

火山噴火時の浸透能と土石流発生の急迫性に関する一考察

(一財)砂防・地すべり技術センター ○池田暁彦 藤沢康弘 福池孝記

1. 緒 論

火山噴火に伴う降灰や山火事によって地表面の浸透能が低下して表面流が発生しやすくなり、結果として小規模な降雨でも土石流が発生することが知られている¹⁾²⁾。火山噴火時の地表面の浸透能は、現地における浸透能試験³⁾⁴⁾や、現地で採取した火山灰を用いた室内試験⁵⁾により、地表面が火山灰に被覆されると低下することや、噴火が終息すると回復傾向にあることが確認されている⁵⁾⁶⁾。また、浸透能は火山灰の層厚・粒径・細粒物質の含有量が大きいほど、空隙率が小さいほど低下する傾向がみられる⁷⁾。火山噴火時における土砂災害防止法に基づく緊急調査（以下、「緊急調査」という）は、火山噴火後に発生する土石流による被害が生じるおそれのある区域と時期を想定・通知するために実施される。緊急調査では、こうした浸透能に関する多面的な研究に基づき、土石流発生の急迫性を判断するための一指標として、降灰厚・量とともに浸透能調査を実施することとなっている¹⁰⁾。本研究は、過去の火山噴火時に調査された浸透能に関する既往研究成果に基づき、火山噴火前後の浸透能の違い、噴火後の浸透能の変化、特に一旦低下した浸透能が回復する実態等を整理し、土石流発生の急迫性を判断するための一指標としての浸透能の考え方や、緊急調査における浸透能調査のポイント、実施タイミングについて考察したものである。

2. 過去の火山噴火時における浸透能

本研究では、緊急調査の目的が火山噴火後の土石流発生の急迫性を判断するための情報を得ることであることを踏まえ、1) 現地で同一手法により浸透能調査を実施している、2) 火山噴火前後の浸透能の変化を調査している研究成果 を対象に、火山噴火前後の浸透能やその変化について整理した（図-1）。

(1) 浸透能調査の実施状況

現地においては、散水式浸透能試験³⁾が用いられることが多い。本手法を用いて雲仙岳：1990年～1995年噴火⁵⁾⁶⁾、新燃岳：2011年噴火⁹⁾¹¹⁾、桜島³⁾の山麓部（中流域）において浸透能調査が実施されている。また、三宅島：2000年噴火時では円筒を用いた浸透能試験が実施されている⁴⁾。噴火前の浸透能は、雲仙岳では火山灰を剥ぎ取った元の土壌表面⁵⁾、桜島では1914年（大正3年）噴火前の地表面（火山灰と土壌）¹²⁾を対象に調査されている。降灰範囲等に応じて複数地点で浸透能調査が実施されている火山もあるが、本研究では火山噴火前後の浸透能とその変化を把握するため、調査場所に係わらず、調査時期に着目して浸透能を整理した。なお、参考までに、アメリカ太平洋岸北西部およびロッキー山脈地域において山火事が発生した森林と発生していない森林における浸透能²⁾についても整理した。

(2) 火山噴火時の浸透能とその変化

噴火前の浸透能調査の事例は少ないものの、火山噴火時の浸透能とその変化について、以下のようなことが確認できた。

- ・ どの火山においても、噴火前に比べて噴火中や噴火後の浸透能が相対的に小さく、噴火によって浸透能が低下していると考えられる。
- ・ 新燃岳では、噴火後2-7ヶ月より噴火後9ヶ月の浸透能が大きく、時間の経過に伴って浸透能が回復傾向にあると考えられる。
- ・ 雲仙岳では、噴火によって著しく浸透能が低下した後、噴火後1-2年、5年、7-8年と時間の経過に伴って徐々に浸透能が大きくなり、噴火前の浸透能に回復しつつあると考えられる。
- ・ 桜島では、1914年（大正3年）噴火前は土壌に比べて火山灰の浸透能が小さい。噴火中（現在）では広葉樹林に比べてクロマツ林の浸透能が大きい。
- ・ アメリカ太平洋岸北西部およびロッキー山脈地域では、山火事が発生していない森林より山火事が発生した森林の浸透能の方が小さい。

3. 浸透能の変化と土石流発生の急迫性

に関する一考察

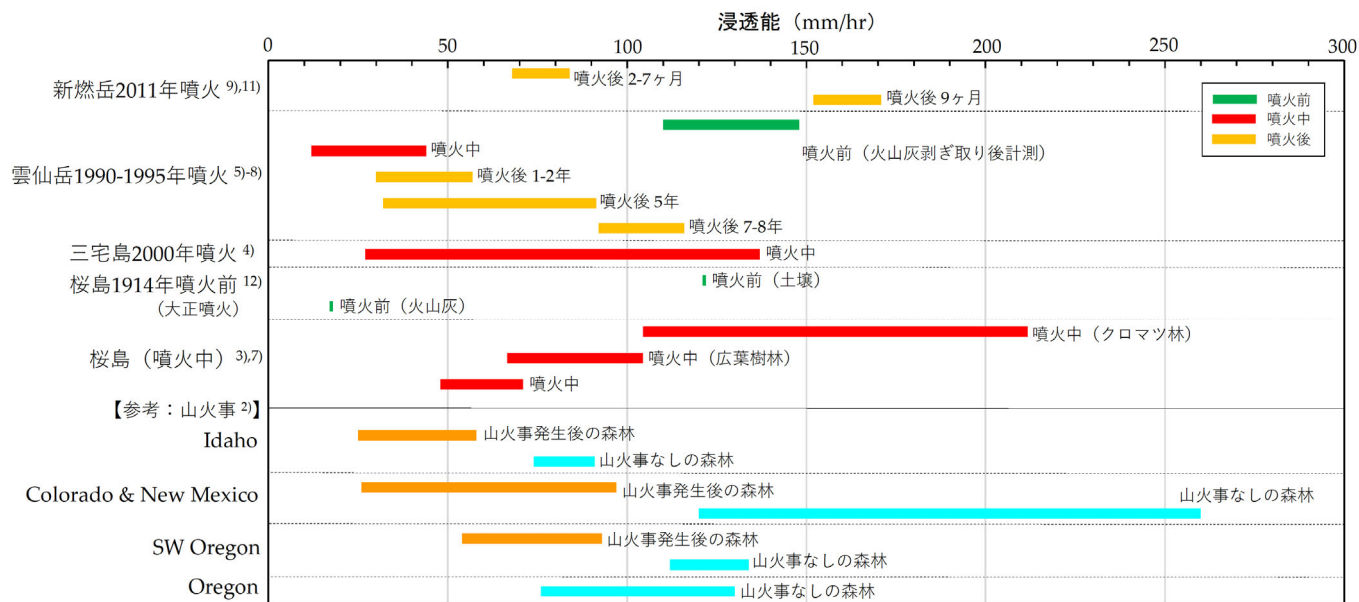
浸透能調査は、「土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き 実務マニュアル（噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流対策編）」（以下、「実務マニュアル」という）¹⁰⁾の「VI. 土石流の急迫性判断のための調査（参考）」に基づき、「浸透能の低下」の有無や、経時的な「浸透能の回復」等、斜面の浸透能の相対的な変化を把握する」ために実施する。以下に、土石流発生の急迫性を判断するための浸透能調査の考え方について示す。

(1) 土石流発生の急迫性を判断するための一指標

としての浸透能の考え方

火山噴火後に発生する土石流の発生条件には、浸透能の他に地形条件（流域面積、河床勾配等）、火山灰の量・厚さ・粒径・物性値、雨量（強度・総量）、流量（表面流を含む）、斜面の侵食状況、溪流堆積土砂量・堆積形状など様々な要素があり、その時間変化も関係する。また、雲仙岳や新燃岳では、噴火が終息すると土石流の発生頻度は減少しており⁸⁾、浸透能の回復傾向と調和的ではあるが、その関係は明らかになっていない。これらのことから、土石流発生の急迫性を判断するための一指標としての浸透能の扱いは以下のように考えられる。

- ・ 浸透能とその変化は、土石流発生の急迫性を判断するための「目安」となる。
- ・ 特に、浸透能が増加して噴火前の浸透能に回復しつつある場合は、相対的に土石流発生の急迫性は低下している目安となるものと考えられる。



4)：円筒を用いた浸透能試験，それ以外は散水型浸透能試験，2)は不明

図-1 火山噴火前後の浸透能とその変化

- ・ 土石流発生の急迫性を判断するためには，浸透能とその変化に加えて，雨量，流量，侵食・堆積土砂量等の他の土石流の発生条件や，土砂流出状況とともに総合的に検討する必要がある。

(2) 浸透能調査のポイントと実施タイミング

本研究での整理結果を受け，以下に浸透能調査のポイントや実施タイミング等の考え方について示す。

- ・ 浸透能調査は，浸透能の変化を把握することが目的であるため，同一地点・手法を用いて，可能な限り噴火前の浸透能を調査した上で，噴火中や噴火後の浸透能調査を実施し，その相対比較を行う。
- ・ 噴火前に浸透能調査が実施されていない場合は，火山噴火時において，同一地点の火山灰を剥ぎ取った元の土壌表面で調査を実施する。ただし，火山灰の層厚に応じて調査の可否を判断する必要がある。
- ・ 浸透能調査の実施タイミングは，噴火中は浸透能の低下は明らかなことから，浸透能が回復傾向にある「噴火終息期」や「噴火後」に実施することが望ましい。なお，火山噴火活動が継続している火山において浸透能の低下を確認する場合は，「噴火静穏期」に安全な場所で実施することが望ましい。

4. おわりに

本研究では，緊急調査により火山噴火後に発生する土石流による被害が生じるおそれのある区域と時期を想定・通知するために，土石流発生の急迫性を判断するための一指標としての浸透能の考え方について考察した。

火山噴火に伴う降灰によって浸透能が低下することは既往研究成果により明らかとなったものの，現状では，土石流による被害が生じるおそれのある区域と時期を想定するための数値解析，雨量基準設定に際しては，浸透能は直接的に反映されていない。また，浸透能の低下によって小規模の降雨でも火山灰を含んだ流れ（出水）が発生して土石流と呼ばれるが，被害が生じるおそれの

ある区域を設定するためには，土石流発生の急迫性（土石流の発生・非発生）のみでなく，下流域で被害が生じる規模（流量）であるかどうかを判断する必要がある。これが，火山噴火時以外に発生する土石流とは異なる点である。このため，今後は i) 噴火前の雨量・流量の観測とデータ蓄積，ii) 出水が発生する降雨条件と流量特性（ピーク流量，総流量，ハイドログラフ等）の分析，iii) 下流域で被害が生じる雨量・流量の分析，iv) 得られたデータに基づく降雨流出解析による初期損失・流出率（総雨量に対して）・ピーク流出係数（降雨強度に対して）の把握，v) 噴火後の雨量・流量の観測と噴火前のデータとの比較とともに，噴火前後の浸透能とその変化を併せて，土石流発生の急迫性や土石流による被害が生じるおそれのある区域と時期を検討することが考えられる。

参考文献

- 1) 池谷ら：砂防学会誌（新砂防），48(2)，p.22-26，1995.
- 2) Steven M. Wondzell and John G. King：Forest Ecology and Management，178，p.75-87，2003.
- 3) 下川ら：砂防学会誌（新砂防），39(6)，p.11-17，1987.
- 4) 山越ら：砂防学会誌，55(2)，p.36-42，2002.
- 5) 下川ら：雲仙火山砂防研究報告 第1号，p.47-53，1994.
- 6) 地頭蘭ら：砂防学会誌，49(3)，p.33-36，1996.
- 7) 寺本ら：鹿児島大学農学部演習林研究報告，31，p.1-5，2004.
- 8) 寺本：鹿児島大学農学部演習林研究報告，33，p.73-120，2005.
- 9) 厚井ら：砂防学会誌，65(6)，p.37-45，2013.
- 10) 国土交通省砂防部砂防計画課ほか：土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き 実務マニュアル（噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流対策編），pp.56，2019.
- 11) 清水ら：砂防学会誌，64(3)，p.46-56，2011.
- 12) 金井：桜島火山の大正3年に於ける噴火状況並噴出物に関する調査，鹿児島高等農林学校，pp.204，1920.