平成23年豪雪時の降雪特性と雪氷災害の発生 - 全国概況と鳥取の集中豪雪-

中井専人*・山口 悟*

Snowfall Characteristics and the Occurrence of Related Disasters during the Heavy Snowfall in 2010/2011 Winter

- Overview in Whole Japan and the Concentrated Heavy Snowfall in Tottori -

Sento NAKAI and Satoru YAMAGUCHI

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

Abstract

The snowfall in 2010/2011 winter, which was a nationwide heavy snowfall, was analyzed. After general conditions in whole Japan was shown, the relation between snowfall conditions and the type of disaster was described using the data of the concentrated heavy snowfall in Tottori. Large positive anomaly of the seasonal maximum snow depth appeared south of Akita Prefecture, especially around the mountainous area. The area of further concentrated heavy snowfall also appeared. The Pacific coastal area of Tohoku and Kanto district, which suffered from the earthquake and tsunami damage, had less snowfall than average amount. Continuous snowfall from the end of December to January resulted in many snow related disasters. However, the anomaly of average winter temperature was small. A heavy snowfall can occur even though the whole winter is not cold. In Tottori, extremely strong snowfall of 190 mm in 24 hours, which is not usually observed in a heavy snowfall area of Japan, was recorded at the SW-Net Daisen-Kagamiganaru station. In the coastal area of Tottori, much wet snowfall under average temperature of 0.2 °C caused many hazards such as traffic jam and power failure.

Key words : Concentrated heavy snowfall, Seasonal snow depth index, SW-Net, Snow related disasters, Temperature

1. はじめに

2010/2011 年冬季は、福島県、福井県、鳥取県で数百 台という規模で自動車の立ち往生が発生したのをはじめ、 それ以外にも北海道から九州まで列車の運休、航空機の 欠航、集落孤立、大規模停電、自動車工場の停止、豪雪 時の地震による複合災害など、非常に多様な災害が発生 した冬と言えよう、報道記事などからトピックを拾い出 すだけでも、その状況は見て取れる(表1).防災科学技 術研究所雪氷防災研究センター(以後、雪氷研と略す)の 2010/2011 年冬季最大積雪深(積雪深計による毎時観測値) は225 cmであった²⁾.これは、平成18年豪雪時(155 cm,同) だけでなく中越地震後の豪雪で観測した 201 cm (同) をは るかに上回り,昭和59年,60年,61年と続いた豪雪に 匹敵する,25年ぶりの豪雪と言える値である.また,東 日本大震災に引き続く長野・新潟県境地震は6年前に我々 が懸念した豪雪時の地震が実際に発生したものである. 地震によって発生した土砂崩れに伴う雪崩では,流動性 が高くなって到達距離が長くなった例が報告された⁵⁾. 本報告では,このような全国的に顕著な雪氷災害年となっ た2010/2011年冬季の降積雪について概況を述べた後に, 顕著な災害となった鳥取を事例として取り上げ,降雪と 災害発生との関連について解析した結果を述べる.

表1 2010/2011 年冬季の雪氷災害と積雪深のトピック Fig. 1 Topics of snow-related disasters and the snow depth.

2010年11月04日	SW-Net ¹⁾²⁾ 奥只見丸山観測点積雪10cm
2010年11月10日	朝、新潟県長岡にこの冬初めての霰
2010年11月30日	富山県立山国見岳で雪崩災害 ³⁾
2010年12月09日	新潟県大潟で竜巻
2010年12月15日	雪氷防災研究センター(長岡)積雪、着雪多い
2010年12月23日	雪氷防災研究センター(長岡)消雪
2010年12月24日	雪氷防災研究センター(長岡)積雪
2010年12月25日	福島県で自動車300台立ち往生 ⁴⁾
2010年12月31日	鳥取県大山で雪崩、自動車1000台閉じこめ。全国的大雪
2011年01月01日	東北、山陰、新幹線から鹿児島県まで雪が交通等に影響
2011年01月10日	日本海東北自動車道凍結事故
2011年01月18日	大雪続く、愛知県トヨタ工場、雪で停止
2011年01月28日	大雪、新潟県魚沼で積雪350cm
2011年01月30日	大雪、福井県で自動車800台閉じ込め、北陸線不通 ⁴⁾
2011年01月31日	雪氷防災研究センター(長岡)でこの冬最大の積雪深225cm ²⁾
2011年02月01日	雪氷防災研究センター新庄支所でこの冬最大の積雪深204cm ²²
2011年03月11日	午後東日本大震災
2011年03月12日	未明に長野県北部地震、豪雪-地震複合災害 ⁵⁾
2011年04月15日	雪氷防災研究センター消雪

2. 全国概況

冬季最大積雪深に基づく多雪・少雪⁶⁾の分布を図1に示 す.今冬は青森以北の特に内陸で少雪,秋田以南では山 沿いを中心に多雪となる傾向が現れ,多雪のピークは脊 梁山脈(日本海側と太平洋側の境目)よりやや日本海側に 寄った地域に表れた.また,自動車の立ち往生などの雪 氷災害が報道された鳥取〜島根,福井〜金沢,中越〜会 津に加えて山形県北部では,多雪傾向の中でさらに集中 した豪雪であった.対照的に,地震,津波被害が顕著であっ た東北〜関東地方太平洋沿岸地域は少雪であった.

日降水量,日最大積雪深,日平均気温について,全国 の積雪地域を代表するものとして8地点の半月毎の平年 偏差を表2に示した.北見,大野,長岡では平均値の資 料年数が30年より短いが,ここでは平年と表記する.降 水量は日本海側の全地点(北見と石巻以外)で平年よりか なり多く,石巻でも平年より多かった.最も平年より多 い降水が見られた期間は,北海道で11月前半,石巻で12 月前半,それ以外の地点で12月後半であった.積雪深は 12月までは平年並みか少なめであったが,1月以降は新 庄以南でかなり多い状態が続いた.例えば新庄の1月後 半で80 cm というのは,平年より平均で80 cm 多い状態



- 図1 多雪指数(23 冬季の平均値と標準偏差で規格化した冬季最大積雪深)⁶⁾の分布. 2010/2011 年冬季の最 大積雪深は気象庁ホームページ(http://www.jma.go.jp)を利用
- Fig. 1 Seasonal snow depth index (SSDI, a normalized seasonal maximum snow depth⁶) of Japan in 2010/2011 winter season. Maximum snow depth data on the Japan Meteorological Agency (JMA) Web site were used.

- 表2 半月毎に合計した,北海道道東から山陰まで8地点の日降水量(mm)平年偏差,および,半月毎に平均した,北海道道 東から山陰まで8地点の日最大積雪深(cm),日平均気温(℃)の平年偏差.2010/2011年冬季について,北見と新庄の3 月11,12日が資料不足値⁷⁾であるが統計に使用した.石巻については3月11日から19日までが資料不足値もしくは 資料なしとなっていたため3月の統計はしなかった.平年値は1971年から2000年までの30年間のものを用いた.た だし,使用可能なデータの開始年が遅い地点は短い期間の平均値(北見:降水量と気温が22年,積雪深は20年,大野 と長岡:降水量と気温が22年,積雪深が21年)を用いた.
- Table 2Semi-monthly totals of anomalies of daily precipitation (mm), and semi-monthly averages of anomalies of daily maximum snow
depth (cm) and daily average temperature (K). Low quality data on 11-12 March 2011 at Kitami and Shinjo were used for the
analysis. The data at Ishinomaki in March 2011 was not used because a long data lack. Normal values for years of 1971-2000
were used except Kitami, Ohno, and Nagaoka, at which only 20-22 years of data were available.

	北見アメダス			札幌管区気象台			青森地方気象台			石巻特別地域気象観測所		
		日最大積	日平均気		日最大積	日平均気		日最大積	日平均気		日最大積	日平均気
	日降水量	雪深偏差	温偏差	日降水量	雪深偏差	温偏差	日降水量	雪深偏差	温偏差	日降水量	雪深偏差	温偏差
	偏差(mm)	(cm)	(K)	偏差(mm)	(cm)	(K)	偏差(mm)	(cm)	(K)	偏差(mm)	(_{cm})	(K)
	期間計	期間平均	期間平均	期間計	期間平均	期間平均	期間計	期間平均	期間平均	期間計	期間平均	期間平均
11月前半	37	0	1.3	109	-1	1.2	45	-1	1.1	-16	0	0.8
11月後半	-25	-3	2.3	-20	-1	1.4	-19	-2	1.1	-19	0	0.9
12月前半	15	-8	3.6	22	-8	2.3	-5	-9	1.9	91	0	2.1
12月後半	14	1	1.2	-13	-14	1.1	79	-14	0.5	47	-1	0.8
1月前半	-15	0	-1.2	25	5	-1.2	17	6	-1.7	-16	-1	-1.3
1月後半	-9	5	1.2	-16	10	1.5	45	40	-0.8	-12	-1	-1.1
2月前半	-8	2	1.9	-7	6	2.1	-45	13	0.8	-11	-2	0.9
2月後半	-5	7	3.0	-18	-3	2.8	-29	-21	2.2	12	-2	1.9
3月前半	-12	2	1.9	7	11	0.4	21	-3	-0.4			
3月後半	-22	-11	0.3	-27	17	0.4	-1	1	-0.9			
全期間	-30	-1	1.5	63	2	1.2	108	1	0.3			
	新庄特別地域気象観測所			長岡アメダス								
	新庄特別均	也域気象観	測所	長岡アメダ	ス		大野(福井	県)アメダス		米子特別±	也域気象観	測所
	新庄特別は	也域気象観 日最大積	測所 日平均気	長岡アメダ	ス 日最大積	日平均気	大野(福井)	県)アメダス 日最大積	日平均気	米子特別1	也域気象観 日最大積	測所 日平均気
	新庄特別 ¹ 日降水量	也域気象観 日最大積 雪深偏差	測所 日平均気 温偏差	長岡アメダ 日降水量	ス 日最大積 雪深偏差	日平均気 温偏差	大野(福井) 日降水量	県)アメダス 日最大積 雪深偏差	日平均気 温偏差	米子特別± 日降水量	也域気象観 日最大積 雪深偏差	測所 日平均気 温偏差
	新庄特別 [±] 日降水量 偏差(mm)	也域気象観 日最大積 雪深偏差 (cm)	<u>測所</u> 日平均気 温偏差 (K)	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm)	ス 日最大積 雪深偏差 (cm)	日平均気 温偏差 (K)	大野(福井) 日降水量 偏差(mm)	県)アメダス 日最大積 雪深偏差 (cm)	日平均気 温偏差 (K)	米子特別 ¹ 日降水量 偏差(mm)	也域気象観 日最大積 雪深偏差 (cm)	測所 日平均気 温偏差 (K)
	新庄特別 [±] 日降水量 偏差(mm) 期間計	也域気象観 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均	<u>測所</u> 日平均気 温偏差 (K) 期間平均	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均	日平均気 温偏差 (K) 期間平均	大野(福井) 日降水量 偏差(mm) 期間計	県)アメダス 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均	日平均気 温偏差 (K) 期間平均	米子特別 [±] 日降水量 偏差(mm) 期間計	也域気象観 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均
	新庄特別 ¹ 日降水量 偏差(mm) 期間計 14	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 1.3	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 65	県)アメダス 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0	米子特別 ¹ 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0	<u>測所</u> 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4
 11月前半 11月後半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 -3	 測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189 -30	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 65 -49	県)アメダス 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 -1	日平均気 温偏差 (κ) 期間平均 -1.0 0.0	米子特別 ¹ 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0	<u>測所</u> 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2
11月前半 11月後半 12月前半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20 41	也域気象観 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 -3 -7	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 2.2	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189 -30 -4	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 -1	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6 2.0	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 65 -49 2	県)アメダス 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 -1 -5	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0 0.0 2.3	米子特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22 49	也域気象観 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 0	<u>測所</u> 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2 1.4
11月前半 11月後半 12月前半 12月後半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20 41 142	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 -3 -7 7	 測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 2.2 0.9 	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189 -30 -4 80	<u>ス</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 0 -1 -1 -2	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6 2.0 0.0	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 65 -49 2 87	<u>県)アメダス</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 -1 -5 1	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0 0.0 2.3 -0.9	米子特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22 49 90	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 0 4	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2 1.4 -1.2
11月前半 11月後半 12月前半 12月後半 1月前半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20 41 142 -4	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 -3 -7 7 28	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 2.2 0.9 -0.9	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189 -30 -4 80 39	<u>ス</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 -1 -2 -2	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6 2.0 0.0 -1.3	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 65 -49 2 87 -3	<u>県)アメダス</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 -1 -5 1 6	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0 0.0 2.3 -0.9 -3.1	米子特別 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22 49 90 69	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 0 4 27	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2 1.4 -1.2 -2.4
11月前半 11月後半 12月前半 12月後半 1月前半 1月後半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20 41 142 -4 94	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 -3 -7 7 28 80	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 2.2 0.9 -0.9 -0.9 -0.9	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189 -30 -4 80 39 57	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 -1 -2 -1 43	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6 2.0 0.0 -1.3 -0.7	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 65 -49 2 87 -3 95	<u>県)アメダス</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 -1 -5 1 6 66	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0 0.0 2.3 -0.9 -3.1 -1.5	米子特別 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22 49 90 69 11	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 0 4 27 21	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2 1.4 -1.2 -2.4 -2.6
11月前半 11月後半 12月前半 12月後半 1月前半 1月後半 2月前半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20 41 142 -4 94 -19	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 -3 -7 7 28 80 74	測所 日平均気、 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 2.2 0.9 -0.9 -0.9 -0.9 0.0	 長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189 -30 -4 80 39 57 -42 	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 -1 -2 -1 43 41	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6 2.0 0.0 -1.3 -0.7 0.5	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 -49 2 87 -3 95 -70	<u>県)アメダス</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 -1 -5 1 6 66 75	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0 0.0 2.3 -0.9 -3.1 -1.5 -1.0	米子特別 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22 49 90 69 11 -17	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 0 4 27 21 1	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2 1.4 -1.2 -2.4 -2.6 0.0
11月前半 11月後半 12月後半 1月前半 1月前半 1月該半 2月前半 2月後半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20 41 142 -4 94 -19 -21	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 -3 -7 7 28 80 74 42	測所 日平均気、 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 2.2 0.9 -0.9 -0.9 -0.9 -0.9 0.0 0.0	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189 -30 -4 80 39 57 -42 -9	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 -1 -2 -1 43 41 22	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6 2.0 0.0 -1.3 -0.7 0.5 1.2	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 2 2 87 -3 95 -70 -14	<u>県)アメダス</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) <u>期間平均</u> 0 -1 -5 1 6 66 75 30	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0 0.0 2.3 -0.9 -3.1 -1.5 -1.0 2.0	米子特別 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22 49 90 69 11 -17 7	<u>也域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 0 0 4 27 21 1 1 -4	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2 1.4 -1.2 -2.4 -2.6 0.0 3.0
11月前半 11月後半 12月前半 1月後半 1月後半 2月前半 2月前半 3月前半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20 41 142 -4 94 -19 -21 20	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 -3 -7 7 28 80 80 74 42 49	測所 日平均気、 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 2.2 0.9 -0.9 -0.9 -0.9 0.0 0.0 0.1 -1.0	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 189 -30 -4 80 -4 80 -4 2 -9 -11	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) 0 0 0 -1 -1 43 41 22 13	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6 2.0 0.0 -1.3 -0.7 0.5 1.2 -0.2	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 2 65 -49 2 87 -3 3 95 -70 -14 -6	<u>県)アメダス</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 0 -1 -5 1 6 6 6 6 6 6 6 5 30 30 10	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0 0.0 2.3 -0.9 -3.1 -1.5 -1.0 2.0 -1.8	米子特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22 49 90 69 90 69 11 11 -17 7 0	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 0 4 27 21 1 1 -4 -4 -1	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2 1.4 -1.2 -2.4 0.0 3.0 -0.3
11月前半 11月前半 12月前半 1月後半 1月後半 2月後半 2月後半 3月後半 3月後半	新庄特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 14 -20 41 142 -4 94 -19 -21 20 -7	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 -3 -7 7 28 80 74 42 49 63	<u>測所</u> 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 1.3 0.0 2.2 0.9 -0.9 -0.9 -0.9 0.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1	長岡アメダ 日降水量 偏差(mm) 期間計 -30 -4 80 39 57 -42 -9 -11 -8	ス 日最大積 雪深偏差 (cm) 0 0 0 -1 -2 -1 43 41 22 13 -6	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 0.2 0.6 2.0 0.0 -1.3 -0.7 0.5 1.2 -0.2 -1.5	大野(福井 日降水量 偏差(mm) 期間計 2 87 -49 2 87 -3 95 -70 -70 -74 -6 -25	県)アメダス 日最大積 雪深偏差 (cm) 0 -1 -5 1 6 66 66 30 30 10 0 0	日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -1.0 0.0 2.3 -0.9 -3.1 -1.5 -1.0 2.0 -1.8 -3.1	米子特別1 日降水量 偏差(mm) 期間計 -1 -22 49 90 69 11 -17 7 0 0 -10	<u>地域気象観</u> 日最大積 雪深偏差 (cm) 期間平均 0 0 0 0 4 27 21 1 1 -4 -4 -1 0	測所 日平均気 温偏差 (K) 期間平均 -0.4 0.2 1.4 -1.2 -2.4 0.0 3.0 -0.3 -0.3 -1.6

が半月継続したということであり、かなりの多雪であっ たということができる.対照的に、太平洋側の石巻では2 月まで通して少雪であった.気温は全体的に北ほど高め、 西ほど低めの傾向が見られた. 北海道では冬季を通して 暖冬であり、青森から長岡までは12月までと2月が平年 より暖かく、1月、3月が平年より寒かった. 大野と米子 では12月までが平年値をまたいで変動し、1月以降は2 月後半を除き平年より寒い状態が続いた.注意すべきは, 2010/2011 年冬季は図1 に見るような多雪年で災害が多く 発生したにもかかわらず、寒冬年ではなかったことであ る. 全国的な統計値でも、冬の平均気温(12月~2月)は 北日本と東日本で高く西日本では平年並とされており⁸⁾, 災害となるような豪雪、また多雪年であることと冬季全 体の暖冬/寒冬傾向とは別であることを示す冬であった. また、全国的に気温の低い時期と高い時期との差が大き かったとも報告されている⁸⁾. しかし, 同様なことが指 摘された昨年には低温偏差時に降水量が多くなる傾向が 見られた⁹⁾が、2010/2011年冬季についてはそのような傾 向は見られなかった(図2).



- **図2 表2**のデータによる,日平均気温偏差(K)と降水量 偏差(mm)の散布図
- Fig. 2 Scatterplot of daily average temperature anomaly (K) and daily maximum precipitation anomaly (mm) using the data in Table 2.

月平均地上気圧分布では月ごとの変動が非常に大きい のが特徴であった.特に1月には月平均の平年からのず れが西高東低になっており,例年よりも寒気が吹き出し やすい気圧場となっていた一方,2月は逆に東ほど高圧偏 差となり寒気は吹き出しにくかった.このような総観場 に対応した雪雲の出現状況を見るため,北信越地方につ いて雪雲の種類別に見た出現頻度¹⁰⁾を求めた(図3).出 現した雪雲の種類は,気圧場の変動を反映して月ごとの 差異が非常に大きくなっていた.1月は渦状雲による降水 が非常に多く,これは平成18年豪雪の時にも見られた特 徴である¹¹⁾.2月には通常では少ない低気圧や前線によ



- 図3 10分毎の気象庁全国合成レーダーデータ降水強度値 を使用し、北信越地方について主観的分類¹⁰⁾により 求めた、雪雲の種類別出現頻度
- Fig. 3 The frequency of mesoscale snowfall systems in the Hoku-Shin-Etsu district derived by subjective classification¹⁰⁾ using the precipitation intensity distribution of the JMA nationwide radar mosaic data in 10-minute intervals.

る降水が非常に多くなっていた.降水なしの頻度も1月 にゼロ,2月で最も多く3月でまた減少するなど,季節内 の変化が通常とかなり異なっていた.

最後に,降雪状況と一冬季の推移を直観的に理解する ため,雪氷防災研究センター露場の正午撮影の画像を主 な災害等の註記を付して示す(図4).12月の高温傾向に 対応して積雪の始まりは遅く,1月に入って継続的に積雪 深が増加し,2月に減少,3月の融雪は遅かったことが見 て取れる.特に,最大積雪深の観測された2月1日前後 には,積雪を考慮して高い位置に設置した測器が雪面近 くになっていた様子がわかる.積雪地域の気象観測は雪 面高度の変化に応じて測器の高さを変えられるのが理想 であるが,現実的には不可能である.今後,気象,積雪 モデルの発達や雪面上の境界層と雪面の相互作用の解明 をしていく上で,観測値を高精度で適切に使用するため には,このような積雪の変化が観測値に及ぼす影響も考 慮していく必要があろう.

3. 鳥取豪雪時の降積雪と災害発生

2010年12月31日から2011年1月1日にかけて鳥取 県を中心とした大雪になり,多様な雪氷災害が発生した. 奥大山スキー場の雪崩による人身災害,総計268隻にの ぼる漁船沈没被害,ビニールハウス709棟(鳥取県内)全 半壊などの農林業被害¹²⁾が主として鳥取県において発生 した.以下,この災害を鳥取豪雪と略称し,降積雪観測デー タと災害発生状況とを比較するとともに,このような豪 雪をもたらした降水系(ここでは雪雲の集団)の特徴を述 べる.

3.1 災害発生状況

災害発生当時にオンライン掲載された新聞記事および 鳥取県資料¹²⁾に基づき,災害発生の範囲と時刻を「大山雪 崩」「交通」「住家等」に分けて調査した.また,主として鳥 取県の災害対応について,災害状況と同じ時系列に並べ て整理した(**表**3).漁船と農林業被害については時刻が明 確でないため,範囲についてのみ整理した.以下,時刻 を追って災害状況を見ていくことにする.

まず、大山の雪崩が12月31日12時30分ごろと13時 ごろに発生し、その後14時ごろから雪によるスリップや 倒木が原因となる道路,鉄道の交通障害が,また時刻は 不明であるが同日午後には送電線倒壊による停電も発生 した.31日から1月1日3時ごろまでの約12時間で車両 立ち往生約1,000台,停車列車中の乗客1,000名以上,1 日7時には2万8千戸を越える停電が起こるなど、一夜 のうちに急速な災害の拡大が見られ、自治体、鉄道等事 業者が次々と対応を開始した.しかしその後も1日4時 すぎには鉄道除雪車が脱線,18時台に一度解除した通行 止めが再度実施されたり、21時台にはバスによる特急乗 客の救助が一度断念されるなど復旧が難航した.1日には 牛舎の倒壊や停電, 断水, 倒木による集落孤立など, 住 家等の被害が拡大した.2日朝になってようやく交通障害 が解消され、1日夜から2日朝にかけて各自治体対策本部 が警戒本部に移行するなど、状況が好転したが、2日午後 にも一部地域での停電が残っていた.雪崩に続いて電気, 道路、鉄道といったライフラインの障害が数時間という わずかな時間差で発生したが、これらの発生箇所は、島 根・鳥取県境に近い島根半島の東半分から米子を経て大 山に至る、さしわたし数十 km 以内の範囲に集中していた (図5).

農林漁業被害は資料から発生時刻を追うことができな かったのと,個々の発生地点を記述すると細かくなるこ とから,自治体別に発生の有無を示した(図6).折損や腐 敗など,農作物が直接の被害を受けた範囲は広く,交通 障害による農業被害(牛乳が配送できなかったことによる 廃棄など)とともに鳥取県西部の内陸まで広がっていた. 一方,林業被害は海岸に近い自治体に多く分布しており, 鳥取県内においても降雪の状況が異なっていたことが示 唆される.鳥取豪雪では漁船等の船舶が雪によって転覆, 沈没したことが大きく報道された。この被害は,集落孤立, 鉄塔着雪倒壊,鉄道除雪車両脱線が起こった鳥取県西部 で多数に上ったが,被害範囲は林業被害と同様に広域に

平成23年豪雪時の降雪特性と雪氷災害の発生-中井ほか



図4 雪氷防災研究センター露場の正午撮影の画像.主な災害等の発生した日を選んで一冬季の積雪状況の変化を示す.
 Fig. 4 The change of snowpack in 2010/2011 winter season at snow and weather observation field of the Snow and Ice Research Center (Nagaoka). Photographs taken at noon are shown with topics on snow-related disasters.

わたり,大山付近から県東部の鳥取市まで広がっていた (図7).

3.2 降積雪観測値の時系列

降積雪観測データとして、雪氷災害が発生した地域周 辺の気象官署およびアメダス4要素観測(積雪深観測のあ る場合は積雪深も使用)地点20点(図8の□)について、「補 正降水量」とその積算値を求めた.「補正降水量」とは、降 水量観測値に気温と風速を用いて、雨雪判別¹³⁾と捕捉率 の式¹⁴⁾による捕捉損失補正¹⁵⁾を施した値である.これに 防災科学技術研究所の積雪・気象観測ネットワーク SW-Net¹⁾大山鏡ヶ成観測点(図8の■、使用した観測値は積雪 重量・積雪深・気温)を加えた 21 地点について, 降水, 積雪, 気温の変化を作図した(図 9).

図9によると、ほとんどの雪氷災害が発生した2010年 12月31日から2011年1月1日にかけて、時間的に集中 した降水が同時に積雪深の急激な増加を伴っていた様子 が、特に海岸沿いの観測点を中心に見られた.その時間 帯の気温は平地の観測点では0℃付近であまり変化しな い状態にあり、多量の着雪、冠雪が発達する条件となっ ていた.この降雪量を定量的に見るため、12月31日から 1月1日の補正降水量の合計値、および、12月31日から 1月1日の積雪深増加量の最大値(この期間の最大積雪深

- **表3** オンライン掲載された新聞による積雪情報と災害記事,および鳥取県資料¹²⁾に基づく災害対応について, 時系列でまとめたもの.「日時」列の時刻から1時間以内の記事が同じ行になるよう作表した.
- Table 3
 Time series of on-line newspaper articles on snow and snow-related disasters and the counteraction of Tottori

 Prefecture¹²⁾ against the disasters.

日時	積雪情報	災害状況	災害対応
2010/12/31 7:00	大山60cm		
2010/12/31 10:00			10:56琴浦町雪害対策本部 設置
2010/12/31 12:00		【大山雪崩】12:30 リフト付近で雪崩発生	
		(標高約1000m長さ約600m)。圧雪車とパト ロール員6人が現場へ向かう	
2010/12/31 13:00	大山119cm	【大山雪崩】13:00 山側斜面で再び雪崩発	
		生、4人巻き込まれる。(雪崩の規模は幅約 10m高さ約25m)	
2010/12/31 14:00		【大山雪崩】約1時間後に救助、病院に搬	
		送、いずれも死亡確認	
		【父通】14:00頃 芩浦町から大田町にかけ	
		その国道9号線、ダンクローリーがスリック、 国道ふさぐ	
2010/12/31 16:00		回道ふこく。 【交通】16:00頃 大山町のJR山陰本線御	
		来屋駅一下市駅間 特急スーパーおき5号	
		積雪による倒木の為、立ち往生	
2010/12/31 18:00	大山144cm		
2010/12/31 23:00			23:40鳥取県豪雪対策本部
2011/1/1 0:00		 「交通】1日1日未明 琴浦町から大山町に	1820 大山町災害対策本部設置
		かけての国道9号線約23km、約1000台	
		の車が動けない。	
		12月31日から1月1日にかけて、山陰線と	
		伯備線で列車264本が運休及び部分運	
		休、約1万2十人に影響	
		「ロも木士空港は人当の影響で闭鎖、木 ユニ羽田 山部た結ご今日空の計12価が	
		ケー羽山、中部を福ふ主口王の計2度が 欠航。鳥取空港も羽田発着の全日空計3便	
2011/1/1 2:00			鳥取県、大山町と琴浦町に
			避難所を設置
			2:40鳥取県、NHK鳥取放
			送局に対し、緊急情報放送
2011/1/1 3:00			1137根 自取旦山部及75西部総合
2011/1/10.00		線で列車計17本が停車、1千人余りが列車	事務所が毛布配布を開始
		の中で再開を待っている。	鳥取県、自衛隊に対する
			災害派遣要請
2011/1/1 4:00		【交通】4:00スーパーおき5号の運転再開	
		のため米千駅を出発した除雪里両か果山	
2011/1/1.5.00	米子市89cm 大山町大山		
	209cm 境港市堺67cm 鳥		
	取市吉方54cm 倉吉市大		
	塚57cm		
2011/1/1 /:00		【任家等】 停電鳥取県東部約1400戸鳥取 県中部約1800戸鳥取県西部約25000戸	日古津村災害対策本部設 置
2011/1/1 8:00			8:12鳥取県中部総合事務
			所の第2班、第3班か水・食
			科を現場に即印開始 8.30半之市 伯者町 ※
			害対策本部設置
2011/1/1 9:00	鳥取県全域に大雪警報発	【交通】 9:00前 タンクローリの車体の向きを	境港市災害対策本部設置
	令中	元に戻す作業終了	鳥取県中部総合事務所
		【住家等】 半壊 1棟(境港市)	の第3班が水・食料を現場
			に配布開始
			3.50 局収示家当刈束本部
2011/1/1 10:00		【交通】 1月1日未明 琴浦町から大山町に	
		かけての国道9号線約19キロにわたって約	
		600台の車で渋滞している。	
2011/1/1 15:00	大山町大山202cm 境港市	【交通】脱線した除雪車復旧	15:30鳥取県、大山一八橋
	坏01cm 米子81cm 局取市 古ち40cm 合士士士/2	1200回 真取県西部約4500回	间の全面通行止め、複数 の除電車な一座にかる
2011/1/1 16:00		200戸 高玖宗四回初4500戸 【住家等】簡易水道の断水 伯耆町上野20	27 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

- **表3** オンライン掲載された新聞による積雪情報と災害記事,および鳥取県資料¹²⁾に基づく災害対応について, 時系列でまとめたもの.「日時」列の時刻から1時間以内の記事が同じ行になるよう作表した.(つづき)
- Table 3
 Time series of on-line newspaper articles on snow and snow-related disasters and the counteraction of Tottori

 Prefecture¹²⁾ against the disasters. (continued)

2011/1/1 17:00		【住家等】島根県東部で県道、市道とも積 雪で不通、松江市美保関町の4集落、計131	第2回鳥取県豪雪対策本 部会議
		世帯が孤立	
2011/1/1 18:00		【交通】18:15 国道9号大山-琴浦間約20	
		キロの区間の通行止めをいったん解除	
		【交通】18:45 国道9号大山-琴浦間12キロ	
		にわたって、再び通行止めにした。除雪作	
		業が不十分なため。	
2011/1/1 19:00		【住家等】牛舎 1棟(大山町1)	
2011/1/1 20:00		【住家等】積雪で倒木が相次ぎ、少なくとも	湯梨浜町災害本部設置
		松江市内の県道など4カ所が全面通行止	(22:00災害警戒本部へ移
		め。松江市美保関町および島根町の5地区	行)
		が孤立。一部世帯で停電や断水の被害が	島根県、陸上自衛隊に災
2011/1/1 21:00		【交通】JR手配のバスがたどり着けず、特	
		急おき5号乗客の救助断念	
2011/1/1 22:00		【住家等】 死亡1名 (大山町岡 82歳女性	
		落雪による)	
2011/1/1 23:00		【住家等】簡易水道の断水 伯耆町上野	
		復旧	
2011/1/2 4:00		【交通】特急おき5号運転再開、4時過ぎに	
		米子駅に到着	
2011/1/2 5:00	5:07鳥取県内市町村大雪		
	警報解除(大雪注意報に切		
	り替え(境港市、日吉津村、		
	北栄町は注意報も解除)		
2011/1/2 8:00		【交通】8:25国道9号線交通規制解除	湯梨浜町、琴浦町の対策
		【住家等】 車庫 2棟(日吉津村1、伯耆町1)	本部 警戒態勢へ移行
2011/1/2 12:00			12:53鳥取県、自衛隊に災
			害派遣の撤収要請
2011/1/2 14:00	大山町大山188cm 境港市		
	堺37cm 米子35cm 鳥取市		
	<u>吉方28cm 倉吉市大塚</u>		
2011/1/2 15:00		【住家等】 停電15時現在 鳥取県西部約	
		<u>1700戸鳥取県東部約70戸</u>	
2011/1/2 16:00		【住家等】 鳥取県:人的被害 死亡1人 住宅	16:30第3回鳥取県豪雪対
		被害半壊1棟	策本部会議

から12月31日0時の積雪深を引いたもの)を算出した. 大山鏡ヶ成については,この2日間の気温が零下である ことから(図9),補正降水量合計値の代わりに積雪重量増 加量の最大値を用いた.さらに,2010年12月31日から 2011年1月1日にかけて図9で積算補正降水量や積雪深 の急激な増加がみられたこと,およびその2日間の降水 量が80 mm以上または積雪深増加が40 cm以上であった ことを条件として集中した降雪の有無も判定した.その 結果が表4である.雪氷災害の発生は,時間的に集中し た降雪が降水量にして100 mm以上,積雪深増加が50 cm 以上の地域に見られ,その範囲は150 km×50 km 程度で あった.

表4 で最大の値は防災科学技術研究所 SW-Net 大山鏡ヶ 成観測点の217 mm, 119 cm である.大山鏡ヶ成では,12 月 31 日 0615JST (99 cm, 252 mm)から積雪の急激な増加 が始まり積雪の変化がほぼ極大となる1月1日 0615JST (217 cm, 442 mm)までの24 時間で118 cm,190 mm の 積雪深増加と積雪重量増とを観測した.気温が零下なの でこの積雪重量増分は降雪量と見なすことができる.す なわち,24 時間で水相当190 mm の降雪が観測値として



国土交通省国土地理院作成電子国土基本図(地図情報)を利用

図5 主な雪崩,交通等災害の発生地点 Fig.5 The location of major avalanche and traffic accidents.



- 図6 農林業被害を受けた自治体の分布図.鳥取県資料¹²⁾ より作図
- Fig. 6 Maps of local governments suffered from agricultural and forestry damages¹²⁾.

記録されたことになる. この値は新潟県中越地震後の豪 雪時(2004/2005年冬季)に新潟県にある防災科学技術研究 所魚沼大芋川観測点で記録された約100 mm/日の降雪水 当量の2倍近い値であり,豪雪地でも通常は観測されな いような極端に強い降雪が局地的にもたらされるという, 顕著な集中豪雪が起こったことを示す.

図10は気温別にクラス分けして合計した降水量¹⁶⁾であ る.米子ではほとんどの降水が0℃付近でもたらされて おり,これは林業,漁船の被害が現れた海岸付近の観測 点に共通する特徴であった.一方,内陸に入り,また標 高が高い場所では多くの降水が零下でもたらされており, 特に大山鏡ヶ成では-6℃という低温下での降水が最も多 かった.このことから,降雪が集中した範囲内でも降水 形態に地域差があったことが考えられ,それが発生した 災害の種類に影響を与えたことが示唆される.

3.3 集中豪雪をもたらした降水系

12月31日から1月1日にかけてのレーダーによる降水 強度分布を図11に示す.31日0時40分には直径100km



図7 漁船の被災場所と隻数,鳥取県資料¹²⁾より作図 Fig. 7 Distribution of damaged boats¹²⁾.



- 図8 解析に使用した地上観測点の位置.□は気象官署およ び4要素観測(積雪深観測のある場合は積雪深も使用) のあるアメダス観測点,■は防災科学技術研究所 SW-Net 大山鏡ヶ成観測点.橙色の四角は図5の範囲を示す.
- Fig. 8 Location of surface observation stations used in the analysis. Open squares indicates the JMA stations that observe at least temperature, wind, and precipitation. A solid square indicates the SW-Net Daisen-Kagamiganaru station of the NIED. An orange square indicates the area of Fig. 5.

から 200 km ほどの渦が東西に連なった形をした降水域が 隠岐付近に見られた. 渦状の降水域は後面(北側)に北北 東-南南西方向のち北西-南東方向の筋状の降水を伴い ながら南下し,31日早朝に島根半島から鳥取県,京都府 にかけての日本海岸に上陸した(これらをまとめて降水系 Aとする).その後降水系Aによる降水は1日7時ごろま で24時間以上続き,少し間を置いて西南西-東北東に延 びる太い帯状降水系が上陸した(これを降水系 Bとする). 1日午後にはそのさらに後面の筋雲による降水へと変化 し,4日朝に鳥取県近辺の降水が見られなくなった.こ こで強い降雪(図9)をもたらしたのは降水系Aであるが, 降水系A全体の動きが南下であったのに対して,それを 構成する雪雲の動きは西から東,もしくは西北西-東南 東であった.また,1日7時以降に上陸した降水系Bは北 東-南西方向に移動していた.

上記の降水系 A, B が見られた期間について, 松江の 高層観測データを図 12 に示す. 5,800 m から 7,000 m 付近 に見られる気温の極小は対流圏界面であり,降水系 A が



il.



図9 図8の□および■の計21地点についての捕捉損失補正した降水強度(mm hour⁻¹,棒グラフ),降水量積算値(mm,破線)も しくは積雪重量(kg m⁻²,実線),積雪深(cm,面グラフ),気温(℃,点線)の時系列.浜田,塩津,茶屋は積雪深の観測がなく, 舞鶴は降水量の欠測があるためそれ以降の積算降水量がない.大山鏡ヶ成は風の観測がなく,降水量は品質がまだ確認で きていないため示さなかった.和田山は着雪と思われる風欠測が多く,兎和野高原は1月6~7日にかけて,香住と倉吉 は12月31日午後に,茶屋は1月3日にそれぞれ風の欠測があり,赤名は1月7日に積雪深の欠測があった.(つづき)

Fig. 9 Time series of precipitation intensity corrected for the wind-induced catch loss (mm hour⁻¹, bar graph), accumulated precipitation (mm, dashed line) or ground snow weight (kg m⁻², solid line), snow depth (cm, area graph), and temperature (°C, dotted line). The data of the 21 stations in Fig. 8 are shown. Snow depth is not measured at Hamada, Shiotsu, and Cyaya. Accumulated precipitation at Maizuru was interrupted at 31 December 2010 because of the data lack. The ground snow weight was shown at Daisen-Kagamiganaru instead of accumulated precipitation. The lack of wind observation was found frequently at Wadayama, on 6-7 January 2011 at Uwanokogen, on the afternoon of 31 December 2010 at Kasumi and Kurayoshi, and 3 January 2011 at Cyaya. The lack of snow depth was found on 7 January 2011 at Akana. (continued)

表 4 2010年12月31日から2011年1月1日にかけての2日間の補正降水量合計(mm),積雪深増加量(cm), および時間的に集中した降雪の有(○)無(-)

Table 4 Total corrected precipitation (mm), the increase of snow depth (cm), and occurrence (O) or non-occurrence (-) of snowfall concentrated with time during the period from 31 December 2010 to 1 January 2011.

地点名	松江	境	塩津	倉吉	鳥取	香住	豊岡
集中降雪	0	0	0	0	0	0	0
補正降水量合計(mm)	173	155	160	91	116	118	95
積雪深増加 (cm)	56	72	×	58	54	50	42
地点名	浜田	米子	大山鏡ヶ成	上長田	智頭	兎和野高原	舞鶴
集中降雪	-	0	0	0	-	0	-
補正降水量合計(mm)	14	204	217	89	33	84	×
積雪深増加 (cm)	×	89	119	81	18	61	31
地点名	赤名	横田	茶屋	千屋	津山	今岡	和田山
集中降雪	-	—	—	-	—	_	—
補正降水量合計(mm)	41	43	54	18	9	17	31
積雪深増加 (cm)	18	31	×	8	3	13	10





米子,上長田,大山鏡ヶ成の気温別降水量(mm) 図 10 Fig. 10 Precipitation amount (mm) according to temperature at Yonago, Kaminagata, and Daisen-Kagamiganaru.

上陸するまでの 30 日 21 時から 31 日 21 時までは対流圏 中層に顕著な逆転層や安定層は見られなかった. 30日21 時は降水系 A 前面の気団で、下層は乾いているが暖かく 条件付き不安定であり、下層大気が持ち上げられれば対 流が発達し得る状態であった.降水系Aの中で観測され た31日09時と21時にはほぼ対流圏全層が湿潤中立に近 い成層をしており、30日21時に比べて1,500m以下の対 流圏下部の気温は下がり、それより上部の気温は上がっ ていた.これは対流圏全体に及ぶ背の高い対流が発達し, 大気が鉛直に混合されたことを示す. 降水系 A, B のい ずれについても、レーダーエコー頂高度(レーダーで捕ら えられた3次元降水域上端の高さ)は最も高いところで圏 界面高度に達しており、静止気象衛星による雲頂温度(図 13) は圏界面気温に近い値を示していた.通常,雪雲は対 流圏中下層に発達する対流混合層内の現象であり、対流 混合層上端と対流圏界面との間には海面からの気団変質 の影響が及ばない乾いた層がある.しかし、降水系A、B についてはそのような乾いた層はなく、対流圏全体に発 達した降水系であった.

地上観測点においては降水系 A による強い降雪ととも に約2℃~4℃の気温低下が見られ(図9),降水系Aは 西風成分を持つ暖気と北側から南下してきた寒気との収 束線に形成された降水系といえる. 観測された対流圏の 風向は西~西北西(図12)であり、これは降水系Aを構成 する雪雲の動きの方向と一致した.図13左側に見られる ように,降水系Aは朝鮮半島付け根から延びる雲の先端 部分である. これは日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) に伴う 帯状雲と呼ばれる、多量の降雪をもたらしやすい雲であ る. 従って,降水系Aによってもたらされた多量の降雪は, JPCZ に伴う帯状雲が通常よりも特に強く発達したためと いうことができる.

1日9時のデータは降水系A消滅直後の降水系B前面 における観測である. 高度 2,300 m 付近に安定層があり, それより下層は12時間前と同じであるが、その上層には 相対的に暖かい北東風が吹いている.この風向は降水系B の動きと同じである.多くの地点では1日午後に5℃以 上の大幅な気温上昇を観測しており(図9),降水系Bは, 先に南下した寒気の後面にある、やや暖かい別の気団と の境界に形成されたものと考えられる. 降水系Bは進行 方向前方(南側)が層状域,後方(北側)が対流域とみられ る降水分布をしており、このことからも降水系 B が温暖 前線的な不連続線上に形成されたことが示唆される.

12月31日から1月1日にかけての合成レーダー降水 強度の積算値(図14)を地上観測による補正降水量(図9)

05:40JST 31DEC2010

JMA Radar

37N

09:40JST 31DEC2010

JMA Radar

37N

JMA Radar

37N

00:40JST 31DEC2010



図11 2010年12月31日から2011年1月1日にかけての気象庁全国合成レーダーによる降水強度分布.A,Bは降水系を示す. 本文参照





- 図12 松江の高層観測による気温,湿度,風のプロファ イル(鉛直分布)
- Fig. 12 The profiles of temperature, relative humidity, and wind by routine aerological observations at Matsue.



- 図14 2010年12月31日から2011年1月1日までの気象庁 全国合成レーダーによる降水強度をもとにした積算 降水量(mm).松江(白□),大山鏡ヶ成(■),上長田 (灰色□)の位置を図中に示す.
- Fig. 14 Accumulated precipitation amount (mm) from 31 December 2010 to 1 January 2011 using the JMA national radar data. The locations of Matsue (square filled with white), Daisen-Kagamiganaru (closed square), and Kaminagata (square filled with gray) are shown.



- 図13 静止気象衛星 MTSAT-2 赤外 IR1 チャンネル(10.3-11.3 µm)による雲頂温度. A, B はそれぞれ本文の降水系 A, B に対応する雲を表す. なお, 雲の位置は実際より 20 km から 30 km 程度北西にずれて表示されている(元データの位置合わせの問題).
- Fig. 13 Cloud-top temperature of MTSAT-2 IR1 channel (10.3-11.3 μm). The cloud mass A and B correspond to the mesoscale cloud systems A and B in the text, respectively. The TBB distribution has a location offset of 20 km to 30 km to the northwest.

と比較すると,鳥取以東と赤名,浜田など集中した降雪 から外れている区域ではかなり近い値となった.しかし, 松江から大山鏡ヶ成を経て上長田に至る集中降雪状況は, 合成レーダー降水強度では全く表現されていなかった. この原因としては、1)合成レーダーで表されている高度 2,000 m 付近よりも下層で降雪が強化されたこと、2)もた らされていた極端に強い降雪を構成する降雪粒子がレー ダーで仮定されている降雪量推定式に当てはまらなかっ たこと、3) レーダー近傍の観測値について極座標の観測 値から距離依存性を除き直交座標系に変換する際の減衰 の扱いや補間の方法などの問題,が考えられる.この過 少評価は、未利用のレーダーデータや捕捉損失補正を行っ た降水量データの取り込みなどにより改善される可能性 がある.しかし、1、2 については、現在展開されている X バンドマルチパラメーターレーダーをもってしても正 確な推定は容易ではない.降雪粒子の分布特性とその空 間、時間変動を十分に解明することが必要である.

3.4 鳥取豪雪解析のまとめ

2010年12月31日から2011年1月1日にかけての鳥取 豪雪時の降積雪と災害発生状況について,特にその時間 的推移と空間分布に注目して比較した.主な結果は以下 の通りである.

- 12月31日と1月1日の2日間で100mmを越える降水量と50cmを越える積雪深増加が150km×50km 程度の領域に集中して発生し、その領域で多くの災害が発生した。
- 防災科学技術研究所 SW-Net 大山鏡ヶ成観測点では 24
 時間で水相当 190 mm の降雪が観測された.これは豪 雪地でも通常は観測されないような極端に強い降雪で あった.
- 多量の降水がもたらされたときの気温は場所によって 異なり、発生する災害の種類に影響を与えた可能性が ある。
- 特に強い降雪は、JPCZ に伴う帯状雲の先端に位置する渦を含む雪雲の集団(降水系)が、通常よりも強く圏界面に達する高さまで発達することによってもたらされたと考えられる。
- 最も多量の降雪がもたらされた大山付近の降雪分布 は現業レーダー観測値では表現されておらず、その 原因解明が課題である。

4. 結語

本報告では、平成23年豪雪となった2010/2011年冬季 の全国的な降積雪概況を述べたのち、代表的な事例と言 える鳥取の集中豪雪災害を取り上げて、その調査結果を 基に降雪特性と雪氷災害発生との関連について解析した.

まず言えるのは、全国的な豪雪といえどもまんべんな く降るわけではなく、平年よりも特に多雪となった地域 が存在するということである.これは以前も指摘したこ とであるが⁶⁰、平成23年豪雪においても、本報告で述べ た鳥取の集中豪雪災害、また別途報告される2例の災害⁴⁾ もともにそのような場所で発生した.一般的には、雪崩 や吹雪、凍結路面等に起因する事故や障害がさまざまな 場所で散発的に発生するのが雪氷災害の特徴である.そ のため、豪雪年に限らず雪氷災害の犠牲者は毎年恒常的 に発生する^{17)、18)}.しかし、顕著な社会的障害や犠牲者 がこのような集中豪雪に伴って発生するというのも、雪 氷災害のもう一つの特徴と言えよう.

さらに,集中豪雪がもたらされた地域でも,その地理 的あるいは標高の差異により降雪の特性が異なり,その 結果として引き起こされる災害が異なるということに注 意すべきである.特に,鳥取の集中豪雪で大きな被害を もたらした海岸沿いの降雪は全て0.2℃前後の気温でもた らされており,湿雪による災害が顕著であったといえる. 今後,恒常的に発生する災害だけでなく,このような集 中豪雪による災害,湿雪による災害の発生条件などに対 しても問題意識を持って取り組むべきと考えられる.

謝辞

本研究の一部は防災科学技術研究所プロジェクト研究 『高度降積雪情報に基づく雪氷災害軽減研究』によるもの です. MTSAT-2 データについては高知大学気象情報頁を 利用しました. 解析には GrADS, GMT を使用しました.

参考文献

- 山口 悟・阿部 修(2007):平成18年豪雪における山 地積雪の特徴 – 近年の山地積雪の変動の中で-. 雪 氷, 69, 53-59.
- 山口 悟・根本征樹(2011):2010/2011 冬期における気 象・降積雪状況.防災科学技術研究所主要災害調査, No.47,2010/2011 年冬期の豪雪と雪氷災害に関する調 査報告,33-52.
- 山口 悟(2011):富山県立山国見岳雪崩事故調査報告.
 防災科学技術研究所主要災害調査, No.47, 2010/2011 年冬期の豪雪と雪氷災害に関する調査報告, 87-90.
- 4)本吉弘岐・中井専人(2011):福島県会津地域における 2010年12月の大雪について.防災科学技術研究所主 要災害調査, No.47, 2010/2011年冬期の豪雪と雪氷災 害に関する調査報告, 17-32.
- 5) 上石 勲・本吉弘岐・石坂雅昭(2011):2011 年3月12 日長野県北部地震による雪崩発生状況.防災科学技術 研究所主要災害調査, No.47,2010/2011 年冬期の豪雪 と雪氷災害に関する調査報告,83-86.
- 6) 中井専人・岩本勉之(2006):規格化した冬季最深積雪から見た平成18年豪雪の特徴.天気,53,863-869.
- (2008): 気象観測統計の解説. 気象庁ホーム ページ(http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/ index.html 2011 年 6 月 9 日閲覧)
- (2011): 冬(12~2月)の天候.報道発表資料 平成23年3月1日.気象庁ホームページ(http://www. jma.go.jp/jma/press/1103/01c/tenko111202.html 2011年6 月9日閲覧)
- 9) 中井専人・山口 悟(2010): 2009/2010 冬季の北信越 地方の多雪. 雪氷北信越, **30**, 46.
- 10) 中井専人・熊倉俊郎(2007):平成18年豪雪における 降雪分布の特徴:10分間隔3ヶ月間のレーダーデー 夕解析.雪氷,69,31-43.
- 11) 中井専人(2007): 平成 18 年豪雪における降雪分布の 特徴. 気象研究ノート,第216号,2005/06年日本の 寒冬・豪雪,45-59.
- 12) 鳥取県(2011):12月31日からの豪雪等による農
 林水産業関係被害状況(最終報)(5月9日(月)現

在). 鳥取県ホームページ(http://www.pref.tottori.lg.jp/ secure/549402/221231gousetsu_36.pdf 2011 年 6 月 9 日 閲覧)

- 13) 菅谷 博(1990):暖地積雪面の微細気象的特性とそれ に基づく積雪質量推定モデル.北陸農業試験場報告, 32, 43-64.
- 14)横山宏太郎・大野宏之・小南靖弘・井上 聡・川方俊 和(2003):冬季における降水量計の捕捉特性,雪氷, 65,303-316.
- 15) 中井専人・横山宏太郎(2009):降水量計の捕捉損失補
 正の重要さ –測器メタデータ整備の必要性-.天気,
 56, 69-74.
- 16) Yamaguchi, S., Nakai, S., Iwamoto, K., and Sato, A. (2009): Influence of anomalous warmer winter on statistics of

measured winter precipitation data. J. Appl. Meteor. Clim., 48, 2403-2409.

- 17) 佐藤篤司(2007):新聞記事より収集した雪氷災害の 最近の変動 一新潟県,北海道を例に一.寒地技術シンポジウム,23,2007年12月12-14日,札幌,441-442.
- 18) 中井専人(2010):2008 年度秋季大会シンポジウム「地域の詳細な気象と気候の再現を目指してーダイナミックダウンスケール技術の高度利用一」の報告 5.雪氷防災情報への利用.天気,57,560-566.

(2011年9月26日原稿受付,
2011年10月27日改稿受付,
2011年10月27日原稿受理)

要 旨

全国的な豪雪となった 2010/2011 年冬季の降雪状況について,全国概況と,鳥取の集中豪雪を例とした降雪と雪 水災害発生との関連とを解析した.秋田以南の山沿いを中心に多雪となる傾向が見られ,その中でさらに集中した 豪雪となる地域が現れた.地震,津波被害を受けた東北〜関東地方太平洋沿岸地域は少雪であった.雪氷災害の多 かった 12 月下旬から 1 月にかけては連続した降雪であったが,冬の平均気温は平年並であり,豪雪と冬季全体の暖 冬/寒冬傾向とは別であることが示された.鳥取では SW-Net 大山鏡ヶ成観測点で日降水量 190 mm という豪雪地で も通常は観測されないような極端に強い降雪が実測されたほか,12 月 31 日と 1 月 1 日の 2 日間で 100 mm を越え る降水量と 50 cm を越える積雪深増加が約 150 km × 50 km の領域に集中する豪雪となり,その領域で多くの災害 が発生した.交通障害等が多発した沿岸部では気温 0.2 ℃前後の湿雪が多量にもたらされていた.

キーワード:集中豪雪,多雪指数,SW-Net,雪氷災害,気温