

RA2008-4

鐵道事故調查報告書

東日本旅客鐵道株式会社 羽越線砂越駅～北余目駅間 列車脱線事故

平成20年4月2日

航空・鐵道事故調查委員會

本報告書の調査は、本件鉄道事故に関し、航空・鉄道事故調査委員会設置法に基づき、航空・鉄道事故調査委員会により、鉄道事故の原因を究明し、事故の防止に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

航空・鉄道事故調査委員会

委員長 後藤 昇 弘

東日本旅客鉄道株式会社羽越線砂越駅～北余目駅間
列車脱線事故

鉄道事故調査報告書

鉄道事業者名：東日本旅客鉄道株式会社

事故種類：列車脱線事故

発生日時：平成17年12月25日 19時14分ごろ

発生場所：山形県東田川郡庄内町

羽越線 さごし 砂越駅～きたあまるめ 北余目駅間

新津駅起点158k158m付近

平成20年3月27日

航空・鉄道事故調査委員会議決

委員長 後藤昇弘

委員 楠木行雄

委員 中川聡子

委員 松本陽

委員 宮本昌幸

委員 富井規雄

委員 遠藤信介

委員 豊岡昇

委員 首藤由紀

委員 松尾亜紀子

1	鉄道事故調査の経過	1
1.1	鉄道事故の概要	1
1.2	鉄道事故調査の概要	1
1.2.1	鉄道事故調査組織の概要	1
1.2.2	調査の実施時期	1
1.2.3	原因関係者からの意見聴取	2
2	認定した事実	2
2.1	運行の経過	2
2.1.1	列車の運行の経過	2
2.1.2	乗務員の口述	3
2.1.3	事故に遭った乗客の口述	6
2.1.4	新潟支社輸送指令員等の口述	11
2.1.5	関係列車の乗務員の口述	12
2.2	人的被害に関する情報	15
2.2.1	人的被害の概要	15
2.2.2	車両ごとの死傷者数	15
2.2.3	乗客等の乗車位置	16
2.2.4	死亡者の状況	16
2.2.5	負傷者の状況	17
2.2.6	事故の衝撃による乗客等の移動状況	18
2.3	物的被害に関する情報	18
2.3.1	軌道及び鉄道構造物の損傷状況	18
2.3.2	電力等設備の損傷状況等	21
2.3.3	車両の損傷状況	22
2.3.4	鉄道施設及び車両以外の物件の損傷状況等	26
2.4	乗務員に関する情報	26
2.4.1	本件運転士に関する情報	26
2.4.2	本件車掌に関する情報	27
2.5	鉄道施設等に関する情報	27
2.5.1	鉄道施設の概要	27
2.5.2	事故現場付近の電力設備等の概要	28
2.5.3	踏切保安装置の情報メモリ	28
2.5.4	防護無線機	29
2.5.5	列車無線機	30

2.5.6	風速計.....	30
2.5.7	プレダス.....	31
2.5.8	鉄道構造物及び軌道の検査等の状況.....	31
2.6	車両に関する情報.....	32
2.6.1	車両の概要.....	32
2.6.2	台車の構造.....	32
2.6.3	車両の改造.....	32
2.6.4	車両の検査.....	33
2.7	運転取扱いに関する情報.....	33
2.7.1	制限速度.....	33
2.7.2	運転規制.....	35
2.7.3	異常気象時における運転取扱いの概要.....	38
2.7.4	事故発生時における運転規制の実施状況.....	40
2.7.5	事故発生時における対応.....	41
2.8	気象等に関する情報.....	41
2.8.1	事故当日の天気概況.....	41
2.8.2	地上気象観測.....	42
2.8.3	事故現場周辺の風向及び風速の観測.....	43
2.8.4	気象レーダーによる観測.....	44
2.8.5	ウィンドプロファイラによる観測.....	44
2.8.6	事故現場周辺の強風被害の状況.....	44
2.8.7	事故発生当時の気象等に関する関係者等からの情報.....	47
2.8.8	強風被害を引き起こす現象.....	48
2.9	避難及び救護に関する情報.....	49
2.9.1	本事故発生直後の乗務員の対応.....	49
2.9.2	本事故発生直後の輸送指令の対応.....	50
2.9.3	本事故発生直後の同社の対応.....	50
2.9.4	救急救助機関等の対応.....	51
2.10	列車防護等に関する情報.....	52
2.10.1	列車防護の概要.....	52
2.10.2	列車防護の取扱い.....	53
2.10.3	車掌の防護無線機の取扱い.....	54
2.10.4	同社の列車防護に関する教育内容.....	54
2.10.5	本件列車の乗務員による防護無線機の取扱い.....	55

2.10.6	本件列車の乗務員による列車防護の取扱い.....	55
2.10.7	輸送指令員による列車抑止の状況.....	55
2.10.8	対向831D列車の状況.....	56
2.10.9	後続列車の状況.....	56
2.10.10	転動防止手配の概要.....	56
2.10.11	転動防止手配に関する取扱い.....	56
2.10.12	同社の転動防止手配に関する教育内容.....	57
2.10.13	本件運転士による転動防止手配に関する取扱い.....	58
2.1.1	過去における強風が原因の鉄道事故の事例等.....	58
2.11.1	帝都高速度交通営団東西線の列車脱線事故.....	58
2.11.2	日本国有鉄道山陰線の列車脱線事故.....	59
2.11.3	北海道旅客鉄道株式会社根室線の列車脱線事故.....	60
2.11.4	三陸鉄道株式会社南リアス線の列車脱線事故.....	60
2.11.5	日本貨物鉄道株式会社の湖西線における列車脱線事故.....	61
2.11.6	九州旅客鉄道株式会社筑肥線の列車脱線事故.....	61
2.11.7	同社の防風柵等.....	62
2.1.2	事実を認定するための試験等.....	63
2.12.1	風速等の調査分析.....	63
2.12.2	転覆限界風速の算定.....	67
2.12.3	簡略な計算式による転覆限界風速の試算.....	73
3	事実を認定した理由.....	74
3.1	施設に関する解析.....	74
3.1.1	脱線の要因に関する解析.....	74
3.1.2	施設の痕跡に関する解析.....	75
3.2	車両に関する解析.....	77
3.2.1	脱線の要因に関する解析.....	77
3.2.2	車両の損傷に関する解析.....	77
3.3	運転取扱いに関する解析.....	77
3.4	気象等に関する解析.....	78
3.4.1	気象観測結果に関する解析.....	78
3.4.2	事故現場周辺の強風被害に関する解析.....	79
3.4.3	事故現場における気象に関する解析.....	80
3.5	脱線の要因、脱線前後の車両挙動に関する解析.....	81
3.5.1	事故現場付近の走行速度に関する解析.....	81

3.5.2	事故現場付近の運転規制に関する解析.....	82
3.5.3	転覆限界風速に関する解析.....	82
3.5.4	車両の脱線の発生に関する解析.....	82
3.5.5	脱線前後の車両の挙動に関する解析.....	83
3.6	サバイバルファクターに関する解析.....	87
3.6.1	死傷要因に関する解析.....	87
3.6.2	救急救助機関等の対応に関する解析.....	88
3.7	列車防護に関する解析.....	88
3.7.1	本件列車の乗務員による列車防護に関する取扱いの解析.....	88
3.7.2	同社の規定する列車防護等に関する取扱いの解析.....	89
3.8	強風対策の考え方に関する解析.....	90
3.8.1	気象情報の有効活用.....	90
3.8.2	強風対策の実施.....	91
3.9	解析結果の要約.....	91
3.9.1	施設に関する解析.....	91
3.9.2	車両に関する解析.....	92
3.9.3	運転取扱いに関する解析.....	92
3.9.4	気象等に関する解析.....	92
3.9.5	脱線の要因、脱線前後の車両挙動に関する解析.....	93
3.9.6	サバイバルファクターに関する解析.....	94
3.9.7	列車防護に関する解析.....	94
3.9.8	強風対策の考え方に関する解析.....	95
4	原因.....	95
5	所見.....	96
5.1	強風対策についての検討.....	96
5.2	突風対策の研究.....	96
6	参考事項.....	96
6.1	同社が講じた措置.....	96
6.2	国土交通省が講じた措置.....	97
6.3	気象庁が講じた措置.....	98

1 鉄道事故調査の経過

1.1 鉄道事故の概要

東日本旅客鉄道株式会社の秋田駅発新潟駅行き6両編成の上り特急電第2014M列車（いなほ14号）は、平成17年12月25日（日）、酒田駅を定刻（18時00分）より約68分遅れて出発した。

列車は、第2最上川橋りょうを過ぎて盛土構造の直線区間を走行中、19時14分ごろ、全車両が脱線し、このうち1両目から3両目（車両は前から数え、前後左右は列車の進行方向を基準とする。）までが盛土上から転落して横転し、1両目及び3両目は線路左側の建物に衝突した。

列車には、乗客43名、乗務員2名及び車内販売員1名が乗車しており、そのうち乗客5名が死亡し、33名（乗客31名、乗務員1名及び車内販売員1名）が負傷した。

1.2 鉄道事故調査の概要

1.2.1 鉄道事故調査組織の概要

航空・鉄道事故調査委員会は、平成17年12月25日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか5名の鉄道事故調査官を指名した。また、平成18年1月4日に1名、平成19年4月1日に1名、同年11月29日に1名、それぞれ鉄道事故調査官を追加指名した。

また、委員長、委員、専門委員及び鉄道事故調査官等を事故現場等に派遣して調査を行った。

平成18年2月7日、本事故の調査に従事する専門委員として

東京大学海洋研究所 海洋物理学部門海洋大気力学分野教授 新野 宏
を任命し、調査するべき分野として気象解析を指定した。

東北運輸局は、本事故調査の支援のため、職員を事故現場に派遣した。

また、事実調査を行うにあたり、気象庁の協力を得た。

本事故に関し、風速等の調査分析及び転覆限界風速の算定について財団法人鉄道総合技術研究所に委託した。

調査の実施に際し、東京工芸大学工学部建築学科教授 田村 幸雄から意見を聴取した。

1.2.2 調査の実施時期

平成17年12月26日～31日

現場調査及び口述聴取

12月27日～平成19年3月16日

風速等の調査分析

平成18年	1月5日	検証用風速計設置
	1月5日～6日、1月31日～2月1日、3月2日～3日	気象調査
	1月6日～8日、1月30日～2月1日、5月22日～24日	車両調査
	1月20日～21日	現場調査、現場風速計設置
	2月28日～3月1日	口述聴取
	4月11日～13日	軌道調査
	6月13日～14日	軌道調査及び風速計試験
	6月19日～11月30日	空気力等測定試験及び転覆限界風速の算定
	9月22日～25日、11月12日～14日	車両重心測定
平成19年	9月7日～11月20日	負傷者へのアンケート及び口述聴取
平成20年	1月11日	軌道調査及び車両調査
	1月21日	口述聴取

1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 認定した事実

2.1 運行の経過

2.1.1 列車の運行の経過

東日本旅客鉄道株式会社（以下「同社」という。）の新潟駅発秋田駅行き6両編成の下り特急電第2005M列車（いなほ5号、以下「下り特急列車」という。）は、新潟駅を定刻（12時34分）に出発した。下り特急列車は、新屋駅構内でのポイント故障により下浜駅で抑止されたことから、秋田駅に定刻（16時15分）より約60分遅れて17時15分ごろに到着した。

この下り特急列車に使用された車両は、秋田駅で折り返して秋田駅発新潟駅行き上り特急電第2014M列車（いなほ14号、以下「本件列車」という。）となり、本件列車は秋田駅を定刻（16時34分）より約60分遅れて17時34分ごろに出発した。秋田駅を出発後、羽後牛島駅～新屋駅間で強風による速度規制（速度25km/h以下）があったこと等から、酒田駅に定刻（17時58分）より約68分遅れて19時06分ごろに到着した。2分間停車後、酒田駅を定刻（18時00分）より約68分遅れて19時08分ごろに出発した。

（付図1、2参照）

2.1.2 乗務員の口述

本件列車の運転士（以下「本件運転士」という。）及び車掌（以下「本件車掌」という。）は、次のように口述している。

(1) 本件運転士

事故当日は、新潟運輸区に11時前に出勤し、11時35分に乗務点呼を受けた。前日は休みで、当日の体調は良かった。乗務点呼後、下り特急列車に新潟駅から酒田駅まで乗務した。酒田駅で本件列車に乗務する前の17時38分ごろに点呼を受けた際、列車が遅れているとの連絡はあったが、気象に関する速度規制の指示はなかった。

酒田駅で本件列車に乗務したのは定刻より約70分遅れであり、本件列車を酒田駅まで運転してきた運転士からの引き継ぎ事項は「異常なし」であった。このときの天気は、みぞれが降って雷が鳴っていたものの、風は特に強いとは感じなかった。

酒田駅を19時08分に出発したときも、第2最上川橋りょう（以下「本件橋りょう」という。）を通過中も、車両が揺れるといった、風に対する異常を感じることはなく、特に風を意識することはなかった。また、本件列車を運転しているときに車両に異常はなかった。

事故現場付近の本件橋りょうに差し掛かった辺りで速度約110km/hでノッチオフした。事故現場付近では速度計を見ていなかったが、耐雪ブレーキ¹を使用していたので、そのときの速度は105km/h程度だったと思う。普段はもう少し速度を上げてからノッチオフしているが、みぞれが降っていて、線路に雪もあったので普段より低い速度でノッチオフした。

本件橋りょうを通過した直後に、右から凄まじい地吹雪が急に吹いてきて、白い風のようなものが運転室を包み込むようにぶつかってきた。「アッ」と思った瞬間に本件列車は左へ傾いて横転した。その際、本件列車が物にぶつかったり、何か落ちているものを踏んだような感覚はなかった。一瞬の出来事であり、運転操作ができる余裕はなかった。

事故後、本件列車が脱線して止まったのが分かったので、併発事故を防ぐため防護無線機、列車無線機を探したが、運転室が暗くて見つからなかった。非常パンタ下げスイッチについては、それと思われるスイッチを操作した。また、業務用携帯電話を入れた乗務カバンも探したが暗くて見つからなかつ

¹ 「耐雪ブレーキ」とは、制輪子と車輪（又はライニングとディスク）との間に雪や氷が付着すると摩擦力が低下し、ブレーキ力も低下するため、制輪子が車輪に接する程度の弱いブレーキを作動させて、制輪子と車輪の間に雪や氷が付着しないようにするためのブレーキ装置をいう。

た。

横転して上になっている右の乗務員用乗降口扉から車外へ出た後、既に車外にいた乗客に救急車の手配を依頼した。列車防護をしようと思ったが、1両目の運転室がどうにもならない状態だったので、6両目に行き乗務員用乗降口扉を叩いたが、その扉は施錠されていて本件車掌はいなかった。このとき、6両目の運転室から防護無線機の発報音が聞こえていたので、とりあえず列車防護は大丈夫だと思った。

また、軌道短絡器の装着や携帯用信号炎管の点火等の措置はしていない。6両目の転動防止手配については、脱線の状態から必要ないと思った。

その後、架線がだいぶ危険な状態だったので、関係列車の抑止手配と^き電停止をやらなければと思い、輸送指令と連絡をとるため、6両目周辺で本件車掌を探した。

夢中で走り回っていたため、本件車掌にどの時点で会ったかは覚えていないが、本件車掌に会ったときに、本件車掌の業務用携帯電話で、輸送指令に^き電関係列車の抑止手配、^き電停止及び救急車の手配を依頼した。その際、輸送指令から抑止手配は完了しているとの話を聞いた。

1両目に戻って車内を見たところ、乗り合わせていた同社社員（1両目の乗客C）がいたので1両目の状況を確認した。その後、全ての車両を見て回り、負傷者の人数や負傷の程度などを確認した。また、警察や消防が到着するまでの間に、車外にいた乗客を6両目に誘導した。

警察や消防が事故現場に到着した後、警察の車で病院に行った。

この事故により、右目の上に裂傷と足に打撲を負った。

(2) 本件車掌

事故当日は、11時30分ごろに酒田運輸区に出勤し、11時54分ごろに乗務点呼を受け、酒田駅発秋田駅行き下り普通電第543M列車に酒田駅から秋田駅まで乗務した。その後、本件列車で新潟駅まで乗務する予定であった。

本件列車は、秋田駅を定刻より約60分遅れて17時34分に出発後、羽後牛島駅～新屋駅間で強風による速度規制（速度25km/h以下）があり、羽後^{ほんじょう}本荘駅に到着したときには約70分遅れとなった。その後、^{にかほ}仁賀保駅、^{きさかた}象潟駅、^{ゆざ}遊佐駅と停車して酒田駅に約70分遅れで到着し、19時08分に酒田駅を出発した。

酒田駅を出発後、乗客から上越新幹線との接続時刻を聞かれたので、6両目の運転室から列車無線機で輸送指令に問い合わせた。それが終わってすぐに本事故が発生した。

本件橋りょうを通過中は、特に異常はなく、運転速度もいつもと変わらなかった。本件橋りょうを通過した直後、下から突き上げるような感覚の鈍い響きが「ドン」ときて、車内が「ガタガタ」と揺れ、急停止し室内灯が消えた。

本件列車が停止した場所は、通常停止する場所ではなく、本件運転士からの連絡もなかったため、本件運転士と連絡を取るため、車内連絡用ブザーを押したが鳴らなかった。そこで、防護無線機より発報信号を発信した。また、輸送指令に報告するため、列車無線機を操作したが作動しなかった。このため、業務用携帯電話で輸送指令に連絡し、酒田駅～余目駅間で緊急停止したので防護無線機より発報信号を発信したことを報告した。

輸送指令からは詳しい停止位置と状況を知らせるよう指示があったが、詳しい状況が分からなかったため、本件運転士に聞いてから報告すると伝えた。前方の車両に行くため、けが人の有無を確認しながら車内を通ったところ、車内は真っ暗であったが、5両目及び6両目の乗客にけが人はいなかった。5両目の前端まで行ったところ、5両目と4両目間で列車がつながっていないため6両目に戻った。戻りながら、5両目の2～3名の乗客を、車外への転落を防ぐため6両目に誘導した。また、5両目の前端付近で車外を見たが、暗くて状況はよく分からなかった。

6両目の乗客から外に人がいると言われ、後部左の乗務員用乗降口扉を開けて外を見たら数名の乗客が見え、このときに転覆している車両も見えた。また、この乗客の中に本件運転士がいたので、輸送指令に連絡するよう伝え、業務用携帯電話を渡した。当時は雨が降っていたので、外に立っていた乗客4～5名を6両目に誘導した。

その後、本件運転士と手分けをして負傷者の状況を確認した。横転している2両目の窓と地面との隙間から車内に向けて声を掛けたら、「大丈夫だ」という返事があった。車内の状況については、そのとき一緒にいた乗客（2両目の乗客A）が車内に入り確認を行った。次に、本件運転士が確認を行っている1両目に行ったところ、1両目の乗客が雪や雨にうたれて寒いと言っていたので、6両目に毛布を取りに行った。毛布が足りなかったため、車内販売員の女性が、客室内のカーテンをはずして本件運転士に渡していた。

レスキュー隊が到着してからは、レスキュー隊員が1両目から救出した負傷者を、救急車に乗せるのを手伝った。

(付図1、2、3（その1及びその2）参照)

2.1.3 事故に遭った乗客の口述

本事故発生時、本件列車の乗客及び乗客として乗車していた同社社員は、次のように口述している。

2.1.3.1 乗客

(1) 1両目の乗客A（20歳代女性）

本件列車には、秋田駅から乗車して1両目中央付近右の窓側座席に座った。酒田駅を通過した辺りでは、眠ろうと思いい目をつむっていたが、事故直前に、吹雪で右の窓ガラスにみぞれか何か「バチバチ」とあたる音が聞こえ目を覚ました。その直後に車両が左へ傾いて何かにつかった。そのとき、右からはすごい風とともにガラスや砂が飛んできた。激しい衝撃により車内前方に飛ばされ、身体に痛みを感じ、呼吸もうまくできず苦しかった。その後、救急隊員によりストレッチャーに乗せられ、全身を固定された状態で車外に引き上げられ、病院に搬送された。

この事故により、頸椎、手首等骨折の重傷を負った。

(2) 2両目の乗客A（20歳代男性）

本件列車には、秋田駅から乗車して2両目の前から7列目ぐらいの右窓側座席に座ったと記憶している。

酒田駅に到着したときには、天気がだいぶ荒れているなという気がした。吹雪で車両に雪やみぞれがたたきつけられる音があり、酒田駅を出発してからは特に強く感じた。雷も鳴っていた。

事故は、本件橋りょうを通過したと思った直後に発生した。最初は突き上げるように上に「ドーン」と車体が持ち上がったような感じがして室内灯が消えた。その後、加速するような感じで左へ傾いていき、何かにつかるような激しい音がして列車が停止した。

一瞬のことなのでよく分からないが、1回目の大きな揺れと室内灯が消えた辺りまではまだ横転していなかったと思う。大きな揺れが落ち着くまで十数秒かかった気がする。本件列車が停止したときに初めて横転したことが分かった。

本事故発生の3～4分後に、携帯電話で酒田消防署に通報した。また、自分の勤務する消防署にも電話をかけ、二次災害防止のため同社への通報を依頼した。その後、出血している乗客の止血などの応急処置を行った。

車両の下に大人1人が出られるぐらいの隙間があったので、車外にはそこから出た。車内の人には、外は寒いので、このまま救助を待つように言った。車外は、激しく風が吹き、悲鳴や声も吹雪でかき消される状況であった。

その後、救急車やポンプ車が到着したので、負傷者の搬送など救急隊の手

伝いを行っていたが、そのとき、救急隊員からけがをしていると言われたので病院へ搬送してもらった。

この事故により、両膝挫傷等の重傷を負った。

(3) 2両目の乗客B（20歳代男性）

本件列車には、秋田駅から乗車して2両目の前から3列目の右窓側座席に座った。

酒田駅を出発するときの天気は、吹雪が激しく窓ガラスをたたきつける音がした。酒田駅を出発後、窓の外を見たりメールを作成したりしていた。

初めて乗車した路線なので位置は分からないが、急に左へ傾き2～3秒間まくら木の上を走るような振動と音が聞こえた後、横転して室内灯が消えた。そのとき、左座席の手すりにつかまろうとしたがつかめなかった。その後、通路左の座席の方へ投げ出され頭を進行方向にして仰向けで倒れた。

しばらくして、後方へ向かい、横転して下になっているガラスが割れた窓と地面との隙間から這い出た。車外に脱出したのは本事故発生から30分くらい後で、そのときは既に救助隊が到着しており、救急車の中で応急処置を受け、病院に搬送された。

この事故により、頭部裂傷及び肋骨骨折等の重傷を負った。

(4) 2両目の乗客C（40歳代男性）

本件列車には、秋田駅から乗車して2両目の後から5列目の左窓側座席に座った。

酒田駅を出発したときの天気は、風が強く吹いていて、あられのような雨のようなものが窓に強くぶつかっていたことを覚えている。本件橋りょうを通過しているときに、車内でぼんやりしていたら、「ガタガタッ」という音がして、車内が真っ暗になった。その後はどうなったか全く分からないが、最上川に落ちたと思ったので、すぐに脱出しなければいけないと思いガラスが割れた窓から車外に脱出した。その後、本件車掌に誘導され6両目で待避していたが、救急車が到着後、病院に搬送された。

この事故により、頭部裂傷、全身打撲等の重傷を負った。

(5) 2両目の乗客D（40歳代男性）

本件列車には、秋田駅から乗車して、2両目の後方左窓側座席に座った。

秋田駅を出発後、遊佐駅辺りでは本件列車のスピードが変わるような強い風が吹いていた。酒田駅で停車しているときの天気は、そんなにひどい状況ではなかったが、出発して周りに明かりがなくなるような所からは、かなり強い風が吹いていて、遠くに稲光が見えた。

本件橋りょうを通過しているときは、鉄橋を渡っているという感覚があっ

たので、それまで読んでいた本から目を離して、なんとなく車内や外を見ていたら、下の方から「ダァーダダダッ」というような振動とともに音がして、突然「グラッ」と左へ傾いた。傾いた車両は、そのまま約90°横転して、倒れたまま地面に急停車したという感じだった。横転したときは、前傾姿勢で前の座席の背もたれにつかまって衝突による衝撃に備えた。

停止後、横転して下になっているガラスが割れた窓と地面との隙間から車外へ脱出した。自分の後から4人ぐらいの乗客が脱出してきて、その中の一人が携帯電話で警察に通報した。そのときの天気は、強い風が吹いていて、雷が鳴っていた。

2両目から脱出した乗客の一人が呼吸もおぼつかない状態だったので、車外でしばらくその乗客の介抱をしていたが、6両目の車両が線路上に残っていたので、その乗客とともに6両目の車内に移動した。その後、救急車で病院に搬送された。

この事故により、左腕打撲及び肋骨骨折の重傷を負った。

(6) 3両目の乗客A（30歳代男性）

本件列車には、秋田駅から2両目に乗車した。酒田駅を出発後、降車する駅が近づいたため、3両目前方のデッキに移動して、右の旅客用乗降口扉付近に立っていた。

本件橋りょうを通過した辺りで外を見ていたら、右の旅客用乗降口扉の隙間から、その隙間をこじ開けるようなすごく強い風が入ってきた。その後、車両が揺れて右へ傾き、その傾きが徐々に大きくなってきて室内灯が消えたので、旅客用乗降口扉付近の手すりにしがみつこうようにつかまった。90°近くまで傾いたときに、左の旅客用乗降口扉付近にあった備え付けのゴミ箱が落下してきた。完全に傾いた状態で、地面を滑るように「ガガガガッ」となり、2両目との連結部の方から土砂のようなものが入ってきた。

2両目との連結部分から車外に出たところ、2両目は、3両目から大分離れたところにあった。周りの状況を把握しようと思い盛土上に登ったところ、1両目や2両目から数人の乗客が出てきた。その後、車掌に6両目に待避するよう案内された。本件運転士は、頭から出血しながら人が確認などをしていった。そのうちに救急車や警察が到着して、救急車で病院に搬送された。

この事故により、左足に打撲を負った。

(7) 6両目の乗客A（30歳代女性）

本件列車には、秋田駅から乗車し、6両目の後から3列目の左窓側座席に座った。

酒田駅での天気は、雨が少し降っていたが、それほど悪くはなかった。酒

田駅を出発して走行中は、窓ガラスに雪が当たっていた。本件橋りょうを渡り終えたかどうかは分からないが、右から強い風が吹いて来たのでびっくりしていたら、その後すぐ車両が3、4回バウンドしてつんのめっていくように急に停止した。その際に、座席や壁に身体を強くぶつけた。さらに、事故後の車内はとても寒く、お腹が痛くなって、立つこともできなかった。

その後、救急車により病院へ搬送された。

この事故により、むち打ち症を負った。

(付図1、2、3(その1及びその2)参照)

2.1.3.2 乗客として乗車していた同社の社員

(1) 1両目の乗客B(40歳代男性)

本件列車には、酒田駅から乗車して1両目の前から4～5列目の左窓側座席に座った。

酒田駅での天気は、雪がちらつく程度でいつもと変わらない様子だった。酒田駅を出発してから雷が2、3回あった。

本件橋りょうを通過後、右から突風が吹いてきて、窓ガラスに何かが、「バチバチ」と当たる音がした。その後、左へ大きく傾いていき、通常より大きな傾きになったと思った瞬間、車両がまくら木の上に落ちて「ガタガタ」と走行し、そのまま倒れて転覆した。「ガタガタ」と走行した時間はそれほど長くはなかった。転覆した際、左の窓ガラスが粉々に割れて、それと同時に車内に雪が入ってきた。その後、意識を失った。

意識を取り戻したときは、前方に飛ばされ何かに挟まれて身動きができない状態で、雪崩にあったように、全身が雪に覆われていた。手足が若干動いたので、雪からは抜け出すことができた。1両目は左へ倒れ右が上になり、その上の窓ガラスは割れていたが、脱出はできなかった。

車内には自分を含め乗客は7名ぐらいいたが、若い女性の「痛い、助けて下さい」という声が聞こえたので、他の乗客と協力して救出にあたった。若い女性2名を救出した後に、ものすごい雨が降ってきて、全身びしょ濡れになって寒かった。自力では脱出できなかったため、救助用のベルトで吊り上げられた。左足が動かなかったので、救急隊員の肩を借りて、救急車まで運ばれた。

この事故により、頸椎損傷等の重傷を負った。

(2) 1両目の乗客C(20歳代男性)

本件列車には、酒田駅から乗車して1両目の前から5～6列目の左窓側座席に座った。

酒田駅を出発するときは、雨が降り雷も鳴っていたが、風はそれほど強くなかった。本件橋りょうを通るときにも、雷が激しく光ったが、音はそれほど聞こえなかった。時折あられが降っていた。

事故のときは、横転する前に飛行機が離陸するような感じで「フワッ」と浮いた。その後左へ傾き車内が真っ暗になって、「ガガガガッ」というものすごい音が聞こえ、気が付いたら横転していた。浮いてから傾いて音が聞こえるまで5秒くらいだったと思う。「ガガガガッ」という音は2～3秒くらい聞こえた。

気が付いたときには、目の前に運転室の扉があったので、前から2列目か3列目に飛ばされたのだと思う。最初、周囲で音がしなかったので、「大丈夫ですか」と声をかけた。時間が経つにつれて、周囲から声が聞こえてきて、目も暗闇に慣れて周りが少し見えるようになってきた。そのうち、助けを求める女性の声が聞こえ、男性の乗客の下からその女性の手が出ていたので、他の乗客とともに雪や土に埋まっていたこの女性を救出した。その際、ガラスの割れた窓から強い雨が車内に入ってきたため、ずぶ濡れになりすごく寒かった。

その後、本件運転士が車外から声をかけてきたので、毛布などの暖をとるものを頼んだ。また、このころ到着したレスキュー隊員に、呼吸が苦しそうな女性のために酸素ボンベを持ってくるよう依頼した。

頭上にある窓から救出され、救急車で病院に行った。

この事故により、全身打撲、右手裂傷等の重傷を負った。

(3) 1両目の乗客D（40歳代男性）

本件列車には、酒田駅から乗車して1両目の中央より少し前の左窓側座席に座った。

酒田駅の天気は、雷が鳴っていて、風も強く寒かった。酒田駅を出発してからも同じような天気だった。

本件橋りょうを通過してから少しして、少し浮いたような感じがした後、「ゴトゴト」と車輪がコンクリートのまくら木上を走行する音がして、突然、室内灯が全て消えた。車両はそのまま斜面を左斜めにすごい加速で落ちていった。その後、気を失い、意識を取り戻してから携帯電話で自宅に連絡した。そのときの時間は19時41分だった。身体を動かそうとしたが、背中が痛くて動けなかったので、救助用のロープでつり上げられて車両から救出された。その後、救急車で病院に搬送された。

この事故により、腰椎骨折、胸骨骨折及び左肩靭帯断裂の重傷を負った。

(4) 2両目の乗客E（20歳代男性）

2両目の右窓側座席に座った。事故前は携帯電話を探していて、外は見えていなかった。本件橋りょうを渡ったことも覚えてはいない。

事故のときは、車で小さい段差を通るときに感じるような、上に浮いて落ちる感じがして、その後、前後の揺れで前の座席の背もたれに押し付けられ、とっさに横を向いた。それからはよく覚えていない。気が付いたときは、左の通路側座席の肘掛けに身体が引っかかっていた。

横転して下になっている窓と地面との間の隙間から車外へ出て、6両目に移動した。6両目で待っているとき、たまに車両が揺れる程度の強い風が吹いていた。

この事故により、重いむち打ち症等を負った。

(付図1、2、3(その1及びその2)参照)

2.1.4 新潟支社輸送指令員等の口述

本事故発生時に事故現場付近を担当していた輸送指令員、指令長及び総括指令長は、次のように口述している。

(1) 輸送指令員

事故当日は、羽越線(鼠ヶ関^{ねずがせき}駅～酒田駅)及び陸羽西線の指令卓(以下「羽越CTC」という。)にいた。羽越CTCにはTID²があり、秋田支社管内の列車の遅延も分かる仕組みになっている。秋田駅で折り返し本件列車となる下り特急列車は、新屋駅のポイント故障により、下浜駅で抑止されていたため秋田駅への到着が遅れたことから、本件列車は秋田駅を定刻より約60分遅れて出発した。

19時14分ごろ、電力指令からき電トリップがあったため確認するよう連絡があった。チェックダイヤを見て、どの列車がいるかを確認している間に、他の輸送指令員が本件運転士に確認するため、19時16分ごろ列車無線機で連絡したが通じなかった。

そのとき、羽越CTCの業務用携帯電話に本件車掌からの電話がかかり、「本件運転士との連絡がとれない。衝撃とともに室内灯が消え、防護無線機より発報信号を発信した」という第1報があった。異常事態の発生と防護無線機による発報信号の発信を知り、直ちに関係列車の抑止手配をした。

再度、本件車掌から電話がかかり「脱線している模様であるが、電柱番号、区間は暗くてわからない」との報告があった。

² 「TID」とは、Traffic Information Displayの略語で運行情報表示装置のことをいう。列車位置情報等を線区内の各駅、区所に自動伝達するものであり、旅客案内や車両の運用変更の手配等に使用される。

19時30分ごろ本件運転士から電話があり、「橋りょうで突風、脱線、前の3両が大破し、けが人多数、救急車の手配を頼む」という内容であった。詳しい場所を聞いたところ、「余目駅～北余目駅間、電柱番号10、自分は軽傷だが、血を流しているお客様がいる」との返事があった。本件車掌と協力して乗客数及び負傷の状況を把握するよう指示し、関係列車の抑止は手配済みであることを伝えた。

なお、事故当日は、事故現場付近で運転規制はなかった。

(2) 指令長

秋田支社管内で発生したポイント故障により、秋田駅で折り返し本件列車となる下り特急列車が遅れたため、本件列車も遅れていた。

本件車掌から羽越CTCの業務用携帯電話にあった事故の第1報を受けて、関係列車の抑止を手配した。また、輸送指令員と本件車掌とが電話で話している内容を聞き、本件列車が脱線していることを把握し、総括指令長に警察と消防への通報を依頼するとともに、酒田駅へ連絡して状況を説明し、人を集めるよう指示した。

事故当時は、強風による運転規制はなかった。また、事故の発生時間帯において、乗務員等から気象状況の異常等に関する報告はなかった。

(3) 総括指令長

本事故の第1報は19時16分ごろで、羽越CTCの輸送指令員から受けた。

第2報は、19時20分ごろ、脱線しているようだとの情報であり、すぐに山形県警察本部に電話で概況を説明し、出動と救急車の手配を依頼したが、既に110番通報があったとのことであった。その後、列車抑止を指示するとともに、それが手配されたことを確認した後、輸送指令内に情報を流し、新潟支社の関係箇所に羽越線で脱線事故が発生した旨を連絡した。

その日はプレダス³に羽越線の警報音はなかった。

(付図1、2参照)

2.1.5 関係列車の乗務員の口述

本件列車を秋田駅から酒田駅まで運転した運転士、本件列車の先行列車である酒田駅発新庄駅行き上り普通気第162D列車（以下「先行列車」という。）の運転士、本件列車の先々行列車である酒田駅発新津駅行き上り普通気第832D列車（以下「先々行列車」という。）の乗務員、本件列車の後続列車である酒田駅発

³ 2.5.7参照

鼠ヶ関駅行き上り普通気第230D列車（以下「後続列車」という。）の乗務員及び本事故発生時に余目駅に停車していた新津駅発酒田駅行き下り普通気第831D列車（以下「対向831D列車」という。）の乗務員は、次のように口述している。

(1) 本件列車を秋田駅から酒田駅まで運転した運転士

本件列車に乗務し、酒田駅へ向かう途中、羽後牛島駅～新屋駅間で強風による25km/h以下の速度規制があったこと、降雪によりブレーキを早めにかけていたこと等から、酒田駅には約70分遅れて到着した。

事故当日、自分が運転した区間で風が強いとは感じなかった。

小砂川駅、象潟駅付近や酒田駅の到着前には、南の方で雷がすごかったのが印象に残っているが、酒田駅で乗務を交替したときの天気は覚えていない。稲光は何度も見えたが雷鳴は全然聞こえなかった。

本件列車は、ブレーキも効いており、車両に異常はなかったことから、酒田駅到着後、本件運転士に「異常なし」と引き継いだ。また、車両の動揺が激しいこともなく運転台の機器にも故障はなかった。今までの運転士の経験で、列車を運転していて風が強くて危険だと感じたことはない。

(2) 先行列車の運転士

事故当日の先行列車の運転状況はよく覚えていないが、酒田駅を出発するとき（記録では18時02分ごろ）には、雷が何回も鳴っていて、風も吹いていたと記憶している。事故現場付近の線路には異常はなかったと思う。

本事故以前に、酒田駅～余目駅間を運転中に強風や線路の異常により危険を感じたことはなく、風による運転規制を受けたこともなかったと思う。

(3) 先々行列車の乗務員

① 運転士

先々行列車は、酒田駅を定刻（17時22分）に出発したと思う。そのときの酒田駅での天気は覚えていない。事故現場付近を通過したときには、線路に異常があった記憶はない。また、運転中に強風や雪が激しかった記憶もない。

過去に本件橋りょうや事故現場付近で、風に煽られたりして危険を感じたりしたことはない。庄内地方で風が強い場合、あつみ温泉駅～羽前水沢駅間が最初に風による運転規制がかかる。酒田駅～羽前水沢駅間は、庄内平野部を走っているのどこでも風は強く、最上川等に風速計が設置されている。

上り線は、砂越駅付近の曲線の制限速度100km/hから加速しても、途中が上りこう配なので本件橋りょう上では110km/h出るか出ないかであり、風が強ければ速度も出ない。

② 車掌

先々行列車に乗務しているとき、風は多少吹いていたが、気になるほどの風ではなかった。この時間、外は真っ暗で車内から線路は見えないが、特に異常な揺れはなく砂越駅～北余目駅間の線路に異常は感じなかった。また、当時の天気は覚えていない。

(4) 後続列車の乗務員

① 運転士

後続列車は、本件列車が遅れていたため、酒田駅を定刻（19時00分）より遅れて、19時11分に出発した。東酒田駅に11分遅れで到着し、車掌が旅客用乗降口扉を閉める前の19時15分ごろに防護無線機による発報信号を受信した。列車無線機からは、輸送指令が本件運転士を呼び出す声がしきりに聞こえたが、本件運転士からの応答はなかった。何かあったのかもしれないと思ったが、こちらから列車無線機を使用すると混信するので、そのまま連絡を待っていた。防護無線機による発報信号は30分以上鳴ったままだった。

本事故の発生については、車掌の業務用携帯電話に入った輸送指令からの一斉伝達メールにより知った。

酒田駅を出発するときの天気は、あまり雪は降っていなかったが、稲光はすごかった。また、東酒田駅に停車中は、吹雪により車体が揺れることも2度ほどあった。

② 車掌

酒田駅を出発する前の天気は、雪が少し降っているくらいで風は特別強いというものではなかった。また、東酒田駅に到着したときの天気は、酒田駅での天気と比べて雪が多くなり風も強くなっていた。

東酒田駅を出発するため、旅客用乗降口扉を閉めようとしたとき、防護無線機の発報信号を受信した。その後、列車無線機からは、輸送指令が本件運転士を呼び出す声がしばらく聞こえていた。

(5) 対向831D列車の乗務員

① 運転士

余目駅には定刻（19時14分）に到着し、停車中に防護無線機による発報信号を受信した。列車無線機で輸送指令に連絡したが応答がなかったので、そのまま待っていると、輸送指令から運転を抑止する旨の連絡があった。

余目駅に到着するときには風はなかったが、防護無線機による発報信号を受信する前後に、ものすごい突風が吹いてきた。吹いてきた方向は分か

らないが車両が揺れていた。また、酒田方面で雷が鳴っているのが聞こえた。

② 車掌

余目駅に到着したときは、風が吹くと車両が揺れるので風が強いという認識はあったが、強風で危ないというほどではなかった。事故現場方向の空はどす黒い色で稲光があり、荒れているという感じだった。

余目駅を出発する前に、防護無線機による発報信号を受信した。発報信号は、通常3～5分程度で鳴り止み、輸送指令から連絡が来るが、事故当日は鳴り止まず、輸送指令からも連絡がなかったため、輸送指令と自分の所属する運輸区に業務用携帯電話で連絡して本事故の発生を知った。

なお、本事故の発生時刻は19時14分ごろであった。

(付図1、2、3(その1及びその2)参照)

2.2 人的被害に関する情報

2.2.1 人的被害の概要

本事故による死傷者数は、表1のとおりであり、本件列車に乗車していた乗客等(車内販売員を含む。以下同じ。)及び乗務員の合計46名のうち5名が死亡し33名が負傷した。

表1 本事故による死傷者数

	乗客等	乗務員	計
死亡者数	5	0	5
負傷者数	32	1	33
重傷者数	28	0	28
軽傷者数	4	1	5
合計	37	1	38

2.2.2 車両ごとの死傷者数

車両ごとの死傷者数は、表2のとおりである。本件列車には、44名の乗客等が乗車しており、5名が死亡し32名が負傷した。44名の乗客等のうち35名が1～3両目に乗車しており、このうち5名が死亡し29名が負傷した。なお、死亡した5名全員が1両目に乗車していた。

表2 車両ごとの死傷者数

	乗客等			死亡者			負傷者			死傷者数
	総数	男性	女性	総数	男性	女性	総数	男性	女性	
1両目	16	9	7	5	2	3	11	7	4	16
2両目	14	14	0	0	0	0	14	14	0	14
3両目	5	3	2	0	0	0	4	2	2	4
4両目	2	2	0	0	0	0	1	1	0	1
5両目	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
6両目	5	3	2	0	0	0	2	0	2	2
合計	44	31	13	5	2	3	32	24	8	37

※ 乗務員を除く

注) 本件列車は、通常1両目～3両目が自由席、4両目～6両目が指定席であるが、事故当日は、冬季多客輸送のため3両目が指定席となり、1両目及び2両目が自由席、3両目～6両目が指定席で運転されていた。

2.2.3 乗客等の乗車位置

負傷者へのアンケート（以下「負傷者アンケート」という。）及び口述聴取により得られた情報、山形県警察本部から提供のあった情報（以下「警察情報」という。）等から特定できた乗客等の乗車位置について図示すると、付図4のとおりである。

2.2.4 死亡者の状況

死亡者の性別及び死亡原因については、警察情報によると表3のとおりである。

表3 乗客の死亡原因

性別	死亡原因
男性	圧死（頭部・胸部圧迫）
男性	圧死（胸腹部圧迫）
女性	圧死（頭部・胸部圧迫）
女性	脳挫傷
女性	全身打撲による外傷性ショック

なお、死亡した乗客5名のうち、4名は1両目の車内中央付近で、1名は1両目中央付近の車両の下で発見され、いずれも事故現場において死亡が確認された。

2.2.5 負傷者の状況

(1) 負傷者アンケートの概要

負傷した乗客等32名に対して、負傷の種類や負傷した際の経緯・状況等について、調査表に回答する形によりアンケート調査を実施した。

この結果、男性24名中12名（回収率50%）、女性8名中6名（同75%）、合計18名（同約56%）から回答があった。

(2) 事故前後における乗車状況

(1)に記述した負傷者アンケートに回答のあった乗客等（以下「回答負傷者」という。）18名の事故直前における乗車状況は、17名が座席に座っており、1名が立っていた。

また、列車停止時における乗車状況は、表4のとおりである。回答負傷者18名のうち、5名が列車停止時に事故前と同じ乗車位置にいたと回答し、残る13名は、事故前と異なる乗車位置にいた又は列車停止時の乗車位置は不明と回答している。なお、事故発生時に立っていた1名は、事故後も同じ位置にいたと回答している。

表4 列車停止時における乗車状況

	事故前と同じ乗車位置にいた (名)	事故前と異なる乗車位置にいた (名)	列車停止時の乗車位置は不明 (名)
1両目	1	4	2
2両目	1	2	3
3両目	1※	1	1
4両目	0	0	0
5両目	0	0	0
6両目	2	0	0
合計	5	7	6

※ 立っていた乗客

(3) 事故の際における乗客等の対応及び負傷状況

回答負傷者18名の負傷状況は、付図5（その1及びその2）のとおりである。

座席に座っていた17名のうち、事故前と同じ乗車位置にいたと回答した

4名については、骨折者が1名であるのに対し、事故前と異なる乗車位置にいたと回答した7名については、骨折者が5名であった。なお、座席に座っていた17名のうち、7名は事故の際、座席や肘掛け等につかまったり、頭部を保護するため身をかがめたりしていたと回答しており、このうち3名は、このような対応が身を守るために有効であったのではないかと回答している。

また、立っていた1名は、事故時にはデッキ部分にいて旅客用乗降口扉の手すりにつかまっており、このことが身を守るために有効であったのではないかと回答している。

2.2.6 事故の衝撃による乗客等の移動状況

2.2.5(1)に記述した負傷者アンケート及び負傷者の口述により得られた情報から、事故の衝撃による乗客等の移動状況を付図6に記載した。

なお、脱線に伴う詳細な移動経過については把握できないため、ここでは、事故前の乗車位置と事故後に列車が停止した際に乗客等がいた位置について示した。

車両ごとの乗客等の移動状況は、次のとおりである。

- (1) 1両目については、中央より前側に乗車していた乗客3名は、客室内前端付近へ移動し、最後部左側に乗車していた乗客1名は、ほとんど移動していなかった。
- (2) 2両目については、右側に乗車していた乗客2名が左に移動していた。
- (3) 3両目については、左側に乗車していた乗客1名が右に移動し、前側デッキの右側に乗車していた乗客1名はほとんど移動していなかった。
- (4) 6両目については、中央より後側（グリーン席）に乗車していた乗客2名はほとんど移動していなかった。

なお、4両目及び5両目については、乗客の移動状況に関する情報は得られなかった。

2.3 物的被害に関する情報

2.3.1 軌道及び鉄道構造物の損傷状況

事故現場付近の上り線のまくら木に番号及び記号を付して、損傷位置の目安とした。番号及び記号は、榎木架道橋（以下「架道橋」という。）後方（秋田駅方）の端部（以下「架道橋始端」という。）に最も近いまくら木（新津駅起点158k150m付近、以下「新津駅起点」は省略）をNo.1まくら木とし、それから前方に向かってまくら木に順番に番号を付した。一方、架道橋始端より後方については、No.1まくら木の1本後方のまくら木（158k151m付近）をNo.1bまくら木とし、それから後方に向かってまくら木に順番に番号及び記号を付した。

No.1 6 bより前方のまくら木、左右レール、道床及び盛土のり面等に、車輪等によるものと見られる痕跡が多数見られた。なお、No.1 6 bより後方の軌道には痕跡はなかった。

以下、架道橋始端より後方（秋田駅方）、架道橋上及び架道橋前方の端部（以下「架道橋終端」という。）より前方（新津駅方）の区間に分けて痕跡の状況を記述する。

(1) 架道橋始端より後方（秋田駅方）の区間

- ① No.1 2 b～8 bまくら木の左レールに近い部分の軌間内のまくら木やレール締結装置に、車輪が走行したことによるものと見られる痕跡があり、これらのまくら木の表面が欠損していた。また、レール締結装置は脱落していなかったが、つぶされたような状態で、板ばねの破断や締結ボルト頭部の変形があった。
- ② No.7 b～1 bまくら木の左レールに近い部分の軌間内外において、レール締結装置に車輪が走行したと見られる痕跡があり、まくら木の表面が欠損していた。このうち軌間内の全てのレール締結装置の板ばねは破断し、No.7 bまくら木を除いて軌間外のレール締結装置は脱落していた。
- ③ No.1 6 b～1 5 bまくら木の左レール頭頂面上の中央付近からゲージコーナーにかけて傷が見られた。また、1 2 bまくら木から前方の左レール頭頂面上には、列車進行方向にほぼ平行な向きの傷が多くあった。
- ④ No.1 2 b～1 b全てのまくら木上には複数の痕跡があった。
- ⑤ 右レール及びその周囲には痕跡はなかった。

(2) 架道橋上の区間

- ① No.1～2 1まくら木は、全てが橋りょう用の木まくら木で構成されている。それら全ての左レール軌間外に車輪が走行したと見られる痕跡があった。
- ② 全てのまくら木において、左レール軌間内外のレール締結装置には脱落や締結ボルト、小返り抵抗金具⁴の折損及び変形、タイプレートの変形があった。これらのレール締結装置の損傷は、No.1～1 9まくら木では軌間内にあり、No.1～1 3及び1 9～2 1まくら木では軌間外にあった。
- ③ 全てのまくら木において、左のフックボルト⁵には変形、脱落及び外れが多数あった。

⁴ 「小返り抵抗金具」とは、レール締結装置の一部であり、レールに車両の輪重と横圧が作用したとき、横圧が大きいと、その作用方向にレールは移動、傾斜しねじれることから、この傾斜とねじれの量を抑制するための金具である。

⁵ 「フックボルト」とは、橋りょう用まくら木を橋桁に固定するために用いられるボルトである。

- ④ 全ての区間にわたって、左レールの頭頂面上には、列車進行方向にほぼ平行な向きや左レール軌間外へ続く傷が多くあった。
 - ⑤ No.1 まくら木には前部のみに欠損があり、No.2 まくら木は左レール軌間外で折損していた。また、No.3 及び4 まくら木には、ひび割れ等の著しい損傷があった。
 - ⑥ 一部のまくら木は、前方に押し出され、特にNo.2～5、12、17及び18 まくら木は大きく移動していた。
 - ⑦ No.13～15 まくら木上の左レールのゲージコーナ一部に削り取られたような傷が断続的にあった。
 - ⑧ No.1～10 まくら木上の左のL型まくら木継材⁶が変形していた。No.11～21 まくら木の同継材は外れて158 k 130 m付近に落下していた。
 - ⑨ 架道橋始端にある橋台上左に設置されたコンクリートブロック及び架道橋上左に設置された通路用の鉄製踏み板（以下「グレーチング」という。）には、車輪が走行したと見られる痕跡はなかった。一方、架道橋終端にある橋台上左に設置されたコンクリートブロックには車輪が走行したと見られる複数の痕跡があった。
 - ⑩ 右レール及びその周囲には痕跡はなかった。
- (3) 架道橋終端より前方（新津駅方）の区間

本件列車最後部の停止位置（No.132 まくら木付近）までの痕跡は、以下のものであった。

- ① No.71 まで及び75～93、102～127、129、130 まくら木の左レール軌間外と、No.35～130の一部のまくら木の軌間内、No.117及び124 まくら木の右レール軌間外に、まくら木の欠損や折損等が見られた。No.72 まくら木より前方のまくら木で、まくら木の右レール寄り軌間内の損傷が断続的に存在した。No.31～43、52～70、79～89及び115～117 まくら木の左レール軌間外では損傷が激しかった。
- ② No.35 まくら木から前方の左レール軌間内外のレール締結装置に車輪が走行したと見られる痕跡が断続的にあった。このうち、No.61 までの一部のまくら木とNo.115～122及び131 まくら木において、軌間外に変形、脱落、締結ボルトの折損や外れ等の損傷が見られるとともに、No.63、71、72、76～86及び101～108 まくら木の軌間内の締結ボル

⁶ 「L型まくら木継材」とは、まくら木が橋桁上を移動するのを防止するために取り付けられるL型鉄板である。

ト及び板ばねに変形や脱落等の損傷が見られた。また、No.100、107～109及び118まくら木においては、右レール軌間外にレール締結装置の変形等の損傷があった。

- ③ 左右レールの頭頂面上には傷が断続的に多く見られた。左レール上の傷はNo.23まくら木から、また、右レール上の傷はNo.70まくら木から始まっていた。
- ④ No.23～29及び69～76まくら木上の左レールのゲージコーナー部に削り取られたような傷が断続的にあった。
- ⑤ 架道橋の前方から本件列車の停止位置の区間では軌きょう⁷が左へ変形していた。
- ⑥ No.24まくら木付近から前方では、道床左側肩部が前方へ連続的に崩壊し、多数のまくら木の左端面及び側面が露出していた。
- ⑦ No.55まくら木付近から前方の盛土の左側のり面が堆肥舎（158k050m付近の線路左側にある鉄骨造り平屋建ての農業用建物をいう。以下同じ。2.3.4.1参照）の方向へ連続的に崩壊していた。

本件列車最後部の停止位置より前方では、158k025m付近までのまくら木及びレール締結装置が断続的に損傷していた。このうち158k055m～030mでまくら木が大きく欠損する等、左レール軌間内外での損傷が特に激しかった。158k059m～041m及び158k029m付近では、右レール軌間内外において、まくら木の欠損、締結ボルトの折損や外れ、板ばねの破断等の損傷があった。

（付図7、8、9参照）

2.3.2 電力等設備の損傷状況等

事故現場付近の電柱等電車線関係施設及びケーブル類の損傷状況は以下のとおりである。損傷した電力等設備は、いずれも線路左側に敷設されていた。なお、電柱には以下のように番号を付した。

158k360m付近の電柱：No.I

同313m：No.II 同263m：No.III 同213m：No.IV 同163m：No.V

同113m：No.VI 同110m：No.VII 同066m：No.VIII 同063m：No.IX

同013m：No.X 157k963m：No.XI

- (1) 電柱の傾斜（方向：左）、継柱⁸の変形、滑車式自動張力調整装置⁹の

⁷ 「軌きょう」とは、レールとまくら木とをレール締結装置を用いてはしご状に構成したものをいう。

⁸ 「継柱」とは、電柱の上部に金具等を取り付けるために、電柱に継ぎ足した鋼材のことである。

⁹ 「滑車式自動張力調整装置」とは、滑車の原理を応用して電車線の張力を一定に保持するための装置である。

重錘¹⁰の振止装置上部への衝突 1ヶ所 (No.V)

- (2) 電柱の折損 4本 (No.VI～IX)

折損した電柱の折損方向と上り線の軌道中心からの距離は次のとおりであった。

番号	方向	軌道中心からの距離
No.VI	左やや前方	3.75m
No.VII	左やや前方	3.65m
No.VIII	前方やや左	3.92m
No.IX	前方やや左	3.92m

- (3) き電線用腕金の変形 1本 (No.IV)

- (4) 可動ブラケット¹¹の脱落及び垂下並びに長幹がいし破損 6本 (No.V～X)

- (5) 曲線引金具の変形 1ヶ所 (No.IV)

- (6) き電線懸垂がいしの破損 4ヶ所 (No.I～III、XI)

- (7) ハンガの変形 No.IV～157k963m付近の区間

- (8) 架線の垂下 No.IV～157k963m付近の区間

- (9) コネクタの断線 1ヶ所 (No.VIII)

- (10) き電線、保護線¹²の断線及び垂下 No.V～158k013m付近の区間

- (11) トラフ、トラフ内通信ケーブル及び信号ケーブルの変形及びつぶれ等損傷
158k115m～070m付近の区間

(付図7、8、10参照)

2.3.3 車両の損傷状況

本件列車の全車両が脱線しており、このうち1～3両目は盛土上から転落、横転していた。各車両の損傷状況は以下のとおりであった。

2.3.3.1 1両目(クハ481-3506)

車体全体が盛土左側に転落し、左側面を下、屋根を堆肥舎の方へ向けて横転しており、屋根の中央付近で堆肥舎の北西側の角部分に衝突して車体がくの字に折れ曲がり、後部は堆肥舎と2両目との間に挟まれていた。

主な損傷の状況は次のとおりである。

¹⁰ 「重錘」とは、滑車式自動張力調整装置の一部であり、錘の重力により電車線を引っ張るための装置である。

¹¹ 「可動ブラケット」とは、架空で電車線を支持するために電柱に設備された片持ちばりのことであり、特に温度変化による電車線の移動に対応するために、支持点を中心に水平回転できる構造となっている。

¹² 「保護線」とは、せん絡（電位や極性が異なる部分で、がいし等の絶縁性部材の表面上に生じる絶縁破壊による放電）を防止するための架空電線である。

- (1) 堆肥舎に衝突した屋根部分が中央部から後部にかけて、車内側につぶれ、激しく損傷していた。
- (2) 運転室の前面左側が車内側に凹むように変形していた。
- (3) 右側面の前部に、運転室側面から床下にかけて斜めに横切る擦過痕が見られた。また、運転室下にある機器室の機器取出口ふたが落失していた。
- (4) 後面は、全体的に打痕・変形が見られ、特に右側は下部が屋根方向に大きく屈曲するとともに、外板が車内側に凹む形で損傷していた。
- (5) 車体がくの字に折れ曲がった部分は、屋根が車内側につぶれ車内空間が著しく減少し、座席も激しく損傷していた。また、それより前側では、車体のゆがみは見られるものの車内の損傷は比較的少なかった。
- (6) 前台車及び後台車はいずれも車体から外れ、前台車が1両目車体の中央部と2両目車体の後部との間に、後台車が2両目車体屋根の後部付近に落下していた。前台車は、右の台車枠側ばりが損傷しており、第2軸右の軸ばねが脱落し軸ダンパが破損していた。また、第2軸右のブレーキディスクが破損していた。後台車は、左の台車枠側ばり前方に擦過痕が見られ、第1軸左の軸ダンパが破損し右の軸ダンパが脱落していた。また、まくらばり及びボルスタアンカが変形していた。なお、前後両台車とも車輪には顕著な痕跡はなかった。
- (7) 1両目と2両目との間の連結器は、両車両から緩衝器ごと脱落し1両目後部付近に落下していた。

(付図11(その1)参照)

2.3.3.2 2両目(モハ485-3018)

車体全体が盛土左側に転落し、左側面を下、床を堆肥舎の方へ向けて横転しており、左側面前部は盛土下、左側面後部は盛土にかかり、左側面中央部は浮いた状態であった。

主な損傷の状況は次のとおりである。

- (1) 右側面は、屋根方向に弓なりに変形するとともに、窓下部から台枠¹³にかけて車内側に曲損しており、窓ガラスは全て破損していた。
- (2) 左側面は、中央部の窓下部付近が大きく外側に張り出すとともに、後部の台枠が上向きに屈曲するように激しく損傷しており、窓ガラスは全て破損していた。

¹³ 「台枠」とは、車体の床の部材のうち、はり状の部材で構成された骨組みをいい、床から上の構体の土台及び床下機器の取付けに使用される。

- (3) 前面は、下部に衝突痕が見られ、左下部及び右下部が車内側に曲損していた。
- (4) 後面は、下部に衝突痕が見られ、右下部が車内側に大きく曲損していた。
- (5) 車内は、床、側壁及び天井の各面において変形が見られたが、座席が大きく損傷するほどの変形は見られず、車内空間は比較的確保された状態であった。
- (6) 前台車及び後台車はいずれも車体から外れ、1両目中央部と2両目後部との間に落下していた。前台車は、右の台車枠側ばりが損傷しており、第2軸右の軸ばねが脱落し軸ダンパが破損していた。後台車は、左の台車枠側ばりに擦過痕が見られた。また、前後台車全4軸の左車輪の踏面と外側面との角部（以下「踏面角部」という。）に円周方向に複数の打痕が見られた。踏面角部については、後台車の打痕が前台車のものと比較して大きかった。
- (7) 2両目と3両目の間の連結器は、両車両から緩衝器ごと脱落し1両目前部と3両目前部の間に落下していた。

(付図11(その2)参照)

2.3.3.3 3両目(モハ484-3018)

車体全体が盛土左側に転落し、右側面を下にして進行方向に対し約180°回転した状態で横転していた。また、車体後部は4両目前部と接触していた。

主な損傷の状況は次のとおりである。

- (1) 前面全体に打痕が見られ、外板がゆがんでいた。特に、左側の外板中央部が車内側に曲損するとともに、右側の端部及び下部に衝突した痕跡が見られた。
- (2) 右側面前側の窓下部から台枠にかけて、打痕及び擦過痕が見られた。
- (3) 右側面の窓ガラス3ヶ所が破損していた。
- (4) 左側面の後端の窓下部から台枠にかけて衝突痕が見られ、車内側に曲損していた。
- (5) 屋根上のパンタグラフ等が破損していた。
- (6) 車内の損傷はほとんどなかった。
- (7) 前台車は車体から外れ、1両目車体の前部付近に落下しており、後台車は車体から外れ軌道上に残っており、4両目車体の中央部床下機器に挟まれていた。前台車は、右の台車枠側ばりが損傷しており、軸ダンパが破損していた。後台車は、まくらばりが台車枠から上方向にずれていた。前台車第1軸右車輪のフランジに擦過痕が、後台車全2軸左車輪の踏面角部に打痕が見られた。

(付図11 (その3) 参照)

2.3.3.4 4両目(モハ485-3044)

車体前部が盛土左側に飛び出して3両目後部と接触し、車体後部が下り線上で5両目前部と接触していた。また、車体中央部が、車体から外れ線路上にあった3両目後台車及び4両目前台車の上に載っていた。

主な損傷の状況は次のとおりである。

- (1) 前面の左中央部が車内側に曲損していた。また、左下部付近に衝突痕が見られた。
- (2) 後面の左上部に衝突痕が、右上部に打痕が見られた。
- (3) 前台車及び後台車は車体から外れていたが、いずれも軌道上に残っており、前台車は4両目車体の中央部床下機器に挟まれ、第1軸が右へ、第2軸が左へそれぞれ脱線していた。前台車は下心皿¹⁴が損傷し、後台車には第1軸左の軸ばね下部の付近に打痕が見られた。また、前台車第1軸左車輪の踏面角部に円周方向に複数の打痕が見られた。

(付図11 (その4) 参照)

2.3.3.5 5両目(モハ484-3044)

車体前部が下り線側に大きくはみ出して4両目後部と接触し、下り線上に浮いた状態であった。

主な損傷の状況は次のとおりである。

- (1) 右側面の窓ガラス2ヶ所が破損しており、このうち、前方の窓は割れたガラスの破片が車内に散乱していた。
- (2) 前面上部に打痕が見られた。
- (3) 屋根上のパンタグラフ等が破損していた。
- (4) 前台車及び後台車はいずれも車体から外れ、前台車は第1軸が右へ脱線し、後台車は全2軸が右へ脱線していた。なお、前後台車はいずれも軌道上に残っており、前台車第2軸は脱線していなかった。

(付図11 (その5) 参照)

2.3.3.6 6両目(クロハ481-3010)

損傷はほとんどなく、5両目の後部に接触し、前台車第1軸右車輪のみが軌間内

¹⁴ 「心皿」とは、台車を車体と結合する部分をいう。485系車両では、下に凸の形状をした車体側の上心皿と上に凹の形状をした台車側の下心皿で構成され、台車の回転中心となる。

に脱線した状態で停止していた。

(付図 1 1 (その 5) 参照)

2.3.4 鉄道施設及び車両以外の物件の損傷状況等

堆肥舎は、本件列車が衝突したことにより大破していた。堆肥舎の構造及び損傷状況等は以下のとおりである。

2.3.4.1 堆肥舎の構造等

堆肥舎は、上り線の軌道中心から左に約 11m の距離にある。また、その構造は、基礎が鉄筋コンクリート構造、建物は鉄骨構造で、建物の寸法は南北方向が約 40m、東西方向が約 12.5m であった。

(付図 1 2 参照)

2.3.4.2 堆肥舎の損傷状況

堆肥舎の西側中央部分については、鉄骨が内部方向に折れ曲がるとともにほとんどが破断し、屋根及び外壁上部が落下して、堆肥舎内部に散乱していた。また、外壁下部のコンクリート壁の一部が損壊して、鉄筋が露出していた。

堆肥舎の北側部分については、北西側の角部分に横転した 1 両目の車体屋根後部がめり込んでおり、鉄骨が内部方向に折れ曲がるとともに側面全体が西側に傾き、屋根及び外壁上部の一部が落下していた。また、外壁下部のコンクリート壁の一部が損壊して鉄筋が露出していた。

(付図 1 2 参照)

2.4 乗務員に関する情報

本件運転士 男性 29 歳

甲種電気車運転免許

平成 13 年 9 月 19 日

本件車掌 男性 26 歳

2.4.1 本件運転士に関する情報

(1) 健康診断

同社の記録によると、本件運転士は平成 15 年 7 月から本事故時までに 6 回、同社の定める医学適性検査等を受けており、その結果に特に異常は見られなかった。

(2) 運転適性検査

同社の記録によると、本件運転士は平成 12 年 5 月から本事故時までに 3 回、同社の定める運転適性検査を受けており、その結果に特に異常は見られなかった。

2.4.2 本件車掌に関する情報

(1) 健康診断

同社の記録によると、本件車掌は平成15年7月から本事故時までに6回、同社の定める医学適性検査等を受けており、その結果に特に異常は見られなかった。

(2) 運転適性検査

同社の記録によると、本件車掌は平成13年5月から本事故時までに3回、同社の定める運転適性検査を受けており、その結果に特に異常は見られなかった。

2.5 鉄道施設等に関する情報

2.5.1 鉄道施設の概要

(1) 鉄道線路

事故現場付近は複線で、軌間は1,067mmである。

158k339mから秋田駅方の区間に本件橋りょう（延長約626m、橋りょう中心158k651m）があり、158k150m～139mの区間に架道橋がある。本件橋りょう及び架道橋は上下線別に架設されている。

本件橋りょうの構造は鉄桁4連、トラス9連の橋りょうであり、架道橋の構造は鉄桁1連の橋りょうである。架道橋の両端にある橋台上のまくら木の左右にコンクリートブロック（長さ180cm×幅50cm×高さ17cm）が設置されている。

本件橋りょうと架道橋の間及び架道橋より前方の線路は盛土上に敷設されており、盛土の両側には主に水田が広がっている。この盛土は、158k060m付近までは上下線別に、その前方では上下線が一体の断面形状で構築されている。

本件橋りょうから本件列車停止位置までの間の上り線の線形は直線である。上り線のこう配は、秋田駅方より158k320mまでが平坦であり、158k320m～157k951mまでが8.2‰の下りこう配である。

盛土の高さ及び1両目から3両目が転落した側である左側のり面の幅は、158k160m付近では高さ4.0m、幅5.6mであり、158k070m付近では高さ3.6m、幅5.3mである。また、158k000m付近では高さ3.2m、幅6.0mである。

(2) 軌道

レールは50kgNレールである。本件橋りょうを除いた区間はロングレー

ル区間であり、伸縮継目が158k297m～290m付近にかけて敷設されている。また、本件橋りょうの158k970m～350mの区間に橋上ガードレールが設置されている。

まくら木は、本件橋りょうと架道橋に木まくら木が敷設されており、敷設割合は本件橋りょうでは46本/25m、架道橋では21本/11mである。また、158k339m～150mと158k139mから前方の区間にはPCまくら木が敷設されており、敷設割合は38本/25mである。

レール締結装置は、本件橋りょうと架道橋上の区間に木まくら木用のものが敷設されており、これらを除く区間にはPCまくら木用のものが敷設されている。

本件橋りょう上と架道橋上の区間は無道床である。これ以外の区間には砕石による道床が敷設されており、その厚さは250mmである。

2.5.2 事故現場付近の電力設備等の概要

事故現場付近には、高圧配電線（三相交流6,600V）、き電線及び電車線（単相交流20,000V）が敷設されており、酒田変電所から送電及びき電している。

上り158k213mから新津駅方の区間にはコンクリート製の電柱が約50m間隔で設置されている。また、158k163m～013m付近にかけてエアージョイント¹⁵が設置されている。このため、No.V及びNo.Xの電柱には滑車式自動張力調整装置が設置されていた。

架線は可動ブラケットにより支持されている。

線路左側に沿って敷設されたトラフ内には通信ケーブルと信号ケーブルが設置されている。

なお、閉そく方式は自動閉そく式である。

2.5.3 踏切保安装置の情報メモリ

ばらの 茨野踏切道、みなみひらた 南平田踏切道、なかだい 中台踏切道及びひらおか 平岡踏切道の踏切保安装置には情報メモリが設置されており、読出装置を接続することで動作履歴の表示等が可能である。

これらの踏切道の情報メモリは、主要リレーの接点开閉状態を1/64秒ごとにサンプリングして、その結果が4回連続して同じであったときのみ有効なものとし

¹⁵ 「エアージョイント」とは、電車線のつなぎ部における双方の電車線が平行に重複して架設されている箇所において、前後の電車線を電氣的に接続したものである。

て接点開閉時刻を記録する。

動作履歴には、本件列車が東酒田駅から事故現場へ向かって走行したときの記録が残されていたが、南平田踏切道の終止点の記録は残されていなかった。

なお、動作履歴の記録による、踏切制御子¹⁶へ本件列車の最前部の輪軸が進入してから最後部の輪軸が進出するまでの通過時間と、この通過時間等を修正して算出した本件列車の通過速度は表5のとおりであった。

表5 踏切制御子の通過時間と計算した通過速度

踏切制御子名称	キロ程	通過時間	通過速度
茨野踏切道始動点	162 k 225m	約4.8秒	約105km/h
南平田踏切道始動点	161 k 245m	約5.7秒	約 89km/h
茨野踏切道終止点	161 k 111m	約5.9秒	約 85km/h
中台踏切道始動点	160 k 607m	約5.8秒	約 93km/h
中台踏切道終止点	159 k 379m	約5.7秒	約 90km/h
平岡踏切道始動点	159 k 008m	約4.9秒	約106km/h

また、動作履歴の記録による、各踏切道始動点へ本件列車の最前部の輪軸が進入してから踏切道終止点を最後部の輪軸が進出するまでの通過時間と、この通過時間から算出した平均通過速度は表6のとおりであった。

表6 踏切道制御区間の通過時間と計算した平均通過速度

踏切名称	通過時間	平均通過速度
茨野踏切道	約43.6秒	約103km/h
中台踏切道	約51.6秒	約 96km/h

(付図13参照)

2.5.4 防護無線機

防護無線機は、緊急停止の手配に使用される無線装置であり、ボタンを押し込むことにより発報信号が防護無線機を中心におおよそ半径1km以内の列車に対して発信され、この発報信号を受信した列車の防護無線機は発報信号による停止信号を運

¹⁶ 「踏切制御子」とは、列車が踏切に接近したことや踏切を通過したことを検知するために使用される特別な軌道回路である。また、踏切制御子には、その検知方式により閉電路式と開電路式の2種類があり、閉電路式は警報始動点用に、開電路式は警報終止点用に使用される。

転室に現示するものである。ただし、防護無線機が故障した場合には、停止信号は現示されない。同社在来線（上越線越後湯沢駅～ガーラ湯沢駅間を除く、以下同じ。）において使用する運転台を有する全ての車両には防護無線機が設置されている。この防護無線機は、通常電源を断たれたときには、自動的に回路が予備電源に切り換わる構造となっている。

なお、新潟支社の輸送指令室には発報信号による停止信号が現示されたことを自動的に輸送指令員に知らせる装置が設置されていないことから、輸送指令員は、防護無線機より発報信号を発信した列車あるいは受信した列車の乗務員から、列車無線機、業務用携帯電話等により連絡を受けて初めて知ることとなっている。

事故当日の記録を確認したところ、本件列車の6両目の防護無線機には、12月25日19時33分に発報信号が発信されていた記録が残されていた。この防護無線機の時刻は、約18分進んでいる状況であった。

2.5.5 列車無線機

列車無線機は、主に列車内と地上施設との間で、無線を使用して直接通話できる設備であり、乗務員と輸送指令員との間等で用いられる。羽越線で用いられている設備は、単信式で、交互に通話ボタンを押して通話をするものである。

また、列車無線機による乗務員と輸送指令員との間の交信は、新潟支社の輸送指令室に設置されている長時間録音装置に音声ファイルとして記録される。

事故当日の記録を確認したところ、本事故発生後における本件運転士及び本件車掌と輸送指令員との交信記録はなく、輸送指令員が本件運転士を呼び出す音声ファイルのみが記録されていた。

2.5.6 風速計

本件橋りょう秋田駅方の、事故現場から後方へ約800m離れた地点（159k000m付近）の上下線間の盛土上には、風速計（以下「既設風速計」という。）が1基設置されている。既設風速計は、レール面上5mの位置に設置されている風杯型風速計¹⁷であり、風速60m/sまで計測できるものである。

また、既設風速計は平成14年5月23日付けで気象庁の検定に合格しており、事故当日は、検定の有効期間である5年の範囲内であった。

¹⁷ 「風杯型風速計」とは、風速計の形式の一つで、鉛直に支えた回転軸上に、この軸を中心に水平面上にアームを伸ばし、先端に等角度に半球形又は円錐形のカップ（風杯）を3あるいは4方向に配置したものである。風向に関係なく風が風杯に当たるとこれが回転し、回転速度（数）が風速にほぼ比例するように設計されている。

2.5.7 プレダス

プレダス (PreDAS) とは、同社の防災情報システム (Prevention of Disaster Alarm System) の略語で、鉄道沿線に設置している水位計、地震計、雨量計及び風速計等の観測データを輸送指令や保線技術センター等に直接伝送して、運転規制や鉄道施設等の点検の必要性の有無を知らせている。

このシステムは、観測機器からの観測値を入力する端局装置、端局装置の観測データを収集する集約装置、集約装置の観測データを収集する中央装置、中央装置又は集約装置より伝送されるデータを表示して運転規制の発令時等におけるメッセージの表示及び警告音を鳴動する表示装置等により構成されている。

なお、2.8.3に記述するように、事故現場に最も近い既設風速計の観測データについても本件橋りょう観測点として収集及び記録されていた。

また、新潟支社の輸送指令室に設置された表示装置は、

- ① 早目規制区間 (2.7.2.4参照) の風速 15m/s以上及び一般規制区間の風速 20m/s以上での監視体制に関するメッセージである白色表示
- ② 早目規制区間の風速 20m/s以上及び一般規制区間の風速 25m/s以上での速度規制に関するメッセージである黄色表示及び警告音鳴動
- ③ 早目規制区間の風速 25m/s以上及び一般規制区間の風速 30m/s以上での運転中止に関するメッセージである赤色表示及び警告音鳴動

を行う設定となっていた。

(付図14参照)

2.5.8 鉄道構造物及び軌道の検査等の状況

鉄道構造物及び軌道の検査については、同社が「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、地方運輸局長に届け出ている実施基準（以下「届出実施基準」という。）の一部である「土木施設実施基準」及び「軌道施設実施基準」に定められており、構造物については2年を超えない期間ごとに、軌道変位については1年を超えない期間ごとに、それぞれ行うこととされている。

架道橋及び盛土の検査は、本事故の直近では平成16年6月8日に行われており、それらの検査記録に異常は見られなかった。また、事故現場付近の軌道変位については、平成17年10月6日に高速軌道検測車により測定されていた。その記録によると、軌道整備基準値¹⁸を超過するような軌道変位はなかった。本事故後、平成

¹⁸ 「軌道整備基準値」とは、本基準値以上の軌道変位が測定された場合には早急（発見から15日以内）に整正するか、整正できない場合には列車を徐行させることとして鉄道事業者が定めたものである。高速軌道検測車で測定した軌道変位については動的変位の基準値が適用され、手検測や可搬式軌道検測装置により測定した軌道変位については静的変位の基準値が適用される。

17年12月28日に可搬式軌道検測装置により軌道変位を測定した結果においても、軌道に損傷が見られた区間より秋田駅方においては、軌道整備基準値を超過するような軌道変位はなかった。

(付図15参照)

2.6 車両に関する情報

2.6.1 車両の概要

- (1) 車種 交直流電車（AC20,000V、DC1,500V）
- (2) 編成両数 6両
- (3) 記号番号及び主要諸元 付図16のとおりである。
- (4) ブレーキ装置 発電ブレーキ併用電磁直通空気ブレーキ（耐雪ブレーキ付）

2.6.2 台車の構造

本件列車の車両の台車は、車体の下部についている上心皿が台車回転中心の案内のみを行い、まくらばり上の下心皿周りに設けた円盤状の摺板で車体の全荷重を受ける構造である。

また、上心皿は台車のまくらばりを貫通しないもので、本件列車における上心皿の下心皿への挿入長は、平成16年12月7日の要部検査の測定値を元に算出すると約65～86mmであり、車体と台車は結合されていない。

2.6.3 車両の改造

本事故直近における本件列車の車両の車体、車内及び機器等に係る改造工事は、平成12年12月に行われており、主な改造内容は次のとおりである。

- (1) 車体については、先頭部の形状の変更、側窓の大型化及び外板塗装の変更等が行われた。
- (2) 車内については、床及び内装材の張り替え、座席の交換、便所の改修及び洗面所の改修等が行われた。
- (3) 機器等については、補助電源装置、空気圧縮機及び床下配線等の交換が行われた。

なお、同社によると、本改造工事においては、車体構造、機器質量等が大きく変更されるものではないことから、改造後の車体重心高さの算出を行っておらず、車体質量について実測していないとのことであった。

このため、本件列車と同じ改造が行われたクハ481-3300代及びモハ485-3000代それぞれ2両ずつの車体重心高さを測定したところ、平均値は、

それぞれレール面¹⁹から1.673m及び1.6655mであり、また、車体質量の平均値はそれぞれ30,445kg、26,290kgであった。

また、同社によると、本件列車の車両の本改造工事に伴い車体質量は、1両目が約1.2t、2両目が約1t、それぞれ減少したとのことであった。

2.6.4 車両の検査

本件列車の1～6両目の車両に係る本事故直近の検査実施日は、表7に示すとおりであり、これらの検査記録に異常は見られなかった。

表7 本事故直近の検査実施日

検査の種類	検査周期(以下の期間又は走行距離を超えない期間ごと)	実 施 日			
		1両目	2両目及び3両目	4両目及び5両目	6両目
全般検査	8年	H10.12.19	H14.12.24	H12.12.21	H10.12.19
要部検査	4年又は走行距離40万km	H16.12.7	H16.12.7	H16.12.7	H16.12.7
交番検査	90日	H17.11.24	H17.11.24	H17.11.25	H17.11.25
仕業検査	6日	H17.12.22	H17.12.22	H17.12.22	H17.12.22

2.7 運転取扱いに関する情報

2.7.1 制限速度

2.7.1.1 制限速度の概要

羽越線における本件列車の最高速度は2.7.1.2に記述するとおりであるが、これは直線区間(5%を超える下りこう配の区間を除く。)におけるものであり、曲線(分岐器の箇所を除く。)区間、分岐器の箇所における制限速度及び下りこう配の区間においては2.7.1.3に記述する下りこう配の区間における制限速度を、それぞれ超えて運転してはならないこととされている。

また、鉄道信号等による制限速度として、常置信号機である場内信号機、出発信号機及び閉そく信号機の信号現示、速度制限標識、臨時信号機である徐行信号機等によるものがある。

これらの制限速度が複数適用される区間については、最も低い制限速度がその区間における制限速度となる。

¹⁹ 「レール面」とは、左右レール上面を結ぶ平面のことであり、RLと表されることがある。

なお、これらの制限速度は同社の規定の届出実施基準の一部である「運転取扱実施基準」（以下「運転実施基準」という。以下、特に注記のない規定等は、本社制定である。）及び「列車運転速度表」に定められており、制限速度は5 km/h刻みで設定されている。

2.7.1.2 最高速度

列車の最高速度は、以下に記述する最高運転速度と車両形式別の最高許容速度のいずれか低い方とされている。

最高運転速度については、運転実施基準において、次のように定められている。

第2編 列車の運転

第25章 列車運転その他

第238条 (列車の最高速度)

列車は、列車運転速度表に定める最高運転速度をこえて運転しないものとする。

列車運転速度表において本件列車の最高運転速度に関係する部分を表8に示す。

表8 列車の最高運転速度（抜粋）

線名	列車の種類 区間	高性能列車		その他の列車 (km/h)
		高性能優等列車 (km/h)	その他の高性能 列車(km/h)	
羽越本線	新津 ^{しばた} ・新発田間	95	(略)	(略)
	新発田 ^{むらかみ} ・村上間	120		
	村上 ^{いまがわ} ・今川間	100		
	今川 ^{さんぜ} ・三瀬間	95		
	三瀬・酒田間	120		
	酒田・秋田間	95		
白新線 ^{はくしん}	新発田・新潟間	120		

※本件列車は高性能列車であり、高性能優等列車である。

なお、最高運転速度は列車の種類のほか、それぞれの区間の鉄道線路や運転保安設備等の条件を考慮して定められている。

さらに、列車運転速度表の車両形式別の最高許容速度については、本件列車である485系の車両については120 km/hと定められている。

2.7.1.3 下りこう配の区間における制限速度

下りこう配の区間における制限速度については、運転実施基準において、1 kmに満たない下りこう配の区間が、停車場間で定められている標準下りこう配²⁰よりも急な場合であっても、標準下りこう配と同一な下りこう配に対する制限速度まで速度を上げて運転することができるかとされている。

また、最高速度120 km/hの車両で組成した列車において、下りこう配が5%以下の場合、ブレーキ軸割合²¹が100であれば、制限速度は最高速度である120 km/hと定められている。

なお、事故現場付近は8.2%の下りこう配であるが、羽越線の砂越駅～北余目駅間における上り線の標準下りこう配は、4.2%であり、本件列車のブレーキ軸割合は100であることから、制限速度は本件列車の最高速度である120 km/hとなる。

2.7.2 運転規制

2.7.2.1 運転規制の概要

同社在来線においては、降雨、降雪、2.7.2.2に記述する強風等により災害が予想される場合及び地震発生時等に、列車の運転速度を制限する又は列車の運転を見合わせる等、必要な場合は列車の運転規制を行わなければならないとされている。

なお、強風による同社の運転規制については、以下の規程等に定められている。

- (1) 運転実施基準
- (2) 同社の内規である規程等
 - ① 「災害時運転規制等手続（規程）」
 - ② 「気象異常等の取扱い（通達）」（新潟支社制定）
 - ③ 「異常時輸送指令手順」（新潟支社制定）
 - ④ 「異常時運転取扱手引（運転士編）」
 - ⑤ 「今後の強風時の運転規制方法等について」

また、同社は、昭和62年9月に本社より発出された「運転取扱いの指導について」において、強風による運転規制に用いる風速を平均風速値から瞬間風速値に改めている。

2.7.2.2 強風による運転規制

強風による運転規制については、運転実施基準において、次のように定められて

²⁰ 「標準下りこう配」とは、隣接する停車場間で1 kmを隔てた2地点を結ぶこう配のうち、列車に対して最急の下りこう配であり、隣接する停車場間の距離が1 kmに満たないときは、停車場の中心を結ぶこう配である。

²¹ 「ブレーキ軸割合」とは、列車全体の車軸数(連結軸数)に対するブレーキが作用する軸数(制動軸数)の割合。

いる。

第7編 事故・災害

第4章 気象異常等

第459条（気象異常等の警戒方法等）

降雨、降雪、地震等の場合の線路の警戒又は巡回、運転速度の規制方法等については、災害時運転規制等手続の定めるによるものとする。

また、「災害時運転規制等手続（規程）」において次のように定められている。

（運転規制の実施等）

第5条 輸送指令員及び駅長は、降雨、降雪、強風等により災害が予想される場合及び地震が発生した場合並びに施設指令員若しくは電気関係の指令員（以下「施設指令員等」という。）又は線路等の保守を担当する区所長から通告があった場合は、運転実施基準及び支社長の定めるところに基づき、すみやかに、列車の運転速度を制限するか又は列車の運転を見合わせる（以下「運転規制」という。）等必要な手配を行わなければならない。

2 （略）

（運転規制区間等の指定）

第9条 支社長は、降雨、河川の増水及び強風等により災害が発生するおそれがある場合又は地震が発生した場合に、運転規制をする必要がある区間及び方法について、線路等災害警備基準（規程）（平成9年6月設達第12号）、運転実施基準（平成14年3月社達第44号）、降雨に対する運転規制等要領（平成元年2月施工第596号）、河川増水に対する運転規制等要領（平成元年2月施工第597号）、地震に関する運転規制要領（平成14年12月本設線第763号）等に基づきあらかじめ定めておくものとする。

2 （略）

さらに、新潟支社における「気象異常時の取扱い（通達）」（新潟支社制定）において、以下のように定められている。

5 強風時の運転規制等の取扱い

(1) 早目規制区間における運転規制等の実施

- ① 輸送指令員及び駅長は風速が20m/s以上になったと認めたときは列車の運転速度を25km/h以下に規制すること。
- ② 輸送指令員及び駅長は風速が25m/s以上になったと認めたときは列車の運転を見合わせること。
- ③～⑥ （略）

(2) 一般規制区間における運転規制等の実施

- ① 輸送指令員及び駅長は風速が25m/s以上になったと認めたときは列

車の運転速度を25km/h以下に規制すること。

② 輸送指令員及び駅長は風速が30m/s以上になったと認めたときは列車の運転を見合わせる。

③～④ (略)

(3) 運転規制の緩和又は解除の取扱い

① 輸送指令員及び駅長は強風警報表示装置の表示等により30分以上にわたって風速が列車の運転を見合わせる値をこえていないことを確かめてから列車の運転速度を25km/h以下に規制して運転を再開すること。

② 輸送指令員及び駅長は強風警報表示装置の表示等により30分以上にわたって風速が列車の運転速度を規制する値をこえていないことを確かめてから列車の運転速度の規制を解除すること。

なお、「気象異常時の取扱い(通達)」(新潟支社制定)の別表において、羽越線の砂越駅～北余目駅間は一般規制区間と定められている。

また、「異常時運転取扱手引(運転士編)」及び「異常時輸送指令手順」(新潟支社制定)においても同様の内容が定められている。

この他、平成元年に同社の本社より発出された「今後の強風時の運転規制方法等について」において、監視体制について次のように定められている。

1 運転規制の方法

(1) 運転規制の実施

オ 監視体制等

運転中止の風速値よりも10m/s低い風速値(早目規制区間では風速15m/s以上、一般規制区間では風速20m/s以上)で、風の状況の監視体制をとる。

2.7.2.3 運転規制区間の制定方法

強風による運転規制を行う区間は、災害が発生するおそれがある箇所を含む駅間で定められており、同社の新潟支社管内(主として新潟県内及び山形県の日本海側を管轄)においては、新幹線を除く同社在来線において、事故当時31ヶ所が定められていた。

強風による運転規制区間は、同社が発足時に日本国有鉄道が運用してきた区間を引き継ぎ、2.11.2に記述する「余部事故技術調査委員会」の報告書を受けた風速計の設置箇所等に関する調査を実施した後に本社での検討を経て、平成元年に見直された。

2.7.2.4 早目規制区間の制定方法

同社における強風による早目規制区間は、災害が発生するおそれがある箇所を含む駅間であり、同社の新潟支社管内においては事故当時、羽越線の阿賀野川橋りょうを含む新津駅～京ヶ瀬駅間、越後線の信濃川分水橋りょうを含む寺泊駅～分水駅間及び越後線の信濃川橋りょうを含む白山駅～新潟駅間の3ヶ所が定められていた。

同社によると、強風による早目規制区間は2.7.2.3に記述した風速計の設置箇所等に関する調査を基にしたものであり、この調査の際、支社等において早目規制区間を選定するにあたり、本社から以下のアからエの条件を示し、支社等が総合的に評価して選定したとしている。

ア、風が急激に強くなりやすい区間（よく吹く、強く吹く区間ではない）

イ、単線上路橋など平地よりも転覆限界風速が低くなると思われる区間

ウ、過去に強風による列車脱線・転覆事故が発生している区間

エ、その他の特状のある区間（例えば、列車無線や特殊信号発光機など、強風による運転中止を運転中の列車に連絡する手段の無い区間）

各支社は、規制区間を特に規制を強める区間と一般の規制を行う区間に分けて整理をした。その後本社での検討を経て平成元年に定められた。

2.7.2.5 全国の鉄軌道事業者における強風時の運転規制

全国の鉄軌道事業者における強風時の運転規制は、平成18年3月3日に発表された国土交通省鉄道局の資料「在来線における風速計に係る緊急総点検の結果について（速報）」において、以下のように記載されている。

風に関する運転規制の規定を有する事業者は188社中184社である。

規定がない事業者は、第3種事業者（施設を保有するが、列車運行はしていない事業者）、列車走行が地下区間のみの事業者等である。

運転を見合わせる風速としては、25m/sとしている区間が半数（全規制区間の57%）であり、30m/sが37%、20m/sが5%である。

2.7.3 異常気象時における運転取扱いの概要

2.7.3.1 異常気象時における運転取扱い

同社在来線における異常気象時の運転取扱いは、降雨、降雪、地震、2.7.3.2から2.7.3.4までに記述する強風等により災害が予想される場合等に、列車又は車両の運転に特段の注意をし、厳重な警戒をするものとされている。

なお、強風時における運転取扱いは、以下の規程等に定められている。

- (1) 運転実施基準
- (2) 同社の内規である規程等

- ① 「災害時運転規制等手続（規程）」
- ② 「気象異常等の取扱い（通達）」（新潟支社制定）
- ③ 「異常時運転取扱手引（運転士編）」
- ④ 「異常時輸送指令手順」（新潟支社制定）

2.7.3.2 列車、車両の運転又は線路の保守に従事する係員の強風時における運転取扱い

列車、車両の運転又は線路の保守に従事する係員の強風時における運転取扱いについては、運転実施基準において次のように定められている。

第7編 事故・災害

第4章 気象異常等

第458条（気象異常等の場合の警戒）

列車、車両の運転又は線路の保守に従事する係員は、降雨、降雪、地震等により災害が発生するおそれがある場合又は気象通報を受領した場合は、列車又は車両の運転に特段の注意をし、厳重な警戒をするものとする。

なお、同社によると厳重な警戒とは心構えとして示しているものであるとしている。

2.7.3.3 運転士の強風時における運転取扱い

運転士の強風時における運転取扱いについては、2.7.3.2に記述したほか、運転実施基準において次のように定められている。

第7編 事故・災害

第4章 気象異常等

第464条（運転中に強風に遭遇したときの運転士の処置）

運転士は、列車を運転している途中で強風に遭遇したときは、次の(1)及び(2)の取扱いをするものとする。

(1) 風速の激しい箇所は、努めて列車の速度を変化させないようにし、急にブレーキを緊締しないこと。

(2) 列車の運転が危険であると認めたときは、努めて安全な箇所に停止すること。

また、「異常時運転取扱手引（運転士編）」においても同様の内容が定められている。

なお、同社によると、

- ① 運転士が風速の激しい箇所と認識してブレーキを緊締する場合、大きなブレーキを急に操作しないことについて指導しているが、具体的な非常ブ

レーキの使用の可否については、指導していない。

- ② 運転士が列車の運転が危険であると認めた場合、風速の大きい橋りょう上や高い築堤区間等を避けて停止するよう教育している。
- ③ 停止信号の現示があった場合等で急きょ列車を停止しなければならない事態であれば、強風時においても非常ブレーキを使用するよう教育している。

とのことであった。

2.7.3.4 輸送指令員の強風時における運転取扱い

輸送指令員の強風時における運転取扱いについては、2.7.2.2及び2.7.3.2に記述したほか、運転実施基準において次のように定められている。

第7編 事故・災害

第4章 気象異常等

第461条（風速が25m/s以上になったときの処置）

輸送指令員又は風速計が装置してある停車場の駅長は、風速が25m/s以上になったと認めたときは、次の(1)から(3)まで取扱いをするものとする。

(1) 突風等のために列車の運転が危険であると認めたときは、その状況に応じて、一時、列車の出発又は通過を見合わせることを。

(2)～(3) (略)

第462条（風速が30m/s以上になったときの処置）

輸送指令員は、気象通報又は風速計が装置してある停車場の駅長からの通告により、風速が30m/s以上になると認めたときは、一時、列車の運転を見合わせる旨を指示するものとする。

また、「異常時輸送指令手順」（新潟支社制定）においても同様の内容が定められている。なお、同社によると、運転実施基準第461条及び第462条に定めた駅長の取扱いや駅長からの通告は廃止された訳ではないが、2.5.7に記述したプレダスの導入により、輸送指令は、駅長からの通告がなくてもプレダスの画面表示により風速計等の情報を把握して運行管理を行うことが可能なため、結果的に駅長からの通告が必要なくなったとしており、「運転実施基準」と実態との乖離については、直ちに規定を改正することとはしていないが、適宜、規程を見直していくとしている。

2.7.4 事故発生時における運転規制の実施状況

2.1.4(2)及び(3)に記述したように、指令長は、事故発生当時、強風による運転規制はなく、事故発生時間帯において乗務員等から気象状況の異常等に関する報告

はなかったと口述しており、総括指令長は、事故当日はプレダスに羽越線の警報音はなかったと口述している。

2.7.5 事故発生時における対応

同社在来線における列車の事故発生時における対応は、併発事故の防止及び救助・救命に努め、すみやかに関係箇所へ通報する等の対処を行わなければならないとされている。

なお、事故発生時における対応は、以下の規程等に定められている。

- (1) 運転実施基準
- (2) 同社の内規である規程等
 - ① 「運転事故等対処手続（規程）」
 - ② 「新潟支社事故・災害等応急処理手続（規程）」（新潟支社制定）
 - ③ 「異常時運転取扱手引（運転士編）」
 - ④ 「異常時運転取扱手引（車掌編）」
 - ⑤ 「輸送指令の手引き」（新潟支社制定）
 - ⑥ 「異常時輸送指令手順」（新潟支社制定）

2.8 気象等に関する情報

2.8.1 事故当日の天気概況

気象庁の資料によると、平成17年12月25日15時には、北海道の西方海上にある低気圧が発達しながら東進しており、この低気圧から日本海中部を経て朝鮮半島南部まで寒冷前線がのびていた。この寒冷前線が夜には東北地方にかかり、未明には太平洋に抜けていた。このため25日19時の時点で、事故現場を含む山形県庄内地域（以下「庄内地域」という。）の気象状況は低気圧の暖域²²にあっていた。

また、山形地方气象台では、25日の気象状況において、庄内地域に表9のとおり警報・注意報を発表していた。

²² 「暖域」とは、温帯低気圧の中心から延びる温暖前線と寒冷前線に囲まれた暖気側の領域のことをいい、暖かく湿った空気が入りやすい。

表9 山形地方気象台の発表した庄内地域の警報・注意報

発表日時	発表した警報	発表した注意報
25日 6時50分		風雪、波浪、雷、なだれ
25日15時24分	暴風雪、波浪	雷、なだれ
25日21時44分	暴風雪、波浪	大雪、雷、なだれ、着雪

また、25日19時の静止気象衛星による観測では、日本海北部から雲頂の高度が約4～6kmの塊状の雲の列が南西方向にのびていた。これらは同日夕方以降に東北地方を通過していた。

なお、気象庁の記録によると、事故当日に山形県内で有感地震は観測されなかった。

(付図17、18参照)

2.8.2 地上気象観測

事故現場から西北西約7kmに位置する気象庁の酒田測候所の観測記録によると、25日18時から20時の気象状況は、表10のとおりであった。

表10 酒田測候所の観測記録（12月25日）

時刻	天気	前1時間 降水量 (mm)	海面更 正気圧 (hPa)	気温 (℃)	10分間平均		前1時間最大瞬間	
					風速 (m/s)	風向	風速 (m/s)	風向
18時	雷	0.0	1001.7	5.6	10.1	南西	23.6	南南西
19時	雨	1.0	1000.6	6.3	7.2	南西	19.7	南西
20時	雨	1.5	1000.9	4.5	10.7	西北西	21.6	西南西

※ 風向風速計の設置高度は地上から27.5m

なお、25日18時における目視観測で上空に積乱雲を観測した。さらに、25日19時現在で強度1の雷電²³（方角：東5km未満）を観測しており、この雷電は19時から19時50分まで継続していた。

また、事故現場から南西約13kmに位置する庄内空港における気象庁の出張所

²³ 「雷電」とは、雷が発生した時の光（電光）と音（雷鳴）を同時に観測した場合をいう。またその強度については、雷鳴があるのを知ることができる程度を強度0、雷鳴が激しく人を驚かさず程度を強度2とし、その中間を強度1としている。

(浜中)の観測記録によると、25日18時から20時の気象状況は、表11のとおりであった。

表11 庄内空港出張所(浜中)の観測記録(12月25日)

時刻	天気	前1時間降水量 (mm)	海面更正気圧 (hPa)	気温 (℃)	10分間平均		前1時間最大瞬間	
					風速 (m/s)	風向	風速 (m/s)	風向
18時	雨	1.0	1000.9	5.7	11.3	南西	24.7	西
19時	雷みぞれを伴う	1.0	999.9	5.7	11.8	南南西	21.6	南西
20時		7.0	1000.4	4.5	12.3	西北西	23.1	西南西

※ 風向風速計の設置高度は地上から10m

※ 風速はノットによる記録を1ノット = 0.5144m/sで換算した概数値

なお、25日18時及び19時における目視観測で上空に積乱雲を観測した。さらに、25日19時現在で強度2の雷電(方角:天頂方向)を観測しており、この雷電は18時37分から継続していた。また、観測した方角は南西方向から天頂方向に時間とともに変化していた。さらに、19時02分からはあられも降っていた。また、山形県及びその近辺の気象庁アメダスによる10分間平均の風向及び風速分布図では、風向が西寄りの領域と南寄りの領域が庄内地域付近を境にして接しており、この領域の境界は庄内地域をゆっくりと南東へ移動していた。

(付図19、20参照)

2.8.3 事故現場周辺の風向及び風速の観測

事故現場に最も近い同社の既設風速計の記録では、事故当日の18時15分から19時15分までの1時間における最大瞬間風速は12m/sであり、運転規制値には達しておらず、事故時直近では、19時02分に記録されていた。なお、本事故発生後の19時17分に監視体制を執る基準である20m/sが記録されていた。

また、事故現場周辺には、同社の既設風速計や2.8.2に記述した気象庁の気象観測点の他にも、国、地方自治体、民間企業等によって風向風速計が設置されている。これらの計器における25日18時30分から19時30分までの間の最大瞬間風

速及び最大風速²⁴については、概略以下のとおりであった。

最大瞬間風速は、新川海岸^{しんかわ}で19時07分に観測した36.9m/sが最大であった。この他に30m/sを超えた観測点はなく、多くの観測点での最大値は20～25m/sであった。

最大風速は、酒田沖で18時50分に観測した19.9m/sが最大であった。その他の観測点での最大値は20m/s未満であった。

(付図21(その1及びその2)、22(その1及びその2)、23参照)

2.8.4 気象レーダーによる観測

25日19時前後の気象レーダーの観測によると、事故現場付近上空では北東から南西方向にかけて線状のレーダーエコー²⁵(以下「エコー」という。)を観測し、その一部には50mm/hを超える強い降水強度のエコーが複数存在していた。

強いエコーのひとつは、2.8.6に記述する強風被害が生じた帯状の領域近辺に存在して東北東に移動しており、19時15分ごろの気象レーダーの観測によると事故現場付近を通過していた。

エコーの鉛直分布を見ると事故現場付近を通過したときのエコーの高さ(以下「エコー頂」という。)は上空6～8km程度にまで達していた。

(付図24、25(その1～その6)参照)

2.8.5 ウィンドプロファイラによる観測

酒田測候所におけるウィンドプロファイラ²⁶の観測によると、19時00分から19時10分の間高度1km以下で風向が南西から西に変わっていた。

(付図26参照)

2.8.6 事故現場周辺の強風被害の状況

本事故発生当夜に、事故現場周辺では強風によると見られる被害が発生していたことから、これらの強風被害の状況や気象状況について調査を実施した。

強風によると見られる被害は、海岸(酒田市浜中地区)から東北東へ約1.4km

²⁴ 風速は単位時間に大気が移動した距離をいう。風速はたえず変化しているため、瞬間値と平均値として観測する。ある時刻における風速を瞬間風速という。一定時間内の風速を平均した値を平均風速といい、平均する時間は10分間を用いることが多い。「最大風速」とは、期間内の平均風速の最大値を、「最大瞬間風速」とは、期間内の瞬間風速の最大値をいう。

²⁵ 気象レーダーは、アンテナを回転させながらマイクロ波と呼ばれる電波を放射し、半径数百kmの広範囲内に存在する雨や雪を観測する。「レーダーエコー」とは、雨や雪で反射し戻ってきた電波の空間分布をいう。レーダーエコーの強さは雲内に存在する雨や雪の量に対応する。

²⁶ 「ウィンドプロファイラ」とは、地上から上空に向けて電波を放射し、大気中の風の乱れなどによって散乱され戻ってくる電波を受信・処理することによって、上空の風向及び風速を測定する装置をいう。

(酒田市石名坂地区^{いしなざか})にかけて点々と分布しており、幅数十mから数百mの帯状の範囲に集中していた。

各地区の強風被害の状況は以下のとおりであった。なお、翌朝になって確認された被害が多く、事故発生当夜に受けた被害が確認できなかったものも含め、正確な発生時刻を特定することはできなかった。

(1) 浜中地区・黒森地区^{くろもり}(事故現場から西南西約9～11km)

この地区においては、防風柵、防風林等が連続して被害を受けていた。それぞれの被害については以下のとおりである。

① 防風柵

海岸付近に南北方向に設置されていた木製の防風柵(高さ約1.2m)のうち、赤川河口から北へ約700mのところ¹に位置する柵が、約20mにわたり東側に倒壊していた。

② 防風林

海岸と山形自動車道の間にある防風林において、53本の倒木や枝折れ等の被害が発生しており、木の倒れた方向は、東又は北向きが多かった。また、防風林の木の倒れた方向が北向きと東向きが隣接しているのも見られた。強風被害のうち、黒森地区では樹高約20mのクロマツが高さ2～3mの位置(直径約34cm)でねじれて幹が折れ、先端部は北東方向に倒れていた。

③ ビニールハウス

この地区における複数のビニールハウスが押しつぶされたように倒壊する被害があった。また、ビニールハウスの骨組みのパイプが持ち上げられる被害や支柱の土台ごと地面から抜ける被害が見られた。その他、ビニールハウスの上部中央にあるパイプのジョイントが外れたものや天井のビニールが引き伸ばされるように破れていたものがあった。

(2) 広野地区^{ひろの}(事故現場から西南西約6km)

① 木製防風柵

広野地区に南北方向に設置された全長約50mの木製防風柵のうち、北側の約35mが東側に倒れていた。

② 国道7号線防雪柵

19時ごろ、国道7号線の西側に設置されている防雪柵の防雪板が強風により飛散し、道路の東側の店舗等がこれにより被害を受けた。この店舗の店員は、強風被害により、店舗では19時10分ごろ停電が発生したと口述していた。

国土交通省酒田河川国道事務所の資料によると、防雪板が飛散した範囲

は約21mで、防雪板が飛散あるいは湾曲するなどの影響を受けた範囲は約84mとなっており、防雪柵が連続して設置された区間(473m)の中で、破損した区間はこの狭い範囲に集中していた。この防雪柵は瞬間風速40m/sに耐えられる設計となっており、平成元年に整備されていた。

なお、近傍の酒田測候所における平成元年度以降の冬季間(12月～3月)における最大瞬間風速の最大値は平成3年12月13日の西南西の風35.8m/sであった。

③ その他

住家のトタン屋根の一部が剥がれたり、テレビアンテナが曲がる被害が見られた。

(3) 板戸地区(事故現場から西南西約4km)

住家のベニヤ壁の一部が剥がれたり、作業小屋の屋根瓦が浮き上がった状態が見られたほか、ビニールハウスが破損したりテレビアンテナが倒れるなどの被害が発生していた。

(4) 丸沼地区(事故現場から西南西約1.5km)

住宅の玄関壁面のタイルが落下したり、松の木の枝が折れる被害が見られた。

(5) 榎木地区(事故現場付近)

① 農機具小屋

事故現場に近い158k200m付近で、上り線から西へ約40mの位置にあった農機具小屋(長さ約11.7m、幅約5.4m、高さ約3m)が倒壊していた。農機具小屋の屋根は、小屋の東側約10mの羽越線下り線側の盛土のり面まで飛ばされていた。また、農機具小屋の壁面や、地中に埋め込まれたコンクリートの土台が付いたスチール製の支柱が引き抜かれ、トタン製の壁とともに小屋の東側から北側に飛散しており、一部は羽越線上り線を越えて北東側へ約70m飛ばされていた。

東京工芸大学の田村教授らの現地調査及び風洞実験等に基づく分析²⁷によると、農機具小屋は、基礎コンクリート塊を伴う外壁などの重量物の飛散方向等から、南南西の方角からの風を受け、コンクリートの基礎部分が引き抜かれて全体が浮き上がり、バラバラになって飛散したこと及びその際の瞬間風速が34m/s以上となることが推定されている。

② その他

²⁷ 田村幸雄、須田健一、吉田昭仁、松井正宏「2005年12月25日JR羽越本線いなほ14号脱線現場付近の風況推定」(日本風工学会誌第32巻第2号 平成19年4月)

事故現場の東北東側約300～700mでは、住家の屋根瓦が剥がれたり、アンテナが倒れたりする被害が見られたほか、ビニールハウスが破損する被害が見られた。なお、事故現場付近における電柱や電線等の被害はなかった。

- (6) 千河原^{ちがわら}地区（事故現場から東南東約1.5km）

ビニールハウスが一部破損する被害があった。

- (7) 石名坂地区（事故現場から東北東約3km）

ビニールハウスが倒壊したり、一部が破損したほか、小屋の転倒、アンテナが曲がる被害が見られた。

（付図27、28、29、30、31、32（その1及びその2）、33（その1及びその2）参照）

2.8.7 事故発生当時の気象等に関する関係者等からの情報

2.1に記述した乗務員及び乗客の口述聴取に加えて、2.8.6に記述した強風被害発生地域の多くの住民等に対し、本事故発生前後の気象等について、口述聴取を実施した。これらの概略は次のとおりであった。

- (1) 事故当日の天候

本件運転士、乗客、酒田駅の駅員は、本件列車が酒田駅を出発する前後の天気について、以下のように様々な口述をしている。

- ① みぞれ等が降り、雷も鳴っていた。
- ② 走行中に車両に雪等の当たる音がしていた。
- ③ 酒田駅は風も強く寒かった。
- ④ 普段から風は強いのでその日が特に強いという訳ではなかった。
- ⑤ 酒田駅では風はあまり強いと感じなかった。いつもと変わらない様子だった。

また、強風被害発生地域の多くの住民が、雷がひどく風が強かった、「ゴォー」という音とともに急に強い風が吹いた等と口述している。

- (2) 事故現場における気象状況

本件運転士及び複数の乗客は、本件橋りょうを通過した直後の状況について以下のように口述している。

- ① 本件列車が本件橋りょうを通過した直後に、急に風が強く吹いてきた。右から凄まじい地吹雪が急に吹いてきて、白い風のようなものが運転室を包み込むようにぶつかってきた。
- ② 右側の窓ガラスに何か「バチバチ」とあたる音が聞こえた。
- ③ 急に風が車内に吹き込んできた。

また、強風被害発生地域の住民は、本事故発生時ごろにすごい音がしたと口述している。

2.8.8 強風被害を引き起こす現象

一般的に、強風被害をもたらす現象としては竜巻、ダウンバースト、ガストフロント²⁸、じん旋風²⁹等が挙げられる。これらのうち局所的に大きな被害をもたらす現象は竜巻かダウンバーストによることが多く、また、同一の積乱雲において竜巻とダウンバーストの双方が発生した例もある。竜巻とダウンバーストについては、以下のような特徴が挙げられる。

(1) 竜巻による被害や現象の特徴

- ① 被害から推定される風向に回転性や収束性が見られることが多い。
- ② 急に気圧が低下するため、耳に異常を感じることもある。
- ③ 被害地域は帯状又は線状となることが多い。
- ④ 残された飛散物や倒壊物は、竜巻の移動速度が速い場合には一方向に倒れた形で、遅い場合又は速い場合であっても渦中心付近では様々な方向に、軽いものはある点や線に集まる形で残ることが多い。
- ⑤ 物がかなり上空に巻き上げられることがあり、しばしば遠方に飛散物が到達する。
- ⑥ 「ゴー」というジェット機のような音が突風の発生前後に聞こえることが多い。

(2) ダウンバーストによる被害や現象の特徴

- ① 被害から推定される風向が同方向か、ある点から放射状に広がる形になることが多い。
- ② 被害地域は面的な広がりを持つ。
- ③ 飛散物は主として風下側へ飛ぶ。
- ④ 音は特にないか、あるいは突風とほぼ同時に音が聞こえることがある。

また、これらの強風被害の状況から簡便に規模を推定する目安として、表12の藤田スケールが広く用いられている。なお、藤田スケールは1971年に考案されたもので、当時のアメリカ合衆国の自然状況、住環境を色濃く反映しており、この対応をそのまま現在の日本に適用して規模を推定することが適切とは限らない。

²⁸ 最盛期あるいは衰弱期の積乱雲においては、降水粒子の融解や蒸発によって冷やされた空気が雲底下にたまり、地表では局所的な高気圧が形成されて、冷気が周囲へと流れ出す。「ガストフロント」とは、この流れ出す冷気の先端を言い、通過時には突風が吹き気温が急降下する。

²⁹ 「じん旋風」とは、晴れた日の昼間に、砂漠などの裸地で時折見られる鉛直軸回りの強い渦を言う。竜巻と違って、上空の対流雲によって維持されるわけではなく、地表面付近で加熱された空気の上昇によって作られるものと考えられている。

表 1 2 藤田スケールと被害との対応³⁰

階級	推定風速	被害
F 0	17～32m/s (約15秒間の平均)	テレビアンテナなどの弱い構造物が倒れる。小枝が折れ、根の浅い木が傾くことがある。非住家が壊れるかもしれない。
F 1	33～49m/s (約10秒間の平均)	屋根瓦が飛び、ガラス窓が割れる。ビニールハウスの被害甚大。根の弱い木は倒れ、強い木の幹が折れたりする。走っている自動車が横風を受けると、道から吹き落とされる。
F 2	50～69m/s (約7秒間の平均)	住家の屋根がはぎとられ、弱い非住家は倒壊する。大木が倒れたり、ねじ切られる。自動車が道から吹き飛ばされ、汽車が脱線することがある。
F 3	70～92m/s (約5秒間の平均)	壁が押し倒され住家が倒壊する。非住家はバラバラになって飛散し、鉄骨づくりでもつぶれる。汽車は転覆し、自動車が持ち上げられて飛ばされる。森林の大木でも、大半は折れるか倒れるかし、引き抜かれることもある。
F 4	93～116m/s (約4秒間の平均)	住家がバラバラになって辺りに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。鉄骨づくりでもペシャンコ。列車が吹き飛ばされ、自動車は何十mも空中飛行する。1t以上もある物体が降ってきて、危険この上もない。
F 5	117～142m/s (約3秒間の平均)	住家は跡形もなく吹き飛ばされるし、立木の皮がはぎとられてしまったりする。自動車、列車などがもち上げられて飛行し、とんでもないところまで飛ばされる。数tもある物体がどこからともなく降ってくる。

2.9 避難及び救護に関する情報

2.9.1 本事故発生直後の乗務員の対応

2.1.2(1)に記述したように、本件運転士は、乗客に救急車の手配を依頼したこと、及び負傷者の状況などを確認するとともに本件車掌の業務用携帯電話で、輸送指令に救急車の手配を依頼したことについて口述している。

また、2.1.2(2)に記述したように、本件車掌は、乗客の安全の確保を図るため乗客を移動させたこと、本件運転士と手分けをして、負傷者の状況を確認したこと、レスキュー隊が救出した負傷者を、救急車に乗せるのを手伝ったこと等について口

³⁰ 日本気象学会編「気象科学事典」(東京書籍 1998年 p.466)

述している。

なお、一部の乗客は、本件運転士が、頭部から出血しながらも乗客の救護にあたったと口述している。

2.9.2 本事故発生直後の輸送指令の対応

2.1.4(1)に記述したように、輸送指令員は、19時30分ごろ本件運転士から「橋りょうで突風、脱線、前の3両が大破し、けが人多数、救急車の手配を頼む」という連絡があったので、本件車掌と協力して負傷者数及び負傷の状況を把握するよう指示したと口述している。また、2.1.4(2)に記述したように、指令長は、酒田駅へ連絡して状況を説明し、人を集めるよう指示したと口述している。さらに2.1.4(3)に記述したように、総括指令長は、19時20分ごろ第2報を受け、すぐに山形県警察本部へ出動と救急車の手配を依頼したと口述している。

2.9.3 本事故発生直後の同社の対応

2.9.3.1 本事故発生直後の同社の対応

同社においては、事故及び災害が発生した際の対応について「運転事故等対処手続（規程）」が定められており、新潟支社においては「新潟支社事故・災害等応急処理手続（規程）」が定められている。

これらの規程に基づき、輸送に大きな影響を及ぼす事故等が発生したときは、現地には地区長を本部長とする現地対策本部を、支社内には支社長を本部長とする災害対策本部を設置することとしている。

同社によると、新潟支社においては、事故当日20時00分に新潟支社長を対策本部長とする災害対策本部が設置され、この体制が現在も継続されている。また、同日20時32分に酒田駅業務総括助役が事故現場に到着し、21時21分に同助役を現地責任者に指定した。さらに、22時22分に酒田地区長が事故現場に到着し、同地区長を本部長とする現地対策本部が設置され、翌26日4時40分に本社鉄道事業副本部長が酒田地区長に代わって本部長となり、平成18年1月19日に現地対策本部を解散するまでこの体制であった。

この他、本社においては規程に定められていないが事故当日20時20分に社長を本部長とする本社対策本部が設置された。

2.9.3.2 本件列車に乗客として乗車していた同社社員の対応

本件列車には6名の同社社員が乗客として乗車しており、このうち4名から口述聴取を行った。この4名のうち事故後、意識を失わなかった2名は、他の乗客と協力して負傷者の救出にあたったと口述している。

2.9.4 救急救助機関等の対応

2.9.4.1 事故の通報と初動体制

事故当日の19時16分ごろ、乗客からの通報により、本事故の発生を知った酒田地区消防組合消防本部（以下「酒田消防本部」という。）は直ちに出勤し、指揮隊及び救急隊が19時32分ごろ事故現場に到着した。さらに、全職員を非常招集し、救急隊及び救助隊等を追加出勤させるとともに県内の消防本部に応援出勤を要請した。

一方、19時17分ごろ、乗客からの通報により、本事故の発生を知った山形県警察本部は、庄内警察署に出勤を指示した。それを受けた庄内警察署は直ちに出勤するとともに現地対策本部を設置した。

2.9.4.2 救急救助体制

(1) 救急救助機関

酒田消防本部、同本部から応援出勤の要請を受けた山形市消防本部及び鶴岡市消防本部等県内の消防本部は、酒田消防本部の現地指揮本部長を最高指揮者とする事故現場本部の指揮下で救出活動を行った。

なお、酒田消防本部をはじめ、県内の消防本部から12月25日～31日までに延べ140隊、652名が出動した。

(2) 医療機関

19時30分ごろ、酒田消防本部は、管内の救急告示5病院のうち事故現場に近い4病院に負傷者の受け入れを要請し、そのうち3病院に負傷者を搬送した。

(3) 山形県警察本部

山形県警察本部は、隊員を事故現場に出勤させ、負傷者の搬送、遺体搬送及び事故現場周辺での交通規制等を行うとともに、19時50分に同警察本部に「事案対策本部」を設置した。なお、同警察本部からは、12月25日から31日までに救助活動及び捜索活動に延べ約700名が出動した。また、広域緊急援助隊として、宮城県警察本部から12月27日から29日までに延べ45名が応援派遣された。

(4) 庄内町

本事故の発生を知った庄内町は、担架、毛布、飲物等を事故現場に搬入した。

2.9.4.3 救急救助活動の概要

- (1) 酒田消防本部の通信指令室は、19時31分ごろ、関係列車の抑止手配が行われたこと及び電が停止していることを酒田駅に確認し、そのことを事故現場に出動した救急隊に無線で連絡した。
- (2) 19時32分ごろ事故現場に到着した救急隊は、事故の状況を確認した後、大破していた1両目前部から客室内に入って負傷者のトリアージ³¹を行った。19時42分ごろ事故現場に到着した救助隊は1両目の前後に分かれ、前方の救助隊は先着していた救急隊と合流して救出活動を行った。一方、後方の救助隊は後部から客室内に入って救出活動を行った。
- (3) 事故当時の天気は暴風雪が強く、事故現場付近にエアテントの救護所が設置されたが、エアテントの破損等により救護は悪条件の下で行われた。
- (4) 負傷者の病院への搬送は事故当日の20時ごろから開始された。20時50分ごろには医療チームが到着して救助活動に加わり、事故現場での医療活動が行われ、客室内設備に挟まれて救出が困難な負傷者1名を除く他の負傷者は21時ごろまでに病院へ搬送された。
- (5) 客室内設備に挟まれて救出が困難な負傷者については、クラッシュ症候群³²防止のための薬剤投与を行いながら、油圧救助器具を使用して救出した。なお、負傷者全員の病院への搬送が終了したのは23時55分ごろであった。
- (6) 救助隊は、26日、山形県警察本部とともに、全車両内外の目視確認を行い、1両目についてはその前後からファイバースコープにより負傷者の捜索を行ったが、発見に至らず、26日18時30分ごろに同日の捜索活動は終了した。
- (7) 27日の捜索活動において1両目中央付近の車両の下で遺体が発見され、同日20時00分ごろ収容された。

2.10 列車防護等に関する情報

2.10.1 列車防護の概要

列車防護とは、列車が脱線等により隣接線路を支障したり、施設に支障を生じた場合等に、併発事故を防止する目的で、信号炎管、軌道短絡器³³、防護無線機等を用いてその支障箇所へ向かって進行してくる列車に対して停止信号の現示を行い、その線区の最高速度で運転している列車であっても非常ブレーキによって支障箇所

³¹ 「トリアージ」とは、病気やけがの緊急度や重傷度を判定して治療や後方搬送の優先順位を決めることをいう。

³² 「クラッシュ症候群」とは、四肢、大腿等の骨格筋が長時間圧迫等を受け筋傷害が引き起こされることにより、救出後に起こる急性腎不全や多臓器障害などの症候をいう。

³³ 「軌道短絡器」とは、両端にマグネットの付いた導線であり、線路を短絡することで軌道回路に列車が在線するのと同様な状態とするものである。

に至る前に停止させるための措置である。

2.10.2 列車防護の取扱い

列車防護については、同社の「運転実施基準」において次のように定められている。

第2編 列車の運転

第2章 列車防護

第16条 (列車防護等の方法)

列車の脱線、転覆又は線路の故障その他のため、関係列車を急きよ停止させる必要が生じたときは、次の(1)及び(2)により列車防護等を行うものとする。

(1) 車両用信号炎管及び防護無線機が使用できる場合は、列車防護を行う前に、車両用信号炎管及び防護無線機による停止信号を現示すること。

(2) 次の①又は②により列車防護を行うこと。

① 軌道回路を短絡して信号機に停止信号を現示できる場合は、携帯用信号炎管又は携帯用特殊信号発光機で停止信号を現示しながら支障箇所外方まで走り、列車から見やすい地点に携帯用信号炎管又は携帯用特殊信号発光機で停止信号を現示し、列車が進行してくる線路の軌道回路を軌道短絡器等で短絡する。

② 携帯用信号炎管又は携帯用特殊信号発光機で停止信号を現示しながら支障箇所外方600m以上を隔てた地点まで走り、携帯用信号炎管又は携帯用特殊信号発光機の停止信号を現示する。

また、同社の「運転作業要領」において、次のように定められている。

II 列車の運転

2 列車防護

No.12 (隣接線路を支障したときの列車防護の担当者)

列車の脱線、転覆等のため、隣接線路を支障した場合の列車防護は、次の

(1) から (3) までにより担当すること。

この場合、隣接線路の列車の運転方向、支障状況等により自己が担当する方向の列車防護を省略できるときは、反対方向の列車防護に協力すること。

(1) 運転士がいる側の方向に対しては、運転士。

(2) 運転士がいる側の反対方向に対しては、列車防護にあたるために乗務している係員。(運転士が2人乗務しているときの操縦を担当していない運転士を含む。)

(3) (略)

さらに、同社の「異常時運転取扱手引(運転士編)」及び「異常時運転取扱手引

(車掌編) 」において次のように定められている。

2. 列車防護の方法

(1) 列車防護の方法

ア 防護無線の押スイッチを押し無線を発報する。

イ 車両用信号炎管を点火する。

(注) ・信号炎管は見通しのよい箇所に設置する。

・前方の防護は運転士が行うが、何らかの理由でできないときは車掌が行う。

・ (略)

・ (略)

(2) 携帯用信号炎管に点火して下方に向けて持ち、見通しのよい箇所まで走行し、線路脇にたてる。

(注) ・走行中に列車の進行を認めたときは、炎管を円形に振る。

(3) 隣接線に軌道短絡器を装着する。

(4) (1)～(3)項を行った後、指令に報告し、指示により防護無線を復位する。

2.10.3 車掌の防護無線機の取扱い

同社の「車掌作業標準」において、次のように定められている。

I 作業方法等

6 その他

(1) 無線機の取扱い

項目	作業内容	記事
防護無線	1 電源ランプ「点灯」を確認 2 列車防護の必要な時は、スイッチを押す 3 発報した場合は運転士と指令に連絡 4 列車防護の必要がなくなった時は指令に連絡、指示を受けた後に復帰する	(略)
列車無線	(略)	(略)
乗務員無線	(略)	(略)

2.10.4 同社の列車防護に関する教育内容

同社によると、列車防護は隣接線路を支障していない場合は基本的に不要である

が、瞬時に必要か不要か判明しない場合は列車防護を行うとしている。

また、本事故のように複線の自動閉そく式区間で隣接線路を支障している場合、車掌は、自己の担当する方向の列車防護を省略できるときに該当し、反対方向の列車防護については、運転士から依頼があったとき及び運転士と連絡が取れない際に必要と判断して行うとしている。

なお、列車防護の手順は2. 10. 2に記述した「異常時運転取扱手引(車掌編)」のとおりであり、輸送指令への連絡は列車防護が終了してから行うこととしている。また、事故当時の新潟支社における指導担当者の中には、防護、救護、連絡の順番を基本としつつ、事故現場の状況等に応じて乗務員の判断により臨機応変に手順を変更して対応するように指導していたと口述する者もいた。

この他、同社は、隣接線路以外に自線路の防護が必要である可能性があることについては、乗務員養成時等に教材により教育するとしている。

2. 10. 5 本件列車の乗務員による防護無線機の取扱い

2. 5. 4 に記述したように、本件列車の6両目の防護無線機には、12月25日19時15分に防護無線機からの発報信号が発信された記録が残されていた。

2. 1. 2(1)に記述したように、本件運転士は、事故後、防護無線を探したが、運転室が暗かったため、見つからなかったと口述している。また、2. 1. 2(2)に記述したように、本件車掌は、事故直後に本件運転士から連絡がなく、車内連絡用ブザーを押したが鳴らなかったため、防護無線機による発報信号を発信し、その後、新潟の輸送指令に、酒田駅～余目駅間で緊急停止したので、防護無線機による発報信号を発信した旨を連絡したと口述している。

2. 10. 6 本件列車の乗務員による列車防護の取扱い

2. 1. 2(1)に記述したように、列車防護の取扱いについて、本件運転士は、軌道短絡器の装着や携帯用信号炎管の点火等の措置はしていないと口述している。また、2. 1. 2(2)に記述したように、本件車掌は防護無線機の発報信号による停止信号現示を行った後、輸送指令に連絡するとともに、本件運転士の捜索、負傷者の救護等を行ったと口述している。

2. 10. 7 輸送指令員による列車抑止の状況

2. 1. 4(1)に記述したように、輸送指令員は、19時16分ごろ、本件車掌から防護無線機より発報信号を発信したとの電話があり、関係列車を直ちに抑止したと口述している。

2.10.8 対向831D列車の状況

2.1.5(5)に記述したように、本事故発生の際、対向831D列車は余目駅に停車しており、対向831D列車の運転士及び車掌は、余目駅停車中に防護無線機による発報信号を受信したと口述している。また、対向831D列車の運転士は、余目駅で待機中に輸送指令からの運転抑止の連絡を受けたと口述している。

2.10.9 後続列車の状況

2.1.5(4)に記述したように、本事故発生の際、後続列車は東酒田駅に停車しており、後続列車の運転士及び車掌は、東酒田駅に到着後、旅客用乗降口扉を閉める前に防護無線機による発報信号を受信したと口述している。また、後続列車の運転士は、その時刻は19時15分ごろであったと口述している。

2.10.10 転動防止手配の概要

転動防止手配とは、運転士が乗務員室から離れる場合に、列車又は車両が動き出さないようにする措置のことである。

携帯用信号炎管や軌道短絡器による列車防護の取扱いを行ったり、車両を留置する場合等に、運転士が列車又は車両を常時監視できる状態にあっても、直ちに乗務員室へ戻るができないような状態のときに、手ブレーキ、手歯止め等を用いて転動防止の手配を行うものである。

2.10.11 転動防止手配に関する取扱い

転動防止手配については、同社の「運転士執務標準」において次のように定められている。

4 運転

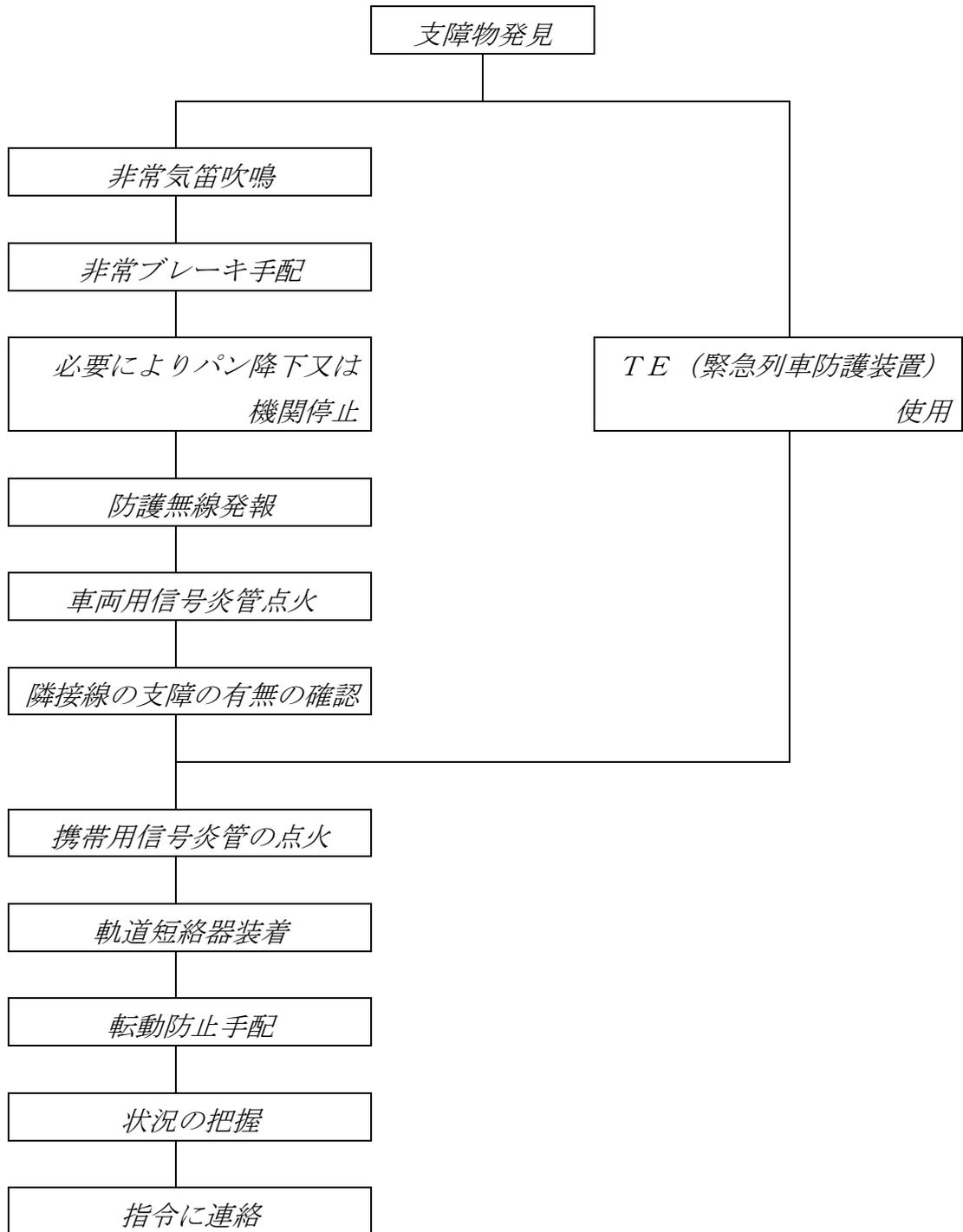
(乗務員室を離れる場合)

No. 18 乗務中は乗務員室を離れてはならない。ただし、やむを得ず乗務員室を離れるときは、転動防止手配等、必要な措置を行い、努めて指令等へ連絡する。

また、「異常時運転取扱手引」(運転士編)において、次のように定められている。

1. 運転事故が発生した場合（異常や危険を感じたら）

○ 事故発生



2. 10. 12 同社の転動防止手配に関する教育内容

同社によると、転動防止手配等必要な措置とは、手歯止めの装着、手ブレーキの緊締、マスコンキーやブレーキ弁ハンドルの抜き取りのことであり、車両を留置する場合や床下車両点検等で長時間にわたり乗務員室を離れる必要が生じた際に行うとしている。また、2. 10. 11に記述した「異常時運転取扱手引（運転士編）」のフ

ローチャートにおいて、携帯用信号炎管の点火、軌道短絡器装着、転動防止手配の順に記載されているが、実際に行う順番については、事故発生等の状況に応じて運転士の判断により手順を変更できるよう教育しているとのことであった。

2.10.13 本件運転士による転動防止手配に関する取扱い

2.1.2(1)に記述したように、本件運転士は、6両目の転動防止手配について、脱線の状態から必要ないと思ったと口述している。

また、同社によると、6両目は1軸が脱線するとともに、脱線した5両目と連結されている状態で停止していたことから、状況的には転動のおそれはなく、直ちに転動防止を行う必要はなかったとしている。

2.1.1 過去における強風が原因の鉄道事故の事例等

2.11.1 帝都高速度交通営団東西線の列車脱線事故

昭和53年2月28日21時34分ごろ、東西線南砂町駅^{みなみすなまち}～葛西駅^{かさい}間の荒川橋^{あらかわ}りょうを速度約78km/hで走行中の列車が突風に煽られ、10両編成の電車のうち後3両（5000形：空車質量約36t/両、5200形：空車質量約36t/両、5600形：空車質量約35t/両）が脱線し、そのうち2両（5000形及び5200形）が転覆して乗客20名及び乗務員1名が負傷した。

帝都高速度交通営団は「東西線列車災害事故対策研究委員会」を設置し、事故原因について調査を実施した。調査においては、車両、線路等に事故の原因となる因子は見当たらず、列車が2両転覆しているにもかかわらず、レール踏面には、車輪のフランジによるものと思われる痕跡が1ヶ所しか見られず、また、まくら木にも車輪による損傷が少ないこと、車両の倒れ方がバラバラであったこと等から、車両、施設が正常な状態で、極めて短時間に事故が発生したと推定している（報告書においては、後ろから2両目の車両（脱線横転した2両のうち前側の車両）が、風を受けてから横転し、停止するまでの時間を約3.5秒～4.5秒と推定している）。

また、調査の結果、事故発生当時の風向及び風速を明らかにすることはできなかったが、事故当日、神奈川県川崎市から千葉県鎌ヶ谷市にかけて突風により、家屋の倒壊、屋根が飛ぶ等の被害が帯状に発生し、これらの被害が短時間に事故現場を含めて帯状に発生していること、帯状の被害域内に位置する東京港10号埠頭の風速計が、瞬間風速で52m/sを記録し、また、数十秒間に風向が大きく変動していること、事故発生後の21時50分には、竜巻の発生時にしばしば見られる鉤状に広がるエコーの強い領域を観測していること等から、事故原因は竜巻に起因する突風によるものとした。なお、帝都高速度交通営団が事故現場から西方に約800m離れたところに設置していた風速計の記録は、事故発生当時の10分間平均風速

で2 m/sと大きな風速を観測していないが、事故現場から南西約2 kmにある砂町水門の風速計において瞬間風速43 m/sが記録されていた。

2.11.2 日本国有鉄道山陰線の列車脱線事故

昭和61年12月28日13時25分ごろ、山陰線^{よろい}鎧駅～^{あまるべ}餘部駅間の^{あまるべ}余部橋りょう上を速度約55 km/hで走行中の回送客車列車が強風に煽られ、内燃機関車1両と客車7両による8両編成のうち後の客車7両（スロフ14系2両：空車質量約37 t/両、オロ14系5両：空車質量約29 t/両）が橋りょうから転落して乗務員等4名及び公衆8名が死傷した。

事故発生当時、余部橋りょうの7号橋脚山側に設置してある風速計は、13時ごろから風速が大きくなり、事故発生までの間の瞬間風速は最大33 m/sが記録されていた（事故発生当時、余部橋りょうには2基の風速計が設置されていたが、3号橋脚海側の風速計は故障していた）。余部橋りょうにおいては、瞬間風速が25 m/sを超えると列車を停止させることとしていたが、その手配は行われていなかった。

事故当日は、日本海南部にあった低気圧の東方への移動に伴い、中国地方から北陸地方西部にかけての日本海側で突風を伴う強風が観測されており、余部橋りょう付近でも強風による鉄製の人道橋の落下等の被害が発生していた。

日本国有鉄道は「余部事故技術調査委員会」を設置して、事故原因等についての調査を実施した。調査の結果、事故当時の風向については、余部橋りょう付近の海上の風向きを基に、地形模型風洞試験を実施し、車両に対して直角に近い北北西～北の風向きの可能性が高いと推定した。また、地形の影響により風速が大きいと推定される余部橋りょう3号橋脚海側の事故当時の風速については、7号橋脚山側の風速記録を基に分析を行い、約40 m/sの強風が吹いたものと推定した。一方、事故現場周辺の気象官署の統計的なデータを基にした推定においては、事故当時に余部橋りょう近辺で吹き得た瞬間風速として、35～45 m/s程度の値が得られた。

車両の転覆限界風速については、車両模型による風洞試験により空気力の測定を実施し、空気力測定試験より求められた空気力係数を用いて計算を行い算定した。その結果、転落した客車の中間車両の転覆限界風速は、約32 m/sとなった。このことから、事故原因については、車両が転覆限界風速を超える風を受けたため脱線、転落したとした。

この事故を受け、同委員会は、

- ・風速が最も大きくなる位置を考慮する等、最適な位置に風速計を設置すること
- ・特殊信号発光機等と風速計を連動化する等、速やかに列車が停止できるよう配慮すること

等の強風対策の提言を行った。

2.11.3 北海道旅客鉄道株式会社根室線の列車脱線事故

平成6年2月22日17時45分ごろ、根室線にししんとく西新得信号場～ひろうち広内信号場間の広内陸橋付近の築堤上の半径500mの曲線区間において、速度50km/hから80km/hで走行中の特急列車が強風に煽られ、内燃動車による7両編成のうち前の3両（キハ183系500番台：空車質量約41t/両、キハ184系0番台：空車質量約44t/両、キハ183系0番台：空車質量約46t/両）が進行方向左側に脱線して、乗客27名及び乗務員1名が負傷した。

事故発生当日は、低気圧が根室沖で猛烈に発達して根室測候所で948.7hPaを記録し、北海道各地では暴風が吹き荒れ、事故現場の北約2kmの北海道立新得畜産試験場において、事故発生時刻にほぼ等しい17時44分に、瞬間風速28.2m/sが記録されていた。

北海道旅客鉄道株式会社は調査を実施し、北海道立新得畜産試験場の風速計のデータ等及び風洞試験の結果から事故原因については、車両が築堤上を進行中、進行方向右側から、転覆限界風速を超える強風を受けたため脱線したと推定した。

報告書においては、

- ・風速計及び風速検知や警報装置の機能を十分に発揮できる状態に整備しておくこと
- ・防風柵や防風林を設置することにより、車両に作用する空気力を低減し、車両の転覆限界風速を高めることができること

等の強風対策に関する提言を行った。

なお、事故当時、風速計の配線が破断しており、その情報がCTCセンターへ伝達されていなかった。また、北海道旅客鉄道株式会社は、事故後、当該区間に防風柵の設置等の対策を実施した。

2.11.4 三陸鉄道株式会社南リアス線の列車脱線事故

平成6年2月22日15時22分ごろ、南リアス線こいしはま小石浜駅～ほれい甫嶺駅間のやはぎがわ矢作川橋りょう及び築堤上（円曲線から緩和曲線にかかる区間）を速度約28km/hで走行中の列車が強風に煽られ、内燃動車による2両編成の全車両（36系2両：空車質量約32t/両）が進行方向右側に脱線し、転覆して、乗客5名が負傷した。

事故発生当日は、低気圧が根室沖で猛烈に発達して根室測候所で948.7hPaを記録し、東北地方においても暴風が吹き荒れ、事故発生前後に岩手県内の三陸海岸各所において、30m/sを超える瞬間風速が記録されていた。

三陸鉄道株式会社は事故原因について調査を実施した。調査において、事故発生

当時の現場付近の風速を推定するため、事故後、現場付近において風速測定を実施し、周辺の既設の風速測定点との相関関係を調べたが、風速は推定できなかった。また、風向は周辺の風向分布等から、車両の進行方向に対して直角に近い $80^{\circ} \sim 105^{\circ}$ の方向と推定した。

車両の転覆限界風速については、車両模型による風洞試験により空気力の測定を実施し、空気力測定試験より求められた空気力係数を用いて算定し、約 $35 \sim 37$ m/s（築堤の影響を考慮しない場合）という結果となった。このことから、事故原因については、車両が築堤上を進行中、進行方向左側から、転覆限界風速を超える強風を車両が受けたため転覆したと推定した。

なお、三陸鉄道株式会社は、事故後、当該区間に防風柵の設置等の対策を実施した。

2.11.5 日本貨物鉄道株式会社の湖西線における列車脱線事故

平成9年6月29日0時00分ごろ、湖西線比良駅構内にて停止中の貨物列車が強風に煽られ、電気機関車とコンテナ貨車による21両編成のうち後から3～5両目のコンテナ貨車3両（いずれもコキ50000形（空車質量約18t/両））であり、後から3両目が空コンテナ5個積み、後から4両目が空コンテナ1個及び積コンテナ4個積み、後から5両目が空コンテナ5個積み）が脱線したが、死傷者はなかった。

なお、28日22時30分に蓬萊川風速計等で最大風速25m/sが記録されたため、当該列車は22時32分に比良駅構内下り第2閉そく信号機外方で運転抑止となった。また、事故当時の現場の風速は、28日23時45分ごろに43m/s、29日0時ごろに39m/sが記録されていた。

日本貨物鉄道株式会社は調査を実施し、事故原因について、事故当時の現場付近における風速がコンテナ貨車の転覆限界風速を超えたために脱線したと推定した。

2.11.6 九州旅客鉄道株式会社筑肥線の列車脱線事故

平成10年3月19日19時11分ごろ、筑肥線今宿駅の平坦な土地に敷設された低い築堤上を速度約60km/hで走行中の列車が強風に煽られ、電車による6両編成のうち前の1両（103系1500番台：空車質量約31t/両）が進行方向左側に脱線して、乗客3名が負傷した。

事故当日は、日本海に発達中の低気圧があり、低気圧の発達と寒冷前線の南下に伴い、九州地方北部では、同日19時～23時ごろまで断続的に強風が吹いていた。また、事故現場から約550mの地点にある九州電力株式会社の鉄塔の風速計（地上高さ25.5m）においては、18時52分に、瞬間風速45.1m/sが記録され

ていた。

九州旅客鉄道株式会社は調査を実施し、事故当時の事故現場の地上10mの地点における風向及び最大瞬間風速について、九州電力株式会社の鉄塔の風速記録から、南南東ないし南の方向から、瞬間風速が約30～35m/sの風が吹いたものと推定した。また、軌道に脱線の痕跡が見られた箇所と脱線後に停止した箇所との間に跨線橋があり、跨線橋も含めた現場の模型を製作し、風洞実験により空気力の測定を行い、転覆限界風速を算定した。その結果、跨線橋の存在により、風向によっては、線路の位置における風速が増大することが判明するとともに、跨線橋の影響を考慮すると55～60km/hで走行時に、転覆限界風速は、約34m/sとなった。このことから、事故原因については、車両が築堤上を進行中、進行方向右側から、転覆限界風速を超える強風を受けたため脱線したと推定した。

2.11.7 同社の防風柵等

同社では、本事故発生以前に以下に記述する4ヶ所に防風柵等を設置していた。防風柵等を設置する前は全4ヶ所が早目規制区間であったが、設置後に一般規制区間になっている。

2.11.7.1 東海道線根府川駅構内の防風柵

東海道線^{ねぶかわ}根府川駅構内の防風柵は、白糸川橋りょう付近の線路の両側にレール面から高さ3m、延長400mにわたって設置されている。なお、完成時期は平成3年7月である。

2.11.7.2 常磐線夜ノ森駅～大野駅間の防風柵

常磐線^{よのもり}夜ノ森駅^{おおの}～大野駅間の防風柵は、熊川橋りょう^{くまかわ}付近の線路の片側（西側）へ、橋りょう部にはレール面から高さ3m、盛土部にはレール面から高さ2mのものが延長480mにわたって設置されている。なお、完成時期は平成8年2月である。

2.11.7.3 川越線指扇駅～南古谷駅間の防風柵

川越線^{さしおうぎ}指扇駅^{みなみふるや}～南古谷駅間の防風柵は、荒川橋りょう^{あらかわ}付近の線路の片側（北側）に、レール面から高さ2m、延長791mにわたって設置されている。なお、完成時期は平成10年4月である。

2.11.7.4 仙石線野蒜駅～陸前小野間の防風壁

仙石線^{のびる}野蒜駅^{りくぜん}～陸前小野^{おの}間の防風壁は、鳴瀬川橋りょう^{なるせがわ}付近の線路の片側（北側）に、レール面から高さ1.8m、延長1,126mにわたって設置されている。

なお、完成時期は平成12年6月である。

2.12 事実を認定するための試験等

2.12.1 風速等の調査分析

事故現場付近の自然風特性を把握するとともに、2.12.2に記述する転覆限界風速を算定するための空気力（横力、揚力）及びローリングモーメント（以下「空気力等」という。）の測定試験に使用する気流の再現に必要な数値を得るため、本事故後に既設風速計付近及び事故現場付近に、新たに風速計（以下「追加風速計」という。）を設置して風向及び風速の観測を実施した。

2.12.1.1 風向及び風速の観測

追加風速計は風車型風向風速計³⁴を使用した。

観測地点は事故現場付近の上下線間の観測塔（以下「A観測塔」という。）、事故現場付近の盛土のり尻の西方の観測塔（以下「B観測塔」という。）、A観測塔から10m後方の上下線間の観測塔（以下「C観測塔」という。）及び既設風速計の設置箇所付近とした。設置位置、記号（風速計の位置に対応）、設置高さ及び観測期間は表13に示すとおりである。

³⁴ 「風車型風向風速計」とは、風向風速計の形式の一つで、流線型の胴体の先端に4枚程度の羽根を持つプロペラ（風車）を、後部に垂直尾翼を配置し、これを水平に自由に回転するように支柱に取り付けたものである。常に風車が風上を向くようにして、風車の回転数から風速を、胴体の向きから風向を測定する。

表 1 3 風向風速計の設置位置一覧

風向風速計の設置位置			記号	レール面 から の設置高さ	観測期間
事故現場付近	158k180m	A 観測塔 (上下線間)	A 1	15. 2m	平成18年1月22日 ～平成18年6月30日
			A 2	10m	
			A 3	5m	
			A 4	2. 5m	
	158k190m	B 観測塔 (盛土のり尻 の西方)	B 1	15. 2m	平成18年1月22日 ～平成19年1月31日
			B 2	10. 15m	
			B 3	5m	
			B 4	0m	
158k190m	C 観測塔 (上下線間)	C 1	5m	平成18年1月22日 ～平成18年6月30日	
		C 2	2. 5m		
既設風速計 付近	158k995m	上下線間	K 1	5m	平成18年1月6日 ～平成18年6月30日
	159k005m	上下線間	K 2	5m	
(参考) 既設風速計	159k000m	上下線間		5m	

(付図 3 4、3 5 参照)

2. 12. 1. 2 データ収録・整理

観測した風向及び風速については、1 秒間サンプリングで収録した値を瞬間風速、瞬間風向とし、1 秒間の風速の増減の大きさなどから物理的、電氣的障害等に起因すると考えられる異常値は除外した。これらの瞬間値と、1 分間又は1 0 分間の平均値を用いて分析を行った。

2. 12. 1. 3 既設風速計と追加風速計の比較

本件橋りょうの秋田駅方に設置されている既設風速計は風杯型風速計である。風杯型風速計は弱い風の場合に観測値が出力されない場合もあることから、気象庁等が一般的に使用している風車型風向風速計を追加風速計として設置し、計測機器の違いに起因する差違について、平成18年1月6日～3月31日の間の強風日上位5日間における観測データを用いて分析した。既設風速計の3分間最大値と、その付近に設置した追加風速計(K 1) (以下「K 1 風速計」という。以下、他の風速

計も同様に表記する。)及びK 2 風速計の 3 分間最大値を比較したところ、風速差の平均値は0.23m/s、標準偏差は1.71m/sであった。このうちK 1 風速計及びK 2 風速計の 3 分間最大値が20m/s以上を計測したときに限ってデータを抽出して比較した場合は、風速差の平均値は0.01m/s、標準偏差は1.45m/sとなり、概ね3m/s以内の風速差に収まるという結果が得られ、既設風速計の出力とK 1 風速計及びK 2 風速計の出力の差が小さいことが確認された。

2.12.1.4 事故現場付近の自然風特性

A観測塔及びB観測塔に設置した追加風速計のうち、それぞれの観測塔の最も高い位置にあるA 1 風速計及びB 1 風速計、並びにレール面からの高さが既設風速計と同じ5mの位置にあるA 3 風速計における観測期間中の最大値は表14のとおりであった。

表14 観測期間中の風速の最大値

レール面からの 設置高さ		観測期間中の最大値	
		瞬間風速	平均風速(10分間)
15.2m	A 1 風速計	27.8m/s (平成18年3月29日)	18.7m/s (平成18年4月3日)
	B 1 風速計	34.5m/s (平成19年1月7日)	19.9m/s (平成19年1月7日)
5m	A 3 風速計	27.7m/s (平成18年3月20日)	17.3m/s (平成18年4月3日)

※ 事故当日に既設風速計で観測した瞬間風速の最大値は21m/sであった。

平成18年1月22日から平成19年1月31日まで約1年にわたり、表14のような強風も含めたB観測塔の観測結果から、事故現場付近の風の特性和して以下のようなことが判明した。なお、ここでは、B 1 風速計で、最大瞬間風速15m/s以上を観測したときを風が強い状態(以下「強風状態」という。)とした。

- (1) 年間を通した風向の出現頻度分布は酒田測候所の出現頻度分布とほぼ一致していた。
- (2) 強風状態は主に2、3月に発生していた。
- (3) 強風状態における風向は、西北西や北西が多かった。一方で冬季に比べて発生数は少ないが、4～10月の間は東南東や南東の割合も多かった。
- (4) 1～6月の西側からの強風状態のとき、A観測塔及びB観測塔に設置した追加風速計における突風率³⁵及び乱れの強さ³⁶は表15のとおりであった。

³⁵ ここでの「突風率」とは、10分間最大瞬間風速と10分間平均風速との比とした。最大瞬間風速がその時間帯の平均風速に比べていかに大きいかを表し、自然風特性の目安とした。一般的には1.5～2程度。

³⁶ ここでの「乱れの強さ」とは、瞬間風速の偏差を求め、その標準偏差を平均風速で除した値である。風速の変動成分を示す指標として自然風特性の目安とした。

表 1 5 西側からの強風状態のときの突風率と乱れの強さ

(B 1 風速計の平均風向が盛土西側からの風となる真南～西～真北の間にある場合)

レール面からの設置高さ		突風率	乱れの強さ
15.2m	A 1 風速計	1.432	0.154
	B 1 風速計	1.447	0.159
10m又は 10.15m	A 2 風速計	1.455	0.161
	B 2 風速計	1.467	0.163
5m	A 3 風速計	1.503	0.175
	B 3 風速計	1.494	0.168
2.5m	A 4 風速計	1.578	0.195
0m	B 4 風速計	1.546	0.180

なお、表 1 5 で用いたデータ総数は平成 1 8 年 1 月 2 2 日から平成 1 8 年 6 月 3 0 日までの 1, 5 0 6 事例である。

2.12.1.5 風速に及ぼす盛土の影響

強風状態のときに、B 1 風速計の平均風向が盛土西側からの風となる真南～西～真北の間にある場合に、A 観測塔と B 観測塔の追加風速計の出力についてレール面からの高さが同じ位置に設置された追加風速計同士で比較し盛土の影響を調査したところ、表 1 6 のとおりであり、また、B 4 風速計の風速と他の追加風速計の風速の比について調査したところ、表 1 7 のとおりであった。

表 1 6 強風状態のときの風速比

(レール面からの高さが同じ位置の追加風速計の比較)

レール面からの 設置高さ	A 観測塔と B 観測塔の追加風速計の風速比 (A 観測塔 / B 観測塔 : 全事例の結果を平均した値)	
	1 分間最大瞬間風速	10 分間最大瞬間風速
15.2m	1.06 (A 1 / B 1)	1.07 (A 1 / B 1)
10m 又は 10.15m	1.08 (A 2 / B 2)	1.09 (A 2 / B 2)
5m	1.07 (A 3 / B 3)	1.08 (A 3 / B 3)

表 1 7 強風状態のときの風速比

(B 4 風速計の風速と他の追加風速計の風速の比)

レール面からの設置高さ	B 4 風速計の風速との風速比 (1 分間最大瞬間風速について全事例の結果を平均した値)	
	A 観測塔の風速計	B 観測塔の風速計
15.2m	1.27 (A 1 / B 4)	1.20 (B 1 / B 4)
10m又は10.15m	1.22 (A 2 / B 4)	1.13 (B 2 / B 4)
5m	1.16 (A 3 / B 4)	1.09 (B 3 / B 4)
2.5m	1.12 (A 4 / B 4)	
0m		1.00 (B 4 / B 4) (基準とした風速計)

なお風速比の算出に用いたデータ総数は、1 分間最大瞬間風速が 6, 7 3 0 事例、1 0 分間最大瞬間風速が 1, 5 0 6 事例である。

2. 12. 1. 6 事故現場付近と既設風速計付近の風速の比較

事故現場付近と既設風速計付近の風速相関を調べるため、A 3 風速計と、K 2 風速計の観測結果を比較した。1 分間最大瞬間風速をそれぞれ算出して比較したところ、風速差の平均値は 0. 1 6 m/s、標準偏差は 1. 5 0 m/s であった。また、下記の全ての条件を満たす瞬間風速を抽出し、傾向を比較した。

- (1) A 3 風速計と K 2 風速計のいずれかで 1 0 分間最大瞬間風速が 2 0 m/s を超えた。
- (2) (1) の際のいずれかの 1 0 分間平均風向が真南～西～真北の間に入っていた。

上の条件に該当する 1 0 分間に加え、その前後 3 0 分間ずつの観測値も抽出し、瞬間風速の風速差を比較したところ、A 3 風速計における瞬間風速が K 2 風速計における瞬間風速を 4 m/s 以上上回る頻度は、4. 8 % であった。

2. 12. 2 転覆限界風速の算定

事故現場付近の自然風を模した気流を再現し、地上構造物と事故車両の縮尺模型を用いた風洞試験を行い、模型車両に作用する空気力等及び盛土の周りの風速を測定するとともに車両の転覆限界風速を算定した。

2. 12. 2. 1 試験の概要

- (1) 風洞試験機器

測定部が高さ3 m、幅5 m、長さ20 mの密閉型の大型低騒音風洞を使用し、ターンテーブル上に模型を設置し測定を実施した。（付図36参照）

(2) 風洞試験用模型

車両及び盛土等の地上構造物の模型は縮尺1/40とした。車両の編成両数は6両とし、1、2両目は車両に作用する空気力等測定が可能な機器（六分力天秤）を車両に固定した模型とした。また、地上構造物は事故現場付近の羽越線158k180m地点における複線断面の盛土の模型とした。（付図37、38参照）

(3) 試験に使用した風

今回の風洞試験においては、風洞内に乱流境界層生成装置を設置し、事故現場付近の自然風の特性を模擬した。計測位置より風上で、風洞内の模型や測定機器の影響を受け難い、ターンテーブルから風上側5 m、床面から1.8 m、風洞幅中心から左側へ1.504 mの位置で測定される風速を風洞試験の試験風速（制御風速）とした。試験における風速の測定は、A観測塔の各測定点に相当する位置（以下「a測線」という。）及びB観測塔の各測定点に相当する位置（以下「b測線」という。）及び上り線線路中心の位置における風速（a測線と同じ高さの測定点に相当する位置（d測線））について行った。

試験においては、風速の特性が、2.12.1に記述した事故現場付近における風速等の測定結果をもとに、べき指数³⁷1/7、乱れの強さ0.15となるよう試験風を乱流境界層生成装置により調整した。その結果、b測線において、鉛直方向の高さの違いによる風速分布を表すべき指数は1/6.9～1/7.25、乱れの強さは0.16～0.17となり、ほぼ所定の条件となった。

なお、試験風速（制御風速）として20、25、30 m/s（車体の高さを代表長さとしたレイノルズ数³⁸1.03×10⁵、1.29×10⁵、1.55×10⁵）の3段階を設定し、また、車両に対する風向角 β は、進行方向からの風を0°、直角横方向からの風を90°とし、30°～105°まで15°刻みに設定した。

（付図39、40、41、42参照）

³⁷ 一般に地面近くにおいて高さZにおける風速uは $u = u_0 \cdot (Z/Z_0)^n$ （ Z_0 ：基準高さ、 u_0 ：基準高さにおける風速）に沿った分布になることが知られている。このnを「べき指数」といい、その値は地表面の状態に依存する。

³⁸ 「レイノルズ数」とは、慣性力と粘性力の比で定義される無次元数で、レイノルズ数： $Re = u_A \cdot L / \nu$ （ u_A ：代表速度、L：代表長さ、 ν ：動粘度又は動粘性係数）で表される。

2.12.2.2 地上構造物（盛土）の周りの風速測定結果

風洞内に地上構造物（盛土）を設置した状態で周りの風速について測定を行った。その結果、a 測線では、b 測線の値より増速される傾向が見られた。

線路に対して直角の方向から横風を当て、a 測線と b 測線のレール面からの高さ 5 m（実寸換算高さ）の位置に相当する点における風速（平均風速）を比較したところ、A 3 風速計に相当する測点（以下「a 3 測点」という。以下、他の測点も同様に表記する。）における風速（平均風速）は、b 3 測点における風速（平均風速）の約 1.13 倍となった。

2.12.2.3 空気力及びローリングモーメントの測定

2.12.2.1(2)に記述した風洞試験用模型を使用し、2.12.2.1(3)に記述したように、風の強さや風向を変化させ、車両が風を受けた際に車両（1 両目及び 2 両目）に作用する空気力等について測定した。これらの測定された空気力等から、風速と作用する空気力等との関係を示した横力係数、揚力係数及びモーメント係数（以下、これらの係数を「空気力係数等」という。）を算定し、2.12.2.4に記述する転覆限界風速の算定に使用した（付図 4 3 参照）。なお、空気力係数等は風速の二乗と各空気力等との関係を表すものであり、以下の式で示される。

横力係数	$C_s = \frac{F_s}{\frac{1}{2}\rho U^2 S}$	F_s : 横力 F_L : 揚力
揚力係数	$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho U^2 S}$	M : ローリングモーメント ρ : 空気密度 (1.23kg/m ³) U : 基準風速
モーメント係数	$C_M = \frac{M}{\frac{1}{2}\rho U^2 S h_B}$	h_B : 車体高さ S : 車体側面積

風洞試験においては、試験風速（制御風速）として 20、25、30 m/s の 3 段階を設定したが、制御風速の違いによる空気力係数等の差が小さいことが判明したため、空気力係数等は風速への依存度は小さいと仮定し、30 m/s における測定結果を転覆限界風速の算定に使用した。

風洞試験による 1 両目、2 両目の空気力係数等については、基準風速を a 3 測点における風速（平均風速）とすると、表 1 8 のとおりであり、横力係数は、列車に対する風向角 β が 1 両目は 60°、2 両目は 75° で最大の値となった。

表 1 8 1 両目及び 2 両目の空気力係数等

風向角 β ($^{\circ}$)	1 両目			2 両目		
	横力係数	揚力係数	モーメント係数	横力係数	揚力係数	モーメント係数
	C_s	C_L	C_M	C_s	C_L	C_M
30	0.69	0.42	-0.09	0.48	0.33	-0.07
45	0.95	0.55	-0.11	0.69	0.49	-0.08
60	1.07	0.60	-0.12	0.87	0.60	-0.10
75	1.03	0.57	-0.11	0.93	0.62	-0.10
90	0.89	0.55	-0.09	0.83	0.54	-0.09
105	0.71	0.48	-0.07	0.75	0.49	-0.08

(付図 4 4 参照)

2.12.2.4 転覆限界風速の算定

2.12.2.3に記述した風洞試験で得られた空気力係数等を用いて、風圧力及び左右慣性力を考慮した静的つり合い式を用いる静的解析法により列車の転覆限界風速を算定した。なお、算定にあたっては、車両のばね系等による車体変位を考慮した半車両モデルを用いるとともに、列車走行速度、風向等の影響についても考慮し、既設風速計の設置高さと同じ、レール面から 5 m の高さの観測値に相当する風速を計算した。

(1) 計算方法

線路は直線で遠心加速度の影響はないものとし、車体の左右振動加速度 α_y (m/s^2) は、国内の過去の実車走行試験の結果等を参考に、次の式により算定した。

$$\alpha_y = 0.98 v / v_{max} \quad v : \text{走行速度 (m/s)} \quad v_{max} : \text{列車の最高速度 (m/s)}$$

(本件列車の最高速度である 120 km/h での走行時に $0.1g$ (0.98 m/s^2 、重力加速度 g の 10%) の左右振動加速度が作用することとなる。)

なお、比較のため車体の左右振動加速度を $\alpha_y = 0.49 v / v_{max}$ 及び $\alpha_y = 0$ とした場合についても算定を行った。

転覆限界風速の計算モデルを付図 4 5 に、また、車体重心の変位を求める際に用いた車両のばね系モデルを付図 4 6 に示す。付図 4 5 において、風上側である右車輪の輪重を P_R とすれば、風下側の車輪・レール接触点回りのモーメントのつり合いは、車体重心のロール変位量 ϕ_B が微小のときには、次式で表される。

$$GP_R = m_T g \frac{G}{2} + m_B g \left(\frac{G}{2} - y_B \right) - F_{LA} \left(\frac{G}{2} - y_B - e \phi_B \right) - h_{GB} m_B \alpha_y - h_{BC} F_{SA}$$

G : 車輪・レール接触点間距離、 P_R : 右車輪の輪重、 m_T : 台車質量、
 m_B : 半車体質量、 y_B : 車体重心の左右変位置量、 F_{LA} : 横風による揚力、
 e : 風圧中心と車体重心の距離、 h_{GB} : 車体重心高さ、 h_{BC} : 風圧中心高さ、
 F_{SA} : 横風による横力

ここで、静止輪重 P_0 、輪重減少量 ΔP を用いて、右車輪の輪重 P_R を書き直すと、輪重減少率 D は以下のようなになる。

$$P_R = P_0 - \Delta P \quad , \quad P_0 = \frac{(m_B + m_T)g}{2} \quad , \quad \frac{\Delta P}{P_0} \equiv D$$

以上より、輪重減少率 D について解くと、

$$D = \frac{1}{\frac{G}{2}(1 + m_T/m_B)} \left\{ y_B + h_{GB} \frac{\alpha_y}{g} + \frac{F_{SA}}{m_B g} h_{BC} + \frac{F_{LA}}{m_B g} \left(\frac{G}{2} - y_B - e \phi_B \right) \right\}$$

という式となる。

ここで、車両が風を受けたときに風上側の輪重 P_R が 0 となる $D=1$ のときを転覆限界とすると、車両に作用する空気力 F_{SA} 、 F_{LA} は風速 u を用いて表せるので、風上側の輪重が 0 となる風速を計算により求めることができる。この風速は、付図 4 7 に示すように、車両に対する相対風速であるので、この風速ベクトル (u) と列車の走行速度ベクトル (v) から、自然風の風速ベクトル (w) を算出し、これを自然風の風速ベクトルの風向角 α に対する転覆限界風速とした。算定に使用した車両の主な諸元は表 1 9 のとおりとした。

表 1 9 転覆限界風速の計算に使用した車両の諸元

項 目	記号	単位	1 両目	2 両目
半車体質量	m_B	kg	15, 223	13, 145
台車質量	m_T	kg	5, 650	7, 380
車体重心高さ	h_{GB}	m	1. 67	1. 67
台車重心高さ	h_{GT}	m	0. 50	0. 50
車体中心高さ	h_{BI}	m	2. 24	2. 24
車体高さ	h_B	m	2. 47	2. 47
半車体側面積	S_A	m ²	25. 6	24. 7
車輪半径	$R_{\#}$	m	0. 425	0. 410
車輪・レール接触点間距離	G	m	1. 12	1. 12
左右の軸ばね中心間距離	$2 b_1$	m	1. 64	1. 64
左右の枕ばね中心間距離	$2 b_2$	m	1. 93	1. 93
左右の上下動ストッパ中心間距離	$2 b_s$	m	1. 93	1. 93
枕ばね中心高さ	h_{KC}	m	0. 777	0. 777
左右動ストッパ高さ	h_{SC}	m	0. 543	0. 543
左右動ストッパ遊間	y_s	m	0. 015	0. 015
上下動ストッパ遊間	z_s	m	0. 022	0. 022
軸ばね上下ばね定数 / 1 軸箱	k_1	N/m	$7. 20 \times 10^5$	$7. 20 \times 10^5$
枕ばね上下ばね定数 / 1 枕ばね	k_2	N/m	$3. 71 \times 10^5$	$3. 26 \times 10^5$
枕ばね左右ばね定数 / 1 枕ばね	k_y	N/m	$2. 19 \times 10^5$	$1. 92 \times 10^5$
左右動ストッパばね定数 / 1 組	k_{ys}	N/m	$2. 42 \times 10^6$	$2. 42 \times 10^6$
上下動ストッパばね定数 / 1 組	k_{zs}	N/m	$1. 41 \times 10^7$	$1. 41 \times 10^7$
トーションバーねじり剛性 (アンチローリング装置)	k_R	N・m /rad	$3. 14 \times 10^4$	$3. 14 \times 10^4$

転覆限界風速の算定に用いた車両の諸元のうち、車体重心高さと車体質量については、2. 6. 3に記述した本件列車の車両と同じ改造工事が行われた、同型の類似車両について測定した結果を使用するとともに、その他の項目については同社から提出のあったデータを使用した。

列車の走行速度を0～120 km/hの間で5 km/h刻みとして計算した。

(2) 計算結果

自然風の風向角 α と転覆限界風速との関係は付図 4 8 (その 1 及びその 2)、走行速度と転覆限界風速との関係は付図 4 9 (その 1 及びその 2) の

とおりとなった。

自然風の風向角 α との関係は、真横より少し前方 ($70^\circ \sim 75^\circ$ 程度) から風が吹いてくる場合に転覆限界風速は最小となり、走行速度の増加に伴い転覆限界風速が減少する傾向となった。1両目と2両目の転覆限界風速は、走行速度が100km/hのとき1両目は約35m/s、2両目は約44m/sとなり、走行速度が120km/hのとき1両目は約32m/s、2両目は約41m/sとなった。

これらの計算結果は、車体の左右振動加速度を $\alpha_y = 0.98 v / v_{max}$ とした場合のものであるが、車体の左右振動加速度を $\alpha_y = 0.49 v / v_{max}$ とすると、転覆限界風速は、走行速度が100km/hのとき1両目は約38m/s、2両目は約47m/s、走行速度が120km/hのとき1両目は約35m/s、2両目は約45m/sとなった。また、車体の左右振動加速度を $\alpha_y = 0$ とすると、転覆限界風速は、走行速度が100km/hのとき1両目は約41m/s、2両目は約49m/sとなり、走行速度が120km/hのとき1両目は約39m/s、2両目は約48m/sとなった。

なお、自然風の風向角 α を、転覆限界風速が最小となる風向角 ($70^\circ \sim 75^\circ$ 程度) から 20° 前後変化させると転覆限界風速は2~3m/s程度大きくなるという結果となった。

2.12.3 簡略な計算式による転覆限界風速の試算

本件列車1両目及び2両目の転覆限界風速を次の計算式³⁹で試算した。

$$u_c = \sqrt{\frac{mgG}{h_{BC}^* \rho S_A C_Y}} \cdot \sqrt{D - \frac{2h_G^*}{G} \left(1 - \frac{\mu}{1+\mu} \cdot \frac{h_{GT}}{h_G^*} \right) \frac{\alpha_y}{g}}$$

ここで、 h_{BC}^* は有効風圧中心高さで風圧中心高さの1.25倍である。 G は車輪・レール接触点間距離である。 h_G^* は有効車両重心高さで車両重心高さの1.25倍である。 C_Y は横風に対する車体の抵抗係数(風がすべて車両に作用する場合は、1.00となる。)、 μ は車体・台車質量比(m_T/m_B)である。この場合、車体の左右振動加速度は、本件列車の最高速度である120km/hを想定し、 $0.1g$ (0.98m/s^2)とした。

なお、この計算式は、鉄道車両の転覆に関する力学的関係を示すものとして知られているものであり、また、2.12.2.4に記述した算定方法とは異なり、列車走行速度、風向等の影響を考慮しておらず、この転覆限界風速は、直角方向から車両側面

³⁹ 國枝正春「鉄道車両の転ぶくに関する力学的理論解析」(鉄道技研報告No.793 1972年2月)

に対し作用する風上側の輪重が0となる風速についてのみ試算したものである。

試算に使用した車両の諸元は表20のとおりである。

車両諸元等の各データについては、2.12.2.3及び2.12.2.4(1)に記述した転覆限界風速を算定するための試験に使用したものと同一ものを用いており、試算の結果、1両目の転覆限界風速は約43m/s、2両目は約45m/sとなった。

また、2.6.3に記述したように、本件列車の車両は改造工事が行われているが、改造後、車体重心高さの算出を行っていなかったため、車体重心の高さの転覆限界風速への影響について試算を行ったところ、車両重心高さを10cm高くすると、転覆限界風速は1両目が0.6m/s、2両目は0.4m/s小さくなるという結果となった。

表20 簡略な計算式による本件列車の転覆限界風速の諸元

		1両目		2両目	
危険率（輪重減少率）	D	1		1	
横風に対する車体の抵抗係数 （横風係数）	C_y	1.00		1.00	
半車両質量	m	20,873	kg	20,525	kg
車輪・レール接触点間距離	G	1.12	m	1.12	m
空気密度	ρ	1.23	kg/m ³	1.23	kg/m ³
有効車両重心高さ	h_G^*	1.69	m	1.56	m
台車重心高さ	h_{GT}	0.50	m	0.50	m
車体・台車質量比	μ	0.371		0.561	
有効風圧中心高さ	h_{BC}^*	2.80	m	2.80	m
車体の左右振動加速度	α_y	0.98	m/s ²	0.98	m/s ²
半車体側面積	S_A	25.6	m ²	24.7	m ²

3 事実を認定した理由

3.1 施設に関する解析

3.1.1 脱線の要因に関する解析

2.1.5(2)及び(3)に記述したように、関係列車の乗務員が本事故発生前に事故現場付近の軌道に異常を感じなかったと口述していること、及び2.5.8に記述したように、鉄道構造物及び軌道の検査結果に異常は見られなかったことから、それらに脱線の要因となるような異常はなかったものと考えられる。

3.1.2 施設の痕跡に関する解析

2.3.1及び2.3.2に記述した軌道、鉄道構造物及び電力等設備の損傷状況に示した痕跡について解析した結果を以下に示す。

(1) 架道橋始端より後方（秋田駅方）の区間における痕跡

2.3.1(1)に記述したように、No.1 2 b まくら木から前方にある左レール軌間内のレール締結装置やまくら木上に車輪が走行したと見られる痕跡があり、レール締結装置の板ばねがつぶされたような状態で破断し、まくら木表面が欠損していた。

これらの痕跡は、レール締結ボルト等の痕跡の形状及び車輪の形状と、2.3.3.2(6)、2.3.3.3(7)及び2.3.3.4(3)に記述したように、2両目の前後台車全4軸、3両目の後台車全2軸及び4両目前台車第1軸それぞれの左車輪の踏面角部に打痕が見られたこと等から、移動してきた右車輪によって付けられたものではなく、上記のいずれかの軸の左車輪が落下し、踏面角部付近が衝突したことによるものと考えられる。

2.3.1(2)に記述したように、架道橋始端左のコンクリートブロック及び架道橋上左のグレーチングには車輪が走行したと見られる痕跡がなかったことから、No.7 b まくら木から前方における左レール軌間外のレール締結装置の損傷及び脱落、並びにまくら木上の痕跡については、左車輪が脱線して走行したことによるものと考えられる。

それぞれのまくら木や軌間内外のレール締結装置には、複数の車輪が走行したと見られる痕跡があったことから、架道橋後方で、既に複数の車輪が脱線して走行したものと推定される。

No.1 6 b～1 5 b まくら木の左レール頭頂面上の中央付近からゲージコーナーにかけての傷、及び1 2 b まくら木から前方にあった列車進行方向にほぼ平行な向きの左レール頭頂面上の傷は、その方向及び形状から車輪によるものと考えられる。

2.3.2(1)に記述したように、No.V電柱が傾斜し、滑車式自動張力調整装置の重錘が振止装置上部に衝突していたのは、車両の衝突によるものではなく、脱線し、盛土を転落していった車両がNo.VI電柱～IX電柱に衝突し、それが折損した際に、架線を引っ張ったことによるものと推定される。

(2) 架道橋上の区間における痕跡

(1)に記述したように、架道橋より後方の区間で車輪が既に脱線していたと推定されること及び2.3.1(2)に記述したように、架道橋上のまくら木の左レール軌間外に車輪が走行したと見られる痕跡があったことから、架道橋上

で一部のまくら木が前方に押し出されていたのは、脱線した車輪がまくら木に衝突したことによるものと考えられる。

また、No.1 まくら木は前部のみが欠損し、No.2 まくら木は折損して著しく損傷していたが、これらのまくら木の痕跡と他のまくら木の痕跡の特徴は異なっていることから、これらのまくら木は、脱線した左車輪が落下したことにより大きな衝撃を受けて損傷した可能性が考えられる。

2.3.1(2)に記述したように、架道橋始端左のコンクリートブロック及びグレーチングには痕跡がなく、一方、架道橋終端左のコンクリートブロックには痕跡が見られることから、架道橋上の左レール軌間外のまくら木やレール締結装置、フックボルト及びL型まくら木継材に見られた痕跡は左車輪が走行したことによるものと考えられる。

架道橋上の左レール軌間外のレール締結装置に見られた痕跡は、No.1 3 まくら木の後方では連続しているが、No.1 4～1 8 まくら木上では痕跡がないこと、架道橋上の全てのまくら木の左レール軌間外には痕跡があること、及び架道橋終端左のコンクリートブロックに痕跡があることから、No.1 3 まくら木の後方の区間においてレール締結装置を損傷させた左車輪は、No.1 4 まくら木より前方の区間においては、さらに左へ移動したのものと考えられる。

No.1 9 まくら木付近まで連続していた左レール軌間内のレール締結装置の痕跡は、そこより前方にはなく、No.1 9～2 1 まくら木の左レール軌間外のレール締結装置が損傷していたことから、この付近まで軌間内に脱線していた複数の車輪は、この付近で、左レールを乗り越えて左レール軌間外に移動したのものと考えられる。また、架道橋上のまくら木やレール締結装置、架道橋終端左のコンクリートブロックには複数の車輪が走行したと見られる痕跡があったことから、架道橋上では、複数の車輪が脱線して走行したものと推定される。

(3) 架道橋終端より前方（新津駅方）の区間における痕跡

2.3.1(3)に記述したように、架道橋終端より前方の区間においては、道床の左側が前方へ連続的に崩壊し、また、のり面が堆肥舎の方向へ崩壊していた。これは、本件列車が脱線した状態で架道橋上を走行し、そこを過ぎた後、道床上を走行し、1両目から3両目までが盛土上から転落したことにより崩壊したのものと考えられる。

架道橋終端からNo.7 1 まくら木付近までの区間で見られた左レール軌間外の痕跡は、車輪が左へ脱線し、軌道上を走行した際に生じたのものと考えられる。

No.6 3～1 0 8 まくら木付近までの一部の区間で見られた左レール軌間内

のレール締結装置の痕跡は、車輪が衝突したことによるものと考えられる。

一方、2.3.2に記述したように、折損した電柱はいずれも線路左側に設置されていたことから、盛土上から転落した1両目から3両目までがこれらの電柱に衝突して折損したものと考えられる。

電柱に取り付けられた電車線支持物等の損傷については、損傷が軌道上の脱線痕跡の位置及び本件列車の停止位置を含む前後の区間にわたって見られることから、本事故により生じたものと推定される。

3.2 車両に関する解析

3.2.1 脱線の要因に関する解析

2.1.2(1)及び2.1.5(1)に記述したように、本件運転士及び本件列車を秋田駅から酒田駅まで運転した運転士が、本件列車の車両に異常はなかったと口述していること及び2.6.4に記述したように本件列車の車両の検査記録に異常は見られなかったことから、本件列車の車両に脱線の要因となるような異常はなかったものと考えられる。

3.2.2 車両の損傷に関する解析

本件列車の全車両の車体、台車及び車輪に損傷が見られたが、3.2.1に記述したように、本件列車の車両に異常はなかったものと考えられることから、これらの損傷は本事故の発生に伴い生じたものと考えられる。また、2.3.3.2(6)、2.3.3.3(7)及び2.3.3.4(3)に記述した2両目から4両目までの左車輪の踏面角部の打痕は、3.1.2(1)～(3)に記述したように、それぞれの車輪が、No.1 2 b まくら木から前方の左レール軌間内のまくら木やレール締結装置と衝突した際に生じたものと考えられる。

3.3 運転取扱いに関する解析

2.7.2.2に記述したように、砂越駅～北余目駅間は一般規制区間であることから、風速が25m/s以上になったと認めたときに速度規制を行い、風速が30m/s以上になったと認めたときに列車の運転を見合わせるものとされていた。一方、2.7.4に記述したように、指令長が事故発生当時運転規制はなかったと口述しているが、これは、2.8.3に記述したように、本事故発生前1時間における同社の既設風速計の記録では、19時02分の12m/sが最大であったことから、本事故発生時には、強風による運転規制を行う状況ではなかったことによるものと推定される。

2.7.1.2及び2.7.1.3に記述したように、本件橋りょうから事故現場間における本件列車の制限速度は最高速度である120km/hであるが、同区間における本件列車の走

行速度は、2.1.2(1)及び2.5.3に記述したように、本件運転士が「本件橋りょうに差し掛かった辺りで速度約110km/hでノッチオフした」と口述していること、本件橋りょう後方にある平岡踏切道始動点における踏切保安装置の情報メモリ等から算出した通過速度が約106km/hであると考えられること、及びその他の踏切道において同様に算出した通過速度が制限速度の範囲内であることから、本件列車は、事故現場においても制限速度の範囲内で走行していたものと考えられる。

同社の運転士の強風時における運転取扱いは、2.7.3.2及び2.7.3.3に記述したとおりであるが、2.1.2(1)及び2.8.3に記述したように、本件運転士が「線路前方の見通し状況は良く、風はあまり強くなかった。また、本件橋りょうを通過中も風はあまり強くなかった」と口述していること、及び本事故発生前の1時間における既設風速計の記録では、19時02分の12m/sが最大であったことから、本件運転士は、本事故発生前には、強風時における運転取扱いを行う状況にはなかったものと考えられる。

以上のことから、同社は本事故発生時に運転規制を行う状況になく、また、本件運転士は同社の運転実施基準等の規定に抵触するような運転をしておらず、運転取扱いに問題はなかったものと考えられる。

3.4 気象等に関する解析

3.4.1 気象観測結果に関する解析

事故当日の気象の概況については、2.8.1に記述したように、低気圧が発達しながら東進し、事故現場はこの低気圧の暖域にあたっていた。また静止気象衛星画像では、暖域にあたる領域に雲頂の高度が約4～6kmに達する冬季としては背の高い雲群の存在が確認された。これらの雲群は、その雲頂高度が高いこと、雲の形状が塊状であること及び2.8.2に記述したように地上における目視観測で確認していることから、積乱雲からなっているものと推定される。

2.8.4に記述したように、事故現場付近の上空では、北東から南西方向にかけてこれらの積乱雲群に対応する線状のエコーを観測しており、その中にはエコー頂が上空6～8km程度にまで達する周辺より高いエコーがあった。このエコーの動きを解析したところ、以下のとおりと考えられる。

- (1) 線状のエコーは、全体としてはゆっくりと南東に移動していた。一方、この線状のエコーを構成する個々の強いエコーは、エコーの移動状況から推測すると、東北東におおよそ90km/h程度の速度で移動していた。
- (2) 強いエコーの1つが2.8.6に記述した一連の強風被害の生じた地域に沿って上空を移動し、19時15分ごろ事故現場付近を通過していた。

さらに、2.8.2に記述したように、酒田測候所の観測によると25日19時から20時にかけて風向が南西から西北西に変化し、山形県及びその近辺に所在するア

メダスの観測によると、風向が西寄りの領域と南寄りの領域が庄内地域付近で接していた。また、2.8.5に記述したようにウィンドプロファイラの観測では高度1 km以下で風向が変化していた。

これらのことから、事故当時、庄内地域には、風向及び風速が急変する線（以下「シアーライン」という。）が存在しており、このシアーラインが酒田測候所の上空を通過したことで風向の変化がもたらされたものと推定される。また、風向の変化する境界が庄内地域をゆっくりと南東へ移動していたことから、このシアーラインは、線状のエコーの動きに対応したものと考えられる。

加えて、2.8.2及び2.8.7(1)に記述した、酒田測候所等の観測や本件列車の乗客、住民等の口述から、庄内地域の天気は雪やみぞれ等であり、雷も観測していた。

以上のことから、本事故発生当時の事故現場付近は、活発な積乱雲群が通過中で突風等の顕著な気象現象が発生しやすい状況であったものと考えられる。

3.4.2 事故現場周辺の強風被害に関する解析

2.8.6に記述したように、事故現場周辺の強風被害は、海岸（酒田市浜中地区）から東北東へ約1.4 km（酒田市石名坂地区）まで、幅数十mから数百mという帯状の範囲に分布していた。このような帯状の被害が異なる気象現象によって別々に発生したとは考え難く、3.4.1に記述したように、強いエコーの1つがこの範囲の上空を通過しており、強風被害はこのエコーの通過に対応して発生したものと考えられる。

2.8.6に記述したように、海岸付近の浜中地区から黒森地区にかけては、防風林の一部の木がねじれて折れる強風の被害が連続して見られるとともに、広野地区においては瞬間風速40 m/sまで耐えられる設計の防雪柵が飛散していた。

一方、2.8.3に記述したように、強風被害が発生した地域の近辺で観測した風速については、被害地域に近い新川海岸の観測点において、25日19時07分に最大瞬間風速36.9 m/sという強風を観測していたが、他の多くの観測点の風速計においては、平均風速で10～20 m/s、最大瞬間風速は20～25 m/s程度であった。

これらのことから、強風被害は周辺の風速計の観測にもかかわらず狭い範囲で同一のエコーの通過に対応して生じたものと考えられ、被害の程度からその風速は、周辺の風速計で観測した風速よりも大きかったものと考えられる。また、2.8.7(1)に記述したように、被害地域の住民が、「ゴーッ」という音とともに急に強い風が吹いたと口述していることから、強風被害は、突風により発生した可能性が考えられる。

今回のような強風被害をもたらす現象としては、2.8.8に記述した竜巻、ダウンバースト、ガストフロント、じん旋風等が挙げられるが、今回の被害状況及びその

広がり等から竜巻かダウンバーストの可能性が考えられる。

2.8.6(1)に記述したように、海岸付近の浜中地区から黒森地区にかけては、被害域が帯状に連続していたこと、防風林で北向きと東向きの方向に倒れている木が隣接していたという風向分布の収束性が見られたことなど、竜巻による被害の特徴が多く得られた。これらのことから浜中地区から黒森地区にかけては、藤田スケールでF 1相当の竜巻が発生していた可能性が考えられる。

しかしながら、他の地区においては、全体の被害が概ね帯状域内に限定されているものの被害地域は連続しておらず、被害をもたらした風の方向についても現象を特定できるほどの情報がないことから、本事故発生時の事故現場周辺における気象現象は、竜巻によるものかダウンバーストによるものかを明らかにすることはできなかった。

3.4.3 事故現場における気象に関する解析

本事故発生当時の事故現場の気象状況については、以下のとおりである。

(1) 2.8.6に記述したように、強風被害は、海岸付近から東北東へ約1.4kmの事故現場周辺を含めた帯状の範囲に点在しており、事故現場もその範囲内に位置していたものと推定される。

(2) 2.12.1.3に記述したように、本事故後の風速等の調査分析結果から、既設風速計は正常に動作していたものと推定される。また、2.12.1.4の記述から、事故現場付近は、自然風の特徴が周辺と異なる性質を示すような箇所ではないものと考えられる。さらに2.12.1.6に記述したように、事故現場付近と既設風速計付近の風速は、概ね似た傾向が見られた。

これらのことから、本事故発生時における事故現場付近の風速は、2.8.3に記述した既設風速計が観測した20m/s程度を大きく超えていた可能性は、局所的な気象現象が発生しない限り、低いものと考えられる。

(3) 2.8.6(5)に記述したように、事故現場付近の農機具小屋が倒壊しており、田村教授らの分析によると、倒壊時の瞬間風速は3.4m/s以上となることが推定されている。

また、2.12.1.5及び2.12.2.2に記述したように、盛土の影響を勘案すると、本件列車が走行する盛土上においては、これより1～2割程度強い風が吹いた可能性が考えられる。

これらから、農機具小屋が倒壊した時刻に事故現場の盛土上で吹いた風速は、上述した既設風速計で観測した風速20m/s程度を大きく上回る可能性が考えられる。

(4) 3.4.1に記述したように、事故発生当時の事故現場付近では、突風等の顕

著な現象が発生しやすい気象状況であったものと考えられる。また3.4.2に記述したように、強風被害は同一のエコーの通過に対応して生じたものと考えられ、3.4.1(2)に記述したように、これらの被害をもたらしたエコーが、本事故発生時刻前後に事故現場付近を通過していた。さらに2.8.7(2)に記述したように、本件橋りょうを渡り終えた直後に急に強い風が吹いたと、本件運転士や乗客が口述していることから、このエコーの通過に対応して、事故現場で突風が吹いた可能性が考えられる。

これらの解析結果から、事故現場では事故当時、3.4.2に記述したように、線状のエコーの中の強いエコーの通過に対応して強風被害が発生し、その際、周辺の風速計の観測にもかかわらず局所的な突風が吹いた可能性が考えられる。しかしながら、事故現場における突風が竜巻によるものかダウンバーストによるものかは、それを特定するに足る情報が十分でないことから明らかにすることができなかった。

また、局所的な突風の風速については、2.8.3、2.8.6(2)及び(5)の記述並びに上記(3)の解析に記述したように、

- ① 一連の強風被害をもたらしたエコーに対応して、海岸付近の新川海岸の観測点で36.9m/sの瞬間風速を観測していること
- ② 広野地区では瞬間風速40m/sに耐えられる設計の防雪柵の防雪板が飛散していること
- ③ 事故現場付近の農機具小屋は、瞬間風速34m/s以上の風で倒壊したとの推定結果が得られていること
- ④ 本件列車が走行する盛土上においては、盛土の影響から農機具小屋の場で吹いた風より1～2割程度風速が強まる可能性が考えられること

から、事故現場においては瞬間風速40m/s程度であった可能性が考えられる。

3.5 脱線の要因、脱線前後の車両挙動に関する解析

3.5.1 事故現場付近の走行速度に関する解析

2.5.3の記述から、本件列車は、茨野踏切道始動点から中台踏切道終止点までの間を平均速度約96～103km/hで通過した後、力行して平岡踏切道始動点を速度約106km/hで通過したものと考えられる。

また、2.1.2(1)に記述したように、本件運転士は、本件橋りょうに差し掛かった辺りで速度約110km/hでノッチオフしたと口述している。

これらのことから、本件橋りょうの後方にある平岡踏切道始動点付近でノッチオフしたと仮定し試算すると、事故現場付近の走行速度は約100km/h程度であった可能性が考えられる。

3.5.2 事故現場付近の運転規制に関する解析

2.7.2.4に記述したように、同社の早目規制区間は、単線上路橋などの平地よりも転覆限界風速が低くなると思われる区間等の条件を総合的に評価して決定したものであり、2.7.2.2及び2.7.2.5に記述したように、羽越線の砂越駅～北余目駅間は一般規制区間と定められており、運転を見合わせる風速は30m/sであった。全国の在来線における運転規制区間の運転を見合わせる風速は25m/sが57%、30m/sが37%であることから、全国の運転規制区間と比較しても一般的な規制値であったものと考えられる。

3.5.3 転覆限界風速に関する解析

2.12.2.4(2)に記述したように、風洞試験で得られた空気力係数等を用いて算定した転覆限界風速については、現場付近における列車の走行速度を3.3及び3.5.1の記述から想定される100～120km/hとした場合、列車に対する自然風の風向角 α を70°～75°程度（進行方向を0°とし、真横を90°とする）としたときが列車への影響が最も大きく、車体の左右振動加速度を考慮すると、転覆限界風速は、1両目については30m/sより大きく、2両目については40m/sより大きくなった。また、自然風の風向角 α を、転覆限界風速が最小となる風向角（70°～75°）から20°前後変化させると転覆限界風速は2～3m/s程度大きくなるという結果となった。

一方、車体の左右振動加速度を0とした場合の転覆限界風速は、1両目は40m/s前後、2両目は50m/s弱という結果となった。また、簡略な計算式による転覆限界風速の試算では、1両目は約43m/s、2両目は約45m/sという結果となった。

これらの結果から、本件列車において、転覆限界風速が2両目より小さい1両目の転覆限界風速は30m/sより大きく、しかしながら、40m/sを大きく上回るものではないものと考えられる。

なお、2.6.3に記述したように、本件列車の車両は、改造工事が行われた際に、改造後の車体重心高さの算出を行っていなかったことから、車体重心高さが、転覆限界風速にどの程度影響を及ぼすかを推定するため、2.12.3に記述したように、簡略な計算式を用いて転覆限界風速を試算した。車体重心高さが10cm高くなったと仮定して試算すると、1、2両目ともに、転覆限界風速は0.5m/s程度小さくなる結果となったが、この程度の数値であれば、転覆限界風速への影響は少ないものと考えられる。

3.5.4 車両の脱線の発生に関する解析

3.1.1及び3.2.1に記述したように、軌道及び車両に脱線の要因となるような異常

はなかったものと考えられることから、これらが車両の脱線に関与した可能性は低いものと考えられる。

また、2.1.2(1)に記述したように、本件運転士が、本件列車が傾いて横転した際、「本件列車が物にぶつかったり、何か落ちているものを踏んだような感覚はなかった」と口述していること、2.3.1に記述したように、車輪によると見られる痕跡がNo.12bまくら木より後方の軌道になかったこと及び3.1.2(1)に記述したように、架道橋始端より後方の区間におけるレールの頭頂面上の痕跡が車輪によるものと考えられ、それ以外の何かが接触したような痕跡はなかったことから、本件列車が強風による飛来物等に接触して脱線した可能性はないものと考えられる。

3.4.3(2)に記述したように、本事故発生時の事故現場の風速は既設風速計の観測記録である20m/s程度を大きく超えていた可能性は、局所的な気象現象が発生しない限り、低いものと考えられる。一方、3.5.3に記述したように、本件列車の1両目の転覆限界風速は、30m/sより大きく、しかしながら、40m/sを大きく上回るものではないものと考えられること及び3.4.3に記述したように、事故現場において、瞬間風速40m/s程度の風が吹いた可能性が考えられることから、事故現場では、周辺の風速計の観測にかからない局所的な、転覆限界風速を超える風が、突然吹いた可能性が考えられる。

個々の車両の脱線前後の挙動については3.5.5に記述するが、脱線の発生状況については、3両目は1両目が横転して停止した後に1両目に乗り上げた可能性が考えられることから、順序としては、1両目又は2両目が先に脱線したのと考えられる。さらに、転覆限界風速は1両目の方が2両目より小さいこと及び2両目が左レール軌間内に脱線したのは、左レール軌間外へ脱線した1両目の先頭部が左へ移動したことにより、1両目の車両後面左側が2両目の前面に接近し、2両目は先に脱線した1両目に追突するような状態で、右側に押されるような力が加わったことによる可能性が考えられることから、1両目が最初に左へ脱線した可能性が考えられる。

これらの解析結果と2.1.2(1)、2.1.3.1(1)及び2.1.3.2(1)に記述したように、運転士及び乗客が「急に右から地吹雪やみぞれ等が吹いてきた、窓ガラスに何かがあった直後に左へ傾いた」等と口述していることから、本件列車は、右から転覆限界風速を超えるような局所的な突風を受けたため、1両目が左へ傾斜し、右車輪が浮き上がって、左へ脱線した可能性が考えられる。

(付図50参照)

3.5.5 脱線前後の車両の挙動に関する解析

脱線前後の各車両の挙動については、複雑な状況であったものと推定され、事故

現場の状況、痕跡及び口述等から得られた情報からは、その挙動の詳細までを明らかにすることはできなかったが、2.1に記述した運行の経過、2.3に記述した物的被害に関する情報、3.1に記述した施設に関する解析及び3.5.4に記述した車両の脱線の発生に関する解析から、その挙動は、以下のようであった可能性が考えられる。

3.5.5.1 1両目

- (1) 3.1.2(2)に記述したように、No.1まくら木の前部が欠損し、No.2まくら木が折損し著しく損傷して前方に移動していたのは、車輪により大きな衝撃を受けた可能性が考えられること、

及び、3.5.4に記述したように、1両目が右からの突風を受け先頭部が脱線して左に移動した可能性が考えられることから、

本件列車は、本件橋りょうを通過して架道橋後方（秋田駅方）を走行中、3.5.4に記述したように、右からの突風により1両目が左へ傾斜し、No.2まくら木付近において、前台車が左へ脱線した。

- (2) 前台車の脱線後、3.1.2(2)に記述したように、左車輪がNo.14まくら木より前方においてはさらに左へ移動していたものと考えられることから、

1両目は、左前方に進み、左レール軌間外の最も秋田駅方の痕跡があったNo.7bまくら木付近において後台車が左へ脱線した。

- (3) 2.3.1(2)に記述したように、架道橋上のまくら木が激しく損傷していたこと、

2.3.1(3)に記述したように、道床左側肩部や盛土の左側のり面が連続的に崩壊していたこと、

及び、2.3.2に記述したように、No.VI電柱及びNo.VII電柱が折損していたことから、

1両目は、これらを損傷させ、先頭部を左に向けて、減速した。

- (4) 2.3.1(3)に記述した道床左側肩部及び盛土の左側のり面の崩壊状況並びに2.3.3.1に記述した1両目の車両の停止状況及び損傷状況から、

車体は、さらに左へ傾斜しながら盛土上から転落して左に横転し、滑走した後、前部は堆肥舎北西角の右側に、後部は左側に向かい、堆肥舎の北西角に車体の屋根中央付近が衝突してくの字に変形した。

3.5.5.2 2両目

- (1) 3.1.2(1)に記述したように、No.12bまくら木付近から前方の軌道では、架道橋後方の左レール軌間内のレール締結装置及びまくら木に、2両目の前後台車全4軸、3両目の後台車全2軸又は4両目の前台車の第1軸のいずれ

かの左車輪によるものと考えられる痕跡が、それぞれ見られた。これらは、3.5.5.1(2)に記述したように、No.1 4まくら木より前方の区間においては、1両目前台車がさらに左へ移動したものと考えられること、

3.5.4に記述したように、2両目は、先頭部を左に向けて移動した1両目の車両後部から右側への力を受けて脱線した可能性が考えられること、

及び、2.3.1(2)に記述したように、架道橋終端のコンクリートブロックの痕跡の位置とNo.1 2 bまくら木との距離が1両分程度離れていることから、

No.1 6 b～1 5 bまくら木の左レール頭頂面上の中央付近からゲージコーナーにかけての傷、及びNo.1 2 bまくら木付近から前方の左レール軌間内の痕跡は、2両目のいずれかの左車輪が走行したことによるものと見られる。

- (2) 2.3.1に記述したように、架道橋後方及び架道橋付近の右レール及び右レール軌間内外のレール締結装置等には車輪が走行したことによるものと見られる痕跡がなかったことから、

2両目は、1両目が脱線した時点では、既に右車輪が浮き上がり車体が左へ傾斜していた。

- (3) 架道橋後方の左レール軌間内のレール締結装置等には複数の車輪が走行した痕跡が見られたことから、

2両目は、架道橋後方を走行中、脱線によって減速した1両目から右側への力を受けて、上記(2)に記述したように、左へ傾斜しながら前台車、続いて後台車が左レール軌間内に脱線した。

- (4) 3.1.2(2)に記述したように、左レール軌間内のレール締結装置の損傷がNo.1 9まくら木より前方にはなく、No.1 9まくら木には左レールの軌間内外に異なる車輪が走行したと見られる痕跡があったことから、

2両目は脱線した1両目との連結を保持したまま左へ傾斜しながら左前方に誘導されて、2両目の前後台車の左車輪は、No.1 9まくら木付近で左レールを乗り越えた。

- (5) 2.3.1(3)に記述した左側道床及び盛土左側のり面の崩壊の状況並びに2.3.3.2に記述した車両の停止及び損傷の状況から、

2両目は左へ傾斜しながら盛土上から転落して横転し、滑走した後、1両目後部を堆肥舎の北面に押し付ける状態で衝突して停止した。

3.5.5.3 3両目

- (1) 2.3.1(3)に記述したように、No.7 0まくら木付近までは右レールの頭頂面上に傷が見られなかったこと、

No.7 1まくら木付近までの右レール寄り軌間内のまくら木には目立った損

傷が見られなかったこと、

架道橋前方の左レール軌間内のレール締結装置やまくら木が断続的に損傷していたこと、

及び、2.3.3.3(7)に記述したように、3両目の後台車全2軸左車輪の踏面角部に打痕が見られたことから、

3両目は、1両目及び2両目が脱線し、減速した2両目の後部に衝突し、左へ傾斜しながら左車輪が左レール軌間内に脱線した後、2両目に誘導され左レールを乗り越え左へ脱線した。

(2) 2.3.3.2に記述したように、2両目の後部が盛土にかかった状態で停止していたこと、

2両目の車体後面に衝突痕が見られたこと、

2.3.3.3(1)に記述したように、3両目の車体前面に打痕が見られたこと、

2.1.3.1(6)に記述したように、3両目の乗客は、右への傾きが徐々に大きくなり、完全に傾いた状態で、地面を滑るような状況になったと口述していること、

及び、2.3.3.3に記述したように、3両目は車体が右側面を下に向けて横転していたことから、

3両目は、脱線により減速した2両目の後部に衝突して持ち上がり、脱線して盛土上から転落し、4両目に後ろから押される状態で、車体が右へ傾斜して、堆肥舎西面に向けて進んだ。

(3) 2.3.3.1(3)に記述したように、1両目の右側面の前部に擦過痕が見られたこと、

2.3.3.3(7)に記述したように、3両目の前台車が1両目車体の前部付近に落下していたこと、

3両目の車体が進行方向と逆向きで停止していたこと、

及び、2.3.4.2に記述したように、堆肥舎が本件列車の衝突により大破していたことから、

3両目は、堆肥舎に衝突して停止していた1両目の運転台右側面付近に乗り上げて前台車が車体から脱落し、堆肥舎西側の屋根の中央付近に車体前部が衝突した。その後、車体前部付近が堆肥舎の屋根の鉄骨に支えられた状態で車体前部を支点として左回りに水平回転し、4両目との連結を保持したまま堆肥舎西側へ転落して停止した。

3.5.5.4 4両目

4両目は、2.3.3.4に記述したように、前部が3両目の後部と接触した状態で停

止していたこと、

前後台車とも軌道上に残っていたこと、

及び、各車輪の脱線状況から、

3両目によって左前方に誘導されて脱線して3両目との連結を保持したまま進行した後、堆肥舎西側の屋根に衝突した3両目が前部を支点として左回りに水平回転したのに合わせて、前後台車が車体から脱落し、3両目に引っ張られるとともに、5両目に押されて、車体前部がいったん線路の右に動いた。その後、左回りに水平回転して、車両前部が線路左側に、車体後部が下り線の線路上にはみ出して停止した。この結果、車体は上下線の線路を左右に跨いだ状態で停止した。

3.5.5.5 5両目

5両目は、2.3.3.5に記述したように、前部が4両目の後部と接触した状態で停止していたことから、

4両目との連結を保持したまま進行し、脱線して減速した4両目に衝突し、6両目に押されながら進行して、前台車は右へ脱線し、車体から脱落した。その後、車体は4両目の車両を前へ押しながら進行方向に対して車体前部が右へ移動して後台車が右へ脱線した。この結果、車体は前部が下り線、後部が上り線の線路上に停止した。

3.5.5.6 6両目

6両目は、2.3.3.6に記述したように、5両目の後部で停止していたことから、

5両目との連結を保持したまま進行し、脱線して減速した5両目の車体後部に衝突し、前台車第1軸の右車輪のみが軌間内に脱線して停止した。

3.6 サバイバルファクターに関する解析

3.6.1 死傷要因に関する解析

3.6.1.1 死亡者の状況

2.2.2及び2.2.4に記述したように、死亡者5名全員が1両目に乗車しており、圧死、脳挫傷又は全身打撲による外傷性ショックにより死亡している。また、死亡者5名のうち、4名は車内中央付近で発見され、1名は車両中央付近の車両の下から発見された。

一方、2.3.3.1に記述したように、1両目は、車両が横転した状態で屋根中央付近が堆肥舎に衝突して車体がくの字に折れ曲がり、車体中央部から後部にかけて、屋根が車内側につぶれ激しく損傷していた。

これらのことから、客室内の空間が著しく減少して客室内設備に挟まれたり、横

転や衝突の衝撃により車外に投げ出されて車両の下敷きとなり、死亡者が生じたものと考えられる。

3.6.1.2 負傷者の状況

2.2.2に記述したように、乗客等44名のうち37名が死傷し、1両目から3両目については、35名のうち5名が死亡し29名が負傷している。

一方、2.3.3.1から2.3.3.3までに記述したように、1両目から3両目は、いずれの車両も盛土左側に転落して横転し、激しく損傷していたことから、負傷した多くの乗客は、車両と堆肥舎との衝突や横転の衝撃により身体が座席から投げ出され、客室内の壁、座席等にぶつかったものと考えられる。

また、2.2.5(3)に記述したように、負傷の程度が比較的重いと考えられる骨折者については、列車停止時に事故前と同じ乗車位置にいた乗客に比べて、事故前と異なる乗車位置にいた乗客の方が多かったことから、身体が座席から投げ出されたことが負傷の程度に影響したものと考えられる。

3.6.2 救急救助機関等の対応に関する解析

2.9.4.3に記述したように、強い暴風雪の中、本事故発生後の19時32分（約18分後）ごろ救急隊が事故現場に到着し、客室内に入りトリアージが行われ、19時42分ごろから客室内の負傷者の救出活動が行われた。さらに、20時ごろからは病院への搬送が開始され、20時50分ごろには医療チームが到着し事故現場での医療活動が行われた。

客室内設備に挟まれて救出困難な負傷者1名を除く他の負傷者は、21時ごろまでには病院に搬送された。客室内設備に挟まれて救出困難な負傷者の救出は、クラッシュ症候群防止のための薬剤投与を行いながら、油圧救助器具を使用して行われ、23時55分ごろに病院へ搬送され、負傷者全員の病院への搬送が終了した。

暴風雪という悪条件下の救助活動であったにもかかわらず、救急救助機関や医療機関の対応は概ね適切に行われたものと考えられる。

3.7 列車防護に関する解析

3.7.1 本件列車の乗務員による列車防護に関する取扱いの解析

2.10.5に記述したように、本件車掌は、19時15分ごろ6両目の防護無線機から発報信号を発信したものと推定される。その結果、2.10.8及び2.10.9に記述したように、対向831D列車は余目駅、後続列車は東酒田駅において、それぞれ本件列車の防護無線機による発報信号を受信し、事故現場に進行する列車はすべて停止したものと推定される。また、2.1.4(1)に記述したように、輸送指令員は車掌から

の第1報を受け、直ちに関係列車の抑止手配を行ったものと考えられる。

しかし、2.10.2及び2.10.6に記述したように、同社の運転実施基準等に定められた列車防護の取扱いのうち、車両用信号炎管の点火、携帯用信号炎管及び軌道短絡器（以下「列車防護用具等」という。）による対向列車に対する列車防護の措置は講じられていなかったものと考えられる。

これは、2.1.2(1)及び2.3.3.1に記述したように、1両目は車体全体が盛土左側に転落して横転し、激しく損傷していたこと、及び本件運転士が防護無線機、列車無線機等を探したものの暗くて見つからなかったと口述していることから、列車防護用具等を1両目の運転室内で発見することは困難な状況にあったことによるものと考えられる。

一方、2.1.2(2)及び2.3.3.6に記述したように、6両目は上り線上に走行状態とほぼ同じ状態で停止し、車両の損傷もほとんどなかったことから、6両目の運転室内の列車防護用具等により対向列車に対する列車防護の措置を講じることは可能な状況にあったものと考えられる。

また、2.1.4(1)に記述したように、輸送指令員が、19時30分ごろ、本件運転士に対して、関係列車の抑止は手配済みであることを伝えたことと口述していることから、本件列車の乗務員は、19時30分ごろまで、関係列車の抑止状況を把握していなかったものと考えられる。

列車防護は、二次的な被害を防止するために最優先で確実に行う必要があり、本事故発生時においては、防護無線機の操作を行った後、速やかに、列車防護用具等による対向列車に対する列車防護の措置を講じるべきであったものと考えられる。

3.7.2 同社の規定する列車防護等に関する取扱いの解析

3.7.1に記述したように、本件列車の防護無線機による発報信号を受信し、事故現場に進行する列車はすべて停止したものと推定される。

しかし、2.5.4に記述したように、防護無線機が故障した場合には、停止信号が現示されないことから、二次的な被害を防止するためには速やかに、列車防護用具等による対向列車に対する列車防護の措置を講じる必要があり、同社も2.10.2及び2.10.4に記述したように、規程類に定めるとともに、それをもとに教育を実施していたものと考えられる。

それらの規程類の中で、2.10.2に記述した「異常時運転取扱手引（運転士編及び車掌編）」においては、防護無線機の発報信号による停止信号を現示し、列車防護用具等による列車防護の措置を講じた後に輸送指令への連絡を行う旨記載されているのに対し、2.10.3に記述した「車掌作業標準」においては、防護無線機の取扱いにおける作業内容について、「列車防護の必要な時はスイッチを押す」という記述

の次に、「発報した場合は運転士と指令に連絡」と記載されている。

後者については、防護無線機の取扱いについて記載されたものであるが、列車防護の方法の手順に誤解を生じさせるおそれも考えられるため、これらの記載内容に整合性を持たせる必要があるものと考えられる。

さらに、本事故のように運転士が列車防護を行うことができない場合は、その他の乗務員がそれを行う必要があるが、このような場合、手順を誤ることなく、迅速かつ確実に対応する必要があることから、規程類を精査してさらに充実させるとともに、乗務員に対して列車防護の各手順の意味を十分に認識させるため、教育等により徹底する必要があるものと考えられる。

加えて、本事故において、仮に本件列車の全軸が脱線していた場合等には、輪軸が軌道を短絡しない状況となり、後続列車に対して閉そく信号機等が停止信号を現示しなかったものと考えられる。このような場合は、2.10.4に記述した教育内容と異なり、対向列車に対する列車防護のみではなく、後続列車に対する列車防護も必要であることから、2.10.4に記述した教育に加え、全軸が脱線した場合における列車防護の取扱いについても、実施方法及び規程類への記載方法等を検討することが望ましい。

また、事故現場のようなこう配のある区間においては、状況によっては転動防止手配が必要になることも考えられるが、2.10.13に記述したように、本件運転士が転動防止手配を行わなかったのは、脱線の状況からそれを行う必要がないと判断したことによるものと考えられる。

3.8 強風対策の考え方に関する解析

3.8.1 気象情報の有効活用

竜巻やダウンバーストによる突風を即時的に予測して対処することは、それらの気象現象のメカニズムが十分に解明されておらず、また、観測体制や情報提供体制が確立されていないことから現状では容易ではないものと考えられる。しかしながら、気象庁において、竜巻等をもたらす可能性のある積乱雲を監視するドップラーレーダーの整備等、突風をもたらす現象に対しても観測体制の強化が図られるとともに、その観測成果の活用、情報提供等についての検討も進められている。したがって、鉄道事業者としても、新たな知見による確度の高い気象情報を積極的に取り入れる等の対応を検討する必要があるものと考えられる。

また、自社における観測を含めた既存の気象情報を活用した運転規制についても、局所的な突風も含め対処するためには、改善の余地があるものと考えられる。一例を挙げれば、現在、強風時の規制等については、周辺の気象情報を踏まえつつも、通常は自社が設置した沿線風速計等の計測機器の情報等を基本として、判断してい

ることが多いものと考えられるが、気象現象の変化は線路に沿った動きだけではないため、沿線の観測結果だけでは線路周辺の気象現象の変化等について判断できるものではない。したがって、様々な気象現象の変化に対応するためには、外部からの情報等も踏まえ、気象の状況を面的に把握し、適切な対応を行う必要があるものと考えられる。

特に近年は、気象警報等の情報については発表対象とされる範囲が細分化されてきていること、気象観測のシステムの向上が図られ、実況の把握がより迅速にできるようになっていること、竜巻注意情報のような新たな情報が提供されるようになってきていること等から、鉄道関係者においては、このような気象分野の動きに関心を高めるとともに、気象観測技術や情報処理技術などの進歩に注目しつつ、広く研究を重ね、気象情報をより活用し、適切に対処することが有効であるものと考えられる。

以上のことから、このような状況の変化を踏まえ、最新の気象情報を速やかに入手する環境を整えるとともに、列車の運行管理において、これらの気象情報を用いて早めの注意体制をとる等、その有効活用方策について気象関係者の意見も踏まえて検討する必要があるものと考えられる。

3.8.2 強風対策の実施

列車の転覆限界風速は、車両の構造等により影響を受けるとともに、2.12.2.4(2)に記述したように、走行速度の増加に伴い小さくなる傾向があり、風向きにも影響を受けるものと考えられる。また、2.12.1.5及び2.12.2.2に記述したように、盛土上においては風速が大きくなるものと考えられる。これらのことから、強風下における列車の安全な運行の確保には、様々な要因について考慮する必要があるものと考えられる。

したがって、近年の列車走行速度の向上や車両構造の変化等に対応し、安全性の向上を図るためには、風に対する車両挙動に関する最新の研究などを踏まえ、風速観測の強化、防風柵の設置等の対策も含めた総合的な強風対策を検討する必要があるものと考えられる。

なお、強風時の運転規制に関しては、2.7.3.4に記述したように、運転実施基準が実態と乖離している状況が見られたが、適切な運行管理を徹底させるためには、実態を踏まえて、速やかに規程類を見直す必要があるものと考えられる。

3.9 解析結果の要約

3.9.1 施設に関する解析

鉄道構造物及び軌道等に、脱線の要因となるような異常はなかったものと考えら

れる。

架道橋始端より秋田駅方のNo.1 2 b まくら木の区間における左レール軌間内側のレール締結装置等の痕跡は、2両目から4両目のいずれかの左車輪が落下しその踏面角部付近がこれらに衝突したことによるものと考えられる。また、No.7 b まくら木から前方における左レール軌間外のレール締結装置の損傷等は、左車輪が脱線して走行したことによるものと考えられる。

架道橋上において、No.1 まくら木の前部のみが欠損し、No.2 まくら木は著しく損傷し、他のまくら木の痕跡の特徴と異なっていたが、これらは、最初に脱線した1両目の左車輪がこの付近で落下し、大きな衝撃を与えたことによる可能性が考えられる。

No.1 9 まくら木付近の痕跡の状況から、軌間内に脱線していた複数の車輪は、この付近で、左レールを乗り越えて左レール軌間外に移動したのものと考えられる。

3.9.2 車両に関する解析

本件列車の車両に脱線の要因となるような異常はなかったものと考えられる。

また、全車両に見られた車体、台車、車輪の損傷は、本事故の発生に伴い生じたものと考えられる。

3.9.3 運転取扱いに関する解析

本事故発生前における既設風速計の記録は、12m/sが最大であり、同社は本事故発生時に、強風時における運転規制を行う状況にはなかったものと考えられる。

事故現場において、本件列車は、制限速度である120km/hの範囲内で走行していたものと考えられる。また、本件橋りょう後方にある平岡踏切道始動点付近において、110km/h前後でノッチオフしたと仮定し計算すると、本件列車の事故現場付近における走行速度は約100km/h程度であった可能性が考えられる。

本件運転士は、本事故発生前に、強風時における運転取扱いを行う状況にはなかったものと考えられる。

3.9.4 気象等に関する解析

3.9.4.1 気象観測結果に関する解析

本事故発生当時は事故現場付近を活発な積乱雲群が通過中であり、突風等の顕著な気象現象が発生しやすい状況であったものと考えられる。

3.9.4.2 事故現場周辺の強風被害に関する解析

事故現場周辺の強風被害は、海岸から東北東へ約1.4km、幅数十mから数百mと

いう帯状の範囲に分布していた。これらの強風被害は周辺の風速計の観測にもかからない狭い範囲で、同一のエコーの通過に対応して発生したものと考えられ、被害の程度から、その風速は周辺の風速計の観測値よりも大きいものであったと考えられる。

今回のような強風被害をもたらす現象としては、竜巻かダウンバーストの可能性が考えられる。

このうち、海岸付近の浜中地区から黒森地区にかけては、竜巻が発生していた可能性が考えられるが、他の地区においては、竜巻によるものかダウンバーストによるものかを明らかにすることはできなかった。

3.9.4.3 事故現場における気象に関する解析

事故現場付近における気象については、自然風の特徴が、周辺と異なる性質を示すような箇所ではないものと考えられる。また、事故現場付近と既設風速計付近の風速は、概ね似た傾向が見られた。

事故現場付近の農機具小屋が倒壊していたが、田村教授らの分析によると、瞬間風速で3.4 m/s以上の風が吹いたという推定結果が得られており、盛土の影響を勘案すると、本件列車が走行する盛土上においては、これより1～2割程度強い風が吹いた可能性が考えられること、新川海岸において36.9 m/sの瞬間風速を観測していること及び広野地区の最大瞬間風速4.0 m/sに耐えられる設計の防雪柵の防雪板が飛散していることなどから、事故現場においては、既設風速計で観測した風速を大きく上回る、瞬間風速4.0 m/s程度の局所的な突風が吹いた可能性が考えられる。

3.9.5 脱線の要因、脱線前後の車両挙動に関する解析

3.9.5.1 事故現場付近の運転規制に関する解析

羽越線の砂越駅～北余目駅間は一般運転規制区間と定められており、風速2.5 m/sで速度規制を行い、3.0 m/sで運転を見合わせることでとされていたが、これらは、全国の運転規制区間と比較しても一般的な規制値であったものと考えられる。

3.9.5.2 転覆限界風速に関する解析

風洞試験で得られた空気力係数等を用いて算定した結果からは、最初に脱線した可能性が考えられる本件列車1両目の転覆限界風速は、100～120 km/hの走行速度において、3.0 m/sより大きく、しかしながら、4.0 m/sを大きく上回るものではないものと考えられる。

3.9.5.3 車両の脱線の発生に関する解析

軌道及び車両に脱線の要因となるような異常はなかったものと考えられることから、これらが車両の脱線に関与した可能性は低いものと考えられる。

本件列車が強風による飛来物等に接触して脱線した可能性はないものと考えられる。

本件列車は、右から転覆限界風速を超えるような、局所的な突風を受けたため、1両目が左へ傾斜し、右車輪が浮き上がって、左へ脱線した可能性が考えられる。

盛土上から転落し横転していた1両目から3両目までについては、横転して停止した1両目に3両目が乗り上げた可能性があること、転覆限界風速は、1両目の方が2両目より小さいこと及び2両目は先に脱線した1両目に追突するような状態で、左車輪が左レール軌間内に脱線した可能性が考えられることから、1両目、2両目、3両目の順に脱線したものと考えられる。

3.9.6 サバイバルファクターに関する解析

3.9.6.1 死傷要因に関する解析

1両目の車体中央部から後部にかけて、屋根が車内側につぶされ、客室内の空間が著しく減少して客室内設備に挟まれたり、横転や衝突の衝撃により車外に投げ出されて車両の下敷きとなり、死亡者が生じたものと考えられる。また、負傷した多くの乗客は、車両と堆肥舎との衝突や横転の衝撃により身体が座席から投げ出され、客室内の壁、座席等にぶつかったものと考えられる。

3.9.6.2 救急救助機関等の対応に関する解析

暴風雪という悪条件下の救助活動であったにもかかわらず、救急救助機関や医療機関の対応は概ね適切に行われたものと考えられる。

3.9.7 列車防護に関する解析

3.9.7.1 本件列車の乗務員による列車防護の取扱いの解析

本件車掌が6両目の防護無線機から発報信号を発信したため、事故現場に進行する列車は、それを受信し、すべて停止したものと推定される。

関係列車の抑止について把握していない状況において、本件列車の乗務員は列車防護用具等による対向列車に対する列車防護の措置を講じていなかったものと考えられる。

二次的な被害を防止するためには、列車防護は最優先で行う必要があることから、対向列車に対する列車防護の措置を確実に講じるべきであったと考えられる。

3.9.7.2 同社の規定する列車防護の取扱いの解析

本事故のように運転士が、即座に列車防護を行うことができない場合においては、その他の乗務員が列車防護を行う必要があるが、そのような場合に手順を誤ることなく、迅速かつ適確に対応できるよう、規程類を精査してさらに充実させるとともに、教育等により徹底する必要があるものと考えられる。

3.9.8 強風対策の考え方に関する解析

3.9.8.1 気象情報の有効活用

現在の気象庁におけるドップラーレーダーの整備等、突風をもたらす現象に対する観測体制の強化等の状況の変化を踏まえ、鉄道事業者としても、新たな知見による確度の高い気象情報を積極的に取り入れる等の対応を検討する必要があるものと考えられる。

また、列車の運転規制について、局所的な突風も含め対処するためには、自社線の沿線に設置された計測機器等の情報のみで対応するだけではなく、気象情報による実況及び予測を活用し、適切に対処することが有効であると考えられる。

したがって、これらの状況の変化を踏まえ、最新の気象情報を速やかに入手する環境を整えるとともに、列車の運行管理において、これらの気象情報を用いて早めの注意体制をとる等、その有効活用方策について気象関係者の意見も踏まえて検討する必要があるものと考えられる。

3.9.8.2 強風対策の実施

近年の列車走行速度の向上や車両構造の変化等に対応し、安全性の向上を図るため、風に対する車両挙動に関する最新の研究などを踏まえ、風速観測の強化、防風柵の設置等の対策も含めた総合的な強風対策を検討することが必要であると考えられる。

4 原因

本事故は、本件列車が本件橋りょうを過ぎて盛土構造の直線区間を走行中に、右から転覆限界風速を超えるような局所的な突風を受けたため、車両が左に傾斜して、1両目から3両目までが脱線し、盛土上から転落し横転するとともに、続いて4両目から6両目までが脱線したことによるものと考えられる。

5 所見

5.1 強風対策についての検討

強風対策については、国土交通省、気象庁、鉄道事業者等で構成される「鉄道強風対策協議会」が検討しており、各鉄道事業者も本事故発生以降、風速計の新設等、取組を強化しているところであるが、さらに、鉄道事業者は、より適切な運転規制を必要箇所で行うため、自ら設置した風速計の観測値以外にも、気象庁の発表する警報等気象情報の有効活用を図ることにより、鉄道線路周辺における強風状況の把握及び監視体制についてより一層の充実を図るべきである。加えて、列車の走行速度の向上、車両構造の変化、防風柵の設置等、強風下において列車の運行に影響を及ぼす要因を総合的に勘案し、適切な強風対策について検討するべきである。

5.2 突風対策の研究

強風対策のうち、特に今回の事故のような局所的な突風についての対策を講ずる上でその活用を検討すべきものとして、気象庁が本年3月から開始した竜巻注意情報があるが、その適中率等についてはいまだ技術的な制約があるものと考えられる。しかしながら、鉄道関係者においては、このような気象分野の新しい動きに関心を高めるとともに、気象観測技術や情報処理技術などの進歩にも注目しつつ、広く研究を重ねることにより、実効性のある突風対策の実現に向けて真摯に取り組むべきである。

また、鉄道は安全かつ適確な運行が求められる公共交通機関であることから、気象庁においても今後竜巻注意情報等について、適中率の向上やより細かい格子情報としての提供を行うなど、社会のニーズに適確に応えるよう対処することが望まれる。

6 参考事項

6.1 同社が講じた措置

(1) 防風柵の設置

既設の4線区4ヶ所の防風柵等に加え、本件橋りょうを含む5線区11ヶ所に、防風柵を設置した。

(2) 強風警報システムの導入

連続した風速観測データから、時系列解析の手法により、数十分程度先までの最大風速を予測する強風警報システムを、既設の1線区6区間に加え、北余目駅～砂越駅間を含む16線区59区間に導入した。（平成20年2月末現在）

(3) 既存の運転規制区間への風速計の増設

既存の運転規制区間について、基本的に複数の風速計を設置することとし、同社在来線では、本件橋りょうを含む312基の増設を行った。（平成20年2月末現在）

(4) 防災研究所の設置

気象現象や自然現象全般についての科学的知見を社内に蓄積するため、同社の研究開発組織であるJR東日本研究開発センター内に防災研究所を設立した。

(5) 強風マップの作成による運転規制区間の確認

上空の風況や地形に基づいたシミュレーションによる強風マップの作成及び現地社員等による運転規制区間の再確認を実施し、既存の強風による運転規制区間221区間に加えて新たに75区間を運転規制区間として設定することとし、一部区間では既に運用を開始した。

(6) 気象情報の活用による運転規制の試行実施

気象情報を活用し、寒冷前線の通過、積乱雲の高さ、エコー強度等の指標を組み合わせ、列車の運行判断を行う運転規制方法について、平成20年1月より羽越線の新津駅～酒田駅間及び白新線の新潟駅～新発田駅間において試行的に実施している。

(7) 平成19年12月に「本社の事故対策本部の設置」について規程に定めた。

6.2 国土交通省が講じた措置

鉄道局は、平成17年12月26日、本事故に鑑み、風速計に係る緊急総点検の実施について指示を行った。

また、平成18年1月6日、鉄道強風対策協議会を設置し、本事故に関して情報交換を行うとともに、当面とり得る強風対策の可能性等について検討を行った。

その後、鉄道局は、平成18年3月3日に緊急総点検の結果（速報）を取りまとめ、併せて、

- (1) 「風の通り道」への風速計の新設等
- (2) 風速計の測定値が運転規制の基準値を超えた場合の警報機能の付加
- (3) 運転規制に用いる風速の平均風速から瞬間風速への変更
- (4) 風速計の点検整備に係る規定の作成

を当面の強風対策として指示した。

この他、同協議会は、平成18年9月12日、ソフト、ハード両面から当面取り得る強風対策等について中間的な取りまとめを行い、風速計の新設等を対策項目とする他、風観測の手引き及び防風設備の手引きを定め、運転規制と突風対策について引き続き検討を進めることとし、平成18年12月19日、風速計の設置計画を取りまとめた。

6.3 気象庁が講じた措置

気象庁は、竜巻等をもたらす可能性のある積乱雲を監視するドップラーレーダーの整備を進めるとともに、これまで地方气象台などに限られていた瞬間風速の観測を一部のアメダス観測所で平成20年3月25日に開始した。

また、これらの観測システムの充実もあり、情報の内容、発表形式、伝達・利用方法等について突風等短時間予測情報利活用検討会において検討を進めた結果、竜巻、ダウンバースト等の激しい突風から身の安全を確保することを目的とした竜巻注意情報を平成20年3月26日より発表することとした。竜巻注意情報とは、今まさに、竜巻、ダウンバースト等の激しい突風をもたらすような積乱雲が存在しうる気象状況であるという現況を速報する気象情報であり、雷注意報を補足する情報として防災機関や報道機関へ伝達するとともに、気象庁ホームページに掲載することとされている。

なお、気象庁は平成22年度より、危険な領域を格子単位で細かく予測する「突風等短時間予測情報（仮称）」を発表することとしている。

添 付 資 料

付図 1	羽越線路線図	A1
付図 2	事故現場付近の地形図	A2
付図 3	事故現場略図（その 1）	A3
付図 3	事故現場略図（その 2）	A4
付図 4	乗客等の乗車位置	A5
付図 5	回答負傷者の負傷状況（その 1）	A6
付図 5	回答負傷者の負傷状況（その 2）	A6
付図 6	事故の衝撃による乗客の移動状況	A7
付図 7	施設の損傷状況略図	A8
付図 8	鉄道施設の損傷等	A9
付図 9	軌道上の痕跡と車輪の関係	A13
付図 10	電力関係施設の損傷等	A14
付図 11	車両の損傷状況（その 1）（1 両目）	A15
付図 11	車両の損傷状況（その 2）（2 両目）	A18
付図 11	車両の損傷状況（その 3）（3 両目）	A20
付図 11	車両の損傷状況（その 4）（4 両目）	A22
付図 11	車両の損傷状況（その 5）（5 両目及び 6 両目）	A24
付図 12	鉄道施設及び車両以外の物件の損傷	A25
付図 13	運行の経過	A26
付図 14	プレダスの構成及び表示	A27
付図 15	事故前後の軌道の変位	A28
付図 16	車両形式図等	A29
付図 17	アジア太平洋地上天気図	A32
付図 18	静止気象衛星画像	A33
付図 19	事故当日の酒田測候所観測記録の時系列	A34
付図 20	事故当時のアメダス風向及び風速	A35
付図 21	気象観測点における最大瞬間風速（その 1）	A36
付図 21	気象観測点における最大瞬間風速（その 2）	A37
付図 22	気象観測点における最大風速（その 1）	A38
付図 22	気象観測点における最大風速（その 2）	A39
付図 23	事故当日の第 2 最上川橋りょうの風速観測記録	A40
付図 24	事故当時のレーダーエコー強度分布及び鉛直断面図	A41

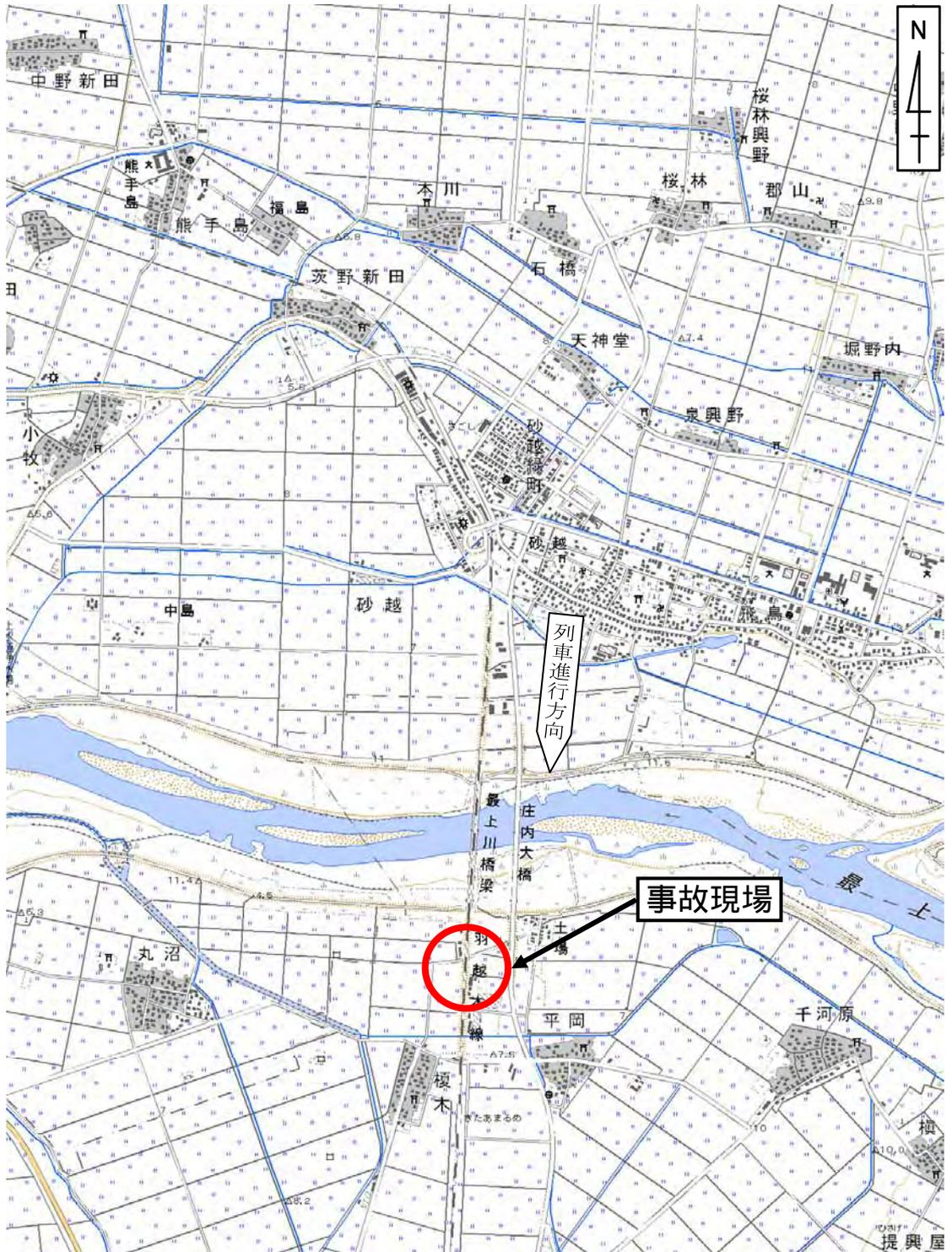
付図 2 5	強風被害とレーダーエコーの移動(その1)	A42
付図 2 5	強風被害とレーダーエコーの移動(その2)	A43
付図 2 5	強風被害とレーダーエコーの移動(その3)	A44
付図 2 5	強風被害とレーダーエコーの移動(その4)	A45
付図 2 5	強風被害とレーダーエコーの移動(その5)	A46
付図 2 5	強風被害とレーダーエコーの移動(その6)	A47
付図 2 6	事故当日の酒田測候所ウィンドプロファイラ観測	A48
付図 2 7	強風被害の分布	A49
付図 2 8	浜中・黒森地区の被害状況	A50
付図 2 9	浜中地区における木製防風柵の倒壊	A51
付図 3 0	浜中・黒森地区の防風林における倒木	A52
付図 3 1	黒森地区におけるビニールハウスの損壊被害	A53
付図 3 2	広野地区における国道7号線防雪柵の破損(その1)	A54
付図 3 2	広野地区における国道7号線防雪柵の破損(その2)	A55
付図 3 3	榎木地区における農機具小屋倒壊(その1)	A56
付図 3 3	榎木地区における農機具小屋倒壊(その2)	A57
付図 3 4	追加風速計の設置状況	A58
付図 3 5	事故現場付近の風の観測点	A59
付図 3 6	大型低騒音風洞平面図	A60
付図 3 7	空気力等測定試験	A60
付図 3 8	車両模型及び六分力天秤	A61
付図 3 9	乱流境界層生成装置配置図	A61
付図 4 0	乱流境界層生成装置	A62
付図 4 1	風速測定位置	A62
付図 4 2	生成した乱流境界層の風速分布(b測線)	A63
付図 4 3	車両に作用する空気力等と座標系	A63
付図 4 4	空気力係数等と風向角の関係	A64
付図 4 5	転覆限界風速計算モデル	A65
付図 4 6	車両のばね系モデル	A65
付図 4 7	走行中の車両に作用する風	A66
付図 4 8	自然風の風向角と転覆限界風速との関係(その1)(1両目)	A67
付図 4 8	自然風の風向角と転覆限界風速との関係(その2)(2両目)	A67
付図 4 9	走行速度と転覆限界風速との関係(その1)(1両目)	A68
付図 4 9	走行速度と転覆限界風速との関係(その2)(2両目)	A68
付図 5 0	車両の脱線の発生に関する解析イメージ	A69

付図1 羽越線路線図

羽越線 新津駅～秋田駅間 271.7 km (単線及び複線)



付図2 事故現場付近の地形図

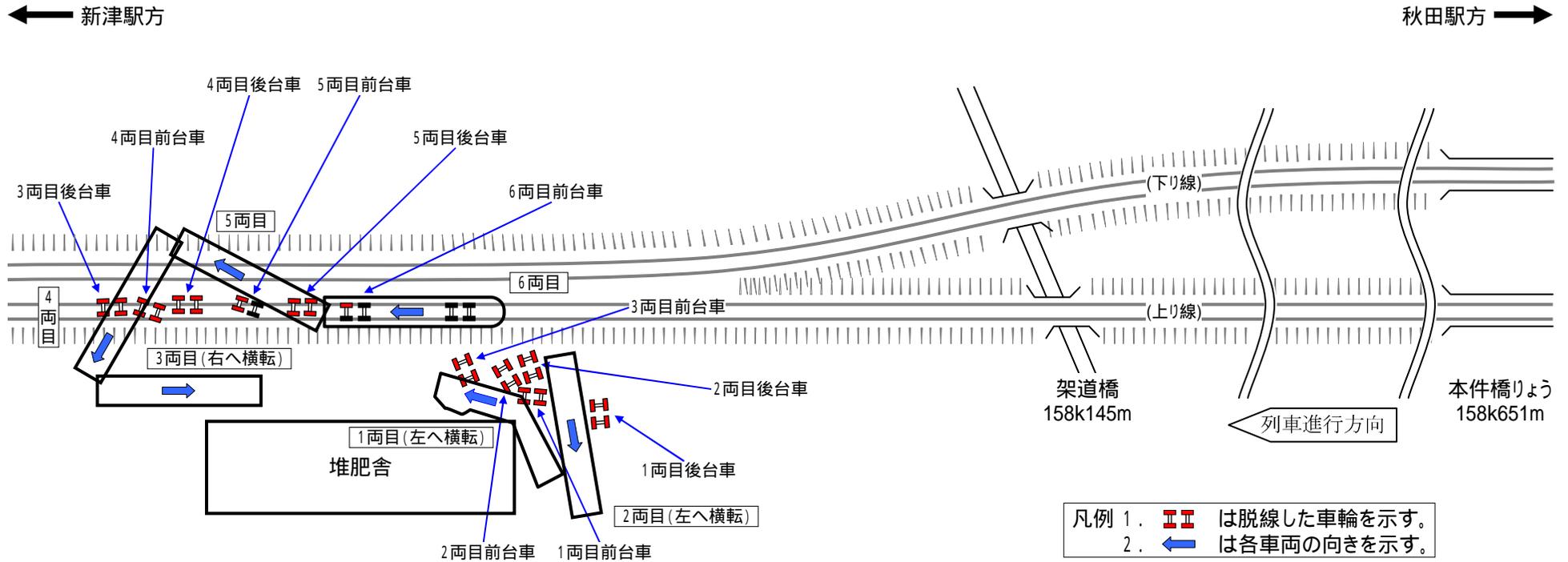


1:25,000 余目

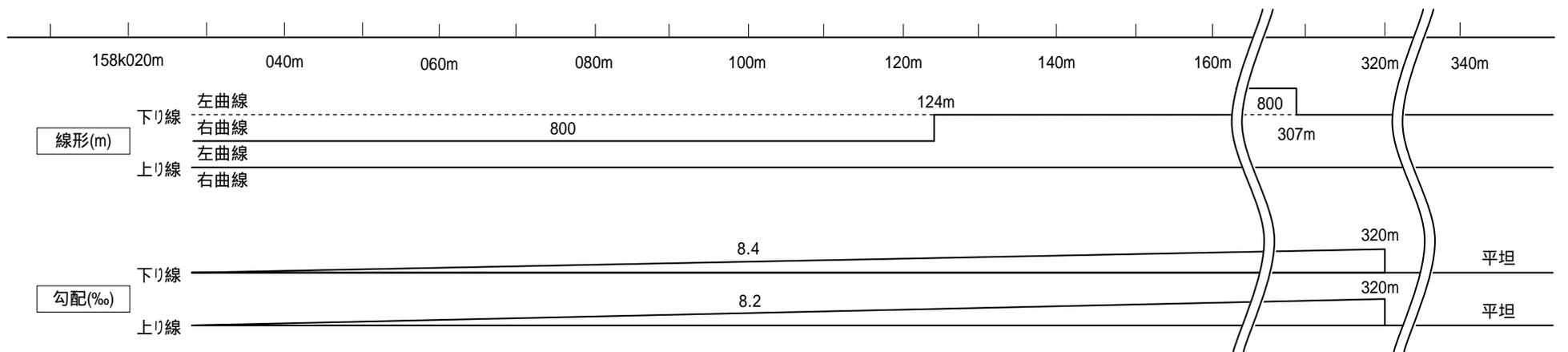
500m 0 500 1000 1500

国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

付図3 事故現場略図(その1)



A 3

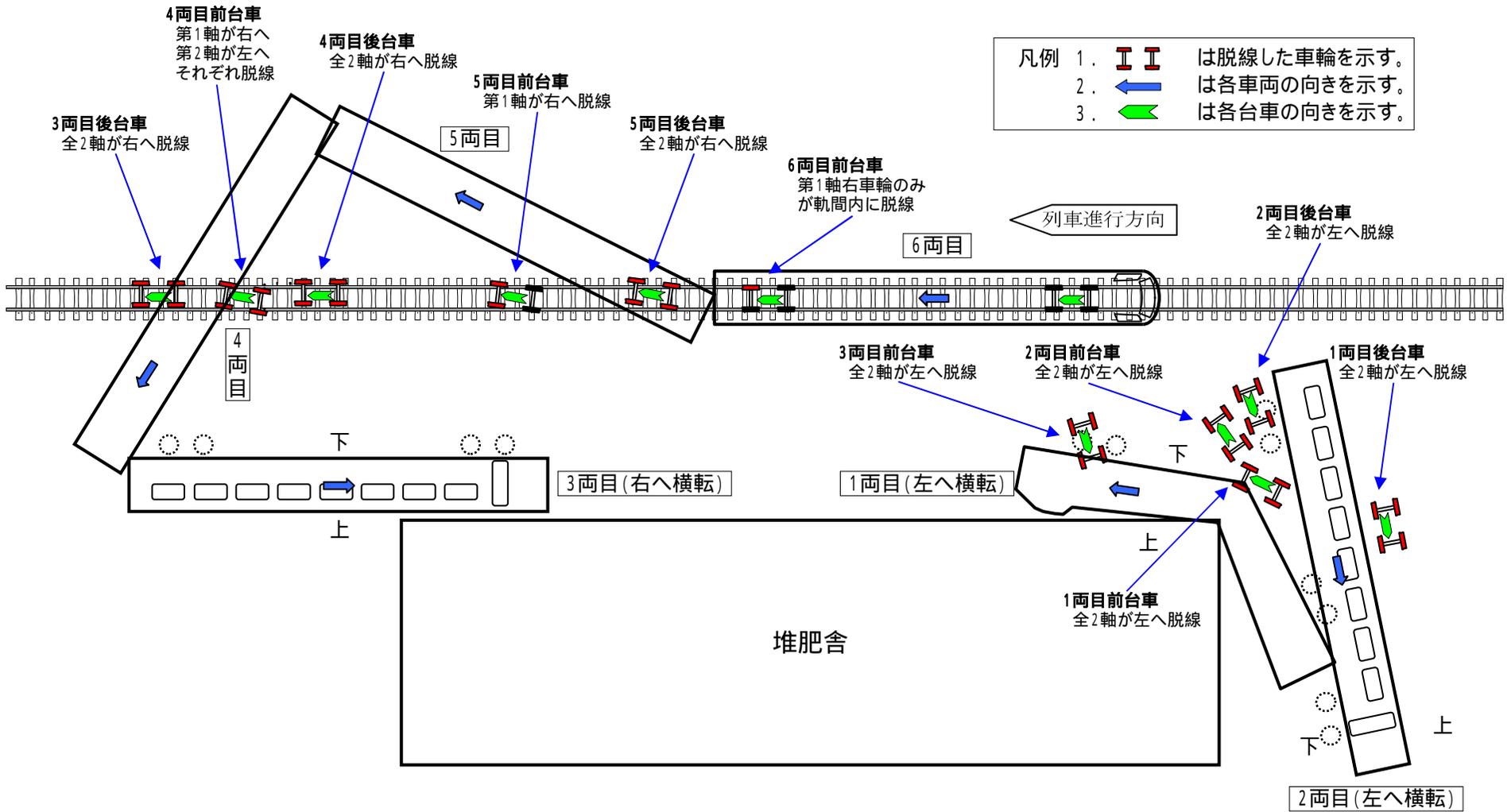


付図3 事故現場略図(その2)

← 新津駅方

秋田駅方 →

A
4



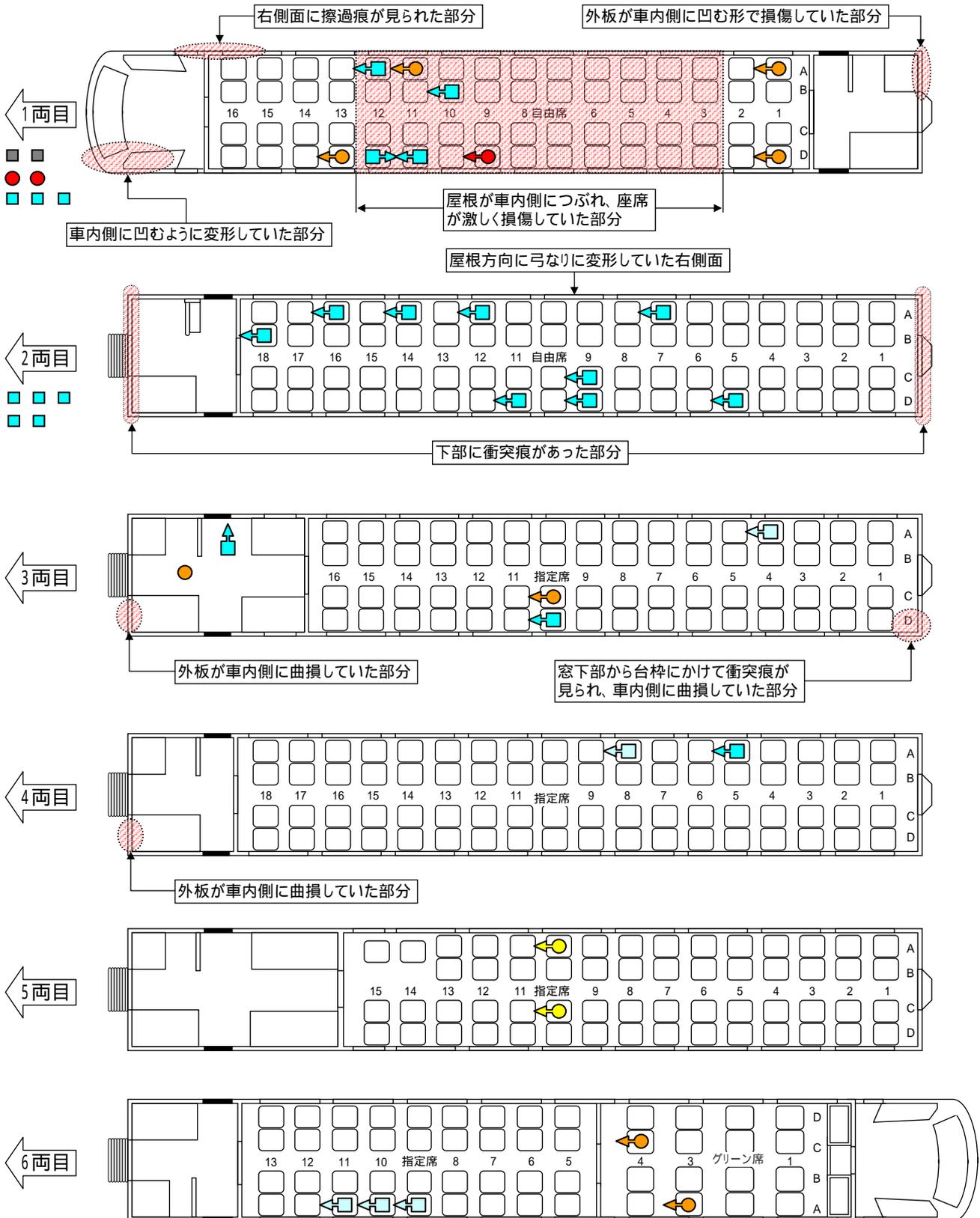
付図4 乗客等の乗車位置

凡例

	死亡者	負傷者	負傷なし
男性	◀■	◀■	◀□
女性	◀●	◀●	◀○

当委員会の調査及び警察情報に基づいて作成した。

1両目及び2両目車両外の「■●■」は乗車位置が確定できない乗客である。
矢印は乗車していた向きを示す。



付図5 回答負傷者の負傷状況（その1）

（単位：名）

列車停止時の状況	負傷種類	1両目	2両目	3両目	4両目	5両目	6両目	計	回答負傷者数
事故前と同じ乗車位置にいた	骨折	0	1	0	0	0	0	1	4 (1)
	むちうち	0	0	0	0	0	1	1	
	打撲	1	1	0 (1)	0	0	0	2 (1)	
	その他	1	1	0	0	0	2	4	
事故前と異なる乗車位置にいた	骨折	3	2	0	0	0	0	5	7
	むちうち	0	0	0	0	0	0	0	
	打撲	2	2	1	0	0	0	5	
	その他	9	3	0	0	0	0	12	
列車停止時の乗車位置は不明	骨折	0	1	0	0	0	0	1	6
	むちうち	0	1	0	0	0	0	1	
	打撲	1	3	1	0	0	0	5	
	その他	4	3	2	0	0	0	9	

アンケート調査（平成19年9月）による。

（ ）内は、立っていた乗客で外数である。

1名につき複数の負傷種類がある場合は、重複して計上した。

付図5 回答負傷者の負傷状況（その2）

（単位：名）

	負傷種類	1両目	2両目	3両目	4両目	5両目	6両目	計	回答負傷者数
何かにつかまった	骨折	0	3	0	0	0	0	3	5 (1)
	むちうち	0	0	0	0	0	0	0	
	打撲	1	3	1 (1)	0	0	0	5 (1)	
	その他	1	5	2	0	0	0	8	
頭部を守った	骨折	0	0	0	0	0	0	0	2
	むちうち	0	1	0	0	0	0	1	
	打撲	0	1	1	0	0	0	2	
	その他	0	0	0	0	0	0	0	
何もできなかった	骨折	3	1	0	0	0	0	4	10
	むちうち	0	0	0	0	0	1	1	
	打撲	3	2	0	0	0	0	5	
	その他	13	2	0	0	0	2	17	

アンケート調査（平成19年9月）による。

（ ）内は、立っていた乗客で外数である。

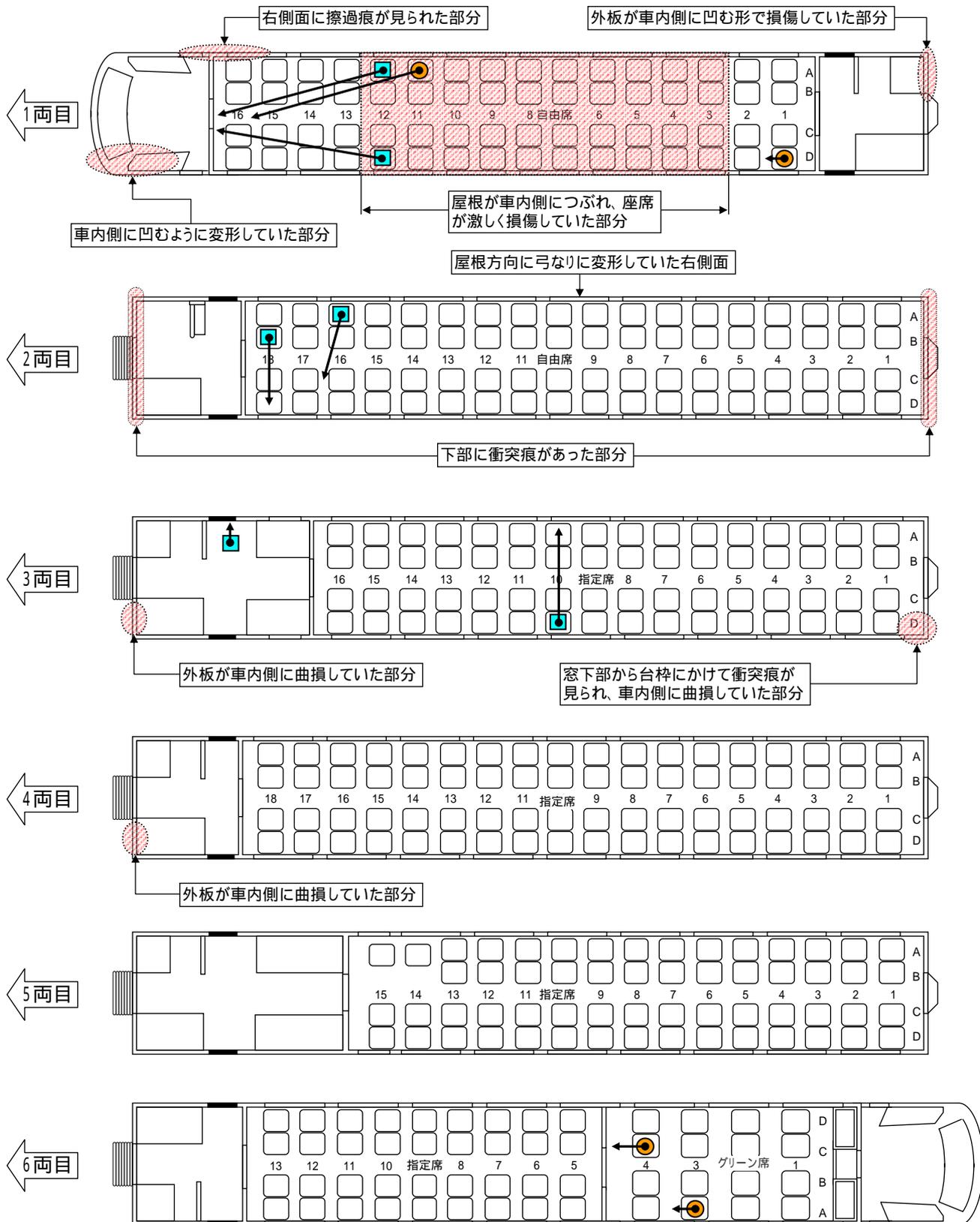
1名につき複数の負傷種類がある場合は、重複して計上した。

付図6 事故の衝撃による乗客の移動状況

凡例

■	: 男性の乗客
●	: 女性の乗客
\leftarrow	: 事故後の位置

負傷者アンケート及び負傷者からの口述聴取により得られた情報に基づいて作成した。脱線に伴う詳細な移動経路については把握できないため、事故前の乗車位置と事故後に列車が停止した際に乗客のいた位置を示した。



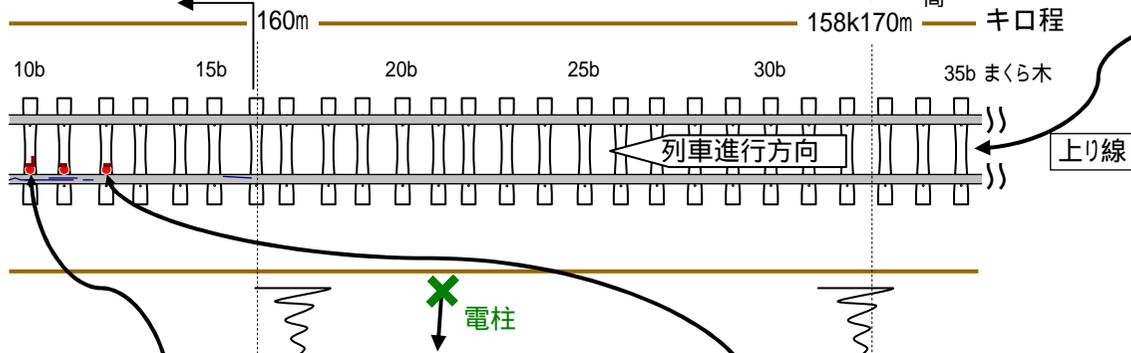
付図8 鉄道施設の損傷等 1 / 4

新津駅方

レール、まくら木及びレール締結装置等の損傷が見られた区間

秋田駅方

低
盛土
高



35bまくら木付近から新津駅方の損傷

6 A



10bまくら木の損傷



12bまくら木の損傷



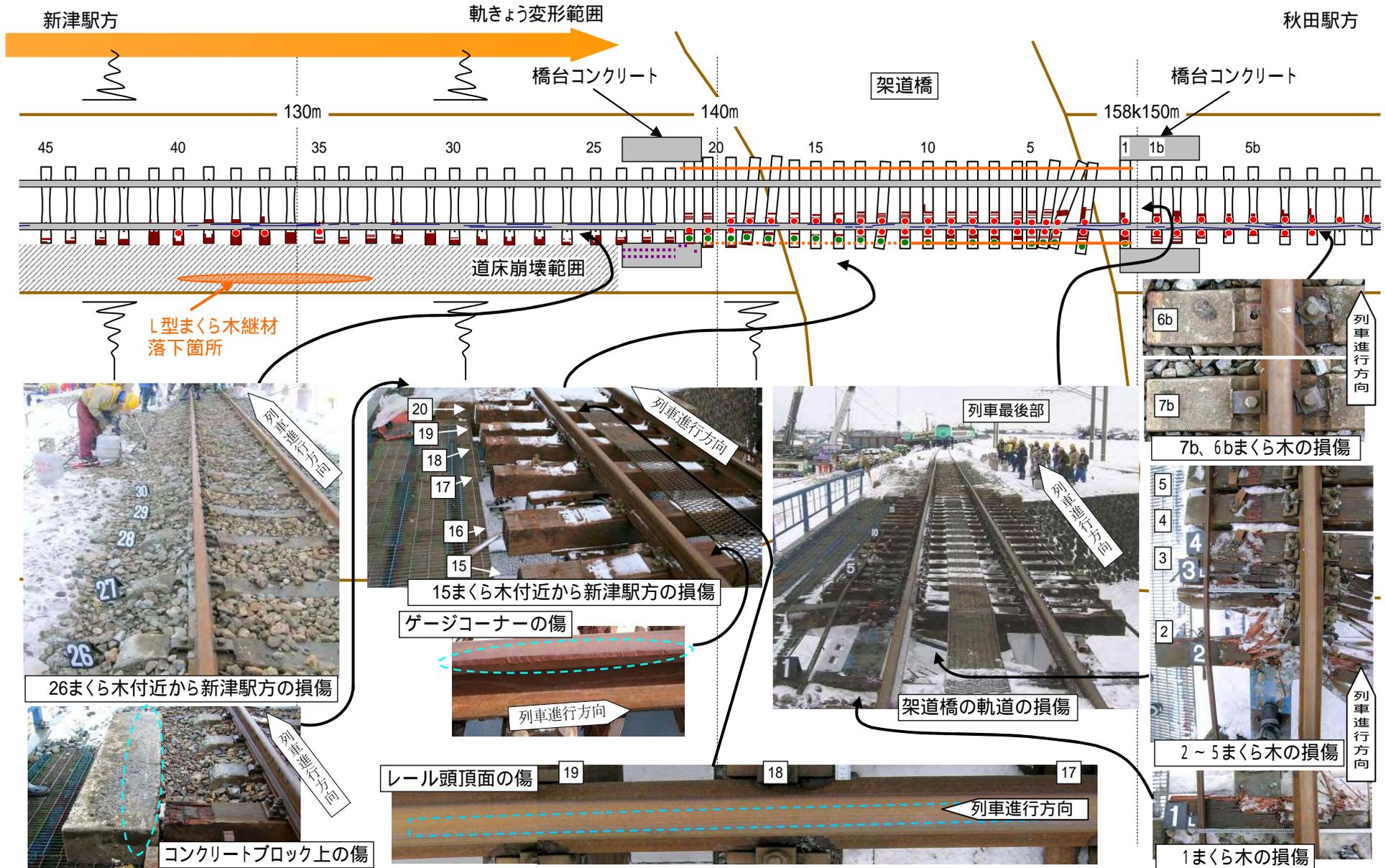
10b, 12bまくら木損傷の写真は事故後、軌きょうを移動した後に撮影



凡例

- (blue) : レール上の傷
 - (orange) : まくら木損傷
 - (red) : レール締結装置損傷
 - (green) : フックボルト損傷
 - (orange) : L型まくら木継材損傷 (点線は外れた継材の設置箇所)
 - (dotted) : 橋台コンクリート損傷
 - ✕ (green) : 傾斜した電柱
(ローマ数字は電柱を、矢印は傾斜した方向を示す)
 - ✕ (red) : 折損した電柱
(ローマ数字は電柱を、矢印は倒壊した方向を示す)
 - ▨ (hatched) : 道床崩壊範囲
 - ▩ (cross-hatched) : のり面崩壊範囲
 - (orange) : 軌きょう変形範囲
- : 盛土のり面
 高
 低

付図8 鉄道施設の損傷等 2 / 4

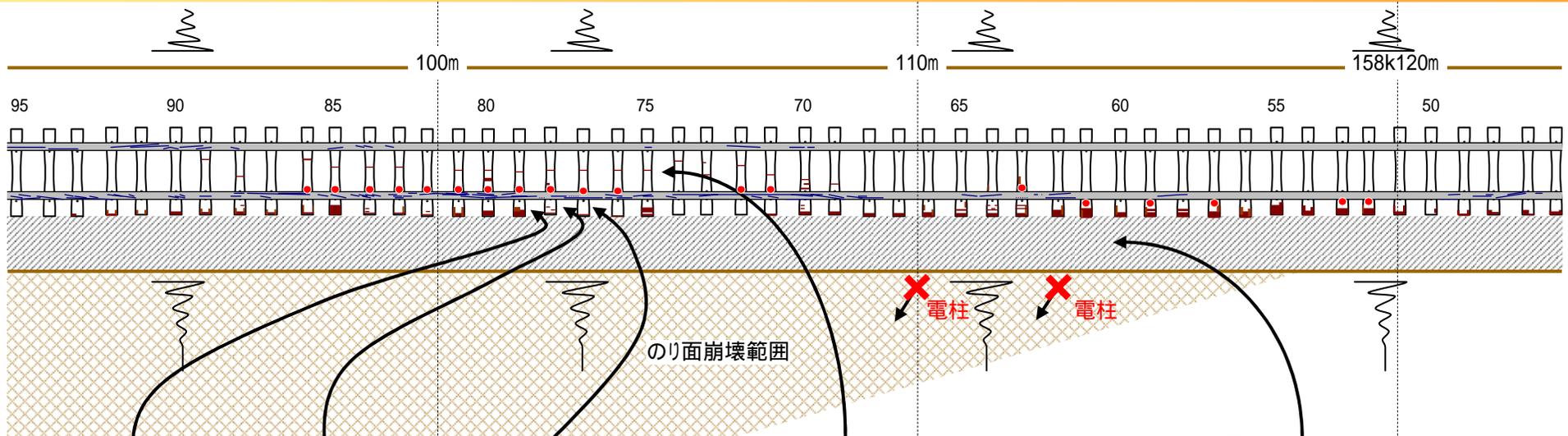


A10

付図8 鉄道施設の損傷等 3 / 4

新津駅方

秋田駅方



A11



77～79まから木の損傷



76まから木付近から新津駅方の損傷

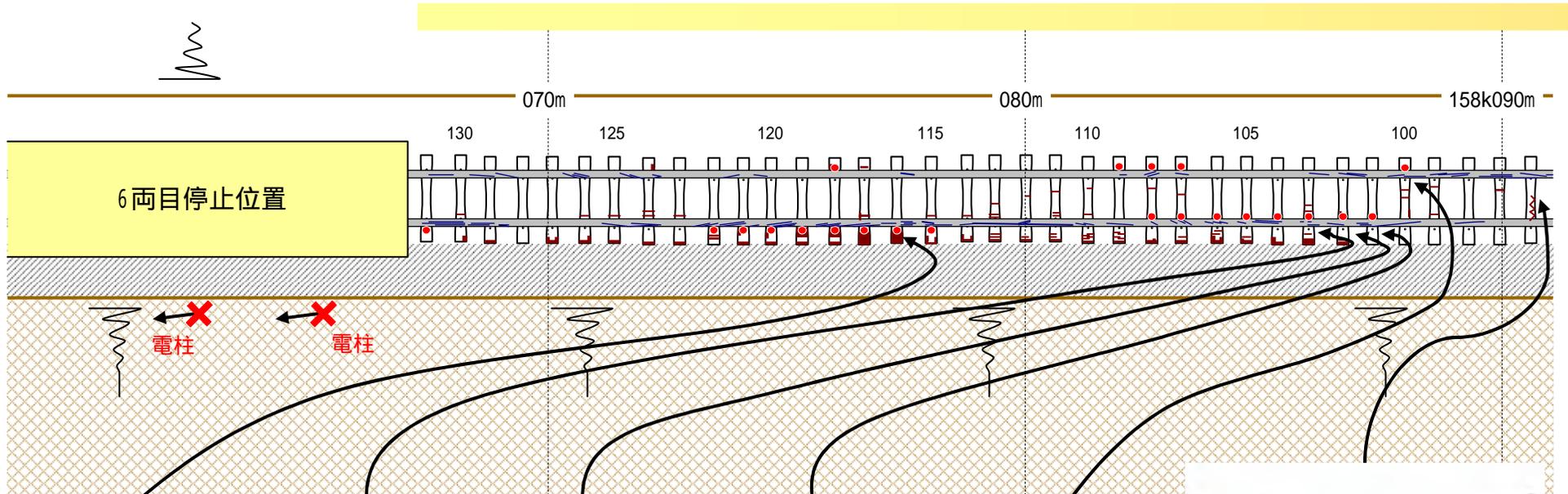


62まから木付近の電柱損傷及び道床崩壊等

付図8 鉄道施設の損傷等 4 / 4

新津駅方

秋田駅方



A12



116まくら木の損傷
堆肥舎



101～103まくら木の損傷



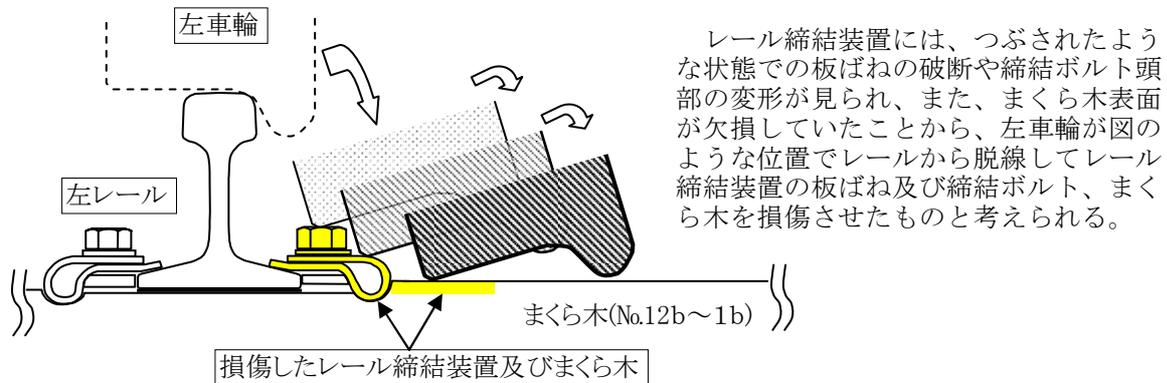
100まくら木の損傷



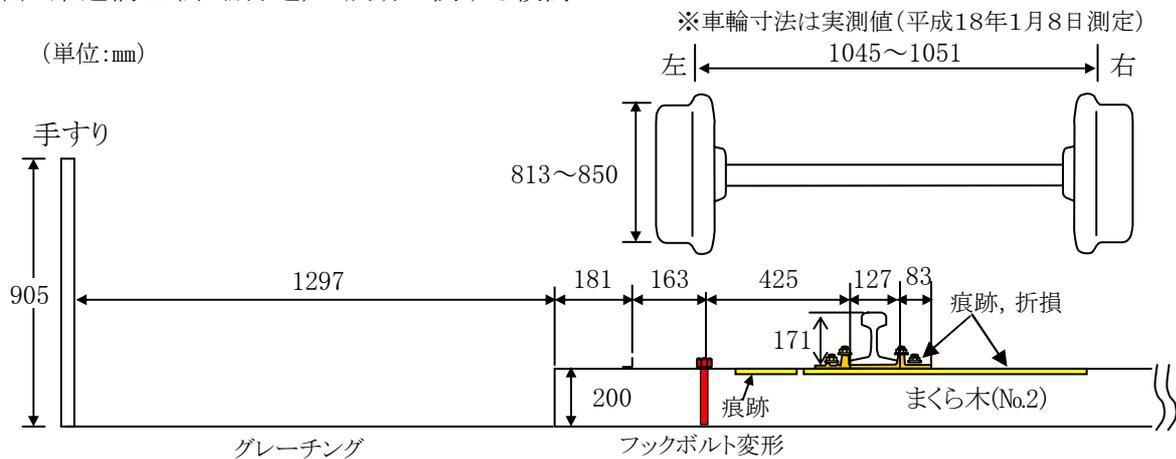
91まくら木付近から新津駅方の損傷

付図9 軌道上の痕跡と車輪の関係

(1) 架道橋より手前の区間における左レールの軌間内側の痕跡に関する検討

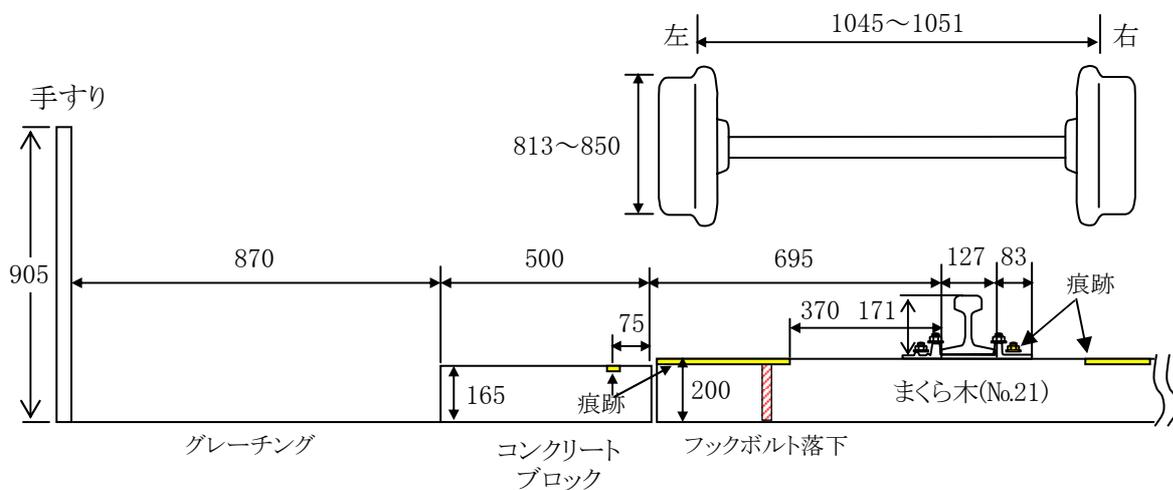


(2) 架道橋上(始端付近)の痕跡に関する検討



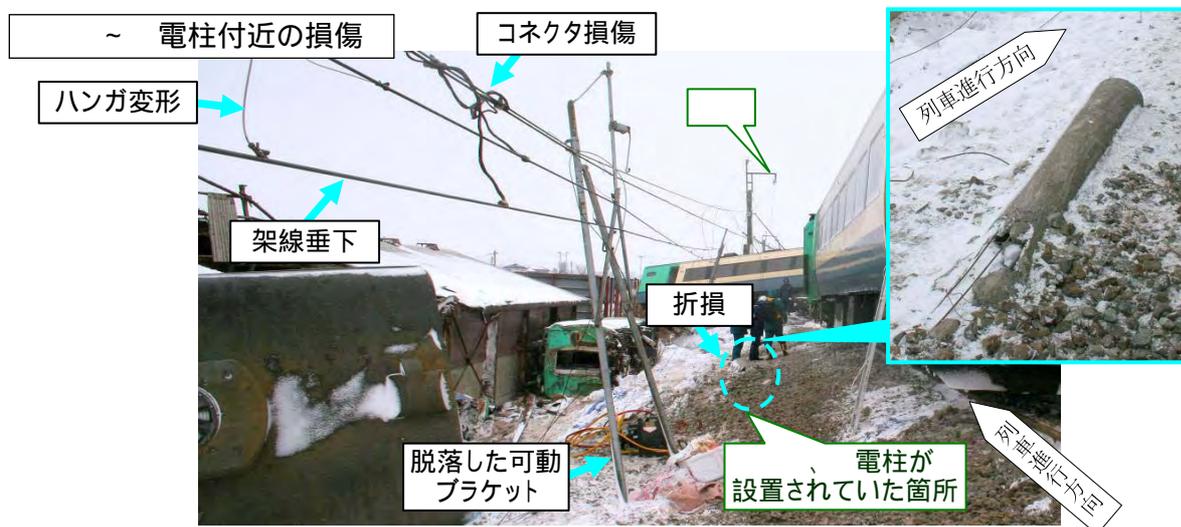
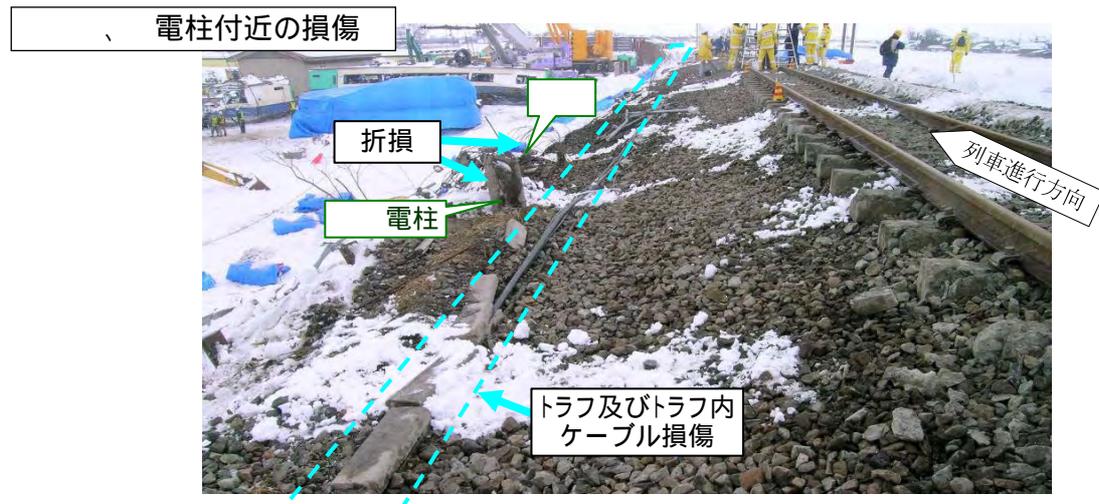
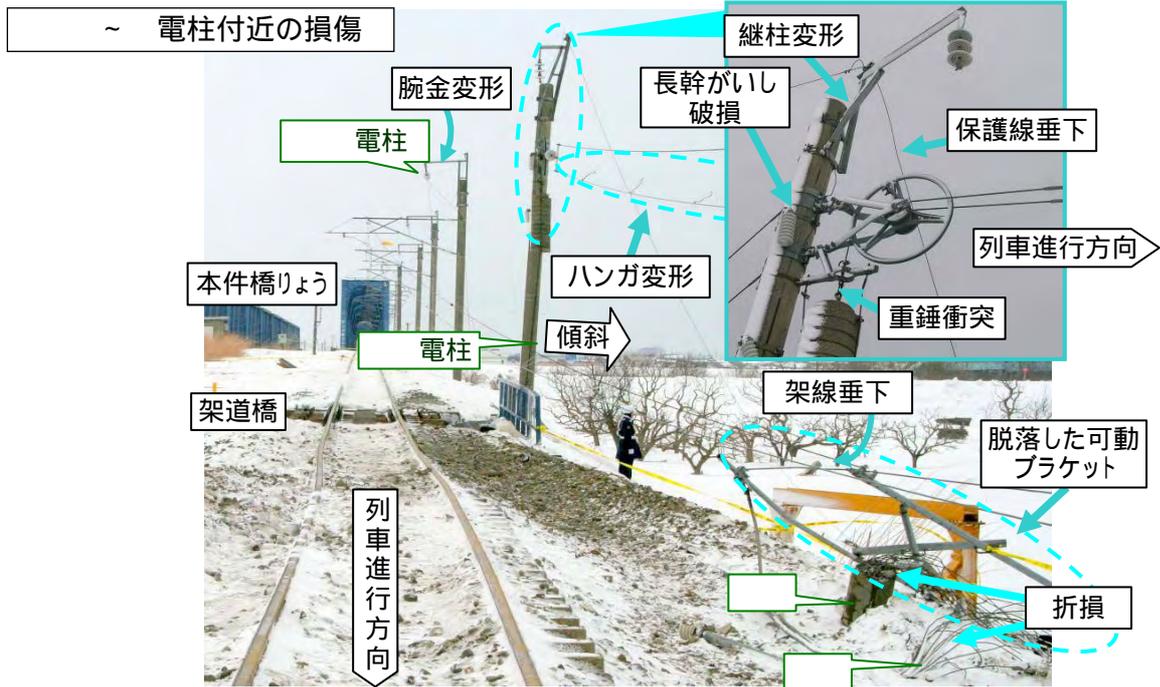
架道橋のグレーチングに痕跡がないことから、軌間外側の痕跡は左車輪によるものと考えられる。

(3) 架道橋終端の橋台上コンクリートブロックの痕跡に関する検討

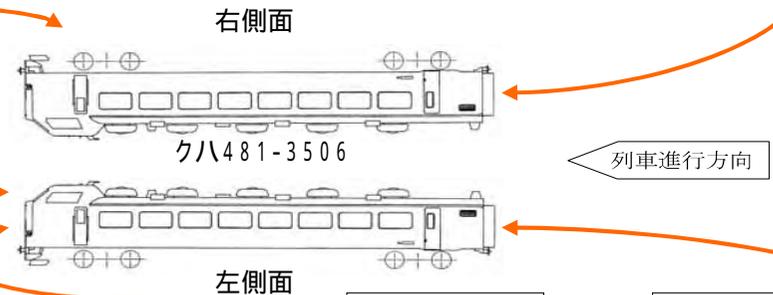


架道橋のグレーチングに痕跡がないことから、コンクリートブロックの痕跡は左車輪によるものと考えられる。

付図 1 0 電力関係施設の損傷等



付図 1 1 車両の損傷状況 (その 1) (1両目 1 / 3)



付図 1 1 車両の損傷状況 (その 1) (1両目 2 / 3)

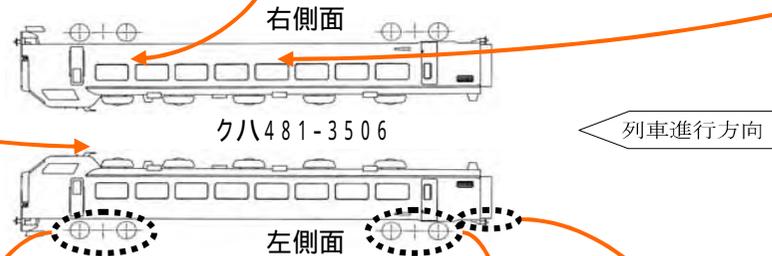
車内前部の状況



右側面前部の損傷状況



車内前部の状況



1両目前台車の状況



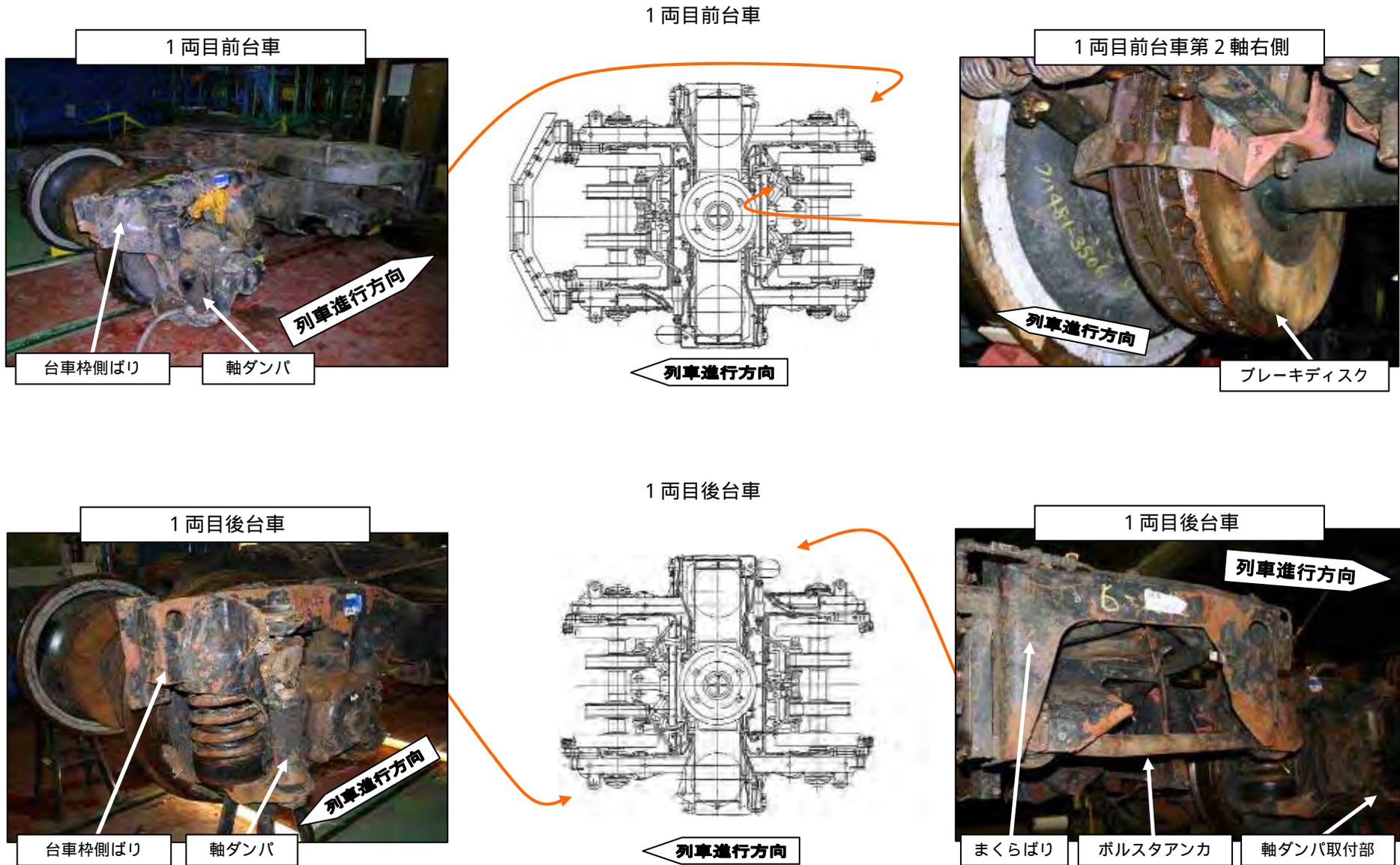
1両目後台車の状況



1両目・2両目間の連結器の状況



付図1 1 車両の損傷状況(その1)(1両目 3/3)



付図11 車両の損傷状況(その2)(2両目 1/2)

脱線時の状況



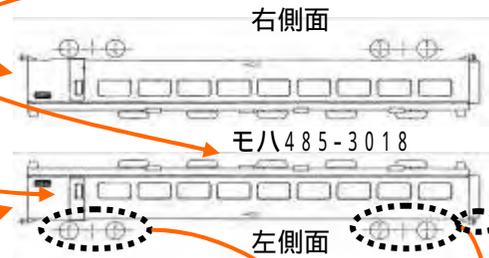
右側面の損傷状況



左側面及び後面の損傷状況



車内の状況



前面の損傷状況



前台車及び後台車の状況



2両目・3両目間の連結器の状況



付図 1 1 車両の損傷状況 (その 2) (2両目 2 / 2)

A19

2両目前台車

2両目前台車第2軸左車輪

2両目前台車第1軸左車輪

2両目後台車

2両目後台車第2軸左車輪

2両目後台車第1軸左車輪

台車枠側ばり

軸ダンパ

列車進行方向

列車進行方向

列車進行方向

列車進行方向

列車進行方向

列車進行方向

付図 1 1 車両の損傷状況 (その 3) (3両目 1 / 2)

右側面及び前面の損傷状況



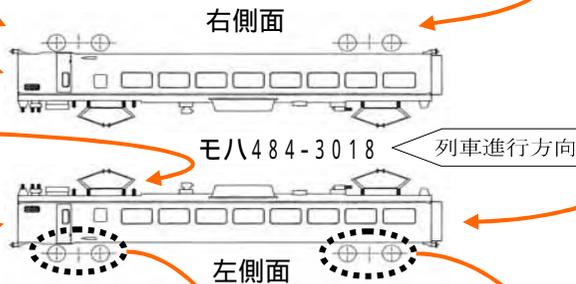
脱線時の状況



右側面後部の損傷状況



前側パンタグラフの状況



車内の状況



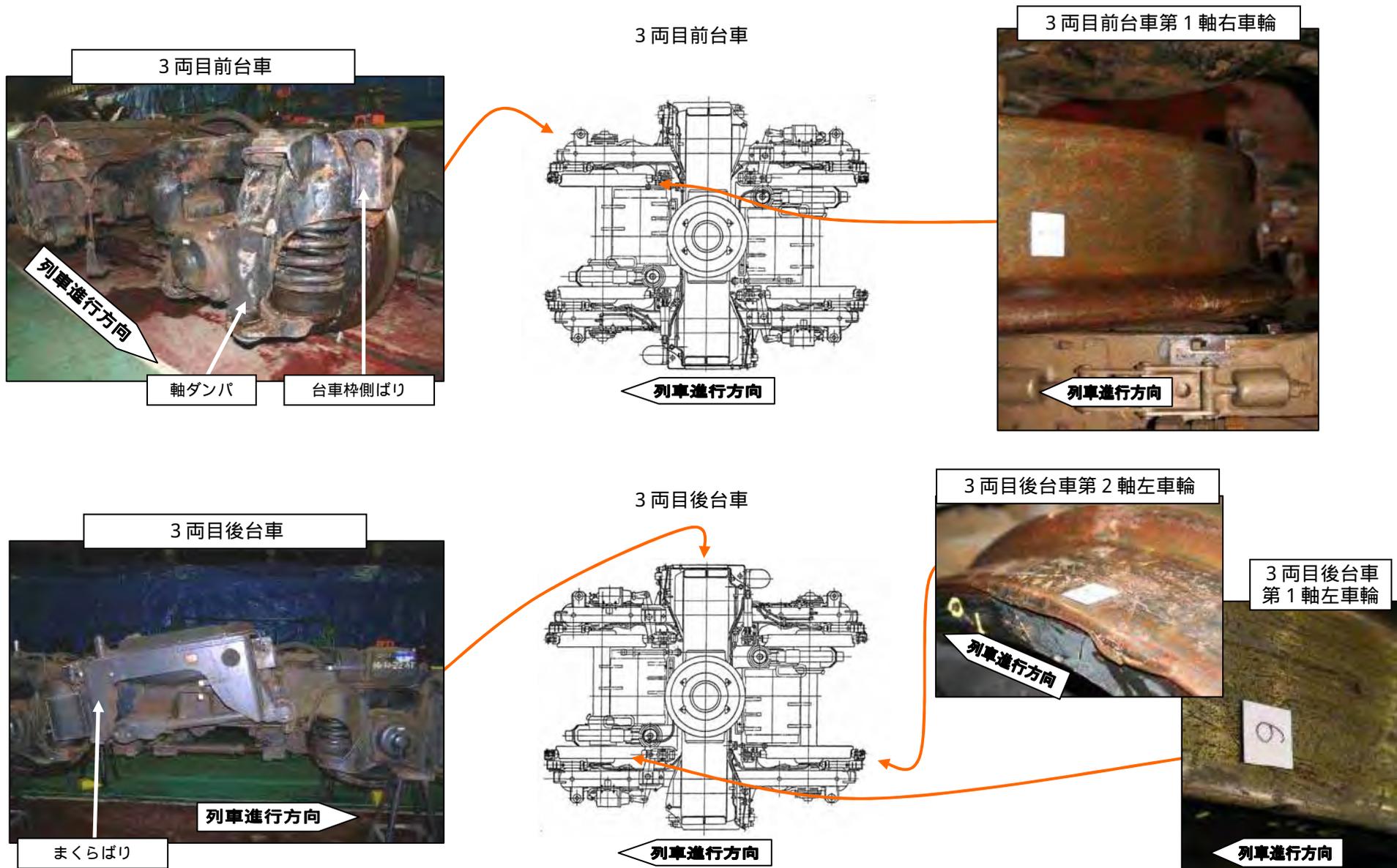
前台車の状況



後台車の状況



付図 1 1 車両の損傷状況 (その 3) (3両目 2 / 2)



付図 1 1 車両の損傷状況 (その4) (4両目 1 / 2)

脱線時の状況



後面の状況

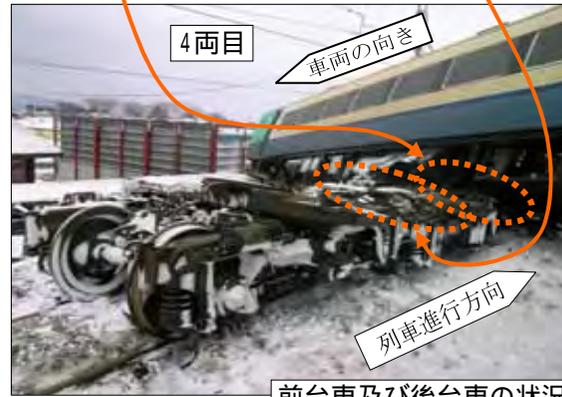


モハ485-3044



列車進行方向

前面の状況



前台車及び後台車の状況

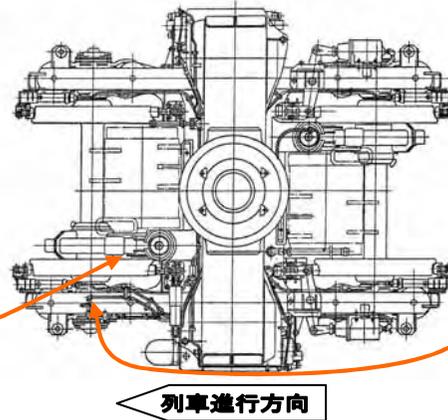
左側面後部の損傷状況



車両を移動後に撮影

付図 1 1 車両の損傷状況 (その 4) (4両目 2 / 2)

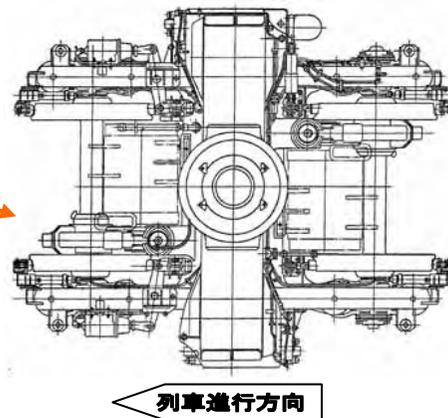
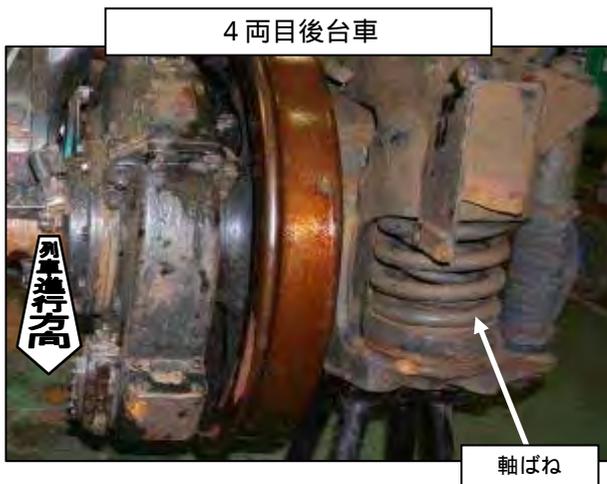
4両目前台車



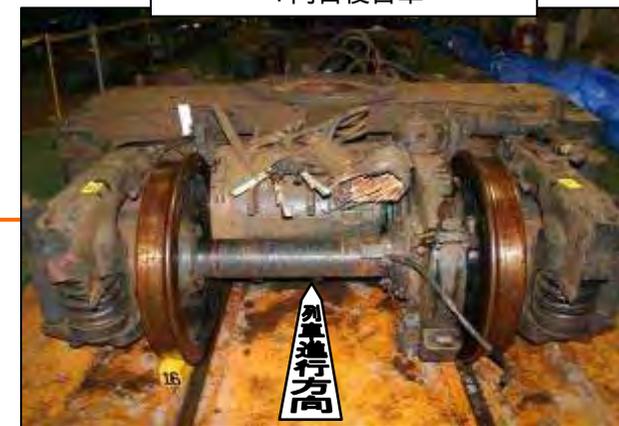
4両目前台車第1軸左車輪



4両目後台車



4両目後台車



付図 1 1 車両の損傷状況 (その5) (5両目及び6両目)

前側パンタグラフの状況
 車両を移動後に撮影

脱線時の状況
 5両目 車両の向き
 6両目
 列車進行方向
 車内から撮影

脱線時の状況
 列車進行方向
 6両目

前面の状況
 車両を移動後に撮影

右側面
 5両目 モハ484-3044
左側面
 列車進行方向

右側面
 6両目 クロハ481-3010
左側面

4両目
 車両の向き
 列車進行方向
前台車の状況

5両目
 車両の向き
 列車進行方向
後台車の状況

付図 1 2 鉄道施設及び車両以外の物件の損傷



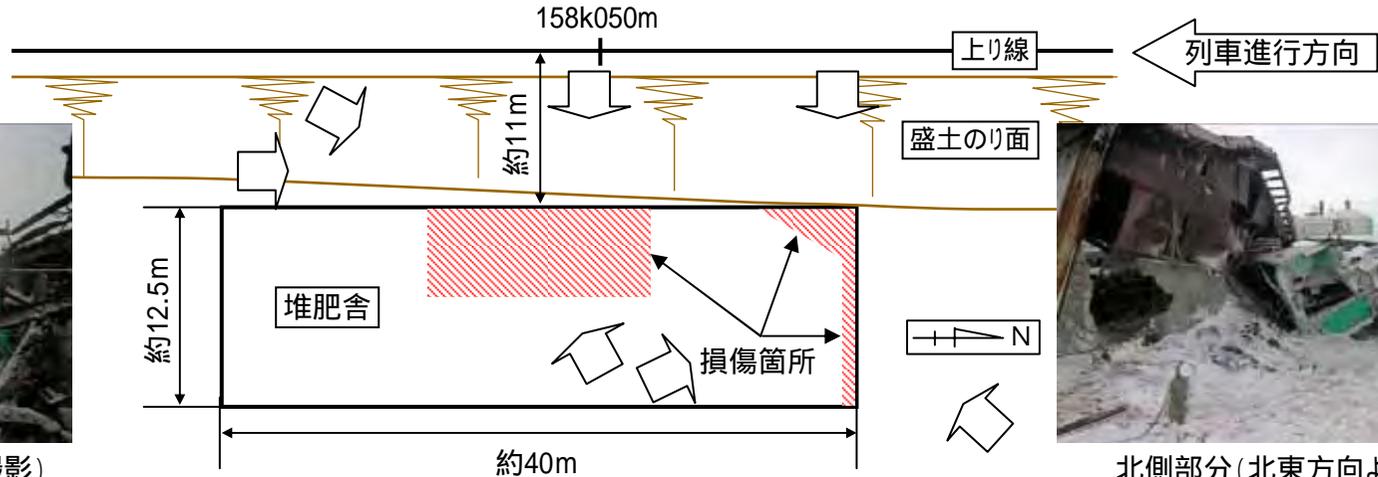
西側中央部分(南西方向より撮影)



西側中央部分(西方向より撮影)



北西側の角部分(西方向より撮影)



西側中央部分(南方向より撮影)



北側部分(北東方向より撮影)

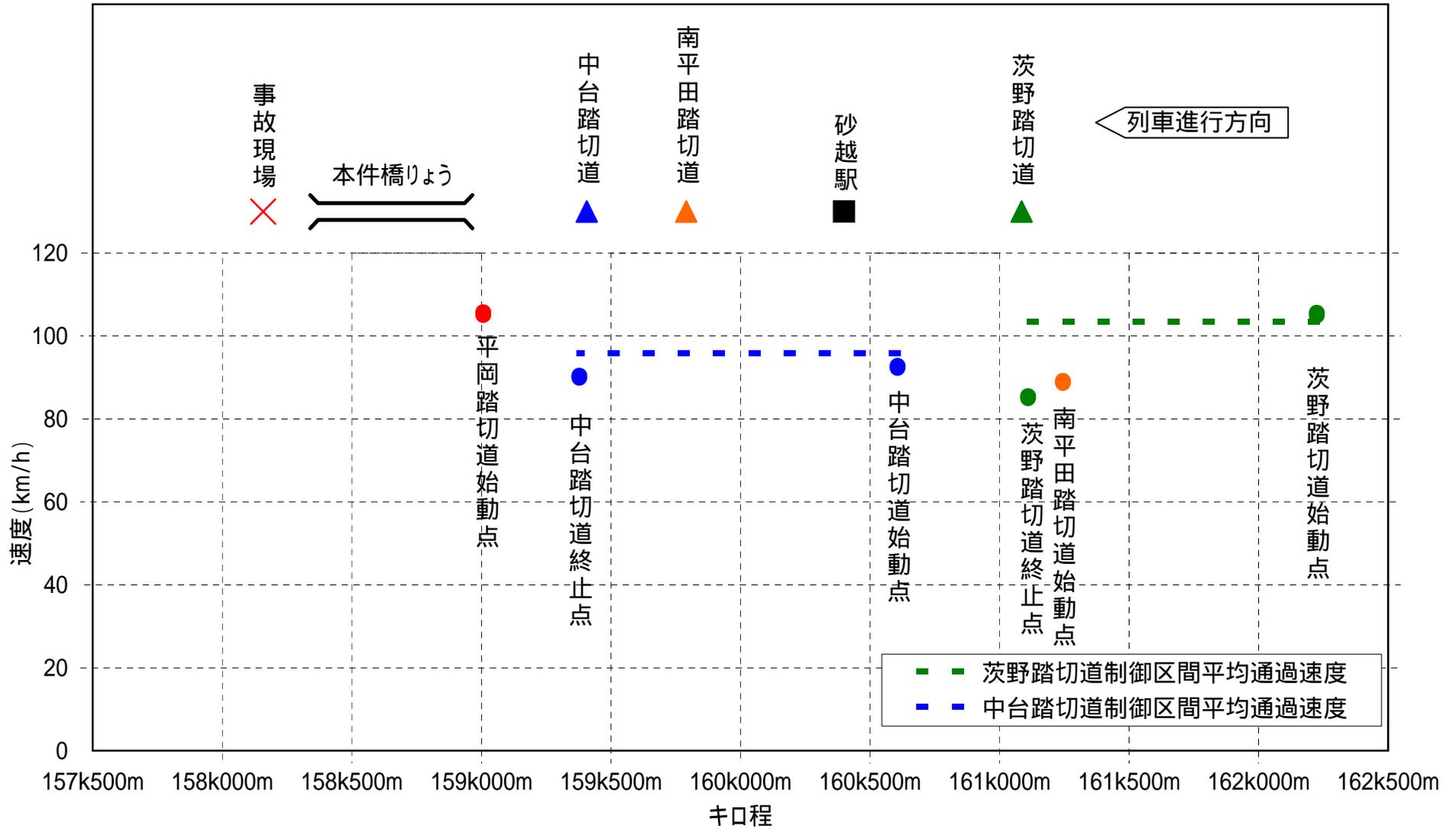


西側中央部分(内部より撮影)

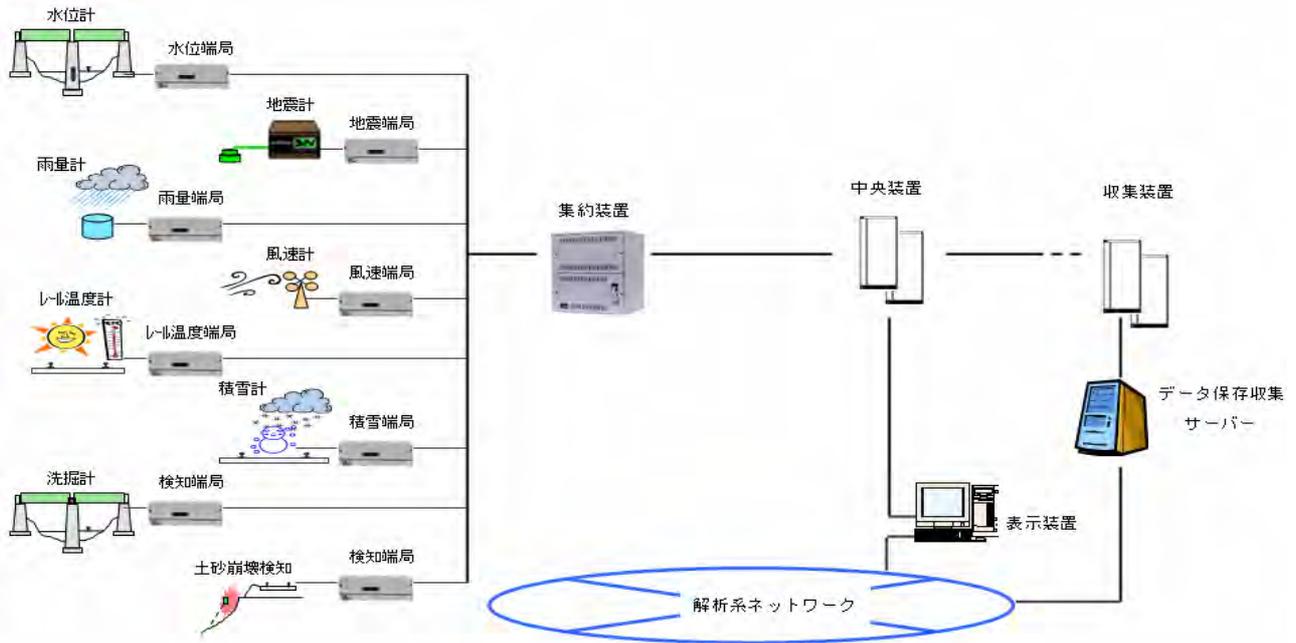


北側部分(内部より撮影)

付図 1 3 運行の経過



付図 1 4 プレダスの構成及び表示



プレダスの構成イメージ

002 運転規制状況履歴 2008/02/15 11:48

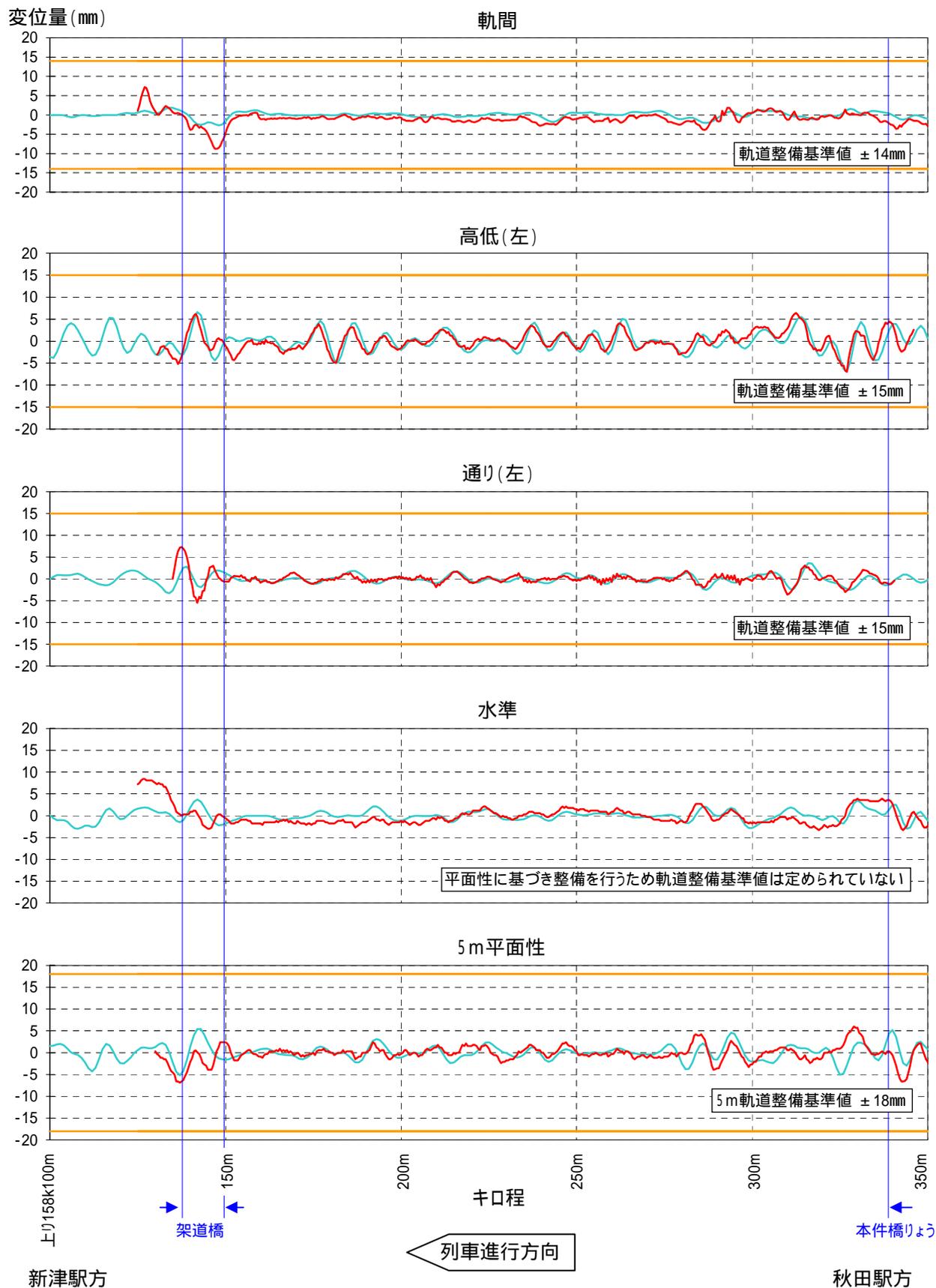
規制日時	状況	項目	観測箇所	試験	規制	線名	駅間	キロ程等
2008/02/15 11:44	↑	地震	石岡 1		運転中止	常磐線	神立 ~ 友部	
2008/02/15 11:44	↑	地震	石岡 2		運転中止	水戸線	稲田 ~ 友部	
2008/02/15 11:47	↑	風速	久慈川		速度25	常磐線	東海 ~ 大湊	東海~大湊
2008/02/15 11:47	↑	風速	能川		警戒	常磐線	夜ノ森 ~ 大野	夜ノ森~大野
2008/02/15 11:48	↑	風速	郡那河川		運転中止	水郡線	水戸 ~ 常陸青柳	水戸~常陸青柳

メッセージ

運転規制状況画面のイメージ

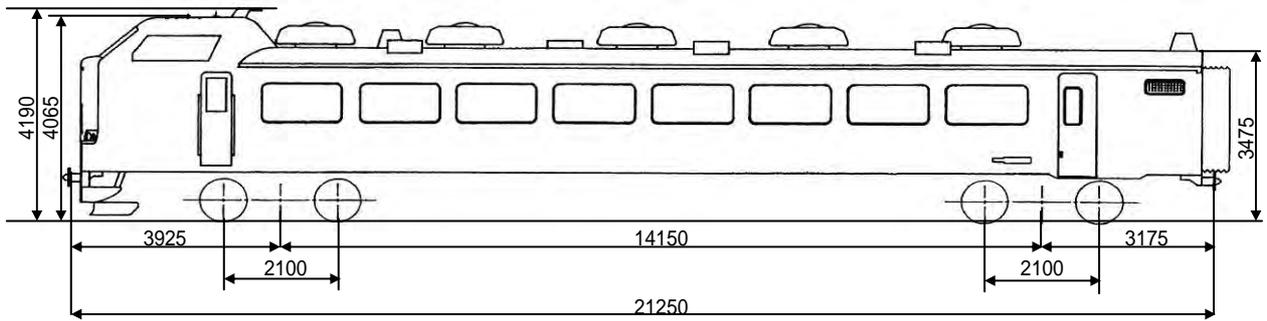
付図 1 5 事故前後の軌道の変位

— :平成17年12月28日測定(本事故後) 測定方法:可搬式軌道検測装置
— :平成17年10月 6日測定(定期検測) 測定方法:高速軌道検測車
— :軌道整備基準値範囲(静的値)

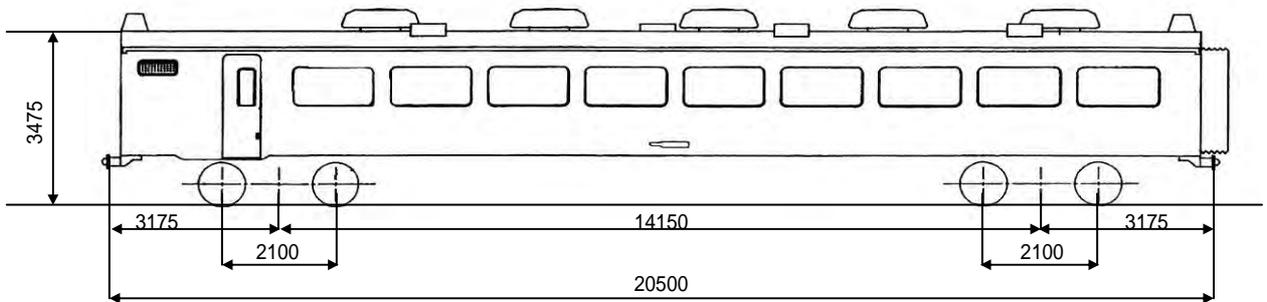


付図 1 6 車両形式図等 1 / 3

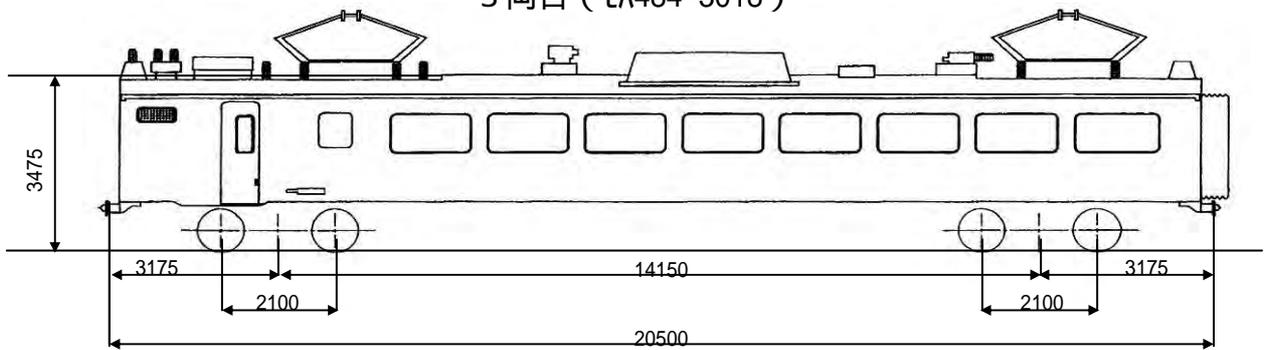
1 両目 (ㄉ481-3506)



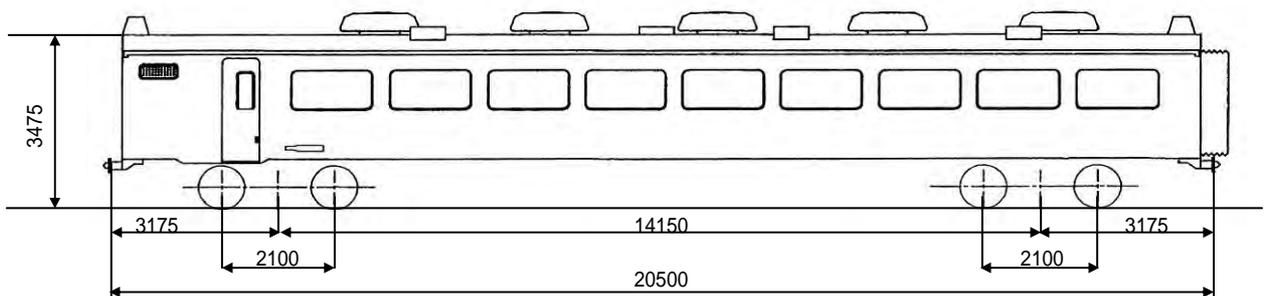
2 両目 (ㄉ485-3018)



3 両目 (ㄉ484-3018)

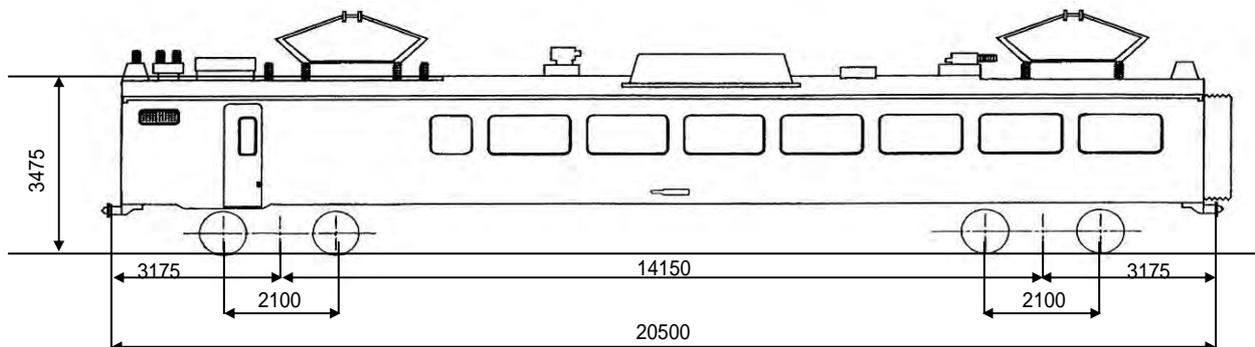


4 両目 (ㄉ485-3044)

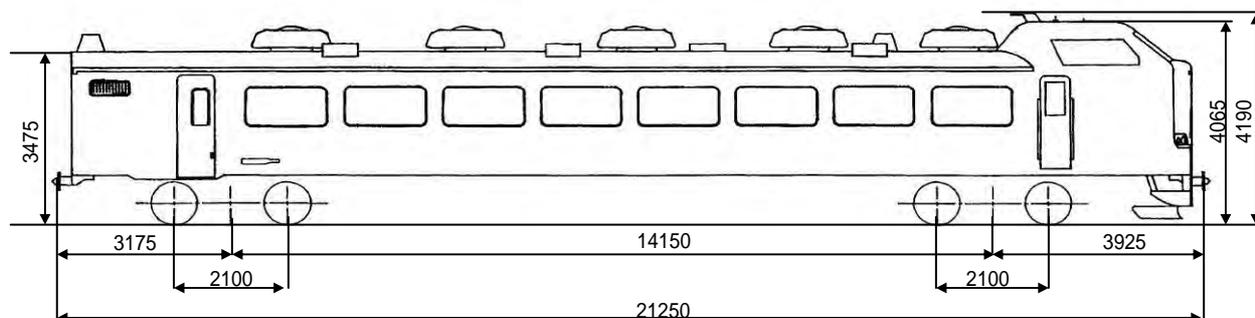


付図 1 6 車両形式図等 2 / 3

5 両目 (E/A484-3044)



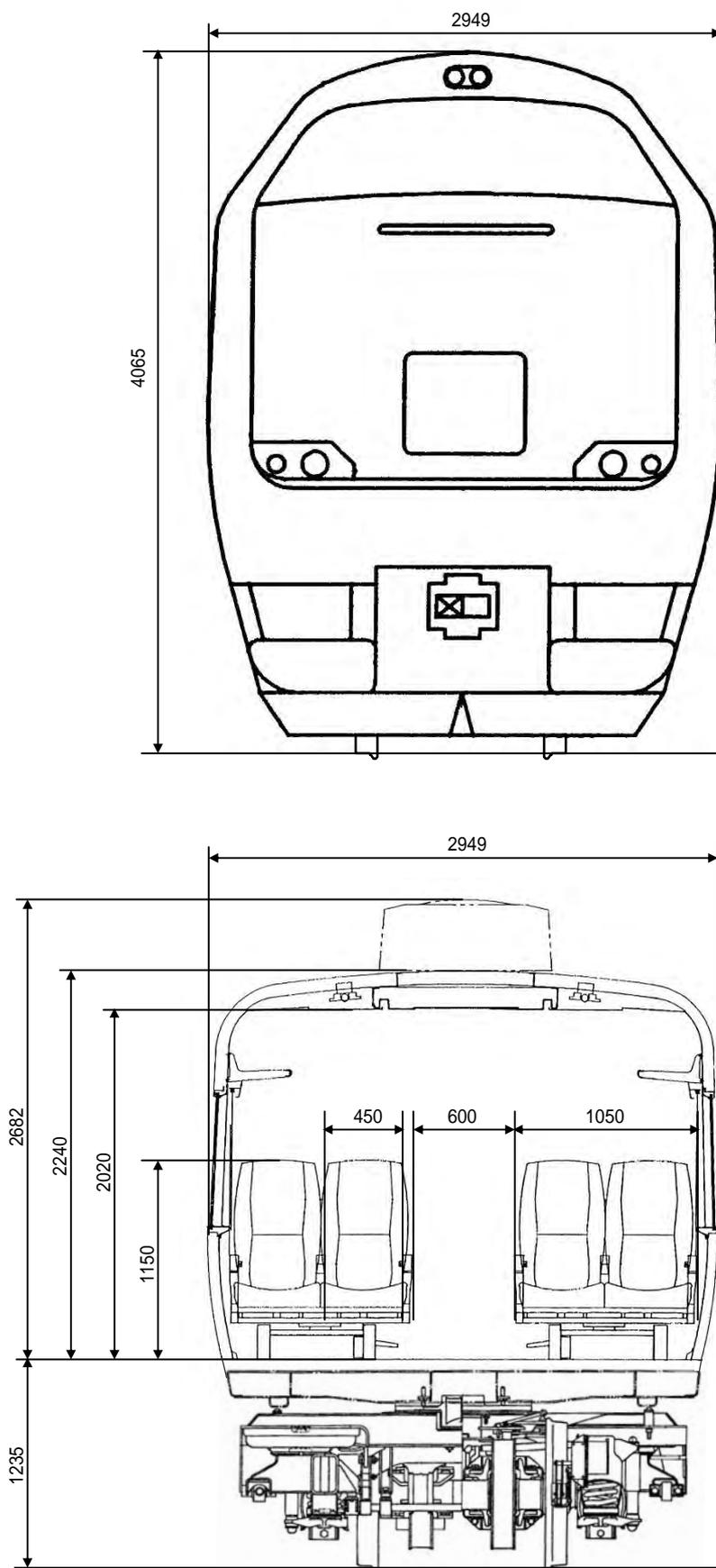
6 両目 (K/A481-3010)



主要諸元等

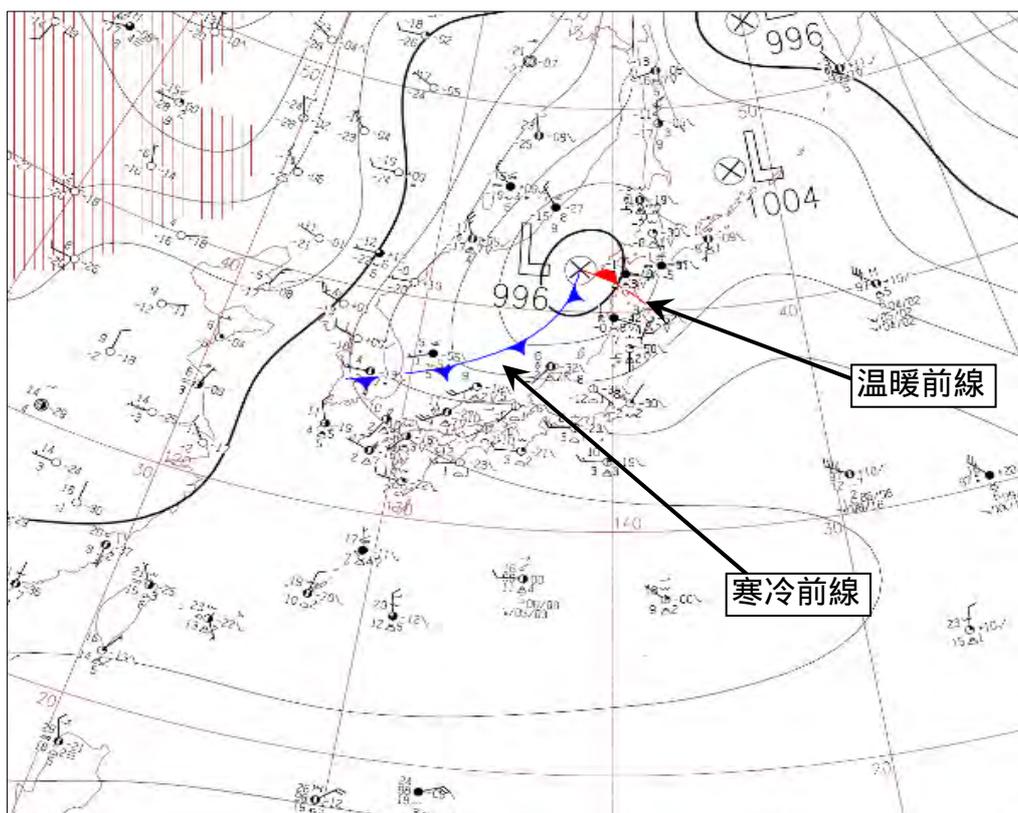
編成位置	1 両目	2 両目	3 両目	4 両目	5 両目	6 両目
記号番号	K/A481-3506	E/A485-3018	E/A484-3018	E/A485-3044	E/A484-3044	K/A481-3010
新製年月	S49.4	S51.4	S51.4	S53.7	S53.7	S51.2
改造年月	H12.12	H12.12	H12.12	H12.12	H12.12	H12.12
空車質量 (t)	42.4	40.7	49.4	44.1	49.6	44.5
定員 (人)	64	72	64	72	58	52
全長 (m)	21.250	20.500	20.500	20.500	20.500	21.250
屋根高 (m)	3.475	3.475	3.475	3.475	3.475	3.475
集電装置折りたたみ高 (m)			4.241		4.241	
全幅 (m)	2.949	2.949	2.949	2.949	2.949	2.949

付図 1 6 車両形式図等 3 / 3

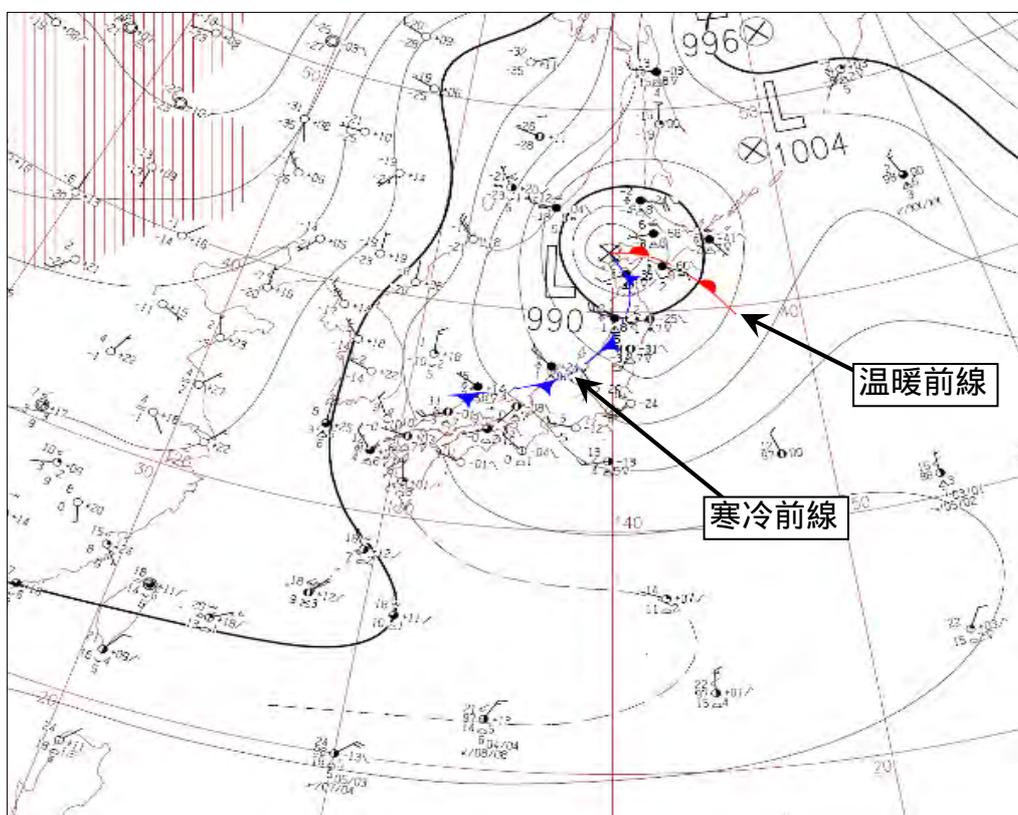


付図 1 7 アジア太平洋地上天気図

平成17年12月25日15時

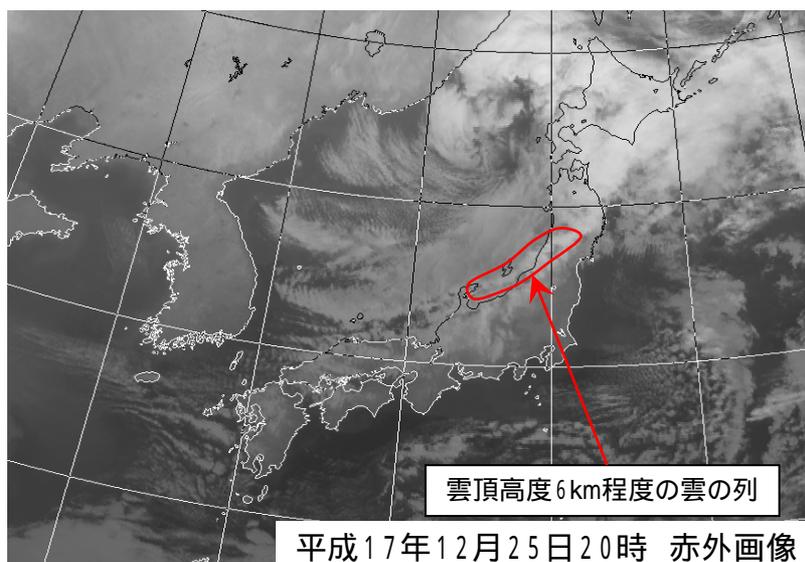
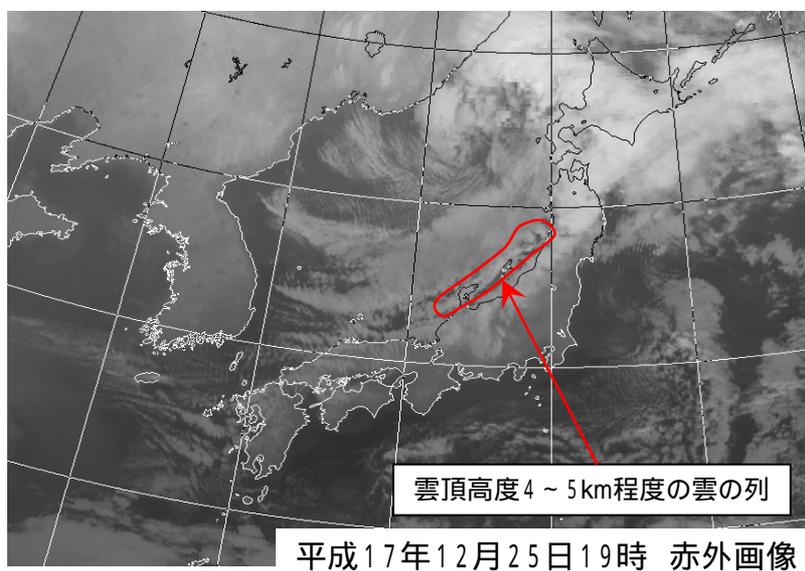
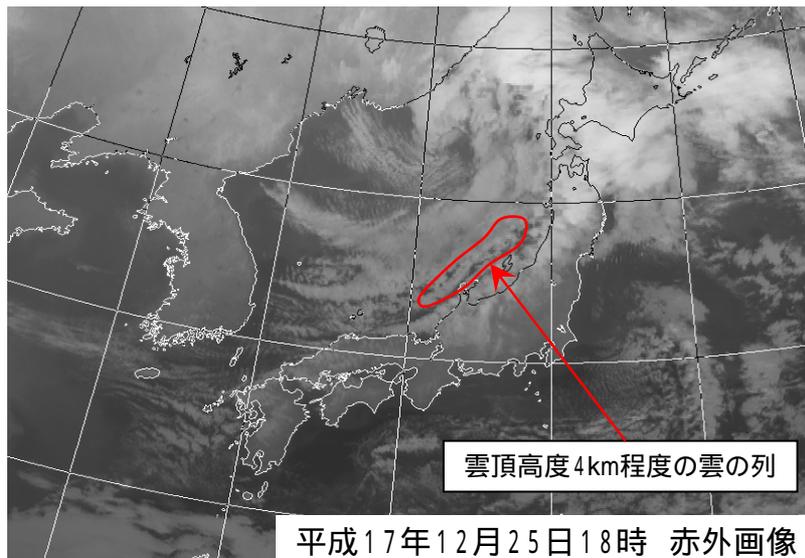


平成17年12月25日21時



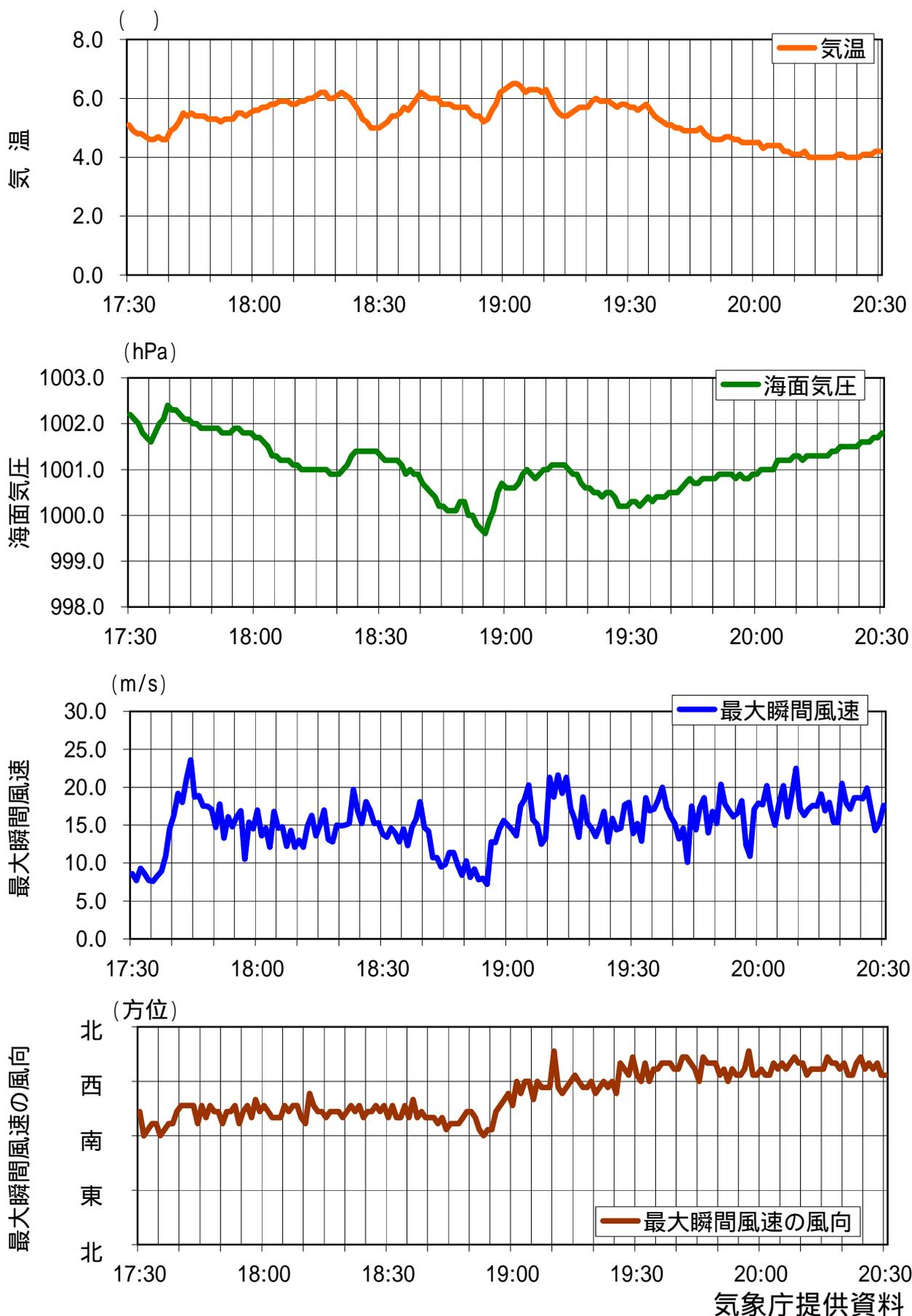
気象庁提供資料に追記

付図18 静止気象衛星画像



気象庁提供資料に追記

付図 1 9 事故当日の酒田測候所観測記録の時系列



付図20 事故当時のアメダス風向及び風速

平成17年12月25日
18時40分

風向が西寄りの
領域

酒田

風向が南寄りの
領域

平成17年12月25日
19時00分

酒田

平成17年12月25日
19時20分

酒田

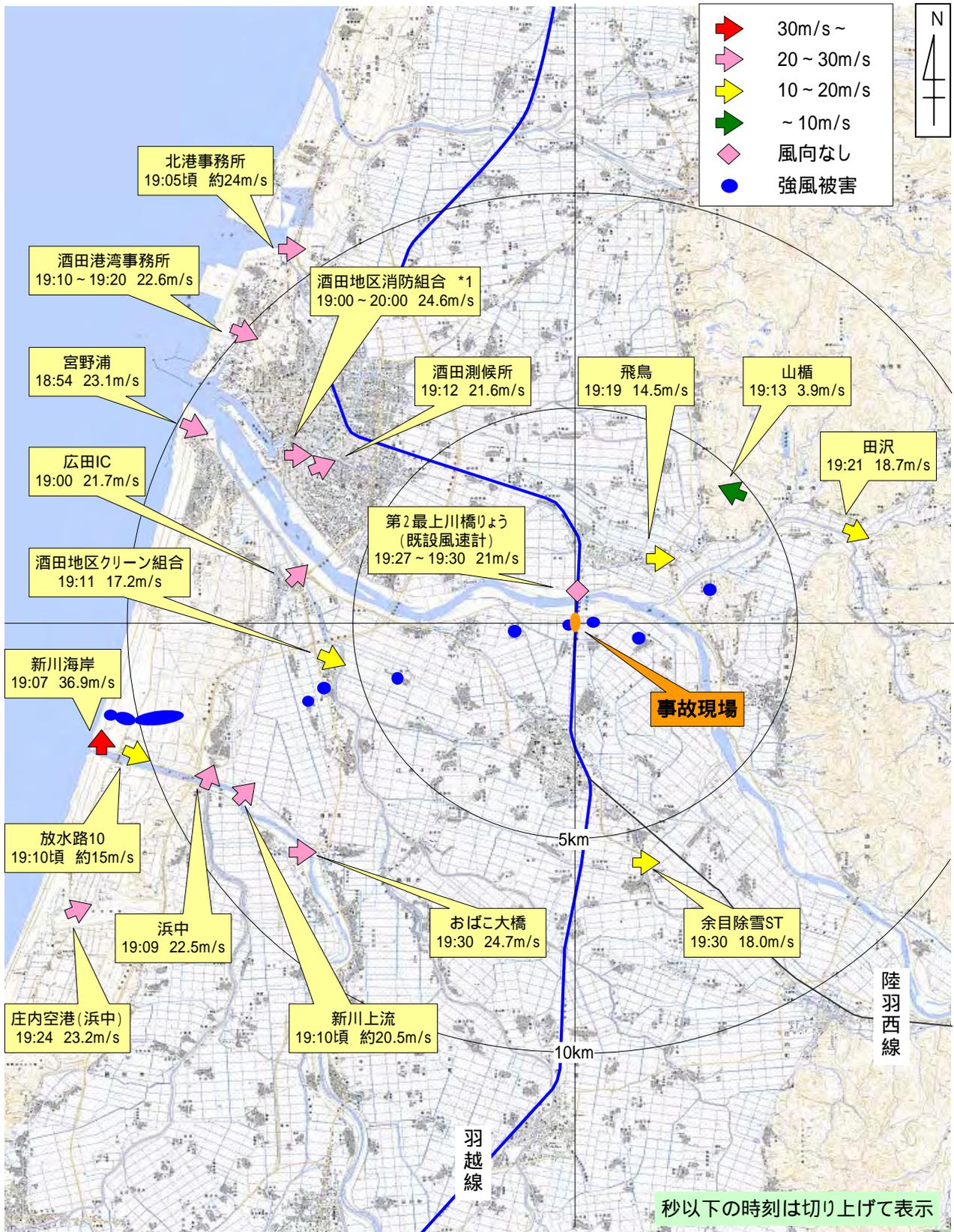
平成17年12月25日
19時40分

酒田



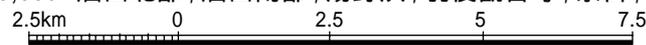
気象庁提供資料に追記

付図 2 1 気象観測点における最大瞬間風速（その1） （18時30分～19時30分）



*1 瞬間風速の最大値のみが記録されており正確な時刻は不明

1:25,000 酒田北部, 酒田南部, 湯野浜, 羽後観音寺, 余目, 藤島



国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

付図 2 1 気象観測点における最大瞬間風速（その 2） （18時30分～19時30分）

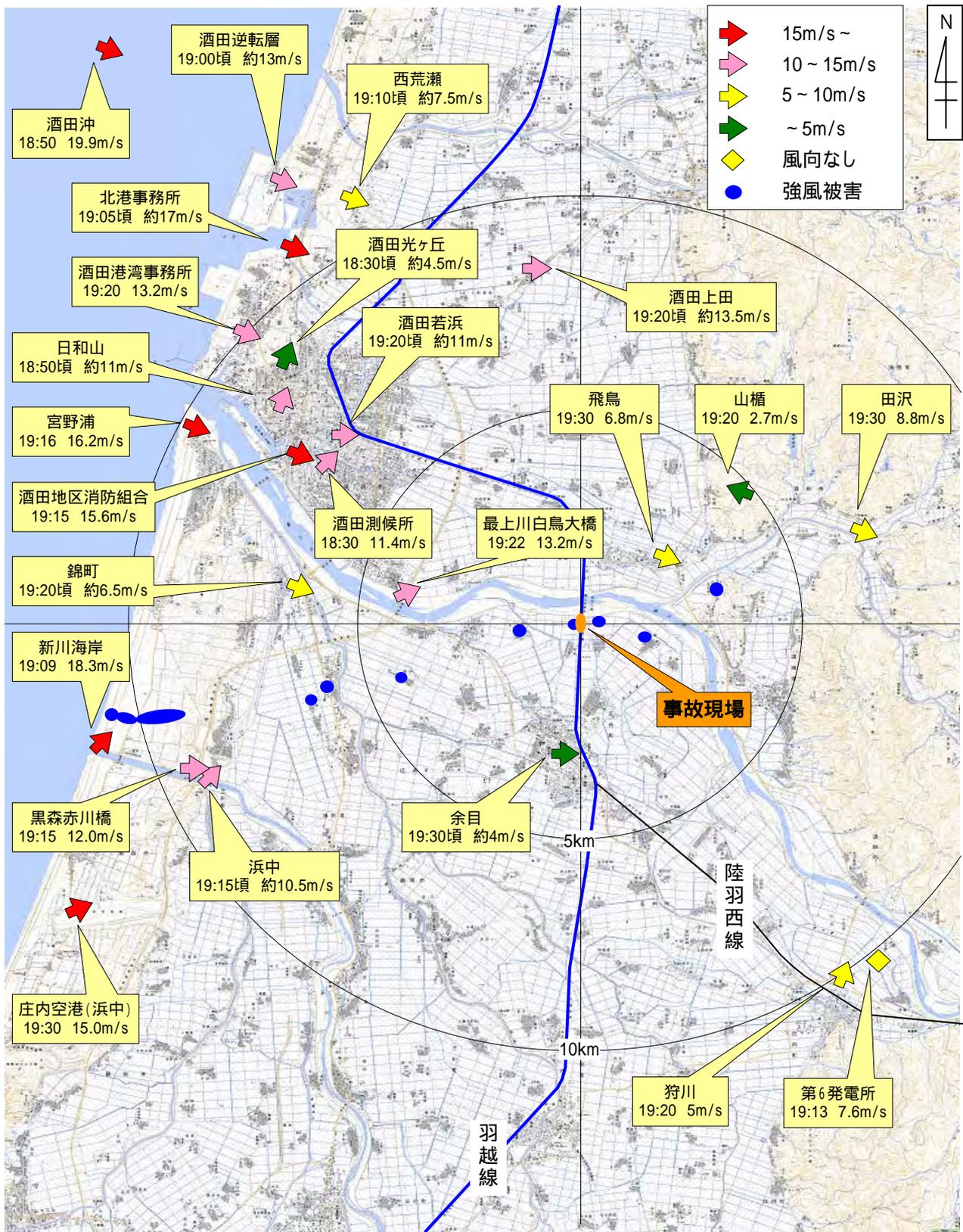
気象観測点	最大瞬間風速 (m/s)	観測時刻 (秒以下の時刻は切り上げ)	風速計設置高さ (m)	備考	
気象庁					
酒田測候所	西南西	21.6	19時12分	27.5	
庄内空港 (浜中)	西南西	23.2	19時24分	10	
国土交通省酒田河川国道事務所					
宮野浦	西北西	23.1	18時54分	5.15	*1
新川海岸	南	36.9	19時07分	8	*1
浜中	南南西	22.5	19時09分	10	
新川上流	南西	約 20.5	19時10分頃	7.8	*1*2
放水路10	西北西	約 15	19時10分頃	6	*1*2*3
余目除雪ST	西	18.0	19時30分	約 10	
広田IC	南西	21.7	19時00分	約 10	
おばこ大橋	西	24.7	19時30分	約 10	
国土交通省酒田港湾事務所					
酒田港湾事務所	西北西	22.6	19時10～20分	14.1	*1
北港事務所	西	約 24	19時05分頃	約 13	*1*2
酒田市平田総合支所					
飛鳥	西	14.5	19時19分	約 10	*1
山楯	東南東	3.9	19時13分	約 10	*1
田沢	西北西	18.7	19時21分	約 10	*1
酒田地区消防組合					
消防組合	西	24.6	19～20時	17	
酒田地区クリーン組合					
クリーン組合	西北西	17.2	19時11分	約 33	
東日本旅客鉄道株式会社					
第2最上川橋りょう (既設風速計)	不明	21	19時27分～30分	約 6.5	

*1 気象測器検定を受けていない、あるいは有効期限切れの観測値

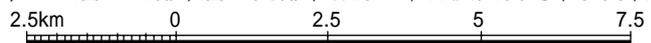
*2 自記紙に記録された観測値を目視にて読み取ったため概数値

*3 周辺の観測環境が観測値に影響を与えている可能性がある

付図 2 2 気象観測点における最大風速（その 1）
（18時30分～19時30分）



1:25,000 酒田北部, 酒田南部, 湯野浜, 羽後観音寺, 余目, 藤島



国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

付図 2 2 気象観測点における最大風速（その 2）

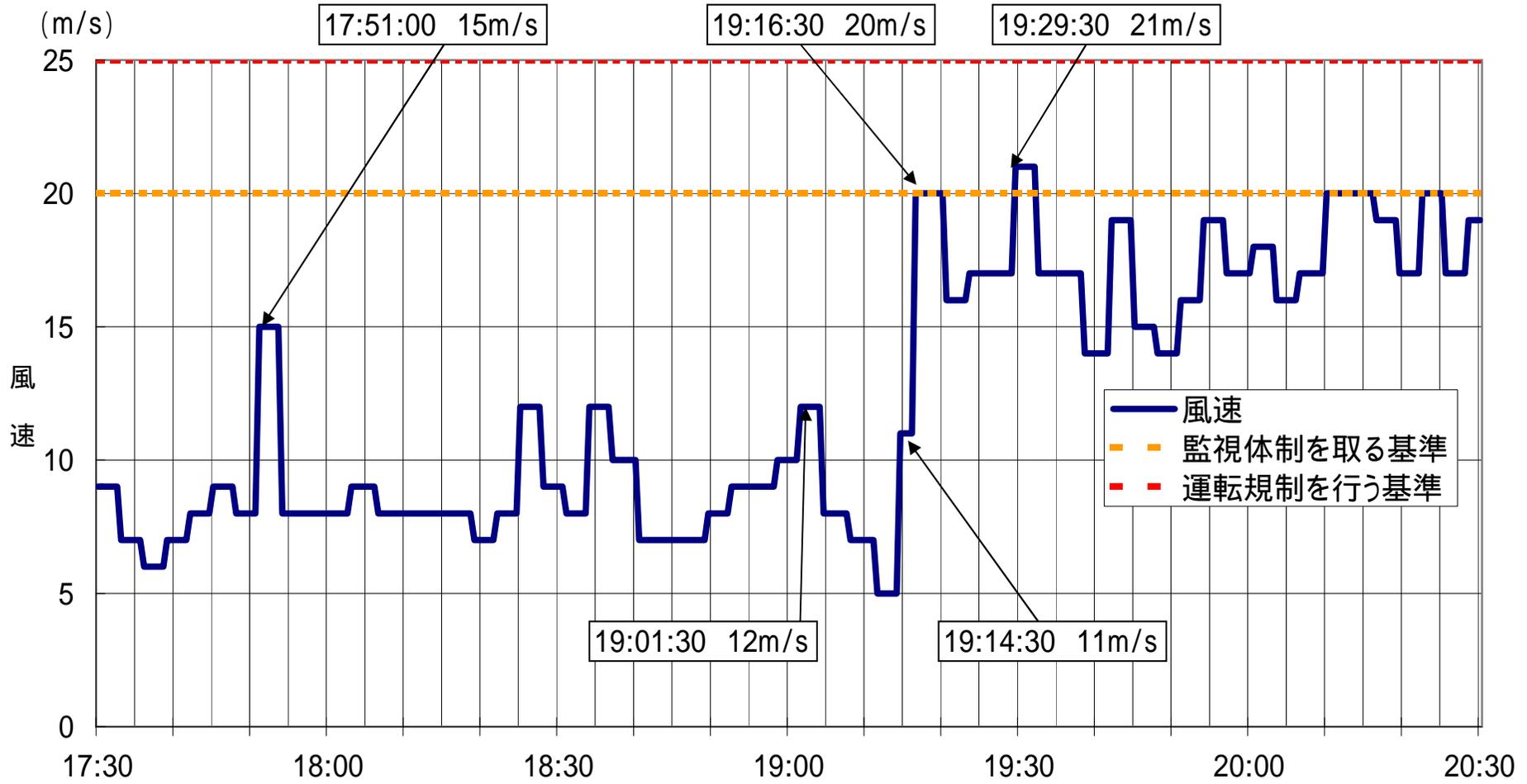
（ 1 8 時 3 0 分 ~ 1 9 時 3 0 分 ）

気象観測点	最大風速 (m/s)		観測時刻	風速計設置 高さ (m)	備考
気象庁					
酒田測候所	南西	11.4	18時30分	27.5	
庄内空港	西南西	15.0	19時30分	10	
狩川	南南西	5	19時20分	6.5	
国土交通省酒田河川国道事務所					
宮野浦	西北西	16.2	19時16分	5.15	*1
新川海岸	南西	18.3	19時09分	8	*1
浜中	南西	約 10.5	19時15分 頃	10	*2
国土交通省酒田港湾事務所					
酒田港湾事務所	西北西	13.2	19時20分	14.1	*1
北港事務所	西北西	約 17	19時05分 頃	約 13	*1*2
酒田沖	西北西	19.9	18時50分	19.2	
山形県文化環境部					
酒田逆転層	西北西	約 13	19時00分 頃	10	*1
酒田若浜	西	約 11	19時20分 頃	13	*1*2
酒田光ヶ丘	南南西	約 4.5	18時30分 頃	6	*1*2
酒田上田	西	約 13.5	19時20分 頃	7	*1*2
余目	西	約 4	19時30分 頃	6	*1*2
酒田市市民生活部					
西荒瀬	西北西	約 7.5	19時10分 頃	標高 6.0	*1*2
日和山	南南西	約 11	18時50分 頃	標高 11.0	*1*2
錦町	西北西	約 6.5	19時20分 頃	標高 3.0	*1*2
酒田市平田総合支所					
飛鳥	西北西	6.8	19時30分	約 10	*1
山楯	東南東	2.7	19時20分	約 10	*1
田沢	西北西	8.8	19時30分	約 10	*1
酒田地区消防組合					
消防組合	西北西	15.6	19時15分	17	
東日本高速道路株式会社東北支社					
最上川白鳥大橋	西南西	13.2	19時22分	4.5	
黒森赤川橋	西	12.0	19時15分	4.5	*1
エコ・パワー株式会社					
第 6 発電所	不明	7.6	19時13分	約 46.5	*1

*1 気象測器検定を受けていない、あるいは有効期限切れの観測値

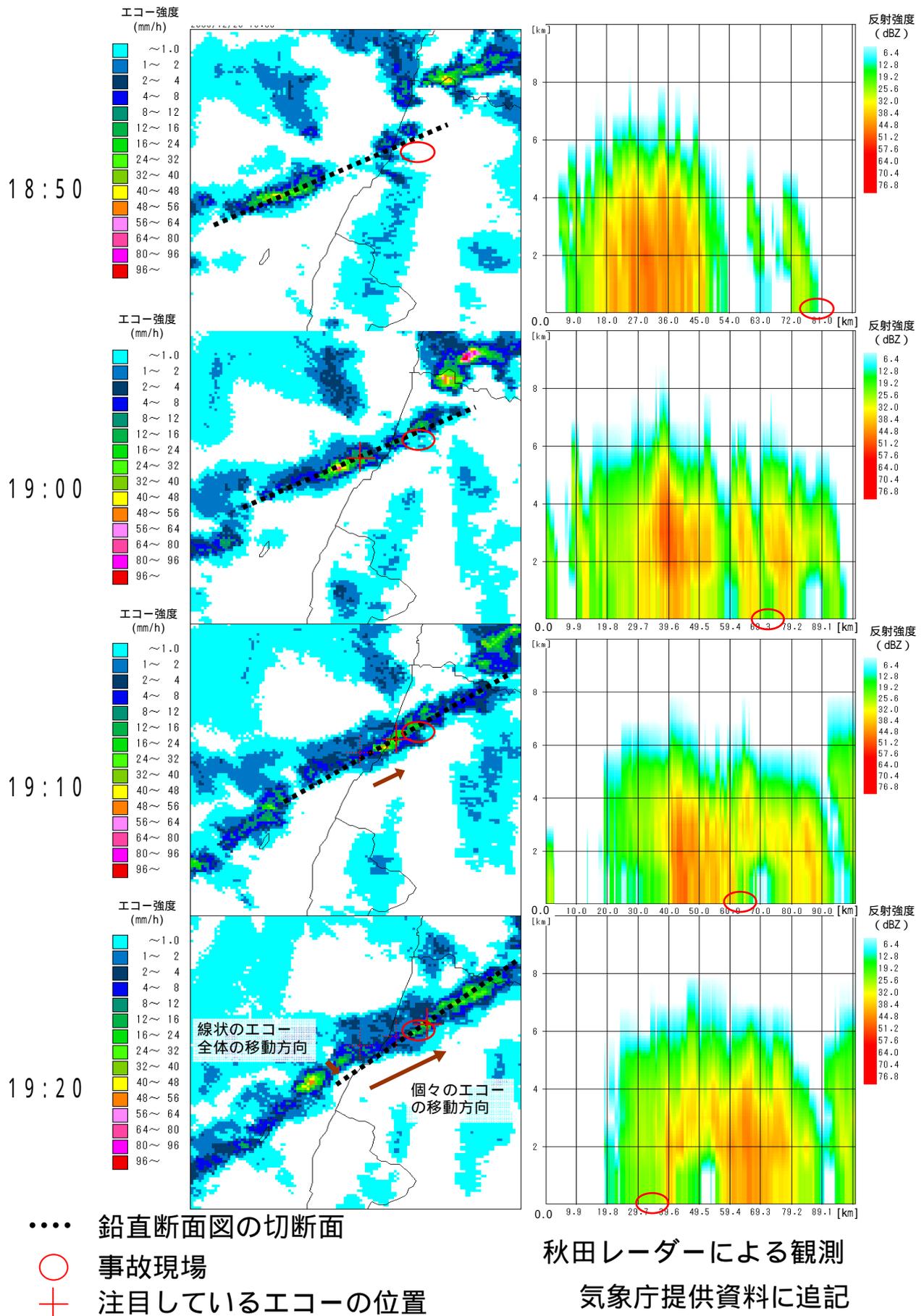
*2 自記紙に記録された観測値を目視にて読み取ったため概数値

付図 2 3 事故当日の第 2 最上川橋りょうの風速観測記録
 (既設風速計による観測)

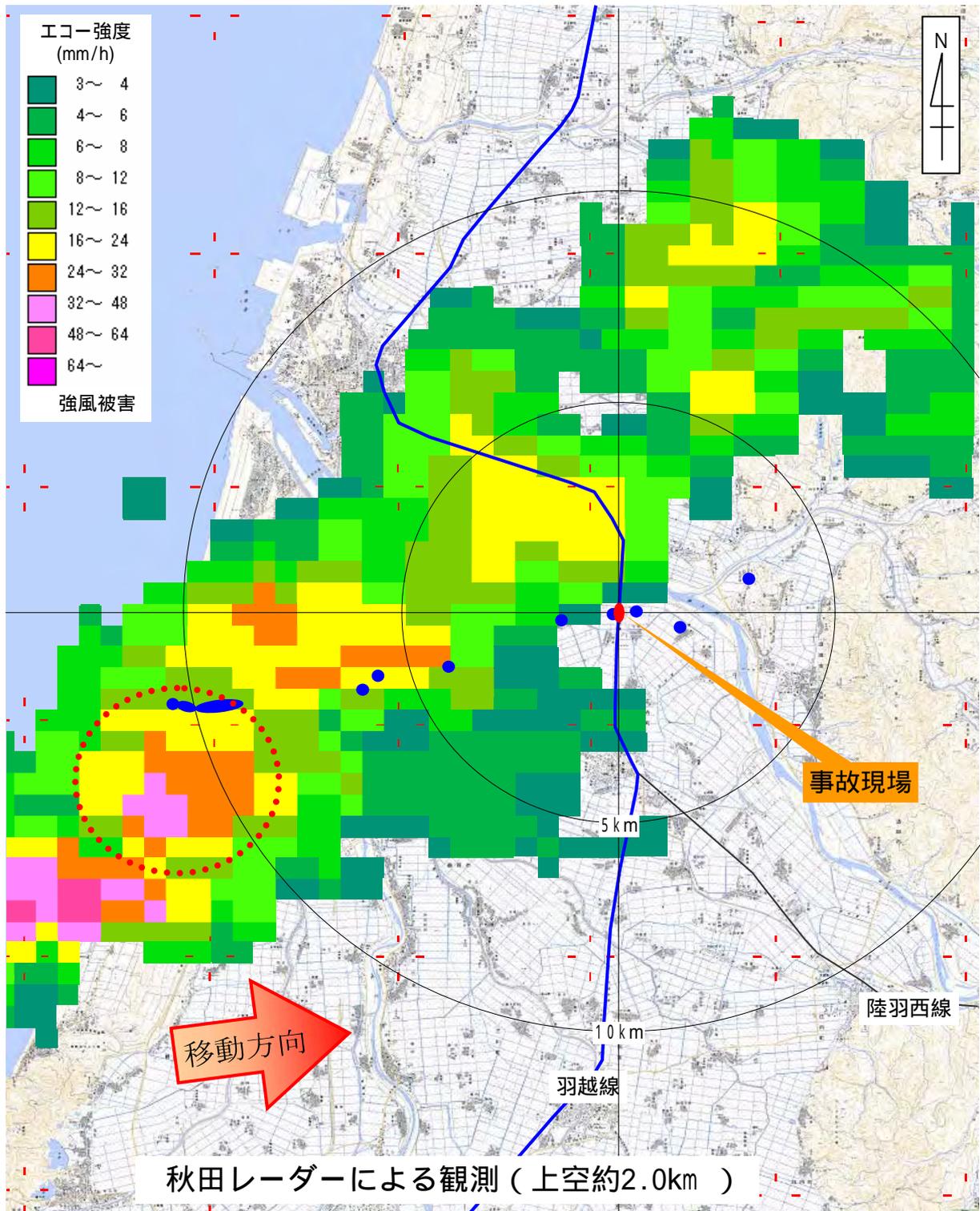


* 風速の観測は0.5秒毎に求めた風速から前3分間の最大値を抽出し、その値をシステムで3分間保持する形態となっている。ただし、基準値に達する風速を初めて観測した場合は割り込みがかけられ保持されている値が変化する。

付図 2 4 事故当時のレーダーエコー強度分布及び鉛直断面図



付図25 強風被害とレーダーエコーの移動(その1)
 (19時05分20秒ごろ観測)



●●●●●●●●●● 強風被害をもたらしたと考えられる強いエコー

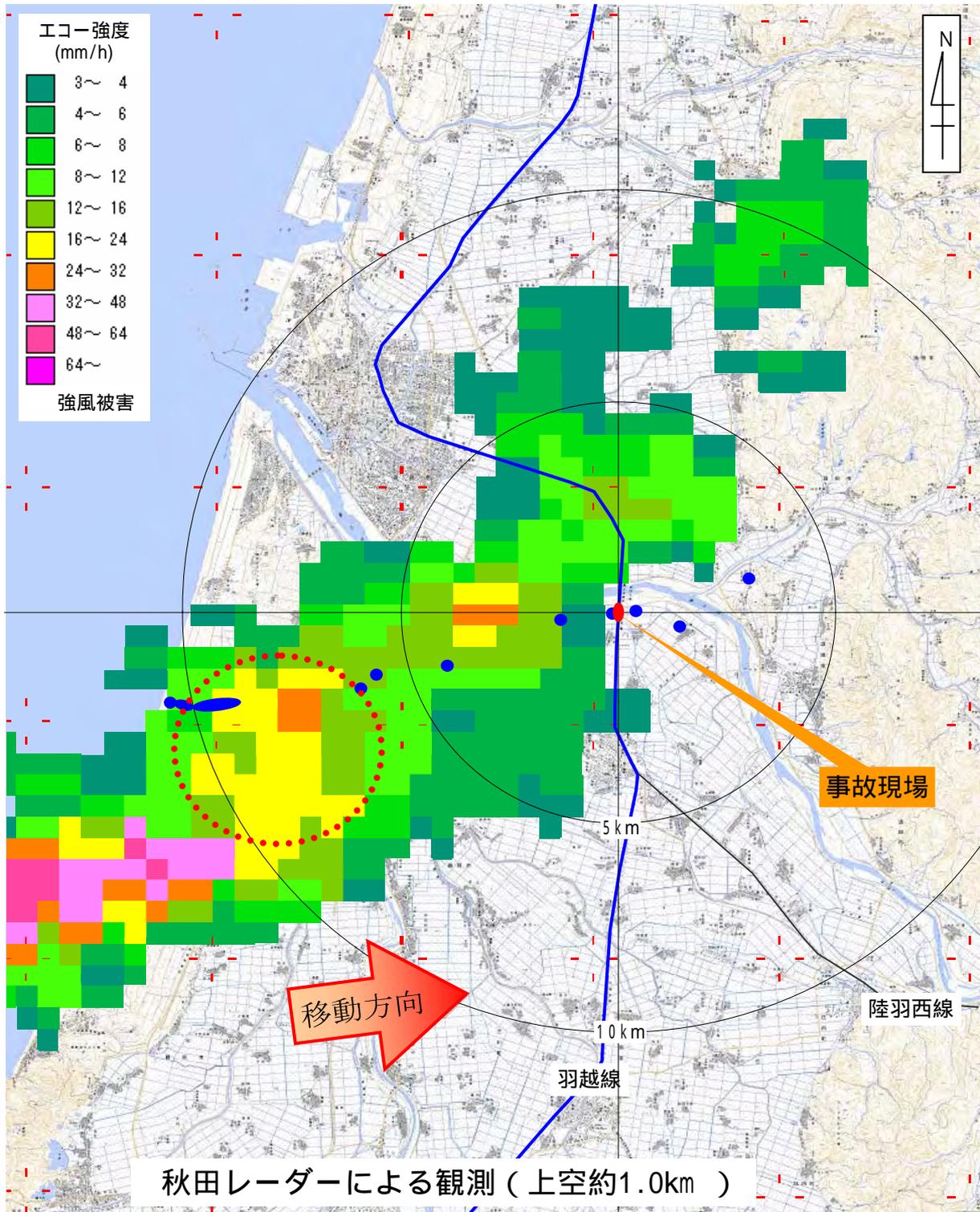
1:25,000 酒田北部, 酒田南部, 湯野浜, 羽後観音寺, 余目, 藤島

2.5km 0 2.5 5 7.5

国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

気象庁提供資料に追記

付図 2 5 強風被害とレーダーエコーの移動 (その 3)
 (19時06分20秒ごろ観測)



●●●●● 強風被害をもたらしたと考えられる強いエコー

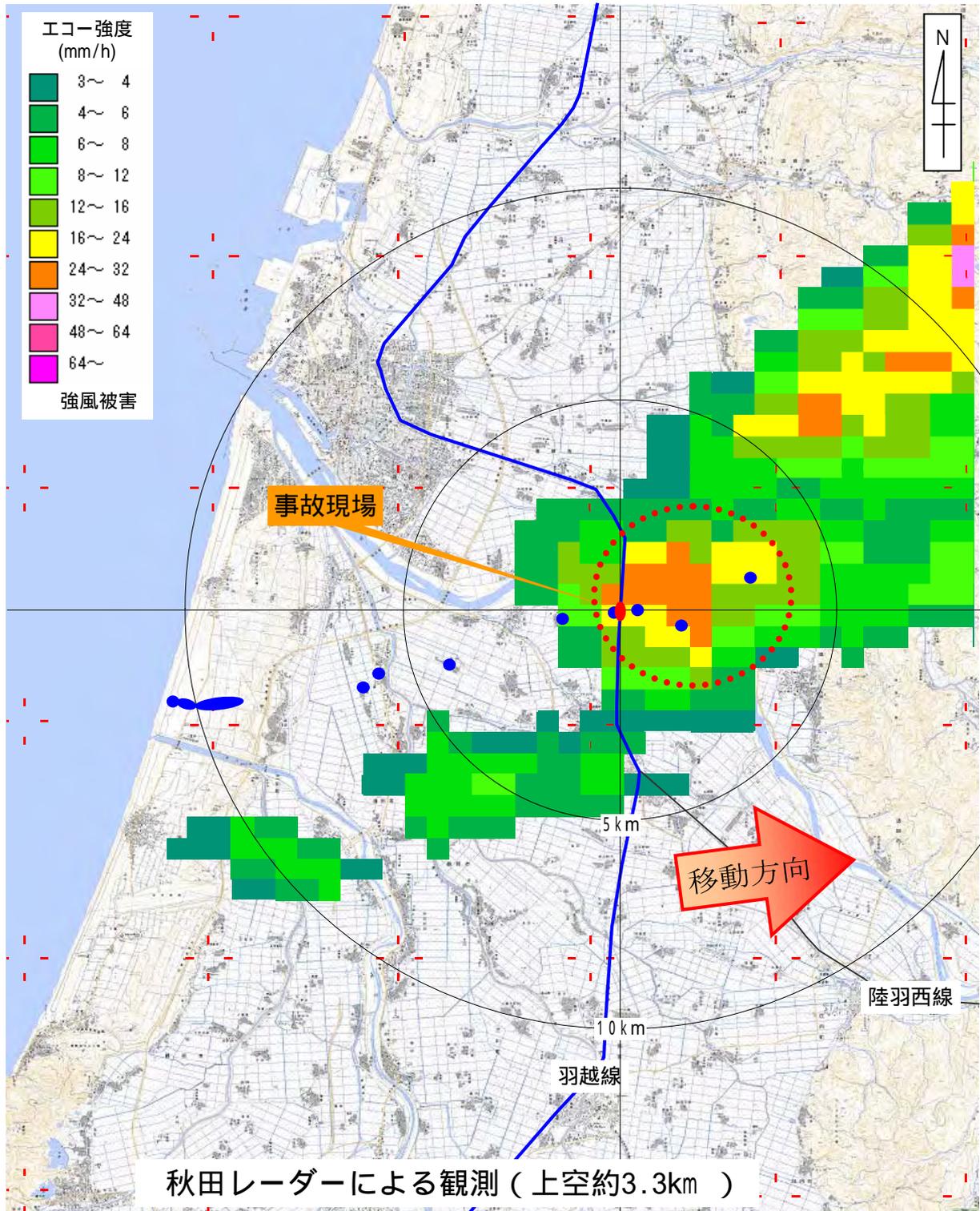
1:25,000 酒田北部, 酒田南部, 湯野浜, 羽後観音寺, 余目, 藤島

2.5km 0 2.5 5 7.5

国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

気象庁提供資料に追記

付図 2 5 強風被害とレーダーエコーの移動（その 4）
 （19時14分20秒ごろ観測）



 強風被害をもたらしたと考えられる強いエコー

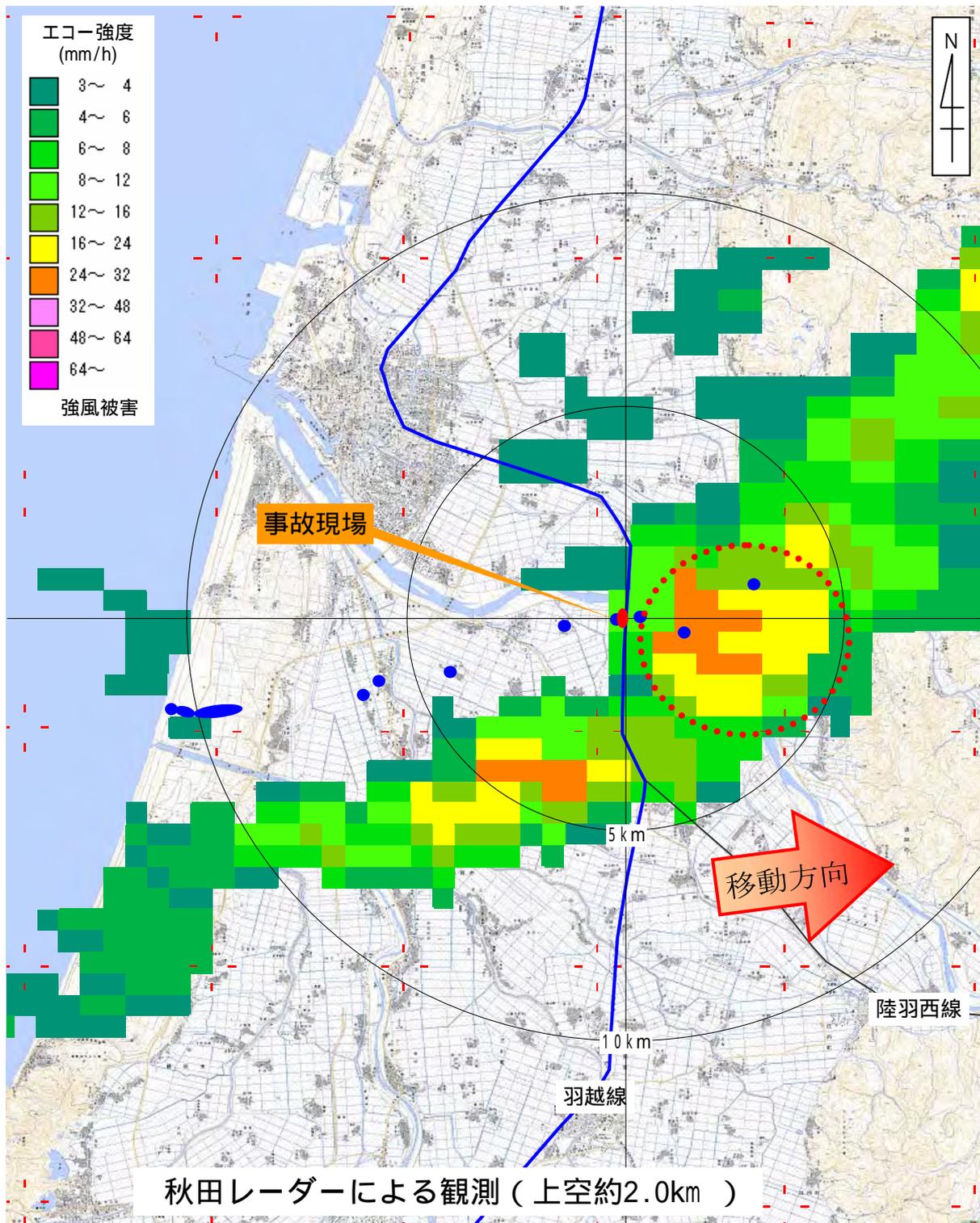
1:25,000 酒田北部, 酒田南部, 湯野浜, 羽後観音寺, 余目, 藤島

2.5km 0 2.5 5 7.5

国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

気象庁提供資料に追記

付図 2 5 強風被害とレーダーエコーの移動 (その 6)
 (1 9 時 1 5 分 2 0 秒 ごろ 観 測)



●●●●●●●●●● 強風被害をもたらしたと考えられる強いエコー

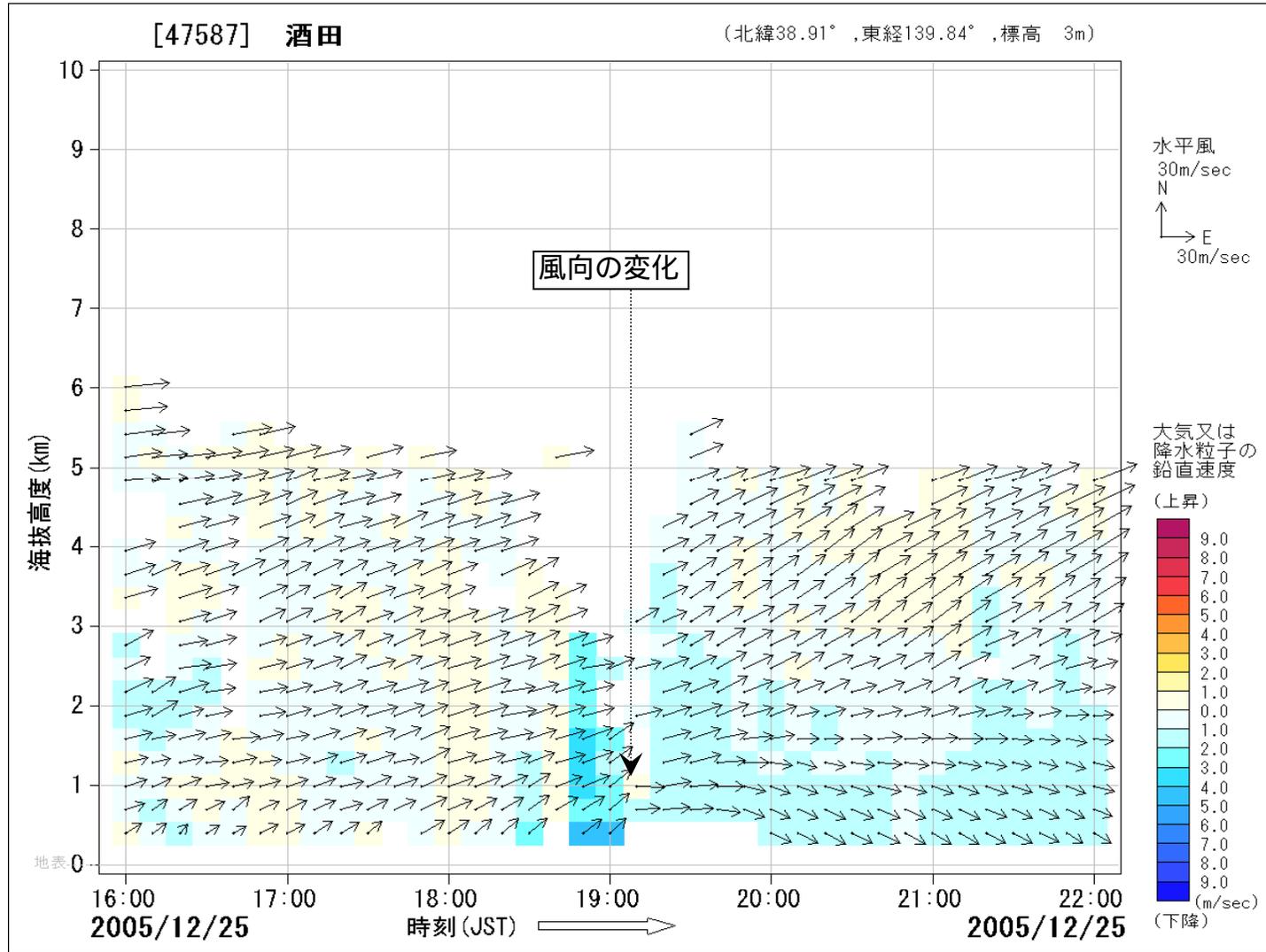
1:25,000 酒田北部, 酒田南部, 湯野浜, 羽後観音寺, 余目, 藤島

2.5km 0 2.5 5 7.5

国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

気象庁提供資料に追記

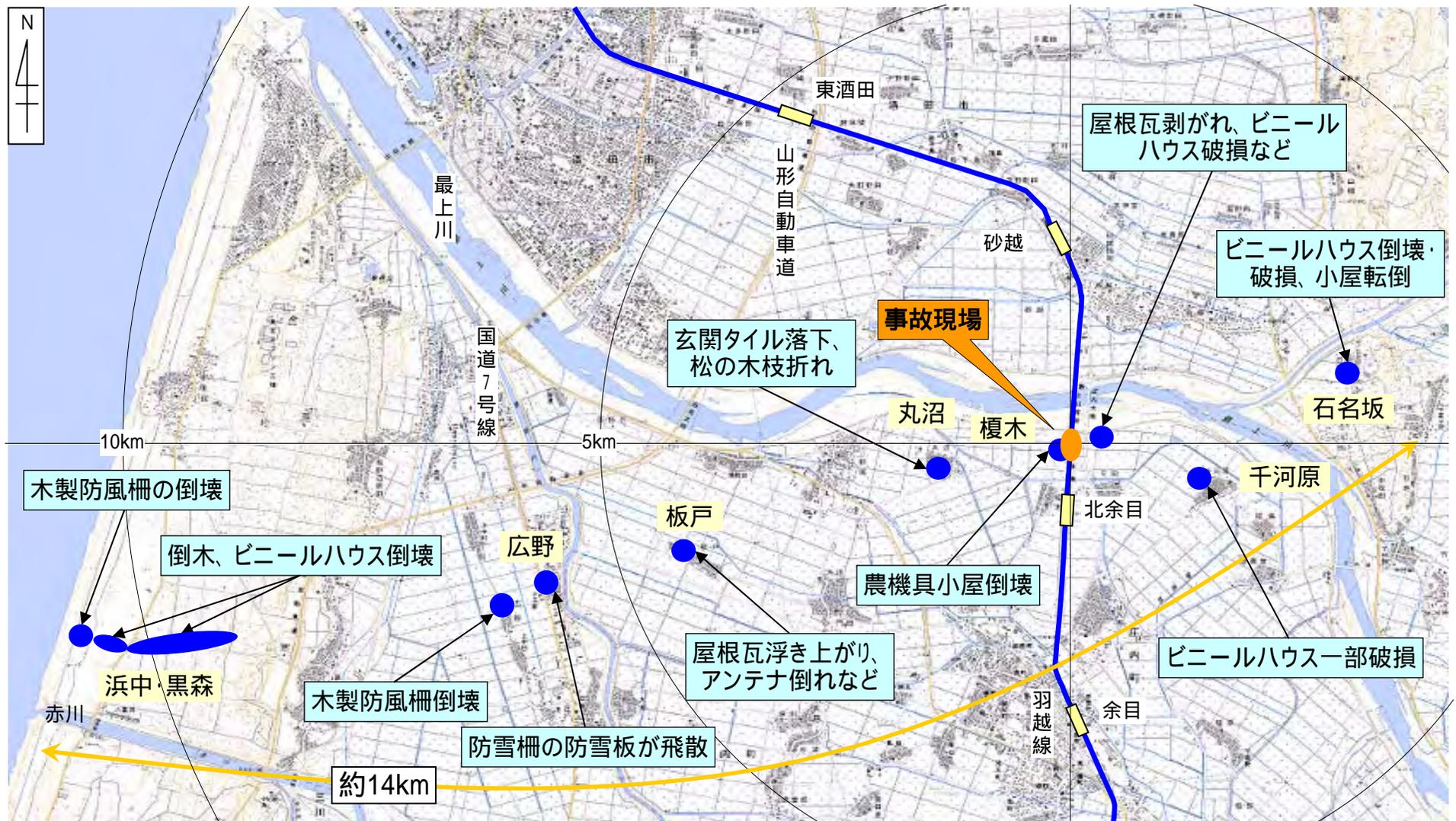
付図 2 6 事故当日の酒田測候所ウィンドプロファイラ観測



A48

気象庁提供資料に追記

付図 2 7 強風被害の分布

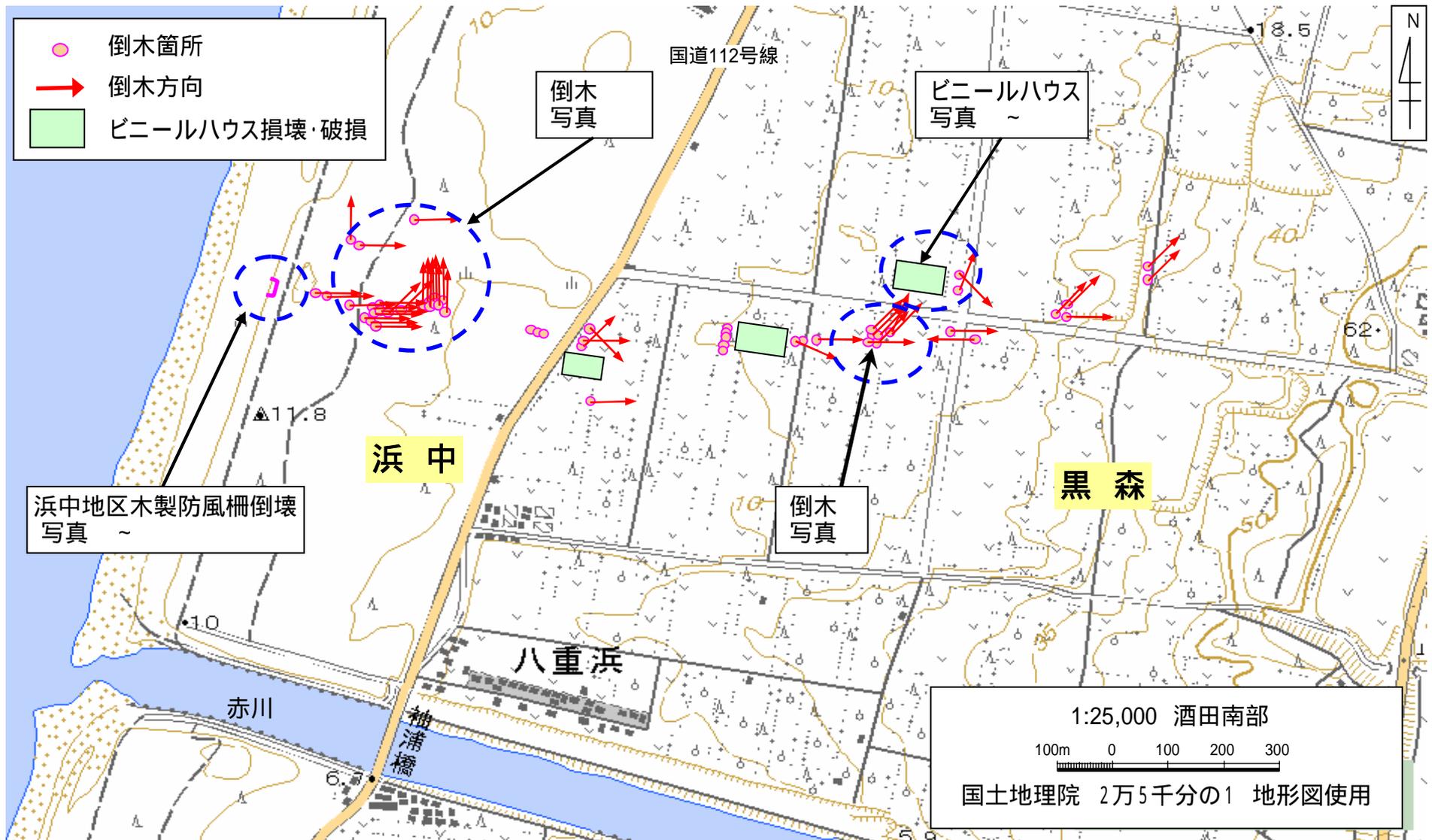


強風被害

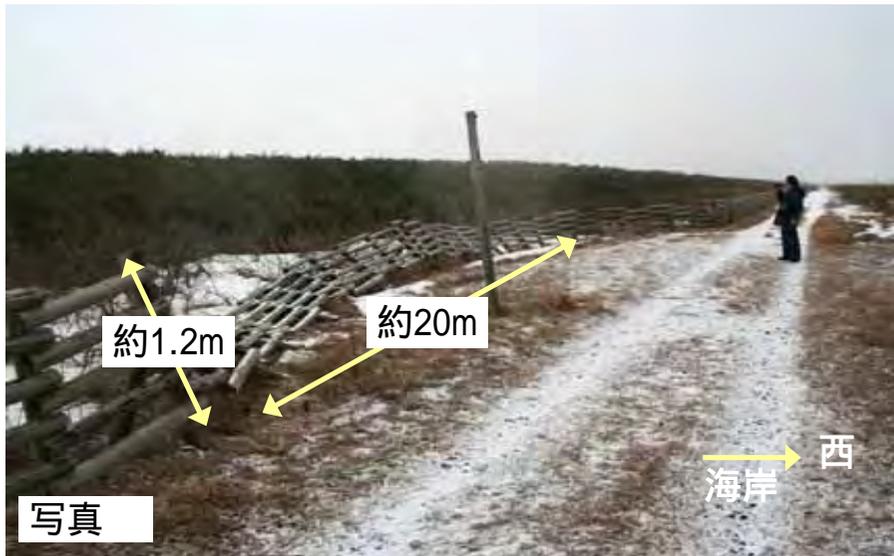
1:25,000 酒田北部, 酒田南部, 羽後観音寺, 余目

0.5km 0 0.5 1 1.5
国土地理院 2万5千分の1 地形図使用

付図 2 8 浜中・黒森地区の被害状況



付図 2 9 浜中地区における木製防風柵の倒壊

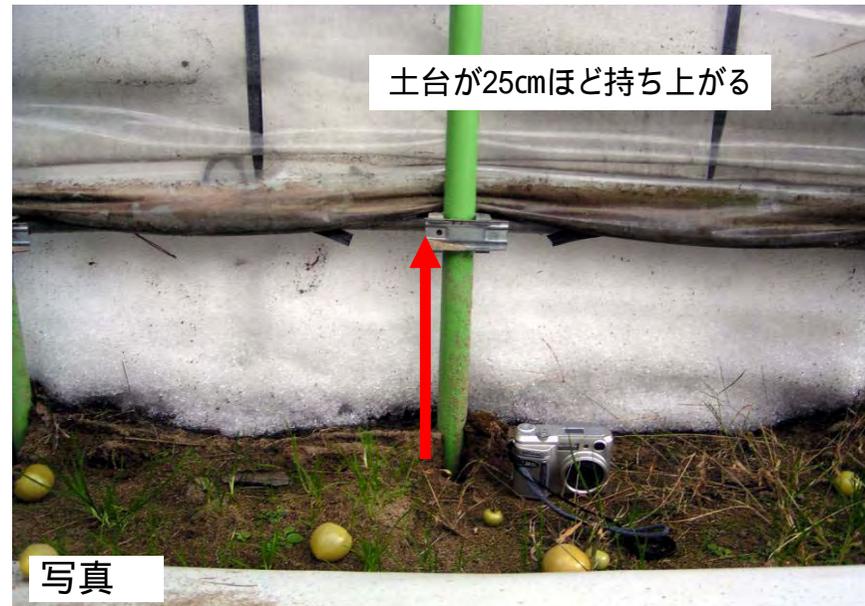


- 車のすれ違いスペース(約25m)部分の防風柵が約20mにわたり倒壊した。
- 木製柵は腐蝕していた。
- 柵の海岸(西)側の低草地帯及び柵の内陸(東)側の低木地帯には、風による被害の痕跡は認められなかった。

付図 3 0 浜中・黒森地区の防風林における倒木



付図 3 1 黒森地区におけるビニールハウスの損壊被害



付図 3 2 広野地区における国道 7 号線防雪柵の破損 (その 1)



付図3 2 広野地区における国道7号線防雪柵の破損(その2)(道路西側から)



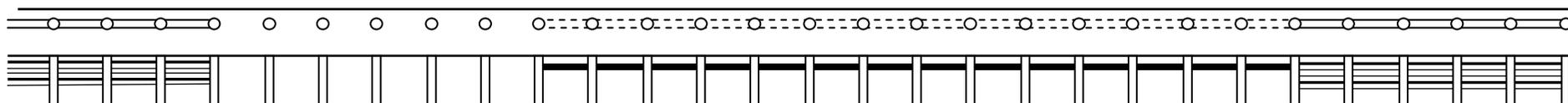
A55

← 酒田 (北)

コンビニエンス
ストア

鶴岡 (南) →

国道7号線

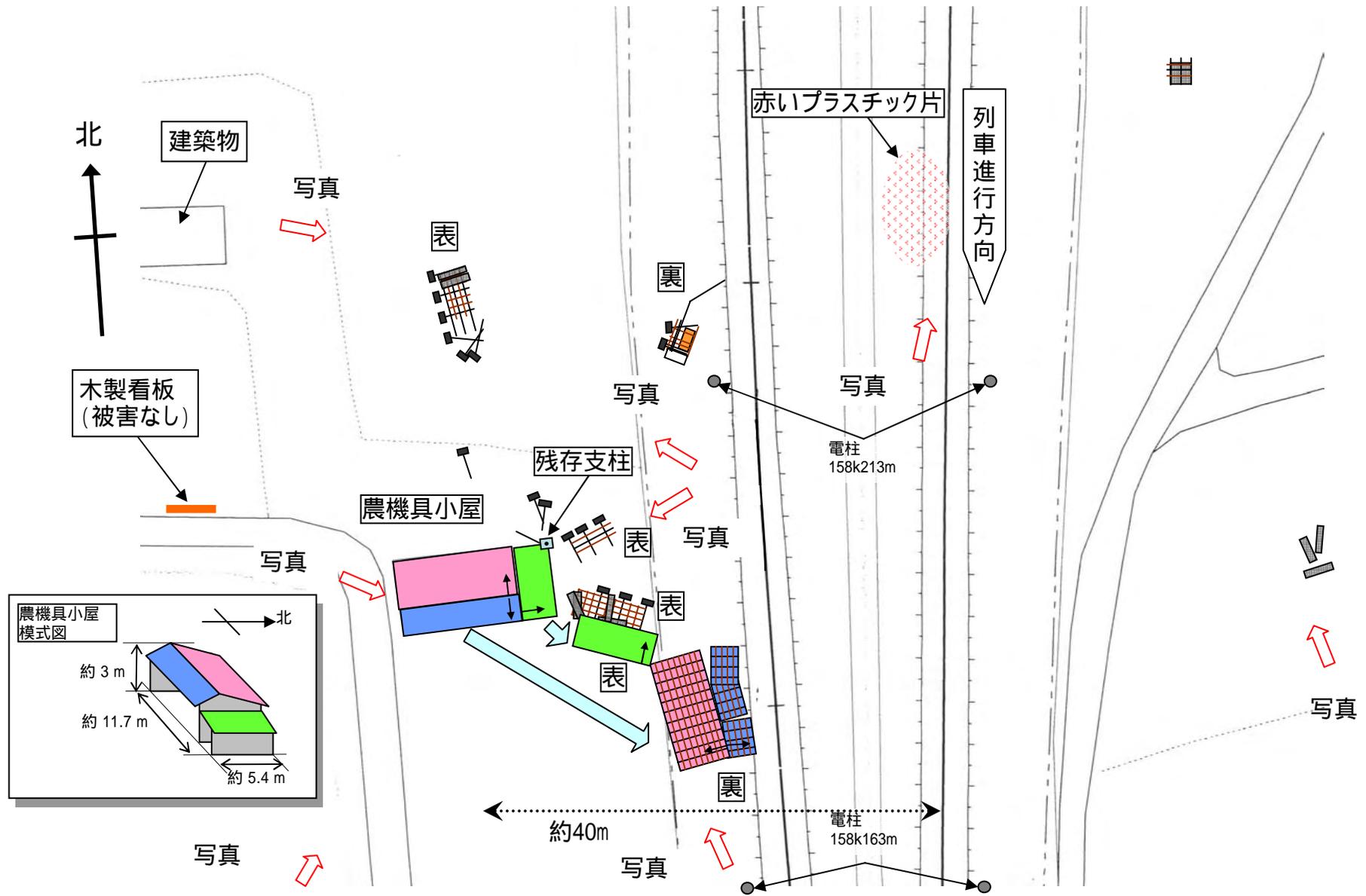


防雪板が吹き飛ばされた区間 $4.2\text{m} \times 5 = 21\text{m}$

防雪板が影響を受けた区間 $4.2\text{m} \times 20 = 84\text{m}$

酒田河川国道事務所提供資料

付図 3 3 榎木地区における農機具小屋倒壊（その 1）



付図 3 3 榎木地区における農機具小屋倒壊（その 2）



付図 3 4 追加風速計の設置状況

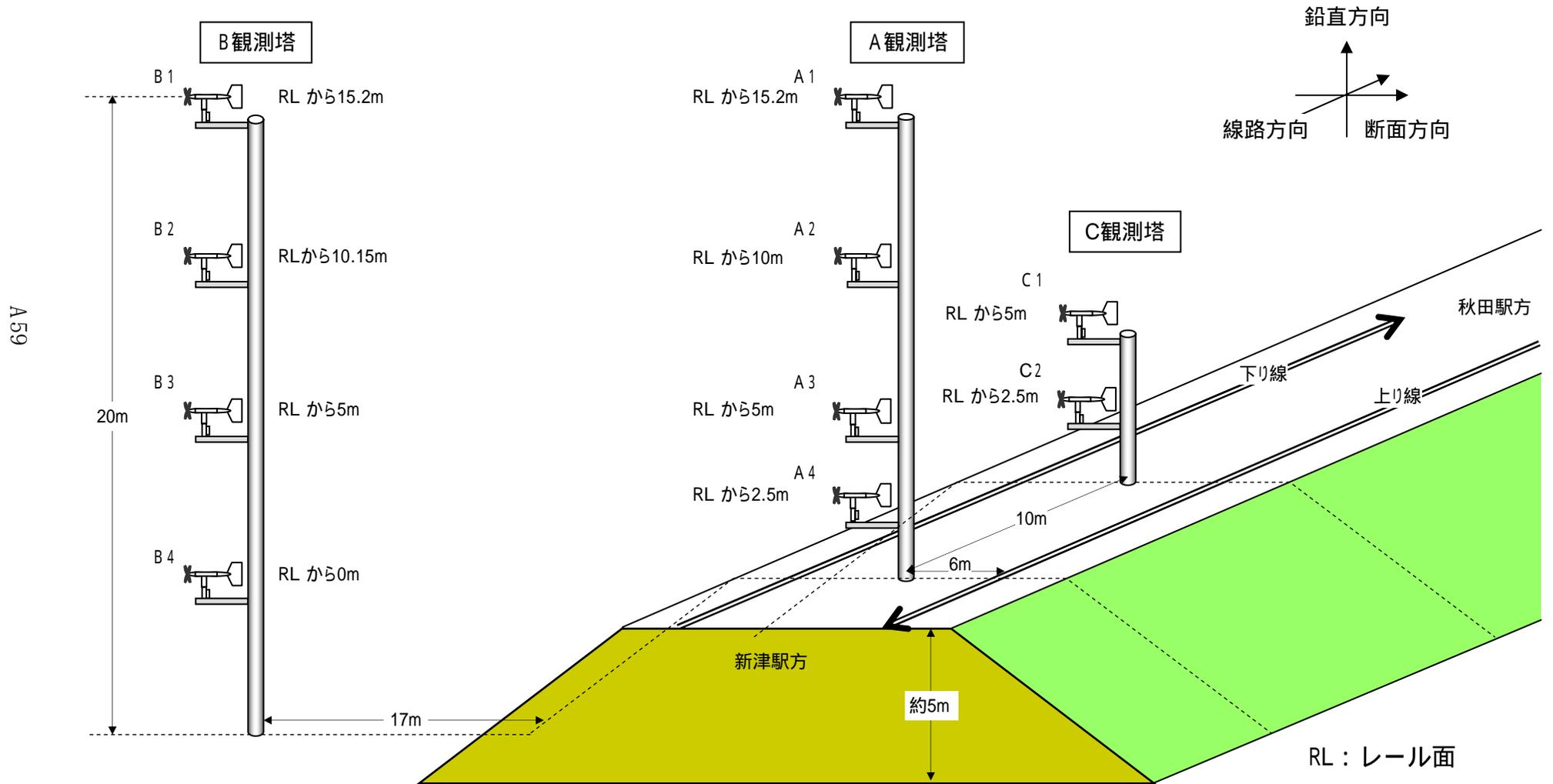


写真 1 本件橋りょうの秋田駅方の追加風速計
(中央は同社の既設風速計)

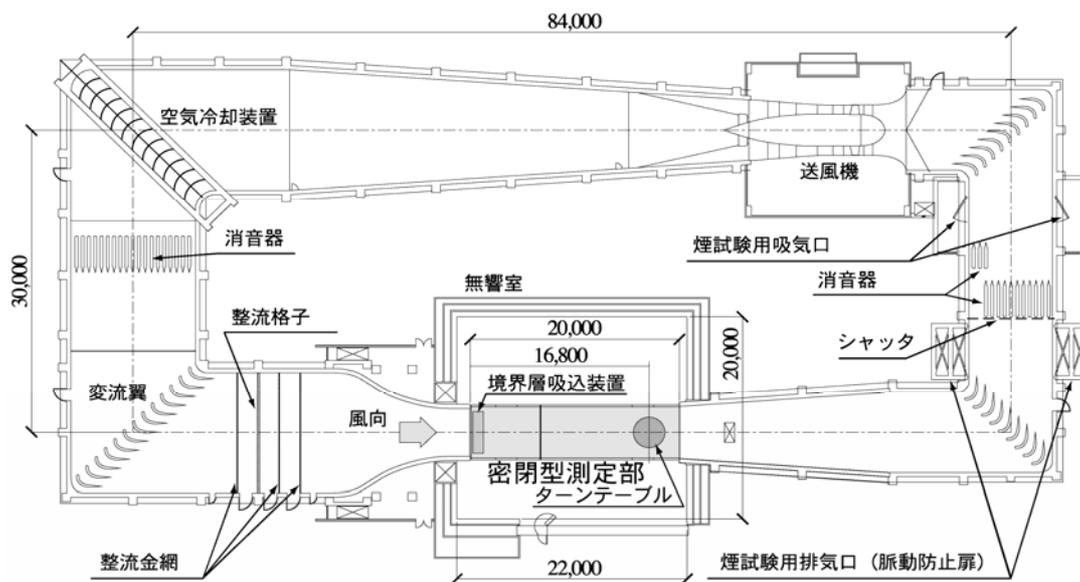


写真 2 事故現場付近の追加風速計

付図 3 5 事故現場付近の風の観測点



付図 3 6 大型低騒音風洞平面図



付図 3 7 空気力等測定試験

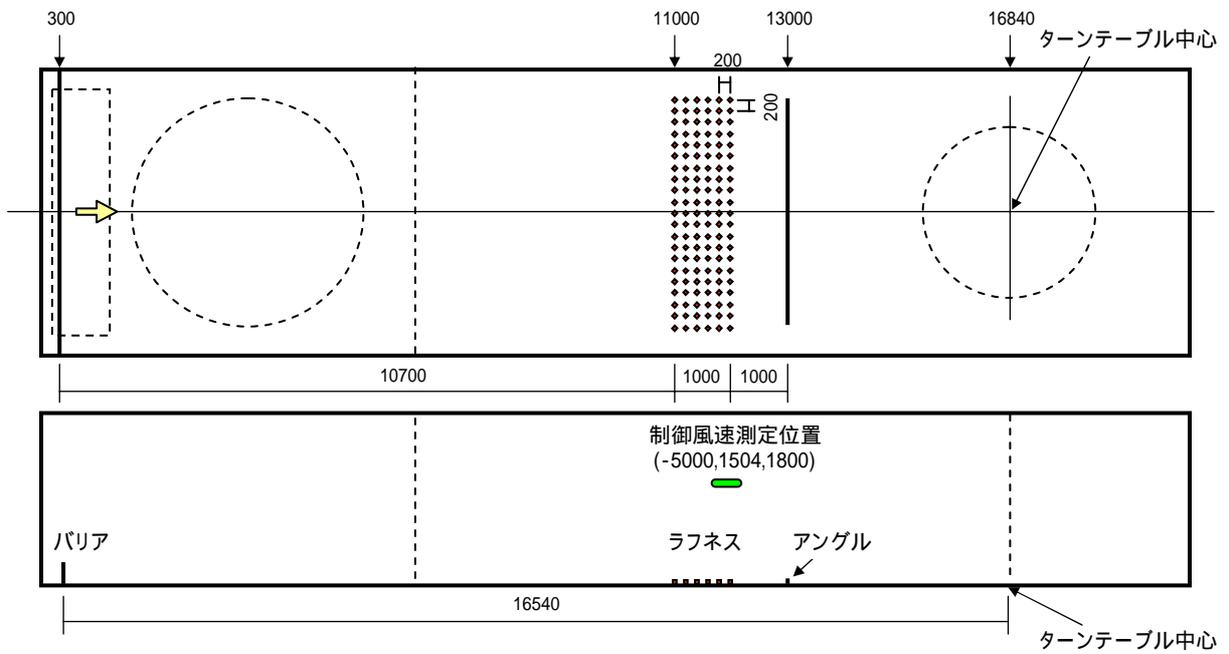


写真 空気力等測定試験の状況

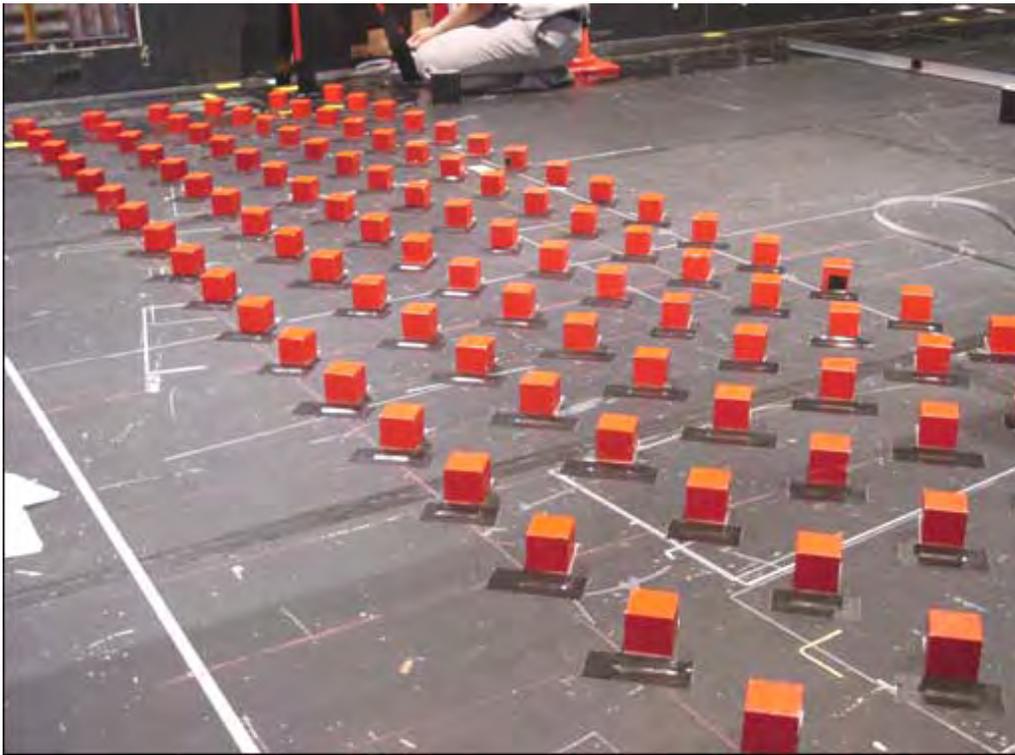
付図 3 8 車両模型及び六分力天秤



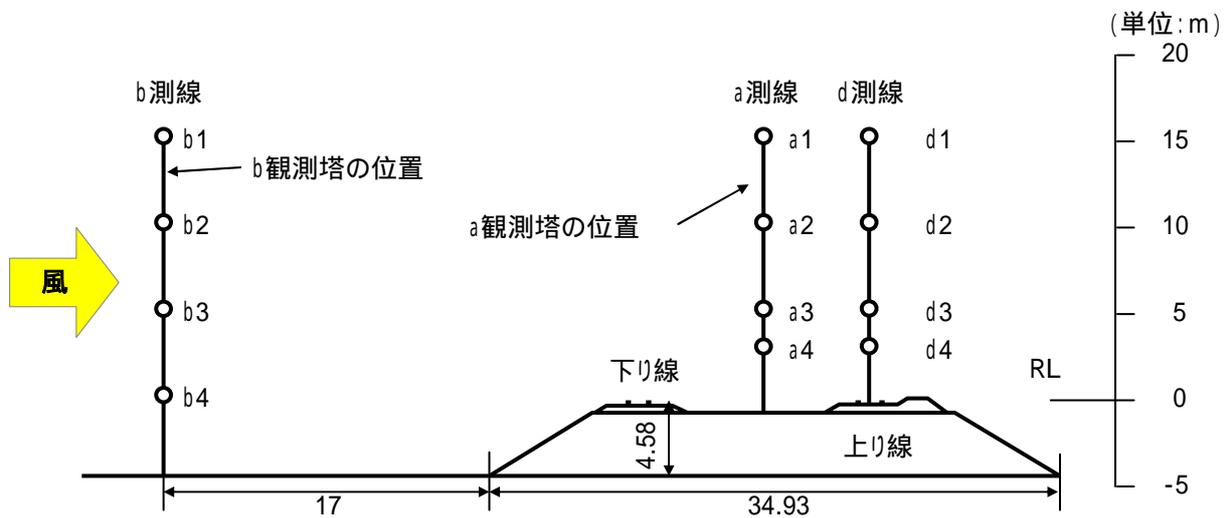
付図 3 9 乱流境界層生成装置配置図



付図 4 0 乱流境界層生成装置



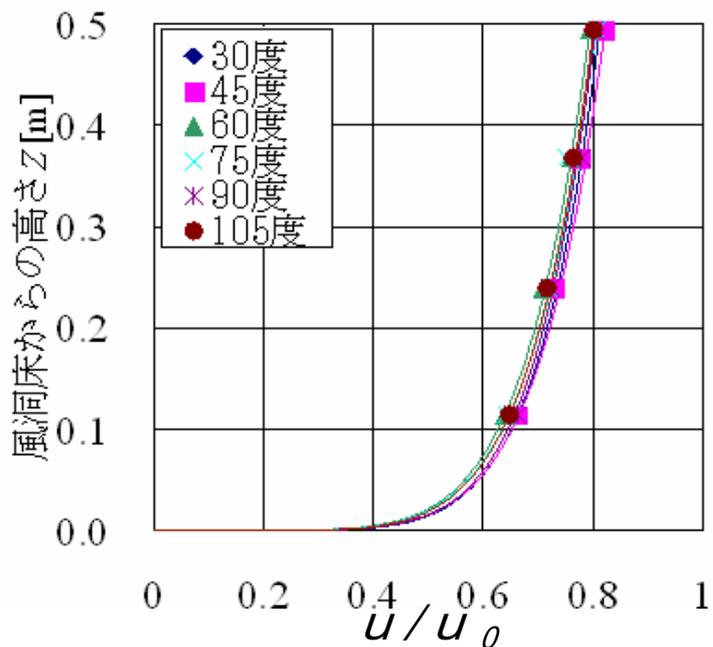
付図 4 1 風速測定位置



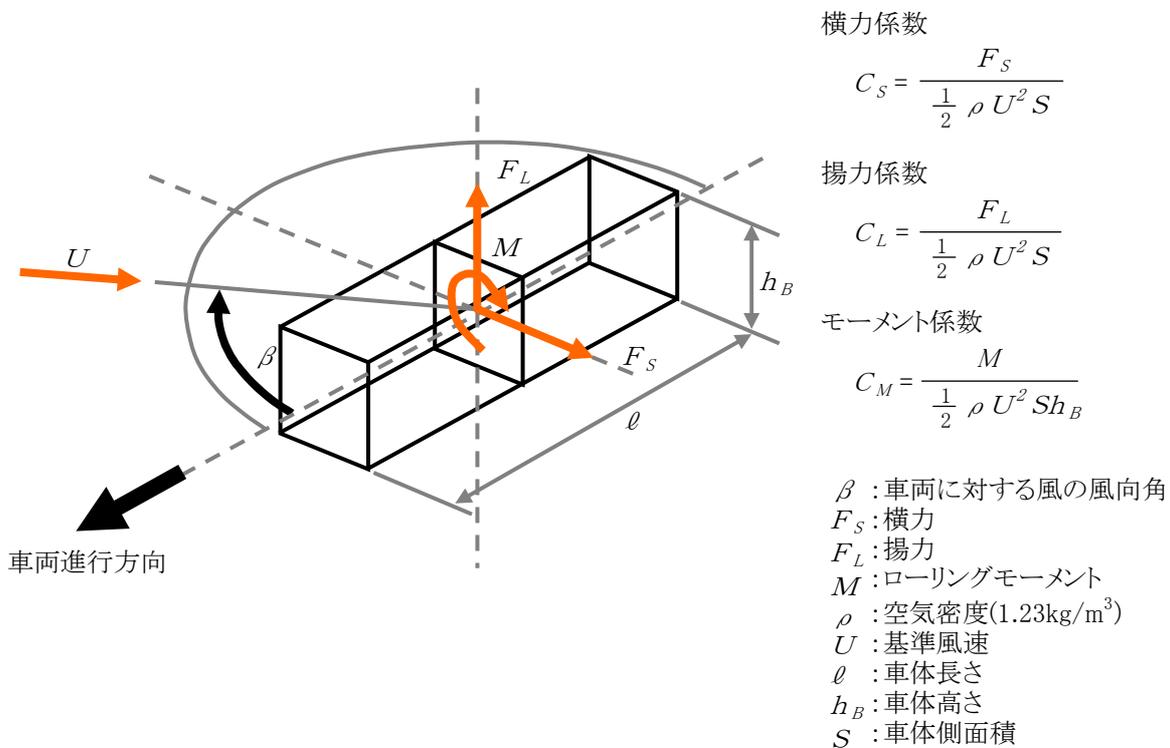
風速測定点 (実寸換算高さ)

	測定点	レール面からの高さ(m)		測定点	レール面からの高さ(m)		測定点	レール面からの高さ(m)
a測線	a1	15.2	b測線	b1	15.2	d測線	d1	15.2
	a2	10.0		b2	10.15		d2	10.0
	a3	5.0		b3	5.0		d3	5.0
	a4	2.5		b4	0		d4	2.5

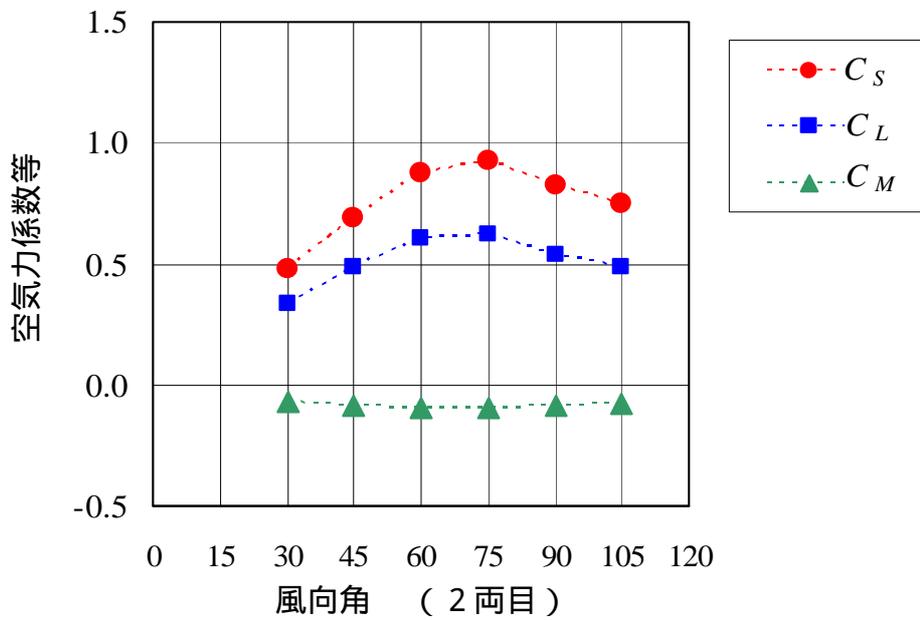
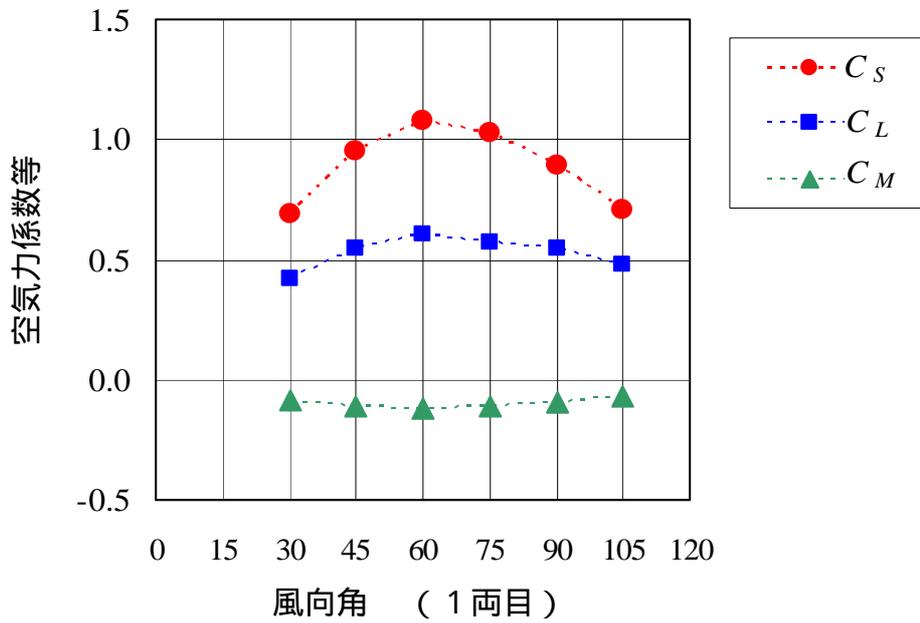
付図 4 2 生成した乱流境界層の風速分布 (b 測線)



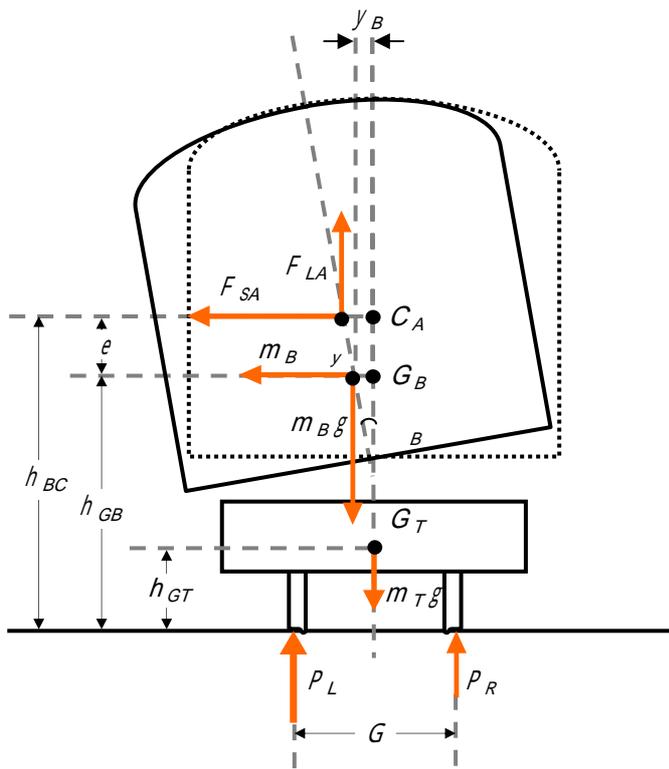
付図 4 3 車両に作用する空気力等と座標系



付図 4 4 空気力係数等と風向角の関係



付図 4 5 転覆限界風速計算モデル



- F_{SA} : 横風による横力
- F_{LA} : 横風による揚力
- m_B : 半車体質量
- G_T : 台車重心
- h_{BC} : 風圧中心高さ
- h_{GB} : 車体重心高さ
- e : 風圧中心と車体重心の距離
- m_T : 台車質量
- y : 車体左右振動加速度
- g : 重力加速度
- C_A : 風圧中心
- G_B : 車体重心
- h_{GT} : 台車重心高さ
- P_R : 右車輪の輪重
- P_L : 左車輪の輪重
- y_B : 車体重心の左右変位量
- B : 車体重心のロール変位量
- G : 車輪・レール接触点間距離

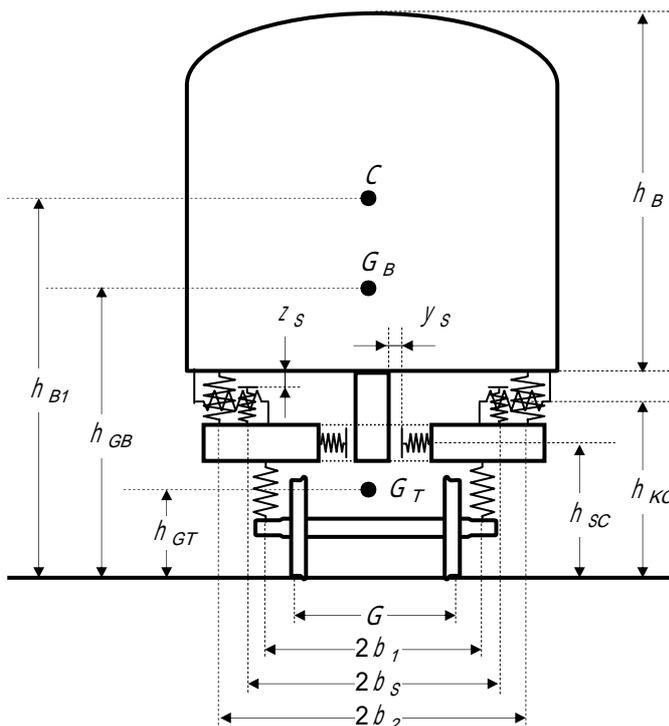
$$\text{横力} \quad F_{SA} = \frac{1}{2} C_S u^2 S_A$$

$$\text{揚力} \quad F_{LA} = \frac{1}{2} C_L u^2 S_A$$

$$\text{風圧中心高さ} \quad h_{BC} \text{ (m)} = h_{B1} + \frac{C_M}{C_S} h_B$$

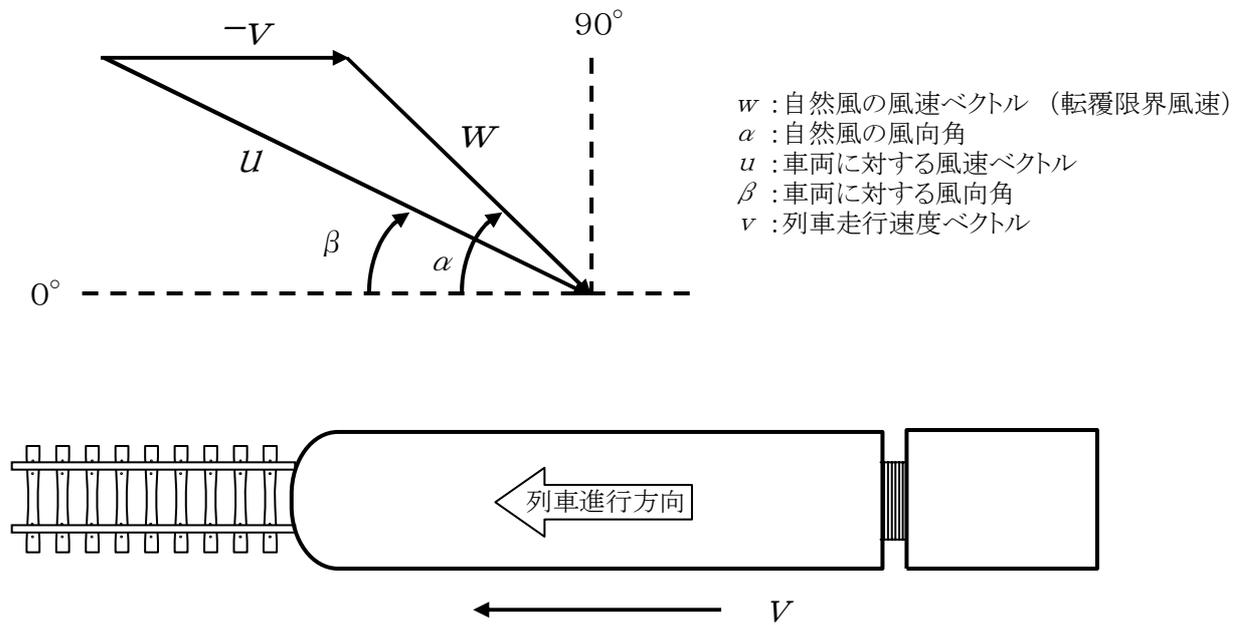
- ρ : 空気密度(1.23kg/m³)
- u : 風速 (m/s)
- S_A : 半車体側面積 (m²)
- h_{B1} : 車体中心高さ (m)
- h_B : 車体高さ (m)

付図 4 6 車両のばね系モデル

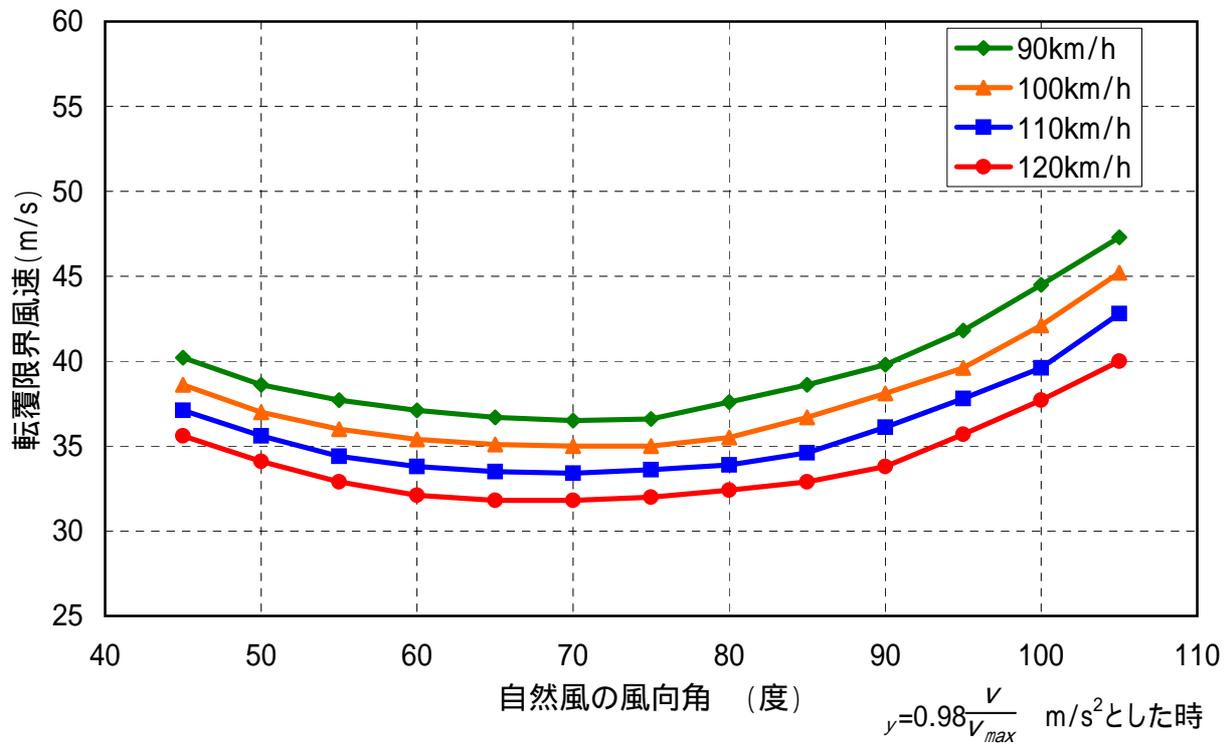


- C : 車体中心 (車体高さ(h_B)の1/2の点)
- G_B : 車体重心
- G_T : 台車重心
- h_{GB} : 車体重心高さ
- h_{GT} : 台車重心高さ
- h_{B1} : 車体中心高さ
- h_B : 車体高さ
- h_{KC} : 枕ばね中心高さ
- h_{SC} : 左右動ストッパ高さ
- y_s : 左右動ストッパ遊間
- z_s : 上下動ストッパ遊間
- G : 車輪・レール接触点間距離
- $2b_1$: 左右の軸ばね中心間距離
- $2b_2$: 左右の枕ばね中心間距離
- $2b_s$: 左右の上下動ストッパ中心間距離

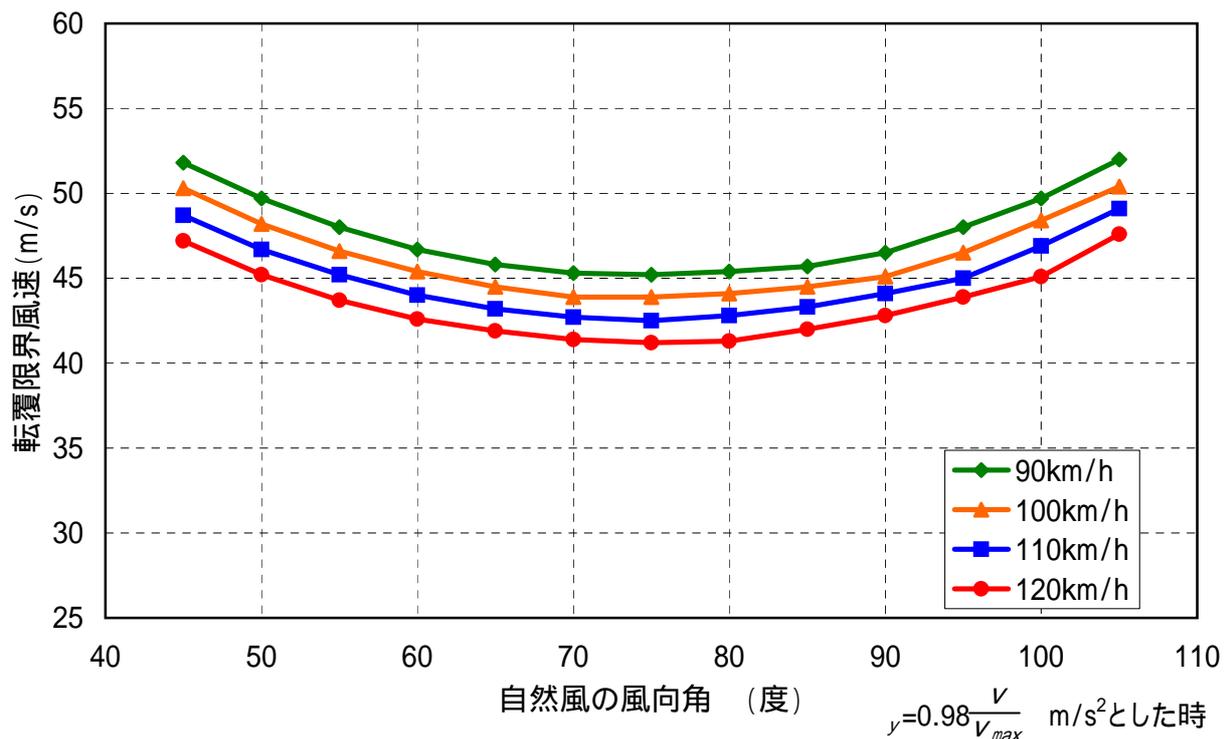
付図 4 7 走行中の車両に作用する風



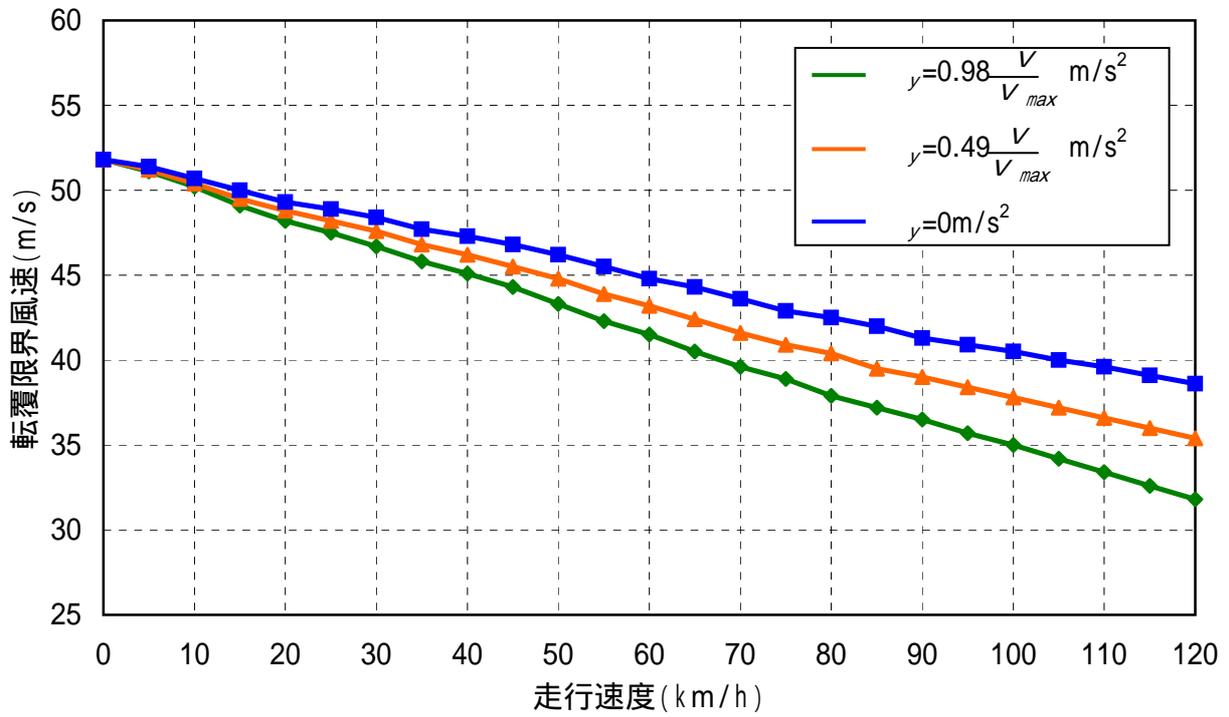
付図 4 8 自然風の風向角と転覆限界風速との関係(その 1)
(1 両目)



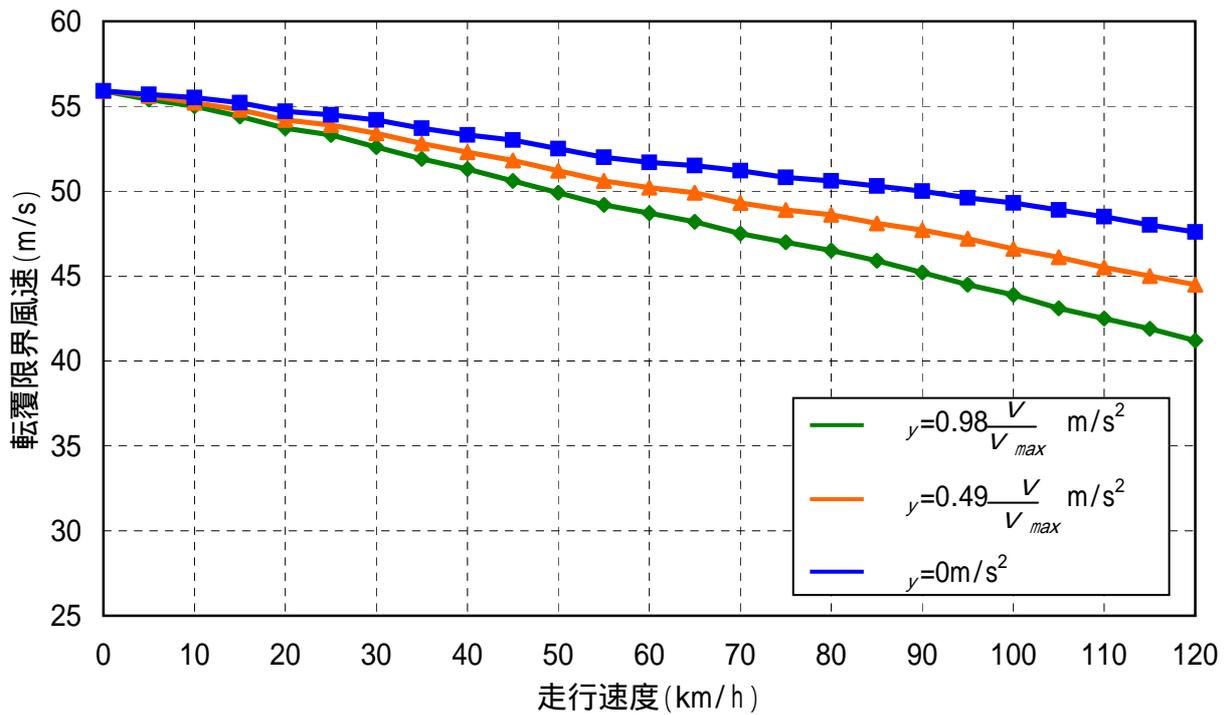
付図 4 8 自然風の風向角と転覆限界風速との関係(その 2)
(2 両目)



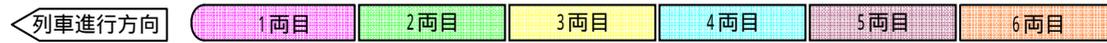
付図 4 9 走行速度と転覆限界風速との関係 (その 1)
(1 両目)



付図 4 9 走行速度と転覆限界風速との関係 (その 2)
(2 両目)

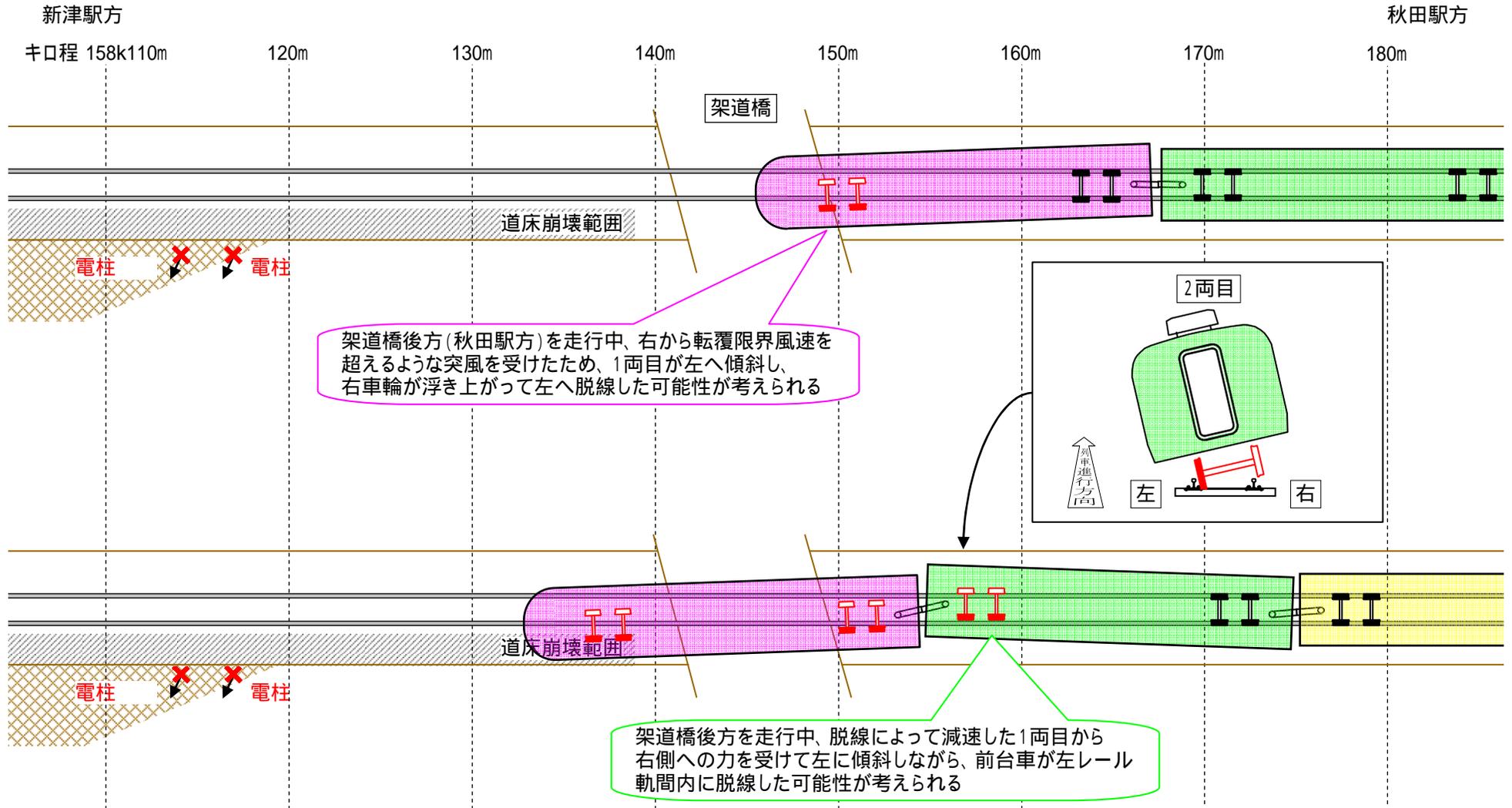


付図50 車両の脱線の発生に関する解析イメージ



II: 脱線した車輪を示す。I I: 白抜きは浮き上がった車輪を示す。

A69



《参 考》

本報告書本文中に用いる解析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 事実を認定した理由」に用いる解析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

①断定できる場合

・・・「認められる」

②断定できないが、ほぼ間違いない場合

・・・「推定される」

③可能性が高い場合

・・・「考えられる」

④可能性がある場合

・・・「可能性が考えられる」