

### 凍結融解による風化基岩の土砂化と地形・地質特性の関係

京都大学大学院工学研究科 学生会員 ○泉山 寛明  
 京都大学防災研究所 正会員 堤 大三  
 京都大学防災研究所 正会員 藤田 正治

#### 1. 研究背景と目的

わが国では気温が 0℃付近で変動する地域が多いことから、凍結融解による風化基岩の土砂化が多くみられると考えられる。生産された土砂量を精度良く推定することは河川環境の創出や土砂災害の危険性を検討する上で重要である。

本研究は主に山間部での凍結融解現象を対象としている。気温が標高に依存し、日射量は斜面の向きに依存していることから、凍結融解の程度は、これら地形条件に依存すると考えられる。そこで、堤ら<sup>1)</sup>の開発した一般的な気象データ（気温、日射量、風速）を入力データとする地中温度推定モデルを用いて地形条件と凍結融解現象の程度との関係を調べた。また、土砂化プロセスは地質に依存すると考えられることから、数種類の風化基岩サンプルを用いて凍結融解実験を行い、その違いを検討した。

#### 2. 標高と凍結融解特性の関係

堤らの開発した地中温度推定モデルを用いて標高の違いが凍結融解の程度に与える影響を考察した<sup>1)</sup>。

計算期間は2008年7月から2009年7月とし、都道府県全体を対象にして計算を行った。気象データは県全体を代表するような気象観測地点を1箇所選定し、その地点での観測値を用いるが、このとき県全体の月平均気温の変化傾向に最も近い月平均気温の変化傾向を示す地点を選定した。そして得られた気温データをさらに標高補正したものを用いた。なお、積雪は考慮せずに計算を行った。

図-1は計算結果の一例として勾配45度、北向き斜面を仮定して地中温度計算を行った結果得られた、標高2000mおよび1500m地点での凍結融解強度指数の差 ( $I_{2000} - I_{1500}$ ) および土砂生産量の差 ( $S_{2000} - S_{1500}$ ) を表す。最高地点の標高が1500mを下回る県は除外している。凍結融解強度指数は凍結融解回数を深度方向に足し合わせたものとして定義され<sup>1)</sup>、土砂生産量と最も相関がある指数と考えられる。また図に示す土砂生産量は、凍結融解を10回以上経験した深さまでが土砂化するとし、土の間隙率を0.48、密度を2650kg/m<sup>3</sup>と仮定して算出したものである。凍結融解回数が10回と仮定したのは滋賀県田上山地の裸地斜面での土砂生産量の検討結果を参考にしており、間隙率の値は裸地斜面上に堆積していた土砂の測定値である。また凍結融解回数は風化基岩の温度が-1℃以下であれば凍結し、上回れば融解するとしてとカウントした。

図-1より、標高が高くなるときの凍結融解強度指数と土砂生産量の変化傾向は全体的に一致しているもの

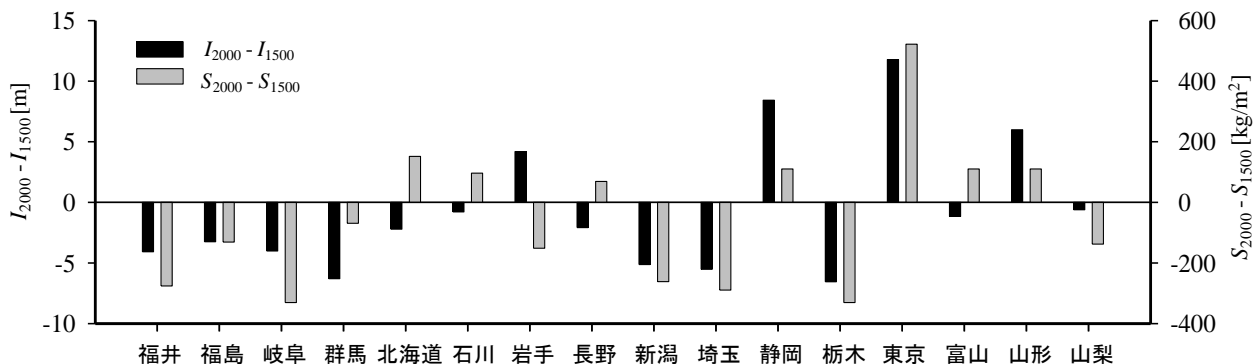


図-1 標高 2000m と 1500m 地点での凍結融解強度指数の差 ( $I_{2000} - I_{1500}$ ) と土砂生産量の差 ( $S_{2000} - S_{1500}$ )。土砂生産量は凍結融解回数が10回以上となる深さを土砂化深さとして算出

キーワード 凍結融解 風化基岩 土砂生産 地形 地質

連絡先 〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖東ノロ 宇治川オープンラボラトリー TEL075-611-5264

の、凍結融解強度指数は増加しても土砂生産量は少なくなる場合や、凍結融解強度指数は減少しても土砂生産量は多くなる場合が見られる。凍結融解強度指数と土砂生産量がともに増加するのは、標高が高くなって気温が低下した結果、凍結融解の機会が多くなったためであり、どちらも減少するのは、地中温度が $-1^{\circ}\text{C}$ 以下となるものの、 $-1^{\circ}\text{C}$ 以上となる回数が減ることで、凍結融解回数が減少したためである。また、凍結融解強度指数が増加するものの土砂生産量が少なくなるのは、地中深くにおいて凍結融解が発生するようになる一方で 10 回以上凍結融解を経験する深さは浅くなるためであり、凍結融解強度指数が減少するものの土砂生産量が多くなるのは、地表面付近での凍結融解回数が少なくなるが、10 回以上凍結融解を経験する深さは大きくなるためである。

図-2 は岐阜県の気象データを用いて計算して得られた、標高と凍結融解強度指数および土砂生産量の関係である。図をみると、標高 1500m 地点で凍結融解強度指数および土砂生産量がピークとなっていることが分かる。以上より、標高が高くなって気温が低くなれば単純に凍結融解の程度が大きくなるわけではなく、気温が  $0^{\circ}\text{C}$  を跨ぐ回数や  $0^{\circ}\text{C}$  付近での変動の程度が影響して複雑な変化傾向を示すと考えられる。

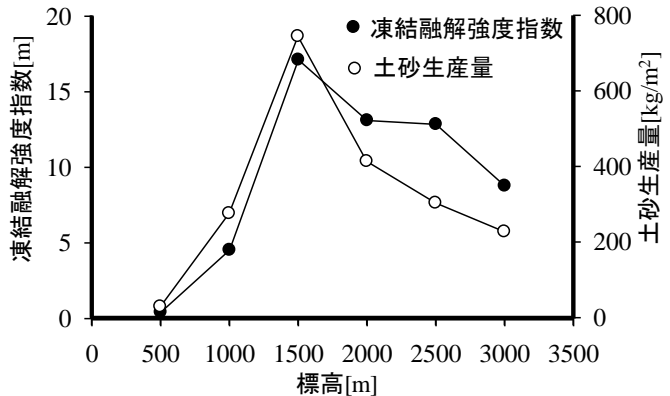


図-2 標高と凍結融解強度指数および土砂生産量の関係 (岐阜県)

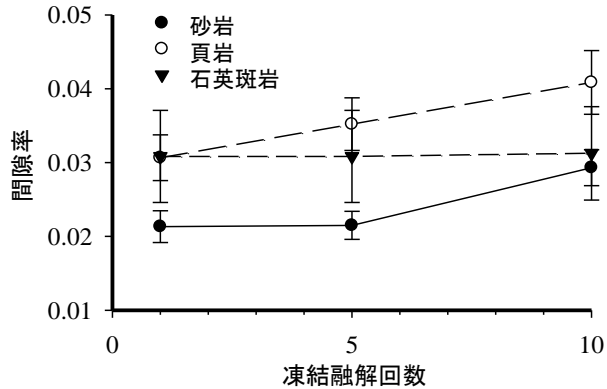


図-3 凍結融解回数と間隙率の関係

3. 基岩の種類と破壊形態の関係

10 回以上凍結融解を経験した風化基岩は土砂化するとの仮定は、あくまで田上山地の風化花崗岩での場合に経験的に得られたものであり、地質が違えば必然的に異なる。そこで、石英斑岩、砂岩と頁岩を用いて凍結融解実験を行い、破壊プロセスを調べた。これらはいずれも裸地斜面の下部で堆積していたものであり、長径が数 cm~20cm 程度の岩塊である。実験はまず供試体を 24 時間以上、水の中で飽和させた後、冷凍庫 ( $-15^{\circ}\text{C}$ ) に入れて 8 時間以上凍結、そして 8 時間以上融解するという手順で行い、これを 10 回繰り返し行った。同時に、実験前、凍結融解 5 回経験後、10 回経験後の 3 段階で間隙率測定を行った。

図-3 は凍結融解回数と供試体の間隙率変化を表す。これより間隙率はいずれの供試体も 0.1 以下と小さく、かつ凍結融解による間隙率の増加はほとんどみられない。よって、実験に用いた岩塊はこれ以上、凍結融解によつては土砂化しないと考えられる。これは、これらが既に凍結融解によって裸地から剥離したものであったことから、既に生産土砂の一部であったと考えられる。つまり風化花崗岩のように小さな土粒子に分解するのではなく、母岩に亀裂があり、亀裂の部分から岩塊が剥離するという別の破壊プロセスが考えられる。

4. 結論と今後の予定

本研究により、標高が上がれば単純に凍結融解の程度が大きくなるわけではなく、また地質により風化基岩の破壊形態に違いがあることが分かった。今後は地中温度を推定する際に積雪を考慮し、また土砂化プロセスの地質による違いを詳細に検討していく予定である。

参考文献

1)堤大三ら, 藤田正治, 泉山寛明: 気温上昇による土砂生産に対する凍結融解の影響変化予測, 水工学論文集, 53, pp.649-654, 2009.