

## 大雪で破損した膜構造建築物周辺の積雪調査

中村一樹\*・阿部修\*・佐藤研吾\*

### Snow Survey Around a Damaged Membrane Structure Caused by Heavy Snowfall

Kazuki NAKAMURA, Osamu ABE, and Kengo SATO

*\*Snow and Ice Research Center,  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan  
kazuki.snow@bosai.go.jp*

#### Abstract

A heavy snowfall event near the Pacific Ocean was caused by a cyclone that passed through the south coast of Honshu on February 14–16, 2014. The membrane of the roof of Shellcom Sendai in Izumi Ward, Sendai City was damaged by the heavy snowfall at about 10:00 JST on February 16, 2014. We concluded that the cause of the membrane damages of the roof was due to snowdrift caused by strong wind and partial snowfall.

**Key words:** heavy snow, membrane structure, snow load, unbalanced snow load

#### 1. はじめに

2014年2月14日～16日にかけて、本州南岸を発達した低気圧が通過し、太平洋側各地で大雪となった。仙台市泉区にあるシェルコムせんだいは2014年2月16日午前10時ごろ、東側出入口付近のシート状の屋根が縦5メートル、横10メートルにわたり破損した。破損部分には3～4メートルの積雪があり、重みで裂けたとみられる。けが人はなかった。(河北新報ホームページ2014年2月18日より)。

融雪が生じて現地の積雪量に変化する前に構造物破損の要因推定の一助となる積雪量を把握し、気象条件の考察を行うことで、災害防止に資することを目的として調査を実施した。

#### 2. シェルコムせんだいについて

シェルコムせんだいの概要は以下の通りである(主にシェルコムせんだいホームページより)。

- 所在地  
宮城県仙台市泉区野村字新桂島前48番地

- 開閉式鉄骨骨組膜構造(屋根部分の約40%がグラウンド面から開閉可能、膜はふっ素樹脂膜材)
- 開設: 2000年7月14日
- 面積と高さ  
13,132m<sup>2</sup>: 両翼91.5m, 中堅115.82m: 砂入り人工芝グラウンド面から天井までの高さ約51m
- 利用可能種目:  
野球(軟式, 少年)1面, ソフトボール1面, テニス6面, サッカー1面, フットサル6面, アメリカンフットボール1面, その他ゲートボール, 運動会, 各種集会, ニュースポーツ等に利用可能
- 観覧席  
可動観客席870席, 固定観客席180席, 計1,050席

#### 3. 調査方法

破損事故発生3日後の2014年2月19日に、建物の破損状況の観察、及び建物南東側の平坦地上で積雪深、雪質、密度の現地調査を行なった。20日及び

\* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター

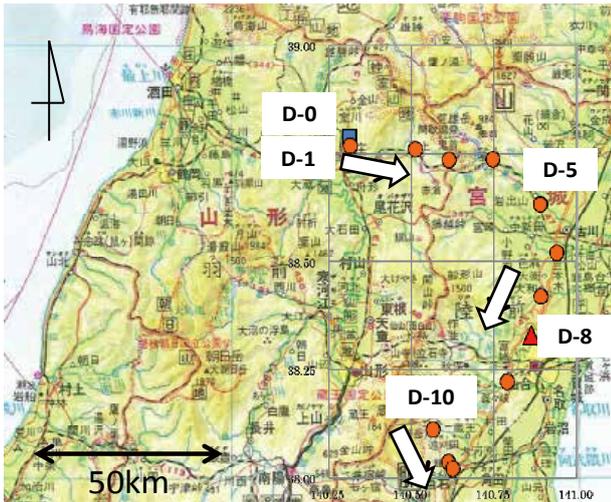


図1 調査箇所(□新庄実験所 D-0, △シェルコム D-8, D-8を除き矢印は調査の順番を示す)

Fig. 1 Location of the observation sites (□ : Shinjo Cryospheric Environment Laboratory, △ : Shellcom Sendai).

21日には、新庄市から仙台市にかけて積雪深、密度の測定を行い、周辺の積雪分布を把握する周辺積雪調査を実施した。調査箇所を図1に示す。

また、周辺の気象データ及び天気図を収集し、気象経過を考察した。

#### 4. 調査結果

初めに周辺積雪調査の結果を示してシェルコムせんだい周辺の積雪状況を把握し、次に現地調査の結果を示す。

##### 4.1 周辺積雪調査結果

図2に各調査箇所における積雪重量と全層平均密度を示す。D-4～D-12の宮城県側の積雪重量は標高の高いD-10(389m)を除くと47～77kg/m<sup>2</sup>であり、場所による違いはさほど大きくなかった(最大/最小の比=1.6倍)。なお、南部のD-11およびD-12は地

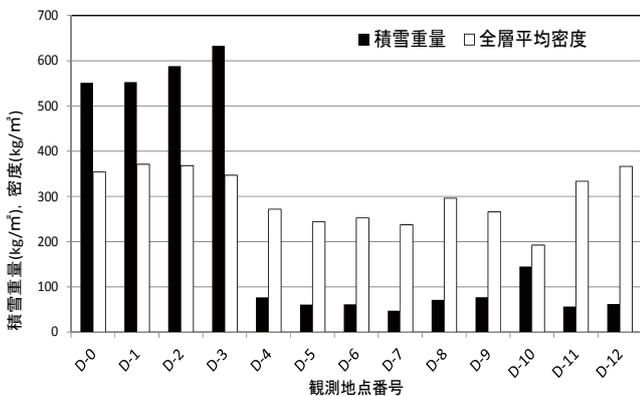


図2 各調査箇所における積雪重量と全層平均密度

Fig. 2 Observation data of weight and density of snowpack at observation sites.

面に接する積雪がざらめ雪となっており、一部融雪水が流出して積雪重量が減少したものと思われる。

また、宮城県側の全層平均密度は237～366kg/m<sup>3</sup>であり、特に宮城県南部のD-11およびD-12では融け水を含んでざらめ化が進み、それぞれ334、366kg/m<sup>3</sup>と高くなっていた。



図3 破損箇所と周辺の状況(北東側から撮影)

Fig. 3 Picture of a damaged membrane structure, Shellcom Sendai; taken from the northeast side.



図4 破損箇所(北北東側から撮影)

Fig. 4 Picture of a damaged membrane structure, Shellcom Sendai; taken from the north-northeast side.



図5 破損箇所の拡大写真(北側から撮影)

Fig. 5 Enlarged picture of a damaged membrane structure, Shellcom Sendai; taken from the north side.



図6 建物内部(屋外からガラス越しに撮影)  
Fig. 6 Picture inside of a damaged membrane structure, Shellcom Sendai; taken from outside.

#### 4.2 現地調査結果

図3～図6に、2014年2月19日のシェルコムせんだいの現地の様子を示す。

図7にシェルコムせんだいの建物南東側の平坦地で実施した積雪断面観測結果を示す。積雪深は24 cmで、地表から11～23.5 cmはざらめ雪であったが、地表から1～11 cmにはしまり雪が残っていた。このことから、15日の降雪が降り止んだ後、気温が上昇して積雪表面から融解が生じたものの、融雪水は地表まで達せず、19日の調査時には、降雪時の積雪重量はほぼ当時のまま保存されていたと判断できる。なお、積雪表面の23.5～24 cmは19日に降ったばかりの新雪であった。積雪断面観測の密度と積雪深から算定した積雪重量は71 kg/m<sup>2</sup>(積雪荷重0.7 kN/m<sup>2</sup>)である。建築基準法で定められる仙台市の設計に用いられる積雪荷重は0.8 kN/m<sup>2</sup>であるから、この程度の荷重が屋根上に均等に積もっても

破損することはないと考えられる。

#### 5. 考察

図8に2014年2月14日～16日の9時の気象衛星赤外面像と地上天気図を示す。

図8に示すように、2014年2月14日から16日にかけて本州南岸から東北地方の東海上を発達した低気圧が通過し降雪をもたらした。気象庁ホームページによると、宮城県内では、新川(仙台市青葉区)と白石で最深積雪が観測史上1位を更新した。新川では70 cm(統計開始1926年、以前の記録54 cm, 2005年3月5日)、白石では、57 cm(統計開始1984年、以前の記録32 cm, 1985年3月12日及び2014年2月9日)を記録した。なお、仙台では、1週間前に通過した南岸低気圧に伴い、2014年2月9日に観測史上3位の35 cmを記録している。

図9に気象の検討に用いた仙台市内の気象観測所を示す。気温、降水量は、シェルコムせんだいから北東に約2 kmと近く、標高も55 mと同程度のNTTドコモ将監東観測所の観測値を用いた。積雪深、日照時間、風向風速は、シェルコムせんだいから南南東に約8 km、標高38.9 mの仙台管区気象台の観測値を用いた。将監東観測所でも風向風速を観測しているが、将監東観測所では風向風速計の設置高が低く風速が弱い傾向があると判断されたため、仙台管区気象台の値を用いた。なお、将監東観測所の降水量は、横山ら(2003)の方法により、同地点の気温で雨雪判別(+2℃を雨雪の境界として+2℃以下を降雪とした)を行い、同地点の風速の観測値を用いて損失補正した。

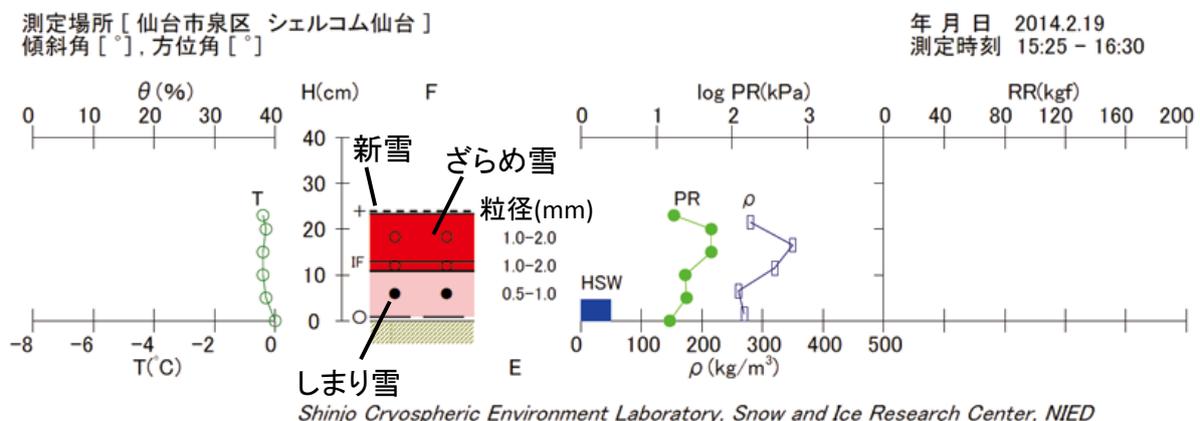


図7 積雪断面観測結果  
Fig. 7 Results of a snow pit observation.

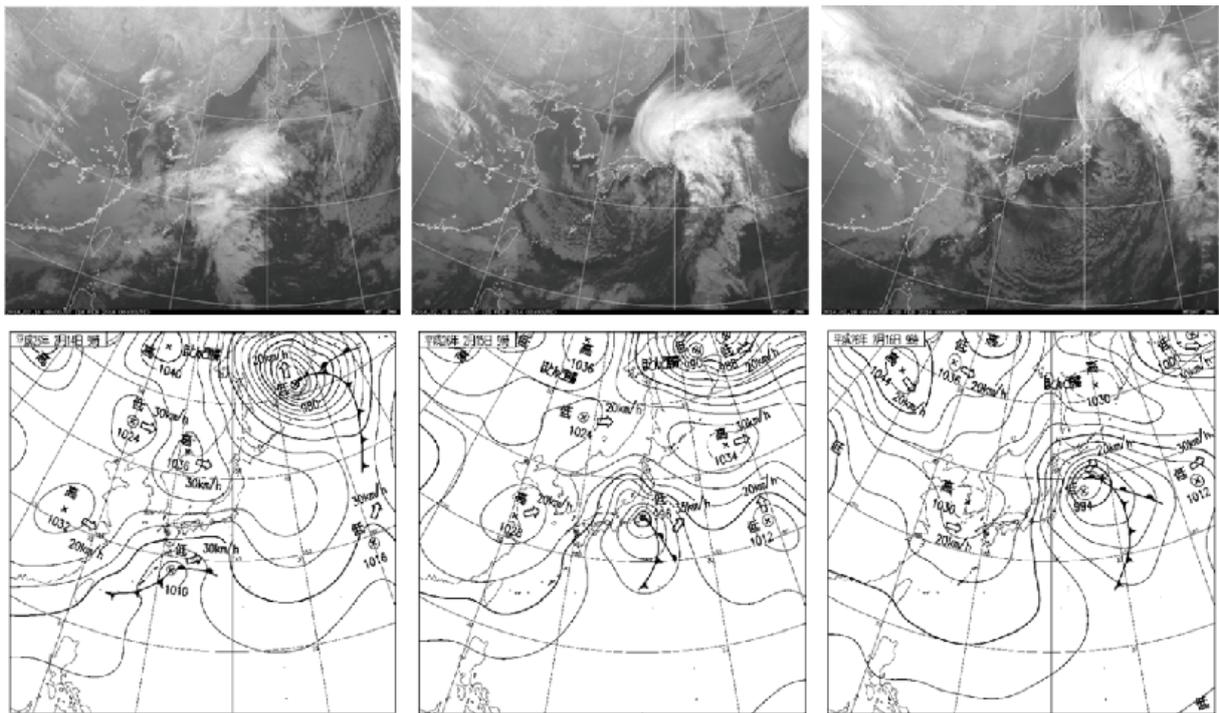


図8 2014年2月14日～16日9時の気象衛星赤外画像(上)と地上天気図(下)(気象庁ホームページより)  
 Fig. 8 Satellite infrared imagery (upper figure) and surface weather charts at 9:00 JST (lower figure) during the period from 14 Feb. to 18 Feb. 2014 provided by JMA.



図9 シェルコム仙台と気象の検討に用いた仙台市内の気象観測所の位置(電子国土Webより)  
 NTTドコモ将監東観測所(北東に約2km, 標高55m), 仙台管区気象台(南南東に約8km, 標高38.9m)  
 Fig. 9 Location of a damaged membrane structure, Shellcom Sendai and automatic weather stations at Sendai.

図 10 に 2014 年 2 月 14 日～19 日の気象の経過を示す。また、図 11 に破損個所に対する風向と落雪の考察に用いる現地の写真を示す。図 10 より、14 日から 15 日の降水は、前半が氷点下、後半は 0℃前後から 2℃以下なので、全期間通じて雪で、前半は乾雪、後半は湿雪であると考えられる。期間の最深積雪深は 15 日の 29 cm であった。

図 10 と図 11 より、14 日から 15 日の降水期間の風は、前半が①北北西から北の風、②次に北北東から北東の風でいずれも 5 m/s 前後、後半は③北から北西の風で、10 m/s 前後まで強くなった。前半は斜め横や正面方向から屋根上に雪が堆積し、後半は、横からの強風で屋根の段差の部分に風成雪が溜まった可能性がある。事故が起きた 16 日 10 時には、気温が 4℃まで上昇し、日照時間もあったため、④落雪が生じ、この時間帯に破損個所への堆積が集中したことも考えられる(①～④は図 11 の番号に対応)。

また、図 11 右図の点線矢印に示したように、破損個所のある区画の膜屋根の幅が他よりも広いことも、他の区画より雪の堆積量が大きくなり偏荷重が生じた一因であると考えられる。

## 6. まとめ

破損した個所は全体の一部で、屋根の形状から落雪する雪が溜まる場所であることから、いったんシート部に積もった積雪が滑落し破損部に集中して過大な荷重となったことが破損の原因と考えられる。なお、平坦な屋根の堆積部には融雪ヒーターが設置されていた(図 11 参照、仙台市役所に聞き取り)が、今回の大雪はこの能力を超えるものとなった。

膜構造の建築物の問題点として、特に屋根雪の滑落による二次堆雪により、大きな偏荷重が生じる恐れがあることを念頭に、設計あるいはメンテナンスを行う必要があることが考えられる。

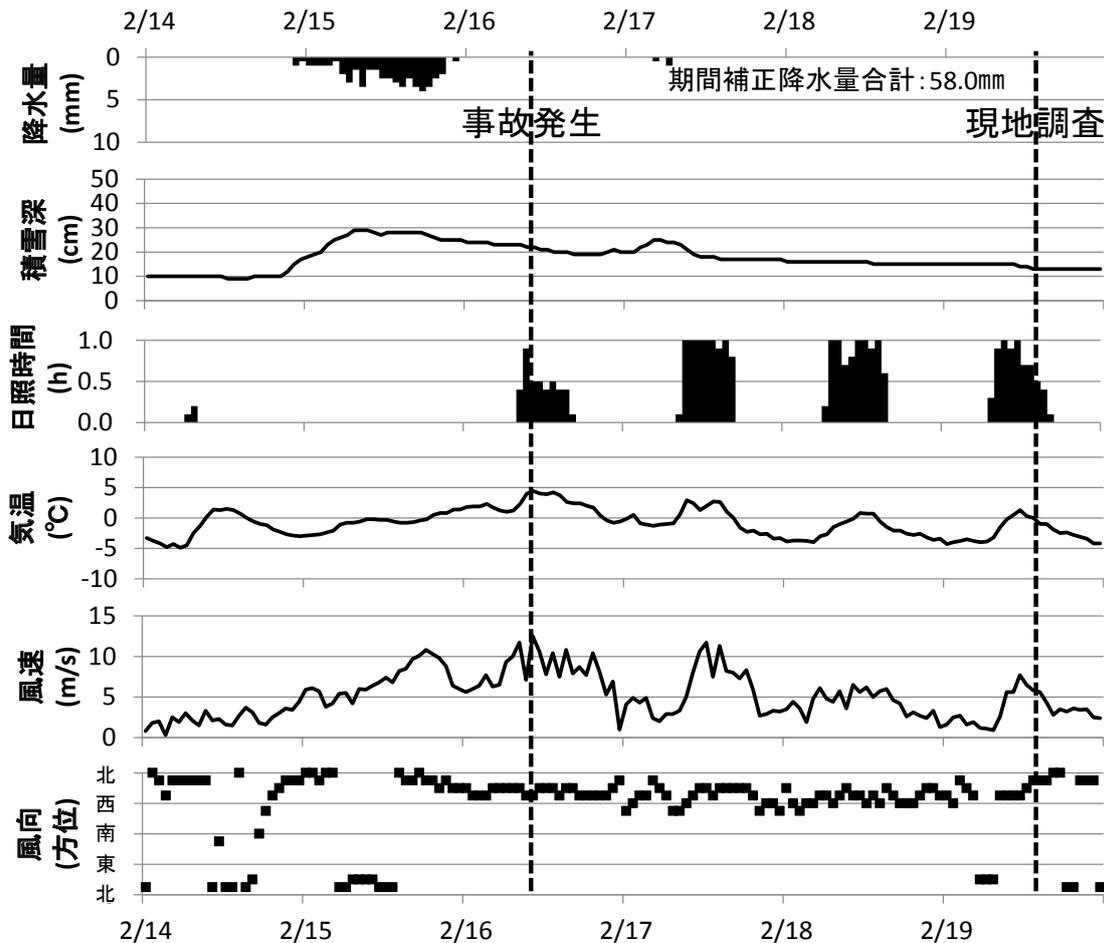


図 10 2014 年 2 月 14 日～19 日の気象の経過(事故発生 2/16 10 時頃、現地調査 2/19 午後)  
(気温、降水量は NTT ドコモ将監東観測所、積雪深、日照時間、風向、風速は仙台管区気象台)

Fig. 10 Meteorological data observed at Shogen station, NTT DoCoMo for temperature and precipitation and at Sendai station, JMA for snow depth, actual sunshine duration, wind direction and wind speed during the period from 14 Feb. to 19 Feb. 2014.

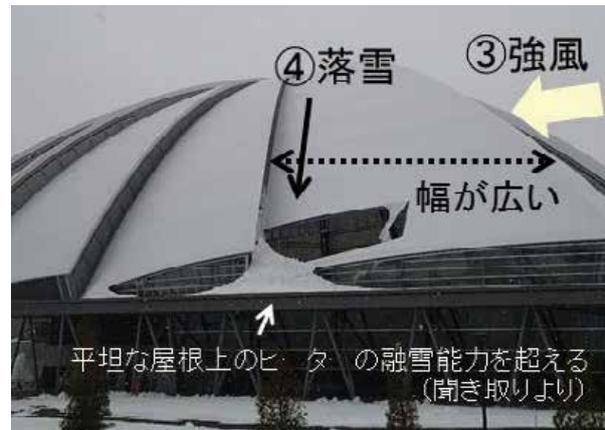


図11 破損箇所に対する原因(風向と偏った落雪)の考察

Fig. 11 Consideration of the cause (wind direction and partial snow falling) responsible for the damaged membrane structure, Shellcom Sendai.

今後の大雪時における建築構造物等の被害を防ぐために、本現地調査結果を活用していただければ幸いです。

### 謝辞

気象庁アメダス地点からやや距離がある本事例の地点の気象の考察を行うため、株式会社NTTドコモから雪氷防災に関わる取り組みの一環として、環境センサーネットワーク気象観測局の観測データを提供していただいた。ここに感謝致します。

### 参考文献

1) 河北新報ホームページ, <http://www.kahoku.co.jp/>.

2) シェルコムせんだいホームページ, <http://www.spf-sendai.jp/shellcom/summary/>.

3) 気象庁ホームページ, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>.

4) 国土交通省 国土地理院 電子国土 Web, <http://geolib.gsi.go.jp/>.

5) 横山宏太郎・大野宏之・小南靖弘・井上聡・川方俊和 (2003) : 冬期における降水量計の捕捉特性. 雪氷, 65, 303-316.

(2015年10月16日原稿受付,  
2015年11月16日改稿受付,  
2015年11月16日原稿受理)

### 要旨

2014年2月14日～16日にかけて、本州南岸を発達した低気圧が通過し、太平洋側各地で大雪となった。仙台市市区にあるシェルコムせんだいは2014年2月16日午前10時ごろ、東側出入口口付近のシート状の屋根が縦5メートル、横10メートルにわたり破損した。破損した箇所は、屋根の形状から落雪する雪が溜まる場所であることから、いったんシート部に積もった積雪が滑落し破損部に集中して過大な荷重となったことが破損の原因と考えられる。

キーワード：大雪，膜構造建築物，雪荷重，偏荷重