

4.3.2 ブラックカーボン大気中濃度の測定値および気象観測データとの比較

(1) 気象場の再現性確認

気象場の再現性確認は、地上気象観測値 (Obs) の 6 時間値および 6 時間値から計算した 1 か月平均値を、WRF-Chem の計算結果 (Cal) と比較することで行った。データは気象業務支援センターで販売されている気象庁月報 CD-ROM 収録の世界気象資料を利用した。比較する気象要素は、地上気温、地上湿度、地上風向、地上風速の 4 項目とした。比較対象とした気象観測点は、図 4.3-4 に示す 7 地点である。比較結果は図 4.3-5～図 4.3-6 (月平均値)、図 4.3-7～図 4.3-34 (時別値および風配図) にまとめた。

気温と湿度に関しては、時別値および風配図の比較の場合、冬季において観測値との間に差異が見られる。これは特に高緯度に位置する観測点 (BJORNOYA, JOKIOINEN, GULKANA/INTL.FLD.) において顕著である。ただし、図 4.3-5～図 4.3-6 に示した月平均値でみると、冬季の気温を除き、観測値およびその季節変動を概ねよく再現できている。風速については、月平均値、時別値ともに、WRF-Chem の計算結果の方が観測値よりも過大になっている。特に図 4.3-5 の BJORNOYA については、観測値よりも 2 倍以上の値となっている。これはモデルの水平解像度が 60km と高くないために、観測地点に相当する計算グリッドの土地利用が地表面粗度の小さい海域 (水域) になっており、風速の減衰が少なく計算されてしまっているためであると考えられる。

全体として、冬季の気象場の再現性が低い傾向にあった。高緯度地域では、冬季の数ヶ月にわたって日射が少ない極夜が起こるが、その影響がモデル中で表現されていない可能性が考えられる。

また中・低緯度からのブラックカーボンは比較的北極圏の大気上層に輸送される傾向にあることから (Flanner et al., 2012)、そのような長距離輸送の検証のためにも、今後、気象場の鉛直分布などの検証も考慮すべきと考える。



図 4.3-4 比較対象気象観測地点

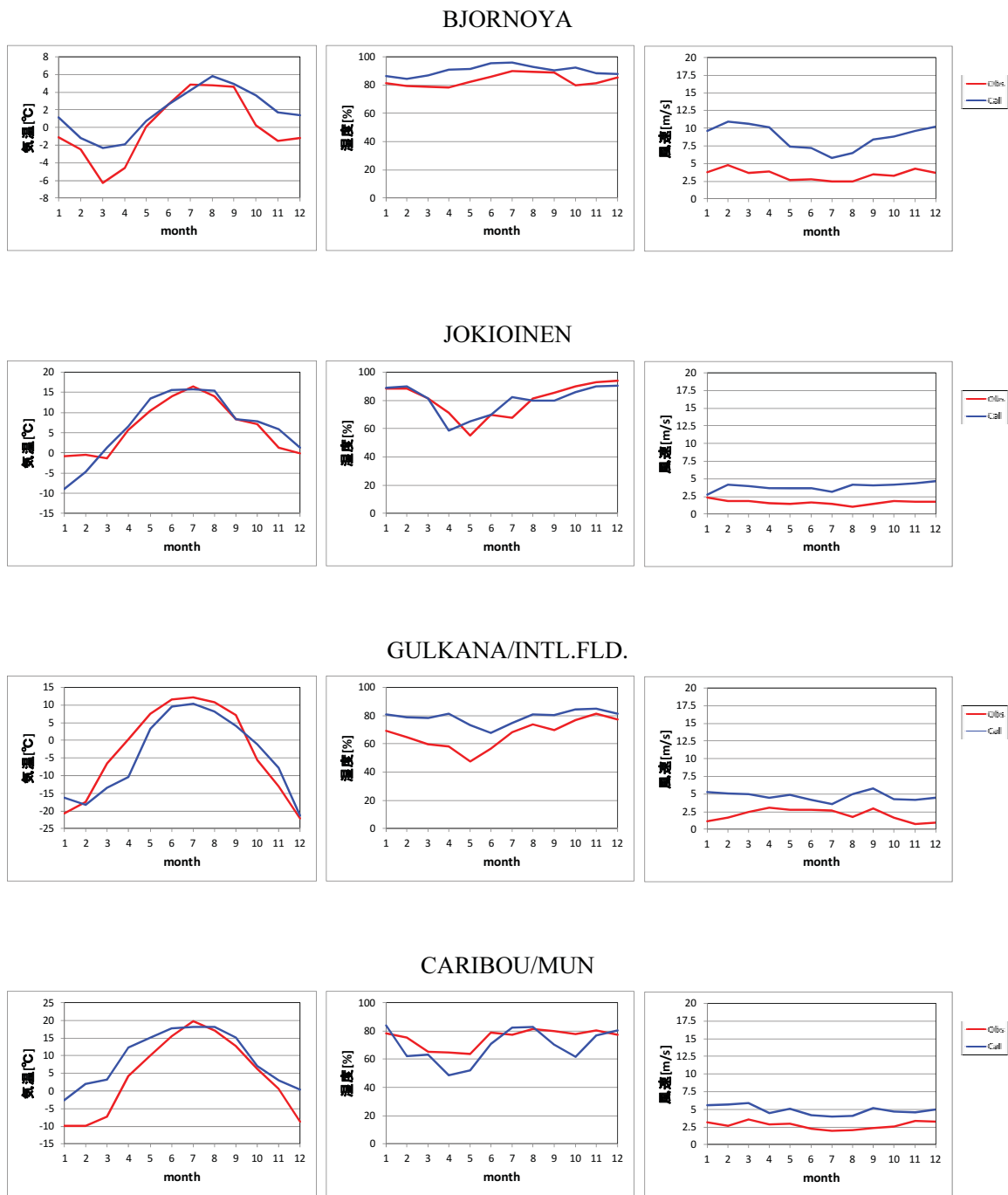
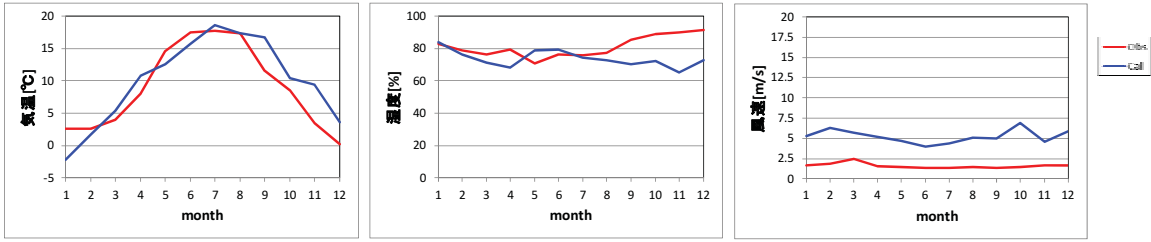
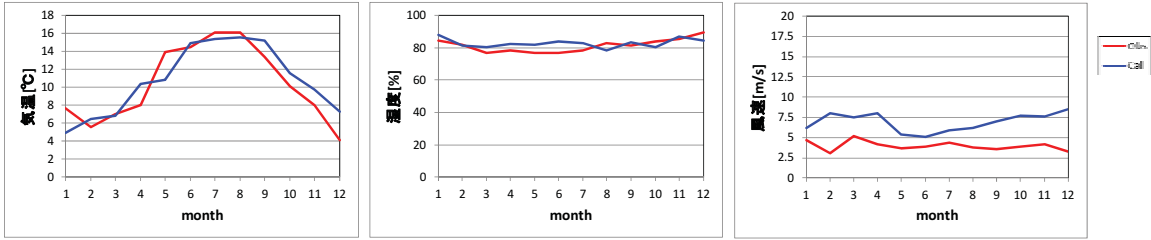


図 4.3-5 地上観測地点における気象場の比較(1)(月平均値)

AUGSBURG



YEOVILTON



SEATTLE

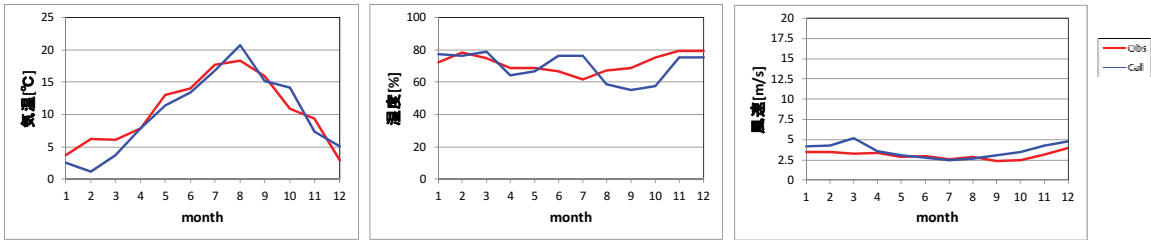


図 4.3-6 地上観測地点における気象場の比較(2) (月平均値)

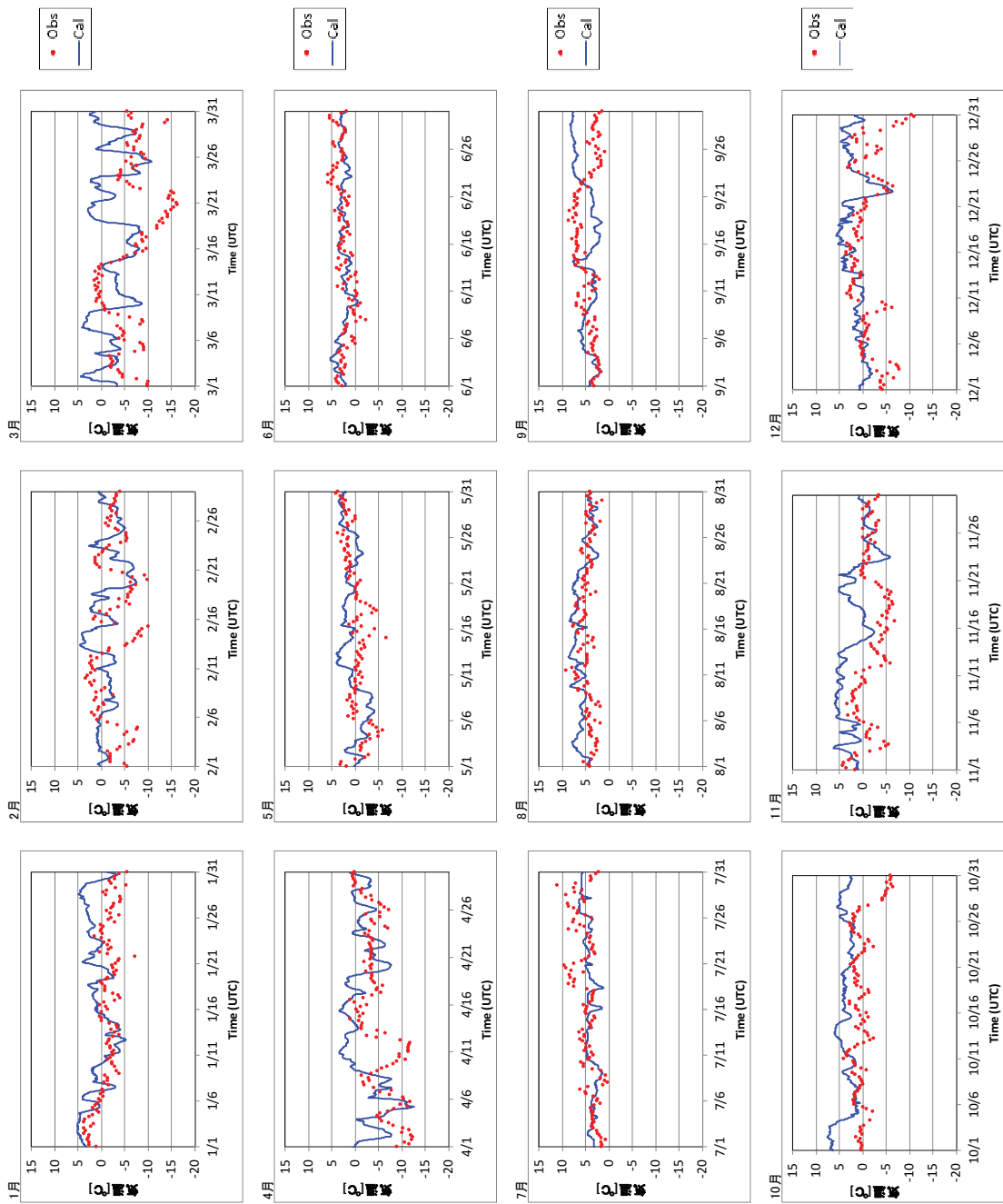


図 4.3-7 BJORNOYA における気温の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

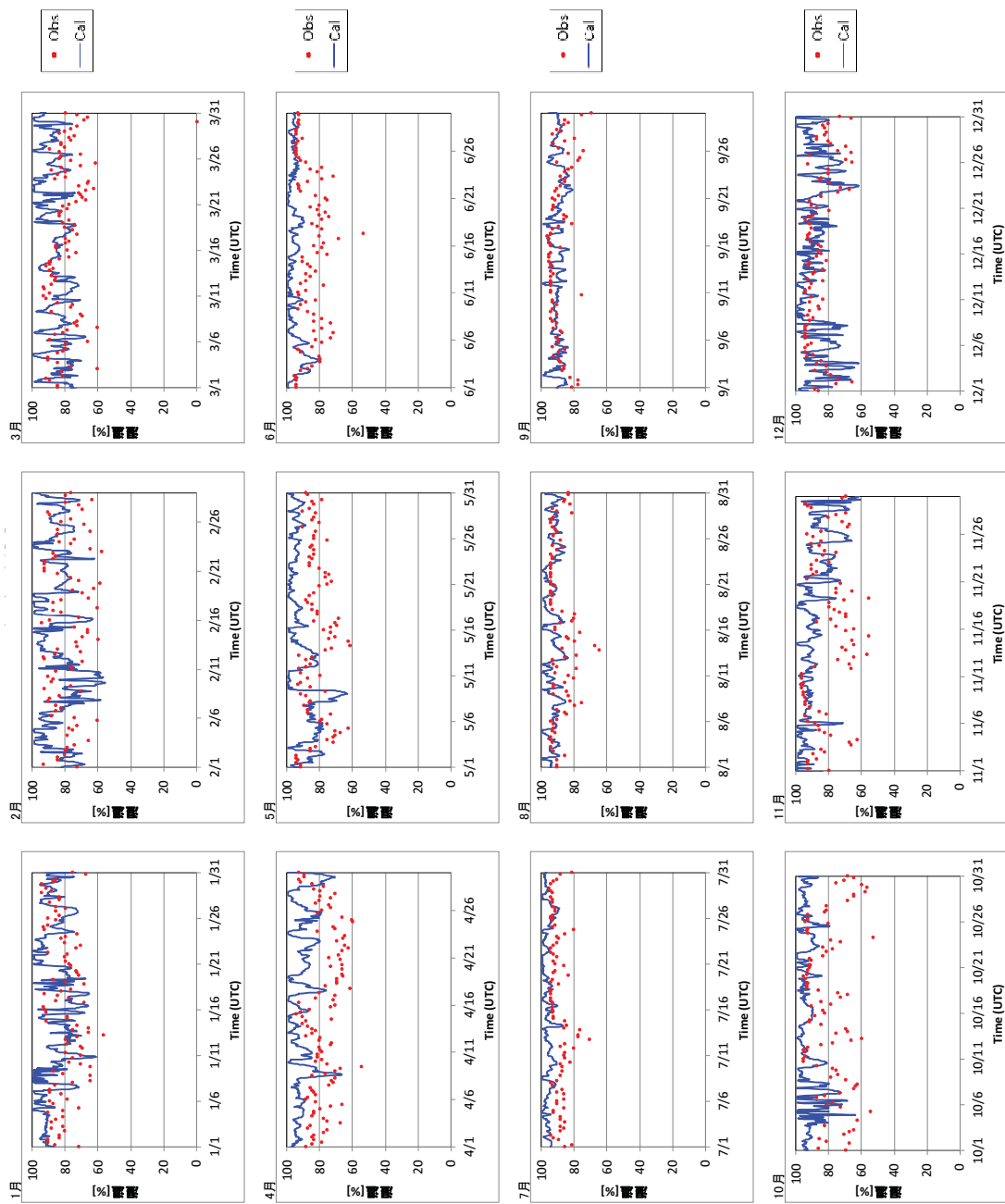


図 4.3-8 BJORNOYA における湿度の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

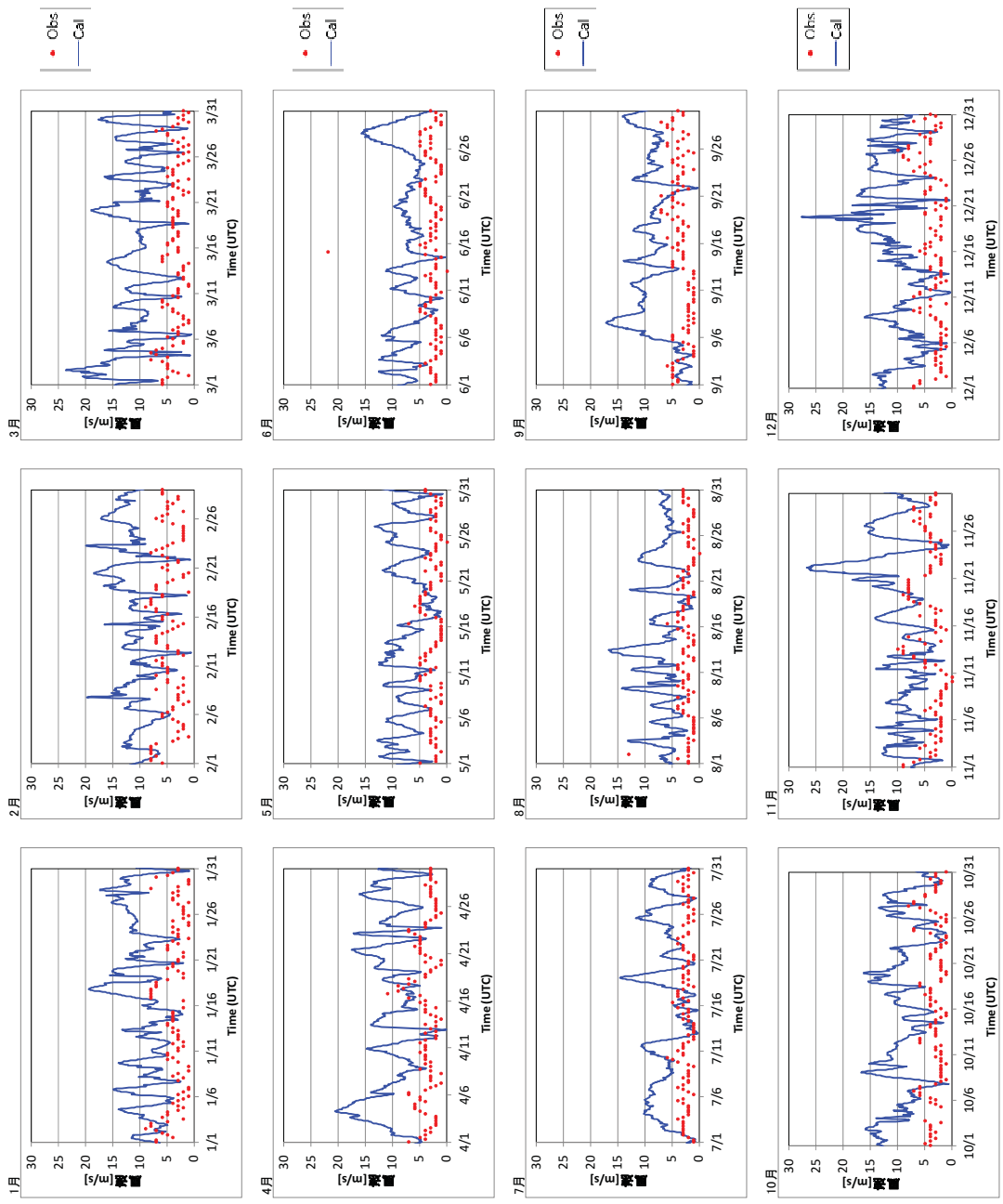


図 4.3-9 BJORNOYA における風速の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

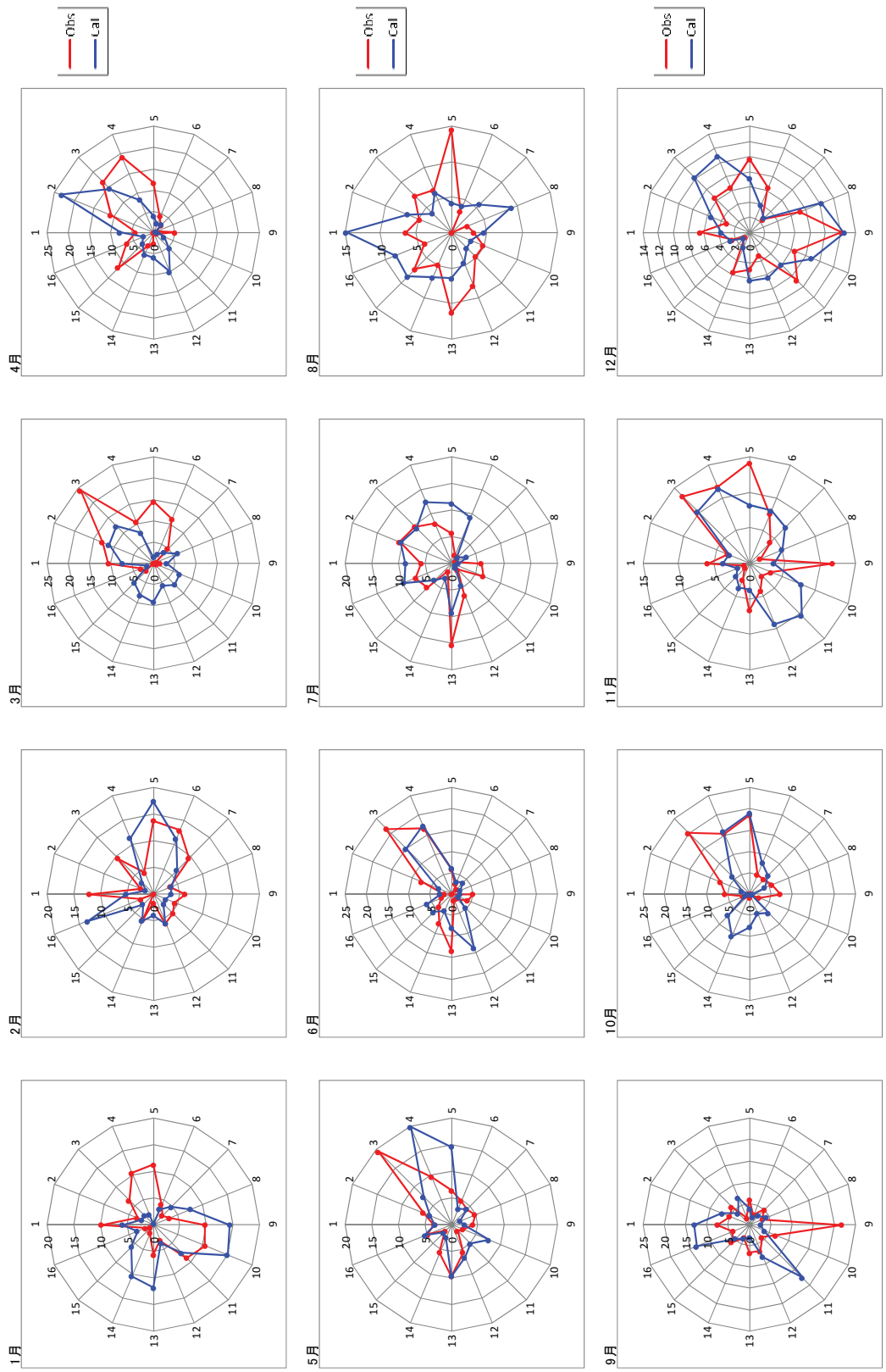


図 4.3-10 BIORNOYA における風向の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

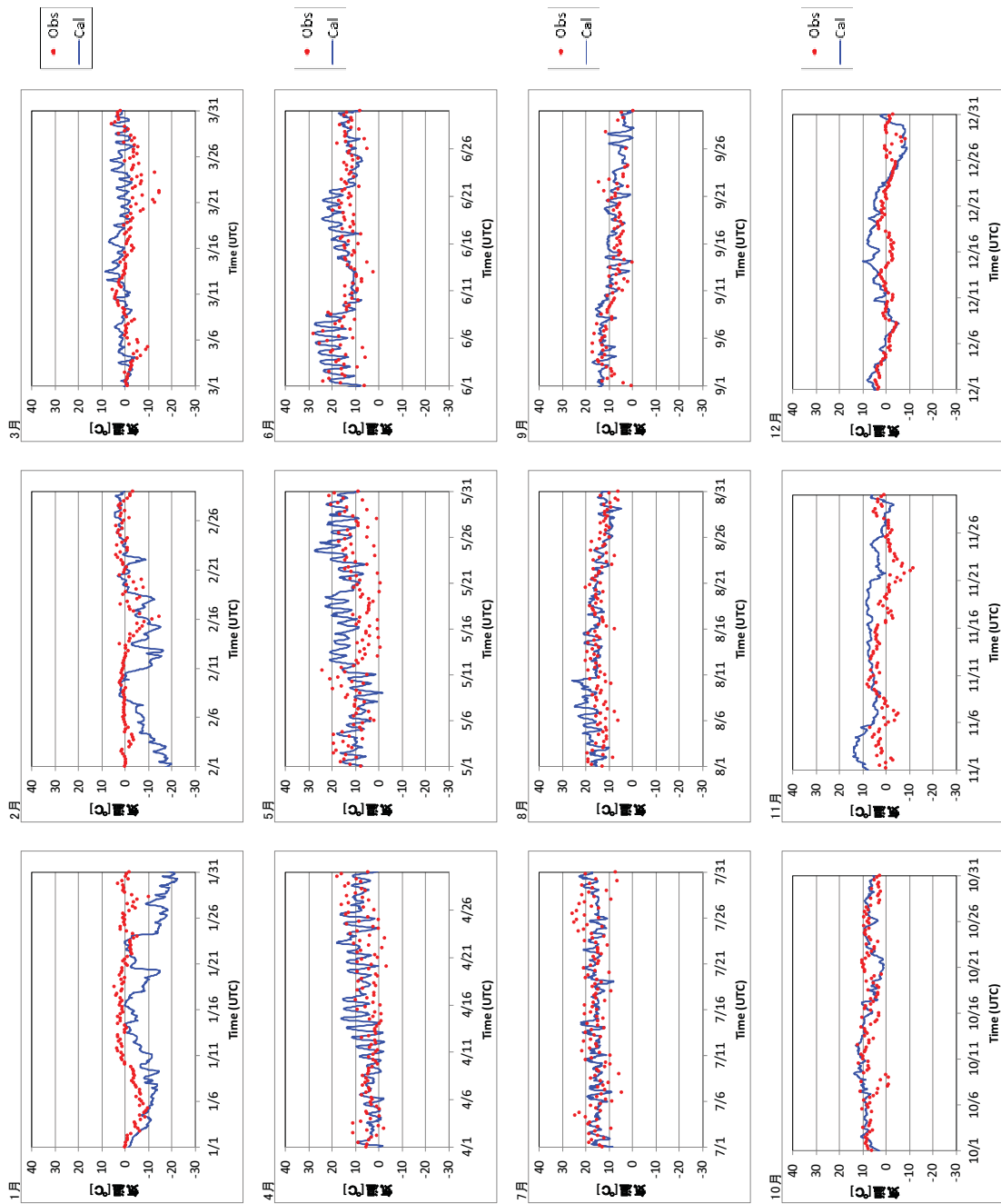


図 4.3-11 JOKIOINEN における気温の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

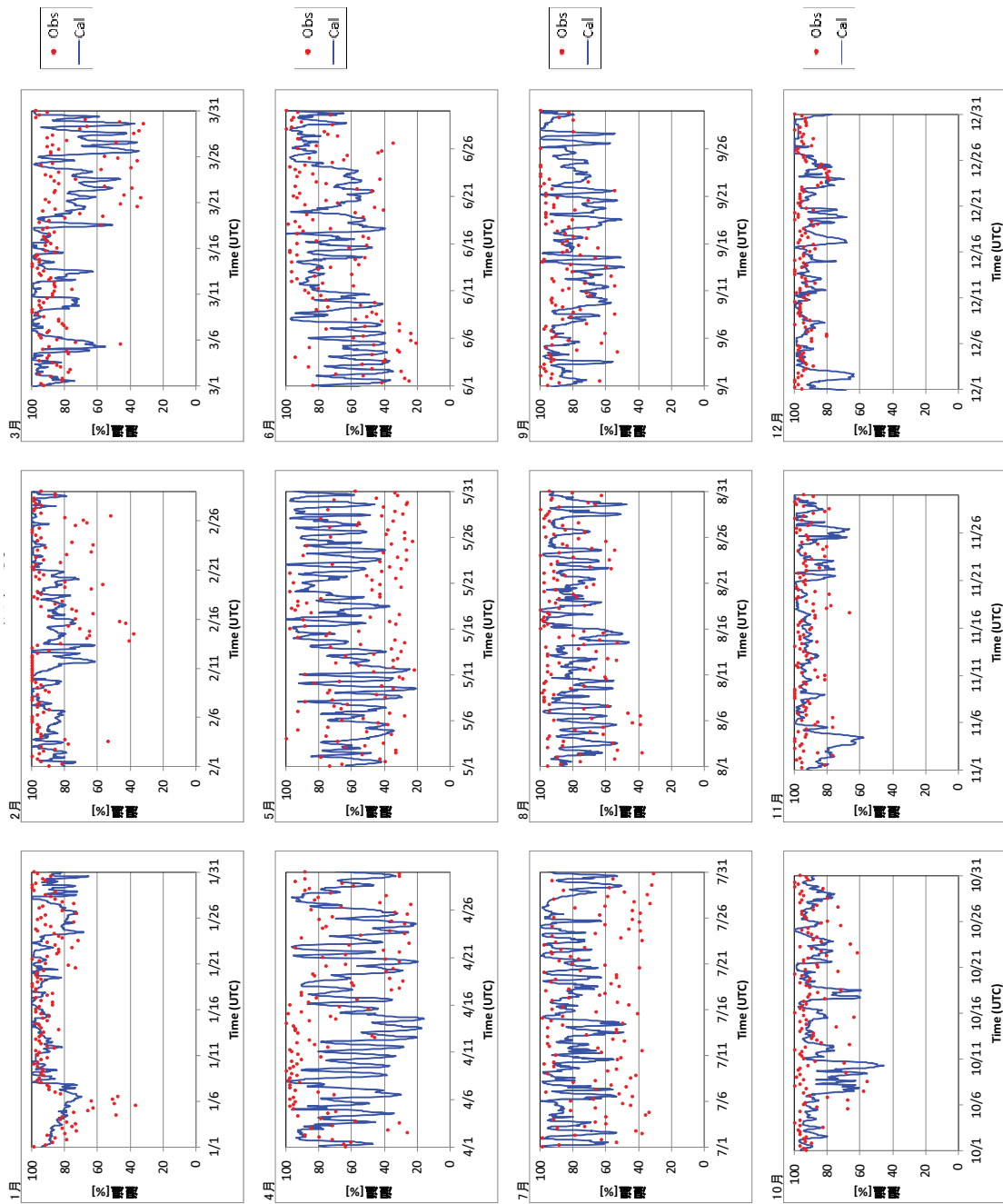


図 4.3-12 JOKIOINEN における湿度の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

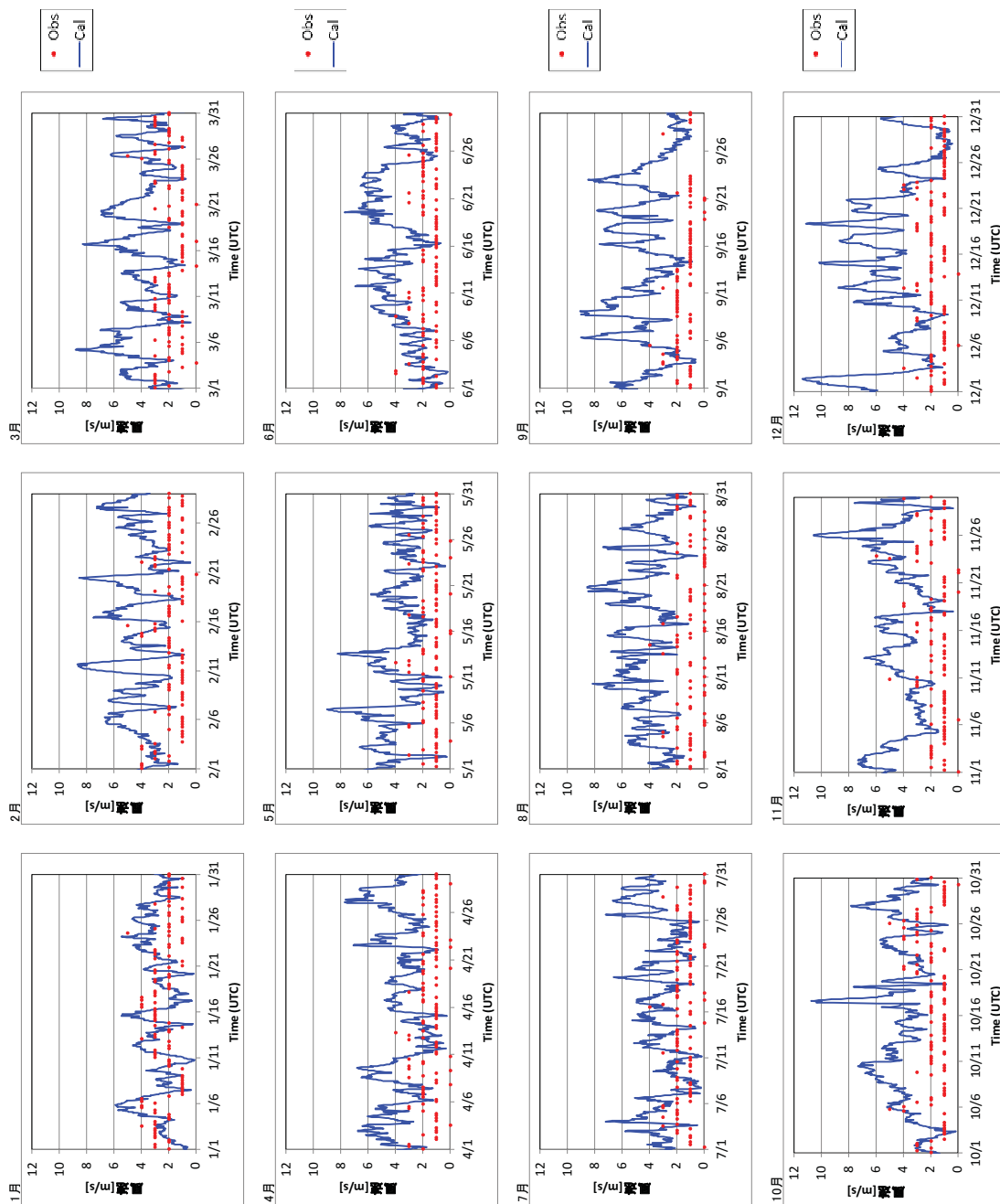


図 4.3-13 JOKIOINEN における風速の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

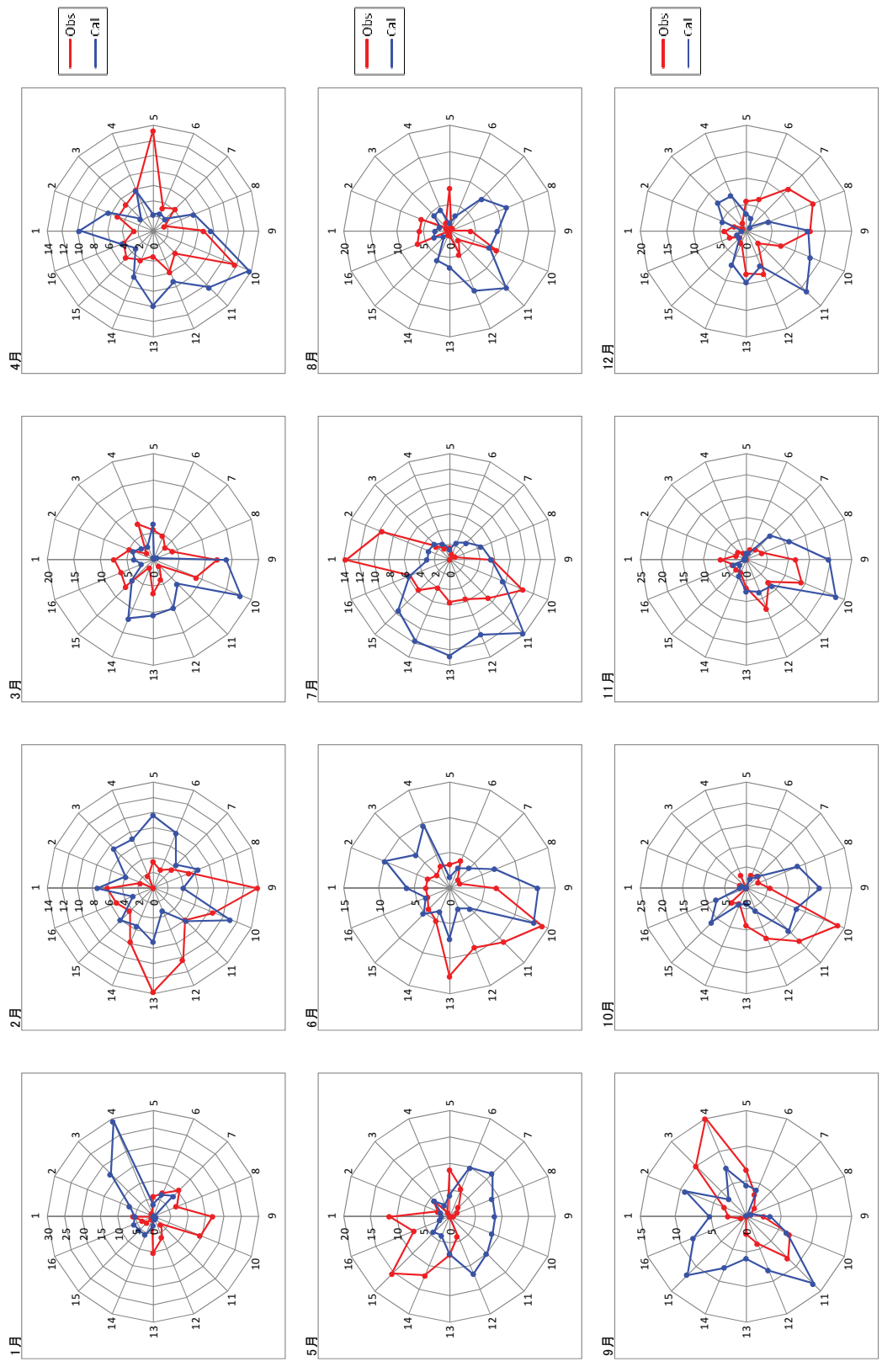


図 4.3-14 JOKIOINEN における風向の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

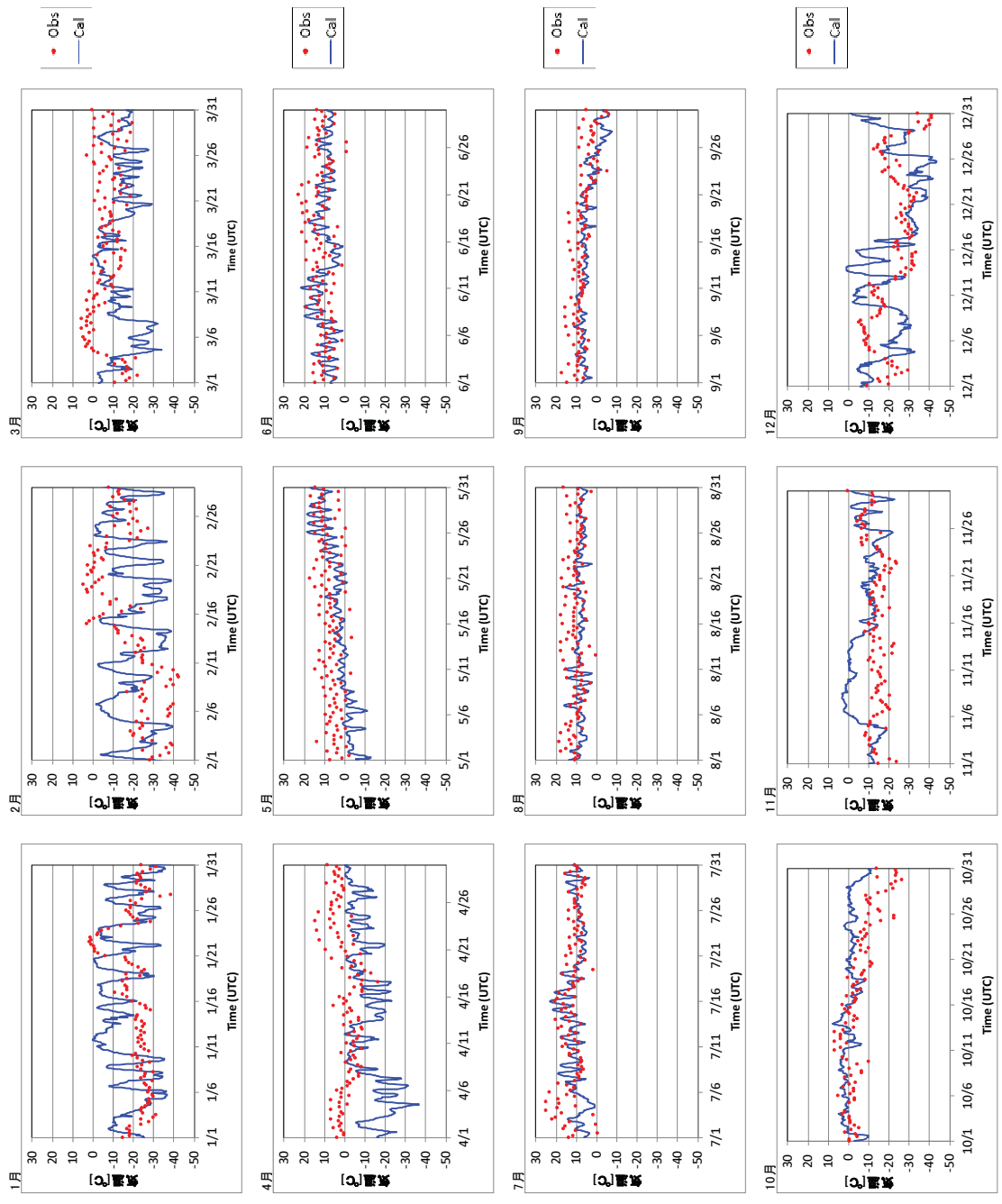


図 4.3-15 GULKANA/INTL.FLD. における気温の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

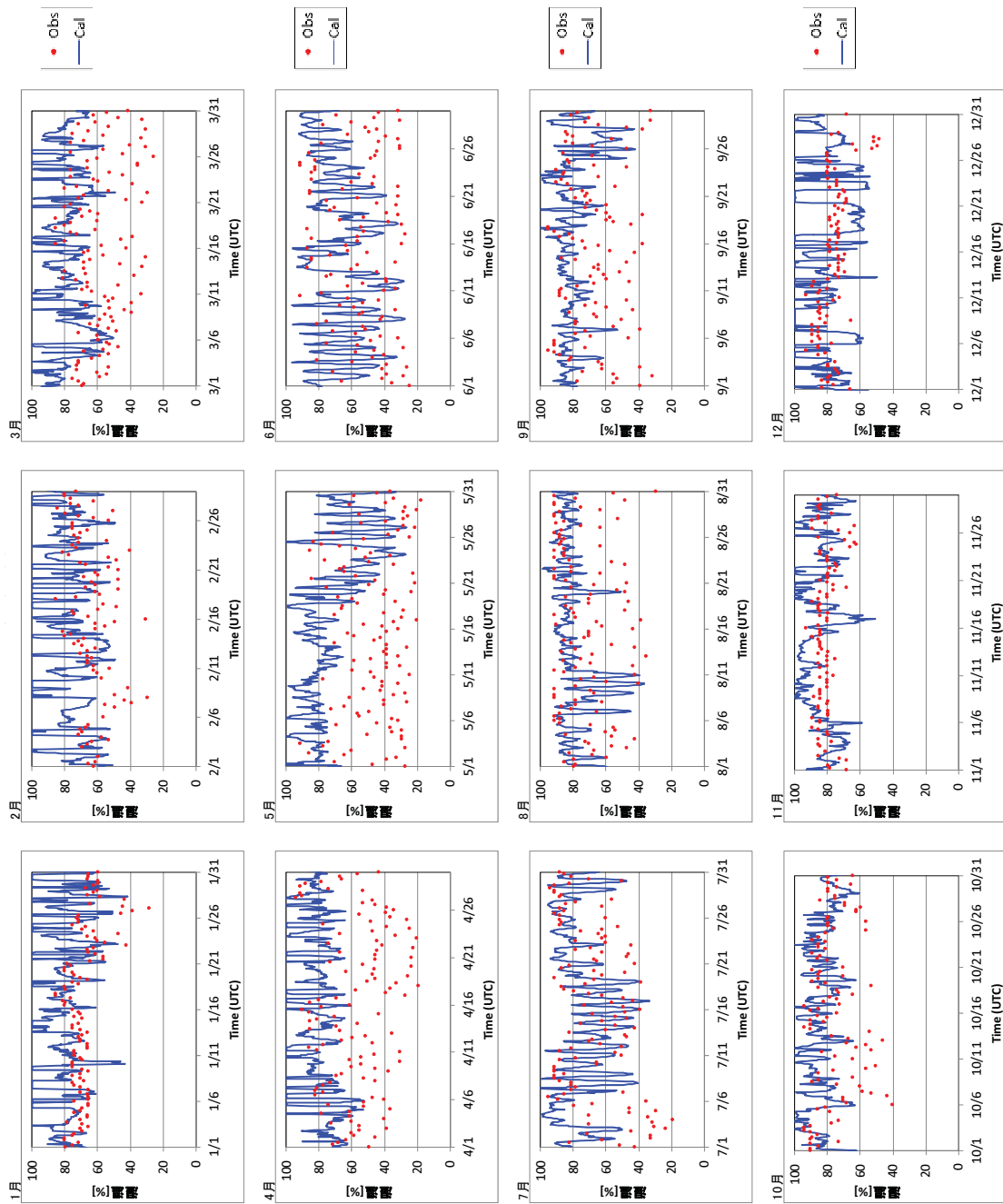


図 4.3-16 GULKANA/INTL.FLD. における湿度の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

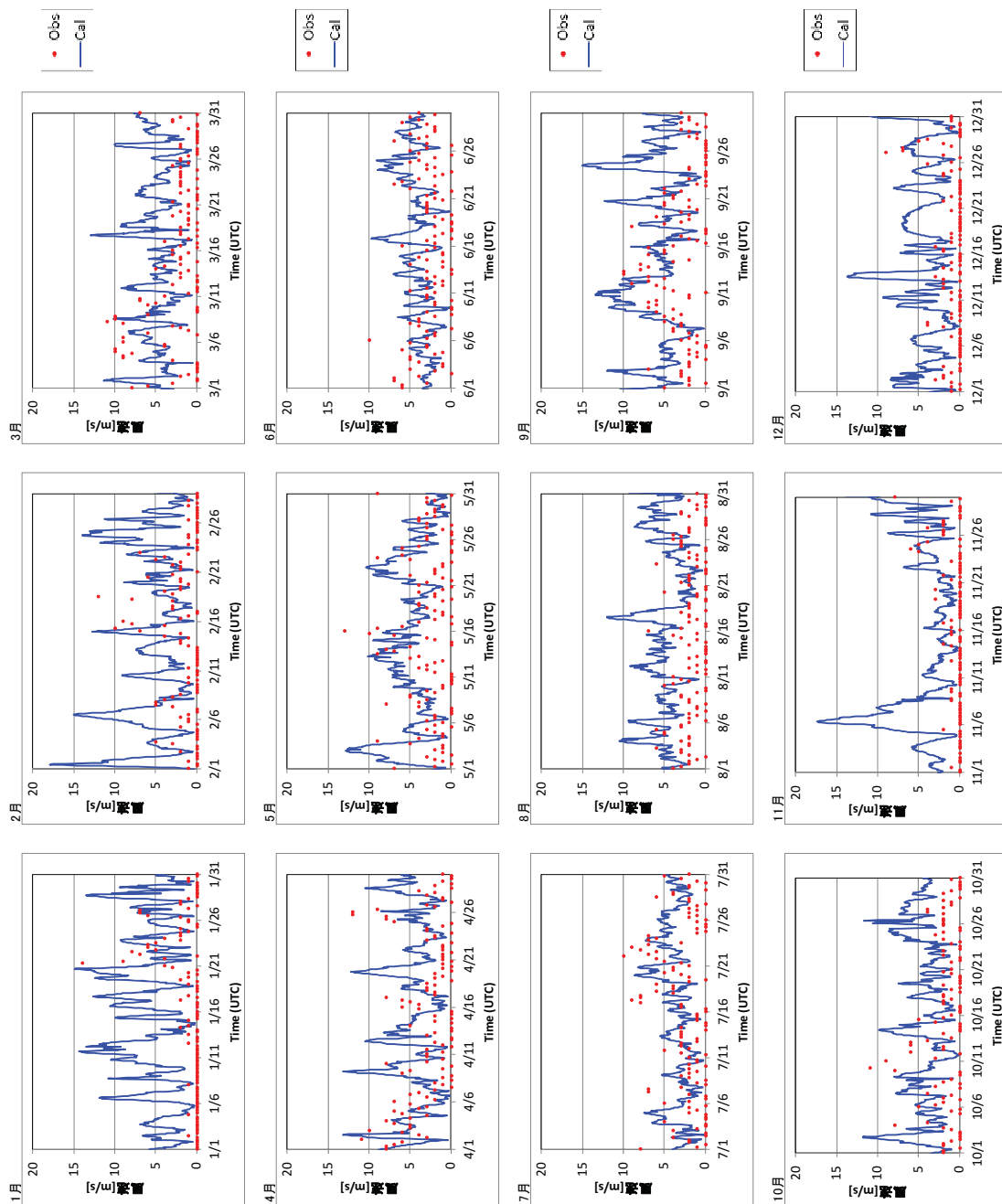


図 4.3-17 GULKANA/INTL.FLD. における風速の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

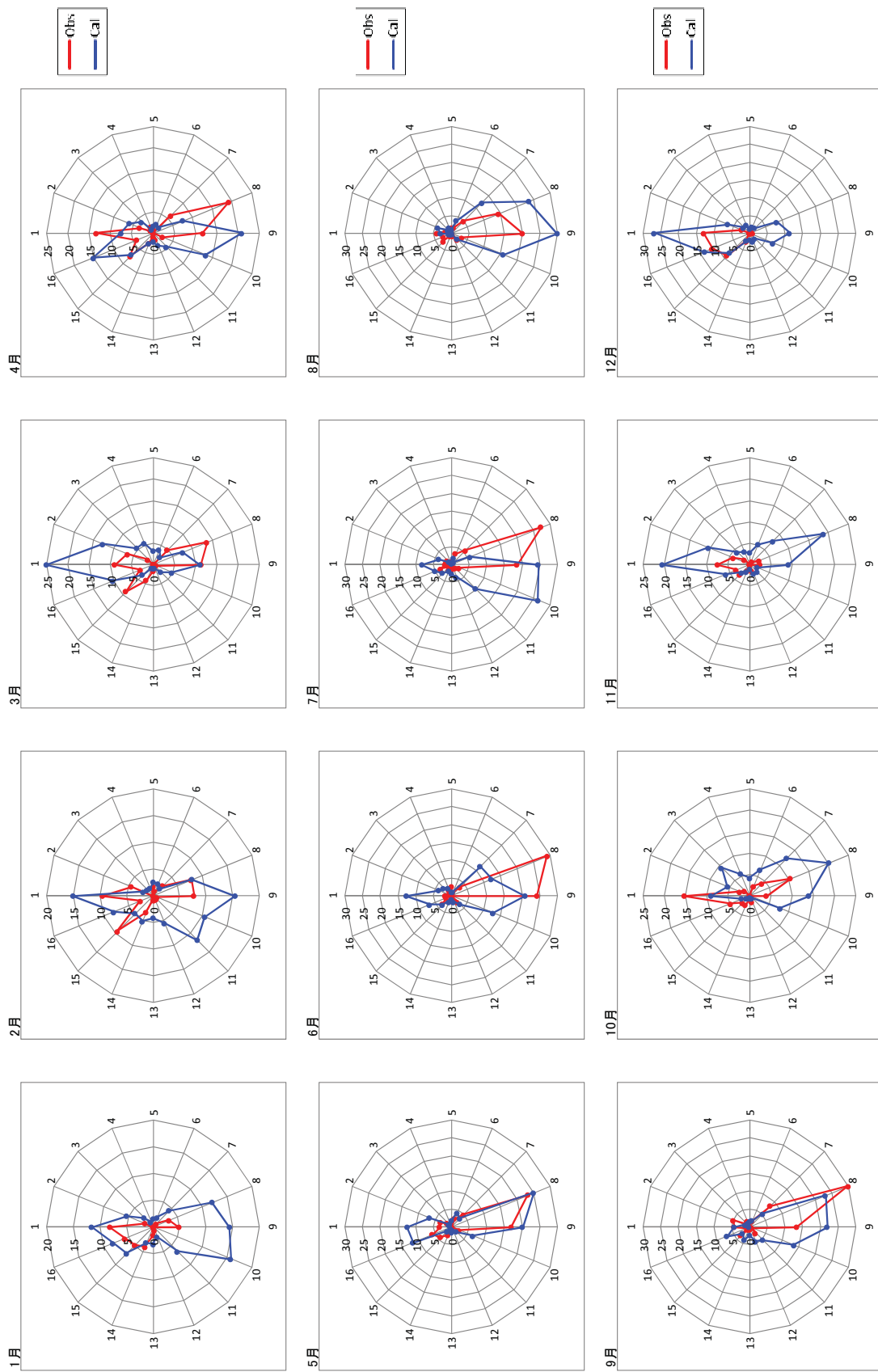


図 4.3-18 GULKANA/INTL.FLD. における風向の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

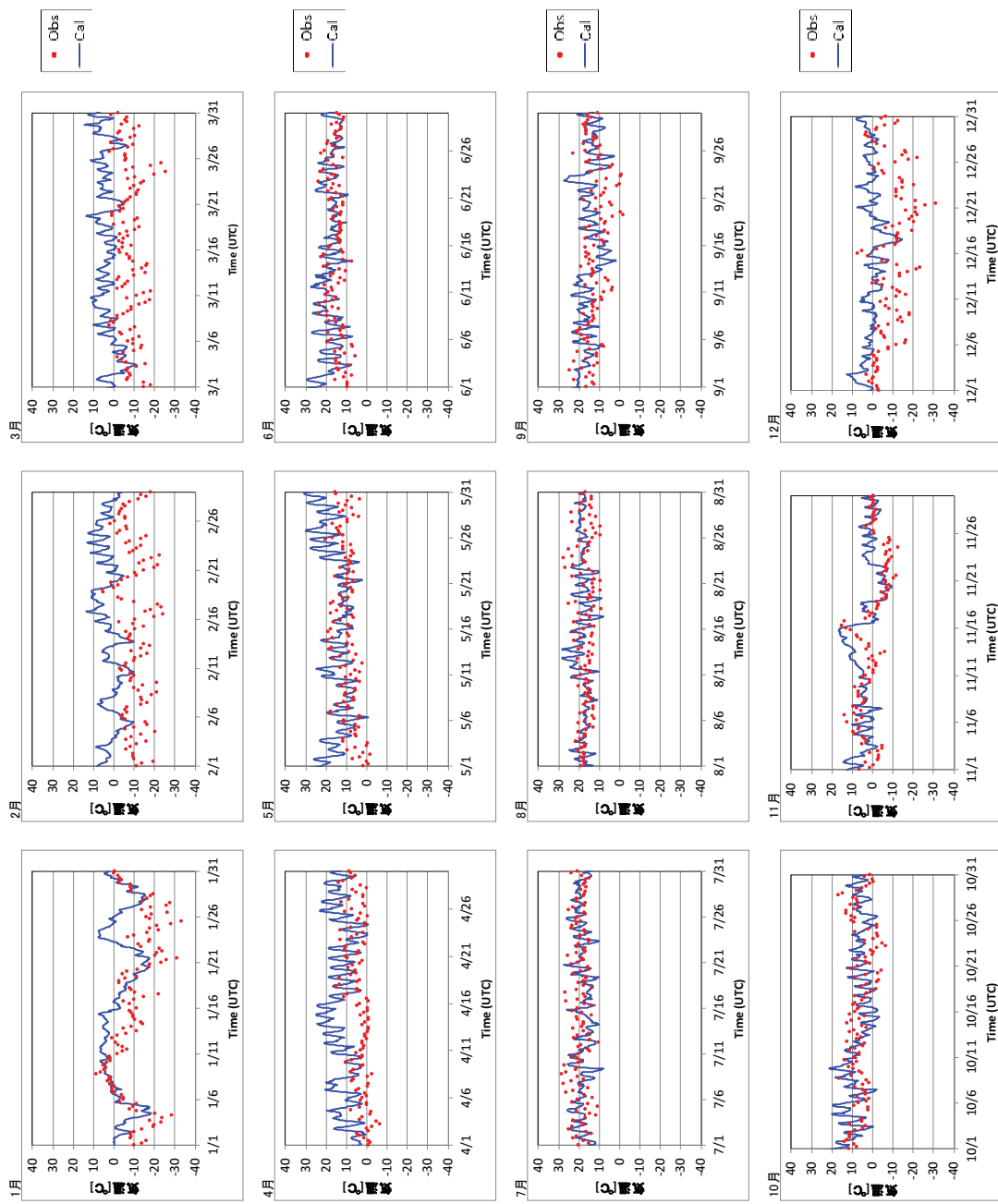


図 4.3-19 CARIBOU/MUN における気温の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

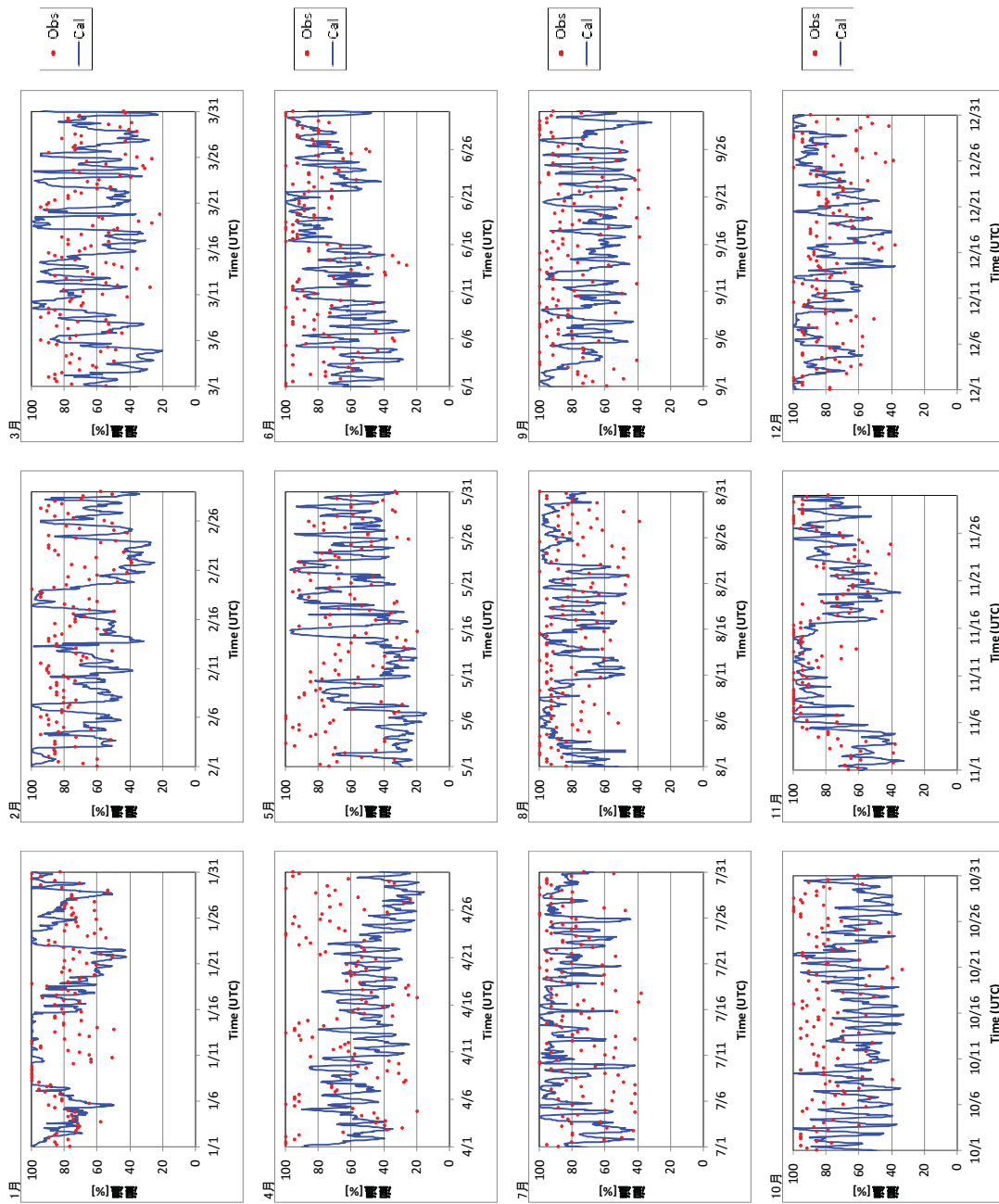


図 4.3-20 CARIBOU/MUN における湿度の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

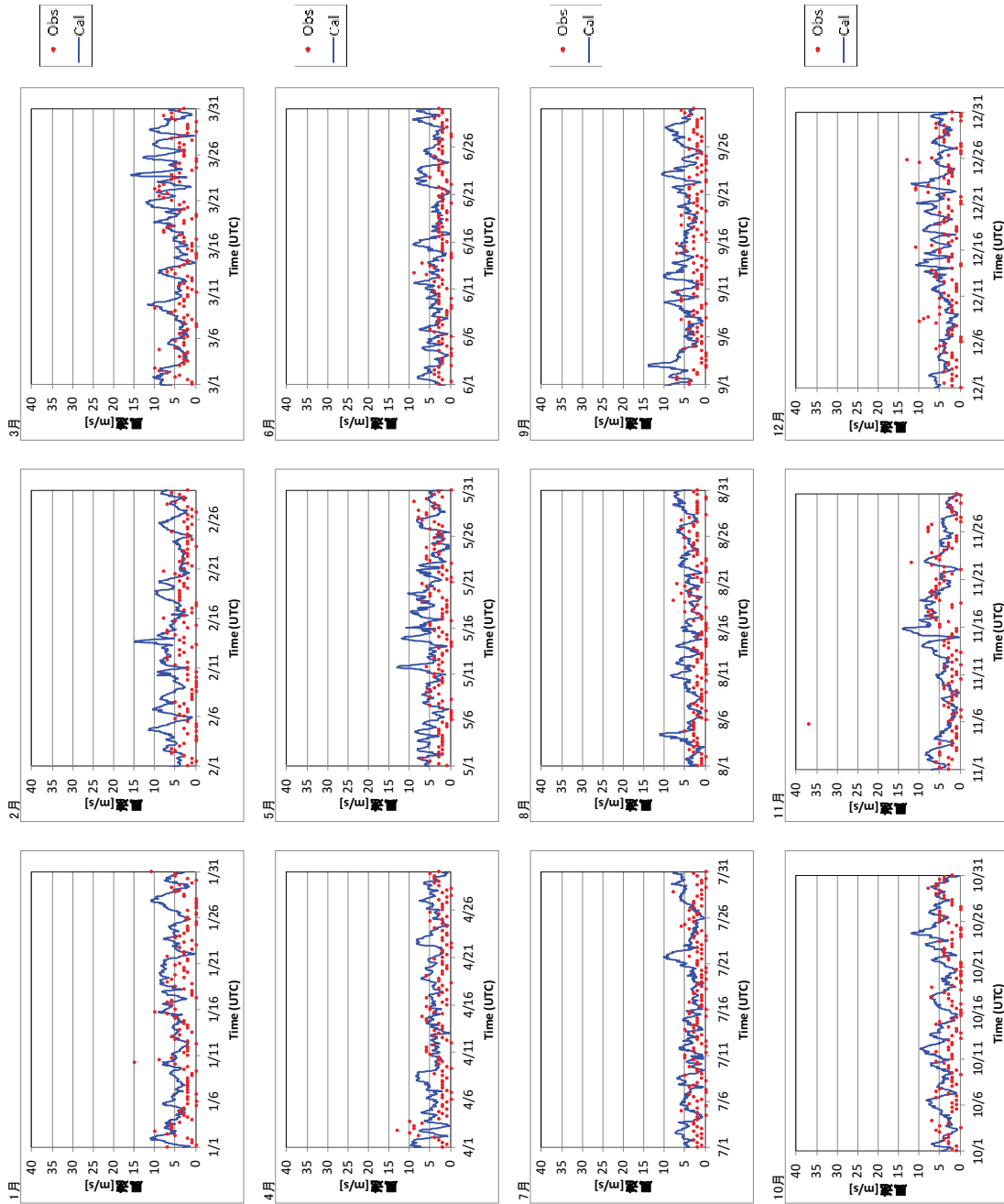


図 4.3-21 CARIBOU/MUN における風速の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

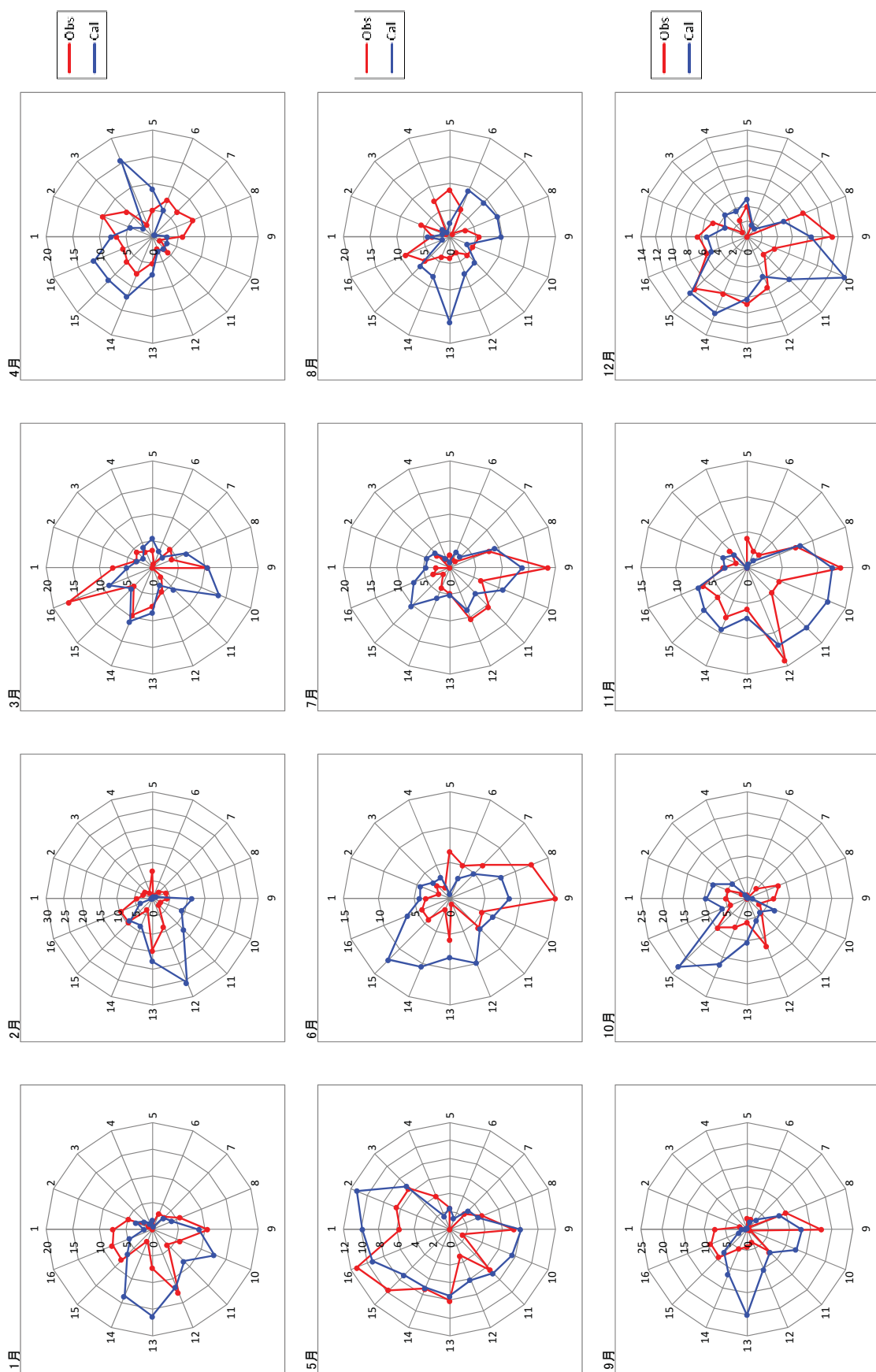


図 4.3-22 CARIBOU/MUN における風向の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

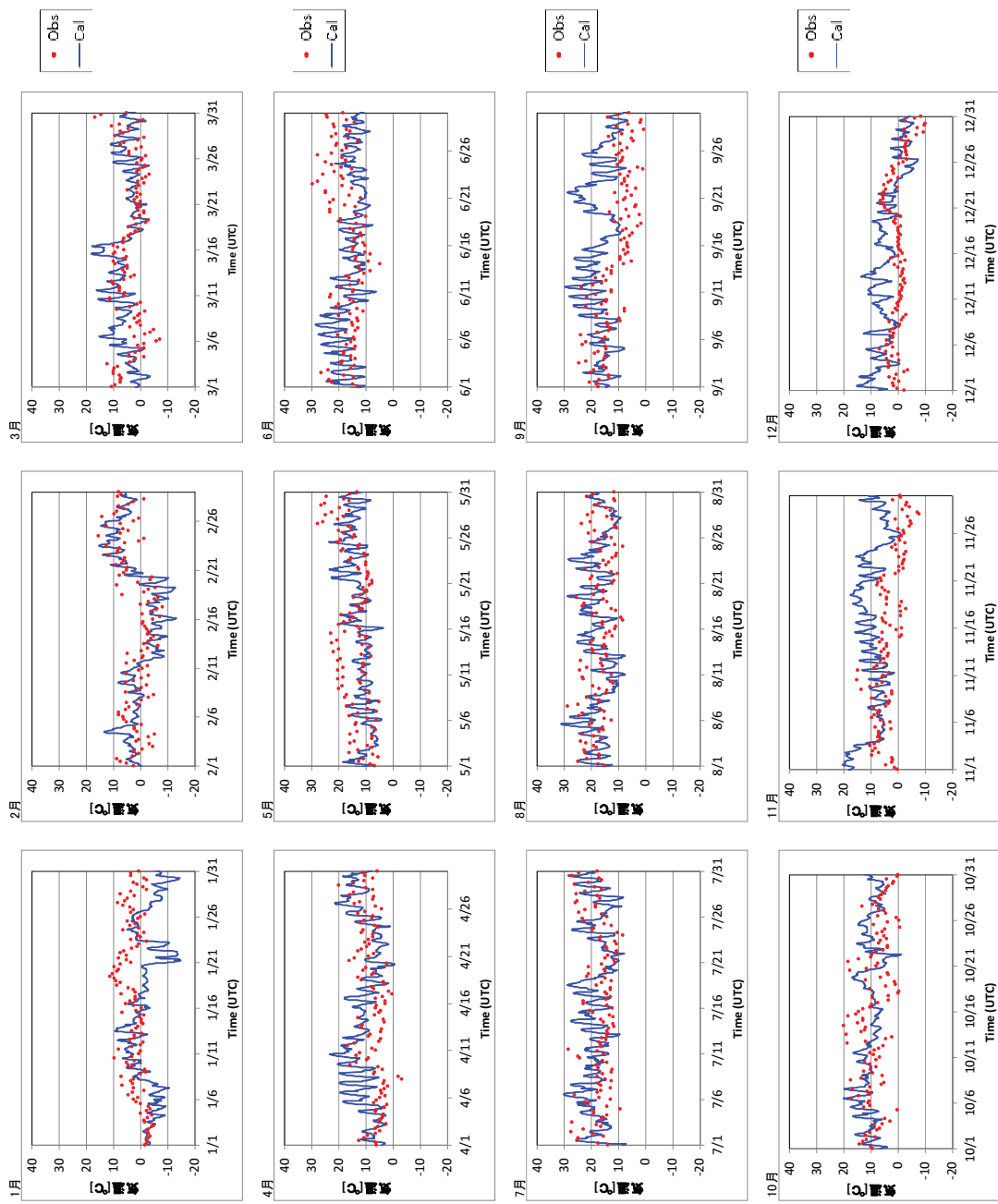


図 4.3-23 AUGSBURG における気温の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

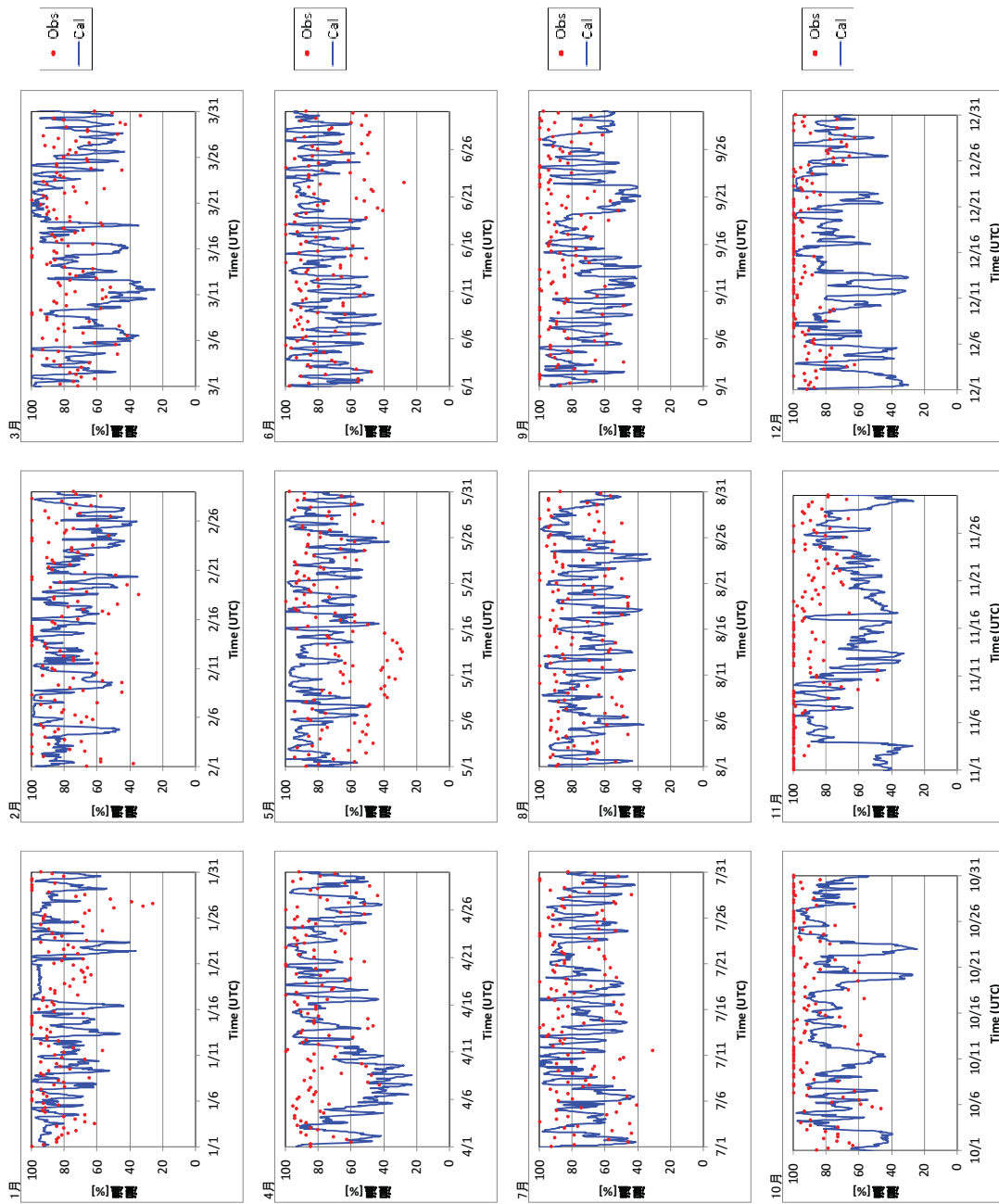


図 4.3-24 AUGSBURG における湿度の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

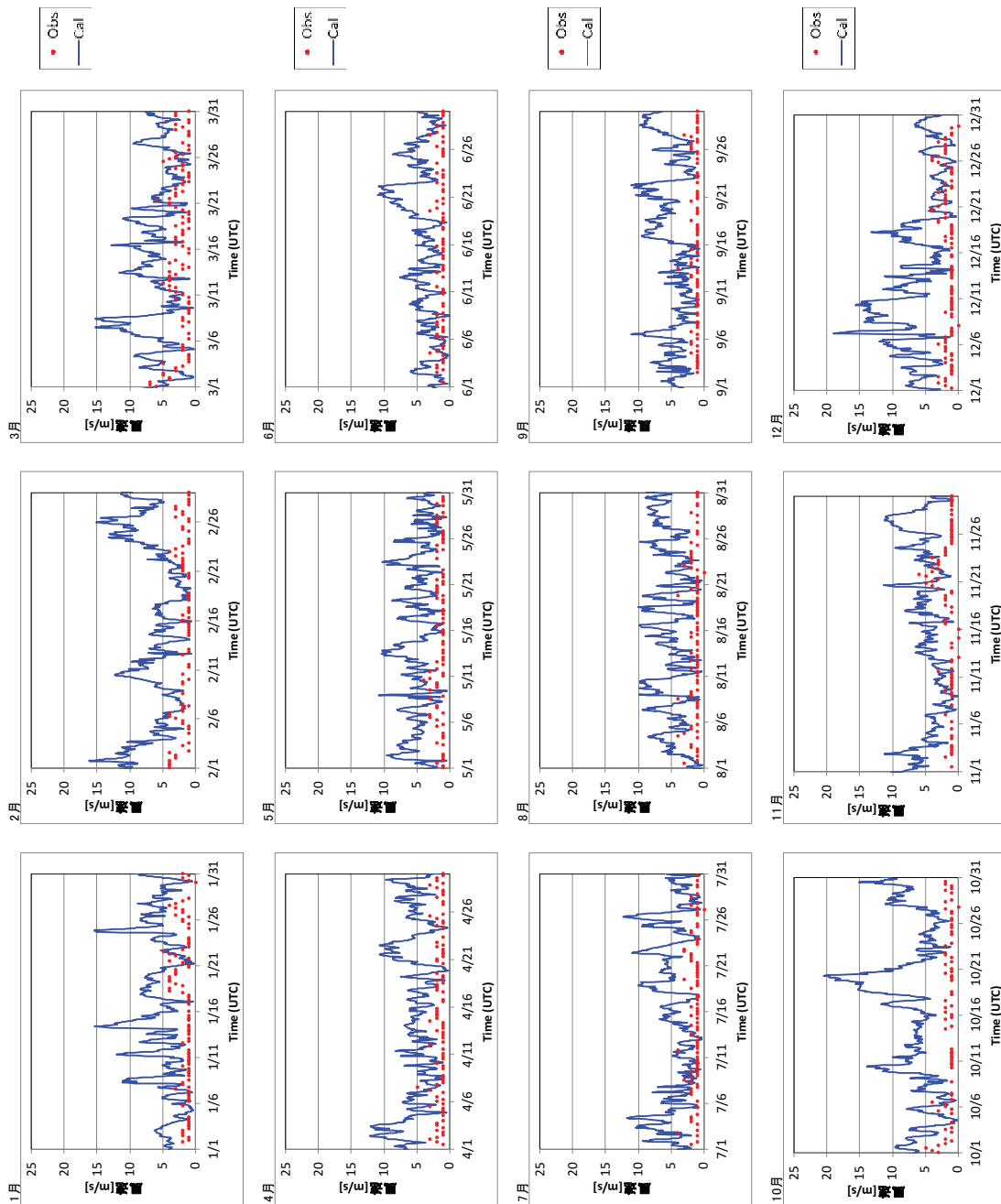


図 4.3-25 AUGSBURG における風速の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

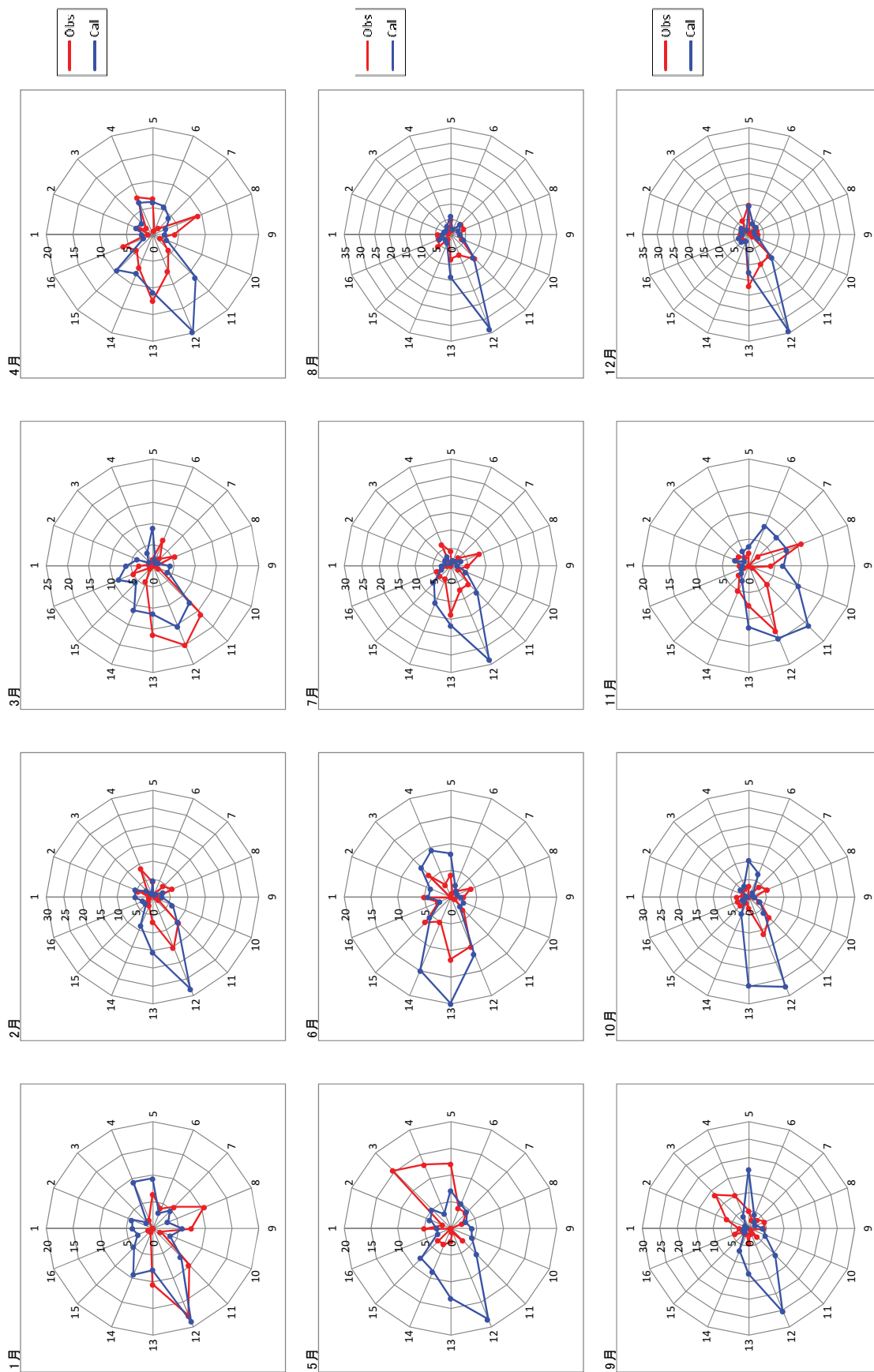


図 4.3-26 AUGSBURG における風向の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

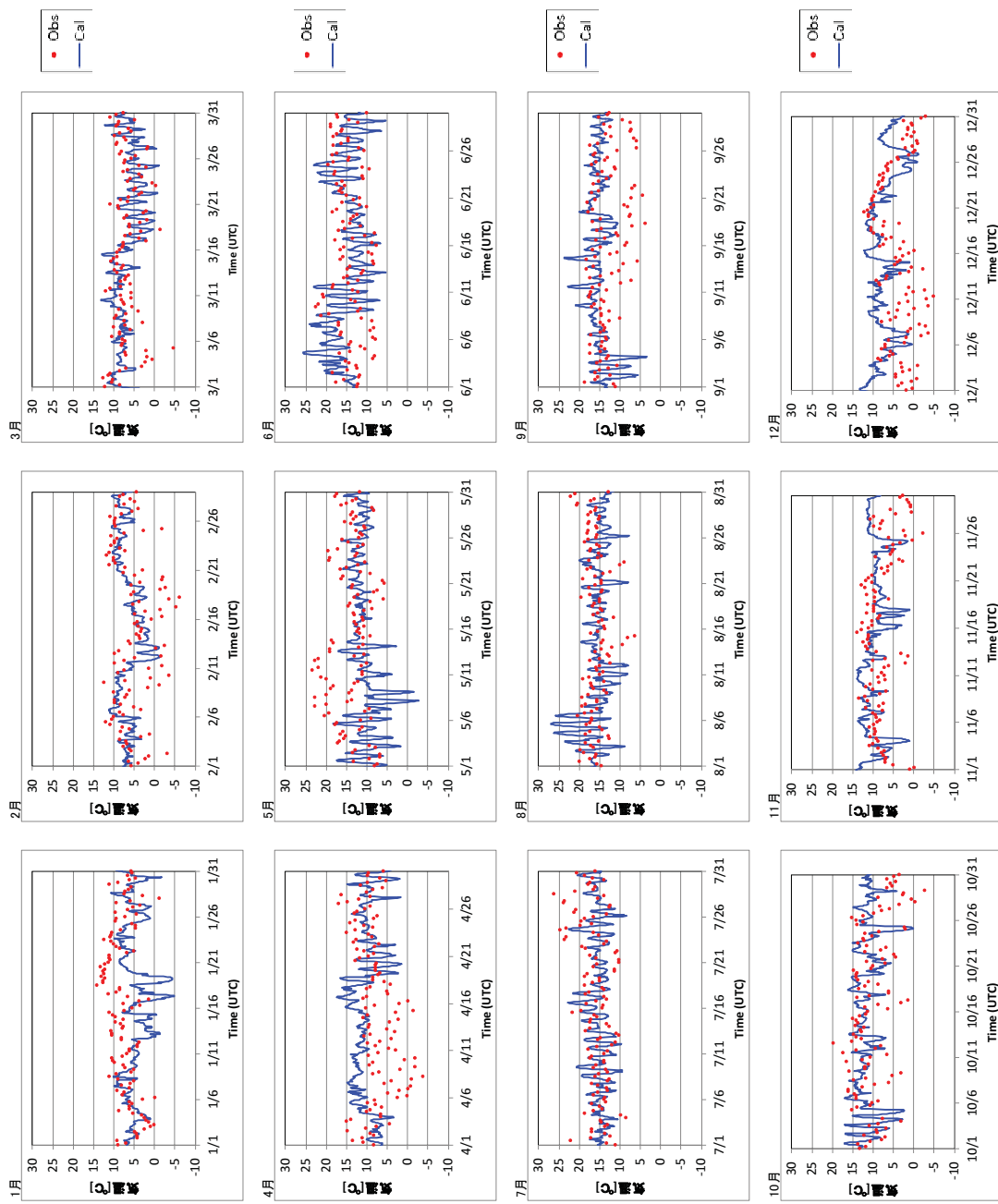


図 4.3-27 YEOVILTON における気温の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

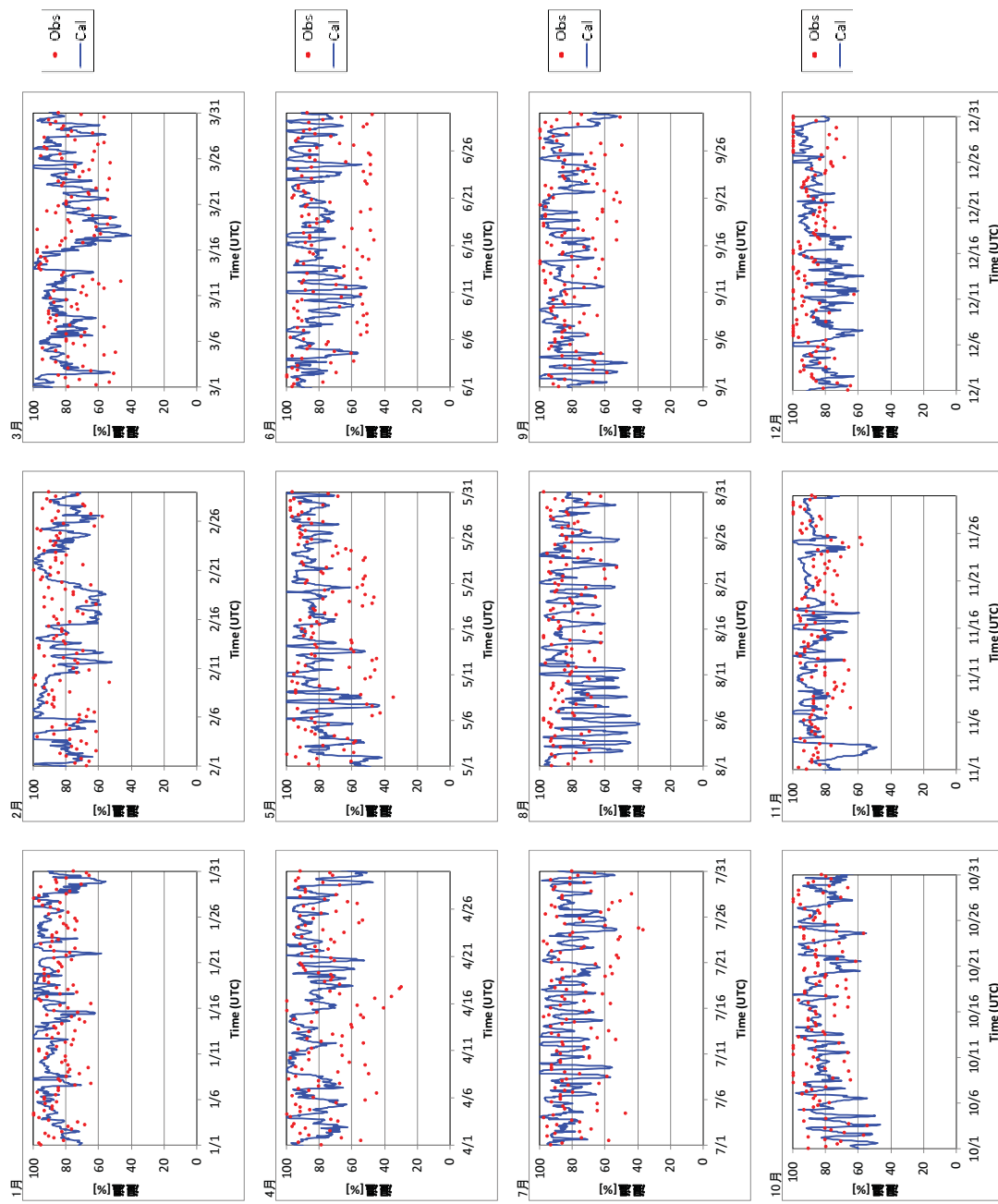


図 4.3-28 YEOVILTON における湿度の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

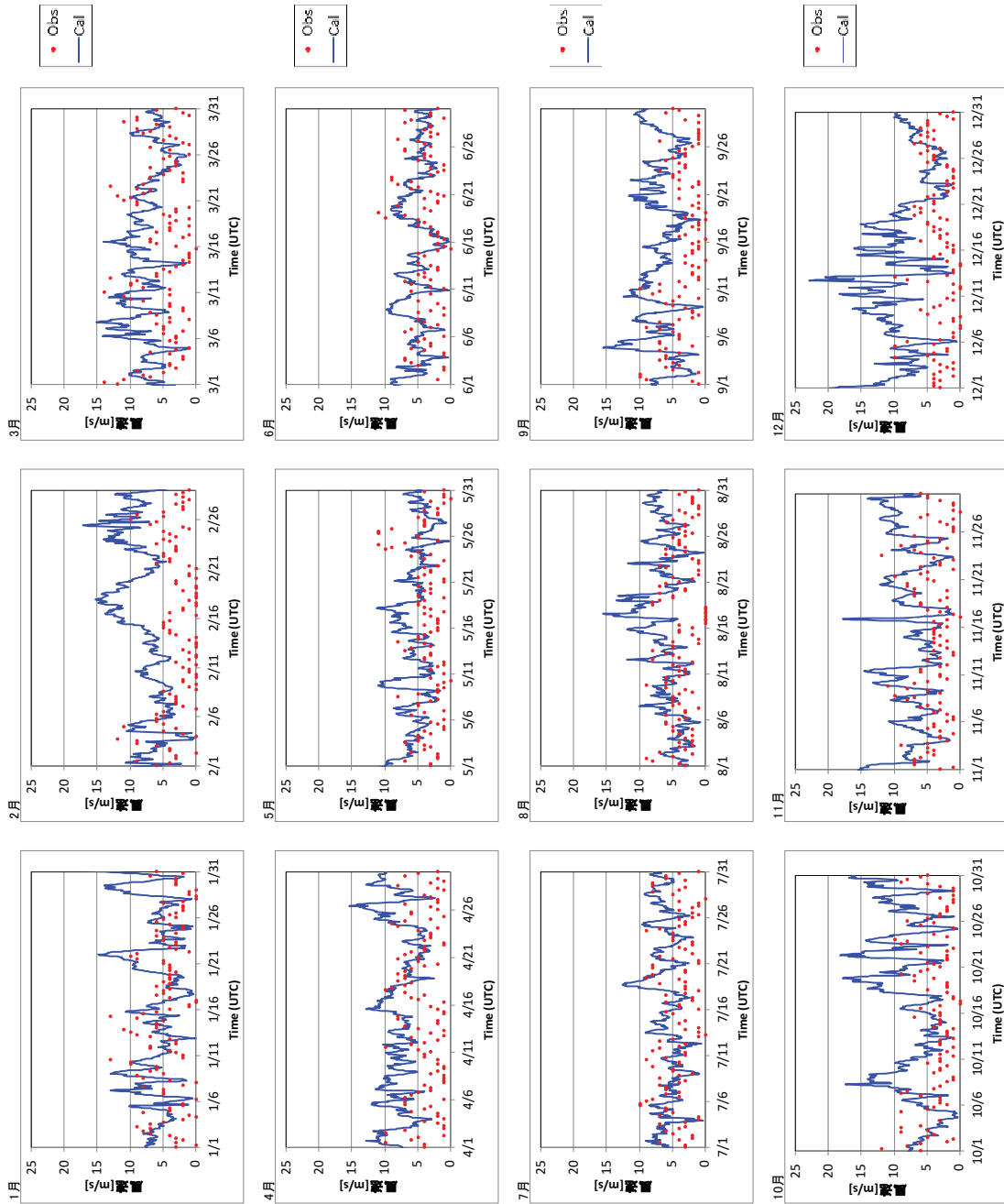


図 4.3-29 YEOVILTON における風速の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

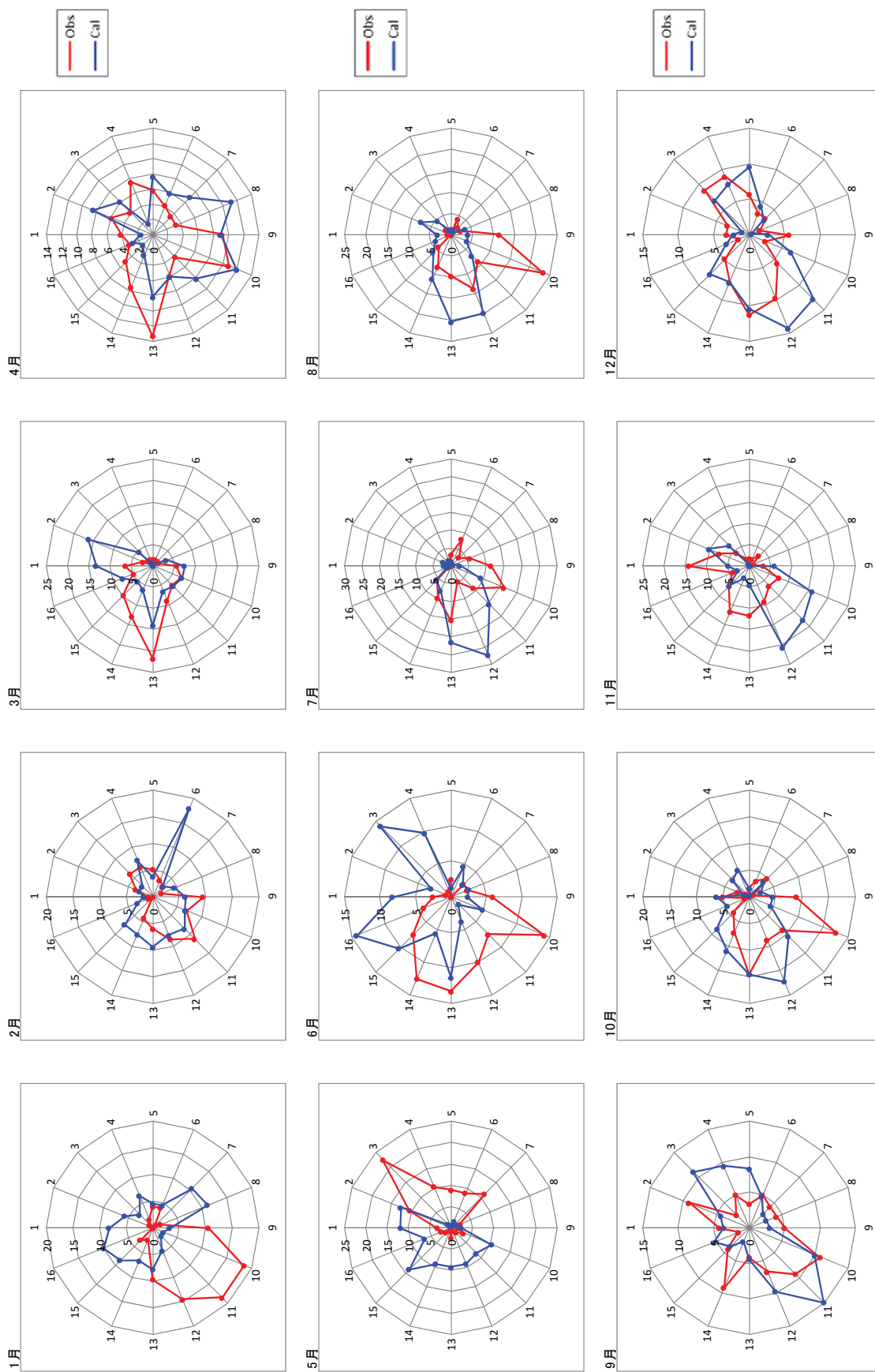


図 4.3-30 YEOVILTON における風向の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

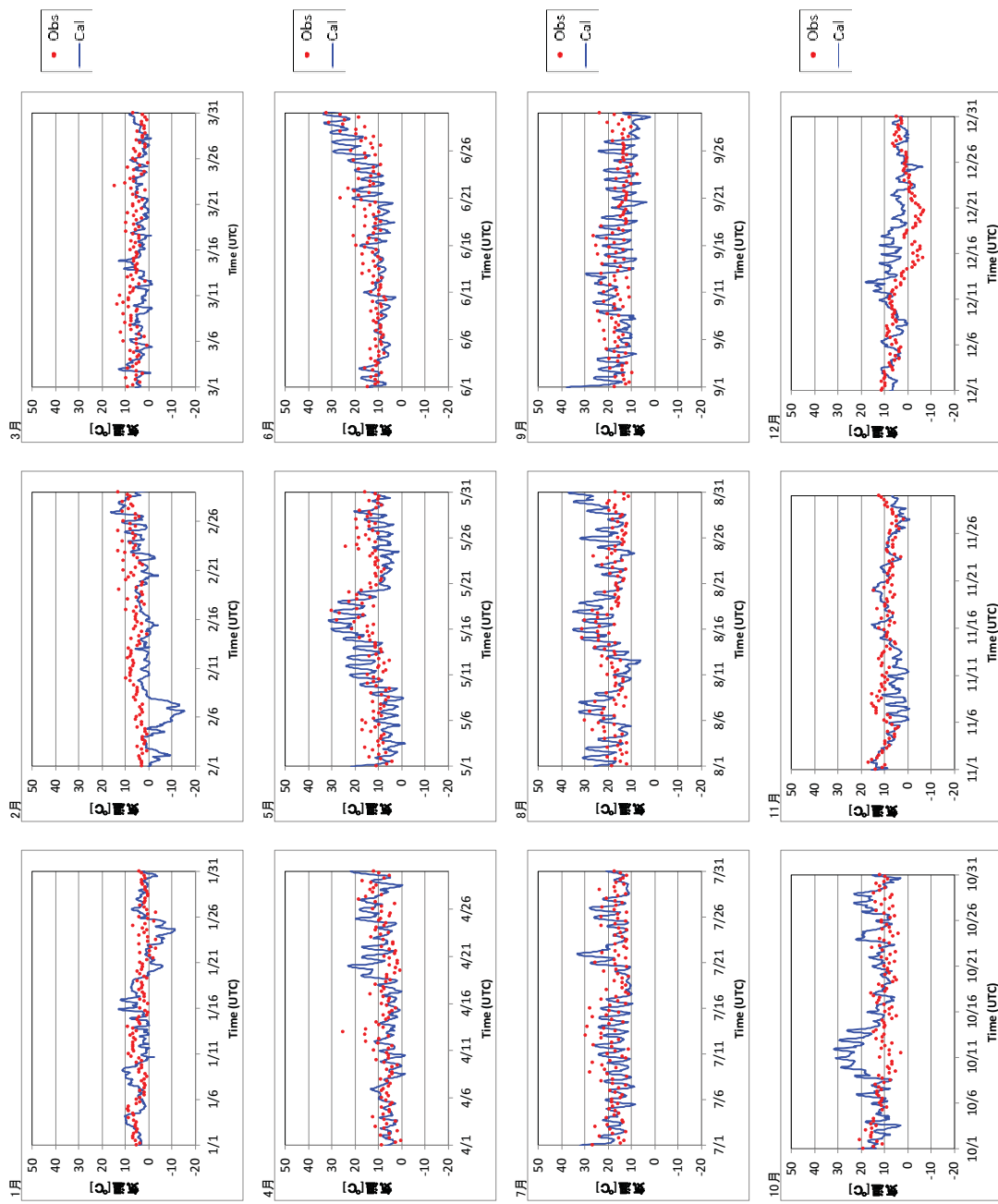


図 4.3-31 SEATTLE における気温の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

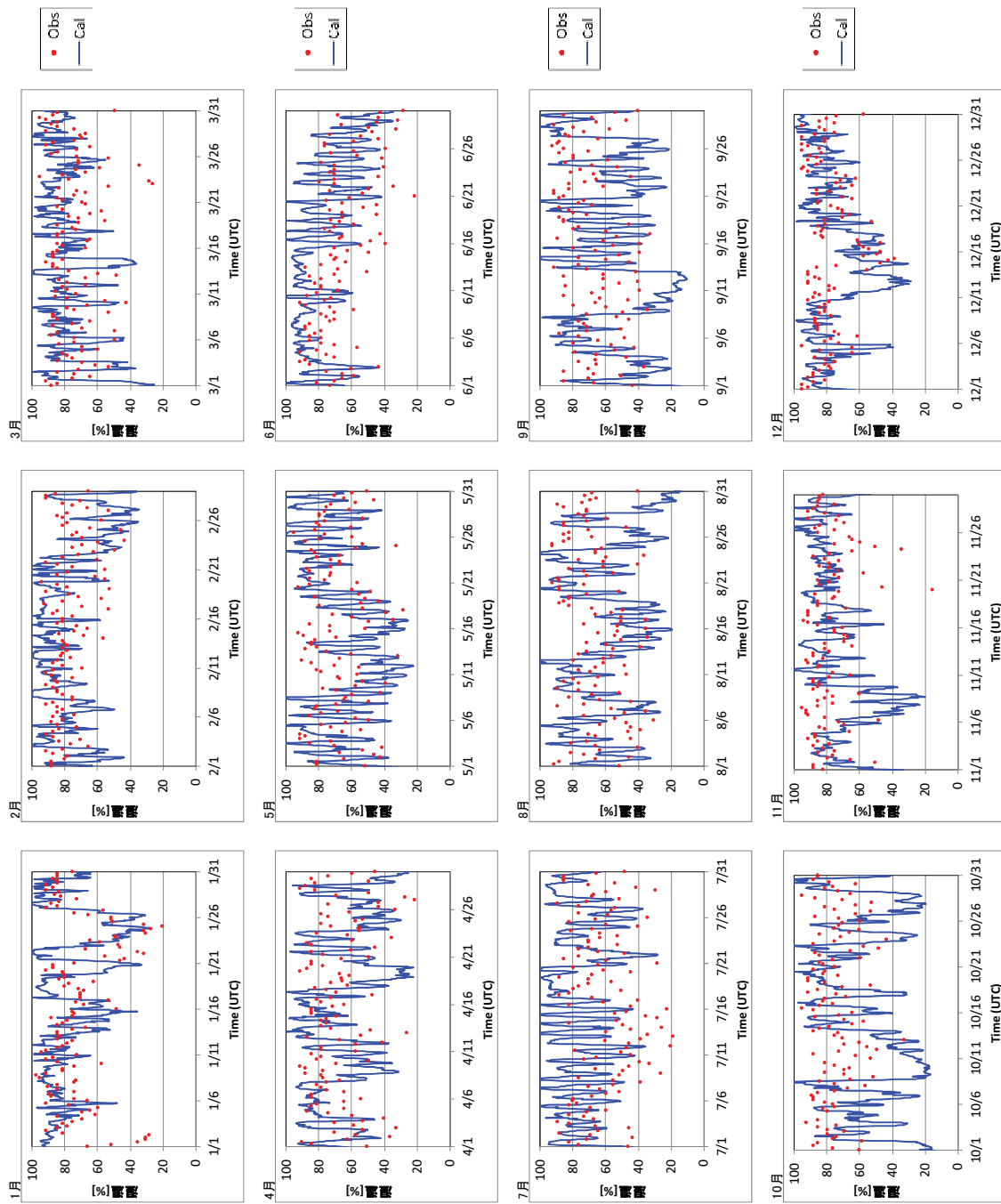


図 4.3-32 SEATTLE における湿度の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

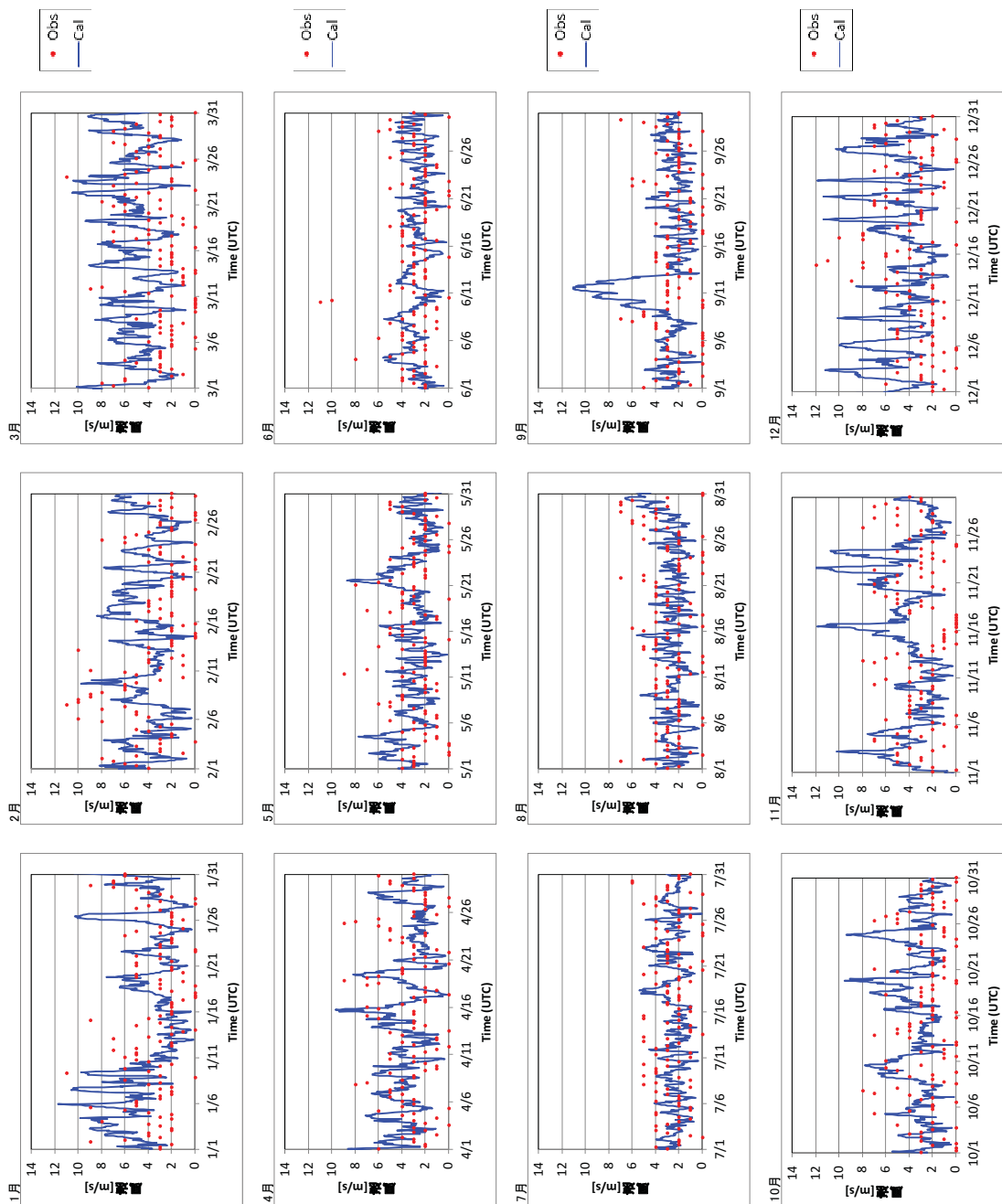


図 4.3-33 SEATTLE における風速の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

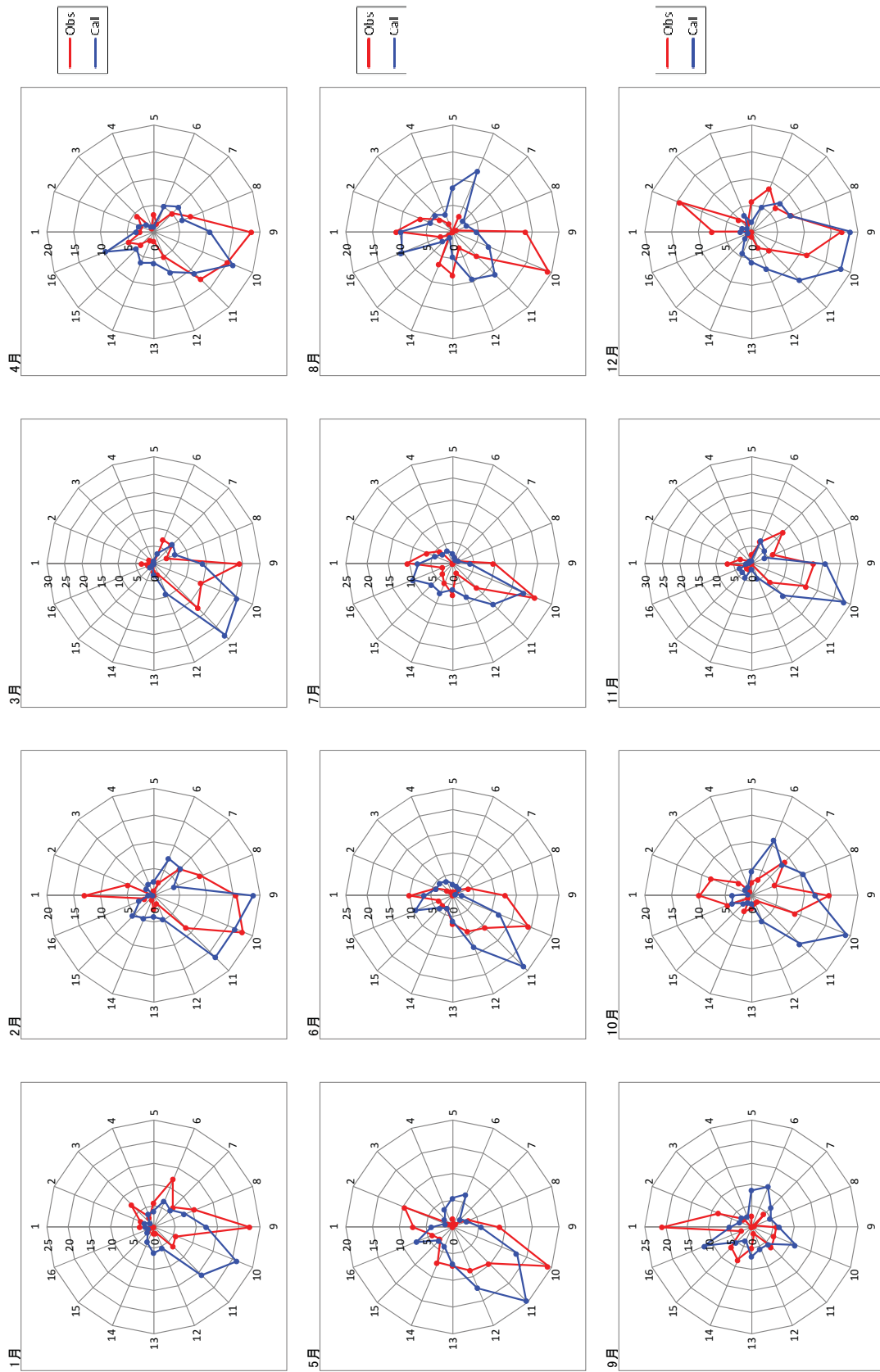


図 4.3-34 SEATTLE における風向の比較 (Obs: 6 時間値 Cal: 1 時間値)

(2) ブラックカーボン大気中濃度の航空機観測との比較

WRF-Chem で計算した BC 濃度の鉛直方向の再現性を確認するために、航空機観測で測定された BC 濃度との比較を行った。航空機観測データは、NOAA により、2008 年 3 月から 4 月にかけてアラスカのフェアバンクス周辺で実施された北極圏大気の集中観測研究 ARCPAC (Aerosol, Radiation, and Cloud Processes affecting Arctic Climate) の観測結果を利用した。

比較対象とした航空機観測の航跡図を図 4.3-35に示す。

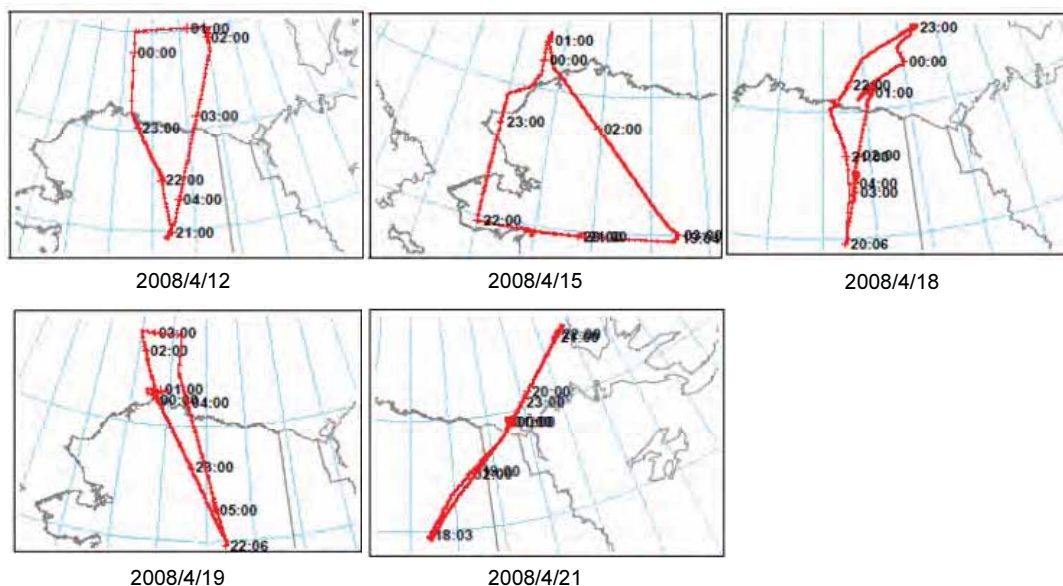


図 4.3-35 ARCPAC 航空機観測の航跡図 (Brock et al., 2011)

表 4.3-2に示す期間の航空機観測の結果および WRF-Chem の計算結果から得られた鉛直プロファイルと鉛直積算値による比較を行った。結果を図 4.3-36および図 4.3-37に示す。

4/15、4/19 など Brock et al. (2011) で報告されている大規模な森林火災による高濃度イベント時には、観測値と WRF-Chem による計算値との間に差異がみられるが、このような高濃度イベントを除くと、シミュレーション結果は航空機観測の結果をよく再現している。

表 4.3-2 比較対象とした観測期間

フライト	観測期間
2008/4/12	2008/4/13 2:00～4:00
2008/4/15	2008/4/16 2:00～3:00
2008/4/18	2008/4/18 22:00～4/19 0:00
2008/4/19	2008/4/19 23:00～4/20 1:00
2008/4/21	2008/4/22 1:00～3:00

Brock et al.: Characteristics, sources, and transport of aerosols measured in spring 2008 during the aerosol, radiation, and cloud processes affecting Arctic Climate (ARCPAC) Project, Atmos. Chem. Phys., 11, 2423–2453, doi:10.5194/acp-11-2423-2011

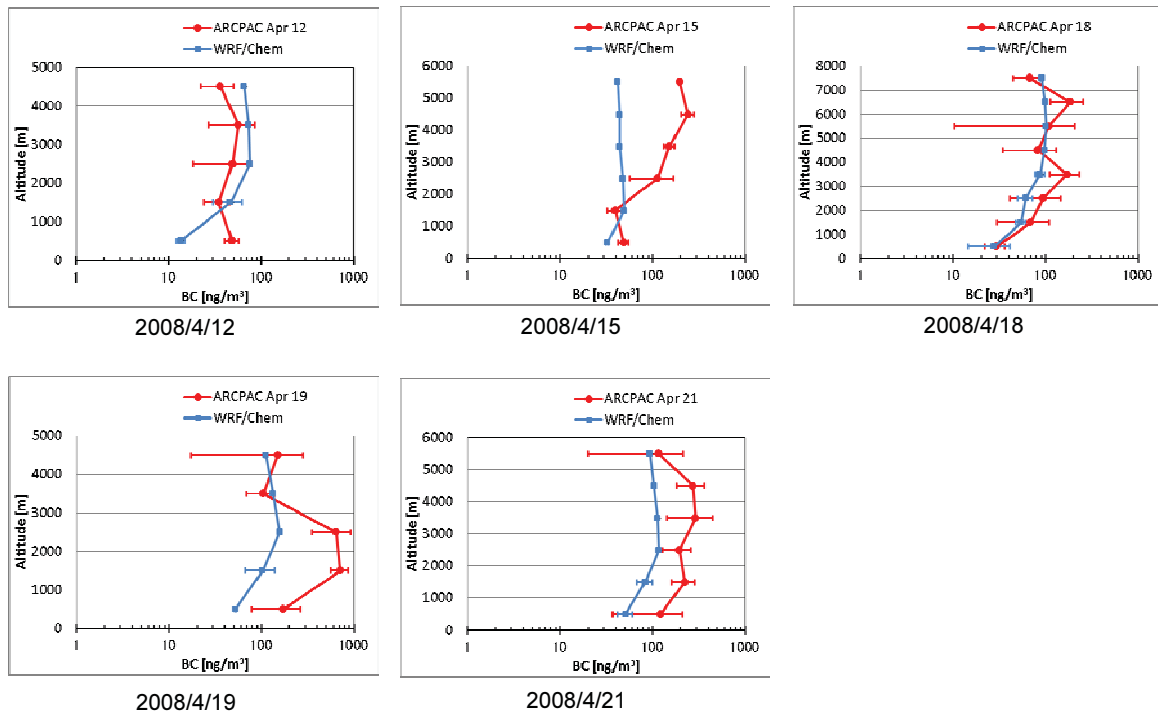


図 4.3-36 BC 濃度の鉛直プロファイルによる比較 (横軸は対数目盛、水平方向のバーは標準偏差の 1σ の範囲を表す)

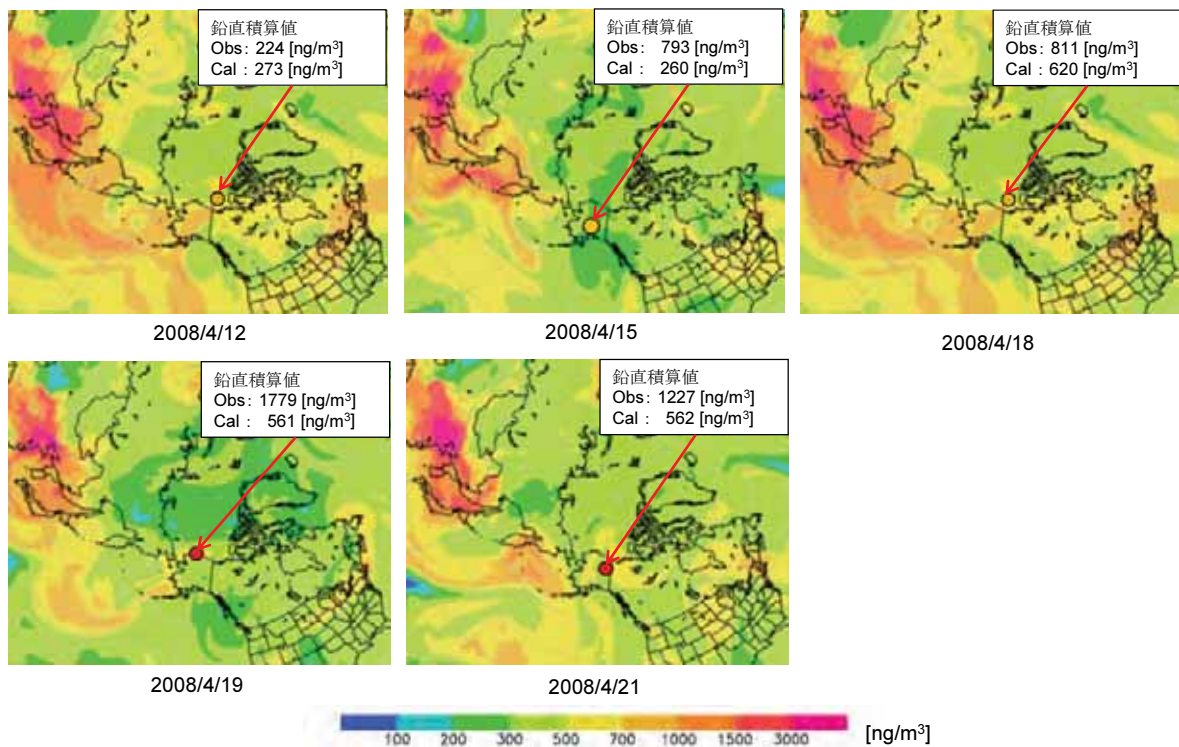


図 4.3-37 BC 濃度の鉛直積算値による比較 (○は航空機観測の BC 濃度の積算値を表す)

(3) ブラックカーボン大気中濃度の地上観測値との比較

WRF-Chemで計算したBC濃度 (Cal) の地上付近における再現性を確認するために、2008年1年間について、地上観測 (Obs) との比較を行った。比較対象地上観測地点を図 4.3-38 に、地上観測地点の諸元を表 4.3-3に示す。北極圏への汚染物質の流入経路は図 4.3-39 の通りである。

日平均値の冬季から春季に見られる BC 濃度のピークはモデルでは再現できていない。これは、WRF-Chem の計算で与えている BC 濃度は月平均値であり、日毎に変化する排出量データを与えていないため、森林火災などの高濃度イベントを再現できないことが原因であると考えられる。月平均値で見た場合、図 4.3-40 の Hyytiälä および図 4.3-41の Hohenpeissenberg, Herwell については観測値をよく再現できている。

全体として、WRF-Chem による計算結果は、観測値に見られる BC 濃度の季節変化をよくとらえていると考えられる。ただし、シミュレーション結果をより適切に評価するためには、沈着量なども観測値と比較する必要がある。

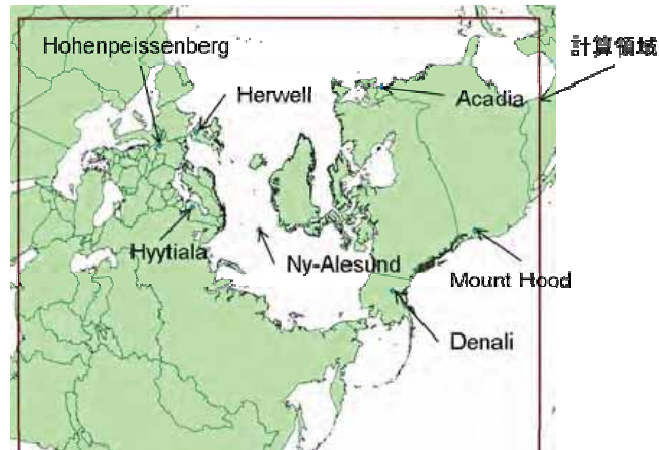


図 4.3-38 比較対象地上観測地点

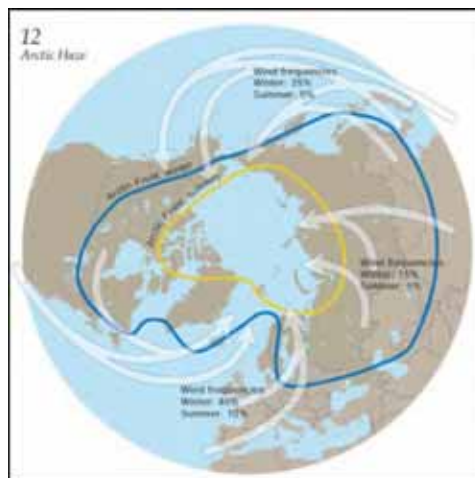


図 4.3-39 北極圏への汚染物質の流入経路 (ARCPAC Science and Implementation Plan)

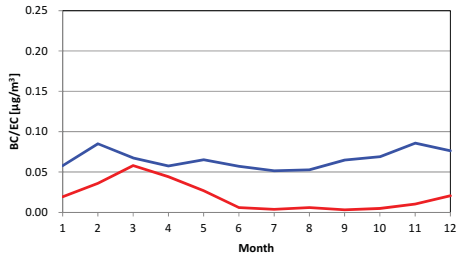
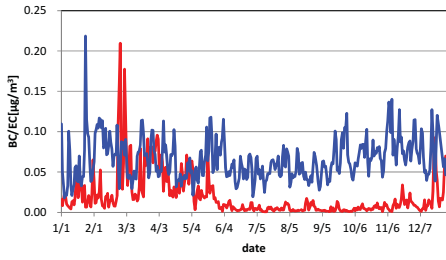
表 4.3-3地上観測地点の諸元

観測地点名	観測項目	データの 時間解像度	観測方法	出展
Ny-Alesund	BC	30分	aethalometer	EBAS http://ebas.nilu.no/
Hyytiälä	BC	5分		
Hohenpeissenberg	BC	1時間	MAAP	
Herwell	EC	1日	lvs single	
Denali	EC	3日	Thermal Optical Reflectance	IMPROVE http://vista.cira.colostate.edu/improve/Data/data.htm
Acadia	EC	3日		
Mount Hood	EC	3日		

日平均値

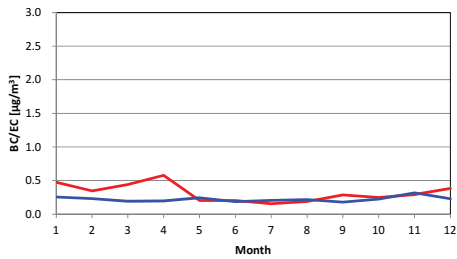
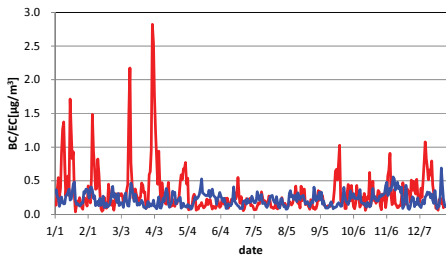
月平均値

Ny-Alesund



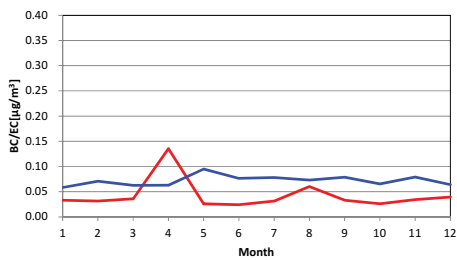
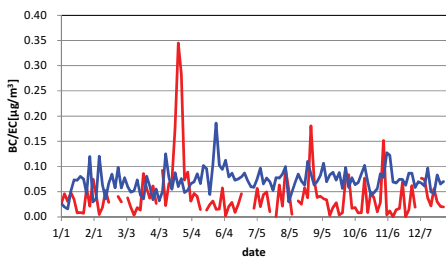
obs
cal

Hyytiala



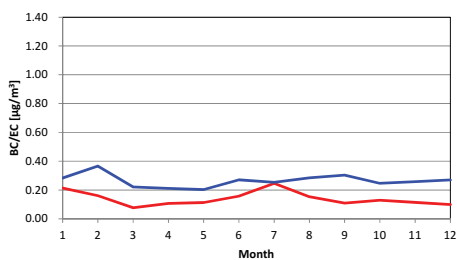
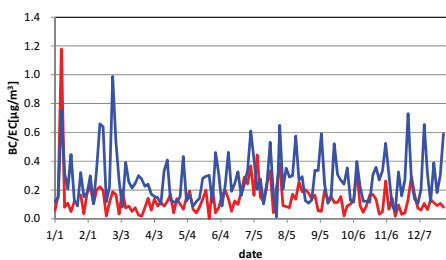
obs
cal

Denali



obs
cal

Acadia



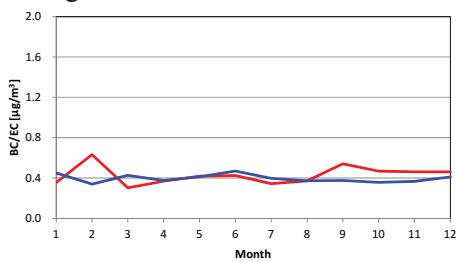
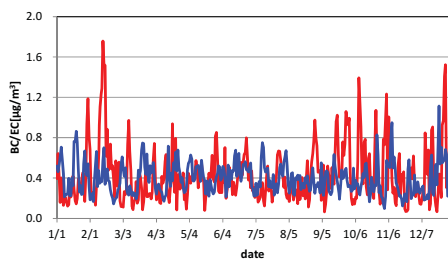
obs
cal

図 4.3-40 地上観測地点における BC/EC 濃度の比較 (1)

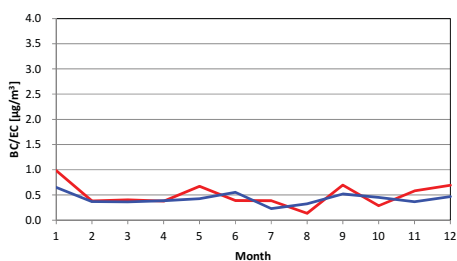
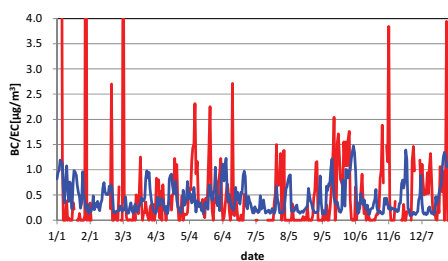
日平均値

月平均値

Hohenpeissenberg



Herwell



Mount Hood

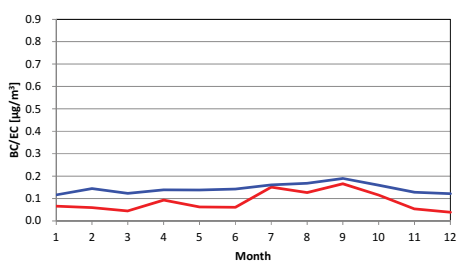
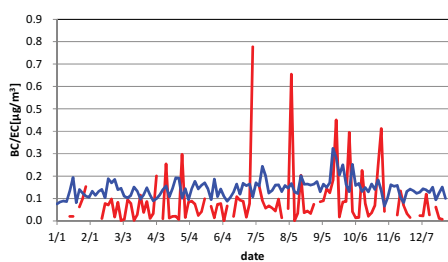


図 4.3-41 地上観測地点における BC/EC 濃度の比較 (2)

4.3.3 先行研究における放射強制力計算結果との比較

表 4.3-4に本シミュレーションにブラックカーボンの放射強制力の年平均値および本シミュレーションによる放射強制力と先行研究との比較結果を示す。また図 4.3-42にブラックカーボンの放射強制力の分布図を示した。なお放射強制力の計算結果及び解析結果は5.1.1節に記載している。

東アジアおよび中国南東部、日本海における放射強制力の計算結果は、先行研究と比較して差異が見られるが、北半球および中国北東部、中国北部においては、IPCC (2007) で掲載されているモデル (Takemura et al. 2002) や、Han and Zhang (2012) と比較して、ほぼ一致している。

対象年が異なることから直接的な比較はできないものの、全体として、放射強制力の計算結果は、先行研究における各地域の計算結果と比較して、概ね一致していると考えられる。

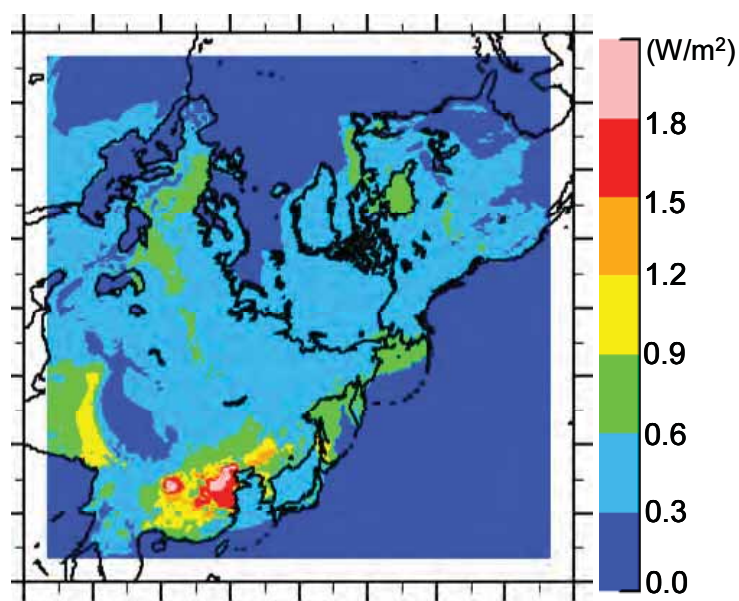


図 4.3-42 ブラックカーボン放射強制力の年平均値 (W/m^2)

表 4.3.4 先行研究におけるブラックカーボンの放射強制力の年平均値 (W/m^2)

対象領域	本事業のシミュレーション結果			先行研究の結果			参考文献
	放射強制力 (W/m^2)	対象高度	対象年	放射強制力 (W/m^2)	対象高度	対象年	
全球	-	-	-	0.21	対流圏界面	2000 年	Takemura et al. (2002)
北半球	0.35			0.32	対流圏界面	2001 年	Conant et al. (2003)
東アジア	0.42			0.19	対流圏界面		
中国北東部	0.71		2008 年	0.67	対流圏界面		
中国北部	1.10			1.18			
中国南東部	0.86			1.32			
日本海(朝鮮半島、日本の内陸部を含む)	0.40	大気上端 (約 16km)		0.84	大気上端	2005 年	Han and Zhang (2012)