



Title	野幌トドマツ林の根返り跡更新
Author(s)	春木, 雅寛
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 42(4), 809-835
Issue Date	1985-10
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21154
Type	bulletin (article)
File Information	42(4)_P809-835.pdf



[Instructions for use](#)

野幌トドマツ林の根返り跡更新*

春 木 雅 寛**

A Regeneration Process on Grounds of Uprooted Trees in the Nopporo Forest, Northern Japan*

—Case study of Sakhalin fir—

By

Masahiro HARUKI**

目 次

1. はじめに	810
2. 調査地概要	810
2.1 位置および地況	810
2.2 気 候	811
2.3 土 壌	811
2.4 森 林 相	812
3. 調査法	812
4. 結 果	814
4.1 根返り木	814
4.2 根返りマウンドとトドマツ更新木	815
4.3 階 層 構 造	818
4.4 分 散 構 造	820
5. 考察と結論	822
5.1 根返りマウンド上のトドマツ更新	822
5.2 分散パターン	827
要 約	828
謝 辞	829
文 献	829
Summary	830
写 真	831

* 1984年9月30日受理 Received September 30, 1984.

* 研究費の一部は昭和58年度および昭和59年度北海道科学研究費補助金による。

** 北海道大学大学院環境科学研究科 環境保全学専攻生態系管理学講座

** Department of Biosystem Management, Division of Environmental Conservation, Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan.

1. はじめに

北海道におけるトドマツの更新に関する研究は、これまで林学の分野で数多くなされてきている。その中でトドマツ天然林の成立には、一斉型と択伐型の二つの更新型が知られている。前者は「風害とこれに付随する虫害によって比較的短期間に、大面積の原生林が倒壊した跡に、一斉に広面積にわたって若い後継林が成立する場合」である。これに対し後者は、「徐々に択伐林状に更新し、樹種や林型に急激な交代変遷の起こらない場合」で、風害・虫害などの被害の少ない安定した針広混交林やエゾマツ・トドマツ林などに多くみられる(松井, 1962)。

しかし、これまでトドマツ更新樹の生立場所については詳細な研究例は少なく、わずかに一斉型の例として田中(1934)が報告しているが、これは樺太幌登山麓エゾマツ、トドマツ一斉林の例であるが、風倒による地表剥ぎ取り跡地における更新も多いと述べており、興味深い。北海道では風害跡一斉林とはいっても、風害後に発生定着した更新樹の生立場所や更新過程は明らかにされたものはない。しかし、択伐型については地表あるいは腐朽倒木上、痕株上の更新例がこれまで知られている(服部 1950, 松井 1962, 春木 1982 など)。最近では夏目(1980, 1984)がエゾマツの更新に関する研究の中で、根返り木により生じたマウンド(凸部)とピット(凹部)における更新例を報告している。

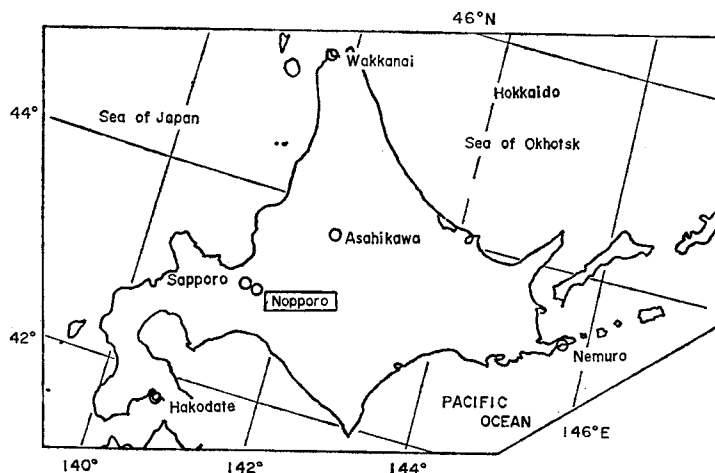
このようにトドマツの生立場所と更新過程を結びつけた研究があまりなされなかった理由としては、本道における森林の林床の多くがササ型であるため調査が困難を極め、また風害が必ずしも定期的に起こるものではなく、突発的な災害と考えられてきたことも一因であろう。

著者が調査対象とした野幌トドマツ林も台地上や尾根上緩斜面では風害跡に一斉状に成立したとみられる林分、他の沢地形では択伐状林分の存在が知られていた(石原, 1933)。しかし、最近上木の根の形態と根際の微地形調査の結果、トドマツの発芽床として(1)地表面、(2)立木の根株付近、(3)腐朽倒木(および痕株)上、の三つの他、普遍的にみられるトドマツ根返り木に起因するとみられるマウンド(根鉢。根返り木の根張り部分の盛り上った土塁を指す。田中, 1934を参照)上に、一斉状に更新樹が多数みられ、これが野幌トドマツ林の更新上、主要な発芽床一立場所であると考えられるに至った。このタイプの更新は風倒根返り跡地にごく普通にみられると考えられ、風害の頻発する本道では森林の更新上重要な位置を占めているとみられる。この点から本タイプの更新過程の研究は森林生態学的に、また天然更新施業上興味深い問題といえる。

2. 調査地概要

2.1 位置および地況

野幌国有林(野幌自然休養林)は東経141°32′、北緯43°25′に位置し、札幌市に接して江別市および広島町にまたがり、その面積はおおよそ1,700 haに達する(図-1)。同林は石狩平野を



図—1 調査地位置図

Fig. 1. Study area.

流れる石狩川の二支流野津幌川と江別川の間であり、南北に細長く、その大部分は農耕地に囲まれている。

本林の中央部は、南北に縦走する低い丘陵部をなす分水嶺(海拔高60~90 m)があり、東、西の両方向へ向って極めて緩やかな傾斜をなし、ここが多数の小沢の源頭部となっている。

地質的には、主として新生代第四紀洪積世からなり、沖積層をまじえる。一方、林内の大きな沢では第三紀層に属する古い地層が露出している箇所もみられる。

2.2 気 候

野幌を含む石狩湾地域は夏は熱帯気団、冬は寒帯気団の影響を受ける中緯度気候区の北端近くに位置し、鈴木(1962)の区分によれば準裏日本気候少雨区に入る。月平均気温および降水量を江別市トマン別の観測地点(野幌森林の東縁にあり通称、西野幌地域気象観測所)の資料(1953~1968年)によると年平均気温7.9°C、年平均降水量1,179 mmであった。また同観測地点での積雪量(1962~1981年)は増田(1983)によれば年平均最深積雪深113 cm(観測期間中の最大値153 cm、最小値81 cm)であった。

2.3 土 壤

母材は主に第四紀洪積世に属する野幌層や、恵庭、支笏火山放出物(軽石流堆積物)である。その上に褐色森林土が分布しており、部分的に黒色土もみられる。野幌層は粘土と砂礫の互層からなっており、その間に泥炭層が介在している。土壌型の分布ではBC型土壌(弱乾性褐色森林土)が大半を占め、他にBD型土壌(適潤性褐色森林土)、BE型土壌(弱湿性褐色森林土)、BF型土壌(湿性褐色森林土)、G型土壌(グライ)などがみられる。このうちBC型土壌はササの密生する針葉樹林下および針広混交林下にみられ、堆積腐植はやや乾でF、Hが特別に発達しておらず、また表土(AおよびB層)には著しい堅果状構造が発達しているといわれる

(山本, 1973)。

表土の土性は壤土ないし微砂質壤土で、下層は埴質壤土または非常に粘りの強い埴土ですこぶる緊密である。台地上あるいは尾根緩斜面では、多くの場所で地下水位が高く、不透水層がみられる。さらに沢沿いには砂質を帯びた湿性～適潤土壤もみられ、砂礫を有している場合もある。

2.4 森林相

野幌森林は森林植物帯上からみると温帯北部に近い。明治期からさまざまな人為的影響(森林伐採, 間伐, 下刈り, 植栽, 農地開墾など)を受け、また戦中、戦後の混乱期の伐採とともに明治以来数度の大きな風害(および虫害)を被っている(1918, 1919, 1920, 1936, 1954, 1972, 1981年など)。現在、天然林は全体の68%を占めるが、残りの大半は林業試験場時代の試験林など人工林となっている。天然林はha当り平均蓄積 203 m^3 、年平均成長量 5.35 m^3 である(北海道営林局・札幌営林署 1979)。

野幌森林の植物相や森林群落については館脇・五十嵐(1973)による詳しい研究がある。これによると、森林植生は大部分がオヒョウ、カツラ、ホオノキ、キタコブシ、ナナカマド、アズキナシ、シウリザクラ、イタヤ類(エゾイタヤ、ベニイタヤ、ハウチワカエデ、ヤマモミジ)、シナノキ、ハリギリなどとトドマツとの混生林である。また、地形的にみると沢沿いと湿地にはヤチダモ、ハンノキを主体とした落葉広葉樹林がみられ、尾根上および尾根斜面ではエゾイタヤ、シナノキ、ハルニレ、ベニイタヤ、ミズナラなどからなる落葉広葉樹二次林、およびシラカンパークマイザサ林の存在も認められる。しかし、野幌森林では丘陵の支尾根、尾根斜面および台地上の林床を広く覆っていたチシマザサ、クマイザサなどが1970年頃にほとんど一斉、大面積に自然枯死してしまい、いまだ回復には至っていない。そして、現在トドマツ原生林はまったくといってよいほど姿を消してしまい、館脇・五十嵐(前出)によれば、残存するものも、ほとんどが半自然林(一部は風害;一部は人為による半自然林;また両者の組合せ)の状態であるといわれる。

3. 調査法

調査は(1)根返り状態を調べるため、調査地全体を踏査し、ここ数年間の根返り木を選定した。(2)根返りにより形成されたマウンド上の更新状態は、マウンドおよび更新木のサイズに応じて、次の調査方形区内および周辺に調査マウンドを選定して調べた。また、(3)根返りマウンドを主とした一斉状更新木の分散構造を調べるため、林内に3コの方形区($20\text{ m} \times 20\text{ m}$)を設定した。各々の測定項目は以下の通りである;

- a. 根返り木; 樹高(H), 胸高直径(DBH, D), 根元直径(RD), 樹齡, 根系の拡がり(幅, 高さ), 根返り厚さ, 地下水位高
- b. 根返りマウンド; トドマツ更新木の位置, H, D, RD, 樹齡, マウンドの高さ, 拡が

り (幅, 長さ)

c. 分散構造; 樹高 30 cm 以上のトドマツ生存木および枯死木の位置, H, D (RD), 樹齡, マウンドの位置

なお, トドマツ更新木の分布パターン解析は森下の $I\delta$ 指数 (MORISITA, 1956) を使用し,

表-1 根返り調査木の要約

Table 1. Quantitative summary of uprooted trees investigated.

Sample No.	H (m)	D (RD) (cm)	Age (year)	TU (cm)	WHU (cm)	VRS (m ³)	WPD (cm)	SHU	Topog.
1	12.5	18.3	28 (0.1 m**)	16	215 *	*	±	(U) C	Upland
2	14.0	23.0	*	43	240 120	0.97	7	//	//
3	15.4	29.6	*	20	111 75	0.13	±	//	//
4	16.0	30.0	*	20	340 150	0.80	5	//	//
5	18.0	35.0	*	45	280 170	1.68	8	//	//
6	18.0	40.0	*	83	290 130	2.46	±	C ₂	//
7	18.2	37.0	*	38	220 115	0.76	±	(U) C	//
8	19.0	35.0	*	27	240 130	0.66	±	B-C	//
9	19.0	42.0	76 (1.0 m)	51	312 230	2.88	12	(U) C	//
10	19.0	52.5	96 (1.0 m)	28	380 280	2.34	15	B-C	//
11	19.2	40.0	*	29	260 140	0.83	±	(U) C	//
12	19.2	43.0	*	30	300 190	1.34	6	//	//
13	19.5	28.0	61 (1.0 m)	42	240 180	1.42	10	//	//
14	20.1	34.0	98 (0.0 m)	54	120 95	0.49	-	B-C	Valley
15	20.5	38.2	*	69	300 180	2.93	25	(U) C	Upland
16	20.7	40.0	*	35	330 185	1.68	5	//	//
17	21.1	58.0	60 (0.2 m)	32	440 190	2.10	0.5	//	//
18	21.2	56.0	*	40	440 190	2.62	±	//	//
19	21.5	48.0	*	35	300 190	1.57	15	//	//
20	21.6	36.0	93 (0.5 m)	31	340 185	1.53	4	//	//
21	22.1	38.0	93 (1.3 m)	41	300 170	1.64	±	//	//
22	22.5	33.0	45 (0.3 m)	42	330 190	1.29	0.5	B-C	//
23	23.7	62.0	60 (0.2 m)	32	380 185	1.77	±	(U) C	//
24	24.1	47.0	103 (1.3 m)	45	250 130	1.15	-	//	//
25	24.2	59.0	*	39	350 190	2.04	3	//	//
26	24.6	42.0	*	57	180 105	0.84	-	//	Valley
27	25.0	54.0	*	38	280 210	1.76	±	//	Upland
28	26.0	54.0	108 (1.3 m)	70	300 230	3.79	±	//	//
29	*(Stump) (57.0)		119 (0.5 m)	35	280 140	*	8	//	//
30	*(//) (75.0)		91 (1.2 m)	32	* *	*	25	//	//

H: Tree height, D: Diameter at breast high, RD: Diameter at ground level, TU: Thickness of uproot, WHU: Width and height of uproot, VRS: Volume of rootsystem and soil removed by uprooting, WPD: Depth of small water pond by uprooting, SHU: Soil horizon under uproot, (U)C: Upper part of C-horizon, B-C: Boundary between B- and C-horizon, *: not measured, **: Height measured at ground level.

低木層 (8 m 未満, 2 m 未満の個体はほとんどみられず, 実質的には 2 m 以上), 亜高木層 (8 m 以上, 15 m 未満), および高木層 (15 m 以上) の三層に分けて行なった。ただし, 個体数が数個体と僅少の場合には $I\delta$ 値は計算しなかった。

4. 結 果

4.1 根 返 り 木

表-1 はトドマツ根返り木についての測定結果である。調査木の大半は台地上および尾根上緩斜面で得られた。表-1 から根系の厚さはおおよそ 30~50 cm の範囲に集中していた。根系の最深部は B 層下部から C 層上部にあたるが, この C 層は埴質壤土または粘りの強い埴土ですこぶる緊密のため不透水層を形成している場合が多く, 根返り跡地では滞水しているものが過半を占めていた。このため根系は C 層に侵入分布することが少なく, 支持根はこの不透水層を界に水平に拡がり, 偏平状をなしていた。根系の拡がり (注: 根返りの裏面からわかる。) は偏形状で円形を示すものが少なく, このことから, ある方向の風に対する抵抗性が弱かったことが推測される。また, 全調査木は根上り形態を示し, これらがかつての根返りマウンドや微凸

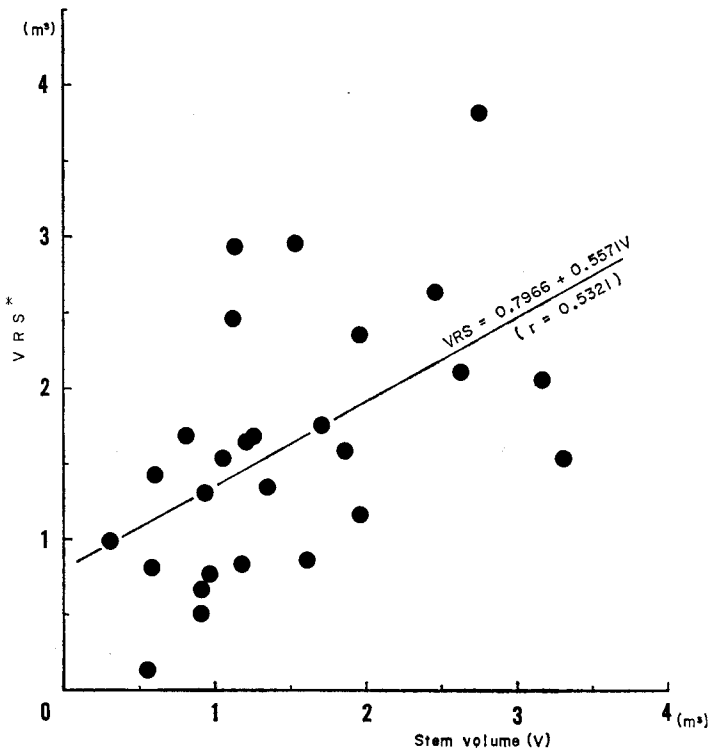


図-2 トドマツ根返り木の幹材積—根返り地下部容積関係図

Fig. 2. The relation between stem volume and uprooting volume of uprooted Sakhalin fir.

型地形に定着していたことを示唆していた。図-2はトドマツ根返り木の幹材積—根返り地下部容積関係を示したもので、幹材積が大きくなるほど、言い換えれば樹高、胸高直径の大きな個体ほど根返り地下部容積が大きくなり、それだけ次に述べる根返りマウンドの高さや幅、容積が大きくなることを示している。

4.2 根返りマウンドとトドマツ更新木

表-2は根返りマウンドとその上に成立した更新木についての測定結果の要約である。表-2からマウンドの広がりには水平面積で1.86~11.16 m²とさまざまであるが、マウンドの高さは全体として20~50 cmの範囲に集中していた。更新木の樹齢はある一つのマウンドをとっても同齢ではなく、最大32年の年齢幅をもつマウンドもあり、各マウンドがかなり長期に亘って発芽床として機能したことを示している。更新木個体数とマウンドの高さ、面積との間には明ら

表-2 根返りマウンドと更新木の要約

Table 2. Quantitative summary of uprooted mounds and regenerated trees of Sakhalin fir on them.

Mound No.	Mound			Regenerated trees				
	Area (m ²)	Height (cm)	Volume (m ³)	Number*	Max. H (m)	Max. D (RD) (cm)	Stem Volume (m ³)	Age at 0.0 m (year)
1	3.20	33.0	0.46	14	0.13	(0.3)	0.00	1-5
2	5.65	55.5	1.10	6	0.18	(0.5)	0.00	1-5
3	9.01	118.5	4.05	1 (6)	0.60	(0.8)	0.00	—
4	6.51	57.0	1.58	5 (2)	0.92	(1.1)	0.00	34-38
5	7.98	21.0	1.14	10 (2)	1.20	(3.0)	0.15	—
6	6.80	73.5	2.24	2 (9)	8.55	10.2	0.05	23-25
7	3.03	25.5	0.28	2 (1)	8.78	8.3	0.03	19-27
8	4.15	48.5	1.09	4 (1)	9.03	9.4	0.07	18-25
9	9.60	33.5	1.84	15 (4)	10.20	10.5	0.20	24-56
10	3.43	20.5	0.35	4 (1)	10.70	15.3	0.30	17-31
11	11.16	52.0	2.18	7 (1)	14.50	17.5	0.51	25-41
12	4.03	29.5	0.51	2	15.00	17.5	0.37	42-48
13	4.76	16.0	0.46	3	15.00	20.7	0.59	26-36
14	2.14	30.0	0.25	1	15.50	22.6	0.31	36
15	3.56	20.0	0.26	1	16.00	18.8	0.24	29-39
16	2.51	35.0	0.32	3	16.00	21.3	0.60	40-45
17	7.00	34.5	0.71	3	16.00	26.4	1.13	28-43
18	7.30	45.0	1.29	7	16.50	1.80	0.43	28-33
19	2.87	23.0	0.30	1	17.00	28.6	0.53	47
20	6.74	40.5	0.97	2	17.00	29.3	0.97	40-45
21	1.86	17.0	0.12	1	18.00	22.3	0.35	30-40
22	7.09	30.5	0.84	1	18.00	44.9	1.40	73

(*)*, dead tree.

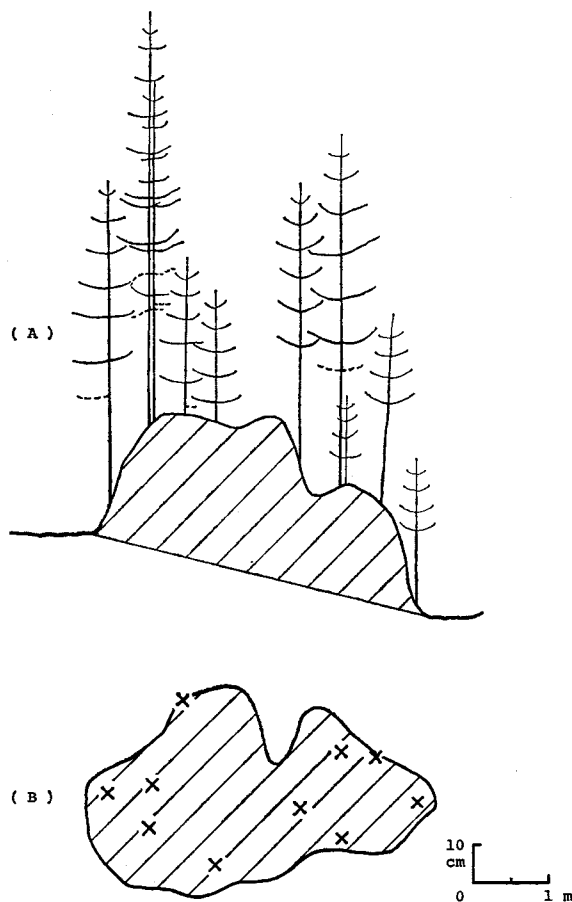


図-3 根上りマウンド断面およびトドマツ更新木分布図

Fig. 3. Transection diagram of uprooted mound (A) and dispersion diagram of succeeding trees of Sakhalin fir on it (B).

表-3 1919年の風害跡地における更新木の要約

Table 3. Quantitative summary of Sakhalin fir regenerated on uprooted mounds after destruction by the heavy storm damage in 1919.

Sample No.	H (m)	D (cm)	Age (year)	Mound area (m ²)
1	9.56	11.6	52	3.53
2	10.25	7.9	51	3.53
3	10.40	11.1	58	1.08
4	10.80	14.2	54	3.74
5	13.20	13.4	46	1.43
6	14.35	12.4	47	1.12
7	14.43	13.5	55	0.94
8	15.20	12.9	56	5.03
9	15.70	16.3	62	2.32
10	15.80	13.8	57	0.66

かな相関はみられなかったが、最大樹齢と単位マウンド容積 (m³) 当り生立トドマツ個体数との間には、全体的に樹齢の増加にともないある程度まで個体数も減少してゆく傾向を示した。

図-3はこれら根返りマウンド上の更新木の配置の一例である。更新木は峰部分を除きマウンド全体にランダムに分布しており、生立場所の偏りがありみられないのが特徴であった。また、マウンド下のピットにはまったくといってよいほど更新木はみられなかった。

表-3は根返り後、更新木の定着しうる根返りマウンドが形成されるまでの時間経過を知る目的で、台地上で1919年の大風害跡地のマウンド上更新木について行なった測定結果である。10カ所のマウンドとも更新木の樹齢は必ずしも一致しなかったが、平均約15 (±10) 年を数えた。このことは根返り後根張り高が低下し、発芽床として適した初期マウンドとなるのに約15

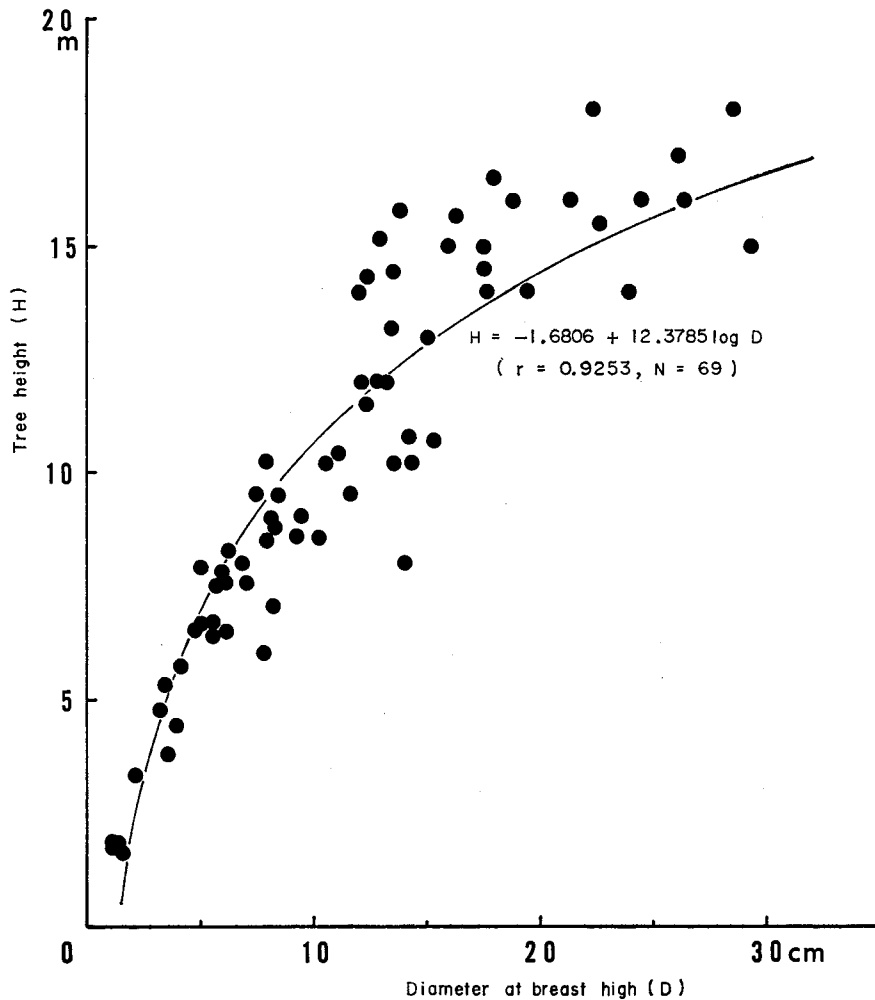


図-4 トドマツ更新木の胸高直径-樹高関係

Fig. 4. The relation between D and H of succeeding trees of Sakhalin fir on uprooted mound.

年を必要としたことを示している。

図-4は根返りマウンド上の更新木のD-H関係図である。生物の一般的な生長曲線であるロジスティック曲線に近く、全体として順調な生長傾向を示しており、全道の天然生トドマツ林収穫予想表(森林計画研究会北海道林務部支部, 1960)とくらべても、現時点での生長の極端な鈍化傾向はみられなかった。図上でいわゆるS字型とならなかったのは、試料木が既に胸高以上の樹高に達し、D-Hの生長が揃ってきたためと考えられる。しかし、胸高直径約15cmまでの範囲では樹高生長も順調で立ち上がり早く直線性を示すが、これを過ぎると樹高生長がやや緩慢となっており、全体的には対数回帰式で近似された。この近似式は $H = -1.6806 + 12.3785 \log D$ (相関係数 $r = 0.9253$, 標本個体数 $N = 69$)であった。

4.3 階層構造

図-5は得られた3個の方形区[Q1], [Q2]および[Q3]の階層図(Iro, 1979)である。各区とも少数の腐朽倒木と痕株上更新木その他、微凸地表面上の更新木もみられたが、大半は根返りマウンド上の更新木であった。

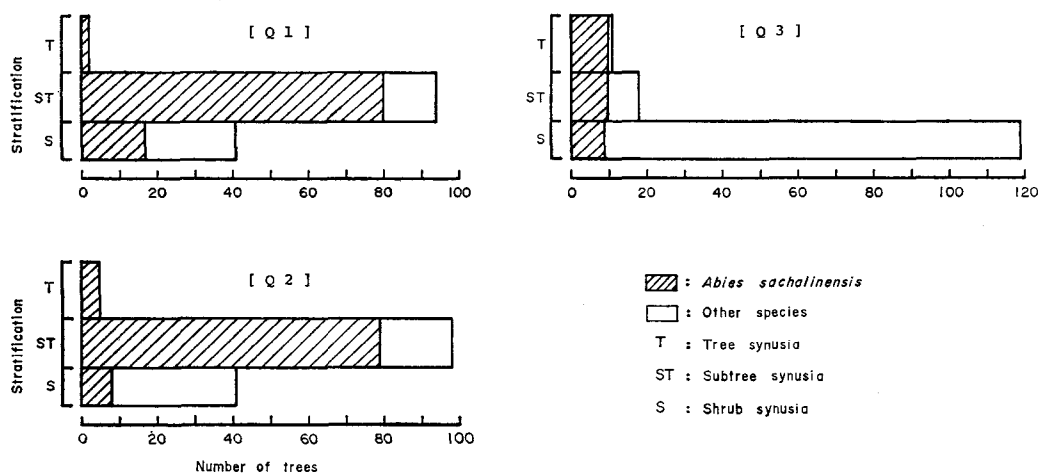


図-5 3個の調査方形区の階層構造図

Fig. 5. Stratification diagrams of 3 quadrats.

各方形区とも種類構成の上ではトドマツを除き優占種はみられず、[Q1]では17種、[Q2]は18種、[Q3]は18種とほとんど変わらずミズナラ、アオダモ、シナノキ、ナナカマド、ベニイタヤ、ミズナラ、ハリギリ、キタコブシ、ハウチワカエデなどが各区とも比較的多くみられた。

これをトドマツについてみると[Q1]および[Q2]は亜高木層で全個体数の68~86%と多数を占め、階層型では共通のD型を示した。一方、[Q3]は高木・亜高木および低木層の個体数がほとんど変わらないI型を示した。各方形区は近接しており、このうち[Q1]と[Q2]はほぼ同齢である。各区の H_{max} , D_{max} , 林齢は次の通りである。

[Q 1]: H_{\max} 16.5 m, D_{\max} 21.6 cm, 林齢約 75 年, 一斉状トドマツ林。

[Q 2]: H_{\max} 15.2 m, D_{\max} 22.2 cm, 林齢約 75 年, 一斉状トドマツ林。

[Q 3]: H_{\max} 24.0 m, D_{\max} 54.0 cm, 林齢約 130 年, 残存トドマツ上層木を交えた連続層林だが, 亜高木層・低木層はトドマツが一斉状に更新。

以上の階層型, H_{\max} , D_{\max} , 林齢から各区の推移の方向は [Q 1]⇌[Q 2] (D 型)→[Q 3] (I 型) で, [Q 1] および [Q 2] は更新の中期, [Q 3] は後期段階とみなされた。

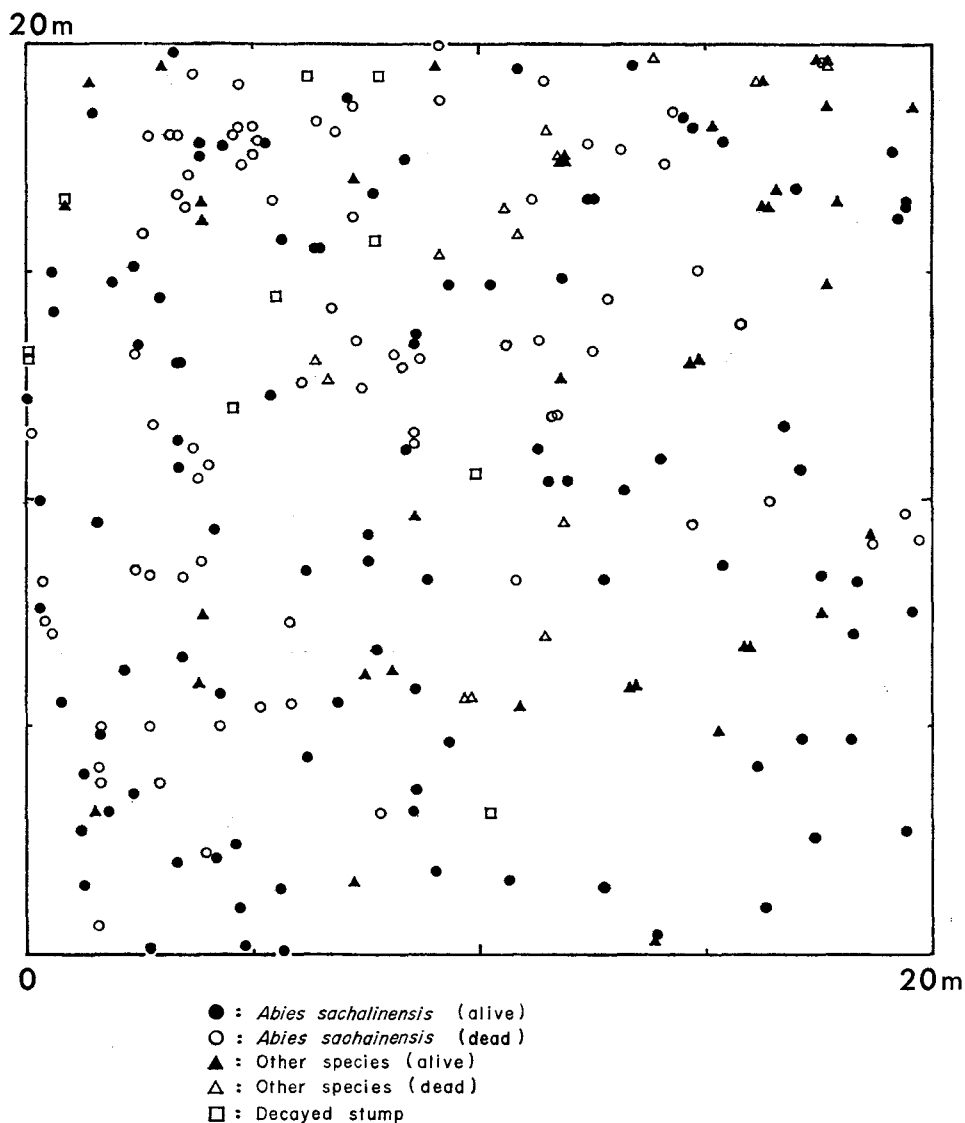


図-6 [Q 1] 方形区の分散図

Fig. 6. Dispersion diagram of [Q 1] quadrat. The introductory remarks used in this figure are applied to the following figures.

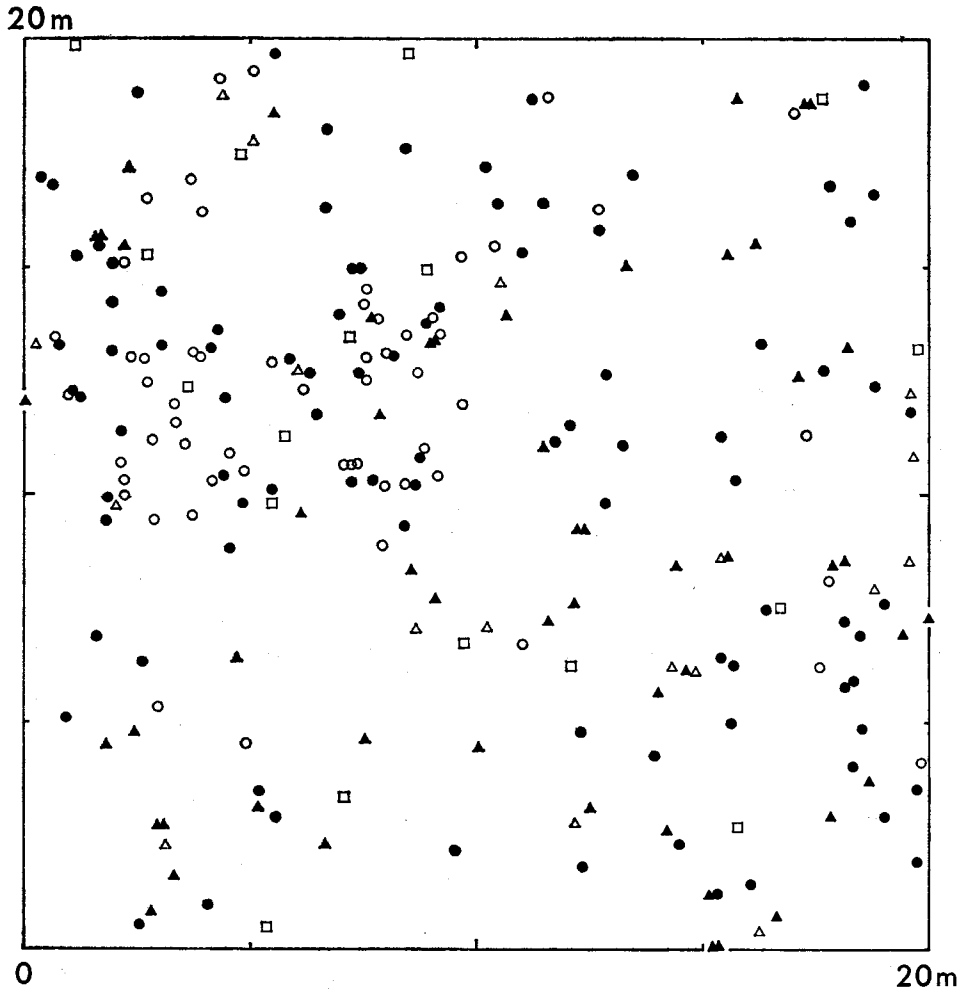


図-7 [Q2] 方形区の分散図

Fig. 7. Dispersion diagram of [Q2] quadrat.

4.4 分散構造

図-6~8は同じく [Q1], [Q2] および [Q3] から得られた全個体の分散図である。図-9は各方形区の分散図から得られたトドマツの階層（高木層，亜高木層，低木層）毎の $I\delta$ -面積曲線である。各階層の分布パターンをみると [Q1]~[Q3] とも低木層では集中性の傾向を示したが，亜高木層では [Q1] が明瞭なランダム分布，[Q2] がほぼランダムな分布の傾向を示し，[Q3] だけが集中性の傾向を示した。高木層は [Q3] だけが計算可能な個体数をもち，ランダム分布の傾向を示した。集中斑は [Q1], [Q2] とも低木層でかなり明瞭で，大きさは [Q1] が $(10.0 \times 10.0) \text{ m}^2$ ，[Q2] が $(5.0 \times 10.0) \text{ m}^2$ であった。[Q3] は低木層，亜高木層ともかなり明瞭な集中斑をもち，その大きさは低木層で $(10.0 \times 10.0) \text{ m}^2$ ，亜高木層では $(5.0 \times 5.0) \text{ m}^2$ と $(10.0 \times 10.0) \text{ m}^2$ の二つであった。

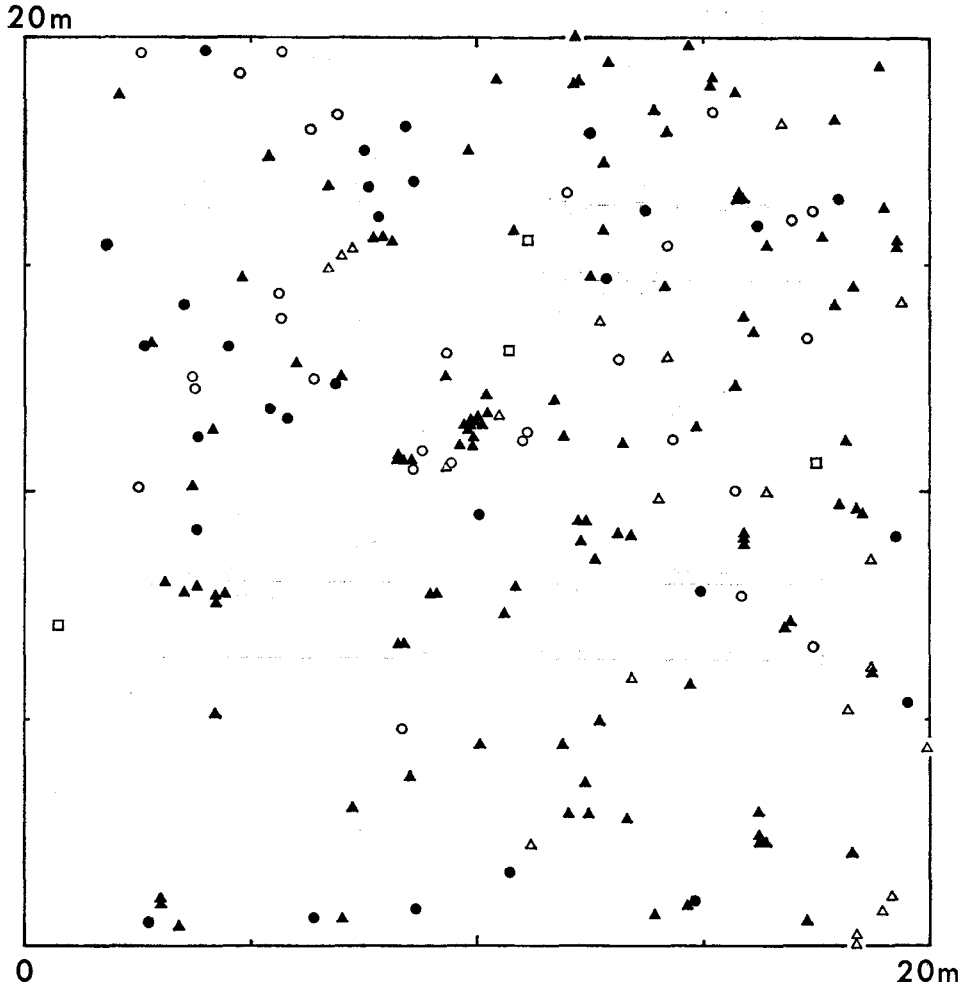


図-8 [Q3] 方形区の分散図

Fig. 8. Dispersion diagram of [Q3] quadrat.

次に、3方形区のトドマツ生存木、枯死木個体がいずれも樹齢20年を越え、少なくとも20年前には生存木であり、しかもこれら枯死木個体が現在もその位置関係が明らかであることから、20年前のトドマツ個体の分布パターンを同様に $I\delta$ 値を計算で求め推定した。図-10はこれら20年前のトドマツ生存木、この20年間の枯死木、および現在の生存木個体についての $I\delta$ -面積曲線である。図-10から当時(20年前)は[Q1]~[Q3]の各区とも集中性の傾向を示しており、その傾向は現在の生存木の場合よりも一層顕著であった。集中斑の大きさは[Q1]では判然としないが、[Q2]および[Q3]ではかなり明瞭で、その大きさはどちらも $(10.0 \times 10.0) \text{ m}^2$ であった。

これを現在と比較すると、[Q1]は20年間に枯死木個体が徐々に出現し、新規の更新木の参入がないため集中斑を広げるところか、逆に集中性の傾向を低下させ、ランダム分布に近づ

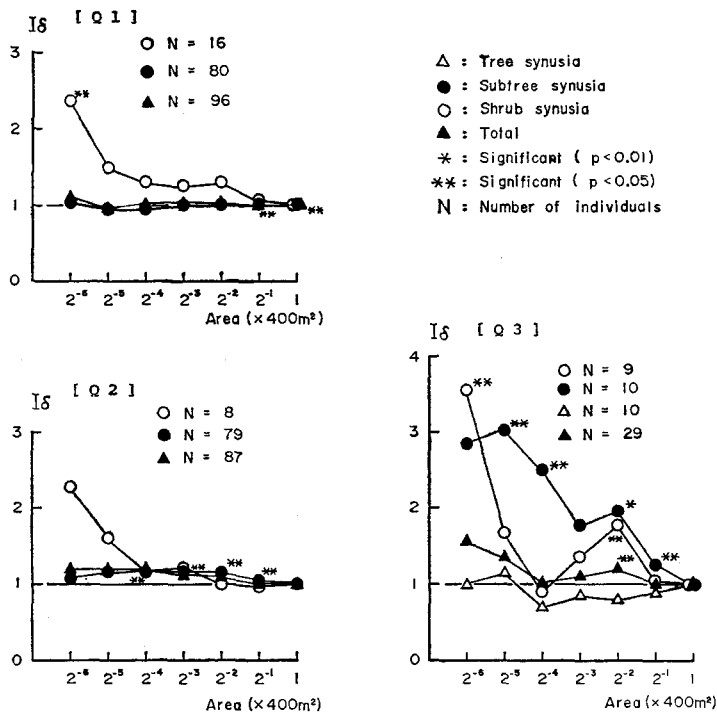


図-9 トドマツ生存木の $I\delta$ -面積曲線

Fig. 9. $I\delta$ -area curve of alive Sakhalin fir in each quadrat.

いた。[Q2]も同様で、かつては(10.0×10.0) m²の明瞭な集中斑を有していたが、枯死木個体が集中斑をもって出現したために現在の生存木の分布パターンはかなりランダムな分布に近づいている。[Q3]も[Q2]と同様に(10.0×10.0) m²の集中斑を有していたが枯死木個体が集中斑をもって出現したため、現在の生存木の分布はやや集中性の傾向を低下させた。しかし、集中斑の大きさの方は(10.0×10.0) m²と(2.5×5.0) m²の二つとなった。

このように[Q1]~[Q3]とも、20年前には全体として集中性の傾向がかなり強かったが、この20年間に枯死木個体が集中斑をもって出現したため、[Q1]と[Q2]ではランダム分布化が一層進んだ。[Q3]でも集中性傾向は低下し、かつての集中斑は維持されながらも二つの大きさに分解したといえる。

5. 考察と結論

5.1 根回りマウンド上のトドマツ更新

石原ら(1939)は野幌におけるトドマツ風倒木の根系と土壌性に関する調査から、土壌性が根系の発達に極めて関係深いことを明らかにしている。トドマツは概して深根性樹種といわれるが、野幌森林では広く台地上や尾根上緩斜面の地下約25~45 cmから埴壤土や埴土からなる不透水層が存在している。この不透水層の境界部では滞水し土壌が過湿状態となるため(殊

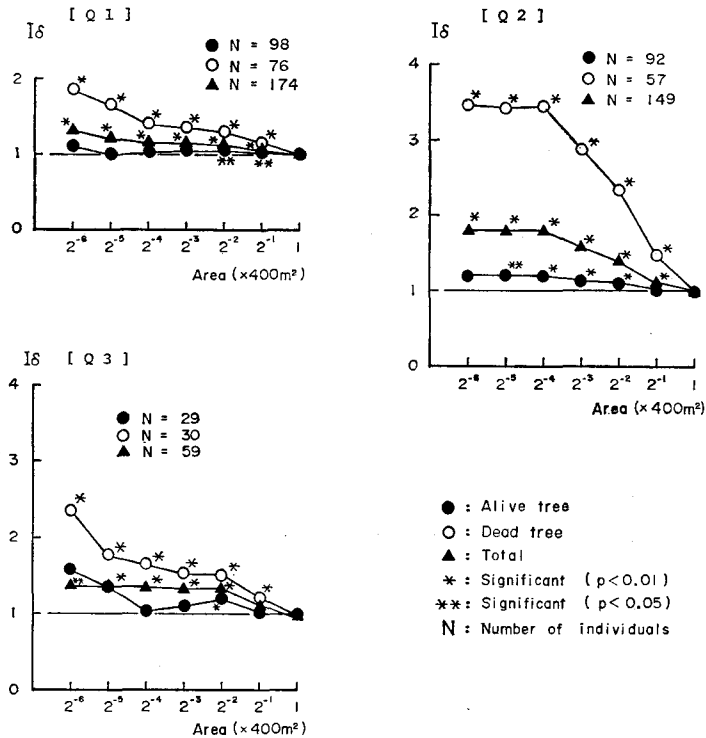


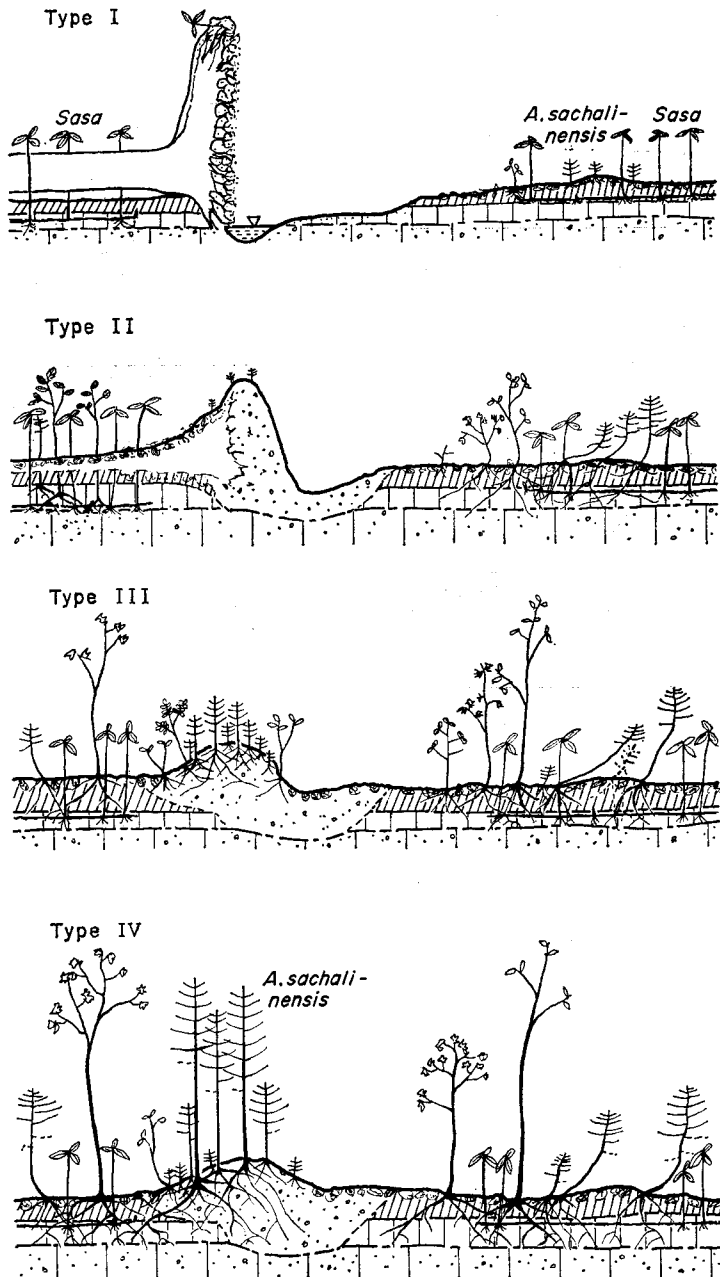
図-10 枯死木を含むトドマツの Iδ-面積曲線

Fig. 10. Iδ-area curve of Sakhalin fir including dead trees in each quadrat.

に融雪後の春季や大雨の後など長期にわたる。), 根系は不透水層下にはほとんど入らず, また細根があまり伸びずに千鳥足状となりやすい。森林上層では全体にトドマツが多数を占めるが, これらは最上層に達した時に強風の影響を大きく受け, また根張りが不透水層の存在により扁平かつ偏在・偏形していることが, ある方向の強風に弱く, 根返りが生じる主因と考えられる。

根返り後は, 土壌侵食一流出と根系の腐朽により全体に根張り高が低下してゆき, 散布トドマツ種子の発芽定着に適した初期マウンドが形成されて初めて“根返りマウンド上更新”が開始される。図-11はこれを模式的に図示したものである。そこでは倒木の樹冠径にみあったギャップ(樹冠空隙)が生じているため, 光条件は良好となる。

初期マウンド形成に要する時間はもちろん根返り木の根張りの形や大きさ, さらには根系の腐朽進行度にもよるが, 調査の結果平均約15年(±10年)であった。表-1~3で得られた結果に, 試料木の樹幹析解結果を加え, 根返り後の時間の経過とマウンドの高さ, 単位マウンド容積当たりトドマツ個体数, 樹高の推移の関係を模式的に示すと図-12のようになるであろう。根返り後平均約15年で, 根張りは雨水, 融雪等による侵食および根系の腐朽により高さが低下するうちに, トドマツ散布種子の発芽一定着が進む。しかし, その後約10年を経て, 遂には腐植層でかなり被覆された, なだらかな丸みを帯びた安定マウンドが形成されるが, ここでは



図—11 根上りマウンドの形成過程模式図

Fig. 11. Schemata of the development of formation stages of uprooted mound.

Type I: Uprooting tree, Type II: Repetition of invasion by seed. Lowering of the height of uproot according to decay and erosion. The establishment of Sakhalin fir saplings can't be seen there. Type III: Formation of stable uprooted mound. The establishment of Sakhalin fir seedlings and saplings can be seen on it. Type IV: Development of succeeding trees of Sakhalin fir.

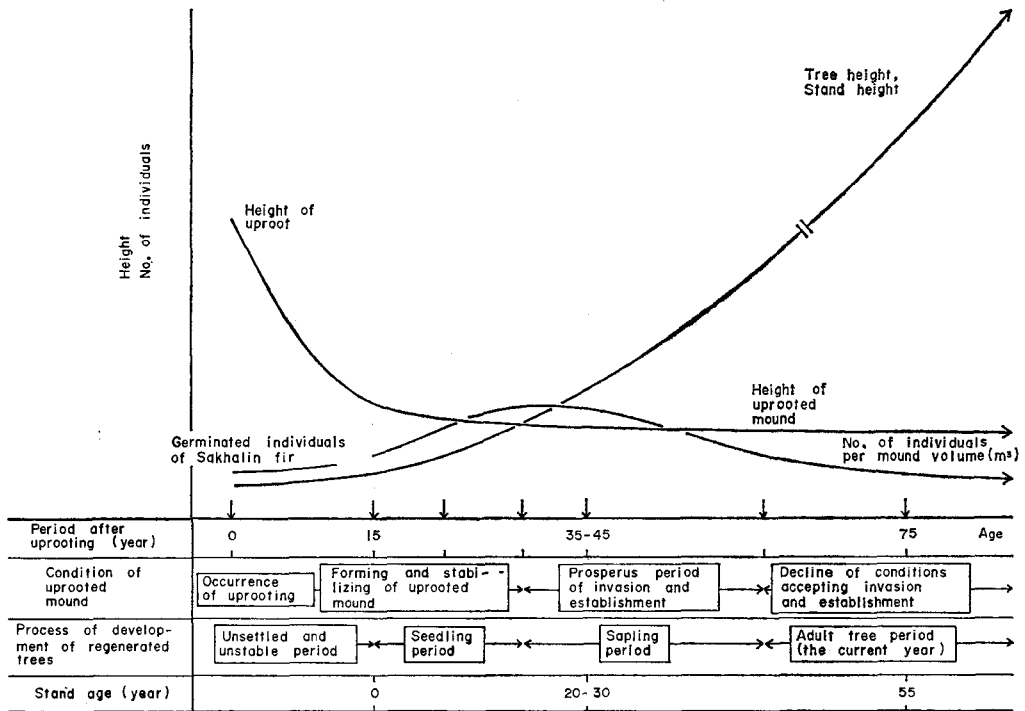


図-12 根上りマウンド上のトドマツの更新過程模式

Fig. 12. Schema showing the establishment process of Sakhalin fir on uprooted mound.

庇陰度が強くなるため、新たなトドマツ散布種子の発芽一定着はほとんどなくなる。初期マウンド上に発芽定着を開始したトドマツ個体数はある時期まで増加をつづけるが、やがて一定数までゆっくりと減少してゆく。一方、樹高は定着後20~30年で約3mとなる。図示しなかったが、それ以後も順調な生長を続けてゆくことは図-4のD-H関係からも十分予想される。

このように根返りによる初期マウンド形成までには約15年を要するが、この間周辺の地表微小凸地での更新は、トドマツにとっては必ずしも容易ではないとみられる。それは未分解腐植層がある程度の厚さで堆積しているため、地表に散布された種子が発芽後これを突き抜けて土壌層に達し定着するのがかなり困難なためである。また、現在ここに定着しえたトドマツ更新木は樹幹の通直なものがほとんどみられず、根元が大きく曲り(あるものはさらには匍形を呈し)、将来の上層木と期待されるものは極めて稀である。林内で10数本の稚樹を掘取り、観察を行なったところ、いずれも根は四方八方へと均等に張らず1~2方向にのみ偏伸長し、また土壌中の不透水層の存在により根系は偏平状をなし、根量もかなり少なく、地上部の多くがほ匍状となっていた。このことは、微小凸地上では稚樹段階で根系が速やかに深部の過湿土壌層に到達するが、根系の発達は不良でT/R比はかなり大きくなり、地上部とのバランスのとれた生長が出来ず、冬期の積雪および春季の融雪により根元曲り一ほ匍が助長されたことを

物語っている。

一方、形成された根返りマウンドの場合は土壌や腐朽根系の反転・攪乱により土壌物理性が改良され (Lutz, 1940), L/W 比も適度に増加し, 石原 (1933) が指摘したような更新初期の枯死・消失から免れうる。そこではトドマツと同時に他の広葉樹の侵入定着も行なわれるが, トドマツの方が幼時の陽樹性とその後の耐陰性をあわせ持つ点で有利となる。トドマツの寿命は服部 (1950) によれば平均寿命 129 年, 最高寿命 280 年を数え, 本林でも上層木の樹齢は 120~130 年, 最高は約 190 年であった (春木・石川, 1983)。樹高および胸高直径も館脇・五十嵐 (1973) が本林でそれぞれ最高 29.0 m, 76 cm を記録しており, 根返りマウンド上の更新木もこの後, 台風などの大きな被害を受けない限り上記の寿命, サイズまでは生長を続けることが可能であろう。こうして根返りマウンド上では, 一時的に広葉樹類がトドマツよりも先に上層に達したとしても, 耐陰性と生長の持続性でこれら広葉樹にまさるトドマツが終局には最上層に優占する森林相へと推移するものと考えられる。[Q1]~[Q3] は今まさにその途中相といえよう。

このような根返りマウンド上更新は, 林内のマウンド上に生立する推定 100 年をはるかに越える大径老木群の存在 (表-1 参照) から, 野幌森林ではかなり長期にわたり行なわれてきたといえる。そして, この更新様式は土壌と深い関係をもち, 野幌や近辺の羊ヶ丘, 白旗山, 島松山山麓, 馬追丘陵の一部などに共通な第四紀更新世野幌層・獅子内層および茂世丑層の砂・礫・シルトおよび粘土からなる地質 (工業技術院地質調査所, 1980) と, ここで生成され土壌性に由来したものと考えられる。このうち, 羊ヶ丘ではトドマツ林が今なお残存している。

以上に述べてきた野幌森林 (トドマツ林) の維持更新機構は次のようである。

時折の大規模な風害により根返り木が数多く発生し, 地形によっては一斉状に皆滅して, 根返り木から形成された根返りマウンド上更新によって一斉林状トドマツ林あるいは広葉樹と混生した複層林となる。この際, 複層林内では前生樹の存在により異齢林を, また一斉状トドマツ林では本報の [Q1]~[Q2] のような同齢林 (多少樹齢の幅はあるが) や [Q3] のようなトドマツ上層木の残存による異齢林 (ただし, 亜高木・低木層はほぼ一斉状同齢。) を形成するものと考えられる。

本報で述べたような根返りマウンド上更新は北米のストロブマツ林でもみられ, GOODLETT (1954) は, 旧氷河により形成された漂石堆積地においても, 次第に成立したストロブマツ林が, 地下 30~60 cm のシルト層の存在と時折のハリケーンの襲来によって根返りマウンド更新が専ら行なわれて, ストロブマツ林の維持更新が続いてきたことを明らかにしている。しかし, 19 世紀に始まった森林伐採により根返りおよび根返りマウンド形成は抑えられ, 広葉樹二次林と化し, ストロブマツ林は姿を消してしまったと述べている。

野幌でもこれと同様に, 明治期以降現在まで開拓や伐採の影響を大きく受けてきた。殊に近年はトドマツ林の衰退現象が顕著となり, 現況と衰退要因等について調査が続けられている

（石川・春木・伊藤 1981, 春木・石川 1983, 伊藤 1983, 石川 1983）。これらの結果と合わせ考えると、さまざまな Human impact が部分的にはトドマツの更新場所と母樹を減少させ、野幌トドマツ林が本来もっていた維持更新機構をかなり縮小・変形させつつあると考えられる。

5.2 分散パターン

これまでトドマツと広葉樹の混生する複層林での分散パターンについては、高木層でトドマツがランダム分布する場合（春木・石川, 1983）と高木・亜高木層で集中分布する例（石塚, 1980）が報告されているが、本報のような一斉林状トドマツ林の分散パターンについてはあまり知られていない。

[Q 1], [Q 2] および [Q 3] の各区とも樹高 0.3~3 m の幼稚樹をほとんど欠如しているが、これは林内が強くうっ閉されているため、長期に亘って発芽しても稚樹段階に到達するものはほとんどなかったことによるとみられる。このような一斉林状を呈する林分では、更新初期に侵入定着した個体を中心に個体数を増し、最小集中斑を形成し、その後それらいくつかの個体で作る集中斑の拡大が行なわれた頃には、うっ閉が強まり後続の侵入一定着個体はかなり少なかったと考えられる。その後は定着個体間の競争による枯死木個体の出現により、低木層では集中斑が次第に分解してゆくことになる。方形区 [Q 1]~[Q 3] はいずれも現在トドマツ個体の分布パターンはまだ低木層で集中性の傾向を示し、集中斑も明瞭である。しかし、亜高木層では [Q 1], [Q 2] ともランダムな分布傾向を示す。これら [Q 1], [Q 2] よりも林分推移の進んだ [Q 3] は亜高木層でも集中性の傾向を示し、明瞭な集中斑を有するが、高木層ではランダムな分布傾向を示している。各階層の高さは便宜的に定めたが、得られた結果から、より上の層に出現する個体が、下の集中斑をもつ層からランダムに出現している点は共通している。樹齢解析の結果を交えると、各階層の分布パターンと経過年数との関係は図-13 のように表わされる。この場合、全個体が同年に発芽一定着したものではないので経過年数は平均値である。またトドマツは耐陰性が強いので集中斑の分解はそれほど早くはないし、殊に低木層から亜高木層へ進むまでの経過年数は多く、40~50 年を要する。しかし、亜高木層から高木層までの生長は順調で約 20 年ほどで高木層に達する。

図-13 に示したように、まず低木層から亜高木層へ進む個体がランダムに出現する。やがて亜高木層へ進んだ個体数は増加して集中斑を示すようになる。同時に亜高木層から高木層へ進む個体がランダムに出現する、といった推移を辿ったものと考えられる。ここでは [Q 1]~[Q 3] とも全体に個体数は豊富で、かつ上述したように耐陰性が強く枯死による集中斑の分解はゆるやかなため、[Q 3] のように高木層でランダム分布し、亜高木層、低木層とも未だ集中斑を有しているケースもみられたのであろう。しかし、高木層での個体数増加により分布パターンがその後集中分布を経てどのように推移するかについては、今後の追跡調査の結果をまたねばならない。

次に、本調査では [Q 1]~[Q 3] 方形区における約 20 年前当時のトドマツ生存木の分布パ

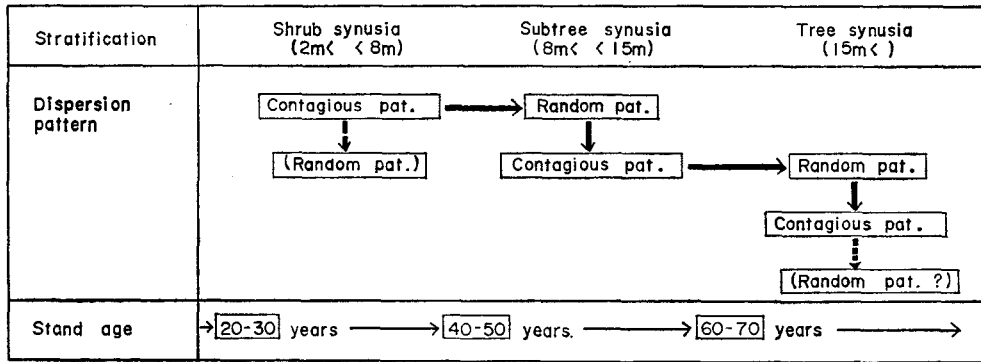


図-13 一斉状更新によるトドマツの各階層間の分布パターン推移

Fig. 13. Flow of dispersion pattern in each stratification of Sakhalin fir regenerated in [Q1]~[Q3] quadrats of uniform-stand type.

ターンの復元を試みた。これは階層毎には分けられなかったため、全体としての分布パターンである。各区とも枯死木の分布は集中性の傾向を示しており、枯死木個体が20年間に徐々に集中斑をもって出現したことを物語っている。一方新規の更新木の参入がみられないため、生存木個体の集中性の傾向は低下し、現在はかなりランダムな分布に近づきつつあるといえよう。これらの枯死木は大半が低木層に分布するものであることを考慮すると、低木層の分布パターンのランダム化はこの20年間に、枯死木の集中分布傾向と相まって、かなり急速に進んだものとみられる。

以上のように、根返りマウンド上のトドマツ更新については、個体数減少や生長過程に作用する要因、広葉樹との競争関係など多くの問題が残されている。しかし、野幌トドマツ林は今回の調査結果でみる限り、台地上や尾根緩斜面上で地質—土壌性に由来した根返りマウンドが痕株と同様に、他の地表面微小凸地、腐朽倒木上などに比べ、発芽床—更新場所として有利な面を多くもっており、独特の更新様式を維持してきたものと結論される。

風害の頻発による森林の大量倒壊、一斉状更新のみられる北海道では根返りマウンド上更新はかなり普遍的なものと考えられ、今後はこの更新メカニズムの詳細な解明に関心が向けられねばならない。

要 約

1. 本報告は、1983-1984年に行なった北海道野幌国有林におけるトドマツの根返り跡更新過程に関する調査報告である。

2. トドマツの根返りは北海道では特異な現象ではないが、野幌森林では一般的に地下水位がかなり高いため、風害後にしばしば生じる。

3. 根返り後のトドマツ更新過程は図-12のように示された。根返り後は、根張り高が低

下してゆき、平均約15年でトドマツ散布種子の発芽、定着に適する初期根返りマウンドが形成される、更に約10年にわたり発芽一定着のマウンドとして機能する。

4. 根返りマウンド上に更新したトドマツ稚樹の樹幹は、地表面に更新したものに比べ、概して通直で後継樹として有望である。これは、更新場所の違いからくる根系の発達の違いによると考えられる。

5. 根返りマウンド上更新を主体とする一斉状トドマツ林分において、現在と約20年前当時のトドマツ個体の分散構造を、森下の I_0 指数を用いて解析した。これにより図-13に示したように低木層、亜高木層および高木層における分布パターンの推移の過程が推定された。

6. このような根返りマウンド上更新は、野幌森林における一斉状トドマツ林、および落葉広葉樹との複層型混生林を維持する上で、重要な更新様式であったことが注目される。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、終始有益な助言と御指導を賜った、北海道大学大学院環境科学研究科生態系管理学講座教授伊藤浩司博士に深甚なる謝意を表す。現地調査に当っては北海道営林局技術開発室ならびに札幌営林署各位の御協力を得た。ここに記して感謝の意を表す次第である。

文 献

- GOODLETT, J. C. 1954: Vegetation adjacent to the border of the Wisconsin drift in Porter County, Pennsylvania. *Harvard forest Bul. No. 25*, 93 pp.
- 春木雅寛 1982: 十勝川源流部原生自然環境保全地域のエゾマツ、トドマツの倒木更新過程. 環境庁委託十勝川源流部原生自然環境保全地域調査報告書, 219-230, 日本自然保護協会.
- 春木雅寛・石川幸男 1983: 野幌国有林(野幌自然休養林)の現況調査. 「都市近郊における森林の維持管理と施業法」(中間報告), 1-77, 北海道営林局.
- 服部正相 1950: 北海道北部山岳地帯の原生林に関する研究. 北海道林業試験場報告, No. 19, 194 pp+4 図版.
- 北海道営林局・札幌営林署 1979: 野幌の森林. 64 pp.
- 石原供三 1933: 天然林に於けるトドマツ稚樹の消長と森林土壌との関係に対する研究. 北海道林業試験場報告, No. 12, 1-169.
- 石原供三・松井善喜 1939: 根系より見たるトドマツの育林的考察. 昭和13年日林講集, 114-137.
- 石川幸男 1983: 野幌自然休養林の階層と分散構造. 第30回日本生態学会講演要旨集, 114.
- 石川幸男・春木雅寛・伊藤浩司 1981: 野幌トドマツ林の保全に関する研究. 日林北支講, 30, 246-248.
- 石塚森吉 1980: 針広混交天然林の構造と動態 一定山溪における解析から一. 「天然林における樹群構造と更新の解析」(中間報告), 79-100, 北海道営林局.
- 伊藤浩司 1983: 考察と展望. 「都市近郊における森林の維持管理と施業法」(中間報告), 79-103, 北海道営林局.
- 工業技術院地質調査所 1980: 20万分の1地質図 札幌.
- LUTZ, H. J. 1940: Disturbance of forest soil resulting from the uprooting of trees. *Yale University School of Forestry, Bul. No. 45*, 37 pp+ill. 9.
- 増田久夫 1983: 北海道積雪分布図(平均最深). 新技術情報 No. 6, 林業試験場北海道支場.
- 松井善喜編著 1962: とどまつ施業編. 北方林業叢書 21, 137 pp. 北方林業会.

- MORISITA, M. 1959: Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. E (Biol.), 2: 215-235.
- 夏目俊二 1984: エゾマツ更新の立地条件と初期生長に関する研究. 北海道大学学位論文, 198 pp.
- 夏目俊二・松田 彊 1980: エゾマツの天然更新に関する研究 (III) 一根返り跡地における生育状況一. 日林北支講, 29: 49-51.
- 森林計画研究会北海道林務部支部 1960: 北海道の主要樹種林分収穫表. 80 pp.
- 鈴木秀夫 1962: 日本の気候区分. 地理学評論, 35: 205-211.
- 田中祐一 1934: 邦領樺太北部幌登山に於けるエゾマツ, トドマツ一斉林の成立に関する考察. 九大農演研報, 6: 1-106.
- 館脇 操・五十嵐恒夫 1973: 北海道石狩国野幌森林の植物学的研究. 355 pp. 札幌営林局.
- 山本 肇 1973: 土壌および土壌調査. 「北海道石狩国野幌森林の植物学的研究」(館脇 操・五十嵐恒夫), 2+68-72, 札幌営林局.

Summary

In the present paper, the regeneration process on ground of uprooted trees was studied in the Nopporo forest as a case study of Sakhalin fir (*Abies sachalinensis*) in 1983-1984.

(1) In general, the uprooting trees of Sakhalin fir can be seen here easily after frequent storm damages, because the ground water table is rather high in the Nopporo forest, although the uprooting is not so peculiar phenomenon in Hokkaido.

(2) The regeneration processes after uprooting were presumed as shown in Fig. 12. After uprooting, the height of root swelling lowers and the initial uprooted mound suited to the germination and establishment by seeds of Sakhalin fir is formed during about 15 years on the average.

(3) Most stems of Sakhalin fir saplings regenerated on such a mound are straight, which grow up into upper stories in compare with others regenerated on surface. It is supposed to be owing to the difference of development of rootsystems corresponded with the ground water table.

(4) The MORISITA's I-delta index was calculated to compare with what they were alive before about 20 years, in relation to the distributional patterns of individuals in 3 uniform Sakhalin fir stands. In this point, the development processes of dispersion pattern in each stratification defined were estimated as seen in Fig. 13.

(5) In views of regeneration, it should be noted that such a uprooted-mound regeneration was an important mode to maintain the uniform Sakhalin fir stands and the compound storied mixed stands in the Nopporo forest.



写真一1 トドマツと広葉樹の択伐型混生林
(June 1984)

Photo. 1. Selection-type stand composed of *Abies sachalinensis* (Sakhalin fir) and broad-leaf species in the Nopporo forest.



写真一2 トドマツ根返り木の根系
(Nov. 1983)

Photo. 2. Root system of uprooted Sakhalin fir. Small water hole can be seen in the pit. The scale shows 1 m in length.



写真—3 根返りマウンド上のトドマツ更新稚樹 (June 1984)

Photo. 3. Saplings of Sakhalin fir regenerated on the uprooted mound.
The scale shows 50 cm in length.



写真—4 同上。稚樹の樹高生長は順調である。樹幹は通直で、樹冠も傘形ではない。(June 1984)

Photo. 4. Ditto. Saplings are growing smoothly. The stems are straight, and the crowns are not in umbrella-shape.



写真—5 根返りマウンド上のトドマツ後継木 (June 1984)

Photo. 5. Succeeding trees of Sakhalin fir on the uprooted mound.



写真—6 根返りマウンド上更新による一斉林状のトドマツ壮齡林 (June 1984)

Photo. 6. Uniform-type stand of middle-aged Sakhalin fir regenerated on uprooted mounds.



写真—7 複層林分で根返りマウンドにより群状更新中のトドマツ (June 1984)

Photo. 7. Succeeding Sakhalin fir group regenerated on the uprooted mounds.



写真—8 択伐型林分における根返りマウンド上更新のトドマツ老齢木 (June 1984)

Photo. 8. Over-matured Sakhalin fir regenerated on a uprooted mound in the selection-type stand. The scale on the root shows 50 cm in length.



写真-9 地表面微小凸地上に発芽定着中の稚苗類 (June 1984)

Photo. 9. Seedlings regenerated on a convex-shaped micro-relief on surface.
The scale shows 50 cm in length.



写真-10 根系の発達不良と積雪により根元が曲り、ほ旬状を呈する
地表面微小凸地上のトドマツ更新樹 (June 1984)

Photo. 10. Sapling of Sakhalin fir regenerated on a convex-shaped micro-relief on surface. Most of tree stems have been bent at the base owing to the snow cover and the arrest of development of root system because of the high ground water table. The scales show 50 cm in length.