

安達太良山・酸川の複数のラハール堆積物に含まれる埋没林群の組成と年代

今井英治・神野成美・木村勝彦（福島大学・共生システム理工学類）

要 旨

安達太良山・酸川ラハール堆積物のいくつかの層位から得られた埋没材について樹種同定および年代分析をおこなった。年輪酸素同位体比分析を適用した年代解析により、最大規模のラハール堆積物である L1 は BC 498 秋から BC 497 春の期間に発生したことが明らかになった。また、木材の樹種同定、年輪解析の結果から、炭素年代で 3800 ± 25 yr BP 頃に湿性の立地に、大きなトネリコ属などを含む植生の安定した時期があり、その後いくつかの小規模な攪乱やラハールの発生を挟んで、約 2,500 年前には、二次林的な植生に加え、現在の安達太良山周辺に似通った植生が広がっていたことが明らかになった。一部の露頭からは、現在の安達太良山では、植林されたもののみであるカラマツ属が認められ、いくつかの時期を経て局所的に生育していた可能性があることが示された。

I. はじめに

日本各地の沿岸などでしばしば見つかる埋没林は海水準の変動や地盤変動、火山活動など、様々な要因で形成されている。埋没林は当時の植生や気候の情報などをそのまま含んでおり、多くの研究対象とされる貴重な資料である。その中でも、火山活動によって形成された埋没林は短期間に埋もれるため、ある時間断面での植生の復元に適している。

酸川ラハール堆積物は、安達太良山の噴火に伴い沼ノ平火口壁の崩壊で流れ下ったラハール(火山泥流)が谷を埋めて、現在の酸川が流れている平坦面をつくった堆積物で、その主要な堆積物の形成は約 2,500 年前であるとされる(山元, 1998)。

木村・今井(2013)は酸川ラハール堆積物に複数の埋没土層と木材が含まれることを報告し、いくつかの木材の分析により当時の森林環境の復元を行った。しかし、年代についての分析は実施しておらず、堆積物や埋没林の年代についての検討はできていなかった。本研究では、さらに多くの木材を分析し、樹種の組成を明らかにするとともに、ラハールの発生年を年輪酸素同位体比による年代決定手法(中塚ほか, 2012)を適用するこ

とで年単位の精度で決定することを目的とした。

II. 調査地および調査方法

1. 現地でのサンプリング

調査地は福島県猪苗代町若宮の酸川沿いの露頭(図 1)で、各地点の露頭において何層かの堆積物が認められた。A 地点の酸川ラハール堆積物では、泥炭層や土壌層で区分した 8 層の堆積物が確認され、この地点の露頭を基準に他の地点の堆積物との比較を行った。11 地点の露頭で比較を行った後、総合柱状図を作成した。また、A 地点の露頭を中心に各層位から得られた木材や土壌を採取し、放射性炭素年代測定を行った。

11 地点のうち、A~E の 5 地点で、堆積物中か



図 1. 埋没材のサンプリング地点

ら木材を採取し、樹種同定および年輪解析用の試料とした。木材は、チェーンソーおよびノコギリを用いて採取したディスク状およびブロック状の試料、小片なども含めた計 39 点を採取した。

2. 樹種同定と年輪計測

持ち帰った試料は、木口面・柀目面・板目面の 3 方向の薄い切片を取りプレパラートを作成し、顕微鏡観察による木材組織の特徴から樹種の同定を行った。

これらの試料の年輪計測のために、試料の木口面を水流下で耐水サンドペーパーおよび、ペーパーをつけた水研ぎサンダーを用いて研磨した。次に研磨面をフラッドベッドスキャナに載せ、ガラス面と試料の間を水で満たし、600 dpi ~ 2,400 dpi の解像度で画像としてコンピュータに取り込んだ。年輪幅は年輪計測ソフトを用いて、複数方向設定した測線に沿って 1 年輪ごとに計測した。

3. セルロース抽出

年輪セルロースの酸素同位体比の分析に供する試料は、丸ノコギリおよび耐水サンドペーパーを用いて、厚さ 1 mm の薄板（放射方向に細長く延びた板）として切り出した。

切り出した薄板試料は、中塚らの開発した「板ごと抽出法」（中塚ほか 2012, Xu et al. 2011）に従い、テフロンパンチングシートに挟み込んだ状態で試験管内で脂質、リグニン、ヘミセルロースの除去によりセルロース抽出をおこなった。

なお、切り出し、化学処理の過程で試料には割れや欠損、収縮がおきるため、もとの試料と年輪の対応関係を間違えないように適宜照合をおこなった。照合のためにはスキャナで薄板試料の画像を取り込んで年輪計測ソフトを用いて年輪幅の計測を行い、薄板にする前のディスク年輪幅データとクロスデーティングを行い、対応関係を確認した。

4. 年層の切分けと同位体比分析

次にセルロース抽出済みの薄板から年層の切り分けをおこなった。顕微鏡下で薄板の画像データと見比べて年層を確認しながら、安全カミソリを用いて年輪界で正確に切り分け、電子天秤を用いて酸素同位体比の測定に必要な量（150~300 μg ）を秤量して切り出した。その際、早材から晩材に至る年層が均等に含まれるように注意しながら、長方形ないしは平行四辺形の形で年層片を切り出した。

切り分けた試料は、厚さ 4 μm 、1 辺 7 mm の正方形の銀箔で緩く球状に梱包し、マイクロチューブに保存した。以上の作業は福島大学で行った。

銀箔に梱包した試料は名古屋大学環境科学研究科に送付し、酸素同位体比の分析を依頼した。

5. 酸素同位体比によるクロスデーティング

年輪酸素同位体比による個体間のクロスデーティングは、年輪幅での分析と同じ手法を用いた。酸素同位体比の変動は高周波成分が卓越するため一般に生データでのクロスデーティングが可能であるが、同位体比の平均値が異なる複数の樹種をつなげることで偽の低周波成分が生み出されるため、5 年移動平均法による標準化 (Baillie & Pilcher 1973) を用いた。

まず、同層準から得られている個体間における同位体比パタンの相関をクロスデーティングソフト (Kimura 1995) を用いて求めた。さらに、木村ほか (2012) で得られた、暦年代が決まっている鳥海山の神代スギなど、複数の個体を平均化した同位体比パターン (鳥海マスタ : BC 464 - BC 1821) との相関を求め、試料の暦年代決定を試みた。酸素同位体比分析を適用した試料は計 17 個体、603 年輪分である。

III. 結果および考察

1. 堆積物・埋没材の層位と炭素年代

各地点の露頭の対比の結果から対比柱状図を作成し,更に総合柱状図を作成した(図 2).ラハール堆積物は合計 16 層確認された. 確認されたラハール堆積物の中で L1 ラハール堆積物(山元, 1998)と対応している層を L1 とし,本報告では下位に向かって順に L0, -1, -2 ~-8 と命名した. L1 の上位は山元(1998)との対応が明確にできないため,下位から順に La ~ Lf と命名した. また,総合柱状図をもとに,各地点の露頭で得られた木材の埋没状態を記録した結果を,14C 年代とともに図 3 に示す.

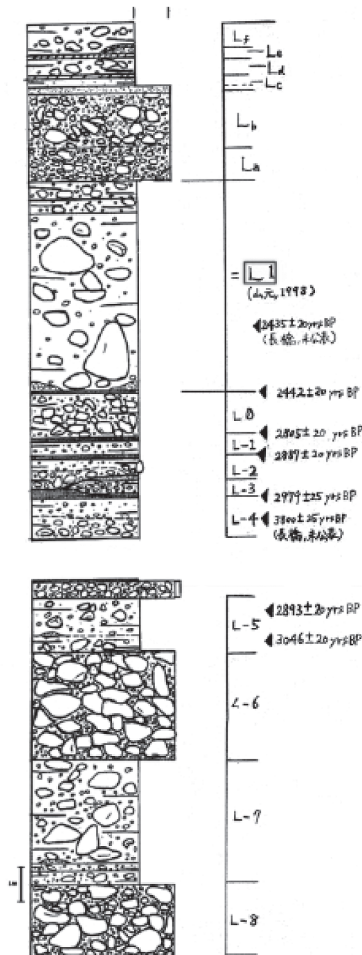


図 2. 酸川ラハール堆積物の総合柱状図

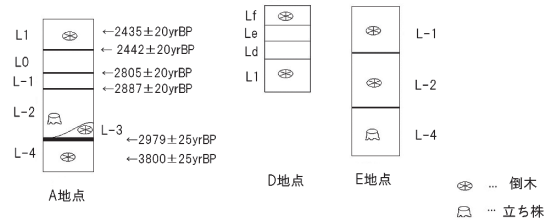


図 3. 各地点の露頭における埋没材出土層位と 14C 年代.

埋没材の多くは L1 のラハール中に異地性の流木として含まれていた. L1 の下位では L-1 ~L-4 にそれぞれ 2-4 個体が含まれていた. また, L1 の上位では Lf に 1 個体のみの試料が得られた.

L1 中のコナラ属木材 A01 およびその下位にある埋没土壌層の放射性炭素年代は約 2440 BP で,これは山元(1998)の報告した L1 の年代と対応する. L1 の下位では L0, L-1, L-3 下の埋没土壌の年代が 2800-3000 BP 程度で, L-4 中の大型のトネリコ属木材 A09 は 3800 BP である. 暦年代に較正すると, L1 は誤差の大きくなる時期で BC 400-800, L0~L-3 は BC 900~1300 付近に並び, L-4 は飛び抜けて古くて BC 2000 以前となり,全体に層位とは整合的である(図 4).

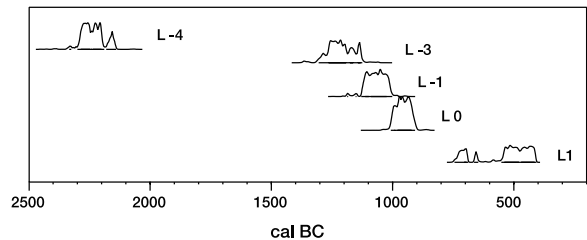


図 4. 14C 年代の暦年代推定値の確率分布.

2. 年輪酸素同位体比を用いた年代推定

酸素同位体比分析は 5 つの異なる層位に含まれる 17 点の試料について実施した(表 1). 各個体で同位体分析のできた年輪数はセルロース抽出過程での欠損や不純物の混入などがあるため,年輪幅を計測できた年輪数よりも少なくなる.

表 1. 同位体比分析に用いた試料および年代分析結果

サンプル	層位	樹皮	鳥海との相関		表層の年代(BC)	年輪数	分析年輪数
			r	t			
D15 (カエデ属)	Lf	×				103	87
A01 (コナラ亜属)	L1	○	0.70	7.1	498	56	56
A02 (クリ)	L1	○	0.50	2.5	498	22	21
A03 (マツ属複雑管束亜属)	L1	○	0.82	4.7	507	18	13
A04 (マツ属複雑管束亜属)	L1	○	0.83	7.0	498	25	25
A19 (マツ属単維管束亜属)	L1	×	0.68	5.0	506	45	30
A22 (マツ属複雑管束亜属)	L1	○				24	10
C31 (環孔材)	L1	×	0.76	5.0	504	26	20
B12 (マツ属複雑管束亜属)	L1	×	0.53	4.8	498	77	63
E36 (カラマツ属)	L-1	○				56	30
E37 (カラマツ属)	L-1	×				26	16
A18 (ハンノキ属)	L-2	○				24	19
A05 (マツ属複雑管束亜属)	L-3	○				28	27
A10 (カエデ属)	L-3	×				36	27
A11 (カエデ属)	L-3	○				98	75
E34 (カラマツ属)	L-4	×				103	82
A09 (トネリコ属)	L-4	×				77	65

L1 に含まれる木材 8 個体間および鳥海マスタと各個体間で年輪酸素同位体比の変動パターンを用いて、クロスデーティングをおこなった。その結果、L1 に含まれる木材 8 個体のうち、7 個体 (A01, A02, A03, A04, A19, C31, B12) の暦年代を決めることができた。表 1 には鳥海と各個体との相関のみが示してあるが、A02 を除く 6 個体については r が 0.53-0.83, t が 4.7-7.1 であり、十分に高い値を示している。

年代が決まった 7 個体のうち、A01, A02, A04, B12 の 4 個体は樹皮があり (ないしは表層年輪が全周にわたり残存し)、全て BC 498 に枯死している。このことから、酸川で最大のラハールである L1 の発生は BC 498 年であることがほぼ確実になった。樹皮直下の最外年輪が晩材まで完成していることから、発生季節は秋以降であり、正確には BC 498 年の秋から BC 497 年の春までの期間、ということになる。

A19 と C31 については樹皮が失われ、表面が削れているために枯死年は分からないが、それぞれ BC506, BC504 で高いピークを示しており、L1 のラハールで枯死したのと考えても矛盾はない。なお、A03 は樹皮つきであるが、前述した

4 個体とは枯死年が異なり、BC 507 に枯死しているため、L1 発生時に既に枯死していたものと考えられる。

L1 以外の堆積物中の木材については同一層位の個体、鳥海マスタとも確実な年代を示す相関は得られなかった。これは、L1 以外では年輪数の多い試料が十分に得られず、また Lf と L-4 については鳥海マスタと年代が重なっていなかったことが原因である。

年代決定の成否にかかわる他の要因として、同位体比の分析前の化学処理や年層の分割の段階での問題が挙げられる。分析に用いた試料のうち、鋳物などの異物が混入により特定の年輪で極端な同位体比の変動が認められた。化学処理や切り分けの際に、異物を取り除くことが重要である。

3. 埋没材から見た植生の変遷

各層準で得られた個体と樹種同定の結果を表 2 に示す。カラマツ属試料はいずれも E 地点でのみ、得られた試料である。炭素年代で 3800 BP (暦年で BC2200 頃) を示す L-4 層期の A 地点では、直径 60 cm で推定樹齢 100 年を超える大型のトネリコ属が生育していた。同じ L-4 層と比定された

表 2. 各層位の埋没材の樹種同定結果

樹種	層位							総計
	Lf	L1	L-1	L-2	L-3	L-4	不明	
マツ属 単維管束亜属		6						6
マツ属 複雑管束亜属		5			2			7
カラマツ属			2	1		1		4
針葉樹			1					1
ブナ属		1						1
クリ属		1						1
コナラ亜属			2					2
カエデ属	1	3			2			6
トチノキ属		1						1
トネリコ属		3		1		1		5
ハンノキ属				1				1
環孔材		1						1
散孔材		1					1	2
放射孔材		1						1
総計	1	25	3	3	4	2	1	39

E地点のカラマツ属は直径60 cm で樹齢103年の大型個体で、年輪幅は2 mm 程度である。木村・今井(2013)ではトネリコ属で大型になる樹種として湿性の立地に生えるヤチダモを想定しており、この時期には攪乱の少ない発達した森林が広がっていたと推測している。カラマツ属は陽樹で、日陰の凹地では生育できない(島地・伊東, 1982)ことから、河川沿いでしばしばおこる攪乱後に形成された明るくひらけた環境で安定して生育していたことがうかがえる。

その後、A地点におけるL-3やL-2の時期には、年数20年程度で年輪幅2 mm 程度の成長を見せる二葉松(マツ属複維管束亜属)、さらに年輪幅4 mm 程度の、成長のいいハンノキ属や、年数が100年近くあり直径も大きいカエデ属が認められた。E地点ではL-2の時期に、直径14 cm で年輪数が100年ある成長の悪いトネリコ属と、年輪数9年で年輪幅が3.2 mm の成長のいいカラマツ属が認められた。

このことから、A地点周辺ではラハール発生の20年頃前に、明るく安定した環境にハンノキ属が生育しており、河道周辺での小規模な攪乱に巻き込まれ、その後すぐに二葉松が定着し、良好な成長をしていたと考えられる。カエデ属は、当時の谷筋で安定して生育していた個体が、ラハールに巻き込まれて運搬されたものと考えられる。

E地点では湿地にカラマツ属が定着し、良好な成長をみせたものの、河道周辺での攪乱に巻き込まれて枯死し、その後、トネリコ属が定着し、長い間生育していたものと考えられる。その後、E地点ではL-1の時期に、直径6 cm 程度で年輪数は約50年のカラマツ属が認められており、この時期にも引き続きカラマツが生育していたことがうかがえる。

その後、L1の発生直前にはコナラ属やクリ、二葉松といった二次林に見られる植生が広がっていた。木村・今井(2013)ではこの時期の植生について考察している。表2を見ると、五葉松(マ

ツ属単維管束亜属)や、ブナ属といった、現在の安達太良山周辺の植生に似通った組成であることがわかる。

L1は酸川の他の堆積物に比べて格段に規模の大きいラハールであり、沢筋だけでなくかなり広域からの樹木を巻き込んだため、上流側の尾根部も含む広域の植生を反映しているものと考えられる。このためにトチノキ属やトネリコ属、カエデ属など様々な立地を好む種を含んでいるものと考えられる。

L1には若齢で成長の良い二葉松など明らかに大きな攪乱後に生育していたことを示す個体が多く含まれ、また樹齢が60年を超える個体は全く含まれないが、一方で堆積物ではL1下の埋没土壌の年代がBC900-1000年頃であり、L1のBC498とは大きな開きがある。このため、堆積物としては残されていないが、大きな攪乱がL1発生以前におこっていたことは間違いがない。

本研究で確認されたカラマツ属は、少なくとも完新世以降の花粉分析や植物遺体の分析などでは周辺地域で確認されていない種であり、現在の安達太良山周辺で生育するカラマツは植林によるものである。縄文海進のピークが過ぎた約6,000年前から気候が寒冷化した時期に、E地点周辺で局所的に生育し、いくつかの攪乱を挟んでその場所で定着していた可能性がある。

IV. おわりに

本研究では多くの堆積物の年代決定には至らなかったが、限られた数かつ異なる樹種という、これまでの年輪年代法の制限を超えた、新しい年代決定手法が有効であることが示された。木材によって化学処理など、分析前の処理に工夫を加えることで、より精度の高い結果を得られることが期待される。また、本研究では得られた埋没材のみを分析の対象としたが、花粉分析や植物遺体の分析といった複数の手法と併用することで、酸川周辺の詳細な植生復元につながるだろう。

謝辞

現地調査では、福島大学共生システム理工学類の長橋良隆教授に同行していただき、堆積物についての様々な示唆を頂きました。深く感謝申し上げます。

引用文献

Baillie MGL and Pilcher JR (1973) A simple cross-dating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 33: 7-14.

木村勝彦・荒川隆史・中塚武 (2012) 鳥海山の神代杉による縄文晩期をカバーする年輪酸素同位体比の物差しの作成と実際の適用例, 日本植生史学会 第27回大会講演要旨集.

木村勝彦・今井英治 (2013) 安達太良山・酸川ラハール堆積物中の埋没林, 共生のシステム, 13, 163-165.

島地謙・伊東隆夫 (1982) 図説木材組織. 67p, 地球社.

中塚武・石田朗・岡部雅嵩・佐野雅規・坂本稔・光谷拓実・赤塚次郎・樋上昇・木村勝彦 (2012) セルロース酸素同位体比を用いた日本における新しい木材年輪年代法の開発, 日本文化財科学会 第29回大会 (京都大) 講演要旨集.

Xu, C., M. Sano, and T. Nakatsuka (2011), Tree ring cellulose $\delta^{18}\text{O}$ of *Fokienia hodginsii* in northern Laos: A promising proxy to reconstruct ENSO?, *J. Geophys. Res.*, 116, D24109, doi: 10.1029/2011JD016694.

山元孝広 (1998) 安達太良山西山麓の完新世酸川ラハール堆積物, 火山, 43 (2), 61-68.