

気候変動が崩壊の規模に及ぼす影響度評価

信州大学農学部 ○越替 大貴  
 信州大学学術研究院農学系 平松 晋也

1. はじめに

気候変動の影響により、我が国の降雨量は 21 世紀末には 1.1~1.5 倍程度増加することが予測されており、土砂災害の増加も懸念されている。この事に加え、「降雨量の増加によって樹木根系の存在が崩壊の規模を拡大する場合も生じる」という事実も指摘されるようになってきた。本研究は、気候変動にともなう降雨量の変化と森林の存在が表層崩壊の発生やその規模に及ぼす影響を定量的に評価することを目的として実施したものである。

2. 研究対象地

研究対象地は、気候変動により降雨量の顕著な増加が見込まれる北海道厚真川支川東和川流域内に設定した。対象地周辺の優占樹種はカラマツである。また、胆振東部地震により崩壊が多発した同地域の年間総降水量は 1006.4mm/year と、国内平均の 60%程度であり、非多雨地域として位置づけられる。

3. 研究対象地の土層構造と土質特性

土壌物理定数は、研究対象地から北西約 4km に位置する幌内地区の値を採用した(稲垣・平松, 2021)。当該地点における土層区分と Nc 値, 飽和透水係数の深度分布を示す図-1 より、崩壊時のすべり面は 190cm~200cm 深度の Ta-d 粘土層内に位置するものと推察される。また、土層の大半が火山噴出物由来の軽石から成る透水性の高い土壌であることも注目すべき点である。

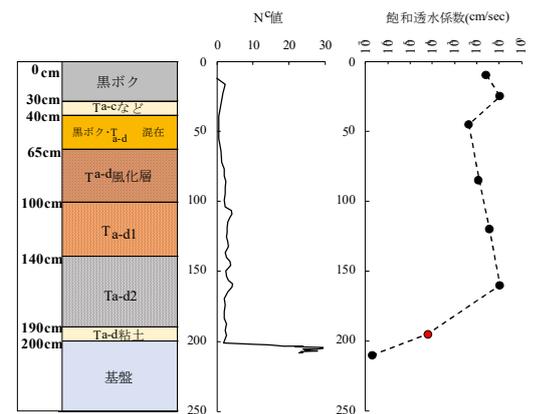


図-1 土層構造と土壌物理定数の深度分布

4. 二次元簡易雨水浸透モデルの構築

土層内部での基本的な雨水の浸透過程を損なわない範囲内で計算時間の短縮化を図るため、既往研究(尾藤・平松, 2001)により提示された「簡易雨水浸透モデル」に斜面長方向の雨水の移動が可能となるように改良を加えた「二次元簡易雨水浸透モデル」を構築した(図-2)。既往の「簡易雨水浸透モデル」では、各深度に設定した飽和透水係数:  $k_s$  とその上位層からの供給水量:  $Q_m$  を比較し、 $k_s < Q_m$  のとき  $(Q_m - k_s)$  分が土層内に貯留され地下水深が形成されることとなる。これに対して、本研究で新たに構築した「二次元簡易雨水浸透モデル」では、「簡易雨水浸透モデル」により形成された地下水深に加えて、(1)式で示す斜面長方向へと流下する飽和側方流:  $S$  を加味することで二次元的な雨水浸透の挙動を再現することが可能となる。

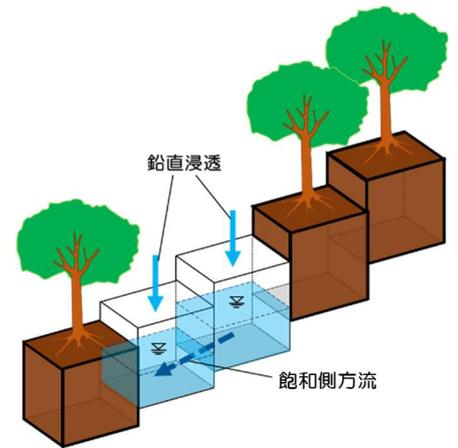


図-2 二次元簡易雨水浸透モデルの概要

$$S = k_s \cdot I \cdot \sum H \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $S$ :飽和側方流フラックス( $m^3/hr$ ),  $k_s$ :飽和透水係数( $m/hr$ ),  $I$ :基岩勾配,  $\sum H$ :基岩面上に形成された地下水深( $m$ )である。

5. 気候変動が崩壊の規模に及ぼす影響

1981 年 8 月 3 日~6 日に厚真町で観測された実績降雨を基に作成した図-4 に示す降雨波形(総降雨量 268mm, 最大時間雨量 20mm)を入力条件として、「二次元簡易雨水浸透モデル」による浸透流解析を実施した。解析対象範囲は、図-5 に示す高さ 20.8m, 水平距離 41.7m 区間であり、対象斜面を水平距離 3m 毎に 12 分割し

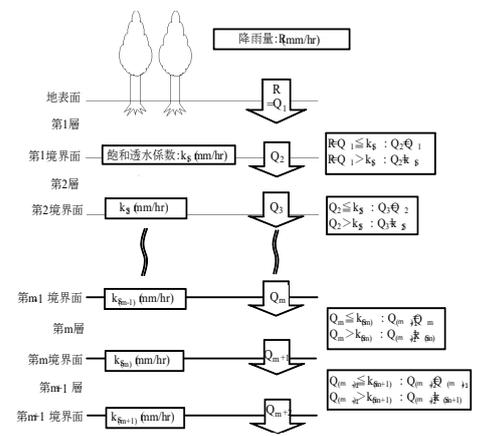


図-3 簡易雨水浸透モデルの概念

た。さらに、気候変動にともなう降雨量増加の影響を評価するため、地球温暖化対策に最大限取り組んだ場合訪れる 21 世紀末の予測シナリオである RCP2.6 と地球温暖化対策を全く実施しない場合のシナリオである RCP8.5 を想定し、図-4 に示す降雨波形に対して降雨量変化係数としてそれぞれ 1.22(RCP2.6)と 1.52(RCP8.5)を乗じた降雨波形を採用した。

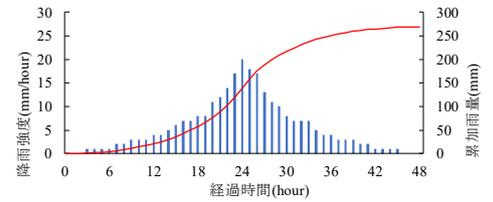


図-4 入力降雨

解析の結果、図-5 に示す各地点（ブロック）での最大地下水深は、現況降雨の場合(1.00 倍)に対して RCP2.6 では 17~29%(平均 19%), RCP8.5 では 41~58%(平均 46%)も上昇するといった興味深い結果が得られた。

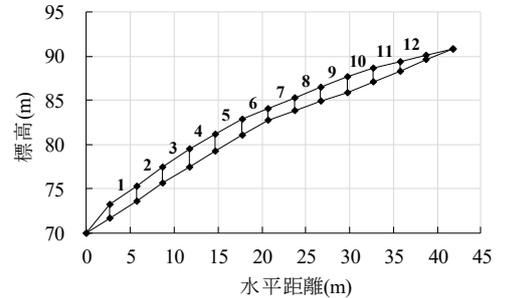


図-5 解析対象断面

また、「二次元簡易雨水浸透モデル」によって得られた地下水深を用いて、個々の分割ブロックに対して斜面安定解析を実施した。その結果、図-6 に示すように、最小安全率は現況降雨で 1.10~2.51, RCP2.6 降雨で 1.05~2.46 となり、RCP8.5 降雨では 0.97~2.40(No.1, 2 で安全率 1 未満)となり、気候変動による影響を加味することで崩壊の発生やその拡大がみられるといった注目すべき結果が得られた。

### 6. 樹木根系が崩壊の規模に及ぼす影響

山腹斜面には多くの樹木が生育しており、樹木根系による影響を斜面安定解析に考慮する必要がある。このため、既往研究(桑澤, 2016)により提示された「ブロック連結モデル」を用いて斜面安定解析を実施した。本モデルは個々のブロック毎に安定性を評価するのではなく、根系の緊縛力によって斜面上流側に位置するブロックとの連結の可否を判定し、ブロックが連結した場合には連結したブロック全体の安定性を評価する解析手法である。なお、カラマツ根系の緊縛力としては根系調査を実施した 2 地点の根系分布から算出した根系の引張強度の推定値の平均 15.87kN/m を用いた。個々のブロックの最小安全率と最大地下水深を図-6 に、ブロック連結モデルを用いた斜面安定解析により得られた安全率の経時変化を図-7 に示す。

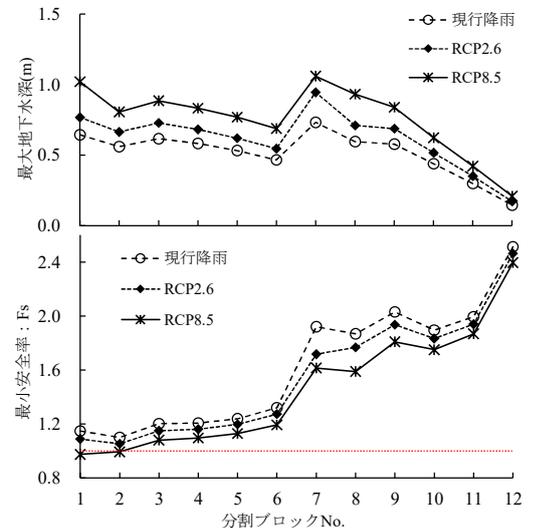


図-6 最大地下水深と最小安全率

図-7 に示すように、降雨の継続とともに斜面最下流部に位置する No.1 と No.2 ブロックの安全率が低下していき、解析開始から 27 時間 35 分後に当該 2 ブロック(計 6m)の安全率が同時に 1 を下回った。安全率が 1 を下回った瞬間、最下流の No.1 ブロックから最上流の No.12 ブロックまでが根系の緊縛力により連結することとなり、連結したブロック全体の安全率が 1 を上回るようになる。その後、降り続く降雨によって地下水深が増加するとともに、ブロックの土塊重量が増加するようになり、解析開始から 28 時間 5 分後に No.1~No.4 ブロックと No.5 ブロックとの間で根系の連結が切断され、斜面最下流部に位置する No.1~No.4 ブロックまでの計 4 ブロック(計 12m 区間)が崩壊する結果となった。

### 7. おわりに

「気候変動による降雨量増加」と「気候変動に伴い顕在化するようになった樹木根系の緊縛力によるマイナス面の効果」が崩壊規模に及ぼす影響を定量的に評価することを目的として、両条件をそれぞれ加味した浸透流解析と斜面安定解析を実施した。その結果、崩壊規模に対する影響はいずれも有意に出現することが明らかになった。今後は、樹木根系が崩壊規模に及ぼす影響をより詳細に把握するため、鉛直根の杭効果や樹木重量なども考慮に入れた評価手法の開発へと研究を展開していく予定である。また、気候変動による降雨量増加の影響が地域によって異なるため、北海道以外の他地域においても、その影響を評価することが必要となる。

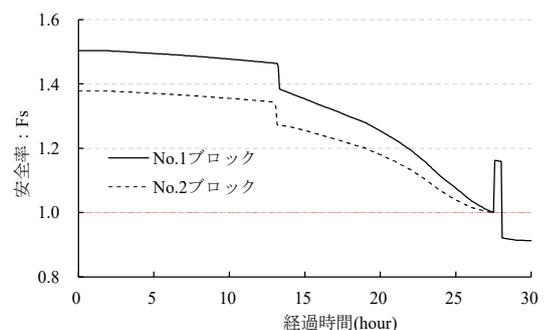


図-7 連結したブロックの安全率の経時変化