

森林と豪雨の長期的変化が土砂災害特性に与える影響についての予備的検討

○執印康裕(九州大学)・佐藤忠道(九州大学大学院)

1. はじめに

森林の多面的機能には経済資源としての機能（以下：経済機能）と土砂災害リスク低減機能（以下：減災機能）があることは広く一般に認識されている。両機能の両立を目指した森林管理を行うことが重要であることは言うまでもない。また森林の減災機能を活用した森林管理は、近年注目を集めているEco-DRR『生態系を基盤とした災害リスクの低減（Ecosystem-based Disaster Risk Reduction）』にも対応する（川越ら、2020）。その一方で豪雨を誘因とした土砂災害は毎年のように日本各地で発生しており、気候変動の観点からは、温暖化の進行による豪雨現象の規模・発生頻度の増大により今後さらに日本全域で土砂災害リスクが増大する蓋然性が高いことが指摘されている（Wu ら、2021）。

豪雨現象（誘因）を外力とし森林（素因）による減災機能を抵抗力として捉えと、土砂災害は外力が抵抗力を超えた時点以降で発生する。従って森林の機能をEco-DRRや気候変動への適応策として合理的に活用するためには、豪雨外力及び森林の変化に対応する抵抗力を定量的に評価した上で実社会に反映する必要がある。

この森林の抵抗力（減災機能）について、日本全域を対象に1960年中盤から2010年中盤の約50年の期間における森林蓄積と水害面積の対応関係から検討した事例（Sato & Shuin, 2023）を図-1に示す。本図より森林蓄積の増大とともに水害面積は減少する傾向にあるものの、森林蓄積が約150 m³/ha以上の範囲では水害面積は減少せずに定常状態となることが確認できる。つまり森林の減災機能は森林蓄積と共に増加し、その上限は約150 m³/haであること、言い換えれば先に述べた森林の減災機能と経済機能を両立させる森林管理上の均衡点は、日本全域でみれば森林蓄積ベースで約150 m³/haであることを示している。しかしながら

本図は豪雨外力との関係性について示すものではない。また長期的に変化する豪雨外力、森林そして土砂災害の地域性を踏まえると、本図の結果を地域が必要とする防災対策や森林管理に反映させる事は難しい。

以上を背景として、地域性を踏まえた豪雨と森林の長期変動が土砂災害特性に与える影響について単純な予備的検討を行ったので報告する。

2. 検討方針ならびに対象地と検討手法について

2-1. 検討方針

検討に当たり、地域の防災対策や森林管理への反映が比較的スムーズに行えるような実用的な手法をとる方針とした。ここで述べる『実用的』とは、今回対象とする地域での検討結果が、他の地域においても比較的容易に適用可能であることを意味する。この方針に基づき、森林の減災機能や地域で発生した土砂災害に対して、多くのパラメーターが要求される物理モデルあるいはプロセスモデルと称されるメカニズムの側面を重視する手法はとらずに、豪雨（誘因）⇒森林（素因）⇒土砂災害発生の応答関係を重視する手法を採用した。

2-2. 対象地と検討手法

【対象地】

対象地は伊豆大島の南西斜面領域である（図-2参照）。対象とした理由は①1958年の狩野川台風と2013年の台風26号による2回の大きく災害規模の異なる土砂災害（2013年：犠牲者数39名、1958年犠牲者数2名）が発生していること、②両災害の発生年を含む長期降雨データ（気象庁の大島アメダス）が利用可能なこと、③土砂災害を引き起こした土砂移動現象が森林の減災機能と密接に関連する表層崩壊であり、かつ崩壊発生時間帯がある程度まで特定されていること、④両災害年における55年間における森林の変化が大丸（2016）及び伊藤ら（2016）

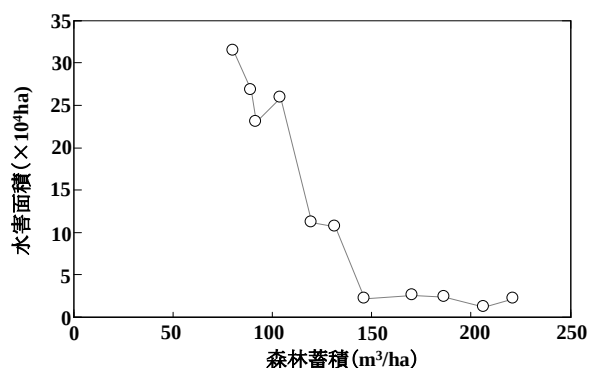


図-1: 日本全域を対象にした森林蓄積と水害面積の関係（原図：Sato & Shuin, 2022 を改変引用）

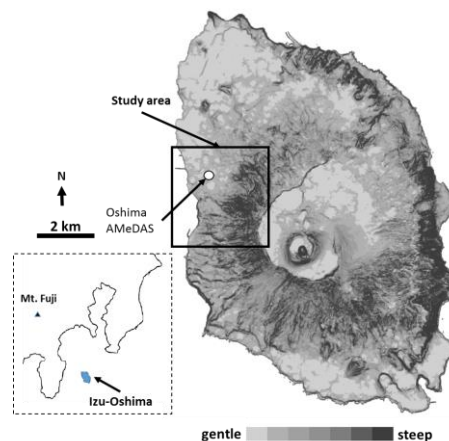


図-2: 対象地の概略位置および地形図

の調査結果から森林蓄積をベースとした推定がある程度まで可能であること(1958年と2013年の森林蓄積は1958年が約108 m³/ha、2013年が約183 m³/haであり55年間の間に2倍近く増加していると推定された)の4点による。

【検討手法】

検討にあたり、土砂災害警戒避難システムとして日本で広く適用されている指標の一つである土壌雨量指数の計算に使用される3段直列タンクモデルの一段目タンクの貯留量およびその確率年の値を使用している。モデルへの入力降雨は24時間無降雨を一区切りとして定義される降雨イベントであり、確率年は1950年～2020年の71年間の毎年最大貯留量に一般化極値分布を適用して算出した。

以上の算出結果をベースに1)豪雨の長期変動については、各年最大値のトレンドをマン・ケンドール検定により検討し、2)1958年と2013年の災害発生豪雨イベントについては、崩壊発生時間帯の貯留量が森林蓄積による抵抗力(減災機能)に対応するものとし、災害規模については豪雨期間の最大値と抵抗力の差をとることによって検討した。言い換えれば図-1で示した森林蓄積ベースで示される森林の減災機能を、一段目タンク貯留量を指標とする豪雨外力と対応させる手法を採用している。

3. 結果

【豪雨の長期変動】

1段目タンク貯留量の各年最大値の1950年から2020年までの71年間の年変動およびマン・ケンドール検定によるトレンドを図-3に示す。本図から災害発生年である2013年が一位、1958年が2位である事が確認され、これは1段目タンク貯留量を表層崩壊による土砂災害の指標として使用する妥当性を示唆する。トレンドについては上昇傾向にあるものの検定では5%水準で棄却される結果であった。ただし5年移動平均のトレンドは1%水準で有意な上昇傾向にあり温暖化の影響が顕在化していることを示唆する結果となった(図略)。

【災害発生時の豪雨イベントにおける貯留量変化】

図-4に2013年における結果を示す。本図は森林の2013年の減災機能は蓄積ベースで183m³/ha、対

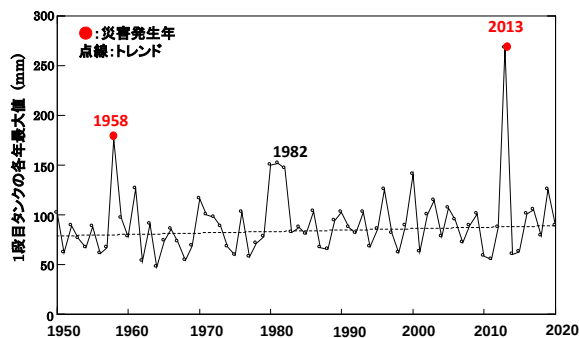


図-3: 豪雨の長期変動

応する貯留量が確率年50年、イベント最大値は358年であることを示している。表-1に1958年の災害豪雨イベントと比較した結果を示す。本表より1)森林の減災機能が55年間の間に増加していること、2)確率年の差は1958年が28年、2013年が308年であり、災害規模の違いに対応している事が分かる。以上の結果は森林蓄積と貯留量を紐づけて検討することの妥当性を示唆するものである。

4. まとめ

図-1に対応するものとして図-5に対象期間の全降雨イベントの貯留量区分による頻度分布を示す。これは日本全域の水害面積と森林蓄積の関係を地域で必要とされる防災対策や森林管理に反映させる事が可能であることを示唆するのかもしれない。

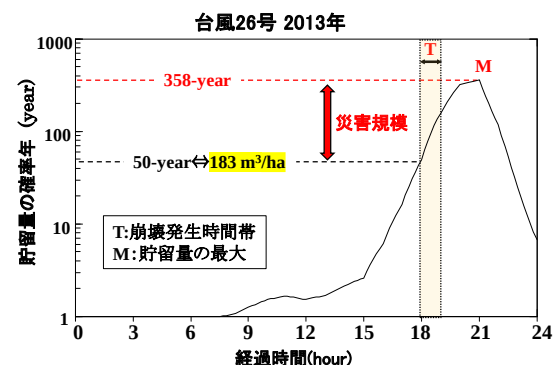


図-4: 貯留量変化 (10/15/8:00～10/16/8:00)

表-1: 災害時豪雨イベントの比較結果

災害発生年	最大値	崩壊発生時	
	確率年(貯留量)	確率年(貯留量)	森林蓄積
1958年	42年(176mm)	14年(140mm)	108 m ³ /ha
2013年	358年(268mm)	50年(182mm)	183 m ³ /ha

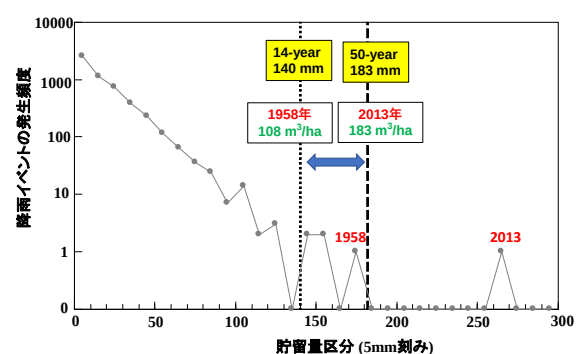


図-5: 貯留量区分による全降雨イベント(1950年～2020年: 総数 5278)の発生頻度分布

参考文献

- 大丸裕武 (2016) : 森林総合研究所報告, No.438, 49-57
 伊藤宏樹ら (2016) : 森林総合研究所報告, No.438, 21-30
 川越清樹ら (2020) : 土木学会論文集 G, Vol76(5), I_361-I_370
 Sato, T. & Shuin, Y. (2023) : J. Forest Res. Vol. 28(2), 106-110
 Wu Y. H. et al., (2021) : JSCE. Ser. B 1, Vol. 77(2), I_193-I_198