

## シベリア永久凍土に生育するカラマツの成長と環境要因

信州大学農学部森林科学科 安江 恒<sup>○</sup>

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 小池孝良

スカチェフ森林研究所 A.P.アバイモフ

### 1 はじめに

人為起源の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の大気中濃度の上昇に伴い、地球は温暖化しているといわれている。一方、森林を構成する樹木は光合成により大気中の CO<sub>2</sub> を固定し貯留する温暖化防止機能を担っている。シベリアのタイガは大部分がカラマツ属に被われ (図 1)、そのバイオマスは単一属としては最も大きいとされている。また、近年の研究から、地球温暖化の影響は高緯度地域で最も顕著に現れると予測されている (たとえば Briffa et al. 1995)。従って、温暖化に伴うシベリアのカラマツ林の炭素収支変化、つまり、今後 CO<sub>2</sub> の放出源となっていくのか、吸収源になっていくのかを予測することは、今後の温暖化を予測する上で非常に大きな意味を持っている。そのためには、まず、カラマツの成長を制限している環境要因を明らかにする必要がある。

本報告ではカラマツの成長を制限している要因について年輪年代学的な手法を用いて解析を行った結果を紹介する。年輪年代学とは、毎年形成される年輪の幅や密度などの時系列を解析することにより過去の環境の変遷などを解明する学問分野のことを言い、樹木の肥大成長と環境との関係を現在の状況だけでなく、過去も含めて解析することが出来る利点がある (Yasue et al. 1997、1998、2000)。

### 2 洪水による冠水がカラマツの肥大成長に及ぼす影響

#### 2.1 土壌制限仮説

さて、シベリア永久凍土に生育するカラマツ (*Larix gmelinii*; グイマツ) の肥大成長量は非常に小さく (図 2、3)、その低温環境が直接的に成長を制限していると考えられがちです。ところが、近年の研究の結果、低温に伴う土壌養分の不足がカラマツの成長を制限している主要因と考えられるようになってきた。これまで、樹木が根系を形成できる範囲である夏期の土壌融解層の深度が非常に浅いことや、落葉の分解速度が非常に遅いことで、窒素やリンなどの供給が制限され、結果的に成長が抑制されているとする知見が得られつつある。(Koike et al. 1998、Kajimoto et al. 1999、Matsuura et al. 1999)。これを実証するためには、施肥実験をして経過を観察するのが有効な方法と言える。ところが簡単に行ける場所ではないので、このような実験には困難が伴う。そこで、天然の施肥効果をもたらす洪水に着目し、過去の洪水履歴を復元したうえで、洪水による施肥効果の有無を検証した。

#### 2.2 方法

シベリア中部の北極圏近くに位置するツラ実験林 (64° 19' N、100° 13' E、標高 200m、図 4) コチェチョム川の沿岸に試験地を設定した (図 5)。河岸に生育する供試木には図 6 に見られるような洪水による傷害痕が認められた。そこで、4 本の供試木を伐採し、地上高より 0.5m おきに円盤を採取した。円盤に認められる傷害痕 (図 8) より洪水の発生年と到達水位を復元した。さらに、後背地に生育するカラマツを 4 箇所より各 2 個体ずつ伐採し (図 7)、地際より 20cm の高さでの年輪幅時系列を測定した。



図 1：シベリアにおけるカラマツ属の分布

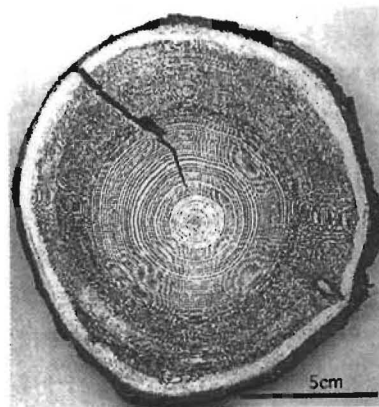


図 2：シベリア永久凍土に生育するカラマツの円盤  
(直径：14cm, 年輪数約 250)

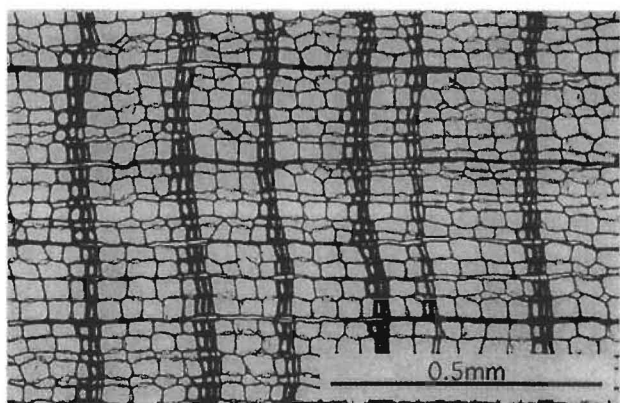


図 3：木口面の顕微鏡写真。成長の悪いものでは年間に 2-3 個程度の仮道管しか分裂しない。

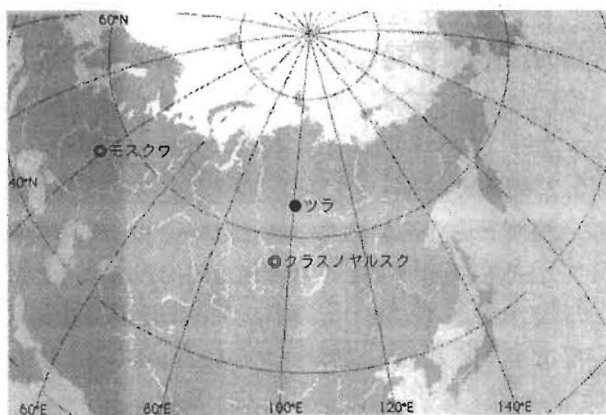


図 4：調査地 (Tura; 64°19'N, 100°13'E)



図 5：洪水影響調査の調査地遠景



図 6：洪水による傷害痕。春先の融雪洪水時に氷によって傷害を受けている。

### 2.3 結果と考察

洪水履歴の復元を行ったところ、過去約 100 年間に少なくとも計 4 回の洪水に見舞われていたことが明らかとなった(図 9)。特に 1990 年の洪水では、供試木の地際から 10m の高さまで冠水していた。

後背地に生育するカラマツは、1921 年に a 地点の供試木が、1990 年には a、b 地点の供試木が冠水していた(図 7)。そこで、年輪幅の時系列変動と冠水時期との比較を行ったところ、1990 年に洪水によって水を被った個体では、その直後より肥大成長量が大きくなっていることが確認された(図 10)。一方、1921 年の冠水では年輪幅に大きな変動はなかったが、これは山火事による更新後間もないために土壤融解深度が十分深く、養分供給がまだ大きく制限されていないためと考えられる。以上の結果より、土壤養分がカラマツの主要な成長制限要因であることが支持された。

## 3 異なる斜面方位に生育するカラマツの肥大成長量

### 3.1 方法

谷を挟んだ北向き斜面、川岸、南向き斜面の 3 地点を試験地として設定した(Koike et al. 1998)。斜面方位の違いは、土壤深度に影響しており、下層植生にもその影響が見られ、北向き斜面はコケや地衣類、南向き斜面はコケモモなどが優占している(図 11)。各試験地に生育するカラマツ各 10 個体の胸高部より成長錐コア試料を 1 ないし 2 本採取し、年輪幅を測定した。

### 3.2 結果と考察

初期成長部を除いた 1900-1999 年の平均年輪幅は、南向き斜面(0.49mm)谷底(0.61mm)と比べて北向き斜面で著しく小さく(0.31mm)、土壤融解深度が肥大成長量を大きく制限していることが示唆された(図 12)。仮に、南向き斜面を温暖化後の環境と想定すると、温暖化に伴って土壤融解深度が深くなり、カラマツの成長が現在よりも促進されることが予想できる。

## 4 おわりに

本報告では、樹木の年輪情報に着目してシベリア永久凍土に生育するカラマツの成長制限要因の解明に関する研究を報告した。その結果、土壤融解深度がカラマツの成長を制限している主要因であるとの土壤制限仮説を支持する知見が得られた。今後、温暖化が進行した場合、土壤の融解が進行し、カラマツ成長量の増加=CO<sub>2</sub> 固定能の向上が予想される。一方、温暖化に伴って、降水量の増加など気温以外の気候条件の変化が予測されている。さらに、温暖になることで、季節的な成長期間の変化が予想されることから、カラマツの成長を制限する要因が今後異なってくる可能性が考えられる。そこで、現在上記の異なる斜面方位に生育するカラマツの肥大成長量と月別の気温や降水量との関係を明らかにし、生育条件による気候的な制限要因の違いを比較検討している。今後の学際的な研究により、シベリアカラマツ林の成長メカニズムの解明が進み、ひいては地球温暖化予測精度の向上につながることを期待できる。

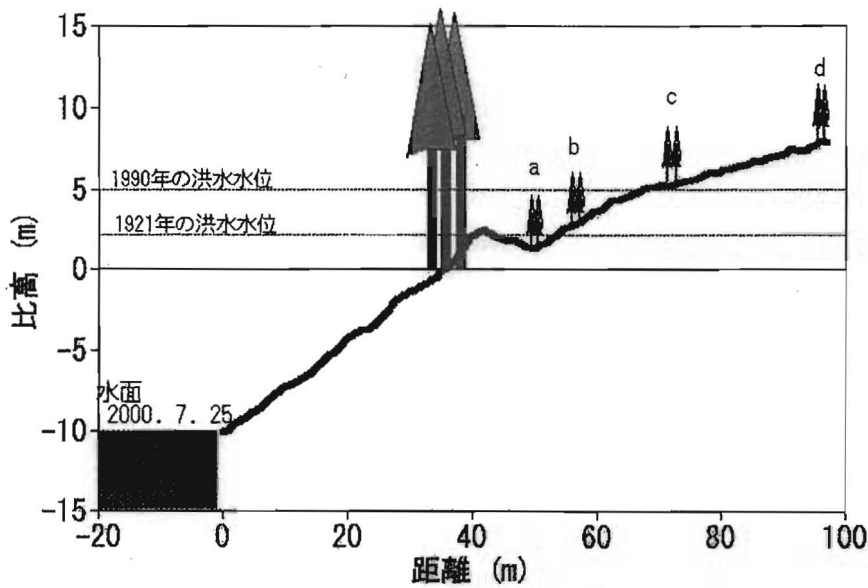


図 7：調査値の地形と供試木の配置図。点線は洪水の到達水位を示す。  
1921年には a の供試木が、1990年には a, b の供試木が冠水した。

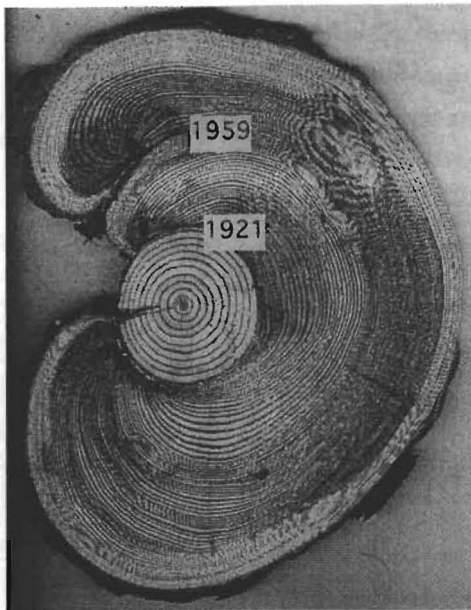


図 8：洪水による傷害痕

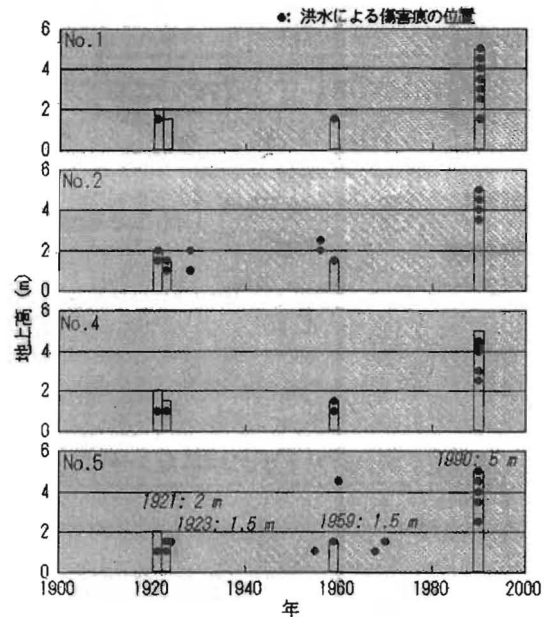


図 9：復元された洪水の発生年と到達水位

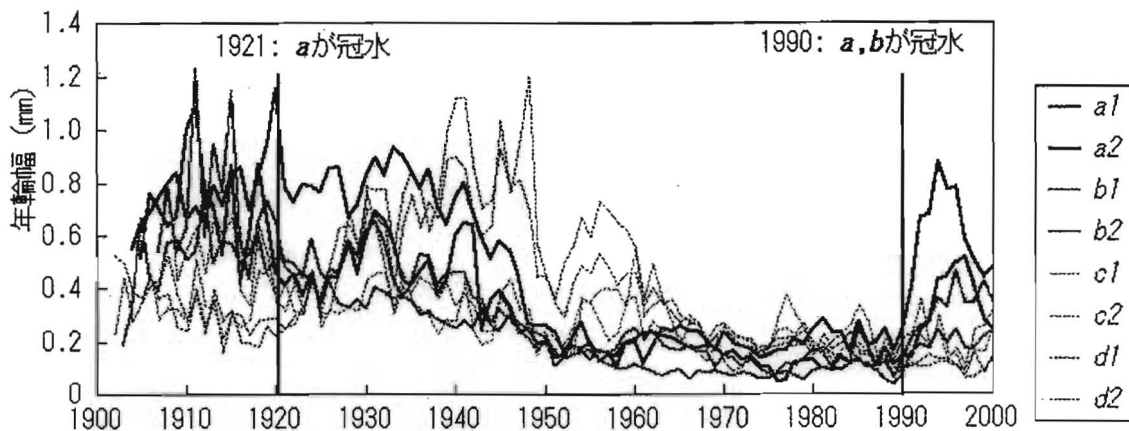


図 10：後背地におけるカラマツの年輪幅変動と洪水との関係。供試木 a d は図 7 に対応している。1990年の洪水で冠水した供試木はその後の肥大成長が増加した。



南向き斜面

北向き斜面

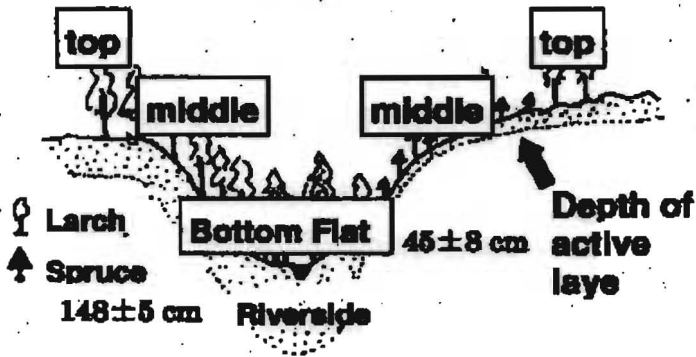


図 11: 異なる斜面方位に生育するカラマツ。斜面方位は土壌の融解深度に大きく影響し、北向き斜面では融解深度非常に小さい。それに対応して、北向き斜面では樹冠も小さく、葉量も少ない。(土壌深度図は小池ら 1998 による)

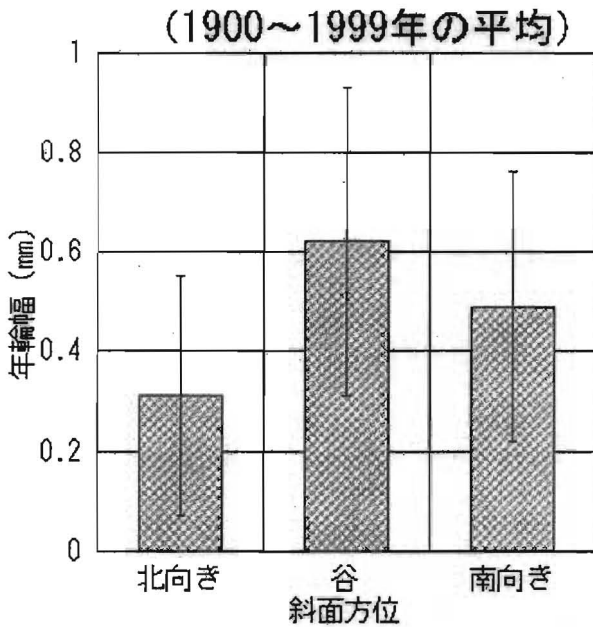


図 12: 斜面方位による肥大成長量の違い。北向き斜面では平均年輪幅が小さい。

## &lt;文献&gt;

- Briffa, K.R. et al. (1995) Unusual twentieth-century summer warmth in a 1, 000-year temperature record. *Nature* 376: 156-159.
- Kajimoto, T. et al. (1999) Above- and belowground biomass and net primary productivity of a *Larix gmelinii* stand near Tura, central Siberia. *Tree Physiology* 19: 815-822.
- 小池孝良, 森茂太, 松浦陽次郎 (1998) 東シベリアのタイガにおける温暖化影響調査. *北方林業* 50:241-244.
- Koike, T. et al. (1998) Shoot growth and photosynthetic characteristics in larch and spruce affected by temperature of the contrasting north and south facing slopes in eastern Siberia. *Proceedings of the 7th Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1998*. 3-12.
- Matsuura, Y. and Abaimov, A.P. (1999) Nitrogen mineralization in larch forest soils of continuous permafrost region, central Siberia – An implication for nitrogen economy of a larch forest stand -. *Proceedings of the 8th Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1999*. 129-134.
- Yasue, K. et al. (1996) The effect of climatic factors on the radial growth of Japanese ash in northern Hokkaido, Japan. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 2052-2055.
- Yasue, K. et al. (1997) Tree-ring width and maximum density of *Picea glehnii* as indicators of climatic changes in northern Hokkaido, Japan. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 1962-1970.
- Yasue, K. et al. (2000) The effects of tracheid dimensions on variations in maximum density of *Picea glehnii* and relationships to climatic factors. *Trees* 14: 223-229.