

ツングースカイベントと樹木

米延仁志¹、竹中千里²

¹ 名古屋大学農学部、生物材料物理学講座 〒464-01 名古屋市千種区不老町

² 名古屋大学農学部、森林環境資源学講座

1 はじめに

1908年6月30日現地時7時17分ごろ、中央シベリアのポドカメンナヤ・ツングースカ川流域の盆地 (60°53'26"N, 101°53'52"E) に大爆発が起こった。周辺の森林は、爆風により半径30~40 km にわたって、同心円状に倒壊した。この地域の亜寒帯針葉樹林帯の荒廃は現在もそのままに残されている。この爆発はツングースカ・イベントと呼ばれ、その原因となる物質、エネルギーなどはこれまで、多くの研究者により推定されてきたが (例えば、Cowan *et al.*, 1965; Chyba *et al.*, 1993)、定説を得るに至っていない。

本研究では、1992年8月に行われた国際ツングースカ調査の際に採集されたトウヒの樹幹円板を用いて年輪解析を行い、その地域の自然環境がイベント前後にどのように変化したかを推定した。また、イベントの起こった年の¹⁴C濃度を測定した。

2 樹種同定

試料には、木口円板 (厚さ ca. 1 cm、平均直径 21.7 cm、年輪数 123) を用いた。樹幹円板の肉眼観察により木口面に樹脂の浸出が見られた。これは垂直樹脂道 (軸方向細胞間道) に由来し、マツ科 (PINACEAE) のマツ属 (*Pinus*)、トウヒ属 (*Picea*)、カラマツ属 (*Larix*)、およびトガサワラ属 (*Pseudotsuga*) の4属に限られる。

辺材と心材との区別が不明瞭であること、および垂直樹脂道の出現頻度が少ないことから本試料はトウヒ属と考えられる。より詳細な樹種の同定は、木口・板目・まさ目3断面の光学顕微鏡での観察により行った。試料の前処理は以下のとおり。

1. 試料正常材部を採取、熱蒸留水中で5時間煮沸。
2. スライド式マイクロトームで12~20 μm厚のプレパラート切片を作成。
3. 切片にサフラニン水溶液を滴下。1昼夜置き、木化部を染色。
4. 水洗後、ファーストグリーンを滴下。1時間放置し、非木化部を染色。
5. アルコール・シリーズ (30, 50, 60, 80, 100% C₂H₅OH) で順次脱水。エタノール・キシレン等量混合液、次いでキシレンで完全に脱水。
6. プレパラート上に切片を置き、グリセリン・ゼラチンで固定。
7. 光学顕微鏡下で観察。木材組織学的特徴を記載。

木材組織の記述・照合などには中田・前田 (1979)、島地・伊東 (1982)、Greguss (1955) を参照した。

木口面:

早材から晩材への移行が緩やかで、晩材幅が狭く均質な材である。早材部では仮道管の横断面の形状は、やや丸みを帯びている。これに対して晩材部最後端のそれは極端に平坦になって

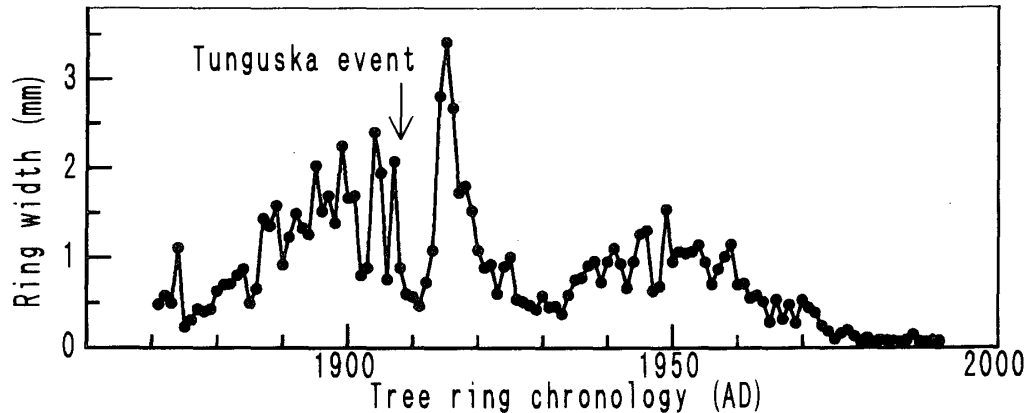


Fig. 1: Variation of annual ring width in Tunguska picea

いる。垂直樹脂道は晩材部あるいは早・晩材移行帯に出現している。やや壁厚のエピセリウム細胞を持つ。

柾目面:

放射組織 (Ray) は放射仮道管および放射柔細胞からなり、前者はその末端壁に小型の有縁壁孔を持つ。有縁壁孔は単列、分野壁孔は典型的なトウヒ型で、1分野に3~6個存在する。

板目面:

放射組織は単列で4~12細胞幅。やや大型の水平樹脂道を含む紡錘形放射組織が見られる。

これらの組織学的特徴、特に放射組織、エピセリウム細胞、垂直樹脂道の形態と地理的分布を併せ、本試料の樹種はゴダイトウヒ (Schrenk Spruce, 学名:*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.) と同定した。

3 年輪幅測定

Figure 1に年輪幅変動を示す。測定は4方向について行なったが、最も特徴的な1方向のみを示してある。この年輪幅変動を見ると、ツングースカイベントのあった1908年を境に成長の悪化した時期があり、その後急激に成長が回復し、異常成長した時期があることが明らかである。そこで、この木の成長期を3段階に分けて考える。

Stage I: イベント以前の正常な成長期

Stage II: イベント直後の低成長期

Stage III: 異常成長期およびそれ以後

Stage Iにおいても年輪幅、すなわち成長の変動は激しい。しかしその変動は1~2年周期で起こっており、このようなバラツキは当時の試料木のような若齢樹にはよく見られる。つまり、降水量、気温などの年変動に由来する成長変動である。一方、Stage IIで見られる4~5年間に亘る低成長は、特殊な原因に起因すると考えられる。これはツングースカ隕石が爆発 (衝突) した際の爆風によって葉がむしりとられ、すなわち光合成器官が失われたことによって成長が悪化し、樹体の回復に4~5年かかったということを示唆している。またStage IIでの特徴はこの狭い年輪幅であり、1908年の年輪以外では特に細胞の形態的異常は認められなかった。

Stage IIIで見られる異常成長は圧縮あて材 (Compression wood, 以下、単にあて材) の形成によるものである。あて材とは、樹木が気温の上昇などで過水状態になったり、あるいは何等

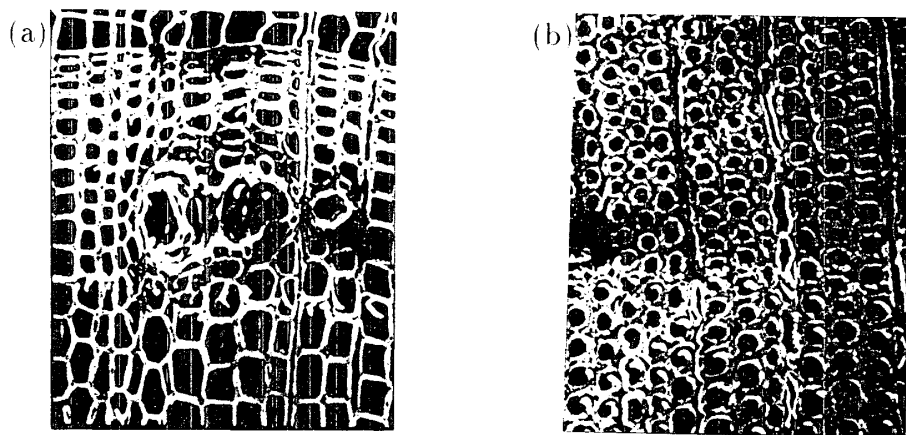


Fig. 2: SEM photographs

かの原因で木が傾いた時に木の傾斜を支えようとして、形態的に異常な細胞が集散的に形成されてできる材であり (Timell, 1986)、生理学的には成長制御物質であるインドール酢酸 (IAA) の形成層帯における局在化に由来する異常組織である。この Stage III での異常組織については次節 4 で詳述する。

4 木部細胞の観察

Figure 2-(a), (b) にそれぞれ Stage II と Stage III での木口面の走査電子顕微鏡写真を示す。Stage II では、おおむねこのような正常な木部細胞 (仮道管、垂直樹脂道、放射組織等) で年輪が構成されている。また、1908 年の年輪の早材部において接線方向に単列状の傷害樹脂道が認められた。傷害樹脂道はトウヒ属などで、樹体が傷害を受けたときに認められる。ただし全ての傷害樹脂道がこのような場合にのみ、形成されるとは限らない。実際に本試料円板においても、さらに外周の部分に同様な傷害樹脂道は数箇所において認められる。このため、イベントが傷害樹脂道形成に直接かかわる原因であるとは明言しがたいが、樹体への何らかのダメージがあり、形成層の細胞分裂活動への影響があったことは確実である。このような観点から、イベントがあった次の年に南方向に傷害樹脂道が認められたことは、非常に示唆に富んでいる。

Stage III のあて材部細胞壁は、正常材と比較して非常に厚く、壁内面に亀裂、ラセン肥厚が多数見られる。Stage III では数年にわたってこのような異常材の形成が認められた。

5 ^{14}C 測定

^{14}C 濃度の測定には、本学年代測定資料研究センターのタンデトロン加速器質量分析計を用いた。試料円板から 1908~1910 年の 3 年輪から木部を等量混合したものを測定に供した。

^{14}C 濃度は 17.2 ± 12.3 per mil. となった。Cowan *et al* (1965) も同様に、北米産のベイマツ (*Douglous fir*) を用いて、ツングースカイベント前後 19 年間に亘る年輪中の ^{14}C 濃度を報告している。彼らの測定結果では、この 3 年間の ^{14}C 濃度は $-9.6 \sim 26.0$ per mil. であり、我々の結果との差は認められない。ただし今後、試料を増やして、年輪中の他の放射性核種などを測

定すれば、イベントの痕跡が検出できるかもしれない。

6 生育環境の復元

この試料を採取した地点は、北緯 60°56'15"、東経 101°55'45"であり、ツングースカの爆心地 (60°53'26" N, 101°53'52" W.) のほぼ北東に位置している。試料木成育地に最も近い気象観測点 (Kirensk; 57°46'N, 108°07'E) での気象データによると (国立天文台, 1993)、6~8 月が樹木の成長期と考えられる。

試料円板において木部細胞の観察を行なった部分は、ほぼ南方向の半径部分である。あて材形成部位の方角が南側であることを考慮すると、この試料木の生育地点では、以下のような環境変化が推察される。Stage I では、試料木は一般の亜寒帯針葉樹林帯における幼木の成長をしていた。1908 年の成長期間中の 8 月にツングースカイベントが起こった。試料木の南側、すなわちより爆心側にある木が爆風で倒れ、あるいは樹幹上部を損失し枯死し、試料木も葉をもぎ取られた。Stage II では、このために成長が悪くなり、回復に 4~5 年を要した。1908 年の年輪早材部において認められる傷害樹脂道は、この時形成されたものと思われる。また付近の木が倒れ、日照条件が良好となり、さらに夏期の日中の高い気温が渇水状態をもたらした。Stage III になると、葉は回復し、生理活動が再び活発化したものの、依然渇水状態が続いているために、あて材の形成が促進され、異常成長が起こった。また、本報告には掲載しなかったが、他の 3 方向の年輪幅も Stage III の初期数年間はやや増大傾向にある。これら Stage III での異常成長は、イベントによる植生破壊に起因する隣接木との競合の減少、あるいは火災、腐朽、生分解による林地への栄養分の供給 (施肥効果) も一因として考えられる。その後、徐々に植生が回復し、試料木は安定した成長期を迎える。表 1 に以上のストーリーをまとめた。

Table 1: 生育環境の変化

年代 (AD)		生育環境	樹体の状況
~1907	Stage I	通常の亜寒帯針葉樹林帯	通常成長
1908	ツングースカイベント	植生の破壊	樹体の破損
1908~1913	Stage II	渇水状態	樹体の未回復期
1913~	Stage III	土壌の富栄養化	樹体の回復

引用文献

- 国立天文台 (編). 理科年表, 丸善, 島地謙, 伊東隆夫. 図説木材組織. 地球社, 1982.
- 竹中千里, 米延仁志. ツングースカイベントと樹木—樹幹円板を用いた生育環境復元—, 天界 (東亜天文学会機関誌), 1993, 39-45.
- 中田功, 前田満. ソビエト連邦の樹木. 学術図書自主刊行会, 1979.
- Cowan C., C. R. Alturi, and W. F. Libby. Possible anti-matter content of the Tunguska meteor of 1908. *Nature*, **206**. 861-865, 1965.
- Greguss P. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1955.
- Timell T. E. Compression wood in gymnosperms, Volume 2. Springer Verlag, 1986.

TUNGUSKA EVENT AS STAMPED IN THE TREE STEM

Hitoshi YONENOBU and Chisato TAKENAKA

School of Agricultural Sciences, Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan.

Abstract

In this study, a cross-cut disk of *Picea*, which had survived from the Tunguska event in 1908, was used to reconstruct the past vegetation before/after the occurrence of the event. In consequence of wood identification, the species of the sample tree is *Picea schrenkiana* Fisch. et Mey. or its allied species. The annual ring width had drastically decreased since AD 1909, the next year of the event, for 4-5 year, and then increased rapidly leading the decay variation observed usually in secondary growth of coniferous trees. The former would be caused by the serious trauma in the organs such as leaf, branch, and root system due to the blast of the event. The uniseriate traumatic resin ducts were observed in the xylem formed in 1910 to suggest the occurrence of the trauma. The latter suggests the decrease of plant-sociological competition and the eutrophication of soil by forest fire. The extreme compression wood cells with spiral thickenings and cracks inside were observed in the wide rings formed in 1909-1913 possibly indicating the sudden change of light environment. $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ ratio of the annual rings formed in 1908-1910 was measured with Tandemtron accelerator mass spectrometer at Dating and Materials Research Center, Nagoya University. ^{14}C concentration is 17.2 ± 12.3 per mil., which does not show the large value.

学会発表 (1993 年 4 月~1995 年 3 月)

米延仁志, 木方洋二. 樹木樹幹内の¹⁴C濃度, 第 43 回木材学会大会, 岩手大学, 1993 年 8 月.

米延仁志, 木方洋二, 山田聡子. 遺跡出土木の樹種同定および遺跡の建造年代の推定への炭素同位体測定の実用, 第 43 回木材学会大会, 岩手大学, 1993 年 8 月.

葛原有紀子, 米延仁志, 木方洋二, S. N. Marsoem, 渡辺拓. メルクシーマツの樹木気候学的解析, 第 43 回木材学会大会, 岩手大学, 1993 年 8 月.

米延仁志, 竹中千里. ツングースカイベントと樹木—樹幹円板を用いた生育環境復元—, 第 44 回木材学会大会, 近畿大学, 1994 年 4 月.

Yonenobu H., F. Morishita, Y. Hattori, Y. Kikata, and S. N. Marsoem. Growth rates of tropical species as estimated from the ¹⁴C concentration variations in tree stems, Asian & Pacific Dendro '95, Tsukuba, Mar. 1995.

論文 (1993 年 4 月~1995 年 3 月)

竹中千里, 米延仁志. ツングースカイベントと樹木—樹幹円板を用いた生育環境復元—, 天界 (東亜天文学会機関誌), 1993, 39-45.

Yonenobu H., K. Mitsui, and Y. Kikata. Radiocarbon Dating of the Rotten Wood Materials, *Bull. Nagoya Univ. Furukawa Museum*, **9**, 1993, 91-96.

Yonenobu H., S. Yamada, and Y. Kikata. Wood Identification and Radiocarbon Dates of Excavated Logs, *Bull. Nagoya Univ. Furukawa Museum*, **9**, 1993, 97-106.

米延仁志, 木方洋二 (分担執筆) 室遺跡出土木の放射性炭素年代, 愛知県埋蔵文化財センター調査報告書第 49 集 “室遺跡”, (財) 愛知県埋蔵文化財センター, 1994, 160-162.

米延仁志, 木方洋二. 黒笹古窯跡出土木の放射性炭素年代, 愛知県埋蔵文化財センター報告書, 投稿中.

Yonenobu H., Y. Kikata, F. Morishita, Y. Hattori, and S. N. Marsoem. ¹⁴C Concentrations in Tree Stems II, *Mokuzai Gakkaishi*, 1994, **40**(6), 627-630.

Yonenobu H., Y. Kikata, S. Yoshimura, T. Nakagawa, H. Shirai, K. Hirota, and H. Kurokouchi. Findings on wood sample from Khufu's second boat for the excavation II -Radiocarbon dating-, *Mokuzai Gakkaishi*, 1994, **40**(8), 889-892.

Yonenobu H., F. Morishita, Y. Hattori, Y. Kikata, and S. N. Marsoem. Growth rates of tropical species as estimated from the ¹⁴C concentration variations in tree stems, Proceedings of Asian & Pacific Dendro '95, Tsukuba, Mar. 1995, in press.