでの研究で人工林内に侵入している広葉樹の密度や種組成、広葉樹の侵入条件などが明らかにされつつある。例えば、九州のスギ人工林においては、高齢林で自然植生に近い広葉樹の侵入が観察され (8)、三重県のスギ・ヒノキ人工林では侵入した前生稚樹の多くは遷移後期種や二次林種であること (2)、道内のトドマツ人工林では北海道の主要広葉樹であるイタヤカエデ、ミズナラ、ハリギリ、カンバ類などが侵入していることが報告されている (3)。さらに広葉樹の侵入には天然林からの距離や植栽木の疎密度が関係していることもわかっている (3, 4, 8)。

一方で、道南地方の人工林においては天然林化の前提となる人工林への広葉樹の侵入状況が明らかになっていない。道南地方での主要な人工林であるトドマツの天然分布は渡島半島が南限となっている (1)。広葉樹についてもブナ、サワグルミなど渡島半島を北限とする樹種が分布する (10, 11)。これらは自然状態では本来混交するケースは少ないと考えられ、トドマツ人工林の天然林化を図る場合に両者の共存可能性について検証しておく必要があるだろう。そこで本研究では、道南地方のトドマツ人工林において、トドマツ植栽木だけでなく、侵入広葉樹も調査したデータを用いて、トドマツ人工林における広葉樹の侵入状況および侵入密度に関係する要因を明らかにすることを目的にした。

## 用いたデータと分析方法

用いたデータは、北海道が実施した森林資源モニタリング調査のデータである。本調査は、トドマツ等人工林

の蓄積テーブル見直しや混交林への誘導技術確立の基礎資料を得るために実施されている。調査対象地は森林調査簿からランダムに選ばれ、立木調査だけでなく、地形や倒木、下層植生などの調査も実施されている。本研究では、渡島桧山管内の 43 林分のデータの立木調査データを用いた。調査は 0.1ha の方形区内において、胸高直径 3cm 以上の植栽木および侵入広葉樹を対象に樹高、胸高直径を測定している。これら立木調査データ等から、トドマツの林齢、平均胸高直径、平均樹高、立木密度、林分材積、侵入広葉樹の平均胸高直径、平均樹高、立木密度を整理した。立地条件としては、調査林分の標高、傾斜、林小班面積を整理した。さらに、侵入広葉樹で立木密度の多い樹種については、立木本数に及ぼす立地条件（標高、傾斜、林小班面積）やトドマツの林齢、胸高断面面積合計の影響を一般化線形モデルで評価した。モデル選択は赤池の情報量基準 (AIC) によって行った。

## 結果

調査したトドマツ人工林の林況について表-1にまとめた。林齢は平均 48 年生で比較的偏りなく各年齢を調査対象にしている。平均樹高は 16m であり、地位指数 (40 年生の上層高) を求めると 18 となり、これは渡島、桧山管内の平均値と同様である (7)。また、立地条件は標高 40~500m、傾斜 2~32° と様々な環境に植栽された林分となっている。

これらのトドマツ人工林に侵入していた広葉樹の密度、平均胸高直径、平均樹高、出現率について表-2に示した。各樹種の分布情報については図鑑等を参考にした (11, 12)。広葉樹全体の密度は 199.5 本/ha、平均胸高直径は 10.1cm、平均樹高は 8.9m、出現率は 76.7%となっていた。つまり、調査したトドマツ人工林 43 林分のうち胸高直径 3cm 以上の広葉樹が 33 林分に 1 本以上出現し、残りの 10 林分には全く出現しなかったことを示す。表-2 は立木密度が高い順に記載しており、最も立木密度が高い樹種はブナで 41.2 本/ha、平均胸高直径 6.9cm、平均樹高 7.2m であった。広葉樹サイズの最大値は、胸高直径はバココヤナギの 28.8cm、樹高はエゾヤナギの 14.9m となってい

表-1 分析したトドマツ人工林 43 林分の林況

	平均値	最小値	最大値
林齢(年生)	48	17	83
平均胸高直径(cm)	24	13	46
平均樹高(m)	16	8	26
立木密度(本/ha)	1005	273	2899
林分材積(m <sup>3</sup> /ha)	347	146	602
胸高断面面積合計(m <sup>2</sup> /ha)	41	18	61
標高(m)	200	40	500
傾斜(°)	15	2	32

Michiyasu YASAKA, Masato KANNO, Fumiko TERADA (Forestry Research Institute Donan Station, Hokkaido Research Organization, Kikyo 372-2, Hakodate, Hokkaido 041-0801)

The status of invasion of broad-leaved trees in todo-fir plantations in south part of Hokkaido.

表-2 トドマツ人工林に出現した広葉樹

樹種	密度 (本/ha)	平均胸高 直径(cm)	平均樹高 (m)	出現率 (%)
広葉樹全体	199.5	10.1	8.9	76.7
ブナ※	41.2	6.9	7.2	25.6
イタヤカエデ	25.1	8.6	8.1	32.6
ホオノキ	24.2	8.0	9.0	46.5
ヤマグワ	12.3	5.4	5.4	30.2
ミズナラ	10.5	9.7	9.4	25.6
ハウチワカエデ	9.5	4.4	4.7	30.2
コシアブラ	9.3	8.2	8.7	20.9
ダケカンバ	8.8	17.8	15.3	16.3
ヤマモミジ	8.4	6.5	6.0	20.9
キハダ	7.4	9.6	9.4	18.6
ケヤマハンノキ	5.6	16.9	11.3	7.0
ハリギリ	4.9	9.5	8.8	23.3
ミズキ	4.2	9.7	8.6	20.9
アオダモ	3.3	6.1	6.5	7.0
ハルニレ	2.3	15.6	11.3	11.6
サウシバ	2.1	6.9	6.9	4.7
キタコブシ	2.1	5.2	5.0	11.6
オヒョウ	1.9	9.6	10.1	9.3
トチノキ※	1.6	8.5	6.8	7.0
クリ※	1.4	22.4	18.0	7.0
サワグルミ※	1.2	5.4	5.6	2.3
アズキナシ	0.9	10.3	8.1	4.7
ウダイカンバ	0.9	7.8	8.0	7.0
シウリザクラ	0.9	5.1	6.6	7.0
エゾヤマザクラ	0.7	11.0	10.4	4.7
ウワミズザクラ※	0.7	14.7	10.2	7.0
オニグルミ	0.7	14.5	10.0	7.0
シナノキ	0.7	6.8	7.2	2.3
シラカンバ	0.5	12.8	12.2	2.3
アカシデ※	0.5	5.2	7.8	4.7
エゾヤナギ	0.2	12.4	14.9	2.3
バッコヤナギ	0.2	28.8	12.3	2.3
ヤマナラシ	0.2	15.6	11.8	2.3
アサダ	0.2	11.6	9.2	2.3
ナナカマド	0.2	3.2	5.1	2.3
タラノキ	0.2	4.6	4.5	2.3

※天然分布が南西部

た。また、出現率はホオノキが46.5%と最も高く、半数近くの林分に侵入していた。ブナ以外で道内の南西部を分布の中心とする樹種としては、トチノキ、クリ、サワグルミ、ウワミズザクラ、アカシデも観察された。

侵入広葉樹の立木密度は、250本/ha以下の林分が最も多く全体の50%に及んでいた(図-1)。一方、1000本/haを超える林分は5%と少なかった(図-1)。トドマツおよび侵入広葉樹の林齢ごとの立木密度を図-2に示した。本数密度は林齢とともにトドマツは低下していたが、侵入広葉樹は増加する傾向があった。最も立木密度が高かった71年生以上(調査林分数7)では、立木密度465本/ha、平均樹高10.3mであった。

広葉樹全体と立木密度が比較的高かったブナ、イタヤ

表-3 トドマツ人工林の林況が侵入広葉樹の立木密度に及ぼす影響

説明変数	広葉樹全体	ブナ	イタヤカエデ	ホオノキ
林齢	+	+	+	+
胸高断面積合計	-	-		-
標高	+	+		+
傾斜	+	+		
小班面積				

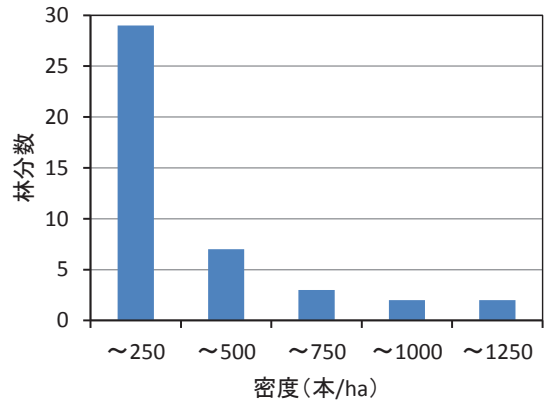


図-1 侵入広葉樹の密度ごとの林分数

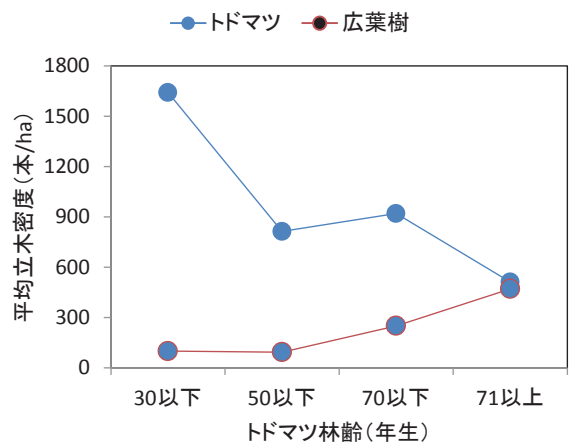


図-2 林齢ごとのトドマツ・広葉樹の立木密度

カエデ、ホオノキについて本数密度に及ぼす林齢、胸高断面積合計、標高、傾斜、小班面積の影響を一般化線型モデルによって評価した(表-3)。その結果、林齢はいずれの立木密度にも正の影響を、胸高断面積合計は広葉樹全体、ブナ、ホオノキに負の影響を与えていた。一方、立地条件についてみると標高は広葉樹全体、ブナ、ホオノキに対しては正の影響、傾斜は広葉樹全体、ブナに正の影響がみられた。小班面積については、いずれの立木密度を従属変数としても説明変数として選択されなかった。

### 考察

これまでの全道60年生以上のトドマツ人工林での分析では、道内の主要広葉樹の侵入が観察されている(3)。ただし、トドマツ人工林への侵入には光環境が制限要因となっていると考えられており(3)、道内で最も資源量が多いが陽樹であるカンバ類の侵入は少なく、イタヤカエデ、ハリギリ、ミズナラ、ハルニレ、シナノキが多い。若齢時の林分も含めた調査(9)では、19年生以下ではカンバ類の出現率が高いことからトドマツ林内の光環境が侵入広葉樹の種構成に影響を与えていることは確かだろう。今回の道南地方におけるトドマツ人工林での分析

では侵入広葉樹の種構成は、これら全道的な傾向とは異なっていた。侵入広葉樹の立木密度は、ブナ、イタヤカエデ、ホオノキの順に多かった。おそらく、ブナが最も多い自然植生の地域において、トドマツ人工林が主要造林樹種となった場所は道南地方だけであり、本研究により道南地方を北限とするブナが南限とするトドマツの人工林に他の広葉樹よりも比較的多く侵入していることが明らかになった。また、立木密度は低いが、ブナ以外にもトチノキ、サワグルミなど渡島半島を分布の中心とする広葉樹が観察された。

トドマツ人工林への広葉樹の侵入には、林齢、胸高断面積合計、標高、傾斜が関係していた。林齢は正の影響を与えており、より高齢な林分では間伐回数が多くなる可能性が高く、間伐を契機としてトドマツ人工林には広葉樹が侵入するという報告(6)と合致する。また、広葉樹が実生により更新しているとする、多くの広葉樹には種子の豊凶があるので、植栽されてからの時間が長くなれば、それだけ更新のチャンスも増えるだろう。胸高断面積合計はイタヤカエデ以外で負の影響を与えていた。胸高断面積合計は林内の光環境の指標とされるが、イタヤカエデは耐陰性が比較的高いため胸高断面積合計が説明変数として選択されなかった可能性があるが、萌芽特性の樹種間での違いなども関係しているかもしれない。また、種子の散布距離の指標になると考えられる小班面積はいずれも無関係であり、この傾向はこれまでの全道的な傾向と同様である(3)。立地条件と関係する標高はブナ、ホオノキで正、傾斜はブナで正の影響を与えていたが、これらの現象を説明する各樹種の生理生態的特性については明らかでなく、さらなる調査が必要である。

どの程度の稚樹密度があれば更新に十分なのかについては明らかにはなっていないが、目安として樹高5~10mの稚樹の場合は810本/ha、樹高10m以上では790本/haとされる(2)。トドマツ人工林におけるブナは平均樹高7.2m、立木密度は41.2本/haであり決して更新に十分な密度ではなかった。また、広葉樹全体でも平均樹高8.9m、立木密度は199.5本/haであり目安には達していない。また、立木密度が最も高かった高齢林においても前述の目安を超えていない。侵入広葉樹の立木密度が更新に十分でない傾向は、全道の60年生以上のトドマツ人工林を対象とした分析でも同様である。したがって、トドマツ人工林の天然林化を図るには、植栽木であるトドマツとの混交林化を目指すべきだろう。

### 今後の課題

人工林の混交林化や広葉樹林化など天然林化には、将来の目標林型の設定や成長予測など技術的課題が山積みである。これら技術的課題とともにその意義自体にも林業関係者において共通認識があるとは言えない(5)。おそらく、人工林の天然林化に関する技術は、森林の機能区分(ゾーニング)を実施するときの1つの手段として取り扱うことで、その技術や位置づけが明確化できるだろう。例えば、今回の結果では、侵入広葉樹は急傾斜地で多い傾向があるので、緩傾斜地では木材生産機能を高め、急傾斜地では天然林化を図るという機能区分を行う参考となる。この場合、対象林分の天然林化の可能性だ

けでなく、木材生産機能も同時に評価し更新方針を決定することになる。また、木材生産機能が低い場所のみを天然林化した場合、天然林化する林分の空間的配置が偏る可能性もあるので、生物多様性等への貢献度についても議論が起こるはずである。それにより天然林化するときの目標林相や手段も具体的になるだろう。今後、人工林の天然林化の技術を確立するには、対象林分の管理方法を検討すると同時に、人工林の木材生産機能をはじめとした森林の多面的機能の評価や森林の空間配置など総合的な議論も必要になると考える。

### 引用文献

- (1) 加藤亮助(1952) トドマツ・エゾマツの分布南限の生態学的解明. 東大農学部演習林報告 **41** : 33-41.
- (2) 「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム(2010) 広葉樹林化ハンドブック 2010—人工林を広葉樹林へと誘導するために—. 森林総研四国支所, 高知, 40pp.
- (3) 今 博計(2010) 北海道における広葉樹林化の可能性. 森林科学 **57** : 17-21.
- (4) Kodani, J. (2006) Species diversity of broad-leaved trees in *Cryptomeria japonica* plantations in relation to the distance from adjacent broad-leaved forests. J. For. Res. **11**: 267-274.
- (5) 新山 馨・小川 みふゆ・九島 宏道・高橋 和規・佐藤 保・酒井 武・田内 裕之(2010) 人工林の広葉樹林化に向けた広葉樹の更新に関する文献の収集と評価日本森林学会誌 **92** : 292-296.
- (6) 野々田秀一・渋谷正人・斎藤秀之・石橋 聡・高橋正義(2008) トドマツ人工林への広葉樹の侵入および成長過程と間伐の影響. 日本森林学会誌 **90** : 103-110.
- (7) 滝谷美香(2014) トドマツ人工林の地位指数曲線の改訂. 北海道林業試験場研究報告 **51** : 7-11.
- (8) 齋藤哲・小南陽亮・永松大・佐藤保(2009) 暖温帯のスギ人工林内における広葉樹の混交状態. 九州森林研究 **57** : 83-86.
- (9) 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** : 285-288.
- (10) 佐藤 創(1995) 北海道南部のサワグルミ林の成立維持機構に関する研究. 北海道立林業試験場研究報告 **32** : 55-96.
- (11) 佐藤 謙(2009) 北海道における自然林再生に関する一考察. 開発論集 **83**: 167-202.
- (12) 佐藤孝夫(2006) 新版北海道樹木図鑑. 亜璃西, 札幌, 318pp.