

## トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツおよびウダイカンバ人工林の

### 37年間の成長経過と施肥の影響

森林総合研究所北海道支所 相澤 州平・伊藤 江利子・橋本 徹  
 森林総合研究所 阪田 匡司  
 森林総合研究所四国支所 酒井 寿夫  
 森林総合研究所 田中 永晴・高橋 正通・松浦 陽次郎  
 元森林総合研究所北海道支所 真田 勝

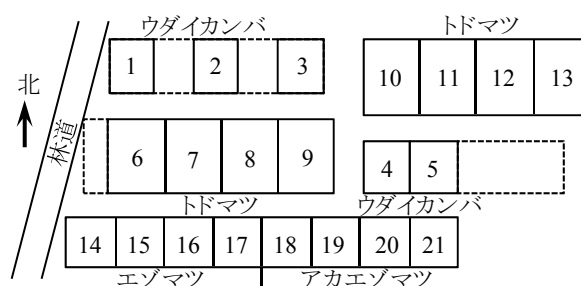
#### はじめに

森林総合研究所北海道支所の土壌環境長期モニタリング試験林は、当初林木の成長や養分循環に及ぼす施肥の効果を調査するために林地肥培モデル実験林として設定され、北海道における林業上重要な針葉樹であるトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツと、有用広葉樹としてのウダイカンバを対象に、造林初期の成長過程と施肥の影響が調査された。成林した後も現在に至るまで施肥が継続され、窒素等の高負荷条件下での森林の成長がモニタリングされている。本研究ではこれまで行われてきた種々の試験で得られたデータとともに植栽後 37 年間の成長経過をまとめ、長期間にわたる施肥の影響を検証する。

#### 試験地の概要

試験地は札幌市街地の南東端の丘陵に位置する森林総合研究所北海道支所構内の土壌環境長期モニタリング試験林（設定時は林地肥培モデル実験林）である。地形はほぼ平坦で標高は約 150m、平均気温は 7.2℃、平均年降水量は 933mm、土壌は火山放出物を母材とする適潤性黒色土および適潤性淡黒色土である。

1973 年 9 月に試験地全面に火入れ地拵えを行った後、10 月にトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ、1974 年 4 月にウダイカンバを植栽した。植栽間隔は針葉樹は 1.6m × 1.6m (3906 本 ha<sup>-1</sup>)、ウダイカンバは株間 1.2m × 列間 1.4m (5952 本 ha<sup>-1</sup>) である。トドマツ (No.6~9 および No.10~13)、ウダイカンバ (No.1~5) は 1 列 15 本で各試験区 11~13 列、エゾマツ (No.14~17)、アカエゾマツ (No.18~21) は 1 列 10 本で各試験区 10 列の配置とした。樹種毎に施肥区と無施肥区を設定し、1978 年に施肥を開始した。針葉樹は各樹種について NPK の 3 要素肥料を施用した区 (NPK 区) と対照区として施肥しない区 (無施肥区) の 2 回繰り返す計 4 試験区を隣接して配置し、トドマツはそれ以外に N および P を施用した区 (NP 区) と無施肥区の 2 回繰り返す計 4 試験区を隣接して配置した (図-1)。ウダイカンバは無施肥区、NPK 区、NP 区の 3 試験区を隣接して配置し、他に NPK 区と無施肥区の 2



ウダイカンバ	トドマツ	エゾマツ	アカエゾマツ	
1 無施肥	6 無施肥	10 NP	14 NPK	18 NPK
2 NPK	7 NPK6年	11 無施肥	15 無施肥	19 無施肥
3 NP	8 無施肥	12 NP6年	16 NPK6年	20 NPK6年
4 無施肥	9 NPK	13 無施肥	17 無施肥	21 無施肥
5 NPK6年				

図-1 試験地の配置

試験区を隣接して配置した。各樹種の NPK 区の 1 つ (No.5, 7, 16, 20) およびトドマツ NP 区の 1 つ (No.12) は 6 年間で施肥を中止し、それぞれ NPK6 年区、NP6 年区とした。肥料は NPK はマルリンスーパー 1 号 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=24:16:11)、NP は硫酸アンモニウムおよび過リン酸石灰を用いた。最初の施肥は 1 本あたりの N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 施用量を針葉樹ではそれぞれ 24, 16, 11g、ウダイカンバではそれぞれ 36, 24, 16.5g とし、樹冠周囲に環状にばらまいた (表-1)。2 回目~4 回目の施肥はそれぞれ前回の 10% 増しの量とし、5 回目以降は 4 回目と同量とした。3 回目までは針葉樹は環状または全面ばらまき、ウダイカンバは全面ばらまきとし、4 回目以降は全樹種で全面ばらまきとした。ウダイカンバは立木密度が減少したため、9 回目 (1986 年) 以降は施肥量を減らした。その後は若干の変動はあるがほぼ一定量の施肥を行った。第 32 回目 (2009 年) から NPK 区の肥料をマルリン新特号 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O =20:10:10) に変更したため、NPK 区では 2008 年以前より P の施用量が減少し K の施用量が増加している。

下列りは 1974 年~1978 年は年 2 回行い、1979 年~1980

Shuhei AIZAWA, Eriko ITO, Toru HASHIMOTO (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute Hitsujiogaoka-7, Toyohira, Sapporo, Hokkaido 062-8516, Japan), Tadashi SAKATA (Forestry and Forest Products Research Institute), Hisao SAKAI (Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute), Nagaharu TANAKA, Masamichi TAKAHASHI, Yojiro MATSUURA (Forestry and Forest Products Research Institute), Masaru SANADA (Former Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute)  
 Influence of fertilization on growth of 37-years-old plantations of *Abies sachalinensis*, *Picea jezoensis*, *Picea glehnii* and *Betula maximowicziana*

年は1回, 1981年~1982年はエゾマツ, アカエゾマツの施肥区で年1回行ったほか, 1988年にトドマツ無施肥区とアカエゾマツで年1回行った。1987年~1988年にトドマツ, エゾマツで枝打ちと除伐を行い, 1990年にアカエゾマツ, 1992年に針葉樹で枝打ちを行った。1979年に針葉樹区の外周に2列ずつ同種の木を植栽した。1975年にトドマツ, アカエゾマツを補植した。補植により2本立てとなっていた木は1992年に一方を切って全て1本立てとした。針葉樹では1995年頃から枯死木が増加し, 立木密度が減少し始めた。トドマツのNPK区, NPK6年区と隣接する無施肥区(No.6~9)では1998年~2003年に本数で15~22%の間伐を木のサイズに関係なく行った。エゾマツ, アカエゾマツでは2003年に劣勢木を中心に本数で15~25%の間伐を行った。ウダイカンバは植栽後数年にわたり積雪期に野兔の被害を受けた。1983年12月から1984年3月にかけてトドマツ NPK6年区と隣接する無施肥区(No.12 中心部からNo.13 にかけて)を中心に枝枯れ病が発生した。トドマツ NPK6年区(No.7)は2003年の間伐後に冠雪害により立木密度が大幅に減少した。2010年10月に冠雪害によりアカエゾマツ無施肥区(No.19, 21)で各1本の梢端折れが発生し, ウダイカンバのNo.1~4で15本程度に幹, 梢端, 大枝等の折損が発生した。

**測定項目**

成長量調査: 樹高は針葉樹は1974年から, ウダイカンバは1977年からおおむね30cm以上の個体を対象に測定を開始し, 1978年に最初の毎木調査を行った。以後1982年まで毎木調査を行い, 針葉樹は1983年~1988年, ウダイカンバは1985年と1988年に各試験区の両端1~2列を除いて毎木調査を行った。1992年に各試験区の標準木9本の他中心部の4列について測定し, 2010年に毎木調査を行った。それ以外は1989年から1997年にかけて標準木や一部の試験区で樹高を測定した。樹高の測定には2010年は超音波測高器(ハグロフ社, バーテックスⅢ)を用い, 1997年以前は測竿を用いた。胸高直径は針葉樹は1980年と1982年に毎木調査を行い, 1985年~1997年は1~3年おきに各試験区の両端1~2列を除いた列を対象に毎木調査を行った。2000年以降は毎年毎木調査を行った。ウダイカンバは1978年~1997年に1~3年おきに毎木調査を行い, 2000年以降は毎年毎木調査を行った。胸高直径の測定には輪尺を用い, 針葉樹は1方向, ウダイカンバは直交する2方向で測定した。樹高, 直径の測

定は成長休止後の9~12月に行った。4~5月に測定した場合はその年の成長開始前と考慮して前年の測定値とした。隣接する処理区の影響を除外するため, 立木密度, 直径, 樹高の解析には両側2列を除いた列のデータを用いた。葉分析: 各試験区9本の標準木を設定し, 成長の休止する10~11月に当年葉を採取した。施肥を開始した1978年から1994年までの17回採取した。C, Nを乾式燃焼法, 湿式灰化法による分解液を用いてPをモリブデンブルー比色法, Kを炎光法, Ca, Mgを原子吸光法により測定した。

土壌分析: 施肥前の1976年に試験地内10箇所から直径5cmの採土器を用いて鈣質土層表面から20cmまでの表層土壌を採取した。施肥開始前後から2007年まではほぼ3年おきに, 各試験区9地点から直径5cmの採土器を用いて鈣質土層表面から10cmまでの表層土壌を採取した。土壌試料の採取は春の施肥直前に行い, 各試験区9地点の採取地点はそれぞれが列間の中央になるように等間隔の格子状に配置した。土壌試料は風乾細土とし, pH(H<sub>2</sub>O), EC, C, Nを測定した。pHの測定には1:2.5, ECの測定には1:5の懸濁液を用いた。C, Nは微粉碎試料を用いて乾式燃焼法により測定した。

既往のデータ: 当試験地において林地肥培の効果を検証したのものとしては, 真田らによる植栽後21年間のトドマツの樹高成長と葉中の養分濃度の変化に関する報告と(2), 真田らによる植栽後20年間の土壌の変化についての報告(3)がある。高橋らは1998年までの土壌の交換性塩基の変化を測定した(5)。このときのデータを表-4に示した。Osawaらはトドマツ林(No.8, 9)から各9本の試料木を選定し, 伐倒して樹幹解析を行った(1)。このときのデータの一部は表-5に示した。田中らはトドマツ(No.6, 7), エゾマツ, アカエゾマツの間伐木にネスルンド式を適用して樹高曲線を求め, 直径の毎木調査結果から各個体の樹高を推定し, 各区3本の試料木の樹幹解析から求めたD<sup>2</sup>Hとバイオマス量の関係から施肥がバイオマス量に与えた影響を報告している(6)。このときの試料木のデータを表-6に示した。

**結果と考察**

植栽木の成長と施肥の影響: 各試験区の樹高, 直径の平均値をそれぞれ表-7および8に示した。直径, 樹高とも2010年まで増加し続けていた。2010年の直径平均値は無施肥区, NPK6年区では樹種による差が認められず, NPK区ではウダイカンバ, トドマツが他の樹種より大き

表-1 試験区毎の施肥履歴(元素単体表示, kg ha<sup>-1</sup>)

	NPK区									NP区			
	トドマツ			エゾマツ, アカエゾマツ			ウダイカンバ			トドマツ		ウダイカンバ	
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	N	P
第1回目(1978年)	94	27	36	94	27	36	214	62	82	94	27	214	62
第2回目(1979年)	103	30	39	103	30	39	236	69	90	103	30	236	69
第3回目(1980年)	113	33	43	113	33	43	259	75	99	113	33	259	75
第4回目(1981年)~	125	36	47	125	36	47	285	83	109	125	36	285	83
第9回目(1986年)~	125	36	47	125	36	47	110	32	42	125	36	152	57
第14回目(1991年)~	125	36	48	141	41	54	110	32	42	124	34	152	57
第31回目(2008年)	125	36	48	141	41	54	110	32	42	91	34	152	57
第32回目(2009年)	130	28	54	141	31	58	110	32	42	124	34	152	57
第33回目(2010年)	130	28	54	141	31	58	110	24	46	124	34	152	57
合計	4066	1164	1557	4372	1252	1673	4882	1412	1863	4013	1135	5923	2038
連年施肥区 6年施肥区	684	199	261	684	199	261	1565	455	597	684	199		

かった(図-2)。2010年の樹高は無施肥区ではエゾマツが他の樹種よりわずかに小さく、NPK区、NPK6年区ではウダイカンバ>トドマツ・アカエゾマツ>エゾマツであった(図-3)。施肥の影響を樹種毎に見ると、トドマツの直径はNPK区、NP区が無施肥区より大きく、樹高はそれらに加えてNP6年区とNPK6年区も無施肥区より大きかった(図-4,5,表-2)。アカエゾマツの樹高はNPK区、NPK6年区が無施肥区より大きかった。ウダイカンバの直径はNPK区、NP区が無施肥区より大きく、樹高はそれらに加えてNP6年区も無施肥区より大きかったが、2つの無施肥区の値の差が大きく、成長の良いNo.4との間には有意差が見られなかった。エゾマツの直径はNPK区、NPK6年区が無施肥区より大きかったが有意差は認められず、樹高はNPK6年区がNPK区、無施肥区より大きかった。成長経過を見ると、施肥開始4年目の1982年には既に直径、樹高とも施肥区の方が無施肥区より大きい傾向が認められた。施肥区と無施肥区の成長差は1985年頃まで拡大した。樹高はエゾマツ以外は連年施肥区、6年施肥区とも無施肥区との差がそのまま維持されたが、直径はエゾマツ、アカエゾマツが樹高と同様に連年施肥区、6年施肥区とも無施肥区との差を維持していたのに対し、ウダイカンバ、トドマツの6年施肥区では施肥終了後次第に無施肥区との差が縮小した。

施肥は初期に直径成長および樹高成長を促進し、樹高成長においては6年施肥の効果が施肥中止後も継続することが明らかになった。この結果は植栽後21年間のトドマツの樹高成長に関する真田らの報告(2)と一致し、施肥開始後25年後のエゾマツとアカエゾマツのバイオマスに及ぼす施肥の影響に関する田中らの報告(6)とも一致する。これらの報告からさらに時間が経過した2010年においても同様の傾向が継続していることから、初期の施肥は長期にわたって樹高を高め保つ効果があると考えられる。一方、連年施肥区の樹高成長が6年施肥区と大きな差がないことから、ある程度以上の林齢に達してからは施肥による過剰な養分供給は樹高成長の増加には寄与しないといえる。

田中らは2003年に間伐したトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツから各区3本ずつ試料木を選定し、バイオマスと樹高、直径の関係を解析した結果、幹重は樹種に関わりなくD<sup>2</sup>Hと高い相関があったとしている(6)。施肥が単位面積あたりのバイオマスに与える影響の指標として

表-2 施肥区と無施肥区の平均値に差がないと仮定した場合のP値

	比較対象の無施肥区							
	ウダイカンバ		トドマツ		エゾマツ		アカエゾマツ	
	No.1	No.4	No.6,11	No.8,13	No.15	No.17	No.19	No.21
直径								
NPK	0.002	0.315	0.000	0.002	0.115	0.109	0.008	0.137
NPK6年	0.346	0.399	0.092	0.218	0.070	0.071	0.023	0.217
NP	0.000	0.026	0.000	0.002				
NP6年			0.011	0.888				
樹高								
NPK	0.000	0.962	0.000	0.000	0.766	0.684	0.008	0.001
NPK6年	0.000	0.649	0.091	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
NP	0.000	0.313	0.000	0.000				
NP6年			0.000	0.000				

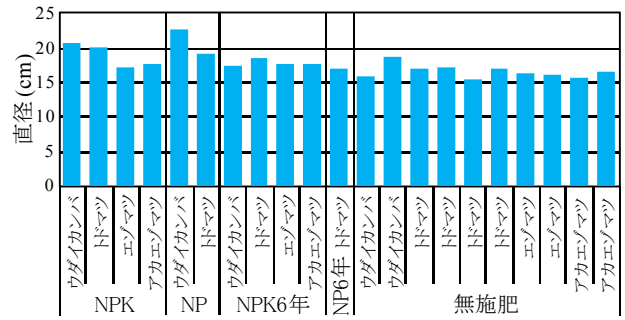


図-2 2010年の平均直径(処理毎の樹種による違い)

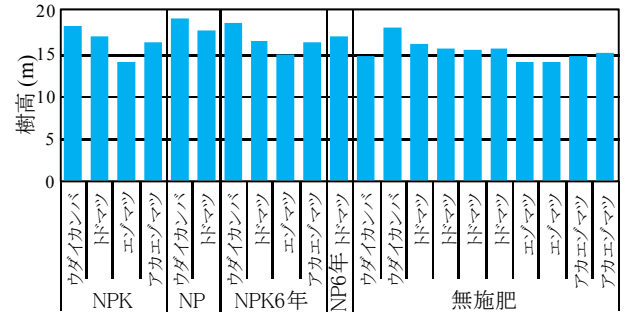


図-3 2010年の平均樹高(処理毎の樹種による違い)

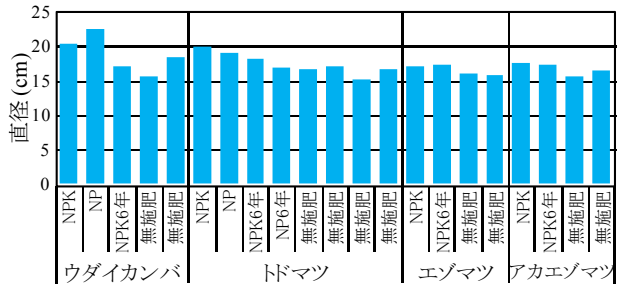


図-4 2010年の平均直径(樹種毎の処理による違い)

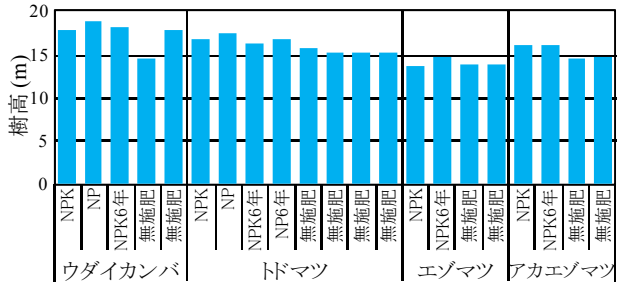


図-5 2010年の平均樹高(樹種毎の処理による違い)

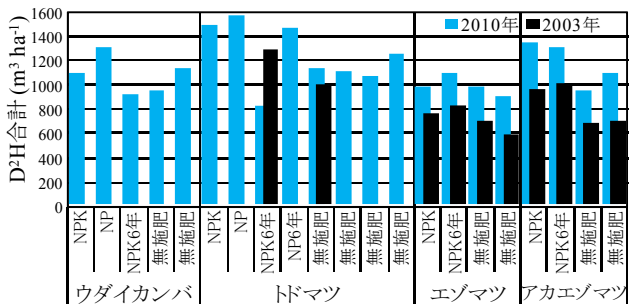


図-6 2001年と2010年の試験区毎のD<sup>2</sup>H合計

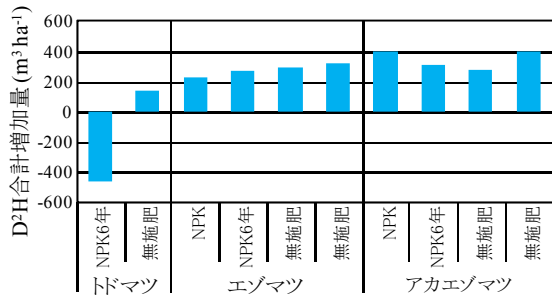


図-7 2003年から2010年までの試験区毎のD<sup>2</sup>H 合計の増加量

表-3 トドマツ林の間伐列と無間伐列の成長の差

	直径		P値	樹高		P値
	平均(本数)	平均(本数)		平均(本数)	平均(本数)	
	間伐列	無間伐列		間伐列	無間伐列	
2010年の測定値						
No.6 無施肥	18.9(15)	15.7(35)	0.017	16.7(15)	15.5(35)	0.023
No.7 NPK(6年)	18.9(13)	18.3(20)	0.669	16.4(13)	16.7(20)	0.510
No.8 無施肥	16.5(17)	17.1(32)	0.734	15.1(17)	15.7(32)	0.346
No.9 NPK	21.8(17)	20.3(25)	0.347	17.0(17)	17.1(25)	0.696
2010年から2003年の増加量						
No.6 無施肥	2.9(15)	1.6(35)	0.001	3.0(15)	2.3(35)	0.035
No.7 NPK(6年)	2.3(13)	1.5(20)	0.011	1.3(13)	1.4(20)	0.585
No.8 無施肥	2.4(17)	2.0(32)	0.259	4.8(17)	5.0(32)	0.479
No.9 NPK	3.2(17)	2.3(25)	0.017	3.8(17)	4.0(25)	0.516

単位面積あたりのD<sup>2</sup>H 合計を用いると、2010年のD<sup>2</sup>H 合計はトドマツ、アカエゾマツで施肥区と無施肥区の差が大きかった(図-6)。ウダイカンバは個体の成長には施肥の効果が大きい、施肥区では立木密度の減少が顕著であったため、単位面積あたりのD<sup>2</sup>H 合計は施肥区と無施肥区の差が小さかった。2003年から2010年までのD<sup>2</sup>H 合計の増加量は、エゾマツ、アカエゾマツはともに処理区による差が不明瞭であった(図-7)。なお、トドマツ No.7 は冠雪害により本数が著しく減少したため、D<sup>2</sup>H 合計は2003年より小さくなった。2010年のD<sup>2</sup>H 合計が施肥区で無施肥区より大きいのは2003年以前の樹高の差が維持されていることが原因であり、2003年から2010年の成長量自体は施肥区と無施肥区で差がないといえる。材積成長においても、成長初期の施肥は成長を促進するが、長期間施肥を行っても初期の成長増加以上の効果はないといえる。

表層土壌の変化：各試験区における表層土壌のpH, C, N含有率の平均値を表-9に示した。1980年の無施肥区のpHは5.8~6.1と森林土壌としては高めの値を示していたが、全ての試験区で時間経過と共に低下した。アカエゾマツ以外の無施肥区とNPK6年区では1995年頃からpHはほぼ一定の値を示したが、アカエゾマツは無施肥区もpHが低下し続けた。NPK区, NP区ではpHが低下し続けた。NPK区ではアカエゾマツのpH低下が顕著で、2007年には4.4を示した。NP区はNPK区よりpHの低下が顕著で、2007年にはpH4.2~4.3を示した。CおよびN含有率は増減の傾向が一致していた。トドマツでは変化が見られず、施肥影響は認められなかった。エゾマツおよびアカエゾマツでは、NPK区で時間経過と共にC, N含有率が上昇する傾向が認められた。ウダイカンバでは、NPK区, NP区で比較的初期にC, N含有率が他の

処理区より高くなり、1995年以降は高い状態が維持されている。

土壌pHの低下傾向は真田らによる1995年までの20年間の結果(3)および高橋らによる1998年までの結果(5)と同様であり、施肥区やアカエゾマツでは2007年には1998年までに認められたpHの低下がさらに進行していた。pHが低下している試験区ではCおよびN含有率が増加していた。施肥区におけるNの増加は施用されたNの影響と考えられるが、C含有率も同時に増加していることから、施肥が有機物の動態に影響を与えていると考えられる。末次らはウダイカンバのNPK区では無施肥区より堆積有機物量が多く、また、有機物中のN含有率が高いことを明らかにし、N含有率が高いことによる分解後期段階の抑制が堆積有機物量増加の原因であると考察している(4)。同時に、施肥によるpHの低下が微生物活性を低下させ堆積有機物量を増加させる可能性を示唆している。他の樹種でも同様の機構が働いているとすれば、施肥によるNの富化とpH低下が堆積有機物量の増加をもたらす、土壌中のC, N含有率の増加をもたらしていることも考えられる。2010年においても施肥区の成長が衰えていないことから、pH低下が成長に悪影響を与えている可能性は低い。しかしながら、NP区やアカエゾマツNPK区では可溶性のアルミニウムが増加するとされるpH4.5以下の値を示しており、今後pH低下が続くとアルミニウムによる障害等が生じる恐れがある。酸性化の進行により土壌と植栽木の状態がクリティカルに変化する可能性も考えられるため、林木と土壌の継続的なモニタリングが必要であると考えられる。

間伐の影響：2003年のトドマツ林(No.6~9)の間伐は、各試験区の西端から2~5列目の計4列のみを機械的に1本おきに間伐し、残りは間伐しなかった。間伐した4列の間伐率は45~49%であった。間伐の効果を見るために、各試験区内の西から3~5列目(間伐列)と7または8列目からの3列(無間伐列)の成長を比較した。2010年の直径、樹高は無施肥区のNo.6では間伐列の方が有意に大きかったが、それ以外の試験区では一定の傾向が見られなかった(表-3)。同じ木の2003年から2010年までの直径、樹高の増加量を間伐列と無間伐列で比較すると、直径の増加量は全ての試験区で間伐列が無間伐列を上回り、無施肥区のNo.8以外は有意差があった。樹高の増加量は無施肥区のNo.6で間伐列が有意に大きかった他は差がなかった。間伐列と無間伐列で2010年の直径の差が小さいのは、間伐以前の直径の差が影響しているためと考えられる。間伐後の直径成長量は間伐列が大きいことから、トドマツは間伐により直径成長が増大するといえる。樹高は2010年の値においても2003年からの成長量においても間伐による差がほとんど認められなかった。間伐以前は自然枯死が生じる過密な状態であったが、間伐により光や養水分を巡る競争が緩和して直径成長が増加したと考えられる。樹高は立地環境によって規制され立木密度の影響を受けにくい、間伐によって成長に差が現れないと考えられる。なお、No.7とNo.6の一部では間伐直後の大雪により冠雪害が発生し、No.7の間伐列を中心に多数の枯死木が発生した。このため2010年の

単位面積あたりの D<sup>2</sup>H 合計は間伐前の 2003 年に比べて No.6 ではわずかな増加にとどまり, No.8 では大きく減少した(図-7)。間伐と冠雪害の因果関係は不明であるが, 過密な林分を強度に間伐したことが誘因となった可能性もあり, 過密な林分の間伐には注意する必要があると考えられる。

引用文献

1) Akira Osawa, Nahoko Kurachi, Yojiro Matsuura, Mayuko Jomura, Yoichi Kanazawa and Masaru Sanada (2005) Testing a method for reconstructing structural development of even-aged *Abies sachalinensis* stands. *Trees* 19 : 680-693.  
 (2) 真田 勝・大友玲子・真田悦子 (1995) トドマツ肥培林の成長と当年葉の養分濃度-施肥 17 年間の養分濃度の変動-。日林論 106 : 223-224.

(3) 真田 勝・大友玲子・真田悦子 (1997) 林地肥培林における表層土壌の変化-植栽から 20 年のモニタリング-。日林論 108 : 201-202.  
 (4) 末次直樹・相澤州平・阪田匡司・伊藤江利子・小池孝良 (2010) 肥培処理を行ったウダイカンバ林の有機物層と中型土壌動物群集の関係。日林北支論 59 : 75-78.  
 (5) 高橋正通・真田 勝・松浦陽次郎・尾根澤久枝 (1999) 北方常緑針葉樹の人工林発達に伴う土壌交換性塩基の動態。日林学術講 110 : 525.  
 (6) 田中永晴・酒井佳美・酒井寿夫・石塚成宏・松浦陽次郎・高橋正通・小野賢二 (2004) 25 年間連続施肥がエゾマツおよびアカエゾマツの地上部バイオマス量あたえた影響。日林学術講 115 : 514.

表-4 表層土壌の交換性塩基量の変化

採収年	交換性塩基(cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) (括弧内は標準偏差)				合計
	K	Na	Ca	Mg	
No.1 ウダイカンバ無施肥					
1976	0.58 (0.25)	0.25 (0.07)	9.71 (2.96)	1.52 (2.73)	12.1
1981	0.97 (0.38)	0.21 (0.06)	11.99 (4.30)	2.17 (0.77)	15.3
1983	0.88 (0.41)	0.17 (0.02)	11.15 (4.04)	1.64 (0.65)	13.8
1986	0.80 (0.29)	0.16 (0.02)	11.02 (3.95)	1.92 (0.60)	13.9
1989	1.02 (0.31)	0.17 (0.02)	9.51 (4.54)	1.93 (0.81)	12.6
1992	0.70 (0.22)	0.13 (0.03)	9.34 (3.98)	1.52 (0.51)	11.7
1995	0.95 (0.35)	0.14 (0.02)	9.98 (3.62)	1.71 (0.52)	12.8
1998	0.78 (0.33)	0.11 (0.06)	9.42 (4.24)	0.92 (0.35)	11.2
No.6 トドマツ無施肥					
1976	0.58 (0.25)	0.25 (0.07)	9.71 (2.96)	1.52 (2.73)	12.1
1981	1.07 (0.38)	0.22 (0.03)	11.90 (2.61)	2.07 (0.39)	15.3
1983	0.87 (0.28)	0.18 (0.02)	11.29 (1.46)	1.86 (0.21)	14.2
1986	1.18 (0.31)	0.17 (0.02)	11.50 (1.56)	2.20 (0.29)	15.0
1989	0.84 (0.24)	0.20 (0.05)	9.11 (2.45)	1.83 (0.36)	12.0
1992	0.78 (0.31)	0.19 (0.03)	9.37 (1.65)	1.75 (0.28)	12.1
1995	0.73 (0.23)	0.22 (0.05)	9.50 (1.58)	1.61 (0.13)	12.1
1998	0.55 (0.17)	0.19 (0.09)	10.63 (3.26)	0.89 (0.26)	12.3
No.9 トドマツNPK					
1976	0.58 (0.25)	0.25 (0.07)	9.71 (2.96)	1.52 (2.73)	12.1
1981	0.91 (0.31)	0.16 (0.01)	8.80 (2.49)	1.33 (0.39)	11.2
1983	1.32 (0.44)	0.17 (0.02)	9.08 (1.02)	1.45 (0.33)	12.0
1986	1.15 (0.56)	0.17 (0.04)	9.08 (1.97)	1.52 (0.36)	11.9
1989	0.73 (0.21)	0.17 (0.05)	6.89 (1.82)	1.00 (0.26)	8.8
1992	0.71 (0.19)	0.16 (0.03)	5.03 (1.77)	0.70 (0.16)	6.6
1995	0.77 (0.20)	0.18 (0.04)	4.82 (1.69)	0.66 (0.22)	6.4
1998	0.44 (0.18)	0.09 (0.05)	3.25 (1.20)	0.27 (0.10)	4.0
No.10 トドマツNP					
1976	0.58 (0.25)	0.25 (0.07)	9.71 (2.96)	1.52 (2.73)	12.1
1981	0.65 (0.25)	0.15 (0.03)	8.01 (1.57)	1.01 (0.35)	9.8
1983	0.77 (0.14)	0.16 (0.02)	7.11 (0.65)	0.94 (0.12)	9.0
1986	0.64 (0.28)	0.15 (0.03)	6.77 (1.69)	0.51 (0.19)	8.1
1989	0.32 (0.07)	0.15 (0.02)	4.09 (1.79)	0.24 (0.09)	4.8
1992	0.36 (0.09)	0.16 (0.04)	3.65 (2.58)	0.21 (0.10)	4.4
1995	0.44 (0.14)	0.16 (0.05)	2.89 (1.64)	0.24 (0.13)	3.7
1998	0.25 (0.07)	0.16 (0.09)	2.61 (0.88)	0.22 (0.05)	3.2
No.15 エゾマツ無施肥					
1976	0.58 (0.25)	0.25 (0.07)	9.71 (2.96)	1.52 (2.73)	12.1
1981	0.62 (0.14)	0.17 (0.02)	9.16 (1.85)	1.64 (0.33)	11.6
1983	0.54 (0.12)	0.16 (0.01)	8.86 (1.97)	1.63 (0.44)	11.2
1986	0.54 (0.11)	0.15 (0.02)	8.37 (2.15)	1.56 (0.45)	10.6
1989	0.47 (0.13)	0.16 (0.04)	8.78 (2.17)	1.53 (0.44)	10.9
1992	0.63 (0.25)	0.17 (0.04)	8.21 (2.35)	1.53 (0.38)	10.5
1995	0.76 (0.21)	0.17 (0.02)	8.47 (2.18)	1.50 (0.28)	10.9
1998	0.75 (0.29)	0.18 (0.15)	8.49 (3.38)	1.05 (0.48)	10.5
No.19 アカエゾマツ無施肥					
1976	0.58 (0.25)	0.25 (0.07)	9.71 (2.96)	1.52 (2.73)	12.1
1981	0.66 (0.27)	0.15 (0.01)	7.91 (1.34)	1.05 (0.24)	9.8
1983	0.68 (0.14)	0.18 (0.02)	7.87 (1.57)	1.08 (0.21)	9.8
1986	0.69 (0.18)	0.16 (0.06)	6.77 (1.40)	1.06 (0.18)	8.7
1989	0.59 (0.17)	0.14 (0.03)	5.76 (1.11)	0.83 (0.13)	7.3
1992	0.53 (0.18)	0.16 (0.05)	4.89 (1.19)	0.82 (0.20)	6.4
1995	0.47 (0.13)	0.17 (0.03)	5.55 (1.25)	0.91 (0.16)	7.1
1998	0.44 (0.19)	0.22 (0.19)	4.68 (1.97)	0.43 (0.15)	5.8

表-5 1998 年に伐倒したトドマツ試料木の諸量

個体	DBH cm	樹高 m	枝下高 m	枝下直径 cm	材積 m <sup>3</sup>	葉面積 m <sup>2</sup>	現存量 kg	幹重 kg	枝重 kg	葉重 kg
No.8 トドマツ無施肥										
122	19.0	11.65	3.96	15.6	0.154	70.7	76.0	48.4	15.68	11.97
65	15.0	12.08	4.75	13.2	0.119		58.4	40.7	9.14	8.60
94	11.4	9.88	2.14	11.8	0.048	29.2	26.2	16.4	4.67	5.04
133	7.8	8.88	3.85	6.4	0.020		12.0	8.0	1.94	2.10
93	4.2	4.48	2.55	4.6	0.004	0.3	1.9	1.5	0.14	0.20
No.9 トドマツNPK										
149	24.0	14.83	7.80	16.2	0.318	88.0	145.1	105.2	22.84	17.06
76	21.4	13.80	4.75	16.2	0.198		98.8	67.7	16.64	14.46
179	17.0	13.46	6.33	12.4	0.150	36.3	62.7	47.8	6.86	7.98
56	13.4	11.74	7.14	8.4	0.082		33.8	28.1	2.58	3.17
89	7.2	10.01	6.71	4.6	0.021	6.5	10.3	8.3	0.93	1.04

表-6 2003 年に伐倒したトドマツ, エゾマツ, アカエゾマツの試料木の諸量

個体	DBH cm	樹高 m	枝下高 m	枝下直径 cm	幹重 kg	枝重 kg	葉重 kg	枯枝重 kg
No.6 トドマツ無施肥								
22	13.7	13.13	6.51	10.5	35.8			2.6
38	7.2	10.86	7.94	4.0	8.1			0.3
74	22.4	15.20	6.34	17.9	88.4			10.5
No.7 トドマツNPK6年								
46	15.5	13.36	7.93	10.2	55.3			2.7
68	21.0	16.10	9.00	14.5	108.2			10.6
No.14 エゾマツNPK								
22	8.0	8.95	5.45	4.6	7.0			
25	12.7	9.65	2.57	12.4	26.0			
83	15.0	10.80	6.46	9.9	34.4	4.5	4.2	8.4
No.15 エゾマツ無施肥								
35	12.1	10.01	7.20	8.1	27.4	4.9	2.7	4.5
82	15.0	11.66	5.95	11.9	42.8	8.1	6.1	
88	9.2	9.96	6.35	5.7	14.0	1.6	1.7	1.4
No.16 エゾマツNPK6年								
87	15.3	12.03	7.15	10.8	47.8	6.2	5.7	4.6
63	8.8	10.18	7.10	5.1	11.9	1.1	1.3	1.6
25	11.9	11.10	6.70	9.6	30.7	5.1	4.5	2.7
No.17 エゾマツ無施肥								
12	12.7	10.72	4.44	11.1	29.3	7.2	5.0	2.9
15	10.0	9.99	5.90	7.3	18.9	2.8	2.5	2.0
30	6.1	7.53	3.98	4.8	5.3	0.6	0.6	0.5
86	12.7	11.37	6.78	9.2	28.7	3.8	3.7	3.0
No.18 アカエゾマツNPK								
38	15.0	13.88	7.75	11.0	51.5	6.2	6.9	6.1
81	16.9	13.30	6.80	12.6	56.0	9.2	11.3	12.0
No.19 アカエゾマツ無施肥								
6	15.3	13.25	7.85	11.1	55.3	7.6	10.9	9.2
18	5.9	6.73	4.73	3.1	4.2	0.3	0.3	0.8
86	12.9	12.45	6.55	9.9	38.2	7.4	8.9	4.9
No.20 アカエゾマツNPK6年								
13	11.9	12.20	5.85	9.7	30.1	10.1	4.3	3.7
47	9.4	10.54	6.40	8.1	15.8	1.6	2.1	2.8
71	14.3	10.00	4.66	10.8	35.1	7.1	6.8	15.7
No.21 アカエゾマツ無施肥								
44	8.0	9.23	5.93	4.7	9.8	0.7	1.2	2.5
55	11.8	9.74	6.40	7.0	24.8	4.2	2.9	6.4
85	14.9	10.29	6.05	9.9	39.9	5.8	6.6	10.4

表一 試験区毎の直径毎木調査結果

上段: 平均値(cm), 下段: 標準偏差(cm) (括弧内は測定本数)

試験区 No. 処理	測定年											測定年									
	1980	1982	1985	1988	1991	1992	1993	1994	1995	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ウダイカンバ																					
1 無施肥	4.2 1.4(59)	6.3 1.8(55)	8.0 2.5(54)	9.6 3.1(51)	11.4 3.8(49)	12.3 4.1(48)	13.0 4.5(48)	14.0 4.8(45)	14.3 5.0(45)	14.5 5.1(45)	15.5 5.5(44)	15.2 5.6(43)	15.5 5.8(41)	15.7 6.0(41)	15.9 6.3(40)	16.7 6.3(40)	17.0 6.3(40)	17.0 6.3(40)	17.0 6.3(40)	17.0 6.3(40)	17.0 6.3(40)
2 NPK	5.1 1.3(69)	7.0 1.6(48)	9.0 2.2(48)	11.1 2.7(44)	13.0 3.5(42)	14.4 3.9(38)	15.4 4.2(37)	16.7 4.7(35)	17.2 5.0(35)	18.1 5.1(33)	19.2 5.6(32)	19.4 5.7(32)	19.7 5.9(32)	19.9 6.1(31)	20.7 6.1(31)	20.7 6.1(31)	20.7 6.1(31)	20.7 6.1(31)	20.7 6.1(31)	20.7 6.1(31)	20.7 6.1(31)
3 NP	4.8 1.5(52)	6.8 1.7(46)	8.7 2.4(43)	10.6 2.8(39)	12.6 3.8(37)	13.4 4.4(37)	14.5 4.8(34)	16.5 5.4(29)	17.8 5.3(26)	18.4 5.4(26)	20.4 6.2(24)	20.6 6.1(23)	21.6 6.1(22)	22.3 5.5(21)	22.7 5.5(21)	22.7 5.5(21)	22.7 5.5(21)	22.7 5.5(21)	22.7 5.5(21)	22.7 5.5(21)	22.7 5.5(21)
4 無施肥	4.6 1.5(53)	6.5 1.8(51)	8.1 2.9(48)	9.4 3.5(45)	12.5 4.0(37)	12.7 4.2(37)	14.1 4.8(36)	15.5 5.4(33)	15.9 5.4(32)	16.7 5.6(31)	17.6 5.8(30)	17.5 5.9(30)	17.9 6.1(30)	18.2 6.0(29)	18.7 6.2(27)	18.7 6.2(27)	18.7 6.2(27)	18.7 6.2(27)	18.7 6.2(27)	18.7 6.2(27)	18.7 6.2(27)
5 NPK(6年)	4.7 1.4(51)	7.1 1.5(39)	8.7 2.3(35)	10.2 2.8(35)	12.0 3.3(34)	12.7 3.8(34)	13.3 4.2(34)	14.5 4.8(32)	15.0 4.8(31)	15.6 4.9(30)	16.4 5.4(28)	16.4 5.5(28)	16.6 5.6(28)	17.1 5.3(27)	17.3 5.7(25)	17.3 5.7(25)	17.3 5.7(25)	17.3 5.7(25)	17.3 5.7(25)	17.3 5.7(25)	17.3 5.7(25)
トマト																					
6 無施肥	1.6 0.6(78)	2.7 0.9(88)	4.9 1.6(101)	7.3 2.4(100)	9.3 2.6(101)	10.3 2.8(101)	10.9 3.0(101)	11.3 3.1(96)	12.6 3.4(93)	13.4 3.4(92)	14.0 3.6(92)	14.2 3.7(91)	14.5 3.8(70)	14.9 3.8(66)	15.7 4.1(62)	15.9 4.1(62)	16.7 4.1(60)	16.9 4.3(60)	17.0 4.3(60)	17.0 4.3(60)	17.0 4.3(60)
7 NPK(6年)	2.3 1.0(94)	4.8 1.5(103)	8.2 1.1(102)	9.9 1.2(102)	11.4 1.4(102)	11.7 1.5(102)	12.3 1.6(102)	12.5 1.7(102)	13.6 1.9(102)	14.6 2.1(102)	15.2 2.3(102)	15.4 2.4(102)	15.5 2.5(102)	16.4 2.7(102)	17.5 3.0(102)	17.7 3.1(102)	18.0 3.2(102)	18.4 3.3(102)	18.5 3.4(102)	18.5 3.4(102)	18.5 3.4(102)
8 無施肥	1.2 0.5(51)	1.9 0.8(74)	3.4 1.6(103)	5.7 2.4(112)	7.6 3.1(112)	8.4 3.2(113)	8.9 3.3(113)	9.6 3.4(113)	10.0 3.5(113)	11.2 3.6(111)	12.8 3.9(90)	13.4 4.2(74)	13.7 4.4(72)	14.6 4.6(71)	15.0 4.7(70)	15.6 5.0(69)	15.7 5.1(68)	16.3 5.3(68)	16.8 5.4(66)	17.3 5.5(64)	17.3 5.5(64)
9 NPK	1.6 0.6(58)	3.0 1.4(107)	6.9 2.0(112)	9.8 2.5(112)	11.2 3.0(112)	12.1 3.1(111)	12.4 3.2(111)	13.1 3.3(110)	13.3 3.5(110)	14.1 3.6(110)	15.6 4.0(89)	16.2 4.1(87)	16.6 4.2(87)	17.1 4.3(87)	17.4 4.4(87)	17.7 4.5(85)	18.3 4.6(83)	18.3 4.6(83)	18.8 4.8(81)	19.8 4.9(81)	20.1 5.0(80)
10 NP	1.4 0.6(10)	2.7 1.3(104)	6.6 2.0(112)	9.6 2.3(112)	11.2 2.8(112)	11.9 3.0(112)	12.2 3.2(112)	12.8 3.4(112)	13.0 3.4(111)	13.9 3.7(109)	15.1 3.7(99)	15.7 3.8(97)	16.5 4.0(97)	16.9 4.0(90)	17.1 4.0(87)	17.6 4.0(85)	17.7 4.2(83)	18.7 4.3(79)	18.9 4.3(73)	19.2 4.4(72)	19.2 4.3(69)
11 無施肥	0.8 0.2(25)	1.2 0.4(56)	2.6 1.1(93)	4.5 1.7(112)	6.7 2.2(115)	7.5 2.3(115)	8.1 2.3(114)	8.7 2.5(114)	9.1 2.6(114)	10.0 2.7(114)	11.2 3.0(106)	11.8 3.1(105)	12.1 3.1(104)	12.2 3.1(104)	12.8 3.2(104)	13.5 3.3(104)	13.6 3.4(104)	14.1 3.4(104)	15.1 3.5(104)	15.4 3.6(103)	15.4 3.7(103)
12 NP(6年)	1.5 0.7(54)	2.8 1.3(108)	6.0 1.8(114)	7.5 2.0(114)	8.5 2.4(114)	8.9 2.6(114)	9.1 2.7(114)	9.7 2.9(114)	10.1 3.0(114)	11.2 3.1(113)	12.6 3.4(113)	13.5 3.7(110)	14.1 3.8(106)	14.1 3.8(106)	14.4 4.0(106)	14.7 4.1(105)	15.1 4.1(105)	15.3 4.2(105)	15.8 4.3(104)	16.9 4.4(103)	17.0 4.4(103)
13 無施肥	1.2 0.5(50)	1.9 0.8(75)	3.6 1.6(110)	5.7 2.1(119)	7.6 2.5(119)	7.6 2.5(119)	8.5 2.7(119)	9.0 2.9(119)	9.7 3.1(119)	10.1 3.3(119)	11.4 3.7(116)	12.6 4.2(113)	13.5 4.0(106)	13.7 4.2(106)	14.1 4.4(103)	14.7 4.6(102)	15.1 4.7(102)	15.3 4.7(97)	16.7 4.8(96)	17.0 4.7(88)	17.0 4.9(86)
エゾマツ																					
14 NPK	1.6 0.4(31)	4.3 1.6(51)	7.5 1.9(51)	9.9 2.1(51)	10.5 2.2(51)	10.9 2.3(51)	11.4 2.3(50)	11.7 2.4(49)	12.4 2.3(49)	12.9 2.5(49)	13.1 2.7(49)	13.5 2.7(47)	14.0 2.2(36)	15.4 2.3(36)	15.6 2.4(36)	16.1 2.5(36)	16.3 2.5(35)	16.8 2.6(35)	17.1 2.6(35)	17.3 2.6(35)	17.3 2.6(35)
15 無施肥	2.1 0.7(51)	4.7 1.3(56)	6.6 2.0(60)	8.6 2.3(60)	9.1 2.4(60)	9.5 2.5(60)	10.0 2.6(60)	10.1 2.7(60)	11.1 2.7(58)	11.1 2.7(58)	12.2 2.8(48)	12.6 2.7(48)	13.1 2.7(46)	13.7 2.3(39)	14.7 2.4(39)	14.8 2.4(39)	15.4 2.6(39)	15.6 2.6(39)	16.3 2.7(39)	17.0 2.7(39)	17.3 2.8(39)
16 NPK(6年)	3.1 0.9(51)	6.2 1.8(57)	8.0 2.1(56)	10.2 2.6(56)	10.5 2.7(56)	10.5 2.9(56)	11.0 3.0(56)	11.0 3.0(56)	12.5 3.2(53)	13.4 3.2(53)	14.0 2.9(51)	14.5 3.0(51)	15.4 3.1(50)	16.0 2.9(38)	16.0 3.0(38)	16.6 3.0(37)	16.9 3.0(37)	17.7 3.2(37)	17.9 3.2(37)	18.1 3.3(37)	18.6 3.3(37)
17 無施肥	2.0 0.7(47)	3.9 1.3(52)	5.6 1.7(56)	7.5 2.1(56)	8.2 2.2(56)	8.5 2.3(56)	8.5 2.3(56)	9.1 2.5(56)	9.4 2.5(56)	10.4 2.9(56)	10.4 3.0(55)	11.2 3.2(52)	12.0 3.4(52)	12.3 3.4(49)	12.3 3.1(37)	13.8 3.2(37)	14.4 3.4(37)	14.4 3.4(37)	15.1 3.4(37)	15.1 3.4(37)	16.7 3.6(36)
アカエゾマツ																					
18 NPK	1.6 0.4(43)	4.2 1.6(58)	7.3 2.1(57)	9.7 2.5(57)	10.4 2.6(57)	10.9 2.8(57)	11.4 3.0(57)	11.8 2.8(56)	12.4 3.0(56)	13.4 3.0(54)	13.8 3.1(54)	14.2 3.3(54)	14.3 3.1(52)	16.2 2.4(39)	16.1 2.4(39)	16.8 2.7(39)	16.5 2.7(39)	17.3 2.7(39)	17.7 2.9(39)	17.7 3.0(39)	17.7 3.0(39)
19 無施肥	1.2 0.5(34)	2.4 1.1(51)	4.4 1.6(58)	6.5 2.0(58)	7.3 2.1(58)	7.9 2.3(58)	8.6 2.5(58)	9.0 2.5(58)	10.0 2.9(58)	11.0 3.3(55)	11.1 3.4(54)	12.2 3.1(54)	12.7 3.1(54)	14.2 2.8(38)	14.0 2.8(38)	14.6 3.1(38)	14.6 3.1(38)	15.4 3.1(37)	15.7 3.2(37)	15.7 3.3(37)	15.7 3.5(37)
20 NPK(6年)	1.3 0.4(35)	3.6 1.3(56)	6.5 1.5(56)	9.2 1.9(56)	10.0 2.0(56)	10.6 2.1(56)	11.2 2.3(56)	11.6 2.4(56)	12.4 2.7(56)	13.4 2.9(55)	14.0 3.1(55)	14.5 3.3(55)	15.4 3.2(53)	16.0 3.1(40)	16.0 3.1(39)	16.6 3.4(38)	16.6 3.4(38)	17.0 3.5(39)	17.7 3.5(39)	18.1 3.6(39)	18.6 3.8(37)
21 無施肥	1.1 0.2(17)	2.4 1.2(48)	4.8 1.6(56)	7.3 2.1(57)	8.0 2.2(57)	8.6 2.4(57)	8.6 2.4(57)	9.9 2.5(57)	10.9 2.6(57)	10.9 2.9(57)	12.1 3.0(55)	12.8 2.8(53)	13.2 3.0(53)	14.0 3.1(53)	14.4 2.7(38)	15.1 2.7(38)	15.1 2.7(38)	15.3 2.8(38)	16.4 2.9(38)	16.4 3.0(38)	16.7 3.1(38)

表二 試験区毎の樹高毎木調査結果

上段: 平均値(m), 下段: 標準偏差(m) (括弧内は測定本数)

試験区 No. 処理	測定年											測定年				
	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1992	1994	2010	
ウダイカンバ																
1 無施肥	1.4 0.5(52)	2.4 0.6(62)	3.2 0.7(59)	4.2 0.6(59)	5.0 0.7(55)	5.8 0.7(55)	8.0 1.1(54)	8.0 1.1(54)	8.0 1.1(54)	8.0 1.1(54)	8.0 1.1(54)	8.0 1.1(54)	10.1 1.5(51)	12.5 1.6(29)	14.7 3.8(40)	
2 NPK	1.5 0.5(71)	2.7 0.4(72)	3.9 0.5(69)	5.3 0.5(69)	6.2 0.6(48)	6.8 0.6(48)	9.0 1.0(48)	9.0 1.0(48)	9.0 1.0(48)	9.0 1.0(48)	9.0 1.0(48)	9.0 1.0(48)	10.8 1.1(44)	13.5 1.5(24)	18.1 3.6(28)	
3 NP	1.4 0.5(58)	2.6 0.6(57)	3.8 0.7(52)	5.0 0.7(52)	6.0 0.8(46)	6.6 0.8(46)	8.9 1.1(43)	8.9 1.1(43)	8.9 1.1(43)	8.9 1.1(43)	8.9 1.1(43)	8.9 1.1(43)	10.8 1.1(39)	13.1 1.8(24)	19.1 3.7(21)	
4 無施肥	1.7 0.5(55)	2.7 0.6(56)	3.7 0.7(53)	4.7 0.7(53)	5.5 0.8(50)	6.1 0.9(50)	8.1 1.1(46)	8.1 1.1(46)	8.1 1.1(46)	8.1 1.1(46)	8.1 1.1(46)	8.1 1.1(46)	9.8 1.0(44)	13.4 1.9(24)	18.0 3.5(27)	
5 NPK(6年)	1.5 0.5(52)	2.5 0.6(54)	3.6 0.6(51)	4.8 0.6(51)	5.8 0.5(36)	6.4 0.6(36)	8.3 1.2(35)	8.3 1.2(35)	8.3 1.2(35)	8.3 1.2(35)	8.3 1.2(35)	8.3 1.2(35)	10.4 1.0(34)	12.6 1.3(26)	18.5 3.2(25)	
トマト																
6 無施肥	0.8 0.2(97)	1.1 0.4(104)	1.4 0.5(105)	1.6 0.5(105)	1.9 0.6(104)	2.2 0.6(104)	2.5 0.7(104)	2.9 0.8(104)	3.3 0.9(104)	4.1 0.9(103)	4.7 1.0(103)	5.4 1.2(104)	7.7 1.3(102)	9.2 1.5(100)	16.0 1.6(60)	
7 NPK(6年)	0.7 0.3(103)	1.0 0.4(104)	1.6 0.5(103)	2.1 0.6(103)	2.6 0.6(103)	3.2 0.7(103)	4.0 0.7(102)	4.6 0.8(102)	5.5 0.9(102)	6.2 0.9(102)	7.1 0.9(102)	7.9 1.0(102)	9.5 1.1(50)	10.9 1.3(61)	16.5 1.2(37)	
8 無施肥	0.6 0.2(111)	0.8 0.3(120)	1.0 0.4(118)	1.2 0.5(118)	1.4 0.5(116)	1.6 0.6(116)	1.9 0.7(114)	2.1 0.8(115)	2.5 0.9(118)	3.2 1.0(110)	3.8 1.1(108)	4.3 1.2(111)	6.5 1.5(63)	7.8 1.7(63)	15.5 1.9(64)	
9 NPK	0.5 0.2(96)	0.7 0.3(118)	1.0 0.4(113)	1.5 0.5(113)	2.0 0.6(111)	2.4 0.6(111)	3.1 0.7(111)	3.6 0.8(111)	4.2 0.9(112)	5.0 0.9(112)	5.8 1.0(112)	6.5 1.1(111)	8.9 1.1(61)	10.2 1.2(88)	16.9 1.3(62)	
10 NP	0.5 0.1(96)	0.6 0.2(120)	0.9 0.4(110)	1.3 0.5(110)	1.8 0.6(111)	2.2 0.6(111)	2.9 0.7(112)	3.4 0.8(112)	4.1 0.8(112)	4.9 0.8(112)	5.7 0.9(111)	6.3 0.9(111)	8.8 1.0(58)	10.2 1.1(58)	17.7 1.2(69)	
11 無施肥	0.5 0.1(98)	0.6 0.2(117)	0.8 0.3(117)	1.0 0.4(117)	1.1 0.4(118)	1.3 0.4(118)	1.5 0.5(114)	1.7 0.6(114)	2.0 0.7(116)	2.5 0.7(110)	3.1 0.8(110)	3.6 1.0(112)	5.3 1.5(64)	5.3 1.5(64)	15.4 1.2(80)	
12 NP(6年)	0.5 0.2(100)	0.6 0.3(120)	1.0 0.4(115)	1.4 0.5(115)	1.8 0.6(115)	2.3 0.6(115)	2.9 0.7(114)	3.4 0.7(114)	4.5 0.7(114)	5.0 0.8(114)	5.0 0.9(113)	5.6 1.0(111)	8.1 1.1(63)	8.1 1.1(63)	17.0 1.1(86)	
13 無施肥	0.6 0.2(119)	0.8 0.3(130)	1.0 0.4(129)	1.2 0.4(129)	1.4 0.5(123)	1.6 0.6(123)	2.0 0.7(100)	2.4 0.9(123)	2.6 1.0(117)	3.3 1.1(119)	3.8 1.3(119)	4.4 1.5(58)	6.4 1.5(58)	6.4 1.5(58)	15.4 1.8(86)	
エゾマツ																
14 NPK	0.4 0.1(49)	0.5 0.1(60)	0.6 0.2(53)	0.8 0.3(53)	1.2 0.3(51)	1.5										

表一 試験区毎の表層土壌の pH, C, N 含有率の平均値

上段: 平均値, 下段: 標準偏差

試験区	pH								C (kg kg <sup>-1</sup> )								N (kg kg <sup>-1</sup> )							
	測定年								測定年								測定年							
No.処理	1981	1983	1986	1989	1992	1995	2002	2007	1981	1983	1986	1989	1992	1995	2002	2007	1981	1983	1986	1989	1992	1995	2002	2007
ウダイカンバ																								
1 無施肥	6.1	5.7	5.6	5.7	5.7	5.6	5.8	5.7	81	78	86	62	67	84	76	88	5.7	5.1	6.0	4.5	4.6	5.7	5.1	5.5
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	18	17	19	13	16	12	22	15	1.3	1.2	1.3	1.0	1.1	0.8	1.4	0.9
2 NPK	5.9	5.5	5.0	5.2	5.1	5.1	5.0	4.9	85	94	100	72	82	105	108	105	6.1	6.2	7.1	5.3	5.8	7.3	7.2	6.9
	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	10	11	9	8	11	13	14	12	0.8	0.9	0.7	0.6	0.5	1.0	0.9	0.7
3 NP	5.7	5.0	4.5	4.8	4.6	4.5	4.4	4.3	83	94	91	68	86	97	111	104	5.9	6.4	6.4	4.9	5.8	6.6	7.6	6.7
	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	4	11	9	8	10	16	14	11	0.5	0.9	0.6	0.7	0.7	1.0	1.0	0.7
4 無施肥	5.9	5.8	5.6	5.8	5.7	5.7	5.8	5.7	67	67	68	55	66	67	65	69	4.3	4.4	4.6	3.7	4.2	4.5	4.2	4.2
	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	11	5	5	7	10	10	8	6	0.7	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.3
5 NPK6年	5.8	5.4	5.1	5.4	5.3	5.3	5.5	5.4	69	74	74	53	68	71	66	69	5.2	4.9	5.4	3.9	4.4	4.9	4.2	4.2
	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	10	9	9	7	9	18	7	7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	1.2	0.5	0.5
トドマツ																								
6 無施肥	6.0	5.7	5.7	5.7	5.5	5.5	5.6	5.5	90	85	94	64	86	86	86	90	6.5	6.2	6.7	4.8	6.0	6.1	5.7	6.0
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	14	12	13	9	12	7	9	9	1.1	1.1	1.0	0.8	0.9	0.5	0.6	0.6
7 NPK6年	6.0	5.7	5.4	5.4	5.3	5.3	5.4	5.3	82	85	103	59	83	91	81	81	5.8	6.0	7.4	4.4	5.7	6.0	5.1	5.1
	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	22	21	15	13	16	13	19	16	1.6	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.1
8 無施肥	5.8	5.6	5.6	5.6	5.4	5.4	5.4	5.4	83	85	85	63	76	86	82	82	5.7	5.8	5.9	4.5	5.2	5.7	5.1	5.3
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	5	8	8	9	10	7	14	10	0.5	0.6	0.5	0.8	0.7	0.5	0.8	0.6
9 NPK	5.9	5.8	5.4	5.3	5.1	5.0	4.7	4.6	76	81	87	64	79	88	95	95	5.1	5.6	6.3	4.7	5.4	6.0	6.1	6.2
	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	9	9	10	5	9	9	16	16	0.7	0.6	0.8	0.4	0.7	0.4	0.9	0.9
10 NP	5.9	5.6	5.1	4.9	4.7	4.6	4.4	4.2	76	82	89	58	78	83	92	95	5.6	5.9	6.4	4.5	5.6	5.9	6.2	6.4
	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	9	9	11	6	8	14	11	9	0.9	0.7	1.1	0.6	0.6	1.0	0.9	0.6
11 無施肥	5.9	5.8	5.6	5.7	5.5	5.5	5.5	5.3	75	80	82	57	72	78	77	77	5.9	5.7	5.8	4.1	4.8	5.2	4.9	5.1
	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	13	14	13	10	11	10	8	8	1.3	1.0	1.0	0.8	0.9	0.7	0.6	0.5
12 NP6年	5.7	5.2	5.2	5.1	5.0	5.0	5.1	4.9	81	87	80	64	83	78	78	84	5.9	6.0	5.7	4.6	5.4	5.1	4.8	5.1
	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4	8	7	6	13	13	7	9	0.4	0.7	0.7	0.4	1.0	0.9	0.5	0.6
13 無施肥	5.8	5.5	5.5	5.5	5.3	5.3	5.4	5.4	85	95	96	68	81	97	97	99	5.8	6.5	6.7	4.8	5.3	6.3	6.0	6.3
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	6	10	10	8	13	11	22	19	0.6	0.8	0.7	0.7	1.1	0.6	1.5	1.2
エゾマツ																								
14 NPK	6.0	5.7	5.4	5.3	5.2	5.0	5.1	4.7	59	61	61	51	66	76	93	102	3.8	3.8	4.0	3.5	4.2	4.9	5.7	6.3
	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	10	8	5	11	11	14	18	14	0.9	0.6	0.4	0.7	0.8	0.9	1.1	0.8
15 無施肥	5.9	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.6	5.6	76	77	74	60	74	87	86	90	5.3	5.3	5.0	4.5	5.0	5.8	5.5	6.7
	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	10	13	16	10	11	14	11	12	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.6	2.6
16 NPK6年	5.9	5.6	5.4	5.3	5.2	5.1	5.3	5.1	74	80	78	54	77	81	82	86	5.4	5.7	5.7	4.0	5.0	5.3	5.0	5.2
	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	13	22	12	11	9	10	13	8	1.1	1.6	0.9	0.8	0.6	0.7	0.9	0.6
17 無施肥	5.8	5.6	5.5	5.5	5.4	5.5	5.4	5.3	61	56	64	48	61	62	73	76	4.0	4.0	4.3	3.4	3.9	4.1	4.5	4.6
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	18	10	10	12	10	11	8	10	1.2	0.7	0.8	0.9	0.7	0.7	0.5	0.6
アカエゾマツ																								
18 NPK	5.9	5.8	5.4	5.3	5.0	4.8	4.8	4.4	68	71	76	57	76	76	101	114	4.6	5.0	5.3	4.3	5.3	5.3	6.6	7.3
	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	9	9	11	8	10	15	22	27	0.6	0.8	0.8	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
19 無施肥	5.8	5.7	5.5	5.6	5.4	5.3	5.4	5.1	72	74	71	50	65	67	84	85	4.8	5.2	4.6	3.5	4.1	4.3	4.9	5.1
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	7	11	9	6	8	7	10	5	0.5	1.1	0.7	0.4	0.5	0.5	0.8	0.4
20 NPK6年	5.7	5.8	5.4	5.4	5.2	5.1	4.9	4.8	80	85	80	60	72	79	98	97	5.4	6.0	5.6	4.4	4.8	5.1	5.8	5.6
	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	5	11	10	4	9	14	13	9	0.4	0.9	0.8	0.4	0.9	1.0	0.9	0.5
21 無施肥	5.7	5.7	5.5	5.5	5.4	5.2	5.0	5.2	76	78	78	59	69	76	84	85	5.2	5.5	5.4	4.0	4.6	5.1	5.2	5.2
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	0.2	8	12	6	8	10	10	7	8	0.5	1.0	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6