日置川水系、新宮川水系における放射性炭素年代測定結果を用いた深層崩壊発生頻度推定方法の検討

和歌山県土砂災害啓発センター　○岸畑明宏・坂口隆紀・﨑山朋紀・榎原伴樹
国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター　木下篤彦・柴田俊
国土防災技術株式会社　小川内良人・横山修
北海道大学広域複合災害研究センター　田中健貴

1. はじめに

平成 23 年台風第 12 号での豪雨により，和歌山県の日置川水系，新宮川水系においては深層崩壊による被害が発生し，現在も熊野地区，三越地区で国土交通省による対策事業が行われている．両水系には，対策事業箇所と同じ古第三紀の付加体が分布しており，深層崩壊跡地が複数存在している [1]が，明治 22 年の水害以前の記録は少ない．近年の豪雨発生回数の増加に起因する土砂災害発生頻度増加が懸念されており，両水系における深層崩壊発生頻度を算定することは，深層崩壊発生リスクの評価や水系での砂防事業の計画策定を行う上で重要であり，明治 22 年以前の深層崩壊箇所においても放射性炭素年代測定を行うことで，文献調査が対象とする期間以前における深層崩壊発生年代を踏まえた深層崩壊発生頻度の評価を行う．

2. 調査対象地と年代測定箇所の設定と試料採取

2.1. 深層崩壊跡地の判読

対象範囲において航空レーザ測量データを用いて深層崩壊跡地の判読を行った．その際に，1889 年の明治十津川水害，2011 年の紀伊山地大水害の崩壊地については既往の崩壊跡地判読成果を用いた．また，新たにこれらの崩壊地を除外した上で対象範囲の地形判読を行い，その他の深層崩壊跡地を抽出した（図-1）．なお，判読基図には地形表現図（SL3DMap）を使用した．

2.2. 崩壊跡地の分類

既往文献 [2]から，斜面崩壊発生頻度が風化速度や土層成長速度の影響を受けることが示唆されており，本研究では滑落崖輪郭の明瞭さが崩壊跡地の風化・浸食・堆積作用の影響度に関連するものと想定し，崩壊跡地の滑落崖輪郭の明瞭さを判読結果である GIS データの属性（明瞭・不明瞭）として保存し，明瞭・不明瞭それぞれにおける崩壊年代推定を行った．

2.3. 放射性炭素年代測定対象箇所の設定と試料採取

放射性炭素年代測定の対象箇所には，年代測定用試料として炭化物，木片及び花粉のうちのいずれかが採取できる必要があり，試料が採取可能であることを示す崩壊跡地の状況としては，炭化物や木片では立木を含む崩壊土砂で，河道閉塞跡地の堆積物が，花粉については土壌中に含まれ，河道閉塞跡地の堆積物が望ましい．以上を考慮した上で，放射性炭素年代測定対象箇所を以下の 3 点から選定し，現地での試料採取を行った．

①崩壊土砂末端が開析され，露頭が確認できる．
②崩壊跡地の対岸に河道閉塞跡地が残っている．

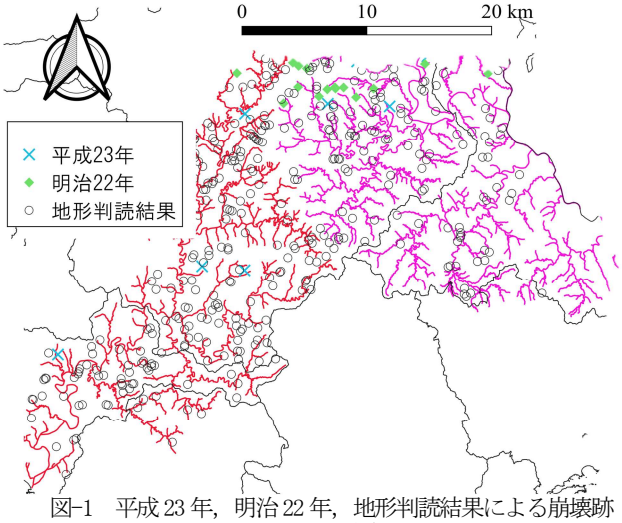


図-1　平成 23 年，明治 22 年，地形判読結果による崩壊跡地の分布

③崩壊跡地の上流側に，河道閉塞時に堆積したと考えられる土砂が確認できる．

3. 放射性炭素年代測定方法

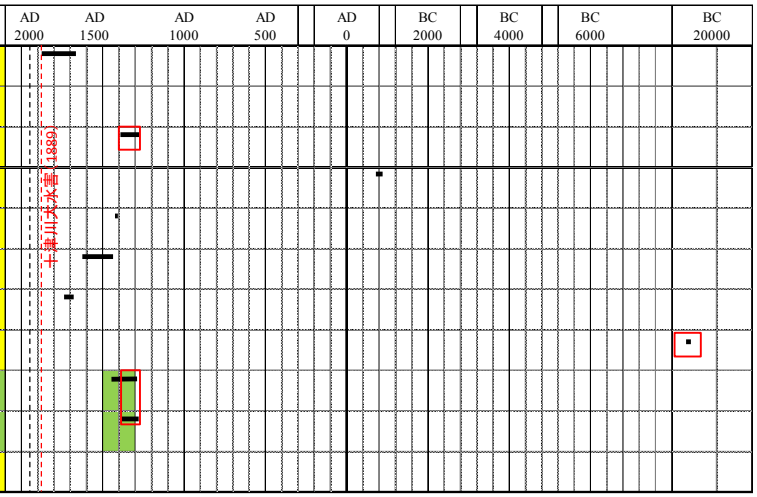
放射性炭素年代測定には AMS 法を採用し， IntCal13 データベース，OxCalv4.2 較正プログラムに基づく暦年較正年代を算定した [3),4)]．また，算定された暦年較正年代のうち 2σ 暦年代範囲の年代を参照し，その中で最古の年代と最新の年代の平均値を概略年代とし，これを崩壊発生の推定年代とした．なお，炭化物を漏れなく採取するために同一崩壊跡地で複数の試料を採取し，それぞれの概略年代を算定した場合には，近似した複数の測定年代がある範囲を対象とし，その上で，新しい方の年代を概略年代とした．

4. 放射性炭素年代測定結果

新宮川水系では，炭化物を採取できた 3 か所で放射性炭素年代測定を行った．そのうち 1 か所では，採取した炭化物が比較的近年に混入したものと判明した．その他 2 か所は滑落崖輪郭が明瞭な箇所で，AD 1,287 年～1,394 年，AD 1,670 年～1,888 年という分析結果であった．

一方，日置川流域においては，8 か所で放射性炭素年代測定を行い，そのうち 1 か所で採取した炭化物が近年に混入したものと判明した．また，滑落崖輪郭が明瞭な 6 か所では，BC 894 年～795 年，AD 1,416 年～1,449 年，AD 1,451 年～1,632 年，AD 1,680 年～1,763 年，AD 1,282 年～1,391 年，AD 1280 年～1389 年という分析結果で，滑落崖輪郭が不明瞭な 1 か所では，BC 23,612 年～23,176 年という分析結果であった（表-1）．これらを基に，各水系での滑落崖輪郭が明瞭・不明瞭な場合の崩壊概略年代を，表のとおり選定し，新

水系	場所	明瞭さ	暦年較正年代	概略年代
新宮川	和歌山県田辺市本宮三越	明瞭	AD 1670 － 1888	1779
	和歌山県田辺市本宮町静川	明瞭	Modern	
	和歌山県田辺市本宮町大瀬	明瞭	AD 1287 － 1394	1341
日置川	和歌山県田辺市平瀬	明瞭	BC 894 － 795	845
	和歌山県田辺市平瀬	明瞭	AD 1416 － 1449	1433
	和歌山県田辺市平瀬	明瞭	AD 1451 － 1632	1542
	和歌山県田辺市平瀬	明瞭	AD 1680 － 1763	1722
	和歌山県田辺市合川	不明瞭	BC 23612 － 23176	23394
	和歌山県西牟婁郡白浜町鹿野	明瞭	AD 1282 － 1391	1337
	和歌山県西牟婁郡白浜町鹿野	明瞭	AD 1280 － 1389	1335
	和歌山県西牟婁郡白浜町鹿野	明瞭	Modern	



1試料のみ　年代が重複する区間　採用した年代

表-1　新宮川，日置川水系における放射性炭素年代測定結果

宮川水系の滑落崖輪郭が明瞭な箇所については崩壊概略年代が AD 1,341 年，日置川水系の滑落崖輪郭が明瞭な箇所については，AD 1,335 年，不明瞭な箇所については，BC 23,394 年とした．また，新宮川水系の滑落崖輪郭が不明瞭な箇所については，放射性炭素年代測定結果が得られなかったものの，滑落崖輪郭が明瞭な箇所において両水系における崩壊概略年代が近接していたため，本研究では日置川水系と同じ BC 23,394 年を採用した．また，深層崩壊発生頻度は次式 1 に従って求めた．

$$F=Y/N \cdots (式1)$$

ただし，F は深層崩壊発生頻度（年/回）を，Y は頻度推定対象期間（年）を，N は対象期間における深層崩壊発生数（回）を示す．

また，各水系における 1 回あたりの深層崩壊発生面積を次式 2 に従って算定した（表-2）．

$$A=\sum Ai/N \cdots (式2)$$

ここで A は各水系での発生 1 回あたり　の深層崩壊発生面積（ha）を，∑Ai は頻度推定対象期間で発生した深層崩壊の面積総計（ha）を示す．

頻度推定対象期間 Y は，放射性炭素年代測定結果から最古の崩壊概略年代である滑落崖輪郭が不明瞭な箇所の BC 23,394 年から AD 2019 年現在とした．深層崩壊発生数 N 及び面積総計∑Ai は，平成 23 年，明治 22 年，地形判読結果に基づく深層崩壊発生箇所の抽出結果から別表の通り求めた．以上から，新宮川水系における深層崩壊発生頻度 F は 157 年，日置川水系においては 110 年と算定され，1 回あたり深層崩壊発生面積は新宮川水系で 3.2 ha，日置川水系で 3.7 ha と算定された．文献調査においては，深層崩壊に限定しなければ，AD 775 年から AD 2,011 年の間に 27 回の風水害による大災害が発生しており（表-3），これは 46 年に一回の頻度に値し，深層崩壊の発生頻度はこの 2～3 分の 1 程度と推定された．

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す．

・放射性炭素年代測定結果から滑落崖輪郭が明瞭・不明瞭な箇所における崩壊概略年代を推定した．

新宮川水系

発生年	深層崩壊面積（ha）	深層崩壊発生数（回）	備考
BC 23,394	274.2	73	地形判読箇所　滑落崖が不明瞭
AD 1,341	182.7	62	地形判読箇所　滑落崖が明瞭
AD 1,889	52.7	23	明治22年災害箇所
AD 2,011	13.2	4	平成23年災害箇所

○ 深層崩壊発生頻度 $F=(2,019 - -23,394) / (73+62+23+4)=157$ (回/年)
○ 1回あたり深層崩壊発生面積 $A=(274.2+182.7+52.7+13.2) / (73+62+23+4)=3.2$ (ha)

日置川水系

発生年	深層崩壊面積（ha）	深層崩壊発生数（回）	備考
BC 23,394	610.1	163	地形判読箇所　滑落崖が不明瞭
AD 1,335	210.6	63	地形判読箇所　滑落崖が明瞭
AD 1,889	6.3	3	明治22年災害箇所
AD 2,011	25.5	4	平成23年災害箇所

○ 深層崩壊発生頻度 $F=(2,019 - -23,394) / (163+63+3+4)=109$ (回/年)
○ 1回あたり深層崩壊発生面積 $A=(610.1+210.6+6.3+25.5) / (163+63+3+4)=3.7$ (ha)

表-2　新宮川，日置川水系における深層崩壊発生頻度の推定結果

・平成 23 年，明治 22 年の崩壊箇所と地形判読結果に基づく崩壊跡地の分布と崩壊概略年代から各水系の深層崩壊発生頻度と 1 回あたりの深層崩壊発生面積を求めた．

6. 今後の検討事項

両水系およびその周辺で今後実施される年代測定結果を用いて，今回の推定方法やその結果の精度向上を行いたい．

参考文献

1)小竹利明，木下篤彦，菅原寛明，田中健貴，小川内良人，横山修，藤原美波：放射性炭素年代測定を利用した紀伊山地における深層崩壊発生頻度の調査方法について，2019 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.189-190，2019．2)西山賢一，若月強：日本の山地斜面における豪雨に起因した斜面崩壊・土石流の発生頻度，応用地質，55，第 6，pp.325-333，2015．3) Bronk Ramsey, C. : Bayesian analysis of radiocarbon dates, Radiocarbon 51(1), pp.337-360, 2009．4) Reimer, P.J. et al. : IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP, Radiocarbon 55(4), pp. 1869-1887, 2013.