

# 石狩・空知地方における 平成24年豪雪時の雪害と気象

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム

○原田 裕介  
松澤 勝  
松下 拓樹

平成23年度冬期の石狩・空知地方では、低温と局地的な降雪により、最大積雪深の発生確率年は石狩北部の厚田と新篠津、空知南部の美唄と岩見沢で道路防雪施設の設計値である30年を超過した。本論文では、雪害の発生条件を検討するため、空知地方の岩見沢や石狩地方の厚田を中心とした地域を対象に、現地調査、気象データ、新聞記事、国道の通行止め履歴をもとに平成24年豪雪による雪害と気象の特徴をとりまとめた。その結果、雪害の発生は大雪期間の積雪深増加だけでは判断できないこと、多量の積雪により雪崩予防柵や防雪柵の機能が低下していたことが示唆された。

キーワード：除雪・防雪、基礎技術、防災

## 1. はじめに

2011年度冬期の北海道は、冬型の気圧配置となる日が多く、強い寒気の影響を断続的に受けたため、気温は平年より低くなった。降雪量は平年並だったが、主に日本海側で局地的に降雪量が多い地域が見られた。そのため、最大積雪深は岩見沢と函館で気象庁の観測開始以来1位の値を更新した<sup>1) 2)</sup>。この大雪によって、石狩および空知地方を中心とした地域で雪による被害が生じた<sup>3) - 5)</sup>。

本論文では、今後の雪害発生条件の解明や対策計画の策定等、長期的な視点に立った研究や施策の立案に取り組む際の基礎資料とするため、空知地方の岩見沢と石狩地方の厚田（石狩市）を中心とした地域を対象に、2011年度冬期の豪雪（以下、平成24年豪雪という）による道路の雪害状況の特徴をとりまとめた。

## 2. 北海道における2011年度冬期の積雪の特徴

積雪寒冷地の防雪施設設計には、再現期間に対する年最大積雪深が用いられる。北海道内の気象庁アメダス99地点において、一般化極値分布（GEV）を用いて2011年度冬期の最大積雪深の再現期間を整理した結果、中央部の日本海側と南部の渡島半島の8箇所、30年再現期待値を超過した（図-1、表-1）<sup>6)</sup>。さらに、岩見沢の最大積雪重量は100年再現期待値を超え、新篠津では100年再現期待値に近い状況が約1年半継続した<sup>7)</sup>。

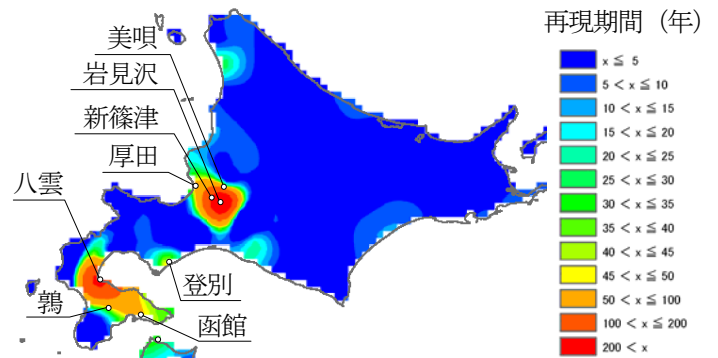


図-1 2011年度冬期最大積雪深の再現期間の等値線図<sup>6)</sup>

表-1 2011年度冬期最大積雪深と再現期間（再現期待値30年以上の地点）<sup>6)</sup>

気象庁 アメダス	2011年度冬期最大積雪深			30年再現 期待値 (cm)
	最大 積雪深 (cm)	平年値 との比	再現 期間 (年)	
厚田	198	1.7	48	185
新篠津	213	1.8	214	184
美唄	167	1.4	71	159
岩見沢	208	1.7	349	181
登別	144	1.6	51	135
八雲	121	1.5	228	116
函館	91	2.0	53	81
鶺	142	1.7	46	137

## 3. 北海道中央部日本海側での雪害と気象

### (1) 調査方法

2011年度冬期に大雪に見舞われた北海道中央部日本海側（石狩地方、空知地方）を対象として、道路の雪害および気象状況について調べた。調査では、目視および写真撮影による現地調査（計5回）のデータ、2011年12月～2012年4月の気象庁アメダス岩見沢と厚田の気象データ、当該地区での雪害に関する新聞記事（北海道新聞）、財団法人日本道路交通情報センターによる北海道の国道の通行止め区間および期間調査<sup>8)・15)</sup>を収集した。

## (2) 調査結果

### a) 現地調査

1月23日調査では、大量降雪に起因する積雪深増加により、交通障害の要因となる車線および歩道幅の減少が見られた。1月30日調査では、道路標識の約2/3以上が着雪により、認識が困難となっていることを把握した。2月10日調査では、石狩市において視程障害と防雪容量にはほぼ達した吹き止め柵について確認した。2月22日調査では、雪崩予防柵の背面の積雪が柵高さ以上となっている状況を確認した。3月1日調査では、吹き払い柵の風上側が埋雪している状況を確認した（図-2、図-3）。



図-2 2011年度冬期現地調査箇所。図中のA～Hは、図-3のA～Hの位置に該当する。

### b) 気象状況（岩見沢、厚田）

2011年12月～2012年4月における、アメダス岩見沢と厚田の日降雪量、気温および風速データを、平年値と現地調査回をあわせて図-4に示す。両地点とも、12月から4月上旬は平年値と比較して、気温が低く積雪深が多い。4月中旬以降は高めの気温推移とともに融雪が進行し、4月下旬には消雪した。また、厚田では急激な積雪深増加時に、最大7 m/sから10 m/sの日平均風速を観測した。図-4下図の緑枠内で示す。

### c) 新聞記事による雪害事例の抽出

岩見沢を含む空知地方および厚田を含む石狩地方を中心とした、2011年度冬期の雪害に関する新聞記事の概要を表-2に整理した。12月下旬から2月中旬は大雪による交通網の乱れ、2月中旬以降は積雪の重みによる建物の

損壊・倒壊に関する雪害が多かった。



図-3 2011年度冬期現地調査状況

- A : 国道12号線（岩見沢市岡山） 片側2車線の排雪が間に合わず、走行車線に堆雪されている。
- B : 岩見沢市市道 路肩の堆雪により車線幅が減少し、相互通行が困難となっている。
- C : 岩見沢市市道 約20mの堆雪、歩道幅は1人分のみ確保されている。
- D : 岩見沢市市道 道路標識の着雪、大雪後未処理。標識の約2/3以上が着雪により、認識が困難となっている。
- E : 国道231号（石狩市新港東）防雪容量にはほぼ達した吹き止め柵（柵高5.0m）。
- F : 国道231号（石狩市八幡） 吹き払い柵の下部間隙が埋雪している。雪堤高さは約1.5m。
- G : 国道452号線（三笠市桂沢） 雪崩予防柵の背面の積雪が柵高さ以上となっている（柵高2.0m）。せり出し高さは約1.0m。
- H : 新篠津村市道 吹き払い柵（柵高3.5m）の風上側が埋雪している。

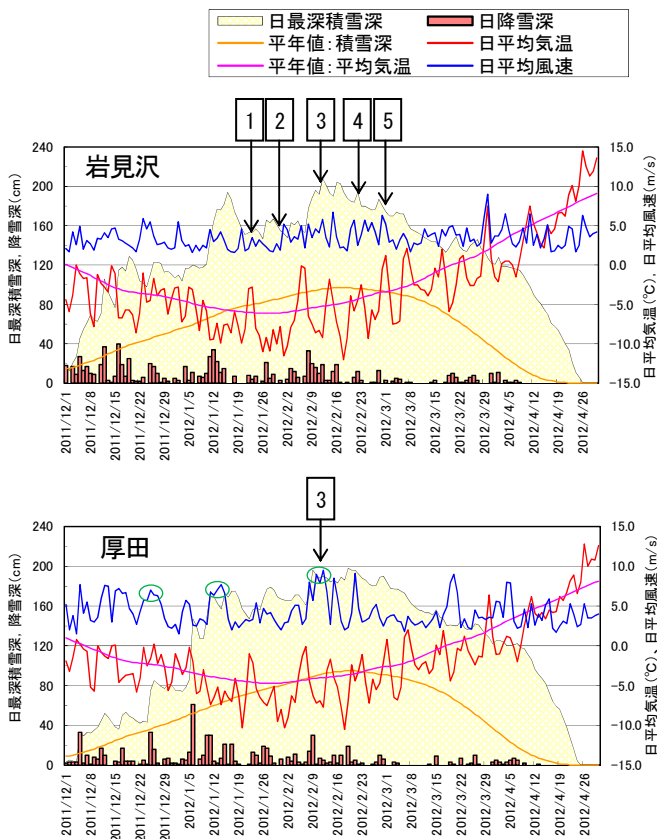


図-4 2011年度冬期気象データ（上図はアメダス岩見沢、下図はアメダス厚田）。四角内の数字は現地調査回数を示す。

#### d) 北海道の国道の通行止め（雪害）

2011年度冬期の北海道では、雪害による国道の通行止めは約1,140時間であった<sup>15)</sup>。その内訳を表-3に示す。吹雪・地吹雪によるものが、全体の約64%を占めていた。そこで、吹雪・地吹雪を対象として、近年8冬期における通行止めの累計時間と件数を図-5に整理した。図-5より、2011年度冬期の累計通行止め時間は、2005年度（平成18年豪雪）、2008年度に次いで多かった。また、2011年度冬期の通行止め件数は101件で、最も多い2005年度とほぼ同数であった。

次に、2011年度と2005年度冬期の吹雪・地吹雪による通行止めの累計時間を、北海道開発局の開発建設部別に分類した（図-6）。なお、通行止め区間が2つの開発建設部を含む場合は、起点側の部局に含めた。2011年度冬期は、石狩地方北部や空知地方南部を管理対象とする札幌開発建設局で通行止めの時間が多く、約240時間となっている。特に、厚田を含む国道231号では、約94時間でこのうちの約40%を占めている。また、2005年度冬期の札幌開発建設局と比較して約2.5倍となっている。

表-2 2011年度冬期新聞記事による雪害事例

雪害発生日	雪害事例
12月25日	・国道275号浦臼町（空知地方）、積雪と視界不良で車両約100台立ち往生
12月26日	・岩見沢、路線バス1日運休 ・札幌、路線バスに遅れが発生 ・厚田・新篠津、24時間降雪量30cm以上 ・国道9路線、延べ13回通行止め
1月6日	・厚田、24時間降雪量61cm（過去最高） ・空知地方、普通電車2本運休
1月13日	・石狩・空知地方、JR列車10本運休 ・新篠津、積雪深184cm（過去最高） ・国道231号石狩市、吹雪により通行止め
1月15日	・岩見沢、路線バス6路線運休、排雪追いつかず
1月16日	・岩見沢、交通まひ（路線バス運休、ごみ収集一部休止、高速道断続的通行止のため、国道12号大渋滞）、小屋の屋根、作業場の屋根が崩落 ・新篠津、路線バス運休 ・国道1路線、延べ1回通行止め ・石狩・空知地方、JR列車200本運休 ・岩見沢、積雪深194cm（過去最高） ・新篠津、積雪深212cm（過去最高） ・厚田、積雪深172cm（過去最高）
1月17日	・陸上自衛隊、岩見沢市・三笠市への除雪支援災害派遣を決定
1月24日	・江別（石狩地方）、24時間降雪量40cm、JR162本運休
2月8日	・岩見沢、猛吹雪、視界不良で除雪車も動けず ・石狩・空知地方、JR列車231本運休 ・岩見沢、バス全路線が3日連続運休（8日～10日） ・国道2路線、延べ4回通行止め
2月17日	・空知地方、雪の重みによる建物の倒壊14棟
2月21日	・岩見沢周辺、雪の重みでビニールハウスの倒壊今季120棟
2月23日	・夕張（空知地方）、市美術館が雪の重みで崩壊 ・岩見沢、ジャンプ台が雪の重みで倒壊
3月2日	・空知地方、今冬期雪の重みでのビニールハウスの損壊3000棟、被害額約20億円

表-3 2011年冬期北海道の国道の通行止め（雪害）<sup>15)</sup>

通行止め事由	累計時間	全体に占める割合
吹雪・地吹雪	725:49	63.6%
雪崩（の恐れ）	161:40	14.2%
降雪	108:10	9.5%
除雪	16:00	1.4%
落雪の恐れ	5:45	0.5%
積雪	2:10	0.2%
その他	122:02	10.7%
計	1141:36	100.0%

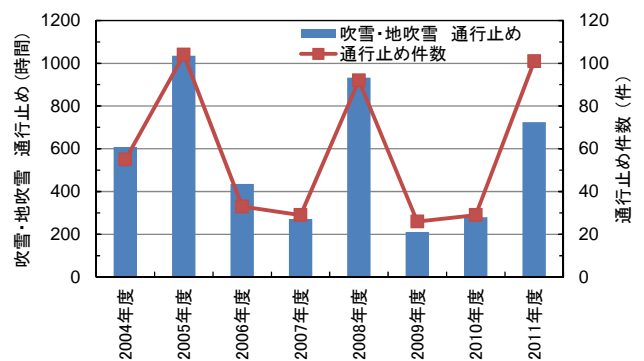


図-5 通行止めの累計時間と件数（吹雪・地吹雪）<sup>8)-15)</sup>



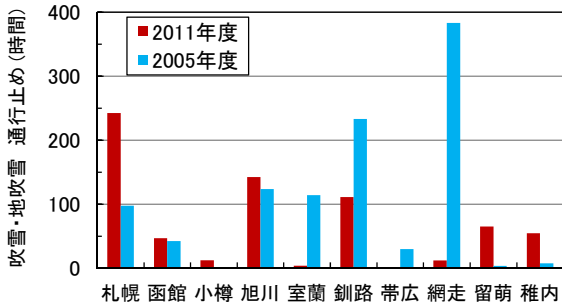


図-6 開発建設部ごとの通行止めの累計時間 (吹雪・地吹雪)<sup>9) 15)</sup>

#### 4. 岩見沢を中心とした雪害と気象に関する分析

図-4の岩見沢の気象データおよび表-2の雪害の新聞記事から、4期間 (2011年12月15日～20日、2011年12月24～26日、2012年1月10日～16日、2012年2月7日～12日) の大雪期間に着目した (表-4)。大雪期間前後の積雪深の差、最大積雪深平年値との比ならびに再現期待値を算出し、それぞれの事象について分析するものとした。

##### (1) 期間1 (2011年12月15日～20日)

アメダス岩見沢では積雪深が48cm増加し、一時的に最大積雪深の平年値を超過した。ただし、道路交通網の寸断には至らなかった (図-4)。

##### (2) 期間2 (2011年12月24日～26日)

アメダス岩見沢では積雪深が25cm増加し、石狩北部から空知地方の国道で通行止となる区間、路線バスの運休が発生した (表-2)。アメダス岩見沢や厚田では、その間に5m/s以上を記録する日があり、吹きだまり等の影響も考慮される。その後、1月上旬時点で、最大積雪深の平年値とほぼ同値となった (図-4)。

##### (3) 期間3 (2012年1月10日～16日)

アメダス岩見沢では積雪深が73cm増加し、降積雪や吹雪による道路通行止めの他、除排雪が滞る事態となった (表-2)。また、1月16日の時点で最大積雪深の30年確率期待値を超過し、平年値との比が1.6倍となった (表-4)。その後、2月上旬までは顕著な積雪深増加は見られなかったが、除雪後の路肩の堆雪による車線減少や視距の低下、標識の着雪等の雪害が発生した (図-3)。

##### (4) 期間4 (2012年2月7日～12日)

アメダス岩見沢では積雪深が55cm増加し、再び交通網が寸断される事態となった (表-2)。その際、最大積雪深の30年確率期待値を超過し、平年値との比が1.7倍となった (表-4)。その後は、雪崩予防柵の背面や防雪柵の風上側が埋雪する等、防雪機能が低下していた (図-3)。

期間1～4を含む2011年度冬期のアメダス岩見沢の積雪深の推移を、図-7に示した。2011年度冬期では、期間3と期間4で交通網が寸断された。期間1では6日間

積雪深が48cm増加したが、道路交通網に目立った影響は発生しなかった。対して、期間2では3日間での積雪深増加が25cmで、期間1よりも23cm小さかったが交通網に影響を与えた。また、期間1と期間4は、ほぼ同程度の期間 (6日間) と約50cmの積雪深増加であったが、期間4では交通網の寸断に至った。このように、雪害の発生は大雪期間の積雪深増加だけでは判断できないことが示唆される。

表-4 2011年度冬期アメダス岩見沢の大雪期間時の気象データ

期間	月日	積雪深 (cm)	最大積雪深		積雪深増加 (cm)
			平年値との比	再現期間(年)	
期間1	12月15日	77	0.6	1	48
	12月20日	125	1.0	2	
期間2	12月24日	98	0.8	1	25
	12月26日	123	1.0	2	
期間3	1月10日	121	1.0	2	73
	1月16日	194	1.6	83	
期間4	2月7日	153	1.2	6	55
	2月12日	208	1.7	349	

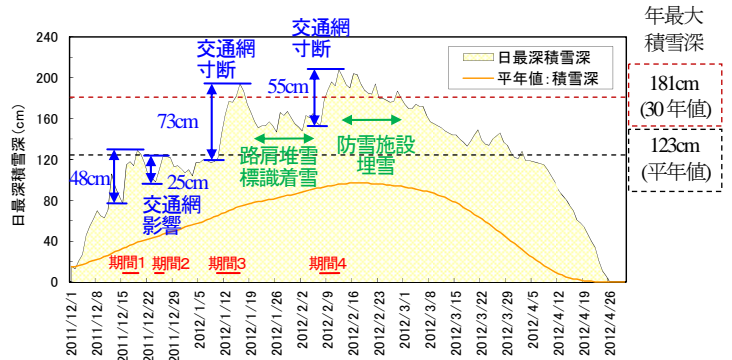


図-7 2011年度冬期アメダス岩見沢積雪深と道路雪害

#### 5. 厚田を中心とした吹雪に関する分析

石狩北部の厚田では、近接する国道231号が2011年冬期に約94時間吹雪により通行止めとなったことを受けて、吹雪発生時間と吹雪量を推定し、それらの傾向について分析した。吹雪発生時間と吹雪量の推定方法は、原田ら<sup>17)</sup>の手法にしたがい、はじめに吹雪の発生の有無を判別し、吹雪発生と判別された場合に吹雪量を経験式により計算した。吹雪発生条件は、以下の条件1または条件2を満たし、かつ条件3を満たす場合に吹雪が発生するものとした。ここでは、アメダス厚田の1時間毎の風速を使用し、1時間連続して一定の風速であると仮定した。

条件1 :  $T \leq -5^{\circ}\text{C}$  かつ  $W \geq 5\text{m/s}$  かつ  $S_d \geq 1\text{cm}$

条件2 :  $-5^{\circ}\text{C} < T < 0^{\circ}\text{C}$  かつ  $W \geq 6\text{m/s}$  かつ  $S_d \geq 1\text{cm}$

条件3 :  $t \leq 13$  (h)

ここで  $T$  は気温 (°C)、 $W$  は高さ 7 m での風速 (m/s)、 $S_d$  は積雪深 (cm)、 $t$  は降雪終了後の経過時間 (h) を示す。

アメダス厚田を対象とした、近年 8 冬期 (12-3 月) における累計吹雪発生時間、吹雪量、最大積雪深を図-8 に整理した。図-8 より、2011 年度冬期の累計吹雪発生時間、吹雪量ならびに積雪深は、対象年度の中で最も大きかった。よって、2011 年度は、他年度と比較して吹雪が発生しやすい冬であったことが確認される。

次に、石狩北部の国道 231 号の通行止め月日とアメダス厚田の積雪深、最大積雪深平年値との比と再現期間、日平均風速ならびに期間内の吹雪量の推定値を表-5 に示す。表-5 より、2011 年冬期の厚田では、1 月中旬時点で最大積雪深の平年値の 1.5 倍の積雪となり、2 月 21 日までの間で 1.4~1.7 倍を推移した。また、各通行止め期間の吹雪量は、4.0~7.5 m<sup>3</sup>/m と推定された。これらの吹雪量は、2008 年 2 月の石狩南部での吹きだまり災害発生時の累計吹雪量 (29 時間で 4.4 m<sup>3</sup>/m と推定)<sup>18)</sup> とほぼ同等かそれ以上である。また、路側の高い雪堤は視程障害の要因となる<sup>19)</sup>。大雪と吹きだまりに起因する度重なる道路除雪作業により路側の雪堤が高くなることで、道路上での視程障害および吹きだまりが発生しやすい状態にあったことが示唆される。加えて、防雪柵風上側の積雪が多くなることで、防雪柵の効果が低減されていたことも考えられる。

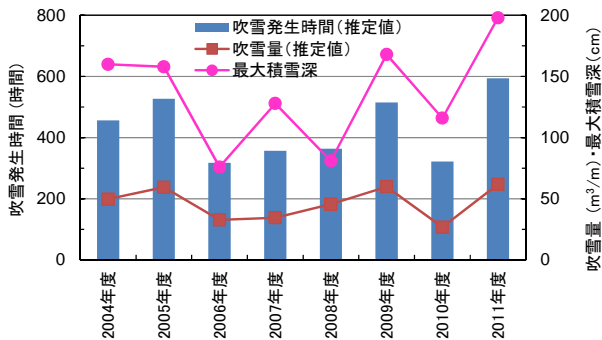


図-8 2011 年度冬期アメダス厚田における累計吹雪発生時間、累計吹雪量、最大積雪深 (12~3 月)

表-5 2011 年度冬期国道 231 号吹雪通行止め月日におけるアメダス厚田のデータ

吹雪 通行止 月日	積雪 深 (cm)	最大積雪深		日平均 風速 (m/s)	累計 吹雪量 (m <sup>3</sup> /m)
		平年値 との比	再現 期間 (年)		
1月11日	175	1.5	20	6.7	7.5
1月12日	169	1.5	16	6.4	
1月13日	162	1.4	12	7.1	
1月14日	157	1.4	10	7.7	
2月8日	171	1.5	17	8.0	4.0
2月9日	196	1.7	45	5.7	7.2
2月12日	190	1.7	36	9.5	
2月15日	186	1.6	31	8.5	
2月16日	183	1.6	27	6.1	
2月21日	196	1.7	45	9.1	5.2

## 6. 考察

4. と 5. の結果から、雪害は積雪だけでなく、他の要素が絡んでいる可能性がある。中村<sup>16)</sup>によれば、雪氷災害の特徴は、他の災害には見られない準静的性質 (災害が発現するまでの期間が長い) と動的性質 (突如発生) の双方を兼ね備えている点にある。例えば、図-7 に示す交通網の寸断等は動的性質、防雪施設の埋雪等は準静的性質として分類されると考えられる。これらの雪害発生の特徴を把握することは、今後の雪害発生条件を検討するための基礎資料として有効と考えられる。ここでは、ある地域で雪害が発生するリスクの程度を「雪害度」、雪害を未然に防ぐ体制や備えの程度 (除雪体制や防雪施設の高さ等) を「防雪度」と定義のうえ、平成 24 年豪雪時の岩見沢を対象として道路の雪害に与える要因について検討した。

図-9 は、中村<sup>16)</sup>による積雪量と防雪度、雪害度との関係を示した概念図を、平成 24 年豪雪時の岩見沢を対象として改変したものである。雪害度 (図-9 の赤実線) は、誘因である積雪量または災害現象の規模 (図-9 の黒実線はこれらを模式化したもの) と防雪度 (図-9 の黒点線) との差で表現している。雪害をもたらず現象の規模は、初冬の降雪から徐々に増え出し、最大値に達した後に融雪期を経て消滅する。突起部は、大雪または他の自然現象が突如襲来したことを表している。また、防雪度が高ければ雪害度は減少するため、同じ値の積雪の場合は防雪度により雪害度の大小が決まることになる。

平成 24 年豪雪時における岩見沢を中心とした地域では、表-4 に示す期間 1 は、雪害度は 0 以下にあったため、積雪深増加が 48 cm でまとまった降雪があったものの雪害は発生しなかったと考えられる。期間 2 の最終段階で雪害度は 0 以上となり、期間 3 では積雪深増加とともに上昇した。その後、雪害度は徐々に低くなっていくが、除排雪が追い付かないため、車線の減少や標識の着雪等リスクの高い状態が続いた。さらに、期間 4 で再び雪害度

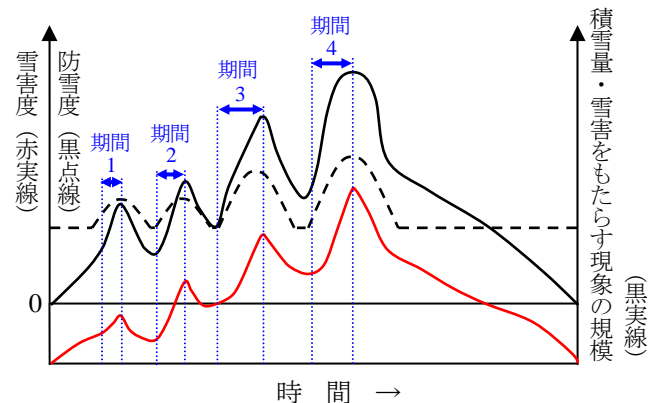


図-9 積雪量と防雪度、雪害度との関係 中村<sup>16)</sup>を改変  
雪害度 = 積雪量・雪害をもたらず現象の規模 - 防雪度  
期間 1 から期間 4 は、表-4 を参照

が増加したものと考えられる。その後、防雪施設の埋雪によりその機能が低下したことで、雪害度は高い状態であった。しかし、2月中旬以降は急激な積雪深増加は認められなかったため、積雪深の減少とともに雪害度も低下したものと考えられる。

## 7. まとめ

本論文では、北海道の岩見沢を中心とした空知地方南部と厚田を中心とした石狩地方北部を対象に、平成24年豪雪による道路の雪害状況の特徴をとりまとめた。分析に際し、道路の雪害に着目した計5回の現地調査、気象庁アメダス岩見沢と厚田の気象データ、雪害に関する新聞記事、北海道の国道の通行止めデータ、雪害に関する既往文献を用いた。

上記のデータをもとに、岩見沢を中心とした雪害と積雪について分析した結果、1月上旬～中旬の73cm、2月上旬の55cmの積雪深増加の際交通網が寸断された。12月中旬に積雪深が48cm増加したが、道路交通網に目立った影響は発生しなかった。対して、12月下旬に積雪深が25cm増加した際、交通網に影響を与えた。また、12月中旬と2月上旬では、同程度の期間で約50cmの積雪深増加がみられたが、2月上旬のみ交通網の寸断に至る雪害が発生した。以上のことから、雪害は大雪期間の積雪深増加だけでは判断できないことが示唆された。

次いで厚田を中心とした吹雪について分析した結果、2011年度は近年8冬期の中でもっとも吹雪が発生しやすい冬であった。積雪深は、1月中旬時点で最大積雪深の平年値の1.5倍の値となり、2月21日までの間で1.4～1.7倍を推移した。また、吹雪通行止め期間の吹雪量は、4.0～7.5m<sup>3</sup>/mと推定された。これらの吹雪量は、2008年2月の石狩南部での吹きだまり災害発生時の累計吹雪量とほぼ同等かそれ以上であった。

岩見沢を中心とした積雪による道路の雪害度を検討した結果、2011年冬期は12月下旬の段階で雪害度が0以上となり、1月上旬～中旬と2月上旬に積雪深増加50cm以上の大雪に見舞われた際、雪害度が上昇したものと考えられる。その際、交通網が寸断された他、除排雪が滞る事態となった。大雪後は、雪崩予防柵や吹雪柵が埋雪する等防雪機能が低下し、雪害度が高い状態が続いていたものと考えられる。

雪害度や防雪度は、道路構造や地域、時期等により異なる。今後は、過年度の道路雪害を整理し事例を蓄積することで、冬期道路の維持管理の計画や体制等を検討するための基礎資料となるよう整理していきたい。

謝辞

平成24年1月23日調査の写真は、独立行政法人土木研究

所寒地土木研究所寒地技術推進室よりご提供頂いた。記して御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 札幌管区气象台, 2012: 2012年の冬(2011年12月～2012年2月)のまとめ, 1-7p.
- 2) 金田安弘他, 2012: 2011-2012年冬期に北海道岩見沢市を中心として発生した大雪について(その1), 一大雪の概要と気象の特徴一, 北海道の雪氷, 31, 115-118p.
- 3) 堤拓哉他, 2012: 2011-2012年冬期に北海道岩見沢市を中心として発生した大雪について(その2) 一大雪災害の被害一, 北海道の雪氷, 31, 119-122p.
- 4) 串山繁, 高橋泰弘, 2012: 平成23年度豪雪被害建物現地調査報告(三笠市), 日本建築学会北海道支部研究報告集, 85, 115-120p.
- 5) 斎藤新一郎他, 2012: 2011/12年の大雪による樹木被害のいろいろ, 北海道の雪氷, 31, 61-64p.
- 6) 原田裕介他, 2012: 北海道における2011年度冬期の最大積雪深の再現期間と大雪事例について, 北海道の雪氷, 31, 131-134p.
- 7) 松下拓樹, 松澤勝, 原田裕介, 2012: 平成23年度冬期の岩見沢と新篠津における積雪深と積雪重量の特徴, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 85, 179-182p.
- 8) 財団法人日本道路交通情報センター, 2005: 平成16年度通行止め区間および期間調査(雪害)
- 9) 財団法人日本道路交通情報センター, 2006: 平成17年度通行止め区間および期間調査(雪害)
- 10) 財団法人日本道路交通情報センター, 2007: 平成18年度通行止め区間および期間調査(雪害)
- 11) 財団法人日本道路交通情報センター, 2008: 平成19年度通行止め区間および期間調査(雪害)
- 12) 財団法人日本道路交通情報センター, 2009: 平成20年度通行止め区間および期間調査(雪害)
- 13) 財団法人日本道路交通情報センター, 2010: 平成21年度通行止め区間および期間調査(雪害)
- 14) 財団法人日本道路交通情報センター, 2011: 平成22年度通行止め区間および期間調査(雪害)
- 15) 財団法人日本道路交通情報センター, 2012: 平成23年度通行止め区間および期間調査(雪害)
- 16) 中村勉, 1986: 雪氷災害とその特徴, 雪氷防災, 白亜書房, 1-13p.
- 17) 原田裕介他, 2012: 北海道における大雪・暴風雪時の気圧配置の特徴, 寒地技術論文・報告集, 28, 97-102p.
- 18) 武知洋太他, 2008: 2008年冬期に北海道で発生した吹雪災害の状況と課題について(1)～2008年2月・長沼近郊での事例について～, 北海道の雪氷, 27, 99-102p.
- 19) 松沢勝他, 2004: 道路上のドライバーの目線の高さの視程と与える雪提の影響, 寒地技術論文・報告集, 20, 310-317p.