

新潟大学災害・復興科学研究所  
共同研究報告書

山陰地方における積雪期の降雨現象(Rain-on-Snow Event)の発生特性、  
及び ROS に起因する自然災害に関する研究

研究代表者氏名 伊豫部 勉<sup>1)</sup>  
研究分担者氏名 河島 克久・松元 高峰<sup>2)</sup>

1) 所属：京都大学大学院 工学研究科 2) 所属：新潟大学災害・復興科学研究所

研究要旨

山陰および近畿北部地方を対象として、2000/01年積雪期(11月～4月)から2014/15年積雪期の15積雪期について、新聞検索および発災時の気象データをもとに、積雪期の降雨イベント(Rain-on-Snow: ROS)にともなう自然災害の発生頻度および発災時の気象特性について分析した。また、当該地域におけるアメダスデータの分析から、災害を誘発する可能性のあるROSの発生頻度の特徴や長期変化傾向を調べた。その結果、当該地域において積雪環境下で発生した自然災害の62%にあたる計35件の災害でROSが関与し、災害種別では土砂災害が最も多いことが明らかとなった。また、災害発生時の気象特性として、連続雨量は10mm以下と少ないものの、高温・強風をとめないやすい特徴がみられた。さらに、ROSの出現頻度の長期変化傾向について分析した結果、中国山地の標高350～550mでは、近年ROSが増加傾向を示し、同標高において今後益々融雪災害の発生危険度が高まる可能性が示唆された。

I. 研究目的

積雪地域では融雪期になると、季節的に増加する日射や気温などによって急速に融雪が進行する。これら日周期に依存する融雪水のほかに、降雨がある場合、雨量そのものが比較的少なくても、同時に著しい融雪を伴うことがあるため、両者を合わせた斜面・流域への水の浸透量はより多くなり、地すべりや洪水等の融雪災害を引き起こす。こうした積雪期の降雨イベント(Rain-on-Snow: 以下、ROSと略記)にともなう洪水・土砂災害については、ヨーロッパや欧米で古くから関心がもたれてきた(例えば、Kattelman,1987)。日本でも積雪期の降雨は決して珍しくなく、特に冬期平均気温が0°C前後の日本海沿岸の温暖積雪域では、わずかな気温の変動に降水形態が左右されるため、ROSは発生しやすい環境にあると考えられる。近年の突発的な大雪発現や寒暖差の激しい気候を踏まえると、洪水や全層雪崩等の融雪災害の発生予知の点から、地域ごとのROS災害やROSの発生頻度の動向把握が求められている。

本研究では、東北・北陸地方に比べてより温暖な西日本地域を対象として、新聞資料から近年発生した積雪期の自然災害を抽出するとともに、発災時の気象特性を分析した。さらに、アメダスデータの分析から、災害を誘発する可能性のあるROSの発生頻度の特徴や長期変化傾向を調べた。

II. 研究方法の概要

(1) ROSが誘因した災害事例の抽出

まず、積雪期における自然災害の事例抽出を行った。用いた資料は、山陰中央新報、日本海新聞、神戸新聞、京都新聞の4地方紙であり、対象期間は2000/01年積雪期(11月～4月)から2014/15年積雪期の15積雪期とした。記事の検索は、オンライン・データサービスを用いて、雪崩災害、土砂災害(土砂崩れ、崖崩れ、土石流等)、洪水災害(河川増水による道路冠水、家屋浸水、道路崩落・陥没等)を抽出した。次に、災害事例ごとに住所と位置(緯度・経度・標高)を特定するとともに、発生点近傍の複数のアメダス観測点の気象データ(降水量、気温、積雪深)から災害発生前数日

間の変化状況を調べた。ここで、ROS 災害とは、災害発生日もしくはその前日に積雪深が 1cm 以上あり、かつ降雨量 1mm 以上であった災害と定義した。なお、地すべり災害については、長期間にわたり活動する事例が多く、直接的な要因を特定することは困難なため、今回の解析対象からは除外した。

## (2) AMeDAS データを用いた ROS の抽出と長期変化傾向（トレンド）分析

災害の発生・非発生に関わらず、災害をもたらす可能性が高い ROS イベントの発生頻度や長期変化傾向を明らかにするため、島根県・鳥取県・兵庫県・京都府を対象地域として、アメダス 1 時間データ（降水量、気温、積雪深）を用いて ROS イベントを抽出した。抽出条件は、積雪が存在すること、および連続雨量が 10mm 以上であることの 2 つである。ここで、連続雨量とは、2 時間以上の雨量の空白がないものを 1 つの降雨イベントとし、その降雨イベント開始から発災までの累積雨量を連続雨量と定義した。また、雨量は降水量と気温から推定し（雨・雪判別の臨界気温: 1.5°C）、ROS の年発生数の時系列データ（32 年間）についてトレンド検定を行った。

## III. 研究結果および考察

### (1) ROS 災害の発生頻度

新聞検索の結果、山陰および近畿北部 4 府県で 15 年間に合計 35 件の災害で ROS が関与したものと判断された。これは、同期間に積雪環境下で発生した雪崩災害、土砂災害、洪水災害（合計 56 件）の 62%にあたる（1 年当たりの平均発生数は 2.3 件）。抽出された 35 事例の災害種類の内訳は、土砂災害 24 件、雪崩災害 9 件、洪水災害 2 件となり、土砂災害が最も多いことが明らかとなった。また、ROS 災害の被災対象で事例数が最も多いのは道路（24 件）であり、ROS 災害全体の 72%を占めた。図 1 に年別・月別の ROS 災害の発生数を示す。最多頻度は 2005/06 年積雪期（平成 18 年豪雪）であり、2001 年、2006 年、2009～2010 年のように全く発生しない年もあることが分かった。発生月に関しては、最多月は雪崩災害の多い 1 月であること、土砂災害は 12 月～3 月までまんべんなく発生していることが分かる。ROS 災害の発生数が厳冬期に多くなる傾向は、北陸地域でも認められている（平井ら、2015；河島ら、2016）。

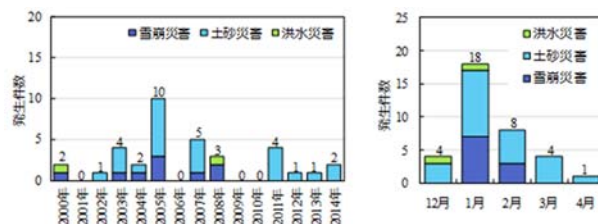


図 1 年別および月別でみた ROS 災害の発生数.

### (2) 災害発生時の降雨イベントの特徴

ROS 災害発生時の降雨について、災害に至るまでの連続雨量、降雨継続時間、降雨と発災のタイミングに注目して分析を行った。その結果、降雨継続時間は全事例の 94%が 12 時間以内で発災しており、多くの事例が半日スケールの降雨イベントによって発生していることがわかった。また、降雨と災害発生のタイミングについては、降雨中もしくは降雨終了後 30 時間以内に分布していた。一方、連続雨量は、もっとも少ない事例で 0.5mm、もっとも多い事例で 45mm であり、10mm 以下の事例が圧倒的に多いことが特徴的である。降雨をもたらした気象擾乱を分類した結果、南岸低気圧（16 事例）が最も多く、全体の約 7 割が低気圧通過時の降水イベントによるものであった。また、各災害事例に共通する点として、災害発生に至る連続雨量は著しく多くはなく、高温・強風をともなうことが多い。さらに、積雪深低下は、降雨開始前から開始しており、降雨による融雪ではなく、湿潤で温暖な気団の移流による大気からの顕熱・潜熱伝達量が著しく大きかった可能性があり、これにより強い融雪が起こっていたと考えられる。

そこで、災害前 2 日間について、災害発生地点近傍のアメダス積雪深計の観測値から算出した融雪水量と、雨量計による降雨量について、どの程度の差があるのか比較検討した（図 2）。融雪水量は 2 日間における 1 時間毎の積雪深の差に、積雪表層の密度（ $350\text{kgm}^{-3}$  と仮定）を乗じて積雪水量を計算した。その結果、積雪層への水の浸透量に対する融雪量の割合は約 8 割と大きく、融雪水量が 100mm を超える事例もいくつか見られた。つまり、強い融雪に雨が加わり、積雪・土壌への水の供給量が急増することで災害がもたらされたと考えられる。なお、雪面低下量によって融雪量を求める方法では、季節や地域によらず一律に積雪密度を与えている。今後より現実的な積雪密度を用いて、ROS 時の融雪特性をさらに詳しく検討を加える必要がある。

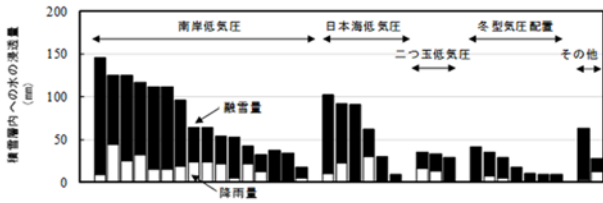


図2 災害発生時の降雨量と融雪量.

#### (4) ROS イベントの発生頻度と近年の変動傾向

アメダスデータを用いて、災害を誘発する可能性のある ROS イベントの発生頻度と長期変化傾向を分析した。使用したアメダスは山陰・近畿 4 府県の計 10 地点 (美弥, 瑞穂, 赤名, 横田, 倉吉, 智頭, 香住, 兎野高原, 和田山, 美山) である。各地点の年平均 ROS イベント数には、最も頻度が小さい倉吉と和田山の 0.3 回と最も頻度が大きい兎野高原の 3.5 回の間約 10 倍の差があった。さらに、年平均 ROS イベント数と標高の関係には正の相関がみられた。これは、標高が高い地点ほど積雪日数が多いため、ROS イベントが起こり得る期間が長いことが考えられる。

一方、ROS イベント数の経年変化に有意なトレンドが認められたのは、横田、赤名、兎野高原の 3 地点であり、0.4~0.9 回/10 年の割合で増加している (図 3)。3 地点はいずれも中国山地の標高 350m~550m 付近に位置する。この標高帯における冬期平均気温を調べると 1.2~1.9°C となり、雪・みぞれ・雨の形態をとり得る気温領域 0~4.5°C (Matsuo *et al.*, 1981) のほぼ中央に当たり、他の標高帯に比べて固体・液体両方の降水が降りやすいという特徴がみられた。

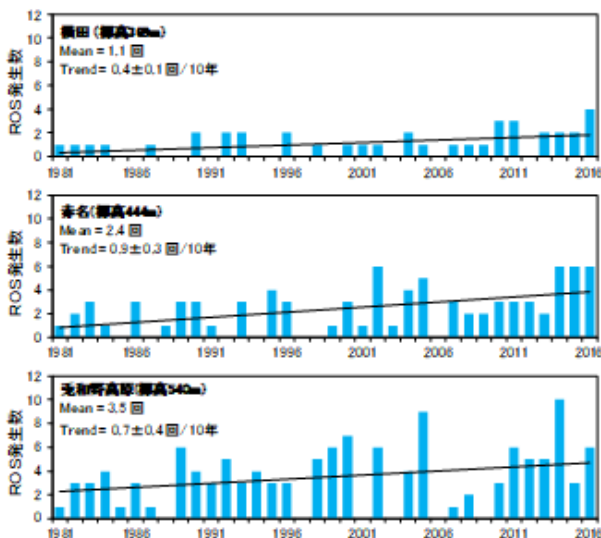


図3 有意なトレンドが検出されたアメダス 3 地点における ROS イベント数の経年変化.

## IV. まとめ

山陰や近畿地方は、温暖な気温のもとで多量の雪が降り積もる「暖候地積雪」地域である。水の介在によって一冬季を通じて温暖変態が支配的であり、その層構造は単純である。擾乱によってもたらされる多量の融雪水は、積雪内部には貯留されず、直接地表面に流出するが多いので、融雪災害の発生危険度をさらに高めていたと考えられる。融雪災害の予知予測、さらには避難警戒体制といった観点から、強風と融雪の関係にとどまらず、強風と降雨をとまなうような一連の気象現象と融雪プロセスの関係についても、現地観測から詳しく検討を加える必要がある。アメダスデータに基づいて ROS イベントの出現頻度の長期変化傾向について分析を行った結果、中国山地の標高 350~550m では、近年 ROS イベントが増加していることが明らかとなった。当該地域での ROS 災害数が標高 300~600m で多いことを踏まえると、ROS による災害の危険度が高い、もしくは今後益々高まる可能性があると考えられる。

### 【参考文献】

- 1) Kattlemann R., 1987: Water release from a forested snowpack during rainfall. IAHS-AISH, 167, 265-272.
- 2) 平井柔・河島克久・松元高峰・伊豫部勉、2015: 新潟地域における融雪災害をもたらす降雨イベント (ROS イベント) の発生特性. 第 30 回北陸雪氷シンポジウム論文集、49-54.
- 3) 河島克久・松元高峰・伊豫部勉・平井柔 (2016) Rain-on-snow event が北陸地方の自然災害に与える影響、第 35 回自然災害学会学術講演会論文集、155-156.
- 4) Matsuo T., Y.Sasyo, and Y. Sato (1981) Relationship between Types of Precipitation on the Ground and Surface Meteorological Elements. Journal of Meteorological Society of Japan, 59(4), 462-476.

## V. 研究発表

### 1.論文発表

なし

### 2.学会発表

- 1) 伊豫部勉・河島克久・松元高峰: 山陰地方における rain-on-snow events にともなう融雪災害, 雪氷研究大会 (2017・十日町) 講演要旨集, p226, 2017.9.

## VI. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

### 1.特許取得

なし

### 2.実用新案登録, 3.その他

なし