

平成 26 年 度

〇〇地区防風雪柵設置調査設計業務委託

(〇〇 地内)

報 告 書

平成 27 年 3 月

計 画 機 関 〇〇

作 業 機 関 〇〇

1. 現地踏査

調査対象区間において、土地利用状況、道路構造、沿線環境の概要把握と、定点気象観測の適地選定を目的として、現地踏査を実施した。図-1 に調査位置、写真 1-1～1-2 に現地状況を示す。

現地踏査により定点気象観測位置を決定した。

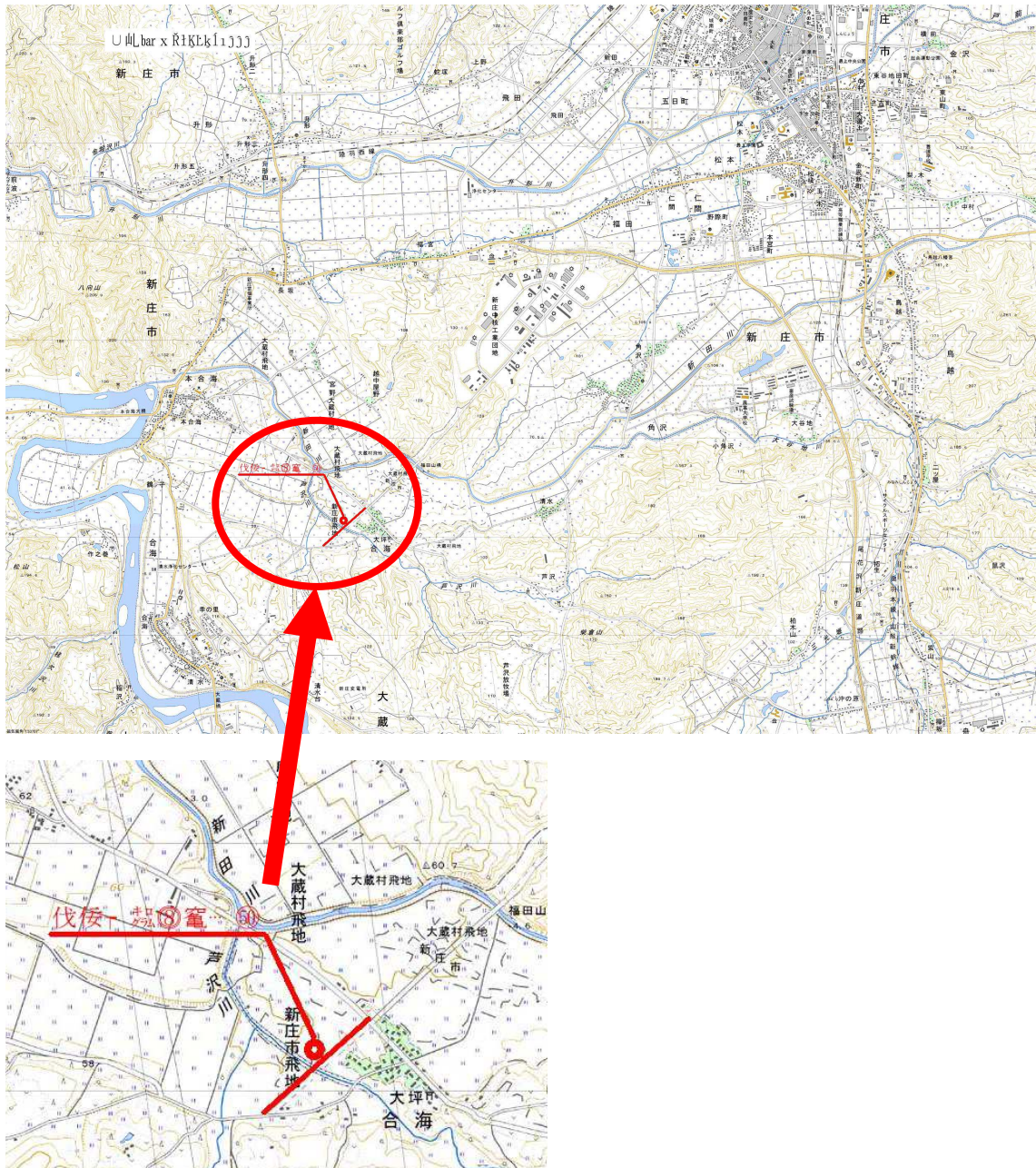


図-1 調査位置



写真 1-1 （調査前）

2. 定点気象観測

2-1. 概要

〇〇地内における冬期気象状況を把握するため気温、風向、風速、積雪深の定点気象観測を実施した。観測に使用した機器仕様や使用機器について表 2-1 にまとめた。

各観測項目の設置方法及び観測方法を次に示す。

表 2-1 気象観測機器仕様一覧

気 象 要 素	機 器 仕 様	使 用 機 器
温度計	検出方法：白金抵抗	KADEC21- MeMini-C
	出力範囲：-200～200℃	
	温度精度：±0.2℃	
	設置方法：地上高 3.2mの通風筒内	
	測定インターバル：1 分	
	記録方法：10 分間平均値	
風向風速計	測定範囲：0～359°（16 方位）	
	出力範囲：0～99.9m/ s	
	精度（風向）：±0.2%以内	
	精度（風速）：±2%	
	設置方法：地上高 4.0m	
	測定インターバル：1 分	
	記録方法：10 分間平均値	
積雪深計	測定範囲：0～1000 c m	
	精度：±1 c m	
	設置方法：地上高 3.0m	
	測定インターバル：1 時間	
	記録方法：インターバル時の瞬時値	
データロガー	測定インターバル：	
	1 分～3 時間まで任意設定可能	
	記録方法：瞬時、最小、最大、平均	
	データ記憶容量：最大 97,280	

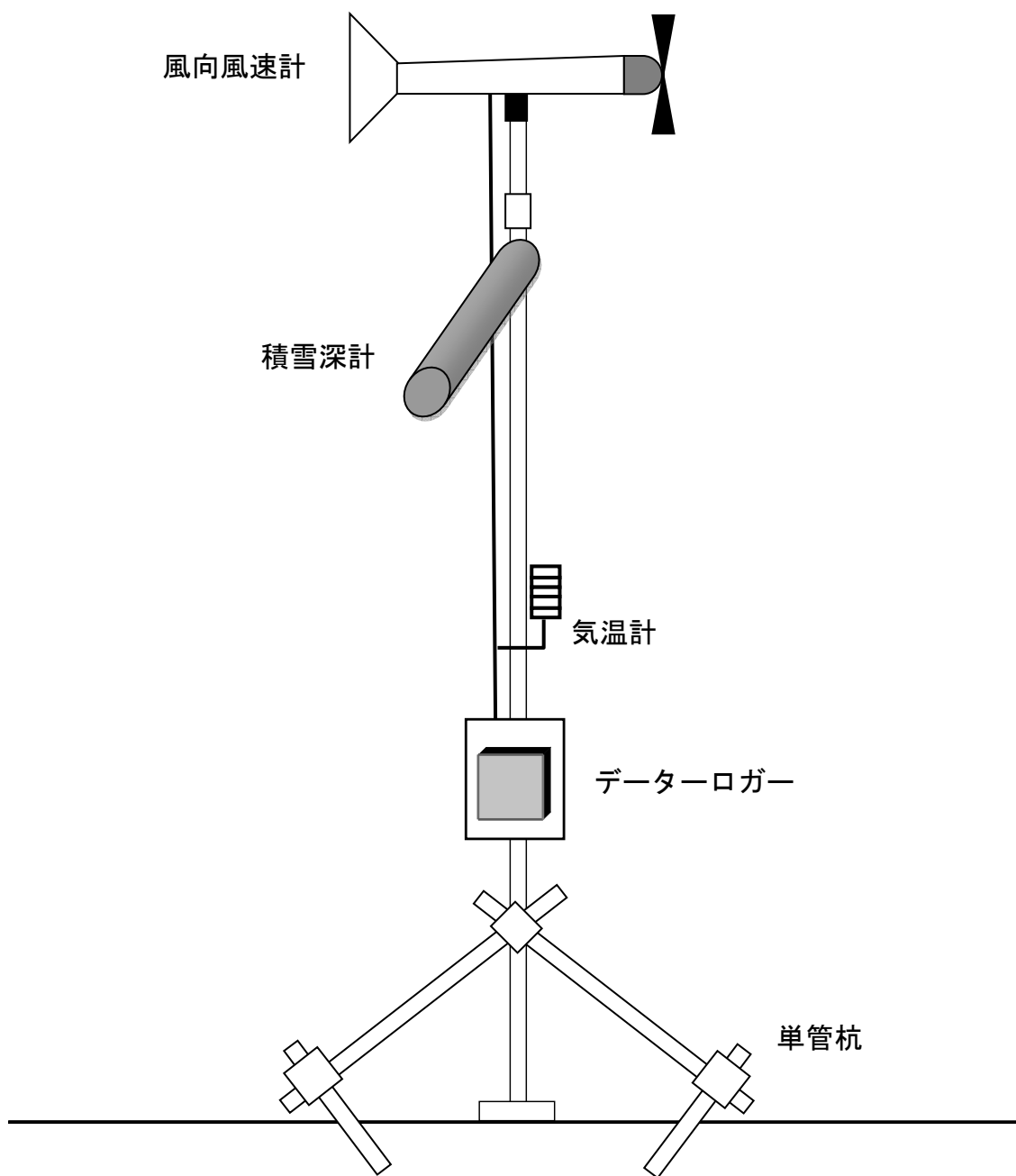


図-2 気象観測機器設置概念図

1) 温度計

地面からの高さ約 3.2mの位置に、白金測温抵抗体を用いた気温計を設置した。
気温計感部は通風筒に格納し、日射などの影響を受けないように周囲の平均的な気温が測れるようになっている。観測データは1時間毎に月表としてまとめた。

(2) 風向・風速計

地上高さ 4.0mにおいて風向風速の観測を行った。
風向及び風速は1分毎に検出したデータを10分間の平均値として平均風速及び平均風向を記録した。観測データは1時間毎に月表としてまとめた。

(3) 積雪深計

地面からの高さ約 3.0mの位置に、レーザー光線を用いた積雪深計を設置した。
積雪深計は外気温変動による補正が不要で、安定した高精度な計測が可能となっている。観測データは1時間毎に月表としてまとめた。

2-2. 機器検収

観測機設置前に、使用する機材の検収を行った。

検収状況を下記に示す。



写真 2-2-1 機器検収 (全景)



写真 2-2-2 機器検収 (データロガー)



写真 2-2-3 機器検収 (気温計)



写真 2-2-4 機器検収 (積雪深計)



写真 2-2-5 機器検収 (風向風速計)

2-3. 定点観測機設置

現地踏査にて決定した地点に、定点観測機の設置を行った。
設置状況を以下に示す。

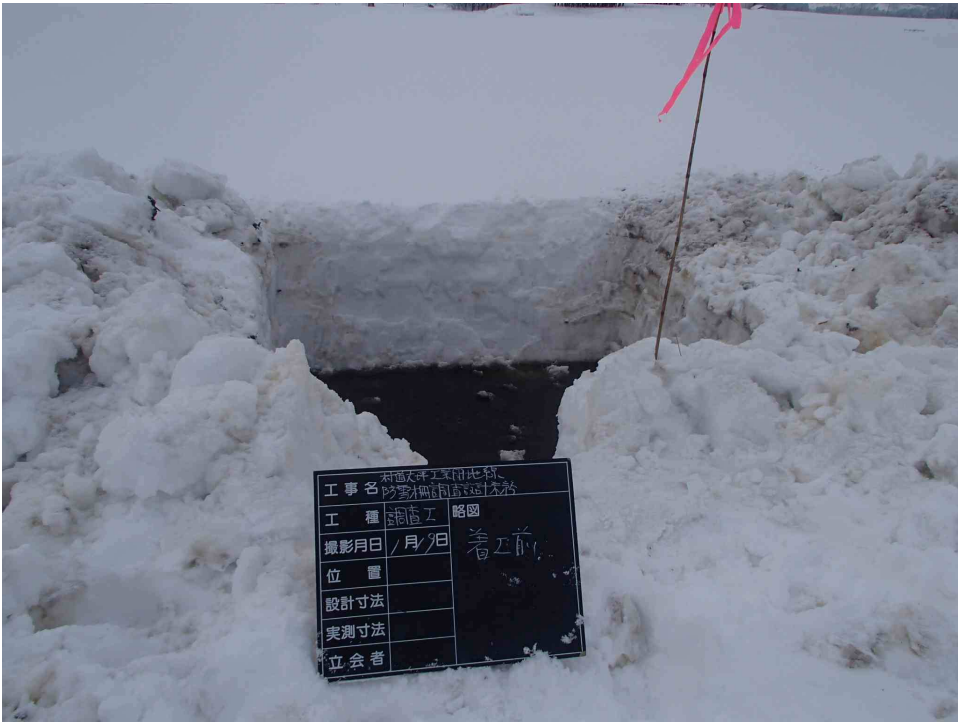


写真 2-3-1 設置前



写真 2-3-2 設置中



写真 2-3-4 設置完了



写真 2-3-5 定点気象観測機器全景



写真 2-3-6 風向風速計 (H=4.0m)



写真 2-3-7 現地積雪深 (H=107cm)

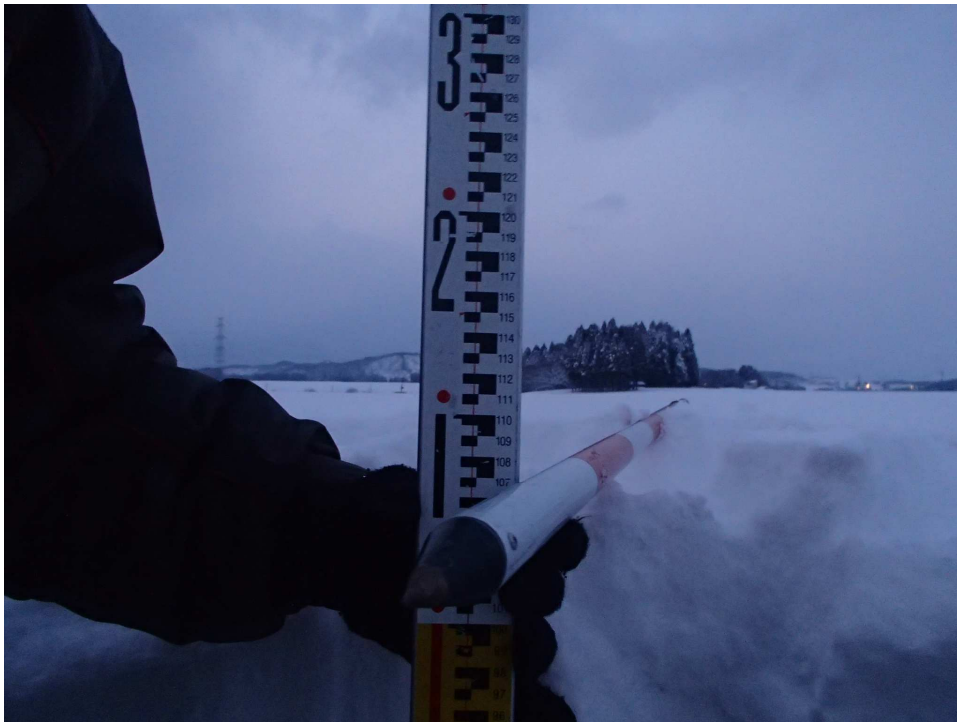


写真 2-3-8 現地積雪深 (H=107cm)



写真 2-3-9 観測機器設置状況確認(1月20日)

2-4. 定点気象観測機器維持管理

定点観測機器の観測データの収集、電池容量確認・交換、不具合等の確認を目的に、定期的な維持管理を行った。

維持管理は、2月に1回、3月に1回、4月に1回の計3回行った。

以下に、それぞれの維持管理状況を示す。

【維持管理 1 回目 平成 27 年 2 月 18 日】



写真 2-4-1 気温・風向・風速・積雪深 データ回収状況

【維持管理 2 回目 平成 27 年 3 月 25 日】



写真 2-4-2 気温・風向・風速・積雪深 データ回収状況

【維持管理 3 回目 平成 27 年 4 月 2 日】

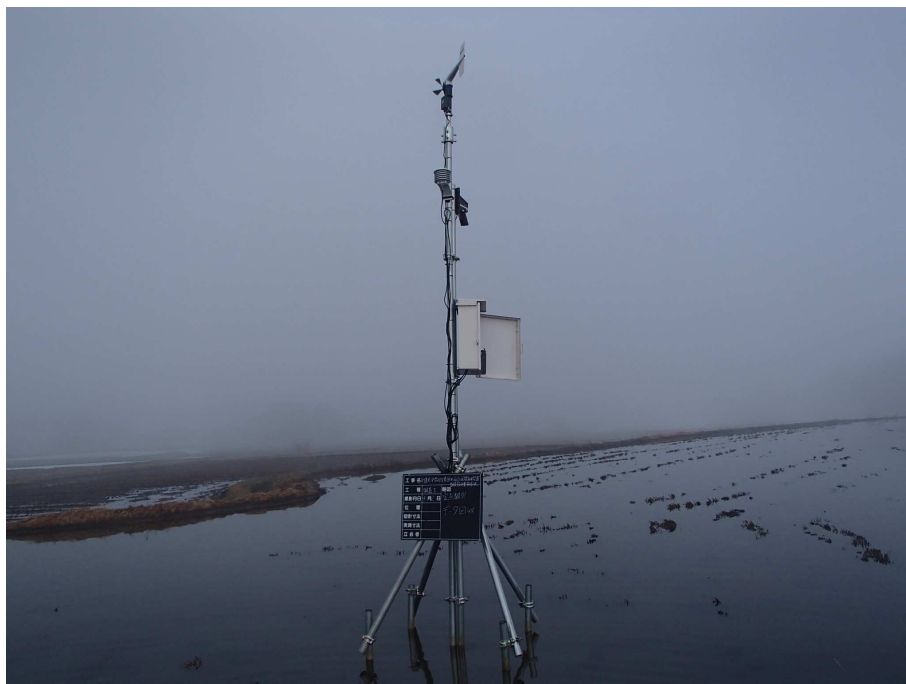


写真 2-4-3 気温・風向・風速・積雪深 データ回収状況

2-5. 定点気象観測機器撤去

定点観測地点に於いて、気温・風向・風速・積雪深の計測機器を撤去した。下記に観測機器の撤去状況を示す。

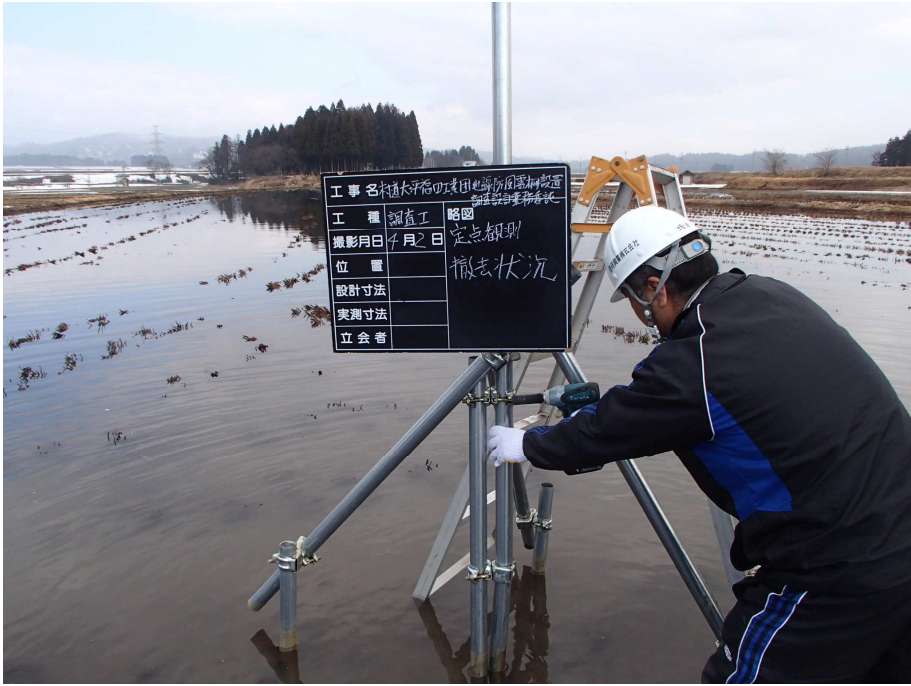


写真 2-4-7 定点観測機器撤去中



写真 2-4-8 定点観測機器撤去完了

3. 気象解析

3-1. 近傍アメダスとの比較

定点気象観測結果と近傍アメダスデータ（新庄）との比較照査を行った。

以下に、気温（表 3-1・図 3-1）、風向（表 3-2）、風配図（図 3-2-1～2 1月～3月）、風速（表 3-3・図 3-3）、積雪深（表 3-4・図 3-4）について、各々の結果を示す。

表及び図より、今冬期の気象状況の変化を読み取ることができる。

調査位置の今冬期の気温は近傍アメダス（新庄）に対して同程度の気温であり、風向は近傍アメダス（新庄）に対して観測期間全体では同風向となっているが各月では異なっており、風速は近傍アメダス（新庄）に対して同程度であり、積雪深は近傍アメダス（新庄）に対して同程度であることが分かる。

(1) 近傍アメダスの決定

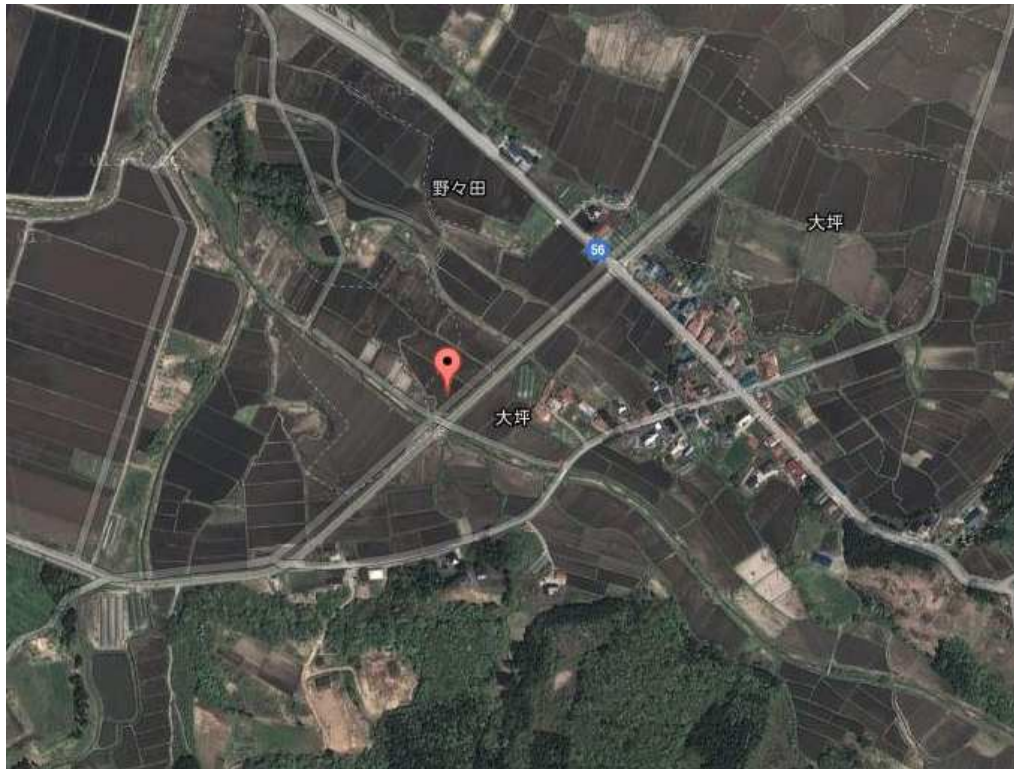
本路線における調査位置での近傍アメダスの決定について、道路吹雪対策マニュアル P1-3-19 記載のなるべく現地に近い箇所の気象データを使用することが望ましい。という内容に基づき、調査位置より一番近い観測所を近傍アメダスとして決定する。

調査位置より一番近い観測所の選定は、気象庁観測所の緯度・経度を用いて調査位置との直線距離に換算し、決定した。

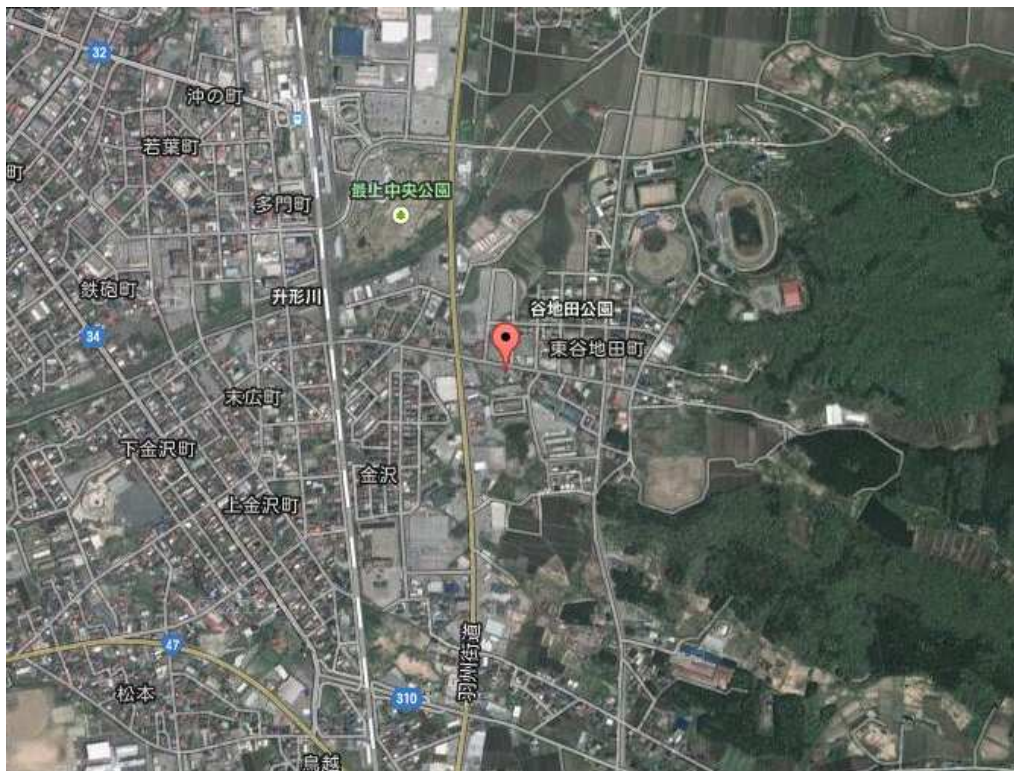


図3 近傍アメダス位置図（定点観測位置、新庄観測所、金山観測所、肘折観測所、尾花沢観測所）

図3より、定点気象観測位置より一番近い近傍アメダスは新庄観測所であるため、本路線における調査位置での近傍アメダスは**新庄観測所**とする。



定点気象観測位置 詳細位置図



新庄観測所 詳細位置図

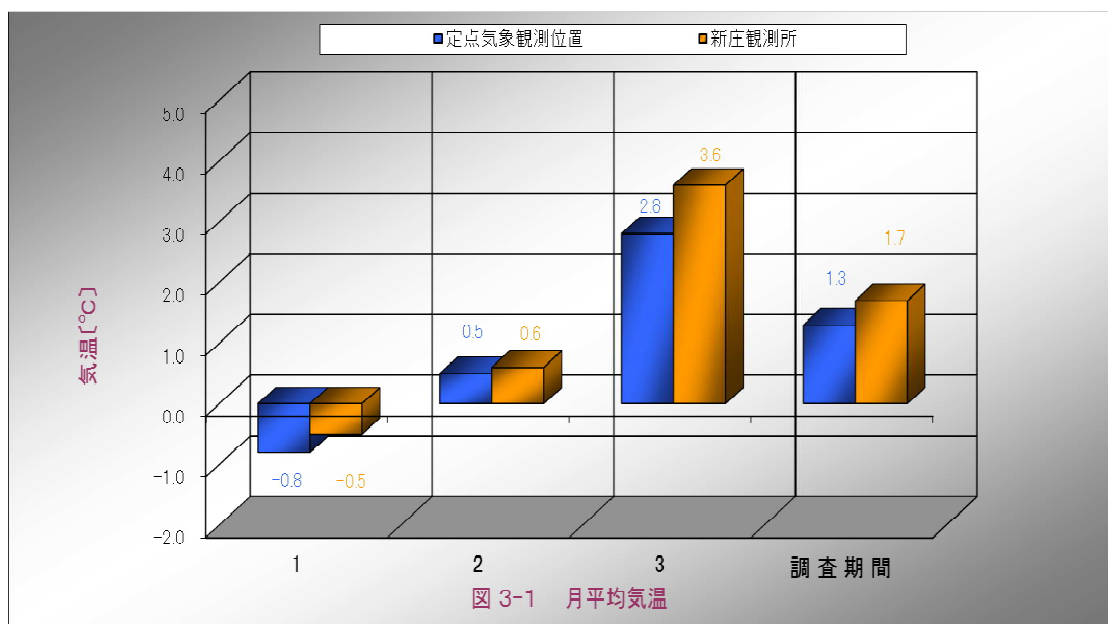
(2) 気温

本路線における調査位置での平均気温は、調査期間で 1.3〔℃〕と比較的寒い地域であることが分かる。

現地近傍のアメダス観測所である新庄アメダスと比較すると、同程度の気温であることが分かる。

表 3-1 調査区間の平均気温

月	定 点 気 象 観 測	
	【 定点気象観測位置 】	【 新庄観測所 】
1	-0.8	-0.5
2	0.5	0.6
3	2.8	3.6
調 査 期 間	1.3	1.7



(3) 風向

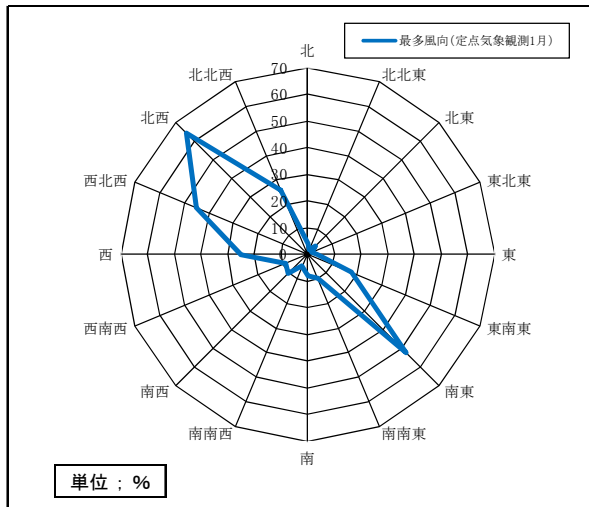
本路線における各調査位置での最多風向は、調査期間で西北西風である。

現地近傍のアメダス観測所である新庄アメダスの最多風向は西北西であり、調査期間内の最多風向は同じであるが、各月の風向は異なっているため現地地形・沿道環境および道路線形が風向に影響を与えている可能性があるとは判断できる。

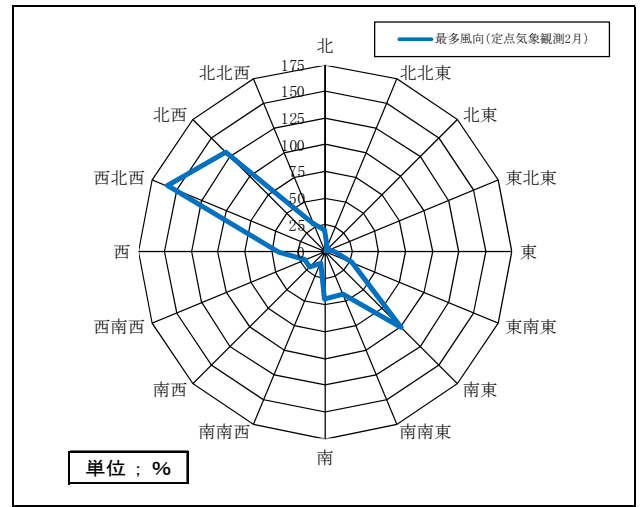
表 3-2 調査区間の最多風向

月	定 点 気 象 観 測	
	【 定点気象観測位置 】	【 新庄観測所 】
1	北西	北北東
2	西北西	西北西
3	南東	北北東
調 査 期 間	西北西	西北西

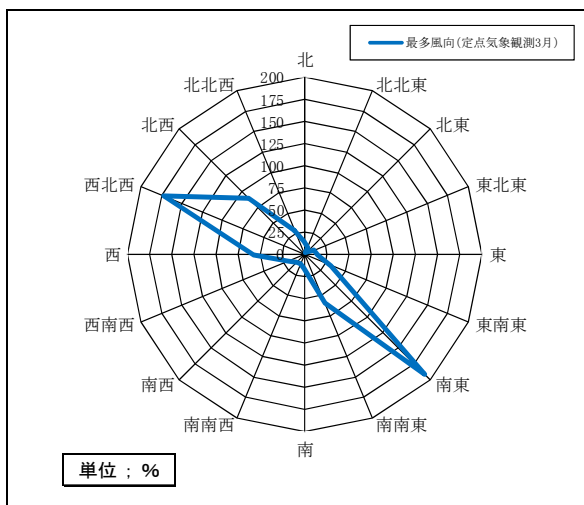
1) 定点气象観測位置



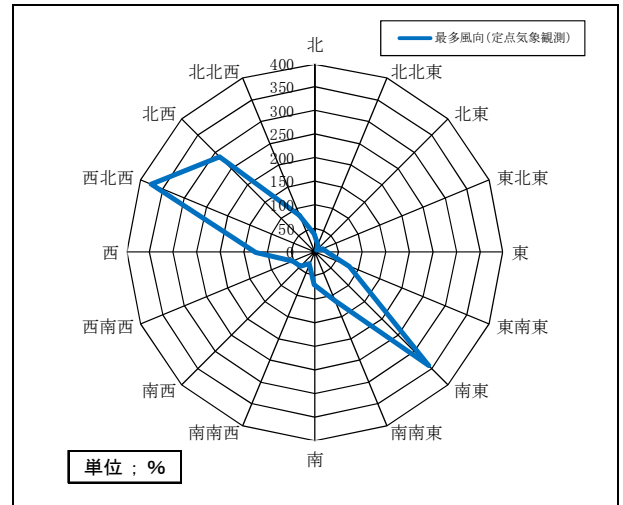
1 月風配図



2 月風配図



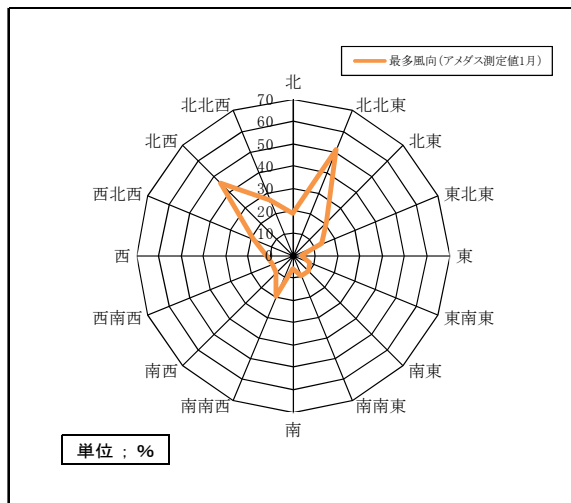
3 月風配図



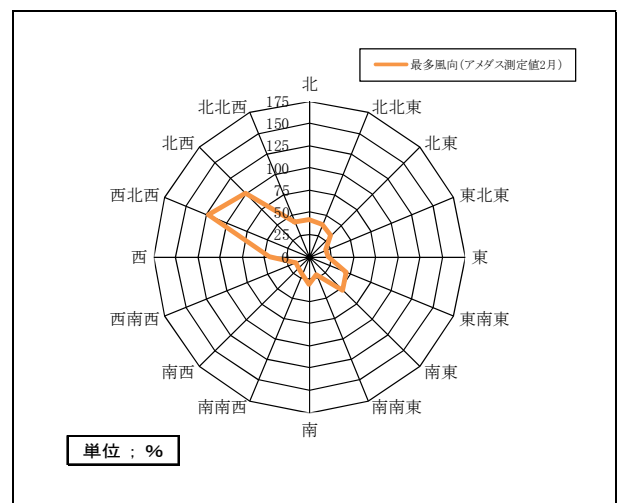
1 月～3 月風配図

図 3-2-1 調査期間（1 月～3 月）風配図

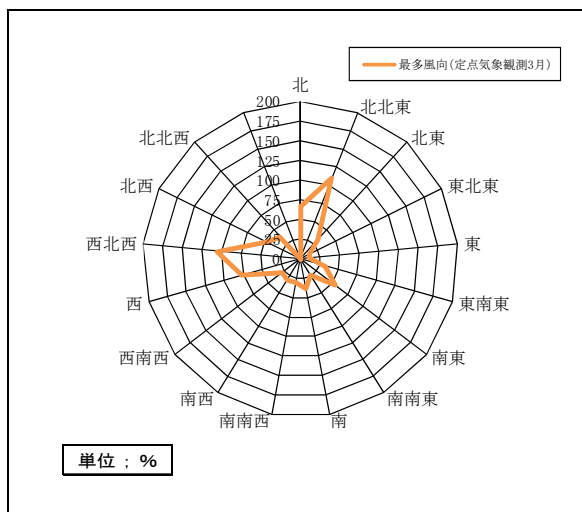
2) アメダス観測値【新庄】



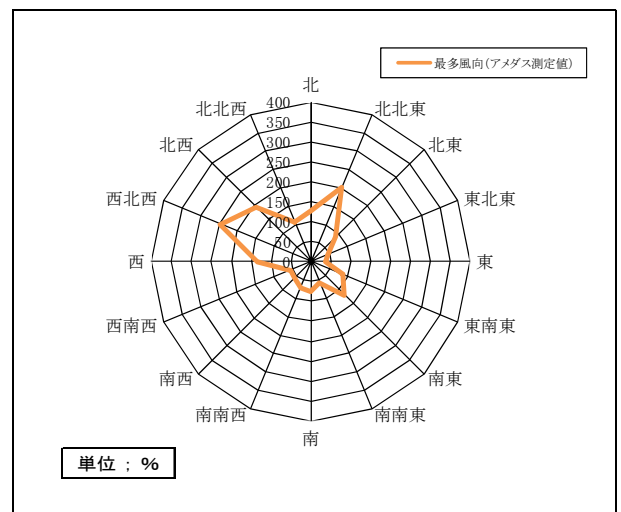
1 月風配図



2 月風配図



3 月風配図



1 月～3 月風配図

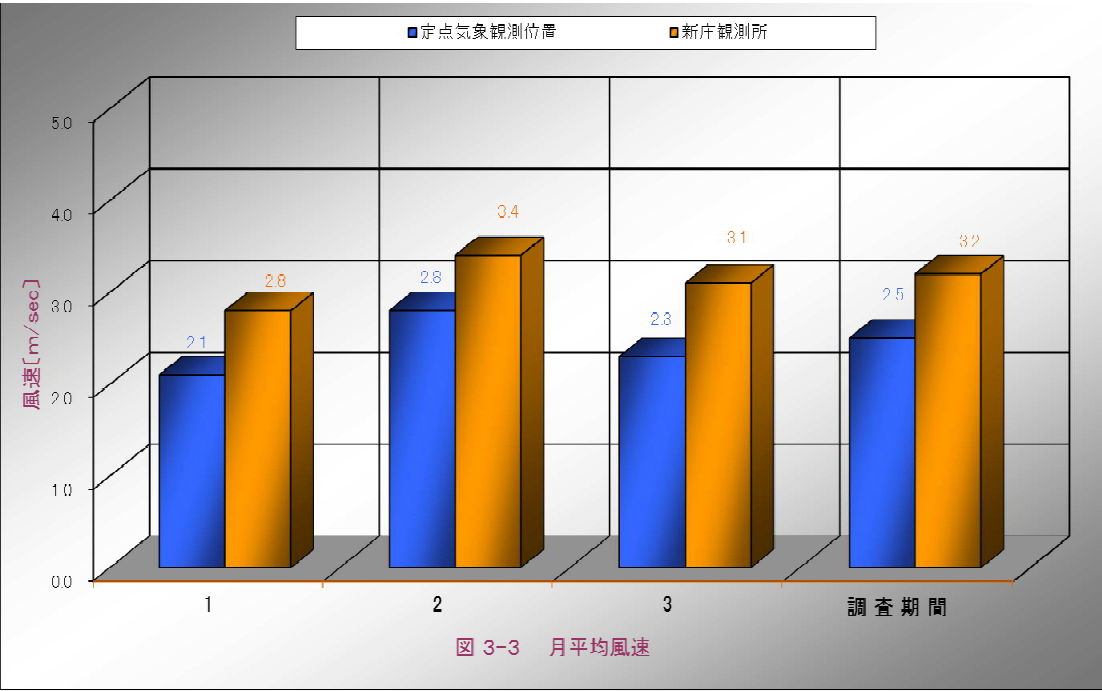
図 3-2-2 調査期間（1 月～3 月）風配図

(4) 風速

本路線における調査位置での平均風速は、調査期間で 2.5〔m/sec〕、現地近傍の新庄アメダスで 3.2〔m/sec〕となっており、新庄アメダスの風速が調査位置よりやや強いが、同程度の風速であることが分かる。

表 3-3 調査区間の平均風速

月	定 点 気 象 観 測	
	【 定点気象観測位置 】	【 新庄観測所 】
1	2.1	2.8
2	2.8	3.4
3	2.3	3.1
調査期間	2.5	3.2

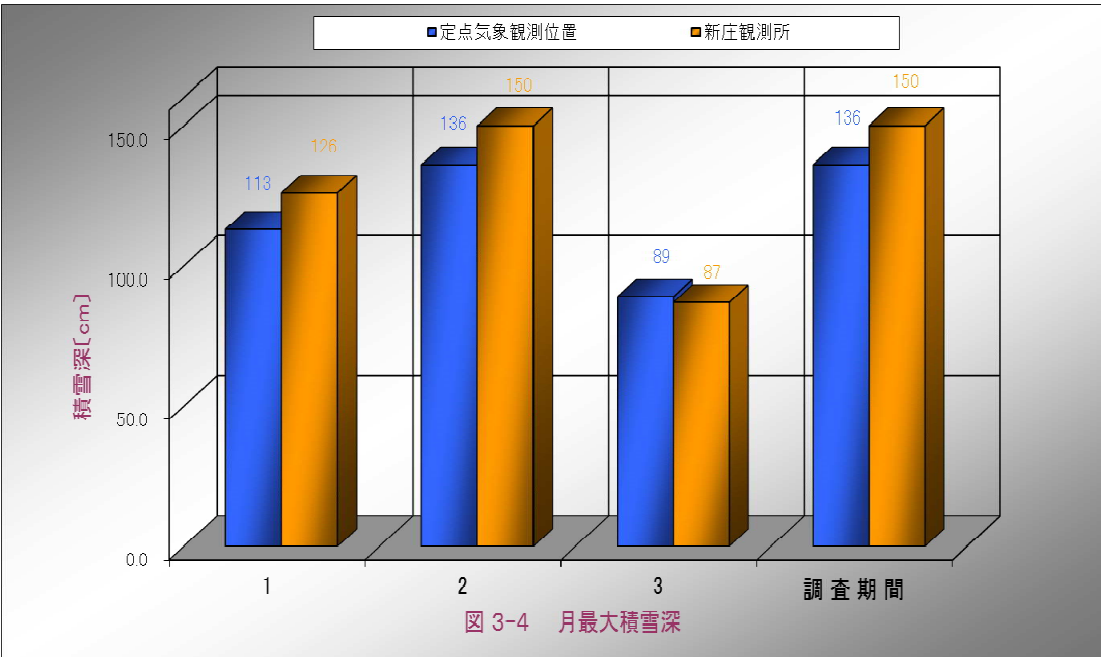


(5) 積雪深

本路線における調査位置での最大積雪深は、調査期間で 136〔cm〕、現地近傍の新庄アメダスで 150〔cm〕となっており、新庄アメダスの最大積雪深が調査位置よりやや多いが、同程度の積雪深であることが分かる。

表 3-4 調査区間の最大積雪深

月	定 点 気 象 観 測	
	【 定点気象観測位置 】	【 新庄観測所 】
1	113	126
2	136	150
3	89	87
調査期間	136	150



3-2. 現地近傍アメダスと定点気象観測値との相関

(1) 内容

現地近傍アメダス観測値と定点気象観測値とを相関分析を行う。

2 つの変量があり、一方が増加した場合もう一方が増加または減少の傾向があることを相関があるという。これは、一方が決まれば他方がきまるという関数の場合と比較すると、非常にゆるやかな関係といえる。一方が増加した時、他方も増加の傾向にある時を「正の相関」といい、逆に減少の傾向がある時を「負の相関」という。また、増加、減少の傾向が強い場合、弱い場合をそれぞれ「相関が強い」、「相関が弱い」という。この二つの変数の関係を表すのにピアソンの相関係数（積率相関係数）を用いり、2 変数の分散（共分散）を R （相関係数）という数値で表す。 R は一般に表 4-1 のように判定する。

現地近傍アメダスは、新庄観測所である。

表 3-5 相関係数の判定内容

R^2	判定内容
± 1.0	完全な相関関係
$\pm 0.8 \sim 1.0$	非常に強い相関関係
$\pm 0.6 \sim 0.8$	かなり強い相関関係
$\pm 0.4 \sim 0.6$	やや強い相関
$\pm 0.2 \sim 0.4$	やや弱い相関
$\pm 0 \sim 0.2$	無相関

(2) 結果

1) 定点気象観測位置

図 3-5 に気温、風向、風速、積雪深に対する相関図を示す。

i) 気温

表 4-2 に気温に対する相関結果を示す。気温は、新庄アメダスに非常に強い相関関係であった。

表 3-6 気温に対する相関結果

アメダス	新庄
一次近似式	0.8704
二次近似式	0.8709
対数近似式	-
累乗近似式	-
指数近似式	-
MAX	0.8709

※0 及び負の数字が含まれている場合は、対数近似式、累乗近似式、指数近似式は存在しない。

ii) 風向

表 4-3 に風向に対する相関結果を示す。風向は、新庄アメダスにやや弱い相関であった。

表 3-7 風向に対する相関結果

アメダス	新庄
一次近似式	0.1846
二次近似式	0.2883
対数近似式	0.0274
累乗近似式	0.0091
指数近似式	0.0373
MAX	0.2883

※0 及び負の数字が含まれている場合は、対数近似式、累乗近似式、指数近似式は存在しない。

iii) 風速

表 4-4 に風速に対する相関結果を示す。風速は、新庄アメダスにかなり強い相関であった。

表 3-8 風速に対する相関結果

アメダス	新庄
一次近似式	0.6995
二次近似式	0.6998
対数近似式	-
累乗近似式	-
指数近似式	-
MAX	0.6998

※0 及び負の数字が含まれている場合は、対数近似式、累乗近似式、指数近似式は存在しない。

iv) 積雪深

表 4-5 に積雪深に対する相関結果を示す。風速は、新庄アメダスに非常に強い強い相関であった。

表 3-9 積雪深に対する相関結果

アメダス	新庄
一次近似式	0.9766
二次近似式	0.9787
対数近似式	-
累乗近似式	-
指数近似式	-
MAX	0.9787

※0 及び負の数字が含まれている場合は、対数近似式、累乗近似式、指数近似式は存在しない。

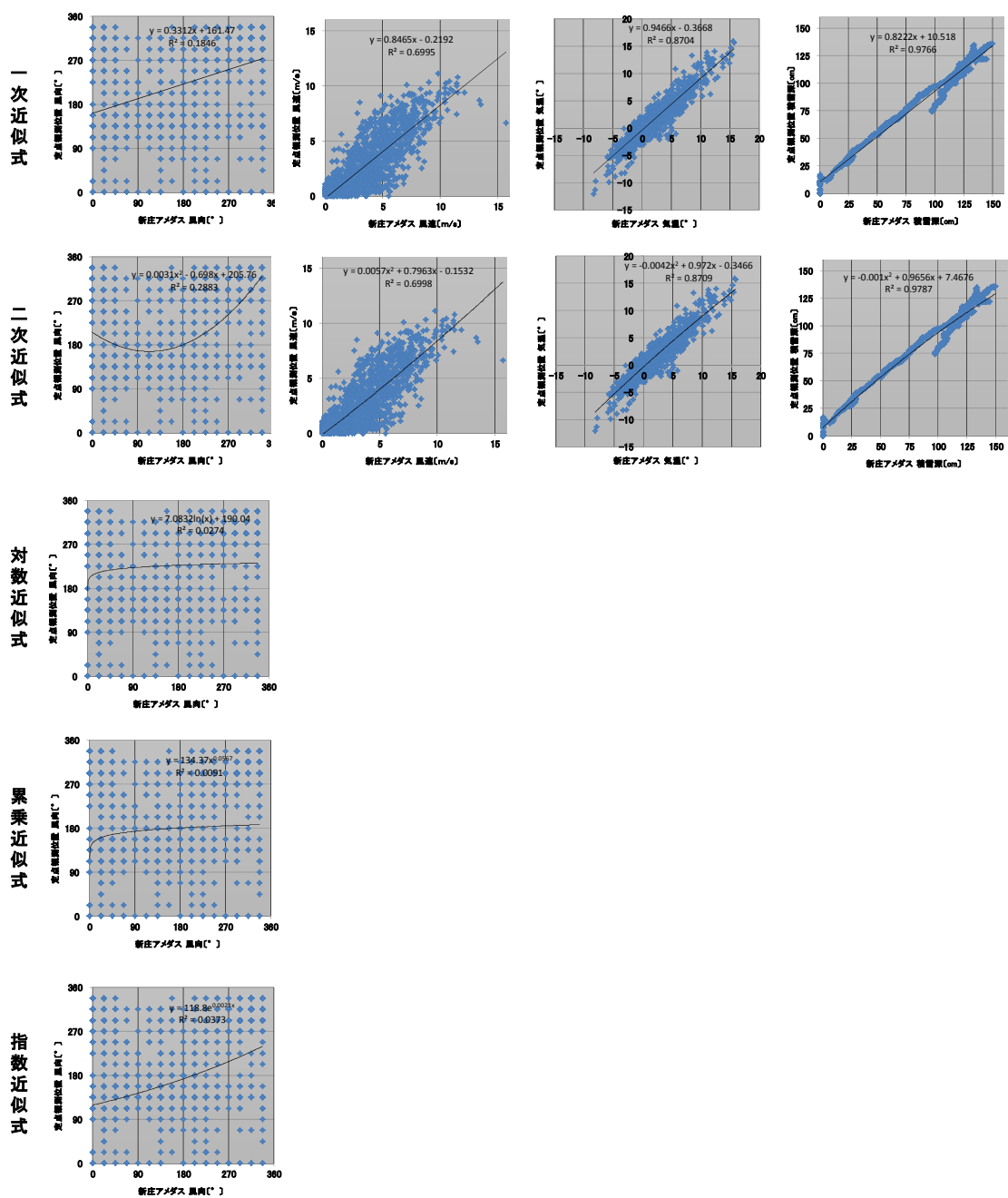


図 3-5 気温、風向、風速、積雪深の相関図（定点位置と新庄アメダス）

(3)まとめ

定点気象観測値と新庄アメダスとの相関関係を表 4-6 に示す。

表 3-10 定点観測値と新庄アメダスとの相関関係

気 温	風 向	風 速	積雪深
非常に強い相関	やや弱い相関	かなり強い相関	非常に強い相関

- ・ 気温は非常に強い相関関係である
- ・ 風向はやや弱い相関である
- ・ 風速はかなり強い相関関係である
- ・ 積雪深は非常に強い相関関係である。

3-3. 吹雪発生条件での定点観測データ整理

定点気象観測データの内、吹雪発生条件（3-4 吹雪発生条件記載）での値を抽出して防雪対策検証に必要な、吹雪時のデータ（主風向・吹き溜まり量）を整理した。

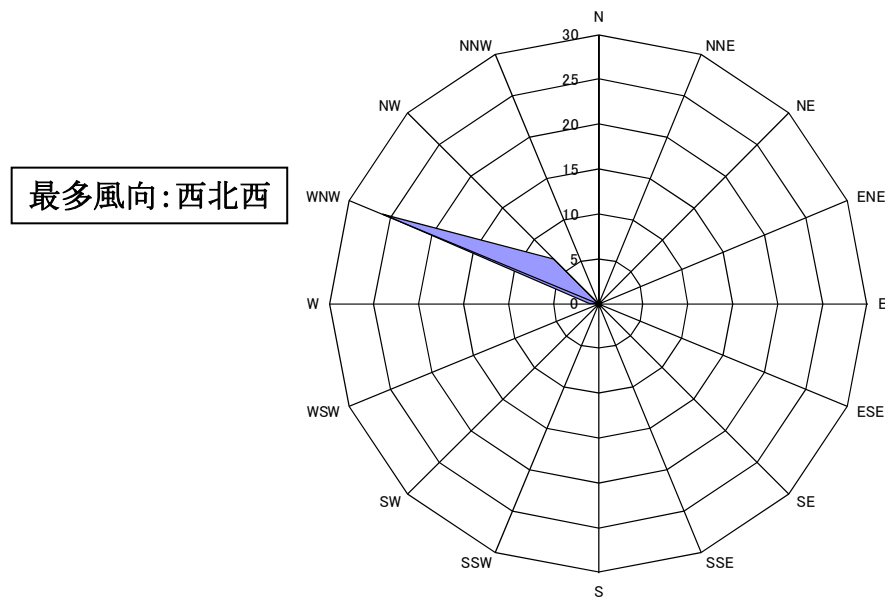


図 3-6 吹雪発生時の風配図（1 月～3 月 3 ヶ月間）

	1月	2月	3月	計
N	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0
NE	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0
E	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0
SE	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0
S	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0
SW	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0
W	0	0	1	1
WNW	2	13	11	26
NW	1	6	0	7
NNW	0	0	0	0
計	3	19	12	34

図 3-7 吹雪発生時の風向（月別）

3-4. 吹雪発生条件

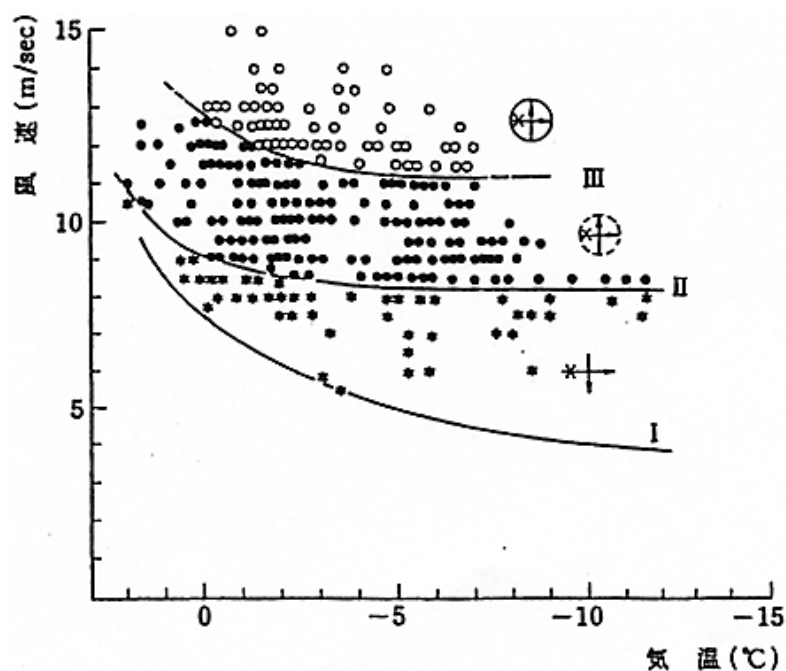
(1) 吹雪発生機構

雪粒に働く付着力は、雪質や温度によって大きな違いがある。

付着力は、 0°C 以下でも氷の表面に薄い液体的な膜があり、その厚さは高温ほど厚いので、一般に温度が高いほど付着力が大きい。また、氷粒子間の接触部は、焼結や融解凍結によって結合するが、時間が経つにつれて太く成長する。

降雪まもない雪は地吹雪が発生しやすく、時間が経つにつれて発生し難い。しかし地吹雪が風下ではどんどん発達することがあるが、風の力では雪粒間の結合を壊すことができなくても、雪粒の衝突によって簡単に結合が破られることを示している。

図 1-1 の曲線 I は跳躍粒子、II は断続的な浮遊粒子、曲線 III は連続的な浮遊粒子の発生臨界風速を示している。吹きだまりは曲線 I 以上の条件で発生するが、視程障害は II 以上で大きくなる。曲線 III 以上になると、降雪量が多いと道路交通の維持が困難な視程障害をもたらす猛吹雪になる。



I の曲線をこえると低い地吹雪が発生し II 以上で断続的な高い地吹雪が III 以上では連続した高い地吹雪になる。降雪が無い時には I の曲線は、より大きくなり雪質による違いが大きくなる。

<防雪工学ハンドブック P62>

図 3-8 吹雪発生臨界風速

(2) 吹雪発生条件

吹雪が発生する風速と気温の関係は、道路吹雪対策マニュアル P1-4-13 に記載されている表 1-4-4 に基づき、下記表 3-9 の条件を基本とする。

表 3-9 吹雪発生条件

気 温	風 速
0℃以上	8 [m/s] 以上
0℃～-5℃未満	7 [m/s] 以上
-5℃以下	5 [m/s] 以上

但し、今回の吹雪発生条件に関しては 0℃以上についての条件分けが必要となる為、前項「3-4-1. 吹雪発生機構」の「図 3-20 吹雪発生臨界風速（降雪時）」の吹雪発生時の気温が 2℃以上の記載がないことを考慮し、表 3-9 の気温【0℃以上】を【0℃～2℃】の範囲とし、検討を行う。

したがって、本検討では表 3-10 を吹雪発生条件として定義する。

表 3-10 吹雪発生条件

気 温	風 速
0℃～2℃	8 [m/s] 以上
0℃～-5℃未満	7 [m/s] 以上
-5℃以下	5 [m/s] 以上

3-5. 主風向の抽出

主風向は、実際に現地にて観測した定点観測データを基に、現地近傍の気象庁アメダス観測所の値との相関性を勘案し決定するのが理想的である。

本現場では、定点気象観測位置にて観測された最多風向と吹雪発生時の最多風向は**西北西**(表 3-2 及び図 3-7 記載)、新庄アメダス観測所にて観測された最多風向は**西北西**(表 3-2 記載)であった。

定点気象観測位置と新庄アメダスの風向はやや弱い相関であり、最多風向はどちらも同じ西北西であったが、各月の風向は異なっているため、現地地形・沿道環境および道路線形が風向に影響を与えている可能性があると考えられる。

したがって主風向は、定点気象観測の吹雪発生条件より抽出した値より求める。

本現場では、定点気象観測位置にて観測された最多風向と吹雪発生時の最多風向が同じ西北西で相関もあるため、設計主風向は、冬季定点気象観測の結果から、**西北西**とする。

3-6. 計画対象降・積雪深の算定

計画対象降・積雪深については、「新防雪工学ハンドブック」（社団法人日本建設機械化協会編）をもとに算定する。

「新防雪工学ハンドブック」（社団法人日本建設機械化協会編）は、防雪計画に当っての設計積雪深さとして 30 年確率最大積雪深さを採用している。

抽出期間は過去 15 年とし、この間の積雪深の値を Gringorten 法による再現期待値の推定法を用い、30 年確率最大積雪深の値とする。

本路線における調査位置での積雪深は、調査期間で**最大 136 cm**、新庄アメダスでは最大 **150 cm**となっており、積雪深の差を比較すると最大で **14 cm**（150 cm-136 cm）であり、積雪深については現場位置周辺の地形状況・沿道環境による影響が少ないと考えられる。

下表に月別の最深積雪の値を示す。

表 3-11 月別の最深積雪

	定点気象観測位置〔cm〕	新庄観測所〔cm〕
2015 年 1 月	113	126
2015 年 2 月	136	150
2015 年 3 月	89	87
最大積雪深	136	150

設計積雪深の算定については、実際に現地にて観測した定点観測データを基に 30 年確率値へと補正を行い、決定することが望ましいが、現行では 1 年分の積雪深データしかなく、データ数が非常に少ない状況である。確率水分量の算出に於いて『確率水分量のデータ数が少ない場合、データ数の増減に対して不安定な値を示す傾向がある（確率分布の推定母数の不確定性評価法）』という論文（寒川ら、土木学会論文集第 375 巻 1986 年）でも述べている通り、1 年分のデータにて確率補正を行うには非常に危険である。

しかし、本路線における調査位置での積雪深は、新庄アメダスと比較すると最大で **14 cm**（150 cm-136 cm）とほぼ同一であり、現地で観測した積雪深についての相関関係についても**非常に強い相関関係**であることから、積雪深については現場位置周辺の地形状況・沿道環境による影響が少なく、観測値については相似していると考えられる。

したがって上記内容より、設計積雪深については現地近傍の新庄アメダスにて観測された 15 年分のデータを基に算出を行う事とする。

表 3-12 新庄観測所の過去 15 年における最大積雪深の年別値（極値）

	月最深積雪[cm]
2000年度	166
2001年度	134
2002年度	111
2003年度	107
2004年度	169
2005年度	157
2006年度	52
2007年度	119
2008年度	100
2009年度	106
2010年度	200
2011年度	186
2012年度	208
2013年度	163
2014年度	150

30 年確率積雪深

図 2 に新庄観測所における 30 年確率最大積雪深 h を示す。

表 2 に図 2 より算出した[jackknife]GEV 分布 L 積率法の値を示す。

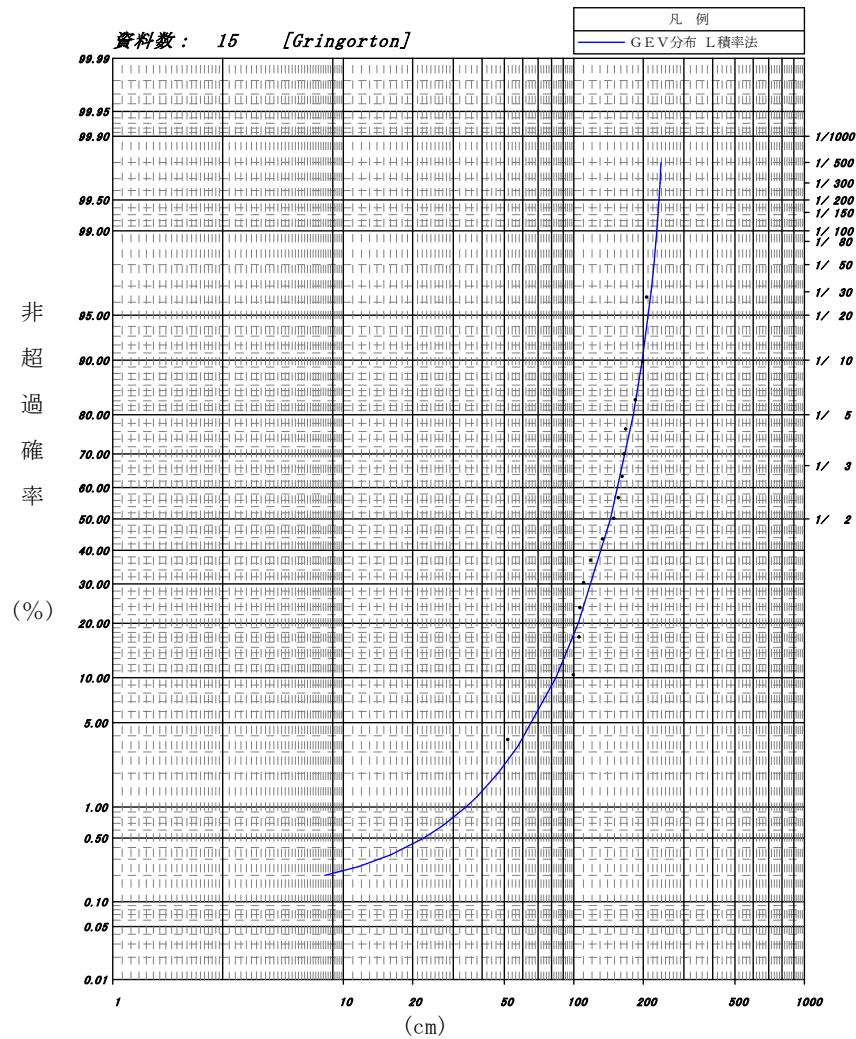


図 2 新庄観測所における30年確率最大積雪深 h

表 2 [jackknife] GEV分布 L 積率法

確率年	統計値	平均値	補正値	誤差分散	推定誤差
10	198.16	198.08	199.23	144.27	12.01
30	216.40	216.51	214.86	314.96	17.75
50	222.48	222.73	218.91	486.57	22.06

表 2 により新庄観測所における30年確率最大積雪深 h は 216.51 [cm] である。

3-7. 計画対象吹溜量の推定

吹雪量 Q 〔 $g/m \cdot s$ 〕の期間内の和を吹き溜まり量 ΣQ 〔 t/m 〕とすると、吹雪量は次式より求められる。

$$\Sigma Q = 0.005 \Sigma U_{1.2}^4 \cdot t_i \quad \dots\dots\dots (1) \text{ 式}$$

$U_{1.2}$ =1.2m高の風速〔m/s〕, t_i =吹雪の継続時間〔sec〕

〈道路吹雪対策マニュアルP1-4-39〉

風速の高度分布は対数法則に従って、1.2〔m〕の高さの風速に換算された値である。次式より定点気象観測の風速値を求める。

$$U(z) = \frac{U_*}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad \dots\dots\dots (2) \text{ 式}$$

$U(z)$ =任意高度 z の風速〔m/s〕, U_* =摩擦速度〔m/s〕

k =カルマン定数〔=0.4〕, Z =高度〔m〕, Z_0 =粗度長〔m〕

〈道路吹雪対策マニュアルP1-4-40〉

上記の式に定点観測結果から得られた値を代入し、2015年1月20日～2015年3月31日までの吹雪量を算出すると、下記の通りとなる。（詳細は表3-14参照）

※ 定点観測位置 1.602 t/m（吹雪発生34回：13日）

※ 新庄観測所 0.723 t/m（吹雪発生6回：4日）

観測地点の吹雪量を勘案し、標準的な雪密度である $0.35 g/cm^3$ を考慮して、現地の年間吹溜量を推察する。

※ 定点観測位置 吹雪量 $1.602 t/m \div$ 雪密度 $0.35 t/m^3$ =吹溜量 $4.58 m^3/m$

※ 新庄観測所 吹雪量 $0.723 t/m \div$ 雪密度 $0.35 t/m^3$ =吹溜量 $2.07 m^3/m$

（数値は四捨五入による）

表 3-14 月別観測結果（吹雪量・吹溜量）

	累計吹雪量〔t/m〕		累計吹溜量〔m ³ /m〕	
	定点観測位置	新庄観測所	定点観測位置	新庄観測所
2013 年 1 月	0.152	0.060	0.43	0.17
2013 年 2 月	0.904	0.060	2.58	0.17
2013 年 3 月	1.602	0.723	4.58	2.07
計	1.602	0.723	4.58	2.07

本路線における調査位置での吹溜量は、調査期間で合計 4.58m³/m、新庄アメダスでは合計 2.07m³/mとなっており、吹溜量の差を比較すると 2.51m³/mである。

設計吹溜量の算定については、実際に現地にて観測した定点観測データを基に 30 年確率値へと補正を行い、決定することが望ましいが、現行では 1 年分のデータしかなく、データ数が非常に少ない状況である。確率水分量の算出に於いて『確率水分量のデータ数が少ない場合、データ数の増減に対して不安定な値を示す傾向がある（確率分布の推定母数の不確定性評価法）』という論文（寒川ら、土木学会論文集第 375 巻 1986 年）でも述べている通り、1 年分のデータにて確率補正を行うには非常に危険である。

しかし、本路線における調査位置での吹溜量は、新庄アメダスと比較すると 2.51m³/mの差があるが、現地で観測した吹雪発生の算定に使用する気温及び風速に関しては、**気温が非常に強い相関関係、風速がかなり強い相関関係**であることから、現場位置周辺の地形状況・沿道環境による影響が少なく、観測値については相似していると考えられる。

本路線における調査位置での吹溜量 4.58m³/mと新庄アメダスの過去 15 年分のデータを用いた 30 年確率値との照査を行った所、新庄アメダスでは 8.19m³/mとなった。吹溜量算定に於ける安全面を考慮すると、新庄アメダスの 30 年確率値を採用する方が良好と考える。

したがって上記内容より、設計吹溜量については現地近傍の新庄アメダスにて観測された 15 年分のデータを基に算出を行う事とする。

表 3-15 新庄観測所の過去 15 年における吹雪量、吹溜量の年別値（極値）

	吹雪量[t/m]	吹溜量[m ³ /m]
2000年度	2.89	8.26
2001年度	1.17	3.35
2002年度	1.22	3.50
2003年度	1.13	3.23
2004年度	0.86	2.46
2005年度	1.29	3.70
2006年度	1.08	3.10
2007年度	1.73	4.96
2008年度	0.76	2.16
2009年度	1.69	4.83
2010年度	0.55	1.59
2011年度	0.34	0.97
2012年度	2.11	6.02
2013年度	1.03	2.95
2014年度	2.00	5.72

30 年確率吹溜量

図 1 に新庄観測所における 30 年確率最大積雪深 h を示す。

表 1 に図 1 より算出した[jackknife]GEV 分布 L 積率法の値を示す。

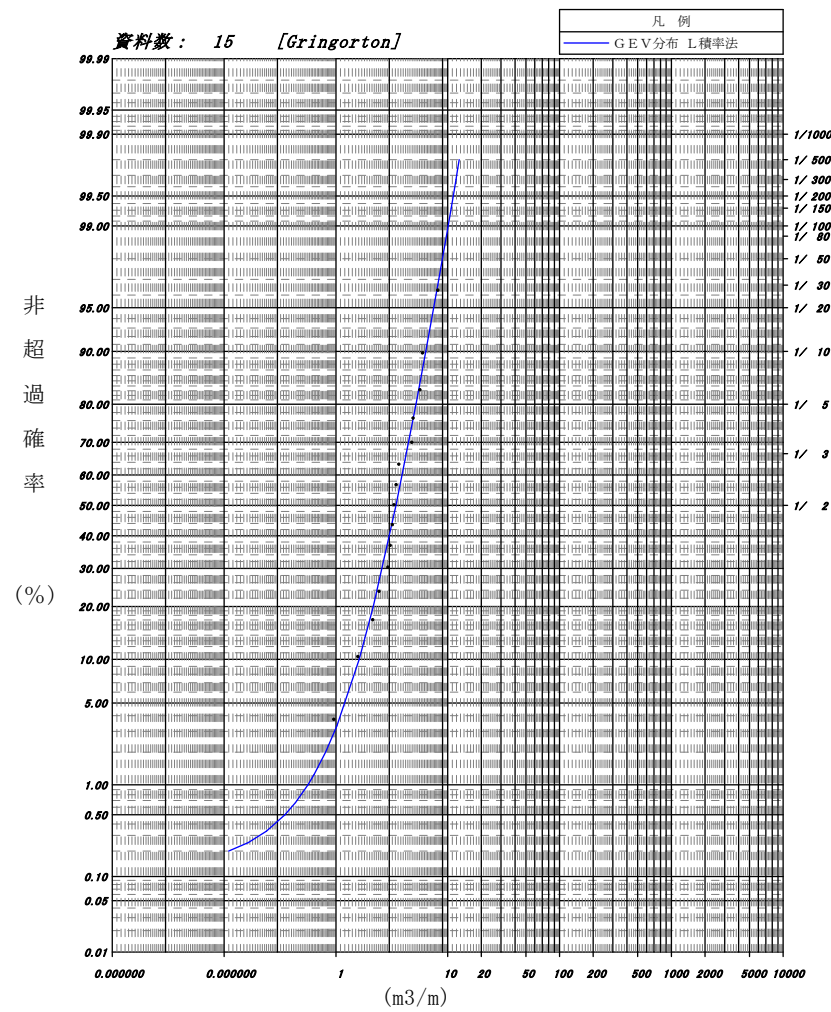


図 1 新庄観測所における30年確率最大吹溜量 v

表 1 [jackknife] GEV分布 L 積率法

確率年	統計値	平均値	補正值	誤差分散	推定誤差
10	6.37	6.37	6.46	0.97	0.99
30	8.16	8.15	8.19	2.84	1.69
50	8.98	8.98	8.93	4.54	2.13

表 1 により新庄観測所における30年確率最大吹溜量 v は 8.19 [m³/m] である。

3-8. 吹雪頻度の推定

「3-3. 吹雪発生条件での定点観測データ整理」で求めた吹雪発生日数を、Gringorten 法による再現期待値の推定法を用いて、30 年確率最大吹雪発生日数の値と補正する。

表 3-15 月別観測結果（吹雪発生回数・吹雪発生日数）

	吹雪発生回数〔回〕		吹雪発生日数〔日〕	
	定点観測位置	新庄観測所	定点観測位置	新庄観測所
2013 年 1 月	3	1	3	1
2013 年 2 月	19	0	7	0
2013 年 3 月	12	5	3	3
計	34	6	13	4

本路線における調査位置での吹雪発生日数は、調査期間で合計 13 日、新庄アメダスでは合計 4 日となっており、吹溜量の差を比較すると 9 日である。

設計吹雪発生日数の算定については、実際に現地にて観測した定点観測データを基に 30 年確率値へと補正を行い、決定することが望ましいが、現行では 1 年分のデータしかなく、データ数が非常に少ない状況である。確率水分量の算出に於いて『確率水分量のデータ数が少ない場合、データ数の増減に対して不安定な値を示す傾向がある（確率分布の推定母数の不確定性評価法）』という論文（寒川ら、土木学会論文集第 375 巻 1986 年）でも述べている通り、1 年分のデータにて確率補正を行うには非常に危険である。

しかし、本路線における調査位置での吹雪発生日数は、新庄アメダスと比較すると 9 日の差があるが、現地で観測した吹雪発生の算定に使用する気温及び風速に関しては、**気温が非常に強い相関関係、風速がかなり強い相関関係**であることから、現場位置周辺の地形状況・沿道環境による影響が少なく、観測値については相似していると考えられる。

本路線における調査位置での吹雪発生日数 13 日と新庄アメダスの過去 15 年分のデータを用いた 30 年確率値との照査を行った所、新庄アメダスでは 34.57 日となった。吹雪発生日数算定に於ける安全面を考慮すると、新庄アメダスの 30 年確率値を採用する方が良好と考える。

したがって上記内容より、設計吹雪発生日数については現地近傍の新庄アメダスにて観測された 15 年分のデータを基に算出を行う事とする。

表 3-16 新庄観測所の過去 15 年における吹雪発生回数、吹雪発生日数の年別値（極値）

	発生回数	発生日数
2000年度	60	21
2001年度	25	15
2002年度	26	11
2003年度	28	11
2004年度	20	9
2005年度	39	21
2006年度	25	6
2007年度	37	10
2008年度	18	9
2009年度	39	10
2010年度	15	11
2011年度	11	8
2012年度	57	18
2013年度	28	11
2014年度	37	12

30 年確率吹雪発生日数

図 3 に新庄観測所における 30 年確率吹雪発生日数を示す。

表 3 に図 3 より算出した[jackknife]対数正規分布 岩井法の値を示す。

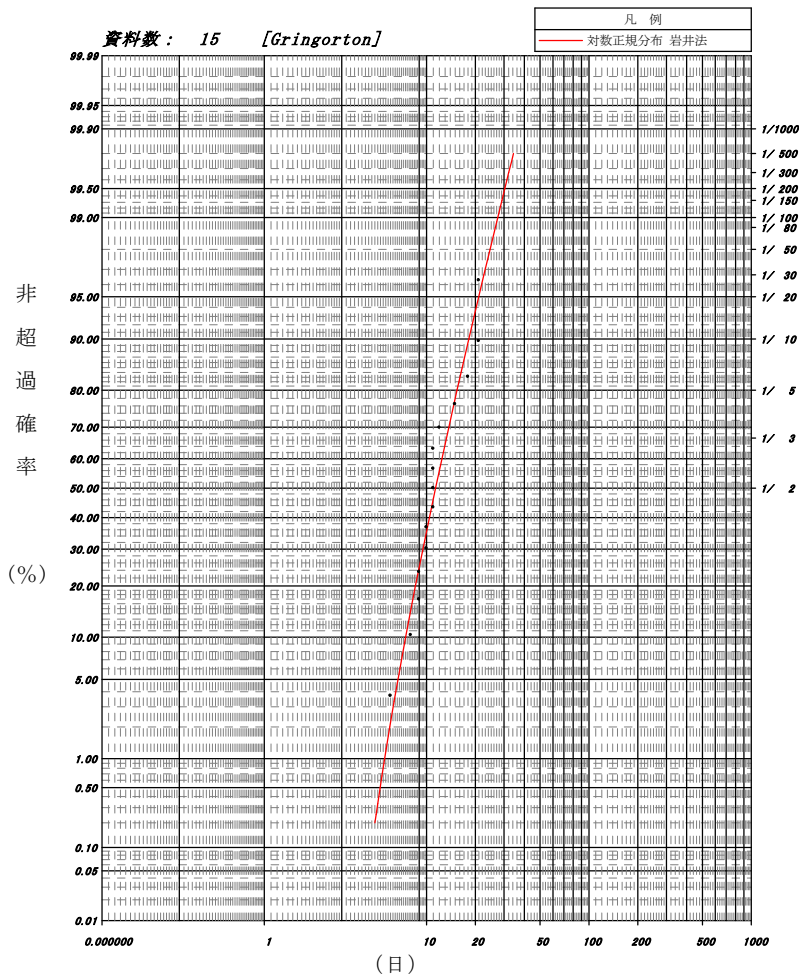


図 3 新庄観測所における30年確率最大吹雪発生日数

表 3 [jackknife] 対数正規分布 岩井法

確率年	統計値	平均値	補正值	誤差分散	推定誤差
10	18.19	17.98	21.24	5.04	2.24
30	22.55	21.69	34.57	7.72	2.78
50	24.60	23.37	41.81	9.33	3.05

表 3 により新庄観測所における30年確率最大吹雪発生日数は 34.57〔日〕である。

3-9. 吹雪危険度の算定

前項までの気象データを利用し、吹雪危険度の算定を行う。

下記に、吹雪危険度の評価フローを示す。

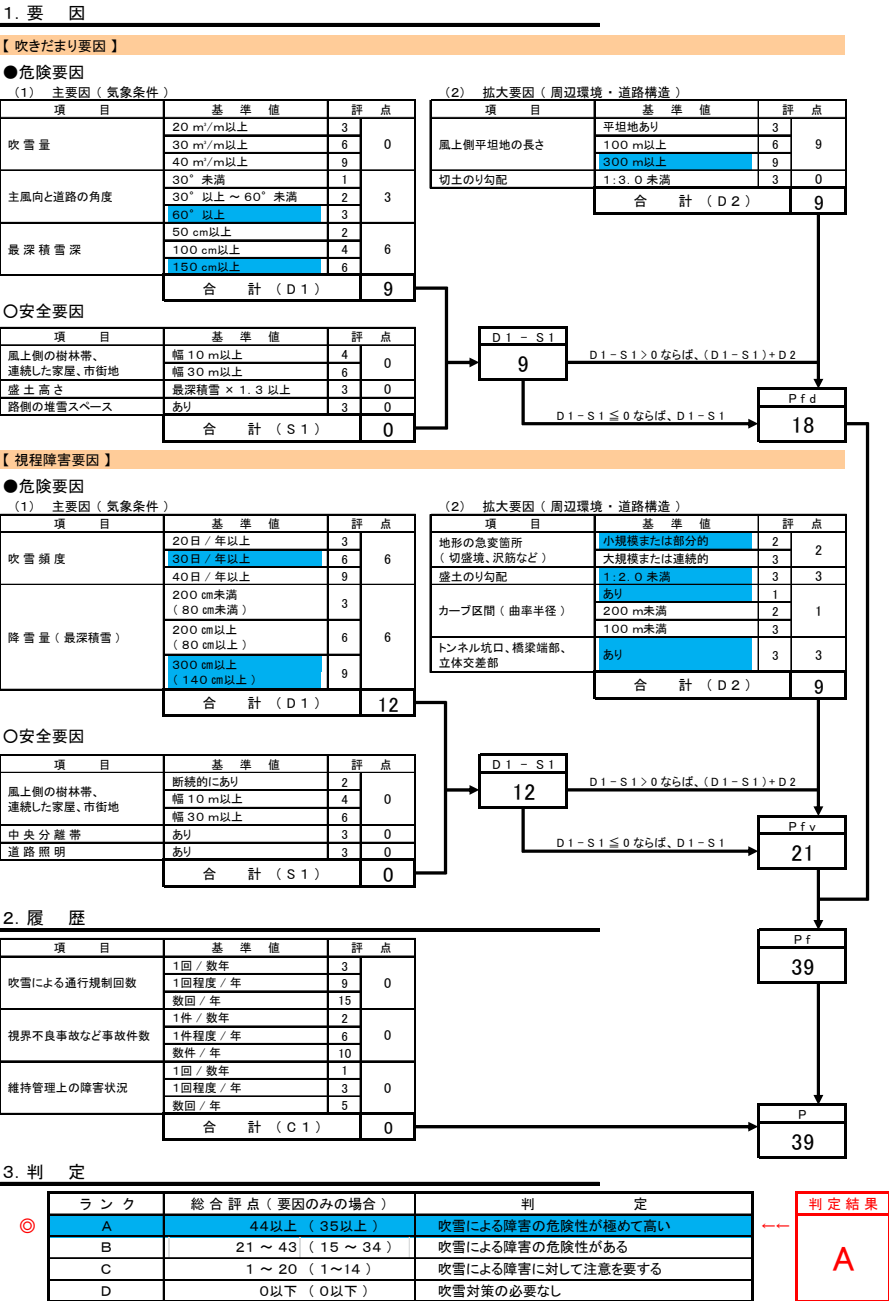


図 3-21 吹雪危険度の評価フロー

図 3-21 より、本路線は吹雪危険度の判定は A ランクであり、「吹雪による障害の危険性が極めて高い」ことがわかり、早急な吹雪対策が必要であることが明らかである。

3-10. まとめ

1. 気温	3ヶ月間の平均気温	1.3℃
	3ヶ月間の月最高平均気温	+17.9℃（H27.3.21）
	3ヶ月間の月最低平均気温	-13.2℃（H27.1.21）
	新庄アメダスとの相関	非常に強い相関関係
2. 風向	観測地点の最多風向	西北西
	吹雪時の最多風向	西北西
	新庄アメダスとの相関	やや弱い相関（最多風向 西北西）
3. 風速	3ヶ月間の平均風速	2.5m/sec
	3ヶ月間の最大平均風速	12.8m/sec（H27.3.10）
	3ヶ月間の最大瞬間風速	20.4m/sec（H27.3.11）
	新庄アメダスとの相関	かなり強い相関関係
4. 積雪深	3ヶ月間の最深積雪深	136 cm（H27.2）
	新庄アメダスとの相関	非常に強い相関関係
5. 吹雪危険度	吹雪危険度の判定が A ランク（吹雪による障害の危険性が極めて高い）	
6. 対策工に用いる設計値	主風向	西北西
	最大積雪深	216.51 cm
	最大吹溜量	8.19m ³ /m
	最大吹雪発生日数	34.57 日

定点観測位置に代表される低盛土区間では、吹雪危険度判定が A ランクであり、吹雪による障害の危険性が極めて高いことから、防雪対策の必要性が認められる。

吹雪障害の危険性が高い要因は、吹雪発生回数の多さが挙げられる。約 70 日間の観測内で吹雪発生は 13 日を記録しており、5 日に 1 日程度の頻度で吹雪障害が発生している。新庄アメダスと比較しても約 3 倍の回数である。また、風上側に耕作地帯が広がり、風雪を遮るような構造物がないため、吹雪発生時には視程障害・吹溜り障害が発生しやすい地域であり、早急な防雪対策の設置が必要と判断できる。

本検討における防雪対策は、上記内容を考慮し、選定する。

4. 添付資料

1. 10 分間毎観測データ

定点気象観測地点の 10 分間当たりの平均風速、最多風向、平均気温、瞬間最大風速及び 1 時間当たりの積雪深を記録したデータです。

2. 1 時間毎観測データ

定点気象観測地点と気象庁新庄アメダスとの、1 時間当たりの平均風速、最多風向、平均気温を比較したデータです。(本編 3-1 参照)

3. 吹雪時 詳細気象データ

定点気象観測データの吹雪発生条件（3-4 吹雪発生条件記載）での値を抽出して防雪対策検証に必要な、吹雪時のデータ（主風向・吹雪量・吹溜量・吹雪発生回数）を算定したデータです。(本編 3-3～3-7 参照)