

融雪瓦の開発（第2報）

山本 紀一 倉地 辰幸 長谷川龍三

Development of Snow Melting Roofing Tiles (Part II)

by

Kiichi YAMAMOTO, Tatsuyuki KURACHI and Ryuzo HASEGAWA

前報で報告した試作品を改良した融雪瓦を製作し、実際に屋根に葺き上げ、融雪効果を検討した。融雪瓦一枚当たりの負荷電力は30Wで、ニクロム線の種類と加工条件は次のとおりである。①種類；JIS NCHW2，②線径；0.16mmφ，③形状；コイル巻き，④コイル内径；1.0mmφ，⑤長さ；5904mm，⑥巻き数；1880回，⑦線間隔；線径の3.9倍，⑧使用電圧；100V，⑨絶縁チューブ；シリコン（内径×外径）2×3mmφ。融雪瓦の曲げ破壊荷重は327kgfでJIS規格120kgfの約2.7倍であった。融雪瓦を4×6枚のパネルに組み、全天候環境実験室で融雪実験を行った結果、平均融雪効率（通電開始から終了1時間まで）は約65%であった。また、新潟県長岡市において行った約54㎡のフィールド実験の結果、負荷電力は30Wで十分であり、棧瓦は1行おきに融雪瓦にしても融雪機能は十分あり、2行おきでもよいと考えられる。落雪事故防止のため万十瓦と袖瓦は融雪瓦にしたほうがよく、雪止め瓦は融雪瓦にしくてもよい。

1. まえがき

豪雪地向けに除雪機能を付加した屋根材の開発が求められている。前報¹⁾で報告した試作品を改良した融雪瓦を製作した。この融雪瓦を実際に屋根に葺き上げたときの融雪効果を実験室規模の融雪実験とフィールド規模の融雪実験を行って評価した。

2. 実験方法

2.1 融雪瓦の製作

瓦1枚当たりの負荷電力は30Wとし、瓦への配線は図1に示すように施工長さ1550mmで6段折り返しとした。

ニクロム線の種類と加工条件は次のとおりである。

- ①種類；JIS NCHW2 ②線径；0.16mmφ
- ③形状；コイル巻き ④コイル内径；1.0mmφ
- ⑤長さ；5904mm ⑥巻き数；1880回
- ⑦線間隔；線径の3.9倍 ⑧使用電圧；100V
- ⑨絶縁チューブ；シリコン（内径×外径）2×3mmφ

前年度と比較した主な改良点は、機械加工しやすくするためコイル内径を0.8から1.0mmφにしたこと、絶縁チューブの耐熱性を高めるためシリコンチューブにしたことである。

また、溝をつけたことによる強度低下の影響を調べるためJIS規格による曲げ破壊荷重を測定した。

2.2 融雪実験

2.2.1 実験室規模の融雪実験

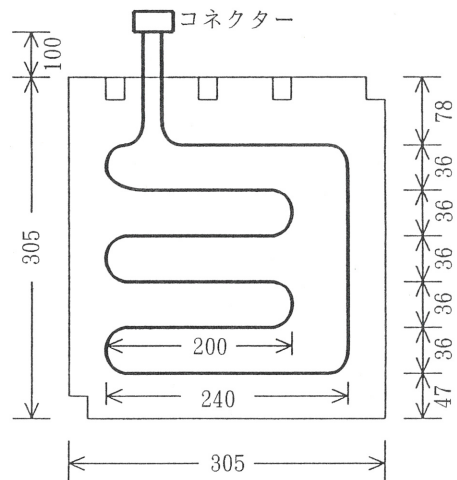


図1 融雪瓦の発熱体の配線図（瓦の裏面）
（単位：mm）

中部電力電気利用技術研究所の協力を得て、全天候環境実験室で融雪実験を行った。発泡スチロール製屋根下地材の上に図2に示すように融雪瓦を配列し、左から2列目に温度測定用センサーを取り付けた。

室温-5℃で無風、降雪速度約5 cm/hの条件で融雪瓦の上に約24 cm降雪させてから通電を開始した。

なお、通電中は降雪口を移動させて新しい雪が積もらない状態で行った。融雪実験状況を写真1に示す。

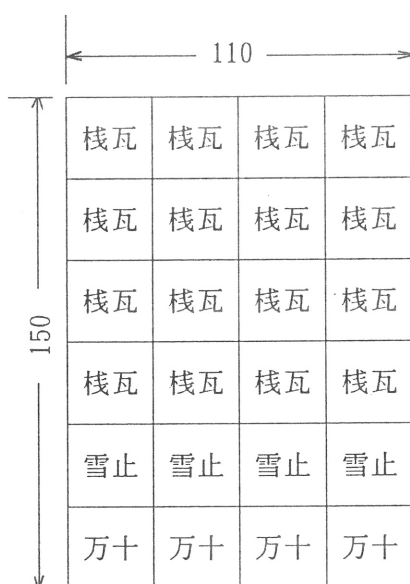


図2 融雪試験の瓦の配列
(単位: cm)

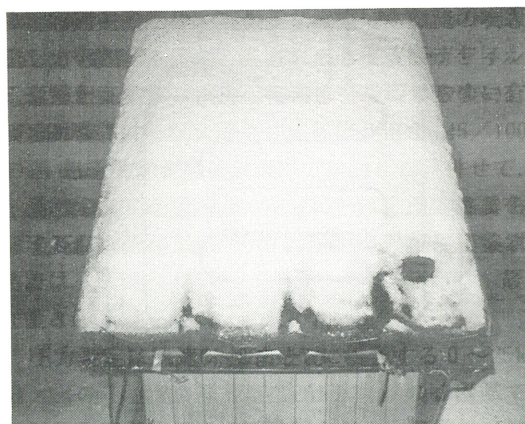


写真1 全天候環境実験室での融雪実験

融雪効率は次の式で算出した。

$$\text{融雪効率} = (G \times Q) \times 100 / 860 \times P (\%)$$

ここに、

G ; 融雪水量(g)

Q ; 融解熱 (80 cal/g)

P ; 電力量(Wh)

2.2.2 フィールド規模の融雪実験

新潟県長岡市の事務所(屋根面積約54 m²)に融雪瓦を施工した。施工工事の状況を写真2～4に示す。使用した融雪瓦の種類と数量は下記のとおりである。

栈瓦	650枚
雪止瓦	156枚
万十瓦	62枚

合 計 868枚

電気配線は南屋根と北屋根の2系統とし、各屋根につき14行31列である。各屋根別に各行、各列毎に融雪瓦の通電をコントロールできるように結線し、行は軒先から、列は東側から順に番号を付け位置が特定できるようにした。

融雪瓦の表面温度を測定するために、15列目の1行目から14行目までに温度測定用センサーを取り付けた。

電力量は南屋根と北屋根に別々に積算電力計を設置して計測し、使用電力料金は融雪電力の利用料金である1 kWh当たり9.8円で計算した。

なお、この融雪実験は愛知県陶器瓦工業組合が実施したもので、当センターはその技術指導を行った。



写真2 フィールド融雪実験の全景

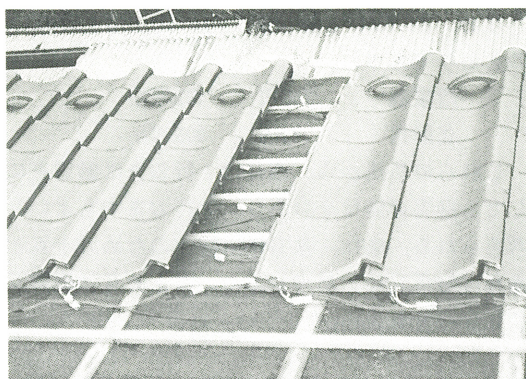


写真3 フィールド融雪実験の施行途中

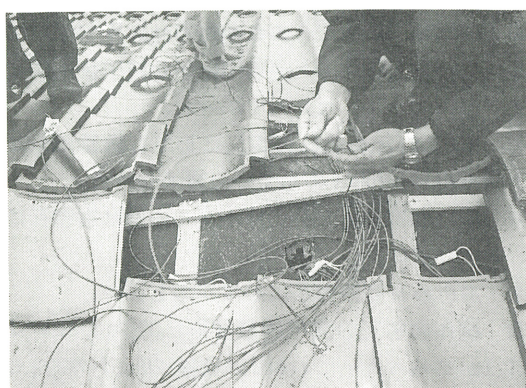


写真4 フィールド融雪実験の温度センサーの配線

3. 実験結果及び考察

3.1 融雪瓦の曲げ破壊荷重

融雪瓦の曲げ破壊荷重は327kgf、厚さは14.1mmであった。これは曲げ破壊荷重のJIS規格120kgfの約2.7倍である。

なお、平成3年度の愛知県陶器瓦工業組合員の釉薬瓦の品質検査結果²⁾の平均値は曲げ破壊荷重は237kgf、厚さは13.5mmである。13.5mmの厚さで融雪瓦を製作しても強度的には問題ないと思われる。

3.2 実験室規模の融雪実験

実験結果を図3に示す。実験中は103V、7.1Aで通電したが、瓦の表面と発熱体部の温度はかなり変動している。瓦の表面と発熱体部の温度は通電すると急激に上昇し、1.5時間で最高となり、

その後徐々に降温し、3.5~4時間で最低となる。再び昇温を始め、その傾向は緩やかに継続している。

融雪効率は通電してから約1時間経過すると急激に上昇し1.5時間で約50%となる。その後下降し、約3.3時間で約20%となる。再び急激に融雪効率が高くなり、約4時間後に100%となる。しかし、その後再び低下するが6時間後には約85%でほぼ一定となった。なお、通電開始から終了後1時間までの平均融雪効率は65%であった。

フィールド実験での融雪効率は、面状発熱体を瓦の上に設置した場合72%、瓦の下に設置した場合27%という報告がある³⁾。

融雪効率の低下は、積雪が融解してブリッジ状となり、熱の伝達が阻害されることが一因と考えられる。雪がブリッジ状となり熱の伝達が阻害されると、瓦の表面温度は上昇するものと思われる。

しかし、1度目の融雪効率の低下時は瓦の表面温度と瓦裏面の発熱体部分の温度は下降傾向であり、2度目の融雪効率の低下時は瓦の表面温度と瓦裏面の発熱体部分の温度は上昇傾向である。

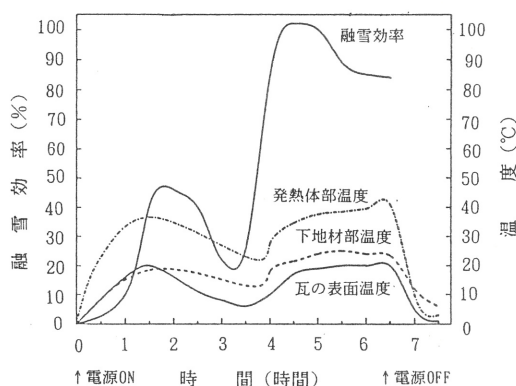


図3 融雪時間と融雪効率の関係

3.3 フィールド規模の融雪実験

その1. 全行(28行)通電した場合

写真5に融雪状態を示す。屋根全面に積雪はないが、屋根の右側に雪が残っている。これは、袖瓦を融雪瓦にしていなかったためである。ベランダの屋根や樹木に前夜来の積雪がうかがえる。

なお、8:00から20:00までの使用電力量は次のとおりであった。

南屋根	402円	41kWh
北屋根	412円	42kWh



写真5 フィールド融雪実験（全行通電）

その2. 12行通電（16行無通電）した場合

写真6に融雪状態を示す。通電したのは、1, 3, 5, 7, 9, 13の奇数行である。通電行に積雪はなく、通電して無い行もその上の融雪水に溶かされて残雪量は少なくなっている。前の実験同様にベランダの屋根や樹木に前夜来の積雪がうかがえる。



写真6 フィールド融雪実験（12行通電）

なお、8:00から20:00までの使用電力量は次のとおりであった。

南屋根	392円	40kWh
北屋根	392円	40kWh

これらの結果から、棧瓦は1行おきに融雪瓦にしても融雪機能は十分あり、2行おきでもよいと考えられる。また、落雪事故防止のため万十瓦と袖瓦は融雪瓦にした方がよく、雪止め瓦は融雪瓦にしくなくてもよい。

4. まとめ

- (1) 融雪瓦一枚当たりの負荷電力は30Wで十分であり、平均融雪効率（通電開始から終了後1時間までの融雪効率）は65%であった。
- (2) 棧瓦は1行おきに融雪瓦にしても融雪機能は十分あり、2行おきでもよいと考えられる。
- (3) 落雪事故防止のため万十瓦と袖瓦は融雪瓦にしたほうがよい。
- (4) 雪止め瓦は融雪瓦にしくなくてもよい。
- (5) 試作融雪瓦の曲げ破壊荷重は327kgf、厚さは14.1mmであった。これはJIS規格120kgfの約2.7倍である。なお、釉薬瓦の平均厚さ13.5mmで融雪瓦を製作しても強度的には問題ないと思われる。

謝 辞

本研究にあたり終始ご協力頂きました、中部電力株式会社 電気利用技術研究所及び新潟県長岡瓦業組合長 杉本進氏に深謝致します。

参考文献

- 1) 山本紀一, 浅井邦雄, 愛知県常滑窯業技術センター報告, No.18, 23~28 (1991)
- 2) 浅井邦雄, 愛窯技ニュース, No.91, '92-1
- 3) 山中邦彦, 池谷秀輝, 安藤雅仁, 矢崎技術リポート, 第14号, 26~31 (1989)