

屋根散水システムによる融雪促進効果に関する研究

中央大学大学院 学生会員 ○童 宇超 綿貫 翔 吉見 和紘
中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

現在の日本では、地震を除いて、自然災害別による死亡者及び行方不明者のうち、多くの年度において、半数以上が雪によるものである。そのうち、約8割が屋根に積もった雪（以降、屋根雪）による被害である¹⁾²⁾。また、近年の降雪傾向は、暖冬少雪であるが、短期間に集中的な大雪が起きてると報告されている³⁾。国土の半分以上が豪雪地帯である日本にとって、雪による災害、特に屋根雪災害がより発生すると考えられる。

このため、屋根雪による被害を防ぐ屋根散水システムを用いて、屋外実験を行った。屋根散水システムとは、雨水や雪解け水を利用して、屋根の温度をコントロールするために、散水をするシステムである。

自治体による対策や既往の研究の多くは、積雪後を対象としているが、本研究は積雪前を対象としている。つまり、降雪が始まる前散水を行い、屋根温度をコントロールすることで、積雪を防ぐ。これにより、積雪や雪下ろしなどの機会を減らし、屋根雪による被害を予防できると考えている。散水効果に影響を与える因子を探し、最適散水条件を探すことを目的としている。

2. 実験の概要

2013年12月上旬から2014年3月下旬まで山形県寒河江市で実験を行った。実験装置は、図-1に示す通り、一般住宅の屋根部分の一部を切り取った装置である。屋根部分の下に貯水タンクを設置し、加熱した水を屋根上方のノズルから屋根に散水する。これにより、屋根の温度を上げ、積雪を防ぐ。装置の上端に風向風速計と雨量計を設置した。気温、風速、雨量、大気圧は5秒毎に連続観測している。

屋根は横 2.2 m、縦 3.8 m の寸法で、面積が 8.36 平方メートルである。勾配は四寸勾配である。素材は、一般住宅で広く使用される平板瓦を採用した。

実験装置から約 0.5 m 離れたところに、対照として、同じ屋根の一部を設置した。散水実験を行った際に、対照の屋根に散水をしていない。

屋根の表面に、熱電対 64 個を 8×8 で均等に設置し、5 秒毎に屋根の表面温度を観測している。他に、図-2に示すように、屋根に散水する直前（点 A）、散水された水がタンクへの流入時（点 C）とタンク中の水温を調整する直後（点 B）の計三カ所の水温も観測している。対照実験用屋根、散水ノズル、空中に設置した熱電対も含め、計 79 個の熱電対を用いて温度を観測している。

また、散水水圧が 0.07, 0.1, 0.15 Mpa の三種類で、散水実験を行った。散水流量に換算すると、16, 18.6, 22.6 L/min である。

実験の様子は図-3の通りである。



図-1 屋根散水システムの実験施設

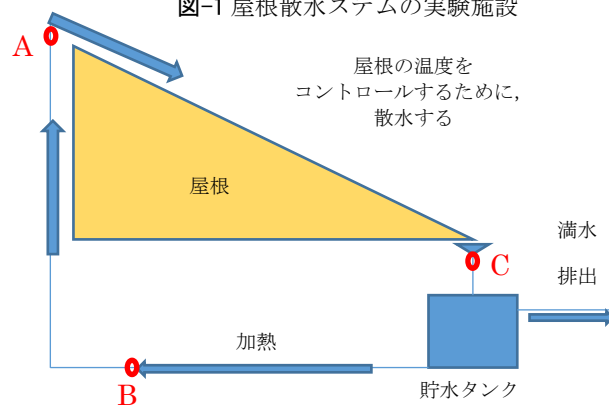


図-2 散水システムの概略図

キーワード 災害予防 屋根散水システム 屋根雪 融雪促進

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-17 TEL. 03-3817-1805 E-mail : tong@civil.chuo-u.ac.jp



図-3 実験の様子
(左：散水中 右：散水後)

3. 結果

散水効果及び散水効果に影響を与える因子について、主な結果は以下に示す。

(1) 散水効果及び散水終了後散水効果の持続

散水中は、屋根温度が上がり、雪が積もらなかった。散水停止後は、散水の効果が数十分続き、雪が積もることはなかった。

(2) 屋根表面平均温度と気温の関係

図-4及び図-5より、屋根表面平均温度と気温には、強い関係性が見られない。

(3) 屋根表面平均温度と風速の関係

図-6により、屋根表面平均温度と風速の関係には、強い関係性が見られない。

図-7は散水水温と屋根表面平均温度の温度差 ΔT と風速の関係を示している。2月3日 18:10-23:59に、風速が大きいとき、 ΔT が大きくなった。

(4) 屋根表面平均温度と散水流量の関係

図-8より、散水流量がどのパターンにおいても、同じ散水水温では、ほぼ同じ屋根平均温度となることがわかる。

(5) 屋根表面平均温度と散水水温の関係

図-9より、屋根表面平均温度は散水水温と強い線形関係があることがわかる。散水水温が高くなるとともに、水温と屋根表面平均温度との差が大きくなる。

(6) 屋根の長さ

屋根表面に熱電対は8行設置している。行間は350mmである。上から1行目はノズルの噴射範囲の縁にあるので、散水の影響をあまり受けていない。この原因で、2行目を最上端としている。図-10より、屋根の最上端(2行目)と最下端(8行目)の一行の屋根表面平均温度と散水水温の関係は強い線形関係があることがわかる。

図-11より、4,5行目の屋根表面平均温度は全体平

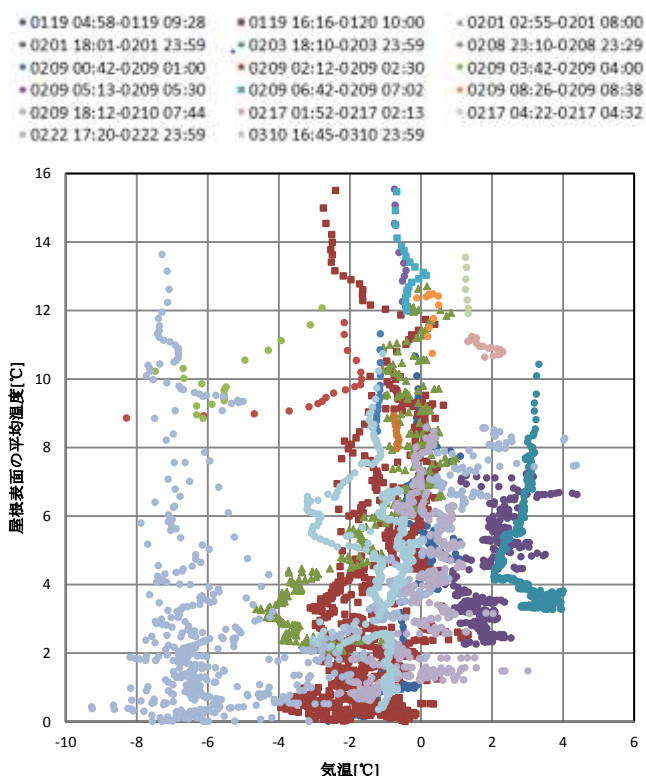


図-4 屋根表面平均温度と気温の関係
(散水後、加熱後全体温度がまだ上がっている間を除く)

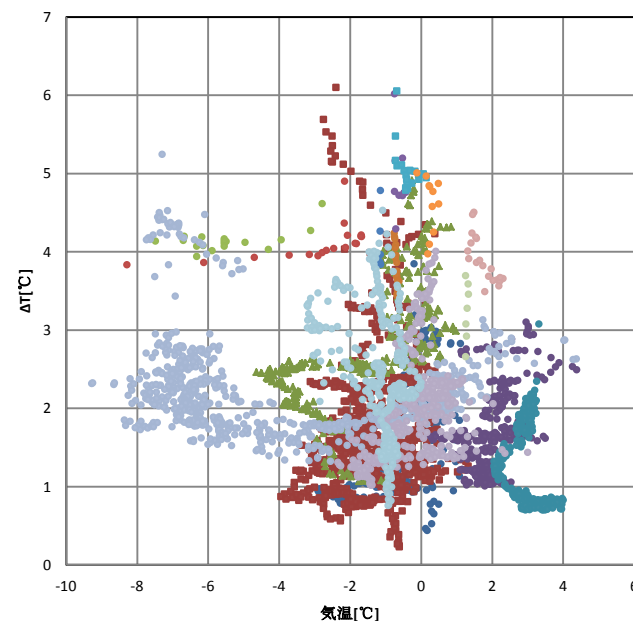


図-5 散水水温と屋根表面平均温度の温度差 ΔT
と気温の関係

(散水後、加熱後全体温度がまだ上がっている間を除く)

均温度とほぼ等しいので、この二つの行の温度は全体平均温度のところで代表できると等価できる。散水水温が上がるとともに、最上端と最下端の温度差が大きくなることがわかる。

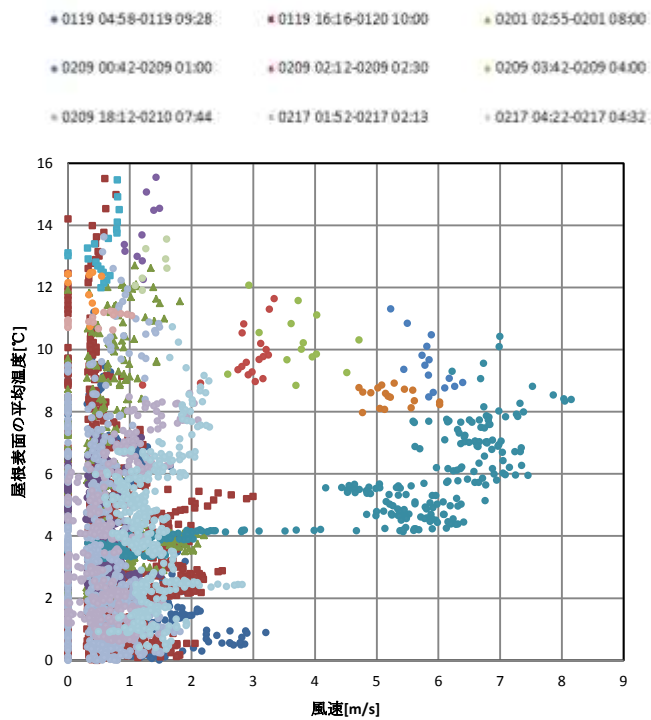


図-6 屋根表面平均温度と風速の関係

(散水後、加熱後全体温度がまだ上がっている間を除く)

● 16L/min ● 18.6L/min ● 22.6L/min

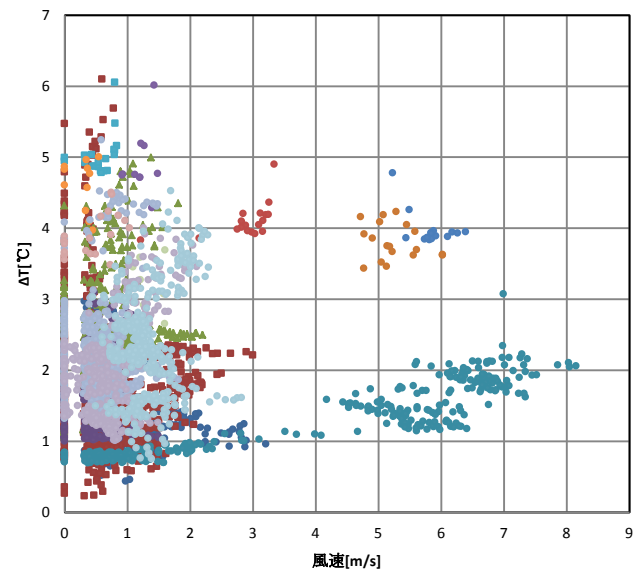


図-7 散水水温と屋根表面平均温度の温度差

 ΔT と風速の関係

(散水後、加熱後全体温度がまだ上がっている間を除く)

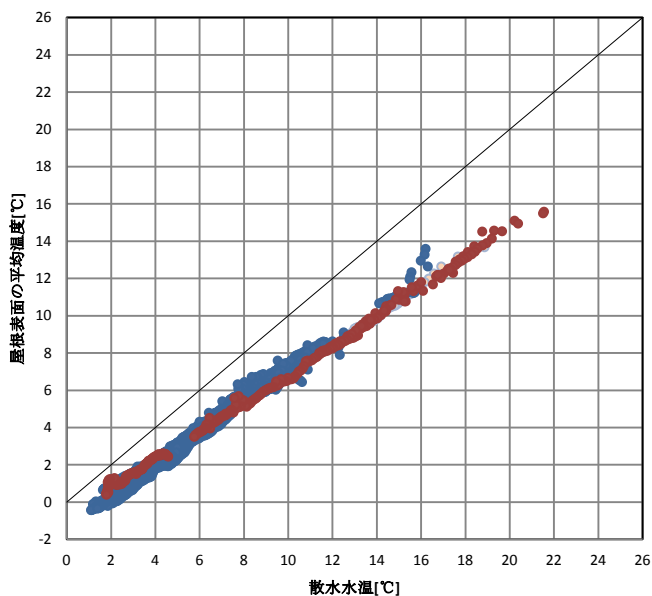


図-8 散水効果と散水流量の関係

(散水後、加熱後全体温度がまだ上がっている間を除く)

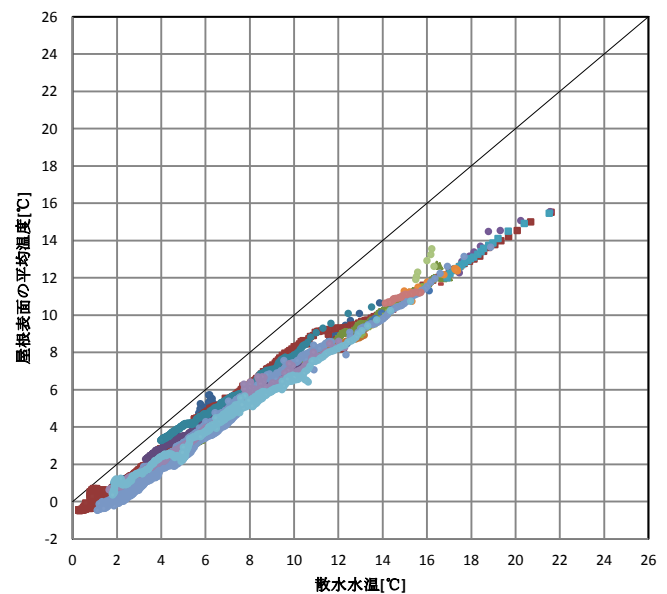


図-9 屋根表面平均温度と散水水温の関係

(散水後、加熱後全体温度がまだ上がっている間を除く)

4. 考察

(1) 屋根表面温度と気温、風速の関係

散水中は、水と空気との熱交換量は気温、風速と関係がある。気温と風速と関係がある。しかし、水が屋根の上に滞留する時間が短く、空気との熱伝導率が低いので、風速が一定の場合に、空気をもって行く熱量が少ない。この原因で、屋根表面温度は気温と強い関係が見られない。一方、風速が大きくなると

ともに、流れる空気が多くなって、空気をもって行く熱量が多い。これにより、風速が大きいとき、散水水温と屋根表面平均温度の温度差 ΔT が大きくなった。

(2) 屋根表面温度と散水水温の関係

散水中は、水と屋根表面との熱伝導もある。固体と液体の熱伝導率が気体より大きい。これにより、水と屋根表面の熱伝導過程では、温かい水が冷たい

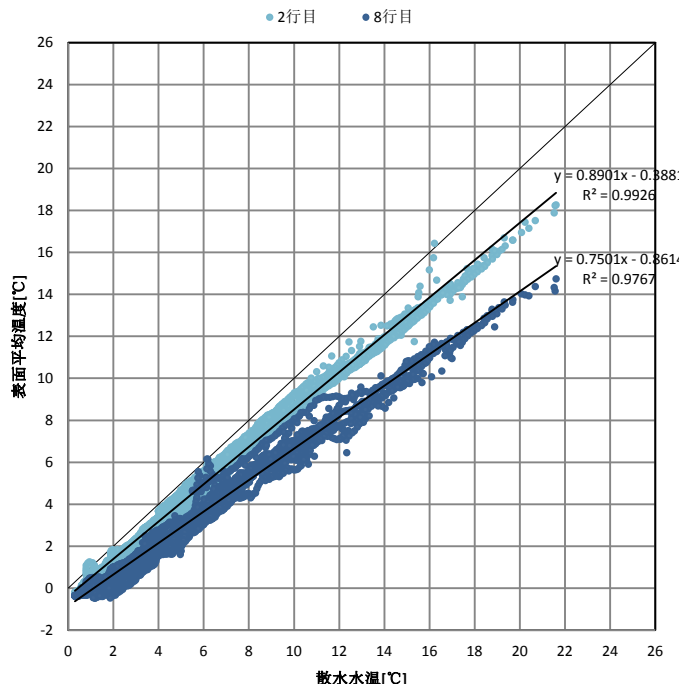


図-10 屋根の最上端（2行目）、最下端（8行目）の
表面平均温度と散水水温の関係

（散水後、加熱後全体温度がまだ上がっている間を除く）

屋根に接触して、熱量の損失はより大きいので、屋根平均温度は散水水温と強い線形関係があると考えられる。同時に、散水水温が高ければ、散水の水と屋根表面温度の差が多くなり、熱の損失速度が速くなると考えられる。

（3）屋根表面温度と散水流量の関係

散水流量について、散水流量が多ければ、屋根表面に流れる水の量が大きくなる。一步、水の速度が速くなり、滞留する時間が短くなると考えられる。両方を考えると、同じ散水水温で、流量を変わっても、ほぼ同じ屋根平均温度となる。

5. まとめ

本研究では、屋根散水システムを用いて、室外実験を行った。主な結果は以下に示している：

- (1) 散水水温に比べ、散水中、気温、風速が屋根表面に強い影響を与えないことがわかった。
- (2) 散水中、屋根表面温度は散水水温と強い線形関係がある。この関係を用い、散水水温を調整することで、屋根表面温度がコントロールできると考えられる。
- (3) 散水水温が高くなるとともに、最上端と最下端の温度差が大きくなる。中央の4,5行目は全体の屋根表面平均温度が代表できる。

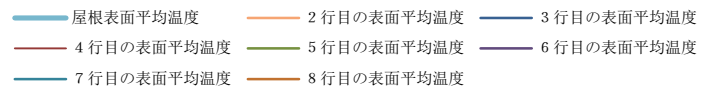


図-11 屋根表面温度と散水水温の関係式

謝辞

本研究に関して、アースフロンティア株式会社の須田氏から貴重なデータを頂いた。記して謝辞とする。

参考文献

- 1) 首相官邸ホームページ：
<http://www.kantei.go.jp/jp/headline/bousai/setsugai.html>
- 2) 消防庁、今冬の雪による被害状況等：
<http://www.fdma.go.jp/bn/H26.5.30setugai.pdf>
- 3) 国土交通省ホームページ：
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/yukimichi/pdf/24.pdf>
- 4) 山崎三知朗：省エネで安価な屋根雪融雪装置の開発研究，福井大学地域環境研究教育センター研究紀要，No.15，2008，pp.123-138.
- 5) 金森英二：安価で効果的な歩道融雪の研究，福井県雪対策・建設技術研究所年報地域技術，第22号，2009，pp.19-26.