

近年の大雪・暴風雪の変化傾向と 国道通行止めとの関係について

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム ○大宮 哲
原田 裕介
松澤 勝

近年の北海道における大雪・暴風雪時の低気圧の特徴（前線の位置や移動経路など）および実際の国道通行止め記録との関係を明らかにすることを目的とし、過去31年間分のデータを分析、整理した。その結果、近年、日本海および太平洋上にそれぞれ中心を持つ二つ玉低気圧が通過するケースが増加傾向にあり、これに伴い、国道通行止めの規模（通行規制の延長や時間）も拡大しつつあることが示された。

キーワード：災害情報、危機管理、雪氷災害

1. はじめに

近年、大雪や暴風雪の発生形態に変化傾向が見られ、これまであまり見られなかった規模の短時間多量降雪や、短時間で急速に発達した暴風雪に起因する雪氷災害の発生が散見される^{1)~10)}。これまで、北海道を対象とした大雪発生の変化傾向についてまとめられた研究例はいくつかあるものの^{11)~16)}、暴風雪発生の変化傾向に関する研究例は見あたらない。雪氷災害の軽減に資するためには、大雪のみならず暴風雪の発生ならびにその変化傾向を把握し、社会生活に及ぼす影響を評価する必要がある。そこで本研究では、北海道における近年の大雪・暴風雪の発生頻度とその傾向に加え、実際の国道通行止め履歴との関係を把握することを目的とする。

大雪や暴風雪が発生する地域は低気圧や前線近傍であるため、低気圧の進路を把握することが重要である。そこで、気象庁アメダスデータおよび地上天気図をもとに、過去31冬期間に発生した大雪・暴風雪の回数を、低気圧および前線の位置、移動経路に着目して整理した。またその結果を踏まえ、国道通行止め履歴との関係について比較、考察した。

2. 方法

(1) 使用した気象データ

本研究では、北海道内の気象庁アメダスで積雪深を観測している地点のうち、1984~2014年度の間に移設によって観測地点の標高が大きく変更した地点や、積雪深観測を開始してから日が浅い地点、および気象官署を除外した77地点で観測された1時間ごとの積雪深、気温、風速（毎正時前10分間平均風速）を使用した。ここで、気

象官署を除外した理由は、1999年以前は現在と積雪深の観測方法が異なり、1時間毎の積雪深データが無いためである（1999年以前は、1日3回、人力による積雪深観測が行われていた）。なお、本研究では、当年11月1日から翌年4月30日までを“冬期間”とした。

(2) 大雪事例の抽出基準

大雪事例の抽出基準は、北海道内の大雪注意報の発令基準値が“12時間で20cm以上の降雪”であること¹⁷⁾を考慮し、降り始めからの「24時間降雪量が40cm以上」、「48時間降雪量が60cm以上」、「72時間降雪量が80cm以上」のいずれかを満たすものとし、かつ北海道全体における災害時の社会的影響と広域性を勘案して、アメダス77地点のうち5地点以上で上記の基準を満たした場合を大雪事例として抽出した。また、24、48、72時間降雪量は、1時間毎の積雪深の増加量を1時間の降雪量とし、該当時間分を合計することで求めた。

(3) 暴風雪事例の抽出基準

暴風雪事例の抽出基準は、上記と同様にアメダス77地点のうち5地点以上で“24時間吹雪量を体積換算した値が $5\text{m}^3/\text{m}$ 以上”を満たす場合とした。これは、2008年2月に空知地方南部で200台以上の車両が立ち往生した吹きだまり災害時⁴⁾の24時間吹雪量（体積換算値）の推定値が、近傍のアメダスで約 $5\text{m}^3/\text{m}$ であったことを考慮したものである。この“吹雪量”とは、風向に直角な単位幅を単位時間に通過した雪の総質量（ $\text{g}/\text{m}/\text{s}$ ）のことであり、吹雪の激しさを示す指標の1つである。

本研究では、はじめに竹内ら¹⁸⁾が示した吹雪の発生条件（気温および風速条件）および武知ら¹⁹⁾が示した地吹雪（降雪を伴わない吹雪）の発生条件（降雪終了時点からの経過時間を加味したもの）に基づき、吹雪の発生有無を判別した。次に、“吹雪あり”と判別された事

例に対して松澤・金子²⁰⁾の式を適用し、24時間吹雪量を推算した。なお、この式は風速の関数（経験式）である。

地上天気図を3通りに分類することができるが、本報では前述した分類結果（17通り）について述べる。

(4) 「急速に発達する低気圧」の決定方法

気象庁は、中心気圧が24時間で $24hPa \times \sin \phi / \sin 60^\circ$ 以上低下した温帯低気圧（ ϕ は緯度）を、「急速に発達する低気圧」と定義している²¹⁾（俗に爆弾低気圧とも呼ばれる）。本報では北海道近辺の平均緯度 43° から求めた計算結果（18.9 hPa）に基づき、任意の24時間で中心気圧が19 hPa以上低下した低気圧を「急速に発達する低気圧」とした。

(5) 地上天気図の分類

北海道内の大雪・暴風雪は、発達した低気圧の通過、前線の移動、低気圧通過後の冬型気圧配置によってもたらされることが多い。ここでは、大川²²⁾を参考に、北海道付近を通過する前の低気圧および前線の位置、またそれらの移動経路の違いに着目し、地上天気図を17通りに分類した（表1、図1）。表1中の二つ玉低気圧とは、日本海と太平洋にそれぞれ中心を持つ二つの温帯低気圧が存在する状態を示す。また、F2の閉塞点とは、寒冷前線と温暖前線が交わり閉塞前線に移行する点を示す。なお、低気圧通過後の気圧配置の違いに着目した場合には

表1 地上天気図の分類説明²²⁾

分類項目	記号	概要
低気圧	L1	低気圧が日本海西部から東北東進して、東北地方の中部・北部を通る。
	L2	低気圧が日本海西部から北東進して、津軽海峡を通る。
	L3	低気圧が日本海中部から北東進して、北海道北部または宗谷海峡を通る。
	L4	低気圧が日本海西部から北東または北北東に進んで、宗谷海峡を通る。
	L5	低気圧が日本海西部から北北東進して、北海道の西海上を経て間宮海峡に達する。
	L6	低気圧が日本海中部から東進して、津軽海峡を通る。
	L7	低気圧が日本海中部から東進して、北海道中部を横断する。
	L8	低気圧が沿海州から東進して、宗谷海峡を通る。
	L9	低気圧が三陸沖を北東進する。
	L10	低気圧が沿海州北部から南東進して、北海道中央部を通る。
二つ玉低気圧	L11	低気圧が二つあり、それぞれ北海道を挟むように北東に並進する。
	L12	本州を挟んで二つの低気圧があり、日本海の低気圧が太平洋の低気圧に併合される。
前線	F1	南北に伸びる前線が北海道を通る。
	F2	南北に伸びる前線上の閉塞点が北海道中央部付近を通る。
	F3	前線が北から南下する。
	F4	前線が北海道に停滞する。
気圧の谷	TR	南北に伸びる気圧の谷が北海道を通る。

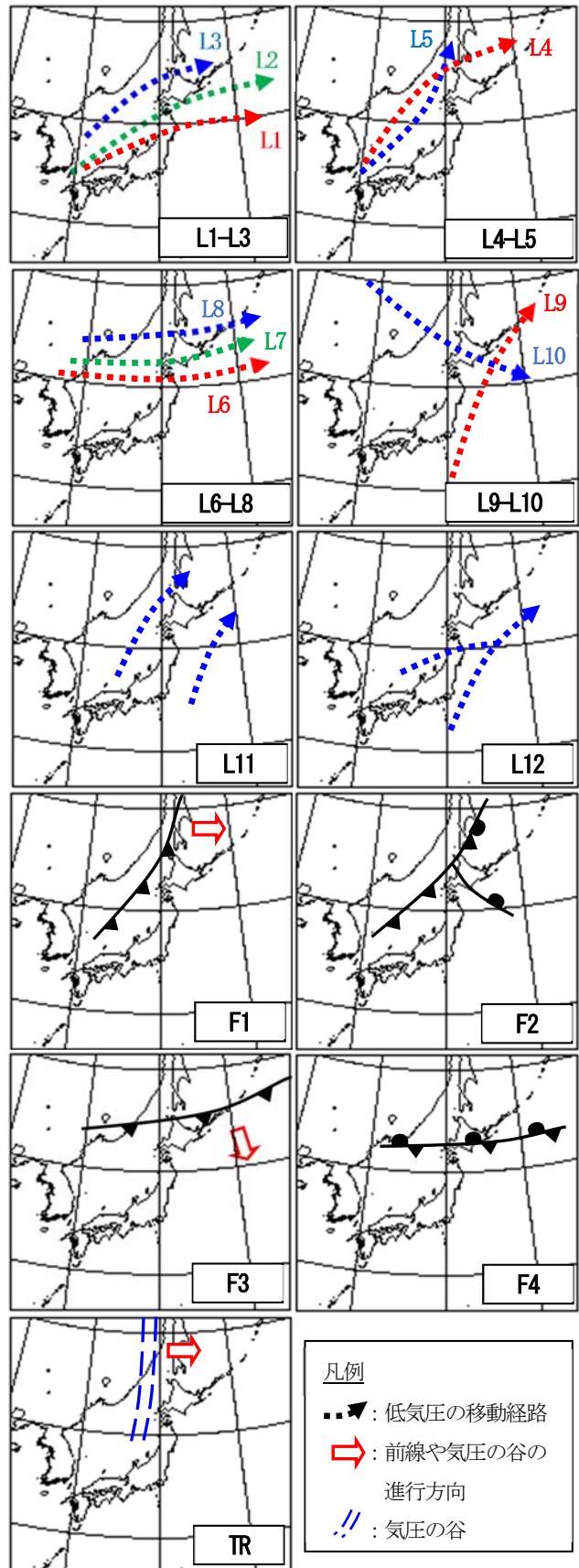


図1 北海道付近を通過する前の低気圧および前線の位置、移動経路による地上低気圧の分類（17通り）²²⁾

3. 結果と考察

(1) 大雪・暴風雪発生時の低気圧通過経路および発生頻度について

2章で記した方法によって、大雪61事例、暴風雪15事例、大雪かつ暴風雪11事例（計87事例）が抽出された。抽出結果に対し、表1に基づき低気圧・前線の位置およびその移動経路（L1～TR）を分類し、年度ごとに集計したものを表2に示す。ここで“急速に発達する低気圧”に該当した事例についてはマークを塗りつぶして示してある。

表2 大雪・暴風雪時の地上天気図の年度別発生状況

分類 および 年度	低気圧および前線の位置と移動経路															事例 合計		
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	F1	F2	F3		F4	TR
1984			○								●							2
1985			□								◆							2
1986	○	●		◇			○											5
1987	■					○		●										3
1988									○	■		●						2
1989						◆												2
1990							□	◆				○		○				5
1991												●					○	2
1992								○			●							2
1993						□		□	◇		◆	○						5
1994								○				○						2
1995			□			●	◆		●									4
1996						○	■				●							3
1997					○													1
1998	●											○	■					3
1999	○											●						2
2000										◇	●							2
2001								○			●							3
2002						○		○			●							3
2003						○	●				◆							3
2004								○										1
2005	○										■	○						3
2006											■	●						3
2007								●			■	◆						3
2008											□	●	●					3
2009												○	□					2
2010									○	○								2
2011								○	■									3
2012	○		○	■				○										4
2013	○																	1
2014								●		○	○	●	●					6
事例 合計	3	6	5	2	1	9	4	5	12	2	13	21	2	1	0	0	1	87

※●○は大雪、■□は暴風雪、◆◇は大雪と暴風雪を示す
※急速に発達する低気圧となった事例を塗りつぶして示す

集計の結果、大雪・暴風雪事例の年間発生数は1984～2014年度を通して1～6回であり、顕著な増減傾向は見られなかった。低気圧および前線の分類については、下記4タイプの発生回数が多いことが示された。

- L6：低気圧が日本海中部から東進して津軽海峡を通る
- L9：低気圧が三陸沖から北海道の東海上を北東進する
- L11：二つ玉低気圧が北海道を挟むように北東に並進する
- L12：二つ玉低気圧で日本海の低気圧が太平洋の低気圧に併合される

急速に発達した低気圧（表2で塗りつぶしてある事例）は全87事例中42事例であり、中でも二つ玉低気圧のL11（9事例）とL12（15事例）の発生回数が多いことが分か

った。次に、発生回数が多かった4種類の低気圧タイプについて、10冬期ごとに発生回数をまとめた結果を表3に示す。なお、そのうち急速に発達した低気圧数をカッコ内に記してある。この結果で特筆すべきは直近10年間（2005～2014年度）におけるL12の増加であろう。直近10年間におけるL12の発生回数は11事例、うち9事例が急速に発達した低気圧であり、1995～2004年度に比べるといずれも倍以上であった。その一方でL6、L9、L11タイプに明瞭な増減傾向は確認されなかった。二つ玉低気圧が一つに併合して急速に発達するL12ケースの増加は、近年北海道を来襲する大雪・暴風雪の特徴の一つとして挙げられる。

表3 4種類の低気圧タイプ（L6、L9、L11、L12）の10冬期ごとの発生回数（1985～2014年度）

	期間	1985	1995	2005
		～ 1994	～ 2004	～ 2014
低気圧の位置 と移動経路	L6	3(1)	6(3)	0(0)
	L9	5(1)	4(1)	3(2)
	L11	3(3)	4(3)	5(2)
	L12	5(2)	5(4)	11(9)

※ 急速に発達した低気圧数をカッコ内に記す（内数）

(2) 大雪・暴風雪発生と通行止め履歴の関係について

前節では、気象データに基づいて抽出した近年の大雪・暴風雪の発生頻度と低気圧・前線の移動経路の変化傾向について述べた。本節では、大雪・暴風雪事例と実際の国道通行止め履歴の関係について議論する。なお、通行止め実施の判断基準は一義的でないことに留意すべきであるが、本議論では通行止め実施有無およびその規模について、履歴データを機械的に処理した。

本研究で抽出した全87の大雪・暴風雪事例について、国土交通省北海道開発局の全10開発建設部（稚内、旭川、留萌、小樽、札幌、函館、室蘭、帯広、釧路、網走）管内における通行止め実施有無のほか、全道を対象とした通行止め路線数ならびに区間数を表4に記す。本報では、通行止めの規模を示す1つの指標として、個々の通行止め区間に対するその距離延長と時間の積を、全区間分について総和した値（単位はkm・h、以下“距離×時間の総和”とする）を算出した。なお、通行止めの実施が無かった大雪・暴風雪事例に対しては、路線数、区間数、距離×時間の総和とともに空欄にした。また、通行止め区間が複数の管内にまたがっている場合には、該当する管内全てにおいて“通行止めあり”として整理した。その一例として、1987年11月25日の事例（事例番号10）における通行止め実施は1路線であったが、その区間が室蘭管内と帯広管内にまたがっていたため、両管内ともに“通行止めあり”とした。表4より、1984～2014年度において最も多くの通行止めが実施されたのは釧路管内および網走管内（53事例）であり、本研究で抽出された全ての大雪・暴風雪（87事例）に対する割合は、両者とも

表4 大雪・暴風雪時における北海道開発局の各開発建設部管内での通行止めの有無

全87事例の大雪・暴風雪事例について、通行止めがあった管内を○で示すほか、全道を対象とした通行止め路線数、区間数、距離*時間の総和について記す。

事例番号	大雪・暴風雪が発生した日	低気圧・前線タイプ	稚内	旭川	留萌	小樽	札幌	函館	室蘭	帯広	釧路	網走	通行止めがあった管内合計数	路線数(全道)	区間数(全道)	距離*時間の総和(km・時)
1	1985/1/13	L3	○										1	2	2	638
2	1985/1/29	L11	○								○	○	3	4	4	3236
3	1986/1/15	L11	○			○	○				○	○	5	9	15	7482
4	1986/3/18	L3	○								○		2	2	2	898
5	1986/12/27	L4	○		○							○	3	4	7	1918
6	1987/1/1	L2														
7	1987/1/4	L2									○	○	2	3	3	893
8	1987/2/27	L2	○	○	○							○	4	3	4	6319
9	1987/3/6	L7			○					○	○		4	3	3	1219
10	1987/11/25	L8							○	○			2	1	1	666
11	1987/12/5	L6														
12	1987/12/31	L2														
13	1989/1/22	L10														
14	1989/3/26	L12									○	○	2	3	3	1845
15	1989/12/29	L9														
16	1990/3/13	L6									○	○	2	12	19	11673
17	1990/12/25	F2														
18	1991/1/4	L9														
19	1991/1/18	L12														
20	1991/2/17	L9	○	○		○		○	○	○	○	○	8	15	29	16610
21	1991/3/13	L8														
22	1991/11/15	TR														
23	1991/12/29	L12														
24	1993/1/29	L11				○			○	○	○	○	5	3	4	2147
25	1993/3/17	L9														
26	1993/12/18	L11	○		○								2	2	3	672
27	1994/1/5	L8														
28	1994/1/8	L6				○							1	1	1	47
29	1994/2/23	L9		○		○	○		○	○	○	○	7	9	9	3695
30	1994/3/24	L12									○	○	2	1	1	549
31	1994/12/6	L8														
32	1995/1/30	L12	○								○	○	3	4	5	3519
33	1995/12/25	L6									○	○	2	2	2	1064
34	1996/1/5	L3														
35	1996/1/9	L7	○			○	○		○	○	○	○	7	9	10	3233
36	1996/3/23	L9									○	○	2	2	2	722
37	1997/2/17	L11		○							○	○	3	6	6	3897
38	1997/2/22	L6						○	○		○	○	4	9	11	3400
39	1997/3/9	L6					○		○		○	○	2	2	2	577
40	1998/1/19	L5						○	○	○	○	○	4	3	3	592
41	1998/11/18	L1														
42	1999/2/28	F1				○	○						2	1	1	129
43	1999/3/23	L12														
44	1999/12/7	L12					○		○		○	○	4	5	5	1491
45	2000/1/21	L1										○	1	2	2	1637
46	2001/2/2	L11	○		○	○	○		○	○	○	○	7	13	16	18156
47	2001/3/5	L11		○			○		○	○	○	○	6	8	9	10065
48	2002/1/22	L11					○		○	○	○	○	4	4	5	2645
49	2002/1/28	L9							○	○	○	○	4	7	7	4343
50	2002/2/19	L12							○	○	○	○	4	8	10	6911
51	2003/1/4	L12		○			○		○	○	○	○	6	10	11	4462
52	2003/3/4	L6									○	○	2	8	11	2144
53	2003/3/9	L9							○	○	○	○	4	5	7	5215
54	2004/1/9	L6									○	○	2	3	3	998
55	2004/1/14	L12		○		○	○		○	○	○	○	7	18	34	46410
56	2004/2/23	L6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10	28	62	31645
57	2004/12/5	L9														
58	2005/12/18	L1		○					○	○	○	○	5	6	8	4309
59	2006/3/21	L12		○					○	○	○	○	4	4	4	1283
60	2006/3/29	L12		○					○	○	○	○	5	7	10	4401
61	2006/12/29	L12										○	2	1	1	294
62	2007/1/8	L12		○			○		○	○	○	○	6	11	13	6321
63	2007/3/13	L11					○					○	3	3	3	306
64	2008/2/14	L12	○		○							○	3	3	4	931
65	2008/2/24	L12	○				○	○				○	5	10	13	2438
66	2008/4/2	L9										○	2	7	10	5478
67	2009/1/11	L12		○						○	○	○	4	6	6	1894
68	2009/2/21	L12	○				○		○	○	○	○	6	12	21	6811
69	2009/3/8	L11		○					○	○	○	○	5	8	14	4247
70	2010/1/6	L12		○					○	○	○	○	4	5	7	3156
71	2010/3/14	F1		○									1	1	1	652
72	2010/12/23	L9														
73	2010/12/26	L10							○				1	1	1	112
74	2011/12/26	L4		○			○		○	○	○		5	12	19	7755
75	2011/12/30	L7														
76	2012/2/15	L8	○	○	○	○	○				○	○	7	10	18	6834
77	2012/12/8	L2		○					○	○	○	○	5	9	11	5142
78	2013/1/3	L3		○	○		○		○	○	○	○	6	6	10	4296
79	2013/1/26	L7	○		○						○	○	4	7	22	7037
80	2013/3/3	L3	○		○	○	○	○	○	○	○	○	9	24	51	19991
81	2013/12/15	L2		○									2	2	2	865
82	2014/12/4	L11		○		○	○	○	○	○	○		6	6	6	1374
83	2014/12/17	L11	○	○		○	○		○	○	○	○	8	22	40	35157
84	2015/1/23	L9				○					○	○	3	6	10	3373
85	2015/2/27	L11		○					○	○	○	○	5	12	16	9970
86	2015/3/2	L12		○					○	○	○	○	5	14	24	12309
87	2015/3/12	L12		○		○	○	○	○	○	○	○	8	14	23	13586
"通行止めあり"の事例合計			19	26	11	16	24	7	36	29	53	53	274			
全ての大雪・暴風雪事例に対する通行止めの割合(%)			21.8	29.9	12.6	18.4	27.6	8.0	41.4	33.3	60.9	60.9				

60%を超えていた。一方、最も少なかったのは函館管内（7事例）であり、その割合は10%にも満たなかった。

表4の結果に基づき、年度ごとに大雪・暴風雪1事例あたりの距離*時間の総和の平均を整理した結果（対象エリアは全道）を図2に記す。この結果から、2000年度を境に、1事例あたりの距離*時間の総和が増加傾向にあることが伺える。1984～1999年度（16冬期：全45事例）に発生した1事例あたりの距離*時間の総和の平均は1795(km・h)、一方で2000～2014年度（15冬期：全42事例）に発生した1事例あたりの平均は7222(km・h)であり、その増加量は4倍以上となっている。ここで、距離*時間の総和が際だって突出している2003年度のケースを“特異な冬”と仮定して平均処理から除外したとしても、その平均は5750(km・h)であり、3倍以上の増加となる。また、2000年度以降、距離*時間の総和が増加傾向にあることに加え、年ごとの変動幅が非常に大きいことが見てとれる。これは、将来にわたって毎冬期発生するであろう大雪・暴風雪の規模が極端化する可能性について示唆するものである。

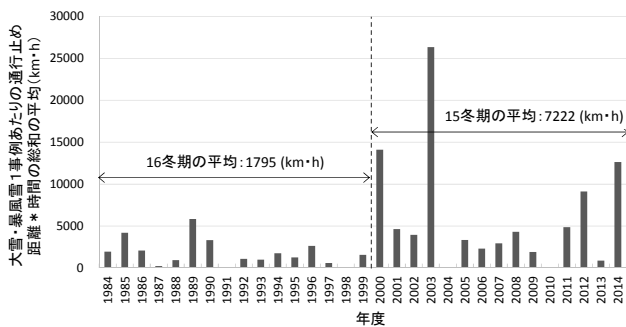


図2 大雪・暴風雪による通行止め規模の経年変化
通行止めの規模を示す1つの指標として、個々の通行止め区間の距離と時間の積の総和の平均値を用いた

次に、発生回数が多かった4種類の低気圧タイプ（L6、L9、L11、L12）について、10冬期ごと（対象期間：1985～2014年）の大雪・暴風雪事例数とともに、1回の大雪・暴風雪によって通行止めが実施された平均管内数ならびに距離*時間の総和の平均値を表5に整理した。

表5より、1回の大雪・暴風雪によって通行止めが実施された平均管内数で最も多いのは、2005～2014年度に二つ玉低気圧が並進して北海道に接近するL11がもたらした5.4管内であった。すなわち、直近の10年間に於いて、L11がもたらした大雪・暴風雪時には、毎回半数以上の管内で通行止めが実施された計算となる。加え、近年ではL11、L12ともに1回の大雪・暴風雪で通行止めとなる平均管内数が増加傾向にあることが見てとれる。これは1回の大雪・暴風雪が影響を与えるエリアが広範囲になりつつあることを示唆するものである。また、1回の大雪・暴風雪における距離*時間の総和の平均について、L11は顕著な増加傾向を示しており、その値はL12のものよりも大きくなる可能性があることが見てとれる。その一

方で、L9によって通行止めが実施される平均管内数は減少傾向にあること、また距離*時間の総和の平均値は、L11やL12よりも総じて小さいことが示された。

前節(3. (1))において、近年L12の発生数が顕著に増加している一方、L11の発生数に増減傾向は見られない旨を述べた。しかしながら、表5の結果から、1回の大雪・暴風雪によって通行止めが実施される平均管内数はL11のほうがL12よりも多いこと、また近年ではL11によって通行止めが実施される管内数ならびにその規模ともに増加傾向にあることが示された。すなわち、二つ玉低気圧が並進して北海道に接近するL11ケースについて、発生回数自体に変わりはないものの、1回の発生が社会生活に与えるインパクトは増加傾向にあることを示唆するものである。

表5 1985～2014年度冬期に発生した1回の大雪・暴風雪によって通行止めが実施された平均管内数および個々の通行止め区間の距離と時間の積の総和

低気圧・前線の位置と移動経路	期間	大雪・暴風雪の事例数	1回の大雪・暴風雪による通行止めが実施された平均管内数	
			1回の大雪・暴風雪における距離*時間の総和の平均値 (km・h)	1回の大雪・暴風雪における距離*時間の総和の平均値 (km・h)
L6	1985～1994	3	1	3907
	1995～2004	6	3.7	6638
	2005～2014	—	—	—
L9	1985～1994	5	3	4061
	1995～2004	4	2.5	2570
	2005～2014	3	1.7	2950
L11	1985～1994	3	4	3384
	1995～2004	4	5	8691
	2005～2014	5	5.4	10211
L12	1985～1994	5	1.4	1183
	1995～2004	5	4.2	11855
	2005～2014	11	4.7	4857

4. まとめ

本研究では、気象庁アメダスデータおよび地上天気図をもとに、1984～2014年度（31冬期）に北海道内で発生した大雪・暴風雪事例を抽出した。次に、抽出された事例を低気圧および前線の位置、移動経路に着目して17通りに分類し、その発生頻度や発達程度の傾向について整理した。また、国道通行止め履歴との関係について比較、考察した。本研究で得られた結果を以下に列挙する。

- 1) 過去 31 冬期間において北海道で発生した大雪は 61 事例、暴風雪は 15 事例、大雪かつ暴風雪は 11 事例であった（全 87 事例）。大雪・暴風雪の年間発生数は 1984～2014 年度を通して 1～6 回であり、増減傾向はなかった。
- 2) 低気圧の位置と移動経路は、低気圧が日本海中部から東進して津軽海峡を通る L6 タイプ、低気圧が三陸沖から北海道の東海上を北東進する L9 タイプ、二つ玉低気圧が北海道を挟むように北東に並進する L11 タイプ、二つ玉低気圧で日本海の低気圧が太平洋の低気圧に併合される L12 タイプの発生回数が多いことが分かった。
- 3) 近年 L12 の発生回数は顕著な増加傾向にあることが示された。2005～2014 年度における L12 の発生

数は11事例（うち9事例が急速に発達した低気圧）であり、1995～2004年度に比べ、2倍以上となった。

- 4) 大雪・暴風雪時には、北海道東部において通行止めが実施されることが多く、北海道開発局釧路開発建設部および網走開発建設部管内では、全ての大雪・暴風雪事例（87事例）に対する道路通行止め実施割合が60%を超える。その一方で、北海道南部の函館開発建設部管内では10%に満たないことが示された。
- 5) 2000年度ころを境に、大雪・暴風雪1事例あたりの通行止め規模が増加する傾向にあること、また、通行止め規模の年変動幅も増加する傾向にあることが示された。
- 6) L11、L12に起因する大雪・暴風雪によって通行止めとなるエリアは近年増加傾向にある一方で、L9によって通行止めとなるエリアは減少傾向にあることが示された。
- 7) L11に起因する大雪・暴風雪の発生回数自体に変化は見られないが、1回の発生が社会生活に与えるインパクトは増加傾向にあることが示唆された。

以上より、L11タイプ（二つ玉低気圧が並進して北海道に接近する）、L12タイプ（二つ玉低気圧が一つに併合される）の違いに関わらず、二つ玉低気圧発生時には大規模な大雪・暴風雪災害が発生する可能性が高いと考えられる。

今後は、低気圧通過後の気圧配置の違いと通行止め履歴の関係について整理する。加え、将来的に極端化が進むと考えられる雪氷災害に対し、より適切で効果的な対策に資するため、実際の雪害記録に着眼するほか、北海道以外の積雪地域（少雪地域を含む）における大雪・暴風雪事例の変化傾向についての検討を行う。

参考文献

- 1) 細川・苫米地(2000)：十勝地方における豪雪による農業施設の被害状況，北海道の雪氷，No. 19，pp. 45-46.
- 2) 榎本ほか(2004)：2004年1月道東地方の大雪～北見市の積雪～，北海道の雪氷，No. 23，pp. 75-77.
- 3) 滝谷ほか(2008)：2008年冬期北海道を通過した爆弾低気圧と交通障害及び視程の推定，北海道の雪氷，No. 27，pp. 95-98.
- 4) 武知ほか(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，No. 27，pp. 99-102.
- 5) 伊東ほか(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(2)～2008年4月・釧路根室地方での事例について～，北海道の雪氷，No. 27，pp. 103-106.
- 6) 尾関ほか(2010)：2010年1月17日に北海道石狩中部で局地的に発生した大雪（その1）～概要および雪氷災害調査～，北海道の雪氷，No. 29，pp. 81-84.
- 7) 松岡ほか(2013)：2013年3月2日北海道の吹雪災害について～主に気象的な特徴から～，北海道の雪氷，No. 32，pp. 62-65.
- 8) 松岡ほか(2014)：北海道における2013年と2014年の吹雪災害の比較，北海道の雪氷，No. 33，pp. 27-30.
- 9) 白川ほか(2015)：2015年2月北海道羅臼町における積雪調査報告，北海道の雪氷，No. 34，pp. 83-86.
- 10) 札幌管区気象台HP：「平成26年12月16日から19日の暴風雪と高波及び大雪に関する気象速報」，<http://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/yohou/saigai/pdf/Kishoh261216-1219.pdf>（平成28年1月5日閲覧）
- 11) 山田・立花(1988)：北海道における豪雪の気候学的研究Ⅱ，第4回寒地技術シンポジウム'88講演論文集，pp. 185-189.
- 12) 中村ほか(2004)：北海道における大雪発生の長期傾向について～2004年冬期の大雪の特徴～，北海道の雪氷，No. 23，pp. 78-81.
- 13) 永田ほか(2004)：豪雪に関する気候的指標について，寒地技術論文・報告集 Vol. 20，pp. 585-588.
- 14) 谷口ほか(2005)：北海道の冬期における大雨・大雪事例出現頻度の経年変化について，北海道の雪氷，No. 24，pp. 82-85.
- 15) Harada *et al.* (2012)：Trends of Winter Climate Conditions in Cold Snowy Regions of Japan. Proceedings of the 16th SIRWEC Conference, Helsinki, pp. 23-25.
- 16) 松岡ほか(2015)：北海道における近年の降雪特性，北海道の雪氷，No. 34，pp. 35-38.
- 17) 気象庁HP：「警報・注意報発表基準一覧表」，http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/ki_jun/index.html（平成28年1月5日閲覧）
- 18) 竹内ほか(1986)：降雪時の高い地吹雪の発生限界風速，昭和61年度日本雪氷学会予稿集，日本雪氷学会，p. 252.
- 19) 武知ほか(2010)：地吹雪発生時の気象条件に関する一考察，雪氷研究大会（2010・仙台）講演要旨集，（社）日本雪氷学会・日本雪工学会，p. 216.
- 20) 松澤・金子(2010)：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，Vol. 26，pp. 45-48.
- 21) 気象庁HP：「気圧配置 気圧・高気圧・低気圧に関する用語」，http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/hai_chi1.html（平成28年1月5日閲覧）
- 22) 大川(1992)：北海道の動気候，北海道大学図書刊行会，pp. 147-190.