

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月13日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510193

研究課題名（和文）降雨と融雪が重なって生じる融雪洪水の雪氷学的研究

研究課題名（英文）Hydrological study of snowmelt flooding during a rain-on-snow event

研究代表者

石井 吉之（ISHII YOSHIYUKI）

北海道大学・低温科学研究所・助教

研究者番号：40222955

研究成果の概要（和文）：

降雨と融雪が重なって生じる融雪洪水の発生メカニズムを解明するため、2011～2013年の各融雪期に、母子里において模擬降雨の散水実験を行った。2012年の実験（積雪深170cm）では、散水開始後50～90分で積雪底面から流出が始まり、総散水量120～170Lに対し総流出量は46～48Lであった。散水量と流出量が定常となった時点における流出水に含まれる模擬降水の割合は、水および同位体の収支式から概ね6～7割と見積もられ、晴天日や弱い降雨時の融雪水とは異なった流出過程をとることが分かった。

研究成果の概要（英文）：

In order to clarify the generation mechanism of snowmelt flooding during the rain-on-snow event, rain simulation experiments over the snow surface were made in the three snowmelt seasons from 2011 to 2013 at the Moshiri snow hydrologic observatory, northern Hokkaido. In the experiment in 2012 (snow depth: 170 cm), the outflow from the bottom of snowpack began in 50 to 90 minutes after a watering start, and the total outflow was 46 to 48 L to the total watering amount of 120 to 170 L. When inflow and outflow rates were in a steady state, the rate of watering rain contained in outflow water was estimated 60 to 70 % using the water and the deuterium mass balance equations. Then, it turned out that percolating water within a snowpack during the rain-on-snow event showed a different runoff process during the snowmelt-only or weak rainfall event.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：融雪洪水、降雨、積雪ライシメーター、模擬降雨散水実験

1. 研究開始当初の背景

降雨と融雪が重なると著しい河川洪水が起きる。あたかも降雨が融雪を加速させて洪水となったかのように見えるが、実際には雨

が雪を融かす量はさほど大きくない。ではどうして洪水になるのか。積雪内部における降雨浸透水の挙動が鍵となるが、雨は積雪内を素通りして地面に到達するという研究もあ

り、国内外の研究者の間で見解が分かれています。何よりもまず、実際の観測例が少ないことが壁となって、この現象の理解が進まず、治水対策面でも懸案になっている。

2. 研究の目的

本研究では、積雪水文試験地における詳細な現地観測とともに、水の安定同位体をトレーサーとした雪面上への降雨散水実験などから、マーキングされた水の動きを追跡することにより、積雪内での水貯留の実態、およびそれらと河川洪水との因果関係を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

現地観測は北海道北部の北大雨龍研究林内の実験地(母子里)で行なった。2011(平成23)年から2013(平成25)年の融雪期を集中観測期間とし、降雨前後の積雪構造変化を知るための積雪断面観測や同位体分析用のサンプリングを頻繁に実施した。また、積雪表面に供給された降雨によって、積雪重量がどのように変化し、積雪底面からどの位の水が流出し、それによって河川がどの程度増水したかを連続的に自記測定した。さらに、融雪観測室前の露場において、雪面上に著しい大雨があった場合を想定した模擬降雨実験を3回の融雪期について行ない、模擬降雨が積雪底面からどのように流出するかを調べた。ノズルの先からはミスト状ではなく実際の雨と同様の微水滴が出るように調整し、散布範囲が直径70~80cmの円形となるように高さを雪面上1mに据え、風による飛散を防ぐために風上にブルーシートで側壁を設けた(図1)。散布した水の積雪内での挙動や積雪との混ざり具合を調べるため、水の安定同位体を天然トレーサーとして用いた。同位体比の重い岩内町海洋深層水脱塩水を散布用の水試料として用いることにより、同位体比の軽い積雪との濃度コントラストを大きくさせた。実験を行なう融雪観測室前の露場には、2010年10月に1m×1mの積雪ライシメータ(積雪底面流出測定用)と散水装置据付用の櫓を設置した。



図1. 模擬降雨を散水しているようす

実験条件を表1に、実験時の積雪の層構造を図2に示す。

表1. 実験条件および実験時の積雪深

	総散布量 (L)	総雨量 (mm)	平均強度 (mm/h)	時間 (min)	積雪深 (cm)
2011年					
実験1	25	25	35	43	106
実験2	60	60	23	159	
実験3	200	200	34	356	
2012年					
実験1	173	170	35	295	173
実験2	120	120	33	218	
2013年					
実験1	160	160	34	286	180
実験2	120	120	35	207	116

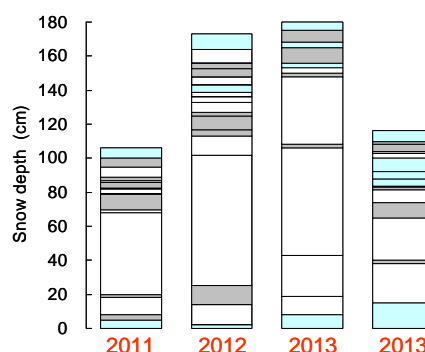


図2. 実験時の積雪の層構造(水色部は著しく濡れた層、灰色部は大粒な層を表す)

4. 研究成果

2011年(積雪深106cm)と2013年1回目(同180cm)の実験では総雨量換算で120~170mm(いずれも時間雨量35mm)の降雨を与えたが積雪底面からの流出は0~1%に過ぎず、雪面上に多量の水が供給されると積雪内における水平方向の水の流れが予想以上に顕著になることが推察された。しかし、水平方向の流れの通路となるザラメ雪層がまだ発達していない段階であった2012年(積雪深170cm)の実験では、散水開始後50~90分で積雪底面から流出が始まり、総雨量120~170mmに対し総流出量は46~48mmであった(図3)。散水量と流出量が定常となった時点における流出水に含まれる模擬降水の割合は、水および同位体の収支式から概ね6~7割と見積もられ、晴天日や弱い降雨時の融雪水とは異なった流出過程をとることが分かった。さらに、2013年2回目(積雪深116cm)の実験では、散水開始後40分で積雪底面流出が始まり、総雨量120mmに対する総流出量は85mm、流出率は70%であった(図4)。3ヶ年の模擬降雨実験を通じ、雪面上に著しい大雨があった場合、積雪底面からの流出が起きたり、水平方向の流出が卓越して積雪底面流出が起きなかったり、その時の積雪層の構造に応じ多様に変化することが改めて認識さ

れた。

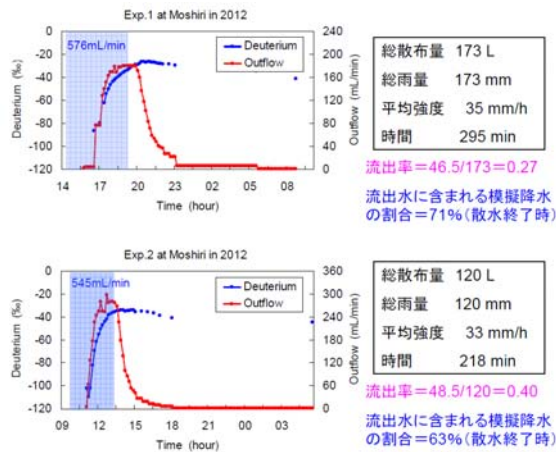


図 3. 散水雨量と底面流出量、重水素同位体比の時間変化

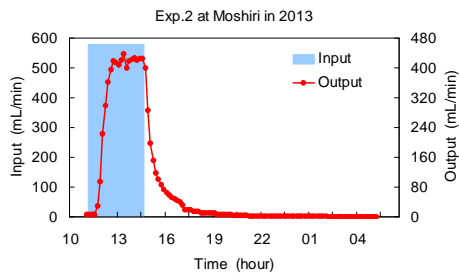


図 4. 2013 年実験 2 における散水量と底面流出量の変化

得られた成果は逐次、国内の水関係学会（日本雪氷学会、陸水物理研究会、日本水文科学会）で発表し、総説論文も投稿し掲載済みである。今後は、3 ヶ年分の実験結果をまとめ、原著論文として国内及び国際学会の場での発表を予定している。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 5 件）

①山口悟, 渡辺晋生, 石井吉之: 積雪内部の水分移動に関する実験的研究. 日本水文科学会誌, 42, 89-99, 2012. 【査読有】

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jahs/42/3/42_89/_pdf

②石井吉之: 降雨と融雪が重なって生じる融雪出水. 日本水文科学会誌, 42, 101-107, 2012. 【査読有】

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jahs/42/3/42_101/_pdf

③石井吉之, 中坪俊一, 藤田和之, 森章一, 高塚徹, 池田正幸, 新堀邦夫, 的場澄人: 母子里における積雪底面流出量の観測と実験. 北海道大学低温科学研究所技術部技術報告, 18, 9-15, 2012. 【査読無】

http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/tech/report_2012/03ishii.pdf

④石井吉之, 中坪俊一, 森章一, 的場澄人: 降雨と融雪が重なって生じる融雪出水—雪面上への模擬降雨散水実験—. 北海道の雪氷, 31, 29-32, 2012. 【査読無】

http://www.seppyo.org/hokkaido/journal/j31/2012_snowhokkaido31_07_ishii.pdf

⑤石井吉之, 佐藤大輔: 積雪底面融解量の場所による変化と流域平均量. 北海道大学地球物理学研究報告, 75, 59-71, 2012. 【査読無】

<http://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/49058>

〔学会発表〕（計 9 件）

①石井吉之, 他 3 名: 降雨と融雪が重なって生じる融雪出水 (2) — 3 ヶ年の模擬降雨散水実験の比較 —, 日本雪氷学会北海道支部研究発表会, 2013/5/17-18, 北海道大学

②石井吉之: 降雨と融雪が重なって生じる積雪水文現象の観測と実験. 第 4 回積雪モデルに関するワークショップ, 2013/3/18-19, 防災科技研雪氷防災センター (新潟県)

③石井吉之: 雨龍川源流における 2012 年融雪期の顕著な河川増水. 陸水物理研究会第 34 回三重大会, 2012/11/17-18, 三重大学

④石井吉之: 雨龍川源流における 2012 年融雪期の顕著な増水. 雪氷研究大会, 2012/9/23-27, 福山市立大学 (広島県)

⑤石井吉之, 他 3 名: 降雨と融雪が重なって生じる融雪出水—雪面上への模擬降雨散水実験—, 日本雪氷学会北海道支部研究発表会, 2012/5/18-19, 北海道大学

⑥石井吉之, 他 4 名: 降雨と融雪が重なって生じる融雪洪水 (その 2) — 雪面上への模擬降雨散水実験 —, 陸水物理研究会第 33 回東京大会, 2011/12/2, 法政大学

⑦石井吉之, 降雨と融雪が重なって生じる融雪出水. 日本水文科学会学術大会, 2011/10/9, 北海道大学

⑧石井吉之, 他 4 名: 降雨と融雪が重なって生じる融雪洪水 (その 2) — 雪面上への模擬降雨散水実験 —, 雪氷研究大会, 2011/9/21, 新潟県長岡市, ハイブ長岡 (長岡産業交流会館)

⑨高橋雅博, 石井吉之, 喜澤一史: 降雨と融雪が重なって生じる融雪洪水, 雪氷研究大会, 2010/9/27, 仙台市, 東京エレクトロンホール宮城

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/moshiri/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井 吉之 (ISHII YOSHIYUKI)
北海道大学・低温科学研究所・助教
研究者番号：40222955

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

()
研究者番号：