



Title	ヤクーツク地方の森林の生態的特性
Author(s)	酒井, 昭; SAKAI, Akira
Citation	低温科学. 生物篇, 31, 49-66
Issue Date	1974-01-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17807
Type	departmental bulletin paper
File Information	31_p49-66.pdf



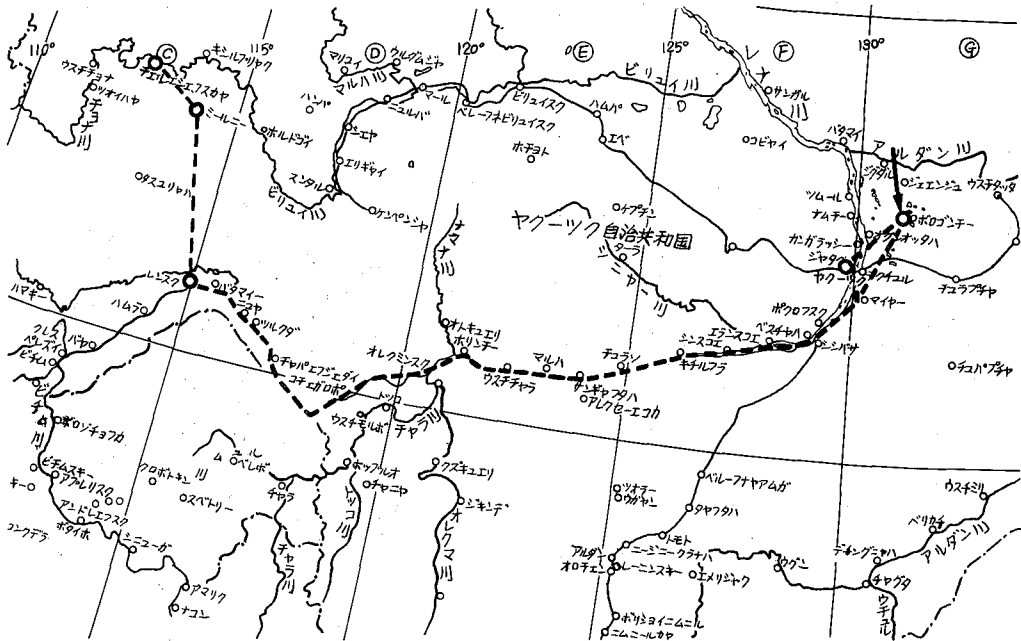
ヤクーツク地方の森林の生態的特性*

酒井 昭
(低温科学研究所)
(昭和48年8月受理)

I. 緒 言

昭和47年8月中旬、10日間にわたってヤクーツク市(北緯 $62^{\circ}05'$)から東北方340 kmあるサルダツハ湖岸まで、およびヤクーツクからレナ川上流のレンスクまで3日間レナ川を溯上し、さらにレンスクからミールニイをへてピリユイ川沿岸のチエルニシェフスカヤ(北緯 $62^{\circ}70'$ 東経約 112°)までドライブし、道路近傍およびレナ川沿岸の森林を観察した(第1図)。

シベリアの自然地域はウラル山脈、エニセイ川およびレナ川の東側にあるベルホヤンスク山脈をそれぞれ境にして西シベリア(ウラル山脈以東、エニセイ川以西)、中央シベリア(エニ



第1図 調査ルート

点線は調査ルートを示す。ヤクーツクからレンスクまでレナ川を船で3日間溯上、ヤクーツク→マイヤ→サルダツハ湖およびレンスク→ミールニイ→チエルニシェフスカヤは車で調査
矢印はヤクーツク市北東約340 kmにあるサルダツハ湖

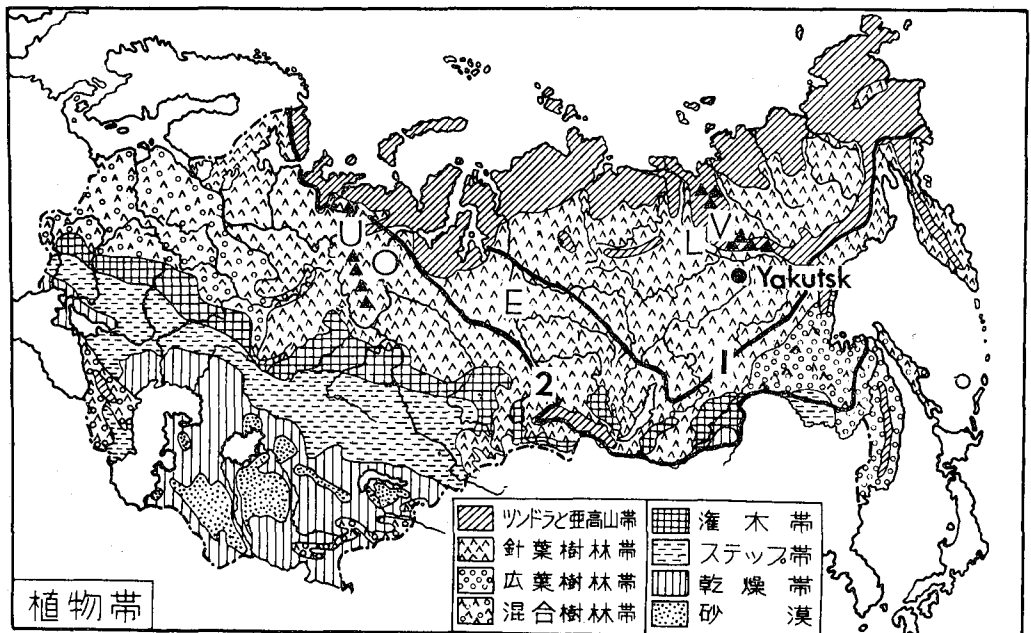
* 北海道大学低温科学研究所業績第1256号

本研究は文部省科学研究補助金、海外学術調査(シベリア学術調査)による。

セイ川以東、ベルホヤンスク山脈の西麓迄) および東シベリアにわけられる(第2図)。ヤクーチャ平原は中央シベリアの東部に位置し、標高 70~200 m, その大部分がレナ川やその支流のピリュイ川の段丘で占められた低地帯で密林でおおわれている。ソ連邦の大部分は北極をとりまく温帯および寒帯上空を流れる偏西風帯に位置するため海洋からの水蒸気と熱とは主として大西洋からの偏西風によって運ばれる。大西洋の暖気の影響が顕著に現われるのはウラル山脈までであるが、時にその暖気がエニセイ川近くまで侵入する。そのうえ、中部および東シベリアは冬期間、乾燥した優勢なシベリア高気圧の支配下におかれるので、西シベリアよりも1月の平均気温が 20°C 以上も低く非常に乾燥している。年間降水量はウラル山脈以東、東に向うにつれて次第に減少し、ヤクーツクでは約 200 mm, 東シベリアの東北部では 150 mm 以下になる。なお中部および東シベリアはモンスーン気候の影響を受けないので、成育期間中も乾燥状態がつづく(第3図)。ヤクーチャ平原と東シベリアは世界の代表的永久凍土地帯であり、冬の厳しい寒さと年間を通じての乾燥気候が特徴である。こうした厳しい気象条件下にもかかわらずヤクーチャ平原には針葉樹林が密生している。本論文の目的はヤクーチャ平原の森林の生態的特性および永久凍土と森林との共存関係を明らかにすることにある。

II. ヤクーツクの気象と森林の立地条件

ヤクーツク地方では木の開葉は6月初旬、落葉は8月下旬で生育期間は約3カ月である。しかし日照時間が長いので短い成育期間はこれでかなり補われる。その上成育期間中の温度指



第2図 ソ連邦の植物帯

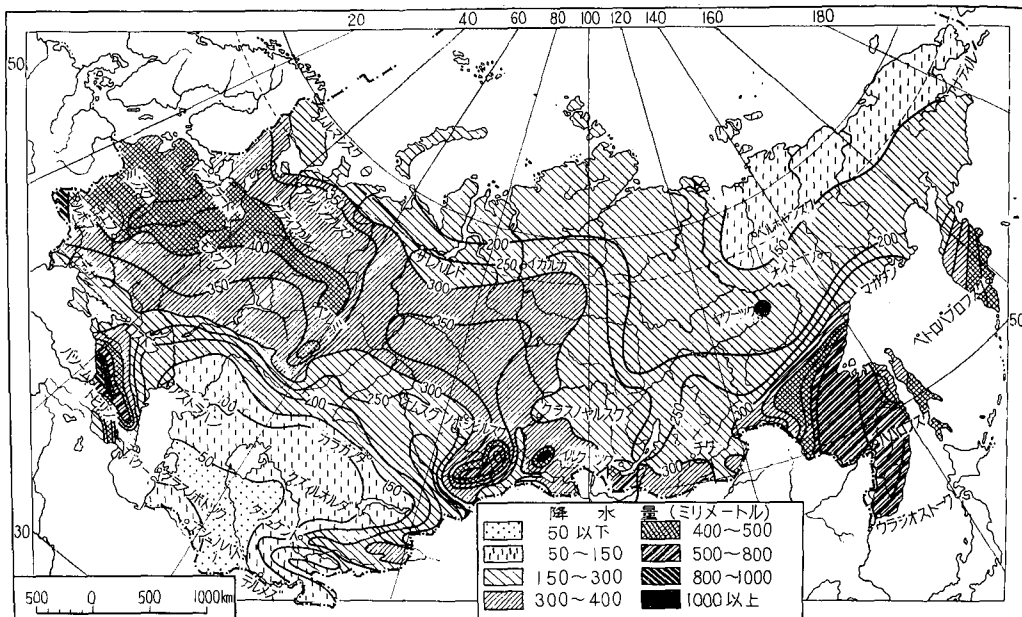
U, V: ウラル山脈およびベルホヤンスク山脈; O, E, L: オビ川, エニセイ川およびレナ川;
1, 地下 10 m の地温が -3°C 以下の南限; 2, 永久凍土地帯の南限
植物帯区分は徳永・新田 (1964)² による

第1表 ヤクーツクの気象データ*

月	月最高 気温の 平均 (°C)	13時の 気温の 平均 (°C)	平均 気温 (°C)	日最低 気温の 平均 (°C)	最低 記録 (°C)	降水量 (mm)	平均 積雪 (cm)	13時 の 湿度 (%)	地中温度 (°C)		
									40 cm	2.4 m	13 m
1	-27.8	—	-42.7	-47.2	-62.8	7	23	81	-23.7	-2.3	-2.8
2	-17.2	-32.8	-36.6	-40.0	-64.4	6	27	84	-23.2	-4.7	-2.7
3	-3.9	-17.8	-23.2	-28.9	-48.9	5	28	73	-18.0	-6.6	-2.6
4	6.1	-2.8	-6.9	-14.4	-38.9	7	19	57	-8.1	-6.9	-2.6
5	20.5	9.4	6.6	-0.5	-17.2	16	0	47	2.8	-5.4	-2.6
6	28.9	19.4	16.1	8.9	-3.3	31	0	47	11.8	-3.7	-2.7
7	31.6	22.8	19.5	12.2	3.3	43	0	54	15.6	-2.4	-2.8
8	28.3	19.4	15.5	8.9	-2.8	38	0	57	13.2	-1.6	-2.8
9	20.0	10.0	6.3	1.1	-10.5	22	0	61	6.8	-1.1	-2.8
10	6.6	-5.0	-7.9	-11.6	-35.0	16	3	75	-1.8	-0.9	-2.8
11	-9.4	-26.1	-28.4	-31.1	-51.7	13	11	75	-12.1	-0.9	-2.8
12	-21.6	—	-39.8	-43.3	-60.0	9	17	83	-20.5	-0.9	-2.8
年	—	—	-10.1	—	-64.4	213	—	—			

* 気温は21年間の統計による³⁾

数¹⁾は32(表2)で、これは木の生育にとって十分な暖さである。なお温量指数15以下のところでは、すなわち10°C以上の平均気温が3カ月以上続かないところでは森林は成立しないことが知られている¹⁾。すでにのべたように、ヤクーツクの年間降水量は213mm(第1表)で成育期間中の月平均降水量は約37mmで非常に乾燥している。



第3図 ソ連邦の暖候期(4~10月)の降水量。アジアの気候より³⁾

第3表に示したように、非永久凍土地帯では暖候期(4~10月)の降水量が300 mm以下のところでは樹林は認められない(第2, 3図参照)。ソ連のヨーロッパ地域や西シベリアの樹林帯の南方では降水量の減少につれて植物帯は樹林帯、樹林ステップ帯をへてステップ地帯に移行する(第2図)。第3図は暖候期(4~10月)の降水量を示しているが、その300 mmの線と永久凍土地帯の南限(第2図-2)とはほぼ一致する。ヤクーチヤ平原の暖候期の降水量は約200 mmで植物帯区分(第3表)からすれば草原地帯に属する。それにもかかわらずヤクーチヤ平原が森林でおおわれているのは永久凍土があるからである。春の雪どけ水や夏のわずかな雨水は永久凍土によって浸透がさえぎられる。もし永久凍土がなかったらわずかな雨水は地中深く吸いこまれ、地表は乾燥し草原や砂漠になってしまったであろう。その意味で夏のあいだとけ、冬凍る地表近くの活動層は生物の活動を支える根源である。したがって、大部分の根系(第4図)が存在している地表面下20 cm位までの土壌温度と含水量が永久凍土地帯での森林の成立条件や森林の生産力を考える上にもっとも重要であるが、従来これについてあまり考慮が払われていなかった。また地温や永久凍土の融解の持続期間とその深さが根系の発達や木の生理活動に対してのみならず、土中の有機物の分解と硝化過程の強さに対しても影響をおよぼしているものと思う。

第2表 成育期(6~8月)におけるヤクーツクの気象

温 量 指 数*	32
無 霜 期 間**	95 日
月 平 均 降 水 量	37 mm
平 均 日 照 時 間	
	6 月 19 時間 20 分
	7 月 18 時間 30 分
	8 月 16 時間

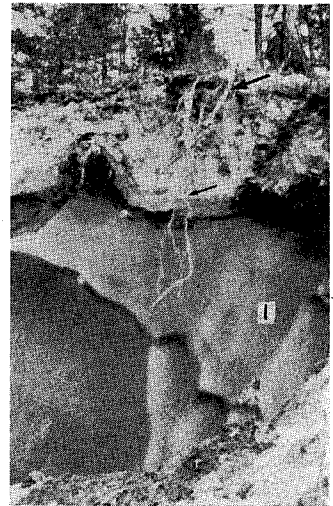
* 吉良(1949)¹⁾にもとずき計算

** 倉島ほか(1964)³⁾による

第3表 ソ連邦における暖候期(4~10月)の降水量と植物帯との関係

植 物 帯 区 分	降 水 量 (mm)	
	非永久凍土地帯	永久凍土地帯
樹 林 帯	300 以上	200-150
樹 林 ス テ ッ プ 帯	300-250	—
ス テ ッ プ 帯	250-150	—

第2, 3図参照



第4図 ダフリアカラマツの根系矢印はサルダツハ湖岸の崩壊地(図版III-8のA地点)に露出しているダフリアカラマツの根系で地表面近くに位置していることがわかる。Iは地下水を示す。地表面と地下水の上部までの距離は約2 mである

III. ダフリアカラマツ林内の土壌温度とその性質

ヤクーツク市やその東側のレナ川流域は河岸段丘でシルト質土壌(粒子の大きさが5-50 μ)が堆積している。ヤクーツク市の東北方約340 km キロにあるサルダツハ湖(図版III-8)岸から約200 m はなれたダフリアカラマツの林内(平均樹高約13 m, 生木密度 ha 当たり約1万本、

第5図, A林分, 第6表参照) およびサルダツハ湖岸から約50m離れた約15年前に間伐されたダフリアカラマツ林(第6図, C林分, 第6表参照)で土中温度をサーミスターで測定した。地表面上には約7cmカラマツの落葉が堆積していた。8月12日午後3時, 林内の気温が22°C, 落葉の堆積層の下の地表面の温度はA林分では7.6°C, C林分では8.4°Cであった(第4表)。なおダフリアカラマツが水分や養分を吸収する根毛の多くは地表面下ほぼ20cmまでの位置にあった。その地温はA林分では7.6~3.6°C, C林分では8.4~5.8°Cであった。針葉樹の根が成長できる限界温度は約5°Cといわれている。AおよびC林分内では測定時に土壌はそれぞれ約60および85cm融解していた。C林分で採集された土壌の性質を第5表に示す。ここの地表面下30cmの土壌含水量は約12.4%であった。この低い地温と低含水量がここで生育できる樹種を大きく制限しているように思われる。地表面下30cm以下の活動層の土壌酸度は、8~9でかなりのアルカリ性である。一般に北方にある森林ほど森林土壌の酸性度がすすみ、北アメリカや西シベリアの北方針葉樹林の土壌酸度は5~6である。多雨地帯では土壌中のカリ, カルシウム, 酸化鉄や酸化アルミニウム等の金属塩類が雨水であらい流され, いわゆるポドゾール化がすすみやすいが, ヤクーツク



第5図 ダフリアカラマツ林 (A林分)
生木密度 ha 当り約1万本, 林齢70~80年, サルダツハ湖岸から東に約200m入った林分(第6表参照)

第4表 カラマツ林内の土壌温度

地表面からの深さ (cm)	土壌温度(°C)	
	A林分*	C林分**
0	7.6	8.4
10	5.4	7.0
20	3.6	5.8
30	2.5	3.9
40	1.5	3.2
50	0.5	2.5
60	0	1.8
75	—	0.6
80	—	0.1

* サルダツハ湖岸から約200mはなれたダフリアカラマツ林内(第5図, A林分)。8月12日(15時)気温22°C(曇)。林内相対照度: 35%

** サルダツハ湖岸から約50mはなれたダフリアカラマツ林内(第6図, C林分)8月12日(17時)気温20°C(曇)地表面には落葉が約7cm堆積していた



第6図 サルダツハ湖岸近くのダフリアカラマツの純林(C林分)
約15年前に間伐され成長のよい林。我々が野営したテントから約10m林内に入ったO地点で地温をはかり土を採集した

第 5 表 カラマツ林の土壌の性質

採取 深さ (cm)	採取時 水 分 (A) (重量%)	最 大 容 水 量 (B) (重量%)	採取時 飽 差 (A/B%)	仮比重	酸 度		置換 酸度 (y_1)	加水 酸度 (y_1)	炭 素 (C%)	全窒素 (N%)	炭素率 (C/N)
					pH(H ₂ O)	pH(KCl)					
F	—	—	—	—	5.61	4.83	4.42	31.58	32.95	0.97	34.0
0	27.03	55.78	48.47	68.49	7.22	6.51	1.58	15.79	14.47	0.52	27.8
30	12.46	46.93	26.54	111.08	8.00	6.26	0.08	2.37	0.60	0.05	12.0
40	15.21	45.69	33.29	113.11	8.84	7.60	0.08	0.59	0.68	0.05	13.6
50	12.45	39.64	31.41	119.21	8.93	7.92	0.08	0.32	0.37	0.04	9.3
60	12.22	43.67	27.98	112.40	8.93	7.90	0.08	0.59	0.43	0.04	10.8
70	12.66	39.52	32.05	119.76	8.80	7.93	0.08	0.40	0.31	0.04	7.8
80	10.53	47.11	22.35	105.87	8.75	7.92	0.08	0.40	0.22	0.03	7.3

F: 地表面の落葉の堆積層 (約 7 cm)

採取地: 第 4 表 C 林内

ツク周辺の森林では降水量の少ないことと永久凍土層があるために、溶脱がすすまず炭酸カルシウム等の塩類が蓄積している。土壌に稀塩酸をかけると炭酸ガスの発生がみとめられるほどである。土壌のアルカリ性は活動層の中間部位がもっとも高い。これは乾燥気候のため地表面からの蒸発がさかんで土壌水分の上方への移動につれてその部位に塩類が蓄積するものと考えられる。

IV. ヤクーチャ平原の森林樹種構成とそれらの遷移

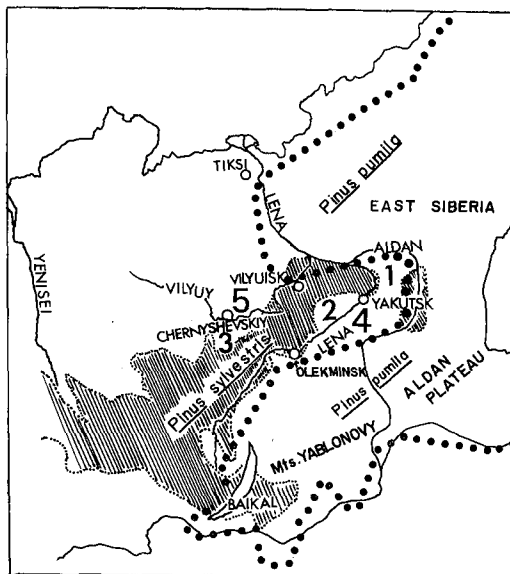
第 2 図に示すように、ツンドラ地帯はウラル山脈北部から北極海岸沿いに 500~600 km の幅で切れ目なく続いている。この地帯の夏の平均気温は 5~6°C 以下で、ツンドラ地帯は樹林ツンドラ地帯 (夏の平均気温 8~10°C) をへて樹林地帯に移行する。エニセイ川を境としてその西側と東側では、降水量と気温の差に応じて森林樹種が著しく異なる。西シベリアでは *Picea obovata* (シベリアトウヒ), *Abies sibirica* (シベリアモミ), *Pinus sylvestris* (欧州アカマツ), *Pinus Cembra* (センブラマツ) の常緑針葉樹が多く、これに *Larix sibirica* (シベリアカラマツ) が加わる。落葉広葉樹としてカンバやポプラ類すなわち *Betula pubescens*, *B. pendula* や *Populus tremula* 等が混生する。これに対してヤクーチャ平原では *Larix dahurica* と *Pinus sylvestris* が優占樹種で *Larix sibirica* は自生していない。主要落葉広葉樹はカンバだけである。ヤクーチャ平原にみられる森林は樹種構成によって次のように分けられる。

1. 純 林, *Larix dahurica* (第 5, 6 図, 図版 II-5)
2. 純 林, *Pinus sylvestris* (図版 I, 図版 II-4)
3. 混交林, *Larix dahurica* · *Pinus sylvestris* (図版 III-7)
4. 混交林, *Larix dahurica* · *Pinus sylvestris* · *Betula* sp.
5. 複層林, *Larix dahurica* · *Pinus sylvestris*—*Larix dahurica* · *Pinus sylvestris* (図版 III-9)
6. 複層林, *Larix dahurica*—*Larix dahurica*
7. 複層林, *Pinus sylvestris*—*Betula* sp.

- 8. 二次林, *Larix dahurica* (山火枯損木 *Larix dahurica*)
- 9. 二次林, *Betula* sp. (山火枯損木 *Pinus sylvestris*)
- 10. 二次林, *Betula* sp. (山火枯損木 *Larix dahurica*) (図版 IV-10, 11)

3, 5, 6, 8 の林はレナ川東側に多く, 4, 9, 10 の林はレンスクーミールニイ間に多かった。以上の森林の樹種構成からダフリアカラマツと欧州アカマツが極盛林をなしていることがわかる。カンバは *Betula pubescens* と *Betula pendula* のほかに矮性の *Betula nana* が道路わきに多かった。*Pinus sibirica* は *Pinus Cembra* の同意語でシベリアではシーダーとよばれている。*Picea obovata* は川沿いにのみ生育している (図版 IV-12)。ヤナギもまた川沿いや沼のほとりに 2 m 位の灌木状をなして生育している。わずかであるが, *Alnus sibirica* (シベリアハンノキ), *Sambucus* sp. (ニワトコ) や *Juniperus* sp. (ビヤクシン) がみとめられた。欧州アカマツ, ダフリアカラマツおよびカンバはいずれも陽樹で山火や伐採後の先駆樹種は土壌, 気象条件, 山火残存木の量等によって上にあげたような異なる更新が行なわれる。ダフリアカラマツや欧州アカマツの林床 (図版 II-6), はコケモモがもっとも多く, コケ, 地衣, 矮性のヤナギやバラ (樹高 10 cm) も少くない。第 7 図は Critchfield and Little (1966)⁴⁾ によって調べられたマツ属の分布図のうちヤクーツチャ平原と東シベリアの一部を示したものである。*Pinus pumila* (ハイマツ) の分布は東シベリアの山岳地帯, ヤクーツチャ平原の南のアルダン高原, バイカル湖東方のヤプロノイ山脈をおおい, 西はバイカル湖近くにまで達している。また, ハイマツはレナ川下流の西側の低地にまで分布し, その西端はレナ川河口のチクシからビリユイスクを結ぶ線に達している。これに対して中部シベリアでの欧州アカマツの分布は北はビリユイ川, 東および南はレナ川とアルダン川で囲まれたヤクーツチャ平原の低地帯に広く分布している。

第 7 図に示した分布では 1, 2, 3 地域には分布していないことになっているが, 我々が調査したビリユイ川上流のチェルニシエフスカヤ (北緯 62°70', 東経約 112°) 附近の森林は欧州アカマツ (図版 II-4) とダフリアカラマツの純林およびこれらの混交林からなりたっていた。またヤクーツクからオレクミンスクまでのレナ川兩岸 (図版 I-1, 第 7 図 2) およびヤクーツクからその東北方 340 km にあるサルダッハ湖に到る道路ぞいも欧州アカマツとダフリアカラマツの純林およびそれらの混交林 (図版 III-7, 9) から成立っていた。こうした事実から欧州アカマツは第 7 図の 1, 2, 3 地域にも分布しているので, 実際のその分布はレナ川の東側ではアルダン川までの低地帯 (第 7 図 1),



第 7 図 中央および東シベリアにおけるマツ属の分布

欧州アカマツ *Pinus sylvestris* (斜線区域) とハイマツ *Pinus pumila* (点線で囲まれた区域) の分布は Critchfield and Little (1966)⁴⁾ による

レナ川中流の第7図2と4の地域、およびピリュイ川中流の3と5の地域にも分布しているものと考えられる。したがって欧州アカマツの分布域は東と南および北のピリュイスク付近でハイマツのそれと境を接しているものと考えられる。これらの分布域の境界とそれぞれの立地条件の差を今後調べてみたい。

V. ダフリアカラマツの生長および最多密度曲線

サルダツハ湖(第1図矢印, 図版 III-8) から約 200 m 入ったダフリアカラマツ林内の2箇所それぞれ 120 m² (30×3 m, A 林分, 第5図) と 60 m² (30×2 m, B 林分) のとなりあう林内の生木の胸高直径と平均樹高を測定した。第6表に A, B 両林分の調査諸元を示す。

これらの林について胸高直径の度数分布(第8図)をとってみると A 林分では胸高直径 8 cm 以下の木は全生木数の 65%, B 林分では 90% に達する。ことに B 林分では胸高直径 4 cm 以下の小径木が全生木数の 80% をしめ、度数分布が L 型化している。これは個体間の成長の優劣の差がはげしくなっていることを示している。両林分とも第5図に示すように胸高直径 2-3 cm

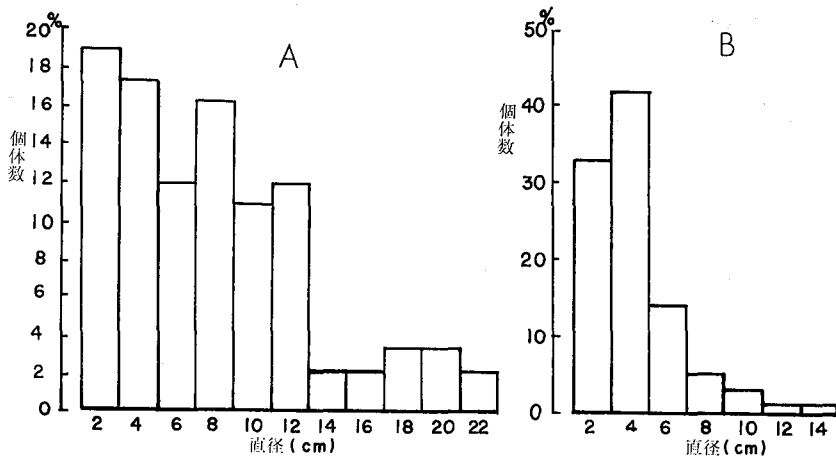
第6表 調査林分の諸元

区分 林分	標準地調査から推定される林分の概況	標準地の直径階の度数分布			標準面積	
		直径階	本数	樹高*		
A	立木本数	7,667 本/ha	2 cm	17	2.5 m	120 m ² (30×4 m)
	幹材積	373 ¹⁾ , 322 ²⁾ m ³ /ha	4	16	5.0	
	胸高断面積合計	54 m ² /ha	6	11	7.8	
	平均胸高直径	8.0 cm	8	15	10.0	
	胸高直径範囲	2.5~23 cm	10	10	12.0	
	平均樹高	8 m	12	11	13.6	
	林齢	70~80 年	14	2	14.6	
	成長	劣	16	2	15.4	
			18	3	16.0	
			20	3	16.5	
		22	2	16.8		
		計	92			
B	立木本数	16,334 本/ha	2	33	2.5	60 m ² (30×2 m)
	幹材積	133 ¹⁾ , 151 ²⁾ m ³ /ha	4	41	5.0	
	胸高断面積合計	29 m ² /ha	6	14	7.8	
	平均胸高直径	4.1 cm	8	5	10.0	
	胸高直径の範囲	20~13.5 cm	10	3	12.0	
	平均樹高	5 m	12	1	13.6	
	林齢	70~80 年	14	1	14.6	
	成長	極劣				
		計	98			

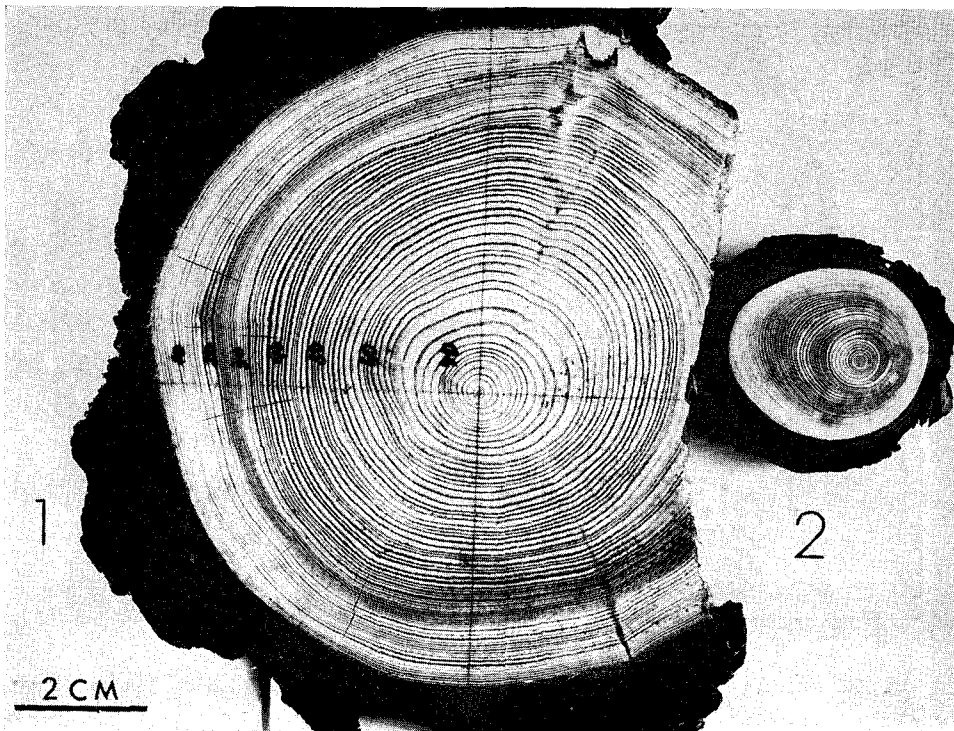
1) カラマツ立木材積表による⁵⁾

2) 胸高断面積から比例計算

* 樹高曲線から推定

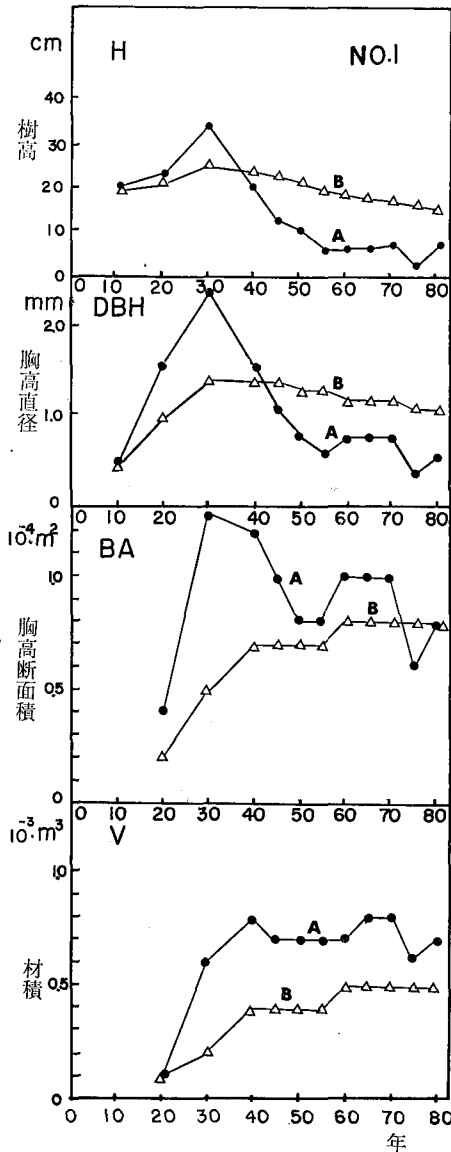


第8図 ダフリアカラマツの胸高直径の度数分布
 サルダッハ湖岸より約 200 m 入ったダフリアカラマツの純林の A および B 林分
 (第 6 表参照)



第9図 ダフリアカラマツの年輪
 A 林分の No. 1 および No. 2 の個体の 1 m の高さにおける幹の断面； 樹齢, No. 1 は
 約 80 年, No. 2 は約 70 年

以下の枯損木が少なくなかった。B 林分では胸高直径の大小にかかわらず樹齢はいずれも 70~80 年であった (第 9 図)。A 林分で胸高直径 2~4 cm のものは樹齢が 70~80 年であることが年輪から確認されたが、胸高直径 16~22 cm のものの樹齢は調べられなかったので、これらの大径木の樹齢も同じか、または前世代のものか明らかにできなかった。

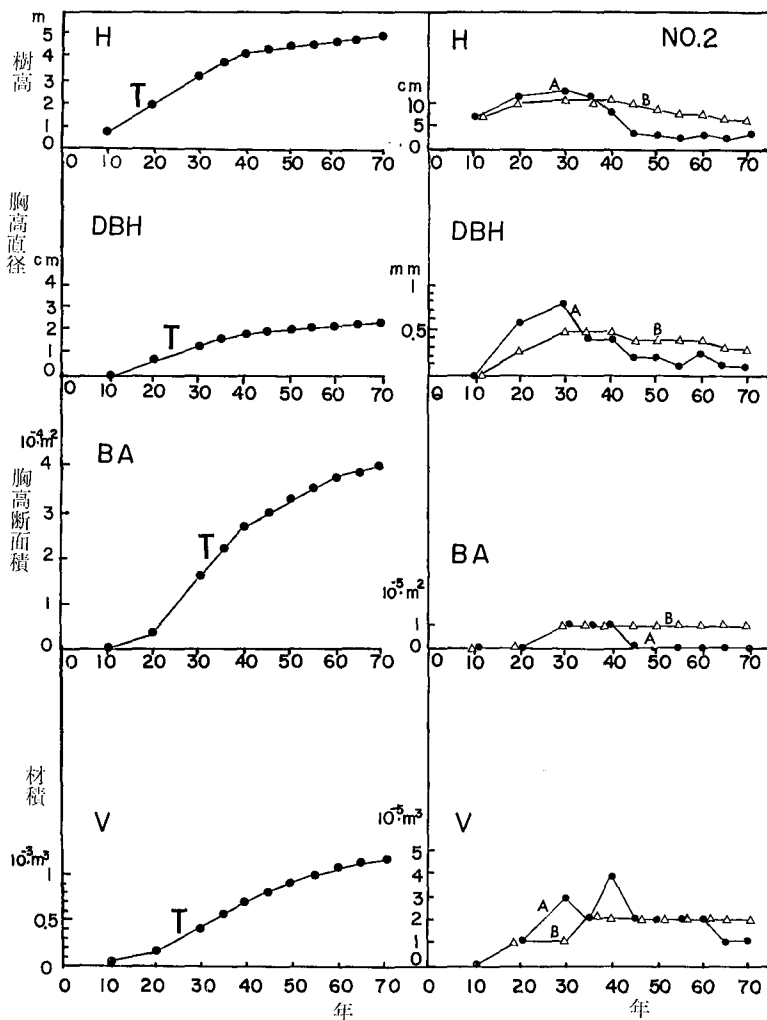


第 10 図 ダフリアカラマツの成長曲線 (1)

A 林分内の No. 1 の個体について測定
A, 10 年間の連年平均成長; B, 総平均成長
H, 樹高; DBH, 胸高直径; BA, 胸高断面面積; V, 材積

A 林分から胸高直径 14 cm, 樹高 13 m (No. 1) と胸高直径 2.2 cm, 樹高 5 m (No. 2) の 2 本のダフリアカラマツを切倒し樹幹析解を行う資料を採集した。これら 2 本の木の成長曲線を第 10, 11 図に示す。これらの木の樹高, 胸高直径, 胸高断面面積の 10 年間の連年平均成長は約 30 年頃に最大に達したのち低下する。サルダッハ湖岸から約 50 m 東に入った C 林分では間伐されているためまえに述べた A, B 両林分よりも成長のよいカラマツが多かった。そこで樹高 6 m, 胸高直径約 4 cm の小径木を切り倒し樹幹析解を行なった。第 12 図に示すように約 87 年間被圧されていたこの木の周辺が間伐されたため今から約 15 年前から樹高, 胸高直径, 材積が急に増加した。ダフリアカラマツの年輪幅は年によって著しく異なる。A 林分の被圧されていた No. 2 の小径木の年輪幅 (第 13 図) は成長のよい年で約 1 mm, もっともわるい年で約 0.06 mm であった。成長のよい C 林分で測定したものでも年輪幅は 2.5 mm をこえなかった。この年輪幅の差は生育期の気温の年による差にもとづくものと考えられる。年輪には春材と秋材とがあり, 春材は春から夏に, 秋材は夏の終わりから秋に作られる。ダフリアカラマツでも春材と秋材とを容易に区別できるので, 3 カ月間の生長期間の前半が寒かったか, 後半が寒かったかがわかるはずである。

樹高は生木密度の影響をあまり受けないことが知られているので, ダフリアカラマツの特性を知るために, ダフリアカラマツの樹高成長曲線を日本カラマツと比較した。第 14 図に示すように, 我々が調査したダフリアカラマツの樹高成長曲線は北海道や長野県のカラマツ人工林の地位 IV (成長量を示す指標で特 I が最良, IV が劣悪) より悪

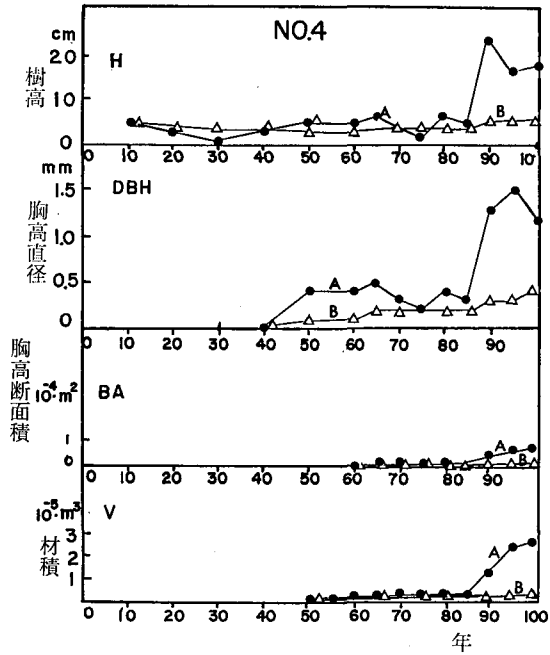


第11図 ダフリアカラマツの成長曲線 (2)

A 林分内の被圧されているNo.2の個体について測定
 T, 総成長; A, 10年間の連年平均成長; B, 総平均成長;
 H, 樹高; DBH, 胸高直径; BA, 胸高断面積; V, 材積

く、長野県での不成績造林地に相当する。第15図にダフリアカラマツ林の最多密度曲線を我国の主要林木と比較して示す。ダフリアカラマツの最多密度曲線はha当りの生立木数に対する総材積を示す値で、これは樹種によってほぼきまった値を示すことが知られている。ダフリアカラマツの最多密度曲線は日本カラマツよりも著しく高い。すなわち日本カラマツよりも過密度に耐えるし、面積当りの材積も高いことを示している。

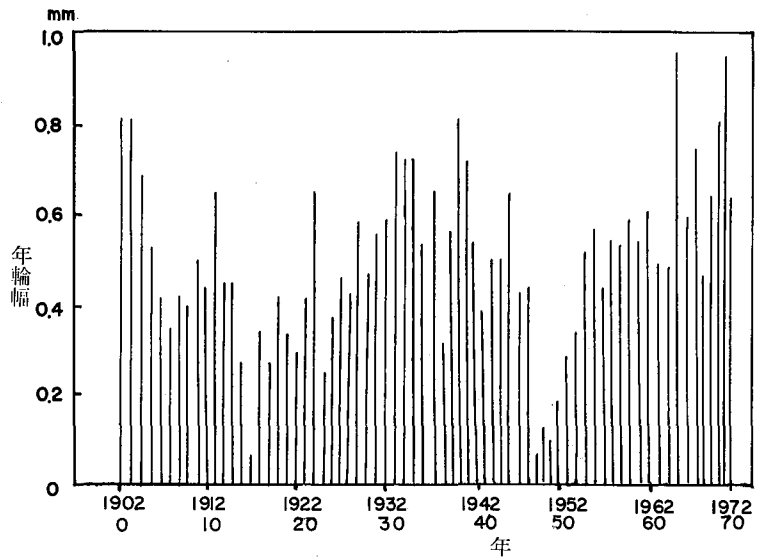
第7表にダフリアカラマツの樹皮材積率(幹の断面積にしめる皮の割合)を示す。この値は胸高直径が大きくなるにつれて小さくなる傾向がある。日本カラマツの樹皮材積率は約13%である。したがってダフリアカラマツのそれは日本カラマツの約2倍以上になる。



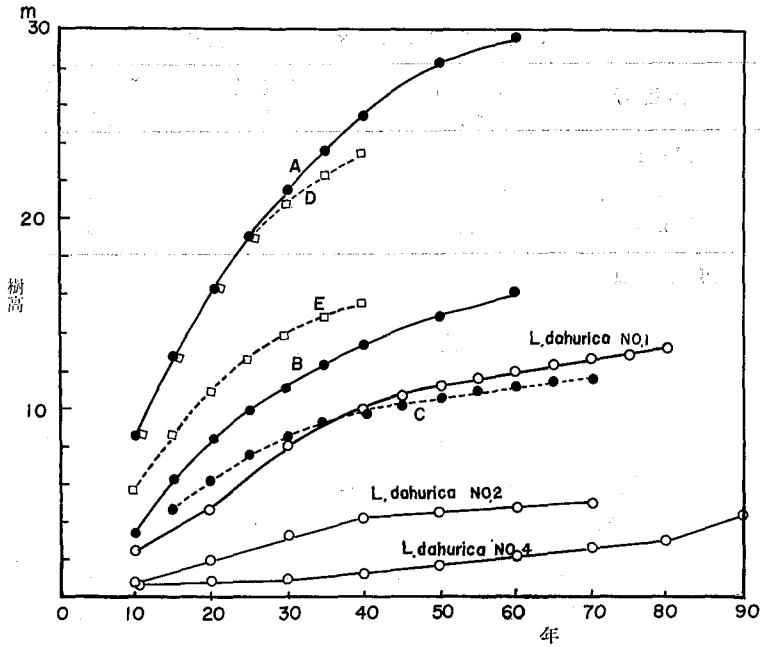
第12図 ダフリアカラマツの成長曲線 (3)

C 林分内の被圧されていた小径木の成長曲線。約15年前に周辺の木が間伐されたのち急に成長がよくなったことを示す

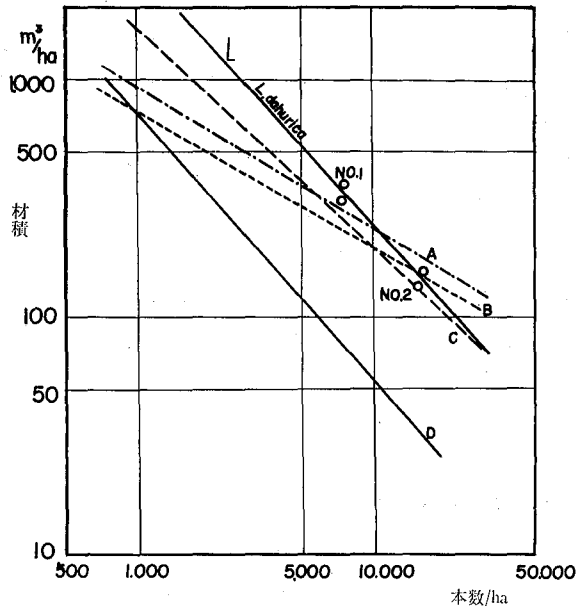
略号は第10, 11図に同じ



第13図 ダフリアカラマツの年輪幅の年による変化
林分Aの小径木No.2について測定した



第14図 ダフリアカラマツと日本カラマツの樹高成長曲線の比較
 A, 信州地方カラマツ林 (地位特I)⁶⁾; B, 信州地方カラマツ林 (地位IV)⁶⁾;
 C, 長野県八ヶ岳野辺山原不成績林⁵⁾; D, 北海道カラマツ林 (地位I)⁷⁾; E,
 北海道カラマツ林⁷⁾。地位特I, IVは成長量をあらわす指標で特Iが最良で
 IVが劣悪である



第15図 ダフリアカラマツの最多密度曲線
 Lは想定されるダフリアカラマツの最多密度曲線
 A, ヒノキ; B, アカマツ; C, スギ; D, 日本カラマツ。最多密度曲線は
 [林分密度管理図とその使い方] 安藤 貴⁸⁾による

第 7 表 ダフリアカラマツの樹皮材積率

樹 体 番 号	樹 高 (m)	胸 高 直 径 (cm)	樹 皮 材 積 率 (%)
No. 1	13.20	10.90	27
No. 2	5.00	2.67	31
No. 3	6.00	4.30	36

第 9 図参照

VI. 考 察

1. ヤクーチャ平原の森林の特性

ヤクーチャ平原は年間降水量 200 mm 以下で植物帯区分からすれば当然ステップ帯に属するにもかかわらず森林が存在しうるのは、凍土層によってわずかな雨水や雪どけ水が地下深くに吸込まれないで、夏とけ冬凍る活動層に貯えられるからである。この意味で永久凍土があるゆえに森林が成立できるし、また森林があるゆえに永久凍土が保存されている。したがって永久凍土地帯では夏の気候が 3 カ月以上 15°C をこえるところでは寡雨地帯でも森林は成立できるものと思われる。

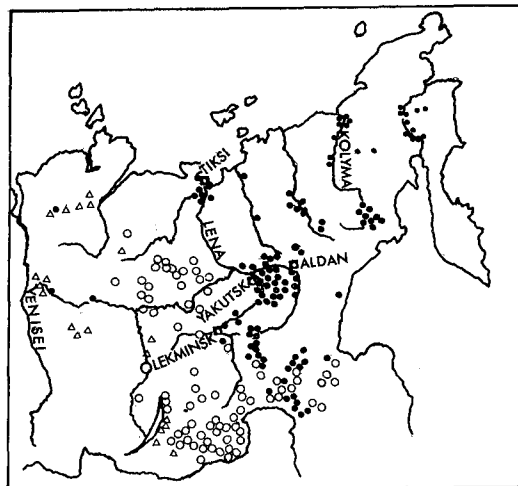
永久凍土地帯の森林を構成する樹種は夏の降水量、根系の主要部が集中している地表下 20 cm 位までの部位の土壤含水量と土壤温度、冬の乾燥度等の条件によって著しく異なる。欧州アカマツは東シベリアにはほとんど分布しないが、ダフリアカラマツは北はレナ川下流や東シベリアのコリマ川の下流域にまで分布している(第 16 図)。東シベリアは冬の乾燥がヤクーチャ平原よりさらに厳しいので、ダフリアカラマツのような落葉針葉樹しか越冬できない。ヤクーチャ平原では川沿いにしかシベリアトウヒが生育していないのは、西シベリアよりも生育期間中の降水量が少ないためと考えられる。また生育期間中に多くの降水量を要求する落葉広葉樹がカンバを除いて非常に少ないのも同じ理由から説明できる。北アメリカ北部の永久凍土地帯の植生⁹⁻¹¹⁾は *Picea mariana* (マリアナトウヒ)、*Picea glauca* (グラウカトウヒ)、*Larix laricina* (アメリカカラマツ)の針葉樹とカンバやポプラの落葉広葉樹、*Populus balsamifera*、*P. tremuloides*、*Betula papyrifera* から成立している^{9,10)}。こうした常緑針葉樹を主体とする森林は西シベリアにみられる。第 3 紀中期頃までは東シベリアとアラスカ、カナダ北部はほぼ同じ樹種で森林が構成されていたが、現在は両永久凍土地帯の森林構成樹種はまったく異なっている。これは第 3 紀中期以降⁹⁾ ベーリング海峡が開いたのちの両永久凍土地帯の気象ことに年間降水量や根系の存在する部位の土壤含水量や土壤温度の差はよってもたらされたものと考えられる。この問題については今後さらに詳細に調べたい。すでに述べたようにダフリアカラマツは低い土壤温度、低い土壤含水量のもとで生育できる樹種といえる。永久凍土地帯では、この地温と土壤含水量が植生をきめる上に非常に重要である。ダフリアカラマツの成長量は日本カラマツよりもかなり低い、最多密度曲線は著しく高い。このことはダフリアカラマツが過密状態に耐えることと、単位面積当りの材積が高いことを示している。また樹皮材積率が約 30% に達することは乾燥気候に対するダフリアカラマツの適応の一つの姿を示している。こう

したことからダフリアカラマツが高緯度でのきびしい乾燥気候と永久凍土に適した樹種であることがわかる。

2. 鮮新世および更新世における東シベリアの植生の変遷

北東シベリアのカラマツの分布の起源は第3紀の始めとみなされている。多くの古生物学的研究は、鮮新世の終りから更新世の氷河期の中頃にかけて東シベリアでは現在みられるようなカラマツの森林が広がっていたが、そのカラマツはダフリアカラマツよりも現在エニセイ川以西に分布するシベリアカラマツに近い形態を示していたといわれている¹²⁾。地質時代におけるカラマツ属の分布については化石や遺体の発見から考慮するほかに、現在の種とその雑種の分布からも推定できる。すなわちオリョクミンスク(第16図)から40 km はなれたレンで発見されたシベリアカラマツの変種として取扱われたカラマツの所在地は、現在のシベリアカラマツの天然群生地からさらに500 kmほど東に離れている。このことは氷河期の終りでさえもシベリアカラマツは現在の東の境界(エニセイ川)よりもはるかに北東に延びていたことを推測させる。現在のシベリアカラマツとダフリアカラマツとの接触帯から著しく離れた地域にこれら両種の雑種が存在することは、シベリアカラマツの過去における分布が現在より広がったことの証拠である。鮮新世氷河期の地層から発掘された *Larix cf. sibirica* の化石はつねにモミ、トウヒ、マツ、カンバ、ハンノキ、ハシバミ、クルミ属の球果か果実の化石を伴っている^{12,13)}。北東シベリアの鮮新世の気候条件が常緑針葉樹のタイガを成立させるのに役立ったが、現在のようにダフリアカラマツの純林が極めて広大な地域を占めることはなかったようである。このことはカラマツと一緒に発掘された植物化石から推測される。氷河期においては、鮮新世に較べて気候の寒冷化と乾燥化にともなって、常緑針葉樹のタイガの占める地域が縮小されたから、

Larix cf. sibirica のゆくえを理解するためには *Larix dahurica* 型のカラマツの出現と分布についての資料が重要となる。コリマ川流域(第16図)やその他の北東シベリアにおける氷河期の地層の下部と中部とでは *Larix cf. sibirica* と常緑針葉樹との遺体が同時に発見されるが、上部地層では、ダフリアカラマツに似た形態のカラマツのみが発掘される¹²⁾。さらに発掘されたカラマツと同じ地層からでる植物遺体は、*Betula Middendorffii* (ホロナイカンバ)、*Betula exilis* (矮性カンバ)、*Salix* sp. *Vaccinium uliginosum* (クロマメノキ) 等で、現在の東ツベリアでのダフリアカラマツ群落の重要な構成要素である。*Larix cf. sibirica* と *L. cf. dahurica* の発掘遺体の資料の対比から氷河期の中頃から東シベリ



第16図 中部および東シベリアにおけるカラマツの分布

- , *Larix dahurica* spp. *Cajanderi*
 - △, *L. dahurica* × *L. sibirica* の交雑種
 - , *Larix dahurica*
- Dylis (1961)¹²⁾ による

アではシベリア系カラマツの分布が順次縮小され、分布範囲の東部境界が西に後退し、ことに氷河期の後半から沖積世の始めにかけ大陸性気候の激化と永久凍土地帯の拡大にともなって、このことが極めて迅速に進んだものと考えられる。そしてシベリア系カラマツをエニセイ川流域とバイカル地方に押し除きながら、西、南西、南に向ってダフリアカラマツが広がったと推定される¹²⁾。氷河期の終りにはきびしい大陸性気候と永久凍土地帯に適したダフリアカラマツの系統が急速に淘汰選択され、その結果ダフリアカラマツの東部系—*L. dahurica* ssp. *Cajanderi* (短枝上の芽のまわりに多くの毛をもつ) が分化したと考えられる。これは現在、中央および北東シベリアの寒さと乾燥のきびしい地域にのみ分布している (第 16 図)。

VII. 摘 要

ヤクーチャ平原の森林を構成している樹種およびそれらの遷移、ダフリアカラマツの森林立地条件、およびダフリアカラマツ林の特性について調べた。

1. ヤクーチャ平原の森林はダフリアカラマツと欧州アカマツが極盛林でそれに落葉広葉樹としてカンバが混生する。ダフリアカラマツの林床はコケモモを主体とし、コケ、地衣、矮性のヤナギやバラ等を含む。

2. ダフリアカラマツの大部分の根系が存在する地表面下 20 cm 位までの地温は 8 月 12 日 (気温 22°C) に 4~8°C, その部位の土壌含水量は約 12% であった。なお林内の活動層の深さは約 60~80 cm であった。こうした条件下で ha 当り 1 万本の密生林を支えている。

3. ダフリアカラマツの生長量は日本カラマツよりも著しく低いが、その最多密度曲線は日本カラマツよりもはるかに高く、スギのそれに相当する。すなわちダフリアカラマツは過密状態に耐えて生育できるし、単位面積当りの材積も日本カラマツよりもはるかに高い。

4. ダフリアカラマツの樹皮材積率は異常に高く約 30% に達している。これはダフリアカラマツの乾燥気候に対する適応の一つの姿を示している。

おわりに、シベリアにおける我々の調査を許可して下さったヤクーツクの永久凍土研究所メレニコフ所長、調査に協力して頂いたカメンスキーおよびネクラソフ両博士に深く謝意を表します。また北大シベリア海外調査隊員木下誠一教授、鈴木義男助教授、明治大学山本恣教授の調査協力に対し謝意を表します。樹幹析解と論文取まとめに協力して頂いた道立林業試験場齋藤満技士、土壌分析をして頂いた林業試験場北海道支場久保哲茂技官、デリス著、東シベリアと極東カラマツを中心としたカラマツ属の地理分布とその系統発生経過の訳文一部を引用させて頂いた同林業試験場中田功技官の各位に対して深く謝意を表します。

文 献

- 1) 吉良竜夫 1949 日本の森林帯. 林業解説シリーズ 17, 日本林業技術協会, 東京 1-35.
- 2) 徳永栄一・新田 学 1964 ソビエト 1. 国際情報社, 東京 1-165.
- 3) 倉嶋 厚・落合盛夫・青木宣治・土屋 巖・有賀 淳 1964 アジアの気候. 古今書院, 東京 1-577.
- 4) Crichfield, W. B. and Little, E. L. 1966 Geographic distribution of the pines of the world. USDA Forest Service, Miscellaneous Publication 991, Washington, D. C. 1-97.
- 5) 高橋松尾 1960 カラマツ林業総説. 日本林業技術協会, 東京 1-381.

- 6) 嶺 一三 1955 収穫表に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調整. 収穫調整資料 12, 林野庁, 1-201.
- 7) 松井善喜 1957 北海道カラマツ林. 北方林業叢書 8, カラマツ林業の経営, 北方林業社, 札幌 1-140.
- 8) 安藤 貴 1968 密度管理. 農林出版社, 東京 1-246.
- 9) Hultén, E. 1968 Flora of Alaska and Neighboring Territories. Stanford University Press, Stanford, California 1-1008.
- 10) Sakai, A. and C. J. Weiser 1973 Freezing resistance of trees in North America with reference to tree regions. *Ecology*, 54, 118-126.
- 11) Дылис, Н. В. 1961 Лиственница восточной сибиря и дальнего востока. Академии Наук Москва, 1-309.
- 12) Baranova, I. P., Biske, S. F., Goncharov, V. F., Kulkova, I. A. and Titokov, A. S. 1968 Cenozoic of northeast of USSR. Trude of the Institute of Geology and Geophysics. 38, Nauka, Moscow 1-25.

Summary

Ecological characteristics of forests on the permafrosts in Yakutia plain were studied.

1. Predominant tree species on the permafrosts is Dahurian larch tree (*Larix dahurica*). Other important tree species include Scotch pine (*Pinus sylvestris*) and two birches (*Betula pubescens* and *Betula* sp.).

2. In the dahurian forest (tree density: 10,000 trees/ha), which located at 340 km notheast from Yakutsk, the deposit of fallen leaves amounted to about 10 cm. The forest floor was covered with *Vaccinium vitis-idaea*, mosses, lichens and dwarf willows and roses. Dahurian larch roots extended widely into the soil around 20 cm below the ground surface. On August 12, the soil remained melted to the depth of 60 to 80 cm below the ground surface. The soil temperatures 10 and 20 cm below the ground surface in the forest were observed to be 5.4 and 3.6°C, respectively at 15:00. At that time the air temperature of 22°C was recorded in the forest. The soil below the ground surface was observed to have water content as low as 15% per fresh weight.

3. The growth rate of dahurian larch was much lower than that of Japanese larch, but the full-density curve in the former was much higher than that of the latter.

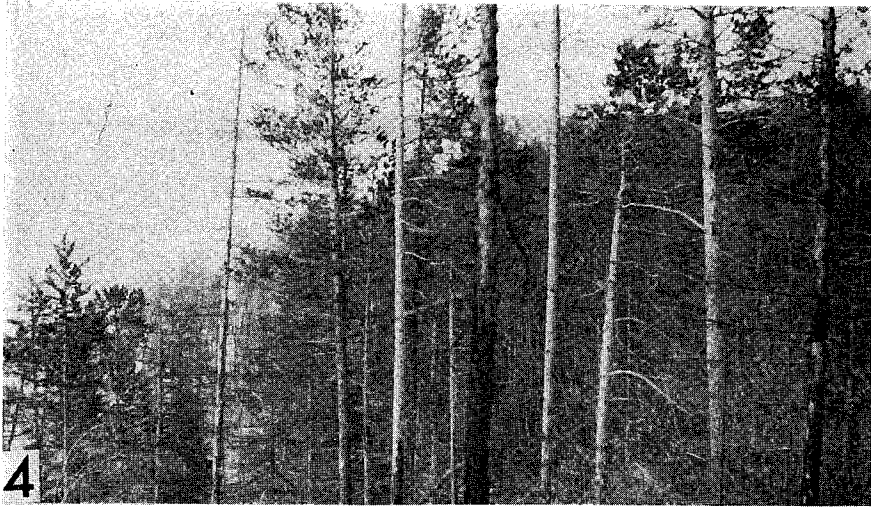
4. The volume percent of bark in Dahurian larch stem amounted to about 30%, which was 2.5 times as great as that of Japanese larch. This suggests an adaptation of Dahurian larch to dry conditions.

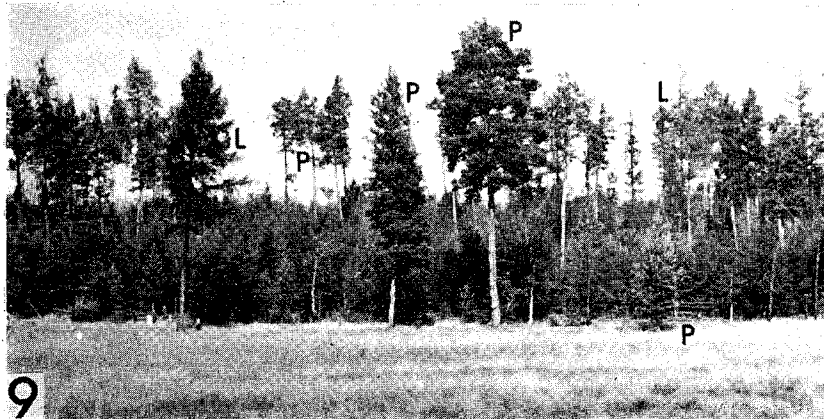
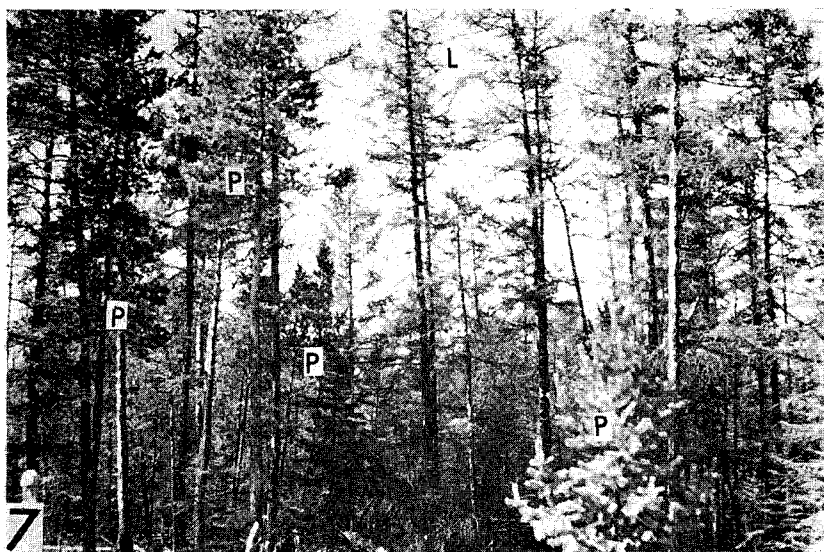
Dahurian larch shows a great adaptability for cold and dry high latitudinal climates on the permafrost.

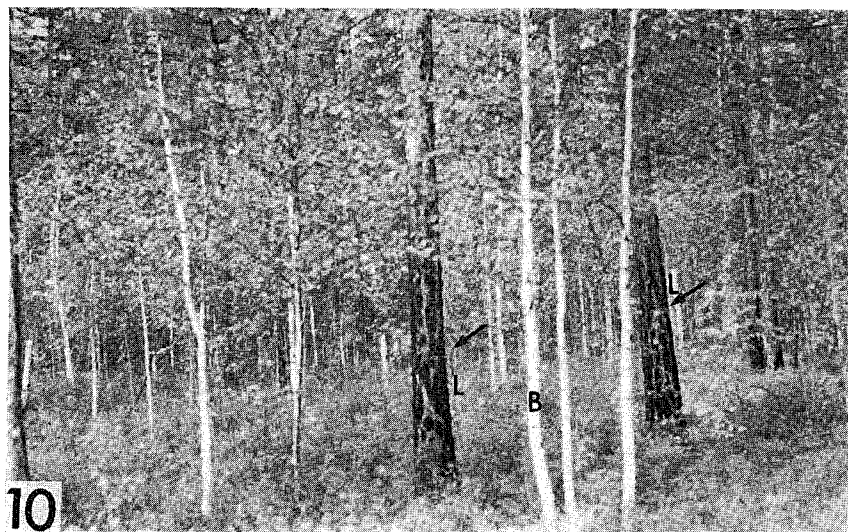
図 版 説 明

1. レナ川沿岸の欧州アカマツ林。 ヤクーツクーレンスタ間 (第1図参照) のレナ川沿岸には欧州アカマツ、ダフリアカラマツが多い
2. ヤクーツクの凍土研究所裏側の欧州アカマツ純林・林床にはコケモモが多い
3. レンスクーミールニイ間 (第1図参照) の道路わきの欧州アカマツ林の山火跡
4. チェルニシェフスカヤ附近 (第1図参照) のビルユイ川沿岸の欧州アカマツ林 (山火跡)。 この附近は欧州アカマツとダフリアカラマツが多い
5. サルダッハ湖南西約 100 km の道路わきのダフリアカラマツの純林
6. ダフリアカラマツの林床。 5~10 cm の落葉の堆積層上のコケモモ
7. ヤクーツクーサルダッハ湖間の道路わきのダフリアカラマツと欧州アカマツの混交林。 P, 欧州アカマツ; L, ダフリアカラマツ
8. サルダッハ湖岸のダフリアカラマツ。 ダフリアカラマツの樹高約 13 m。 この地域には巨大な地下水が地表近くにある。 伐採後地下水の融解によってできた陥没地に地下水のとけ水がたまって出来たものといわれている。 地下水の融解による崩壊 (A) は現在も湖岸で見られる
9. ヤクーツクーサルダッハ湖間にて。 山火後の複層林: 欧州アカマツ・ダフリアカラマツ—欧州アカマツ・ダフリアカラマツ。 P, 欧州アカマツ; L, ダフリアカラマツ
10. レンスクーミールニイ間にて。 ダフリアカラマツ林の山火跡のカンバの二次林。 L, ダフリアカラマツ; B, カンバ
11. ミールニイ附近。 ダフリアカラマツ山火後のカンバの二次林の再度の山火跡。 B, カンバの稚樹。 ヤナギランも多い
12. チェルニシェフスカヤの南約 10 km の川沿のシベリアトウヒ。 PC, シベリアトウヒ; L, ダフリアカラマツ





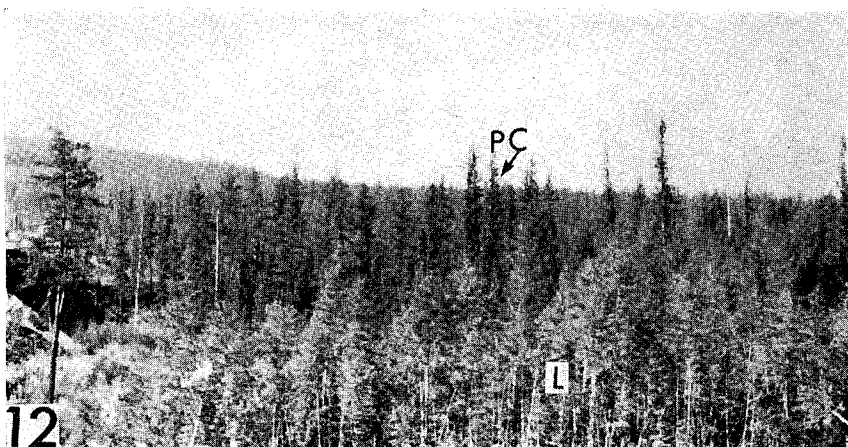




10



11



12