

降雨特性による土砂災害発生要因の解析 -沙流川流域の事例-

Analysis of Cause of Sediment Disaster Based on the Rainfall Characteristics
-Case Study of the Saru River Basin-

室蘭工業大学 ○学生員 芳賀 一斗 (Kazuto Haga)
室蘭工業大学 正 員 中津川 誠 (Makoto Nakatsugawa)
(独) 寒地土木研究所 正 員 山下 彰司 (Shoji Yamashita)

1. はじめに

近年、台風や集中豪雨の発生が増加しており、2003年8月の豪雨は、北海道太平洋沿岸に大きな被害をもたらした。とくに、図-1に示される北海道日高地方の沙流川流域では豪雨による被害が多く5,000箇所を超える斜面崩壊が発生した¹⁾。

本研究では、日高地方で発生した2003年8月の豪雨の事例と、2006年8月に発生した同規模の豪雨の事例に基づき、土砂災害の発生に降雨がどのように関係するかを解析した。

2. 降雨特性

図-2に、地上雨量計データ²⁾による二風谷ダム流域平均雨量の年間最大日雨量の経年変化を示す。なお、流域平均雨量はティーセン法で求めている。これより、2003年と、2006年に200mmを超える大雨があったことがわかる。この二つの年、2003年8月の豪雨と、2006年8月生起した豪雨についての概要と降雨特性について示す。

2.1 2003年8月の豪雨について

2003年8月7日～10日にかけて、停滞前線と台風10号の影響により北海道全域に大雨がもたらされた。とくに、沙流川流域では8日～10日にかけての3日間の総雨量が300mmを超えるところも多く、最大時間雨量は、最も多かった地点では76mmに達し、既往最大の規模であった。この大雨による崩壊地の写真と、リモセンデータ¹⁾(IKONOS、空中写真)から判読した大雨前後の崩壊地の変化を写真-1、図-3に示す。これより、大雨後に斜面崩壊が判読された箇所数は4776箇所であり、崩壊面積にして5.884km²であったことが推測される。これは前年に調査した崩壊面積(1.64km²)の約3倍であり、この大雨で急増したことがわかる¹⁾。つぎに図-4に、2003年8月8日～10日で雨量がとくに多かった額平川流域・宿主別地点の降雨量の推移を示す。観測所の位置は図-1に示してある。この時の大雨が、多くの崩壊地を発生させたと考えられる。

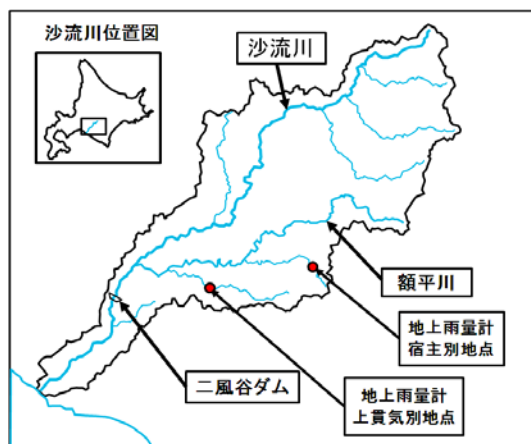


図-1 沙流川流域図

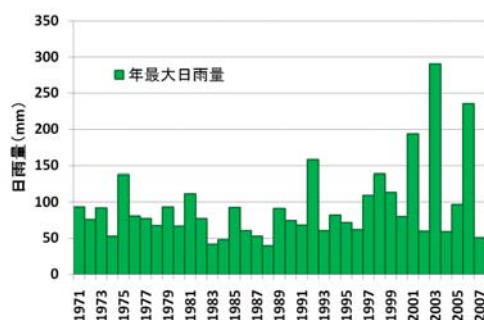


図-2 年最大日雨量の経年推移
(二風谷ダム流域平均)



写真-1 2003年の豪雨による崩壊地¹⁾

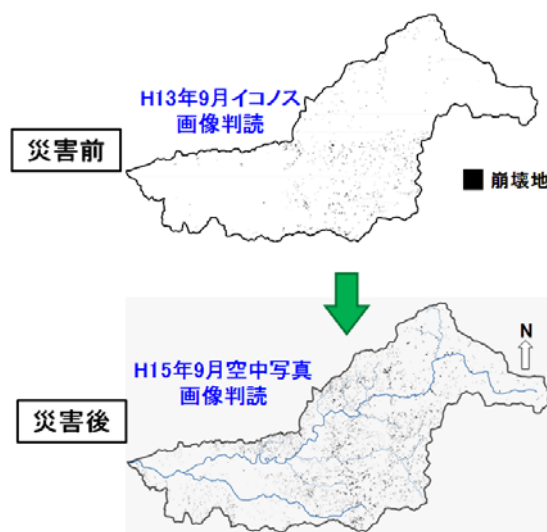


図-3 額平川流域のH15豪雨前後の
崩壊地判読結果¹⁾

また、レーダーアメダス雨量の2003年8月8日0時00分～8月10日24時00分の間の最大時間雨量と総雨量のコンター図を図-5、および図-6に示す。これより、最大時間雨量では沙流川支川・額平川流域に集中して、最大で80mm/h以上の降雨強度があったことがわかる。また、総雨量も最大時間雨量と同様に沙流川支川・額平川流域で大きく、最大で516mmとなっていた。

2.2 2006年8月の豪雨の概要について

2006年8月18日～19日にかけて、停滞前線の影響により北海道全域に大雨がもたらされた。沙流川流域では24時間雨量が300mmを超える地点が多く、2003年8月の豪雨と同規模であった。流域内でとくに雨量が多かった額平川流域・上貫気別地点（図-1参照）の降雨量の推移を図-7に示す。この降雨は18日未明と、18日深夜から19日未明にかけての2波に分かれて降ったことがわかる。また、レーダーアメダス雨量の2006年8月18日0時00分～8月20日24時00分の間の最大時間雨量と総雨量のコンター図を図-8および図-9に示す。

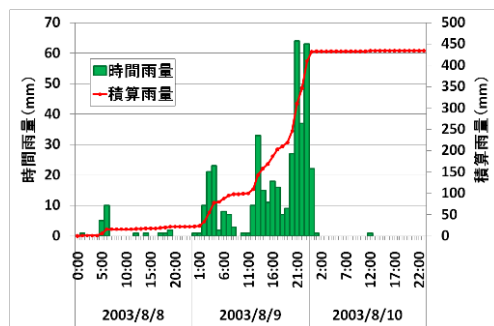


図-4 額平川流域・宿主別地点の降雨量
(2003年8月8日～8月10日)

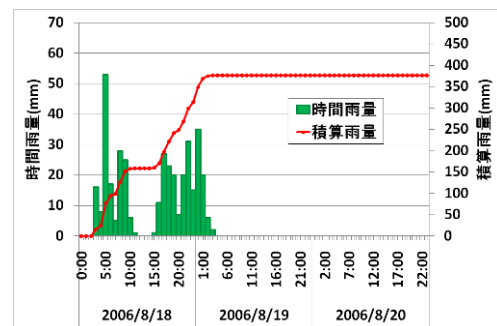


図-7 額平川流域・上貫気別地点の降雨量
(2006年8月18日～8月20日)

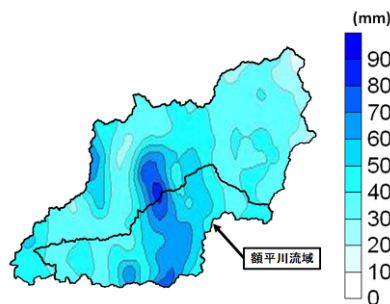


図-5 レーダーアメダス最大時間雨量コンター図
期間 (2003/08/08/0:00～08/10/24:00)

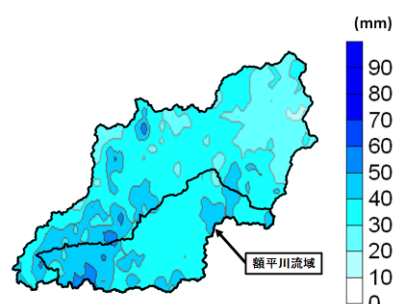


図-8 レーダーアメダス最大時間雨量コンター図
期間 (2006/08/18/0:00～08/20/24:00)

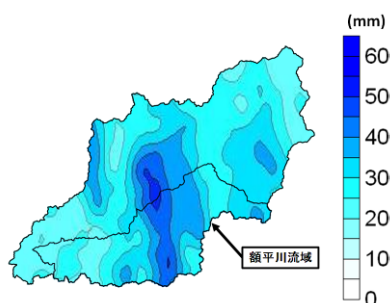


図-6 レーダーアメダス総雨量コンター図
期間 (2003/08/08/0:00～08/10/24:00)

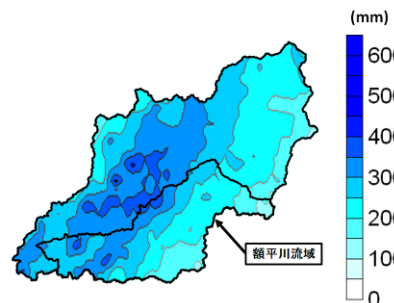


図-9 レーダーアメダス総雨量コンター図
期間 (2006/08/18/0:00～08/20/24:00)

これより、最大時間雨量の方を見てみると、大きい個所は流域南西部にあるが、空間的には分散していることがわかる。総雨量では最大時間雨量が大きかった範囲と多少異なり、二風谷ダム上流・沙流川本線筋の流域で大きいということがわかった。

また、2003年と2006年の豪雨の期間の降雨量の比較をしてみると、最大時間雨量は、2006年が2003年より明らかに少ないが、総雨量では2003年、2006年ともに同程度であるということがわかった。

3. 地上雨量計を用いた土砂災害発生メカニズムの解析

2003年豪雨の解析を行った既往の研究^{3), 4)}によると降雨強度が斜面崩壊の重要な要因であることが指摘されている。このことより、地上雨量計の雨量を用いて土砂災害発生メカニズムの解析を行った。解析を行うにあたり図-10に二風谷ダム流域について2003年の豪雨による崩壊の有無と地上雨量計の位置について明示した1kmメッシュ図を示す。濃い色のメッシュが大雨により斜面崩壊が起きたと判読されたメッシュで、薄い色のメッシュが斜面崩壊が起きて

いないと判読されたメッシュである。なお、2006 年の大雨前後の斜面状況の判読は行われていないものの、流域踏査によると、2003 年のような大きな斜面崩壊は起きていないものと推察される。

以下で 2003 年に崩壊が起きているメッシュと起きていないメッシュの降雨、2006 年の降雨の 3 つのパターンに分類し、相違点を比較検討した。

3.1 土砂災害発生の解析手法

土砂災害発生の可能性について、実用的にも多く用いられているスネーク曲線を用いて解析を行った。スネーク曲線とは、縦軸に短期降雨指標（時間雨量など）をとり、横軸に長期降雨指標（実効雨量）をとって、求めた値を逐次プロットして土砂災害発生リスクを判定する線図であり、模式図を図-11 に示す。一般的に、短期降雨指標は地表面の流水量を表し、長期降雨指標が土中の水分量を表しており、土砂災害は短期降雨指標と長期降雨指標の両方またはどちらかでも大きくなると発生しやすくなる⁵⁾。

本研究では、短期降雨指標に時間雨量を、長期降雨指標に半減期 72 時間実効雨量を用いてスネーク曲線を作成した。ここで半減期 72 時間実効雨量は次式で表わされる。

$$R_w = \sum \alpha_{1i} \times R_{1i}$$

ここで、 R_w ：実効雨量、 R_{1i} ： i 時間前の 1 時間雨量、 α_{1i} ： i 時間前の減少係数、 $\alpha_{1i} = 0.5^{i/T}$ 、 T ：半減期（時間）である。減少係数は長期間の降雨履歴を考慮できるように本研究では半減期 T を 720 時間（30 日）とした。

3.2 土砂災害発生の解析

図-10 に示した地上雨量計の地点のうち非崩壊メッシュに位置する上貫気別地点と崩壊メッシュに位置する宿主別地点で 2003 年 8 月 8 日 0 時 00 分～8 月 10 日 24 時 00 分（3 日間）と 2006 年 8 月 18 日 0 時 00 分～8 月 20 日 24 時 00 分（3 日間）の期間におけるスネーク曲線を作成した。

図-12 は、2003 年の降雨で崩壊が起きなかったメッシュに位置する上貫気別地点のスネーク曲線である。これより、2003 年と 2006 年で比較すると実効雨量は同程度であったが、時間雨量は 2003 年が降雨期間の後期に集中しており、2006 年は降雨期間の前期に集中していることがわかる。

図-13 は、2003 年の降雨で崩壊が起きたメッシュに位置する宿主別地点のスネーク曲線である。これより、2003 年と 2006 年で比較すると明らかに 2003 年の方が時間雨量、実効雨量ともに大きいことがわかる。このことから時間雨量、実効雨量ともに大きい 2003 年のほうが、土砂災害が発生しやすいことを判断することができる。また、2003 年の降雨の特徴から実効雨量が大きくなった時、つまり土中の水分が多くなった上で、強い雨があったことが土砂災害が起きた大きな要因であると推察できる。

3.3 解析結果

図-14 は二風谷ダム流域すべての地上雨量計地点の 2003 年と 2006 年のスネーク曲線を描いたものである。これより 2003 年の降雨で崩壊の起きているメッシュ降雨が、明らかに 2003 年の降雨で崩壊が起きていないメッシュ降雨や 2006 年の降雨と異なる特徴をもっていることがわかる。具体的には、実効雨量で 360mm 以上、時間雨量で 50mm 以上で土砂災害が起こりやすいという条件が読みとれる。

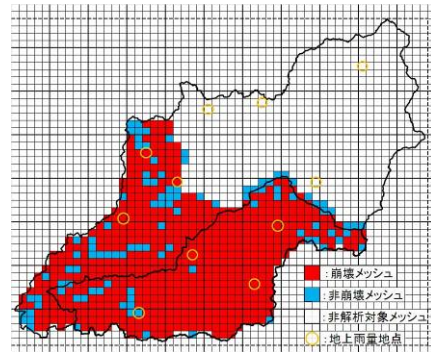


図-10 二風谷ダム流域メッシュ図
(1km メッシュ)

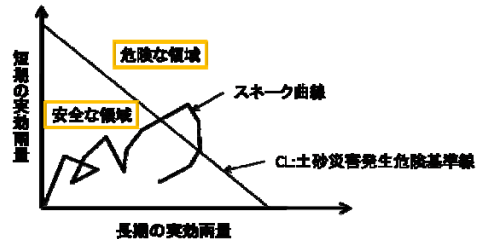


図-11 スネーク曲線イメージ図

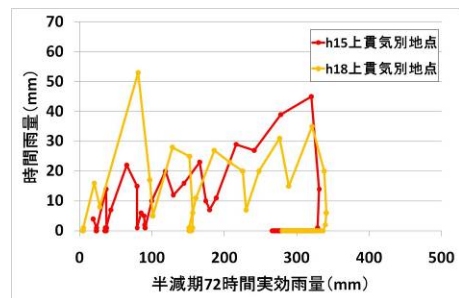


図-12 地上雨量計・上貫気別地点スネーク曲線

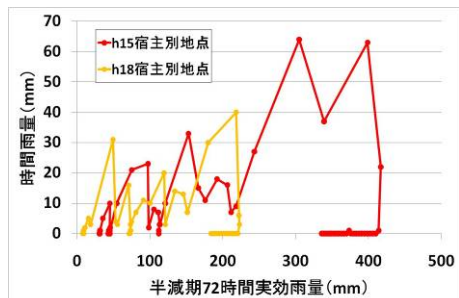


図-13 地上雨量計・宿主別地点スネーク曲線

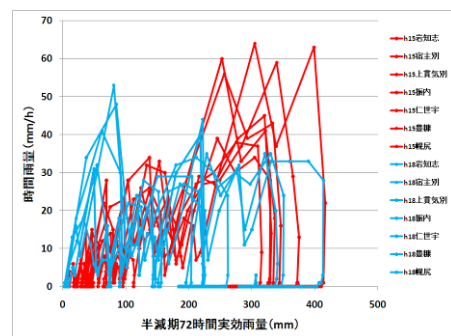


図-14 二風谷ダム流域・地上雨量計スネーク曲線

4. レーダー雨量を用いた土砂災害発生の解析

土砂災害発生を時空間的に捉えるために、レーダーアメダス雨量³⁾を用いて解析を行った。解析では図-9の濃い色の崩壊メッシュと薄い色の非崩壊メッシュの範囲を用いて行った。

4.1 レーダー雨量と地上雨量の相関

レーダーアメダス雨量はレーダー雨量を地上のアメダスデータで補正（キャリブレーション）しているが、念のため地上雨量計の値と相関を確認し、その精度を検証した。図-15に2006年8月18日0時00分～8月20日24時00分の宿主別地点の地上雨量計と直上のレーダーアメダス雨量の相関図を示す。これより、レーダーアメダス雨量は十分な精度を持っているということがわかる。

4.2 土砂災害発生の解析

図-16は、2003年8月8日0時00分～8月10日24時00分の崩壊メッシュと判定された範囲（50メッシュ）のレーダー雨量の平均値を用いたスネーク曲線である。

図-17は、2003年8月8日0時00分～8月10日24時00分の期間の非崩壊メッシュと判定された範囲（65メッシュ）のレーダー雨量の平均値を用いたスネーク曲線である。

図-18は、2003年の崩壊・非崩壊メッシュの範囲で、2006年8月18日0時00分～8月20日24時00分の期間のレーダー雨量（685メッシュ）の平均値を用いたスネーク曲線である。なお、2003年はメッシュサイズが2.5km四方、2006年は1km四方なので同じ範囲であってもメッシュ数が異なる。これら図-16、図-17および図-18より、2003年の崩壊メッシュのスネーク曲線が、ほかのスネーク曲線よりも実効雨量、時間雨量ともに大きくなっていることが明確に示された。また、地上雨量の結果と同様に、レーダーアメダス雨量で見ても違いは明瞭である。具体的には、平均値として実効雨量で300mm以上、時間雨量で40mm以上で土砂災害が起こりやすいという条件が読みとれた。

5. まとめ

本研究で得られた結果を示すと以下のとおりである。

- (1) 降雨は、何波かに分かれて降ることが多く、2003年の降雨のように連続した降雨の後半に強い雨があると、斜面崩壊が発生しやすいことがわかった。
- (2) 地上雨量計とレーダー雨量のどちらのスネーク曲線でも、崩壊している場所と崩壊していない場所で大きな違いがみられ、降雨特性が土砂災害に密接に関係していることがわかった。
- (3) レーダー雨量を用いた土砂災害発生の要因解析が有効であることが示され、レーダー雨量計による時空間的な降雨の監視が土砂災害発生予測に有効である。

以上を踏まえて今後は、土壤水分量のより正確な定量化を行い、土砂災害との関係を解析する必要があると考える。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、データを提供していただいた気象庁、(財)気象協会の方々にここに記し深く感謝する。

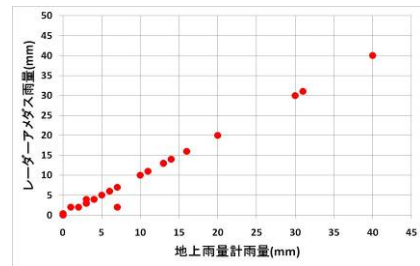


図-15 地上雨量とレーダー雨量の相関

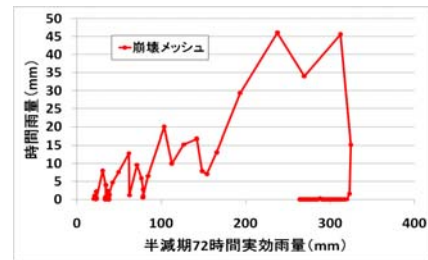


図-16 2003年レーダーアメダス雨量スネーク曲線
(2.5km 崩壊メッシュ)

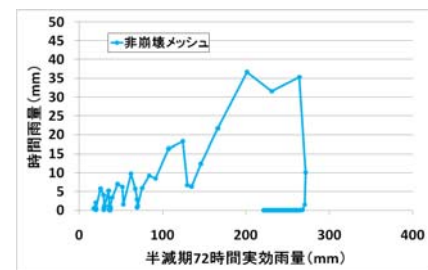


図-17 2003年レーダーアメダス雨量スネーク曲線
(2.5km 非崩壊メッシュ)

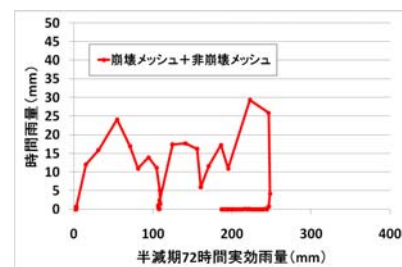


図-18 2006年レーダーアメダス雨量スネーク曲線
(1km メッシュ)

参考文献

- 1) 土木学会水工学委員会：平成15年台風10号北海道豪雨災害調査団報告書，pp.1-95，2004.
- 2) 国土交通省水文水質データベース：
<http://www1.river.go.jp/>.
- 3) 村上泰啓，中津川誠，高田賢一：平成15年8月出水における額平川の崩壊地とその要因について，河川技術論文集，第10巻，pp.249-254，2004.6.
- 4) 芳賀一斗：豪雨が引き起こす土砂災害発生要因の解析 -沙流川流域の事例-，平成20年度卒業論文概要，2009.2.