

極端な暴風雪の評価技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 26～平 29

担当チーム：寒地道路研究グループ（雪氷）

研究担当者：松澤勝、西村敦史、原田裕介、
武知洋太、大宮哲

【要旨】

近年、急速に発達した低気圧によってもたらされる暴風雪によって被害が激甚化するケースがしばしば見られる。しかしながら、既存の吹雪の激しさを示す指標は一冬期を通したものであり、一回の暴風雪の激しさを示す指標は存在しない。そこで本研究では、極端な暴風雪時において各々の気象要因がもたらす影響度を定量的に解明し、一回の暴風雪の激しさを適切に評価する技術を確認することを目的とし、石狩市および弟子屈町において現地観測を実施した。

キーワード：暴風雪、吹雪、吹雪量、二重柵基準降水量計、スノーパーティクルカウンター

1. はじめに

近年、急速に発達した低気圧によってもたらされる暴風雪によって被害が激甚化するケースがしばしば見られ、平成 25 年 3 月には北海道東部において 9 名の命が失われるなど、その対策が大きな課題となっている。このような暴風雪災害に対し、より適切な対策を講じるためには、暴風雪の激しさを定量的に評価することが必要不可欠である。しかしながら、既存の吹雪の激しさを示す指標（年間累計吹雪量や視程障害発生頻度など）は、一冬期を通したものであり、爆弾低気圧等によってもたらされる一回の暴風雪の激しさを適切に評価する技術は存在しない。

本研究の目的は、暴風雪時の吹雪量と気象要因の関係を解明すること、またその発生頻度や地域性の特徴を把握するとともに極端な一回の暴風雪の激しさを適切に評価する指標を提案することである。

平成 26 年度は、当研究所が所有する石狩吹雪実験場および釧路圏摩周観光文化センター（弟子屈町）の構内に構築した吹雪観測サイトにおいて、各種気象観測のほか、降雪および吹雪観測を実施した。図 - 1～図 - 3 にそれぞれの観測サイトの位置および上空から見た様子を記す。



図 - 2 石狩吹雪実験場
(石狩市美登位 N43°12', E141°23')



図 - 3 釧路圏摩周観光文化センター
(弟子屈町原野 N43°30', E144°27')

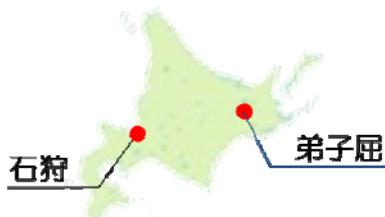


図 - 1 観測実施箇所位置図

2. 石狩吹雪実験場での降雪観測

2.1 強風下における降雪強度

吹雪の強さを示す物理量の 1 つに“吹雪量”という指標がある¹⁾。これは、風向に対して直交する単位幅を単

位時間に通過する飛雪粒子の総量を示す。すなわち、風に運ばれた降雪粒子と地吹雪粒子の合計である。なお、地吹雪粒子とは、一度地面に降り積もった雪が風によって舞い上げられたものを指す。吹雪量を直接計測することは容易でなく、古くから多くの研究者によって経験式が示されてきた^{2) 3) 4)}。しかしながら、これらの式はいずれも地吹雪に起因する吹雪量のみを対象としており、降雪に起因する吹雪量は加味されていない。これは、強風下で正確な降雪観測を行うことが困難であることに起因する。横山ら⁵⁾による先行研究でも示されているように、降水量計に対する降雪粒子の捕捉率は風速の増加とともに低下する。横山らによって、風速 8m/s 程度までの範囲で適用可能な捕捉損失補正式が示されているが、それを超える風速下で正確な降雪強度を算出するための補正式は存在しない。したがって、強風下における降雪強度を正確に算出する手法を確立することは、強い降雪と強風で構成される一回の暴風雪の強さを定量的に把握するうえで必要不可欠な技術である。

2.2 降雪観測の概要

本研究では、風速 8m/s を超える強風下での降雪強度をより精度良く算出するための補正式を作成することを目的とし、平成 26 年度の冬期より、石狩吹雪実験場に二重柵基準降水量計を導入した。二重柵基準降水量計 (Double Fence Intercomparison Reference、以下 DFIR) とは、世界気象機関(WMO)が定めた二次基準器である⁶⁾。DFIRによって得られた測定値に、降雪のタイプに応じた変換式⁷⁾を適用することで算出した値を、“真値”として扱うことができる。

図 - 4 に DFIR の外観を、図 - 5 に DFIR の平面図を示す。DFIR はサイズの異なる 2 つの正八角形の風除け柵 (外側柵・内側柵の対角長はそれぞれ 12.0m、4.0m) からなり、中央部に降水量計が設置されている。柵部分の間隙率は 50%、降水量計の受水口は内側柵の上端と等しい高さになるように設置されてある。



図 - 4 石狩吹雪実験場に設置した DFIR

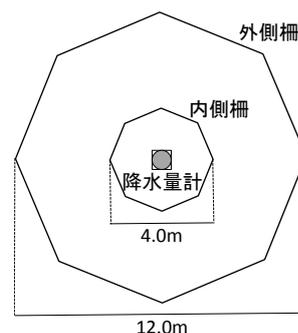


図 - 5 DFIR の平面図

DFIR の中央部には、重量式降水量計 (図 - 6) を設置した。これは、内部の受水バケツの重量変化量から降水量を算出するタイプのものである。なお、バケツ内には不凍液が入れてあり、その表面をオイル層で覆うことによって蒸発を防いでいる。



図 - 6 重量式降水量計

国内の気象官署で一般的に用いられる降水量計には、“転倒ます式”、“温式”、“溢式”の 3 種類がある。本研究では、助炭と呼ばれる風除けを取り付けた温式降水量計を比較対象とした。それは、助炭を取り付けた温式降水量計が、現在北海道内の全アメダスで採用されているものと同じタイプのものであるとの理由からである。なお、降水量計に関する詳細 (外観、内部構造、測定原理など) については気象庁 HP⁸⁾を参照されたい。

2015 年 1 月 23 日より DFIR と温式降水量計の同時観測を開始した。

2.3 降雪観測の結果

比較観測を開始した昨冬期の 1 月下旬以降、石狩吹雪実験場が位置する日本海側の天候は、平年に比べて温暖かつ少雪であり、本研究がターゲットとする“強風 (風速 8m/s 以上) を伴った降雪事例”の発生回数は少なかった。以下では、1 月 23 日~2 月 28 日における累積降水量の時系列変化と、降雪事例ごとに降雪粒子の捕捉率と風速の関係を比較した結果の一例を示す。

2.3.1 ひと冬を通した累積降水量

温水式降水量計による実測値およびDFIRによって得られた測定値に変換式⁷⁾を適用して算出した降水量(真値)について、累積降水量の時系列変化を図-7に示す。この結果から、比較した期間内において、助炭付き温水式降水量計によって測定された降水量は、常に真値よりも小さいことが確認された。

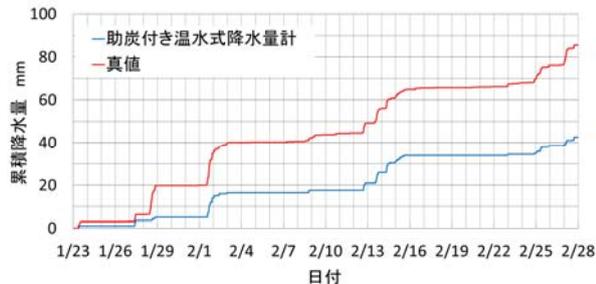


図-7 累積降水量の比較

2.3.2 降雪粒子の捕捉率と風速の関係

次に、降水量計に対する降雪粒子の捕捉率と風速の関係について比較する。ここでは、一連の降水でDFIR値および温水式降水量計の値がともに1.0mm以上であった事例を“降雪イベント”として抽出した。また、DFIRが最後の降水量を記録してから1時間継続的に降水が無いときに、一連の降雪イベントが終了したとみなした。その結果、1月23日~2月28日の期間内において全14イベントが抽出された。なお、1イベントの継続時間は短いもので約1時間、長いもので約12時間であった。風速については、10分間平均風速を10分間降水量で加重平均したものを、そのイベントの代表値とした。降雪粒子の捕捉率と風速の関係を図-8に示す。観測の結果、先行研究と同様、風速の増加に伴って捕捉率が低下することが確認された。

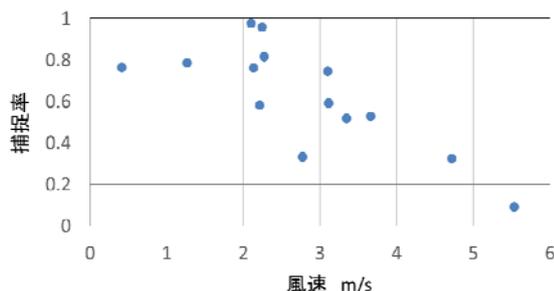


図-8 降雪粒子の捕捉率と風速の関係

3. 弟子屈町における吹雪観測

暴風雪の発生には地域特性があり、道央地域では西高東低の気圧配置時に、道東地域では低気圧が通過する時に発生するケースが多い。しかし、その発生頻度などに関する知見は不十分である。そこで、弟子屈町にある釧

路圏摩周観光文化センターの構内に吹雪観測サイトを新たに構築し(以下、弟子屈吹雪観測サイト)、2015年1月23日より観測を開始した。

3.1 弟子屈吹雪観測サイトの概要

弟子屈吹雪観測サイトは弟子屈町中心部から約2km北に位置しており、北海道内でも吹雪発生頻度が最も高いエリアのひとつである。また、吹雪時の卓越風向は北北西であり、観測サイトから風上方向に1km以上にわたって主だった障害物はなく、吹雪観測に適している。

3.2 設置機器と観測項目

観測サイト内に設置した気象観測ポールおよび観測機器設置架台を、図-9、図-10に示す。観測サイトには、日射計、積雪深計、CCTVカメラ、視程計、温湿度計を1基ずつ、風向風速計および飛雪粒子計測装置(Snow Particle Counter, 以下 SPC)を高さ別に4基ずつ設置した。うち、観測機器設置架台に取り付けた風向風速計2基とSPC2基は設置高さが可変である。SPCは非接触により光学的に吹雪粒子を計測する機器であり、平行光を照射しているセンサー内を粒子が通過することで生ずる光の減衰量から、飛雪流量($g/m^2/sec$)を算出するものである。吹雪量は、飛雪流量を高さ方向に無限に積分したものに相当する。図-11に、弟子屈吹雪観測サイトの全景を記す。

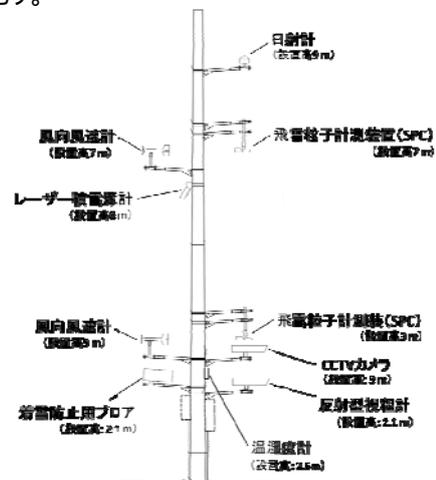


図-9 気象観測ポール

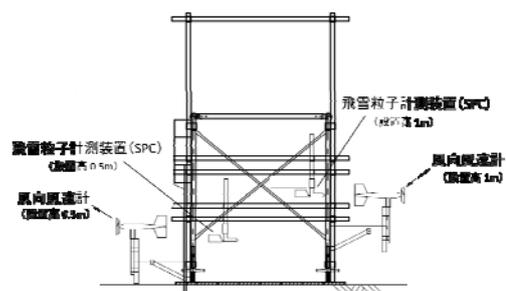


図-10 観測機器設置架台

4. まとめ

平成 26 年度は本研究課題の初年度として、石狩吹雪実験場に二重柵基準降水量計を新たに設置し、助炭付き温水式降水量計との比較観測を実施したほか、道東地域の弟子屈町に吹雪観測サイトを構築し、各種気象観測および高度別の吹雪観測を実施した。来冬期も同様に観測を実施することで、より多くの観測データを収集し、解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 日本雪氷学会：新版 雪氷辞典、pp.190、古今書院、2014
- 2) 小林大二、小林俊一・石川信敬：みぞによる地吹雪量の測定、低温科学・物理編、27、pp.99-106、1970
- 3) Takeuchi：Vertical Profile and Horizontal Increase of Drift-Snow Transport, Journal of Glaciology, 26, pp.481-492, 1980
- 4) 松澤勝、金子学、伊東靖彦、上田真代、武知洋太：風速と吹雪量の経験式の適用に関する一考察、寒地技術論文報告集、26、pp.45-48、2010
- 5) 横山宏太郎、大野宏之、小南靖弘、井上聡、川方俊和：冬期における降水量計の捕捉特性、雪氷、65、pp.303-316、2003
- 6) WMO: International Organizing Committee for the WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison, Final Report of the First Session. Naskoping, Sweden. WMO, Geneva, 31pp, 1985
- 7) Goodison, Louie and Yang: WMO Solid Precipitation Measurement Intercomparison Final Report, WMO, pp.14, 1998
- 8) 気象庁ホームページ,
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/b1.html

A STUDY ON TECHNOLOGY FOR THE ASSESSMENT OF THE INTENSITY OF EXTREMELY SEVERE SNOWSTORMS

Budget : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY 2014-2017

Research Team : Cold-Region Road Engineering
Research Group (Snow and Ice
Research Team)

Author : MATSUZAWA Masaru
NISHIMURA Atsushi
HARADA Yusuke
TAKECHI Hirotaka
OMIYA Satoshi

Abstract: Recent years have occasionally seen serious disasters caused by snowstorms resulting from rapidly developed atmospheric depressions. The current index of blowing snow intensity is designed to be applied to the whole winter season, and no index exists that shows the intensity of individual snowstorms. This study aims to determine quantitatively how each meteorological factor influences snow drift transport rate during extremely severe snowstorms, toward establishing a technology that will appropriately determine the intensity of individual snowstorms. Field observations were conducted in central and eastern Hokkaido.

Key words : snowstorm, blowing snow, snow drift transport rate, double fence intercomparison reference, snow particle counter