



Title	天北地方における海岸砂丘の火山灰層と天然林成立の関係
Author(s)	斎藤, 新一郎; SAITO, Shin-ichiro; 東, 三郎 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 28(2), 421-471
Issue Date	1971-12
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/20892">https://hdl.handle.net/2115/20892</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	28(2)_P421-471.pdf



# 天北地方における海岸砂丘の 火山灰層と天然林成立の関係

齋藤新一郎\*・東 三郎\*\*

The Ecological Relations of the Layer of Volcanic Ash  
on the Development of Forest Vegetation at the  
Coastal Dunes in Northern Hokkaido

By

Shin-ichirô SAITÔ\* and Saburo HIGASHI\*\*

## も く じ Contents

I. ま え が き Foreword .....	422
II. 研 究 方 法 Methods .....	423
(1) 目 的 Purpose .....	423
(2) 方 法 論 Methodology .....	424
(3) 調 査 地 の 選 定 Selection of experimental site .....	425
(4) 調 査 の 方 法 Experimental methods .....	426
III. 調 査 結 果 Experiments and results .....	427
1. 予 備 調 査 Laboratory works .....	427
(1) 気 候 Climate .....	427
(2) 地 質 ・ 土 壌 Geology and soil .....	428
(3) 調 査 地 ふ き ん の 森 林 植 生 Forest vegetation around the site investigated .....	429
2. 野 外 調 査 Field works .....	430
(1) 第 1 砂 丘 の 概 観 Outline of first dune .....	430
(2) 森 林 の 構 成 Forest vegetation .....	432
(3) 林 齢 Age of the forest .....	435
(4) 砂 丘 表 層 部 の 土 質 Soils of the upper part of sand dune .....	439
IV. 考 察 Discussion .....	441
1. 砂 丘 草 本 と 内 陸 草 本 の 混 生 Mixed dwelling of dune herbs and inland herbs .....	442

\* 北海道立林業試験場防災林科

\*\* 北海道大学農学部砂防工学研究室

\* Department of Shelterbelt Establishment, Hokkaido Forest Experiment Station.

\*\* Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

(1) 砂丘草本 Sand dune herbs .....	442
(2) 内陸草本 Inland herbs .....	442
(3) 混生の条件 Conditions of the mixed dwelling .....	443
2. 砂丘天然林の成立条件	
Conditions of the development of forest on sand dune .....	443
(1) 一斉林型について On the uniform forest type .....	443
(2) 生存競争 Competitions for existence .....	445
(3) 侵入条件 Conditions of invasion .....	447
(4) 生育条件 Conditions of growth .....	449
3. 環境条件 Environmental conditions .....	450
(1) 気候条件 Climatic conditions .....	450
(2) 土壌条件 Soil conditions .....	452
4. 火山灰の降下 Ash fall .....	454
(1) 火山灰層の層位 Stratigraphy of the volcanic ash layer .....	454
(2) 地表変動因子としての降灰 Ash fall as a factor of topographic changes .....	454
(3) 降灰と植生の変化 Ash fall and vegetational changes .....	456
(4) 降灰年代の推定 Presumption of ash fall age .....	458
(5) 泥炭層の形成と降灰・粘土堆積の関係 Relations of the deposits of ash fall and clay on the peat formation .....	460
5. 飛砂 Sand drift .....	461
(1) 飛砂現象 Drifting sand .....	461
(2) 古砂と新砂の時間差 Time discrepancy of present and fossil sands .....	462
(3) 埋没有機物層 Layers of organic matter buried .....	462
(4) 砂草の進出 Advance of sand dune herbs .....	463
6. 砂丘天然林の推移と人工林の造成	
On the future of sand dune forest and shelterbelt establishment .....	464
(1) 砂丘天然林の推移 On the future of sand dune forest .....	464
(2) 人工林の造成 Shelterbelt establishment .....	465
V. むすび Conclusion .....	466
文 献 References .....	467
Summary .....	468
写 真 Photograph (1-14)	

## I. まえがき Foreword

北海道における日本人の本格的な活動、おもに農耕地の開拓活動は、19世紀の後半に始まって、既に100年を経過した。新しい土地の開拓は、昔から、この地球上のいずれの土地においても、土地利用に邪魔な原生林の破壊から始められ、その跡地は農耕地に変えられてきた。この島において、現在、平地の森林はほとんど総て失われ、山地においてのみ各地に、森林が互いに孤立して生き残っているにすぎない。

森林が大面積にわたって破壊されたのち、その地の微気候は悪化して、破壊者の生活にっぺ返しをするようになった。その結果、微気候を緩和するために、防災林帯の必要が認め

られてきて、その造成事業が始められた。しかし、これまで、いろいろな制限因子が人為による防災林帯の成立を拒んできて、ひとたび破壊された森林を人為によって復元することが極めて困難であると考えられるようになった。筆者らも研究を通じて、ここ数年間、防災林の造成事業に参加してきて、その困難を認識し、その解決に努力してきた(東 1968 b, 斎藤 1968 a-b, 1969 a-b)。

防災林造成において、社会的な条件を別にすれば、自然科学的な制限条件を知るためには、北海道における森林の環境の特徴が調べられねばならない。造成地において個別に調査されたこれまでの結果は、林帯造成の可能性について、否定的である。それで、筆者らはそこに生育する植物そのものを、環境条件を総合的に表わす指標と考えて(東・田中 1969)、各地に残存する天然生の海岸林を調査し、そこから人工林造成の鍵となる考え方を抽出してきた。

北海道の防災林が本格的に造成され始めたのは、1948年以降である。しかし、25年近く経た今日でも、その成果ははかばかしくない。不成績の原因の1つは、異郷土樹種の導入であると考えられる。それゆえ、筆者らは気象害・生物害についてほとんど心配のない、つまり、その地に昔から代々生育してきて、諸害に対して証明済みの、郷土樹種(自生種)を採用して、確実な防災林帯を造成しようと考えている。

このように、防災林の造成事業は完成までに長年月を必要とし、たとえ初期の成績がよくても、途中に出会う諸害は数多くある。それゆえ、その行政的で大規模な事業は確実な見通し、つまり、理論的・技術的な予測の下に、長期的なゆえにこそ、スタートが大切にされねばならない。こうした動機から、筆者らは天然林の構成を新しい視点から分析し、その成立の初期条件と成立過程を明らかにし、林帯造成の理論的な根拠を確立しようとした。

この論文の特徴は、これまでほとんど顧みられなかった地表面の突発的な変化を「地表変動」という概念(東 1967)でとらえ、植物社会に与える重要な環境条件として、特に大面積の裸地を形成する降下火山灰の堆積を中心にして考察した点にある。

## II. 研究方法 Methods

### (1) 目的 Purpose

北海道における防災林造成事業の今日までの成果は、上述のように、はかばかしくない。不成績の原因と考えられる、導入された樹木・かん木の生長阻害諸条件は、気象害・生物害・土壌の理化学的性質などの観点から、各個ばらばらに測定されてきた。しかし、それらの結果は、与えられた造成地における樹木の生長と防災効果の発現について、否定的な傾向を示している。

こうした困難を解決する1つの試みは——人為導入と天然侵入の違いはあっても、郷土樹種を採用するという前提にたつて、防災林造成地と環境がよく似た——各地に残存する天然生海岸林を調査し、その成立条件を検討することであろう。それによって、新しい方向が見出さ

れると考えられる。

しかし、筆者らも含めて、これまでの調査においては、地上部の林分構成のみが対象とされていた。つまり、森林を構成する樹木・かん木・草本の、調査時点における、地上部の空間的な相互関係が重視され、反対に、その成立条件や時間経過の検討が軽視されていた。おそらく後者に関する検討なしには、人工林造成は肯定的な傾向に変わりえないだろう。

それゆえ、筆者らは今回の調査において、従来の方法に加えて、天然林の成立条件や時間経過を地下部についても検討することにした。こうした方法による調査は、森林の過去の侵入条件、現在の生育条件、および将来の見通しを明らかにするだろう。そして、その結果は地拵え法・採用樹種・植栽法・保育法・期待しうる高さ・必要最小限の林帯幅・効果発現までの所要時間・その他をわれわれに示唆し、計画的で確実な防災林の造成法を発展させるにちがいない。

この研究において、筆者らは天然林の侵入条件、生育条件、および時間的・空間的発達を、地表変動と生存競争の観点から考察する予定である。

## (2) 方法論 Methodology

観察体験と、防災林造成という実験とを通じて、これまでに培われてきた筆者らの野外科学(砂防工学と動的森林生態学)における方法論は次のようである。これは従来の静的な森林生態学の方法論を原理的に批判することにもなる。

従来の森林生態学における方法論では、外的条件としての気候および土壌条件が、森林の存在に関する環境条件として、重視されてきた。1例として、樹木の天然分布域とその気温との関係があげられよう。それは、ある気温範囲がある樹種の天然分布域を第1義的に規定するという考え方である(吉良・吉野 1967)。しかし、植栽という実験によれば、その樹種の生育可能域はその天然分布域よりはるかに広いことが実証される。つまり、天然分布(森林の成立と移住)を規定する条件として、気温が決して第1義的でないことが知られる。

第2の例として、土壌の発達と植生遷移の関係があげられよう。それは、土壌母材の風化と有機物の堆積が植生の遷移を促進するという考え方である(CROCKER and MAJAR 1955)。しかし、どの樹種も群として——天然の侵入においても、人為による導入においても——有機質をもたない土壌母材そのものに生長する、あるいは生長しうることが観察され、実証されている。それゆえ、土壌の発達が樹木群の侵入に第1義的でないことが知られる。

これらの例から明らかなように、従来の森林生態学の方法論には、気候・土壌よりも基本的な条件の考察が欠けていたと考えられる。それゆえにこそ、生態学談話会(1968)においても、森林の成立や退行に関する十分な説明がなされなかったのであろう。

その基本的な条件として、筆者らは① 外的条件としての、植物の生育する基盤である地球表層部の突発的变化(地表変動)を指摘する。地表変動(東 1967)という語は Topographic change あるいは Change of topographic form (COWLES 1911)、または Geo-dynamic pro-

cesses (TANSLEY 1923) に相当しよう。また、② 植物界の内的条件としての、群単位の生存競争 (Competition for existence as groups) も重要な条件である。なお、一言すると、植物の生存競争と動物のそれ (Struggle for existence) とは本質的に異なる。地表変動と生存競争とが、基本的に、樹木群としての森林を成立させるのであり、他方、気候・土壌・その他の外的 (環境) 条件は、第2義的に、樹木個々の生長の良・不良を左右するにすぎないと考えられる。それゆえ、これらの基本的条件が従来の森林生態学に導入されるなら、これまで未解決のままであった諸問題がよりたやすく解明されよう。

この研究は、上述の仮説に基づいて、地表変動と生存競争が最も単純に生じる海岸砂丘において展開される。なお、筆者らの方法論は、森林の成立に関して、各種の測定器機による各個ばらばらに測定された数値から定量的な説明をするのではなく、植物体を通して、複合された環境条件を定性的に説明しようと試みるものである。

最後に、上述の野外科学の方法論から抽出された仮説ないし理論は、筆者らの防災林造成という応用森林生態学において、再び、植栽という実験によって実証されるのである。この実証に耐えられない仮説は捨て去られ、新しい仮説が提起されねばならない。

### (3) 調査地の選定 Selection of the site investigated

北海道において、各地に存在する火山の多くはごく最近まで、あるいは現在まで、噴火活動を続けていて、この島のほぼ全域に、これまでに数回ないしそれ以上にわたって、火山灰を降下・堆積させてきた。それゆえ、この島に存続する現在の植生は、多かれ少なかれ、どれもが降灰の影響を受けてきているはずである。

降灰と植生の関係を論ずる場所として、海岸砂丘が最もふさわしい。すなわち、海岸砂丘においては、飛砂と降灰以外に地表変動がほとんどなく、植生も比較的単純である。小規模な飛砂が予想されるとしても、それは森林の成立に果す役割が降灰より著しく小さく、むしろ森林の破壊の方向に働きかけると考えられる。また、山地斜面 (山腹) の地表に降下した火山灰堆積層が侵食によって乱されたり、失なわれたりしているのに対して、砂丘は平地にあるゆえに侵食の影響をほとんど受けず、農耕・その他の土地利用による地表の攪乱もないと考えられる。さらに、土壌学的にも、砂丘砂の構造は最も単純なもの1つである。

そして、この海岸砂丘の火山灰層と天然林の成立を論ずる場合、われわれは降灰回数の最も少ない、つまり、両者の関係が最も単純な場所を選ばねばならない。この条件を満足させる場所の1つに、北海道北部の天北地方がある。そこには、火山灰を供給しうる火山として、利尻火山がただ1つ存在し、しかもその最近の噴出活動は数少ない。

天北地方において、天然林が残存している海岸砂丘は次の場所に見られる。それらは部分的に、防災林の機能や造成法と関係づけられて、近年に調査・報告されている。

1. 天塩市街地の北方
2. 稚咲内ふきん (斎藤 1968 b)

3. メークマ (伊藤・今 1968, 斎藤 1968 b)
4. 浜頓別市街地の北方 (東 1968 b)
5. 枝幸市街地の南方

これらの中から、① 火山灰層が1層だけ明瞭に存在する、② 針葉樹が優占していて林分の構成が単純である、③ 森林が汀線に極めて近い、などの理由で、浜頓別町オントキタイにある、第1砂丘の天然林がこの研究の調査対象に選ばれた。これは浜頓別営林署管轄の保安林である (図-1)。

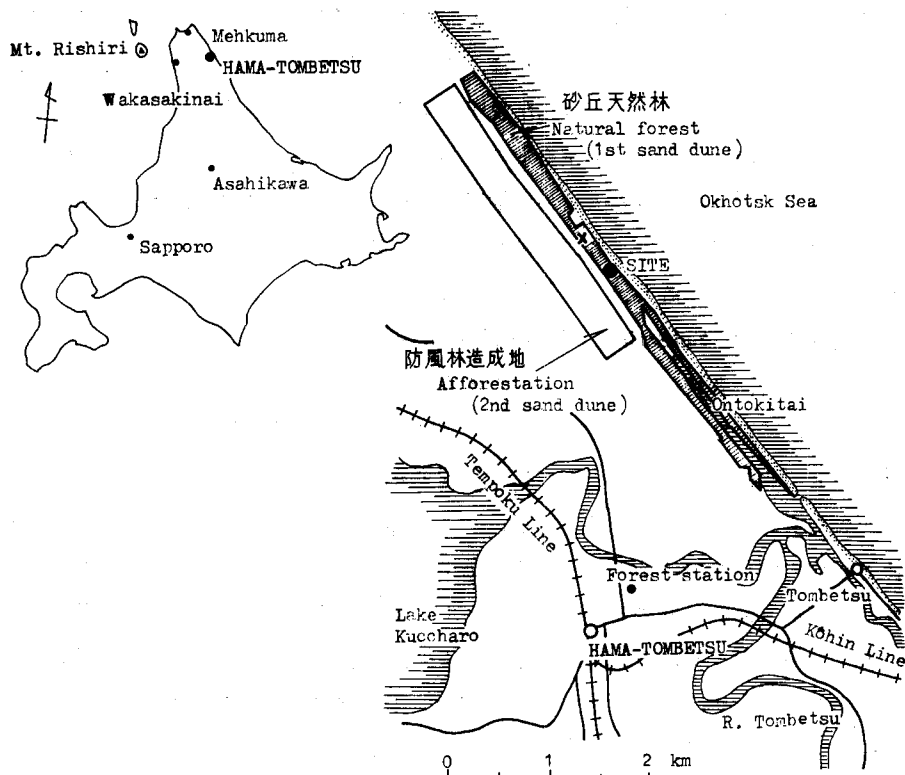


図-1 調査地位置図

Fig. 1. The site investigated.

(X) アカエゾマツ (*Picea glehnii*) 採取地点

なお、この第1砂丘の内陸側に平行する第2砂丘に、同営林署によって、1954年より、海岸防風林の造成事業が実施されている (中頓別営林署 1963)。それゆえ、この調査地は天然林の成立条件と人工林の造成法とを比較する上にも都合がよい

#### (4) 調査の方法 Experimental methods

##### a) 予備調査 Laboratory works

調査地ふきんの概況は、野外調査に先立って、既存の諸資料から知られる必要がある。その内容は次のようである。

1. 気 候 気温・風・降水量・雪・霜・その他
2. 地質・土壌 地史・地形・土壌母材・降灰・飛砂・その他
3. 森林植生 開墾史・植物相(フローラ)・母樹群・土質と植生の関係・その他
4. 人工林 樹種・植栽法・保育法・生育阻害因子・その他

**b) 野外調査 Field works**

調査地において、野外作業は次の順序で実施される。なお、野外調査においては、予備調査の結果に拘束されてはならない。

1. 調査地ふきんの踏査 地形測量と帯状区設定の場所の選定
2. 地形略測 ポケットコンパス・クリノメーターによる (0.1 m 単位)
3. 地形区分による植生の観察
4. 帯状区調査法 (ベルトトランセクト法) 樹種・樹高・胸高直径・林床植物・更新状態・林分の構成・その他
5. 樹幹解析 樹木の生長量に関する時間的観察・林齢
6. 砂丘表層部の土質調査 火山灰層の層位・砂丘砂の動き (飛砂)・根系の深さ・水分・堅さ・粒径・その他

**III. 調査結果 Experiments and results**

**1. 予備調査 Laboratory works**

野外調査に先立つ、既存の資料にもとづく予備調査から、対象地ふきんの気候、地質・土壌、および森林植生の概況が知られた。その結果は次のようである。

**(1) 気 候 Climate**

浜頓別気象観測所の資料によると、その気温は年平均5.7°C、最高19.6°C、最低-8.3°Cであり、最高と最低の気温はそれぞれ23.9°Cと-12.8°Cである。降水量は夏と冬に多く、春に少なく、年間に1,035 mmある(図-2)。

オホーツク海からの冷風は、5~8月の生長期に、平均3.7~5.8 m/s、最高14.0~22.6 m/sの速さで卓越する。この冷風から農作物・牧草を保護する目的で、海岸防風林の必要から、林帯の造成事業が実施されている(中頓別営林署 1963)。この海風は、当然、樹木の生育にも有害であるにちがいない。残りの休眠期には、平均の速さ3.2~6.4 m/s、最高11.5~29.3 m/sの

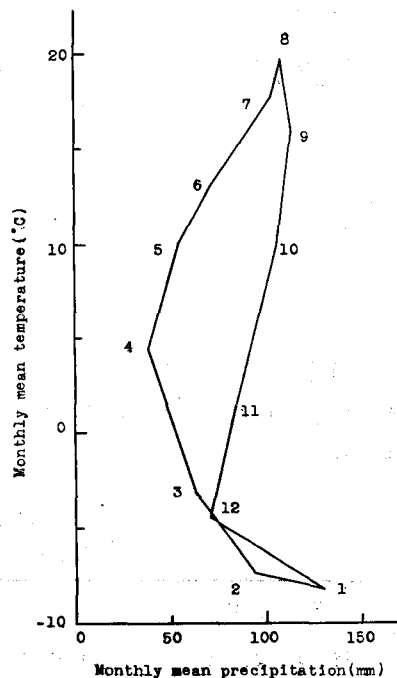


図-2 クライモグラフ (浜頓別)

Fig. 2. Climograph at Hama-tombetsu.

内陸風が卓越する(表-1)。約25 km 東南の枝幸でも、5~8月には海風が卓越し、生長期間中の静穏日数は月平均にして僅か4日である。

表-1 平均風速と最多風向(浜頓別)

Table 1. Velocity and direction of wind at Hama-tombetsu

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean
Wind													
Average velocity (m/s)	3.2	4.1	4.3	6.4	5.8	4.4	3.7	4.0	5.5	4.9	4.6	3.6	4.6
Most direction	SW7*	SW7	SW8	SW8	E8	E9	E8	E6	SW8	SW10	SW8	SW10	

(北海道立農業試験場宗谷支場 1957~61)\*\*

(註) 午前9時観測, 月間最高風速は5~8月に14.0~22.6 m/s, 残りの期間に11.5~29.3 m/s, 年平均18.5 m/sである。

\* 数字は月間日数 \*\* 中頓別営林署(1963)より孫引き

(2) 地質・土壌 Geology and soil

浜頓別の海岸には新旧2列の砂丘列が見られ、それらは地質的に砂丘砂よりなる(北川・他1967)。海側から数えて、第1砂丘は沖積世後期の砂丘(Sand dune)よりなり、第2砂丘は沖積世初期の砂堤列(Sand bar)よりなる(松下・他1967)。第1および第2砂丘は、調査地ふきんにおいて、低湿地によって分離されるけれども(図-3)、約3 km 北方で合体する。

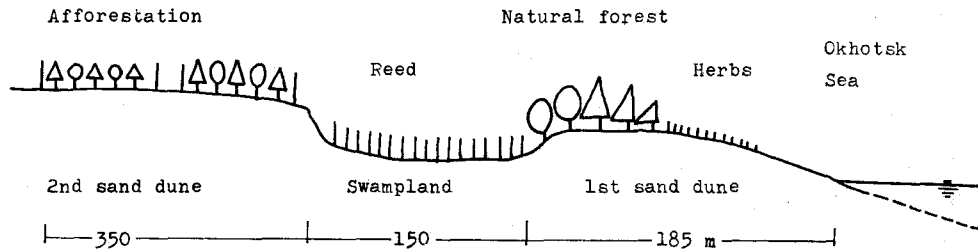


図-3 調査地の地形横断模式図

Fig. 3. Cross-section of the topographic form at the site investigated.

瀬尾・他(1952)によると、第1砂丘には火山灰の薄い層が介在する。中間の湿地では、河成沖積土の上に泥炭層が堆積する。第2砂丘の表層には粉状構造があるとされ、火山灰への言及はない(表-2)。佐々木(1960)によると、第2砂丘に標準的な——つまり、針葉樹林下で、

表-2 調査地ふきんの土質(瀬尾・他1952より)

Table 2. Soils at the site investigated

場所	土質	母材	備考
第1砂丘	海成沖積土	海砂	火山灰薄層が介在する
中間湿地	河成沖積土	頁岩	表層は腐植にすこぶる富む
第2砂丘	海成沖積土	海砂	表層に粉状構造あり

堆積腐植の影響を極めて長い年月の間に受けて、土壌断面に漂白層と集積層とをもつ——砂丘ポドゾル土壌が存在する。

更別グループ (1966) によると、浜頓別ふきんにまで、2種類の利尻火山からの噴出物が達している。その1は洪積世末葉 (10,000年以前) の降下堆積物と推定される「ワンコの沢軽石層」(Wankonosawa pumice fall deposit) であり、その2は沖積世初葉 (4,000年以前) のものと推定される「豊徳火山灰層」(Hôtoku ash fall deposit) である (図-4)。しかし、東 (1968 b) は第1および第2砂丘の表層の火山灰層を、植生の観察から、豊徳火山灰層よりも新しいのではないかと推測している。

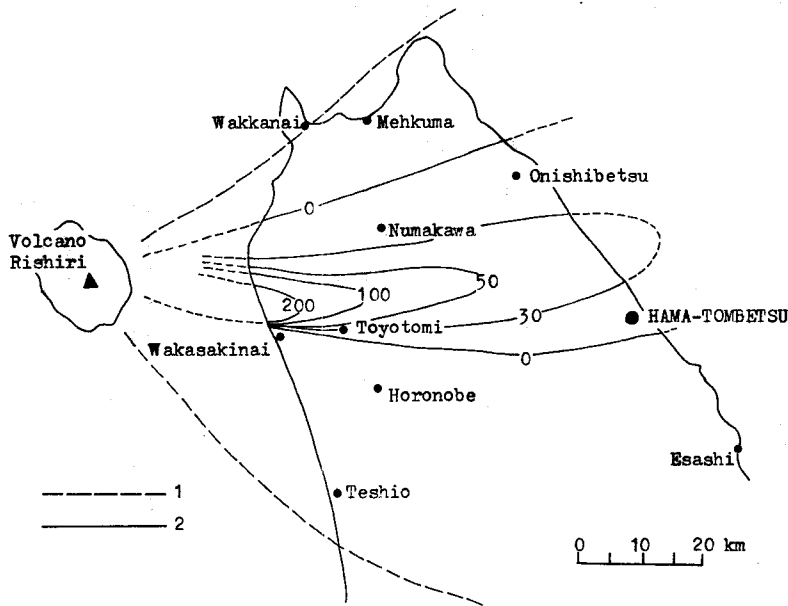


図-4 利尻火山噴出物の分布 (更別グループ 1966 より)

1. 豊徳火山灰層 (沖積世初葉, 4,000年以前)
2. ワンコの沢軽石層 (洪積世末葉; 単位 cm)

Fig. 4. Distribution of pyroclastic material from Volcano Rishiri.

1. Hôtoku ash fall deposit (Early Holocene, 4,000 years ago)
2. Wankonosawa pumice fall deposit (Latest Pleistocene; unit: cm)

### (3) 調査地ふきの森林植生 Forest vegetation around the site investigated

#### a) 天然林 Natural forest

頓別地方 (頓別川流域) の開墾は1900 (明治33) 年に始められ、開墾と木材利用はこの地方に繁茂していた森林をしだいに伐採してきた。さらに、1919 (大正8) 年の山火は第2砂丘を、ほぼ現在に見られるような無立木地と化した。山火の時、エゾマツ母樹は何本か生き残って、それから散布された種子から発芽・生長した若木が現在の矮性な疎林を形成している (た

だし、母樹はいま見られない。そのエゾマツの樹高生長量は最初の10年間に0.4 m, 20年後に1.2 m, そして30年後に3.0 mである。他種の針葉樹は見あたらず、ダケカンバ・シラカンバ・バッコヤナギ・ミズナラなどの広葉樹が、エゾマツとほぼ同じ高さに生長している。草本では、クマイザサが優占し、マイヅルソウも多い(おもに中頓別営林署1963より)。

第1砂丘には、アカエゾマツ・エゾマツ・トドマツ・ミズナラ・イタヤカエデ・ナナカマドなどの樹木と、クマイザサ・オオヨモギ・ワラビなどの内陸的な様相を呈した草本とが、砂丘表層部の火山灰層と関係して、海岸砂地植物のハマニンニクとともに生育する(東1968b, 写真-2)。

現在、第2および第1砂丘の森林は、湿地・湖沼・耕地・牧野によって、最寄りの、丘陵上の森林から完全に隔離されている。換言すれば、トドマツ・ナナカマドなどの種子が、風に運ばれて別の場所へ飛散(移住)し、新しい樹木群を形成するためには、両者の距離はあまりにも遠い。

**b) 人工林 Afforestation**

いま、浜頓別営林署(中頓別営林署から分割された)によって施工されている防風林造成地(第2砂丘)には、トドマツ・エゾマツ・アカエゾマツ・ダケカンバ・シラカンバ・ニセアカシア・イタチハギなどが植栽されている。これらは上述の、保護樹木として残された天然生樹木と混交している。

植栽トドマツは、植栽後の4~5年間には毎年数cmから10数cmしか上長生長しないけれども、その後には毎年数10cmの生長を始めている(斎藤1968a)。天然樹に比較して、植栽種は初期生長量大きい。

**2. 野外調査 Field works**

野外調査は、筆者らの方法論に従って、第1砂丘の概観、森林の構成、林齢、および砂丘表層部の土質について、1968年10月31日~11月2日に実施された。

**(1) 第1砂丘の概観 Outlines of the first sand dune**

**a) 地形の区分 Topographic form of the dune**

第1砂丘の横断測量は、林分が欠けて見通しのよい場所において、汀線にほぼ直角になされた(磁方位 S 67° W)。この砂丘

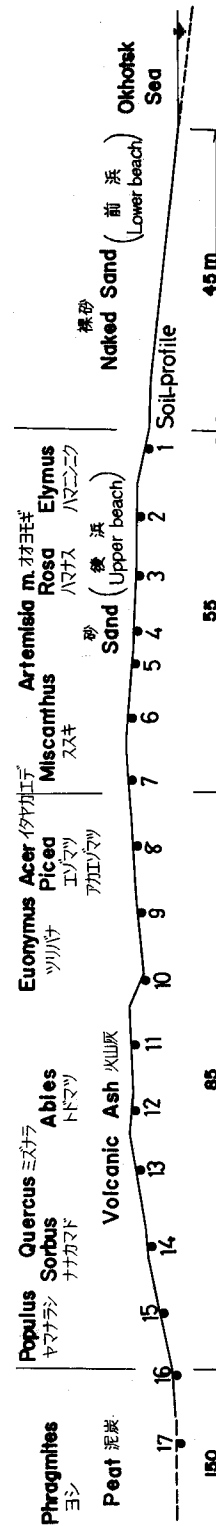


図-5 砂丘横断面図(植生と表層の土質)  
Fig. 5. Cross-section of the sand dune with vegetations and soils.

幅は、汀線から低湿地の縁まで、185 m ある。丘頂はほぼ中央に位置し、その標高は海面上約 8 m であった (1968. 10. 31, 9.50 a.m.)。丘頂より内陸側に浅い凹地があり、副丘頂をへて、低湿地へ緩斜面が続く。この凹地は南に向って、だんだん広く深くなる (図-5)。

汀線から丘頂までの砂丘前半部は、COWLES (1899) に従うと、波の影響の有無から、前浜 (Lower beach) と後浜 (Upper beach) に区分される。前浜は波浪の機械的な作用を受けるので、植物の被覆を欠いて、裸の砂地である。後浜は波浪の影響外にあって、植物被覆をもつ砂地である。

丘頂から低湿地までの砂丘後半部は、副丘頂を境に、微凹地帯と風下斜面に区分される。後半部は総体的に林地となっていて、概して、微凹地部に針葉樹が多く、風下斜面には広葉樹が多い。しかし、それぞれの林分 (樹木群) が不連続なので、開放地 (無立木地, Open land) の占める割合も大きい。測量は開放地でなされたけれども、図-5 には後述される带状区の森林植生が描かれている。

低湿地は平坦であり、泥炭層が堆積する。その幅は測定地点で、約 150 m ある。ポケットコンパス測量の結果、その標高は海面との差が 0.5 m より小さく、ここは潜在的に排水不良地である。なお、5 万分の 1 地形図には、ここに小川が描かれているけれども、筆者らの調査では、それは明らかでなかった (写真-1)。

なお、海岸における局地的な風向きは、より内陸にある気象観測所の測定値と同じでない場合もある事実が観察された。それというのも、上空の雲は内陸から海へ漂っていたのに、砂丘上の筆者らは海からの風を感じた。

前浜と後浜の境ふきんには、漁業従事者の古い、いまは使われていないらしい納屋が点在し、その周囲は海産物の乾場として利用されていた。

#### b) 砂丘植生の概観 Vegetations on the sand dune

後浜は、匍匐性の小型木本も含めて、草本の繁茂した区域であり、ふつう、海岸草生地とよばれる。調査地の後浜には、どこの海岸にもふつうに見られる草本と、より内陸的な様相の草本とがともに生育する。前者は砂丘草本 (あるいは砂草, Sand dune herbs), 後者は内陸草本 (Inland herbs) とよばれ、それらは表-3 に示される。

ハマニソクは前浜と後浜の境に優占する (写真-3)。後浜の前半部には、ハマニソクの他に、ハマナス・ハマエンドウ・シロヨモギなどの砂草のみが生育する。しかも、これらは丘頂にあたる林縁にまで分布している。

ススキ・オオヨモギ・トウゲブキ・クマイザサなどの内陸草本は、図-5 にみられるように、後浜の後半部において、砂草と混生する (写真-5)。それらは林分の欠けた凹地にも見られる。丘頂部には、草本・小型木本の他に、針葉樹の孤木が点在する (写真-2)。

微凹地部には、不連続に、面積が大小多数の林分が存在し、いずれも凹地において最高となる。各林分、ないし樹木群はたいいてい多数の、目立った針葉樹と、少ない広葉樹の混生から

表-3 砂丘草本と内陸草本の分類  
 Table 3. Classification of sand dune herbs and inland herbs,  
 growing on the sand dune investigated

Sand dune herbs	砂丘草本	Inland herbs	内陸草本
<i>Elymus mollis</i>	ハマニンニク	<i>Miscanthus sinensis</i>	ス ス キ
<i>Arabis stelleri</i> var. <i>japonica</i>	ハマハタザオ	<i>Rubus</i> sp.*	キイチゴの1種
<i>Rubus parvifolius</i> *	ナワンロイチゴ	<i>Angelica</i> sp.	シソウの1種
<i>Rosa rugosa</i> *	ハ マ ナ ス	<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>	ツリガネニンジン
<i>Vicia amoena</i>	ツルフジバカマ	<i>Ligularia hodgsonii</i>	トウゲブキ
<i>Lathyrus japonicus</i>	ハマエンドウ	<i>Artemisia montana</i>	オオヨモギ
<i>Glehnia littoralis</i>	ハマボウフウ	<i>Sasa paniculata</i>	クマイザサ
<i>Messerschmidia sibirica</i>	スナビキソウ		
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i>	キバナノカワラマツバ		
<i>Artemisia stelleriana</i>	シロヨモギ		

\* Woody plants 木本

なり、団地状に成立している。針葉樹の多くはトドマツであり、エゾマツとアカエゾマツが少し加わる。海風に対して風上側の林縁木や孤立木は、いずれも風衝樹形としての片側樹冠を呈し、下枝層は広く地面をおおう(写真-7)。風下側のそれらは比較的に通直である。なお、風衝樹形から知られるように、筆者らは生長期の風が樹木の生長に大きな影響を与えると考えて、その期間に卓越する風向きに対して風上・風下を決める。休眠期ゆえに、また自生種ゆえに、内陸からの寒風の影響は樹木にとって小さいであろう。

広葉樹では、ミズナラ・イタヤカエデ・ナナカマド・バッコヤナギなどが多く見られる。ミズナラが風上に単独で矮性の群を、伊藤・今(1968)のいう犠牲林帯を形成する場合が多いのに比較して、ナナカマドはおもに針葉樹と混生する。なお、オホーツク海沿岸には、モンゴリナラ(*Quercus mongolica* FISCHER)が生育するといわれるけれども、筆者らは観察したコナラ属の1種(あるいは、2種)をミズナラ(*Q. mongolica* var. *grosseserrata* (BLUME) REHD. et WILS.)として記載した。風下の緩斜面には、これらの広葉樹が、南北にほぼ連続して、生育する。低湿地との境(風下林縁)には、ヤナギ類・ヤマナラシ・ヤチダモも見られた。

樹木群の欠ける場所に、あるいは林分内の疎な部分に、イヌツゲ・マユミ・ナニワズ・イボタノキなどのかん木が、クマイザサ・ススキ・オオヨモギなどの草本とともに生育する。

低湿地にはヨシが優占し、第2砂丘寄りのやや高い場所に、ヤチハンノキ叢林が散在する(写真-1)。

## (2) 森林の構成 Forest vegetation

樹木群の最大なものと同様に観察された、地形測量線の南約10mの場所に、5m×90mの帯状区(S67°W)が設定された(図-1参照)。林分内の地面の高低はクリノメーターによって略測さ



図-6 トドマツ・ナナカマド林の帯状区  
 Fig. 6. Belt-transect of *Abies sachalinensis*-*Sorbus commixta* forest.

れた。高さ 2.0 m 以上の木本が調査対象である。落葉後のゆえに、広葉樹の種の同定はおもに冬芽の、そしてその他に、小枝・樹皮・果実などの形態によってなされた。その結果は図-6 に示される。

a) 樹 種 Species

带状区内の樹種では、個体数においてトドマツが最も多くて 32 本あり、この樹木群の、また森林全体の優占種となっている。エゾマツ・アカエゾマツは合わせて 5 本である。針葉樹はどれも幹が短く、樹冠の大きい複梢形を呈する。そして、風上の個体ほど風衝形・複梢形が著しく目立つ。なお、ここにいう複梢とは、1~2 年生の頂枝の複梢 (Double summit) でなく、主幹上部の枯死後、それに代って多数の側枝が立ち上って、娘幹 (Daughter trunks) を形成している状態を指す (写真-7, 8 参照)。

広葉樹では、ナナカマドが 29 本と最も多くあり、その樹高はトドマツにほぼ匹敵する。それで、この带状区の樹木群はトドマツ・ナナカマド混交林 (*Abies sachalinensis-Sorbus commixta* mixed forest) とよばれてもよからう。次いで多い樹種に、イタヤカエデ・ミズナラ・ヤマナラシ・ハリギリなどがある。なお、広葉樹の直径は、針葉樹のそれに比較して、極めて小さい。かん木のうち、高さ 2 m 以上の種に、ヒロハツリバナとツリバナがある (表-4)。

表-4 带状区の樹種 (高さ 2 m 以上)  
Table 4. Species, higher than 2 meter, in the belt-transect

Species	(*) 樹 種	高 さ (m) Height	胸高直径 (cm) B.h. diameter	本 数 Number
<i>Abies sachalinensis</i>	(A) トドマツ	(2.5~) 4.0~5.0	(3~) 10~35	33
<i>Picea jezoensis</i>	(P) エゾマツ	4.5~5.0	10~25	3
<i>P. glehnii</i>	(Pg) アカエゾマツ	4.0~4.5	15~20	2
<i>Sorbus commixta</i>	(S) ナナカマド	3.0~4.5	3~ 8	29
<i>Acer mono</i>	(Ac) イタヤカエデ	2.5~4.5	2~ 7	14
<i>Euonymus macropterus</i>	(E) ヒロハツリバナ	2.0~3.5	1~ 3	12
<i>E. oxyphyllus</i>	(Eo) ツリバナ	2.0~3.0	1~ 2	11
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	(Q) ミズナラ	(2.5~) 3.5~5.0	4~ 7	7
<i>Populus sieboldii</i>	(Ps) ヤマナラシ	2.0~4.5	1~ 5	6
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	(As) コシアブラ	3.5~4.0	3~ 7	5
<i>Kalopanax pictus</i>	(K) ハリギリ	2.5~4.0	2~ 5	5
<i>Salix sachalinensis</i>	(Ss) ナガバヤナギ	4.5~5.5	12~25	2
<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	(F) ヤチダモ	2.5~4.0	2~ 4	2
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	(B) シラカンバ	3.5	6	1

\* 各樹種の略号 (図-6 参照)

b) 林床植物 Plants of forest floor

風上林縁部には、砂草のハマニンニク・ハマナスと、内陸草本のススキ・オオヨモギとが混生している。

トドマツの密生する風上部の林床は暗く、落葉落枝が約2cmの厚さで堆積する。ここには、どの樹種の稚樹も見られず、草本さえも生育していない。

広葉樹が比較的疎に生育する部分の林床には、クマイザサが1.5~1.8mの高さに密生する。ササの欠けた、あるいは疎な部分の林床に、オオカメノキ・イボタノキ・ナニワズ・ツルスキミ・イヌツゲ・スノキの1種・オオヨモギなどが生育する。

風下林縁の林床には、マユミ・ヤマブドウ・ナニワズ・ヨシ・オオヨモギなどが見られる(表-5, 写真-12)。なお、調査が晩秋であったため、春から夏に生育する草本の種類は不明である。

表-5 带状区のおもな林床植物  
Table 5. Main species of forest floor in the belt-transect

場 所 Plot	Species	林 床 植 物
風上林縁部 Windward forest edge	<i>Elymus mollis</i>	ハ マ ニ シ ャ
	<i>Rosa rugosa</i>	ハ マ ナ ス
	<i>Miscanthus sinensis</i>	ス ス キ
	<i>Artemisia montana</i>	オ オ ヨ モ ギ
	<i>Sasa paniculata</i>	ク マ イ ザ サ
	<i>Viburnum furcatum</i>	オ オ カ メ ノ キ
	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	イ ボ タ ノ キ
疎 林 部 Thinly wooded parts	<i>Daphne kamtschatica</i> var. <i>jezoensis</i>	ナ ニ ワ ズ
	<i>Skimmia japonica</i> var. <i>repens</i>	ツ ル シ キ ミ
	<i>Vaccinium</i> sp.	ス ノ キ の 1 種
	<i>Ilex crenata</i>	イ ス ツ ゲ
	<i>Artemisia montana</i>	オ オ ヨ モ ギ
	<i>Euonymus sieboldianus</i>	マ ユ ミ
	<i>Vitis coignetiae</i>	ヤ マ ブ ド ウ
風下林縁部 Leeward forest edge	<i>Daphne kamtschatica</i> var. <i>jezoensis</i>	ナ ニ ワ ズ
	<i>Phragmites communis</i>	ヨ シ
	<i>Artemisia montana</i>	オ オ ヨ モ ギ

この带状区内の林床には、低い樹木・かん木・草本いずれかが密に地表をおおっているの  
で、トドマツや広葉樹の稚樹(高さ2.0m以下の個体)がほとんど見られない。わずかに、65m  
点と80m点ふきんの上木疎生部に、トドマツ稚樹が数本、大きさ不同で、生育する。

### c) 林分の構成 Composition of the forest

生長期に冷涼な海風を受ける風上側に、汀線からわずか100mの距離に、しかも風上に広  
葉樹、おもにミズナラの低林帯(犠牲林)を欠いて、直接に、常緑針葉樹が生育する。

トドマツは林縁から高さ2mで立ち上がり、内陸に向かって漸高状に各個木の高さを増して  
ゆき、13m点で4mに、浅い凹地に到って5.0mの高さに達する。わずか5mがこの森林の

最高値である。他の北海道北部の海岸林、たとえば稚咲内やメークマの海岸林に比較して、この高さは極めて低く、矮性である(写真-8)。4~5 mの高さは後縁まで続く。複梢かつ風衝形のゆえ、針葉樹の各個木は大きい、直径3~4 mの樹冠をもつ。下枝は、人がはって始めて通り抜けられるほど、地面近くまで残る。

総体的に、落葉広葉樹は休眠期に内陸からの寒風を受ける風下側に多く生育する(写真-11)。海側に常緑樹が、内陸側に落葉樹が生育する事実は興味あることである。風上のミズナラ・イタヤカエデ・ナナカマドなどは幹が多数あって、根元から地面をはった後に立ち上がり、やはり風衝形が明瞭である。反対に、風下の密生地においては、広葉樹の各個木は比較的に通直な幹と小さい直径1~2.5 mの樹冠をもつ。ここには、上記の樹種の他に、比較的に耐陰性の強いハリギリ・コシアブラなども生育する。また、風下林縁には、ヤマナラシ・ナガバヤナギなどの陽樹が疎生する。

林冠そのものが極めて低いので、樹木とかん木の複層林型は明らかでない。それゆえ、一般に樹木相互の間における生存競争の優劣の目安とされている、樹木階別の本数表はここでは作製されなかった(表-4参照)。

現在の林冠高は最大5.0 mしかないけれども、トドマツの枯木は6.5 mの高さを示す(写真-8)。針葉樹の胸高直径別本数分布は、枯木も含めて、表-6に示される。直径に差はあっても、各個木間の距離から、16 cm以上のものはほぼ同じ年齢と観察された。おそらく、風上部の個体は風衝のため、より内陸のものより生長量が劣るはずである。

表-6 針葉樹の胸高直径別本数  
Table 6. Number of conifers in each diameter grade

Species	Breast-height diameter (cm) 胸高直径 樹種	0	6	11	16	21	26	31	Total 計
		5	10	15	20	25	30	35	
<i>Abies sachalinensis</i>	トドマツ	4	6	10	8	3	.	2	33
<i>Picea jezoensis</i>	エゾマツ	.	1	.	1	1	.	.	3
<i>P. glehnii</i>	アカエゾマツ	.	.	.	1	1	.	.	2
Dead trees	枯木	.	2	.	2	.	.	1	5
Total 計		4	9	10	12	5	0	3	43

(註) 風上林縁の、主幹の短い複梢樹の胸高直径は根元直径より推定された。

### (3) 林 齢 Age of the forest

海岸砂丘における森林の成立に関して、樹木の初期生長量および寿命が、樹幹解析法によって測定された。

#### a) トドマツ若木 Young Todo-fir

林冠高に達するまでに要する年齢を知るため、トドマツの若木が1本伐倒され、1 m 間隔に、年輪解析された(図-7, 写真-13)。採取位置は図-6 (Stm. 1) に示される。この試料木は通

直であり、広葉樹が比較的疎な場所に生長した。これは胸高直径が 10.4 cm、最初の 10 年間に 0.6 m、30 年経てはほぼ林冠高に達した (表-7)。樹齢 100 年以上と推定される複梢の大径木も、高さにおいてはこれと差がない。

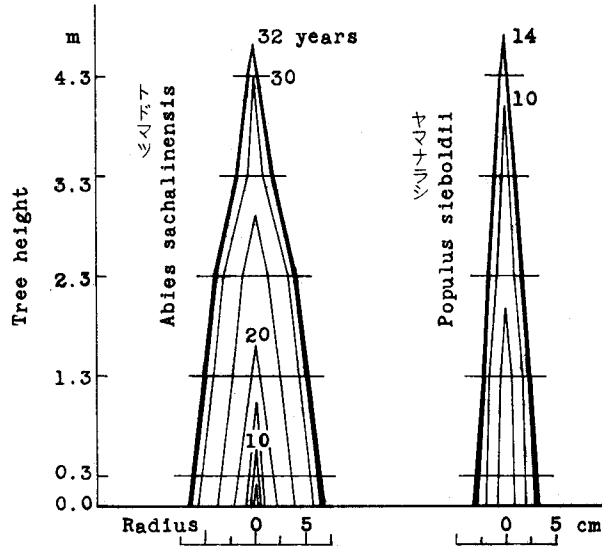


図-7 トドマツとヤマナラシの樹幹解析

Fig. 7. Stem-analyses of *Abies sachalinensis* and *Populus sieboldii*.

表-7 トドマツとヤマナラシの樹高生長 (m)

Table 7. Height growth of *Abies sachalinensis* and *Populus sieboldii* (m)

Species	樹種	樹齡 Age	5	10	14 \ 15	20	25	30	32	胸高直径 (cm) B. h. diameter
<i>Abies sachalinensis</i>	トドマツ		0.2	0.6	1.0	1.6	2.9	4.3	4.6	10.4
<i>Populus sieboldii</i>	ヤマナラシ		2.4	4.0	4.7					5.0

b) ヤマナラシ Aspen

疎な風下林縁に生育したヤマナラシ (*Populus sieboldii*) の試料木も通直で、トドマツと同様に年輪解析された (図-7, 表-7; 図-6 の Stm. 2)。これは前者に比較して、初期生長が著しく速く、わずか 10 年間に 4.0 m に達している。その後の樹高生長は、ほぼ林冠高の 4.7 m で止まっている (胸高直径 5.0 cm)。

c) アカエゾマツ Red yezo-spruce

この調査の後に、浜頓別営林署から筆者らに、2 本分のアカエゾマツ (*Picea glehnii*) の円板が届けられた。それらの採取位置はこの带状区の北方約 500 m であるけれども (図-1 参照)、各個木が孤立木であるか、林縁木であるかは明らかでない。年輪解析の結果は 図-8 と 表-8 に示される。なお、高さ 0.3 m に達するまでに、これらは 10 年を費やしたと推定された。

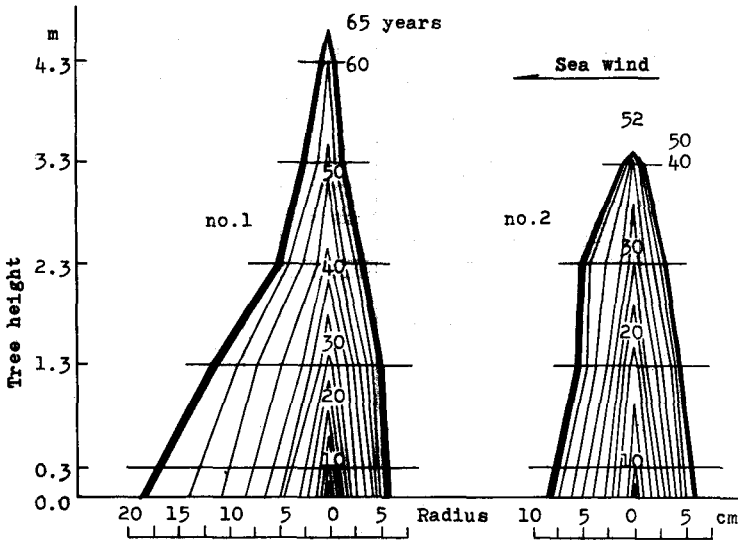


図-8 アカエゾマツの樹幹解析

Fig. 8. Stem-analyses of *Picea glehnii*.

表-8 アカエゾマツの樹高生長 (m)

Table 8. Height growth of *Picea glehnii* (m)

樹 齢 Age	10	20	30	40	50	52	60	65	胸高直径 (cm) B. h. diameter
No. 1	0.3	0.9	1.4	2.1	3.1		4.3	4.6	15.5
No. 2	0.3	1.5	2.3	3.4	3.4	3.4			10.1

風衝地に生育したため、これらは、特に No. 1 は著しい偏心生長を示す。地上高 1.3 m において、風下半径は風上のその約 2.5 倍もある。そんな風の影響にもかかわらず、アカエゾマツの生長量は予想以上に大きく、60 年で 4 m を越えている。なお、この偏心生長は偏心側に明瞭なアテを伴っている (写真-14)。針葉樹のアテは、強風 (尾中 1949) や地すべり (東 1967) により、樹幹の傾きが正常位に回復する肥大生長側に形成される。当海岸砂丘においては、地すべりのような重力による突発的な樹幹の傾きは考えられないので、営力としてあげられるのは海からの風である。なお、これらの円板のアテの形成年代は、No. 1 では 13, 18, 21, 29, 30 年前、No. 2 では 3, 7, 11, 14, 15, 16, 19, 24, 28, 32 年前にいちじるしい。そして、両者の形成年代が一致していない。また、アテの形成方向をみると、No. 1 では NNW から W 方向へ変化し、No. 2 では、NW から W 方向へ変化している。アテの形成方向の変化は、樹幹の傾斜方向の変化によるものであり、どうい原因によるものか明確ではないが、アテが飛び石状の年代に形成されていることとあわせて考えると、ある年に起こった強い風の際に、飛砂により樹幹基部が埋没し、堆砂の荷重が、樹幹を内陸方向へ押し倒すのではなかろうかと想像される。しかも、No. 1 と No. 2 の立木地点における、飛砂の移動状態は異なっているとみなさればな

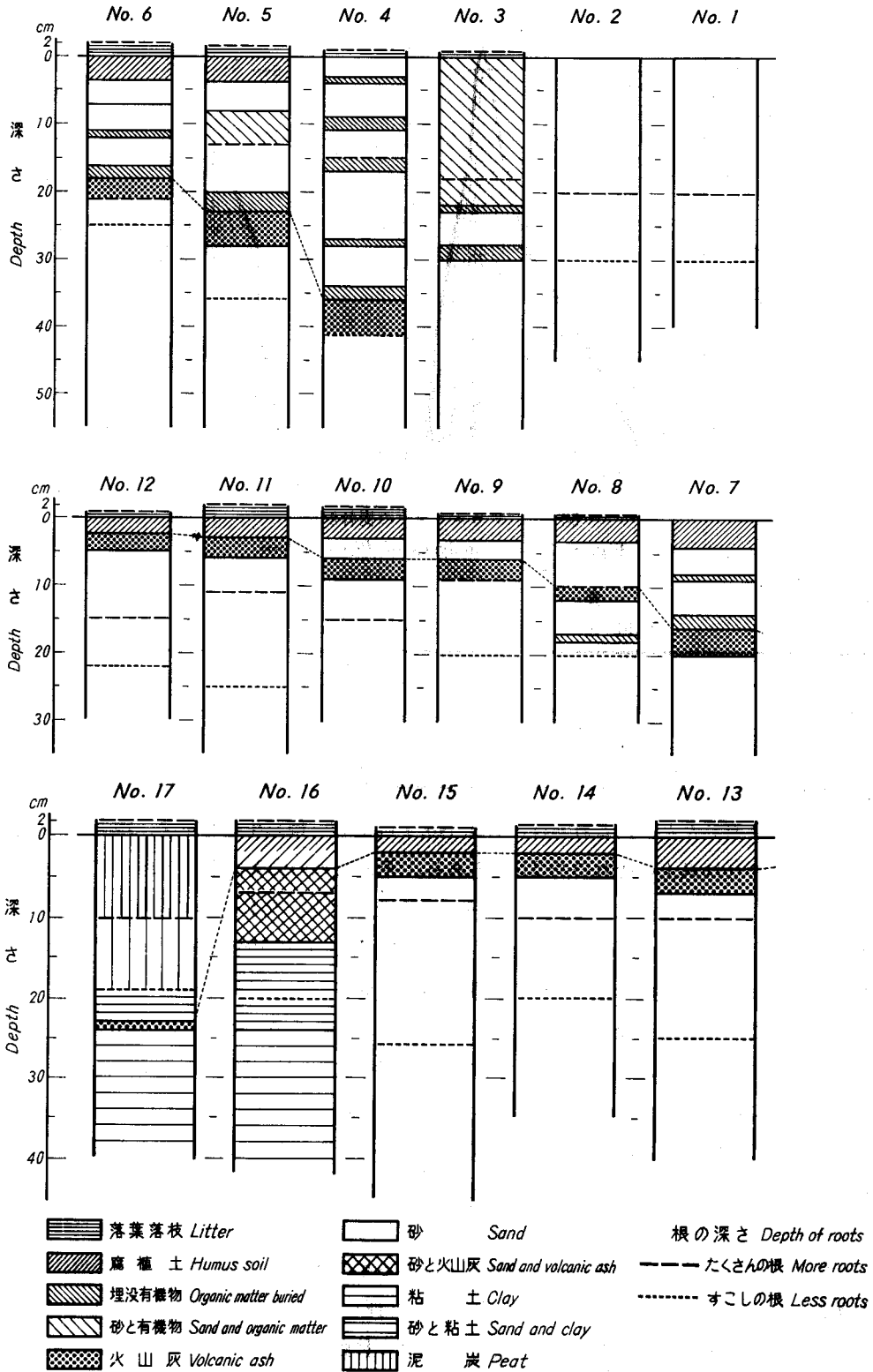


図-9 砂丘表層部の土質  
Fig. 9. Soil-profiles.

らない。

(4) 砂丘表層部の土質 Soils of the upper part of sand dune

第1砂丘の表層部の土質は、前浜を除き、後浜から低湿地の縁まで、ほぼ10m間隔に、地表から、根系の深さより少し深い、30~40cmの深さまで調べられた。その結果は図-9に示される(図-5参照)。

a) 火山灰層 Volcanic ash layer

波浪の影響を受ける場所に、火山灰層の均一な堆積は、あるいは存在すらも、考えられないので、前浜の調査は省かれた。

後浜の前半部(No. 1~No. 3)では、50cmの深さにも、火山灰層が認められない。

その後半部(No. 4~No. 6)に、はじめてそれが認められる。それは砂と混じっていて、層の厚さは約5cmあり、砂からたやすく、つまり粒子の大きさと明らかな色(灰褐色~暗褐色)の違いから、肉眼で区別される。火山灰層は内陸に向って、だんだん浅くなり、厚さも減る(写真-6)。

丘頂ふきんの林縁部(No. 7~No. 8)では、その層厚が4~3cmと薄く、砂の混じりも少なくなる。しかし、まだ火山灰層は地表から10cm以上も深い。

微凹地部(No. 9~No. 10)では、火山灰層はいよいよ浅くなる(深さ6~9cm)。層厚が一定していて、乱されてないので、この微凹地は降灰前に形成されていたのであろう。この林地の代表的な土質断面が表-9に示される(写真-9)。火山灰の色は後浜のそれよりも白っぽくなり、灰色~灰褐色である。そして、この層は比較的堅い。

表-9 土質断面 (No. 10)  
Table 9. Soil-profile (No. 10)

土質	深さ (cm)	色	堅さ*	水湿**
落葉落枝	-2~0	暗褐	疎	乾~潤
腐植土	0~3	黒紫褐	軟	湿
新砂	3~6	暗紫褐	軟	潤
火山灰	6~9	灰~灰褐	堅	潤
古砂	9~	黄褐	堅	潤

\* 指圧 \*\* 指触

副丘頂から風下斜面(No. 11~No. 15)になると、火山灰層は表層の、つまり腐植を多量に含む層の直下に存在する。層厚は2~3cmあって、堅く、粘土層のように見える。

緩斜面の下端にあたる風下林縁(No. 16)には、明らかな火山灰層が存在しないで、砂と火山灰の混じったと見られる暗紫褐色の1層が認められる。

湿地(No. 17)にも、23~24cmの深さに、褐色の薄い火山灰層が、上下の灰色の粘土・砂層と粘土層との間に、介在している。

粒子の大きさ・色・その他の特徴から、砂丘砂とは容易に区別されるゆえに、火山灰と仮定されたその土は採取され、形状や粒径が室内作業によって、詳しく観察された。熱せられ、腐植質を除かれた試料土は指に角ばった触感を与えた。また、それは顕微鏡下に、風化しにくく丸味をもつ海成の砂丘砂のさらに風化したものでなく、角が鋭くて細長い形状を呈したので、火山灰であると確認された(写真-10)。粒径においても、火山灰は砂よりずっと細く、混じっている砂・火山灰の2次的な固結物・腐植質などが除かれるなら、0.1 mm以下の粒子が大半を占める(表-10 参照)。

表-10 新砂・火山灰・古砂の粒径分布 (重量%)  
**Table 10.** Grain sizes of the present sand (p.s.), volcanic ash (v.a.)  
 and fossil sand (f.s.) (weight %)

採取点 Profile	粒径 Grain size (mm)	2.0	0.85	0.4	0.25	0.11	0.074	試料重量 Sample weight (g)
		0.85	0.4	0.25	0.11	0.074		
No. 6	新砂 p.s.	45	47	7	1	0	0	21.5
	火山灰 v.a.*	19	26	8	14	9	24	7.4
	古砂 f.s.	35	55	9	2	0	0	19.6
No. 10	新砂 p.s.**	39	39	14	5	2	2	5.7
	火山灰 v.a.*	13	27	15	13	13	18	6.9
	古砂 f.s.	10	63	23	4	1	1	12.0

(註) 砂は火山灰よりずっと重い。

\* 砂・火山灰固結物・腐植質(および、埋没植物の細片)を含む。

\*\* 腐植(気乾重量で約17%含まれる)は除かれた。

#### b) 砂丘砂と粘土 Sands and clay

砂丘の砂は、火山灰層を境界指標、つまり層位学上の Key bed として(大西・近藤 1965)、相対的に、古砂丘と新砂丘の区別とは別に、火山灰層より上方の新砂(Present sand)と、それより下方の古砂(Fossil sand)とに区分される。

前浜の裸砂でも、地表の乾いた砂層は2~3 cmしかなく、その下方の砂は湿気をもって

いる。火山灰層と関係して、新砂は後浜に厚く堆積している。しかし、前浜においては、砂の新古の区別はつけられない。新砂は落葉落枝層の欠けた風上林縁部にも存在し、さらに林内の地表にある腐植層にも含まれている。

古砂層の上面の深さは、火山灰の降下前の砂丘表層を示す。古砂は黄褐色を呈し、新砂よりも堅密である。

新砂と古砂の相対的な区別は、それらの粒径から比較されねばならない。ふるい分けによる粒径分析では、ともに0.4 mm以上が大部分を占め、粒径分布もほぼ似ている。それで、両者の明らかな区別はつけられない。なお、採取点 No. 6は No. 10より約40 m海側に位置する。両者の粒径分布は表-10に示される。

低湿地では、火山灰層の上にも砂まじりの粘土層が存在する。また、斜面下端の林縁 (No. 16) でも、火山灰まじり砂層と粘土層の間に、古砂でない、砂まじり粘土層がある。

#### c) 根系の深さ Depth of roots

ハマニソクは前浜と後浜の境ふきんに、単独で繁茂し、その根系の深さは約 20 cm までである。しかし、古い根はさらに下方にある (写真-4)。

後浜の前半部 (No. 1~No. 3) には、砂草のみが生育し、それらの根系は深さ 20 cm までに多く、30 cm までにも少しある。

火山灰層が下方に出現する後浜の後半部 (No. 4~No. 6) では、内陸草本と砂草が混生し、それらの根系は 20 cm 下の火山灰層までに達している (写真-6)。No. 4 点の、深い火山灰層にまで達した根系は古いものと判断される。

砂丘後半部の林地では、樹木の根系が浅く、水平に、火山灰層の少し下まで、深さわずかに 15 cm どまりである。堅い古砂の中へ、20 cm 前後まで届く根系は少ない (写真-9)。

低湿地におけるヨシの根系も、深くても、20 cm までしか伸びていない。

#### d) 腐植層と埋没有機物層 Layers of humus and organic matter buried

草生地では、枯れて倒伏した茎葉が、ほぼ一様に、1~2 cm の厚さに地表をおおう。林地でも、落葉落枝が 1~2 cm の厚さに堆積し、地表をほぼ完全におおう。

腐植層ないし腐植土は新砂と腐植質の混じったものである。これは林地の表層に 2~4 cm の層厚で存在する。No. 10 点の場合、腐植質は気乾重量で約 17% 含まれる。

低湿地では、泥炭層が約 19 cm 堆積している。

後浜の新砂の中には、腐植層のようにも、落葉落枝層のようにも観察される、有機物の埋没層が 5 層まで認められる。この層数は内陸に向って、新砂の厚さが減るとともに、少なくなる (図-9, 写真-6)。

風上林縁 (No. 7) にも、埋没有機物層が 2 層ある。しかも、No. 8 では、火山灰層の下にも、これが認められる。

林地において、火山灰層の下に見られる有機物は、落葉落枝ではなく、上述の埋没層でもなくて、古い樹根のように観察される。

### IV. 考 察 Discussion

考察の順序は次のようである。

- i) 砂丘の植生が、① 砂丘草本と内陸草本の混生、および ② 砂丘天然林の 2 つに分けられ、外的条件を除いて、植物それ自体の生活の特徴 (植生の内的条件) から考察される。
- ii) 生態的条件として、これまで重視されてきた環境条件 (植生の外的条件) である、
- ③ 気候条件と土壌条件とが、人工林造成の成果の観点より考察される。
- iii) 砂丘表面の動き、つまり、④ 火山灰の降下と、⑤ 飛砂という、これまであまり考え

られなかった。しかし、いわゆる環境条件よりも植生に及ぼす影響のはるかに大きく直接的な、地表変動の観点より、森林植生の成立条件が考察される。

iv) 最後に、樹木群の天然侵入と人為導入の違いから、⑥ 砂丘天然林の成立および推移と、それに暗示された人工林の造成法とが考察される。

### 1. 砂丘草本と内陸草本の混生 *Mixed dwelling of dune herbs and inland herbs*

浜頓別第1砂丘の後浜には、北海道の他の海岸砂丘においても観察されるように、異なる環境に生育すると考えられる2種類の植物集団が混生している(表-3参照)。それらの混生条件の考察に先立ち、砂丘草本と内陸草本のそれぞれの特徴および生育環境の違いが検討されねばなるまい。

#### (1) 砂丘草本 *Sand dune herbs*

海岸の砂浜ないし砂丘に生育するという条件のみでは、それは砂丘植物と定義されない。筆者らの定義によれば、砂が風によって運搬されるという条件(飛砂現象)を前提に、風食・埋没という生活場所(砂丘表層部)の変動に対応して、そこに生育する植物(おもに草本)が砂丘草本ないし砂草である。これには、ハマナスやナワシロイチゴのような小型矮性の木本も含まれる。COWLES (1899) はこれらを *Marine plants, dune-formers*, ないし *dune-binders* とよび、これらが砂丘に生育するための条件を次のように指摘した。

1. 多年生の植物 (*Perennial plants*)
2. 盛んな根茎繁殖 (*Rhizome propagation*)
3. 耐埋砂性 (*With the power of growing out into the light when buried by the sand*)
4. 砂丘表面の極端な寒暑や風に対する乾生適応力 (*Xerophytic adaptations*)

筆者らはこれらの他に、次の条件を加える。

5. 堅く無構造な砂の中に、根系を発達させる能力
6. 砂地における種子の発芽力

なお、塩風の影響力は上述の諸条件に比較して、極めて弱いだらう。上述の諸条件に最適の、代表的な砂草はハマニソク (*Elymus mollis*) であろう。これは飛砂の抑制力に優れていて、根茎繁殖が旺盛なため、海岸砂地の植栽種として重要な位置を占めている(写真-3)。

#### (2) 内陸草本 *Inland herbs*

砂草が上述の条件を備えた草本であるのに対して、ここに記される内陸草本は、特に条件に規程されず、砂草以外の、つまり砂地における適応力が砂草よりも劣る、草本の意味である。そして、それらはふつう砂丘以外の場所に生育する。

木本を別にして、草生地の内陸草本と砂草との違いは、多年生や根茎繁殖力にあるのではなく、耐埋砂性、乾生適応力、および砂中における根系の発達などの不十分なことにあると考えられる。

調査地に観察された内陸植物のうちススキ・トウゲブキ・オオヨモギなどの多年生草本は

種子が風に運搬されやすいから、それらの種子は、毎年、砂地に着地していたにちがいない。また、クマイザサの根茎繁殖力は大きい。しかし、着地したとしても、地表の乾燥・深い埋没・先住草本の繁茂などのため、これらの種子の発芽および生長は困難である。

### (3) 混生の条件 Conditions of the mixed dwelling

砂草のハマニンニクと、砂草でないススキ・クマイザサとは、いずれも多年生で、根茎繁殖による叢生が著しく、ひとたび種子侵入によって繁茂したら、互いに他種の侵入を許さない。それゆえ、これらが叢生しつつ混生するためには、これらの侵入・定着の条件がそれぞれ異なる必要がある。

従来の植生遷移説によって考察すると、安定した裸砂地に最初に砂草が侵入し、次に内陸草本が前者の中に侵入して次第に優勢になり、最終的には、そこに樹木が侵入して成林することになる。しかし、内陸草本は、生存競争の観点から、砂草の繁茂する砂地へ、種子によって、群として、侵入しがたい。それゆえ、何らかの外的条件によって、先住の砂草が駆逐(破壊、ないし衰退)されて、後者のための裸地が出現しなければ、混生の事実が論理的に矛盾なく解かれないだろう。

南部の地方を除くと、北海道のいずれの海岸においても、明らかな飛砂がないので、各地の海岸砂地は草生地となっていると考察されてきた。しかし、この草本繁茂地には、天然にも人為的にも、木本が生育しがたいのであり、われわれが樹木をこの草生地に導入するとき、草本を根茎ごと除去(地はぎ地拵え)してはじめて成功を期待しうる。また、山腹植生工においても、ススキが筋工として植栽された後では、群としての木本の導入・侵入は困難となることがしばしば観察される。

それゆえ、海岸砂丘における天然林の成立についても、先住草本を駆逐する何らかの営力、つまり、気候異常や土壌の発達などより急激な自然の作用が必要である。もし、外的な条件が激変しないなら、草生地はいつまでも草生地のままであって、林地には移行しないであろう。

## 2. 砂丘天然林の成立条件 Conditions of the development of forest on sand dune

汀線からわずか100mの距離から、広葉樹の前縁林帯を欠いて、海風の影響を直接に受け、栄養分に乏しい砂丘の上に、針葉樹林が成立している事実は、防災林の造成における常識からみて、真に驚くべきことである。そのような場所において、人工林を造成しようとする試みはまだ成功していない。多少の環境条件は異なるろうとも、北海道の各地には海岸砂丘林が存在するのであるから、防災林造成事業の不成績は造成技術の不十分さ、つまり、多分に経験的で、自然科学的な思考に乏しい事実に帰因するらしい。以下に、おもに植物群、特に、針葉樹群成立の生物学的条件から、砂丘天然林の存在について考察する。

### (1) 一斉林型について On the uniform forest type

#### a) 調査地の林分 The stand investigated

調査地の林冠を構成する針葉樹は、直径にかなりの差があっても、同じくらいの個体はは

ぼ同じ場所に生育し、小径木はその周辺、大径木や広葉樹の疎生部にばらばらに、少数しか存在しない。また、海側風衝地の個体は、一般に、内陸側のそれより低く細い(図-6参照)。生長錐(boring)による各個体の年輪の読み取りがなされていないので、正確な数値が不明であるけれども、胸高直径が16 cm以上の大径木はほぼ同齡なのではなかろうか(表-6参照)。そして、その年齡は、砂丘という立地条件ゆえ、胸径35 cmから、館脇(1944)と斎藤(1968 b)によると、100年以上であり、トドマツの寿命から150年前後と推定される。

トドマツのような針葉樹の場合、後述の生存競争、侵入条件および生育条件の論理的な考察と、各地の砂丘林の調査例や植栽の成果などの実証とによると、直径にかなりの差があっても、同齡一斉林型(Even-aged, uniform forest type)が仮定される。樹幹解析された若木やその他の稚樹・稚苗は大径木の子孫であろう。高さ6.5 mの枯損木も、直径の比較では、他の個体と差がない。

ただし、アカエゾマツの樹幹解析によると、第1砂丘の針葉樹群の寿命は、上述の推定より若く、100年前後となるかもしれない。

広葉樹はいずれも直径が針葉樹に比較して、はるかに小さく(表-4参照)、特に風上部の多くの個体は明瞭な主幹のない多幹形を、つまり萌芽形を呈する。この原因として、風衝の他に、むしろそれより大きく、人為(燃材用に伐採)が考えられる。なぜならば、保安林として伐採が禁止されていても、その対象は主に針葉樹であって、広葉樹は雑木として扱われ、厳しく規制されない傾向にあったと考えられるからである。

#### b) 一斉林の諸例 Examples of uniform forest

多くの場合、平地の針葉樹林は一斉林型を呈し、山地のそれは複層林型を呈する(石原1933)。砂丘林の場合、館脇(1944)の調査したアカエゾマツ林も、直径から推して、ほぼ一斉林型である。天北地方の稚咲内やメークマでも、トドマツ林は一斉林型である(斎藤1968 b)。

稚咲内のトドマツ林の場合、風上風衝地のトドマツ個木は直径が約15 cm、高さが約11 mと小さい。他方、風下保護地のそれは直径が約40 cm、高さが約17 mと大きい。しかし、樹齡においては、前者がほぼ100~120年、後者がほぼ100~140年であって、両者の差は小さい。それゆえ、両者の空間的な大きさの差はそれぞれの生育条件に左右された結果であって、風下から風上までほぼ一斉林と推測される。

COOPER(1939)のMiscellaneous observationsによると、彼の植生遷移説にもかかわらず、氷河跡の同一場所に生育している樹木はほぼ同一年齡である。極盛相樹種のシトカトウヒの年輪数は平均41(最大53)、ツガ2種は29と50、陽性広葉樹のポプラ1種は46、そして先駆かん木のヤナギ類は37である。つまり、どの樹種も裸地にほぼ同時に侵入したのである。

トドマツもシトカトウヒも、同一林分の林冠構成木の年齡の変動量は小さく、世代間の年齡差(生活環の長さ)より小さいので、一斉林型とみなしうる。

c) 砂丘上のトドマツ一斉林 **Uniform Todo-fir forest on sand dune**

上述のように、平地の針葉樹林は一斉林型が多い。それで、直径が不揃いながらも、浜頓別第1砂丘のトドマツ林は一斉林であり、最初の侵入者であると推定され、その侵入時は、トドマツの群としての寿命から、およそ150~200年前と推測される。不揃いの原因として、林が小さいこと、汀線に近くて生長阻害条件の影響の大きいことが、そして、おそらく漁家による伐採も、あげられよう。

稚畝内においては伐り株の年輪が調査されたが、メークマでも浜頓別でも年輪の調査はなされず、直径から大約の樹齢が推測された。それでも、この3つのトドマツ林は、最近の同一の火山灰層(東1968b, たぶん、豊徳火山灰層)に関係した、ほぼ同一年齢の、初代の砂丘天然林ではないかと推測される。このことは、火山灰の降下年代と関連づけて、後述されよう。

(2) 生存競争 **Competitions for existence**

ここに述べられる生存競争とは、植物相互間の、特に木本・草本間の、群としての競争の意味である。

a) 初期生長の速さ **Speed of initial growth**

初期とは、ある樹木が発芽から生存競争に耐えうるまでの、ある大きさに達するまでの時間であり、樹種によって差が大きいけれども、天然では、ほぼ10年間であろう。植栽の場合には、苗木がひとり立ちできるまでの期間であり、それは5~10年間と考えられる。

一般に、陽性の、疎生を好む樹種の初期生長量は大きく、反対に、耐陰性に優れた、密生に耐える樹種のそれは小さい。この調査地では、前者がヤマナラシであり、後者がトドマツである(表-7参照)。また、大型草本の発芽1年目の、特に発芽直後の生長量はどんな樹木のそれよりも大きい。

それゆえ、初期生長の遅い種は、速い種と同時に同じような数量で侵入したのでは、その後の生存競争に敗れてしまう。植栽実験は初期生長の速さをわれわれに示す。苗木は草刈りによる競争者(草本)の抑制を必要とする。そして、草刈りの1シーズン中の回数と年数は、耐陰性にも左右されるけれども、初期生長の速い種ほど少なくて済む。それはドロノキで1~2年、トドマツで5年以上である(斎藤1968a, 1969b)。

b) 耐陰性 **Shade bearability**

もし初期生長だけが生存競争の条件であるならば、その遅い樹種は地表上における存続が不可能になってしまう。ところが、そうした樹種は一般に耐陰性が強いので、速い樹種に地上の空間を大きく占められても、枯損せずに生育を続けうる。この耐陰性を利用して、晩霜害を避ける1手段として、トドマツの樹下植栽が実施される。また、ドロノキとトドマツの列状混植が可能となる。

しかし、耐陰性にも限度があり、あまりに上木、または競争者が密生して、到達光が不十分であると、耐陰性の強い種(Shade-bearer)も生長を続けられない(斎藤1969a)。トドマツ

樹下植栽の不成績はこれが原因と考えられる。それゆえ、ある樹種(第1代)の林床には、同種の稚苗(第2代)が生長できないと推定される。原生林といわれる林に、群としての更新が見られない事実もこのことから説明されよう。調査地の場合も、トドマツの稚苗は上木の疎な部分にしか見られない。

耐陰性の他に、種子の発芽力も生存競争に重要な条件であろう。一般に、軽くて飛散しやすい種子はその発芽力の有効時間が短く、重い種子ほどそれが長い。また、着地場所の水分や光の量が種子の発芽率を大きく左右する。

こうして、初期生長の速さ、耐陰性および種子の発芽力が、さらに、種子の生産量、その飛散距離なども加えられて、総合されて、生存競争に関して、どの樹種にもほぼ平等に生育の機会が与えられていると考察される。

### c) 寿命 Life range

樹木の発芽から自然の枯死までの期間、つまり、寿命(Life range)ないし生活史(Life history)は極めて長く、ふつう数10年から数100年であり、時には数1,000年にも達する。しかし、森林(林分、ないし樹木群)の寿命は個木のそれよりずっと短く、北海道に生育する樹種はどれも、数10年から300年までくらいであろう。

同じ場所における樹木群の更新は寿命と関係する。ひとたび、発芽・生長した樹木群は、上述の生存競争、特に耐陰性のゆえに、他種の侵入を、同時に、同種(第2代)の更新も許さない。トドマツの場合、その群の寿命はほぼ150年(生態学談話会1968)であると観察されている。ところが、種子(次代)の散布は数10年で始まる。それで、親木(第1代)の寿命が尽きるよりもずっと早くその林床に着地した種子は、たとえ発芽しても、生長を続けられない。生長しうる場所は林縁、親木の疎生部、ないし陽樹の生育部に限られてしまう。調査地の場合も、現在の林分は更新稚苗や若木を少ししかもたない。また、親木の枯死が一斉に生じる場合は少ないので、更新は不齊になされ、しかも他種の侵入が生じる。

こうして、寿命や耐陰性の観点からも、一斉林型の針葉樹林はその地への、かつて裸地であった地面への、最初の移住者であったろうことが推論される。そして、この調査地のトドマツ林分は、おそらく、一斉林であり、火山灰と関係した、砂丘への最初の移住者(第1代, First generation)であると考察される。

### d) 先住植生の存在 Presense of pre-existing vegetation

上述の生存競争の諸条件は、種子が着地し発芽して、生育する段階に適用されるものである。その前に、種子の発芽・生育を約束する条件が検討されねばならない。

先住植生が存在する場合、そこへの新しい植生の侵入は不可能となる。特に、多年生の大型草本が先住する場合、樹木の侵入(特に、発芽と初期の生長)は困難である。これは導入においても同様である。

それゆえ、植生遷移説における植生の交代には疑問が生じる。草生地は何らかの、生物の

内的条件以外の営力が働かない限り、いつまでも草生地のままであり、海岸砂地に観察されるように、木本の侵入は生じない。山地斜面においても、テシオコザクラの生育地には常に山腹表層部の崩落現象による裸地が出現し、競争者の侵入は阻止されている (SAITO 1970)。

同じような傾向は、海岸砂丘の天然林においてもみとめられる。すなわち、種子による群としての侵入が可能となるためには、先住草本の占居していない地表、つまり、裸地 (Naked ground) が存在しなければならないのである。

しかし、要求される裸地の条件は、侵入植物の初期生長との関係で、種々さまざまであると考えられるので、それらの条件について、生物的側面と環境的側面から考察してみよう。

### (3) 侵入条件 Conditions of invasion

樹木の群侵入の条件として、次の3つが考えられる——① 裸地の必要、② 種子の飛散距離、および ③ 母樹群の存在。

#### a) 裸地の必要 Necessity of naked ground

群としてある樹種、たとえば林相が単純な針葉樹、特にトドマツがある場所に侵入する場合、そこは開放地で光が十分にあり、もちろん水湿でなく、草本や厚い落葉落枝層の存在しない「裸地」に限定される。土壌学の立場からも、石原 (1933) によると、トドマツは落葉や腐植の多い場所には生長できず、裸地によく更新する。

これは荒廃河川内において、土石流の影響 (土石の堆積) による段丘上の裸地に同齡林分が成立する事実 (新谷 1969) や、地すべり地の小裸地に小群単位でトドマツが更新している事実 (東 1967) から説明される。石原 (1933) が疑問を投げかけた山地の小群落単位の複層林型と、平地の一斉林型とは、それぞれ、地すべりによる小裸地と、何らかの原因 (たとえば、土石流) による大きい裸地との出現によって解かれよう。

植栽という実験からも、先住草本の破壊 (裸地の造成) がよい成果を生む事実が実証されている (斎藤 1969 b)。また、樹下 (先住木本の林床への) 植栽は、トドマツのような比較的耐陰性の強い樹種でもしばしば困難であり、皆伐地 (無立木地) 造林よりも成績が劣る傾向にある (斎藤 1969 a)。

#### b) 種子の飛散距離 Distance of seed dispersal

樹木群の侵入条件として、裸地の存在が不可欠であるとしても、さらに、そこへ他の場所から種子が飛散して来る必要がある。種子の飛散は、群侵入の場合、ほとんどの樹種が風と関係する。それゆえ、風に飛ばされやすい種子とそうでないそれとは、区分して考えられねばならない (東 1967, 鈴木 1970)。ただし、種子は、厳密には、種子を内に包んだ果実の場合も多い。

一般に、飛散距離の大きい種子は軽く、しかも大量に散布される。反対に、その小さい種子は重く、前者に比較して量的に少ない場合が多い。もっとも、重く大きい種子ほど発芽率が高い傾向にある。また、樹種によっては、種子 (ないし果実) が毎年でなく、数年ごとに生産される場合もあり、気候変動にも影響される。さらに、樹種によって、種子の散布季節が異

なるから、その飛散方向はその時の風向きに左右される。つまり、たとえ飛散可能の距離内に裸地が出現しても、種子生産(結実)の年ごとの豊凶や風向きなどに制限されて、侵入の機会をつかめない樹種もあるはずである。

带状区に観察された木本が、風による種子の飛散距離から、表-11のように分類された(表-4参照)。ここで、定量的な距離は不明確であるけれども、定性的には、極めて長い(数km~数10km)、長い(数100m~数km)、中くらい(数10m~数100m)、および、短い(数m~数10m)が仮定されよう。

表-11 風による各樹種の種子の飛散距離

Table 11. Distances of the dispersal of seed or fruit of each tree by wind

距離 Distance	Species	樹種	備考 Note
極めて長い Very long	<i>Populus sieboldii</i>	ヤマナラシ	種髪種子 Seed with coma
	<i>Salix sachalinensis</i>	ナガバヤナギ	" "
長い Long	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	シラカンバ	翼果 Winged fruit
中くらい Middle	<i>Abies sachalinensis</i>	トドマツ	有翼種子 Winged seed
	<i>Picea jezoensis</i>	エゾマツ	" "
	<i>P. glehnii</i>	アカエゾマツ	" "
	<i>Acer mono</i>	イタヤカエデ	翼果 Winged fruit
	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i>	ヤチダモ	" "
短い Short	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	ミズナラ	堅果 Nut
	<i>Sorbus commixta</i>	ナナカマド	なし状果 Pome
	<i>Euonymus macropterus</i>	ヒロハツリバナ	多肉種子 Juicy seed
	<i>E. oxyphyllus</i>	ツリバナ	" "
	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	コンアブラ	液果 Berry
	<i>Kalopanax pictus</i>	ハリギリ	核果 Drupe

なお、風以外に、鳥や獣による種子の運搬も考えられるけれども、それらが一斉林の成立に果たす役割は風よりずっと小さいであろう。

### c) 母樹群の存在 Presence of seed source

裸地に侵入して新しい樹木群が成立するためには、種子の飛散距離内に母樹群、または種子の供給源(Source for seeds)が存在する必要がある。母樹群の存在を規定する条件は次の2つであろう——① 母樹群の成立条件、および、② 母樹群の移住の速さ。このうち、母樹群の成立には、現在の樹木群の成立と同様に、裸地とその1代前の母樹群とが必要である。

それで、裸地の近くに母樹群が存在する必要から、母樹群の移住の速さ(Speed of tree migration)が問題となる。ある樹種の移住の速さは、① 空間的にはその種子の飛散距離から、そして、② 時間的にはその生活環(Life cycle)の長さ、つまり、1個木が発芽し生長して次代

の種子を生産するまでの期間から、規定される。一般に、樹木の生活環は寿命よりもかなり短く、したがって、樹木は1寿命中に長期間にわたって種子を供給しうる。しかし、生活環は短い種でも数年、長い種では数10年の単位である。

ヤナギ類やカンバ類は種子が軽く、飛散距離が大きく、しかも生活環が短いので、移住の速さは極めて大きい (Quick travelers)。反対に、トドマツやエゾマツなどは空間的に小さく、時間的に長いので、その速さは極めて小さい (Slow travelers)。それゆえ、群侵入・一斉林型の場合、ある場所に侵入して成林するためには、トドマツのような樹種は極めて近くに母樹群が存在しなくてはならない。反対に、ヤナギ科植物は遠くの母樹群からでも、全く新しい裸地 (たとえば、昭和新山) に侵入できる。

浜頓別第1砂丘のトドマツ母樹群は、上述の考察から、かつて、第2砂丘ふきんに存在していたにちがいない。林縁のヤマナラシとナガバヤナギは内陸の山地からでも十分に飛散して来れる。

樹種によるこの特性 (各樹種の個性の1つ) が、今日のように母樹群が各山地に孤立して、平地に存在しない場合、トドマツは平地の裸地 (たとえば、河成段丘や捨てられた耕地) に侵入できないのに反し、ヤナギ類はそこへたやすく侵入できるという結果をもたらしていると考えられる。全く新しい大きな裸地、たとえば、氷河後退跡地が出現した場合も同様で、もしそこにモミヤトウヒがすぐに侵入したならば、母樹群が氷河域のどこかに残っていたにちがいない。

(4) 生育条件 Conditions of growth

a) トドマツの生長量 Growth of Todo-fir

調査地の年輪解析供試木は、第2代であり、保護された環境に生育した若木であるけれども、その樹高生長の速さは、他の砂丘林のより内陸に生育したトドマツよりも、かなり大きい (表-12, 斎藤 1968 b)。ただし、稚畛内のトドマツは第1代、メークマのそれは密生した第2代である。

表-12 3海岸林のトドマツ樹高生長量の比較 (m)  
Table 12. Comparison of the height growth of Todo-firs at three coasts (m)

Site	Years	Maximum Height (m)									B.h. (cm) diameter	Distance (m) from shore		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90				
Hama-tombetsu 1		0.6	1.6	4.3							4.6	32	10.4	140
"	2*	0.3	0.9	1.4	2.1	3.1	4.3				4.6	65	14.5	100
"	3*	0.3	1.5	2.3	3.4	3.4					3.4	52	10.1	100
Wakasakinai	1	0.3	1.3	2.7	3.8	4.6	5.5	6.3	7.1	9.3	11.2	115	15.8	750
"	2	0.4	1.0	2.1	4.0	7.3	10.9	11.5	11.6		11.6	80	13.5	750
Mehkuma	1	0.3	1.0	2.5	4.8						4.8	40	8.4	250
"	2	0.3	0.7	1.2	2.2						2.8	46	3.5	250

\* *Picea glehnii* アカエゾマツ

こうした浅い根張り空間にもかかわらず、天然生の若木がよい生長を示す原因として、土壌の化学性よりも、生存競争が比較的厳しくなく、第1代に保護されたためと考えられる。この仮定が正しければ、調査林分内の疎な場所に苗木が植栽されるなら、現在の林分がこのまま続くとして、それらは20年以内に現在の林冠高に達するだろう。なお、アカエゾマツの生長量から推測すると、第1代が現在の林冠高に達するまでの時間は、侵入後、およそ70~80年であったろう。

親木群はその長い寿命の間、次代の侵入を抑制するので、たとえその晩霜や生長期の常風に対する保護効果が高くとも、群としての天然更新は行なわれ難いと考えられる。それで、樹下植栽は上木と苗木の生存競争を考慮した後に実行されねばなるまい。

保護の他の生育条件として、土壌の理学性と化学性は生育の速さを左右しよう。地下の根張り空間が拡大されるなら、樹木の生長はより速くより健全になるだろうし、また、施肥は生長をさらに速めるにちがいない。

#### b) 生長阻害条件 Bad conditions for growth

上述のように、砂丘天然林の成立にとっては、いわゆる生態学的な環境条件よりも、侵入条件こそ第1義の重要性をもつと考えられる。そして侵入後に、異種間の、次いで同種間の生存競争が生じる。

それゆえ、環境条件としての気候、特に生長期の積算温度、冬期の最低気温、および生長期の常風は、自然条件の下では、森林の生育を阻害する条件にすぎず、森林の成立にとって第2義的な重要性しかもたないと結論される。また、もう1つの環境条件とされる土壌(特に、その化学性)も、各個木の生長量の大きさを左右するのみで、森林の成立そのものにとっては低次の重要性しかもたないと考えられる。

生長阻害条件としての環境条件は次節で詳しく考察されるだろう。

### 3. 環境条件 Environmental conditions

ここでは、生態的条件としてこれまで重視されてきた環境条件(植生の外的条件)、つまり、①気候条件と②土壌条件とが、人工林造成という森林生態学における1つの実験的研究法の観点より考察される。

#### (1) 気候条件 Climatic conditions

##### a) 気温 Temperature

従来の植物生態学によれば、現在の天然生樹木の分布範囲はその地域の気温と関係づけられ、気温こそ森林存在の第1義的条件と考察されている(吉良・吉野 1967)。しかし、筆者らの考えでは、その考えは地球的な大区分の温度帯と森林帯の間関係には適用されても、地方的な小区分の温度と森林の間関係には当てはまらない。

花粉分析学による古気候の推定においては、現在の樹木の分布範囲の気温が適用されている(藤 1966)。けれども、その推定温度幅は現在の樹木の天然分布域の温度幅より小さいので

あって、この推定はまだ検討されねばならない。

それゆえ、樹木の天然分布は、温度よりも、他の条件によって大きく決定されるのではなからうかと考えられる。植栽という実験によれば、常緑針葉樹のヨーロッパトウヒ・ストロブマツ・その他、落葉針葉樹のニホンカラマツ・イチョウ・その他、および落葉広葉樹のニセアカシア・シダレヤナギ・その他は、その原産地と気温が大きく違うにもかかわらず、北海道にも生育しうるのである。この事実からも、気温が第1義の樹木分布説と、これに基づく花粉分析学および古気候学との方法論は原理的に否定ないし再検討されねばなるまい。植栽実験によって、樹木の気温に対する適応性は十分に大きいと証明されるので、現在の各樹種の天然分布は気温よりも他のより根本的な条件に左右されると考えられる。

その根本的な条件は次のようであろう。

1. 種子を供給する源としての母樹群が近くに存在するという条件。
2. 現存の林分とその母樹群の成立を規定する条件。

この母樹群の存在と成立の条件は樹木の分布にとって、気温という条件よりもはるかに影響力が大きく、直接的なはずである。

#### b) 風 Winds

樹木にとって、風の害は休眠期よりも生長期に大きいにちがいない。それは風衝の方向と生長期の風向きとが一致する事実から明らかである。造林地における林木の寒さの害が指摘されるけれども、冬の寒風はその地方に自生する樹種にとって、休眠期のゆえに、致命的でないはずである。そして、風害は主に風の物理的な作用にあって、塩風の影響は小さからう。さもないと、海岸線ふきんに森林は成立しないことになる。COWLES (1899) は塩風の影響の全くない内陸湖岸の砂丘植物が海岸砂丘のそれらと同じような生態的特徴を示す事実を観察している。

浜頓別第1砂丘では、常緑針葉樹が生長期の風上側に、落葉広葉樹が休眠期の風上側に多く生育し、それぞれ互いに害風を防ぎ合っているようにみえる。

強風地帯の海岸に樹木が欠如する場合、その原因は強風でなく、その風上に母樹群が存在しないこと、先住草本が繁茂して樹木の侵入の機会のないこと、などにあると考えられる。

#### c) その他の条件 Other conditions

北海道の降水量は、どこにおいても、樹木の生長に十分すぎるほどある。むしろ、排水の良い造林地ほど樹木の生長がよく、降水量が問題な場合は、土壤水分と関係して、種子の発芽時のみであろう。その時、地表は十分な水分をもたねばならない。たとえば、ヤナギ科植物の種子は飛散後の寿命が極めて短いので、着地時に水分が不足すると発芽できない(東 1967)。

砂丘の地表は保水性に乏しく、温度差も大きいので、何らかの条件が働かないかぎり、ヤマナラシはもちろん、トドマツやナナカマドさえ、発芽生長が不可能であったろう。

海岸ふきんには風の日が多いので、トドマツに致命的な晩霜は生じ難いにちがいない。一

部に被害が見られたけれども、雪害もまた樹木に致命的ではないだろう。

上述のように、森林ないし樹木群の成立にとって、気候条件は決定的な条件でなく、むしろ2次的に生育の阻害条件 (Checking condition) であるとさえ考えられる。

## (2) 土壌条件 Soil conditions

### a) 砂丘砂の物理的性質 Physical properties of the dune sand

砂の粒径は大きいので、通気・通水性が極めて大きく、砂土層の土壌水分保持力は小さい。しかし、砂丘砂の乾きは表層下数 cm 以内の狭い範囲に限られ、その下には十分な水分がある。それで、砂丘植物は乾性植物 (Xerophytes) ではない (COWLES 1899)。ただし、この表層の乾燥は植物の種子による侵入に好ましくない。第1砂丘の森林はこの不利が緩和された時の侵入であろう。

通気よさが好ましいと同時に、砂丘砂は無構造で固いために、つまり根張りに強く抵抗するので、根系の発達にとって好ましくない。砂中における根系の伸張力の差が、既述のように、砂草と内陸植物の差なのであろう。それゆえ、内陸草本や木本が砂丘に生育するためには、この悪条件が緩和される必要があり、火山灰層がその鍵であろう。

### b) 火山灰層と根系の関係 Relations of the volcanic ash layer on roots

樹木の根系は浅くて、火山灰層ふきんに集中し、その上下の範囲は狭い。砂丘砂の固さと無構造がそうさせたのであろう。また、それは火山灰層の保水力と通気の遮断にも関係しよう。つまり、根張り空間は火山灰層ふきんに限定されていると考えられる。

種子の発芽や稚苗の生長は、火山灰が表層にあってはじめて十分に保証される。一般に、特に農業において、火山灰地は泥炭地や重粘土地とともに不良土壌地といわれるけれども、このように、砂丘に存在する火山灰層は、土壌の理化学性において、森林の成立に重要な、むしろ不可欠な役割を果たしていると考えられる。

### c) 砂丘砂の化学的性質 Chemical properties of the dune sand

一般に、砂丘砂には樹木の生長のための栄養分が少ないといわれる。しかし、筆者らの考えでは、砂丘の樹木の生長が内陸のふつう土のそれに劣る理由は、砂土が化学的に貧栄養であるからのみでなく、風や根張り空間の不足などとも関係しているからにちがいない。なお、火山灰は砂土よりも鉱物質に富む。栄養分以外の化学性として、酸度 (pH) や塩分があらうけれども、そこに樹木が天然に生育している (植えても育つ) という事実から、これらは無視しうるほどに小さい阻害条件であろう。

### d) 土壌学的な植生遷移説の批判

#### Criticism on the successional theory in soil science

砂丘天然林の成立が、植生遷移説と不可分の土壌の発達の観点から考察されるなら、第1砂丘の植生は裸砂地、砂草、内陸草本、かん木、広葉樹、そして針葉樹の順に遷移したことになる。つまり、極盛相の針葉樹は先駆植生による有機物の堆積をまって侵入・定着するわけで

ある。CROCKER and MAJAR (1955) は COOPER (1939) の植生遷移説を土壌の発達の観点から裏づけようとした。それは先駆ハンノキ叢林が多量の窒素を集積し、そこへ後から侵入したはずのトウヒ林がそれを消費した (トウヒ林の林床の窒素はハンノキ叢林のそれより少ない) というのである。

しかし、この土壌の発達と植生遷移との因果関係に、筆者らは次のような疑問をもつ。

1. 天然には森林が存在しない、有機物のない裸の砂地においても、植栽すれば、樹木は育つ。

2. 耐陰性の強い針葉樹といえども、広葉樹林を一斉に、群として更新しえない。むしろ、先住植物は前者の侵入を許さない。

3. 石原 (1933) によると、トドマツは落葉腐植層の厚い場所には更新できず、むしろ、裸地において更新する。

4. 針葉樹林下の落葉落枝層の十分な厚さは先駆植生の遺産ではない。腐朽しにくい針葉は1代の樹木群によって十分に厚く堆積しうる (COOPER 1939, 斎藤 1967)。

これらの事実から、CROCKER らの窒素量は次のように説明されよう。つまり、ハンノキ叢林がトウヒ林によって更新されたのではなく、トウヒ林も前者と同じく裸地に侵入した。それで、林床の窒素量の差は両者の窒素集積量の差そのままである。舘脇 (1944) も腐植のない、しかし火山灰層をもつ、砂丘上のアカエゾマツ林に言及している。

なお、土壌条件は理学的性と化学性に分けて考察されるべきである。まず、土壌の理学的性は森林の成立の初期条件を第1義的に左右する重要な役割をもつ。そして、その化学性は第2義的に森林の成立の過程における樹木の生長の良否を左右する役割をもつ。

#### e) 砂丘ポドゾルの形成について *On the formation of podzolic soils at sand dune*

ポドゾル型土壌の発達には、針葉樹林の極盛相が極めて長い期間にわたって続く必要があり、その堆積腐植の酸の降下によって表層下のある層が漂白され、その下方に暗色の集積層が形成される。佐々木 (1960) および北川・他 (1967) によると、浜頓別第2砂丘には典型的な砂丘ポドゾルが存在する。しかし、筆者らはこの砂丘におけるポドゾルの形成に、森林生態学の立場から、疑問を感じる。

第2砂丘の砂土は、根張りにとって、構造上から極めて固い。さらに、針葉樹林の極盛相の永続には更新条件からも無理がある。もし森林が続いたと仮定すると、各世代毎に森林の破壊 (ないし成立) 条件が働かねばならず、その跡が残っているはずである。ところが、第2砂丘の地表には、火山灰層 (おそらく、第1砂丘のそれと同一) が薄く存在するだけで、腐植に富む層はない。火災が腐植層を焼き尽したとは考えられない。それゆえ、少なくとも、砂丘ポドゾルの形成に針葉樹林の長期間の極盛相が作用したとは考えられない。

砂は通水性がよいゆえ、集積盤層の形成にも疑問がある。第2砂丘の土取り場の切り取り面には、数層の火山灰層が観察される。それで、筆者らは佐々木らの記す第2砂丘のポドゾル

を古い火山灰が砂と混じったものと推定する。

#### 4. 火山灰の降下 Ash fall

##### (1) 火山灰層の層位 Stratigraphy of the volcanic ash layer

火山灰は地表に均一に、広い面積にわたって堆積するから、降灰年代が新しいか、地表が侵食されていないなら、降下前の地形の上にそのまま載っている。そして、この火山灰層を Key bed として、層位的に、その上下層の相対年代が決定される(井尻・新堀 1964)。

浜頓別第1砂丘には、1層の、厚さ2~3 cmの、明白な火山灰層が認められる。それは砂丘前半部では新砂に埋没させられていて、しかも砂を多く含んで層が厚い(写真-6)。しかし、砂丘後半部の林地では、それは地表ふきんに薄層をなし、砂をほとんど含まない(写真-9)。なお、前浜部分に火山灰層が欠ける理由は、波の作用の他に、風による吹き寄せが考えられ、その結果が後浜部分の厚い層なのかもしれない。

浅い凹地にも、均一の厚さに火山灰層が存在する。それはこの凹地地形が降灰前に形成されたのであり、その後に変化がないことを暗示する。風下林縁または砂丘の風下斜面下端に、明白な火山灰層がなく、砂と火山灰の混層が認められる事実は次のように説明されよう。斜面の下部が降灰後に、傾斜をより緩やかにして、沖積土の上に伸び、その時、砂と火山灰が混じり合ったのであろう。

低湿地では、火山灰層が沖積土の上に載り、その上に新しい粘土と泥炭が重なる。降灰後に、粘土が堆積し、さらにその後、泥炭層が短い時間に形成されたと推測される(図-9参照)。

##### (2) 地表変動因子としての降灰 Ash fall as a factor of topographic changes

先住植生を破壊し、新しい植生の侵入に裸地を提供する地表変動(COWLES 1911, 東 1967), つまり、植物の生活基盤である地表を激変させる変化は、生じる場所について表-13のように分けられよう。そして、海岸砂丘における地表変動として、①降灰と②飛砂とが考えられる。もちろん、降灰は山腹や河成段丘にも及ぶけれども、侵食されやすく、しかも他の因子に比較して、植生への影響が小さい。

表-13 地表変動の種類

Table 13. Kinds of topographic changes, or geo-dynamic processes

場所 Site	傾斜 Gradient	地表変動 Topographic change	營力 Agent	植生 Vegetation	研究者 References
山腹 Mountain-slope	急 Steep	地すべり Landslide 山腹崩壊 Rupture of surface soil	重力 Gravity	複層林 Compound storied forest	東 1967
河成段丘 River terrace	緩 Gentle	土石の移動 Movement of bed load	水流 Water	同齡一斉林 Even-aged uniform forest	新谷 1969
海岸砂丘 Sand dune	平坦 Flat	降灰 Ash fall 飛砂 Sand drift	風 Wind	一斉林 Uniform forest 砂 Sand dune 草 herbs	This study COWLES 1899

**a) 降灰による先住植生の破壊****Destruction of the pre-existing vegetation by ash fall**

降灰はその地に以前より存続してきた植生を、直接的には埋没により、そして間接的には理学的変化によって破壊する。それは他の因子よりも緩慢に働きかけるけれども、大面積にわたる裸地(巨大裸地)を出現させる。第1砂丘の場合、古砂の上に生活していた砂草が埋没され(消滅ないし衰退させられ)、裸地が出現したと考えられる。

**b) 砂丘表層部の理学的変化 Change of the physical properties of dune surface**

火山灰降下堆積物(Ash fall deposit)は砂丘表層部の砂丘砂の理学的性を変化させる。理学的性の変化は次のようであろう。

1. 保水力を増す。
2. 通気を低める。
3. 地表部の温度変化を小さくする。
4. 種子の着地と発芽を有利にする。
5. 根系の発達を促す。

このように、降灰は先住植生の破壊と、地表部の理学的性の改良(特に、4.と5.)とによって、新しい植生(内陸植物)に侵入の場を提供する。

その化学性的変化は、生育条件として、理学的のそれに比較すれば、植生への影響は小さいであろう。

**c) 植物の生存について On remaining of plants**

降灰の量、継続期間、また生育の場所などの条件によっては、先住植生は必ずしも消滅・衰退させられない。特に、樹木はその空間的な大きさのゆえに、完全に埋没する場合はほとんどなく、一部分の埋没にはよく耐えて、その後かなりの年月生き残る可能性が強い(東・鈴木1967)。また、すぐに火山灰が取り去られる場所、たとえば局所的な斜面や水流沿いの地面にならば、比較的小さい草本も生存しうる。さもないと、降灰の大裸地ゆえに、種子供給源が遠く隔てられてしまい、移住速度の遅い種は、速い種に侵入の場を奪われて、生存が不可能となる。

樹木は草本よりも埋没に耐えるので、以下では、生存については樹木に限って考察される。特に針葉樹(モミ属とトウヒ属に限定して)は移住の速さが遅いので、母樹群が近くに生き残らない限り、そこに生存を続けることが不可能である。

このことは、同じく大面積にわたる地表変動として、火山灰よりも大きい破壊力をもつ氷河の場合も同様である。COOPER(1939)はアラスカのグレイシャー湾において、シトカトウヒが氷河の優勢期にも古いMorains上に生き残って、氷河の後退後に、その大裸地へ再侵入(Reinvasion)する事実を記した。

湊(1970)はスカンディナヴィア半島へ、ヨーロッパトウヒが後氷期に、フィンランドを

経てはるばると再移住したと記した。しかし、トウヒの時間的・空間的に極めて遅い移住の速さと、途次の数多くの大きな障害とを考慮するならば、半島には氷河におおわれなかった場所が各地に存在していて、そこにトウヒが生き残っていたとしか考えられないであろう。さもないければ、移住の速いヤナギ類、カンパ類、そして草本が融氷後の裸地をおおい尽して、トウヒには侵入の場がなかったにちがいない。

### (3) 降灰と植生の変化 Ash fall and vegetational changes

降灰は大面積にわたって、先住植生を埋没・衰退させるから、山腹や河成段丘上と比較して、極めて大きな裸地が平地に出現する。この巨大裸地は新しい植生にも、生き残った植生にも、侵入・再侵入の機会を与える。

#### a) 内陸植物の侵入 Invasion of inland plants

第1砂丘の場合、先住していた砂草は降灰によって衰退させられ、その裸地へ、内陸植物が侵入してきたと推測される。風に種子が飛散しやすいススキ・その他の草本は、降灰の後に、地表に火山灰層をもつ砂丘上に、はじめて定着できたのである。もちろん、毎年、それらの種子は砂丘まで風送されてきていたけれども、そこには砂丘植生が繁茂していて、それらには侵入の機会がなかった。それゆえ、砂丘前半部に砂草と混生する内陸草本は、飛砂のない安定地表ゆえに、植生遷移説のように時間とともに漸次、砂草に代ったのではなく、降灰を機会に一時に侵入したと考察される。

クマイザサのような大型で多年生の草本や、トドマツ・ナナカマドなどの木本は、Slow-travelersであっても、降灰による埋没に耐えるから、第2砂丘ふきんに存在したにちがいない母樹群から、先の草本と同時に、種子によって移住してきたと考えられる。砂丘表面の理學性は、降灰によって、内陸植物の着地・発芽に好都合となっていたにちがいない。

森林が、丘頂より海側に成立しなかった理由は、風の影響によると考えられる。また、林地に木本と同時に侵入したであろう草本がそこに生育しない理由は、その後の生存競争に敗れたからであろう。

#### b) 砂丘天然林の成立 Development of the forest on sand dune

海岸砂丘に限らず、平地の針葉樹林は一般に一斉林型を示す。石原(1933)によると、その原因は勃発的変革、つまり、山火・風倒・虫害・その他による環境因子の有機的平衡の破壊による、土壌の激変であり、それが一斉林的な更新をなさせる。しかも、トドマツは腐植の少ない、あるいは裸の、理學性の適当な地によく生育する。石原説の勃発的変革に、筆者らの地表変動説が置換ないし加えられるなら、一斉林型の説明は一層明白になろう。

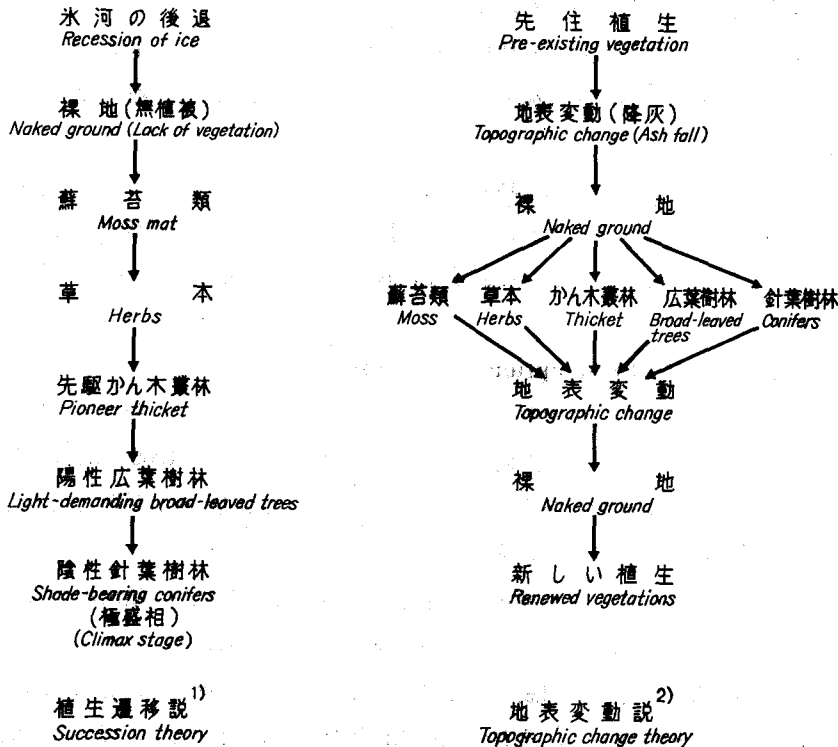
この一斉林成立の条件である群侵入を促す因子としては、特に砂丘の場合、飛砂でなく、降灰しか考えられない。舘脇(1944)の記した砂丘系アカエゾマツ林も、根室国春国岱の場合、砂丘表層に厚さ8cmもの火山灰層をもつ一斉林型である。伊藤(1970)も根室国野付崎の森林の成立に降下火山灰の影響があることを指摘している。

それゆえ、砂丘植生の場合に限っても、地表変動と植生の変化については、降灰が主体的であって、侵入は従属的である、と考察されてよい。つまり、気候・土壌という従来の公式的な環境条件より、地表変動こそ現在の植生を第1義的に決定した因子と考えられる。古い、静止に近い生存競争を止めて、新しく激しい生存競争を起こさせる、それが裸地の出現である。これが考慮されないならば、森林の成立は説明されまい。このことは、いわゆる生態的な環境のみを検討してきた、従来の森林生態学の停滞によって知られよう。

浜頓別第1砂丘の針葉樹一斉林型の成立は次のように説明されよう。トドマツ・エゾマツなどは、近くの母樹群から大量に移住して来て、初期生長が遅いけれども、耐陰性が比較的に強いので、時間とともに、同時に侵入した競争相手の草本や陽性広葉樹を駆逐し、しかも寿命が長いので、最終的に一斉林型を形成した。これは後述される遷移的な極盛相でなく、裸地への最初の移住者を意味する。

c) 植生遷移説の再批判 Second criticism on the successional theory

土壌の発達の見点からばかりでなく、既述のように、森林の内的条件からも、筆者らは植生遷移説を否定する。COOPER (1939) は母樹群がそこに生き残る事実を認めながら、なおか



図一10 森林の成立に関する2学説の比較

Fig. 10. Comparison of two theories on the development of forest.

- 1) COOPER 1939, CROCKER & MAJAR 1955, etc.
- 2) COWLES 1911, 東 1967, & This study.

つ、氷河後退後の植生遷移説を裏づけるべく、固定クオドラードを設定した。そして、その結果は彼の意図に否定的であった。

森林の成立に関する筆者らの考え方は、図-10に示されるように、地表変動説である。この説明では、微気候の変化や土壌の発達よりも、先住植生の破壊による裸地の出現と、多様な植生の同時侵入およびその後の生存競争とに重点が置かれる。反対に、遷移説においては、微気候の変化と土壌の発達が重要な因子であり、大気候は一定、地表は不動という前提である。筆者らの他に、伊藤(1970)も群落成立の決定要因について、それはしばしば図式化されるような、先駆群落から安定群落への一義的な方向によって、規定されるものではなく、むしろ初期状態における種の侵入、定着の Chance とその後の耐性 (Tolerance) によって決められると考察した。

筆者らの、地表変動に伴う植生の変化という仮説は、人工林の造成(樹木の植栽)という実験によってある程度まで実証される。実験結果は次のようである。

1. 草本の繁茂する場所へ植栽された苗木は活着率(生存率)が低く、その後の生長量も劣る。この事実は苗木が草本に抑えられた結果であり、草刈り(草本の地上部のみの除去)が先住草本の破壊に決定的でないことを示す。

2. 地はぎ地拵え法ないし耕うん地拵え法によって、先住草本が完全に、つまり地下部からも破壊されると、苗木の活着率は極めて高くなり、失われた腐植層を補って余りあるほどに生長量も優れる。

つまり、地はぎ地拵えは人為的な地表変動であり、土壌の理化学性をも改良する。こうした侵入・導入という基礎条件が備えられた後に、樹木の生長の良否は微気候や土壌の化学性(腐植質・人造肥料)などに左右される。それゆえ、後者は森林の成立に関して2次的な条件であると考察される。

#### (4) 降灰年代の推定 Presumption of ash fall age

天北地方における火山灰の供給源は利尻火山ただ1つに限られる。利尻火山起源の降灰の中で、最も新しい年代の火山灰層は、既述のように、更別グループ(1966)によって、4,000年以前と推定された豊徳火山灰層である。ここで、最も新しい火山灰層が問題となる理由は、現在の砂丘植生が最近の降灰と最も深い関係をもつはずだからである。

ところで、第1砂丘の火山灰堆積物の降下年代はいつであろうか。噴出源から極めて遠い浜頓別でさえ、火山灰層が2cm前後の厚さを呈するのであるから、近いサロベツ地域になら、これと同一の層がはるかに厚く、肉眼でたやすく見えるように堆積しているにちがいない。そして、そこの地表にはそれがある。それは豊徳火山灰層にほかならない。だから、浜頓別第1砂丘の火山灰層は豊徳火山灰層と同一であって、その降下は4,000年以前となる。

ただし、豊徳火山灰層よりも新しい、更別グループの言及していない、もう1つの火山灰層が地表にあると仮定すれば(表-14にある無名の“降灰”)、筆者らの考察はこのより新しい火

山灰層に限定される。

しかし、この降灰年代に、① 砂丘砂との層位学的関係から、および ② 砂丘林の成立年代の推定から、筆者らは疑問を感じる。つまり、浜頓別第1砂丘の火山灰層の降灰年代は、4,000年以前よりもずっと新しいのではないかと考えられる。

表-14 東天北地域の沖積世の地史 (北川・他 1967, および 更別グループ 1966 より)

Table 14. Geological history of Holocene at East Tem-poku region, Northern Hokkaido

時代	層序	岩質	古地理的変遷	備考
沖積世	砂丘成層	砂	現海岸砂丘形成 沼沢地に泥炭形成, 降灰	↑ (豊徳火山灰層)  利尻火山の活動
	沖積層	泥炭 シルト 細砂 砂礫	古トンベツ沼 (中鹹水, シジミ生息) 第2期トンベツ湾 (高鹹水, カキ生息) 沖積海進極盛期 古砂丘の形成 沿岸砂州の発達	
	古砂丘成層	砂・細礫		
10,000年前				

表-14 から明らかなように、第1砂丘 (現海岸砂丘) の形成年代は、4,000年前よりもずっと最近である。後述されるように (5.(2)), 粒径から、第1砂丘の古砂は、新砂と同じく、現海岸砂丘の砂であって、第2砂丘 (古砂丘) の砂でない。それゆえ、観察された火山灰層、つまり豊徳火山灰層が第1砂丘の表層部に存在するから、現海岸砂丘の形成がほぼ完了したらしい絶対年代は不明ながら、その降下年代は約1,000年前、あるいはもっと新しいと推定されてよからう。

次に、森林の成立年代の推定から、この降灰年代が考察されねばならない。降灰は第1砂丘の先住草本、おそらく砂草を衰退させ、裸地を出現させた。そして、針葉樹はその直後に一斉に侵入して、現在の林分を成立させたと考えられる。少量の降灰は樹木群を消滅させえないので、この地表変動以前にも森林植生が存在したことも考えられなくはない。しかし、飛砂を伴う砂丘砂の上に、先住草本の繁茂する場所に、針葉樹は群として侵入・定着不可能であったと考える方が無理なからう。それゆえ、現在の針葉樹群は、降灰のもたらした裸地への、最初の移住者であるにちがひなからう。

トドマツの群としての寿命はふつう150年前後らしい。浜頓別と同じ降灰の影響を受けたとみられる稚咲内やメークマの砂丘林でも、大径木はほぼ同齡、つまり一斉林型と観察され、稚咲内の内陸側で、枯損に近いトドマツの最大の樹齡は約180年であった (斎藤 1968 b)。摩周系火山灰の影響のある根室国春国岱の砂丘系アカエゾマツ林 (館脇 1944) も、樹齡200年弱で、同齡林であらう。また、伊藤 (1970) によると、雌阿寒岳系火山灰層 (220~140年前) を

もつ根室国野付崎のダケカンバ・ミズナラは190~220年、トドマツは樹齢約90年である。シトカトウヒでも、Life rangeは300年である(COOPER 1939)。

それゆえ、調査地の火山灰層の降下・堆積は200~300年前、あるいは数100年前と推定される。上述の推定から、4,000年以前という数値は豊徳火山灰層には適用されても、この火山灰層には当てはまらない。もしこの降灰と4,000年以前の豊徳火山灰層とが共に存在するならば、後者の上に、もう1層の新しい火山灰層が存在するはずであり、再検討が望まれる。

ただ、KATSUI (1953)によると、利尻火山のMain craterの活動は洪積世(10,000年以前)に限られるけれども、Parasitic cratersのそれは現世にまで及んでいる。そして、北川・他(1967)が表-14に示す新しい降灰が筆者らの観察した火山灰層と結びつくのかもしれない。

#### (5) 泥炭層の形成と降灰・粘土堆積の関係

##### Relations of the deposits of ash fall and clay on the peat formation

火山灰層の堆積年代が、上述のように、ごく最近であるなら、低湿地において泥炭層と最下層の粘土(おそらく河成沖積土)との間に介在する火山灰層と新しい沖積土とは次のような問題を喚起する。

#### a) 新しい沖積土の堆積について On the recent deposit of clay

地表変動因子(ここでは、降灰と粘土堆積)を考慮しない、単なる土壌学的な説明(たとえば、瀬尾・他(1952))によれば、泥炭層は沖積土の上に湿性植物の遺体が堆積して形成されたことになる。しかし、筆者らはこの層の介在について、次のように推理する。降灰後にも小規模な沿岸砂州が発達して、一時的に川口を塞ぎ、頓別川を陸封した。そのため、内水位が上昇し、川水によって運ばれてきた浮遊粘土がこの低湿地にまで、均一に、沈澱・堆積した。この粘土層に含まれる砂は飛砂起源であろう。地表変動と堆積層の関係は表-15に要約される(図-9および表-14参照)。低湿地内の、明らかでない流れは、既述のように、この粘土の運搬者とは考えられない。火山灰層も乱されていない。

表-15 低湿地における堆積層と地表変動の関係

Table 15. Relations of topographic changes on deposits at the swamp

堆 積 層	深 さ (cm)	地 表 変 動
泥 炭	0~19	泥炭の堆積
粘 土・砂	19~23	砂州の発達と飛砂、頓別川の陸封による粘土の沈澱
火 山 灰	23~24	降 灰
粘 土	24~	頓別川による埋立て

砂州による一時的な川水の滞留および粘土の均一な沈澱が仮定されるなら、同じオホーツク海沿岸の、網走湖周辺における、入海に生息した貝類が海水の淡水化に伴って漸次的に消長した、という考え方(湊 1970)には、次のような考え方も加えられるのではなかろうか。筆者ら

の推理は次のようである。貝類の消長は単なる淡水化だけで決定されたというより、それに加えて、上述の地表変動がたびたび生じて、入海の一時的かつ急激な淡水化と浮泥・降灰の沈澱による埋没とが影響して、それまで栄えていた種類が死滅ないし衰退し、新しい種類がそれに代ったのではなかろうか。

**b) 地表変動と泥炭形成植物の変化**

**Topographic changes and changes of peat-forming vegetation**

低湿地に生育して、泥炭を形成する植物(ここでは、ヨシ)は、その形成期間を通して、地表変動の影響を受けないだろうか。筆者らの推測では、ここも砂丘と同じく、地表変動に影響されたはずである。

沖積土の上に生育していた湿性の植生は、降灰によって1度衰退し、そこへ湿性ではない植生が侵入し、ある期間、繁茂したであろう。現存のヤチハンノキは、やち坊主の上ではなく、この火山灰裸地への侵入者ではなかろうか。この植生も次の粘土層に埋没され、湿地に比較的耐えるヤチハンノキだけが微高地にだけ生き残り、次の植生が生活を始め、やがて湿性植物の代表的なヨシが現在のように優勢になったのであろう(写真-1)。つまり、泥炭の最下層には、ヨシではなく、ふつうの内陸植物も含まれているにちがいない。

ヨシ原に木本が侵入できない理由は、自然の状態における限られた水流ぞいの裸地に生育する木本群の観察から、またヨシを根系から破壊してはじめて木本導入が可能となる事実(斎藤 1969 b)から説明されよう。それゆえ、ヤチハンノキ叢林は、第1砂丘の針葉樹と同じ時期に、この低湿地に侵入して成立したと考えられ、この推理はその寿命からも裏づけられよう。

上述の、地表変動が泥炭地の植生に影響するという仮説から、従来の泥炭層形成(堆積)の速さが再検討されねばなるまい。その速さ(mm/年)は、これまで、絶対年代の明らかな火山灰層が存在する場合、その上の泥炭層の厚さを一律にその年数で除して算定されていた。

しかし、筆者らは、泥炭形成において、降灰や土砂堆積の影響が極めて大きいことを指摘する。表層は泥炭でも、そのすぐ下層に粘土・砂・礫・火山灰などが存在する例は、蛇行する川・水流のふきんに、しばしば見うけられる(斎藤 1969 b)。

**5. 飛 砂 Sand drift**

**(1) 飛砂現象 Drifting sand**

これまで、道南(松山地方など)の一部を除くと、北海道の海岸には、飛砂現象が見られないといわれ、このことは各地方の海岸砂地に草本が繁茂している事実によって説明されてきた。そして、既述のように、内陸草本の繁茂には、砂地の安定に加えて、降灰の影響が大きいにちがいない。

しかし、火山灰が一様に地表ふきんに存在せず、砂丘前半部では新砂の下にある事実が示すように(図-9参照)、降灰後も、現在に到るまで、砂は風によって空中を、ないし地表を転送されてきている。つまり、この調査地では、草本が繁茂して地表が安定しているように見え

るけれども、少量、緩慢かつ断続的ながら、飛砂現象がある。この新しい砂（新砂）は丘頂にまで達し、林縁にも薄く堆積して、そこに落葉落枝がない。林内の地表には、腐植質と混じって僅かに砂がある。しかし、林分の欠ける場所では、飛砂はより厚く堆積し、さらに内陸に達している。

### (2) 古砂と新砂の時間差 Time discrepancy of present and fossil sands

浜頓別第1砂丘の砂は、既述のように、介在する火山灰層を Key bed として、新砂と古砂に分けられた。しかし、この2つの砂は、粒径と形成年代とから異質のものであろうか。

#### a) 粒子の大きさ Grain size

表-10 から知られるように、いわゆる新砂と古砂の粒径分布は両者を明らかに区別しない。そして、松下・他 (1967) によると、第1砂丘の砂は、火山灰層の上下とも、現海岸砂丘の砂であり、第2砂丘は沖積世初期に形成された砂堤列である。

また、第2砂丘の砂の粒径分布は、佐々木 (1960) によると、第1砂丘のそれよりずっと小さく、明らかに両砂丘の砂は異質である (表-16)。

表-16 第1, 第2砂丘の砂の粒径分布 (大約値, %)  
Table 16. Grain sizes of the sands of 1st and 2nd dunes

場所 Site	粒径 (mm) Grain size	2.0 }	0.25 }	0.05 }	備考 Note
		0.25	0.05		
第2砂丘 (古砂丘) ①		15	76	9	佐々木 (1960)
第1砂丘 (現海岸砂丘) ②		97	3*	0**	Table 10

① 2nd dune (sand bar), ② 1st dune (present dune)

\* 0.25~0.074 mm, \*\* <0.074 mm

それゆえ、筆者らは、調査において便宜上、第1砂丘の砂を新砂と古砂に区分したけれども、ここで、どちらも同質の現海岸砂丘の砂であるとしておく。

#### b) 時間差 Time discrepancy

上述のように、新砂と古砂がともに現海岸砂丘砂であり、火山灰層がそれらの間に介在していても、その降灰が、ごく新しいと推定されるので、両者の堆積した時間差はあまり大きくないと考えられる。つまり、現海岸砂丘 (古砂) の形成がほぼ完了した後に、おそらく数100年前に、降灰があり、その後いわゆる新砂が汀線ふきんから運ばれ、火山灰層の上に堆積したのであろう。

古砂と新砂の時間差は極めて小さいけれども、降灰期間中は地表の動きがなかった (あるいは、ごく少しであった)。つまり、飛砂現象は断続的に生じてきたのである。この断続的な、長い目でみれば連続的な、地表の動きは次の埋没有機物層の考察で一層明らかとなる。

### (3) 埋没有機物層 Layers of organic matter buried

後浜 (草生地) の土質断面に見られるように、火山灰層と地表の間 (新砂) には、ほぼ水平

な埋没有機物が数層も存在する(図-9, 写真-6 参照)。おそらく、これらはかつての地表に生育していた植物が、枯れ葉・枯れ茎(Litter)ともども、飛砂により埋没させられたものである。これは COWLES (1899) の記した砂丘砂中の Old soil lines (昔の地表線) に相当するらしい。

この埋没有機物層は、林縁(No. 8)において、火山灰層の下にも観察された。それゆえ、降灰前にも(現海岸砂丘の形成中にも)、現在と同じように、草本(おそらく、砂草のみ)が繁茂していて、飛砂現象も断続的であったと考察される。

#### a) 飛砂の時間的な断続 Intermittence of sand drifting

砂丘表層部に生活の基盤をおく草本は、地表の動きのない、ないし緩慢な期間に繁茂していて、突発的な(1シーズン、ないし1日という時間単位で)飛砂に埋没させられた。その後、再び、ある期間、地表が安定して、草本は回復した。そして、さらに、次の飛砂が生じた。

この飛砂と植生の変化・回復のくり返しは降灰と同じように説明されよう。そして、ここでも地表変動が支配的(1次的)であって、植生の消長は従属的(2次的)である。

#### b) 飛砂の量 Amount of sand drifted

埋没有機物層の層数は飛砂の断続回数を示し、ある層とその上下いずれかの層の間の砂はその期間中の飛砂の量を示すはずである。それゆえ、降灰の絶対年代がより明白に推定されるようになれば、最近の飛砂は時間的・空間的に、つまり定量的にも捉えられよう。

また、それが相対年代であっても、飛砂の回数から、降灰後の飛砂現象、つまり周期的な強風の年、供給される砂の蓄積、あるいは河川洪水、集中豪雨などの環境変化などが定性的に捉えられよう。

#### (4) 砂草の進出 Advance of sand dune herbs

海岸砂丘に内陸草本が生育する理由は、既に、降灰によって説明された。しかし、それでも砂草・内陸草本の混生と砂草の存在とが未だ十分に説明されてない。降灰説に従うと、内陸草本が砂草を圧倒していることになる。けれども、上述のように、降灰後の飛砂現象が考えられるなら、両者の関係は逆転する。

筆者らの推測は次のようである。降灰とともに、内陸草本は木本と一緒に第1砂丘に侵入してきた。しかし、弱められたとはいえ、先住の砂草は死滅しなかった。降灰後、再び飛砂が生じると、火山灰層に生活基盤をおく内陸草本は埋没されて衰退し、代って、前浜ふきんに後退していた砂草が再び進出してきた。飛砂に伴う砂草の進出は、ついに現在のように、丘頂を越えるようになった。

内陸草本と砂草の混生は、降灰と飛砂という2つの地表変動により、火山灰に従属する(ないし、有利な)内陸草本と、飛砂に従属する砂草とから説明される。飛砂がさらに継続すると、内陸草本の生活は不利になり、砂草に駆逐されてゆこう。そして、樹木群もまた更新の場を徐々に奪われて、次の降灰が生じないかぎり、消滅してゆくだろう。

埋没有機物数層のうち火山灰層に近い層には、内陸植物が多く含まれているにちがいな

い。現在、地表に生き残っている内陸草本は大部分が多年生のものである(表-3参照)。しかし、かつて降灰直後には、1年生と2年生の草本も多く生育していたにちがいない。火山灰層に根を伸ばしていた内陸草本は、埋砂によって生活基盤から遠ざけられ、それが比較的浅い後浜の後半部にかろうじて生き残っているのである。

トドマツとハマニクノ混生(東 1968 b)は、それゆえ、トドマツが砂草地にただ単に侵入した結果ではなく、過去の地表変動の結果であり、記録である。

なお、トドマツや他種の樹木が丘頂より後方にしかない理由として、風の影響とともに、あるいはそれよりも強く、その前方に侵入したであろう稚苗が飛砂によって機械的に傷つけられたり、埋没させられたことがあげられよう。

## 6. 砂丘天然林の推移と人工林の造成

### On the future of sand dune forests and shelterbelt establishment

#### (1) 砂丘天然林の推移 On the future of sand dune forests

浜頓別第1砂丘のトドマツ林をはじめ、天北地方の諸海岸林は、天然林成立のための条件、特に侵入条件の欠如から、これ以上に人為的な破壊がなく、現状のままに放置されたとしても、その将来は退行的であると考えられる。

調査地の場合、各樹木群に隣接する開放地(ないし、無立木地)には内陸および砂地の多年生草本が繁茂していて、トドマツ・その他の樹木の侵入、ないし更新、のための裸地が存在しない。また、現樹木群の林床はかん木、草本、落葉落枝・腐植質でおおわれて、鉍質土壌が裸出せず、トドマツの第2代・第3代にあたる更新稚苗がほとんど見出されない。

更新稚苗がほとんどない事実と逆に、現在の林冠構成者(第1代)はいずれも老齢であり、近い将来に枯死に到ると推測される。また、第2砂丘ふきんに、かつて存在し、種子を供給したと考えられるトドマツ林がいまは存在しない。従って、調査地ふきんには、次代のための母樹群が失われつつある。

さらに、海側林縁に達した飛砂は、時とともに、林床を変える傾向にある。砂の地表に、樹木の種子はうまく発芽・生長できないので、次第に、そこは砂草に代られよう。

こうして、第1砂丘の針葉樹木群は、何らかの自然の営力(地表変動)、とくに、降灰によって、隣接の開放地に、また現林床そのものが破壊されて、再び、裸地が出現しないかぎり、時とともに退行してゆくであろう。

これらの天然林を残し、または活用するためには、人為による積極的な、樹木群の侵入ないし導入の条件づくりがなされねばなるまい。それゆえ、現在の、人為を加えない、自然保護および保安林の行政は、時間とともに変化する森林にとって、不十分であると考えられる。

オホーツク沿岸の広葉樹林に針葉樹がない(館脇 1961)のも、人為による伐採に加えて、近くに母樹群が欠如することが原因であろう。そして、人為的に針葉樹を植えない限り、そこには植生遷移説的な針葉樹林は出現しないのである。また、逆に、保安林改良においては、侵

入条件を造成することにより、天然母樹群を有効に利用すべきであろう。

## (2) 人工林の造成 Shelterbelt establishment

海岸砂丘の退行的な天然林を存続・拡大させるためには、積極的な人為によってそのための条件が作られなければならない。そして、それは海岸砂丘に人工林を造成することに結びつく。

まず、ふきんの母樹群からの天然下種を期待するためには、無立木地の草本を除去して、裸地を造り出すことが必要である。そのとき、微気候の悪化や過激な生存競争を避けるため、先住草本の除去は、全面的でなく、筋状に、地はぎ地拵えによってなされることが望ましい(東・田中 1969)。そして、樹木の初期生長を助けるため、しばらくの期間、同時に侵入した草本を除かなければならない。

植栽という人為(種子の直播き、埋枝、および苗木植栽)は、より一層確実に人工林を成立させる。それは、第1に、そのふきんの天然の母樹群からは期待できない樹種の導入を可能にする。第2に、それはわれわれの望む場所に望む樹種を配置・混交させる。第3に、それは天然下種の場合よりも季節的な制約をより小さくする。そして、第4に、上述の諸利点は維持管理をたやすくするであろう。樹木群の疎な、ないし欠けた場所に、樹木が導入されるなら、天然林は著しく充実し、次代のための母樹群が確保される。

自然の営力による裸地の出現は偶然的かつ局所的な場合が多いのであって、それが現在までの各地の森林ないし樹木群の不規則な分布を決定づけていると考えられる。しかし、人為による裸地の造成は、地はぎ地拵えや耕うん地拵えによって、極めてたやすいのである。降灰に代るこの積極的な地拵えは、樹木の生育可能ないずれの地方においても、草本の繁茂する無立木地を森林に変える潜在力をもつといえる。

さらに、生育阻害条件の改良ないし緩和も、人為によって、比較的たやすくなされる。樹木に著しい風衝形を余儀なくさせる害風は、防風工や犠牲林(防風生垣)によって緩和される。飛砂の抑制は、人工砂丘、砂草植栽、および埋砂に耐える樹木・かん木の植栽によって可能であり、それが砂丘天然林の存続や人工林の造成を保証する。さらに、土壌の理化学性は耕うんと降灰に代わる客土とによって改良され、それが根張り空間を著しく拡大し、樹木の生長量をより大きく、より確実にする。

上述の考察は表-17のようにまとめられよう。

今後における野外調査および植栽実験によって、天然林の成立条件がより一層明らかになれば、それを適用することによって、人工林(ここでは、防災林帯)の造成は、上述の積極的な人為をも加え、より一層たやすくなるにちがいない。そして、経済行為をそのおもな対象としている現在の林学は、この観点から、将来において、森林植生の環境をより動的に捉えた「森林学」という1つの野外科学に発展してゆく必要があり、人工林の造成は植生理論を構築する実験的方法であるとともに、理論を実地に適用する1技術でもある。

表—17 天然林の成立と人工林の造成の違い

Table 17. Differences between the development of natural forest and the shelterbelt establishment

条 件	天 然 林 の 成 立	人 工 林 の 造 成
場 所	地形・土質・母樹群の有無による制約	人間活動に必要な場所
裸地の出現	降 灰	地はぎ・耕うん地拵え
侵 入	種子、草と木の同時侵入	種子・埋枝・苗木植栽（導入）
生存競争	適者生存（初期生長の速さ・耐陰性）	植栽木の保育（列状混植・草刈り・中耕・除間伐）
根張り空間	火山灰層ふきん	耕うん・客土による拡大
飛 砂	森林の埋没・破壊	静砂工・耐埋砂性樹種の植栽
害 風	風衝による生長の阻害	防風工・犠牲林
更 新	地表変動（一斉林）、寿命（複層林）	带状伐、植栽・天然下種

## V. む す び Conclusion

この研究は、従来の気候条件と土壌条件だけを環境条件と考えた、静的な生態学に、地表変動という突発的な地表面の動きと、林帯造成というひとつの実験とが導入された、動的な生態学である。そして、これは各種の測定器具によるバラバラの、第1義の原因の明らかでない、データから定量的に結論づけられたのではなく、そこに生育する植物そのものから、その環境条件が定性的に説明された。この研究を発展させ、定量的な説明を可能にするためには、森林生態学、地質学および人工林造成の研究者たちが共同しなくてはなるまい。それにより、地表変動と森林の成立に関する研究の発展は広汎な第四紀（特に、沖積世）の研究に寄与するであろう。

なお、この研究は地表変動因子が単純な天北地方を舞台に検討されたけれども、それがより複雑な、つまり数層の降下火山灰堆積物におおわれている道東地方においても、検討されなければならない。そして、降灰と森林の成立の関係は、他に重要な地表変動因子をもたない、平地における森林の発達を歴史を教えるにちがいない。また、先住植生の埋没・衰退、生存競争および阻害条件は、人工林の造成という実験によって、再検討される必要がある。さらに、この考え方は、地表変動因子の複雑な、山地の森林の成立条件の研究にも適用されよう。

この研究、つまり、浜頓別第1砂丘における火山灰層と天然林成立の関係は次のように結論されよう。そして、この研究の成果は天北地方の他の砂丘天然林、さらに、北海道各地のそれらの成立についても適用されるし、人工林（防災林帯と一般経済林）の造成にも十分に応用されてよからう。

この第1砂丘は約1,000年前、ないし、より新しい年代に、ほぼ現在の状態に形成され、その地表には砂草からなる植生が存在していた。その後、200~300年前、ないし、数100年前に、利尻火山から、4,000年前といわれる豊徳火山灰層よりも新しい、未だに言及されてな

い火山灰がこの砂丘上に降下して、先住植生を破壊ないし衰退させた。この地表変動によって出現した、しかも理化学性が改良された、裸の地表に、内陸から飛散して来た内陸草本・木本とともに、第2砂丘ふきんに生き残った母樹群から、トドマツ・その他の小さな飛散距離をもつ木本の種子がほぼ同年代に移来した。満たされた条件のもとでそれらはそろって発芽し、激しい生存競争にうちかかって生き残り、かつ生育阻害条件としての気象害や理化学性に乏しい土壤に耐えて、それらの中でも、耐陰性や寿命に優れたトドマツがこの樹木群の優占種となった。降下火山灰堆積物が海岸砂丘上の森林の成立に第1義の必要条件であるのに反し、同じく地表変動の1因子である飛砂は内陸植生を埋没・後退させ、砂草の進出に主要な役割を演じているのにすぎない。それで、従来の環境条件としての気候条件と土壌条件は、上述のように、森林の成立に決定的に作用したものでなく、その発達の阻害条件にすぎないと考えられる。そして、次の地表変動(降灰)がない限り、この砂丘天然林は樹木固有の寿命を全うし、その後は衰退してゆくだろう。ただし、人為的な地表変動(耕うん地拵えと客土)と植栽が砂丘林をより健全な林相へ発展させることは可能である。

なお、砂丘ポドゾルの形成、植生からみた降灰年代の推定、氷河地域における樹木の生存、入海の漸次的・突然的な淡水化と貝類の消長、泥炭形成に及ぼす火山灰や氾濫土砂の影響、風衝と飛砂(埋没)による異常材の形成、その他は、この研究では十分に説明されないで、多くの疑問として取り上げられたただけであったけれども、筆者らは今後の重要課題として研究していくつもりである。

## 謝 辞

この研究の発表にあたり、野外調査を技術的に支援された浜頓別営林署の菅野教義氏と池田勇治氏に、北大農学部林学科大学院生の高橋 盛氏に、およびこれに便宜をはかられた芹沢署長はじめ浜頓別営林署の関係各位に対して、筆者らは深く感謝する。そして、土壌学と地質学の立場からそれぞれ助言された故内田丈夫博士と北大理学部の勝井義雄助教授に対しても、筆者らは謝意を表する。

## 文 献 References

- 新谷 融 (1969): 土石移動による裸地形成と天然生同齡林分. 日林北支講, 18, 192-196.  
 COOPER, W. S. (1939): A fourth expedition to Glacier Bay, Alaska. *Ecology*, 20, 2, 130-155.  
 COWLES, H. C. (1899): The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. *Bot. Gaz.*, 27, 95-117, 167-202, 281-308 and 361-391.  
 ——— (1911): The causes of vegetative cycles. *Bot. Gaz.*, 51, 161-183.  
 CROCKER, R. L. and MAJAR, J. (1955): Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska. *J. Ecology*, 43, 427-448.  
 東 三郎 (1967): 地表変動と指標植物. 水利科学, 56, 55-68.  
 ———・鈴木 守 (1967): 耐埋没性樹種の防災的意義. 日林北支講, 16, 122-125.  
 ——— (1968 a): 常呂川流域の森林構成と荒廃の特性. 常呂川流域保全調査報告書, 61-110, 北見営林局.  
 ——— (1968 b): 海岸砂丘の火山灰層と林帯造成について. 日林北支講, 17, 105-109.

- 東 三郎・田中 勇 (1969): ササ地における林帯造成. 北大演林業務資料, 14, 1-23.
- 井尻正二・新堀友行 (1964): 地学入門. 1-326, 築地書館.
- (1966): 科学論. 1-316, 築地書館.
- 石原供三 (1933): 天然林にお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. 北林試報, 12, 1-169.
- 伊藤重右衛門・今 純一 (1968): 犠牲林の造成に関する一, 二の考察. 日林北支講, 17, 96-101.
- 伊藤浩司 (1970): 根室国野付崎の植物生態学的研究 (II)—森林群落について. 北大演報, 27, 1, 1-48.
- KATSUI, Y. (1953): Petro-chemical study on the lavas from Volcano Rishiri, Hokkaido, Japan. J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. IV, 8, 3, 245-258.
- 河田 杰 (1940): 森林生態学講義. 1-528, 養賢堂.
- 吉良竜夫・吉野みどり (1967): 日本産針葉樹の温度分布—中部地方以西について. 「自然—生態学的研究」, 133-161, 中央公論社.
- 北川芳男・他 (1967): 北海道北部の土壌. 1-195, 北海道開発局.
- 松下勝秀・他 (1967): 5万分の1地質図幅・説明書「浜頓別」. 1-41, 北海道開発局.
- 湊 正雄 (1970): 氷河時代の世界. 1-259, 築地書館.
- 中頓別営林署 (1963): 中頓別営林署海岸防風林造成事業についての成績調査. 寒帯林, 106, 218-238, 旭川営林局.
- 沼田 真 (1967): 植物的環境の解析と評価. 「自然—生態学的研究」, 163-187, 中央公論社.
- 尾中文彦 (1949): アテの研究. 木材研究, 1, 1-88.
- 大西正巳・近藤正史 (1965): 砂丘の生いたち. 大明堂.
- 斎藤新一郎 (1967): 砂坂海岸林研修随想. 治山と保全, 6, 31-38.
- (1968 a): オホーツク沿岸防災林研修後記. 北見林友, 141, 7-20, 北見営林局.
- (1968 b): 北海道北部における天然生海岸林の解析. 1-20, 旭川営林局.
- ・高橋 盛 (1969): 浜頓別の天然砂丘林. 第10回日生態北地講要旨.
- (1969 a): 浜厚真附近における前生林の造成試験. 日林北支講, 18, 180-182.
- (1969 b): 北海道北部の泥炭地における前生林の造成法 (3)—4年後の植栽成績. 日林北支講, 18, 183-186.
- SAITO, S. (1970): A study on the environment of Teshio primrose (*Primula takedana* TATEWAKI). Bul. Col. Exp. For. Hokkaido Univ., 27, 1, 49-62.
- 札幌管区气象台 (1964): 北海道の気候. 1-391, 気象協会北海道地方本部.
- 更別グループ・藤 則雄・朝比奈正二郎 (1966): 稚内・サロベツ地域の第四系. 第四紀研究, 5, 1, 1-11.
- 佐々木清一 (1960): 北海道土壌地理論. 1-221.
- 生態学談話会 (1968): エゾマツ・トドマツ天然林の生態と取り扱い. 1-50, 林業科学技術振興所.
- 瀬尾春雄・他 (1952): 北海道総合開発調査報告—天北重粘地改良計画調査編. 1-230, 北海道開発局.
- 鈴木 守 (1970): 林業と地質. 北方林業, 22, 3, 76-80.
- TANSLEY, A. G. (1923): Practical plant ecology. London.
- 筋脇 操 (1944): アカエゾマツ林の群落学的研究. 北大演報, 13, 2, 1-181.
- (1961): オホーツク沿岸の落葉広葉樹林植生. 1-96, 北見営林局.

### Summary

The present paper deals with ecological relations of the volcanic ash on the development of forest vegetation at the coastal dunes, from the points of view of the change of topographic form and of the competitions for existence as groups. The authors' hypothesis in this study is that the fall of volcanic ash is one of the topographic changes, or geo-dynamic processes, and the deposit of ash layer destroys pre-existing vegetations and makes naked grounds in vast area for new ones, and that this sudden change of soil surfaces must influence on plant societies, stronger than the so-called

ecological conditions of climate and soil do.

In Hokkaido, the shelterbelt establishment works have been practiced for a quarter century. However, the growth of exotic conifers planted are not good but damaged by many environmental conditions, and these results make us think that to establish shelterbelt is not hopeful but very difficult. Nevertheless, the authors consider that a trial to overcome such difficulties is to investigate the remaining natural forests of indigenous trees and shrubs at coasts near the places to be planted, though the artificial planting is not always equal to the natural invasion. It seems indispensable to study the conditions of invasion, growth and development of natural forest in time and in space from the underground, adding to the customary study of space relations above the soil surface. And the results from the new investigation must suggest us the methods of shelterbelt establishing—land-preparation, selection of species to be planted, planting practice, expectant height, necessary width of belt, years until early effect, and so on.

Many volcanos in Hokkaido are active in Holocene epoch, and these have caused volcanic ash to deposit many times on the almost all surfaces of this island. Therefore, present vegetations in this island must, more or less, be influenced by ash fall deposits. Usually, coastal dunes have comparatively simple vegetations and almost no topographic change as water erosion, land-slide, or soil disturbance by agriculture expect volcanic ash fall and sand drift, and the structure of dune-sands is very simple in soil science. In the so-called Tempoku region, northern Hokkaido, there is only one volcano, Volcano Rishiri, which sent ash little times recently (Fig. 4). The site investigated, a natural forest on the first sand dune at Ontokitai, Hama-tombetsu, is selected because of presence of one distinct layer of ash fall deposit, simple conifer forest and nearness of the forest to sea (Fig. 1).

On the development of natural forests, the authors' methodology is not to explain quantitatively one of the environmental conditions with separate data through many measuring instruments, but is a trial to explain qualitatively the compound environmental conditions through plant itself as phytometer.

#### *Experiments and results*

The investigation was carried out on October 31st to November 2nd, 1968.

The dune investigated is divided into lower beach of naked sand, upper beach with herbs, and wooded rear half with a layer of ash above sand (Fig. 5). There grow two kinds of vegetations of so-called sand dune herbs and inland herbs (Table 3).

A belt-transent, 5 meter wide by 90 meter long, S 67°W in the direction, is set on at the thickest tree group, or stand, from sea to inland. The dominant species is Todo-fir, *Abies sachalinensis*, 5 meter high with a little spruces, *Picea*, with wind-swept crowns of many daughter trunks (Photo. 7 and 8). Of broad-leaved trees, the most in number is a mountain ash, *Sorbus commixta*, and follow *Acer*, *Quercus*, *Populus*, and *Kalopanax* (Fig. 6, Table 4 and Photo. 11).

The volcanic ash layer of the upper part of the sand dune is not found both at the lower beach and at the front half of upper beach. The layer is recognized at the rear half of upper beach, 40 to 20 centimeter deep, and it reaches sand surface at the forest.

Dund-sands are divided into upper present sand and lower fossil sand by the ash layer as a stratigraphical key bed. Among the present sand there are found several layers of organic matter buried (Photo. 6). Roots of *Elymus mollis*, a representative sand-binder, have no relation with ash, but those of inland herbs, trees and shrubs are very shallow and around it closely (Fig. 9 and Photo. 9).

### Discussion

The mixed dwelling of dune herbs and inland herbs may be explained by the customary succession theory that the first invaders to the naked sand are the former and the second ones are the latter. However, the luxuriant dune-dwellers living on sands with sand drifts do not allow the invasion of inland herbs, and the latter cannot invade there without the naked soil surface caused by some agent, though their seeds are supplied sufficiently from more inland sources.

The Todo-fir forest investigated is considered an even-aged, uniform forest type and its age about 100 to 150 years old, because of a single canopy and 35 centimeter in breast-height diameter. And the age of invasion of trees as a group (first generation) may be estimated about 150 to 200 years ago, because of Todo-fir's life range. The conifer with other species must invade firstly the ground without pre-existing vegetations and with good conditions for germination, or it could not develop because of competitions for existence, even if it is a shade-bearer. And its excel shade bearability and longer life range must make it dominant over other species with years.

It is considered that the conditions of tree invasion as a group may be composed of necessity of naked ground, distance of seed dispersal, and presence of seed source. It is said in soil science that Todo-fir cannot grow on the ground with thick litter but on the naked ground, and planting practices show that it prefers weedless sites to ones weeded or under trees. Todo-fir is not a quick traveler like willows, because of its longer life cycle and shorter distance of seed dispersal (Table 11). Therefore, this conifer has need of the source for seeds close by to invade the first dune, and the source had existed at the second dune.

The customary environmental conditions of climate and soil must discussed from the points of view of the applied ecology of tree planting practices. Both in forest and climate and in pollen-analysis and palaeoclimate, the natural distribution of an indigenous tree is primary restricted within a narrow temperature range of the present growing area. However, in planting practices, both indigenous and exotic trees can grow well without their temperate ranges. Winds, less rainfall, heavy snow, frost, etc. are not growing conditions but checking ones for forest development after invasion. The surface of sands is very dry against germination of inland plants and also the solid structure of sands does not allow the root penetration of them. Trees planted can grow on the least nutritious sands, though there is no pioneer vegetation which may accumulate nutriment in the customary succession theory. Therefore, climate and soil are not the primary condition for the forest development, and there must be another primary one.

The primary condition for the development of vegetation at a flat dune is considered one of topographic changes, i. e., ash fall or sand drift (Table 13). Ash fall deposit

buried sand dune herbs as pre-existing vegetations on sands and gave vast naked grounds with good soil condition for the invasion of inland plants. Nevertheless, the deposit of ash does not always bury all species in vast area. Trees can survive the shallow burial and cast seeds on the very ground without competition. For slow travelers like firs, it is indispensable for their offsprings to survive against topographic changes or checkers like ash fall or glacier advance. Therefore, the forest investigated has invaded there at once after the fall of ash. And the age of ash fall from Volcano Rishirs is presumed 200 (to 300) years ago, because of the age of invasion and also of the age of formation of present sand dune (first sand dune), of present and fossil sands, several hundred years ago.

Sand drifted buries vegetation, too, and makes layers of organic matter buried or old soil lines. Number and depth of the layers suggest the number and amount of intermixture of sand drifts. Sand drift gives good conditions for sand-binders and bad ones for inland plants, and the present forest will be destroyed if wind accelerates the movement of sand.

#### *Conclusion*

It is explained by the customary succession theory that a climax stage of shade-bearing conifers appears after the soil development and the good change of microclimate, resulted from the earlier stages of vegetations which succeed in order from naked ground to moss mat, herbs, pioneer thicket, and, semi-finally, light-demanding broad-leaved trees, paying no heed to source for seeds, competition, or life range.

However, the conclusion of this study is as follows. A pre-existing vegetation of dune-dwellers on the first dune investigated was buried, or weakened, by a topographic change of volcanic ash fall. And, consequently, there appeared a naked ground with physically better soil condition for the invasion of all vegetations, i. e., moss, herbs, thicket, broad-leaved trees, and conifers. They invaded at the same time without succession from each seed source, and Todo-fir became dominant with years through competitions (Fig. 10). Thus, the volcanic ash played a great role for the development of forest vegetation at the sand dune.



写真一 低湿地 (中央) のヨシ・ヤチハンノキと、第1砂丘 (後方) の天然林 (第2砂丘より, 1966. 9. 23)

Photo 1. *Phragmites communis* and *Alnus japonica* var. *arguta* on the swamp (center), and natural forests on the first sand dune (back).



写真二 浜頓別第1砂丘の丘頂ふきんの植生。ススキ・クマイザサ・ハマニクなどの草本と、トドマツ・エゾマツ・アカエゾマツの孤木 (1968. 10. 31)

Photo 2. Vegetations at the summit of the first sand-dune at Hama-tombetsu coast. Herbs of *Miscanthus*, *Sasa*, *Elymus*, etc., and lone conifers of *Abies* and *Picea*.



写真一3 前浜と後浜の境に生育するハマニンニク  
(1968. 10. 31)

Photo 3. *Elymus mollis*, growing at the border between the lower and upper beaches.



写真一4 深さ 20 cm に達するハマニンニクの根系  
古い根はさらに深い (土質断面 No. 1)

Photo 4. Roots of *Elymus mollis* reach to 20 centimeter deep and older ones deeper.



写真—5 後浜における砂丘草本と内陸草本の混生 (1968. 10. 31)

Photo 5. Mixed growing of the sand-dune and inland herbs on the upper beach.



写真—6 草生地での1土質断面 (No. 5)  
a. 火山灰層 b. 埋没有機物層

Photo. 6. A soil profile at the herb-growing area: a. volcanic ash and b. organic matter buried.



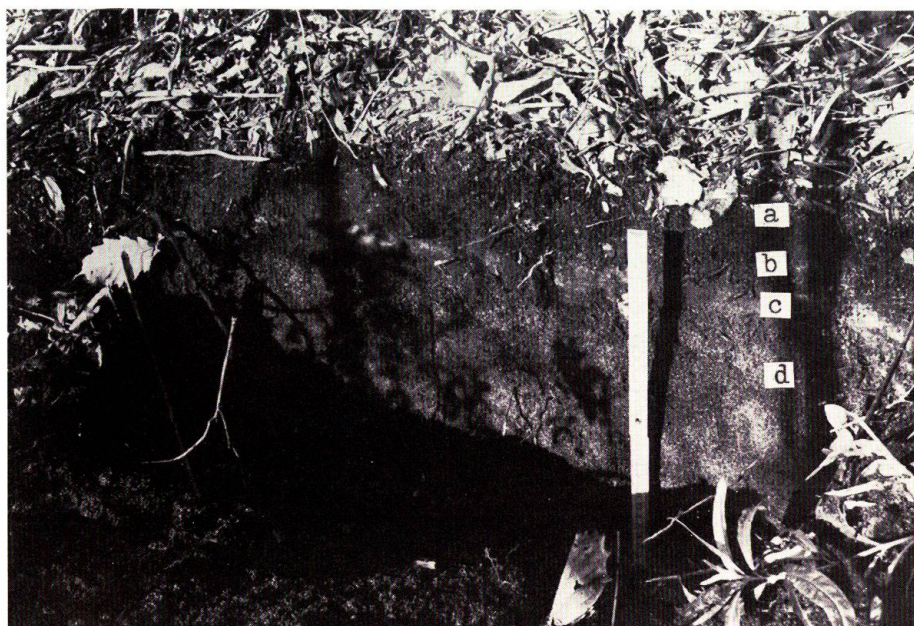
写真—7 大きい樹冠をもつアカエゾマツの孤木と、ススキ・クマイザサなどの内陸草本 (1968. 10. 31)

**Photo 7.** Lone *Picea glehnii* with a wide crown, and inland herbs of *Miscanthus sinensis*, *Sasa paniculata*, etc.



写真—8 トドマツ・ナナカマド混交林。林冠高 5 m, 枯木高 6.5 m (1968. 11. 1)

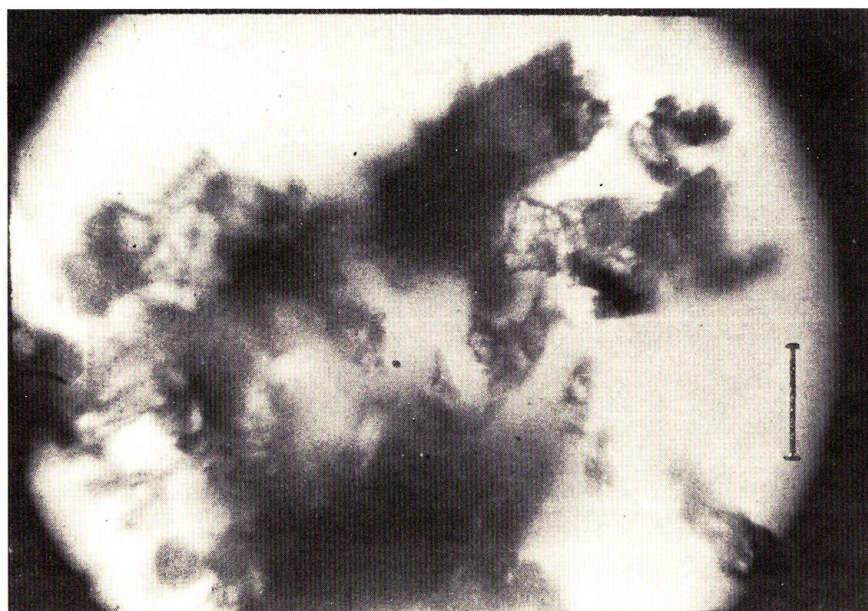
**Photo 8.** Mixed forest of *Abies sachalinensis* and *Sorbus commixta*: heights of the present stand and a dying tree are 5 and 6.5 meter, respectively.



写真—9 林地の1土質断面 (No. 9)

a. 腐植土, b. 新砂, c. 火山灰, および d. 古砂の各層

**Photo 9.** A soil profile at the forest area: a. humus soil, b. present sand, c. volcanic ash, and d. fossil sand.



写真—10 顕微鏡下の火山灰粒子 (目盛は約0.2mm)

**Photo 10.** Grains of volcanic ash under the microscope.



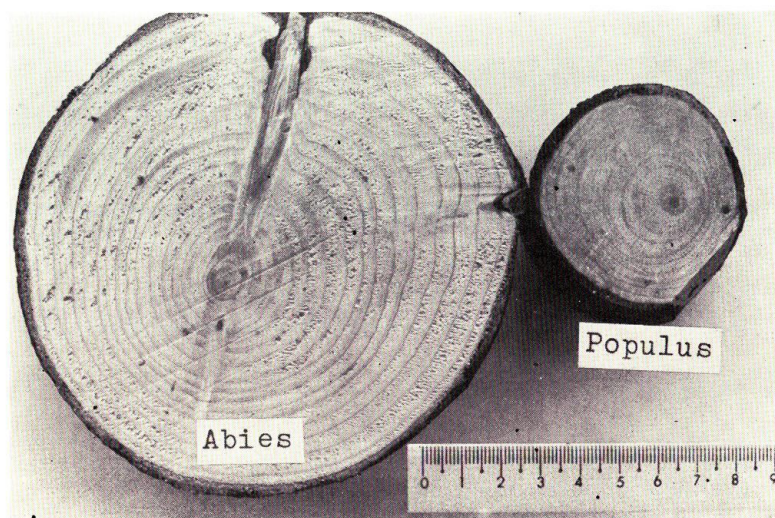
写真—11 带状区 65 m 幅きの、ナナカマド・コシアブラ・ミズナラなどの葉落広葉樹 (1968. 11. 1)

**Photo 11.** Deciduous broad-leaved trees of *Sorbus commixta*, *Acanthopanax sciadophylloides*, *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, etc.

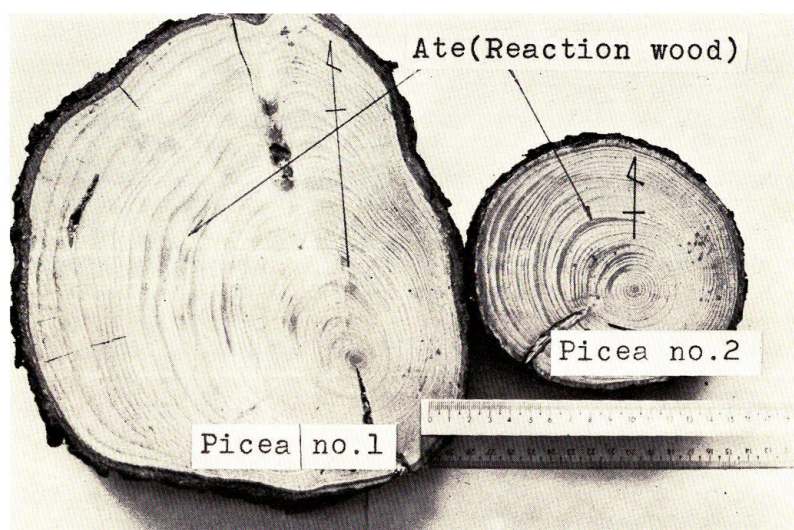


写真—12 風下林縁の落葉広葉樹と、オオヨモギ・ヨシなどの大型草本 (1968. 11. 1)

**Photo 12.** Deciduous broad-leaved trees and tall herbs of *Artemisia montana*, *Phragmites communis*, etc., at the lee edge of the stand.



写真—13 トドマツとヤマナラシの円板 (0.3 mh)  
Photo 13. Sections of trunks of *Abies sachalinensis*  
and *Populus sieboldii*.



写真—14 アカエゾマツの円板 (0.3 mh), 異常年輪 (濃色部) が  
樹幹傾斜によるアテ材 (Reaction wood) である  
Photo 14. Reaction wood (arched dark xylem) of *Picea glehnii*.