

# 放射性炭素年代測定を用いた紀伊山系の深層崩壊発生頻度推定

木下篤彦・山越隆雄

## 1. はじめに

2011年台風第12号では、紀伊山系周辺の72箇所で見られる深層崩壊が発生している。また、紀伊山系周辺においては、過去にも1889年の明治十津川大水害、1953年の有田川水害などで、多数の深層崩壊が発生している<sup>1)</sup>。このようなことから、紀伊山系では、深層崩壊が今後も発生する可能性が高い。

深層崩壊対策を含む砂防計画を立てるためには、地形図から崩壊危険斜面を判読し、その面積を求めるとともに、物理探査等により崩壊見込み深さを推定する必要がある。また、妥当投資額の目安を得るため、対象流域において深層崩壊発生頻度を推定する必要がある。

本稿では、特に、放射性炭素年代<sup>\*</sup>測定を用いた深層崩壊発生頻度推定手法に着目し、紀伊山系において深層崩壊の発生頻度を推定したので、その結果を報告する。

## 2. 調査地の地形・地質概要

図-1に調査地の地質図を示す。紀伊山系は、標高1,000m～1,900mの山々が連なる急峻な地形で、尾根が東西方向に伸長している。地質は、主に白亜系～古第三系の付加体(主に四万十帯)が広く分布している<sup>1)</sup>。

国土交通省が2010年に公表した深層崩壊推定頻度マップにおいても、紀伊山系においては、頻度が「特に高い」や「高い」のエリアが広範囲に及んでいる。また、紀伊山系では、2012年に深層崩壊溪流レベル評価マップと深層崩壊跡地密度マップも公表されている。

深層崩壊の頻度推定には、年代の分かっている火山灰の分布を確認する手法がある。しかし、紀伊山系ではアカホヤ(約7,300年前)のみ分布しており、それ以降崩壊履歴判定が困難であった。そ

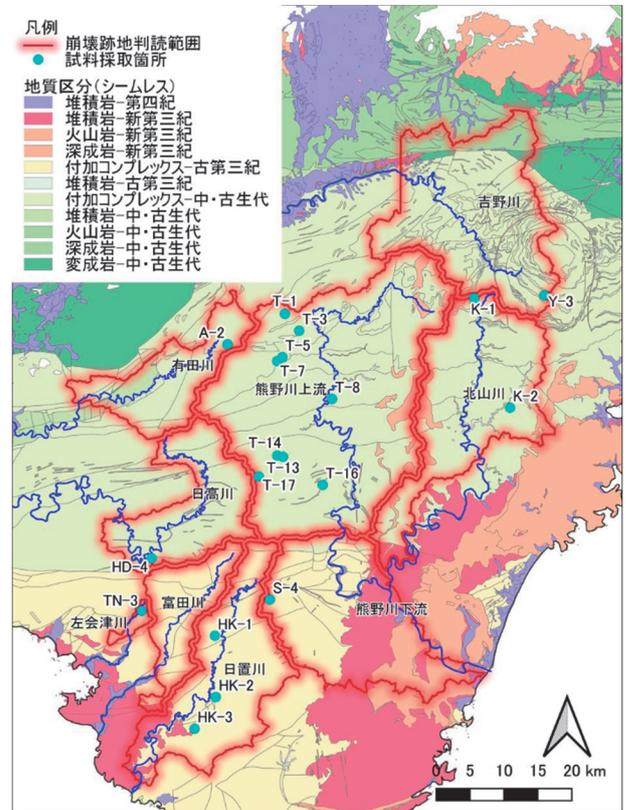


図-1 紀伊山系の地質と深層崩壊跡地判読範囲(赤線で囲ったエリア)、炭化物試料採取箇所(国土地理院 20万分の1シームレス地質図に加筆)

こで、本稿では、深層崩壊時に巻き込んだと推定される木片等の炭化物を用いて発生履歴を評価することとした。

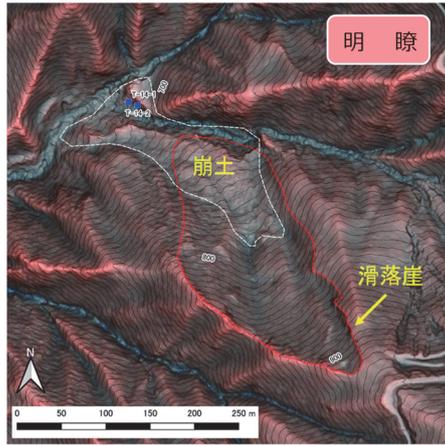
## 3. 年代測定用試料の採取斜面について

### 3.1 深層崩壊跡地の判読および分類

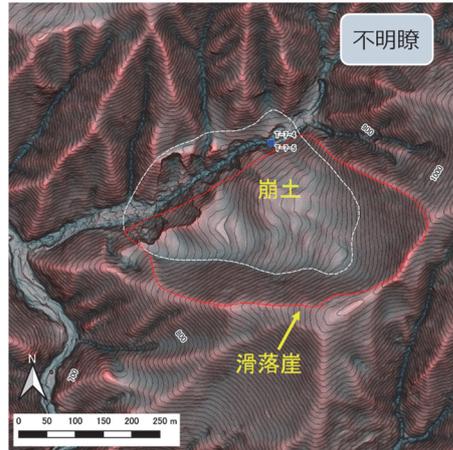
深層崩壊跡地の判読には、図-1に示す範囲のLPデータから崩壊跡地の地形判読を行った。図中の赤線が囲まれた流域が調査対象である。なお、1889年明治十津川大水害と1953年有田川水害、2011年紀伊半島大水害の崩壊地は、文献より崩壊発生斜面がおおよそ分かっており、1889年明治十津川大水害より古い深層崩壊跡地を対象とする。

Attempt to Estimate the Frequency of Deep-seated Landslides in the Kii Mountains Using a Radiocarbon Dating Method

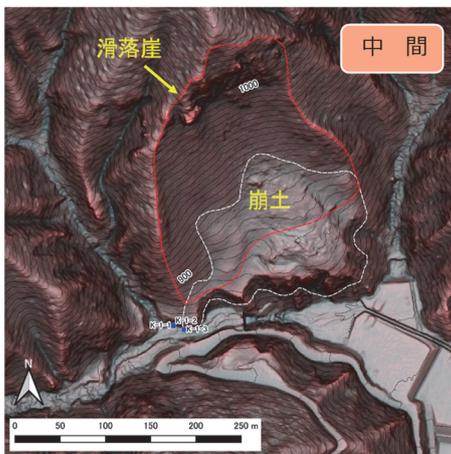
<sup>\*</sup>土木用語解説：放射性炭素年代



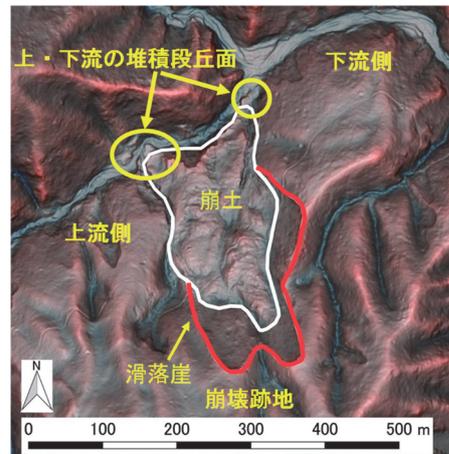
① 滑落崖輪郭が明瞭



② 滑落崖輪郭が不明瞭



③ 滑落崖輪郭が中間



④ 崩壊跡地周辺の堆積段丘面判読例

図-2 微地形判読例 (地形表現図: SL3DMap: 特許番号5795283)

図-2に判読結果の例を示す。判読した深層崩壊跡地は、滑落崖輪郭が明瞭なケースと不明瞭なケースがあった。崩壊発生から時間が経過するにつれ侵食によって輪郭は不明瞭になると考えられる。このため、輪郭の明瞭さを調査することにより崩壊からの経過時間を推定できる可能性がある。①輪郭が明瞭、②輪郭が不明瞭、③中間(どちらも判断し難い)の3つに分類して崩壊跡地を判読した(図-2 ①~③)。

### 3.2 深層崩壊跡地の選定

2011年紀伊半島大水害で発生した深層崩壊で形成された河道閉塞箇所では、河道閉塞の上流側に湛水池が形成されて植物や流木が残存している場合や、河道閉塞の一部が侵食されて崩壊地の下流側に崩土が流出して堆積段丘面が形成され、流木が取り込まれている場合もあった。このような深層崩壊の崩土の堆積状況を考慮し、年代測定用の試料を採取する対象斜面は、深層崩壊跡地の上流側や下流側および対岸のいずれかに、崩壊時の崩土が残存している可能性のある堆積段丘面が形

成されていることに着目した(図-2④)。これらの堆積層の中から炭化物を採取した。

1889年明治十津川大水害より古い深層崩壊跡地について、判読した結果、面積1ha以上の深層崩壊跡地は合計1,204斜面であった。内訳は、以下の通りである。

- ① 輪郭明瞭・・・・・・・・・・ 458斜面
- ② 輪郭不明瞭・・・・・・・・・・ 648斜面
- ③ 中間・・・・・・・・・・ 98斜面

図-1に示すように、対象地では複数の地質が分布しているので、特定の地質帯に偏らないこと、堆積段丘面が形成されていること、試料採取にアクセスの良いことなどを考慮して、試料採取する深層崩壊跡地を選定した。

炭化物が細粒で採取できない場合や有機物が含まれていそうな土砂状の堆積物があった場合は、パイプ型サンプラー(写真-1・2)を利用して土砂部の試料を採取した。実際に試料採取に行くと、アクセスの点から、現地で試料を得ることができなかった斜面もあり、最終的には19斜面の崩壊

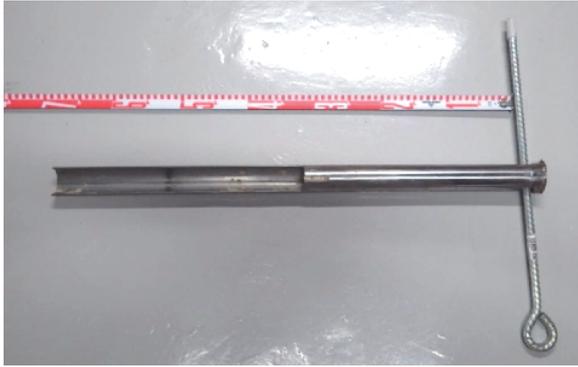


写真-1 使用したサンプラー



写真-3 採取された炭化物の例(赤丸で囲ったものが採取した炭化物)



写真-2 サンプラーを使用した炭化物採取状況

跡地(図-1)で42試料を採取できた(写真-3)。なお、図-1から、19斜面で代表的な地質での採取はできていると考えられる。

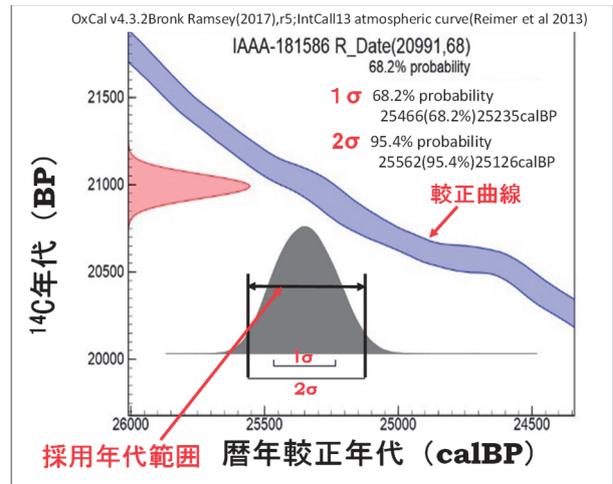


図-3 暦年較正グラフの例

#### 4. 放射性炭素年代を用いた測定について

放射性炭素年代の測定は、微量な試料でも分析可能なAccelerator Mass Spectrometry (AMS法)を採用し、 $^{14}\text{C}$ の計数、 $^{13}\text{C}$ 濃度 ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ )、 $^{14}\text{C}$ 濃度 ( $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ )の測定を行った。 $^{14}\text{C}$ 年代は、過去の大気中の $^{14}\text{C}$ 濃度が一定と仮定して測定され、1950年を基準年(0yrBP)として遡る年代である。 $^{14}\text{C}$ 年代測定値は、既知の $^{14}\text{C}$ 濃度を基に描かれた較正曲線と照らし合わせて暦年較正年代を算出した(図-3)<sup>1)</sup>。暦年較正年代は、1標準偏差( $1\sigma = 68.2\%$ )あるいは2標準偏差( $2\sigma = 95.4\%$ )で表示される。対象地では、古文書等が少なく、深層崩壊跡地ごとの発生年が不明なため、可能な限り幅広く年代値を採用することとし、 $2\sigma$ (標準偏差)範囲で表示された全期間の範囲を「採用年代範囲」と定義した(図-3)。

#### 5. 放射性炭素年代測定結果

$2\sigma$  暦年較正年代の最小値と最大値で表示され

る範囲で採用した放射性炭素年代の測定結果を表-1に示す。得られた年代について、同じ堆積層で複数の試料の年代値が重複する期間がある場合は、同時期に崩土に取り込まれた可能性が高いと推定され、その重複期間に深層崩壊が発生したと判断される(表-1)。一方で、同じ堆積層内の複数の資料で推定年代が大きく異なる場合は崩壊時にどのように炭化物が取り込まれたか判断できない。例えば、崩壊と無関係に上流から木片が流下して堆積した可能性もある。このため、1つの深層崩壊跡地で、複数の試料の $2\sigma$  暦年較正年代の採用年代範囲が重複している場合を「重複年代範囲」と定義し、重複年代範囲があるケースのみを深層崩壊発生年代とした。これらの結果、崩壊発生年代は、1300年代、1500年代、1700年代に集中しており、200年周期の崩壊発生頻度が想定される。

このように、精度の良い頻度推定には、同じ堆積層で複数の試料を採取し、重複年代を基に年代推定をすることが重要である。

表-1 放射性炭素年代測定結果

流域	斜面 番号	地質 区分	滑落崖 明瞭さ	崩壊面 積 (ha)	暦年較正calBP/AD 2σ標準偏差 採用年代範囲	AD				BC	
						2000	1700	1500	1100		
北山川	K-1	白亜系	中間	4.0	BC 2485 ~ 2306						2485
					BC 2559 ~ 2342						2342
					BC 2564 ~ 2342						
	K-2	白亜系	中間	14.5	AD 612 ~ 669						
吉野川	Y-3	ジュロ系	明瞭	12.1	BC 154 - AD24						
熊野川 上流	T-1	白亜系	明瞭	2.1	AD 1445 - 1623						
					AD 1677 ~ 1776						
	T-3	白亜系	明瞭	3.8	AD 1406 ~ 1442						
					AD 1657 ~ 1806						
					AD 1693 ~ 1727						
	T-5	白亜系	明瞭	3.7	AD 1693 ~ 1727						
					AD 1680 ~ 1729						
	T-7	白亜系	不明瞭	10.4	AD 1680 ~ 1764						
					AD 1666 ~ 1878						
	T-8	白亜系	明瞭	7.1	AD 1472 ~ 1635						
BC 8216 ~ 7837										7837	
T-13	白亜系	明瞭	1.1	BC 8207 ~ 7821						8207	
				AD 685 ~ 881							
T-14	白亜系	明瞭	3.1	BC 3700 ~ 3635							
				AD 1642 ~ 1800							
T-16	白亜系	明瞭	1.3	AD 1655 ~ 1805							
				AD 1691 ~ 1729							
熊野川 下流	S-4	古第三系	明瞭	15.9	AD 1680 ~ 1764						
有田川	A-2	白亜系	明瞭	2.8	AD 555 ~ 641						
					AD 1270 ~ 1385						
日高川	A-3	白亜系	不明瞭	6.2	AD 1299 ~ 1409						
					BC 29625 ~ 29209						29625
日置川	HK-1	古第三系	明瞭	12.4	AD 1446 - 1623						
					BC 894 ~ 795						
					AD 1416 ~ 1449						
					AD 1451 ~ 1632						
HK-2	古第三系	不明瞭	10.9	AD 1680 ~ 1763							
				BC 23612 ~ 23176						23612	
HK-3	古第三系	明瞭	3.1	AD 1282 - 1391							
				AD 1280 - 1389							
左会津川	TN-3	古第三系	明瞭	1.0	AD 1691 - 1728						
					AD 1454 - 1632						
					AD 1689 ~ 1729						

19斜面

:年代が一部:太字は重複する年代範囲の最大・最小

:重複年代範囲

## 6. まとめ

本稿では、放射性炭素年代を用いて、紀伊山系における深層崩壊発生頻度の推定を行った。その結果、紀伊山系では約200年の周期で深層崩壊が発生していることが分かった。今後は他の手法とも比較検討し、推定精度向上のための研究を続けていく。また、今回得られた発生頻度の結果を用いた砂防計画の検討も行いたい。

## 参考文献

- 1) 小川内良人、横山修、木下篤彦、山田拓、柴田俊、田中健貴、山越隆雄、西山賢一：放射性炭素年代から推定される紀伊山地の深層崩壊発生頻度、砂防学会誌、第74巻、第1号、pp.3~14、2021

木下篤彦



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室(近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター)主任研究官、博士(農学)  
Dr. KINOSHITA Atsuhiko

山越隆雄



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室長、博士(農学)  
Dr. YAMAKOSHI Takao