

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 24 日現在

機関番号：80122

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25630242

研究課題名(和文)建物外皮の熱放射特性および日射の反射指向特性の制御による融雪法の提案

研究課題名(英文) Proposal of snow melting method by using the thermal radiation characteristics of the building skin and the control of the reflection-oriented characteristics of the solar radiation

研究代表者

堤 拓哉 (Tsutsumi, Takuya)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・その他部局等・研究員

研究者番号：40462345

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：落雪事故の原因となる恐れのある高層建築物の外装部材など雪処理の困難な部位に堆積した積雪を建物外皮の熱放射特性および日射の反射指向特性を利用し融雪する新たな手法の提案を目的として研究を行った。屋外でのモデル実験により、壁面の日射反射率の違いが外装部材(庇)の融雪に及ぼす影響を検討し、熱放射および反射特性を利用した融雪法の有効性を確認した。庇の日射吸収率を増した仕様と反射率の高い仕様を比較すると、庇の上に堆積した積雪の融雪時間の差は最大で50時間以上あった。放射解析の結果、庇の日射吸収率と壁面の反射率を高めた仕様の融雪能力が最も高いことが分かった。

研究成果の概要(英文)：This study aims to propose snow melting method by using the thermal radiation and the control of the reflection of the solar radiation.

The result of this study can be summarized as follows. Outdoor experiments of the snow melting on the eaves had been conducted and the influence of the difference of the solar reflectance of the building material on the melting snow was revealed. The time difference of snow melting has been reached up to 50 hours or more induced by specification difference. As the result of the radiation analysis and experiments, the combination of enhanced reflectivity of solar radiation of the wall and the eaves with high absorptance has been identified as specifications with the advantage of snow melting.

研究分野：雪氷工学

キーワード：融雪法 建物外皮 熱放射特性 反射指向特性

1. 研究開始当初の背景

近年、首都圏の高層建築物では室内環境改善や意匠性の向上を目的に庇やルーバーなど多様な外装部材が用いられるようになってきている(写真1)。これらの外装部材からの落雪事故が度々起きており、特に2014年2月に関東甲信地方が大雪に見舞われて以降、外装部材の雪対策の必要性が高まっている。

空隙のあるルーバーなどの外装部材には一定程度の雪が堆積する事が既往研究により示されているが¹⁾、雪対策に関する技術的資料は十分に整備されておらず、JASS14カーテンウォール工事において融雪設備の設置に関する僅かな記載があるのみである²⁾。首都圏の大雪は10年に一度程度の周期で発生しているため、融雪設備の稼働機会が極めて少なく、その間のメンテナンスや設備更新も必要など、信頼性の確保や省エネルギー性に課題が残る。このため融雪設備に依存しない、外装材の雪対策に関する技術開発が必要とされている。



写真1 外装部材(庇等)の例

2. 研究の目的

落雪事故の原因となる恐れのある高層建築物の外装部材など雪処理の困難な部位に堆積した積雪を建物外皮の熱放射特性および日射の反射指向特性を利用し融雪する新たな手法の提案を目的とする(図1)。

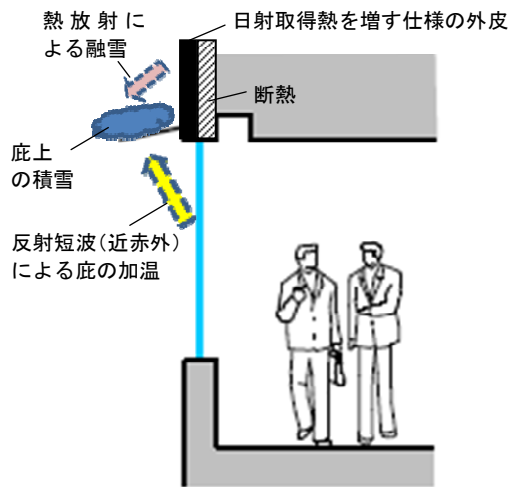


図1 検討する融雪法の概念図

3. 研究の方法

研究内容は下記の4項目である。

- (1) 文献調査による基礎データの整理
文献調査等により外装材の反射特性などの知見およびデータを収集する。
- (2) 熱放射特性を利用した融雪法の検討
外装部材を対象とした放射解析により融雪に有効な仕様を検討する。
- (3) 建物外皮の放射特性の測定
外装部材を対象とした放射測定により建物外皮の放射特性を把握する。
- (4) 外装部材の融雪に関するモデル実験
屋外でのモデル実験により外装部材における融雪状況を把握する。

4. 研究成果

(1) 文献調査による基礎データの整理
文献調査により、建材に用いられている材料・塗料等の反射特性および分光反射率のデータを整理した。反射特性および反射率は材料等によって大きく異なり、一般に白色あるいは鏡面状の材料の反射率は高く、濃色系の材料の反射率は低い^{3),4)}。融雪法を検討する上で、材料の表面温度を上げ融雪する部位には濃色系の材料を選定し、融雪する部材の日射取得を増進させるには正反射特性を持ち反射率の高い材料を壁面等に用いる必要があることが分かった。

(2) 熱放射特性を利用した融雪法の検討

①解析モデルおよび解析条件

解析対象は壁面に庇があるモデルとし、庇および壁面の反射率が融雪能力に及ぼす影響等について熱収支式により解析した。解析モデルおよび解析条件を図2に示す。

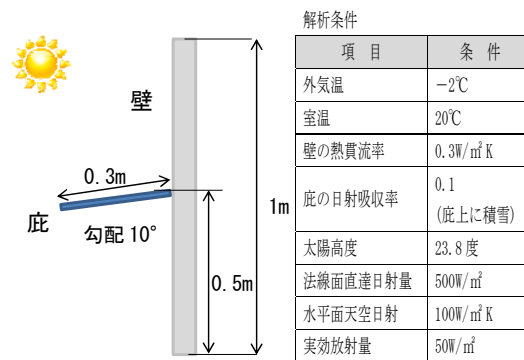


図2 解析モデル

②解析結果

図3に壁面の反射率(日射吸収率)と庇の融雪能力の関係を示す。図3に示すように壁面の反射率が高いほど、庇が吸収する日射量が多くなり、庇の融雪能力が高くなることが分かった。また低反射の場合は風速による融雪能力の減少も大きい。これは長波長放射による伝熱は、対流放熱による熱損失が発生するためである。図4に壁面および庇の反射率と庇の融雪能力との関係を示す。図4によれば、高反射の壁面で低反射の庇とした場合に最も融雪能力が高い結果となった。解析により得られた融雪能力の高い仕様例を写真2に示す。

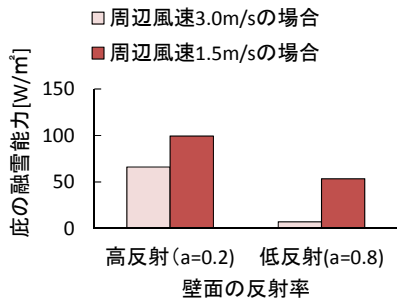


図3 壁面の反射率と底の融雪能力との関係

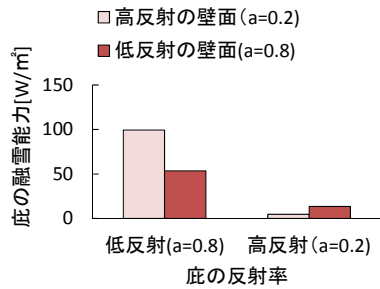


図4 底の反射率と底の融雪能力との関係



写真2 底の融雪を促進する仕様
(壁面：高反射仕上、底：低反射仕上)

(3) 建物外皮の放射特性の測定

外装部材の表面仕上の違いが放射環境に及ぼす影響を調べるため、仕様の異なる底と壁面を模した試験体を対象に放射測定を行った(表1)。試験体 No. 1 は壁面および底が全て黒色で反射率の低い仕様、No. 2 は壁面が白色の高反射、底が黒色の低反射の仕様、No. 3 は壁面および底が全て高反射の仕様である。底はアルミ製の既製品(出幅 500×長さ 900mm)である。試験体は北海道旭川市にある北方建築総合研究所の敷地内に壁面が南面を向くように設置し、放射収支計を用いて、底上の放射収支の測定を行った(写真3)。

表1 試験体の仕様

名称	壁面	底
No. 1	低反射(黒色)	低反射(黒色)
No. 2	高反射(白色)	低反射(黒色)
No. 3	高反射(白色)	高反射(白色)



写真3 試験体の設置状況

図5に底からの短波放射、図6に底からの長波放射の測定結果を示す。底の仕様(反射率)の違いにより、融雪に係る底上の放射特性が大きく変わる結果となり、反射率が低いと長波放射が大きくなる。仕様の違いによる放射特性を比較すると図7のようになる。光の反射を利用することにより、特定部位において融雪に使える熱量を相対的に多くすることが出来ることが分かった。

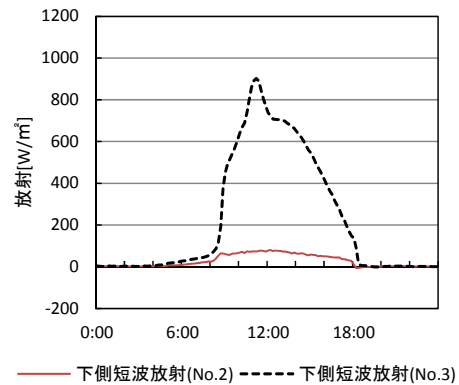


図5 底からの短波放射の測定結果

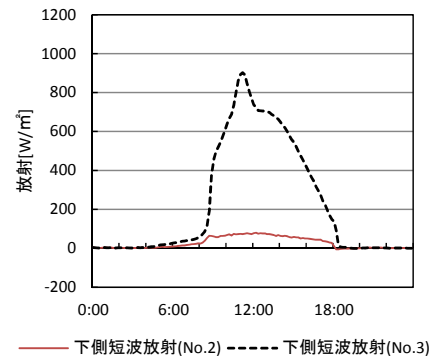


図6 底からの長波放射の測定結果

		試験体No.1	試験体No.2	試験体No.3
短波放射	上側	少ない	多い	多い
	下側	少ない	少ない	多い
長波放射	上側	標準	標準	標準
	下側	多い	多い	少ない

図7 仕様の違いによる放射特性の比較

(4) 外装部材の融雪に関するモデル実験

融雪のモデル実験は北方建築総合研究所の敷地内で2014年11月～2015年3月にかけて実施した。試験体は(3)と同様である(写真3)。試験体の積雪状況および融雪状況は、インターバルカメラを用いて10分間隔で記録した。

モデル実験実施期間において、庇上に融雪が起きたのは8回確認された。融雪状況を写真4～10、気象状況および融雪時間の一覧を表2に示す。融雪が完了した目安は庇上の積雪が全て無くなった状態とした。表2によれば、壁面が高反射で庇が低反射の仕様の融雪時間が最も早いケースが4ケース、壁面および庇が低反射の仕様が早いケースが4ケースで同数であった。降雪量20cm以上の条件(4回)をみると、壁面が高反射で庇が低反射の仕様における融雪時間が短くなるケースが多い。一般的な仕様である壁面および庇が高反射の仕様との融雪時間の差は最大で50時間以上あった(2014/11/14)。

以上から、外装の仕様の違いが融雪時間に差をもたらすことが確認された。黒色で統一した仕様と低反射と高反射を組み合わせた仕様では、ほぼ同様の融雪性能であったが、降雪量が20cm以上の条件では、低反射と高反射を組み合わせた仕様の融雪時間が短くなるケースが多い結果となった。



(a) 融雪前



(b) 融雪後

写真5 2014/12/17のケース



(a) 融雪前



(b) 融雪後

写真4 2014/11/14のケース



(a) 融雪前



(b) 融雪後

写真6 2014/12/22のケース



(a) 融雪前



(b) 融雪後

写真7 2014/12/31のケース



(a) 融雪前



(b) 融雪後

写真9 2015/2/24のケース



(a) 融雪前



(b) 融雪後

写真8 2015/1/8のケース



(a) 融雪前



(b) 融雪後

写真10 2015/3/2のケース

表2 モデル実験結果

日付/気象状況	仕様 (壁-庇)	融雪開始時刻 融雪終了時刻	融雪 時間
①2014/11/14 降雪量 20cm 平均気温 -0.7℃	高反射-高反射	2014/11/14/07:00 2014/11/19/14:25	127h25
	高反射-低反射	2014/11/14/07:00 2014/11/17/11:55	76h55
	低反射-低反射	2014/11/14/07:00 2014/11/17/13:05	78h05
②2014/12/17 降雪量 25cm 平均気温 -1.7℃	高反射-高反射	2014/12/17/07:00 2014/12/20/16:45	80h45
	高反射-低反射	2014/12/17/07:00 2014/12/20/11:23	76h23
	低反射-低反射	2014/12/17/07:00 2014/12/20/11:53	78h53
③2014/12/22 降雪量 32cm 平均気温 -6.7℃	高反射-高反射	2014/12/22/07:00 全て融雪せず	-
	高反射-低反射	2014/12/22/07:00 2014/12/26/12:02	101h02
	低反射-低反射	2014/12/22/07:00 2014/12/28/12:39	144h39
④2014/12/31 降雪量 14cm 平均気温 -8.2℃	高反射-高反射	2015/01/01/07:00 全て融雪せず	-
	高反射-低反射	2015/01/01/07:00 2015/01/01/12:44	5h44
	低反射-低反射	2015/01/01/07:00 2015/01/01/12:04	5h04
⑤2015/01/08 降雪量 28cm 平均気温 -1.9℃	高反射-高反射	2015/01/08/09:00 全て融雪せず	-
	高反射-低反射	2015/01/08/09:00 2015/01/12/15:35	102h35
	低反射-低反射	2015/01/08/09:00 2015/01/11/12:47	75h47
⑥2015/02/24 降雪量 10cm 平均気温 -1.3℃	高反射-高反射	2015/02/24/07:00 2015/02/24/12:48	5h10
	高反射-低反射	2015/02/24/07:00 2015/02/24/11:18	4h18
	低反射-低反射	2015/02/24/07:00 2015/02/24/11:08	4h08
⑦2015/03/02 降雪量 14cm 平均気温 -0.6℃	高反射-高反射	2015/03/02/10:00 2015/03/05/11:13	73h13
	高反射-低反射	2015/03/02/10:00 2015/03/03/13:03	27h03
	低反射-低反射	2015/03/02/10:00 2015/03/03/12:53	26h53
⑧2015/03/12 降雪量 19cm 平均気温 -1.2℃	高反射-高反射	2015/03/12/7:00 2015/03/13/14:03	31h03
	高反射-低反射	2015/03/12/7:00 2015/03/12/11:31	4h31
	低反射-低反射	2015/03/12/7:00 2015/03/12/12:11	5h11

(5) まとめ

落雪事故の原因となる恐れのある高層建築物の外装部材など雪処理の困難な部位に堆積した積雪を建物外皮の熱放射特性および日射の反射指向特性を利用し融雪する新たな手法の提案を目的として、モデル実験、放射解析等による検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 放射解析の結果、庇の日射吸収率と壁面の反射率を高めた仕様の融雪能力が最も高いことが分かった。
- 2) 屋外でのモデル実験により、壁面の日射反射率の違いが外装部材 (庇) の融雪に及ぼす影響を検討し、熱放射および反射特性を利用した融雪法の有効性を確認した。庇の日射吸収率を増した仕様と反射率の高い仕様を比較すると、庇の上に堆積した積雪の融雪時間の差は最大で50時間以上あった。

以上の検討結果を踏まえ、超高層建築物等

の外装材における雪対策の基礎資料として活用を図る。また、本融雪手法の実用化に向けた検討を進める。

<引用文献>

- 1) 堤拓哉, 佐藤威, 苫米地司, 千葉隆弘: 建物外壁に設置されるルーバー庇の積雪性状に関する実験的研究, 日本建築学会技術報告集, Vol.16, pp.59-62, 2010
- 2) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説, JASS14 カーテンウォール工事, p124, 2012.2
- 3) 日本建築学会: 建築学体系 (室内環境計画), No.22, 1969
- 4) 藤本哲夫, 岡田朋和, 近藤靖史: 高反射塗料の日射反射特性に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, No.601, pp.35-41, 2006.3

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計1件)
堤拓哉, 月館司, 阿部佑平: 建築物の庇を対象とした積雪・融雪観測, 2014年度日本建築学会大会, 2014.9.12, 神戸市

6. 研究組織

(1) 研究代表者
堤拓哉 (TSUTSUMI Takuya)
北海道立総合研究機構・北方建築総合研究所環境研究部・主査
研究者番号: 40462345

(2) 研究分担者
月館司 (TSUKIDATE Tsukasa)
北海道立総合研究機構・北方建築総合研究所環境研究部・研究主幹
研究者番号: 10462326

阿部 佑平 (ABE Yuhei)
北海道立総合研究機構・北方建築総合研究所地域研究部・研究職員
研究者番号: 70614147