

ドップラーライダーによる 上層気象観測について

電力中央研究所 環境科学研究所

大気環境分科会資料

2020年7月30日

RI 電力中央研究所

© CRIEPI 2020

1

RI 電力中央研究所

これまでの環境影響評価での上層気象観測

大気拡散の環境影響評価に必要となる上層気象データの観測方法

煙突の頂上部分に風速計を設置

- 設置している煙突の影響で風が乱され観測の精度が低下
- 頂上部分一点の限られた観測データとなり鉛直分布はわからない



ドップラーソーダによる観測事例
(電中研レビュー No.38, 2000¹⁾)

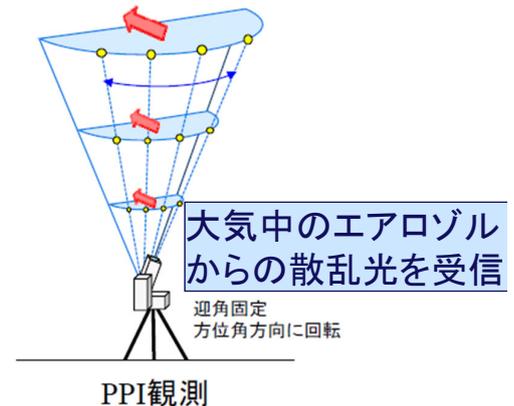
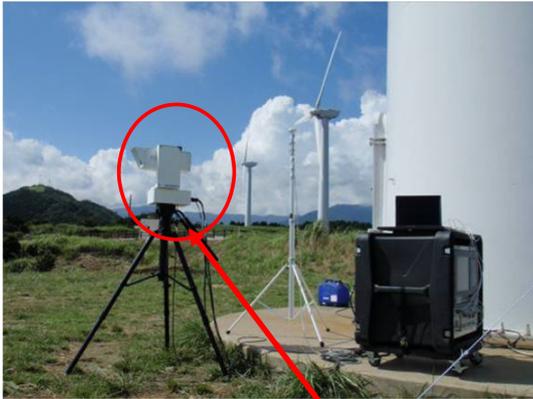
ドップラーソーダ

- 装置の大きさがかなり大きい
- 音波による観測のため騒音が問題となる場合がある

© CRIEPI 2020

2

初期の小型ドップラーライダー



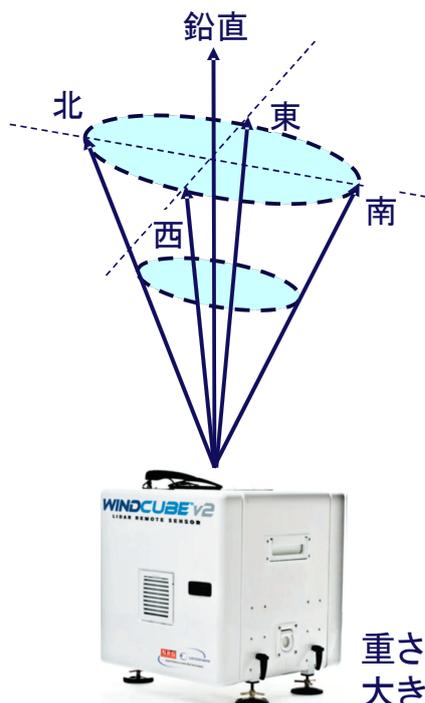
電力中央研究所報告 ドップラーライダーを用いた風速観測手法についての検討, 2009²⁾

上空風を測定するためには**機械的に回転**させる必要がある

- 故障の頻度が多く耐久性が低い
- **長期間の連続観測には向いていない**

環境アセスメントの上層気象データは**長期間(1年間)の安定的なデータ**が必要

長期連続観測に適したドップラーライダー



- レーザを**連続的に**切り替える方式
- 視線方向の風速をベクトル合成して**3次元風速**を算出
- 駆動系がない
- レーザスキャンはスイッチ切替方式
- メンテナンスフリーを実現
- **長期の連続観測**に適している

重さ : 50kg程度
大きさ : 1辺0.5m程度

ドップラーライダーを環境影響評価に適用するために 確認すべき事項

①風向・風速の計測精度

➤ 既往の観測手法との比較による計測精度の確認

②年間を通じたデータの取得性能(欠測率)

➤ 下記基準を下回ることを確認

- 年間の欠測率が10%以下
- 連続した30日間の欠測率が30%以下

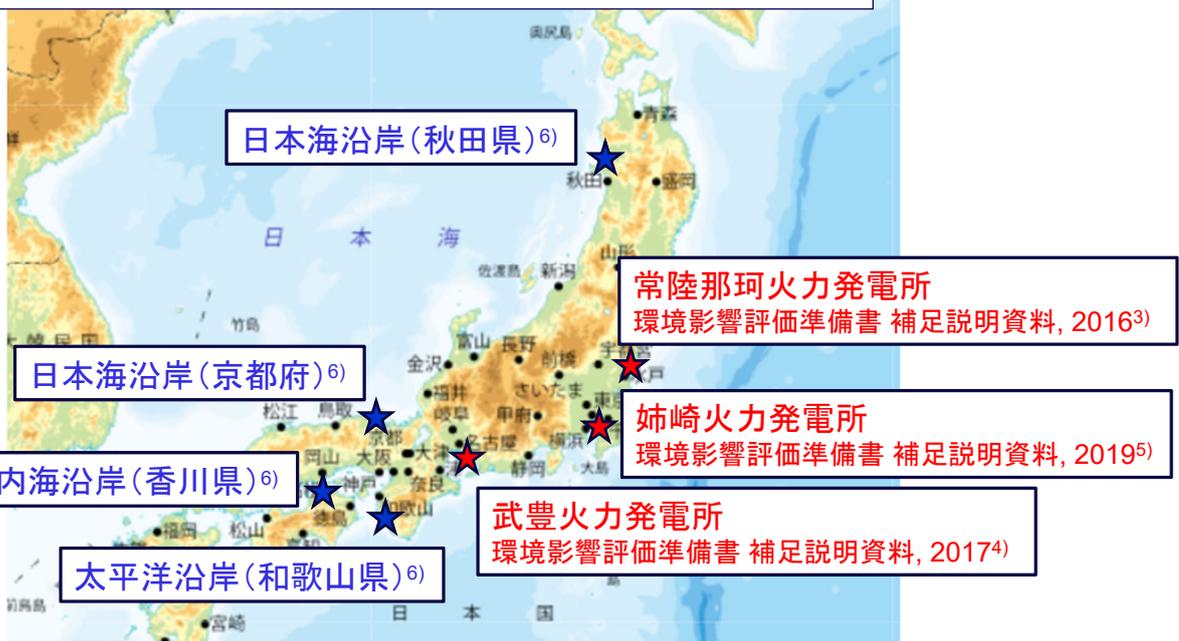
「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」
(昭和57年、原子力安全委員会決定)

➤ 欠測特性(地域差・季節差、等)

風向・風速の計測精度について

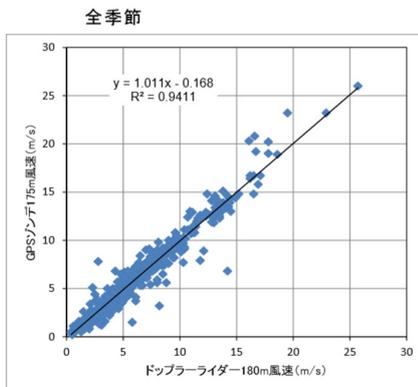
長期連続観測を実施したサイト

赤字: 環境影響評価でドップラーライダーが使用された事例^{(3),(4),(5)}
 青字: 火力発電所構内での実証試験⁽⁶⁾

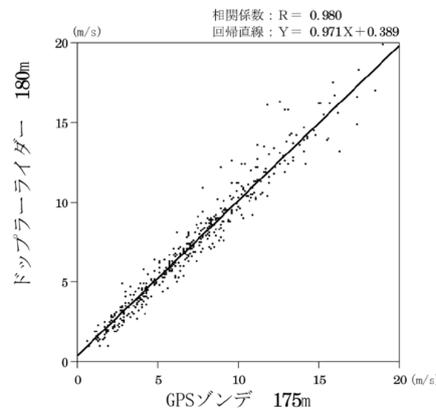


計測精度の確認①

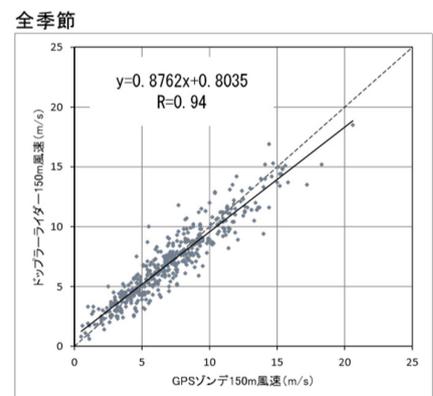
GPSゾンデの風速観測記録との比較事例



常陸那珂火力発電所
 環境影響評価準備書
 補足説明資料, 2016³⁾



武豊火力発電所
 環境影響評価準備書
 補足説明資料, 2017⁴⁾



姉崎火力発電所
 環境影響評価準備書
 補足説明資料, 2019⁵⁾

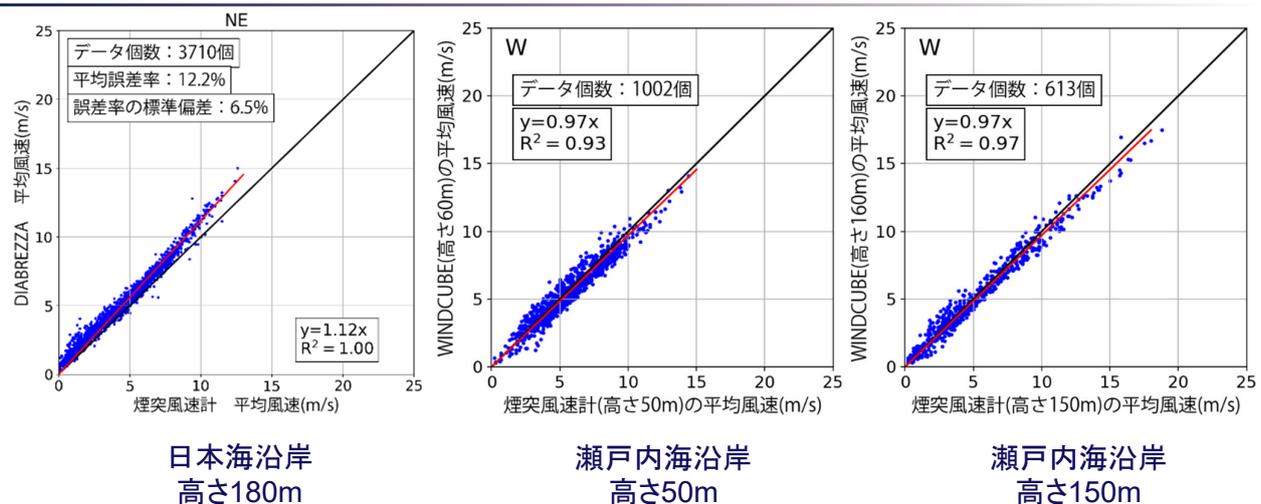
計測精度の確認②

既往の手法(GPSゾンデ)との風向・風速の比較結果

- いずれの地点においても良好に一致
- べき乗則による推計風と同等以上の計測精度を確認

	ドップラーライダーとGPSゾンデの風速の相関	ドップラーライダーとGPSゾンデの風向一致率(±方位以内)
常陸那珂火力 ³⁾ (観測高さ180m)	0.94	96.2%
武豊火力 ⁴⁾ (観測高さ180m)	0.98	99.1%
姉崎火力 ⁵⁾ (観測高さ150m)	0.94	94.6%

計測精度の確認③



【観測場所】日本海沿岸(京都府)
【観測期間】2016年10月~2017年9月
【使用機種】DIABREZZA(三菱電機)

【観測場所】瀬戸内海沿岸(香川県)
【観測期間】2017年12月~2018年11月
【使用機種】Windcube v2(LEOSPHERE社)

煙突に設置された複数高度の風速計との比較

- 煙突塔体の影響を受けない風向のデータを抽出し、良く一致することを確認

年間を通じたデータの取得性能 (欠測率)

年間欠測率①

環境影響評価で実施された3地点における年間の欠測率および連続する30日間の欠測率の最大値

➤ いずれも気象指針に示される基準を概ね下回ることを確認

観測地点	観測期間	年間欠測率(%)	連続する30日間の欠測率(%)の最大値
常陸那珂火力 ³⁾	2014.2-2015.1	5.9 (高さ180m) 8.6 (高さ200m)	25.0 (高さ180m)
武豊火力 ⁴⁾	2015.5-2016.4	3.8 (高さ180m) 7.7 (高さ200m)	8.9 (高さ180m) 14.9 (高さ200m)
姉崎火力 ⁵⁾	2016.11-2017.10	1.2 (高さ150m) 3.9 (高さ170m) 9.4 (高さ200m)	5.3 (高さ150m) 16.9 (高さ170m) 37.1 (高さ200m)

年間欠測率②

周辺地形や気象条件の異なる4地点の火力発電所における
年間の欠測率および連続する30日間の欠測率の最大値

- ワイパー不良により欠測率が高くなった観測点Dを除いていず
れも気象指針の基準を下回ることを確認

観測点名	観測点概要	観測期間	欠測率(%) 高さ:180m	連続する30日間の 欠測率の最大値(%) 高さ:180m	ドップラーライダー の機種名
A	日本海沿岸(京都府)	2016年10月～2017年9月	6.1 (1.8)	11.7	DIABREZZA
B	日本海沿岸(秋田県)	2016年11月～2017年10月	5.6 (5.3)	29.2	WINDCUBE v2
C	太平洋沿岸(和歌山県)	2017年12月～2018年11月	8.1 (5.3)	19.9	DIABREZZA
D	瀬戸内海沿岸(香川県)	2017年12月～2018年11月	12.5 (6.9)	35.5	WINDCUBE v2

降雨がない場合の欠測率

大気環境学会論文集, 2020⁶⁾

欠測率の月変化①

- 欠測率の月変化は地域により異なる傾向
- 常陸那珂、姉崎では冬季に高くなる傾向
- いずれの地点においても気象指針の基準を下回ることを確認

月	欠測率%		
	常陸那珂 ³⁾ (高さ180m)	武豊 ⁴⁾ (高さ180m)	姉崎 ⁵⁾ (高さ170m)
1月	16.3	3.6	12.1
2月	3.7	5.0	7.7
3月	2.3	3.1	6.2
4月	1.0	5.6	1.5
5月	2.0	1.3	0.0
6月	8.5	5.1	0.1
7月	2.4	4.0	0.0
8月	2.8	4.6	0.0
9月	0.0	5.7	0.1
10月	0.5	0.4	1.2
11月	11.8	4.4	2.6
12月	19.0	2.8	15.1
年間	5.9	3.8	3.9

欠測率の月変化②

- 日本海沿岸(秋田県)の事例⁶⁾では夏季(8月)に高くなる傾向
- 東寄り(陸側から)の風向出現頻度が高かったことが原因の一つか⁶⁾
- いずれの地点においても気象指針の基準を下回ることを確認

	欠測率%	
	高さ60m	高さ180m
2016年 11月	0.0	0.9
2016年 12月	0.0	0.5
2017年 1月	0.0	2.1
2017年 2月	0.3	1.8
2017年 3月	0.4	1.6
2017年 4月	0.1	2.1
2017年 5月	0.4	7.1
2017年 6月	0.1	4.3
2017年 7月	0.1	5.2
2017年 8月	17.6	26.9
2017年 9月	0.6	5.6
2017年 10月	1.5	9.2
年間	1.8	5.6

ドップラーライダの適用性について

3地点の火力発電所の環境影響評価結果ならびに周辺地形や気象条件の異なる4地点の火力発電所における実証試験結果より、以下のことが明らかとなった。

◆ 風向・風速の計測精度

- 既存の観測手法と比較した計5地点において、既存の観測手法と同等以上の計測精度を有することが確認された。

◆ 年間を通したデータの取得性能(欠測率)

- 長期連続観測を実施した計7地点のうち、ワイパー不良により欠測率が高くなった観測点を除く6地点で、いずれも気象指針の基準を下回ることが確認された。
- ドップラーライダは上層における風向、風速の長期連続観測に十分適用できると判断される。

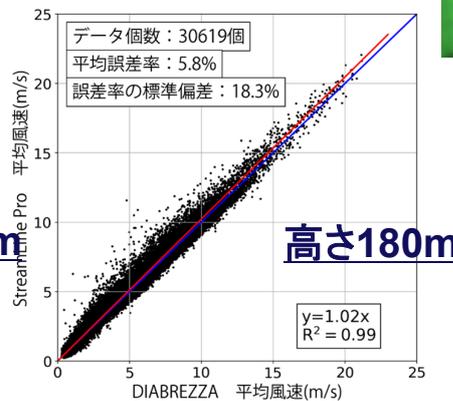
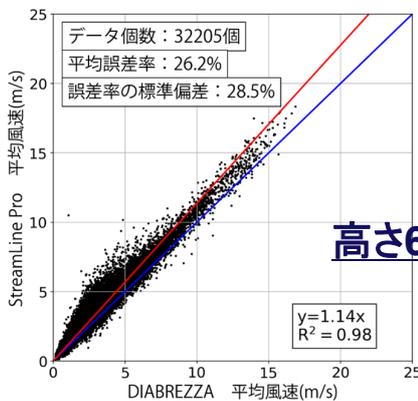
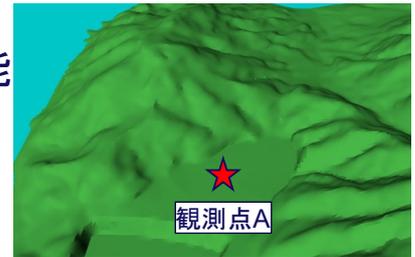
ドップラーライダーを用いた上層気象 観測に関する留意事項

1. 測器の性能について

- ドップラーライダーによる上層気象観測に際して、既存の観測手法との比較による観測精度の確認が行われた事例のない測器を使用する場合には、気象観測用マストや鉄塔、煙突等に設置された風向・風速計、またはドップラーソーダの観測記録との比較により、これら既存観測手法と同等の性能を持つことを事前に確認する。

2. 設置位置について①

- ドップラーライダーによる上層気象観測は、周囲の地形や建物、構造物等の影響を受ける可能性があるため周囲が開けた平坦な場所に設置する。



【観測場所】
日本海沿岸(京都府)
【観測期間】
2017年2月~2017年9月
【使用機種】
DIABREZZA(三菱電機)
StreamLine Pro
(HALO Photonics社)

風工学シンポジウム論文集,20187)

地形の起伏が大きい地域でのドップラーライダーの機種間の比較(平均風速)

- 地形の起伏の影響を大きく受ける高さ60mの方が機種間の差が大きい

2. 設置位置について②

- 周辺地形の起伏が大きい、または、直近に大規模な建物や構造物等がある地点で観測を実施する場合
- ドップラーライダーの仕様(レーザの照射角や照射本数等)を良く把握したうえで、極力影響を受ける恐れがない設置場所を選定する。

	DIABREZZA (三菱電機)	WINDCUBE v2 (LEOSPHERE社)	StreamLine Pro (HALO Photonics社)
波長	1.55 μm	1.543 μm	1.55 μm
レーザの本数	5 (東西南北+鉛直)	5 (東西南北+鉛直)	任意に設定
風向・風速算出方法	DBS	DBS	任意に設定
データ更新周期	2 sec, 4 sec, 6 sec	4 sec	任意に設定
レーザ照射角度	30°	28°	0°~30°
ゲート幅	20 m, 25 m, 30 m	20 m	18 m~60 m
雨水の除去方法	ワイパ	ワイパ	ブロー

大気環境学会論文集, 2020⁶⁾

ドップラーライダーの機種により仕様が異なるため、仕様に応じて適切に設定

3. 測定値の欠測について

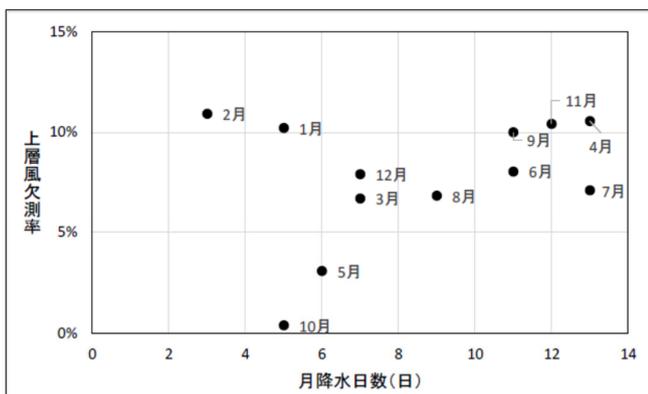
ドップラーライダーを使用した観測では以下の場合に欠測となる可能性があるため留意が必要

- 上空のエアロゾル濃度が低い場合
(大気が清浄な地域、降雨・降雪時およびその前後、等)
- 降雨・降雪等によりレーザ光が散乱・吸収され、レーザ光が上空まで到達しない場合

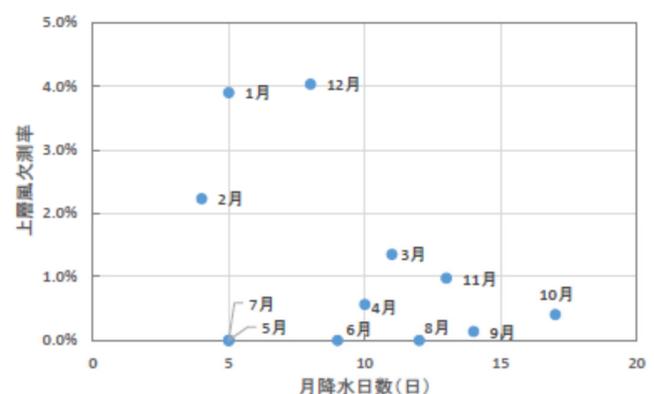
大気中のエアロゾル濃度

地域差	郊外 < 都市部
気象条件	降雨が多い地域は濃度が低い
風向	上流側にエアロゾル発生源の有無

降水と欠測率との関係①



武豊火力⁴⁾
(高さ200m)

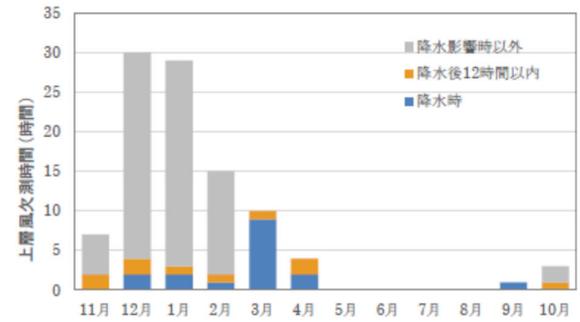
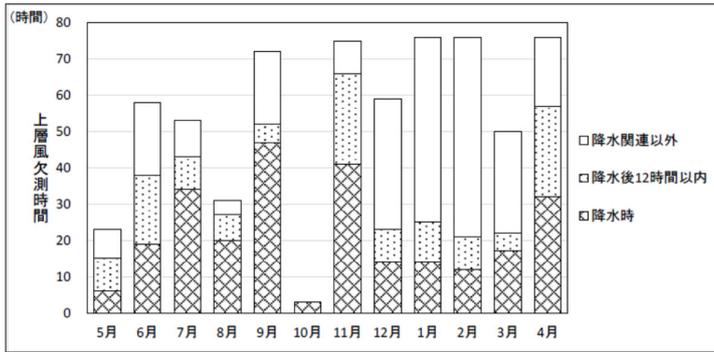


注：人為的欠測時を除く。

姉崎火力⁵⁾
(高さ150m)

- 武豊火力では1月、2月を除くと月降水日数が多くなると欠測率が上昇する傾向
- 姉崎火力では月降水日数と欠測率の関係性は不明瞭

降水と欠測率との関係②



注：人為的欠測時を除く。

武豊火力⁴⁾
(高さ200m)

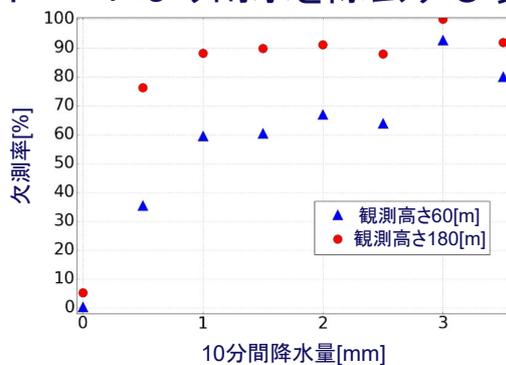
姉崎火力⁵⁾
(高さ150m)

- 両観測点ともに冬季は降水時以外の欠測が多い

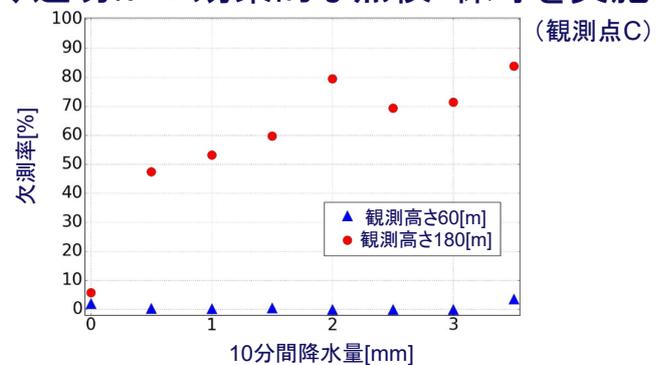
降水と欠測率との関係③

ドップラーライダー上部のレーザ発射窓に雨粒が溜まると、レーザ光が吸収され、有効な信号が得られなくなる可能性がある

- 雨水が極力溜まらないよう対策を講じる必要がある
- ワイパーにより雨水を除去する場合、適切かつ効果的な点検・保守を実施



(a) DIABREZZA



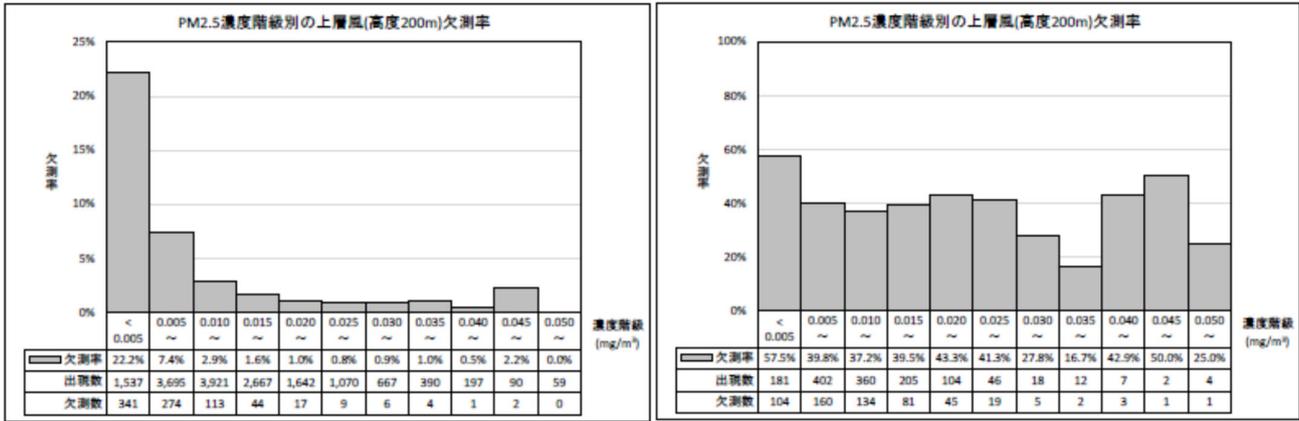
(b) StreamLine Pro

大気環境学会論文集, 2020⁶⁾

10分間降水量と欠測率の関係は機種により異なる傾向(高さ60mで顕著)

- 低い高度で機種により欠測率が異なるのは雨水の除去方法の違い(ワイパ or ブロア)が影響している可能性あり⇒機種選定時に留意

PM2.5濃度と欠測率の関係①



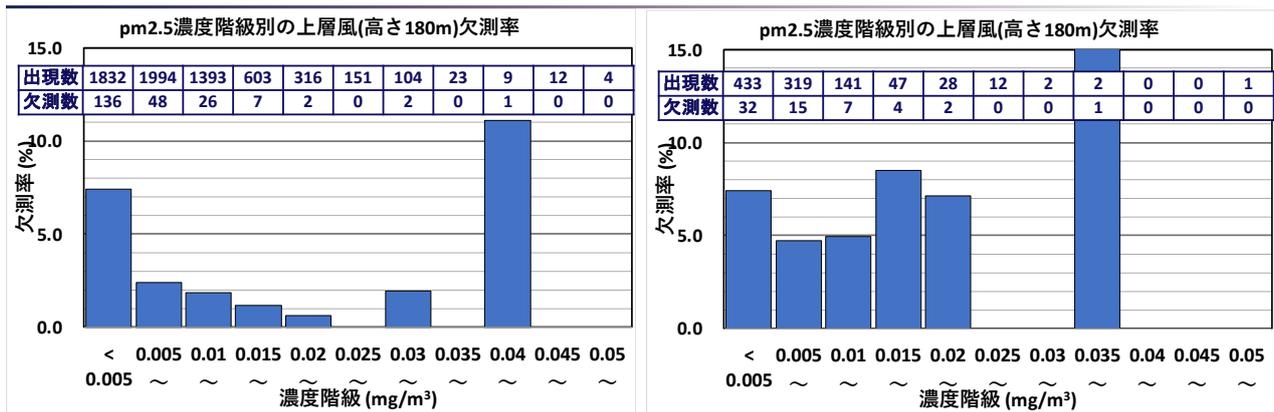
非降水時

降水時

武豊火力⁴⁾
(高さ200m)

- 非降水時はPM2.5の濃度が低いときに欠測率が高い傾向
- 降水時には欠測率とPM2.5の相関はみられない

PM2.5濃度と欠測率の関係②



注) PM2.5は約2か月間 (2017/6/25 - 2017/8/22) 欠測

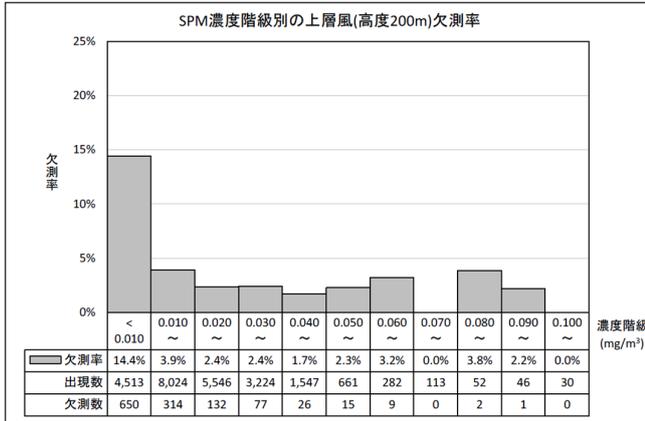
非降水時

降水時

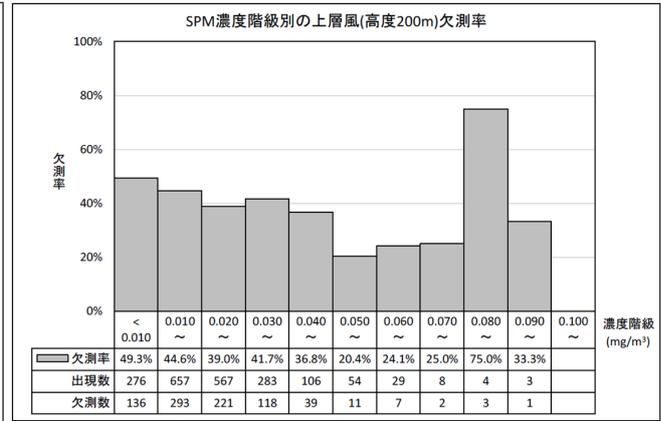
観測点B⁶⁾
(高さ180m)

- 武豊と同様に、非降水時はPM2.5の濃度が低いときに欠測率が高くなる傾向
- 降水時には欠測率とPM2.5の相関はみられない

SPM濃度と欠測率の関係①



非降水時

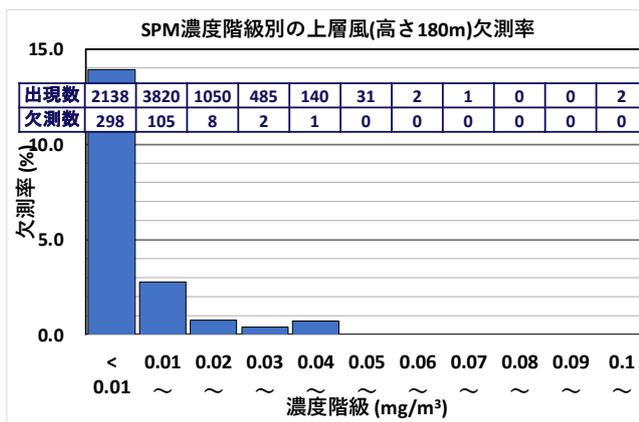


降水時

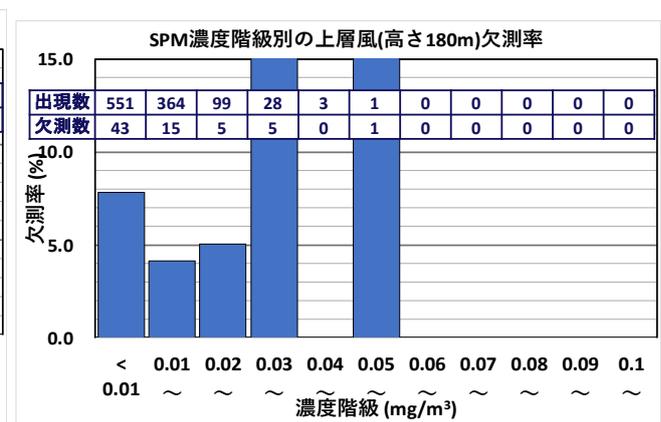
武豊火力⁴⁾
(高さ200m)

- PM2.5と同様に、非降水時はSPMの濃度が低いときに欠測率が高い傾向
- 降水時には欠測率とSPMの相関はみられない

SPM濃度と欠測率の関係②



非降水時



降水時

観測点B⁶⁾
(高さ180m)

- 武豊と同様に、非降水時はSPMの濃度が低いときに欠測率が高くなる傾向
- 降水時には欠測率とSPMの相関はみられない

降雪と欠測率の関係

最寄りの気象台の1時間降雪量と欠測の関係

1時間降雪量 (cm/hour)	出現数 (気象台の1時間値)	欠測数 (ドップラーライダーの10分値)	欠測率(%)
0	2649	150	0.9
1	187	50	4.5
2	46	20	7.2
3	12	7	9.7
4	5	12	40.0
5以上	5	19	63.3

観測点B⁶(高さ180m)の冬季(2016年12月～2017年3月)の観測データを対象

- 非降雪時に比べ、降雪時の方が欠測率は高い
- 降雪量の増加にともない欠測率が高くなる傾向

参考文献

- 1) 電力中央研究所:電中研レビュー「大気拡散予測手法」(2000)
- 2) 豊田康嗣, 中屋耕, 橋本篤, 松宮央登, 田中伸和:ドップラーライダーを用いた風速観測手法についての検討, 電力中央研究所報告, N08032 (2009)
- 3) 株式会社常陸那珂ジェネレーション:常陸那珂共同火力発電所1号機建設計画に係る環境影響評価準備書 補足説明資料 (2016) (2020.02.03 アクセス)
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/safety_security/kankyo_karyoku/h28_03_haifu.html
- 4) 中部電力株式会社:武豊火力発電所リプレース計画 環境影響評価準備書 補足説明資料 (2017) (2020.02.03 アクセス)
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/safety_security/kankyo_karyoku/h28_13_haifu.html
- 5) 株式会社JERA:(仮称)姉崎火力発電所新1～3号機建設計画 環境影響評価準備書 補足説明資料 (2019) (2020.02.03 アクセス)
https://www.meti.go.jp/shingikai/safety_security/kankyo_shinsa/karyoku/2018_011.html
- 6) 岸田岳士, 後藤和恭, 瀧本浩史, 小野浩己, 佐藤 歩:上層風の長期連続観測へのドップラーライダーの適用性検討, 大気環境学会誌, 139-149 (2020)
- 7) 岸田岳士, 佐藤 歩, 瀧本浩史, 小野浩己:複雑地形上でのドップラーライダーによる上層風の計測精度, 第25回風工学シンポジウム論文集, 19-24 (2018)