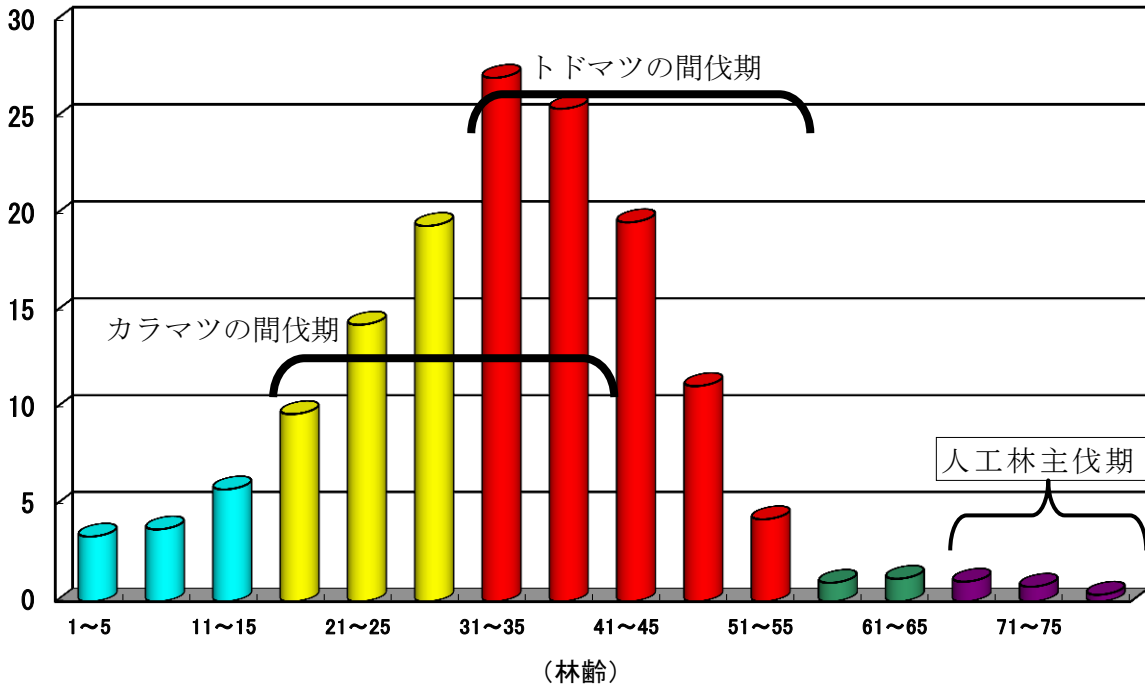


カンバ類が侵入したトドマツ人工林の高性能林業機械による間伐手法の確立

1. 課題を取り上げた背景

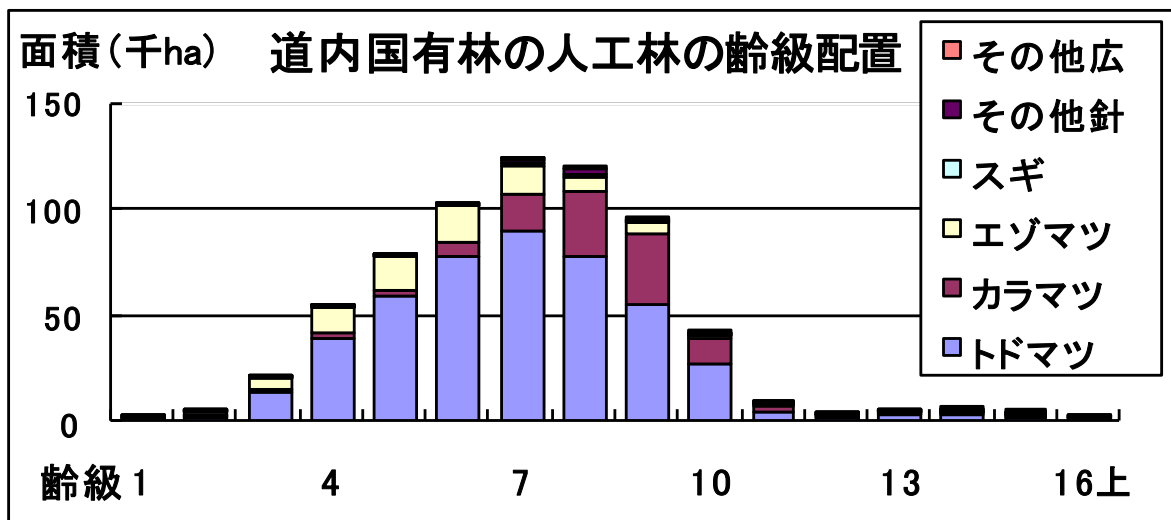
北海道の国有林・民有林を合わせた人工林面積は約 150 万 ha となっており、そのうちトドマツの初回間伐が必要となってくるⅦ齢級以上の森林は 90 万 ha を超え、これは全体の約 6 割が間伐期を迎えていることになる(グラフ 1)。



グラフ 1 北海道の国・民有林の人工林年齢別構成 (2004)

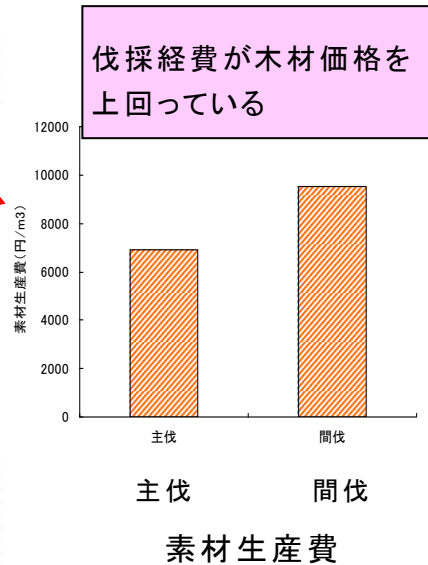
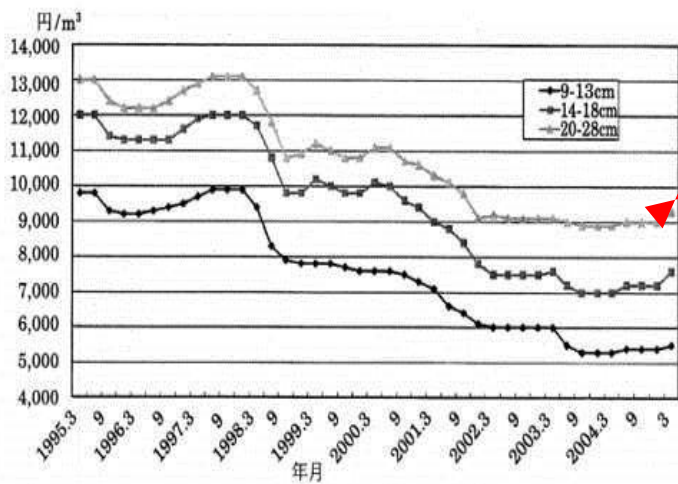
また、このうち国有林の人工林面積は約 68 万 ha で、トドマツが一番多く約 46 万 ha、次にカラマツが約 11 万 ha、エゾマツが約 9 万 ha となっている。

初回間伐時期の目安はトドマツが 7 齢級、エゾマツが 8 齢級、カラマツが 4 齢級であり、間伐対象の林分が過半数を超えている(グラフ 2)。



グラフ 2 北海道の国有林の人工林年齢別樹種構成 (2004)

しかしながら、木材輸入自由化以来の長期に亘る木材価格の低迷により、森林保育に掛かる間伐経費が木材価格を上回る状況が続き、国有林野事業における収支の圧迫、民有林林家・森林所有者の経営意欲の低下を招いたことから、日本全国での間伐遅れによる人工林の放置が林地荒廃という問題を引き起こしてきた(グラフ3)。

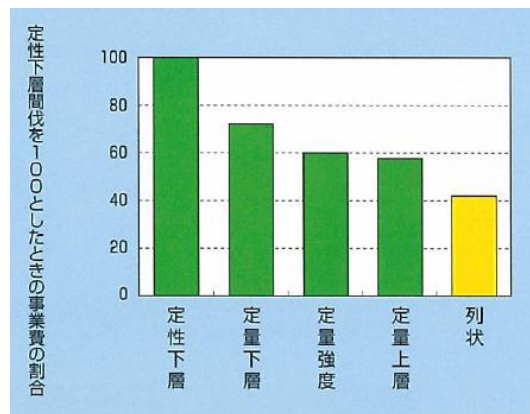


カラマツ径級別素材価格の推移 (十勝支庁：工場着価格)
出典：木材市況調査月報

グラフ3 木材(素材)価格の推移と間伐経費の比較

これらの問題を、特にコストの面から解決する方法として、従来型の列状間伐による効率的な伐倒・搬出による作業、高性能林業機械による高効率・低コストな機械作業の導入・普及が図られてきた(グラフ4・図1)。

また、それだけではなく昨今において、公益的機能・森林の多様性を勘案し、広葉樹の一斉除伐・間伐から「有用広葉樹」を選別して残す施業が行われてきたことから、広葉樹が侵入し期待する造林木が育成しない、いわゆる不成績造林地の存在がある。



グラフ4 作業方法ごとのコスト比較



チェーンソーによる
従来型
2.7m³/人・時間

列状間伐における
生産性の例
(伐倒・枝払い)



高性能機械型
7.2m³/人・時間

図1 従来型作業と高性能林業機械との作業効率の比較

※グラフ4・図1は北海道林業試験場「やってみよう列状間伐」より引用

このような人工林において間伐を実施しようとする場合には、侵入した広葉樹により伐倒が容易でなく、掛かり木が発生しやすくなるため労働災害の危険が増す等、作業効率の低下により間伐コストがさらに上昇するという問題のほか、侵入した広葉樹もともに育成を図り、針広混交林へと誘導する施業方法を確立する必要がある。

以上から、本試験は、高性能林業機械を導入した低コスト作業システムによる間伐で実施し、それぞれの間伐手法毎のカンバ類等の広葉樹が侵入したトドマツ人工林における推移を調査し、効率的・効果的間伐手法の開発を目的としている。

2. 取組の経過

(1) 試験地概要

試験地はS46植栽のトドマツ人工林で、カンバ類等の広葉樹が侵入した状態にあり、トドマツは成長の劣るものが部分的に残っているだけである(表1・図2-3)。

林 小 班	上川北部森林管理署2334る林小班
面 積	2.69ha
標 高	410m~500m
方 位	北東
傾 斜	約10°~25°
土 壤	適潤性褐色森林土壌
樹 種	トドマツ (S46植栽)
植栽仕様	二条植 (苗間1.1m・列間1.5m)
蓄 積	201m ³ /ha
施業履歴	H21間伐

表1 試験地概要

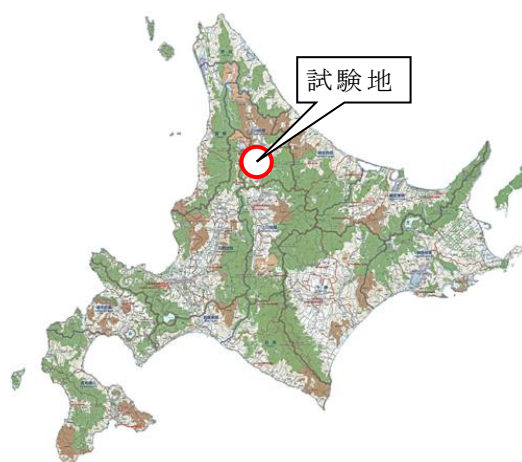


図2 試験地位置

(2) 試験地設定

試験地はH19~21年度に実施した『高性能林業機械の導入・普及に向けた間伐手法の開発』のうち、る小班に設定した(図4)。

(3) 試験方法

トドマツ人工林へのカンバ類の侵入パターンにより、モザイク状に侵入している部分は、針葉樹人工林初回間伐と同様に列状間伐、また高密度に侵入している部分については定性間伐を実施した。

1. 高性能林業機械による列状間伐の実施。(列状間伐区) ※実施済み
2. 密度管理の比較プロットの設定。(定性間伐区) ※実施済み
3. 成長量比較プロットの設定。(無間伐区) ※実施済み
4. 各プロットの成長量調査。
5. 次回間伐手法の検討。



図3 試験地の状況

本課題においては、間伐方法による林分の推移に主眼を置いて取り組むこととした。具体的には上記試験で設定した試験区（図4・表2）に比較対照の無施業区を2箇所追加し、間伐前後とその後の照度調査、残存木の成長調査を実施する。

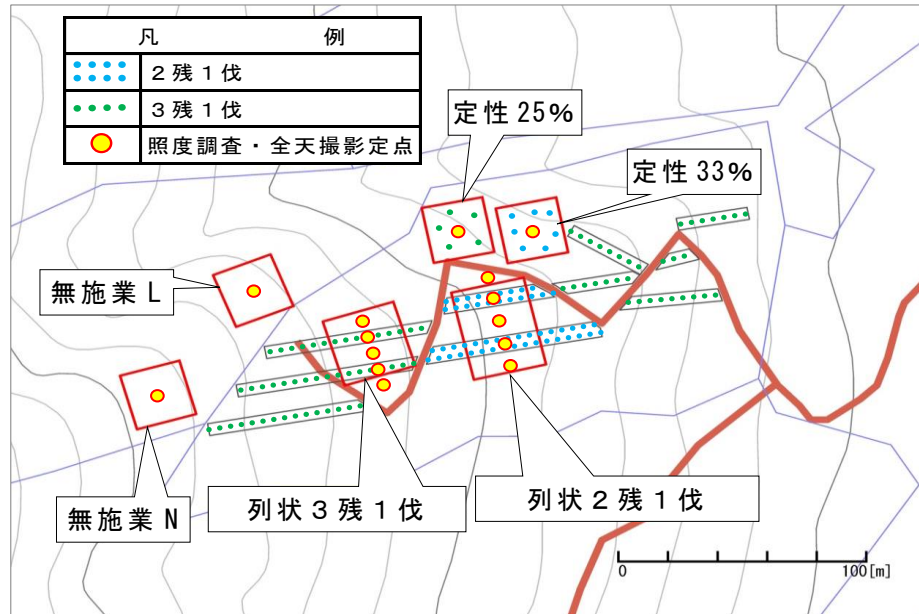


図4 試験区の配置

【試験区の設定】

- 列状2残1伐区 列状間伐区（植栽列に対して直角方向 2残1伐（伐採幅7m）
- 列状3残1伐区 " （植栽列に対して直角方向 3残1伐（伐採幅5.5m）
- 定性33%区 定性間伐区（カンバ類が高密度に侵入している箇所について優勢木の周囲の劣勢木を定性で強度間伐）
- 定性25%区 定性間伐区（カンバ類が高密度に侵入している箇所について優勢木の周囲の劣勢木を定性で弱度間伐）
- 無施業N・L区 無間伐区（間伐対照区）

試験区	大きさ	間伐仕様	方向	間伐幅	間伐率
列状2残1伐	40m×30m	列状（2残1伐）	最大傾斜	7.0m	31%
列状3残1伐	30m×30m	列状（3残1伐）	最大傾斜	5.5m	21%
定性33%	25m×25m	定性	—	—	33%
定性25%	25m×25m	定性	—	—	25%
無施業N	25m×25m	—	—	—	—
無施業L	25m×25m	—	—	—	—

表2 試験区の概要

表-4 ハーベスタが単独で作業した場合の生産性						
列番	伐木本数 (本)	伐木材積 (立木) (m3)	素材材積 (検知) (m3)	サイクル タイム (秒)	生産性 (m3/時)	
列状						
2残1伐	⑦	25	490	3,004	74	5.81
	⑧	22	3.36	3,460	59	9.58
3残1伐	⑨	11	2.74	1,993	104	6.27
	⑩	10	2.09	1,705	85	7.26
平均						7.23
定性						
33%	18	4.80	3,502	76	9.24	
25%	13	3.32	3,243	186	4.82	
平均						7.03
合計	99	2,121	16,907			全体
平均						7.13
*生産性:60/サイクルタイム*素材材積*60/間伐本数						
注:サイクルタイムは、列全体の作業時間から列全体の伐木本数で割って立木1本当たりの作業時間を算出したものをサイクルタイムとした。						

表3 ハーベスタが単独で作業した場合の生産性

高性能林業機械によるカンバ等広葉樹が侵入した人工林での間伐の生産性は表3によるハーベスタが単独で作業した場合の時間観測結果から、作業列毎に列全体の作業時間から列全体の伐木本数で割って立木1本当たりの作業時間を算出したものをサイクルタイムとした。

この結果では、列状間伐における生産性の平均値は7.23m³/時でした。定性間伐では平均値が7.03m³/時であり、列状間伐

と定性間伐の差は 0.20m³/時と、ほとんど変わらない結果となったが、列状間伐の 2 残 1 伐区と 3 残 1 伐区の間伐列の平均傾斜が 17.3 度に対して、定性間伐の平均傾斜は 12.0 度で、列状間伐列の方が傾斜が急であることから、列状間伐の生産性は定性間伐に比べて若干有利であると考えられる。

作業システムの生産性（試算） 単位：m³/人・日

項目	試験結果	低コスト作業システム構築事業（釧路モデル林）
ハーベスタ + グラップルローダ + フォワーダ	11.1	14.7
従来型システム	7.3	

本課題の前課題である「高性能林業機械の導入・普及に向けた間伐手法の開発」では、このような不成績造林地における低コスト作業の研究開発を実施し、表 3 および左表 4・5 のとおりの結果を得ているところです。

表 4・5 はハーベスタ、グラップル、フォワーダ等の組み合わせによる作業システムにより、従来型システムと釧路モデル林での低コスト作業システム（タイプ II）の生産性と生産費を当試験林分での試験結果と対比したものです。

作業システム全体の生産費（試算） 単位：¥/m³

項目	試験結果	低コスト作業システム構築事業（釧路モデル林）
ハーベスタ + グラップルローダ + フォワーダ	5,323	4,046
従来型システム	6,990	

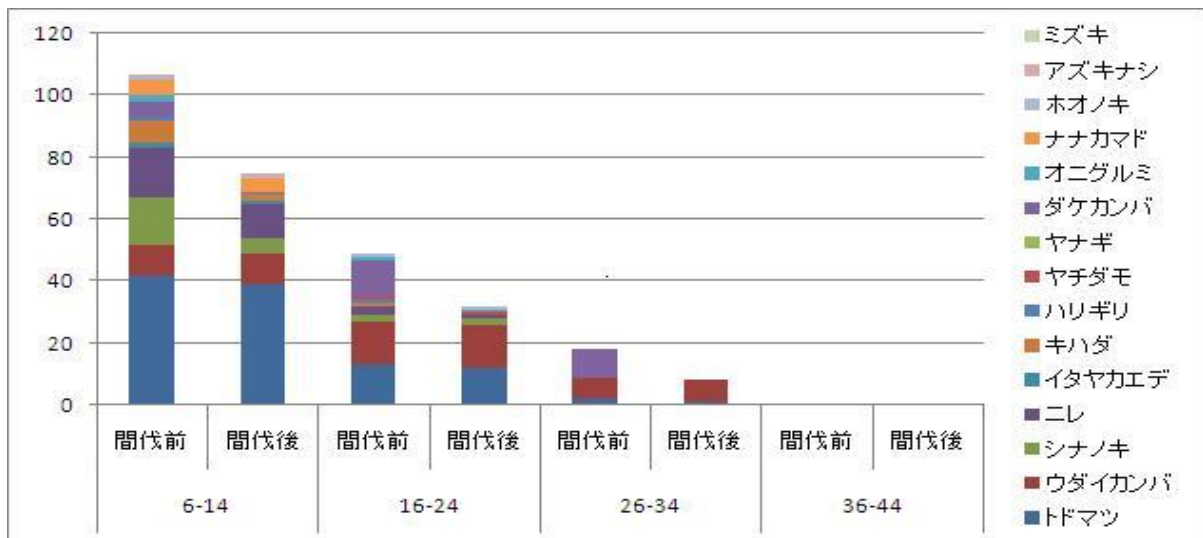
「平成 19 年度低コスト作業システム構築事業（釧路モデル林）」報告書より抜粋

表 4（上段）作業システムの生産性比較（試算）

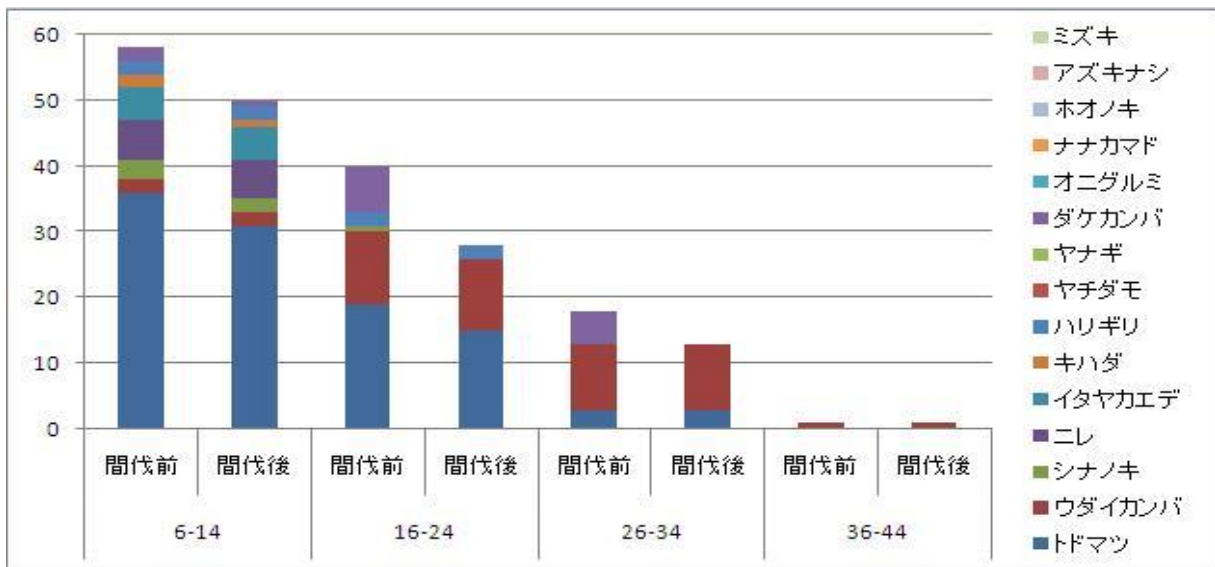
表 5（下段）作業システムの生産費比較（試算）

（4）試験地の間伐実施前後の状況

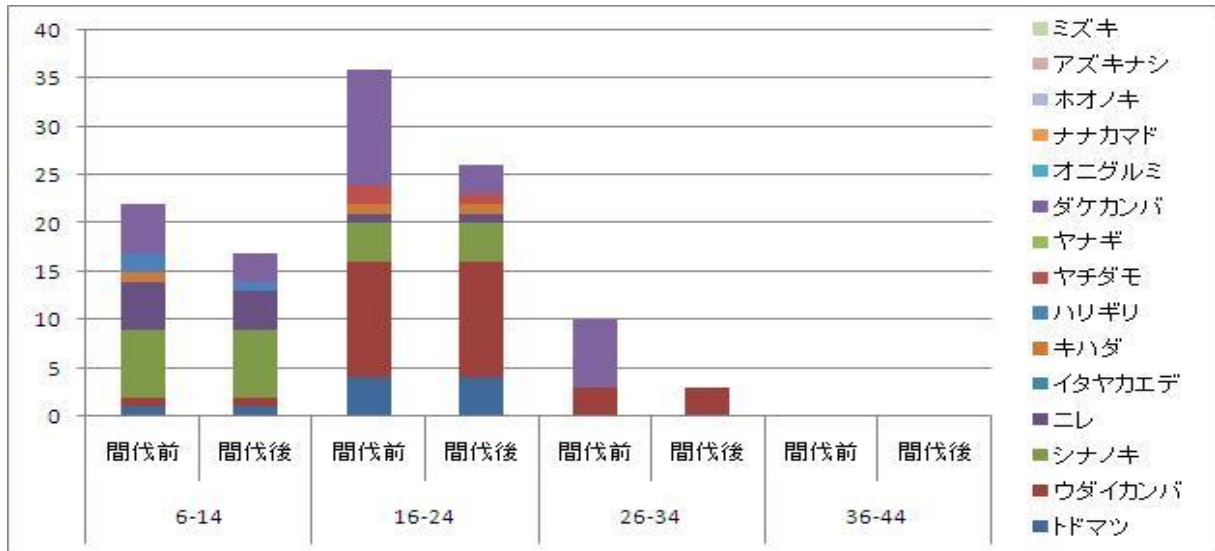
各プロットの間伐実施前後の直径階別の樹種ごとの本数の変化をグラフにした。



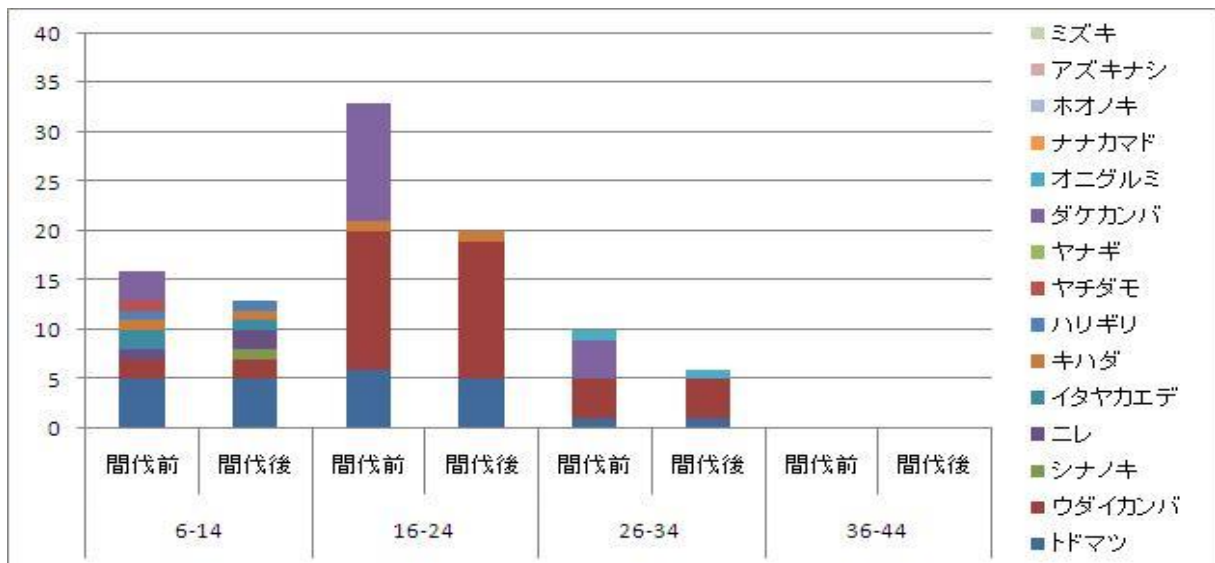
グラフ 5 列状 2 残 1 伐区の間伐実施前後の直径階別の樹種ごとの本数変化



グラフ 6 列状 3 残 1 伐区の間伐実施前後の直径階別の樹種ごとの本数変化



グラフ 7 定性 25% 区の間伐実施前後の直径階別の樹種ごとの本数変化



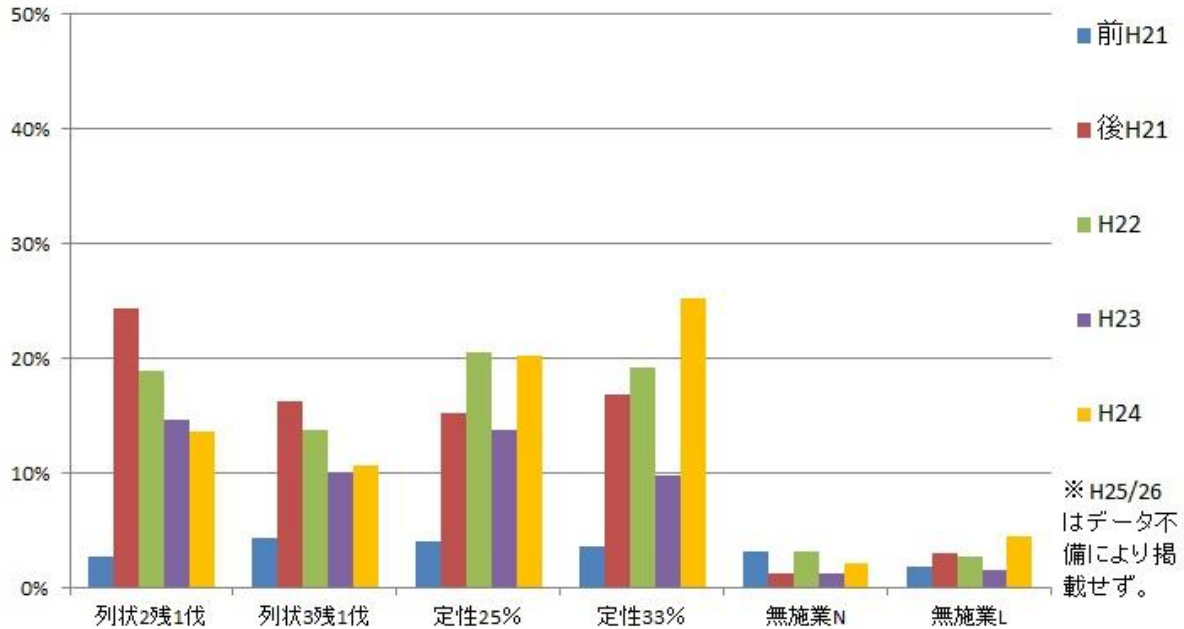
グラフ 8 定性 33% 区の間伐実施前後の直径階別の樹種ごとの本数変化

(5) 試験区の現況

各試験区の年毎の照度の推移

平成 21 年 7 月に間伐を実施する前と後及び各年、各試験区の照度の推移については、**グラフ 9** のとおりとなっている。

各試験区の年毎の照度の推移



グラフ 9 各試験区の年毎の照度の推移

列状 2 残 1 伐区、列状 3 残 1 伐区、定性 25% 区、定性 33% 区は、間伐実施前後で照度が大幅に改善している。無施業区の N、L はともに変化は無かった。

試験区ごとにばらつきがあるが、照度は減少傾向にあり上木がうっ閉してきている状態となっている。※H25、H26 は調査データの不備で掲載せず。

定性 25% 区は定性 33% 区よりも照度が高く、これは上木の NL 比が定性 25% 区では 13:87 で、定性 33% 区 (NL=28:72) より広葉樹の割合が高いためと思われる。

各試験区の樹種構成

・列状 2 残 1 伐区(間伐率 31%)

2 残 1 伐による列状間伐を実施した箇所。N 比率は 46%で、無施業 N 区と同じような NL 比構成となっている(グラフ 10)。

・列状 3 残 1 伐区(間伐率 21%)

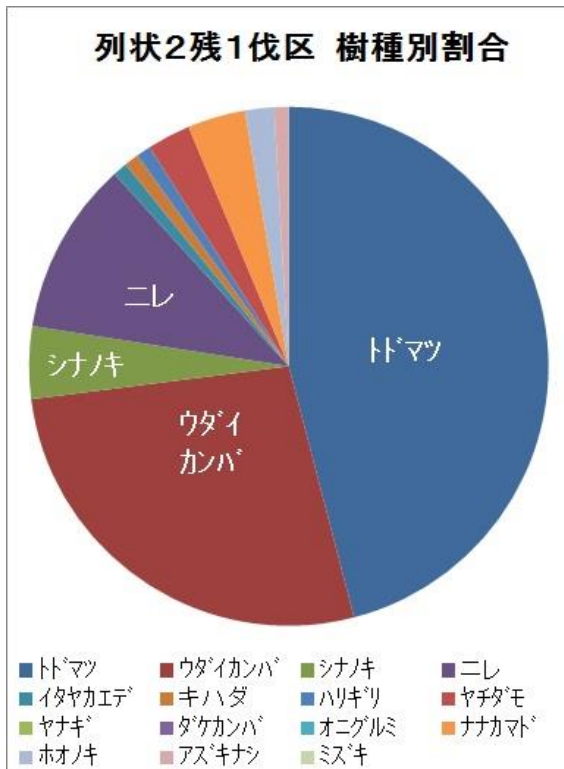
3 残 1 伐 による列状間伐を実施した箇所で、列状 2 残 1 伐区と比ベトドマツの伐採割合が少ないため N 比率が 52%と最も多くなっている(グラフ 11)。

・定性 25% 区(間伐率 25%)

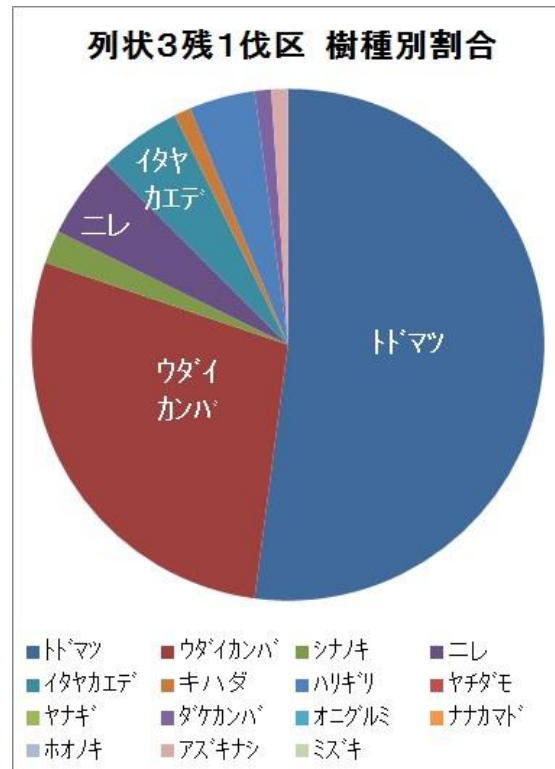
定性間伐 25% 区は試験区中最も N 比率が低く 13%以下となっている(グラフ 12)。

・定性 33% 区(間伐率 33%)

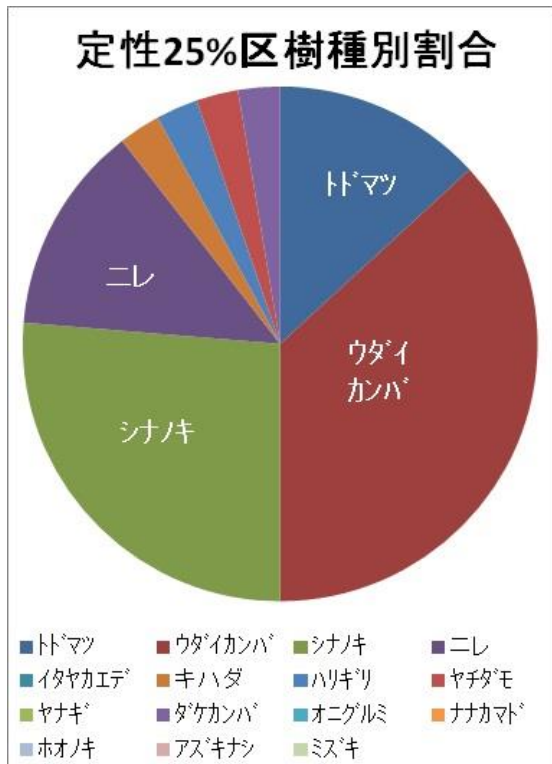
定性間伐 33% 区は N 比率 28%で、ウダイカンバが全体の 54%にもなっている(グラフ 13)。



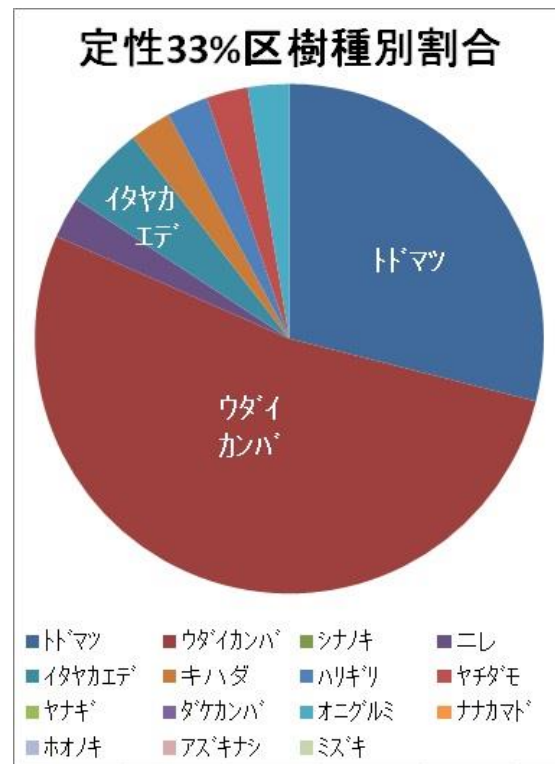
グラフ 10 列状 2 残 1 伐区 の 樹 種 構 成



グラフ 11 列状 3 残 1 伐区 の 樹 種 構 成



グラフ 12 定 性 2 5 % 区 の 樹 種 構 成



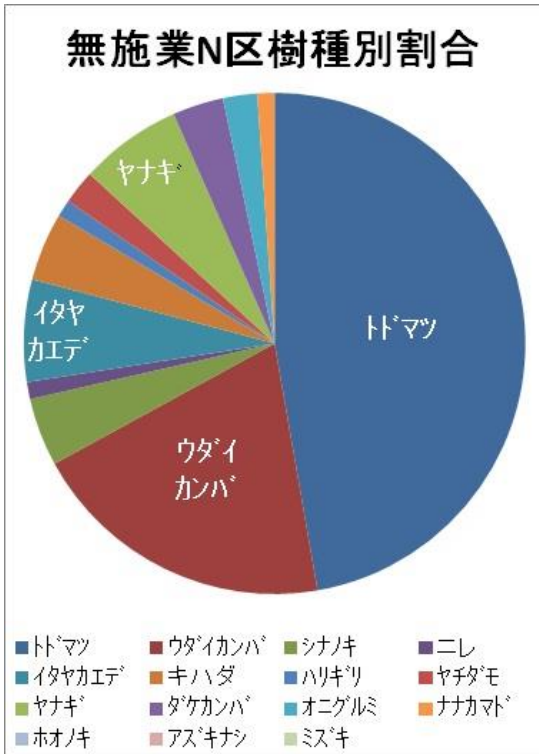
グラフ 13 定 性 3 3 % 区 の 樹 種 構 成

無施業 N 区 (間伐率 0%)

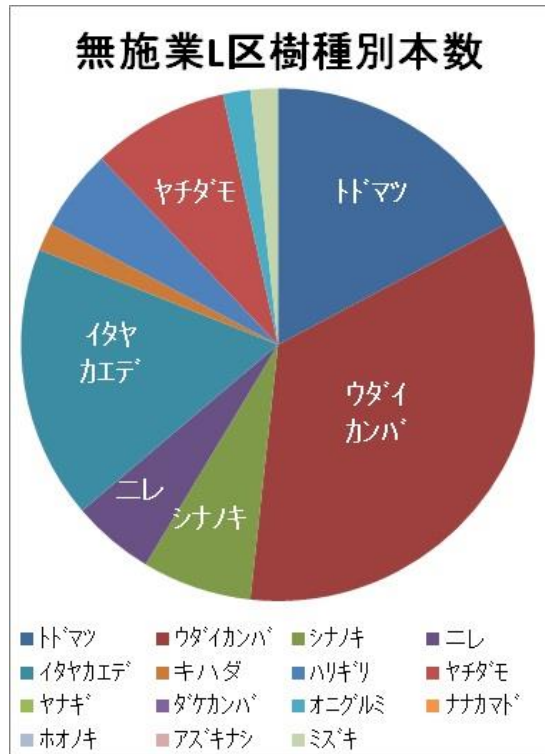
無施業 N は N 比率が 46%と列状 2 残 1 伐区と同じ NL 比となっている (グラフ 14)。

無施業 L 区 (間伐率 0%)

無施業 L 区は広葉樹主体の林分で N 比率が 17%となっており、定性 25%区と似たような NL 比となっている (グラフ 15)。



グラフ 14 無施肥 N 区の樹種構成



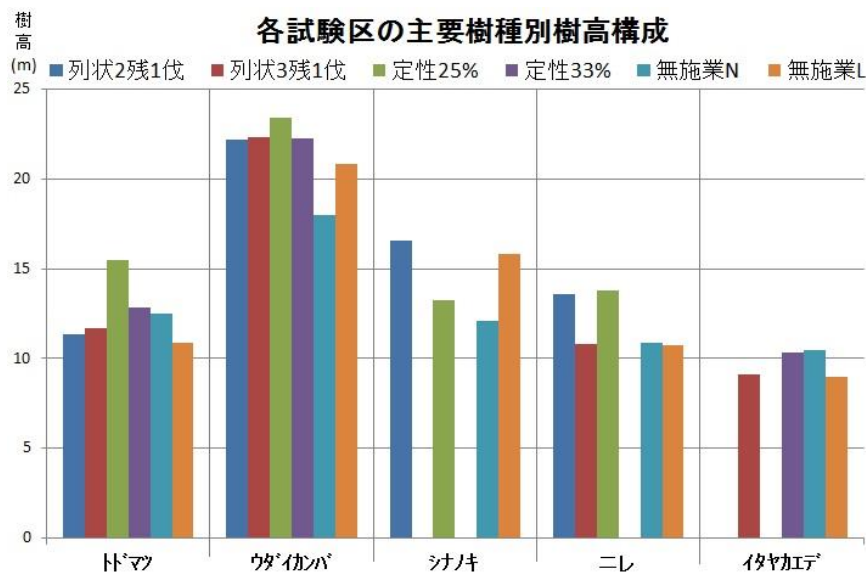
グラフ 15 無施肥 L 区の樹種構成

3. 実行結果

(1) 樹高調査

各試験地の樹高構成を比較するため、平成 25 年度の樹高調査結果をグラフにした。

すべての試験区でトマツより成長の早いウダイカンバの樹高が高い傾向が見られ、植栽木であるトマツやその他の広葉樹が被圧されている状況がわかる(グラフ 16)。 ※樹高構成のグラフは主要樹種に簡略化してあります。

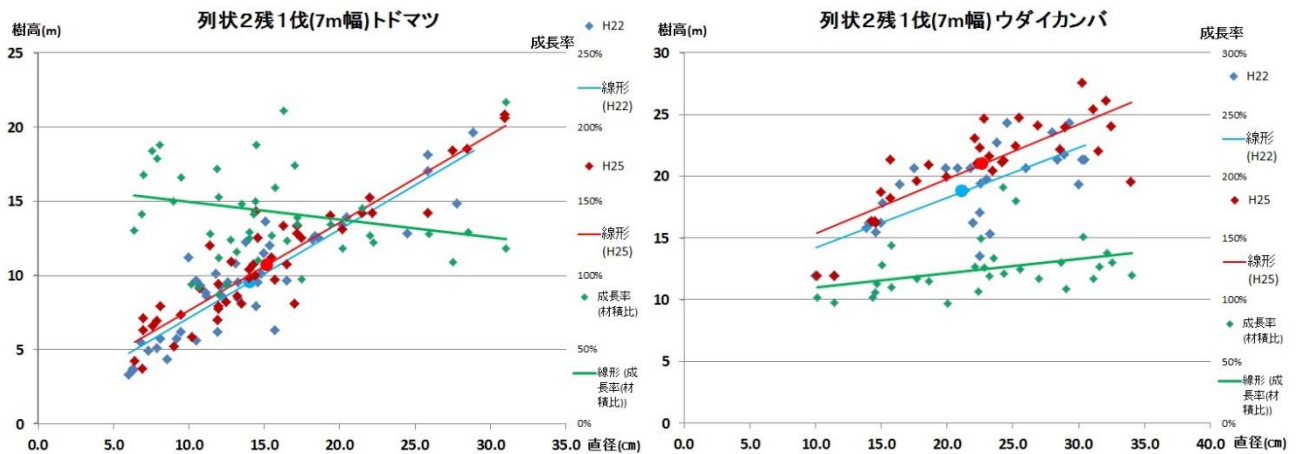


グラフ 16 各試験区の樹高比較

(2) 成長調査

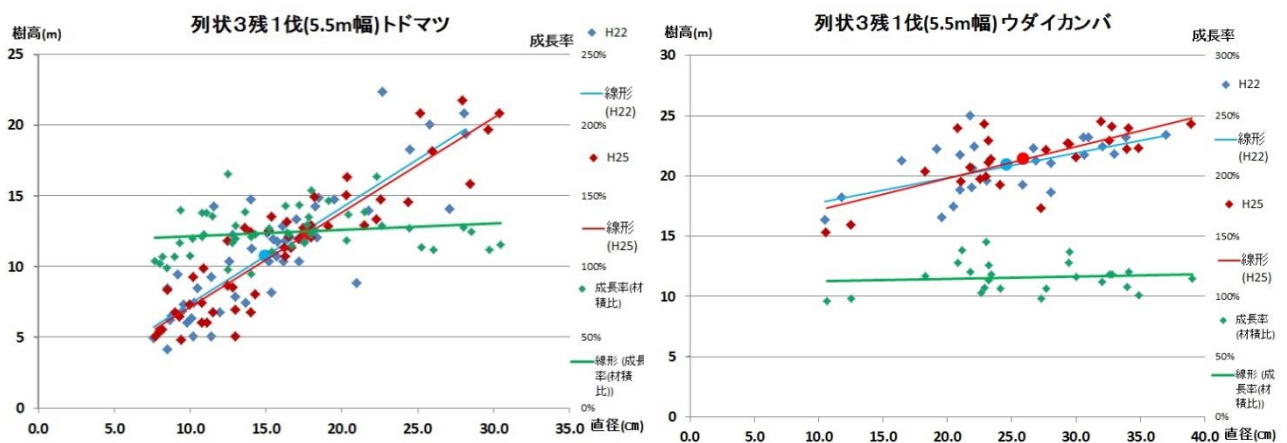
間伐を実施後の平成 22 年度と平成 25 年度の、各試験区のトマツとウダイカンバの直径・樹高および成長率を比較した。

列状2残1伐(伐開幅 7m)区の成長の比較では、上木を構成するウダイカンバは伐開幅が7mと比較的広いため良好に成長しているが、トドマツは径級の細いものは150%ほどの成長率だが、径級の大きいものは成長が比較的抑制されている結果となっている。列状3残1伐区と比較すると広葉樹の比率が若干高いことから、トドマツと同じく下木を構成するそのほかの広葉樹と競合していることが考えられる。(グラフ 17)。



グラフ 17 列状2残1伐区のとどまつ・ウダイカンバ成長比較

列状3残1伐(伐開幅 5.5m)区の成長の比較では、上木を構成するウダイカンバは伐開幅が5.5mで樹冠が早期にうっ閉したため列状2残1伐区ほどの成長はみられなかった。トドマツは列状2残1伐区照度が低く被圧されていることから、成長率は径級に係らず平均的な結果となっている(グラフ 18)。

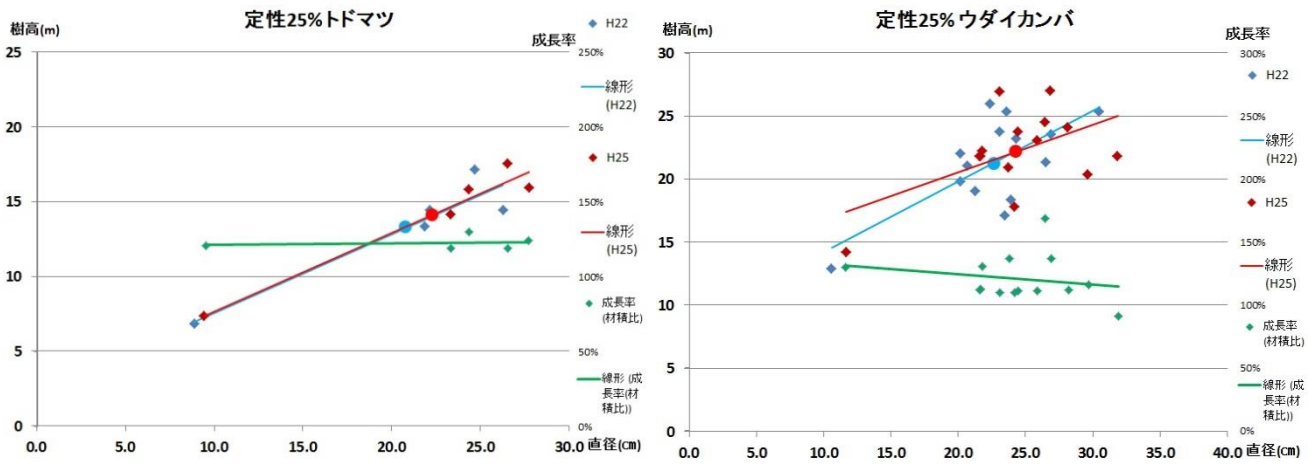


グラフ 18 列状3残1伐区のとどまつ・ウダイカンバ成長比較

定性 25%区の成長の比較では、トドマツは個体数が少なく、同じく下木を構成するそのほかの広葉樹と競合していることから、成長率も列状間伐区と比較しても悪い結果となっている。

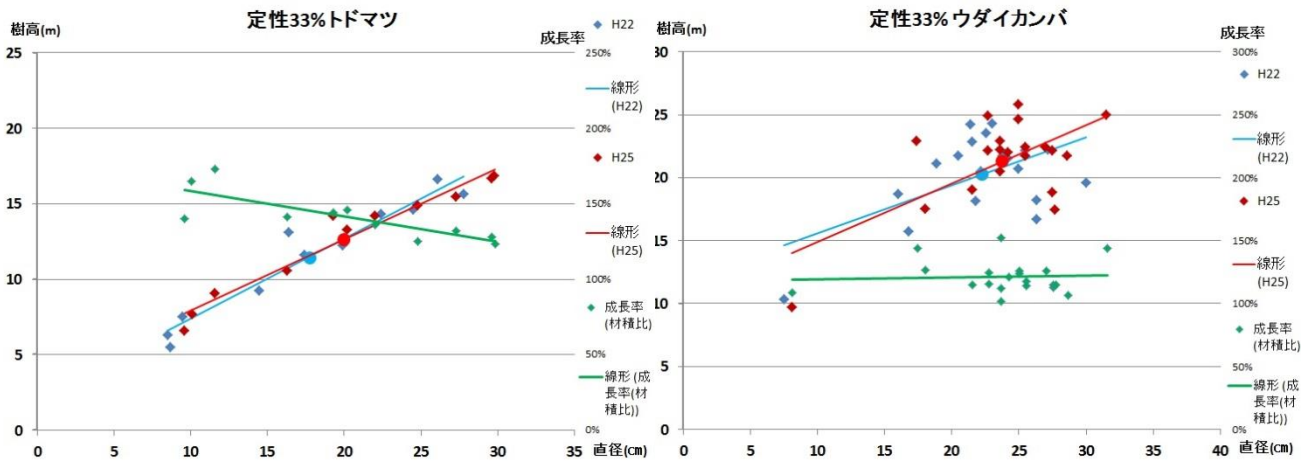
また上木を構成するウダイカンバの本数比率は比較的高いため、成長は良くない。

間伐時には同じく上木を構成していたダケカンバが多く伐られているが、競合状態が解消されていない結果となっている(グラフ 19)。



グラフ 19 定性 25%区のトドマツ・ウダイカンバ成長比較

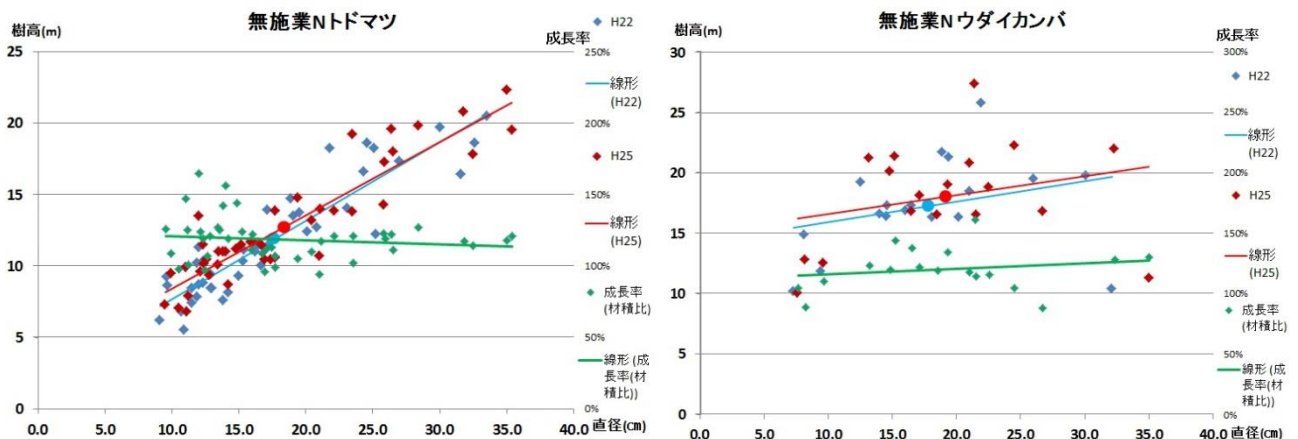
定性 33%区の成長の比較では、トドマツは列状 2 残 1 伐区に近い傾向となっている。
 また上木を構成するウダイカンバはその本数比率が全体の半数以上と高いため、強い競争状態が生じており、成長は良くない結果となっている（グラフ 20）。



グラフ 20 定性 33%区のトドマツ・ウダイカンバ成長比較

無施業 N 区の成長の比較ではトドマツが比較的多い林分であり、成長率は全体的に低調な結果となっている。

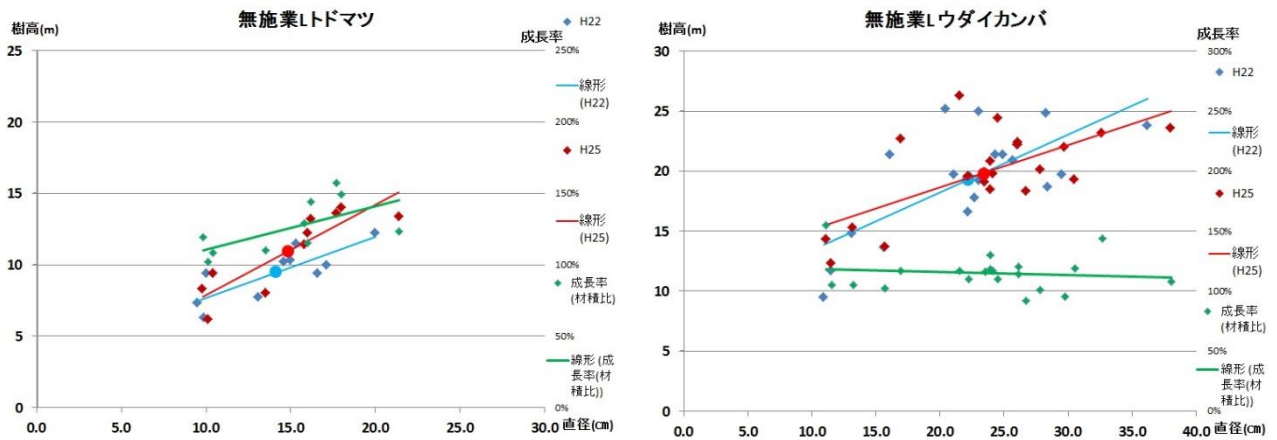
ウダイカンバは本数比率が試験区中最も低い、成長は良くない結果となっている（グラフ 21）。



グラフ 21 無施業 N 区のトドマツ・ウダイカンバ成長比較

無施業L区の成長の比較ではトドマツが少ない林分であり、成長率は見かけ上の数字は良いが平均樹高・直径はほかの試験区と比べても特に悪い結果となっている。

ウダイカンバも平均樹高・直径は無施業N区よりは良いものの、平均成長量は伐採を実施した試験区より良くない結果となっている(グラフ 22)。



グラフ 22 無施業L区のとどまつ・ウダイカンバ成長比較

4. 考察

本試験地のような、高性能林業機械による作業が行われた、カンバ類等の広葉樹が侵入したトドマツ人工林の間伐後の変化から、植栽木と有用広葉樹それぞれ傾向として、

- ① 植栽木(ここではトドマツ)が比較的残存している林分で、伐採率の低い間伐箇所は植栽木の成長に必要な照度が得られず、抑制される。
- ② 侵入した有用広葉樹(ここではウダイカンバ)が比較的多く上木を構成する林分では、伐採幅の広い列状間伐箇所がその後の有用広葉樹の成長に有利。
- ③ 定性間伐は弱度・強度ともにコストの割に効果は薄い。

等の結果を踏まえ、作業性も勘案して現地実態に応じて施業するようにしたい。

なお、植栽木(この場合トドマツ)の価格より、有用広葉樹の材価(この場合ウダイカンバ)の方が高いとき、②の方法を用いて有用広葉樹主体に育成することも考えられる。

5. 今後に向けて

昨今において、公益的機能・森林の多様性を勘案し、広葉樹の一斉除伐・間伐から「有用広葉樹」を選別して残す施業が行われてきました。また、広葉樹が侵入し期待する造林木が育成しない人工林は、間伐が遅れる状況にあり、このような、いわゆる不成績造林地においても間伐を実施しようとする場合には、侵入した広葉樹もともに育成を図り、針広混交林へと誘導する施業方法を確立する必要があります。

本試験においては平成 27 年までの開発期間が予定されていましたが、5 年という短期間ではありますが一定の成果が得られたことを鑑み、今年度を持って完了とし、今後については公益的機能、森林の多様性を勘案しつつ低コストな作業ができるよう、高性能林業機械による各種の作業が行われたこれら試験区を、以後長期的に観察し、間伐のその後について明らかにして行きたいと考えています。

なお、グラフ 17 から 22 までの成長率を計算した際、材積計算のため「森林総合研究所「材積計算プログラム(細田和男)」」を使用させていただいています。