

建物の断熱性能の違いが屋根積雪性状に与える影響

Influence of thermal performance of buildings on roof snow

阿部佑平，堤拓哉（北海道立総合研究機構北方建築総合研究所）

千葉隆弘（北海道工業大学）

Yuhei Abe, Takuya Tsutsumi, Takahiro Chiba

1. はじめに

近年，北海道では高い断熱性能を有する住宅が建設されている．高断熱住宅では，建物からの熱損失が小さくなるため，屋根雪は融けにくく屋根雪荷重は大きくなる．一方，低断熱住宅では，建物からの熱損失が大きくなるため，屋根雪は融けて屋根雪荷重は小さくなるが，融雪・再凍結により雪質は大きく変化し，つららや氷板が形成される．また，建物からの熱損失は断熱性能のみならず建物の室温によっても異なるため，建物の使用状況によっても屋根雪は大きく異なる．

以上より，屋根雪は気象条件のみならず，建物の断熱性能や室温の影響を受け，その性状は大きく異なる．しかしながら，これらの関係については，定量的な把握に至っていない．そこで本研究では，屋根の断熱性能を3種類有する実験建物を製作し，旭川市と札幌市において屋根積雪深，雪質，密度などの屋根積雪性状を観測したので，その結果を報告する．

2. 屋根雪の実測調査

実測調査は北海道旭川市にある北方建築総合研究所と，北海道札幌市にある北海道工業大学の敷地内で行った．実測対象とした建物は，平面 5.45 m×2.3 m，高さ 2.603 m の矩形の鉄骨造プレハブである（図-1）．屋根断熱厚さの違いによる屋根積雪性状を把握するために，天井を3等分し，室内側から 50 mm，100 mm，200 mm の断熱材を施工した．壁・床にも 50 mm の断熱材を施工した．室内は電気ストーブ（最大暖房能力 600 W／台）で暖房を行い，サーモセンサーで室温を制御した．旭川では 20℃，札幌では 15℃に室温を設定した．温度むらを作らないように，扇風機を用いて空気を攪拌させた（表-1，図-2）．また，積雪条件を同一にするため，冬季の卓越風が実測建物の長手方向に対して垂直にあたるように配置をした（図-1）．

表-1 実測条件

	旭川		札幌	
実測期間	2011/12/09～2012/03/31		2011/12/08～2012/03/30	
設定室温[℃]	20		15	
断熱材熱伝導率 [W/mK]	天井	0.040	天井	0.040
	壁	0.034	壁	0.034
	床	0.028	床	0.034
		0.034		
ストーブ[台]	2		1	

※旭川では床の断熱材を2種類使用した。

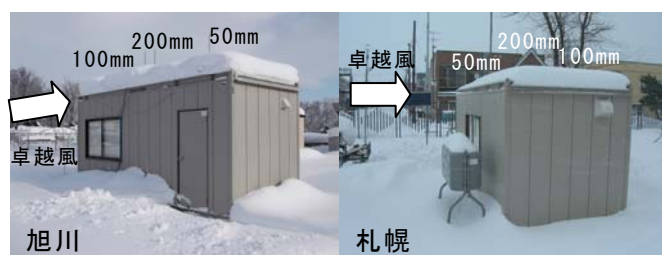


図-1 実測対象建物

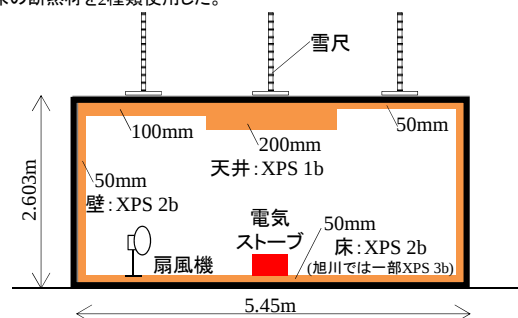


図-2 実測概要

3. 実測結果

3.1 屋根積雪深と地上積雪深

図-3 に屋根積雪深と地上積雪深の推移を示す。屋根積雪深は、鋼製の雪尺を用いて 1 日 1 回測定を行った。地上積雪深は、旭川では気象庁観測データを用い、札幌では実測建物近くに積雪深計を設置し測定を行った。

旭川では、断熱 100 mm と 200 mm の屋根積雪深はほぼ同一で推移し、2 月中旬までは地上積雪深と大差なく、100 mm では最大で 81 cm、200 mm では 82 cm に達した (2 月 13 日)。実測期間における断熱 50 mm と断熱 100 mm・200 mm との屋根積雪深の差は、平均して約 10 cm であった。3 月末には外気温が 11℃まで上昇したため融雪が進み、断熱 50 mm は 3 月 30 日、断熱 100 mm と 200 mm は 3 月 31 日に消失した。

札幌では、旭川と同様に断熱 100 mm と 200 mm の屋根積雪深の推移が殆ど同じであったが、3 月上旬までは地上積雪深より 1~2 割程度少なかった。実測期間における断熱 50 mm と断熱 100 mm・200 mm の屋根積雪深の差は、設定室温の高い旭川よりも大きく平均して約 13 cm であった。3 月上旬から屋根積雪深が徐々に減少し、断熱 50 mm は 3 月 28 日、断熱 100 mm と 200 mm は 3 月 30 日に消失した。

実測期間を通して、断熱 100 mm と 200 mm の屋根積雪深の推移が旭川と札幌でほぼ同一であった原因の一つに、屋根上で風による積雪の再配分が起きていたことが考えられる。今後、風向や風速の分析を行い明らかにしていきたい。

3.2 積雪重量

図-4 に積雪重量の変化を示す。積雪重量は、神室型スノーサンプラー(断面積 20 cm²)を用いて測定を行った。

旭川では、測定日における積雪重量の最大値は断熱 50 mm で 180 kg/m²、100 mm で 214 kg/m²、200 mm で 230 kg/m²となり、断熱の厚い方が最大値は大きく 200 mm と 50

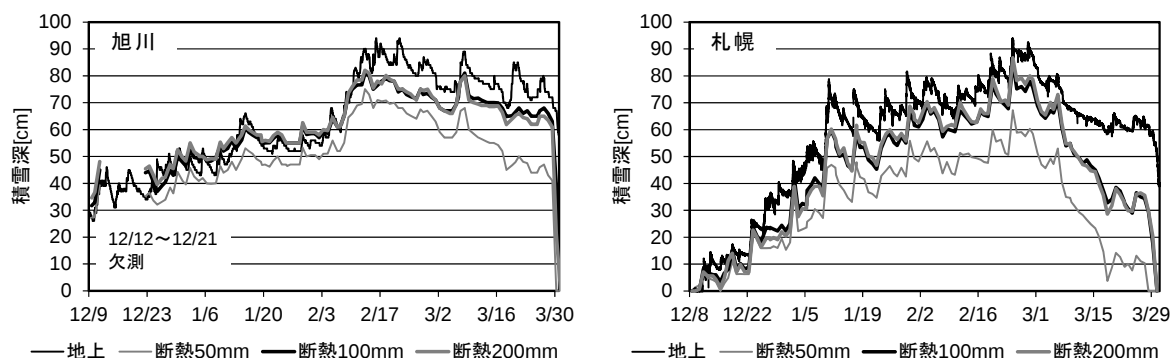


図-3 屋根積雪深と地上積雪深の推移

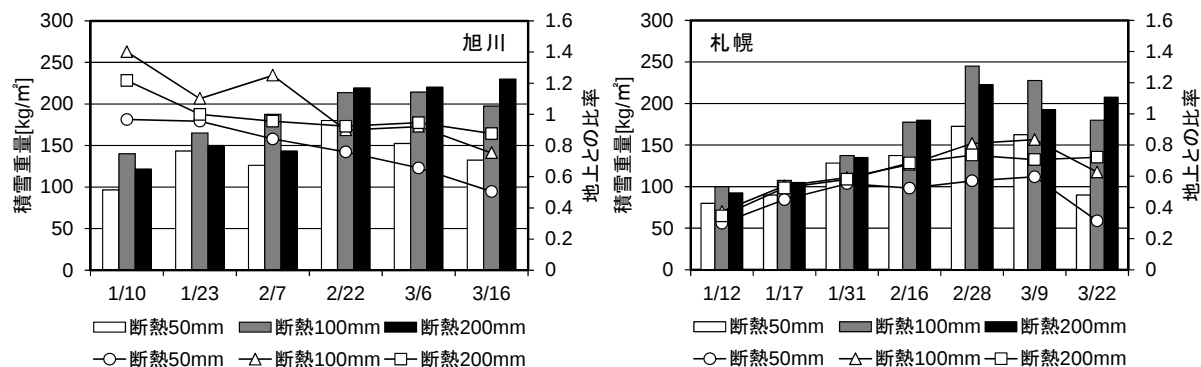


図-4 積雪重量の変化

mm では 50 kg/m^2 の差があった。また、断熱 100 mm と 200 mm は、2 月初旬まで地上との積雪重量の比率が 1 を超える場合もあった。

札幌では、測定日における積雪重量の最大値は断熱 50 mm で 173 kg/m^2 、 100 mm で 245 kg/m^2 、 200 mm で 223 kg/m^2 となり 100 mm で最も大きく、実測期間を通して地上よりも小さい。断熱 50 mm と 100 mm には 72 kg/m^2 の差があった。

3.3 雪温の鉛直分布

図-5 に最深積雪時に観測した雪温の鉛直分布を示す。屋根雪の雪温は、旭川、札幌ともに断熱 200 mm が最も低く、断熱 50 mm と 100 mm はほぼ同じであった。また、地上の雪温と比較すると、積雪下層では地上の方が屋根雪よりも高い傾向にあった。

3.4 雪密度の鉛直分布

図-6 に最深積雪時に観測した雪密度の鉛直分布を示す。屋根雪密度は、角形密度サンプラー（容積 100 cm^3 ）を用いて測定を行い、風上側から鉛直方向 10 cm 毎に積雪を採取した。

旭川では、屋根雪密度の鉛直分布は積雪下層から上層に向かって密度分布が小さくなり、屋根雪と地上積雪の密度分布の傾向は概ね同じであった。

札幌でも、積雪下層から上層に向かって密度が小さくなった。高さ 40 cm までは、屋根上と地上の密度分布は殆ど同じであった。

3.5 雪質

図-7 に最深積雪時に観測した雪質を示す。旭川では、屋根雪の下層には氷板が形成されていた。

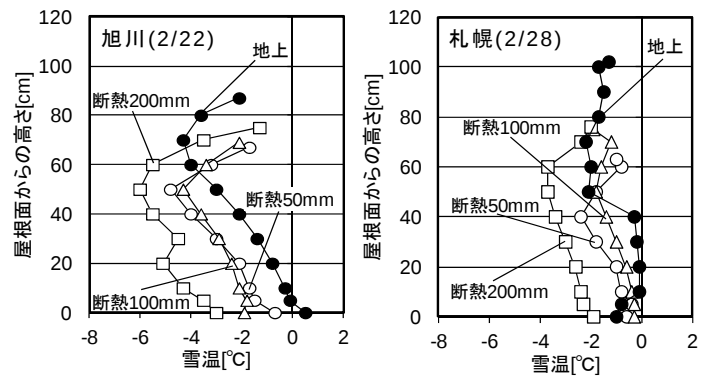


図-5 雪温の鉛直分布

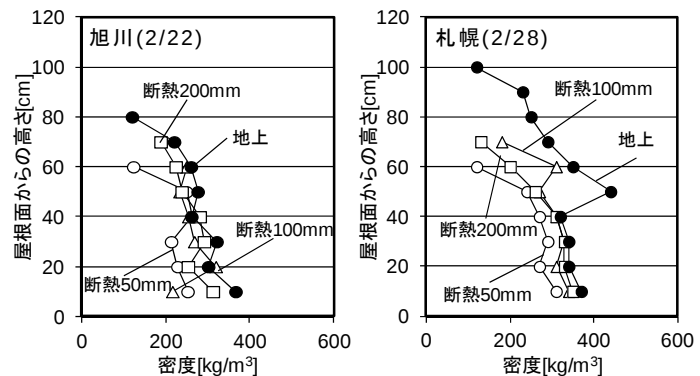


図-6 雪密度の鉛直分布

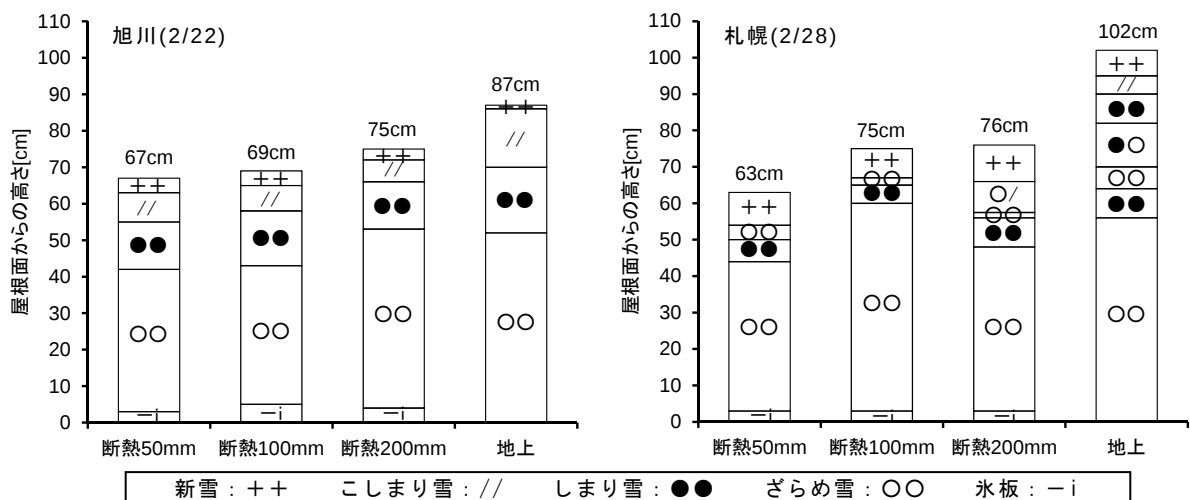


図-7 雪質

これは、建物からの熱損失によって雪が融け、発生した水が再凍結して氷板となったためである。屋根雪の層構造は氷板を除き地上と同じであった。

札幌でも、屋根雪の下層には氷板が形成されていた。また、札幌は旭川よりも外気温が高いため、屋根雪と地上積雪の上層でもざらめ雪が観測された。

3.6 屋根面における融雪量

室内からの熱損失による屋根雪の融雪を考察するため、最深積雪時を対象に屋根面における融雪量を算出した。算出では、室内側の断熱材表面温度と屋根表面温度の温度差と屋根の断面構成から熱流を算出し¹⁾、算出した熱流と雪密度と氷の融解熱 (3.34×10^5 [J/kg]) から融雪量を算出した。

図-8 に 1 時間あたりの融雪量を示す。旭川は札幌よりも室内の設定温度が 5℃ 高いため、各断熱厚さにおける融雪量は旭川の方が大きい。

図-9 に 1 日あたりの融雪量を示す。断熱材の厚さを 2 倍にすると 50%，4 倍にすると 70% も融雪量は減少し、室温が 5℃ 低下すると融雪量は 40% 減少する算出結果となった。しかしながら、積雪深の観測 (図-3) では旭川、札幌ともに断熱 100 mm と 200 mm の屋根積雪深はほぼ同一であったため、両者の融雪量には殆ど変わらないと予想されることから、融雪量の算出方法に関しては今後更なる検討を行う必要がある。

4. まとめ

本研究では、屋根の断熱性能を 3 種類有する実験建物において実測調査を行い、屋根積雪性状に関する基礎的なデータを得た。今後は、屋根面における融雪量の算出方法に関して更なる検討を行う他、実建物における屋根雪観測も行っていく予定である。

謝辞

本研究は科研費 (研究活動スタート支援 課題番号: 23860065) の助成を受けたものである。記して感謝する。

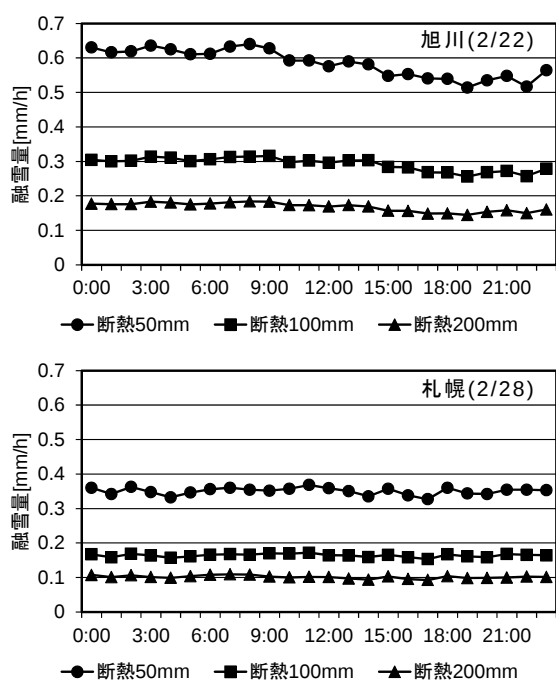


図-8 1 時間あたりの屋根面の融雪量

参考文献

- 1) 高倉政寛ら, 2010: 積雪寒冷地域に建設された戸建住宅の厳寒期における小屋裏温度推移について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), B-1, 229-230

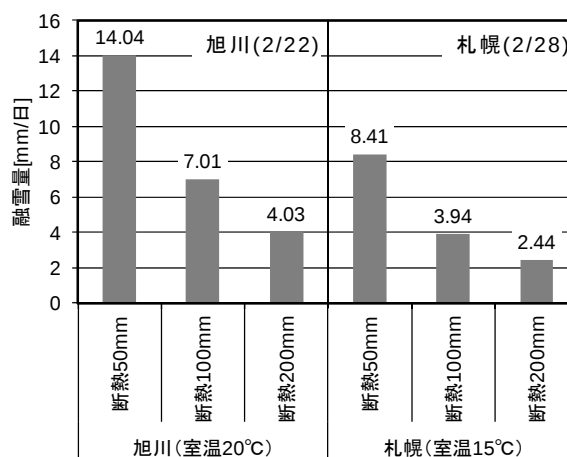


図-9 1 日あたりの屋根面の融雪量