

平成 25 年度

緊急時迅速放射能影響予測ネットワーク
システム調査

(原子力規制委員会委託業務報告書)

平成 26 年 3 月

公益財団法人原子力安全技術センター

○ この印刷物は国等による環境物品等の調達に関する法律（グリーン購入法）に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。

目 次

第 1 章 調査の概要	1
第 2 章 放出量逆推定の精度向上に係る調査	6
第 3 章 結果の補正に関する調査	19
3. 1 100km 四方を超える範囲の計算における実気象情報を用いた補正	19
3. 2 計算結果の向上のために実気象情報に求められる要件	21
3. 3 計算結果の向上に係る実気象情報の課題及び改善点	48
第 4 章 精度の検証等	62
4. 1 精度評価指標に係る検討	62
4. 2 各種定数の検討	83
第 5 章 その他の検討	108
5. 1 SPEEDI のコンパクト化に係る検討	108
5. 2 SPEEDI のソースコードの公開に係る検討	135
第 6 章 検討会の開催	145
第 7 章 全国 SPEEDI 担当者会議の開催	148
第 8 章 まとめ	149
モニタリングデータから把握した線量等分布の例	付属資料 1
実現象と拡散計算結果のモニタリング地点の対応付け結果	付属資料 2
実気象情報の代表性検討用資料	付属資料 3
ウィンドプロファイラによる同化効果の確認図	付属資料 4
風向及び風速の RMSE とサイト周辺観測局の誤差の時間変化	付属資料 5

余 白

第1章 調査の概要

1. 調査の背景と目的

緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（以下「SPEEDI」という。）は、原子力災害が発生した際に実施する緊急時モニタリング実施地点の事前検討や、原子力災害の事後評価（例えば放出量の逆推定等）を行う際に、原子力施設から大気中に放出された放射性物質の拡散計算を実施するシステムである。

本調査では、事前及び事後の放射性物質の拡散計算をより正確に実施するため、SPEEDI の計算精度の検証等を行うことを目的とする。

2. 成果の目標

SPEEDI について、「放出量逆推定の精度向上に係る調査」、「結果の補正に関する調査」及び「精度の検証等」を実施し、原子力災害に対する事前、事後の放射性物質の拡散計算の精度向上に資する情報の整理を目標とする。

また、SPEEDI システムのコンパクト化及びソースコード公開に関する検討を実施し、システムの合理化やソースコード公開の可能性及び適切性について取りまとめることを目標とする。

3. 業務の方法

(1) 放出量逆推定の精度向上に係る調査

原子力災害時には、多くの地点において、モニタリングデータを得られる保証はなく、少ないデータで効率よく放射性物質の放出量を逆推定することが求められる。

そこで、効率良く放出量推定を行うために、必要なモニタリング実施地点の数、距離及び方位等を調査し、整理する。

(成果目標)

- 原子力災害時に、少ないデータで効率よく放射性物質の放出量を逆推定するために、必要なモニタリング実施地点について調査し、整理する。

(実施内容)

- 実際の拡散状況を模擬し、モニタリング結果からモニタリング地点とプルームの位置関係を求めるケーススタディを実施し、放出量逆推定のための効果的なモニタリング地点の配置について検討する。

(2) 結果の補正に関する調査

- i) 100km 四方を超える範囲の計算における実気象情報を用いた補正

SPEEDI の広域(100km 四方)及び狭域(25km 四方)の計算では気象予測計算の精度向上のため実気象情報を収集して補正に使用しているが、拡大領域(100km 四方を超える範囲)の計算では実気象情報の利用がシステム構成上考慮されていない。このため、拡大領域の計算においても気象予測計算の精度向上のために実気象情報を利用して補正できるシステムに変更する。

(成果目標)

- 原子力施設から約 50km 以遠の地域の計算においても、原子力施設から約 50km 以内の地域の計算と同様に、実気象情報を用いた補正を行うことができるシステムに変更する。

(実施内容)

- 実気象データ変換のためのシステム変更を実施する。
- 補正に関するパラメータを入力するためのシステム変更を実施する。
- 補正による精度向上の確認を実施する。

ii) 計算結果の精度向上のために実気象情報に求められる要件

基本的に、比較に用いる実気象情報が多いほど、計算結果の精度は向上する傾向にあるが、偏った実気象情報を用いた場合、逆に計算結果の精度が低減することもある。このため、計算結果を向上させるために実気象情報に求められる要件について調査し、整理する。

(成果目標)

- 観測局ごとの地域代表性及び観測局相互の影響に着目し、実気象情報と計算結果を比較・分析することにより、実気象情報に求められる要件を整理する。

(実施内容)

- 個々の観測局の地域代表性について検討する。
- 放出点を中心とする観測局相互の影響について検討する。
- 予測計算の精度を向上させるための実気象情報に求められる要件をまとめる。

iii) 計算結果の向上に係る実気象情報の課題及び改善点

SPEEDI の計算結果の補正のために用いている実気象情報の課題を整理し、それぞれに対して解決策を検討する。その他、改善点についても検討し、実施可能性等について調査する。

①降水量情報の精度向上

(成果目標)

- 降水量データが精緻化されることを確認する。

(実施内容)

- 関連情報の文献等調査及び活用方策の検討を実施する。

- 活用方策の妥当性を確認するため、試験環境を構築する。
- ②100km を超える計算における海面水温データの利用
- (成果目標)
- 拡大領域計算において海面水温データの利用を可能とする。
- (実施内容)
- システム変更仕様の検討を実施する。
 - システムを変更し、動作確認を実施する。
- ③100km 四方の計算における任意気象条件の設定
- (成果目標)
- 100km 四方の計算において任意気象条件の設定を可能とする。
- (実施内容)
- 簡易的な利用環境の検討を実施する。
 - 利用環境を構築し、動作確認を実施する。
- ④カルマンフィルタによる将来時刻同化
- (成果目標)
- 将来時刻の観測値推定結果の利用を可能とする。
- (実施内容)
- カルマンフィルタの特性試験を実施し、適用上の留意点を抽出する。
 - 簡易的な利用環境を構築し、動作確認を実施する。
- ⑤ライダーデータ等の活用
- (成果目標)
- ライダーデータ等の活用について調査し、整理する。
- (実施内容)
- 利用可能なデータを調査し、利用条件や留意点を整理する。
 - 簡易的な利用環境を構築し、動作確認を実施する。
- ⑥G P Vデータの効果的活用
- (成果目標)
- 各種 GPV データを活用した計算を可能とする。
- (実施内容)
- 利用可能なデータの調査を実施する。
 - 試験環境を構築し、動作確認を実施する。
 - 活用方法等について実現方法を検討し、とりまとめる。

(3) 精度の検証等

i) 精度評価指標に係る検討

SPEEDI の計算精度を評価するため、天気予報等の他の分野で導入されている指標について調査し、SPEEDI の精度評価への適用可能性等について調査する。なお、SPEEDI の精度を評価する際には、時間的・空間的観点から評価するものとする。

さらに、これらの評価結果を基に、SPEEDI の計算結果の時間的・空間的な計算精度を定量的に評価する方法について検討する。

(成果目標)

- 実際の気象条件と SPEEDI 気象計算の結果を分析し、SPEEDI の計算精度を定量化するとともに、計算精度に係る特徴等を整理する。

(実施内容)

- 他の業務で使用されている精度評価指標の導入を検討する。
- 時間的・空間的な計算精度の定量化方法を検討する。
- 計算精度を定量化し、特徴等を整理する。

ii) 各種定数の検討

SPEEDI システムの中で用いられているさまざまな物理的な係数(放射性物質の溶解度又は仮想粒径等)の確からしさについて調査する。

(成果目標)

- 最新の知見に照らして、SPEEDI で使用している物理定数の見直しを行う。

(実施内容)

- 物理定数のリストアップと根拠資料の整理を実施する。
- 根拠資料と最新知見との比較整理を実施する。
- 物理定数を見直し、動作確認を実施する。

(4) その他の検討

i) SPEEDI のコンパクト化に係る検討

現在、SPEEDI を運用するに当たっては大きなシステムを必要としている。このため、それぞれの計算プロセスについて、必要性及び計算負荷等を精査し、システムの合理化について検討する。

(成果目標)

- コンパクト化したシステムの構成案をとりまとめる。

(実施内容)

- 現行システムの機能及び性能の分析を実施する。
- 周辺システムとの連携に関する検討を実施する。
- 運用形態の変更に関する検討を実施する。

ii) SPEEDI のソースコードの公開に係る検討

今後、SPEEDI のソースコードをインターネット等で公開する場合の障害並びに仮

に公開した場合のメリット及びデメリットについて整理し、公開の可能性及び（可能である場合）適切性について検討する。

（成果目標）

- ソースコード公開の可能性及び適切性について検討し、とりまとめる。

（実施内容）

- 法的制約条件の整理を実施する。
- ステークホルダのメリット及びデメリットの検討を実施する。

第2章 放出量逆推定の精度向上に係る調査

1. 調査の背景と目的

原子力災害時には、多くの地点において、モニタリングデータを得られる保証はなく、少ないデータで効率よく放射性物質の放出量を逆推定することが求められる。

このため、効率的に放出量の逆推定を行うためのモニタリング実施地点の数、距離、方位等を調査し、得られた知見や方策を整理することを目的とする。

2. 調査の概要

放出量逆推定を行う際には、その時々得られたモニタリングデータに基づいて放射性物質の影響範囲を把握し、その範囲が拡散計算結果とどのような位置・時間関係にあるのかを適切に捉えることが重要である。

本調査では、原子力施設から放射性物質が放出され、周辺の複数地点でモニタリングデータが得られた状況を設定して放出量逆推定のケーススタディを行い、効率的な逆推定のためのモニタリング実施地点の数、距離、方位等について整理した。

3. 本調査で行う放出量逆推定の概念

本調査で行う放出量逆推定は、SPEEDI の単位量放出に基づく拡散計算結果と得られたモニタリングデータの位置や時間の対応関係を数値化して放出量を逆推定するものであり、逆推定の精度向上のためには、この対応関係を適切に設定することが重要である。放出量逆推定の概念を図2.1に示す。

図2.1 放出量逆推定の概念

放出量の逆推定は、この概念に基づいて行うが、拡散計算結果による線量等の分布と実現象の線量等の分布との間にずれがある場合、逆推定の精度は低下する。このため、ずれの補正を考慮した以下の手順で、放出量逆推定を行う。

- ①得られたモニタリングデータから実現象の線量等の分布を把握する。
- ②拡散計算結果と実現象の線量等の分布の位置・時間のずれを把握し、実際のモニタリング地点（時刻）が拡散計算結果ではどの地点（時刻）に該当するか、対応付けする。（図 2. 2 参照）
- ③実際の線量等が②で対応付けられた位置（時刻）のモニタリングデータとみなして逆推定を行う。

図 2. 2 拡散計算結果と実現象の線量等の分布のずれ

逆推定の精度を決める主要因子は「逆推定用データ」にあり、精度向上のためには実現象に基づいて線量等分布の「位置・時間の対応関係」を適切に設定することが必要である。

線量等の位置・時間の対応関係と放出量逆推定の精度の概念を図 2. 3 に示す。

図 2. 3 線量等の位置・時間の対応関係と放出量逆推定の精度の概念

4. 調査の内容

前述の通り、放出量の逆推定を行う際には、実現象の線量等分布と拡散計算の位置・時間の対応関係を適切に設定する必要があることから、実際の放出量逆推定の作業を想定して以下の手順で検討を進めた。

(1) モニタリングデータに基づく線量等分布の把握

原子力施設から放射性物質が放出された状況を設定するため、以下の条件で拡散計算を行い、模擬の実現象とそれに基づくモニタリングデータを作成した。

表 2. 1 に拡散計算の条件を示す。

表 2. 1 模擬の実現象作成のための拡散計算条件

対象地形	平坦地形
放出核種	131-I (代表的な放出核種であり、大気中及び地表沈着からの空間線量率への寄与を考慮できるため)
原子炉停止日時	対象日の午前 0 時
放出継続時間	6 時間
放出高さ	140m (排気筒からの放射性物質の放出を設定)
比較対象データ	空気吸収線量率 (1 時間あたりの平均値)
気象計算条件	数値予報データ (GPV : 日本域 GSM) に基づく気象計算 GPV 初期時刻 : 03 時、09 時、15 時、21 時。観測値同化無し
計算期間	2012 年 1 月 ~ 12 月の 1 年間

① 拡散パターンの設定

拡散のパターンによって、放出量逆推定に必要と思われるモニタリングデータ及び放出量逆推定の精度に影響が現れるかを確認するため、外部被ばく実効線量6時間積算値の線量等分布の広がり方から、以下の4種類に分類した。

各拡散パターンのイメージを図2.4に示す。

- ① 線量等分布の軸の値から1/100となる値の範囲が1/16方位程度
- ② 線量等分布の軸の値から1/100となる値の範囲が2/16方位程度
- ③ 線量等分布の軸の値から1/100となる値の範囲が2/16方位以上
- ④ 線量等分布の軸の値から1/100となる値が全方位

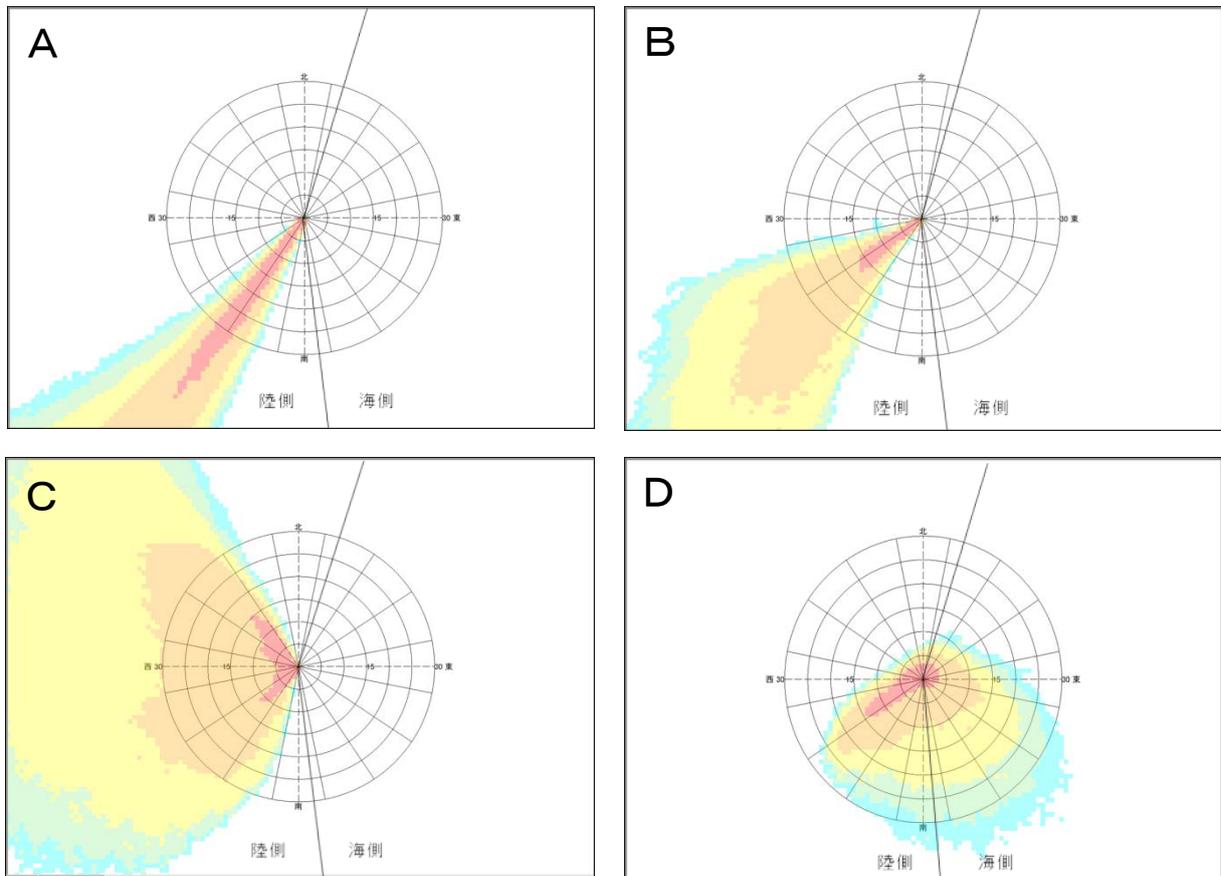


図2.4 4種類の拡散パターン例

また、模擬のモニタリングデータを抽出するため、2012年における1年間の計算結果のうち陸側に拡散している924ケースから、上記の拡散パターンが典型的と考えられる39ケースを選定した。

②模擬のモニタリングデータの作成

放出地点から半径 50km の陸側に計 46 の観測地点と計 68 の観測地点の 2 つのケースを設定し、①で選定した 39 ケースの拡散計算結果から観測地点毎の空気吸収線量率データを抽出した。

ここで抽出した空気吸収線量率（1 時間あたりの平均値）を放射性物質が放出されたと仮定した条件で得られたモニタリングデータとした。

さらに、この 39 ケースの拡散計算結果から、放出地点からの距離毎に観測地点がどの程度存在するかを整理した。

放出地点からの距離別に整理した拡散パターン毎のモニタリング地点数を表 2.2 に示す。

表 2.2 拡散パターン毎の距離別モニタリング地点数

③模擬のモニタリングデータによる線量等分布の把握

地図上に示されたモニタリング地点のうち、有意な線量率上昇があったと思われる地点を外接線で結び、模擬のモニタリングデータに基づいた線量等分布の把握を行った。

この方法で把握した線量等分布と拡散計算結果を比較したところ、概ね放射性物質の拡散状況を把握できており、線量等分布の軸を捉えられることが確認できるとともに、モニタリング地点数が多い方が、線量等分布をより詳細に捉えることが確認できた。

模擬のモニタリングデータに基づく線量等分布の把握例を図2.3に示す。

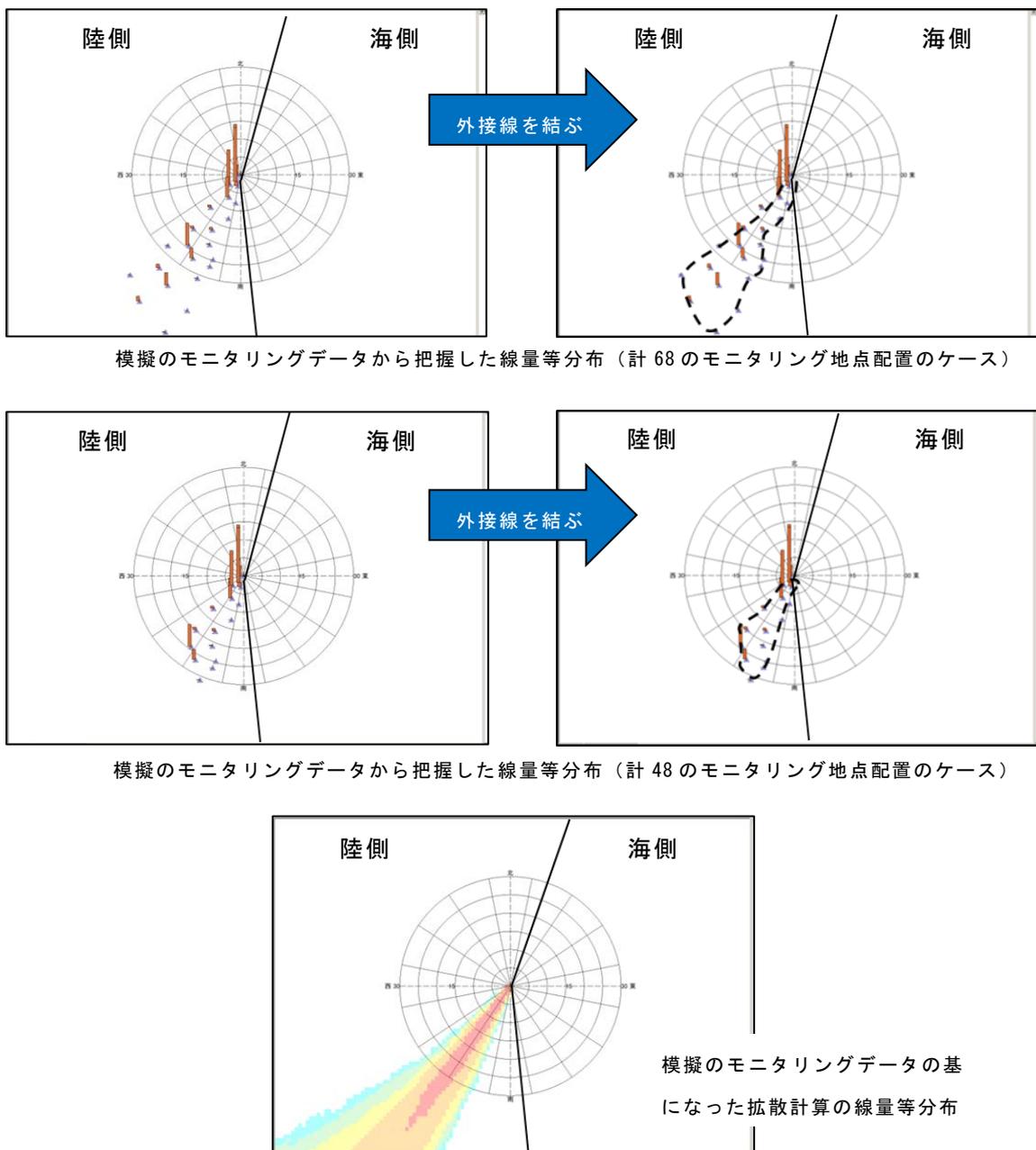


図2.5 模擬のモニタリングデータに基づく線量等分布の把握例

(2) 実現象と拡散計算結果の位置・時間の対応付け

放出量逆推定の精度を向上させるためには、実現象と拡散計算結果の位置・時間の対応付けが重要であることから、模擬の実現象と拡散計算結果に意図的にずれを生じさせ、このずれを補正するための検討を行った。

①実現象と位置・時間にずれがある拡散計算結果の作成

気象計算に用いる GPV データにそれぞれ初期時刻が異なるものを使用して、模擬の実現象と拡散計算結果に意図的にずれを生じさせた。

具体的には、模擬の実現象を作成するために用いた GPV の初期時刻から 6 時間前後の初期時刻の GPV データを用いた計算結果を拡散計算の結果とした。

例を表 2.3 に示す。

表 2.3 2012 年 3 月 10 日の例

模擬の実現象	拡散計算結果
GPV 初期時刻： 2012/03/10_09 時	GPV 初期時刻： 2012/03/10_03 時（－ 6 時間） 2012/03/10_15 時（＋ 6 時間）

②実現象と拡散計算結果におけるモニタリングデータの位置・時間の対応付け

模擬の実現象に基づくモニタリングデータから把握した線量等分布と実現象と拡散計算による線量等分布について、モニタリング地点の位置・時間の対応付けの検討を行った。

● 放出量逆推定に使用するモニタリング地点の選定

以下の理由から放出地点から半径 10～20km の範囲にあるモニタリング地点のデータを使用することとした。

- ・ 放射性物質が放出される高さの違いによって、放射性物質の移流・拡散に影響する風（地上風あるいは上空の風）が異なるため、放出地点に近いモニタリング地点では、実現象と拡散計算結果のモニタリングデータの値に大きな違いが現れる可能性がある。
- ・ 拡散計算に用いているメッシュ間隔（広域計算の場合 2 km）の関係で、放出地点に近いモニタリング地点は、拡散計算の精度が低くなる可能性がある。
- ・ 放出地点から一定程度離れた地点では、放射性物質が十分に拡散することで、線量率等が均一化されると考えられる。

逆推定に使用するモニタリング地点のイメージを図 2.6 に示す。

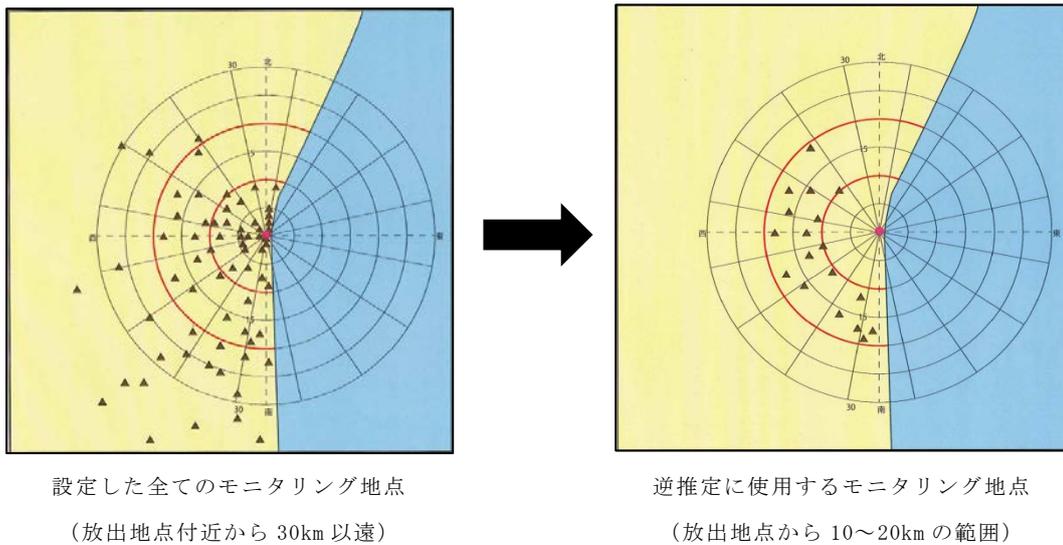


図 2.6 放出量逆推定に使用するモニタリング地点の選定

● 実現象と拡散計算結果のずれの把握

本検討では、模擬のモニタリングデータから把握した線量等分布の軸と拡散計算結果の線量等分布の軸を比較し、ずれの角度に合わせて座標を回転させる方法を基本とし、モニタリング地点の位置・時間の対応付けを行うこととした。また、このとき、放出開始から 1 時間毎の拡散状況のずれを捉えながらモニタリング地点の位置・時間の関係を考慮して行うこととした。

線量等分布に基づくモニタリング地点の位置・時間の対応付けのイメージを図 2.7 に示す。

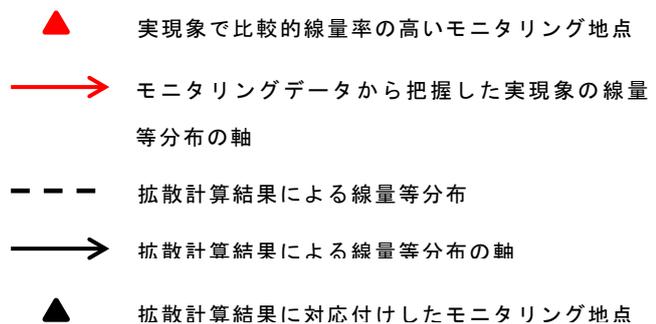


図 2.7 線量等分布に基づくモニタリング地点の対応付けのイメージ

(3) 位置・時間を対応させたモニタリングデータに基づく放出量の逆推定

モニタリング地点の位置・時間の対応付けの検討結果に基づき、いくつかのケースについて実現象と拡散計算の線量等分布におけるモニタリング地点の位置の対応付けを行うとともに、対応付け前後のモニタリングデータから放出量の逆推定を行った。

①放出量逆推定のためのモニタリング地点の位置の対応付け

モニタリング地点は、モニタリングデータから把握した線量等分布の範囲内にあるものから有意な線量率上昇があると考えられるものを選定し、その他、少数のモニタリングデータによる放出量逆推定の精度を確認するため、線量等分布の軸付近にある比較的線量率の高い地点のモニタリングデータについて、実現象と拡散計算におけるモニタリング地点の位置の対応付けを行った。

なお、有意な線量率上昇の考え方として、環境放射線によるバックグラウンドの変動を考慮して、バックグラウンドを差し引いた正味の空気吸収線量率として $1 \mu\text{Gy/h}$ をしきい値に設定した。

対象としたケースの詳細を表 2.4 に、モニタリングデータから把握した線量等分布を付属資料 1 に、模擬の実現象と拡散計算結果のモニタリング地点の位置の対応付け結果を付属資料 2 に示す。

表 2.4 モニタリング位置の対応付けを行ったケースの詳細

拡散パターン	GPV 初期時刻	位置の対応付けをしたモニタリング地点の数	
		線量等分布の全域	線量等分布の軸付近
1/16 方位程度	2012/03/10_09 時	11 ^{※1}	3
	2012/04/17_21 時	3	3
2/16 方位程度	2012/02/29_03 時	4	4
	2012/10/14_15 時	5	3
2/16 方位以上	2012/03/05_03 時	12	2
	2012/04/24_09 時	9	9 ^{※2}
全方位	2012/03/24_09 時	7	3
	2012/04/23_21 時	9	4

※1 本ケースのみ放出地点から 10~30km までの範囲にあるモニタリング地点を用いた。

※2 時間経過とともに線量等分布の軸が移動し、軸に近接するモニタリング地点の把握が困難であったため、少数のモニタリング地点を特定できなかった。

②放出量逆推定の精度確認

①項で整理したモニタリングデータに基づいて放出量の逆推定を行った。また、モニタリング地点の位置の対応付けによる効果を確認するため、位置の対応付け前後の放出量逆推定の精度を比較した。

なお、模擬の実現象に基づくモニタリングデータの作成にあたっては、実際の放射性物質の放出量が小さい場合、モニタリングデータが環境放射線によるバックグラウンドの変動の範囲内になり、空気吸収線量率の有意な線量率上昇が確認できない可能性も考えられるため、本検討においては、放出率として 1×10^{16} Bq/h を設定した。

放出量逆推定の結果を表 2.5 に示す。

表 2.5 モニタリング地点の位置の対応付け前後の放出量逆推定の結果 (1 / 2)

表 2.5 モニタリング地点の位置の対応付け前後の放出量逆推定の結果 (2 / 2)

5. 調査の結果

(1) ケーススタディで得られた結果の整理

以下の作業をひとつのケーススタディとして、複数のケーススタディを通して得られた結果を整理した。

① ケーススタディの内容

- ・ 模擬の実現象に基づくモニタリングデータから線量等分布を把握する。
- ・ モニタリングデータから把握した実現象の線量等分布と拡散計算結果の線量等分布を比較し、モニタリング地点の位置・時間の対応付けを行う。
- ・ 有意な線量率上昇がみられたモニタリングデータに基づいて放出量逆推定を行う。(モニタリング地点の位置・時間の対応付け前後について行う。)

② 本検討で実施したケーススタディに基づく知見の整理

- 放出量逆推定の精度向上のためには、実現象と拡散計算結果の位置関係を適切に対応させることが重要であり、そのため、実現象の線量率分布を把握できる程度の数のモニタリング地点が必要である。
- モニタリング地点の数が多いほど、実現象の詳細な線量等分布を把握できる。
- 放出量逆推定の精度は、実現象と拡散計算におけるモニタリング地点の位置の対応関係が適切であれば、放出量逆推定に使用するモニタリング地点の数に関係しない。
- 実現象と拡散計算結果にずれが生じた場合、モニタリング地点の位置関係を適切に対応させることで、少ない地点（本検討では2～4地点）のモニタリングデータで逆推定した結果は、ファクター2（仮定した放出率から2倍）の範囲内である。
- 放出地点から半径10～20kmの範囲にある地点のモニタリングデータは有意な線量率上昇を示しており、このモニタリング地点を拡散計算結果の位置に対応付けしたモニタリングデータで逆推定した結果は、ファクター2（仮定した放出率から2倍）の範囲内である。
ただし、本検討で仮定した放出率（ ^{131}I 、 $1 \times 10^{16}\text{Bq/h}$ 、6時間継続放出）の場合。
- モニタリングデータから線量等分布の軸を把握できた場合、軸付近にある比較的高い線量率のモニタリング地点を使用することで、少数でも多数を使用した場合と同程度の範囲で放出量の逆推定が可能である。
- 線量等分布の軸が時間と共に、回転する場合は、軸に近接するモニタリング地点を特定できず、モニタリング地点の数を減らすことはできなかった。
この場合は、有意な線量率上昇があったモニタリング地点全てを逆推定に使用した。
- 放出量逆推定の精度は、拡散パターンによらずファクター2（仮定した放出率から2倍）の範囲内である。

(2) まとめ

本検討で得られた結果に基づいて、少ないモニタリングデータで効果的に放出量逆推定を行うための要点と課題と思われる点を整理した。

①少ない地点のモニタリングデータで効果的に放出量逆推定を行うための要点

- 本検討で仮定した放出率 (^{131}I 、 $1 \times 10^{16}\text{Bq/h}$ 、6時間継続放出) の場合、放出地点からの半径 10~20km 程度の範囲にモニタリング地点があれば、モニタリングデータには有意な線量率上昇が見込まれ、放出量逆推定用に使用するモニタリングデータとすることができる。ただし、放出される放射性物質の核種組成及び放出量によって、モニタリングデータの値が変わることに留意が必要である。
- 放出地点からモニタリング地点までの距離を同じとした場合にモニタリングデータによる線量等分布の軸を把握できれば、軸付近の線量率から左右 $\pm 1/16$ 方位内に 1~2 点以上のモニタリング地点のデータにより、放出量の逆推定ができる。
- 気象状況の変化によって拡散幅や位置が変わることを考慮し、数時間後までの拡散計算結果に基づいて放出量逆推定に使用するモニタリング地点を決めておくことが必要と考えられる。
- 逆推定結果の精度の妥当性を確認するため、放出地点からの距離が異なる地点のモニタリングデータがあることが望ましい。

放出量逆推定のためのモニタリング地点配置案を図 2.8 に示す。

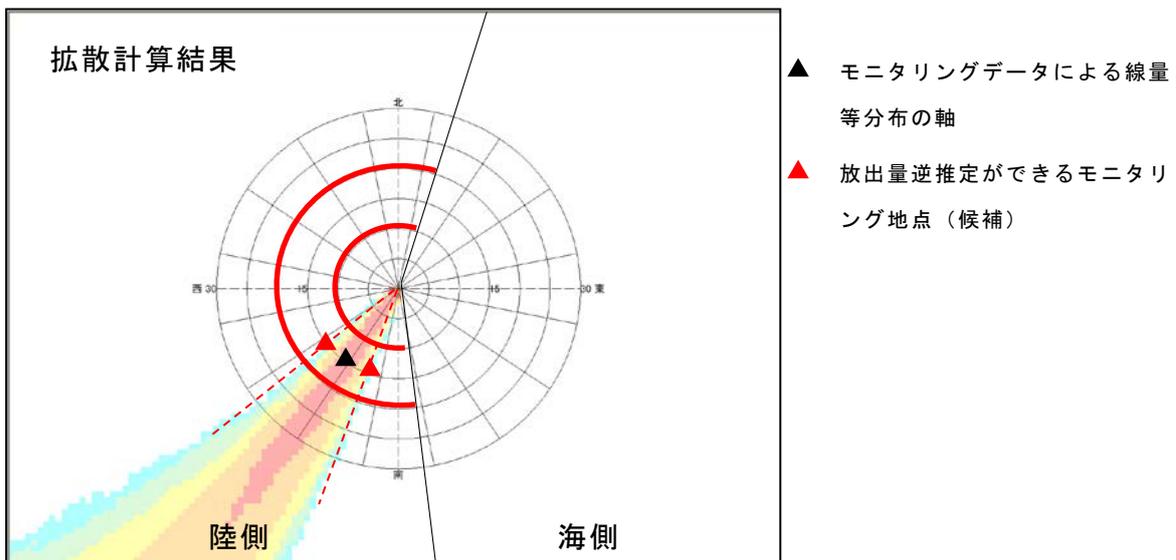


図 2.8 拡散計算結果に基づく放出量逆推定のためのモニタリング地点配置案

②放出量逆推定に係る課題

- 地形が複雑な場合、平坦な地形と異なり、モニタリングデータからの線量等分布の把握が難しくなることが想定されることから、複雑な地形の条件においても同様の検討を行って、整理しておくことが必要である。
- 本検討では、放出核種を1つの核種 (^{131}I)、1つの放出率 ($1 \times 10^{16} \text{Bq/h}$) に限定してケーススタディを行ったが、核種組成比や放出量の違いにより、得られるモニタリングデータに有意な線量率上昇が見られるか、放出地点からどの程度離れた地点のモニタリングデータが使えるかが変わってくる。そのため、核種組成比や放出量を変えた場合の整理が必要である。
- 本検討では、原子力災害が発生した際に迅速に情報が得られるモニタリングデータの候補として、空気吸収線量率を放出量逆推定に使用するモニタリングデータとした。しかしながら、降雨による湿性沈着等によって空気吸収線量率のバックグラウンドが高止まりし、その後さらに放出があった場合には、バックグラウンドに比べ有意な線量率上昇が確認できない可能性がある。このため、ダストサンプリングデータ等、空気吸収線量率以外のモニタリングデータを放出量逆推定に使用することを考慮した検討が必要である。
- 原子力施設から放射性物質が放出された場合に、迅速かつ効果的に放出量の逆推定を実施できるように、考えられるさまざまなケースを想定し、作業手順や留意点等、実際の運用計画を整理しておくことが必要である。

第3章 結果の補正に関する調査

3. 1. 100km 四方を超える範囲の計算における実気象情報を用いた補正

(1) 調査の背景と目的

SPEEDI の気象計算では、気象庁や地方公共団体が観測した気象観測値（以下、「実気象情報」という。）を用いて補正することとしている。一方、100km 四方を超える範囲（以下「拡大領域」という。）の計算においては、この機能が備え付けられていないことから、広域（100 km 四方）及び狭域（25km 四方）の計算と同様に実気象情報を用いた計算の補正（以下、「同化」という。）のため、システム変更を行って計算精度の向上を図ることを目的とする。

(2) 調査の概要

i) システム変更仕様の検討

拡大領域計算で使用している気象計算モデル MM5 の実気象情報による補正機能や、SPEEDI で利用可能な実気象情報の構成を考慮して、以下のように仕様をとりまとめた。

①同化用気象データの検索、取得処理の作成

拡大領域計算では、最大で日本全域までの領域を計算対象とするため、従来の各サイトの 100 km 四方以内の気象データでは、空間的な分布が不足する。この不足を補うため、全国をカバーする気象庁の気象観測値から、計算領域に該当する気象観測点を検索・抽出し、従来の同化用気象データにマージする処理を作成する。

②同化用気象データの形式変換処理の作成

①で作成した同化用気象データを MM5 で利用可能な形式に変換する処理を行う。

③拡大領域計算実行処理の改良

現行の計算領域拡大機能に実気象情報による同化を実行するために必要なパラメータの変更等の改良を行う。

④関連する画面の改良

現行の計算領域拡大機能の計算条件設定画面に図 3. 1. 1 に示すように実気象情報による同化を実行するために必要な変更等を行う。

ii) システム変更及び動作確認

i) で検討したシステムの変更仕様に基づいてプログラムの作成及び改良を行い、システムが正常に動作することを確認した。また、同化の有無による拡大領域の計算結果を比較し、同化の効果によって計算精度が向上したことを確認した。

計算条件設定	
サイト名	01 女川
保存セット	60:2014/03/12 18:30:nc変換モジュール反映確認
ユーザ名	nspeedi
ジョブキー	01_ONAGAWA_GSM_JP
計算実行設定	MM5計算モデルを実行 <input checked="" type="radio"/> する <input type="radio"/> しない GEARN計算モデルを実行 <input checked="" type="radio"/> する <input type="radio"/> しない
<input type="button" value="MM5計算"/> <input type="button" value="GEARN計算"/>	
MM5計算条件設定	
使用GPV設定	
使用GPV	<input type="radio"/> GSM(全球域データ) <input checked="" type="radio"/> GSM_JP(日本域データ)
計算日時指定	
計算方法	<input checked="" type="radio"/> 新規 <input type="radio"/> 継続
予測初期時刻	2014年 03月 12日 03時 00分
予測時間幅	6 時間
出力間隔	1 時間 出力間隔 ≤ 予測時間幅 (注)出力間隔 = 出力時間の最小単位
同化条件設定	
解析値同化	<input checked="" type="radio"/> する <input type="radio"/> しない
観測値同化	<input checked="" type="radio"/> する <input type="radio"/> しない

図 3.1.1 観測値同化を追加した画面

3. 2. 計算結果の精度向上のために実気象情報に求められる要件

(1) 調査の背景と目的

原子力災害対策の効果的な実施に資するため、より正確な拡散計算結果の情報提供が求められる。SPEEDI では、正確な拡散計算結果の情報提供のため、原子力施設周辺の自治体観測局及びアメダス観測局の実気象情報を収集して計算結果の補正（実気象情報による同化¹⁾）を行い、計算結果の精度向上に努めている。

実気象情報による同化では、使用する実気象情報が多いほど計算結果の精度が向上する傾向にある一方、同化に適さない実気象情報を用いた場合には精度を低下させる可能性がある。精度を向上させるためには同化に適した実気象情報をできるだけ多く取り入れ、同化に適さない情報は使用しないことが望ましいと考えられる。このため、収集した実気象情報が同化に適しているか否か、計算を実施する前に目安をつけることが可能であれば有効である。

本調査においては、SPEEDI の計算結果の補正に使用する実気象情報を効果的に選定するための参考となる目安とすべく、実気象情報に求められる要件を検討してとりまとめた。

(2) 調査の概要

本調査は以下の手順で実施した。

- ① 実気象情報に求められる要件の設定
- ② ①で設定した要件に基づく実気象情報の評価の試行
- ③ ②の評価結果に基づく補正の効果の確認
- ④ ①で設定した要件の妥当性の検討

①では文献等を参考に検討し、実気象情報に求められる要件として代表性（周囲の状態を代表し、かつ目的に応じた分解能を有すること）を抽出した。また、観測局間の風速ベクトル相関及び観測値と計算値の風速ベクトル相関が代表性を示す指標になり得るとした。検討内容を次項（3）にまとめた。

②では①で設定した要件に基づき、東海地域と大飯地域の2012年1年間のデータを用いて観測局毎の代表性を検討した。検討においては観測値及び計算値の他、観測局周囲について資料収集を行い活用し、代表性が低い観測局を抽出した。検討内容は後述の（4）にまとめた。

③では②で評価した観測局の代表性をもとに、同化に使用する観測局の組合せを変えた計算を東海地域及び大飯地域を対象に2012年1月の1か月間について実施した。また、大飯地域の計算においては高層気象観測データの有無による結果の比較も行った。

¹同化：観測データを取り込みつつ拡散計算を行うこと。SPEEDI では緩和法（Nudging 法：観測値と計算値の差に一定係数を掛けて計算値を観測値に引っ張り続ける効果を計算に加える手法）を適用している。

た。観測値に対する計算値の誤差によって精度の変化を確認したが、代表性の有無によっては必ずしも顕著な差異を確認することはできなかった。検討内容は後述の(5)にまとめた。

④では①で設定した要件の妥当性について検討した。代表性が低い観測局の気象情報を含む場合と含まない場合で大きな違いは現れず、単純に局数の多いほど誤差が小さく局数が少ないほど誤差が大きいことが確認できたため、厳選した実気象情報を用いるというよりはできるだけ多くの実気象情報を用いることに力点をおくべきであると考えられる。検討内容は(6)にまとめた。

(3) 実気象情報に求められる要件の検討

i) 実気象情報に求められる一般的な要件

気象観測情報に求められる一般的な要件は、測定精度と代表性である。⁽¹⁾⁽²⁾測定精度については、測器が一定の精度を持つことが求められる。また、代表性として求められる内容は以下のとおりである。

- ・その地点の周囲の状態を代表していること（地面の標高差、地形、土地状態、土地利用状況等に依存）
- ・現象を空間・時間スケール（観測目的による）で把握するための分解能を有すること

また、計算結果の精度を高めるために実気象情報を同化に利用する観点からも、測定誤差と代表性誤差が重要とされる。⁽³⁾観測値と計算値の差は測定誤差と代表性誤差に分けられる。ここで、測定誤差は測器誤差や測定処理過程で生じる誤差であり、代表性誤差とは観測データの代表性に関わる誤差である。代表性誤差は現実大気から見ると数値モデルの表現力に関わる誤差とも考えることができる。空間分解能の制約から数値モデルの地形が現実の地形と異なるために、観測値が数値モデルの値に対して系統的な誤差を示すのは代表性誤差の典型的な例である。

以上のことから、測定精度と代表性に着目して検討した結果は以下のとおりである。

測定誤差については、ランダムな誤差が主であると考えられる。SPEEDIの同化では観測値を確定値（誤差分散を考慮しない）として扱っているのでランダムな誤差を取り扱うことは困難である。また、測器を含む測定システムは自治体または気象庁が管理しており、一定の信頼度があるものと考えられる。以上のことから、測定誤差については本調査の検討対象としないこととした。

一方、代表性誤差については、空間及び時間に依存すると考えられるので、各計算において使用する観測局や期間を変えて検討することにより、計算精度向上のために使用する実気象情報に求められる要件を抽出できるのではないかと考えられる。以上のことから実気象情報の代表性について検討を進めることとした。

ii) 実気象情報の代表性について

気象観測の代表性はその地点の周囲の状態を代表することの他に、観測の対象とする現象の水平スケールと現象に伴う気象要素によっても評価される。すなわち、周辺の建造物や樹木等の影響だけでなく、竜巻等の局所的現象の出現状況によって代表性が評価されることになる。本調査では実気象情報を SPEEDI の同化に使用することを前提としているので、その目的に対応した代表性を評価する必要がある。⁽⁴⁾

気象計算に実気象情報を取り入れる場合は、観測点の空間・時間スケールと計算モデルの分解能の関係を考慮する必要がある。気象計算では、格子スケール以下の現象が格子スケールの現象に及ぼす影響はパラメタリゼーションによって計算上考慮されるが、格子スケール以下の現象が直接計算結果として表現されるものではない。したがって局所的現象の実気象情報によって計算結果を補正する場合は、計算結果全体に及ぼす影響に注意する必要がある。⁽⁴⁾

実気象情報の代表性を評価した例として、環境省⁽⁵⁾は東京タワー大気汚染常時観測局データが東京の風を代表し得るか否かを同局と他の都内常時観測局相互の風のベクトル相関係数²で確認している。この例では、ベクトル相関係数が概ね 0.9 で東京タワーが東京の風を代表していると判断し、さらに、0.8 を下回った幾つかの観測局については周辺建物等の影響を受けているとみなした。

また、石川ら⁽⁶⁾は、雲仙岳周辺を対象とした気象計算を実施し、周辺観測局それぞれについて観測値と計算値の風向・風速の比較及び風のベクトル相関を評価している。この例では、ベクトル相関は各局ともほぼ 0.8 であったが、海岸部等で地形の分解能が実際と計算で異なることの影響で風速の違いが生じることを確認している。

以上の例を参考として、実気象情報の代表性を評価する指標とするため、以下の風ベクトル相関係数を算出し整理することとした。

〔観測局間の風ベクトル相関係数〕

観測局の配置及び各観測局の設置状況（周辺の地形、建屋、樹木等）と併せて分析することにより、その観測局の周辺局観測値に対する局所性の強弱を判断するための参考情報が得られる。

〔観測局毎の観測値対計算値の風ベクトル相関係数〕

各観測局の設置状況（周辺の地形、建屋、樹木等）と併せて分析することにより、その観測局周辺に計算ではモデル化されない局所的な地形条件等の影響の強弱を判断するための参考情報が得られる。

iii) 代表性を考慮した実気象情報による補正効果について

観測局の代表性（周辺環境をよく表しているか、分解能が目的に合致しているか）と同化による補正の効果との間には何らかの関連性があるものと考えられる。イメー

²風のベクトル相関係数 $\gamma(v_A, v_B) = \frac{\sum v_A \cdot v_B}{\sum |v_A| |v_B|}$ (v_A, v_B : A, B 地点の風速ベクトル)

ジ的には、代表性が高い観測局は精度向上に寄与し代表性が低い局はその逆と考えられる。

観測局の代表性と同化による補正の効果との間の関連性を確認するため、代表性を考慮して同化に使用する観測局の組合せを複数作成し、それぞれ観測値に対する計算値の誤差を比較することとした。

(4) 実気象情報の代表性の検討

i) 概要

実気象情報の代表性について事例により検討を行った。具体的には対象とする地域及び期間を定めて、SPEEDI で収集した観測データ及び SPEEDI の計算結果から風のベクトル相関係数を算出し、代表性について分析した。

<地域>東海、大飯

<期間>2012年1月1日～2012年12月31日

なお、柏崎刈羽、女川及び玄海の3地域についても同様のデータを整理し、その結果を付属資料にまとめた。

ii) 実気象情報の検討

①観測局の配置

東海地域及び大飯地域について観測局の配置図をそれぞれ図3.2.1及び図3.2.2に示す。

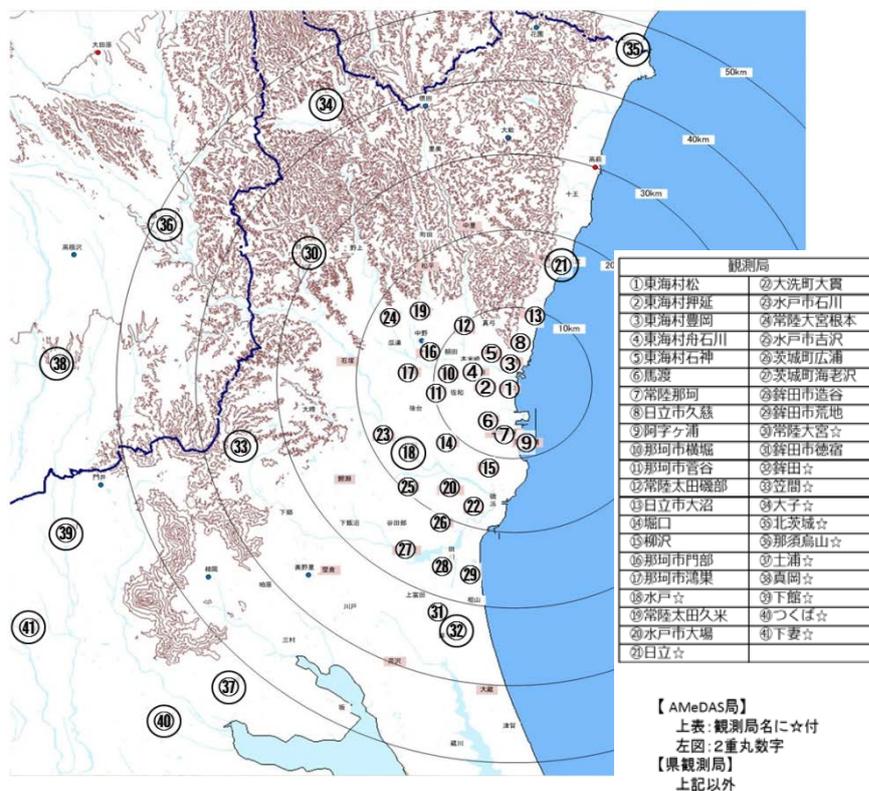


図3.2.1 本調査で対象とした東海地域の気象観測局



①大飯気象 80m	⑬小浜	⑲老富	⑳舞鶴	㉑宮津	61:越前厨 M S
②大飯 47m	⑭音海	㉒上中 M P	㉓美浜グランド	㉔沓 M S	62:園部
③大飯 27m	⑮小黑飯	㉕岡安	㉖竹波	51:敦賀 148m	63:今庄 M S
④宮留	⑯高浜 P R 館	㉗三方気象	㉘竹波気象	52:浦底	64:福知山
⑤日角浜	⑰高浜放水口	㉙美浜	㉚丹生	53:敦賀 70m	65:間人
⑥大飯 M P 4	⑱神野浦	㉚舞鶴気象	㉛白木峠	54:敦賀 13m	66:京都
⑦長井	⑳高浜 M P 4	㉛倉梯	㉜白木	55:立石	67:大津
⑧本郷 M P	㉑名田庄 M P	㉜郷市 M P	㉝松ヶ崎 M S	56:赤崎 M S	68:柏原
⑨小浜 M P	㉒山中	㉝坂尻	㉞もんじゅ鉄塔	57:南小松	69:西脇
⑩小浜	㉓大山	㉞新庄気象	㉟もんじゅ M S	58:杉津 M S	
⑪阿納尻	㉔塩汲	㉟美山	㊱今津	59:甲楽城 M S	
⑫宮崎気象	㉕吉坂	㊱美浜気象山頂	㊲敦賀	60:河野	

(丸数字または数字の黒字は自治体観測局、赤字はアマダス局)

図 3.2.2 本調査で対象とした大飯地域の気象観測局

②観測局間の風速ベクトル相関

東海地域及び大飯地域について各観測局間の距離に対する風速ベクトル相関係数を次式によって計算した。

風速ベクトル相関係数

$$\gamma(\vec{V}_A, \vec{V}_B) = \frac{\sum_i |\vec{V}_{A_i}| |\vec{V}_{B_i}| \cos \theta_i}{\sum_i |\vec{V}_{A_i}| |\vec{V}_{B_i}|}$$

ここで、 $\vec{V}_{A_i}, \vec{V}_{B_i}$: A、B局の風速ベクトル (i は時刻)
 $\cos \theta_i$: 風速ベクトルのなす角

東海地域の各観測局間の距離と風速ベクトル相関係数の関係を図3.2.3に示す。同様に大飯地域について図3.2.4に示す。これらの結果から以下のことを確認した。

- ・観測局間の距離が大きくなると相関係数の最大値は比例的に小さくなる。観測間の距離が数kmでは相関係数の最大値が約0.95で観測間の距離が100km程度では約0.6である。
- ・相関係数の最大が0.9以上となるのは観測局間の距離がほぼ10km以内である。
- ・東海地域の結果では、観測局間の各距離における相関係数の大部分が最大値から最大値マイナス0.2までの間にあるのに対し、大飯地域の結果では、相関係数がマイナスの範囲まで広く分布しており、大飯地域の方が東海地域より観測局間の相関が低い。

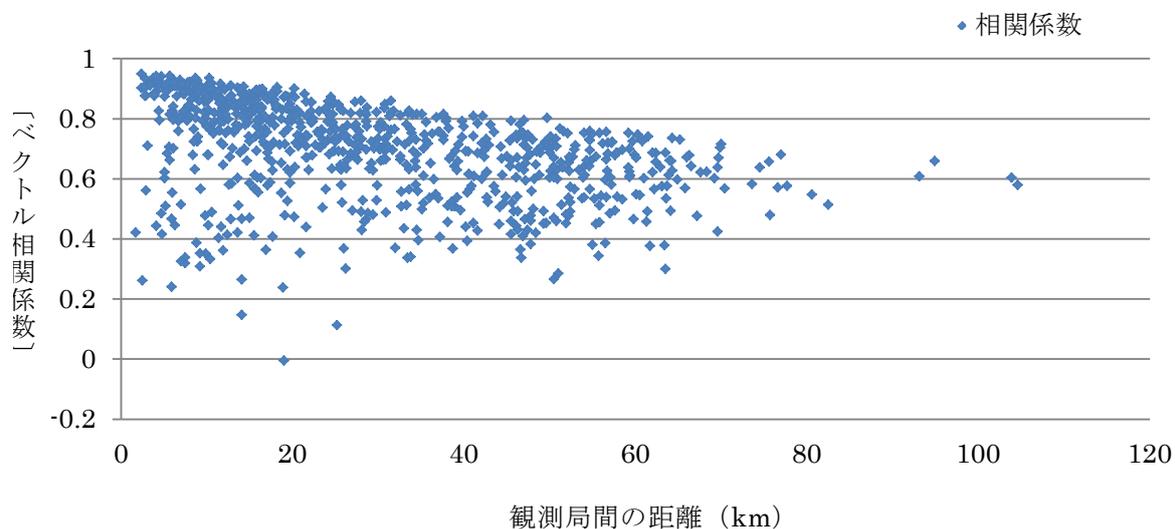


図3.2.3 観測局間の距離に対する観測局間の風速ベクトル相関係数
 (東海地域、2012年1年間の1時間値を使用)

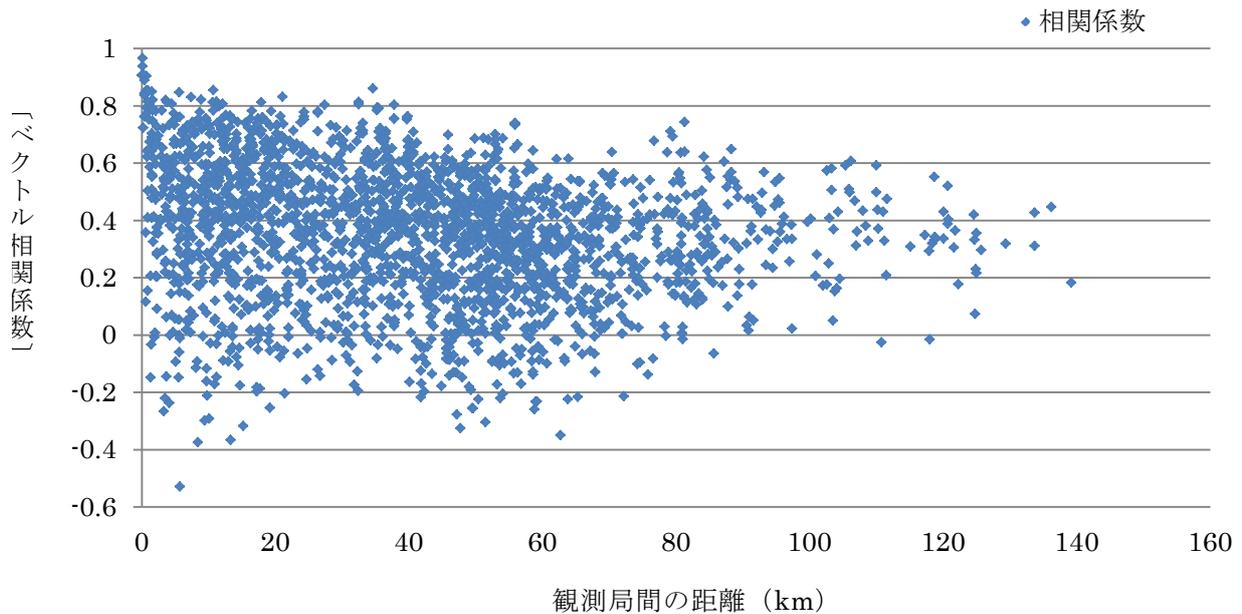


図 3. 2. 4 観測局間の距離に対する観測局間の風速ベクトル相関係数
(大飯地域、2012 年 1 年間の 1 時間値を使用)

次に、評価対象とした観測局の中から相関が低い観測局を抽出するため、各観測局について他局との相関の度合いを、10km 以内にある観測局について相関値のレベル毎にカウントする方法で整理した。観測間距離を 10km 以内としたのは、この範囲であれば相関が大きい（相関係数最大 0.9 以上）と考えたことによる。

整理した結果を東海地域については表 3. 2. 1 に、大飯地域については表 3. 2. 2 に示す。また、平成 15 年度に実施した「同化用気象観測地点の調査」⁽⁷⁾ の結果も参考とするため、上記の表にそれぞれ追加した。これらの結果から以下のことを確認した。

- ・東海地域については、10km 以内にある半数以上の観測局と相関係数が 0.8 未満の観測局は全 41 局中の 7 局である。
- ・東海地域の常陸那珂と那珂町横堀については、半数以上が相関係数 0.5 未満である。両局は互いの相関係数は 0.879 と高く、その他の局との相関係数が小さい結果となっている。
- ・大飯地域については、10km 以内にある全局と相関係数が 0.8 未満の観測局は全 69 局の中 36 局、0.6 未満の観測局は 10 局、0.4 未満の観測局は 3 局であった。また、延べ 119 の観測局間で相関係数が負値となった。

表 3. 2. 1 H15 年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布

	H15 調査 評価 (※ 1)	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※ 2) (分母は 10km 以内の全局数)			
		0.8 未満	0.7 未満	0.6 未満	0.5 未満
東海村松	A	3/12	2/12	2/12	1/12
東海村押延	A	2/14	2/14	2/14	2/14
東海村豊岡	A	3/11	2/11	2/11	2/11
東海村舟石川	A	5/14	1/14	0/14	0/14
東海村石神	A	1/12	1/12	1/12	0/12
馬渡	A	2/12	2/12	2/12	2/12
常陸那珂	A	10/11	10/11	9/11	9/11
日立市久慈	A	2/9	1/9	1/9	1/9
阿字ヶ浦	A	1/7	1/7	1/7	1/7
那珂市横堀	A	13/14	11/14	10/14	7/14
那珂市菅谷	A	2/14	2/14	2/14	1/14
常陸太田磯部	A	8/13	4/13	3/13	1/13
日立市大沼	—	1/7	1/7	0/7	0/7
堀口	A	2/13	2/13	2/13	2/13
柳沢	—	1/9	1/9	1/9	1/9
那珂市門部	A	4/9	2/9	1/9	1/9
那珂市鴻巣	—	3/11	1/11	0/11	0/11
水戸	A	0/8	0/8	0/8	0/8
常陸太田久米		4/5	2/5	1/5	0/5
水戸市大場	A	2/8	1/8	1/8	1/8
日立	A	0/2	0/2	0/2	0/2
大洗町大貫	A	1/9	0/9	0/9	0/9
水戸市石川	A	0/5	0/5	0/5	0/5
常陸大宮根本	—	2/4	1/4	1/4	0/4
水戸市吉沢	—	0/8	0/8	0/8	0/8
茨城町広浦	A	0/7	0/7	0/7	0/7
茨城町海老沢	A	4/7	1/7	0/7	0/7
鉾田市造谷	A	2/6	2/6	0/6	0/6
鉾田市荒地	A	2/6	0/6	0/6	0/6
常陸大宮	A	0/0	0/0	0/0	0/0
鉾田市徳宿	—	2/4	1/4	0/4	0/4
鉾田	A	0/3	0/3	0/3	0/3
笠間	A	0/0	0/0	0/0	0/0
太子	A	0/0	0/0	0/0	0/0
北茨城	A	0/0	0/0	0/0	0/0
那須烏山	A	0/0	0/0	0/0	0/0
土浦	A	0/1	0/1	0/1	0/1
真岡	—	0/0	0/0	0/0	0/0
下館	A	0/0	0/0	0/0	0/0
つくば	A	0/1	0/1	0/1	0/1
下妻	A	0/0	0/0	0/0	0/0

(※ 1) H15 調査評価：平成 15 年度に実施した「同化用気象観測地点の調査」で行われた観測局の評価。A=「特に問題なし」B=「多少局地性あり」C=「局地性が強い」

(※ 2) 局数の は半数の局が数値未満。

表 3. 2. 2 H15 年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布

	H15 調査 評価 (※ 1) (※ 1)	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※ 2) (分母は 10km 以内の全局数)					
		0.8 未満	0.7 未満	0.6 未満	0.4 未満	0.2 未満	0.0 未満
大飯気象 80m	A	8/10	5/10	3/10	1/10	0/10	0/10
大飯 4 7 m	A	8/10	6/10	3/10	1/10	0/10	0/10
大飯 2 7 m	A	7/10	6/10	4/10	3/10	0/10	0/10
宮留	A	10/10	8/10	6/10	2/10	1/10	0/10
日角浜	A	9/9	8/9	8/9	5/9	3/9	0/9
大飯 M P 4	A	10/10	9/10	9/10	8/10	3/10	1/10
長井	A	11/11	9/11	4/11	3/11	2/11	1/11
本郷 M P	A	9/9	8/9	3/9	2/9	1/9	0/9
小浜 M P	A	11/12	8/12	5/12	4/12	3/12	1/12
小浜	A	9/10	7/10	6/10	0/10	0/10	0/10
阿納尻	A	7/7	7/7	7/7	2/7	0/7	0/7
宮崎気象	A	14/14	10/14	7/14	4/14	2/14	1/14
小浜	A	3/4	1/4	1/4	0/4	0/4	0/4
音海	B	11/11	11/11	8/11	5/11	4/11	2/11
小黒飯	A	12/12	12/12	12/12	12/12	8/12	2/12
高浜 P R 館	A	12/12	11/12	8/12	5/12	4/12	1/12
高浜放水口	A	12/12	11/12	9/12	5/12	4/12	2/12
神野浦	C	12/12	10/12	9/12	5/12	3/12	1/12
高浜 M P 4	B	12/12	10/12	7/12	6/12	3/12	1/12
名田庄 M P	B	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2	1/2
山中	A	14/14	13/14	11/14	4/14	1/14	1/14
大山	B	10/10	10/10	10/10	6/10	2/10	1/10
塩浜	B	14/14	14/14	14/14	11/14	8/14	6/14
吉坂	B	14/14	14/14	14/14	12/14	7/14	2/14
老富	C	12/12	12/12	10/12	5/12	3/12	0/12
上中 M P	A	1/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
岡安	B	14/14	14/14	11/14	5/14	2/14	0/14
三方気象	A	4/4	3/4	2/4	0/4	0/4	0/4
美浜	A	4/4	3/4	2/4	0/4	0/4	0/4
舞鶴気象	A	7/7	6/7	4/7	2/7	1/7	0/7
倉梯	B	7/7	6/7	3/7	2/7	0/7	0/7
郷市 M P	A	4/4	3/4	3/4	1/4	0/4	0/4
坂尻	A	9/9	9/9	9/9	4/9	1/9	1/9
新庄気象	A	4/4	3/4	3/4	0/4	0/4	0/4
美浜気象山頂	A	13/16	7/16	6/16	1/16	0/16	0/16
舞鶴	A	2/2	2/2	0/2	0/2	0/2	0/2
美浜グランド	A	14/16	11/16	7/16	1/16	0/16	0/16
竹波	C	18/18	18/18	17/18	15/18	10/18	6/18
竹波気象	A	17/18	17/18	16/18	11/18	1/18	0/18
丹生	B	14/15	14/15	13/15	5/15	1/15	0/15
白木峠	A	13/15	7/15	5/15	1/15	1/15	1/15
白木	A	13/15	13/15	11/15	4/15	1/15	1/15
松ヶ崎 M S	A	14/15	13/15	9/15	5/15	1/15	1/15
もんじゅ鉄塔	A	12/15	11/15	9/15	1/15	1/15	0/15
もんじゅ M S	A	14/15	12/15	8/15	1/15	1/15	0/15
敦賀	A	5/5	5/5	5/5	3/5	1/5	0/5
沓 M S	C	18/18	18/18	17/18	10/18	7/18	1/18
敦賀 1 4 8 m	A	14/18	10/18	9/18	2/18	2/18	1/18
浦底	A	14/17	12/17	8/17	4/17	2/17	1/17
敦賀 7 0 m	A	15/19	14/19	13/19	5/19	2/19	1/19
敦賀 1 3 m	C	15/19	13/19	12/19	4/19	2/19	1/19
立石	B	15/18	13/18	11/18	5/18	1/18	1/18
赤崎 M S	A	9/9	9/9	9/9	9/9	6/9	4/9
杉津 M S	C	7/7	7/7	7/7	5/7	1/7	0/7
甲楽城 M S	A	4/4	3/4	3/4	0/4	0/4	0/4
河野	A	5/5	4/5	4/5	1/5	0/5	0/5

(※ 1) H15 調査評価：平成 15 年度に実施した「同化用気象観測地点の調査」で行われた観測局の評価。A=「特に問題なし」B=「多少局地性あり」C=「局地性が強い」

(※ 2) 局数の は全局が数値未満。 は半数の局が数値未満。

以上の検討から、東海地域及び大飯地域の各地域において、他局との相関が比較的低い観測局を以下のとおり抽出した。

<東海地域において比較的相関が低い観測局>

常陸那珂、那珂町横堀、常陸太田磯部、常陸太田久米、常陸太田久米、常陸大宮根本、茨城町海老沢、銚田市徳宿（計7局）

<大飯地域において比較的相関が低い観測局>

日角浜、大飯 MP4、阿納尻、小黒飯、名田庄 MP、塩汲、吉坂、赤崎 MS（計8局）

続いて、他局との相関が低い観測局と周辺観測局の風向データについてそれぞれ特徴を比較するため、2012年1年間の各観測局データの風向（1時間値）頻度を集計しその割合を算出した。その結果を、東海地域については図3.2.5及び図3.2.6に、大飯地域については、図3.2.7及び図3.2.8に、各地域の等高線地図と併せて示す。

また、各観測局の周辺状況（地形、建屋、樹木等）を確認するため、平成15年度調査の資料及びGoogleマップ衛星画像等を収集し整理した。整理した結果は付属資料3に整理した。

観測局の風向データ比較及び周辺状況の整理結果から以下のことを確認した。

- ・常陸那珂（東海地域：図3.2.5の⑦）については、馬渡（⑥）及び阿字ヶ浦（⑨）等と傾向が異なっている。周辺局では北西及び北東の頻度が高いのに対し、常陸那珂では北北東及び東南東の頻度が高く、頻度の分布が時計回りに3方位程度ずれている。当該観測局及び周辺観測局はほぼ平坦でつながる地域にあり、地形影響による差異とは考えにくい。
- ・那珂町横堀（東海地域：図3.2.5の⑩）については、ほぼ平坦な地域にあるものの、東海村押延（②）及び東海村舟石川（④）等と傾向が異なっている。周辺局では西北西～北北西及び東北東～東の頻度が高いのに対し、那珂町横堀では北北東及び東南東の頻度が高く、頻度の分布が時計回りに2方位程度ずれている。当該観測局及び周辺観測局はほぼ平坦でつながる地域にあり、地形影響による差異とは考えにくい。
- ・東海地域で相関が低いとした他の5局（常陸太田磯部、常陸太田久米、常陸太田久米、常陸大宮根本、茨城町海老沢、銚田市徳宿）については、各局が設置されている地形条件が特徴的であり、その特徴と整合するような風向特性であった。
- ・大飯地域で相関が低いとした8局（日角浜、大飯 MP4、阿納尻、小黒飯、名田庄 MP、塩汲、吉坂、赤崎 MS）については、各局が設置されている地形条件が特徴的であり、その特徴と整合するような風向特性であった。

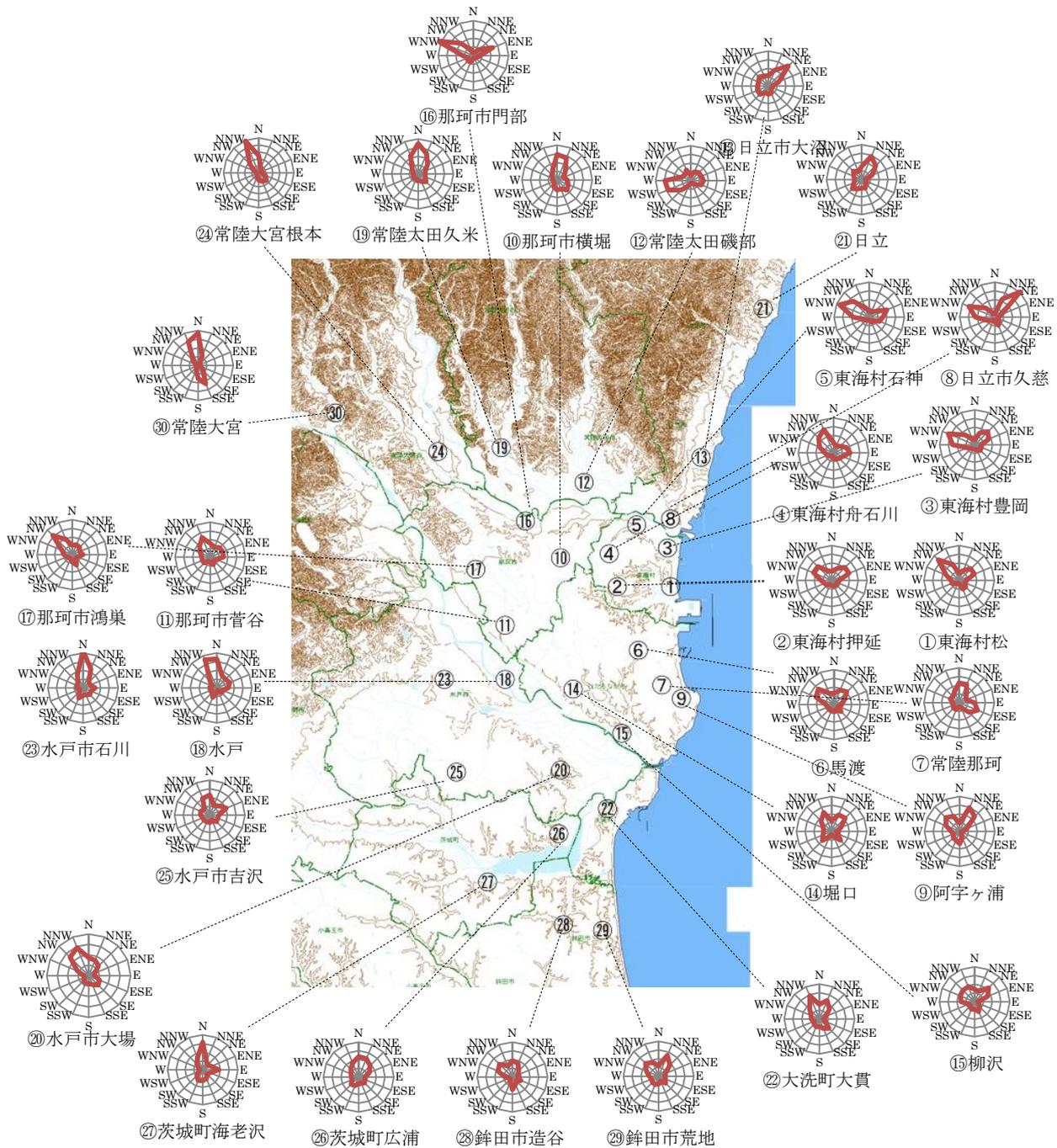


図 3. 2. 5 東海地域（半径約 30km 内）における 2012 年の年間風向頻度
 (グラフは風向 (1 時間値) 頻度の割合。径方向 1 目盛=5%、各 4 目盛)

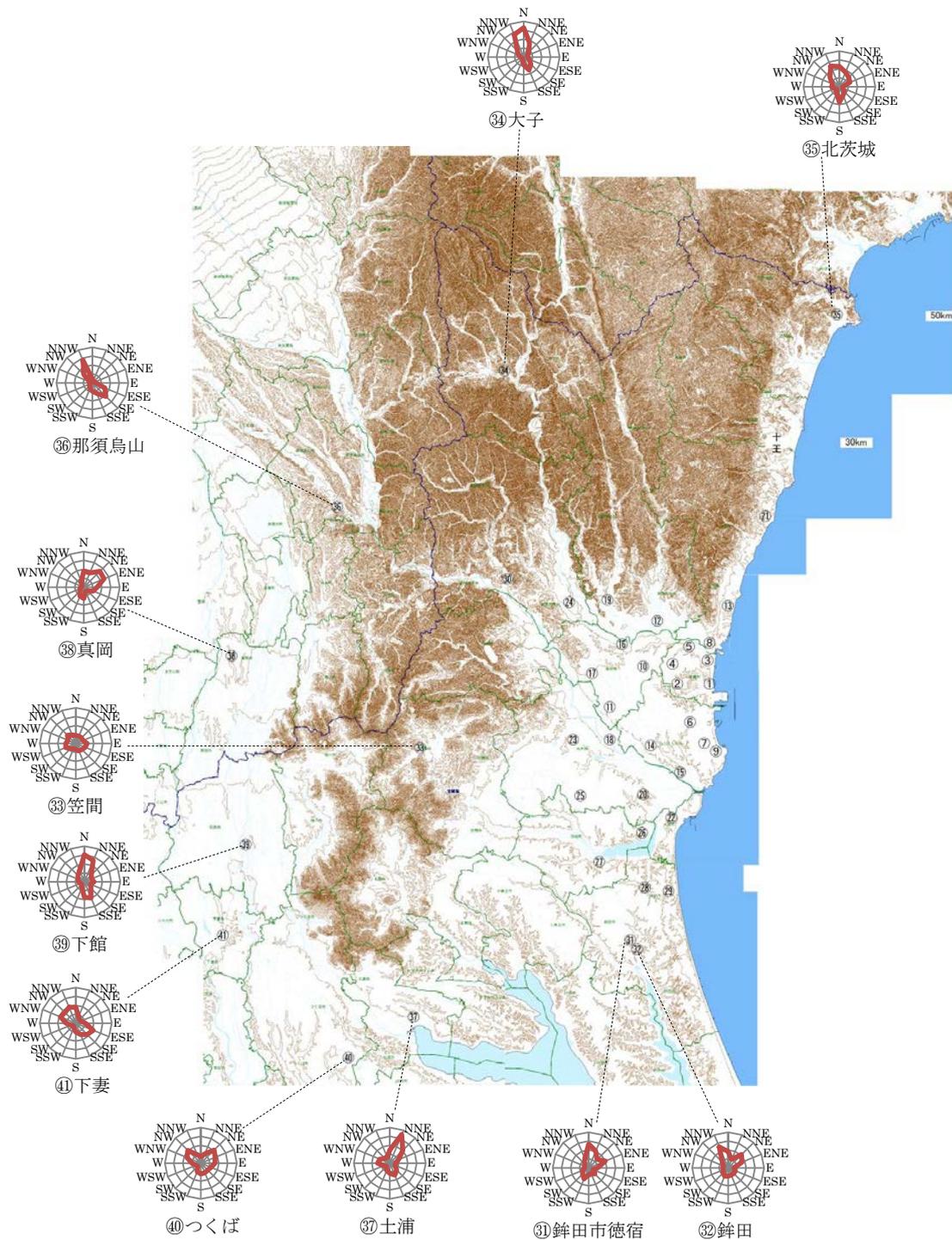


図 3. 2. 6 東海地域（半径約 30km 超）における 2012 年の年間風向頻度
 （グラフは風向（1 時間値）頻度の割合。径方向 1 目盛=5%、各 4 目盛）

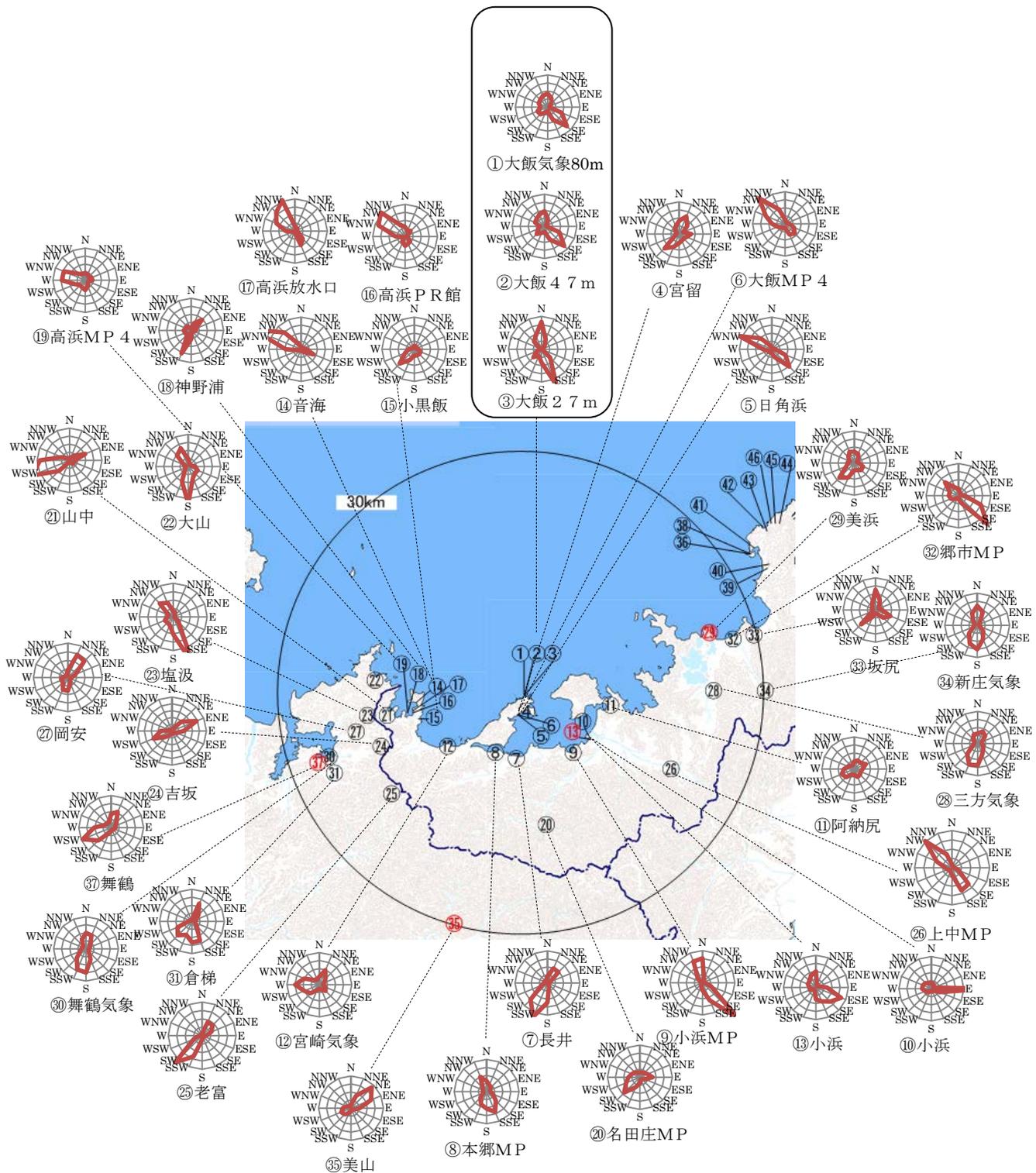


図3.2.7 大飯地域（半径約30km内）における2012年の年間風向頻度
 （グラフは風向（1時間値）頻度の割合。径方向1目盛=5%、各4目盛）

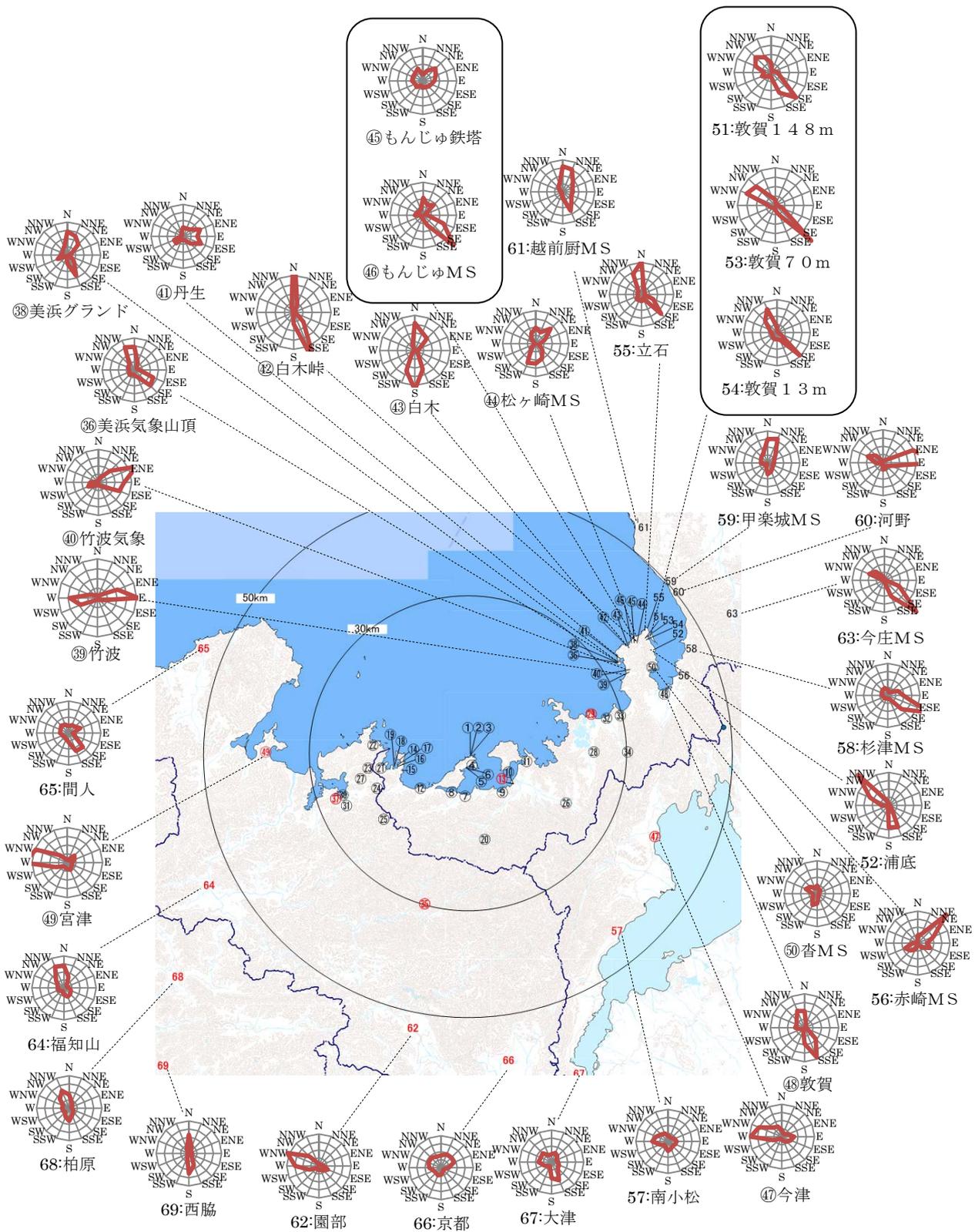


図3.2.8 大飯地域（半径約30km超）における2012年の年間風向頻度

（グラフは風向（1時間値）頻度の割合。径方向1目盛=5%、各4目盛）

③各観測局における観測値と計算値の風速ベクトル相関

東海地域及び大飯地域について各観測局における観測値と計算値の風速ベクトル相関係数を次式によって計算した。

風速ベクトル相関係数

$$\gamma(\vec{V}_o, \vec{V}_p) = \frac{\sum_i |\vec{V}_{o_i}| |\vec{V}_{p_i}| \cos \theta_i}{\sum_i |\vec{V}_{o_i}| |\vec{V}_{p_i}|}$$

ここで、 \vec{V}_{o_i} : 風速ベクトル観測値 (i は時刻)

\vec{V}_{p_i} : 風速ベクトル計算値 (i は時刻)

$\cos \theta_i$: 風速ベクトルのなす角

東海地域の各観測局の観測値と計算値の風速ベクトル相関係数を図 3. 2. 9 に示す。同様に大飯地域について図 3. 2. 10 に示す。これらの結果から以下のことを確認した。

- ・東海地域における相関係数の最大値は 0.824 (阿字ヶ浦)、最小値は 0.392 (常陸那珂) であった。また、大飯地域における相関係数の最大値は 0.832 (西脇)、最小値は -0.068 (赤崎 MS) であった。
- ・東海地域における相関係数は、2 局 (常陸那珂及び那珂町横堀) で 0.5 未満であった他、いずれも 0.6 以上であり、0.7~0.8 の値が多い。これに対して大飯地域では、0.6~0.7 が 15 局で多く、0.4 から 0.8 にかけて全体的にばらついており、0.4 未満のものが 19 局ある。したがって観測値と計算値の相関は東海地域に比べて大飯地域がかなり低い結果となっている。

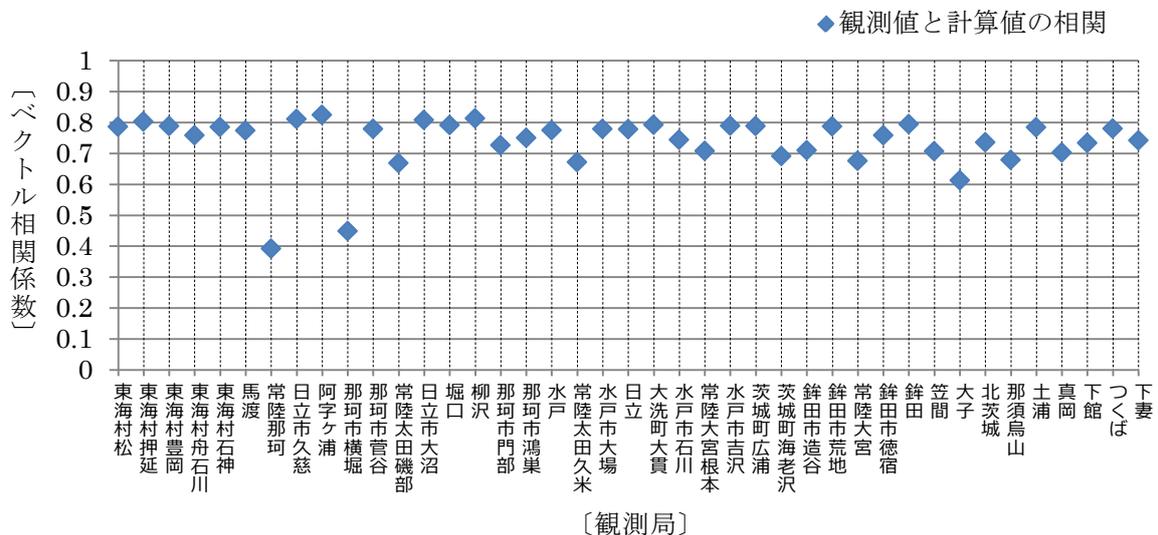
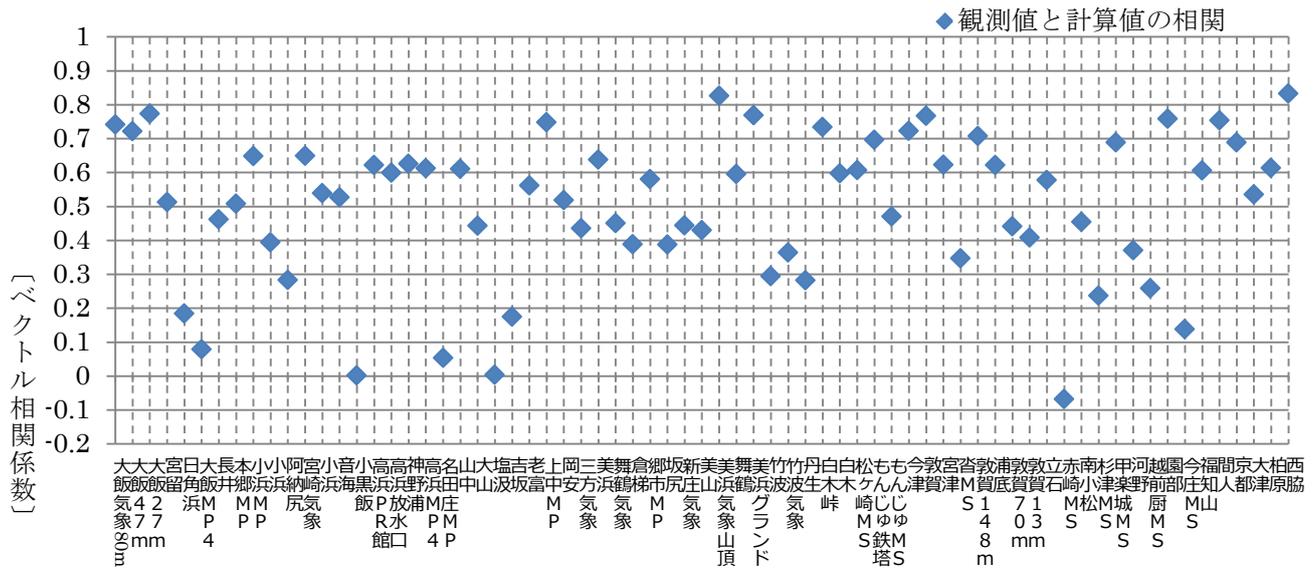


図 3. 2. 9 各観測局の観測値と計算値の風速ベクトル相関係数 (東海地域、2012 年 1 年間の 1 時間値を使用)



〔観測局〕
 図3. 2. 10 各観測局の観測値と計算値の風速ベクトル相関係数
 (大飯地域、2012年1年間の1時間値を使用)

次に、相関が低い観測局において観測値と計算値の風向の関係がどのようになっているかを調べるため、相関が低い観測局を選んで各観測値の風向に対して計算でどの風向を算出しているか頻度を整理した。対象とした観測局は、東海地域の常陸那珂、那珂町横堀及び大飯地域の名田庄 MP、赤崎 MS の計4局である。整理した結果を表3. 2. 3及び表3. 2. 4に示す。これらの結果から以下のことを確認した。

- ・東海地域の常陸那珂、那珂町横堀では、観測値のほぼ全方向について計算値は観測値から2～3方位反時計回りにずれた風向の頻度が最も高く、一種の系統誤差が生じている。このことが相関係数を低くしている原因と考えられる。
- ・大飯地域の名田庄 MP は丹波山地を東西に流れる川を伴う谷間で、北側に山が迫り南側が少し開けたところに位置している。観測値は南南西～西及び東の風向が多いのに対して計算値は南～南南東及び西北西～北北西が多い。計算値の風向は、観測値の風向によらず南南東～南または西北西～北北西となっており、このことから相関が低いことがわかる。
- ・大飯地域の赤崎 MS は敦賀湾東岸のさらに東に奥まった小湾に面した住宅地内にあり、西側の海及び北東方向の谷が開けている他はほぼ山に囲まれているところに位置している。観測値の風向は北東が非常に多い(25%)他、東北東、西南西、東南東の比較的多いのに対して計算値は西北西～北北東が多い。観測値では北東の風が圧倒的に多いのに対して計算値の風向はばらついた結果となっており、相関が低くなっている。

表3. 2. 3 観測値風向に対する計算値風向の分布

◎常陸那珂局の風向頻度(2012年間の1時間値)

		観測値の風向																	小計(無風を除く)
		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	無風	
計算値の風向	NNE	27	30	45	93	49	18	3	2	2	0	0	0	3	2	3	8	2	285
	NE	25	22	33	248	297	71	8	5	2	0	1	0	4	1	4	17	3	708
	ENE	17	4	17	87	257	208	26	13	2	6	3	1	4	1	2	11	1	659
	E	4	2	7	17	50	68	37	28	15	8	2	3	5	4	3	5	2	258
	ESE	7	1	4	19	42	33	27	39	11	5	3	5	1	3	5	7	2	207
	SE	5	1	10	8	16	29	31	22	91	64	16	13	8	4	5	7	4	340
	SSE	2	2	3	11	16	9	13	24	65	104	44	12	14	4	8	4	9	335
	S	4	2	1	9	10	15	8	7	31	49	81	40	30	12	10	7	7	316
	SSW	6	3	3	6	13	7	9	11	25	53	97	100	34	14	16	10	4	403
	SW	13	4	3	3	6	6	0	6	2	12	7	22	79	49	28	28	14	268
	WSW	21	9	3	4	3	3	3	2	3	6	4	9	34	66	46	34	4	250
	W	49	12	8	5	5	5	7	2	3	5	6	7	32	82	142	152	6	522
	WNW	221	63	19	19	17	10	11	3	8	7	4	8	32	58	142	298	6	918
	NW	245	124	48	24	28	25	14	8	5	4	7	10	14	24	49	156	3	789
	NNW	109	91	69	40	25	13	9	5	7	5	1	7	8	11	24	49	8	473
	N	35	31	31	20	11	14	5	1	1	2	0	1	0	2	3	10	1	167
	無風	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	794	401	304	597	784	559	215	164	287	308	234	233	372	355	486	803	87	6896	

◎那珂町横堀局の風向(2012年間の1時間値)

		観測値の風向																	小計(無風を除く)
		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	無風	
計算値の風向	NNE	62	24	42	39	13	15	6	5	0	2	0	1	1	4	10	30	16	254
	NE	21	33	51	180	118	31	10	3	3	1	1	0	2	2	5	33	16	494
	ENE	16	25	17	101	268	212	62	18	4	1	3	2	1	2	6	20	11	756
	E	4	13	5	13	42	182	111	57	23	6	4	2	2	3	5	10	12	482
	ESE	6	5	6	10	18	57	102	90	41	7	2	3	1	4	7	7	8	366
	SE	8	7	11	9	13	43	70	134	89	6	5	7	4	5	5	8	8	424
	SSE	6	5	6	10	13	19	36	54	98	21	7	10	4	4	6	17	16	313
	S	9	13	3	6	2	9	11	30	68	51	37	14	11	9	12	10	25	295
	SSW	30	10	5	8	5	7	5	20	29	49	69	68	41	25	13	29	28	405
	SW	21	8	5	6	1	14	2	12	5	6	14	26	38	36	24	34	16	250
	WSW	28	9	10	5	2	3	6	5	8	5	4	7	14	37	51	44	10	238
	W	54	14	5	4	3	13	4	7	2	9	12	19	25	53	86	99	19	409
	WNW	202	61	19	14	5	12	11	10	12	11	14	19	54	75	167	352	39	1038
	NW	428	140	49	22	23	37	23	16	14	12	10	16	38	57	107	402	78	1394
	NNW	221	145	80	45	42	36	23	25	4	8	10	10	15	32	55	142	29	893
	N	70	51	39	25	23	17	8	6	2	0	2	1	5	5	11	44	17	309
	無風	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	1186	581	353	497	589	707	490	492	393	195	194	203	256	353	570	1281	348	8320	

■ 観測値風向と計算値風向が一致する頻度
 ■ 観測値の各風向に対して最大となる計算値風向の頻度

表3. 2. 4 観測値風向に対する計算値風向の分布

◎名田庄MP局の風向頻度(2012年間の1時間値)

		観測値の風向																	小計(無風を除く)
		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	無風	
計算値の風向	NNE	4	2	4	39	14	1	3	4	4	11	7	7	8	10	3	3	24	124
	NE	0	0	0	12	3	1	2	0	4	2	2	0	6	1	3	0	14	37
	ENE	0	0	0	2	3	1	0	2	1	1	3	1	0	0	2	0	7	19
	E	1	0	1	3	3	0	1	1	3	1	1	1	1	0	0	0	7	18
	ESE	0	1	1	4	0	0	0	2	2	3	0	0	0	0	1	0	8	15
	SE	13	17	16	19	7	1	3	6	6	37	14	5	7	3	7	12	18	173
	SSE	60	58	52	34	20	11	6	18	46	124	59	55	31	34	26	60	52	709
	S	41	30	45	26	13	14	6	40	57	162	116	76	46	36	31	27	122	766
	SSW	7	15	15	16	8	4	6	13	54	64	52	27	25	13	5	7	98	321
	SW	6	7	12	10	7	1	4	20	21	77	24	20	17	8	5	2	84	241
	WSW	2	5	10	9	6	4	6	13	22	31	38	24	10	8	6	4	93	198
	W	6	10	21	15	9	9	10	30	39	61	43	31	17	26	15	13	146	355
	WNW	15	23	20	28	16	9	12	30	52	83	46	51	40	30	19	20	123	494
	NW	15	18	16	23	16	10	10	17	32	52	60	45	32	19	17	17	91	399
	NNW	8	18	23	54	26	13	11	18	31	68	43	40	43	38	24	11	76	467
	N	5	7	45	163	49	20	5	6	18	18	22	21	21	28	7	5	45	440
	無風	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	183	212	288	456	203	99	85	220	392	785	530	404	304	252	181	182	1009	4776	

◎赤崎MS局の風向(2012年間の1時間値)

		観測値の風向																	小計(無風を除く)
		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	無風	
計算値の風向	NNE	40	131	68	41	63	35	11	7	17	18	48	34	7	2	2	21	25	545
	NE	19	86	32	13	16	7	2	3	5	7	29	23	4	3	0	10	11	253
	ENE	5	27	18	3	5	1	2	1	5	7	6	8	0	2	0	1	14	86
	E	7	25	17	4	3	1	0	0	2	5	11	0	0	0	0	5	9	70
	ESE	4	63	25	5	8	3	1	0	5	4	9	4	0	0	1	5	10	137
	SE	13	125	49	22	15	1	0	4	6	8	17	7	2	0	0	45	26	314
	SSE	28	188	64	23	30	13	2	8	24	43	54	18	2	4	3	67	32	571
	S	21	112	60	29	27	10	5	3	17	44	38	6	2	7	3	31	34	415
	SSW	18	59	18	11	6	4	0	1	7	10	6	2	2	0	1	15	17	160
	SW	12	53	8	10	6	1	1	1	4	10	7	1	1	0	0	3	20	118
	WSW	25	61	29	13	9	3	1	1	7	21	12	0	1	1	0	4	37	188
	W	20	86	32	10	10	1	1	4	14	59	62	11	2	0	0	11	37	323
	WNW	17	82	39	32	36	17	10	11	31	64	77	20	3	0	4	7	59	450
	NW	35	93	45	52	76	42	8	13	54	32	41	15	3	3	3	23	47	538
	NNW	29	112	42	41	85	50	16	12	35	23	26	20	2	1	0	11	30	505
	N	36	99	42	23	72	38	17	9	24	14	39	18	2	1	2	14	43	450
	無風	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	329	1406	585	332	487	227	77	78	255	366	476	188	33	24	19	273	451	5135	

■ 観測値風向と計算値風向が一致する頻度
 ■ 観測値の各風向に対して最大となる計算値風向の頻度

iii) 検討結果まとめ

実気象情報の代表性について東海地域及び大飯地域の観測局を例にとって検討した結果は以下のとおりである。

東海地域については、常陸那珂、那珂町横堀、常陸太田磯部、常陸太田久米、常陸太田久米、常陸大宮根本、茨城町海老沢、銚田市徳宿の7局について検討した。

- ・常陸那珂及び那珂町横堀の両局とも他局との相関及び計算値との相関のいずれも低い。地形等の周辺環境に強い局地性を生じさせる決定的な原因は見当たらないが、近くに森林等の樹木があり、その影響を受けている可能性がある。また、両局の相関が高いことと観測値と計算値の風向に系統的な誤差が生じている可能性があることから、観測及び観測データの処理を含めて、両局に共通した何らかの原因がある可能性も考えられる。以上のことから、常陸那珂及び那珂町横堀の両局は代表性が低いと考えられる。
- ・常陸太田磯部、常陸太田久米、常陸太田久米、常陸大宮根本、茨城町海老沢、銚田市徳宿の5局については、10km以内にある周辺観測局の半数以上の局との相関が0.7~0.8で他局との相関は比較的低いものの計算値との相関は0.6以上で一定の相関があることを確認した。風向頻度の傾向は各局の周辺地形の特性と整合するものがあり、局地性を有するとしても計算モデルに表現されている程度の局地性と考えられ、同化計算に用いる上では問題ないと考えられる。以上のことから一定の代表性があると考えられる。

以上についてまとめた結果を表3. 2. 3に示す。

大飯地域については、日角浜、大飯 MP4、阿納尻、小黒飯、名田庄 MP、塩汲、吉坂、赤崎 MS の8局について検討した。

- ・日角浜、大飯 MP4、阿納尻、小黒飯、名田庄 MP、塩汲、吉坂、赤崎 MS の8局については、10km以内にある周辺観測局の半数以上の局との相関が0.6未満で、塩汲及び吉坂については半数以上の局との相関が0.2未満で低かった。大飯地域においては、海岸近くは半島や湾が多く、内陸側では山地、盆地及び谷地が多い。このような地形条件では例え観測局間の距離が小さくとも相関が小さくなる場合が多くなると考えられる。また、各局の観測値風向の頻度特性は、周辺地形の特長と整合していると考えられる。日角浜、小黒飯及び名田庄 MP については、近隣樹木の影響が避けがたいが、地形特徴をやや増幅する（例えば山地や崖であれば少し高さを増す）程度と考えられるので、その影響を個別に考慮する必要はないと考えられる。以上のことから、観測局間の相関を見る限り、これら8局の代表性が低いとは必ずしも言えないと考えられる。
- ・一方、観測値に対する計算値の相関が低いことについては、計算モデルにおいて実際の地形条件を細部まで表現していないことが原因の可能性が考えられる。計算モデルは2kmメッシュで100km範囲の影響を評価しようとしているのに対し、気象観測では、数10~数100m規模で大きく変化する地形にともなう局所的な現象を捉えていると考えられる。このことから、計算結果の補正にこれらの観測値を利用する上では代表性は低いものと考えられる。

以上についてまとめた結果を表3. 2. 4に示す。

表3. 2. 3 他局と相関及び計算値との相関が低い観測局の代表性分析結果（東海）

	他局との相関	平成15年度調査の評価	計算値との相関	周辺環境の影響可能性	本調査の評価
常陸那珂	那珂市横堀を除く全局と相関が低い	ランクA	低い(0.392)	・近隣樹木	代表性が低い
那珂市横堀	常陸那珂を除く全局と相関が低い	ランクA	低い(0.448)	・近隣樹木	
常陸太田市磯部	半数以上の局と相関が0.7~0.8	ランクA	普通(0.668)	・周辺地形	一定の代表性あり
常陸太田市久米		調査なし	普通(0.671)	・隣接建屋 ・周辺地形	
常陸大宮根本		ランクA	普通(0.707)	・周辺地形	
茨城町海老沢		ランクA	普通(0.691)	・近隣樹木	
銚田市徳宿		調査なし	普通(0.758)	・隣接建屋 ・周辺地形	

表3. 2. 4 他局と相関及び計算値との相関が低い観測局の代表性分析結果（大飯）

	他局との相関	平成15年度調査の評価	計算値との相関	周辺環境の影響可能性	本調査の評価
日角浜	半数以上の局と相関が0.6未満	ランクA	低い(0.184)	・周辺地形 ・近隣樹木	代表性が低い
大飯MP4	半数以上の局と相関が0.4未満	ランクA	低い(0.079)	・周辺地形	
阿納尻	半数以上の局と相関が0.6未満	ランクA	低い(0.283)	・周辺地形	
小黒飯	半数以上の局と相関が0.4未満	ランクA	低い(0.001)	・周辺地形 ・近隣樹木	
名田庄MP	半数以上の局と相関が0.4未満	ランクB	低い(0.053)	・周辺地形 ・近隣樹木	
塩汲	半数以上の局と相関が0.2未満	ランクB	低い(0.003)	・周辺地形	
吉坂	半数以上の局と相関が0.2未満	ランクB	低い(0.175)	・周辺地形	
赤崎MS	半数以上の局と相関が0.4未満	ランクA	低い(0.184)	・周辺地形	

(5) 代表性を考慮した実気象情報による補正効果の確認

i) 補正効果の確認方法

実気象情報の代表性を補正に用いる情報の選定の参考として活用できないかを確認するため、(3)で検討した実気象情報の代表性をもとに、補正に用いる観測局の組合せを変えて計算を行い、その補正の効果について確認した。

補正の効果を確認するために実施した計算の条件は表3. 2. 5のとおりである。

表 3. 2. 5 計算条件

対象地域	東海及び大飯（いずれも約 100km 四方）
対象期間	2012 年 1 月 1 日～1 月 31 日
計算方法	前日 21 時初期値 GSM を用いて、前日 21 時から当日 24 時までの 27 時間計算を 31 日分実施
同化する時間帯	前日 21 時から当日 24 時までの全時刻

計算において同化に用いた観測局の組合せは表 3. 2. 6 のとおりである。

表 3. 2. 6 同化に用いた計算条件

ケース番号	東海地域対象の計算の同化に使用した局	大飯地域対象の計算の同化に使用した局
1	同化なし	同化なし
2	全局（41 局）	全局（69 局）
3	アメダス局のみ（13 局）	アメダス局のみ（14 局）
4	代表性が低い 2 局（常陸那珂、那珂町横堀）を除く全局	代表性が低い 2 局（名田庄 MP、赤崎 MS）を除く全局
5	代表性が低い 1 局（常陸那珂）のみ	代表性が低い 1 局（名田庄 MP）のみ
6	代表性が低い 1 局（那珂町横堀）のみ	高層観測データ（大飯気象 80m）を除く全局（68 局）

補正の効果は、各ケースにおいて得られた 2km メッシュの風速場から観測局位置の風速ベクトルを内挿で求め、それを観測値と同じ風向（16 方位）と風速絶対値に変換し、観測値と比較することにより確認した。比較は風向と風速のそれぞれについて、対象期間全体（1 カ月間）の平均誤差及び二乗平均誤差を算出して行った。

ii) ケーススタディの結果

ケーススタディによる風向と風速に関する平均誤差と二乗平均誤差を整理した結果を図 3. 2. 11～図 3. 2. 18 に示す。図はいずれも、横軸をケース番号、縦軸を平均誤差または二乗平均誤差とし、各観測局における平均誤差または二乗平均誤差をグラフにしたものである。平均誤差は 1 時間毎の観測値と計算値の誤差を対象期間（1 カ月間）について平均したものである。二乗平均誤差も同様である。また、表示する観測局は各地域の原子力施設に近い順に 25 局とした。グラフからケースによる平均誤差の変化または二乗平均誤差の変化を見ることができる。

各結果については以下のとおりである。

①東海地域の風向

- ・風向の平均誤差（図 3. 2. 11）を見ると、常陸那珂、那珂町横堀、常陸太田磯部の 3 局は平均誤差の絶対値が 1 方位以上となるケースが多い。このこと

は、観測値に対して計算値に一定方向のずれ、すなわち系統的な誤差があることを示している。常陸那珂及び那珂町横堀については(3)においても系統誤差の可能性を確認している。

- ケース5（常陸那珂のみ同化）及びケース6（那珂市横堀のみ同化）では、ほぼ全局に対して一定方向のずれを拡大させる結果となっている。すなわち全局において系統誤差が増加していることを示している。従ってこれら2局による同化は他局における計算精度を低下させるおそれがあると考えられる。
- また、風向の二乗平均誤差（図3. 2. 12）を見ると、ケース5（常陸那珂のみ同化）によりケース1（同化なし）よりも全体的に誤差が大きくなっている。このことは、同化することで逆に誤差が大きくなったことを示している。
- しかし、ケース4（代表性が低い2局を除いて同化）はケース2（全局同化）と平均誤差及び二乗平均誤差とも大差ない。このことから、代表性の小さい局のみで同化する場合は明確に影響が現れることがあるが、多くの観測局の中に多少代表性が低い局が含まれている場合は、全体の精度にそれほど大きな影響を与えないのではないかと考えられる。
- ケース1、2、3及び4について比較すると、観測局点数が多いほど誤差が小さくなる傾向があることがわかる。

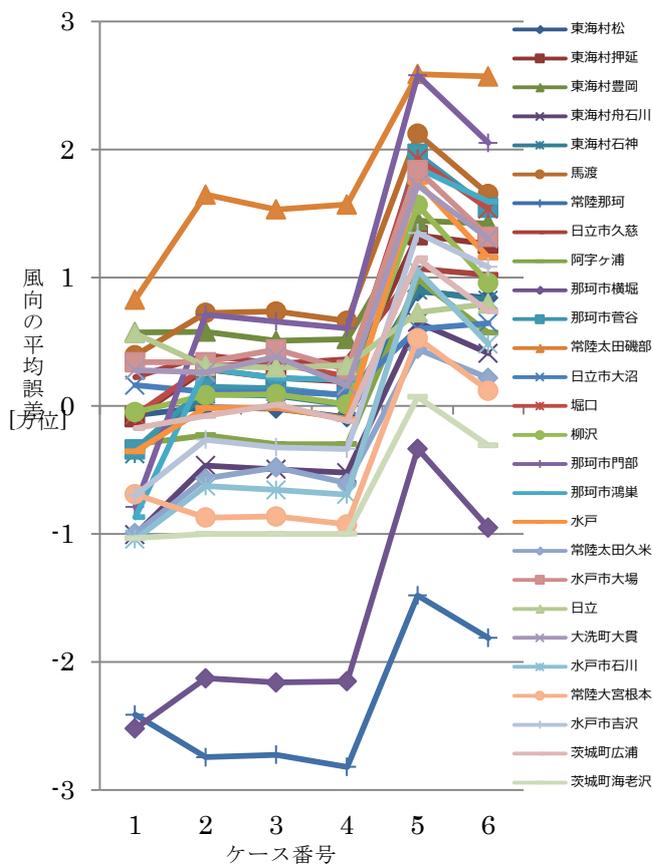


図3. 2. 1 1 風向の平均誤差
(東海地域、2012年1月)

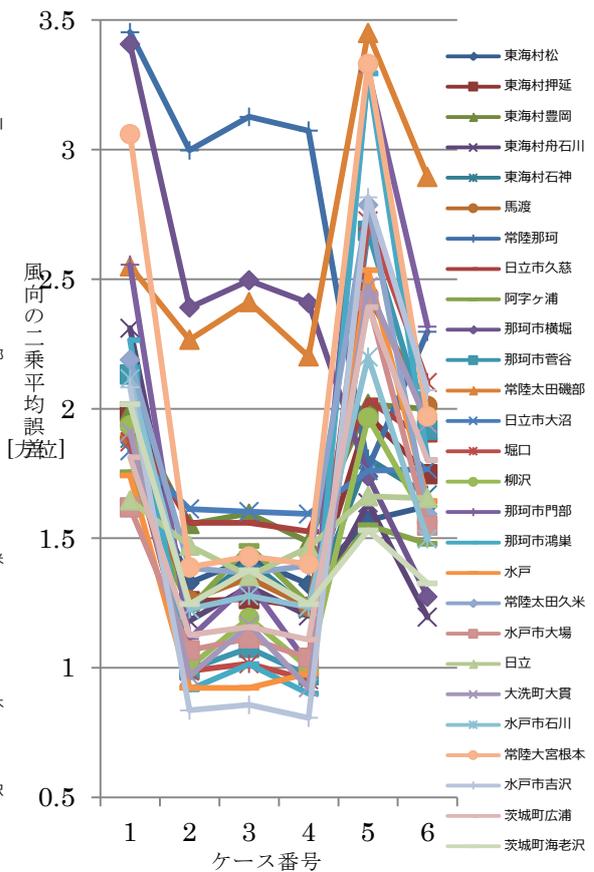


図3. 2. 1 2 風向の二乗平均誤差
(東海地域、2012年1月)

②東海地域の風速

- 風速の平均誤差 (図3. 2. 1 3) のケース2 (全局同化) で見ると、大洗町大貫、常陸那珂、東海村松の平均誤差が 1m/s 程度またはそれ以上で風速が系統的に大きくなっている。また、水戸、常陸太田久米の平均誤差の絶対値が -1m/s 程度またはそれ以上で風速が系統的に小さくなっている。
- 風速の平均誤差 (図3. 2. 1 3) のケース3 (アメダス局のみ同化) で見ると全体的にグラフの値が上に持ち上がっており、ケース1 (同化なし) やケース2 (全局同化) に比べて計算値の風速が大きくなる傾向が見られる。これも系統的な誤差の1つと考えられる。
- ケース5及びケース6 (代表性の低い局のみによる同化) は、ケース1 (同化なし) よりも誤差が増大する傾向が見られ、代表性の低い局のみによる同化は同化しないよりも劣る可能性があることは①と同様である。
- ケース1、2、3及び4について比較すると、観測局点数が多いほど誤差が小さくなる傾向があることも①と同様である。

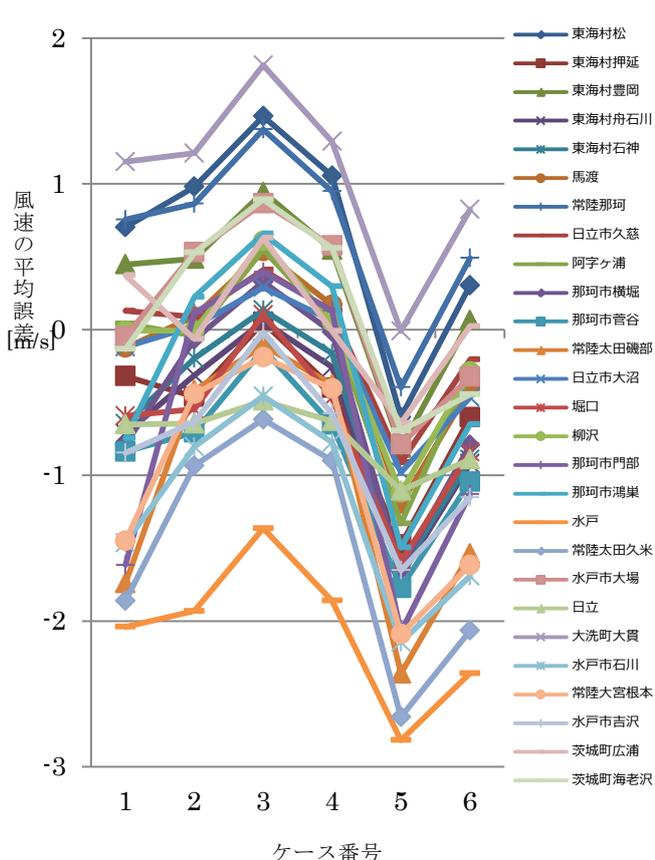


図3. 2. 13 風速の平均誤差
(東海地域、2012年1月)

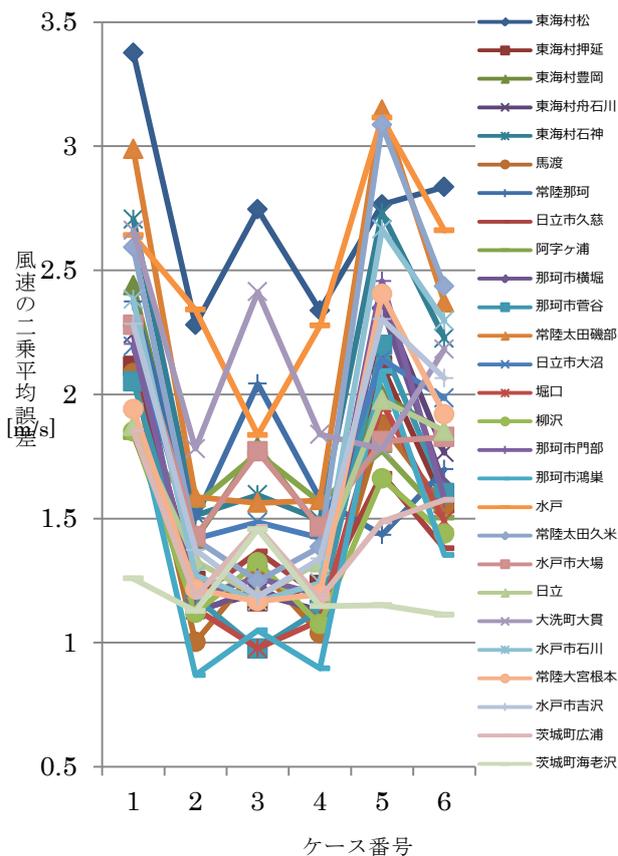


図3. 2. 14 風速の二乗平均誤差
(東海地域、2012年1月)

③大飯地域の風向

- ・風向の平均誤差 (図3. 2. 15) を見ると、塩汲、大山、小浜、老富、小黒飯、岡安、吉坂、阿納尻の8局は平均誤差がおよそ1方位以上時計回りにずれており、それぞれ系統的な誤差が生じていると考えられる。逆に反時計回りにずれているのは最大でも神野浦の約0.7で比較的小さくなっている。
- ・ケース1 (同化なし)、ケース3 (アメダス局のみ同化) 及びケース5 (名田庄MPのみ同化) では、ほぼ全局に対して平均誤差のグラフが持ち上がっており、時計回りのずれを拡大させる傾向にある。逆にケース2 (全局同化) では誤差が-1から1方位に収まっているものが多く、多数の局で同化することにより系統的な誤差が抑えられているとも考えられる。
- ・ケース5 (名田庄MPのみによる同化) は、ケース1 (同化なし) よりも誤差が増大する傾向が見られ、代表性の低い局のみによる同化は同化しないよりも劣る可能性があることは東海地域の結果①②と同様である。
- ・ケース1、2、3及び4について比較すると、観測局点数が多いほど誤差が小さくなる傾向があることも東海地域の結果と同様である。
- ・また、ケース6 (大飯気象120mを除いて同化) はケース2 (全局同化) に対して顕著な差は見られず、高層気象データの有無による結果への影響を見出すことはできなかった。

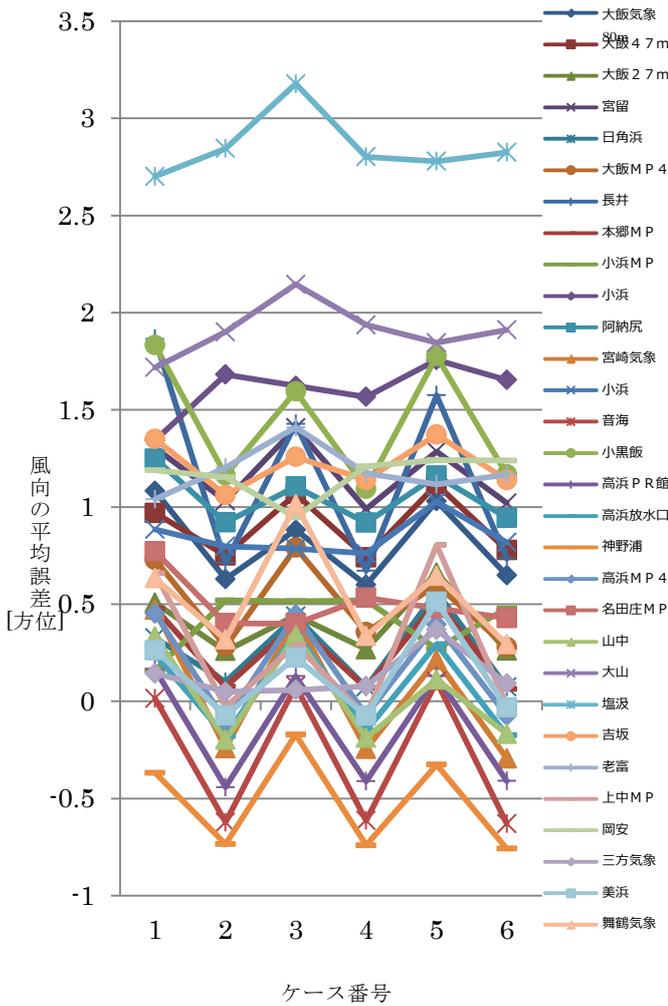


図3. 2. 15 風向の平均誤差
(大飯地域、2012年1月)

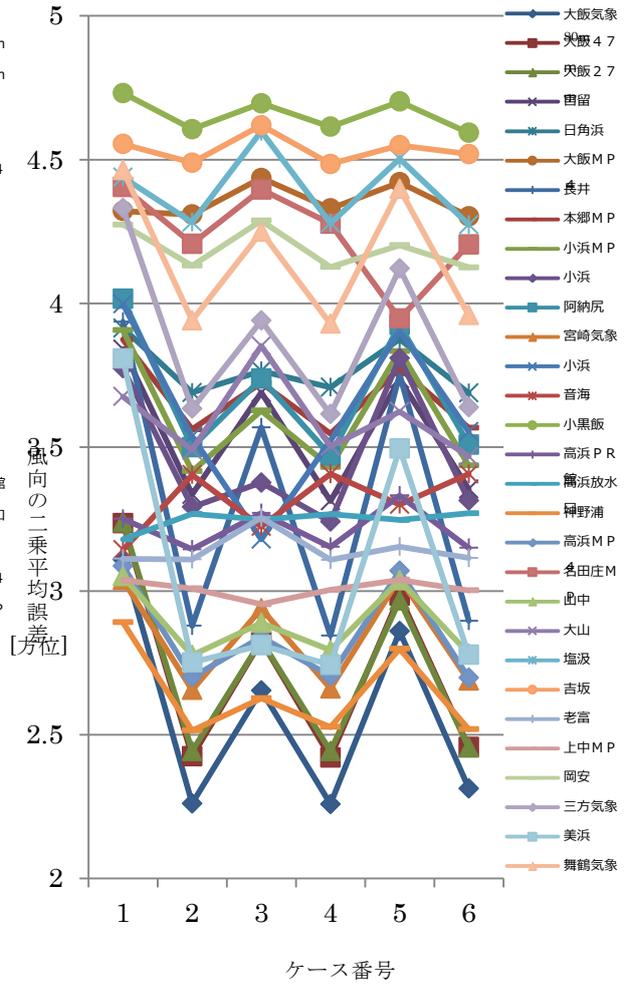


図3. 2. 16 風向の二乗平均誤差
(大飯地域、2012年1月)

④大飯地域の風速

- ・風速の平均誤差（図3. 2. 17）を見ると、全体的に平均誤差が正となるものが多い。ケース2（全局同化）においても誤差は小さくなっているものの、平均誤差の最大は日角浜で約2.3m/sであり、大飯MP4及び小黒飯でも2m/sを超えている。以上のことから、全体的に計算値の方が観測値よりも風速が大きい傾向にあることがわかる。
- ・ケース5（名田庄MPのみによる同化）は、ケース1（同化なし）よりも誤差が増大する傾向が見られ、代表性の低い局のみによる同化は同化しないよりも劣る可能性があることは東海地域の結果①②及び大飯地域の結果③と同様である。
- ・ケース1、2、3及び4について比較すると、観測局点数が多いほど誤差が小さくなる傾向があることも東海地域の結果及び大飯地域の結果③と同様である。
- ・また、ケース6（大飯気象120mを除いて同化）はケース2（全局同化）に対し

て顕著な差は見られず、高層気象データの有無による結果への影響を見出すことはできなかったことは大飯地域の結果③と同様である。

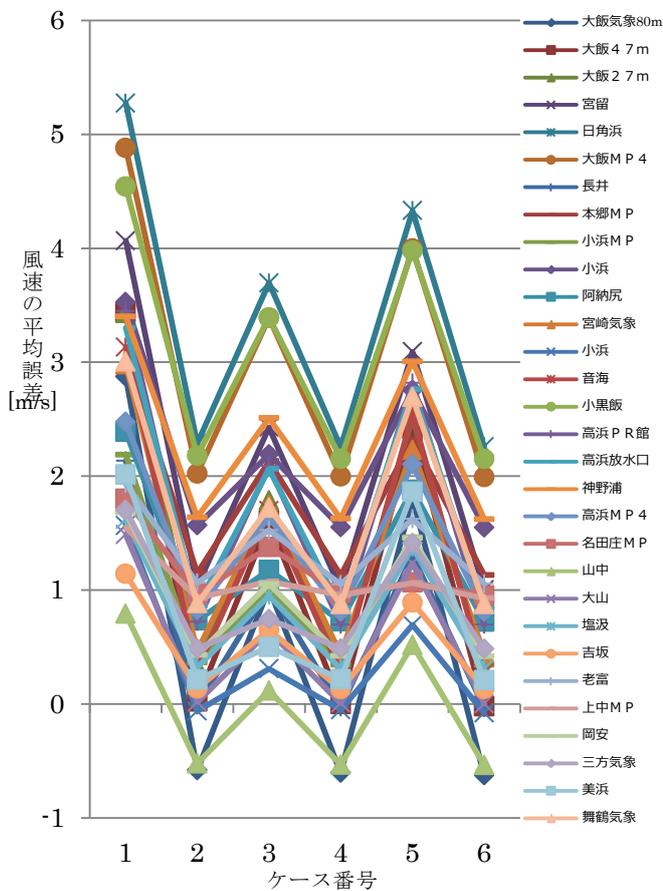


図 3. 2. 17 風速の平均誤差
(大飯地域、2012 年 1 月)

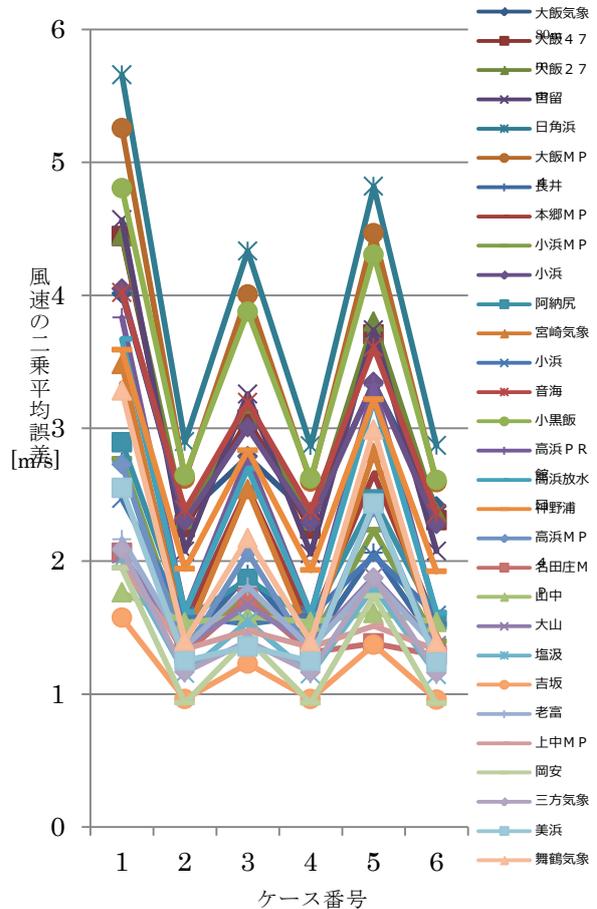


図 3. 2. 18 風速の二乗平均誤差
(大飯地域、2012 年 1 月)

(6) まとめ

i) 調査の成果

SPEEDI の計算結果の精度向上に資するため、補正に使用する実気象情報を効果的に選定するための参考となる目安とすべく、実気象情報に求められる要件としてその代表性について検討した。検討結果は以下のとおりである。

- ・他局との観測値の相関及び観測値と計算値の相関を指標とし、観測局の周辺状況（地形、建屋、樹木等）と併せて分析することにより、実気象情報の代表性を評価することができる。
- ・代表性の低い観測局による実気象情報で計算結果を補正することは、計算結果に悪影響を及ぼす可能性がある。
- ・補正に使用する実気象情報が多い場合は、代表性の低い観測局の情報を除いても効果は大きくないと考えられる。

- ・補正に使用する実気象情報を増やすことにより結果の誤差を小さくすることが可能と考えられる。
- ・高層気象データの利用による精度向上については、使用した場合としない場合の単純な比較では効果を確認できなかった。

ii) 今後の課題

今後、計算結果の精度向上のため、今後は取り組むべきと考える課題は以下のとおりである。

個別の気象条件における補正の検討

本調査では、主に統計的な分析により実気象情報の取捨選択の参考情報が得られることを確認した。今後は、計算モデルの改善につながる知見を得ることを目的として、補正内容の分析を個別の気象条件まで深めて行うことが有効と考えられる。

②高層気象データによる補正の検討

高層気象データはその地域全体の気象を代表する情報と考えられることから精度向上のため利用が期待されている。本調査の統計的な分析では補正による顕著な影響を確認できなかったことから、確認方法から検討し直し、高層気象データの利用に資する知見を獲得することが必要考えられる。

参考資料

- (1) 気象庁「気象観測の手引き」（平成 19 年 12 月改訂）
- (2) 大気モニタリングの在り方に関する検討会「大気環境モニタリングの在り方について- 報告書-」（平成 17 年 6 月）環境省
- (3) 露木義・川畑拓矢（編集）「気象学におけるデータ同化 気象研究ノート第 217 号」（平成 20 年）日本気象学会
- (4) 二宮洗三「気象観測とデータ」（平成 25 年 1 月）気象学会機関誌「天気」
- (5) 環境省「平成 16 年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書」
- (6) 石川裕彦・植田洋匡・永井晴康「噴煙及び火山性ガスの拡散シミュレーションとその火山防災への応用（平成 16 年）」
- (7) 原子力安全技術センター「同化用気象観測地点の調査」（平成 15 年度）

3. 3. 計算結果の精度向上に係る実気象情報の課題及び改善点

(1) 調査の背景と目的

SPEEDI の計算精度に大きく影響する気象計算は、気象庁で作成される数値予報（以下、「GPV データ」という。）を主な入力情報として取り扱うが、その他、実気象情報（気象庁や地方公共団体が観測した気象観測値）をオンラインで入手し、これを気象計算に取り入れて計算精度の向上を図っている（観測値同化）。

しかしながら、実気象情報を SPEEDI の気象計算に利用するにあたっては、いくつかの課題及び改善が可能な点がある。

本調査では、SPEEDI の計算精度のさらなる向上のために、これらの課題の解決や改善点を検討するとともに、実施可能性等について調査し、とりまとめることを目的とする。

(2) 調査の概要

SPEEDI の計算結果の補正のために用いている実気象情報の課題を整理し、それぞれに対して解決策を検討した。その他、改善点についても検討し、実施可能性について調査した。課題及び改善点に係る項目を以下に示す。

(課題)

- 降水量情報の精度向上
- 100km を超える計算における海面水温データの利用
- 100km 四方の計算における任意気象条件の設定
- カルマンフィルターによる将来時刻同化

(改善点)

- ライダーデータ等の活用
- GPV データの効果的活用

(3) 課題の解決策の検討

i) 降水量情報の精度向上

降水量情報は、放射性物質の湿性沈着計算に係る重要なパラメータであり、放射性物質の拡散計算精度を向上させるためには、実際の降水状況をより正確に反映することが重要であることから、降水量情報を精緻化するための検討を行う。

①現状の降水量情報の問題

図 3. 3. 1 に示す降水量と大気中濃度の減少割合のとおり、SPEEDI における放射性物質の湿性沈着計算においては、0.5mm/h 程度の弱雨であっても大気中濃度の減少を無視することはできない。しかしながら、過年度の調査において、次のような問題が確認された。

(過年度の調査で確認された降水量情報に係る問題)

- AMeDAS では「転倒ます雨量計」が使用されており、降水量が 0.5mm に達するまではカウントされないため、弱い降水のときには検出に時間遅れが生ずる可能性がある。
- 図 3.3.2 の 1 km メッシュ解析雨量を用いて計算した地表蓄積量には円形の分布が現れている。これはレーダーエコーが無い場所に AMeDAS で降水量がカウントされ、その周囲 10km 程度に雨域が設定されたためと考えられる。
- GPV の初期時刻の直後は予報モデルの性質上、降水量の精度が良くない。

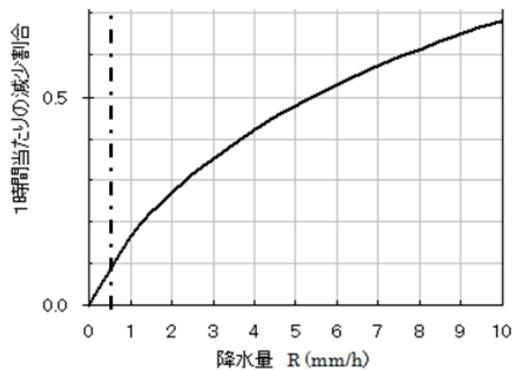


図 3.3.1 降水量と大気中濃度の減少割合

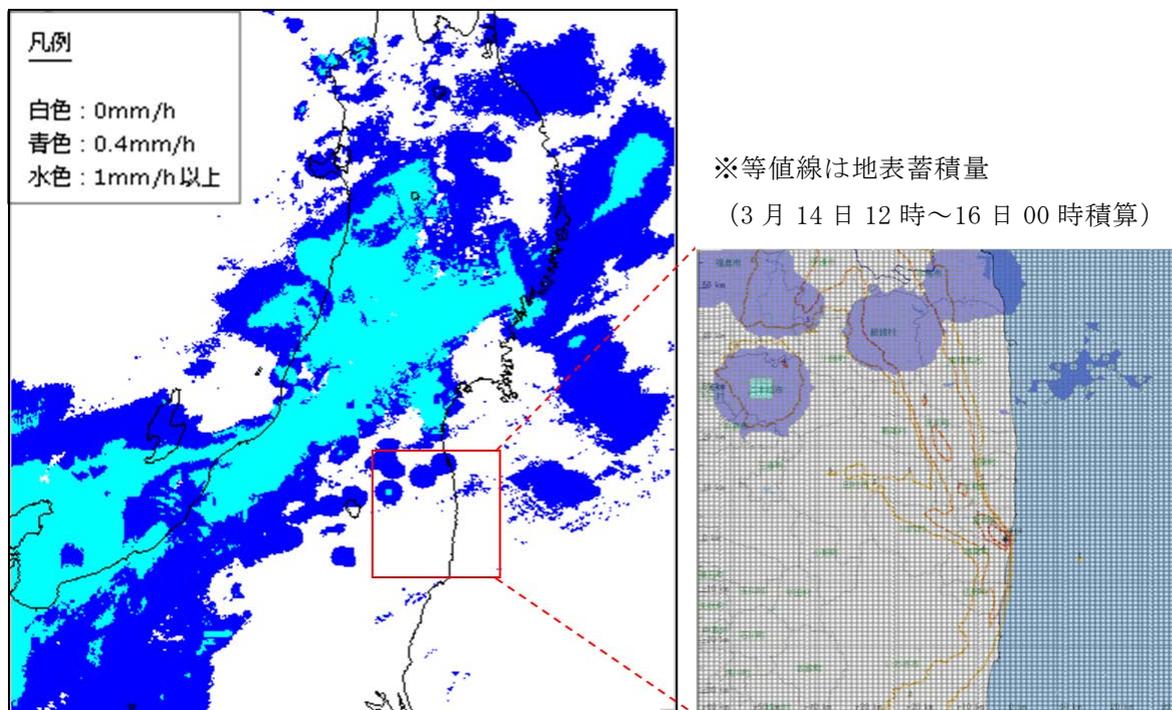


図 3.3.2 解析雨量データ利用の例 (東北地方、2011年3月15日19:00)

②降水量情報の扱いに係る課題解決策の検討

解析雨量データ、GPV データ (MSM、日本域 GSM) の降水量情報に係る問題点の解消、さらに、短時間の降水量変化に対応するために、以下の活用方策を検討した。

イ) 解析雨量及び全国合成レーダーエコー強度

- 解析雨量の、それに対応する 5 分毎 1 km メッシュ全国合成レーダーエコー強度の 1 時間積算値に対する比をメッシュ毎に算出する (全国合成レーダーエコー強度がゼロの地点を除く)。
- その比を補正係数として、5 分毎 1 km メッシュ全国合成レーダーエコー強度を補正する (但し、AMeDAS 観測点周辺等で補正係数が欠ける地域は最寄メッシュの係数を使用)。

ロ) 降水短時間予報

- 6 時間先までは GPV 降水量の代わりに 1 km メッシュ降水短時間予報をそのまま利用する。

なお、これらの活用方策の検討にあたっては、以下の情報に関する精度評価あるいは活用事例等の文献等を参考にし、特に弱雨時の計算精度向上に資する具体的な活用方策について検討した。

(情報収集の対象とした降水の関連情報)

- 1 km メッシュ全国合成レーダーエコー強度 GPV
- 1 km メッシュ解析雨量 GPV
- 1 km メッシュ降水短時間予報 GPV
- 感雨データ

(調査した文献：気象庁「配信資料に関する技術情報」)

- 第 162 号「1km メッシュ全国合成レーダーエコー強度 GPV の提供等について」
- 第 193 号「1km メッシュ解析雨量・降水短時間予報 GPV の提供等について」
- 第 238 号「国土交通省と気象庁のレーダーを統合した解析雨量について」
- 第 296 号「5 分毎 1 km メッシュ全国合成レーダーエコー強度 GPV の提供について」

表 3.3.1 1 km メッシュ降水量の各種 GPV データ

時間	GPV データ種類	概要	レベル値*
過去	① 1 km メッシュ全国合成 レーダーエコー強度 GPV	気象庁の気象レーダー（全国 20 台）で観測したエコー強度（換算降水強度）を全国合成したもの（5 分毎）	0.1mm/h 0.25mm/h 0.5mm/h 1mm/h 2mm/h
	② 1 km メッシュ 解析雨量 GPV	①に加えて、国土交通省レーダー（全 26 サイト）のエコー強度を統合したものを AMeDAS や都道府県等の雨量観測値で補正したもの（30 分毎）	0.4mm/h 0.6mm/h 1mm/h
未来	③ 1 km メッシュ 降水短時間予報 GPV	②による雨域の移動速度ベクトルに MSM 雨量予測を加味して 6 時間先までの雨量分布を予測したもの（30 分毎）	5mm/h 10mm/h

※ ②及び③のレベル値は最大降水強度により変動する。（強雨→粗、弱雨→細）

③活用方策の妥当性確認

課題解決のために検討した活用方策の妥当性を確認するため。試験環境を構築して降水量分布等から活用方策の効果を確認した。その結果、以下に示すように降水量情報が時間的空間的に精緻化され、活用方策の効果が得られたと考えられる。（図 3.3.3 及び図 3.3.4）

- 降水量情報が精緻化された。
- 弱雨時の AMeDAS 観測点周辺の不自然な雨域分布が解消された。
- 細かい時間変化の情報が得られるようになった。（30 分毎 → 5 分毎）

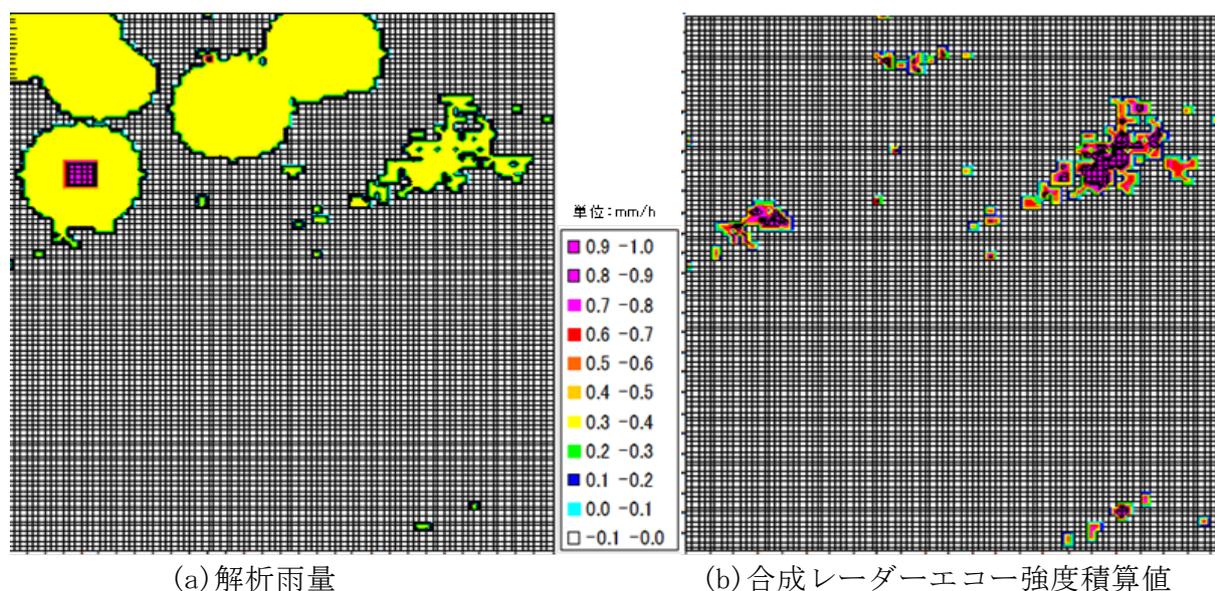
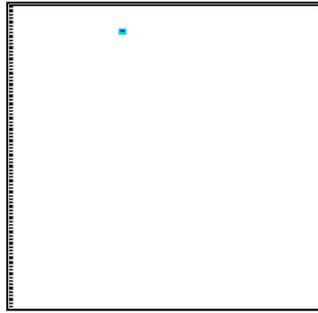
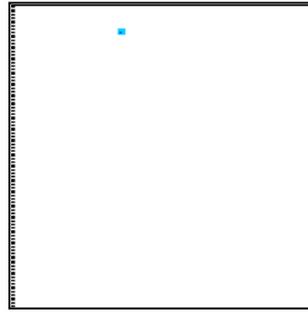


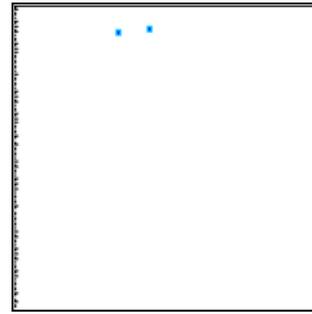
図 3.3.3 解析雨量と合成レーダーエコー強度分布の比較
（福島第二サイト 100km 四方、2011 年 3 月 15 日 18:00～19:00）



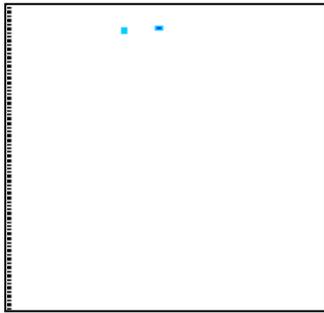
(a)18:時 05 分



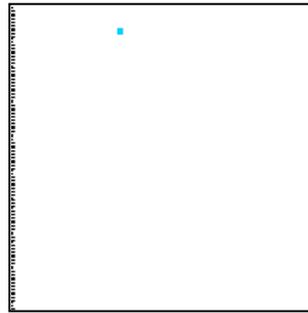
(b)18 時 10 分



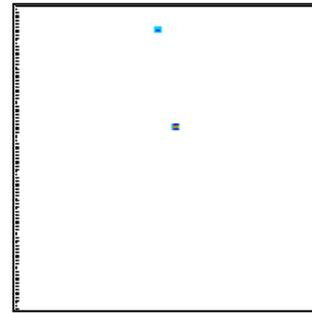
(c)18 時 15 分



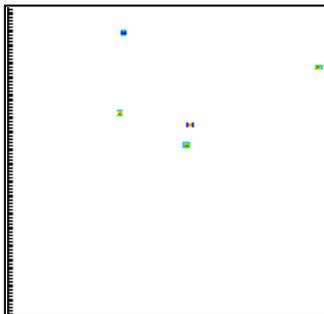
(d)18 時 20 分



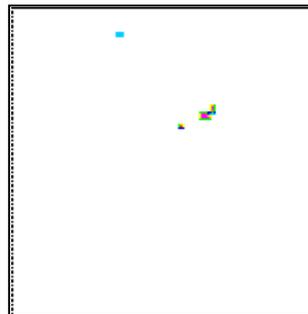
(e)18 時 25 分



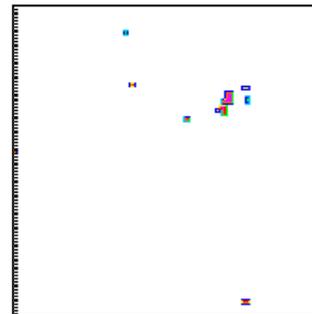
(f)18 時 30 分



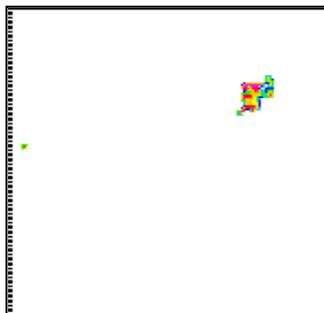
(g)18 時 35 分



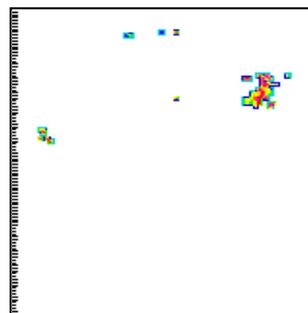
(h)18 時 40 分



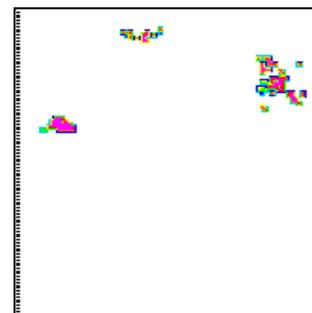
(i)18 時 45 分



(j)18 時 50 分



(k)18 時 55 分



(l)19 時 00 分

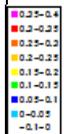


図 3. 3. 4 補正後の 5 分毎合成レーダーエコー強度分布
(福島第二サイト 100km 四方、2011 年 3 月 15 日)

ii) 100km 四方を超える範囲の計算における海面水温データの利用

計算精度の向上を図るため、100km 四方を超える範囲（以下「拡大領域」という。）の計算において、海面水温 GPV データを利用するためのシステム改良を行う。

①拡大領域の気象計算に海面水温 GPV データの利用

SPEEDI の広域及び狭域の気象計算では、毎日配信される海面水温 GPV データを利用しているが、SPEEDI の拡大領域の気象計算においては、このための機能が備え付けられていない。

計算精度を向上させる観点からは、海面水温 GPV データの利用が望ましいことから、拡大領域の気象計算においても、海面水温 GPV データを利用できるよう、システムの改良が必要である。

②システム変更仕様の検討

拡大領域計算で使用している気象計算モデル MM5 に海面水温のデータを入力する方法を検討し、以下のように仕様をとりまとめた。

● 拡大領域計算用の海面水温 GPV データ取得処理の作成

配信された海面水温データを、MM5 で利用可能な形式に変換する処理を作成する。

● 拡大領域計算実行処理の改良

現行の計算領域拡大機能に、海面水温データを利用した計算を実行するために必要なパラメータの変更等の改良を行う。

③システム変更の実施及び動作確認

検討したシステムの変更仕様に基づいてプログラムの作成及び改良を行い、システムが正常に動作することを確認した。

iii) 100km 四方の計算における任意気象条件の設定

SPEEDI の広域（100km 四方）計算において、任意に設定した気象条件による計算が可能とするためのシステム改良を行う。

①広域計算に対する機能の向上

国や地方公共団体から依頼される SPEEDI 計算は、その用途に合わせて任意の気象条件で計算を行う場合があり、SPEEDI では任意に設定した想定気象条件で計算するための機能を有している。しかしながら、その対象範囲は、狭域（25km 四方）のみとなっているため、広域（100 km 四方）の計算においても任意の気象条件で計算を可能にすることが必要である。

②システム変更仕様の検討

広域の計算で任意気象条件を利用可能する方法を検討し、以下のように仕様をとりまとめた。

- 風速場計算（WIND21）及び濃度・線量計算（PRWDA21）実行処理の改良
 広域（100 km四方）の計算に任意気象条件を適用可能とするためには、パラメータの変更が必要となるため、必要な改良を行う。
- 関連する画面の改良
 現行の計算条件設定画面では、WIND21 を指定すると、PRWDA21 の計算条件設定で広域を指定することができないため、WIND21 を指定した場合でも広域を指定可能とするため、図 3. 3. 5 のような改良を行う。
 また、広域の範囲の任意気象データを作成可能とするため、図 3. 3. 6 のような画面を追加する。

図 3. 3. 5 WIND21 のみを指定した場合の PRWDA21 画面

図 3. 3. 6 任意気象データ作成画面

③システム変更の実施及び動作確認

検討したシステムの変更仕様に基づき、必要なプログラムの作成、改良を行い、正常に動作することを確認した。

iv) カルマンフィルターによる将来時刻同化

将来の時間帯における SPEEDI の計算精度の向上を図るため、予測値の補正に用いる将来時刻観測値の予測式及び条件別カルマンフィルター係数を導入するための検討を行う。

①SPEEDI の計算に利用するための課題

過年度の SPEEDI 調査では、統計的な予測手法のカルマンフィルターにおいて、従来の予測式を気象庁の手法に準じて改良することにより、その時点までに得られた観測値から将来時刻観測値を一定の精度で得られることが試験計算で確認されている。

気象庁の手法に準じて条件別カルマンフィルターを導入することで、さらなる精度向上が期待できることから、改良した予測式及び条件別カルマンフィルター係数を導入したカルマンフィルターの出力結果を SPEEDI の計算で利用するためのシステムの改良が必要である。

②SPEEDI 計算に利用するための留意点の抽出とシステム構築

本調査では過年度の調査を踏まえ、システムの構築は従来のカルマンフィルター機能に気象庁の手法に準じた改良を行う。

イ) 現行のカルマンフィルター機能の動作

現行のカルマンフィルター機能は次の手順で動作している。

- ・ 計算結果から観測点における風向・風速の「内挿値」を算出。
- ・ 観測値と内挿値を比較し、観測地点毎のカルマンフィルター用係数を更新。
(解析ステップ)
- ・ 最新のカルマンフィルター係数を使用して内挿値を修正。(予測ステップ)
- ・ 修正した内挿値を同化用データとして利用。(計算精度の向上)

なお、気象庁では数値予報結果のクセを、統計手法により地点毎に修正した「ガイダンス」を作成しており、降水量、降水確率、気温、風、視程を対象にカルマンフィルターの手法を使用している。

ロ) カルマンフィルター機能の改良

SPEEDI のカルマンフィルター機能は風を対象として、平成 14 年度に整備されたものであるが、その手法と気象庁の手法にはいくつかの相違点がある。

平成 24 年度には気象庁の手法を一部取り入れて、予測式の改良を実施し試験計算を行った。

a) 予測式の改良

修正式を従来の(1)(1)' から (2)(2)' に変更

(カルマンフィルター用係数4個 → 6個)

$$U_g = C_1 + C_2 \times U_m \quad (1)$$

$$V_g = C_3 + C_4 \times V_m \quad (1)'$$

U_g, V_g ; 修正された東西風速と南北風速 (目的変数)

U_m, V_m ; 予測結果内挿値の東西風速と南北風速 (説明変数)

$C_1 \sim C_4$; カルマンフィルター用係数 (旧)

$$U_g = X_1 + X_2 \times U_m + X_3 \times V_m \quad (2)$$

$$V_g = X_4 + X_5 \times U_m + X_6 \times V_m \quad (2)'$$

$X_1 \sim X_6$; カルマンフィルター用係数 (新)

この改良による効果として、風向三方位一致率で1～2%程度の向上が確認できた。しかし、川内サイト等のようにカルマンフィルターの適用により、低下しているケースもあった。(表3.3.2参照)

表3.3.2 24時間の風向三方位一致率 (年平均値、%)

観測地点名(サイト名)	予測値	①改良前	②改良後	②-①
気象鉄塔(女川)	57.2	60.1	61.7	1.6
第一スタック(福島第一)	56.0	56.9	58.0	1.1
気象観測場3(柏崎刈羽)	50.8	51.4	53.2	1.8
気象観測塔高(玄海)	62.5	62.7	63.3	0.6
川内発電所(川内)	65.2	<u>60.1</u>	<u>61.8</u>	1.7
地上70m(志賀)	60.2	<u>59.6</u>	61.9	2.3

注) 下線部は予測値 (修正前) より風向三方位一致率が低下したものの

b) 条件別カルマンフィルター係数の導入

- ・時間帯別・風速階級別カルマンフィルター係数 (気象庁の手法)

従来の気象庁の手法では気象モデルの予報特性が時間帯や風の強弱によって異なるので、時間帯 (3時間毎の8時間帯) 別・風速階級 (弱、中、強の3階級) 別のカルマンフィルター係数を使用している。これに準じたカルマンフィルター係数を導入した。

- ・風向別カルマンフィルター係数の導入

気象庁では平成25年6月17日09時初期値の「GSM ガイダンス」より、従来の風速階級別のカルマンフィルター係数を風向別に変更している。これに

準じて時間帯別・風速階級別カルマンフィルター係数に風向（16方位）別の条件を加えた。

最終的に時間帯別・風速階級別・風向別の 384（=8×3×16）の個々の区分について、解析ステップで異なるカルマンフィルター係数を算出・更新し、予測ステップでは、予測値の属する区分の係数を用いて修正することとした。

c) 説明変数の追加

従来の説明変数（PHYSIC・WIND21 予測結果の内挿値）に、GPV（MSM、日本域 GSM）の内挿値を追加した。

ハ) カルマンフィルター機能の動作確認

予測式の改良及び条件別カルマンフィルター係数の導入に係る機能改良後に動作確認を行い、正常に動作することを確認した。

(4) 改善点の実現可能性の検討

i) ライダーデータ等の活用

計算精度の向上には、ドップラーライダーやウィンドプロファイラ等による上層観測データを観測値同化への利用することが有効と考えられるため、これらの利用可能性を検討するとともに、利用可能なものについては利用条件及び SPEEDI の計算に取り入れる場合の留意点等を整理する。

①SPEEDI の気象計算に利用可能な上層観測データの選定

ドップラーライダー、ウィンドプロファイラ及びドップラーソーダーの観測値を上層観測データの候補とし、関係する文献等を参考にそれぞれの特徴を整理した。候補とした上層観測データ及び特徴を以下に示す。

(候補とした上層観測データ及び特徴)

ドップラーライダー：

ドップラーライダーは高さ最大 6 km 程度までの風の観測が可能な機種もあり、ゾンデ観測との一致性も良く、ウィンドプロファイラよりも高度方向に細かい現象を捉えられる等の有用性がある。

ウィンドプロファイラ：

ウィンドプロファイラは、気象庁により全国 33 ヶ所で運用している（ウィンダス）。観測は 10 分間隔で高度約 300m 毎に行われており、観測可能な最大高度としては、無降水時：約 3～6 km、降水時：約 7～9 km である。

ドップラーソーダー：

ドップラーソーダーは高さ最大 1000m 程度までの風の観測が可能な機種もあるが、安定に観測可能な高度は 200～250m 程度までである。従来は気象観測タワーの代替としての利用が検討されており、十分な実用性を有している。現在 SPEEDI が受信している排気筒高さの風の観測データのうち、柏崎刈羽、島根、大飯、六ヶ所再処理、東通、(過去には福島第一、福島第二) は、ドップラーソーダーによるものである。

(候補とした上層観測データに関する文献)

- 「ドップラーライダーの長期実用性に関する調査」(JAEA-Testing 2013-003)
- 「ドップラーライダー観測データ品質管理手法の開発と性能評価」(岩渕真海 高層気象台彙報第 70 号 2012)
- 「ウィンドプロファイラ観測データの 10 分間隔での配信について」配信資料に関する技術情報(気象庁) 第 309 号
- 「ドップラーソーダーの上層風観測装置としての実用性評価」(赤井幸夫、他 天気 1993 年 7 月)

以下に示すとおり、候補としたこれらの上層観測データのうち、ウィンドプロファイラ以外はサンプルデータの入手が困難であることから、本検討では、SPEEDI の気象計算に利用する上層観測データとしてウィンドプロファイラを選定した。

(サンプルデータの入手)

- ドップラーライダー
ルーチン観測を実施している自治体・事業者はなく、入手可能なデータはメーカー(英弘精機、三菱電機)及び気象・環境コンサルタント(日本気象協会)による短期間のものであった。従って、SPEEDI で利用するために適したものは無い。
- ウィンドプロファイラ
データは気象庁から配信されているが、当センターでは受信していないのでオフラインデータを購入した。(気象観測月報 CD-ROM、2011 年 3 月)
- ドップラーソーダー
現在 SPEEDI で利用している排気筒高さ(100～150m 程度)のデータより高い高度のデータが公開されていない。

②簡易的な利用環境の構築及び動作確認

ウィンドプロファイラのデータを対象とした簡易的な利用環境を構築し、動作確認を行った。なお、利用環境を構築するにあたっては以下の点を考慮した。

- 全国 33 カ所のウィンドプロファイラのうち、現在、SPEEDI 広域計算(100km 四方)の範囲内に位置し、計算に利用できる地点は次の 6 地点である。(図 3.3.7 及び表 3.3.3 参照)。

表 3.3.3 SPEEDI 広域の領域内の
ウィンドプロファイラ

観測地点	対象サイト
仙台（宮城県）	女川サイト
高田（新潟県）	柏崎刈羽サイト
水戸（茨城県）	東海サイト
静岡（静岡県）	浜岡サイト
平戸（長崎県）	玄海サイト
市来（鹿児島県）	川内サイト

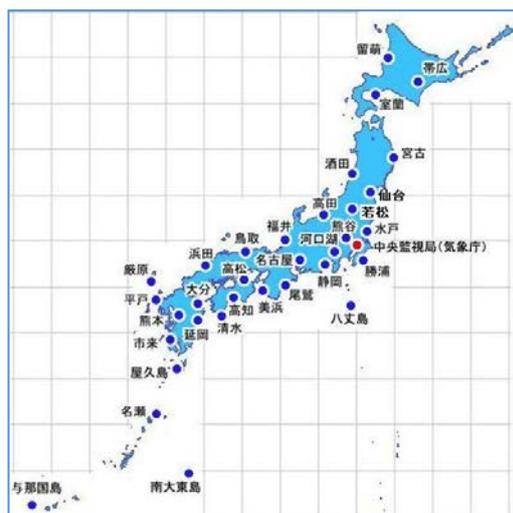


図 3.3.7 ウィンドプロファイラ観測網
(気象庁ホームページより引用)

- ウィンドプロファイラのデータには 1 地点に複数高度のデータが含まれるので、各高度を別の観測点と見なして、観測点とデータを登録する。
- ウィンドプロファイラの観測高度（最大約 12km）のうち、SPEEDI 広域（高度 4000m 以下）で利用するのは次の 13 の高度である。

(SPEEDI の計算に利用するウィンドプロファイラの高度)

394m	690m	985m	1281m	1576m
1872m	2168m	2463m	2759m	3054m
3350m	3646m	3941m		

ウィンドプロファイラのデータを用いた同化の有無による計算結果を比較すると、風速場では違いがわかりにくいですが、大気中濃度や空気吸収線量率ではプルーム形状及び最大値に相違があり、影響が明確に現れていることが確認できた。(付属資料 4 参照)

ii) GPV データの効果的活用

現時点で利用可能または近々利用可能となる予定の GPV データについて、データの内容及び利用方法について検討する。さらに、複数の GPV データの組み合わせによる長期間 GPV データの精緻化、LFM による気象計算の代替等の利用可能性について検討する。

①利用可能なデータの調査

SPEEDI の気象計算に利用可能な以下のデータについて、文献等を参考に内容を整理するとともに、利用方法を検討した。

- 39 時間予報 MSM (5 km メッシュ、1 日 8 回配信、利用可能)
- 9 時間予報 LFM(2 km メッシュ、1 日 24 回配信、平成 26 年 3 月 27 日より利用可能)

LFM では同化に地上風の観測値が使われるようになり、また、地形がより現実的になり、地上風の予測精度が向上している。しかし、配信データの鉛直メッシュの間隔は従来の MSM と同じであり、配信される気象要素もほとんど変わらない。(表 3.3.4 参照)

表 3.3.4 39 時間予報 MSM と 9 時間予報 LFM の比較

	MSM	LFM
予報時間	39時間 地上1時間毎、上層3時間毎	9時間 地上30分毎、上層1時間毎
初期値	3時間毎(1日8回)	毎正時(1日24回)
水平格子	地上約5km、上層約10km	地上約2km、上層約4km
領域	(47.6N,120E)～(22.4N,150E)	同左
地上要素	海面更正気圧、地上気圧、 水平風、気温、相対湿度、 時間降水量、雲量	海面更正気圧、地上気圧、 水平風、気温、相対湿度、 積算降水量、雲量
気圧面	1000、975、950、925、900、850、 800、700、600、500、400、300、 250、200、150、100hPa	同左
上層要素	高度、水平風、気温、 上昇流、相対湿度	同左
データ量	2.24GB/日	22GB/日

(39 時間予報 MSM に関する文献)

- 第 205 号「平成 18 年 3 月からの数値予報モデル GPV 等の変更について」
- 第 245 号「メソ数値予報モデルの 33 時間予報、等の配信について」
- 第 373 号「メソ数値予報モデルの計算時間延長について」

(9 時間予報 LFM に関する文献)

- 第 388 号「局地数値予報モデル GPV の提供開始について」
- 「局地モデル (LFM) の特性と利用上の留意点について」(気象庁予報部数値予報課 平成 25 年 11 月 20 日)

イ) 39 時間予報 MSM

従来の MSM と同様に SPEEDI の初期条件と境界条件に利用することにより、長期間の予測が可能となる。(現在の MSM は最大 33 時間予測)

必要なシステム変更は入力用 GPV ファイル (リアルタイム計算用 GPV を含む) の作成・取込のみであり、予測計算プログラムは変更する必要はない。

ロ) 9時間予報 LFM

毎時配信となり、また、精度が向上しているため、MSM と同様の利用方法でも次のような効果があると考えられる。

- 計算精度向上 (特に地上風)
- 過去計算の精度向上 (毎時が初期値であり観測値が反映されている。)

必要なシステム変更は、入力用 GPV ファイル (リアルタイム計算用 GPV を含む) の作成・取込と計算条件入力用 GUI の改良である。また、表 3.3.4 のようにデータ量が MSM の約 10 倍となるため、ファイルサーバや通信回線等の増強が必要になると考えられる。

ハ) 複数 GPV の組合せによる長時間 GPV データの精緻化

MSM データの後段に日本域 GSM のデータを同じメッシュサイズに内挿して接続して利用することにより、日本域 GSM のみの使用と比較して、時間積分の前半の精度が向上するので、後半の精度も向上すると考えられる。

必要なシステム変更は入力用 GPV ファイル (リアルタイム計算用 GPV) の作成である。見かけ上は MSM 予報時間の延長となる。

②効果的利用方策の検討

LFM のメッシュ幅は SPEEDI の広域計算のメッシュ幅とほぼ同じ 2 km であるため、LFM のデータを気象計算の代替として、直接利用することの可能性について検討した。しかしながら、LFM の配信データは地表付近の鉛直格子間隔が 25hPa であり、これは約 250m 程度に相当し、SPEEDI 気象計算と比較して非常に粗い。従って、気象計算の代替としてそのまま使用することは適当ではないと結論付けた。(表 3.3.5 参照)

表 3.3.5 SPEEDI (広域気象) と LFM の鉛直格子の対応

SPEEDI			LFM	SPEEDI			LFM
層	格子面高さ	層厚	層厚	層	格子面高さ	層厚	層厚
1	10.00	10.00	25	16	1180.72	137.64	50
2	28.50	18.50		17	1326.76	146.04	
3	55.52	27.02		18	1481.40	154.64	
4	91.04	35.52		19	1644.46	163.06	50
5	135.06	44.02		20	1816.12	171.66	
6	187.58	52.52		21	1996.18	180.06	100
7	248.62	61.04		22	2184.86	188.68	
8	318.16	69.54	25	23	2381.92	197.06	100
9	396.20	78.04		24	2587.62	205.70	
10	482.76	86.56	25	25	2801.70	214.08	100
11	577.82	95.06		26	3024.40	222.70	
12	681.38	103.56		27	3255.48	231.08	
13	793.44	112.06	25	28	3495.20	239.72	100
14	914.04	120.60		29	3743.30	248.10	
15	1043.08	129.04		30	4000.00	256.70	
単位	[m]	[m]	[hPa]	単位	[m]	[m]	[hPa]

注) GPV の層区分は地表面気圧が 1000hPa のときの概略位置 (1 hPa ≒ 10m で設定)

第4章 精度の検証等

4. 1. 精度評価指標に係る検討

(1) 調査の背景と目的

原子力災害が発生した際に SPEEDI の計算結果を有効に活用するためには、SPEEDI の計算精度を定量的に評価しておくことが必要である。

本調査では、SPEEDI の計算精度の定量的な評価方策を検討するとともに、気象状況に対する計算精度の特徴等を整理し、SPEEDI の計算結果の有効な活用に資する情報としてとりまとめることを目的とする。

(2) 調査の概要

SPEEDI の計算精度や特徴を整理するため、適切な精度評価指標を用いて SPEEDI の計算精度を定量化した。計算精度の定量化にあたっては、天気予報等他の分野で導入されている精度評価指標を利用することとし、時間的空間的な評価を考慮して定量化手法を検討した。さらに、この検討結果に基づいて気象分類毎の計算精度を定量化し、その結果から把握できる計算精度の特徴を整理した。

(3) 調査の内容

i) 精度評価指標の整理

SPEEDI の計算精度の評価には、計算精度に大きく影響する気象計算の精度評価が重要である。このため、気象計算精度に関係する文献から気象計算の精度評価に利用されている指標の候補を選定した。候補として選定した精度評価指標を表4.1.1に示す。

精度評価指標はそれぞれ精度評価をするうえでの特徴を有しているが、本検討では計算精度を誤差の大きさを評価することとし、気象計算の精度評価で多く利用されている二乗平均平方根誤差（以下、「RMSE」という。）に着目して精度評価を行うこととした。

RMSE 同様に、誤差の大きさを評価する精度指標としては、平均誤差や適中率が利用できるが、平均誤差は、風向の誤差がマイナス側なのかプラス側なのかの個々の誤差の算出によって評価結果が変わるため注意が必要である。適中率は、これまでの SPEEDI 計算結果の評価として用いてきた精度評価指標であり、計算結果と観測値の誤差の大きさを一定の範囲毎に定量化できる特徴を有している。

その他の指標についても、用途によりそれぞれの特徴を生かした精度評価が可能である。

表 4.1.1 精度評価指標の候補

平均誤差 (ME)	$ME_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_{t,i} - A_{t,i})$
平均的な誤差の大きさとバイアス (偏り) を表す。	
二乗平均平方根誤差 (RMSE)	$RMSE_t = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_{t,i} - A_{t,i})^2}$
誤差の大きさを表す。	
誤差の標準偏差	$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(F_{t,i} - A_{t,i}) - \bar{M}_t]^2}$
誤差のばらつきを表す。	
相関係数	$r_t = \frac{\sum_{i=1}^n (F_{t,i} - \bar{F}_t)(A_{t,i} - \bar{A}_t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (F_{t,i} - \bar{F}_t)^2 \sum_{i=1}^n (A_{t,i} - \bar{A}_t)^2}}$
計算結果と観測値の相関を表す。	
傾向相関	$rt_t = \frac{\sum_{i=1}^n [(F_{t,i} - A_{0,i}) - \overline{(F_{t,i} - A_{0,i})}] [(A_{t,i} - A_{0,i}) - \overline{(A_{t,i} - A_{0,i})}]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [(F_{t,i} - A_{0,i}) - \overline{(F_{t,i} - A_{0,i})}]^2 \sum_{i=1}^n [(A_{t,i} - A_{0,i}) - \overline{(A_{t,i} - A_{0,i})}]^2}}$
計算結果及び観測値の観測値 (初期値) からの変化量の相関を表す。	
S1スコア	$S1 = 100 \frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \left \frac{\partial(F_{t,i} - A_{t,i})}{\partial x} \right + \left \frac{\partial(F_{t,i} - A_{t,i})}{\partial y} \right \right\}}{\sum_{i=1}^n \left[\max \left(\left \frac{\partial F_{t,i}}{\partial x} \right , \left \frac{\partial A_{t,i}}{\partial x} \right \right) + \max \left(\left \frac{\partial F_{t,i}}{\partial y} \right , \left \frac{\partial A_{t,i}}{\partial y} \right \right) \right]}$
計算結果の場の空間的な傾きと観測値の場の空間的な傾きの差をスコアで表す。	
適中率	$\text{適中率}(\%) = \frac{\text{適中の度数}(M)}{\text{総度数}(N)}$
総度数に対する適中した割合を表す。	

ii) 評価指標適用方法の検討

RMSE を用いて SPEEDI の気象計算精度の時間的空間的な定量化のための検討を行った。SPEEDI 気象計算結果 (以下、「計算結果」という。) との比較対象は、SPEEDI がオンラインで入手している気象庁 AMeDAS 等観測値及び地方公共団体が放射線モニタリングとともに観測している気象観測値 (以下、「観測値」という。) のうち、風向及び風速とした。

①誤差の取扱い

計算結果と観測値の風向及び風速の誤差は以下のように算出した。

● 風向の誤差

風向そのものは量ではないが、計算結果と観測値の誤差を量として取り扱った。気象計算結果及びオンラインで入手した気象観測値ともに風向は 16 方位で分類しているため、誤差が 1/16 方位の場合を 1 として扱い、最大の誤差は 8 (8/16 方位) となるように取り扱った。

観測値では静穏 (calm) 状態の時に値が 0 (0/16 方位) となるため、この値は評価から除外した。また、機器点検等の理由により観測値のデータが欠測していた場合は、欠測箇所の値を比較対象から除外した。

● 風速の誤差

風速は量そのものであるため、計算結果と観測値の差を誤差として取り扱った。機器点検等の理由により観測値のデータが欠測していた場合は、欠測箇所の値を比較対象から除外した。

②時間的空間的な RMSE の算出

風向及び風速の RMSE を以下の数式によって算出した。地点 $i=1\sim n$ として得られた RMSE (評価指標 K_i) について、時刻 $t=1\sim n$ の平均値を時間的空間的な評価とした。精度評価指標の算出イメージを図 4. 1. 1 に示す。

$$RMSE_t = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F_{t,i} - A_{t,i})^2}$$

$RMSE_t$: 時刻 t における地点 $i=1\sim n$ の RMSE (二乗平均平方根誤差)

$F_{t,i}$: 時刻 t における地点 $i=1\sim n$ の計算結果 (予測値 forecast)

$A_{t,i}$: 時刻 t における地点 $i=1\sim n$ の観測値 (実測値 actual)

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n K_i$$

\bar{K} : 時刻 $t=1\sim n$ における地点 $i=1\sim n$ の RMSE の平均

K_i : 時刻 t における地点 $i=1\sim n$ の RMSE

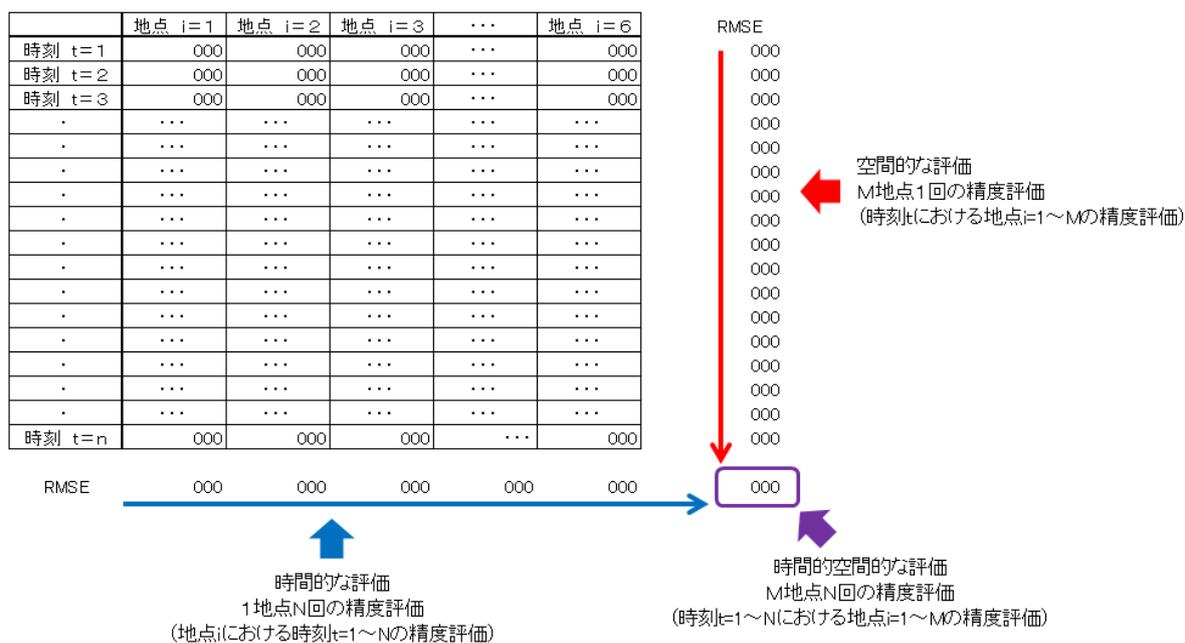


図 4. 1. 1 時間的空間的な RMSE の算出イメージ

③精度評価の対象

精度評価の対象地域は、商用原子炉が設置されている地域のうち、比較的平坦な地形である茨城県の東海地域（以下、「東海サイト」という。）及び新潟県の柏崎刈羽地域（以下、「柏崎刈羽サイト」という。）とし、SPEEDI の広域(約 100km 四方)計算領域内で観測された気象観測値を計算結果と比較するための観測値とした。

比較対象の詳細を表 4. 1. 2、対象範囲内における気象観測値の分布を図 4. 1. 2 に示す。

表 4. 1. 2 (a) 東海サイトにおける気象計算結果の比較対象の詳細

範 囲	広域 (約 100km 四方) 計算領域
気 象 要 素	風向、風速
期 間	2012 年 1 月～12 月までの 1 年間 対象日毎に当日 12 時から翌 12 時までの 24 時間
気象観測局	SPEEDI がオンラインで入手している 41 局の気象観測値のうち、気象庁の観測局 13 局、地方公共団体の観測局 3 局
比 較 対 象	SPEEDI 気象計算結果、気象観測値、GPV データ内挿値
その他	風向が「0 (Calm)」となる観測値及び観測値が欠測している場合は比較対象から除外。

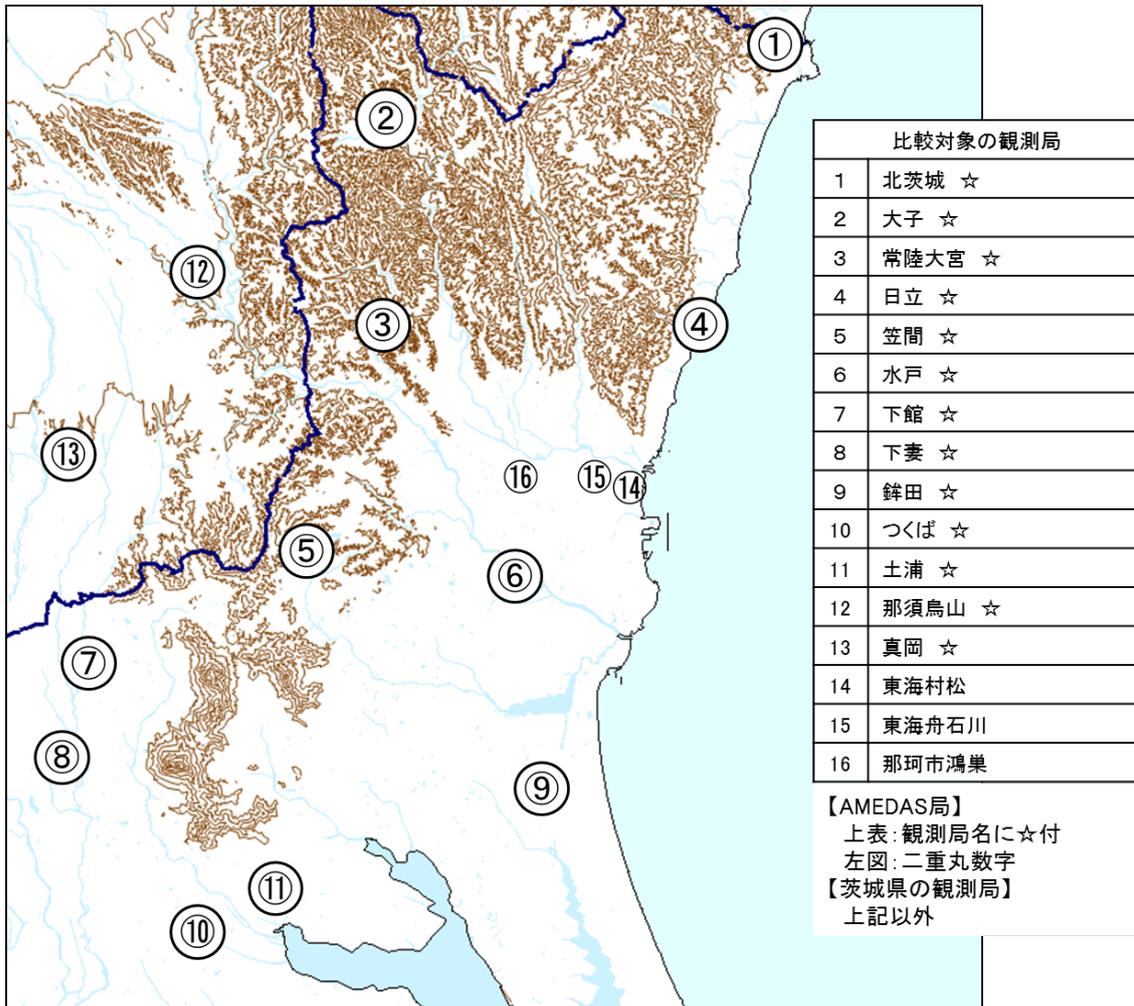


図 4. 1. 2 (b) 東海サイトの対象範囲内における気象観測局の分布

表 4. 1. 2 (b) 柏崎刈羽サイトにおける気象計算結果の評価対象の詳細

範 囲	広域 (約 100km 四方) 計算領域
気 象 要 素	風向、風速
期 間	2012 年 1 月～12 月までの 1 年間 対象日毎に当日 12 時から翌 12 時までの 24 時間
気象観測局	SPEEDI がオンラインで入手している 36 局の気象観測値のうち、気象庁の観測局 14 局、地方公共団体の観測局 3 局
比 較 対 象	SPEEDI 気象計算結果、気象観測値、GPV データ内挿値
その他	風向が「0 (Calm)」となる観測値及び観測値が欠測している場合は比較対象から除外。

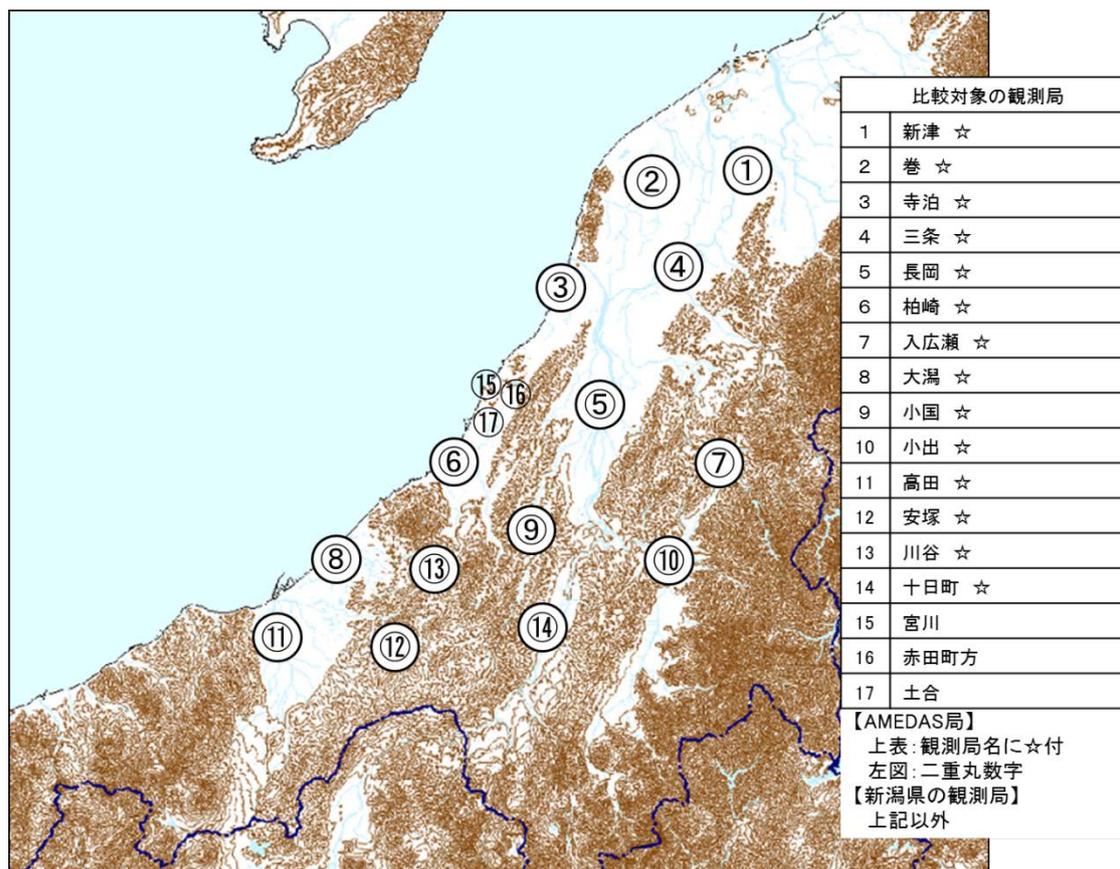


図 4. 1. 2 (b) 柏崎刈羽サイトの対象範囲内における気象観測局の分布

iii) 計算結果の精度評価の結果

①時間的空間的な計算精度の評価

個々の対象日の評価期間を当日 12 時から翌 12 時までの 24 時間として、2012 年 1 月から 12 月における各日の計算結果について RMSE を算出した。

(例：2012 年 3 月 15 日の評価対象期間：2012 年 3 月 15 日 12 時～翌 16 日 12 時)

時間的空間的な評価として、M地点N回の RMSE を評価結果として算出したが、当然のことながら個々の地点または時刻では RMSE にばらつきが見られた。

このため、対象地域における空間的な評価結果と比較的对象サイトに近い観測局の評価結果の比較を行い、対象地域における平均値として算出した時刻 t の RMSE が、放射性物質が放出された際に大きく影響するサイト周辺の計算結果とどのような関係にあるかを確認した。

風向の RMSE が高い事例から、一例として東海サイトにおける 2012 年 5 月 23 日 12 時～翌 24 日 12 時の RMSE と東海村松局の誤差（絶対値）及び GPV 内挿値の RMSE（計算結果の RMSE の算出条件と同様）の時間変化を図 4.1.3 に示す。

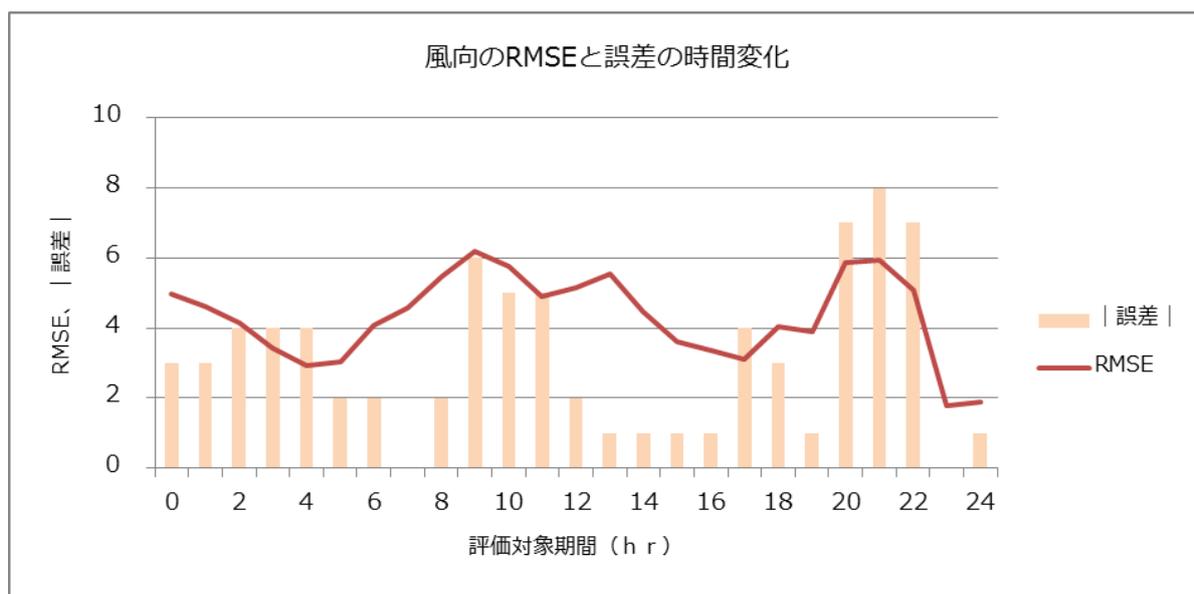


図 4.1.3 東海サイトにおける計算結果、GPV 内挿値及び東海村松局の誤差の比較

この事例では、対象地域における平均値として算出した RMSE と東海村松局の誤差は、概ね傾向が合っていることが確認できる。事例により多少の違いはあるものの、計算結果の RMSE は東海村松局における誤差の傾向を概ね示している。

同様に、次項に示す気象分類毎の対象日のうち、各気象分類で風向の RMSE が最小、最大となる事例の計算結果及び誤差の時間変化を付属資料 5 に示す。

②気圧配置による気象分類と計算精度の整理

気圧配置によって計算精度にどのような特徴が現れるかを確認するため、評価対象期間における各日午前9時点の気圧配置に基づき対象日の気象分類を行い、気象分類毎の計算精度を整理した。

対象サイトと気圧配置の関係から見た気象分類を表4.1.3に、対象サイト毎の気象分類結果を表4.1.4に示す。

また、気象分類とRMSEの関係について整理した結果を表4.1.5に示す。

気象分類は制度化されたものが無く、判断する者の主観的なものになる。本検討では、文献※にある方法を参考に対象地域からみた気圧配置として19種類に分類した。

風向及び風速のRMSEの大小によってどのような特徴が現れるかを確認するため、気象分類毎に風向及び風速のRMSEが最小、最大となる対象日を抽出し、それぞれどのような特徴があるかを整理した。

風向は風があるときに生じるものであり、弱風時は風向が定まらず誤差が大きくなると考えられる。また、風速の誤差は風が強いほど大きくなると考えられるため、風向及び風速のRMSEと風速との関係を整理した。

風向及び風速のRMSEと風速の関係を図4.1.4に示す。

※ 大気汚染予測制御システム（APMS）開発報告，機械振興協会，1997

表4.1.3 気象分類一覧(1/2)

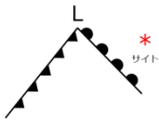
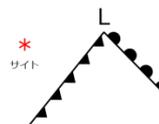
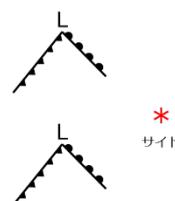
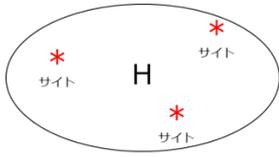
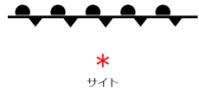
種別及び対象サイトと気圧配置	適用
<p>LF (OLF)</p> 	<p>LF : 強い低気圧型で、低気圧の前面に対象サイトがある気圧配置</p> <p>OLF : 弱い低気圧型で、低気圧の前面に対象サイトがある気圧配置</p>
<p>LS (OLS)</p> 	<p>LS : 強い低気圧型で、低気圧の暖域に対象サイトがある気圧配置</p> <p>OLS : 弱い低気圧型で、低気圧の暖域に対象サイトがある気圧配置</p>
<p>LB (OLB)</p> 	<p>LB : 強い低気圧型で、低気圧の後面に対象サイトがある気圧配置</p> <p>OLB 弱い低気圧型で、低気圧の後面に対象サイトがある気圧配置</p>
<p>L2 (OL2)</p> 	<p>L2 : 強い低気圧型で、対象サイト付近に低気圧が2つある気圧配置</p> <p>OL2 : 弱い低気圧型で、対象サイト付近に低気圧が2つある気圧配置</p>
<p>H</p> 	<p>H : 移動性高気圧が対象サイト付近を覆う気圧配置</p>
<p>FS</p> 	<p>FS : 対象サイトの南側に前線が位置する気圧配置</p>
<p>FN</p> 	<p>FN : 対象サイトの北側に前線が位置する気圧配置</p>

表4.1.3 気象分類一覧(2/2)

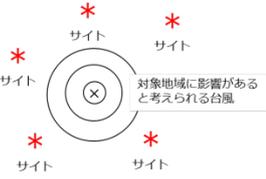
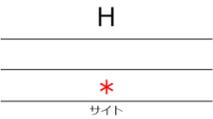
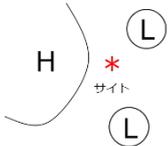
種別	適用
<p>T</p> 	<p>T :</p> <p>対象サイトに台風が影響すると考えられる気圧配置</p>
<p>PN</p> 	<p>PN :</p> <p>対象サイト付近に擾乱が無い北高南低の気圧配置</p>
<p>PE</p> 	<p>PE :</p> <p>対象サイト付近に擾乱が無い東高西低の気圧配置</p>
<p>PS</p> 	<p>PS :</p> <p>対象サイト付近に擾乱が無い南高北低の気圧配置</p>
<p>PW (OPW)</p> 	<p>PW :</p> <p>対象サイト付近に擾乱が無い強い西高東低の気圧配置</p> <p>OPW</p> <p>対象サイト付近に擾乱が無い弱い西高東低の気圧配置</p>
<p>MX</p> 	<p>MX :</p> <p>対象サイト付近に高気圧と低気圧が混合している気圧配置</p>

表4.1.4(a) 東海サイトにおける気象分類

日	2012年1月	2012年2月	2012年3月	2012年4月	2012年5月	2012年6月	2012年7月	2012年8月	2012年9月	2012年10月	2012年11月	2012年12月
1	OL2	LS	OL2	OPW	PE	H	OLF	PE	PN	OLS	LS	PW
2	LB	PW	OLF	H	LF	H	OLB	PE	PN	PN	PW	PN
3	OPW	OPW	PN	LS	LB	PE	FS	PN	PE	T	PW	PE
4	PW	OLB	PN	PW	LS	H	OLB	T	PS	T	H	OL2
5	PW	H	LF	PS	PS	PE	PS	T	PN	OPW	H	OPW
6	OPW	PE	LB	OLB	PS	LB	PS	FN	PE	OL2	OL2	LB
7	PW	LB	OLB	OPW	OLB	PS	LB	OLB	PE	OLB	L2	OPW
8	OPW	PW	PN	H	PS	PS	FS	PN	PN	PN	OPW	L2
9	OLB	OPW	PN	PS	PN	OLF	H	OLB	PN	PN	PW	PW
10	OPW	OPW	LB	H	OLB	OLB	PE	T	FN	PN	PN	PW
11	LB	OPW	OLB	L2	PW	PN	LF	PE	OLS	L2	L2	PW
12	OPW	PW	LB	OPW	PW	OLF	LS	PS	T	OLB	L2	OPW
13	OLB	OLB	OPW	PS	H	FS	FN	PS	T	OPW	PS	H
14	OPW	FS	H	OLB	H	FS	FN	FN	PE	H	OPW	H
15	OPW	OPW	OPW	PN	OLF	PE	PS	FN	PE	OL2	OPW	LF
16	PN	OPW	H	PN	LB	OLF	PS	PS	T	H	H	LB
17	PN	LB	PE	PN	PS	OLB	FN	FN	T	PE	OLF	PE
18	H	PW	OLB	PN	OLB	FS	H	PE	LS	T	PW	LB
19	PN	OPW	PW	PN	H	T	PS	PS	PE	T	H	PW
20	LF	H	OLB	PN	H	LB	PN	PS	PS	H	LB	OPW
21	PN	OLS	PW	PE	H	OLB	PN	PS	H	H	OPW	H
22	L2	H	PS	PE	PN	LB	PN	PS	PN	H	PE	OLF
23	LB	FS	PS	PE	OLB	FS	PE	FN	OLF	LS	OL2	OPW
24	PW	OPW	LB	OLB	H	PN	PE	FN	LB	OPW	OPW	PW
25	LB	OLF	OPW	PE	OL2	FS	H	PN	PN	H	H	PS
26	PW	PW	OPW	L2	H	PN	PS	T	T	PN	OLF	PW
27	OPW	OPW	PS	OLB	H	H	PS	T	T	PN	OLF	PW
28	PW	H	H	H	OLS	PE	PS	T	T	LS	H	H
29	PW	OLF	H	H	PE	OLB	PS	PS	T	LS	OLS	LB
30	OPW	—	H	PE	OLB	OLB	PS	PS	T	OL2	OL2	L2
31	OLB	—	LS	—	H	—	PS	OLS	—	OPW	—	PW

気象分類記号について

強い低気圧型

LF(低気圧の前面)、LS(低気圧の暖域)、LB(低気圧の後部)、L2(二つ玉低気圧)

弱い低気圧型

OLF(低気圧の前面)、OLS(低気圧の暖域)、OLB(低気圧の後部)、OL2(二つ玉低気圧)

移動性高気圧型

H(移動性高気圧)

前線型

FS(サイトの南に前線)、FN(サイトの北に前線)

台風型

T(台風)

混合型

MX(低気圧と高気圧の混合)

近くに擾乱がない気圧配置型

PN(北高南低)、PE(東高西低)、PS(南高北低)、PW(強い西高東低)、OPW(弱い西高東低)

その他

OH(その他)

表4.1.4(b) 柏崎刈羽サイトにおける気象分類

日	2012年1月	2012年2月	2012年3月	2012年4月	2012年5月	2012年6月	2012年7月	2012年8月	2012年9月	2012年10月	2012年11月	2012年12月
1	OL2	LB	OL2	OLS	PE	H	OLF	FN	OLF	OPW	LB	PW
2	PW	PW	OLF	H	LF	H	OL2	FN	PN	PN	PW	H
3	OPW	OPW	PN	LS	LB	PE	FS	PN	OLF	PN	PW	PE
4	PW	OPW	PN	PW	LB	H	FS	T	PS	T	H	L2
5	PW	H	LF	PS	PS	PE	FS	T	FN	OPW	OLF	OPW
6	OPW	PE	OLB	OPW	PS	OLF	OLF	FN	OLS	OL2	OL2	LB
7	PW	LB	OLB	OPW	OLF	PS	LB	PN	H	PW	L2	OPW
8	OPW	OPW	PN	H	OLS	PS	OLB	H	PE	OPW	OPW	L2
9	OLF	OPW	PN	PS	PN	OLF	H	PN	FN	PN	PW	PW
10	OPW	OPW	PN	H	PN	OLB	H	T	FN	OL2	PN	PW
11	PW	OPW	OLB	LS	PW	PN	LF	PE	OLB	L2	L2	PW
12	OPW	PW	PW	OPW	PW	PN	LS	PE	H	OPW	L2	OPW
13	OPW	H	OPW	H	H	PN	FS	FN	T	OPW	PS	H
14	OPW	OL2	PS	H	H	PN	FS	FS	PE	LS	PW	H
15	OPW	PW	OPW	PN	OLF	PE	OLS	OLS	FN	OPW	PW	LF
16	PN	OPW	H	PN	OLB	OLF	OLS	PS	T	H	H	PW
17	PN	PW	LF	H	PS	OLB	FN	FN	T	LS	OLF	OL2
18	OLF	PW	OPW	PN	OPW	FS	H	PE	LS	T	PW	PW
19	PN	OPW	PW	PN	H	T	PN	PS	OLF	T	LF	PW
20	PN	H	OPW	PN	H	OLB	PN	PS	PS	H	PW	OPW
21	PN	OLB	PW	PE	H	OLB	PN	PS	H	LB	OPW	H
22	L2	H	PS	PE	H	LB	PN	OLS	H	H	PE	OLF
23	PW	FS	OLF	PE	OLB	H	PE	FN	OLF	LB	OPW	OPW
24	PW	OPW	LB	OLB	H	PN	PE	FN	LB	OPW	OPW	PW
25	OPW	OPW	OPW	PE	OL2	PN	H	PN	PN	H	H	OLS
26	PW	PW	OPW	L2	H	PN	PS	T	PN	H	OLF	PW
27	OPW	PW	PS	OLB	H	H	PS	T	T	PN	PW	OPW
28	PW	H	OLB	H	OLS	PE	PS	T	T	LS	PS	H
29	PW	H	H	H	H	OLB	PS	T	OLF	L2	OPW	OLF
30	OPW	-	PS	PE	H	OLF	PS	PS	T	OL2	OLF	L2
31	LB	-	LB	-	H	-	PS	OLS	-	OPW	-	PW

気象分類記号について

強い低気圧型

LF(低気圧の前面)、LS(低気圧の暖域)、LB(低気圧の後部)、L2(二つ玉低気圧)

弱い低気圧型

OLF(低気圧の前面)、OLS(低気圧の暖域)、OLB(低気圧の後部)、OL2(二つ玉低気圧)

移動性高気圧型

H(移動性高気圧)

前線型

FS(サイトの南に前線)、FN(サイトの北に前線)

台風型

T(台風)

混合型

MX(低気圧と高気圧の混合)

近くに擾乱がない気圧配置型

PN(北高南低)、PE(東高西低)、PS(南高北低)、PW(強い西高東低)、OPW(弱い西高東低)

その他

OH(その他)

表4.1.5(a) 東海サイトにおける気象分類毎のRMSE分布

気象分類	風向のRMSE分布					対象日数	
	RMSE≤1	1<RMSE≤2	2<RMSE≤3	3<RMSE≤4	4<RMSE≤5		5<RMSE
LF	0.0%	60.0%	0.0%	40.0%	0.0%	0.0%	5
LS	0.0%	33.3%	22.2%	33.3%	11.1%	0.0%	9
LB	0.0%	0.0%	59.1%	22.7%	18.2%	0.0%	22
L2	0.0%	11.1%	22.2%	66.7%	0.0%	0.0%	9
OLF	0.0%	8.3%	41.7%	50.0%	0.0%	0.0%	12
OLS	0.0%	0.0%	60.0%	20.0%	0.0%	0.0%	5
OLB	0.0%	3.4%	55.2%	37.9%	3.4%	0.0%	29
OL2	0.0%	0.0%	72.7%	18.2%	9.1%	0.0%	11
H	0.0%	8.3%	56.3%	33.3%	2.1%	0.0%	48
FS	0.0%	0.0%	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%	9
FN	0.0%	0.0%	40.0%	50.0%	10.0%	0.0%	10
T	0.0%	22.2%	55.6%	22.2%	0.0%	0.0%	18
PN	0.0%	35.9%	41.0%	23.1%	0.0%	0.0%	39
PE	0.0%	0.0%	40.0%	46.7%	13.3%	0.0%	30
PS	0.0%	8.3%	44.4%	47.2%	0.0%	0.0%	36
PW	0.0%	0.0%	65.5%	34.5%	0.0%	0.0%	29
OPW	0.0%	0.0%	30.0%	67.5%	2.5%	0.0%	40

気象分類	風速のRMSE分布										対象日数	
	RMSE≤0.5	0.5<RMSE≤1.0	1.0<RMSE≤1.5	1.5<RMSE≤2.0	2.0<RMSE≤2.5	2.5<RMSE≤3.0	3.0<RMSE≤3.5	3.5<RMSE≤4	4<RMSE≤4.5	4.5<RMSE		
LF	0.0%	0.0%	40.0%	0.0%	40.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5
LS	0.0%	0.0%	11.1%	22.2%	33.3%	22.2%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9
LB	0.0%	0.0%	18.2%	63.6%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22
L2	0.0%	0.0%	55.6%	22.2%	11.1%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9
OLF	0.0%	0.0%	16.7%	25.0%	33.3%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12
OLS	0.0%	0.0%	40.0%	60.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5
OLB	0.0%	6.9%	55.2%	27.6%	10.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	29
OL2	0.0%	0.0%	81.8%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11
H	0.0%	10.4%	66.7%	18.8%	2.1%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	48
FS	0.0%	0.0%	55.6%	33.3%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9
FN	0.0%	20.0%	70.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10
T	0.0%	0.0%	55.6%	27.8%	5.6%	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	0.0%	18
PN	0.0%	7.7%	56.4%	23.1%	10.3%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	39
PE	0.0%	13.3%	73.3%	10.0%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30
PS	0.0%	8.3%	61.1%	27.8%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	36
PW	0.0%	0.0%	13.8%	58.6%	20.7%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	29
OPW	0.0%	2.5%	37.5%	55.0%	2.5%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40

表4.1.5(b) 柏崎刈羽サイトにおける気象分類毎のRMSE分布

気象分類	風向のRMSE分布										対象日数
	RMSE≦1	1<RMSE≦2	2<RMSE≦3	3<RMSE≦4	4<RMSE≦5	5<RMSE					
LF	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6
LS	0.0%	14.3%	42.9%	42.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7
LB	0.0%	28.6%	50.0%	14.3%	7.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14
L2	0.0%	10.0%	60.0%	30.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10
OLF	0.0%	0.0%	26.3%	68.4%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19
OLS	0.0%	10.0%	40.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10
OLB	0.0%	5.6%	33.3%	50.0%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18
OL2	0.0%	0.0%	25.0%	58.3%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12
H	0.0%	0.0%	61.8%	34.5%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	55
FS	0.0%	0.0%	71.4%	28.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7
FN	0.0%	0.0%	53.8%	30.8%	15.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	13
T	0.0%	0.0%	37.5%	56.3%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16
PN	0.0%	2.6%	66.7%	28.2%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	39
PE	0.0%	0.0%	60.0%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20
PS	0.0%	0.0%	73.1%	23.1%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26
PW	0.0%	14.6%	51.2%	29.3%	4.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	41
OPW	0.0%	0.0%	60.4%	35.4%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	48

気象分類	風速のRMSE分布																対象日数
	RMSE≦0.5	0.5<RMSE≦1.0	1.0<RMSE≦1.5	1.5<RMSE≦2.0	2.0<RMSE≦2.5	2.5<RMSE≦3.0	3.0<RMSE≦3.5	3.5<RMSE≦4	4<RMSE≦4.5	4.5<RMSE							
LF	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	66.7%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6	
LS	0.0%	0.0%	14.3%	14.3%	42.9%	14.3%	0.0%	42.9%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7	
LB	0.0%	0.0%	7.1%	28.6%	7.1%	0.0%	0.0%	7.1%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14	
L2	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	40.0%	30.0%	0.0%	40.0%	30.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10	
OLF	0.0%	0.0%	21.1%	21.1%	36.8%	21.1%	0.0%	36.8%	21.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19	
OLS	0.0%	0.0%	70.0%	10.0%	10.0%	10.0%	0.0%	10.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10	
OLB	0.0%	11.1%	50.0%	22.2%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18	
OL2	0.0%	0.0%	41.7%	25.0%	16.7%	8.3%	0.0%	16.7%	8.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12	
H	0.0%	9.1%	34.5%	29.1%	25.5%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	55	
FS	0.0%	14.3%	57.1%	14.3%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7	
FN	0.0%	7.7%	69.2%	15.4%	7.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	13	
T	0.0%	0.0%	31.3%	37.5%	18.8%	6.3%	0.0%	6.3%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16	
PN	0.0%	0.0%	38.5%	41.0%	10.3%	10.3%	0.0%	10.3%	10.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	39	
PE	0.0%	5.0%	30.0%	30.0%	10.0%	15.0%	0.0%	5.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20	
PS	0.0%	7.7%	30.8%	42.3%	11.5%	3.8%	0.0%	3.8%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26	
PW	0.0%	0.0%	4.9%	24.4%	43.9%	22.0%	0.0%	2.4%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	41	
OPW	0.0%	0.0%	10.4%	50.0%	22.9%	14.6%	0.0%	2.1%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	48	

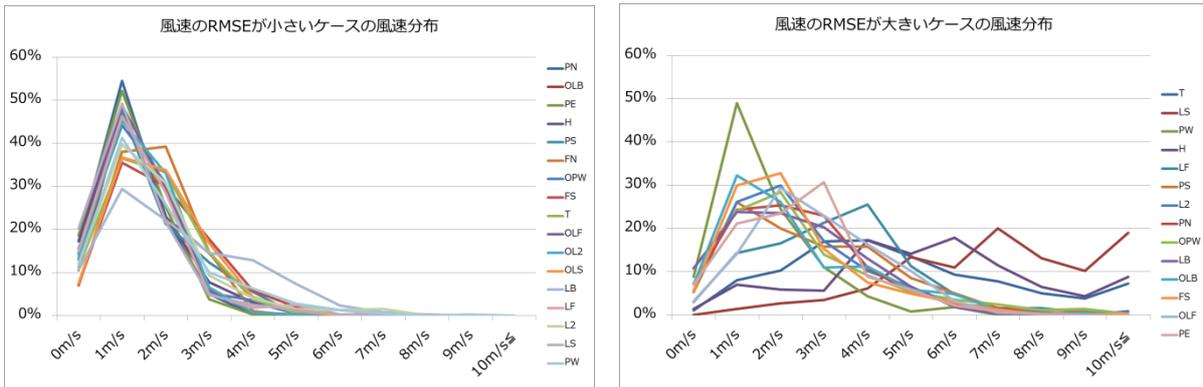
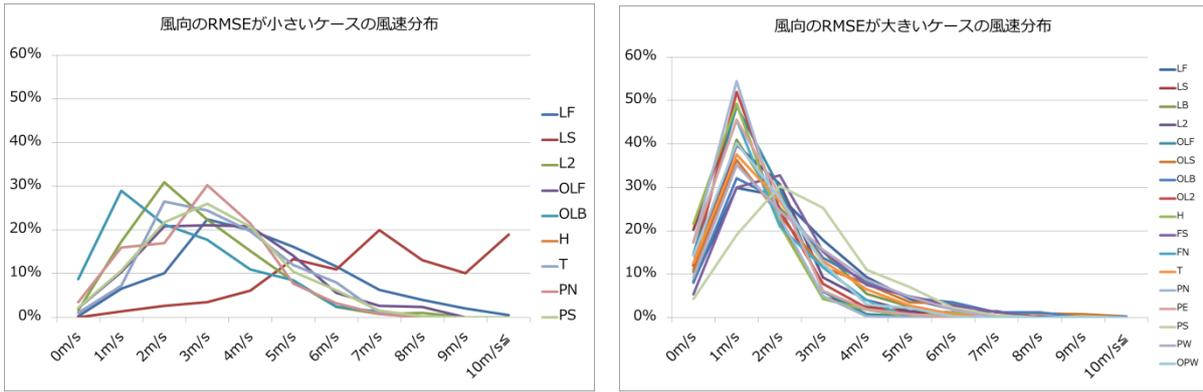


図 4. 1. 4 (a) 風向及び風速の RMSE と風速の関係 (東海サイト)

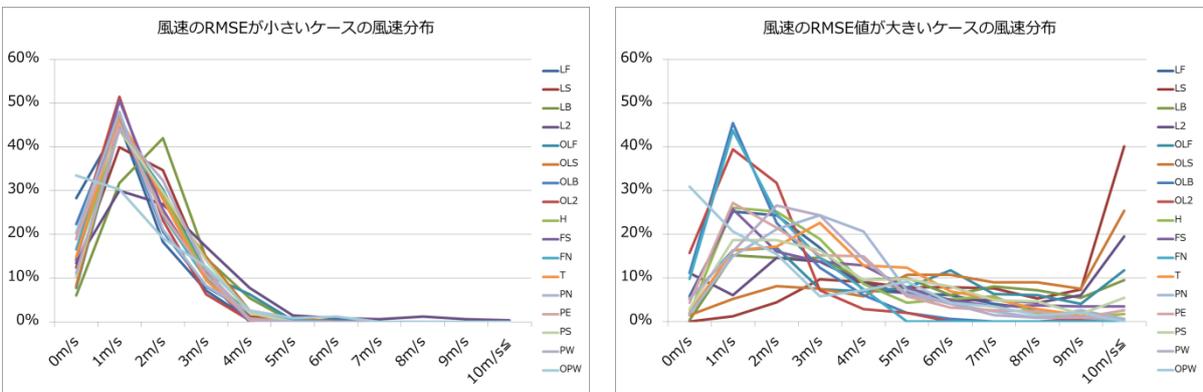
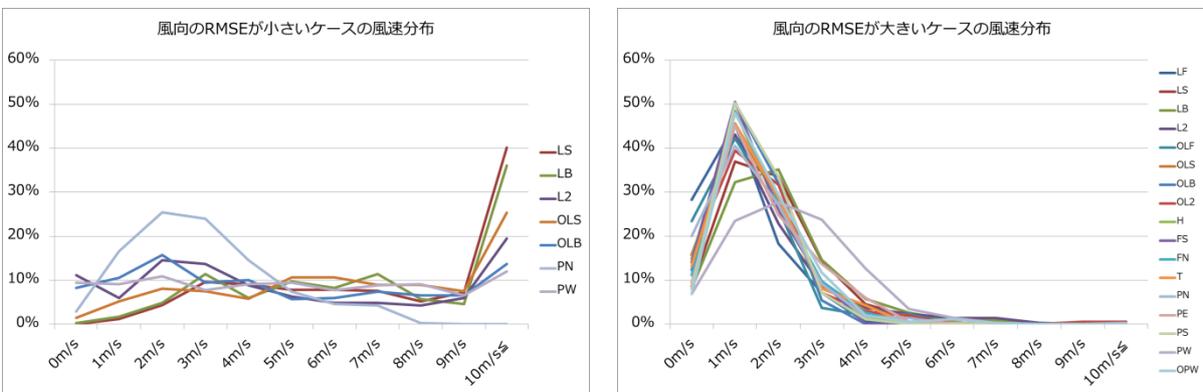


図 4. 1. 4 (b) 風向及び風速の RMSE と風速の関係 (柏崎刈羽サイト)

③気象状況の変化と計算精度の特徴整理

気象状況の変化に対する計算精度の特徴を捉えるために、気象状況と計算結果を比較した。気象状況の変化は、気象庁ホームページで公開されている 2012 年当時の対象日当日及び翌日の天気図から考察することとし、その間の気象状況と計算精度の関係を整理した。

なお、この天気図は当日午前 9 時の時点における観測等に基づいて作成されたものであるため、当日午前 9 時から翌日午前 9 時の 24 時間毎の気圧配置からその間の気象状況の変化を考察した。

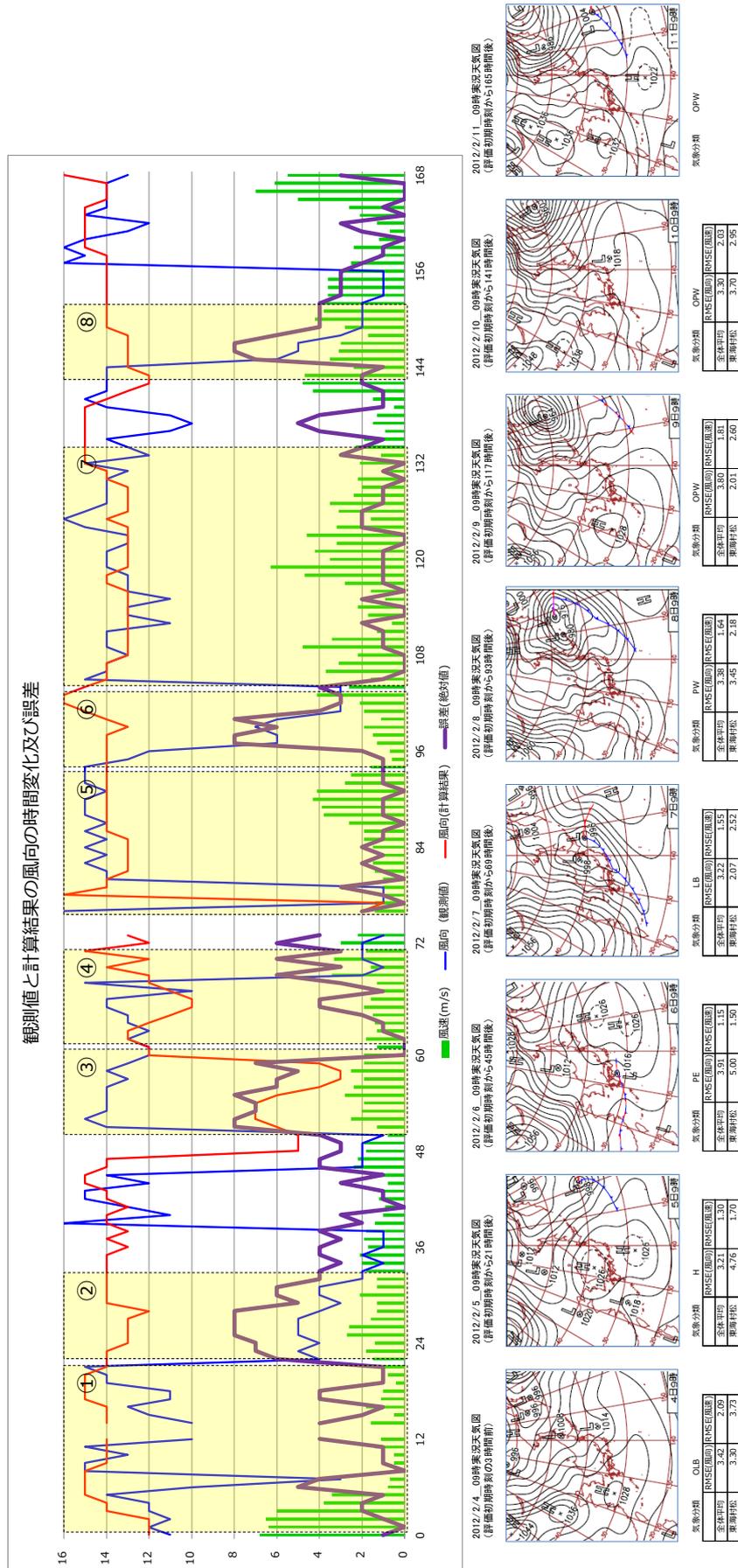
気圧配置の変化と東海村松局における計算結果、観測値、誤差及び風速の時間変化について整理した 2 例（各 7 日間）の結果を表 4. 1. 6 に示す。

④時間的なずれの把握

計算結果と実際の気象状況の変化に時間的なずれが生じる場合には、その時間帯の誤差が大きくなることが考えられる。この場合、対象地域の範囲における各観測局がどのような状況になるかを確認するため、時間的なずれが生じていると考えられる時間帯の各観測局の状況を整理した。

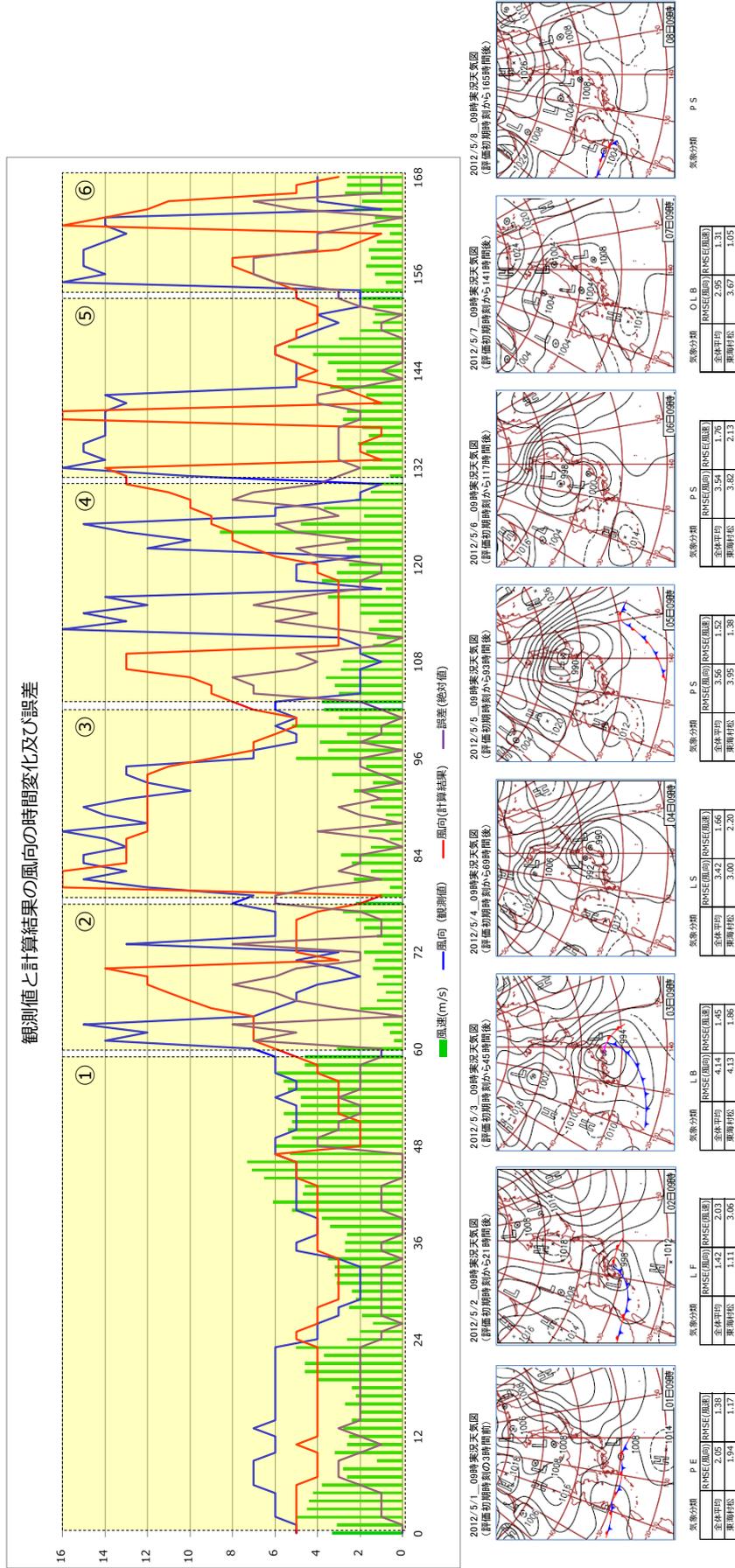
東海サイトにおける 2012 年 2 月 1 日 12 時～翌日 12 時の風向の時間変化を表 4. 1. 7 に示す。

表4.1.6(a) 気圧配置の変化と東海村松局における風向の観測値と計算結果の時間変化(2012/2/4~2/10)



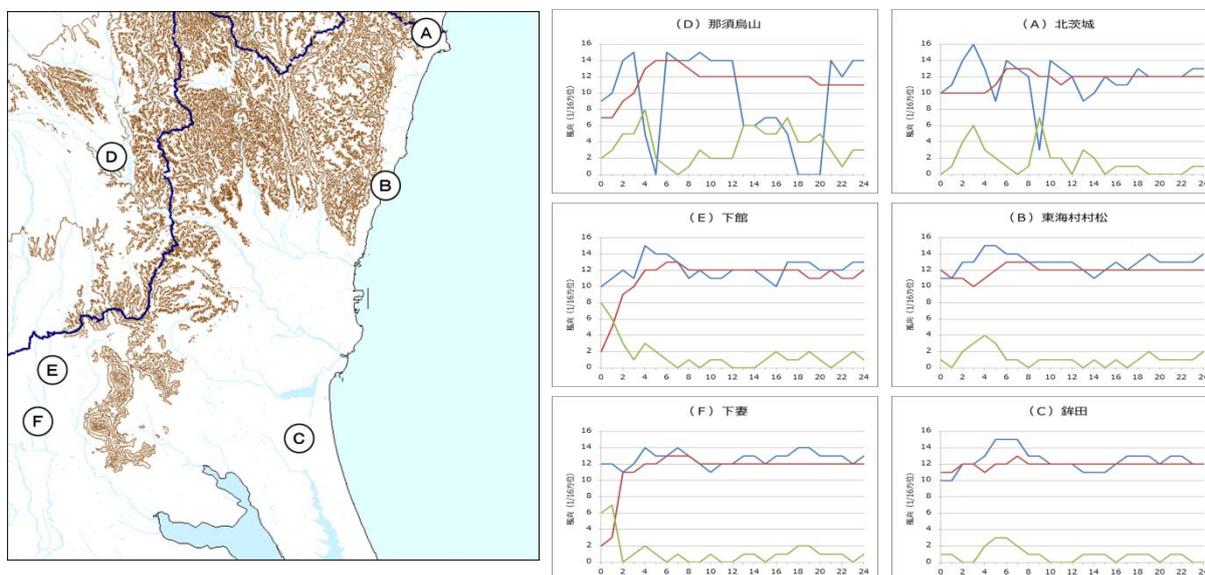
- ① 0~20時間頃：対象地域が低気圧から高気圧の支配下に変化するため風向にばらつきが多くなつたと考えられる。
- ② 20~30時間頃：高気圧が東側に移動する時間帯。南北に2つの高気圧があるが、実際の気象と計算結果で対象地域周辺に影響する高気圧が異なり、風向の誤差が大きくなつたと考えられる。
- ③ 50~60時間頃：低気圧が発達して対象地域周辺に接近したことにより、北西よりの風になつたと考えられる。計算結果は高気圧の影響で南東よりの風になると予想したことで風向の誤差が大きくなつたと考えられる。
- ④ 65~72時間頃：計算結果に対し前線通過のタイミングが早まり、風向の誤差が大きくなつたと考えられる。
- ⑤ 80~95時間頃：対象地域の北東に低気圧が位置し、北西よりの風になつている。計算結果は実際の気象状況が合っている。
- ⑥ 95~100時間頃：強い西高東低の気圧配置。計算結果は冬の気圧配置の影響により北西よりの風が続くと予測したことに対し、実際には風が弱く風向のはつきが多くなつたと考えられる。
- ⑦ 105~135時間頃：弱い西高東低の気圧配置。高気圧の張り出しで北西よりの風になつている。計算結果と実際の気象状況が合っている。
- ⑧ 145~150時間頃：弱い西高東低の気圧配置。計算結果は弱い冬の気圧配置の影響で北西よりの風が弱くと予測したことに対し、実際には対象地域付近に小さな低気圧が発生したことと風向変化が大きくなつたと考えられる。

表3.1.6(b) 気圧配置の変化と東海村松局における風向の観測値と計算結果の時間変化(2012/5/1~5/7)



- ① 0~60時間頃：対象地域周辺の等圧線の走向に大きな違いが無く、風向の誤差も小さい。
- ② 60~80時間頃：対象地域を低気圧の中心が移動していると考えられる時間帯。風速が弱まることも風向変化も大きくなったと考えられる。低気圧の中心が近い場合、多少の進行方向の違いで風向の誤差は大きくなる。
- ③ 80~100時間頃：対象地域の北側に移動したことで、北西から北の風が支配的になった。計算結果も低気圧の通過を予想したと考えられるため風向の誤差は小さい。
- ④ 100~130時間頃：対象地域の周辺に新たな低気圧が現れたと考えられる時間帯。比較的低い低気圧で風が弱く、風向にばらつきが生じて誤差が大きくなったと考えられる。
- ⑤ 130~150時間頃：南高北低から弱い低気圧型で対象地域が後面になる時間帯。比較的低い低気圧が小さいため、風向の誤差が小さくなったと考えられる。
- ⑥ 150~160時間頃：低気圧が対象地域の北側に移動したと考えられる時間帯。低気圧の影響で北から北西よりの風が強いが、風速が弱く風向にばらつきが生じて誤差が大きくなったと考えられる。

表 4. 1. 7 計算結果と観測値の時間的な風速のずれの整理



対象時間帯の観測値と計算結果

経過時間 (h)	(A) 北茨城		(B) 東海村村松		(C) 鉾田		(D) 那須烏山		(E) 下館		(F) 下妻	
	風向(1/16方位)		風向(1/16方位)		風向(1/16方位)		風向(1/16方位)		風向(1/16方位)		風向(1/16方位)	
	観測値	計算結果										
0	10	10	11	12	10	11	9	7	10	2	12	2
1	11	10	11	11	10	11	10	7	11	5	12	3
2	14	10	13	11	12	12	14	9	12	9	11	11
3	16	10	13	10	12	12	15	10	11	10	12	11
4	13	10	15	11	13	11	5	13	15	12	14	12
5	9	11	15	12	15	12	calm	14	14	12	13	12
6	14	13	14	13	15	12	15	14	14	13	13	13
7	13	13	14	13	15	13	14	14	13	13	14	13
8	12	13	13	13	13	12	14	13	11	12	13	13
9	3	12	13	12	13	12	15	12	12	12	12	12
10	14	12	13	12	12	12	14	12	11	12	11	12
11	13	11	13	12	12	12	14	12	11	12	12	12
12	12	12	13	12	12	12	14	12	12	12	12	12
13	9	12	12	12	11	12	6	12	12	12	13	12
14	10	12	11	12	11	12	6	12	12	12	13	12
15	12	12	12	12	11	12	7	12	11	12	12	12
16	11	12	13	12	12	12	7	12	10	12	13	12
17	11	12	12	12	13	12	5	12	13	12	13	12
18	13	12	13	12	13	12	calm	12	13	12	14	12
19	12	12	14	12	13	12	calm	12	13	11	14	12
20	12	12	13	12	12	12	calm	11	12	11	13	12
21	12	12	13	12	13	12	14	11	12	12	13	12
22	12	12	13	12	13	12	12	11	12	11	13	12
23	13	12	13	12	12	12	14	11	13	11	12	12
24	13	12	14	12	12	12	14	11	13	12	13	12

： 計算結果と観測値に時間的なずれが生じていると考えられる時間帯。

この事例では、東海村村松、下館及び下妻の計算結果が観測値に比べ時間的な遅れがあると考えられる。

iv) まとめ

①時間的空間的な精度評価の特徴

対象地域、対象期間における平均値として算出した RMSE とサイト周辺の観測局の RMSE の傾向は概ね合っていることが確認できたことから、時間的空間的な評価結果として算出した RMSE は、その地域におけるその時間帯全体の評価結果であるとともに、放射性物質が放出された際に影響の大きいサイト周辺の計算精度についても概ね把握することができると考えられる。

②気象分類毎の計算精度の特徴

気象分類毎の RMSE の出現比率を整理した結果、気象分類毎に統計的な特徴が見られた。ただし、気象分類によっては母数自体が少なく、必ずしも統計的な信頼性が高いものばかりではないことから、気象分類毎における RMSE の特徴をさらに良く把握するためには、統計的に信頼できると思われる事例数について整理することが必要ではないかと考えられる。

気象分類毎の RMSE 分布から把握できる RMSE の特徴を表 4.1.8 に示す。

表 4.1.8 気象分類毎の風向及び風速の RMSE の特徴

<p>(風向の RMSE が小さい傾向を示す気象分類：60%以上が $RMSE \leq 3$)</p> <p>東海サイト：LF、OLS、OL2、H、FS、T、PN</p> <p>柏崎刈羽サイト：LB、L2、H、PN、PE、PW</p>
<p>(風向の RMSE が大きい傾向を示す気象分類：60%以上が $3 < RMSE$)</p> <p>東海サイト：L2、FN、PE、OPW</p> <p>柏崎刈羽サイト：OLF、OLB、OL2、T</p>
<p>(風速の RMSE が小さい傾向を示す気象分類：60%以上が $RMSE \leq 2$)</p> <p>東海サイト：LB、L2、OLS、OLB、OL2、H、FS、FN、T、PN、PE、PS、PW、OPW</p> <p>柏崎刈羽サイト：OLS、OLB、OL2、H、FS、FN、T、PN、PE、PS、OPW</p>
<p>(風速の RMSE が大きい傾向を示す気象分類：60%以上が $2 < RMSE$)</p> <p>東海サイト：LF、LS</p> <p>柏崎刈羽サイト：LF、LS、LB、L2、PW</p>

また、風向及び風速の RMSE と風速の関係から、風向及び風速の RMSE は気象分類に関係なく、ともに風速が影響していることが確認できた。風速が小さい場合は風向が定まらずに観測値がばらついて風向の RMSE が大きくなり、風速が大きい場合は誤差自体が大きくなることで、風速の RMSE が大きくなる傾向になると考えられる。

③気象状況の変化に対する計算精度

気圧配置から考察した気象状況の変化と計算結果を比較することで、いくつかの特徴が見られた。表4.1.6で考察した内容を以下に示す。

- ・ 高気圧（または低気圧）が2つ以上存在する場合、対象地域への影響する高気圧（または低気圧）の違いによって風向が異なる。
- ・ 前線が対象地域を通過するタイミングの違いにより、計算結果と観測値に時間的なずれが生じる。
- ・ 低気圧の中心が対象地域に近い場合、進行方向の違いにより風向が異なる。
- ・ 低気圧の中心が対象地域を移動する場合、風が弱まり風向の誤差が大きくなる。
- ・ 気圧場の相対的な変化が小さい場合、風向の誤差は小さい。

前項で示した気象分類毎の計算精度は、実況の気圧配置から計算精度を評価した統計的な結果であるが、実況の気圧配置とその後の予想天気図による気圧配置を比較することで、気象状況の変化から計算精度がどのように変化するかを把握することができると考えられる。

また、本検討では24時間毎の天気図からその間に考えられる気象状況から計算精度との関係について考察を行ったが、より時間間隔の短い天気図を利用することで、実際の気象状況がより正確に捉えられ、その時々々の気象状況と計算精度の関係を詳細に把握することができると考えられる。

④時間的なずれの把握

時間的なずれがあると考えられる時間帯について対象地域内の各観測局の状況を整理した結果、ある観測局については時間的なずれと考えられる時間帯が確認できるものの、他の観測局が同様に時間的なずれを生じているとは限らず、時間幅の違いや、時間的なずれを生じているとは考えられない観測局があることを確認した。

計算結果と観測値との間にこのような時間的なずれがある場合でも、時間的空間的な誤差の大きさを評価したRMSEには特徴が現れないため、RMSEから時間的なずれの有無を判断することは困難である。

4. 2. 各種定数の検討

(1) 調査の背景と目的

原子力災害対策の効果的な実施に資するため、より正確な拡散計算結果の情報提供が求められる。SPEEDI では、原子力事故時に大気中に放出される放射性物質が移流、拡散及び地表沈着等の現象を模擬し、放射性物質の分布及び放射線影響を計算している。計算結果の精度向上を図るためには、種々の物理現象を表すモデル及び定数については新たな知見を取り入れた改良を進めていくことが必要である。

本調査においては、SPEEDI のシステムの中で用いられているさまざまな物理的な定数の確からしさについて調査し、新たな知見の取入れることによる定数見直しの可能性について検討し、今後の改良方策案をとりまとめた。

(2) 調査の実施項目

本調査は以下の項目について実施した。

①各種定数の適用状況と根拠資料の整理

SPEEDI のシステムの中で用いられている各種定数の適用状況を把握するため、コードの処理内容及び定数の根拠資料を確認して整理した。

②定数の精査と改良方策案の検討

①で整理した定数のうち、変更可能性のある定数を抽出し、関連資料等を収集して精査するとともに、新たな知見の導入について可能性を検討してとりまとめた。

(3) 各種定数の適用状況と根拠資料の整理

SPEEDI で使用している各種定数について整理した。SPEEDI のコードは局地気象計算、質量保存則計算及び濃度・線量計算の3つに分かれていることから、局地気象計算については表4. 2. 1及び表4. 2. 2、質量保存則計算については表4. 2. 3、濃度・線量計算については表4. 2. 4及び表4. 2. 5にまとめた。

表 4. 2. 1 局地気象計算における物理定数 (1 / 2)

解法・データ		25km 四方 (狭域) / 100km 四方 (広域) 計算(SPEEDI)				拡大領域計算 (WSPEEDI モデルを使用)	
		適用式・適用データ	定数	入力方法	参考資料	特徴等	参考資料
地形等データ	標高	標高 (メッシュ毎)		外部ファイル (固定)	〔S1〕 SPEEDI ネットワークシステム説明書 (原安センター) 〔S2〕 国土数値情報 (国土地理院)	米国地質調査所 (USGS) データを使用	〔W1〕 JAEA-Technology 2011-005 「原子力緊急時対応のための WSPEEDI- II システムユーザーズマニュアル」 〔W2〕 GTOP30
	土地利用	15 分類 (メッシュ毎) 風速・温位に対する粗度及び熱特性設定時に参照		外部ファイル (固定)	〔S1〕 〔S2〕 〔S3〕 JAERI-M-92-132 「高精度拡散評価モデル (PHYSIC) 用ユーティリティ」	13 区分または 25 区分	〔W1〕 〔W3〕 PSU/NCAR データ 〔W4〕 USGS データ
気象等データ	数値予報	風速、気温、雨量、雲量 (GPV(GSM 及び MSM))		外部ファイル (随時入手)	〔S1〕 〔S4〕 GSM 及び MSM 仕様 (気象庁)	GSM のみ	〔W1〕
	観測値	風速、気温、大気安定度、雨量		外部ファイル (随時入手)	〔S1〕 〔S6〕 AMeDAS 仕様 (気象庁)	使用なし (※ 1)	〔W1〕
	海面水温	海面水温		外部ファイル (随時入手)	〔S7〕 北西太平洋海面水温格子点資料 (気象庁)	米国環境予報センター (NCEP) データを使用 (※ 2)	〔W1〕 〔W5〕 Reynolds OI SST (NCEP)
座標系		地形準拠座標系		外部ファイル (固定)	〔S1〕 〔S8〕 JAERI-M-89-062 “Development of a Three-Dimensional Local Scale Atmospheric Model with Turbulence Closure Model”		〔W1〕 〔W6〕 NCR/TN-398+STR “A Description of the Fifth-Generation Penn State / NCAR Mesoscale Model(MM5)”
大気力学モデル		プリミティブモデル・静水圧近似・ブジネスク近似	カルマン定数(0.4)	コード内固定	〔S1〕 〔S9〕 JAERI-M-92-102 「高精度拡散評価モデル PHYSIC」	非静力学モデル 圧縮性流体	〔W1〕 〔W6〕
運動量保存式			熱膨張率(3.37×10^{-3}) 重力加速度(9.8) 密度(1.2)	コード内固定	〔S1〕 〔S9〕		〔W1〕 〔W6〕
質量保存式					〔S1〕 〔S9〕		〔W1〕 〔W6〕
熱エネルギー保存式			放射冷却係数 (1×10^{-5})	コード内固定	〔S1〕 〔S9〕		〔W1〕 〔W6〕

表 4. 2. 2 局地気象計算における物理定数 (2 / 2)

解法・データ		25km 四方 (狭域) / 100km 四方 (広域) 計算(SPEEDI)			拡大領域計算 (WSPEEDI モデルを使用)		
		適用式・適用データ	定数	入力方法	参考資料	特徴 等	参考資料
乱流量保存式		乱流クロージャモデルレベル 2.5	A1(0.92)、A2(0.74)、 B1(16.6)、B2'10.1)、 C1(0.08)、C(0.01)	コード内 固定	{S1} {S9}	Mellor-Yamada レベル 2.5 乱流クロージャモデル 他	{W1} {W6}
接地層鉛直方向プロ ファイル		Monin-Obukhov 相似則			{S1} {S9}	Eta PBL (推奨) 他	{W1} {W6}
地表面熱量方程式		地表面 (下部) 境界温度 = 地中熱伝導方程式 + 地表面熱収支計算	土壌温度伝導率		{S1} {S9} {S10} JAERI-Research-95-016「メ ソスケール大気力学モデル PHYSIC の 改良 - 総観規模数値予報モデルの出力 を用いた初期値・境界値の設定 -」	Five-Layer SoilModel (推 奨) 他	{W1} {W6}
放射モデル		雲量、有効水蒸気圧、気温等 から得られる全体的な太陽 放射の計算	ステファンボルツマ ン定数(5.67×10^{-8})		{S1} {S9}	Cloud-radiation Scheme (推奨) 他	{W1} {W6}
積雲モデル		なし				Grell の設定 (推奨) 他	{W1} {W6}
雲物理モデル		GPV 雲量と相対湿度から雲 量を計算 降水過程なし			{S1} {S10}	Shultz の方法 (推奨、降水 過程あり) 他	{W1} {W6}
同化	観測値同 化	Observation Nudging (緩和 法)	同化係数(1×10^{-3})		{S1} {W6}	使用なし	{W1} {W6}
	解析値同 化	なし				あり	{W1} {W6}
境界条 件	上面	風速、温位：勾配なし 乱流量：ゼロ			{S1} {S10}		{W1} {W6}
	側面	風速、温位：GPV 内挿 + 放射 条件 乱流量：放射条件	放射条件の外力項係 数 ($0 \sim 10^{-3}$)		{S1} {S10}		{W1} {W6}

表 4. 2. 3 質量保存則計算における物理定数

解法・データ		25km 四方 (狭域) / 100km 四方 (広域) 計算(SPEEDI)			
		適用データ・適用式	定数	入力方法	参考資料
地形等データ	標高	標高 (メッシュ毎)		外部ファイル (固定)	[S1] SPEEDI ネットワークシステム説明書 (原安センター) [S2] 国土数値情報 (国土地理院) [S12] JAERI-M 84-050 "SPEEDI: 緊急時環境線量情報予測システム"(1984) [S13] JAERI 1297 "SPEEDI: A Computer Code System for the Real-Time Prediction of Radiation Dose to the Public due to an Accident Release"
	計算気象	風速 (局地気象計算の結果より)			[S1] [S12]
	想定気象	風速 (外部入力) 鉛直方向はベキ指数分布式による	ベキ指数 (大気安定度毎 A:0.1、B:0.15、C:0.2、 D:0.25、E,F:0.3)	コード内固定	[S1] [S12]
	観測値	風速、大気安定度 (同化に使用)			[S1] [S12]
座標系		地形準拠座標系			[S1] [S12]
流体モデル		非圧縮性流体			[S1] [S12]
質量保存則モデル		局地気象計算結果の3次元風速場を対象計算領域の格子上に内挿し、質量保存則を満たすよう最少の修正	風速の水平鉛直成分比パラメータ(0.1)	コード内固定	[S1] [S12]
気象データ同化 (予測気象データ適用時)		緩和法(Nudging)	同化係数パラメータ(2.3)	コード内固定	[S1] [S12]

表 4. 2. 4 濃度・線量計算における物理定数 (1 / 2)

解法・データ		25km 四方 (狭域) / 100km 四方 (広域) 計算 (SPEEDI)				拡大領域計算 (WSPEEDI)	
		適用式・適用データ	定数	入力方法	参考資料	特徴 等	参考資料
地形等データ	標高	標高 (メッシュ毎)		外部ファイル (固定)	〔S1〕 SPEEDI ネットワークシステム説明書 (原安センター) 〔S2〕 国土数値情報 (国土地理院) 〔S12〕 JAERI-M 84-050 “SPEEDI: 緊急時環境線量情報予測システム” 〔S13〕 JAERI 1297 JAERI 1297 “SPEEDI: A Computer Code System for the Real-Time Prediction of Radiation Dose to the Public due to an Accident Release”	米国地質調査所(USGS)データを使用	〔W1〕 JAEA-Technology 2011 - 005 〔W2〕 GTOPO30 〔W7〕 JAERI-Data/Code 99-044 「世界版緊急時環境線量情報予測システム (WSPEEDI) モデルコード (II) - 広域用濃度・線量予測モデル GEARN -」
	土地利用	15 分類 (メッシュ毎) 風速・温位に対する粗度及び熱特性設定時に参照		外部ファイル (固定)	〔S2〕 〔S12〕 〔S13〕	13 区分または 25 区分	〔W1〕 〔W3〕 PSU/NCAR データ 〔W4〕 USGS データ 〔W7〕
核種組成	通常モデル	・全希ガス、全ヨウ素 (炉型、燃焼度、炉停止時刻から組成を計算) ・希ガス (15 核種) ・ヨウ素 (7 核種) ・その他 FP (39 核種)			〔S1〕 〔S13〕 JAERI-M 85-012 「原子炉停止時における炉内核種組成の変化 - SPEEDI のソースタームの情報の観点から -」		〔W1〕 〔W7〕
	臨界モデル	希ガス (11 核種) ヨウ素 (5 核種)			〔S1〕		
	エアロゾルモデル	全aPu、全aEu、全aNu、全aDu、全aHEu、90EU				〔S1〕	
気象等データ		風速、拡散係数、雨量等 (局地気象計算または質量保存則計算の出力)		外部ファイル (随時入手)	〔S1〕 〔S12〕 〔S13〕		〔W1〕 〔W7〕

表 4. 2. 5 濃度・線量計算における物理定数 (2 / 2)

解法・データ		25km 四方 (狭域) / 100km 四方 (広域) 計算 (SPEEDI)				拡大領域計算 (WSPEEDI)	
		適用式・適用データ	定数	入力方法	参考資料	特徴等	参考資料
座標系		地形準拠座標系			[S1] [S12] [S13]		[W1] [W7]
移流拡散計算		・粒子拡散法 ・ランダムウォークモデル (水平方向) + PICK モデル (鉛直方向) ・水平方向拡散パラメータは Pasquill-Gifford を使用			[S1] [S12] [S13]	・ランダムウォークモデル ・水平方向拡散係数のモデルは Pasquill-Gifford と Gifford から選択可能	[W1] [W7]
メアンダリング係数		大気安定度が D~F で風速が遅い場合に、大気の蛇行の影響をメアンダリング係数としてパラメータ化し、拡散係数に乗じる	メアンダリング係数 $MF = 1.5 \times (STB - 4) - (0.25 + 0.25 \times (STB - 4)) \times WS + 2.5$ STB : 大気安定度 WS : 風速	コード内固定	[S1]	なし	
沈着	乾燥沈着	・沈着率を沈着速度と粒子の地上高から算出	v_g : 沈着速度 0m/s 希ガス 0.003m/s ヨウ素 0.001m/s その他	コード内固定	[S1] [S12] [S13]		[W1] [W7]
	降雨沈着	・洗浄係数を降水量から算出	洗浄係数 $[s^{-1}] = \alpha \cdot R^\beta$ R : 降水量[mm/h] $\alpha = 5.0 \times 10^{-5}$ $\beta = 0.8$	コード内固定	[S1] [S12] [S13]		[W1] [W7]
大気中濃度		各粒子の持つ放射能の各セルへの寄与を積分			[S1] [S12] [S13]		[W1] [W7]
地表蓄積量		乾燥沈着及び降雨洗浄により地上第1層セルの接地面に沈着した放射エネルギーを積分			[S1] [S12] [S13]		[W1] [W7]
空気吸収線量率		・大気中及び地表の放射性物質からの影響 ・サブマージョンモデル	空気の線エネルギー吸収係数 空気の線減弱係数 再生係数	外部ファイル (固定)	[S1] [S12] [S13]		[W1] [W7]
外部被ばく		・空気吸収線量率を積分	空気吸収線量率から実効線量率への換算係数	外部ファイル (固定)	[S1] [S12] [S13]		[W1] [W7]
内部被ばく		・吸入摂取量から内部被ばく線量を算出し積分	呼吸率 吸入摂取量から内部被ばくへの換算係数	外部ファイル (固定)	[S1] [S12] [S13]		[W1] [W7]

(4) 定数の精査と改良方策案の検討

i) 精査対象の設定

SPEEDI の精度向上に資するため拡散計算等に関する新たな知見を取入れることにより SPEEDI で使用している定数を精査した。SPEEDI で使用している定数は表 1～5 に示したように多岐にわたっているが、本調査においては特に重要と考えられる定数のうち 2 種類に絞り込んで調査を行った。

対象のうちの 1 つは、沈着に係る定数とした。地表に沈着した放射性物質の影響は福島第一原発事故においても重大な懸案となっており、精度の高い計算が求められる。沈着の現象について SPEEDI の運用開始以降も研究が進められており、新たな知見を導入することにより精度向上が期待されるため、本調査の精査対象とした。

また、もう一つの対象は、線量への換算に係る各種定数とした。線量への換算は SPEEDI の計算において最も重要な計算の一つである。また、福島第一原発事故対応の計算では希ガス・ヨウ素以外にも多くの核種が使用されており、線量換算のための定数を拡充しておくことは重要と考えられる。さらに、種々指針等の見直しや新たな ICRP 勧告の取入れ等があった場合には SPEEDI の定数見直しについても迅速に対応することが求められる。以上の状況を踏まえて線量への換算に係る各種定数について精査することとした。

ii) 沈着に係る定数

沈着に係る定数は、大きく湿性沈着と乾性沈着に区分され、対象とする核種（ヨウ素、セシウム、希ガス等）、形態（粒子状、ガス状）、化学的特性（無機、有機、溶解度等）、物理的特性（粒径、粒子密度、水滴との相互作用、地表面との相互作用等）及び気象条件を考慮して求められる。

福島事故でのセシウムの放出・地表蓄積による被ばく、新指針の OIL 指標（地表蓄積放射能からの線量率）等を受けて、現 SPEEDI での定数を確認し、最新のコード、資料等を調査し、沈着に係る定数の変更について検討する。

① SPEEDI で使用している沈着に係る定数⁽¹⁾

ア) 湿性沈着に係る定数

鉛直方向に分布するすべての放射性物質に対して

$$-dq_n/dt = \Lambda q_n$$

ここで、 q_n : 粒子 n の放射能 [Bq]

$$\Lambda : \text{洗浄係数} [s^{-1}] = \alpha \cdot R^\beta$$

α 、 β : 係数

R : 降水量 [mm/h]

により沈着による濃度変化を求める。

洗浄係数 Λ 中の係数 α 及び β は核種依存とされているが、希ガス以外の全核種に $\alpha = 5.0 \times 10^{-5}$ 、 $\beta = 0.8$ と設定している。

イ) 乾性沈着に係る定数

地表面に接するセル内の放射性物質のみに対して

$$-dq_n/dt = k q_n$$

ここで、 q_n : 粒子 n の放射能 [Bq]

$$k : \text{沈着率} [s^{-1}] = 2 v_g / \Delta z \cdot (1 - z_p / \Delta z)$$

v_g : 沈着速度 [m/s]

Δz : 計算セルの地上第 1 層の高さ [=10m]

z_p : 粒子の地上高 [m]

により沈着による濃度変化を求める。

沈着速度 v_g は、ヨウ素に対して 0.003、希ガスを除くその他の核種に対して 0.001 と核種別に設定している。

② 沈着に係る定数に関する新たな情報の整理

類似コード RASCAL、大気質モデル CAM x 及び関連文献から得られた情報を以下にまとめて示す。

ア) RASCAL4⁽²⁾

SPEEDI と同様、原子炉事故時漏洩放射能物質の大気中移流拡散・線量計算コード RASCAL の最新のバージョンである RASCAL4 で取り扱われているヨウ素の沈着で使用されている定数を以下に示す。

a) 湿性沈着

粒子に対する湿性沈着は洗浄モデルで、沈着率を次式で表す。

$$\omega'_w = -\lambda_p \int \chi dz$$

ここで、 ω'_w : 沈着率 [(Bq/m²)/s]

$$\lambda_p : \text{洗浄係数} [s^{-1}] = C E P_r / (0.35 P_n^{1/4})$$

C ; 経験的定数 (=0.5)

E ; 集積効率 (=1.0)

P_r ; 降雨量 [mm/h]

P_n ; 規格化降雨量 [mm/h]

χ : 大気中ヨウ素濃度 [Bq/m³]

ガスに対する湿性沈着はガスの雨中濃度が大気中濃度と平衡していると仮定したモデルとし、沈着率を次式で表す。

$$\omega'_d = -v_{dw} \chi$$

ここで、 ω'_d : 沈着率 [Bq/m²]/s]

$$v_{dw} : \text{沈着速度 [m/s]} = c S P_r$$

c ; 単位系変換用係数

S ; 溶解度係数

P_r ; 降雨量 [mm/h]

χ : 大気中ヨウ素濃度 [Bq/m³]

溶解度係数 S は活性ガスに対しては 1000 とし、非活性ガス(希ガス)に対しては、3桁以上小さいとして希ガスの湿性沈着を無視する。

b) 乾性沈着

沈着率を次式で表す。

$$\omega'_d = -v_{dd} \chi$$

ここで、 ω'_d : 沈着率 [Bq/m²]/s]

$$v_{dd} : \text{沈着速度 [m/s]} = 1 / (r_a + r_s + r_t)$$

r_a ; 空力抵抗

r_t ; 輸送抵抗

r_s ; 表面抵抗

χ : 大気中ヨウ素濃度 [Bq/m³]

沈着速度式の各抵抗は物理過程をモデル化し経験値を持ち込んだ計算式から求められる。

イ) CAMx (Comprehensive Air Quality Model with Extensions) ⁽³⁾

本コードは、米国 Environ 社により開発された大気汚染計算に使用されている大気質コードである。沈着関連の計算モデル等を以下に示す。

a) 湿性沈着

CAMx のモデルは、濃度変化は除去係数 Λ に依存するという以下に示す除去式である。

$$\partial c / \partial t = -\Lambda c$$

ここで c ; 濃度

Λ ; 除去係数 [1/s]

除去係数 Λ はガスと粒子に対して以下の物理過程をモデル化して別個に決定される。

・ガスに対して

(1) 周辺ガスの落下中の雨滴中への直接的な拡散吸収

(2) 溶解ガスを含む雲粒の付着

・粒子に対して

(1) 周辺粒子の粒子サイズに依存する効率での落下中の雨滴中への凝着

(2) 粒子集団を含む雲粒の付着

以下に洗浄係数の計算式を示す。

・ガス状物質の湿性沈着

雲層においては

$$\Lambda_c = 4 \cdot 2 \times 10^{-7} E P / d_d$$

ここで E ; 集積効率 (=0.9)

P ; 降雨量 [mm/h]

d_d ; 雨滴の直径 [m]

$$\Lambda_a = \Lambda_c \times c_{aq} L_c / c \rho_w$$

ここで c_{aq} ; 液相中の濃度 [g/m³水]

L_c ; 雲層中の水量

c ; 濃度

ρ_w ; 水密度 [g/m³]

周辺大気においては

$$\Lambda_g = 1 \cdot 67 \times 10^{-6} \times P K_c / d_d v_d$$

ここで K_c ; 質量移行係数

v_d ; 雨滴の落下速度 [m/s]

が計算され、洗浄係数として

$$\Lambda = \Lambda_a + \Lambda_g,$$

$$\Lambda = \Lambda_g$$

で与えられる。

・粒子状物質の湿性沈着

含水粒子の洗浄係数は上記雲粒での洗浄係数と同じく下式で与えられる。

$$\Lambda = \Lambda_c = 4 \cdot 2 \times 10^{-7} E P / d_d$$

乾燥粒子の湿性沈着は降雨によるとして ;

$$\Lambda_c = 4 \cdot 2 \times 10^{-7} E(d_p) P / d_d$$

ここで $E(d_p)$; 集積効率

粒子径 d_p の関数で、Seinfeld and Pandis により与えられる。

b) 乾性沈着

2種類のモデル (The Wesely/Slinn Model 及び The Zhang Model) を準備している。いずれも抵抗モデルが使われている。

• The Wesely/Slinn Model

ガス状物質の乾性沈着は、

$$\text{沈着速度 } v_d = 1 / (r_a + r_b + r_s)$$

ここで r_a ; 空力抵抗

r_b ; 境界層抵抗

r_s ; 表面抵抗

で表される。

粒子状物質の乾性沈着は、

$$\text{沈着速度 } v_d = v_{sed} + 1 / (r_a + r_b + r_a r_b v_{sed})$$

ここで v_{sed} ; 終端速度

で表される。

• The Zhang Model

ガス状物質の乾性沈着は、

$$\text{沈着速度 } v_d = 1 / (r_a + r_b + r_c)$$

ここで r_c ; 地上掩蔽部抵抗

で表され、上記 The Wesely/Slinn Model の r_s を r_c で置き換え、
 r_c の中で LAI (leaf area index) を使用する。

粒子状物質の乾性沈着は、

$$\text{沈着速度 } v_d = v_{sed} + 1 / (r_a + r_s)$$

で、上記 The Wesely/Slinn Model の仮想的な抵抗 $r_a r_b v_{sed}$ に替
えてブラウニング拡散、凝着等を考慮した表面抵抗 r_s を設定してい
る。

ウ) 関連文献

関連文献から、湿性沈着モデル、乾性沈着モデルおよび測定値についての
記載概要を以下に示す。

- H. D. Brenk and K. J. Vogt (1981) ⁽⁴⁾ では、湿性沈着モデルとして $\alpha \cdot R^\beta$
の形の洗浄係数を取り上げ、測定値等から I_2 ガス及び粒子に対して以下
のように設定している。

$$\Lambda = 8 \times 10^{-5} R^{0.6} ; I_2 \text{ ガス}$$

$$1.2 \times 10^{-4} R^{0.5} ; \text{ 粒子}$$

- G. A. Sehmel (1980) ⁽⁵⁾ は、粒子及びガス状物質の乾性沈着についてのレビ
ューで、粒子、ヨウ素ガス、SO₂ の沈着速度の測定値をまとめている。
沈着速度測定値は、粒子状で 0.001 から 100 [cm/s] [Fig. 2 参照]、ヨウ素
ガスで 0.02 から 20 [cm/s] の範囲に広がっている。また、各種ガスに対す
る沈着速度がまとめられており、Kr は最大 2.3×10^{-11} [cm/s] となってい

る。

- M. L. Wesely (1988) ⁽⁶⁾ は、ガス状物質の乾性沈着について、抵抗モデルでの表面抵抗 r_s について検討し、土地利用別、季節別に入力値をまとめている。
- W. Ruijgrok et. al. (1995) ⁽⁷⁾ は、粒子状物質の乾性沈着についての欧州の最新の知見をまとめたものである。

沈着速度計算モデルとして、除去過程を数学的に記述し、粒子サイズの関数として沈着速度をもとめる物理過程を志向するモデルと、粒子サイズは陽には出てこない電気回路の抵抗と相似なモデルを取り上げている。物理過程を志向する種々のモデルに含まれる過程の比較がまとめられている。また、抵抗モデルについての改良の経緯(各抵抗項の計算式の改良の経緯)が記載されており、境界層抵抗 r_b の土地利用別、季節別、昼夜別の最良値がまとめられている。

種々の粒子の沈着速度の測定値がまとめられており、その範囲は $0.01 \sim 11$ [cm/s] の幅がある。

- M. L. Wesely, B. B. Hicksha (2000) ⁽⁸⁾ は、ガス状物質の乾性沈着についての現状レビューで、沈着速度は電気回路におけるオームの法則と相似の抵抗モデルで計算されていると記載し、各種モデルを紹介している。
- L. Zhang et. al. (2001) ⁽⁹⁾ は、粒子状物質の乾性沈着における抵抗モデルでの各抵抗について物理過程と関連付けた詳細な計算式及び使用すべき定数を与えている。
- B. Sportisse (2007) ⁽¹⁰⁾ は、放射性核種に着目した湿性沈着及び乾性沈着モデル及び使用係数、測定値をレビューしたものである。

I-131 及び Cs-137 の乾性沈着速度が文献からまとめられており、各々 $0.1 \sim 2.0$ 及び $0.04 \sim 0.5$ [cm/s] の範囲[ただし、形態についての記載なし]である。また、土地利用別の粒子、ガス状ヨウ素及び有機ヨウ素の乾性沈着速度がまとめられており各々 $0.05 \sim 1.05$ 、 $0.15 \sim 5.0$ 及び $0.005 \sim 0.05$ [cm/s] の範囲である。

粒子、ガス状ヨウ素及び有機ヨウ素について、降雨量 R をパラメータとして、 $\alpha \cdot R^\beta$ の形で表される洗浄係数中の係数 α 及び β を文献からまとめて示している。

③湿性沈着に関する定数の変更の検討

前記②に示すように、湿性沈着は洗浄係数をあたえて求める方法が主流である。洗浄係数は物理過程モデルから計算する方法と、現 SPEEDI と同様の $\alpha \cdot R^\beta$ から計

算する方法がある。ここでは、形態別に $\alpha \cdot R^\beta$ の形でパラメータ α 、 β が見直されていることから、全核種に同一のパラメータが与えられている現 SPEEDI から最新のパラメータ α 、 β に変更する。

他方、乾性沈着は、現 SPEEDI のように乾性沈着速度として一定値を与えるのではなく、抵抗モデル等により物理過程モデルで都度計算している。これらのモデルを現 SPEEDI に組込むには、モデルの詳細な検討が必要であり、コード変更も大規模になることから、乾性沈着に対しては変更の検討は行わない。

なお、湿性沈着においても洗浄係数を、雲中での沈着 in-cloud(nucleation)と降雨中の沈着 below-cloud (impaction)に分けて評価するより詳細なモデルが開発・実用化されており、将来的には現 SPEEDI に組込む必要がある。

ア) 沈着に係る定数の感度解析

定数変更の検討に先立ち現 SPEEDI により雨量をパラメータとして定数の感度解析を行った。

・主な計算条件

気象条件：想定気象

風向；東

風速；3m/s

大気安定度；D型

降雨量(パラメータ)；0、1、10、50mm/hの各ケース

放出条件：ヨウ素単位量放出、6時間継続放出

・計算結果

図4. 2. 1に降雨量をパラメータにしたI-131の地表蓄積量と蓄積時間の関係を示す。

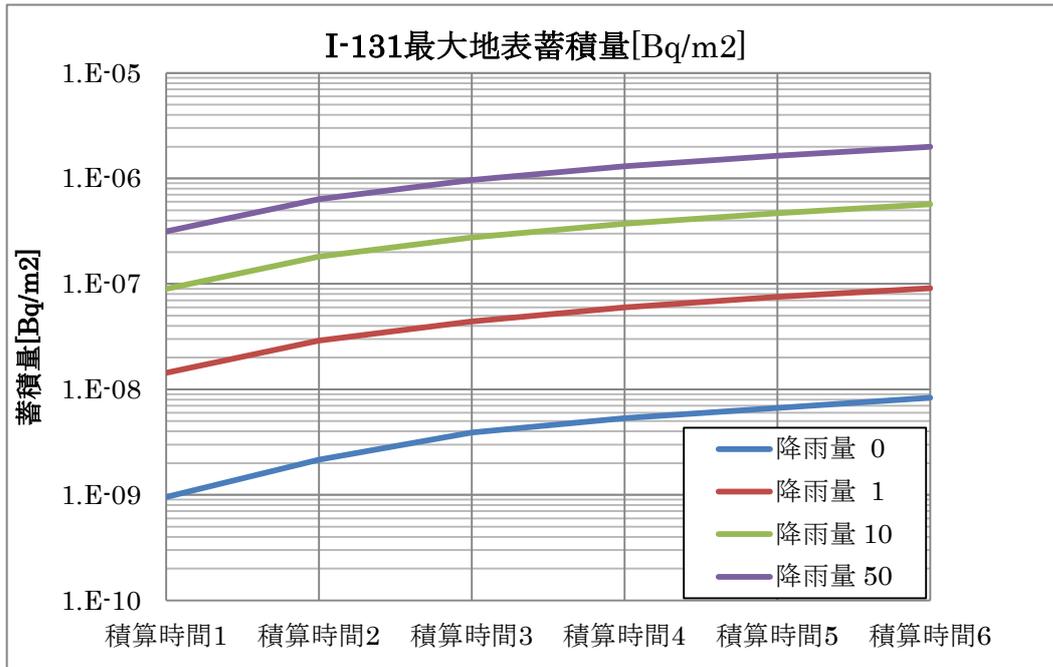


図4. 2. 1 地表蓄積量感度解析結果

主な結果は以下のとおりである。

- 降雨量が1mm/hでも湿性沈着量は乾性沈着量の約11倍の沈着量となり、湿性沈着が支配的である。
- 降雨量が10mm/h(洗浄係数； 3.155×10^{-4} [1/s])と1mm/h(洗浄係数； 5×10^{-5} [1/s])の10倍になると沈着量は約6.7倍、50mm/h(洗浄係数； 1.143×10^{-3} [1/s])と50倍になると沈着量は約23.7倍になり、洗浄係数にほぼ比例して沈着量が増加する。

イ) 湿性沈着に係る係数の変更案

現 SPEEDI では、希ガスを除いた全核種に対して一つの洗浄係数を与えているが、上記②で示した文献(10)のTab. 10の中からPasler-Sauerが示しているように、粒子状(ヨウ素及びセシウム)、ガス状(無機ヨウ素)及びガス状(有機ヨウ素)の三つに分類して表4. 2. 6に示す洗浄係数を与えることとする。同表にはSPEEDIと比較して係数値も示す。

表 4. 2. 6 洗浄係数変更案

核種・形態	洗浄係数式 *	洗浄係数值			
		R=0	R=1	R=10	R=50
粒子状 (I 及び Cs)	$8 \times 10^{-5} R^{0.8}$	0.0	8×10^{-5}	5.048×10^{-4}	1.829×10^{-3}
ガス状 (無機ヨウ素)	$8 \times 10^{-5} R^{0.6}$	0.0	8×10^{-5}	3.185×10^{-4}	8.365×10^{-4}
ガス状 (有機ヨウ素)	$8 \times 10^{-7} R^{0.6}$	0.0	8×10^{-7}	3.185×10^{-6}	8.365×10^{-6}
現 SPEEDI (全核種 **)	$5 \times 10^{-5} R^{0.8}$	0.0	5×10^{-5}	3.155×10^{-4}	1.143×10^{-3}

* : R は降雨量 [mm/h]

** : 希ガスは除く

感度解析と同一の条件で洗浄係数のみを粒子状(ヨウ素及びセシウム) [新粒子] 及びガス状(無機ヨウ素) [新ガス] の洗浄係数に変更したときの I-131 の地表蓄積量を、現 SPEEDI と比較して降雨量 50mm/h の場合について図 4. 2. 2 に示す。

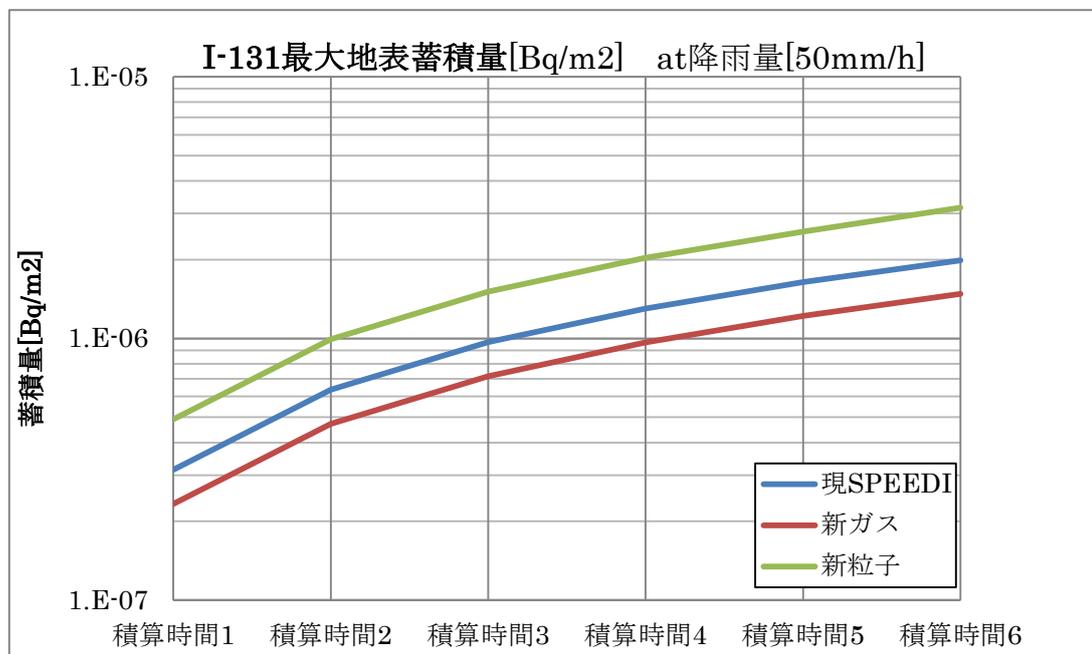


図 4. 2. 2 洗浄係数に変更したときの地表蓄積量

粒子状(ヨウ素及びセシウム) [新粒子] 及びガス状(無機ヨウ素) [新ガ

ス]の洗浄係数に変更すると現 SPEEDI に比べて I-131 地表蓄積量は各々約 1.5 倍及び約 0.7 倍となる。

なお、洗浄係数値の比較から、ヨウ素については、粒子状、ガス状（無機ヨウ素）及びガス状（有機ヨウ素）で 1/3 ずつ存在すると仮定する⁽¹¹⁾と、現 SPEEDI より地表蓄積量は 20%程度小さくなる。また、セシウムについては、すべて粒子状と仮定すると、現 SPEEDI より地表蓄積量は約 1.6 倍大きくなる。

iii) 線量への換算に係る各種定数

SPEEDI システムでは、日本域の予測数値気象データ GPV をもとにサイト周辺のより詳細な地形情報を反映した風速場を求め、事故時にサイトから放出される放射性プルームの移流拡散計算にもとづき、周辺住民の被ばく線量を評価する。大気中あるいは地表に沈着し分布している放射性物質から被ばく線量を求めるには、目的に応じた線量への換算係数が適用されており、現状の SPEEDI に組み込まれているこの換算係数の出典を確認するとともに、その係数の改訂の必要性についての検討を行った。

SPEEDI での放射性プルームの移流拡散及び線量評価は、PRWDA のステップにおいて、WSPEEDI では GEARN のステップにおいて実行されている。この線量への換算方法および換算係数は基本的に変わらないため、SPEEDI で代表させて以下は述べることにする。

①SPEEDI で使用している線量への換算に係る定数

被ばく量は、体外に存在する放射性物質からの放射線による外部被ばく線量と、呼吸により体内に取り込まれた放射性物質からの放射線による内部被ばく線量とが、SPEEDI では評価出力される。

これらの線量は次のように計算されている。

$$\bigcirc \text{外部被ばく線量} = \text{大気中プルーム寄与分} + \text{地表沈着物質寄与分}$$

大気中プルーム：

大気中任意点の浮遊物質から評価点（地上 1 m 高）への寄与線量率は、点減衰核ビルドアップ式にて解析的に求められ、全物質からの寄与を総和して空気吸収線量率を計算する。適用されるビルドアップ係数は、地表面からの寄与成分が影響するため、浮遊物質（線源）の地上からの高さによって異なる式が使い分けられている。

得られた評価点の空気吸収線量率に、換算係数 Sv/Gy^{*1}を乗じて大気中プルームから寄与する外部被ばく実効線量率とする。

SPEEDI ネットワークシステム説明書⁽¹⁾には、添付図 2-7 としてガンマ線エネルギーと換算係数との相関が掲載されている。

地表沈着物質：

評価点（地上 1 m 高）直下の地表面の沈着線源強度が、一様無限に地表面に広がっているとし、評価点の線量率を計算する。

この沈着線源強度から線量率への計算には、核種毎に求められている換算係数 (Sv/h) / (Bq/m²)^{*2} を乗ずる。

なお、空気吸収線量率への地表沈着物質からの寄与についても、同様な換算係数 (nGy/h) / (Bq/m²)^{*2} を乗じて求めており、上記の大気中プルームによる空気吸収線量率に加えた結果が、SPEEDI の最終的な空気吸収線量率として出力される。

ネットワークシステム説明書には、添付表 2-6 として核種毎の地表沈着線源強度から外部被ばく実効線量および空気吸収線量率への換算係数の一覧表が掲載されている。

○内部被ばく線量＝呼吸により体内摂取された放射性物質による預託線量

等価線量：

呼吸で取り込まれる位置の大気中の放射性物質の線源強度に等価線量への換算係数 (Sv/Bq)^{*3*4} を乗ずる。換算係数は、成人、1 歳児（小児）、3 カ月児（乳児）について準備されており、各年齢グループ別の呼吸率が定められている。

なお SPEEDI では、核種に応じて被ばくの影響の最も大きい臓器についてのみ等価線量を計算するようになっており、甲状腺（ヨウ素同位体、Te-131m）、肺、大腸下部 (Mo-99)、呼吸器官 (Te-129、La-140)、骨表面（超ウラン元素）が、この臓器として定められている。

実効線量：

等価線量の計算法と同様であり、呼吸で取り込まれる位置の大気中の放射性物質の線源強度に実効線量への換算係数 (Sv/Bq)^{*3*4} を乗ずる。この換算係数も年齢グループに応じて 3 種類が準備されている。

ネットワークシステム説明書には、添付表 2-8 として核種に応じた吸入線源強度から等価線量および実効線量への換算係数の一覧表が掲載されている。

SPEEDI での、これらの換算係数の出典は次の通りである。

○外部被ばく線量

*1 ; GSF-Bericht 2/90⁽¹²⁾

本文献のタイトルからは、地表沈着物質からの線量計算だけの報告書と理解されるが、無限大の半球体積線源による地上 1 m 高の空気カーマから外部被ばく実効線量当量への換算係数 Sv/Gy のエネルギー変化図およびそのもとになる空気カーマ/(gamma/m³)および実効線量当量 Sv/(gamma/m³)のガンマ線エネルギーに対する相関表が掲載されている。

*2 ; GSF-Bericht 12/90⁽¹³⁾

前述の文献(12)はガンマ線の代表エネルギー毎の空気カーマおよび実効線量当量が計算されているのに対し、本文献では核種毎に求められた空気カーマおよび実効線量当量が掲載されていると推定される。SPEEDI での地表沈着線源からの外部被ばく線量の寄与を計算するための換算係数の表(説明書 添付表 2-6)には、文献(12)とともにこの文献も出典にあげられている。しかし国立国会図書館に問い合わせた結果、当文献は国内の図書館において蔵書として公開されているものは見当たらず、ドイツ等の数か所の海外図書館に所蔵されているのは確認できるとのことであった。このため、ネットワークシステム説明書に記載されている換算係数(説明書 添付表 2)を原文献に戻って確認するには至らなかった。

○内部被ばく線量

*3 ; 原子力安全委員会「環境放射線モニタリング指針」⁽¹⁴⁾

当指針の解説 I 項「線量の推定と評価法」に、緊急事態における 1 歳児(小児)のヨウ素吸入摂取による換算係数、および成人のウラン・プルトニウム吸入摂取による換算係数が明示されており、この係数に SPEEDI は従っている。また上記以外の核種については、平常時における成人について明示されている換算係数を採用している。

この指針自体は、下記*4 に編集されている ICRP の評価値に基づいており、そこには、年齢グループ、核種の化学形体、体内吸収程度の条件等に応じた評価値が編集されており、SPEEDI では、ヨウ

素については元素状ヨウ素に対するもの、ウラン・プルトニウムについては粒子径 $1\mu\text{m}$ のエアロゾルとして評価された数値のなかでの最大値を換算係数に採用している。なお指針では、Pu-242 核種のみ下記*5 のものが採用されている。

*4 ; ICRP Publication 71 ⁽¹⁵⁾

文献(14)に示されていない核種、年齢グループの換算係数については、本文献に示された各種評価条件下での値の中から、上記指針の考え方に基づいて SPEEDI の換算係数が選定されている。

*5 ; ICRP Publication 72 ⁽¹⁶⁾

本文献は、年齢依存内部被ばく線量係数として公表してきた ICRP Pub. 56, 67, 69, 71 を纏めたものであり、換算係数値が CD に収録されている。

②線量への換算に係る定数に関する新たな情報の整理

SPEEDI での線量換算係数のもとになる等価線量、実効線量の評価法（放射線荷重係数、組織荷重係数、人体ファントムモデル等）については、基本的には ICRP 勧告に基づくものである。我が国では ICRP Pub. 60「国際放射線防護委員会の 1990 年勧告」（1991 年）を反映し 2000 年に全面的に内容が改訂されたものが、現行の放射線障害防止法である。

但し SPEEDI の外部被ばく線量評価に関する現状の換算係数は、正確には線量当量換算係数と呼ぶべきものであり、1990 年勧告のひとつ前の ICRP Pub. 26「国際放射線防護委員会勧告」（1977）の評価法に基づいており、組織荷重係数の定められた臓器が極めて限定的（6 臓器＋その他全臓器）であり、「線量当量」の用語が適用されていた。これに対して内部被ばくに線量に関する換算係数は、1990 年勧告に基づいた評価結果が採用されている。

この ICRP 勧告は、1990 年以降の研究の成果を集大成したものが ICRP Pub. 103「国際放射線防護委員会の 2007 年勧告」（2007 年）として発表され、放射線荷重係数、組織荷重係数、人体ファントムモデル等の見直しが行われた。我が国の国内法への新勧告の取り入れは、まだ審議検討中の段階である。

○外部被ばく線量換算係数（大気中プルーム寄与分）

ICRP Pub. 60 の評価法に基づく外部被ばく線量への換算係数は、ICRP Pub. 74（1996）「外部放射線に対する放射線防護に用いるための換算係数」として公表されている。この換算係数の導出においては、単色線源は並行ビームとして人体に照射され、照射ジオメトリーとして典型的な次の 6 種類のもので評価されている。

AP : 前方-後方ジオメトリー
PA : 後方-前方ジオメトリー
RLAT : 右側方ジオメトリー
LLAT : 左側方ジオメトリー
ROT : 回転ジオメトリー
ISO : 等方ジオメトリー

実効線量に対するジオメトリーの効果としては、評価された全エネルギー範囲(0.01MeV~10MeV)にわたり AP 照射がもっとも換算係数(Sv/Gy)が大きく、0.06MeV~4MeV の範囲では、AP>PA>ROT>ISO>LLAT>RLAT の順となっている。このため国内の障害防止法における換算係数(科学技術庁告示第5号別表第4「自由空気中の空気カーマが1グレイである場合の実効線量」)には、ICRP Pub. 74 の AP 照射条件の値が安全側の評価値として採用されているが、ICRP Pub. 74 の本文には、「ISO ジオメトリーは放射性ガスの大きな雲中に浮遊する身体の近似になろう。このジオメトリーはしばしば、住宅又は環境中での天然放射性核種による照射又は放射性核種の環境への大気放出による照射に対して想定される。」(日本アイソトープ協会発行和訳)と記載されている。

SPEEDI では、大気中プルームからの外部被ばく線量への換算係数(Sv/Gy)は、文献(12)(GSF 2/90)のものが採用されており、半無限大体積線源の中での地上高1m位置での評価点に対するものであるのに対して、ICRP での評価点は自由空間にあるために地表面の効果が考慮されていない。従って、プルームからの地表1m高の外部被ばく線量を評価するには、SPEEDI で適用されている換算係数が、ICRP で評価されている ISO ジオメトリーのものよりも適切と考えられる。

なお文献(12)の発表後に、ほぼ同じメンバーからなる著者によって、プルームからの外部被ばく線量に対する換算係数の見直しが Health Physics⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾ に報告されている。文献(17)では1990年勧告を取り入れることにより、外部被ばく線量として従来評価されてきた実効線量がどのように影響を受けるかを評価している。この結果では、15keV以下での一部の照射ジオメトリーを除くと、10MeVまでのエネルギー範囲全体にわたり、従来の実効線量当量への換算係数より新しい実効線量への換算係数が低目となる結論を得ている。なおこの傾向は線源が半無限大空間に存在する場合とともに、地表面に一様無限大に存在する場合についても確認されている。

またICRPの外部被ばく線量への換算係数は、2007年勧告に基づき評価され直したものが、ICRP Publ. 116⁽¹⁹⁾として公表されている。これらの換算係数を比較すると、図4.2.3のようになっている。

SPEEDI の換算係数(GSF 2/90)は、いずれのICRPのものに比較して0.04MeVから0.1MeVにかけて最大20%程度低い値となっている。これは照射条件として半無限大体系か自由空間体系かの違いが大きな要因になっていると推定される。1990年勧告を反

映した効果を検討した Health Physics での換算係数は、SPEEDI に採用した換算係数に比べ 0.2MeV より高いエネルギー領域では数%内だけ低くだけであり、これより低いエネルギー領域となると差が広がり、0.05MeV では 15%ほど低くなっている。

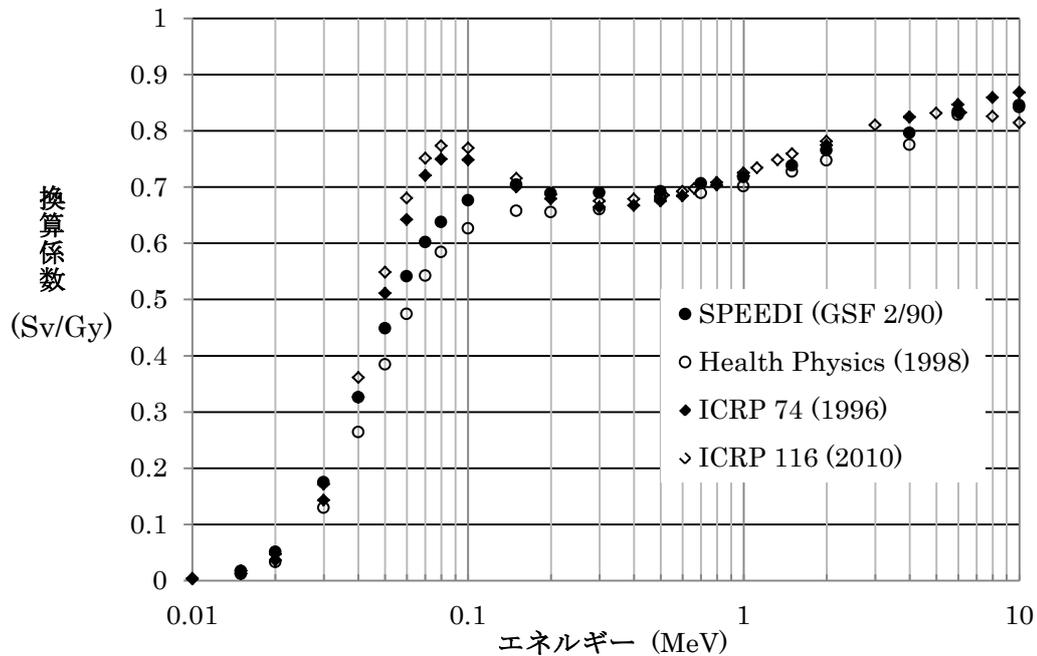


図4. 2. 3 ガンマ線の線量換算係数

ICRP の 2007 年新勧告前後の換算係数を比較すると、ICRP と SPEEDI との差が見られたほぼ同じエネルギー領域において、若干の差がみられる（新勧告が高い）とともに、4MeV 以上の高エネルギー領域で差が広がっている（新勧告が低い）。この ICRP 間の差は、評価法における違いのうちファントムモデル（従来；MIRD 数学モデル、最新；Voxel モデル-医療断層撮影に基づいた男女別ファントム-）が最も大きな要因であると評価されている（ICRP Pub. 116）。

なお、ICRP Pub. 116 のあとに ICRP Pub. 119 ⁽¹²⁾ が出版されているが、タイトルにあるように ICRP Pub. 60 の評価法に基づいた線量係数の総集編であり、ICRP2007 年勧告に基づいた係数が評価されると、これに置き換わる旨、明記されている。

○外部被ばく線量換算係数（地表沈物質寄与分）

地表沈着物質からの外部被ばく線量への換算係数 (Sv/h) / (Bq/m²) については、ICRP Publication としての評価は行われていない。

SPEEDI に組み込まれている核種毎の線量換算係数は、その他の文献においても確認するに至らなかった。

○内部被ばく線量換算係数

呼吸および食物により体内摂取された放射性物質による内部被ばく線量評価のための係数は、ICRP Pub. 72 (1996) にまとめられ、さらに外部被ばく線量のための換算係数もあわせて網羅したものが ICRP Pub. 119 (2012) としてまとめられている。

ICRP Pub. 72 からの若干の核種についての係数の見直し値が Pub. 119 に記載されているが、いずれも SPEEDI 評価の対象外の核種となっている。

なお、ICRP2007 年勧告の評価法に基づく内部被ばく線量のための換算係数は、いまだ ICRP からは出版されていない。

③線量への換算に係る定数の改訂の検討

我が国の現行の放射線障害防止法は、ICRP1990 年勧告をベースとしており、既に公表されている ICRP2000 年勧告の取り入れについて、現在審議が進められているところである。

内部被ばく線量の換算係数については、SPEEDI 適用値は ICRP1990 年勧告に基づき ICRP で評価されたもの原子力安全委員会指針に採用されており、今後の ICRP での新勧告ベースの換算係数の公表を待つとともに、我が国の独自の見直しがあれば、それを取り入れていくことになる。

外部被ばく線量の換算係数に関しては、事故時の大気中プルームからの線量においては、地上の人の位置での線量評価が必要である。このため 1990 年発行の文献(12)(13)に記載されている地表面からの散乱効果を考慮した空気吸収に対する線量換算係数 (Sv/Gy) と沈着した放射性物質の地表面密度からの線量への換算係数 (Sv/h) / (Bq/m²) が、現行の SPEEDI には組み込まれている。この文献値は ICRP1977 年勧告に基づいた評価法のものであり、その後、ほぼ同じ著者達により 1990 年勧告の評価法を取り入れた影響が文献(19)(20)で評価され、1990 年勧告にも基づく換算係数は概略低目となることが報告されており、現行の SPEEDI の換算係数はそれほど大きく影響されることはなく、また過小評価とはなっていないことが判明した。ICRP 新勧告に基づき公表されている換算係数は従来勧告に基づくものと同様に自由空間におけるものしかなく、プルームからの寄与に適しているという ISO 等方照射ジオメトリーも空間に人体が浮遊している状態を模擬していることになるために、現行の SPEEDI の換算係数に比較して評価条件が劣っていると判断される。前者の地表沈着物質に対する換算係数は、今回の調査では見なおしの検討対象となるような文献は見出すに至らなかった。

以上の確認検討より、SPEEDI に現状組み込まれている線量換算係数については、現時点では早急に置き換えるべき対象データは見いだせず、全体的には ICRP2007 年新勧告の取り入れを待って数値を更新することとし、そのうち外部被ばく線量に関する換

算係数については、ICRP2007 年新勧告の評価法に基づき、かつ地表面の散乱効果を考慮したプルームからの寄与分、また地表沈着分からの寄与分について、新しい検討結果が公表されることが待たれる。特に福島原発事故の経験では、地表面に沈着した放射性物質の寄与による外部被ばく線量の影響が、チェルノブイリ事故と同様に大きいことが再認識されており、地表面沈着密度からの外部被ばく線量への線量換算係数についての新しい評価が待たれる。

(4) まとめ

SPEEDI で使用している主な定数のうち、沈着に係る定数及び線量換算に係る定数の見直しについて検討した結果は以下のとおりである。

i) 乾性沈着に係る定数

本調査では変更案を作成しなかった。

現在の SPEEDI では希ガス、ヨウ素及びその他核種の 3 種類について沈着率を定数として扱っているのに対し、新たな乾燥沈着モデルは気象条件や地表面条件等を考慮し精緻化されたものが多い。新たなモデルを導入するためにはコードの大幅な変更を伴うが、本調査の実施期間が限られているため定数等変更案の作成を実施しないこととした。

ii) 降雨沈着に係る定数

変更案を作成して試計算等実施し、取入れに問題ないことを確認した。

新たなモデルでは核種及び化学形態等に対応させて洗浄係数を算出しているが、現在の SPEEDI と同様に洗浄係数を指数形式 (αR^β) で算出している。このため、コードを一部修正して試計算を実施した。

iii) 線量換算に係る定数

本調査では変更案を作成しなかった。

本調査では SPEEDI の線量換算に係る定数の根拠となる文献及び関連する文献を精査したが、定数の変更または追加に関する情報は得られなかった。

なお、線量への換算係数については、ICRP2007 年新韓国の評価法に基づく変更や指針等見直しに基づく変更があった場合には、本調査で整理した結果を活用することにより迅速な変更が可能と考えられる。

参考文献

- (1) 「SPEEDEI ネットワークシステム 説明書」、財団法人 原子力安全技術センター (平成 24 年 3 月)
- (2) J. V. Ramsdell et. al. , “RASCAL 4: Description of Models and Methods” , NUREG-1940 (2011)
- (3) ENVIRON International Corporation, “CAMx User’ s Guide Comprehensive Air Quality Model with Extensions Version6.0” , (May 2013)
- (4) H. D. Brenk and K. J. Vogt, “The Calculation of Wet Deposition from Radio- active Plumes” , Nuclear Safety, 22, 362-271 (1981)
- (5) G. A. Sehmel, “Particle and Gas Dry Deposition : A Review” , Atmospheric Environment, 14, 983-1011 (1980)
- (6) M. L. Wesely, “PARAMETERIZATION OF SURFACE RESISTANCES TO GASEOUS DRY DEPOSITION IN REGIONAL-SCALE NUMERICAL MODELS “, Atmospheric Environment, Vol. 23, No. 6, 1293-1304 (1989)
- (7) W. Ruijgrok et. al. , “Dry deposition of particles” , Tellus (1995)
- (8) M. L. Wesely, B. B. Hicksha, “A Review of the current status of knowledge on dry deposition” , Atmospheric Environment, 34, 2261-2282 (2000)
- (9) L. Zhang et. al. , “A size-segregated particle dry deposition scheme for an atmospheric aerosol module” , Atmospheric Environment, 35, 549-560 (2001)
- (10) B. Sportisse, “A review of parameterizations for modelling dry deposition and scavenging of radionuclides” , Atmospheric Environment, 41, 2683-2698 (2007)
- (11) S. A. McGuire et. al. , “RASCAL 3.0.5: Description of Models and Methods” , NUREG-1887 (2007)
- (12) K. Saito, N. Petoussi, M. Zanki, R. Veit, P. Jacob, G. Drexler , “Calculation of Organ Doses from Environmental Gamma Rays Using Human Phantoms and Monte Carlo Methods Part I Monoenergetic Sources and Natural Radionuclides in the Ground,” GSF-Bericht 2/90 (1990)
- (13) Jacob, H. Rosenbaum, N. Petoussi, M. Zanki , “Calculation of Organ Doses from Environmental Gamma Rays Using Human Phantoms and Monte Carlo Methods Part II Radionuclides Distributed in the Air or Deposited on the Ground,” GSF-Bericht 12/90 (1990)
- (14) 原子力安全委員会「環境放射線モニタリング指針」(平成 20 年 3 月改訂版)
- (15) “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides (Part 4) Inhalation Dose Coefficients,” ICRP Pub. 71, Annals of the ICRP

Vol. 25 No. 3-4 (1995)

- (16) "Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides (Part 5) Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients," ICRP Pub. 72, Annals of the ICRP Vol. 26 No. 1 (1996)
- (17) M. Zanki, N. Petoussi, G. Drexler, "Effective dose and Effective dose Equivalent - The impact of the new ICRP definition for external photon irradiation," Health Physics Vol. 60 No. 5, p395-399 (1992)
- (18) K. Saito, N. Petoussi, M. Zanki, "Calculation of the Effective Dose and its Variation from Environmental Gamma Ray Sources," Health Physics Vol. 74, p698-706 (1998)
- (19) "Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures," ICRP Pub. 116, Annals of the ICRP Vol. 40 No. 2-5 (2010)
- (20) "Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60," ICRP Pub. 119, Annals of the ICRP Vol. 41 Supplement 1 (2012)

第5章 その他の検討

5. 1. SPEEDI のコンパクト化に係る検討

(1) 調査の目的

現行の SPEEDI システムは、運用開始以来機能の拡張や追加等により、運用にあたって比較的大きなシステムを必要としている。本調査は、システムをよりコンパクトに運用すべく、現行のシステムに対しそれぞれの機能や計算処理等について必要性及び計算負荷等を調査し、システムの合理化策を検討しとりまとめることを目的とする。

(2) 現行 SPEEDI システムの分析

i) 現行機能の整理

SPEEDI ネットワークシステムは、図 5. 1. 1 に示す通り、データ収集系機能、計算制御系機能、予測計算系機能、図形表示系機能及び運用ユーティリティ機能の5つの機能系統から成っている。

平常時はデータ収集系により、日本気象協会から気象データ、SPEEDI が導入されている全 24 道府県（以下「関係道府県」という。）から気象データ及び環境放射線モニタリングデータを収集し、放射線量率値を監視するとともに緊急時に備えている。

緊急時には、計算制御系により計算を起動し、収集した気象データ等をもとに予測計算系で大気中拡散計算等のシミュレーション計算を行い、計算制御系で計算結果を等値線分布等の見やすい図形として描画する。作成された図形は図形表示系にて表示し、さらに国や SPEEDI 導入道府県等の図形表示専用端末である中継機 II に配信し、表示する。

その他、SPEEDI の運用支援や、SPEEDI のより有効な活用等のための付加的な機能として、環境防災Nネットやサポートネット機能、直達線評価機能等の運用ユーティリティ系がある。

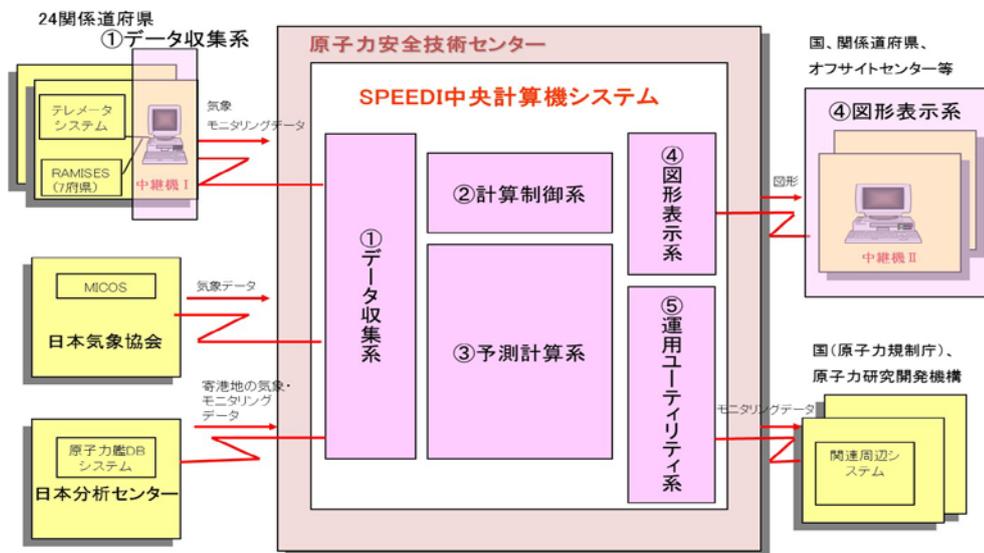


図 5. 1. 1 SPEEDI の機能系統

以下、各機能系統に含まれる機能について、その内容及び位置付け等について整理した（表 5. 1. 1 参照）。

a) データ収集系機能

SPEEDI で気象予測計算や大気中拡散計算を行うために必要なデータ等を収集し、格納・登録する機能である。主に、関係道府県のテレメータからのデータを収集する機能と、日本気象協会から送付されてくる気象庁データを収集する機能から成る（表 5. 1. 1 の①、②、③）。

気象データについては、③により収集された GPV データが SPEEDI での気象予測計算の基本データとなり、①と②により収集された関係道府県の気象観測データ及び③により収集された AMeDAS データが、気象予測計算における同化計算に使用される。

以上の各収集機能をタイムスケジュールに沿って起動、制御する基幹機能が④のデータ収集制御機能である。

⑤の時系列情報表示機能は、収集されたデータを端末上でリアルタイムに時系列グラフで表示する機能で、SPEEDI センター内でのデータ収集状況の監視のみならず、緊急時において規制庁緊急時対応センター（以下「規制庁 ERC」という。）や OFC にて、放射線量率の推移を確認するため等に使用される。

⑦の気象予測精度データ集計機能は、SPEEDI の気象予測精度の向上のために予測精度を評価する際に、平常時からデータ収集のタイミングで SPEEDI 気象予測の結果と気象実測値との比較結果を集計する機能である。

緊急時の SPEEDI 計算に必要な放出源情報として、ERSS で予測された予測放出率を用いる場合には、処理の迅速化及び確実化を図るために、オンラインで当該情報を入手する⑧の ERSS データ受信機能を活用する。

⑨の原子力艦寄港地データ収集機能は、原子力艦の事故に備え、寄港地の気象データ及び環境放射線量率データを、日本分析センターから収集・格納する機能で、気象予測計算の際気象データを同化に用いる。

b) 計算制御系機能

SPEEDI 計算を実施する際に、計算条件入力や計算起動及び計算実行を全体制御する機能である（①）。

また、計算結果を等値線分布等として描画し、図形として登録する機能（②）も計算制御系機能に含む。

③のモード切替機能は、SPEEDI 運用の 2 つのモードである平常時モード及び緊急時モードを、対象サイトを指定して相互に切り替える機能である。緊急時モードに切り替えた場合は、運用関係者の携帯電話に通報が行われるとともに、単位量放出を仮定した予測計算等が行われる。

SPEEDI 予測計算は、通常 SPEEDI 中央計算機センター内に設置された SPEEDI 端末から起動されるが、SPEEDI 中央計算機センターの外部から、国や関係道府県の利用

者が SPEEDI 計算を起動する機能を有している (④)。このうち、予測結果直接入手機能は、関係道府県の職員が現地に設置の中継機Ⅱから SPEEDI 計算を起動し、計算結果図形を当該中継機Ⅱに受信する機能で、平常時の利用に限定されている。一方、直接計算機能は、国の職員等が、規制庁 ERC や各 OFC 設置の中継機Ⅱから SPEEDI 計算の起動を行い、計算結果を当該中継機Ⅱに受信する機能で、主に緊急時に活用することを目的としている。

c) 予測計算系機能

気象予測計算及び風速場計算、放射性物質の大気中拡散等による濃度分布計算、線量分布計算をシミュレーションモデルに基づき行う機能である。

原子力施設周辺約 100km 四方内を対象に行う計算 (①、②)、及びそれを超えてほぼ日本列島全域までを対象に行う拡大領域計算 (③、④) とに分けられる。後者については、福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえ、100km 四方よりさらに広範囲な領域についても環境影響予測を行う必要性から、平成 25 年度より運用が開始された機能である。

これらの計算を行うプログラムは、いずれも日本原子力研究開発機構で開発、検証されたのちに、SPEEDI の運用システムで用いる際に提供されたプログラムである。

d) 図形表示系機能

SPEEDI 計算結果図形を、中央計算機側から国の防災拠点 (規制庁 ERC、首相官邸、OFC 等) や関係道府県及び関連機関 (日本原子力研究開発機構 原子力緊急時支援・研修センター) の図形表示用の専用端末である中継機Ⅱに配信する機能 (①) 及び中継機Ⅱで地図上に表示する機能である (②)。

中継機Ⅱでは、人口、避難所、病院、学校等の防災に関連した情報 (以下、社会環境情報という) をデータベースとして格納しており、SPEEDI 予測計算結果図形と重ね合わせて表示し、防護対策の検討等に活用することが可能である (③)。これらの社会環境情報は、各関係道府県の地域防災計画の資料に基づき、ほぼ毎年更新されている。

e) 運用ユーティリティ機能

以上の主要機能以外の、運用支援機能や、拡張機能、付加的な機能から成る。

①の通報機能は、システムの異常、収集データの欠測や放射線量率の異常値の検出を行い、関係者の携帯電話に音声メッセージやメールで自動的に通報する機能である。特に放射線量率の異常については、原子力規制庁の担当職員にも通報される運用となっている。

③のサポートネット機能は、主として関係道府県の担当者に対し、SPEEDI システムの円滑な運用を支援することを目的としたインターネット Web システムである。関係道府県及び SPEEDI 中央計算機システム運用担当者間の情報連絡や共有のために利用されている。

④の直達線評価機能は、原子力施設からの直接線及びスカイシャイン線（以下、二つを合わせて「直達線」という。）の線量率分布図を出力する機能である。緊急時において、施設から大気中に放出された放射性物質による環境影響予測だけでなく、施設内からの直達線による放射線寄与も評価可能となるように整備されたものである。

⑤の想定気象データ作成機能は、気象実測値に基づく計算ではなく、想定した気象状況での計算を行うための機能で、主に関係道府県の要請による計算を行う際に活用される。

⑥の放出量推定機能は、施設から放出された放射性物質の放出量を、環境放射線モニタリング情報と SPEEDI の予測計算をもとに推定する作業を支援する機能で、福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえ、平成 25 年度から運用が開始された機能である。

⑦の計算結果提供機能は、SPEEDI 図形の Web サイトやメール等での迅速な公開を支援する機能で、平成 25 年度から運用が開始された機能である。

⑧の環境防災 N ネットは、平時から広く一般公衆向けに原子力防災関連情報を提供するためのインターネット Web システムである。

SPEEDI で収集している関係道府県のモニタリングデータ等を 10 分毎にホームページ上で表示するとともに、過去に関係道府県の要請に応じて計算した SPEEDI 図形（原子力防災訓練用 SPEEDI 図形を含む）等も公開している。その他、原子力防災体制や原子力防災関連資料等の情報を提供している。

⑨の周辺システムへのデータ提供機能は、原子力規制庁や関連機関のモニタリング情報の表示システムに、SPEEDI で収集している関係道府県のモニタリングデータ等を 10 分毎に提供する機能である。

⑩の遠隔端末機能は、SPEEDI 中央計算機運用担当者が、外部からインターネットを経由して SPEEDI ネットワークに接続する機能である。緊急時となった場合には原則 SPEEDI 中央計算機センター内の端末から緊急時モードの切替や予測計算の起動等を行うが、仮に初動時に中央計算機センターからこれらの操作が行えない場合に、外部からモバイルタイプのノート PC により行うことが可能となる。

表5.1.1 SPEEDI ネットワークシステムの機能一覧 (1/2)

機能項目	機能概要	機能の位置付け								
		主要な利用対象者					緊急時/平常時			
		国 (中央)	OfC	関係道 府県	その他	SPEEDI センター内	緊急時 に使用	平常時 に使用		
a) データ収集系機能 SPEEDIの予測計算等に必要となる気象情報等を収集する機能										
①関係道府県テレメータデータ受信機能	・各関係道府県設置の環境監視テレメータシステムで計測した気象及び環境放射線モニタリングデータを受信し、中央計算機に送り出す機能(中継機Ⅰ)	・関係道府県テレメータシステムとSPEEDI中央計算機側間を中継するために使用						○	○	○
②関係道府県テレメータデータ収集機能	・①のテレメータデータを中央計算機側で受信し、格納する機能	・SPEEDIの計算を実施するのに必要となる気象情報を得るために使用 また、関係道府県の固定ポストの線量率を監視するために使用							○	○
③気象庁データ収集機能	・気象庁の気象データ(GPV及びAMeDASデータ)を日本気象協会から受信し、格納する機能	・SPEEDIの計算を実施するのに必要となる気象情報を得るために使用							○	○
④データ収集制御機能	・中央計算機側のデータ収集に関わる各機能を制御する機能	・データの収集を制御する基幹機能							○	○
⑤時系列情報表示機能	・収集した気象・環境放射線モニタリングデータをリアルタイムに時系列グラフに表示する機能	・OfCや規制庁ERC等で線量率の推移等を確認する際に使用 ・SPEEDIセンター内においても、気象データや線量率等の推移を確認する際に使用	○	○					○	○
⑥SPEEDI管理ファイル設定機能	・SPEEDIを運用するのに必要なサイト単位の各種情報(観測所の位置、各種係数等々)を設定、管理する機能(2.の計算制御機能にも一部関わる)	・SPEEDIを運用するのに必要なサイト単位の各種情報(観測所の位置、各種係数等々)を設定、管理する機能(2.の計算制御機能にも関わる)							○	○
⑦気象予測精度データ集計機能	・精度評価のために、受信した気象データとSPEEDIの気象予測計算結果とを比較集計する機能	・SPEEDIの気象予測精度向上のために、日々の予測精度を評価集計するために使用							○	○
⑧ERSSデータ受信機能	・ERSSからの放出源情報を受信し、SPEEDIの予測計算プログラムに引き渡す機能	・緊急時にERSSが予測した放出源情報を用いてSPEEDI計算を実施するために使用							○	○
⑨原子力艦寄港地データ収集機能	・原子力艦寄港地の環境放射線モニタリングデータ及び気象データを、日本分析センターから受信し格納する機能	・寄港原子力艦の事故の際のSPEEDI計算に使用							○	○
b) 計算制御系機能 SPEEDIの予測計算の実行を起動・制御するとともに、計算結果を図形として作成する機能										
①計算実行制御機能	・予測計算の条件及び出力図形の条件を入力し、予測計算及び図形作成処理を起動・制御する機能 ・予め指定した条件で定期的に気象予測計算を行う機能を含む	・SPEEDI計算を起動・実行制御する基幹機能							○	○
②計算結果図形作成登録機能	・予測計算結果を元に、線量率分布等の計算結果図形を作成し、配信用中継機Ⅱに登録する機能	・計算結果を図形として描画する際に使用							○	○
③モード切替機能	・サイトを指定して緊急時モードに移行、及び平常時モードに復帰する機能	・緊急時に、SPEEDIを緊急時モードに切り替える際に使用							○	○
④外部計算機能	・予測結果直接入手機能：関係道府県に設置の中継機Ⅱから、平常時における予測計算を起動する機能 ・直接計算機能：国関係等の中継機Ⅱから、SPEEDI予測計算の起動を行う機能	・平常時に関係道府県職員が現地中継機ⅡからSPEEDI計算を起動・実行し、計算結果を得る際に使用 ・緊急時に国関係者等がERCやOfC等の中継機Ⅱから直接計算を起動・実行し、計算結果を得る際に使用			○	○				○
c) 予測計算系機能 気象予測や大気中拡散の予測計算を行う機能										
①気象予測計算機能	・サイト周辺の約100km四方の範囲について、大気力学モデルによる気象予測計算を行い、25km四方については質量保存則による風速場の計算を行う機能	・100km四方以内の影響予測を行う際の予測シミュレーション計算機能							○	○
②濃度・線量計算機能	・風速場計算の結果等を受け、濃度分布及び線量分布の予測計算を行う機能	・100km四方以内の影響予測を行う際の予測シミュレーション計算機能							○	○
③拡大領域気象予測計算機能	・100km四方を超える広範囲な領域における気象予測計算を行う機能	・100km四方を超え、日本列島全域に至るまでの範囲の影響予測計算を行う際のシミュレーション計算機能							○	○
④拡大領域濃度・線量計算機能	・気象予測計算の結果を受け、100km四方を超える広範囲な領域における濃度分布及び線量分布の予測計算を行う機能	・100km四方を超え、日本列島全域に至るまでの範囲の影響予測計算を行う際のシミュレーション計算機能							○	○

表5.1.1 SPEEDI ネットワークシステムの機能一覧 (2/2)

機能項目	機能概要	機能の位置付け						緊急時/平常時	
		主要な利用対象者						緊急時に使用	平常時に使用
		国(中央)	OfC	関係道府県	その他	SPEEDIセンター内			
d) 図形表示系機能 予測計算結果の図形を配信・表示する機能									
① 図形配信・受信機能	・予測計算結果図形を、国、関係道府県等に設置の中継機Ⅱに配信し、中継機Ⅱ側で受信する機能	・SPEEDI計算結果図形を、中央計算機から各中継機Ⅱに配信する際に使用	○	○	○	○(NEAT)	○	○	○
② 図形表示機能	・配信された予測計算結果図形を、様々な条件で地図上に表示する機能	・中継機ⅡでSPEEDI計算結果図形を表示・印刷する際に使用	○	○	○	○(NEAT)	○	○	○
③ 社会環境情報検索表示機能	・人口、避難施設等の社会環境情報を、予測計算結果と合せて地図上で検索表示する機能	・中継機Ⅱで社会環境情報を計算結果と合せて活用する際に使用	○	○	○	○(NEAT)		○	○
e) 運用ユーティリティ機能 SPEEDIを運用、活用する際に役立つ各種の機能、及び付加的な機能									
① 通報機能	・線量値の異常やデータ欠測、システムの異常等を、音声やメール等で関係者の携帯電話に通報する機能	・線量値の異常を迅速に国関係者等に通報する際に使用 ・運用関係者が全欠測等のデータ収集の異常やシステム異常を迅速に検知するために使用	○				○	○	○
② ネットワーク監視機能	・SPEEDIを構成するネットワーク上の異常を検出し、通知する機能	・運用関係者が、SPEEDIのネットワーク上の異常を検知するために使用					○	○	○
③ サポートネット機能	・関係道府県等SPEEDI担当者向けに、システム運用情報の共有、Webベースでの情報提供を行う機能	・関係道府県職員とSPEEDIセンター側間で種々の情報(例えばSPEEDIシステムやテレメータシステムのメンテナンス状況等)を受発信する際に使用			○		○		○
④ 直達線評価機能	・原子力施設周辺における直達線の線量分布を評価して、結果を中継機Ⅱに配信・表示する機能	・国及び関係道府県側で、事故時における原子力施設周辺の直達線分布を評価する際に使用	○	○	○			○	○
⑤ 想定気象データ作成機能	・風向・風速等を想定して設定し、予測計算への使用を可能にする機能	・国、関係道府県の要請や内部での検証の際等に、想定した気象条件でSPEEDI計算を行う際に使用					○		○
⑥ 放出量推定機能	・事故時に原子力施設から放出された放射性物質の放出量を、モニタリング情報とSPEEDI予測計算結果等を元に推定する作業を、効率的に行えるよう支援する機能	・緊急時に放出量の推定を行う際に使用	○					○	
⑦ 計算結果提供機能	・同一条件による定型的なSPEEDI計算結果の図形を、Webサイトやメール等で迅速に公開するための機能	・予測計算結果を迅速に公開する際に使用					○	○	
⑧ 環境防災Nネット	・SPEEDIで収集した関係道府県の気象・環境放射線モニタリングデータやSPEEDIの予測計算結果図形、原子力防災関連情報を、ホームページ上で提供する機能	・関係道府県の環境放射線モニタリングデータを、リアルタイムで一般公開するために使用 ・国及び関係道府県向けの計算結果図形を一般公開するために使用 ・種々の原子力防災関連情報を広く一般に提供するために使用				○(一般公衆)			○
⑨ 周辺システムへのデータ提供機能	・規制庁の放射線モニタリングデータ統合システム及びモニタリング情報共有システム、原子力緊急時支援・研修センターの全国環境放射線モニタリングシステムに対し、SPEEDIで収集した関係道府県の環境放射線モニタリングデータを提供する機能	・それぞれのシステムにおいて、関係道府県の固定ポストの線量率を監視・確認するために使用	○			○(NEAT)		○	○
⑩ 遠隔端末機能	・SPEEDIセンター外部からモバイルPC等でSPEEDIネットワークに接続し、一部機能を遠隔で操作する機能	・SPEEDIセンター外部から緊急時モードへの切替や予測計算の起動等を行うために使用					○	○	

NEAT : 日本原子力研究開発機構 緊急時支援・研修センター

ii) 機器等の負荷状況調査

a) 機器の負荷調査

中央計算機機器の合理化の方策を検討するため、中央計算機主要機器の負荷状況について整理、調査した。

①データ収集サーバ

データ収集系機能を担う主要機器であり、関係道府県のテレメータシステムから送信される気象・モニタリングデータ、気象庁の AMeDAS 気象観測データ等を収集し、SPEEDI での利用形式に変換・登録する機器である。

負荷分散装置によって、3台のサーバにデータの受信処理、変換・登録処理が、順番に振り分けられており、全てのデータは共有ディスクサーバに格納される。

最も負荷の高い、1時間値を作成する際の CPU 使用率は、ピーク時で 10%程度(3台の平均では 3%~4%程度)と、通常の収集には十分な余裕があると考えられる。ただし、通常の収集以外に、データの送信が正常に行われなかった場合に事後に再送されるデータの収集も順次行っており、通常の収集に加えて、大量のデータが再送された場合には更に高負荷となることがある。

②計算制御サーバ

計算制御系機能を担う主要機器であり、各端末からの要求に従って、計算サーバ、中継機Ⅱサーバと連携して SPEEDI 計算の実行制御、図形作成等の制御を行う機器である。

負荷分散装置によって、2台のサーバに SPEEDI 計算の実行、図形作成の制御が、順番に振り分けられており、全てのデータは共有ディスクサーバに格納される。

予測計算の要求が複数同時に発生した場合(60時間の気象予測計算×43ケース)の負荷は、2台について平均 0.8%、サーバ単体の負荷は最大で 7.6%である。

また、図形作成処理時の処理負荷として、要求が複数同時に発生した場合(図形作成 50枚×2件)、図形作成処理の所要時間は1枚あたり 1.06秒で、図形作成時のサーバの負荷はピーク時で 27.8%である。

計算制御サーバは負荷という点ではかなり余裕があり、2台構成としていることの意味は負荷低減のためではなく、冗長性確保のためである。

③計算サーバ

予測計算系機能を担う主要機器であり、データ収集サーバ及び計算制御サーバから送られた情報を基に SPEEDI 計算を実施する計算機群である。1ノードあたり 2CPU(1CPUあたり2コアなので、1ノードあたり4コア)の計算機 12ノードを1式として、2式 24ノードの計算機から構成される。

予測計算の要求が複数同時に発生した場合(60時間の気象予測計算×43ケース)の負荷は、同程度の計算要求があった場合に対し、所要時間は約2時間、その間の計算サーバの負荷は4台について平均 79%、サーバ単体の負荷は最大で 95%である。

計算サーバの負荷に対し前述のとおり計算制御サーバの負荷は非常に小さく、所要時間の長さは計算サーバの負荷でほぼ決定している。所要時間を短縮するために

は、計算サーバの台数増または性能向上が必要である

ただし、今回の計算では、全計算サーバ 24 台のうち、4 台の使用と制限しており、必要に応じて制限を開放することも可能である。全台数を使用可能とすれば、負荷は 6 分の 1（約 13%）に軽減され、所要時間も約 4 時間から 40 分程度に短縮可能と考えられる。

また、拡大領域計算において要求が複数同時に発生した場合（日本全域 84 時間の気象予測計算×2 ケース）の負荷は、同程度の計算要求があった場合に対し、所要時間は約 1 時間、その間の計算サーバの負荷は 6 台について平均 49%、サーバ単体の負荷は最大で 100% である。

拡大領域計算では、全計算サーバ 24 台のうち、6 台を並列で使用しているが、並列数を増やすことで時間短縮は可能である。ただし、並列数を増やすと 1 台あたりの性能は低下する傾向があるので、並列数増に対する時間短縮の割合は鈍化すると考えられる。

b) ネットワークの負荷調査

① 中継機 I からのデータ収集

関係道府県のテレメータシステムに接続したデータ中継装置（中継機 I）から、専用線（64kbps）を通じてデータを収集しているが、この回線はデータの収集だけではなく、中継機 II への図形の配信やシステムのメンテナンスなど複数の目的に利用されている。

最も観測局が多くファイルサイズの大きな福井県の場合、60 回のデータ転送の平均は、ファイルサイズが 4453 バイト、転送速度の平均が 28kbps（平均約 1.3 秒）となっており、データ収集にかかる時間に対してデータ転送にかかる時間自体は少なく、回線のデータ転送における負荷は、通常の運用では問題はないと考えられる。

ただし、この回線は中継機 II への図形配信、また道府県によってはモニタリング情報共有システム（RAMISES：後述）などでも使用しており、容量の大きなファイルや、多数のファイルの転送時等に欠測が発生することがあるため、回線の増強が望ましい。

② 中継機 II へのデータ配信

①で述べたとおり関係道府県へは専用線（64kbps）を介して図形配信を行っている。現在毎時行っている福島第一サイトの図形配信において、専用線を利用している福島県庁への配信では、例えば 1 枚当たり約 11 キロバイトの図形データの転送速度が約 30kbps 弱程度（約 3 秒程度）である。配信処理全体にかかる時間を考慮すれば、転送速度は通常の運用では現在のところ問題はないが、①でも述べたように、データ収集への影響等を考えると回線の増強が望ましい。

iii) 運用・管理業務の整理

SPEEDI の運用・管理業務を、中央計算機側と、各拠点に設置されている中継機側とに大別し整理した（表 5.1.2 参照）。

a) 中央計算機側の運用・管理業務

SPEEDI では平常時から緊急時に備えた 10 分毎の気象及び環境放射線モニタリングデータ収集等の 24 時間連続運転を行っており、データ収集の監視とともに緊急時の計算指示に対応できるよう要員が 3 交代制による 24 時間体制で中央計算機センターの操作室に常駐している。平常時の業務としては、SPEEDI の計算機システムとしての保守管理業務、データ収集に係る業務、国及び関係道府県からの要請に応じた計算の実施業務、及びその他の業務から成る。

①システムの保守管理業務

SPEEDI 計算機システムが、平常時から円滑な 24 時間連続運転が可能となり、万が一の緊急時においても SPEEDI 予測計算の実施や計算結果の提供が円滑に行われるよう保守管理する業務である。システムを構成する各機器の稼働状況や、各拠点とのネットワーク接続状況を確認し（表 5. 1. 2 の 1-①）、障害発生時には復旧のための対応作業を行う（1-②）。

また、各計算機のハードウェアや基本ソフトウェア、アプリケーションソフトウェア等の保守管理を行い（1-③、④）、さらに計算に必要なサイト情報等の基本データや収集した気象・環境放射線モニタリングデータ等の各種データ等を保守管理する（1-⑤）。

②気象・環境放射線モニタリングデータ収集の監視及び精査

関係道府県のテレメータシステムから中継機 I を経由して 10 分毎に送信されてくる気象・環境放射線モニタリングデータの受信、及び日本気象協会経由で送信されてくる GPV 及び AMeDAS データの受信の監視を行い、欠測等の場合は状況に応じて調査・対応を行う（2-①）。

特に空間放射線量率については、あるレベル以上の異常値が検出された場合は、原子力規制庁の担当者及び SPEEDI 中央計算機センター運用担当者等の携帯電話に音声及びメールにて自動通報されるが、その際国への連絡対応や当該道府県への問い合わせ対応等を行い、合わせてメールによる状況連絡を行う（2-②）。

また、以上の気象データと、SPEEDI が行う当該地域に対する気象予測計算とを合わせて精査し、地域毎の気象予測精度等の傾向や特徴を抽出整理する（2-③）。

③国及び道府県からの要請に応じた SPEEDI 計算の実施

原子力規制庁等の国の行政機関が、防災訓練等において SPEEDI を活用する場合に、原子力規制庁の指示に従い SPEEDI の予測計算を行う（3-①）。また、別途原子力規制庁が行う SPEEDI ネットワークシステムの調査に必要な SPEEDI 計算を実施する（3-②）。

関係道府県の要請に応じて、道府県が指定した計算条件による SPEEDI 計算を行う（3-③）。計算条件の設定に当たっての道府県への相談対応も含まれる。

④その他の運用業務

サポートネットのシステム保守管理業務、及び提供情報や連絡情報等の管理運用を行う（4-①）。環境防災Nネットについては、システム保守管理業務を行うとともに、原子力規制庁の指示により、国、関係道府県の防災関連情報や国、関係道府県向けに実施した SPEEDI 計算結果等の掲載情報の修正・更新作業等を行う（4-②）。

また、国、関係道府県からの SPEEDI に関する技術的な問合せに対応するとともに、国、道府県向けの技術的な解説書及び SPEEDI の運用に関するマニュアルの改訂作業を行う（4-③）。

b) 中継機側の運用・管理業務

中継機Ⅰについては、関係道府県のテレメータシステムに接続され、現地に2台構成で設置されており、年1回の頻度で定期的にハードウェアの点検と機能確認を行っている（5-①）。また、障害時の対応を行うとともに（5-②）、道府県のテレメータ側で気象やモニタリング観測地点の追加・変更等、中継機Ⅰへの送信設定の変更を行った場合の対応作業を行う（5-③）。

中継機Ⅱは、規制庁 ERC、首相官邸、各 OFC、関係道府県及び日本原子力研究開発機構原子力緊急時支援・研修センターに設置されている。中継機Ⅱについても、年1回の定期点検を実施し、ハードウェアや機能の確認を行うとともに、状況に応じて調査・対応を行う（6-①）。

必要に応じて中継機Ⅱアプリケーションソフトウェアの更新作業等を行う（6-①）。また、随時障害対応を行う（6-②）。

中継機Ⅱに格納されている社会環境情報については、原則各関係道府県の要請により地域防災計画の更新に合わせ、情報の更新作業を行う（6-③）。

iv) 周辺システムとの連携の整理

SPEEDI ネットワークシステムには、国、関係道府県及び関係機関のシステム（以下、周辺システムという。）が接続され、連携してデータの送受信を行っている。SPEEDI とこれらのシステムとの関係について整理した（表5.1.3参照）。

a) 国の周辺システム

①放射線モニタリングデータ統合システム

本システムに対し、SPEEDI は収集した関係道府県のテレメータからの固定ポストの環境放射線モニタリングデータを10分毎に提供している。本システムは、福島県内のリアルタイム線量計や可搬型ポストのデータ及び全国の水準調査用の固定ポストのデータ等も合せ、モニタリング情報を総合的に集約し、インターネットで一般公開しているが、SPEEDI はそのうちの関係道府県の固定ポストのデータを提供する。

②モニタリング情報共有システム

本システムに対し、SPEEDI は収集した関係道府県のテレメータからの固定ポストの環境放射線モニタリングデータを10分毎に提供している。本システムは、国が空

間放射線量測定や環境試料測定も含め種々の放射線モニタリング情報を集約し、関係者間で情報共有するためのシステムであるが、SPEEDI はそのうちの関係道府県の固定ポストのデータを提供する。

③緊急時対策支援システム (ERSS)

原子力事故時に ERSS が解析・予測した放出核種、放出量、放出時間等の情報を、SPEEDI の放出源情報として入力し、SPEEDI の予測計算を行う。これらの情報は、SPEEDI 側では紙ベースで入手し、端末から計算のための放出源情報として手入力することもできるが、処理の迅速化及び確実化のために、ERSS と SPEEDI とを専用回線で結び、オンラインにより SPEEDI 側で入手できるようにしたものである。特に、放出核種が多く、放出率の時間的変化が大きい場合等は有効である。

b) 関係道府県の周辺システム

④テレメータシステム

関係道府県のテレメータシステムに対し、それぞれ SPEEDI 中継機 I が現地にてファイアウォールを介し接続・設置されている。テレメータシステムから中継機 I に対しては気象及び環境放射線モニタリングデータが決められた間隔で送信される。送信間隔は各道府県によって異なるが、1 時間値、10 分値、2 分値、1 分値等がある。また、一部には原子力事業者のポストのデータも合わせて送信する道府県もある。

中継機 I からはこれらのデータを 10 分毎に SPEEDI 中央計算機に送信する。

⑤モニタリング情報共有システム (RAMISES)

緊急時に放射線モニタリング情報を迅速に集約・共有するための関係道府県のシステムで、現在 7 府県に導入されている。

SPEEDI からは、中継機 I を介してテレメータシステムからの固定ポストのデータを受信する。また、SPEEDI 中央計算機から中継機 II に配信された SPEEDI 計算結果の等値線を、中継機 II から受信する。RAMISES の端末では、様々なモニタリング情報と合わせ SPEEDI 計算結果の線量率の等値線等を地図上に表示可能である。

⑥道府県の個別システム

関係道府県の 1 県において、県の 2 拠点（県庁及び環境放射線の監視を行うセンター）においてファイアウォールを介して県のシステムと接続されており、中継機 II に格納された SPEEDI 計算結果の等値線等を送信している。

c) 関係機関のシステム

⑦オンライン総合気象情報サービスシステム (MICOS) (日本気象協会)

SPEEDI の予測計算に必要な気象庁提供の気象データである GPV データ及び AMeDAS データを定期的に SPEEDI 中央計算機に送信する。日本気象協会は、これらのデータを SPEEDI に送信するための専用の装置を SPEEDI 中央計算機センターに設置してい

る（AMeDAS・GPV 中継機）。

⑧原子力軍艦放射能調査モニタリングポストデータベースシステム（日本分析センター）

本システムでは平常時から原子力艦寄港3港の固定ポストの環境放射線モニタリングデータ等を集約している。SPEEDI側からは、10分毎に本システムからデータを取得する。一部の観測局のデータには気象情報が含まれ、原子力艦に対するSPEEDI計算実施の際には気象同化データとして活用される。

⑨全国環境放射線モニタリングシステム（日本原子力研究開発機構 原子力緊急時支援・研修センター）

原子力緊急時支援・研修センターが全国の原子力施設周辺の環境放射線量率を監視するためのシステムで、SPEEDIからは、本システムに対し、SPEEDIは収集した関係道府県のテレメータからの固定ポストの環境放射線モニタリングデータを10分毎に提供している。

表 5.1.2 SPEEDI ネットワークシステムの運用・保守・管理業務一覧

業務項目		業務内容	
中央 計 算 機 側	1. システムの保守管理業務		
	SPEEDIシステムの緊急時、平常時の円滑な運用に必要な、システムの各要素に対する保守管理業務等		
	a)	①システムの稼働状況の監視確認	主要機器の稼働状況確認、ネットワークの接続状況の確認
		②障害対応	各機器のハードウェア障害及びソフトウェア障害、ネットワークの障害等に対し、障害切り分け、担当業者への連絡、業者による障害対応作業の管理等
		③機器の管理	各主要機器のハードウェア、基本ソフトウェア等の管理、及び各機器に関連した消耗品等の管理等
		④ソフトウェアの管理	SPEEDIの各機能のアプリケーションソフトウェアの管理
		⑤データの管理	収集・格納するGPV及びAMeDASの気象データ、環境放射線モニタリングデータの管理、及びSPEEDI運用に必要な各サイト関連情報(SPEEDI管理ファイル情報)の管理
		⑥その他管理	オペレータの管理、業者等の入室、作業管理、システム事業者との定例会等
	b)	2. 気象・環境放射線モニタリングデータの収集、監視及び精査	
		関係道府県からの気象・環境放射線モニタリングデータと気象庁の気象データの受信の監視、及び収集した気象データの精査、受信した空間線量率の監視及び異常時の通報等	
		①データの受信確認	関係道府県からの気象・環境放射線モニタリングデータ、及び気象庁のGPV及びAMeDASの気象データの受信の確認
	c)	②空間線量率の異常値の連絡等	関係道府県から受信した空間線量率の異常値を検出した場合の国への連絡、及び関係道府県への確認、メールによる状況連絡等
③関係道府県毎の気象特徴や予測精度の取り纏め等		収集した気象データ及び気象予測等を整理分析し、関係道府県毎の気象の特徴等を取り纏め	
3. 国及び関係道府県からの要請に応じた計算の実施			
国及び関係道府県からの要請に応じたSPEEDI計算の実施と計算結果図形の配信			
d)	①国からの要請に応じたSPEEDI計算	原子力規制庁等からの要請による防災訓練の際等のSPEEDI計算の実施	
	②SPEEDI調査用のSPEEDI計算	原子力規制庁が実施するSPEEDI調査業務に必要なSPEEDI計算の実施	
	③関係道府県からの要請に応じたSPEEDI計算	関係道府県の要請に応じたそれぞれ20ケース以上のSPEEDI計算の実施(県の防災訓練用計算等も含む)	
4. その他の運用管理業務			
SPEEDIで収集した環境放射線モニタリングデータやSPEEDIの計算結果等を掲載したホームページである環境防災Nネットの運用及び保守管理			
e)	①SPEEDIサポートネットの運用、保守管理	関係道府県等SPEEDI担当者向けのシステム運用情報の共有、Webベースでの情報提供機能の運用、保守管理	
	②Nネットの運用管理	Nネット機器の保守や運用状況の確認、障害時の対応、コンテンツ等の修正・更新等	
	③SPEEDIに関する技術的な問合せ対応等	国及び関係道府県からのSPEEDIに関する技術的な問合せ、SPEEDIに関する技術解説書及び運用マニュアルの改訂	
中央 計 算 機 側	5. 中継機Ⅰの保守管理		
	各関係道府県のテレメータシステムに接続されているSPEEDI中継機Ⅰの保守管理業務		
	a)	①定期点検	中継機Ⅰハードウェアの保守点検及び機能確認(年1回)
		②障害対応	中継機Ⅰ不具合時の障害切り分け、関係道府県及び保守担当者への連絡、復旧業務管理等
		③機能の保守更新	道府県側の観測点追加等に伴う設定変更等の保守更新業務(随時)
	b)	6. 中継機Ⅱの保守管理	
国(OFC含む)、関係道府県及び関係機関に設置されているSPEEDI中継機Ⅱの保守管理業務			
①定期点検、機能の更新等		中継機Ⅱハードウェアの保守点検、ソフトウェアの更新及び機能確認、システムバックアップ等(年1回)	
c)	②障害対応	中継機Ⅱ不具合時の障害切り分け、国、関係道府県等及び保守担当者への連絡、復旧業務管理等	
	③社会環境情報保守	各関係道府県の社会環境情報データの更新、及び更新情報の各中継機Ⅱへのインストール作業等	

表 5.1.3 SPEEDI と連携している周辺システム一覧

	システム名	システムの運用主体	システム概要	SPEEDIとの関わり	
					SPEEDIとのデータ連携
a) 国のシステム	① 放射線モニタリングデータ統合システム	原子力規制庁	全国の固定モニタリングポストと福島県及び隣県の可搬型モニタリングポストによる環境放射線モニタリングデータの収集を行い、一元的に管理してWeb上に表示するシステム	・SPEEDIで収集した関係道府県の固定モニタリングポストの環境放射線モニタリングデータを、当該システムに提供	SPEEDIからデータ提供
	② モニタリング情報共有システム	原子力規制庁	関係道府県のモニタリング情報を集約し、規制庁ERC等関係者間において情報共有するシステム	・SPEEDIで収集した関係道府県の固定モニタリングポストの環境放射線モニタリングデータを、当該システムに提供	SPEEDIからデータ提供
	③ 緊急時対策支援システム(ERSS)	原子力安全基盤機構	原子力災害発生時、原子力施設の状態を監視し、事故の状態を判断し、その後の事故の進展を解析・予測するシステム	・ERSSIにより解析・予測された放射性物質の放出量を、SPEEDIで受信し、放出源情報として予測計算に利用	SPEEDIがデータ受信
b) 関係道府県のシステム	④ テレメータシステム	関係24道府県	原子力施設周辺の環境放射線モニタリングデータ及び気象データをリアルタイムで収集・監視する関係道府県のシステム	・関係道府県の気象データ、環境放射線モニタリングデータをSPEEDI側で受信 ・SPEEDI側では気象データを気象予測計算において同化に使用 ・モニタリングデータの監視・通報に使用 ・それらの情報を環境防災Nネットで一般公開	SPEEDIがデータ受信
	⑤ モニタリング情報共有システム(RAMISES)	関係7府県(青森県、福島県、新潟県、石川県、京都府、大阪府、愛媛県)	緊急時において、当該府県の種々の緊急時モニタリングデータを収集・集約し、それらの情報を当該府県内、OFC等で共有するシステム	・関係道府県のテレメータシステムから中継機Ⅰが受信した固定モニタリングポストの環境放射線モニタリングデータをRAMISES側に提供 ・中継機ⅡからSPEEDI予測計算結果の等値線等をRAMISES側に送信し、モニタリング情報等と共にRAMISES側で表示可	SPEEDIからデータ提供
	⑥ 県の独自システム	1県	県監視センターの地図上にモニタリング情報を描画するシステム	・同県に設置の中継機ⅡからSPEEDIの等値線データを当該システムに送信	SPEEDIからデータ提供
c) 関係機関のシステム	⑦ オンライン総合気象情報サービスシステム(MICOS)	日本気象協会	気象庁の気象情報や日本気象協会独自の気象関連情報等をオンラインで提供する総合的な気象情報サービスシステム	・気象庁のGPVデータ及びAMeDASデータをSPEEDIで受信	SPEEDIがデータ受信
	⑧ 原子力艦船放射能調査モニタリングポストデータベースシステム	日本分析センター	原子力艦船寄港3港(横須賀港、佐世保港、金武中城港)周辺に設置されたモニタリングポストによる環境放射線モニタリングデータ及び気象データをリアルタイムで収集・監視するシステム	・原子力艦船寄港3港の環境放射線モニタリングデータ及び気象データをSPEEDI側で受信 ・SPEEDI側では当該気象データを寄港原子力艦船対象のSPEEDI計算において同化に使用	SPEEDIがデータ受信
	⑨ 全国環境放射線モニタリングシステム	日本原子力研究開発機構 原子力緊急時支援・研修センター(NEAT)	NEAT側で全国の原子力施設周辺の環境モニタリングデータを監視するためのシステム	・SPEEDI側で収集した関係道府県の環境放射線モニタリングデータを当該システムに提供	SPEEDIからデータ提供

(3) 合理化策の検討

i) SPEEDI に対する基本要項の整理

SPEEDI システムについて、必要な機能を保持しつつ合理化策を検討するに当たって、SPEEDI に対する基本的な要項について整理した。

SPEEDI のような放射性物質の大気中拡散計算システムについては、以下の文書で活用が位置付けられている。

- ・防災基本計画 [第 12 編 原子力災害対策編] (中央防災会議 平成 26 年 1 月)
- ・原子力災害対策指針 (原子力規制委員会 平成 24 年 10 月 31 日 平成 25 年 9 月 5 日全部改正)
- ・原子力災害対策マニュアル (原子力防災会議幹事会 平成 24 年 10 月 19 日 平成 25 年 9 月 2 日一部改訂)
- ・原子力艦放射能調査指針大綱 (原子力規制委員会 平成 25 年 4 月)

これらの文書における、SPEEDI のような大気中拡散計算システムの活用についての言及から、基本的な要項として下記の通りまとめられると考えられる。

- ①緊急時モニタリング実施計画や実施体制策定の参考、及びモニタリング結果の解析・評価の際に参考となる情報を提供すること (原子力災害対策指針)
- ②避難や一時移転等の緊急事態応急対策の実施に参考となる情報を提供すること (防災基本計画、原子力災害対策指針、原子力災害対策マニュアル)
- ③逆推定の手法で放出状況の推定を行う際に活用できること (原子力災害対策指針)
- ④施設敷地緊急事態通報時、直ちに単位量放出の予測計算を行えること (防災基本計画、原子力災害対策マニュアル)
- ⑤予測計算結果を防災活動の各拠点 (官邸、OFC、関係道府県等) へ転送できること (防災基本計画、原子力災害対策マニュアル)
- ⑥予測計算結果を速やかに報道機関に公表、ホームページ等において公開し、正確かつきめ細やかな伝達ができること (防災基本計画、原子力災害対策マニュアル)
- ⑦自然災害等により情報が途絶しないこと (防災基本計画)
- ⑧原子力艦については、SPEEDI で定常的にモニタリング情報や気象情報等を入手し、原子力艦災害時に備えるとともに、災害時に SPEEDI 情報を提供できること (原子力艦放射能調査指針大綱)
- ⑨環境防災 N ネット等で、モニタリングポストの監視ができること (原子力災害対策マニュアル)

SPEEDI の合理化策を検討するに当たっては、以上の要項を考慮する必要があると考えられる。

ii) 機能系統毎の合理化策

(2) - i) 項で示した SPEEDI の各機能系統について、合理化の可能性について検討した。検討結果の一覧を表 5.1.4 に示す。合理化の可能性のあるものについては

表中に○を付した。

a) データ収集系

本システムに含まれる機能のうち、データ収集制御機能及び SPEEDI 管理ファイル設定機能はデータ収集等に関わる基幹的な機能であり必須である。また気象予測精度データ収集機能については、気象予測精度向上を図るための基礎データを得るために必要な機能であり、原子力艦寄港地データ収集機能は、本節 i) 項で述べたとおり原子力艦災害時において SPEEDI 計算結果の情報を提供するために必要な機能である。

以上を踏まえ、データ収集系において考えられる合理化策を以下に示す。

①関係道府県テレメータデータの収集に関する合理化策

・関係道府県テレメータデータの収集機能の SPEEDI からの分離

SPEEDI で収集したテレメータデータのうち、気象観測データについては SPEEDI の気象予測計算で同化に用いており、施設近傍の気象データとして予測精度の向上のために重要なデータとなっている。一方、モニタリングデータについては緊急時における放出量推定の際の利用、及び環境防災Nネットでの公表以外では必要とされない。

また、(2) -iv) 項で整理した通り、本機能で収集したデータは、従来から原子力機構のモニタリング情報を集約するシステムにオンラインで提供すると共に、福島第一原子力発電所事故を契機に国により整備されたモニタリング関連情報を集約・表示するシステムにも提供し、必須の情報として活用されている。

現状ではモニタリング情報の収集を SPEEDI 側で担っているため、収集状況の監視及び線量率の監視及び通報業務 ((2) - iii - a) 項参照) も SPEEDI 側で行っており、運用管理上も大きな負担となっている。

モニタリング情報を集約し共有するしくみが国として整備されていることから、本機能を SPEEDI から分離し、国のモニタリング関連システム業務の一環として集約することが考えられる。合わせて関係道府県テレメータデータ収集の監視及び線量率の監視・通報連絡業務も SPEEDI から分離し移行する。

分離したデータ収集システムから SPEEDI は速やかにデータ提供を受けるものとし、計算に必要な気象観測データの入手に支障がないようにする必要がある。

これにより SPEEDI 側では関係道府県テレメータ収集関連の機器等に対する運用管理業務及びデータ収集状況の監視及び通報業務を削減できることとなる。

ただし、本機能のシステム部分を SPEEDI から分離し、国のモニタリング関連システムの一部として再構築する作業、及び分離したシステムから関係道府県テレメータデータを SPEEDI 側で受信するしくみ等の整備が必要となる。

・関係道府県テレメータデータのテレメータからの直接取得

(2) -iv) -b) 項で述べた通り、現在は関係道府県のテレメータ計算機に接続された中継機 I を介し、中央計算機にデータを送信している。これを、中央計算機側に中継機 I 相当の機能を集約し、中継機 I を廃してテレメータ計算機から直接中央計算機にデータを送信するよう変更することが考えられる。

これにより現在関係道府県に設置している中継機Ⅰ機器を削減でき、合わせて同機器の保守管理業務が削減できる。

ただし、中央計算機側のデータ収集機能を、テレメータ計算機から直接データを受信し処理可能なように改修する必要がある。その際、中継機Ⅰ側が担っていた処理を中央計算機側で実施することにより中央計算機側の負荷が高まることになるため、対応には慎重な検討が必要である。また、テレメータ計算機側においても、中央計算機側にデータを送信するよう設定変更が必要となる。

②気象庁データの収集経路について

気象庁データ収集機能そのものは SPEEDI にとって必須の機能であるが、その収集経路については、合理化の可能性について検討の余地があると考えられる。すなわち SPEEDI 計算に必要な気象庁の GPV 及び AMeDAS データは、現在、日本気象協会と契約し同協会を経由して配信を受けている。日本気象協会とは専用回線で結ばれ、SPEEDI 側に気象協会の貸与品である GPV・AMeDAS 中継機が設置されてデータを受信している。これを、日本気象協会を介さず気象庁から配信を受けることが考えられる。

これにより日本気象協会との契約が不要となり、データ配信費用や保守費用が削減できる。

ただし、気象庁からデータ提供を受けるためには規制庁・気象庁間の調整が必要である。また、気象庁との回線接続、SPEEDI 中央計算機側のデータ収集系の一部改修が必要となる。さらに気象庁により GPV 等の気象データの送信仕様等が変更される場合は、その都度 SPEEDI 側で対応した改修を行う必要が生じる（現在は、日本気象協会の保守契約の中で対応）こととなるので、収集経路の変更については慎重な検討が必要である。

③時系列表示機能の分離

現在規制庁 ERC や OFC において中継機Ⅱ機器上で動作し、関係道府県のモニタリング値の推移の確認が可能であるが、前述の関係道府県テレメータデータ収集機能と合せ、SPEEDI から分離することが考えられる。

④ERSS 接続の廃止

従来は、緊急時において ERSS で予測された放出率による SPEEDI 計算を行うとされていたが、原子力災害対策指針にて予測的手法に基づく防護措置の意思決定の考え方が見直されたことから、ERSS と SPEEDI との連携については特に要求されなくなった。したがって ERSS との接続は廃止することが考えられる。

これにより、ERSS との接続回線が不要となる。また、定期的な連携試験等、本機能に関する運用管理業務が削減できる。

廃止により ERSS の予測放出率のオンラインでの入手ができなくなるが、FAX 等別手段により入手し、その情報を手入力して SPEEDI 計算を行うことは可能である。

b) 計算制御系

本システムに含まれる機能のうち、計算実行制御機能は SPEEDI 計算の起動、実行のために必須の機能、計算結果図形作成登録機能は計算結果を図形として描画するために必須の機能である。モード切替機能については、緊急時において規制庁からの指示に基づき、SPEEDI のモード切替を行うために必要な機能である。

本システムにおいて考えられる合理化策は下記のとおりである。

①外部計算機能の見直し

国関係者向けの直接計算機能については、現在規制庁 ERC 及び OFC に設置の中継機Ⅱ機器上に搭載されている。中継機Ⅱ機器でなくとも、SPEEDI のネットワークに接続されたパソコン機器であれば動作可能であるが、緊急時において国関係者が ERC や OFC 等から SPEEDI 計算を直接起動することの必要性等に応じて、本機能の見直しを行うことが考えられる。

関係道府県向けの直接入手機能についても、現在関係道府県に設置の中継機Ⅱ機器上に搭載されている。本機能は平常時においてのみ利用可とされる機能であるが、道府県関係者が SPEEDI 計算を直接起動することの必要性等に応じて、直接計算機能と同様に見直すことが考えられる。

両機能を廃止した場合は、SPEEDI 計算の起動は全て規制庁からの指示での SPEEDI 運用機関による実施に一元化されることになる。

c) 予測計算系

予測計算系の機能はいずれも SPEEDI 計算実施のための必須の機能であり、合理化については当面考えられない。ただ、将来的には、通常領域（100km 四方範囲）の気象予測計算機能及び濃度・線量計算機能を、それぞれ拡大領域の気象予測計算機能及び濃度・線量計算機能に統合し、単一の計算モデルで運用する可能性が考えられる。

拡大領域計算機能ではより新しい計算モデルを採用しており、統合により通常領域の計算においても新モデルによる計算が可能となる。また計算モデルが一元化されることにより、通常領域と拡大領域の計算結果の不連続性も縮小される。また、プログラムの保守等の合理化を図ることができる。

ただし、通常領域計算で拡大計算モデルが動作するよう計算機能及び計算制御機能の改修が必要である。また、従来の通常領域における拡大計算モデルの計算が妥当であるかの検証や計算所要時間等についての確認が必要であるため、慎重な検討が必要である。

d) 図形表示系機能

①中継機Ⅱ機能の合理化

(2) - i) 項で述べたとおり、現在 SPEEDI 計算結果図形は、国及び関係道府県等に設置されている専用機である中継機Ⅱに配信し表示しているが、他の情報表示端末への機能統合や別手段での提供によって合理化することが考えられる。

・モニタリング情報共有システム端末への統合

(2) -iv) 項で示したとおり、緊急時等においてモニタリング情報を集約・共有することを目的に、規制庁ではモニタリング情報共有システムを運用している。また、関係道府県でも同様の目的でモニタリング情報共有システム (RAMISES) を現在7 府県が導入し運用している。以上のシステムの情報表示端末では SPEEDI 計算結果の表示が可能であり、中継機Ⅱの図形表示機能を統合することが考えられる。

これにより、中継機Ⅱ機器や同機器に対する保守管理業務の合理化が可能となる。また、本節 i) 項で示したように、原子力災害対策指針では、緊急時モニタリングの際に SPEEDI のような大気中拡散予測等の情報を活用することとされているが、モニタリング情報共有システム及びRAMISESに集約されるモニタリング情報と SPEEDI 情報とを同一端末に統合することにより、双方の情報のより緊密な連携が可能となる。

そのためには、今後モニタリング情報共有システム端末の国の他の拠点への展開、及びRAMISES の他の関係道府県への導入を進めていくことが有効と考えられる。また、SPEEDI 中央計算機側からモニタリング情報共有システム及びRAMISES へ直接図形を送受信するため等の機能追加が必要となる。なお、導入の状況に応じて現行の中継機Ⅱも合わせて活用することも考える必要がある。

・インターネットを活用した SPEEDI 図形の提供

本節 i) 項で示したように、防災基本計画では SPEEDI のような大気中放射性物質拡散計算システムの情報が災害時に途絶しないことが求められている。したがって、ネットワーク回線の不通や表示端末の不具合等、災害の状況に応じた多様な図形提供手段を講じておくことが重要と考えられ、福島第一原子力発電所事故における SPEEDI 図形のインターネット活用 (メールによる提供) の実績を踏まえ、メールや Web サイトによる図形提供を行うことが考えられる。後者の場合、ID、パスワードの付与により、特定の利用者のみ閲覧可能とする必要がある。これらの方法によれば、図形の提供先の追加が必要となった場合 (例えば関係市町村等)、現行では原則として中継機Ⅱを導入・設置する必要があるが、インターネットに接続した PC のみで可能となる。

ただし、これらの場合、現行の中継機Ⅱで可能な、等値線の線種選択や下絵地図の選択等の柔軟な表示による図形表示とは異なり、基本的にイメージデータによる提供が基本となる (Web サイトでの提供の場合は、サーバ側にいわゆる Web アプリケーションプログラムを作り込むことで、ある程度の柔軟な表示は可能となる)。

②社会環境情報について

社会環境情報は、現在中継機Ⅱ内に格納され、SPEEDI 計算結果図形と重ね合わせて表示・検索可能となっている。予測線量に基づいて防護措置を判断するという旧来の手法において、SPEEDI で予測した線量分布と人口や避難施設といった社会環境情報とを連携させることは極めて有効であった。しかし、原子力災害対策指針において予測線量に基づく判断手法が見直されたことから、SPEEDI とは別なシステムでの社会環境情報の維持、活用を検討する必要があると考えられる。

e) 運用ユーティリティ機能の合理化策の検討

本機能系統においては、個々独立して整備されてきた付加的な機能が多く、現時点で重要性の薄れた機能も含まれている。本機能系統で考えられる合理化策を以下に示す。

①通報機能の合理化

本機能のうち、関係道府県テレメータデータの収集・監視に係る通報、すなわち、データ収集における全欠測や放射線量率の異常等の通報については、a) 項で述べたデータ収集系の合理化として関係道府県テレメータデータ収集機能を SPEEDI から分離した際には合理化し、本機能としては運用担当者へのシステム異常の通報等、最低限の機能に縮小することが考えられる。

②サポートネット機能の合理化

本機能では、主として関係道府県からのテレメータシステムのメンテナンス情報の SPEEDI 運用側への連絡や、逆に SPEEDI 側から関係道府県への連絡等に活用されている。一方、それ以外の機能やコンテンツ、例えば関係道府県からの SPEEDI 計算申請機能、防災関連資料の閲覧等は、利用頻度が高いとは言えない。関係道府県・SPEEDI 側の情報連絡には、一般のメール等で代替が可能であり、専用の独立した Web システムとして維持することの必要性は低く、見直しが考えられる。

③直達線評価機能の合理化

直達線の影響範囲は施設近傍に限られ、比較的広範囲とされる PWR 炉においてもせいぜい施設から 1km 未満と考えられ、そのため本機能での影響評価範囲は最大 5km となっている。一方、原子力災害対策指針では、予防的防護措置を準備する区域として原子炉施設から概ね 5km の範囲の PAZ の概念が導入され、緊急時において施設の状態に応じて即時避難を行う等の防護措置が実施される。このため、緊急時において施設近傍の線量評価を行う必要性は薄れ、直達線評価機能の重要度も低下したと考えられるため、本機能を維持することの見直しを図る必要がある。

④周辺システムへのデータ提供機能

本機能は、SPEEDI 側で関係道府県テレメータデータ収集を担っているために運用されている機能である。データ収集系の合理化として関係道府県テレメータデータ収集機能を SPEEDI から分離した際には本機能は不要となる。

上記以外の運用ユーティリティ機能については、表 5.1.4 に示したとおり、必須であったり（ネットワーク監視機能）、今後も活用が予定される等（想定気象データ作成機能、放出量推定機能、計算結果提供機能、環境防災 N ネット、遠隔端末機能）、当面合理化の対象外と考えられる。

表 5.1.4 SPEEDI システムの機能の合理化検討 (1 / 2)

機能項目		合理化検討	合理化の可能性
a) データ収集系機能			
①	関係道府県テレメータデータ受信機能	<ul style="list-style-type: none"> ・気象同化計算用データ等を得るために必須 ・関係道府県テレメータデータ収集機能をSPEEDIから分離し、モニタリング関連業務のシステム側の収集機能として集約した上で、そこからデータ提供を得ることが考えられる ・また、その際収集用現地設置機器(中継機 I)を合理化することが考えられる 	○
②	関係道府県テレメータデータ収集機能		
③	気象庁データ収集機能	<ul style="list-style-type: none"> ・SPEEDI計算に必要な気象データを得るために必須 	
④	データ収集制御機能	<ul style="list-style-type: none"> ・データ収集を制御する基幹機能のため必須。関係道府県テレメータデータ収集機能をSPEEDIから分離した場合、再構築が必要 	
⑤	時系列情報表示機能	<ul style="list-style-type: none"> ・関係道府県テレメータデータ収集機能と共にSPEEDIから分離 	○
⑥	SPEEDI管理ファイル設定機能	<ul style="list-style-type: none"> ・データ登録及びSPEEDI計算の際に必須 	
⑦	気象予測精度データ集計機能	<ul style="list-style-type: none"> ・気象予測向上のための基本情報を得るために必要 	
⑧	ERSSデータ受信機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ERSSでの予測放出率によるSPEEDI計算が必ずしも要求されないため、見直しが考えられる 	○
⑨	原子力艦寄港地データ収集機能	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力艦に対するSPEEDI計算を行うために必須 	
b) 計算制御系機能			
①	計算実行制御機能	<ul style="list-style-type: none"> ・SPEEDI計算を制御する基幹機能のため必須 	
②	計算結果図形作成登録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・SPEEDI計算結果を可視図形化するために必須 	
③	モード切替機能	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時のSPEEDI計算の自動起動、運用関係者への緊急時の旨の自動通報等のため必要 	
④	外部計算機能	<ul style="list-style-type: none"> ・外部からの計算の運用については、今後国、関係道府県等で検討が必要 	○
c) 予測計算系機能			
①	気象予測計算機能	<ul style="list-style-type: none"> ・SPEEDI計算の中核機能のため必須 	
②	濃度・線量計算機能		
③	拡大領域気象予測計算機能		
④	拡大領域濃度・線量計算機能		

表 5. 1. 4 SPEEDI システムの機能の合理化検討 (2 / 2)

機能項目		合理化検討	合理化の可能性
d) 図形表示系機能			
①図形配信・受信機能	<ul style="list-style-type: none"> ・専用機の中継機Ⅱではなく、SPEEDI図形表示機能を持つ関係道府県のRAMISES及び国のモニタリング情報共有システムの端末で表示することが考えられる ・また、緊急時のSPEEDI図形の確実な提供のために、電子メールやWebページの活用も合わせて考慮する。 ・社会環境情報の扱いについては別途検討要 	○	
②図形表示機能			
③社会環境情報検索表示機能			
e) 運用ユーティリティ機能			
①通報機能	・関係道府県テレメータデータ収集機能をSPEEDIから分離した場合は、線量率異常の外部への通報機能は見直し、運用関係者への通報機能のみに縮小することが考えられる	○	
②ネットワーク監視機能	・SPEEDIネットワーク全体の安定運用のために必須		
③サポートネット機能	・関係道府県等との情報連絡・共有には、メール等の代替手段が考えられるため、専用Webシステムとしては見直しが考えられる	○	
④直達線評価機能	・直達線の影響範囲は施設近傍に限られ、PAZの導入により必要性が薄れたため、見直しが考えられる	○	
⑤想定気象データ作成機能	・関係道府県の要請による計算等のために必要		
⑥放出量推定機能	・福島第一原子力発電所事故を踏まえ開発され平成25年度から運用を開始した機能であり、原子力災害対策指針でSPEEDIの活用が記されており、必要		
⑦計算結果提供機能	・福島第一原子力発電所事故を踏まえ開発され平成25年度から運用を開始した機能であり、SPEEDI図形の迅速、確実な提供のために必要		
⑧環境防災Nネット	・モニタリングデータやSPEEDI図形の公開のために必要		
⑨周辺システムへのデータ提供機能	・関係道府県テレメータデータ収集機能をSPEEDIから分離した場合は不要となる	○	
⑩遠隔端末機能	・24時間常駐の運用管理体制の見直しの際、夜間休日の緊急時対応のために活用が考えられるため、必要		

iii) システム全般に関わる合理化策の検討

システムの機器、中央計算機システム及びネットワークのあり方、運用体制等、SPEEDI のシステム全般に関わる合理化策を検討する。

①機器の合理化

(2) - ii) の負荷状況調査の項で述べたとおり、SPEEDI システムの主要機器としては、データ収集サーバ、計算制御サーバ、計算サーバがある。

これらのうち、データ収集サーバ及び計算制御サーバについては、平成 22 年度及び平成 23 年度の導入時に機器の構成や性能の最適化を図っており、これ以上の合理化の効果はあまり期待できないが、負荷調査の結果からは、いずれも負荷が小さいことが明らかとなったため、さらなる低コストサーバの採用による合理化が考えられる。

なお、SPEEDI システムは、システム開発を段階的に実施してきており、これまで概ね機能毎にサーバを分離して開発してきたため、今後機器の統合を進める場合に

は統合に応じたシステムの改修を要することに留意する必要がある。

一方、計算サーバについては、平成 19 年度及び平成 20 年度に合わせて 12 台(12 ノード)の PC サーバを 2 式(すなわち全 24 台)導入しており、導入から既に 5 年以上が経過していること、また、近年、CPU のマルチコア化・マルチスレッド¹化が進んだこと等により、同等の性能であれば、サーバの台数を大きく削減できる余地がある。

現行の計算サーバは 1 ノード当たり 2 CPU(コア数では 4 コア/スレッド数では 4 スレッド)で、合計コア数は 1 式(12 ノード)当たり 48 コア、これが 2 式の構成である。これに対し、現時点で同等価格の CPU を選択した場合は、1 ノード当たり 2 CPU(12 コア/24 スレッド)となるため、スレッド数として 6 倍となり、同等の性能であれば 1 式当たり 12 ノードから 2 ノードに台数を削減可能と考えられる(図 5.1.2 参照)。さらに上位の CPU を選択した場合、1 ノード当たり 2 CPU(24 コア/48 スレッド)にできるため、1 式当たり 1 ノードにすることも可能である。

計算サーバに必要な性能については、負荷状況調査の結果から、複数ケースの長時間計算や拡大領域の計算において比較的負荷の高い状態となるが、全てのノードを使用しておらず、現行サーバと同程度であれば概ね問題ないと考えられる。特に並列計算を行う拡大領域計算については、さらなるマルチコア化により、同一サーバ内の同一メモリ空間内での計算が可能となり、複数ノードにまたがった並列計算に比べて並列処理の効率は上がると考えられ、計算時間の短縮が期待できる。

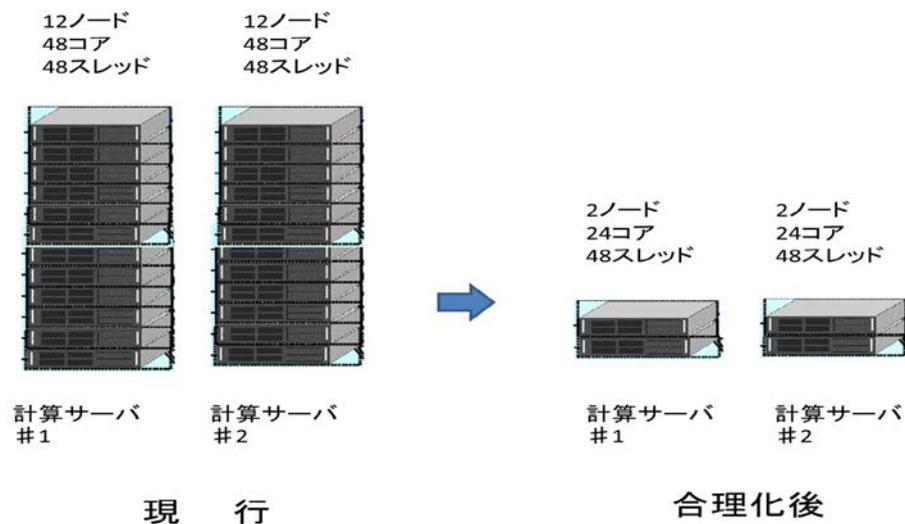


図 5.1.2 計算サーバの合理化イメージ

②システムのクラウド化及びネットワークの合理化

東日本大震災により、SPEEDI 中央計算機システムのある東京においても地震の大きな揺れがあり、幸いにも SPEEDI の機能は維持されたが、場合によっては SPEEDI

¹マルチスレッド：CPU の一つのコアで複数の処理(スレッド)を行うこと。

計算機能喪失の可能性もあった。本節 i) 項に示したとおり、防災基本計画でも自然災害により SPEEDI のような大気中放射性物質拡散計算システムの情報が途絶しないことが求められており、このような大規模な自然災害に対しては、計算機の設置に特化したデータセンターのような災害に強い施設へのシステム設置や、異なる複数の拠点への設置を考慮する必要がある。

SPEEDI 中央計算機システムを 2 拠点化する場合、考慮すべき点としては大きく二つあり、一つはシステム移植性の向上、もう一つは専用線ネットワークの VPN 化である。

外部のデータセンターの利用形態として、サーバ機器等のシステム基盤を仮想化された環境として提供するクラウドサービスを利用することが考えられる。システムの移植性の向上については、このような仮想化されたシステム基盤への対応とシステム規模のコンパクト化が有効と考えられる。

同一の専用システムを 2 式準備するためには、同時期に主要なシステム機器を 2 式とも準備する必要があるが、大きな初期費用が掛かるが、仮想化環境への対応が行われていれば、移植先のデータセンターにおけるハードウェアの違いは仮想化 OS が吸収するので、仮想化対応のみで実現可能であり、移植性が高まることにより段階的な整備も容易となる。すなわち、当面は 2 拠点化を優先するため、西日本のクラウドデータセンターに SPEEDI 中央計算機システムを移植し、現在の SPEEDI センターを開発拠点の意味も含め東日本地区の拠点として位置づける。さらに、その後の SPEEDI の開発状況やクラウド技術及びサービスの動向等を踏まえて検討した上で、段階的に開発環境をクラウドデータセンターに移行し、将来的には 2 拠点ともクラウド化することも考えられる。

システム規模のコンパクト化については、データ収集サーバや計算制御サーバなど、システム負荷の小さいサーバに対しては特に有効であり、サーバ性能に比例してコストが決まるクラウドサービスでは、必要最小限の性能にすることで機能を維持しつつコストを抑えることができると考えられる。現行の専用システムにおいて、耐障害性向上のために実施していたシステム二重化についても、2 拠点化により、各拠点のシステム構成をシンプルにすることができると考えられる。また、システム負荷の比較的高い計算サーバにおいても、システムの運用状態に合わせて後から性能を最適化することができ、計算資源の利用効率を上げることができると考えられる。

耐障害性についても、ハードウェア障害であれば、常に保守部品を用意しているデータセンターは、利用者側に専用システムを設置する場合に比べて一般的に復旧までの時間が短く、有利と考えられる。2 拠点化した場合は、相互にバックアップの機能を果たし、耐障害性は向上すると考えられる。

なお、データセンターが標準として備えている 24 時間監視・保守やセキュリティ対策に加え、緊急時に利用するシステムとして、性能保証や連続運転についての稼働率保証などに対応可能なクラウドサービスを選択する必要がある。

一方、ネットワークについては、(1) - ii) のネットワークの負荷調査の項で述べたように、現在 SPEEDI 中央計算機システムと 24 の関係道府県との間での 64kbps

専用回線にて接続しており、SPEEDI 中央計算機システムをそのまま 2 拠点化した場合は、専用回線をそれぞれ 2 本ずつ接続することになり現実的ではない。IP-VPN（通信事業者が提供する閉域 IP 網による仮想私設ネットワーク）等のネットワーク網に各拠点を接続することで、SPEEDI 中央計算機システムを 2 拠点化した場合でも、それぞれの拠点がネットワーク網に接続することで、いずれの拠点からも関係道府県との接続が容易に可能となる。

なお、SPEEDI と原子力規制委員会・OFC との接続は、IP-VPN で構成された統合原子力防災ネットワーク（以下「統合ネットワーク」という。）を通じて行われている。統合ネットワークは OFC、地域系ネットワークを経由して関係道府県とも接続されており、気象・放射線モニタリングデータの収集を統合ネットワーク経由で行うことも考えられるが、地域系ネットワークは各地域の関係道府県が独自に運用しており、全関係道府県のテレメータシステムからの 24 時間連続データ収集運用等を前提としたものではないと考えられることから、上記のとおり現行の専用回線の更新としての VPN 化が適切と考えられる。また、独立した回線系とすることにより統合ネットワーク系とのバックアップ的な利用も考えられる。

ネットワークの負荷調査の結果からは、通常気象・放射線モニタリングデータ収集や図形配信では、現状の 64kbps の速度でも通信時間に問題はなく、必ずしも回線の通信速度の高速化は必要ないが、データが長時間欠測した場合の再送処理によるデータ量の増大や、他システム等による回線の共有等の可能性を考慮し、予算の範囲内で通信速度の高速化を図っておくことが望ましい。

③24 時間運用体制の見直し

(2) - iii) - a) 項で述べたとおり、現在 SPEEDI の中央計算機側では、要員の三交代制による 24 時間常駐体制で運用管理業務を行っており、相応の人工数を要している。これを、平日日勤帯のみの勤務に合理化することが考えられる。これによる影響と対処案を下記に示す。

● 緊急時における初動対応

夜間休日に緊急時となった場合、規制庁からの指示、連絡を受け、現行では常駐要員が下記の対応を行う。

1. SPEEDI の緊急時モードへの切り替え
2. 規制庁からの SPEEDI 計算条件の電話及び FAX での受信
3. SPEEDI 計算の実施
4. SPEEDI 計算結果図形の配信

これに対し、合理化後においては、原則、要員が自宅から参集して対応するため、参集時間分だけ対応が遅れることになる。遅延時間については、要員の居住状況、時間帯、交通状況等によって異なってくる。

(2) - i) 項で述べたとおり、SPEEDI では運用関係者が外部から SPEEDI の操作が行える遠隔端末機能を有しており、本機能を活用することである程度代替することが可能である。

すなわち、あらかじめ緊急時に備えて自宅で対応を行う者を定めておき、夜間休日に緊急時となった場合、その者が自宅にて遠隔端末を用いて各種操作を行う。

遠隔端末では、上記のうち1. と3. が可能である。2. については、FAX が利用できない環境が考えられるため、電話やメールでの対応が主になると考えられる。電話では詳細な計算指示を受けるには限界があるが、初動時には単位量による定型的な計算が中心になると予想され、最低限の計算実施は可能と考えられる。

4. については、遠隔端末から図形の配信を行うことは可能であるが、現行機能では図形の確認を行うことができない。したがって、遠隔端末で配信図形を表示できるようにリモートアクセス機能の整備が必要である。

● システム障害への対応

夜間休日に中央計算機機器に障害が発生した場合、現行では常駐要員が下記の対応を行う。

- ・ 障害発生のアラートが監視端末や通報機能等で発呼される
- ・ 障害状況を確認し、要員にて対処可能な場合は直ちに障害対応を行い、重篤な場合は保守業者に連絡し、復旧作業を実施

これに対し、合理化後においては、原則翌平日朝に対応を行うこととなるが、②のクラウド化で述べたとおり、2 拠点化の実現の際は他拠点でバックアップが可能となるため、対処が可能と考えられる。

● 線量率の異常への対応

夜間休日に SPEEDI で収集した関係道府県テレメータデータにおいて線量率異常が発生した場合、通報機能により規制庁担当官及び SPEEDI 運用関係者の携帯電話に自動通報がなされるが、現行では常駐要員が下記の対応を行う。

- ・ 線量率異常が原子力施設からの影響によるものか否かの判断のための状況確認（関係道府県への確認、線量率推移の確認や施設周辺の気象情報の確認等）
- ・ 通報対象者への確認結果のメッセージ送信
- ・ 施設からの影響でないことの判明後、通報の停止

これに対し、本節 ii) 項のデータ収集系の合理化の項で述べたとおり、以上の対応は関係道府県テレメータデータ収集機能と合せ SPEEDI から分離することが考えられる。

(4) まとめ

SPEEDI システムの合理化策としては、以下の通りまとめられる。合理化後のシステムイメージを図 5. 1. 3 に示す。

- ・ 関係道府県テレメータデータの収集機能及びモニタリング値の監視・通報業務につ

いては、SPEEDI 本来の業務に集約するという観点から SPEEDI より分離し、国が整備を進めているモニタリング関連業務の一環として一元化することが考えられる。

- SPEEDI 図形の提供においては、端末の合理化やモニタリング情報とのより緊密な連携を図るため、専用端末である中継機Ⅱの機能を、RAMISES 等のモニタリング関連システムの機能に統合することが考えられる。合わせて、緊急時の状況に応じて確実に SPEEDI 図形が提供可能となるよう、インターネット網の活用等、提供手段の多様化を図る。
- SPEEDI が有する機能のうち、必要性や重要性が低下したと考えられる機能（直達線評価機能やサポートネット機能等）については、廃止も視野に入れた見直しが必要である。
- 大規模自然災害時等でも SPEEDI 計算が実施可能となるよう、中央計算機システムの複数拠点化を図ることが望ましい。効率よく複数拠点化を実現するために、外部のデータセンターによるクラウドサービスを活用することが考えられる。
- 関係道府県との回線については、複数拠点化における回線接続を容易にするため、また今後のデータ量増大の可能性も考慮し、IP-VPN 化を図る。
- SPEEDI の運用担当機関において、運用管理業務の合理化を図るために 24 時間常駐体制の見直しが考えられる。見直し後の緊急時の初動対応については遠隔端末機能の有効活用が考えられる。

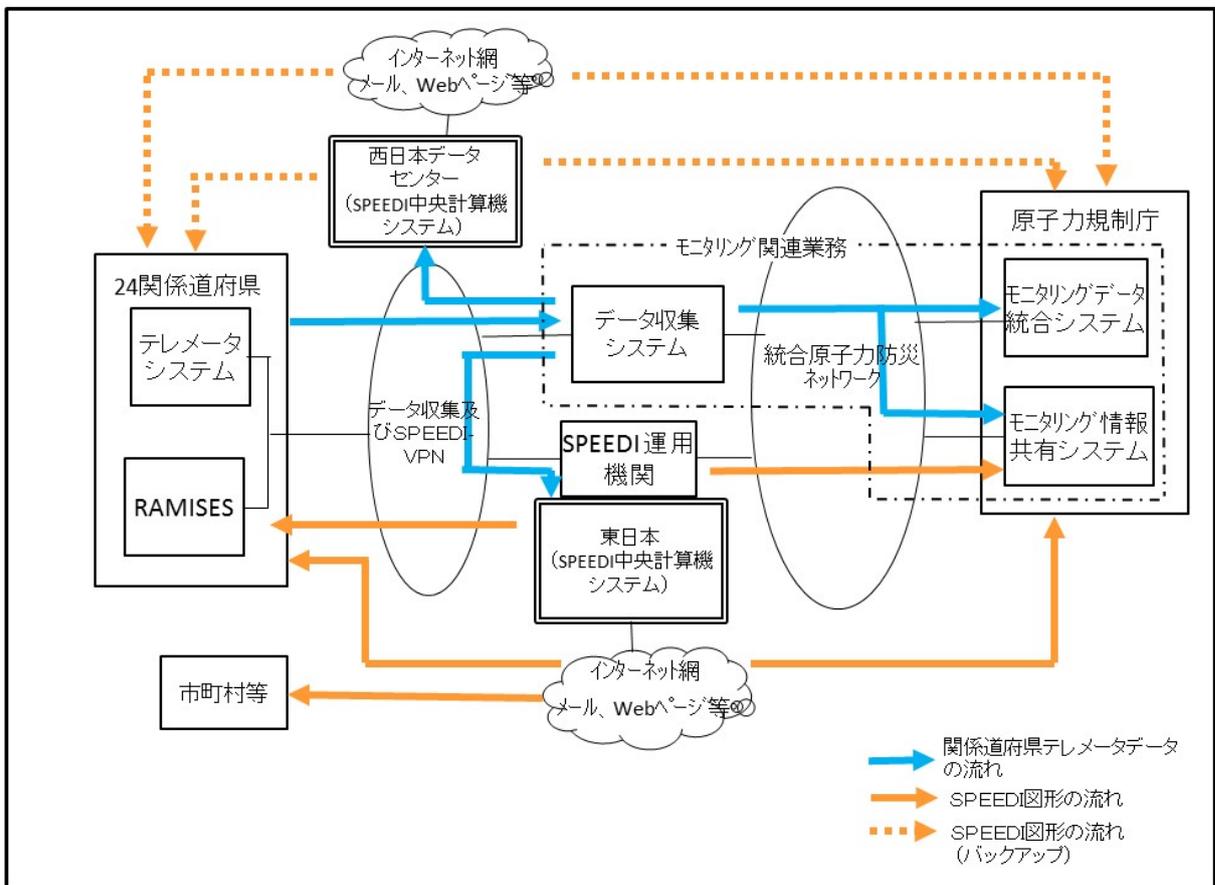


図 5. 1. 3 SPEEDI システムの合理化後のイメージ

5. 2. SPEEDI のソースコード公開に係る検討

(1) 調査の目的

現在運用されている SPEEDI システムは、専用開発された多数のプログラムから構成されるが、一部を除いて公開はされていない。これらのプログラムのソースコードをインターネット等で公開とした場合、どのようなメリットがあるか、またどのようなデメリットや障害等があるかを整理し、公開の可能性と適切な公開のあり方を検討する。

(2) 公開対象の SPEEDI ソースコード

SPEEDI のプログラムは、5. 1 章で示した SPEEDI の機能系統毎に分類できる。

- ①データ収集系プログラム群
- ②計算制御系プログラム群
- ③予測計算系プログラム群
- ④図形表示系プログラム群
- ⑤運用ユーティリティプログラム群

以上のうち、①、②、④、⑤については、国からの委託事業により原子力安全技術センターが年度毎に作成・整備してきたプログラム群である。その際原子力安全技術センターからさらにソフトウェア開発業者に発注して作成したものである。

③については、日本原子力研究開発機構が開発し、同機構から原子力安全技術センターが利用を許諾されたプログラム群である。これらについては、同機構が下記のコード名で既にソースコードの公開を行っており、希望者は同機構（公開の窓口は一般財団法人高度情報科学研究開発機構）に利用を申し込むことにより、ソースコードの提供を受けることが可能である。

- ・ SPEEDI 高度化版用計算コード群：SPEEDI21
（SPEEDI システムの気象予測計算プログラム及び濃度線量計算プログラムに相当）
- ・ 世界版緊急時環境線量情報予測システム第2版：WSPEEDI-2
（SPEEDI システムの拡大領域気象予測計算プログラム及び拡大領域濃度・線量プログラムに相当）

したがって、以下、まだ公開されていない①、②、④、⑤のプログラム群の公開について検討する。

(3) 公開によるメリット

①、②、④、⑤のプログラム群は、5. 1 章で述べたとおり、気象予測や拡散影響予測の計算を行うためのデータを収集し、SPEEDI 計算の制御を行い、計算結果を図形化して配信、表示、さらに SPEEDI の効果的な運用を支援する等の、運用管理的なプロ

グラムであるが、これらのプログラムのソースコードを公開することにより、概ね以下の効果等が期待できる。

- ・ SPEEDI に対する一般の知見や創意の集約
一般に公開することにより、プログラムの改良や機能向上のための知見を幅広く集め、反映することが期待できる。
- ・ SPEEDI 関連技術の人材の拡大
一般に公開することにより、それまで限られていた SPEEDI 関連技術の知見を有する人材の拡大が期待できる。
- ・ SPEEDI 関連事業への参入障壁の低減
現在、SPEEDI のソースコードは原子力安全技術センターにより管理されており、他事業者が容易に参照することは困難である。公開により他事業者が当該ソースコードを必要な時に参照して確認・調査を可能とすることにより、SPEEDI 関連事業への参入を容易にすることが期待できる。

(4) 公開する場合の障害及びデメリット

ソースコードの公開の際の障害及び公開することによるデメリット等としては、プログラムの著作権等の法的制約条件、及び公開することによるセキュリティへの影響、さらに公開後の利用手続き業務の負荷等が考えられる。

i) 法的制約条件

イ) 国と原子力安全技術センターとの契約について

国の事業として SPEEDI のプログラムのソースコードを公開するに当たっては、著作権法で定められたプログラムの著作権及び著作者人格権について確認する必要がある。

著作権とは著作者の著作物に対する財産的な権利であり、著作者人格権とは著作者の人格的な権利である。

インターネット等でソースコードを公開とした際に関係すると考えられる著作権法上の権利としては下記があげられる。

著作権：複製権、公衆送信権¹、譲渡権、翻訳権・翻案権²等

著作者人格権：公表権、氏名表示権、同一性保持権³等

なお、著作物に対する著作権及び著作者人格権は、原初的には著作者に属し、このうち著作者人格権については他に譲渡することはできない。

¹ インターネットでプログラムを公開する場合、公衆送信権が該当する権利となる。

² プログラムを修正したりする場合、翻訳権・翻案権等が該当する権利となる。

³ 同一性保持権は著作物の改変を受けない権利で、著作権の翻訳権・翻案権と重なる部分がある。

したがって、国の委託事業において各年度に原子力安全技術センターが作成した SPEEDI のプログラムの著作権は原初的には作成者である原子力安全技術センターに属する。また著作者人格権については作成者である原子力安全技術センターに継続的に属している。

国と原子力安全技術センター間の SPEEDI 事業に関する委託契約書において、当該年度開発プログラムの著作権の帰属、許諾内容及び著作者人格権に扱いについては、年度によって異なるが、平成 24 年度までに開発されたプログラムに対して概ね下記のようにまとめられる。

- ・平成 17 年度以前に開発のプログラム
著作権は、原子力安全技術センターから国に譲渡され、国に帰属する。
著作者人格権は、原子力安全技術センターは国に対して行使しない。
- ・平成 18～24 年度に開発のプログラム
著作権は、原子力安全技術センターに帰属する⁴が、国及び国が指定した者は著作権の実施が可能。
著作者人格権は、原子力安全技術センターは国及び国が指定した者に対して行使しない。

すなわち、国は著作権を有するプログラムはもとより、有しないプログラムについても著作権を実施でき、著作者から著作者人格権の行使もされないので、国がプログラムをインターネット上で公開を行うに当たっての著作権上の制約は基本的にはないと考えられる。

ただし、公開により国が指定しない不特定の第三者がプログラムを利用することとなる場合は、著作者である原子力安全技術センターはその第三者に対して著作権を主張でき（平成 18～24 年度分）、また著作者人格権を主張できる（全ての年度分）ので、その場合は原子力安全技術センターの許諾が必要となる。

なお、年度毎の委託契約におけるプログラムの著作権等の扱いの詳細については、本章末に示す。

ロ) 原子力安全技術センターとソフトウェア開発業者との契約

SPEEDI のプログラムは原子力安全技術センターからソフトウェア開発業者に発注して作成したものであるが、原子力安全技術センター・ソフトウェア開発業者間の契約書において、プログラムの著作権等の知的財産権は納入後原子力安全技術センターに帰属することとなっている。ただし、開発業者が契約前から自己所有していた著作権等の知的財産権は除くこととなっている。

したがって、公開に当たって国が開発業者の自己保有の著作権等を利用する場合は、当該開発業者の許諾が必要となる。

⁴ 国の委託研究開発における著作権等の知的財産権を、受託者側に帰属させることを可能とする制度（いわゆる「日本版バイ・ドール」）の適用を受けたため。

そのため、公開対象プログラムに、開発業者が自己所有していた著作権等の知的財産権が含まれているか、開発業者に確認する必要がある。

なお、著作者人格権については、開発業者は行使しないとの契約となっている。

ii) その他の制約条件

イ) システムのセキュリティ等に係る情報

プログラムの中には、ネットワーク構成や関係道府県等外部機関のデータ構成やシステム構成等に関わる情報を含むものがあり、これらを不特定の第三者に公開することにより、システムのセキュリティ上問題となる可能性がある。このような部分を含むか否か、プログラムを精査し、含む場合は公開から外す必要がある。

ロ) 利用者への対応

公開の方法によっては、利用申し込みや利用誓約書等の授受、対象ソースコードの発送、利用者からの問い合わせ対応等、様々な対応業務が発生する可能性がある。

例えば、原子力研究開発機構の開発した原子力コードの公開は、概ね下記の流れで行われている。

- ①利用者は公開を担当するコードセンターに、利用申込書と誓約書を提出し、ユーザー登録する。
- ②利用者はコードセンターに、利用希望コードについて、原子力機構宛の利用申込書と誓約書を提出する。
- ③原子力機構の利用許諾ののちに、ソースコードが DVD 等の電子媒体で利用者へ送付される。
- ④利用者はコードセンターに配布手数料を支払う。

いずれの過程においても対応業務が発生しており、これらの業務が公開側として負担となる可能性がある。

(5) 公開の可能性と公開のあり方

i) 公開の可能性

(4) で述べたように、SPEEDI のソースコードについては、国に著作権が帰属するか、あるいは著作権を実施する権利があり、国に対して著作者である原子力安全技術センターは著作者人格権を行使しないことから、ソフトウェア開発業者の著作権等の知的財産権に抵触する部分、及びシステムのセキュリティ等に関わる部分を除いて、国が公開することの可能性は基本的にはあると考えられる。

ただし、(4) で述べたように、公開に当たって不特定の第三者の利用についての法的な制約条件については考慮する必要がある。

ii) 公開のあり方

公開によるメリットと公開の障害やデメリットを踏まえて、公開のあり方を検討した。

イ) 公開物について

(2) で公開対象として述べた①、②、④、⑤のソースコードについて、下記の観点で公開することが考えられる。

- ・公開により SPEEDI 事業の透明性を高めるという観点から、原則可能な限り公開とするのが望ましい。ただし、システムのセキュリティや著作権等、制約条件がある部分については除く。
- ・ソースコードは、運用されているプログラムの最終形態ではなく開発年度毎に管理されているため、開発年度毎の形で公開する。
- ・公開するプログラムに対する利用者の理解を図るため、公開するソースコードに対応した設計書及び利用手引書も合わせて公開する。これらの文書も開発年度毎に作成されているため、開発年度毎の形で公開する。

ロ) 公開方法について

公開の方法としては、利用者にとって自由度の低い利用者や利用方法を限定した公開と、自由度の高い利用者や利用方法を限定しない公開とに大別されると考えられる。

以下にそれぞれの公開イメージ案を示す。

● 利用者や利用方法を限定した公開

- ・公開用ホームページに利用者の条件や利用方法等を記載
- ・利用希望者は、所定の利用申込書と、利用規約を遵守する旨の誓約書を、公開者に提出
- ・公開者は、提出書類に問題がなければ、利用許諾書を発行
- ・公開者は、ソースコードや設計書等を DVD 等の媒体で郵送。または、利用者がホームページからダウンロードを可能とするパスワード等を発行
- ・利用状況や知見等を公開者宛への連絡を義務付け

本公開方法によるメリットとデメリットは下記のように考えられる。

メリット：

- ・利用者、利用状況を確実に把握できることから、知見や創意の集約、人材の拡大いずれにおいても、出所、根拠が明確な形で効果が得られる。
- ・国が利用を許諾した者に対し、著作権を実施することができる者として指定すれば、不特定の第三者に関する法的な問題は解消する。

デメリット：

- ・知見や創意の集約という点では、量的には限られる。
- ・利用者への対応業務が多く発生する。

- 利用者や利用方法を限定しない公開
 - ・利用者は公開用ホームページから、自由にソースコード等をダウンロードすることを許容
 - ・利用者には、いわゆるオープンソース⁵のように、自由に改変し利用することを許容
 - ・利用者には、利用状況や知見等を公開者宛にメール等で連絡することを要請

本公開方法によるメリットとデメリットは下記のように考えられる。

メリット：

- ・利用について限定しないことから、一般の知見や創意の集約、人材拡大という観点から、より幅広い効果が見込める。
- ・原則として利用者の自由な利用に任せることから、利用者対応業務が少なく済む。

デメリット：

- ・利用者、利用状況の把握は困難である。
- ・利用者が不特定の第三者となるため、法的な条件について著作者との調整が必要となる。
- ・利用方法を一部限定したい場合（例えば営利目的の利用は許可しない等）、遵守されているかの確認が困難である。

(6) まとめ

現在公開されていない SPEEDI のプログラムのソースコードを、国の事業としてインターネット等で公開することについて検討した。要点は下記のとおりである。

- ①公開により、SPEEDI に対する一般の知見や創意の集約、人材の拡大、SPEEDI 関連事業への参入障壁の低減等の効果が期待できる。
- ②公開に当たり以下の点に考慮する必要がある。
 - ・公開に当たっての著作権等の法的な条件については基本的には問題はないが、不特定の第三者の利用がある場合は、法的な条件についての著作者との調整が必要
 - ・プログラム中のソフトウェア開発業者が自己所有していた知的財産権部分、及びシステムへのセキュリティ等への影響部分を確認し、ある場合は公開から除くことが必要
- ③公開方法としては、大別して利用者、利用方法を限定し把握した上で公開する方法と、利用者、利用方法を限定しないで公開する方法があるが、それぞれのメリット、デメリット等も考慮して決定することが必要である。

⁵ オープンソース：プログラムのソースコードを公開して、利用者は自由に使用し、修正し、再配布することができるという、プログラムの公開の考え方

(※) 年度毎の委託契約における SPEEDI プログラムの著作権等の扱いについて

国・原子力安全技術センター間の SPEEDI システムに係る各年度の委託契約における、委託事業完了後の当該年度開発プログラムの著作権の帰属、許諾内容及び著作者人格権の扱いについて、以下、年度を遡って述べる。

①平成 24～20 年度

当該年度においては、いわゆる日本版バイ・ドール制度の適用により、委託事業の成果であるプログラムの著作権を受託者に帰属させることが可能な契約となっており、原子力安全技術センターは契約に基づき作成したプログラムの著作権を国に譲渡しない旨の手続きを行ったことから、プログラムの著作権は原子力安全技術センターに帰属する（対象となるプログラムを表 5.2.1 に示す）。

ただし、国が原子力安全技術センターに対し、公共の利益のために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求めるときは、そのプログラムの著作権を実施する権利を国に対して許諾する規定となっている。

さらに、上記規定にかかわらず、国及び国が指定する第三者はプログラムの著作権の全ての権利について実施することができるとされている。また、その際、原子力安全技術センターは著作者人格権を行使しないこととされている。

したがって、国は当該プログラムをインターネット上で公開等を行うに当たっての著作権法上の制約は基本的にはないと考えられる。ただし、国が指定する第三者ではない不特定の第三者が公開されたプログラムを利用することに対しては、原子力安全技術センターは著作権も著作者人格権も主張できるので、その場合、当該第三者はプログラムの著作権の実施について原子力安全技術センターの許諾が必要である。

②平成 19 年度

平成 19 年度においても、当該年度に作成したプログラムの著作権を国に譲渡しない旨の手続きを行ったことから、プログラムの著作権は原子力安全技術センターに帰属する（対象となるプログラムを表 5.2.1 に示す）。ただし、国が原子力安全技術センターに対し、公共の利益のために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求めるときは、そのプログラムの著作権を実施する権利を国に対して許諾することとなっている。

さらに、当該委託業務の目的を達成するために必要なときは、国及び国が指定する第三者はプログラムの著作権を実施することができるとされており、無条件に国及び国が指定する第三者は実施することができるとしている平成 24～20 年度の場合とは異なっている。

これらの場合、国等に許諾される著作権の利用権として規定されているのは、平成 24～20 年度とは異なり、プログラムの複製権と頒布権のみで、例えばインターネットで公開する際に必要な公衆送信権等は含まれていない。

また、著作権を国等が実施する場合の著作者人格権については、平成 24～20 年度とは異なり、不行使との記載はない。

しかしながら、平成 24～20 年度と異なる上記 3 点については、直近の平成 24～20 年度の考え方に合わせるのが自然である。

したがって、国が当該プログラムをインターネット上で公開等を行う際の著作権上の制約は平成 24～20 年度と同様に不特定の第三者に関することと考えられる。

すなわち、国が指定する第三者ではない不特定の第三者に対しては、原子力安全技術センターは著作権も著作者人格権も主張できるので、当該第三者が公開されたプログラムの著作権を実施する場合は原子力安全技術センターの許諾が必要である。

③平成 18 年度

平成 18 年度においても当該年度に作成したプログラムの著作権を国に譲渡しない旨の手続きを行ったことから、プログラムの著作権は原子力安全技術センターに帰属する（対象となるプログラムを表 5. 2. 1 に示す）。ただし、国が原子力安全技術センターに対し、公共の利益のために特に必要があるとして、その理由を明らかにして求めるときは、そのプログラムの著作権を実施する権利を国に対して許諾しなければならないとなっている。

この場合、国に許諾される著作権の利用権として規定されているのは、平成 24～20 年度とは異なり、プログラムの複製権と頒布権のみとなっている。

また、平成 24～20 年度とは異なり、また平成 19 年度とも異なり、国が指定する第三者に著作権の実施を許諾する記載はない。

また、著作権を国が実施する場合の著作者人格権については、平成 24～20 年度とは異なり、不行使との記載はない。

しかしながら、平成 24～20 年度と異なる上記 3 点については、直近の平成 24～20 年度の考え方に合わせるのが自然である。

したがって、国が当該プログラムをインターネット上で公開等を行う際の著作権法上の制約は平成 24～20 年度と同様に不特定の第三者に関することと考えられる。

すなわち、国が指定する第三者ではない不特定の第三者に対しては、原子力安全技術センターは著作権も著作者人格権も主張できるので、当該第三者が公開されたプログラムの著作権の実施する場合は原子力安全技術センターの許諾が必要である。

④平成 17～15 年度

平成 15 年度からプログラムの著作権を受託者に帰属させることが可能な契約となったが、原子力安全技術センターが国に対してその旨の手続きを行っていないことから、プログラムの著作権は国に譲渡されている（手続きを行わない場合は、著作権は国に譲渡するものとされている）。

また、著作権を国に譲渡する際には合わせて著作者人格権を受託者が行使しない旨も明記されている。

ただし、不特定の第三者が公開されたプログラムを利用することに対しては、原子力安全技術センターは著作権者人格権については主張できるので、当該第三者がプログラムの著作権者人格権を実施する場合は原子力安全技術センターの許諾が必要である。

⑤平成 14 年度以前

平成 14 年度以前の委託契約書は、日本版バイドール制度が適用される前のものであるが、これらの契約書においては、委託事業の報告書についての著作権は国に譲渡する旨の記載はあるものの、プログラムの著作権及び著作権者人格権についての明示的な定めはない。

しかしながら、報告書の著作のみならず、国と原子力安全技術センターがともにプログラムの著作権は国に譲渡されるものと認識しているのであれば、国に著作権を譲渡していると考えるのが自然である。

ただし、不特定の第三者が公開されたプログラムを利用することに対しては、原子力安全技術センターは著作権者人格権については主張できるので、当該第三者がプログラムの著作権者人格権を実施する場合は原子力安全技術センターの許諾が必要である。

表 5.2.1 原子力安全技術センターが著作権を有するプログラム

開発年度	プログラム名
平成 24 年度	①計算結果提供機能 ②放出量推定機能 ③長期間積算予測計算機能 ④計算領域拡大機能 ⑤データ収集機能
平成 23 年度	①次期中継機Ⅱデータ印刷・管理機能
平成 22 年度	①次期計算制御システム ②次期中継機Ⅱ防護対策機能
平成 21 年度	①次期データ収集システム ②次期中継機Ⅱプロトタイプ
平成 20 年度	①次期中継機Ⅰ運用システム
平成 19 年度	①直達線評価機能への影響予測 ②メッシュセル値抽出機能（その 2） ③予測結果の三次元表示機能（その 2） ④スタックモニタ値による放出源情報入力機能 ⑤海面水温格子点データ利用機能 ⑥広範囲影響予測運用化（その 2）
平成 18 年度	①直達線評価機能の運用環境及び拡充 ②メッシュセル値抽出機能 ③予測結果の三次元表示機能 ④スタックモニタ値による放出源情報入力機能 ⑤広範囲影響予測運用化

第6章 検討会の開催

緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム調査を効果的に実施するため、環境影響拡散シミュレーションモデル、気象予測、環境放射線モニタリング、原子力防災、計算機及びネットワークシステム等の専門家から構成される「SPEEDI 調査技術検討委員会」を設置し、調査実施方針の検討、調査状況の確認、課題の検討、調査結果の評価及び取りまとめを行った。

(1) SPEEDI 調査技術検討委員会 委員（敬称略・五十音順）

	氏名	所属
委員長	茅野 政道	(独)日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門 部門長
委員	井上 実	(国)京都大学 防災研究所 気象・水象災害研究部門 気象水文リスク情報(日本気象協会)研究分野 特定准教授
委員	岡部 寿男	(国)京都大学 学術情報メディアセンター 副センター長
委員	鈴木 隆	(独)日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所 放射線管理部 放射線計測技術課 課長
委員	田中 孝典	島根県 防災部 原子力安全対策課 原子力環境センター 専門研究員
委員	日高 昭秀	(独)日本原子力研究開発機構 安全研究センター リスク評価研究ユニット 放射線安全・防災研究グループ グループリーダー
委員	宮木 和美	(独)原子力安全基盤機構 緊急事態対策部 審議役 (任期：2014年2月28日まで)

(2) SPEEDI 調査技術検討委員会 開催概要

第1回 SPEEDI 調査技術検討委員会

開催日時 平成26年2月13日(木) 13:30~16:00

議題

- 放出量逆推定の精度向上に係る調査について
- 精度向上のために実気象情報に求められる要件の調査について
- 精度評価指標に係る調査について
- 各種定数の検討について
- その他

配布資料

- 平成 25 年度 SPEEDI 調査技術検討委員会について
- 平成 25 年度 SPEEDI 調査の概要
- 放出量逆推定の精度向上に係る調査
- 精度向上のために実気象情報に求められる要件の調査
- 精度評価指標に係る調査
- 各種定数の検討

第 2 回 SPEEDI 調査技術検討委員会

開催日時 平成 26 年 2 月 20 日 (木) 13:30~15:50

議 題

- 第 1 回 SPEEDI 調査委員会議事録 (案) の確認
- 実気象情報の課題及び改善点について
- SPEEDI のコンパクト化について
- SPEEDI のソースコードの公開について
- その他

配布資料

- 第 1 回 SPEEDI 調査技術検討委員会 議事録 (案)
- 実気象情報の課題及び改善点
- SPEEDI のコンパクト化に係る検討
- SPEEDI のソースコードの公開に係る検討
- 他局との相関が低いと考えられる観測局について

第 3 回 SPEEDI 調査技術検討委員会

開催日時 平成 26 年 3 月 14 日 (金) 10:00~12:00

議 題

- 第 2 回 SPEEDI 調査委員会議事録 (案) の確認
- 放出量逆推定の精度向上に係る検討について
- 実気象情報に求められる要件の検討について
- 実気象情報の課題と改善点の検討について
- 計算精度の定量化に係る検討について
- 各種定数の検討について
- SPEEDI のコンパクト化に係る検討について
- SPEEDI のソースコードの公開に係る検討について
- その他

配布資料

- ・ 第2回 SPEEDI 調査委員会 議事録（案）
- ・ 放出量逆推定の精度向上に係る検討
- ・ 実気象情報に求められる要件の検討
- ・ 実気象情報の課題と改善点についての検討

第7章 全国 SPEEDI 担当者会議の開催

関係道府県の SPEEDI 利用者からなる「全国 SPEEDI 担当者会議」を開催し、SPEEDI の利用に係る意見交換を行った。

(1) 全国 SPEEDI 担当者会議 開催概要

全国 SPEEDI 担当者会議

開催日時 平成 26 年 2 月 28 日（金）13:30～15:40

議 題

- ・ 平成 25 年度 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム調査の概要について
- ・ その他

配布資料

- ・ 平成 25 年度緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム調査の概要
- ・ SPEEDI の運用に係る説明平成 24 年度 SPEEDI システム調査計画の概要
- ・ 平成 26 年度緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム機器保守管理等業務仕様書

第8章 まとめ

1. 放出量逆推定の精度向上に係る調査

原子力災害時には、多くの地点において、モニタリングデータが得られる保証がないため、少ないデータで効率よく放射性物質の放出量を逆推定することが求められる。

本調査では、原子力施設から放射性物質が放出され、周辺の複数地点でモニタリングデータが得られた状況を設定して放出量逆推定のケーススタディを行い、効率的な逆推定のためのモニタリング実施地点の数、距離、方位等について整理した。

整理した結果は以下のとおりである。

- ①放出地点からの半径10～20km程度の範囲のモニタリング地点を放出量逆推定用に使用することができる。
- ②実現象と拡散計算結果の拡散幅及び方位にずれが生じた場合、上記①の範囲内で、線量等分布の軸となるモニタリング地点及び軸から1/16方位程度以内に1～2点以上のモニタリング地点があれば、実現象の線量等分布の拡散幅を概ね捉えることができ、少ないデータ放出量逆推定が可能である。
- ③数時間後までの拡散計算結果に基づいて放出量逆推定に使用するモニタリング地点を決めておくことが必要と考えられる。

2. 結果の補正に関する調査

2. 1. 100km 四方を超える範囲の計算における実気象情報を用いた補正

SPEEDI の拡大領域（100 km四方を超える範囲）の計算においても、従来の広域（100 km四方）及び狭域（25km 四方）の計算と同様に、実気象情報を用いた計算の補正による精度向上を図るためのシステム変更を行った。

実気象情報を用いた補正を行う前と行った後の計算結果について、観測値と比較評価を行った結果、精度向上が図られていることを確認した。

2. 2. 計算結果の精度向上のために実気象情報に求められる要件

SPEEDI では、正確な拡散計算結果の情報提供のため、原子力施設周辺の自治体観測局及びアメダス観測局の実気象情報を収集して計算結果の補正を行い、計算結果の精度向上に努めている。精度を向上させるためには同化に適した実気象情報を確実に利用可能とする必要があるため、同化に使用する実気象情報に求められる要件を検討し実気象情報を選定する方針をとりまとめた。

検討の結果得られた実気象に求められる要件は以下のとおりである。

- ①同化に使用する観測局の数が多いほど全体的（時間的・空間的）な精度が向上

するため、できるだけ多くの観測局データを収集し補正に利用することが望ましいと考えられる。

- ②観測局データに地域代表性が低いものが含まれているとしてもその影響は顕著でない可能性があるので、個々の局を除外するよりも周辺観測局の数を増やすことを主にすべきではないかと考えられる。

2. 3. 計算結果の向上に係る実気象情報の課題及び改善点

(1) 降水量情報の精度向上

SPEEDI システムでは、GPV 及び AMeDAS 等から得られる降水量情報をもとに湿性沈着による地表蓄積量の計算を行っている。しかしながら、利用している降水量情報では 0.5mm 以下の降水を扱わないため、弱雨の場合に降水なしもしくは時間的な遅れが生じてしまう。

弱雨時でも大気中濃度の減少は無視できないレベルであるため、全国合成レーダーエコー強度や降水短時間予報等を用いて、降水量データを精緻化し、計算精度が向上していることを確認した。

(2) 100km を超える範囲の計算における海面水温データの利用

100 km を超える範囲の拡大領域計算の精度向上を図るため、海面水温 GPV データを利用可能とするためのシステム改良を行った。

海面水温データは、海陸風の交代期に影響するデータであるため、直近の海面水温 GPV データを利用することは、計算精度向上の観点から重要である。

(3) 100km 四方の計算における任意気象条件の設定

SPEEDI の狭域(25km 四方)の計算でのみ利用可能な、任意気象条件による計算を、広域(100 km 四方)の計算でも利用可能とするためのシステム変更を行った。

システム変更を行うことにより、広域における一定風向が卓越することを想定した一様風の計算や、種々の気象条件を想定した計算を実施可能とした。

(4) カルマンフィルターによる将来時刻同化

統計的な予測手法のカルマンフィルターを用いることにより、実際に得られた観測値から将来時刻の観測値を一定の精度で推定可能であることが確認されている。この方法で得られた将来時刻の観測値を補正に利用することにより、SPEEDI の計算精度向上の期待できる。

本調査では、カルマンフィルターの特性試験を実施し、適用上の留意点を抽出するとともに、簡易的な利用環境を構築し、動作確認を実施した。

(5) ライダーデータ等の活用

高層の風速場は地表の擾乱の影響が少ないため、全体的な風系を補正するための重要情報であると考えられる。そのため、ライダー及びwindプロファイラ等の観測データのうち、利用可能なものについて調査し、利用の条件、SPEEDIシステムへ取入れる場合の留意点をまとめた。

また、調査結果をもとに、簡易的な利用環境を構築し、サンプルデータを用いて動作確認を行った。結果として、windプロファイラのデータを使用した場合において、大気中濃度や空気吸収線量率ではプルーム形状や最大値に相違があり、影響が明確に現れていた。

(6) GPV データの効果的活用

現在 SPEEDI システムでは、気象庁の数値気象予報データ (GSM、MSM) を利用して気象予測計算を実施している。GSM 及び MSM データは、予報時間が延長されておりそれに対応するためのシステム改修を実施した。また、新たに気象庁から配信が予定されている LFM データについて、SPEEDI への適用の可能性について調査を行った結果、MSM の代替えとしての利用は可能であるが、直接風速場データとして利用することは、鉛直格子の粗さから適当ではないと思われる。

3. 精度の検証等

3. 1. 精度評価指標に係る調査等

原子力災害が発生した際に SPEEDI の計算結果を有効に活用するために、SPEEDI の計算精度について、時間的・空間的観点から定量的に評価した。

計算精度の定量化にあたっては、天気予報等他の分野で導入されている精度評価指標を利用し、時間的・空間的な評価を考慮して定量化手法を検討した。さらに、この検討結果に基づいて気象分類毎の計算精度を定量化し、その結果から把握できる計算精度の特徴を整理した。

3. 2. 各種定数の検討

SPEEDI システムでは、放射性物質の分布及び放射線影響を計算しており、計算結果の精度向上を図るためには、種々の物理現象を表すモデル及び定数については新たな知見を取り入れた改良を進めていくことが必要である。

本調査では、SPEEDI システムの中で用いられているさまざまな物理的な係数の確からしさについて調査し、新たな知見の取入れの可能性について検討し、今後の改良方策案をとりまとめた。

沈着に係る定数のうち、降雨沈着については SPEEDI で使用しているべき乗モデル

のパラメータを物質の形態及び核種に対応して設定できるようにした。また、線量換算に係る定数については、根拠資料を精査し、当面は変更の必要がないことを確認した。

4. その他の検討

4. 1. SPEEDI のコンパクト化に係る検討

現行の SPEEDI システムは、運用開始以来機能の拡張や追加等により、運用にあたって比較的大きなシステムを必要としている。本調査では、システムをコンパクトに運用すべく、現行システムに対しそれぞれの機能や計算処理等について必要性及び計算負荷等を調査し、SPEEDI システムの合理化策として、以下の 6 項目についてまとめた。

- ①SPEEDI 計算機能とモニタリングデータ関連機能の分離
- ②SPEEDI 計算結果表示機能とモニタリング関連システムとの統合
- ③必要性や重要性が低下したと考えられる機能の廃止
- ④大規模自然災害等に備えた SPEEDI 中央計算機システムの複数拠点化及びクラウド化
- ⑤データ転送量の増大及び複数拠点化を容易に進めるための回線の VPN 化
- ⑥運用管理業務の遠隔端末によるリモート管理化

今後、上記の合理化策のメリット及びデメリットを勘案し、システムのコンパクト化を実施する必要がある。

4. 2. SPEEDI のソースコードの公開に係る検討

SPEEDI システムは、専用に開発された多数のプログラムから構成され、一部を除いて公開はされていない。これらのプログラムのソースコードをインターネット等で公開する場合、どのようなメリットがあり、またどのようなデメリットや障害等があるかを整理し、公開の可能性と適切な公開のあり方について検討しとりまとめた。公開の方法によっては、一般的なオープンソースのように多くの知見を取り入れより良いものとなることが考えられるが、法的制約条件に抵触する恐れもあることについて考慮が必要である。

5. 検討会の開催

本調査を効果的に実施するために、環境影響拡散シミュレーションモデル、気象予測、環境放射線モニタリング、原子力防災、計算機及びネットワークシステム等の専門家から構成される「SPEEDI 調査技術検討委員会」を設置した。

委員会では、調査実施方針、調査状況の確認、課題の技術的検討及び調査結果の評

価・とりまとめを行った。

6. 全国 SPEEDI 担当者会議の開催

地方公共団体で SPEEDI に係る業務を担当している担当者から構成される会議を開催し、SPEEDI の利用・活用に関する意見交換を行い、本調査を進めるに当たっての参考とした。

付属資料 1

モニタリングデータから把握した線量等分布の例

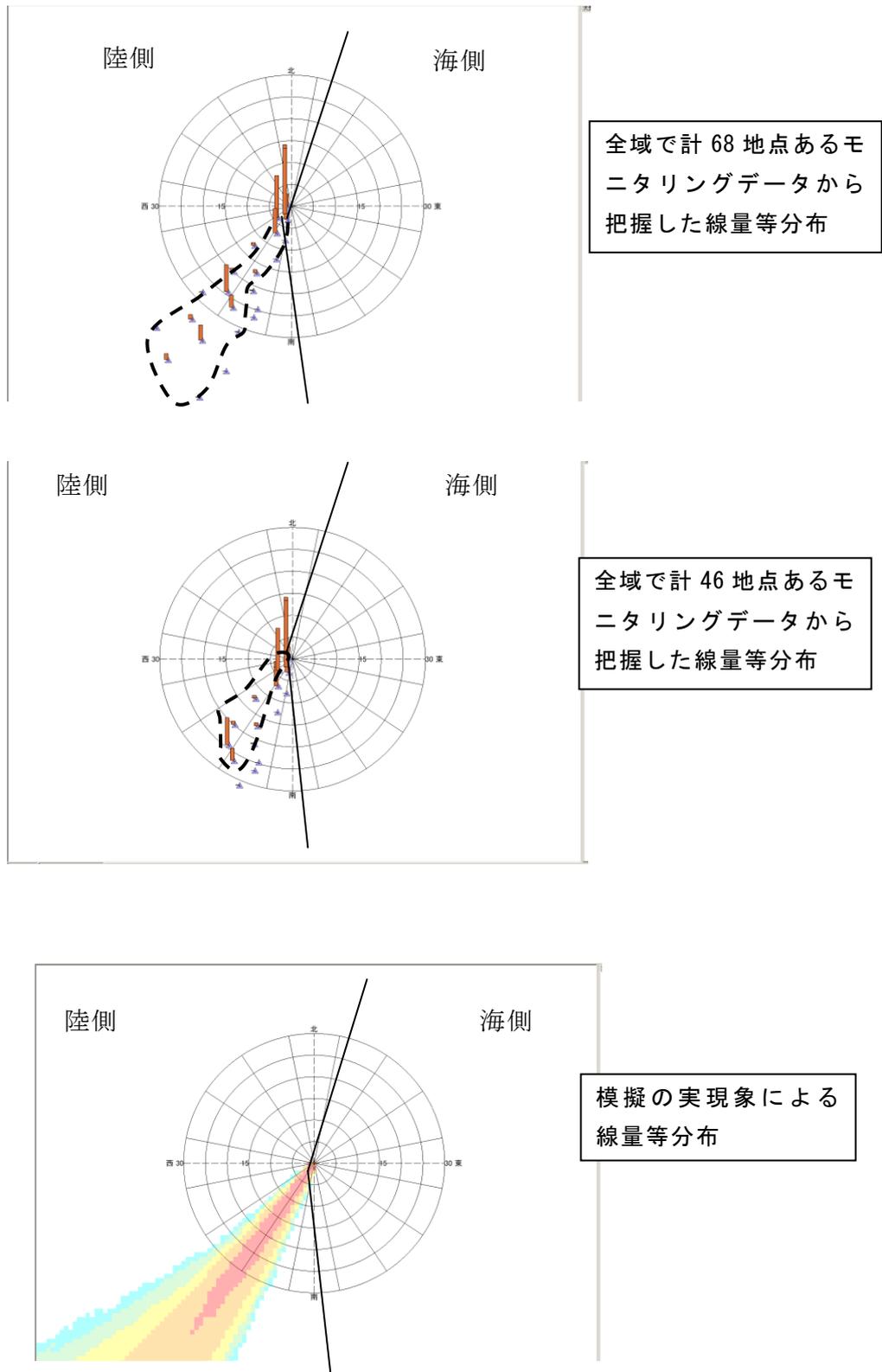


図1 モニタリングデータから把握した線量等分布と実現象の線量等分布の比較
(GPV 初期時刻：2012年3月10日_09時のGPVに基づく計算結果)

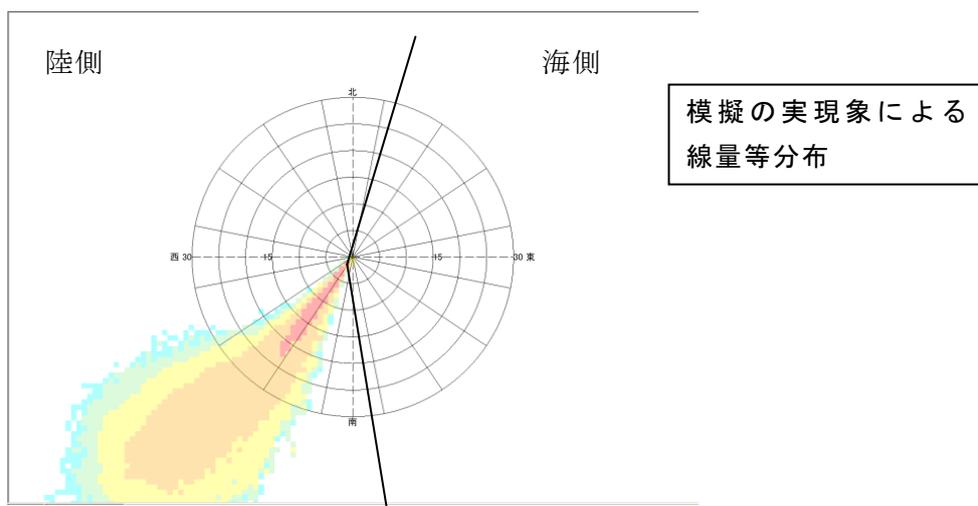
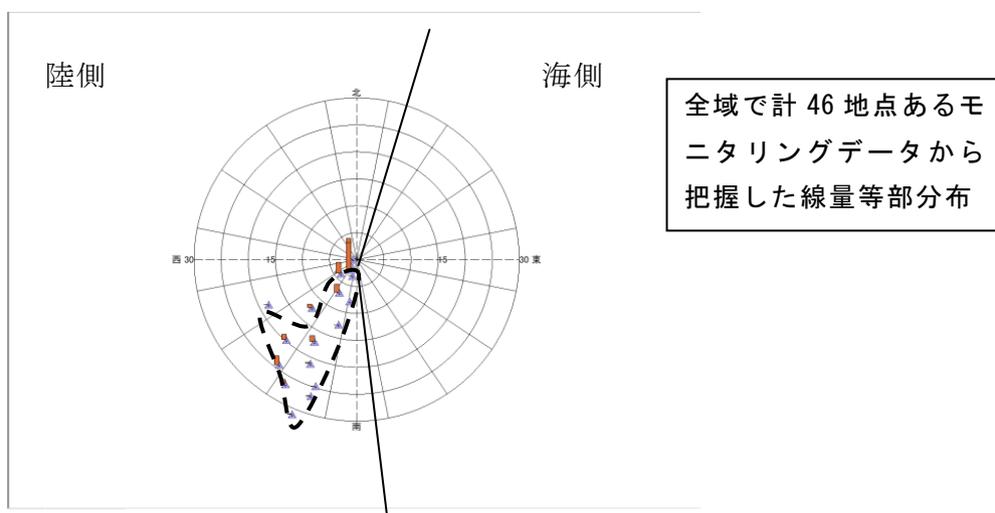
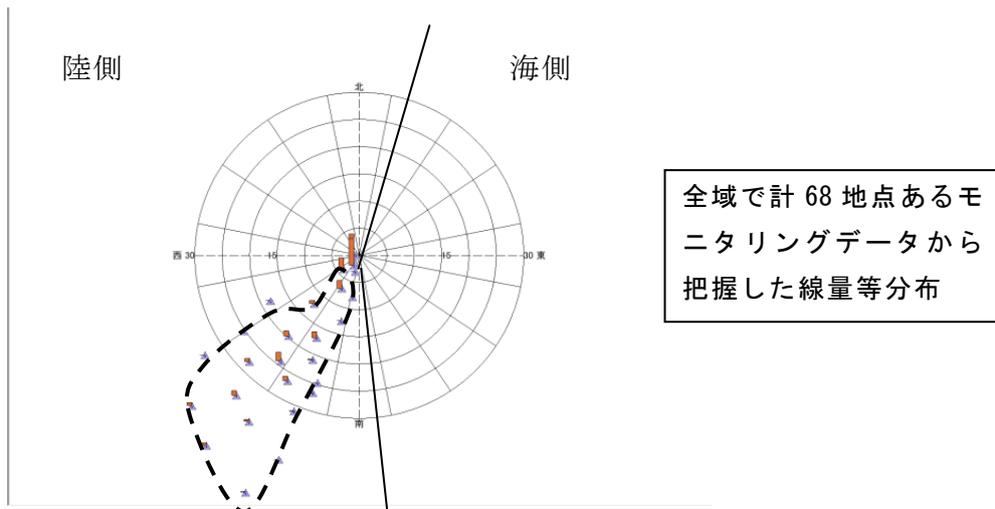


図2 モニタリングデータから把握した線量等分布と実現象の線量等分布の比較
(GPV 初期時刻：2012年4月17日_21時のGPVに基づく計算結果)

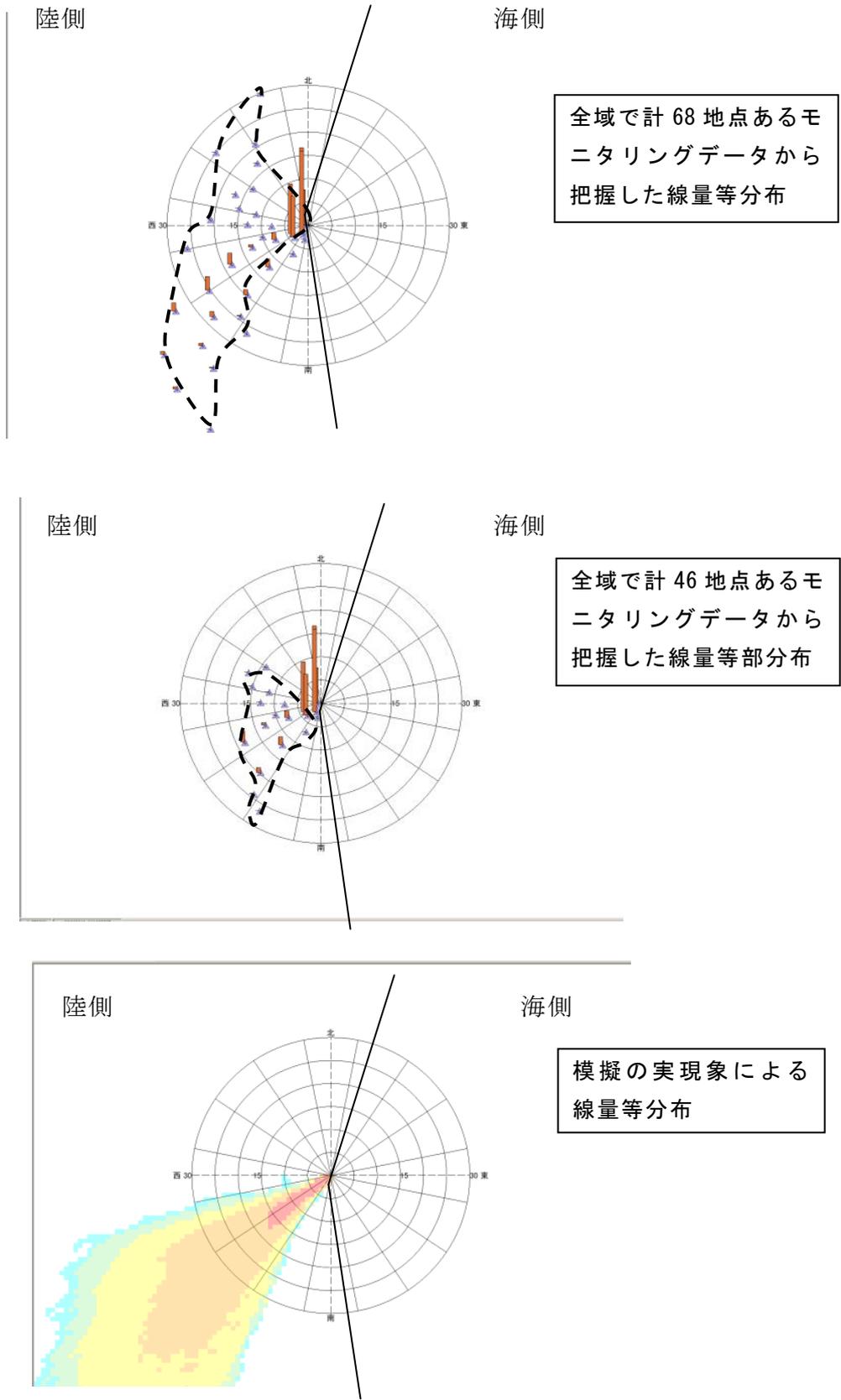


図3 モニタリングデータから把握した線量等分布と実現象の線量等分布の比較
 (GPV 初期時刻：2012年2月29日_03時のGPVに基づく計算結果)

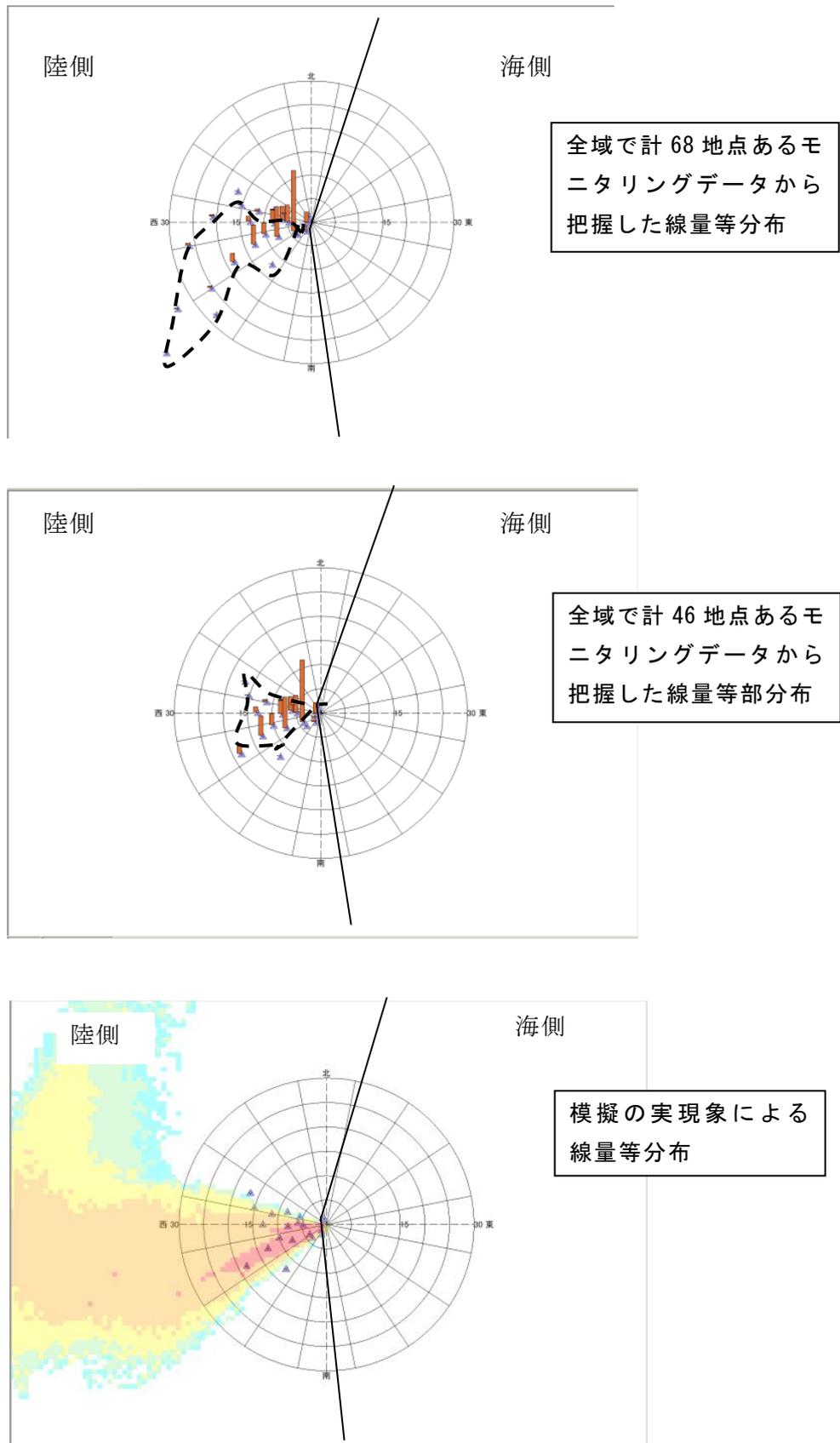


図 4 モニタリングデータから把握した線量等分布と実現象の線量等分布の比較
 (GPV 初期時刻：2012 年 10 月 14 日_15 時の GPV に基づく計算結果)

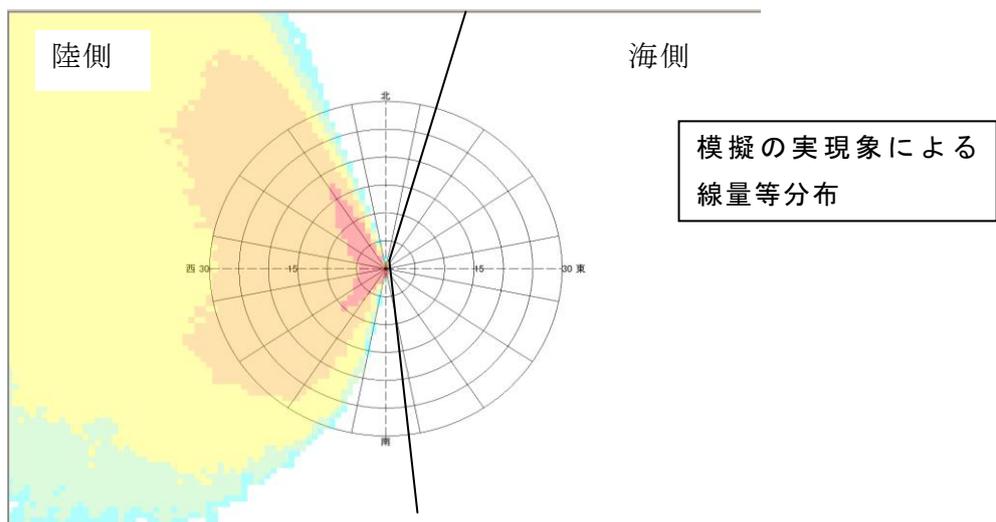
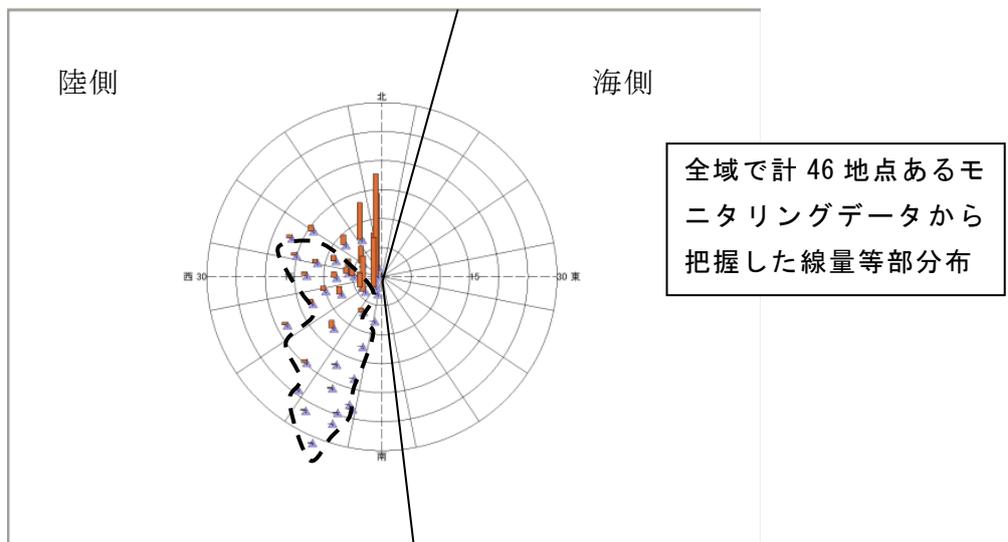
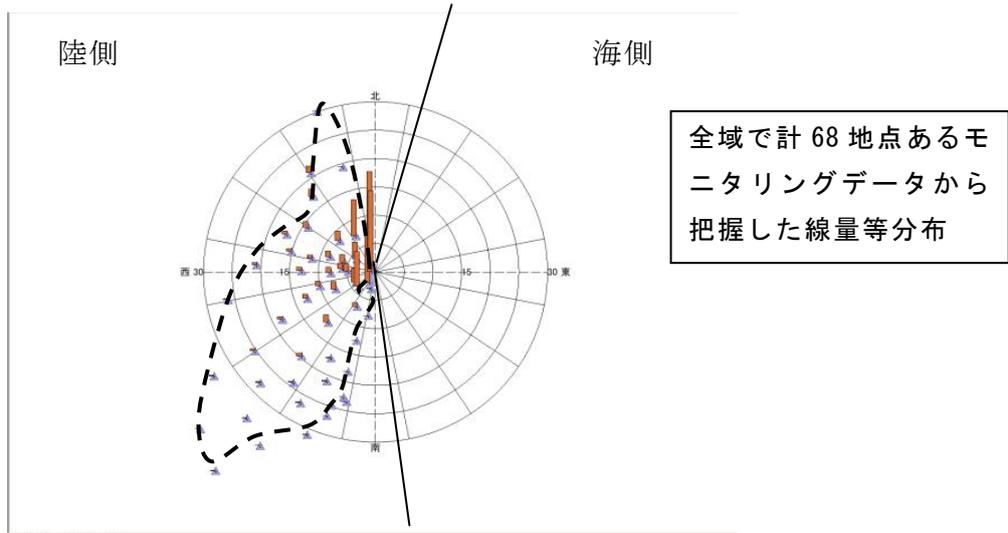


図5 モニタリングデータから把握した線量等分布と実現象の線量等分布の比較
(GPV 初期時刻：2012年3月5日_03時のGPVに基づく計算結果)

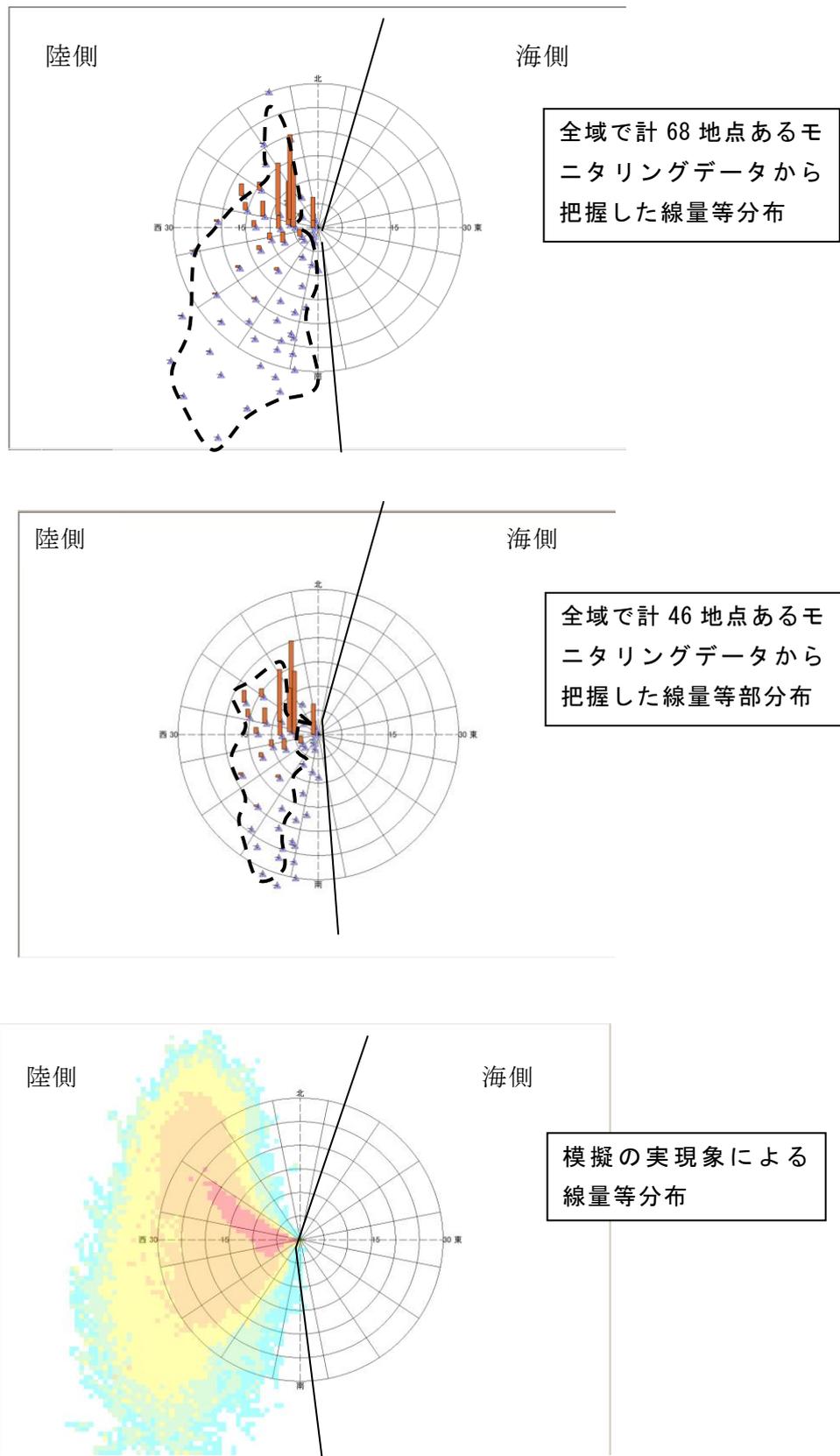


図 6 モニタリングデータから把握した線量等分布と実現象の線量等分布の比較
 (GPV 初期時刻：2012 年 4 月 24 日_09 時の GPV に基づく計算結果)

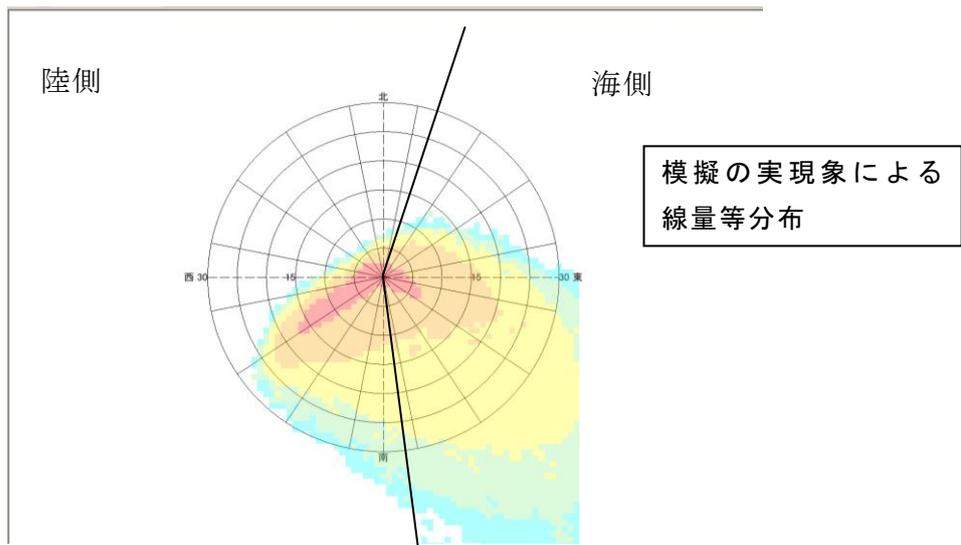
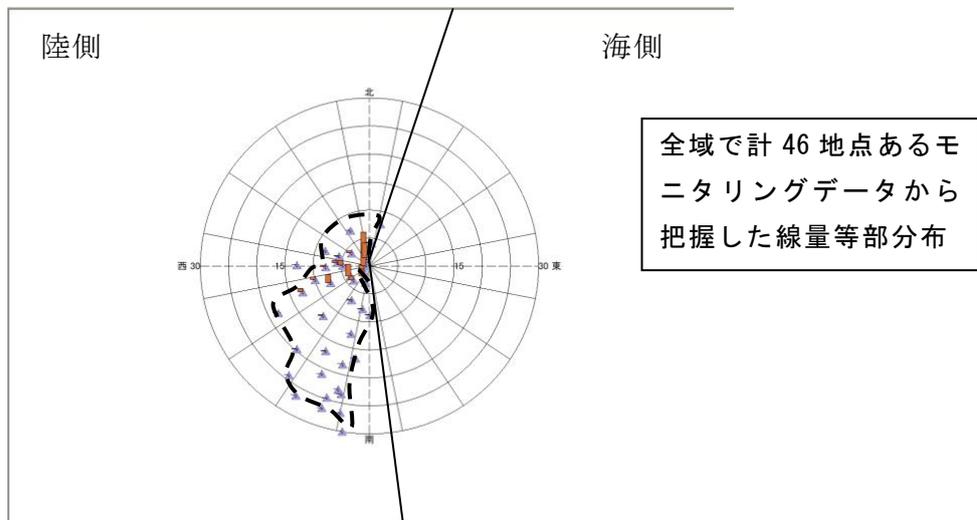
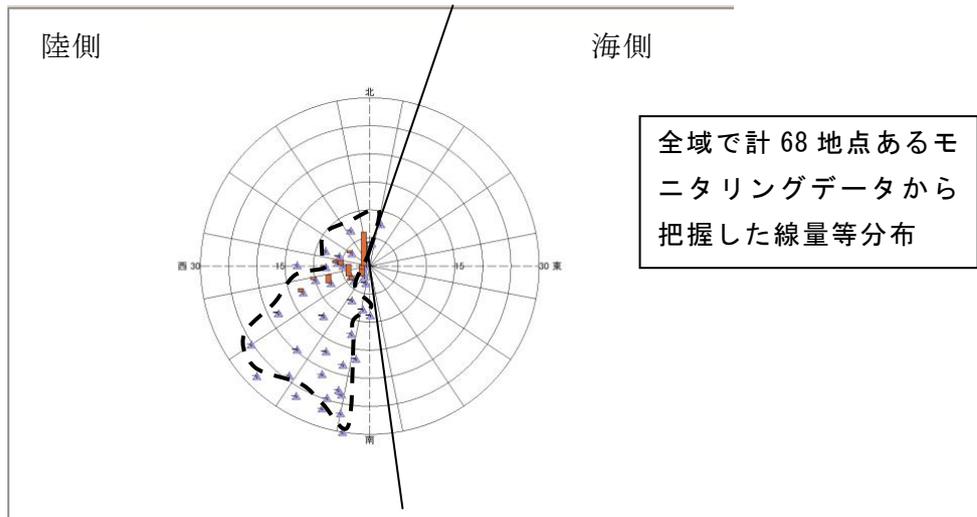


図 7 モニタリングデータから把握した線量等分布と実現象の線量等分布の比較
 (GPV 初期時刻：2012 年 3 月 24 日_09 時の GPV に基づく計算結果)

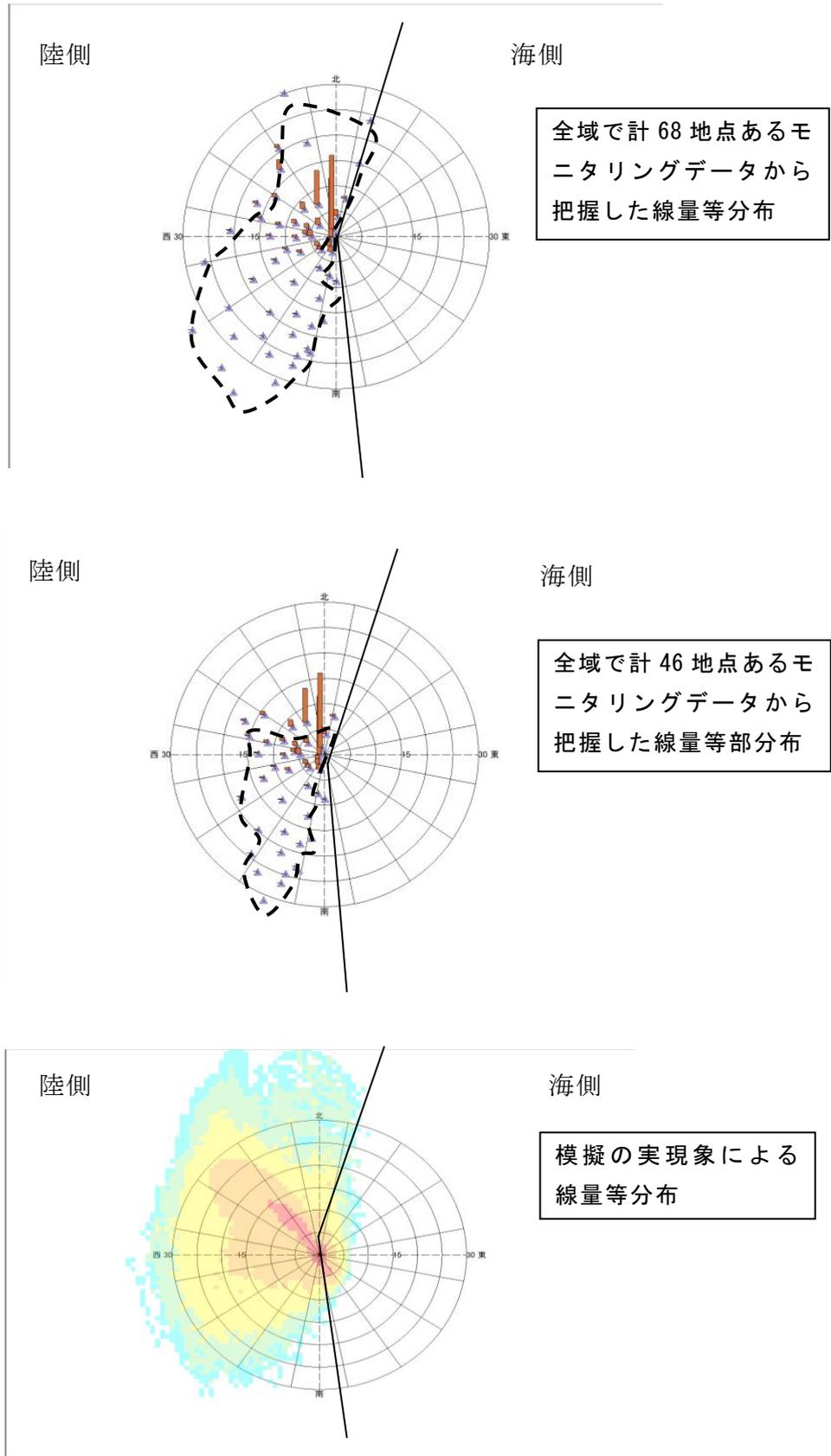
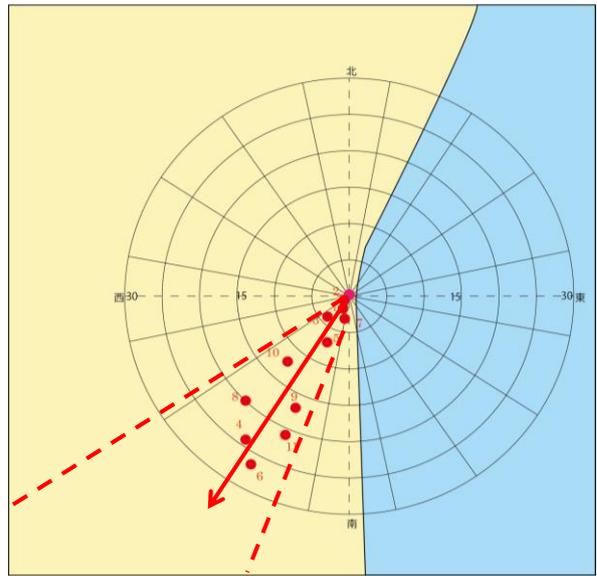


図 8 モニタリングデータから把握した線量等分布と実現象の線量等分布の比較
 (GPV 初期時刻：2012 年 4 月 23 日_21 時の GPV に基づく計算結果)

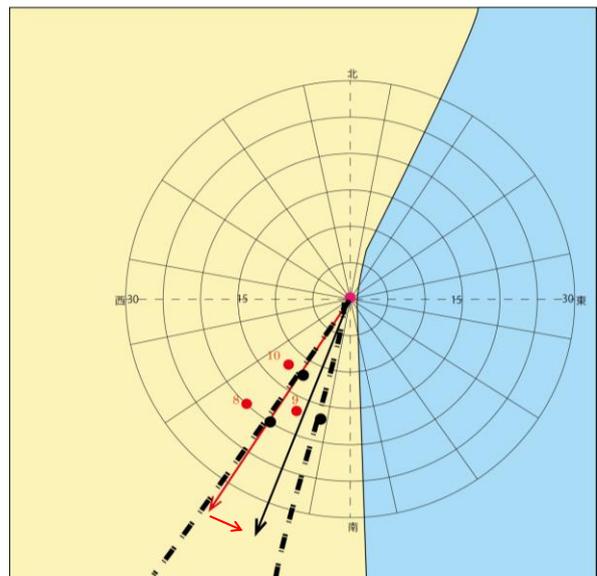
付属資料 2

実現象と拡散計算結果のモニタリング地点の対応付け結果

モニタリング値(μ Gy/h)		モニタリング値(μ Gy/h)	
位置	11点	位置	3点
6	12.5	6	-
	26.6		
	21.1		
	21.8		
	22.9		
	27.1		
4	<1.0	4	-
	16.7		
	37.4		
	48.6		
	59.8		
	59.1		
11	2.4	11	-
	1.7		
	1.7		
	1.7		
	1.6		
	1.6		
9	9.7	9	9.7
	7.1		7.1
	6.5		6.5
	6.5		6.5
	6.5		6.5
	6.7		6.7
8	<1.0	8	<1.0
	<1.0		<1.0
	3.5		3.5
	7.1		7.1
	8.2		8.2
	7.4		7.4
10	<1.0	10	<1.0
	1.1		1.1
	3.0		3.0
	5.8		5.8
	7.1		7.1
	6.1		6.1
5	52.8	5	-
	43.0		
	43.9		
	45.5		
	48.3		
	54.1		
7	6.6	7	-
	8.6		
	10.2		
	10.9		
	11.4		
	12.6		
3	9.4	3	-
	39.2		
	59.7		
	88.8		
	102.0		
	92.7		
2	27.9	2	-
	73.6		
	110.0		
	158.0		
	171.0		
	146.0		
1	27.9	1	-
	73.6		
	110.0		
	158.0		
	171.0		
	146.0		



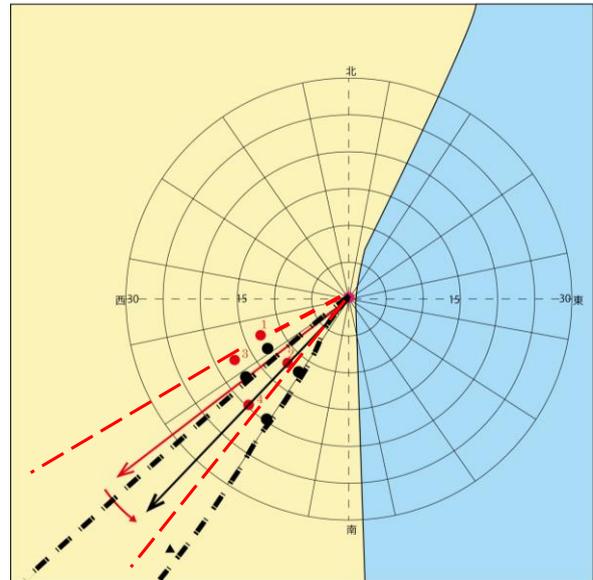
半径10~20kmの範囲のモニタリング地点



モニタリング地点の位置の対応付け後

図1 実現象と拡散計算結果のモニタリング位置の対応付け結果
(模擬の実現象：2012年3月10日_09時のGPVに基づく計算結果)

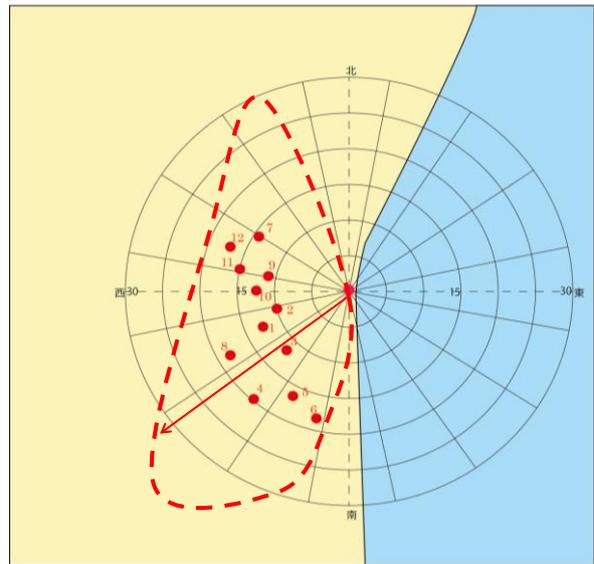
モニタリング値(μ Gy/h)	
位置	4点
2	<1.0
	9.4
	10.6
	12.3
	13.4
17.9	
1	11.1
	23.4
	23.1
	21.3
	22.3
28.4	
3	<1.0
	4.6
	19.0
	34.6
	39.1
40.3	
4	<1.0
	2.3
	6.2
	7.8
	7.9
7.8	



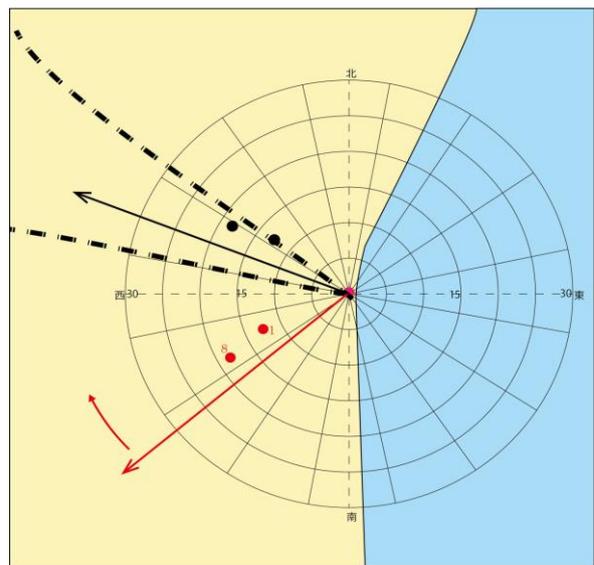
モニタリング地点の位置の対応付け後

図2 実現象と拡散計算結果のモニタリング位置の対応付け結果
(模擬の実現象：2012年4月17日_21時のGPVに基づく計算結果)

モニタリング値(μ Gy/h)		モニタリング値(μ Gy/h)	
位置	12点	位置	4点
12	<1.0	12	—
	<1.0		
	1.0		
	<1.0		
	<1.0		
11	<1.0	11	—
	4.1		
	6.3		
	6.3		
	5.7		
8	<1.0	8	<1.0
	12.7		12.7
	16.9		16.9
	19.0		19.0
	18.2		18.2
1	9.0	1	<1.0
	46.3		46.3
	49.6		49.6
	51.0		51.0
	50.0		50.0
9	<1.0	9	<1.0
	4.9		<1.0
	14.2		3.5
	17.4		7.1
	18.2		8.2
4	18.0	4	7.4
	<1.0		<1.0
	6.6		1.1
	25.6		3.0
	28.7		5.8
5	28.5	5	7.1
	28.2		6.1
	<1.0		—
	<1.0		—
	16.8		—
6	25.5	6	—
	25.0		—
	24.4		—
	<1.0		—
	<1.0		—
10	13.3	10	—
	22.6		—
	21.8		—
	21.4		—
	<1.0		—
7	<1.0	7	—
	<1.0		—
	3.9		—
	19.6		—
	20.5		—
2	20.8	2	—
	<1.0		—
	<1.0		—
	2.4		—
	40.1		—
3	40.7	3	—
	40.5		—
	<1.0		—
	<1.0		—
	<1.0		—
	3.6		—
	47.6		—
	48.2		—
	<1.0		—
	<1.0		—



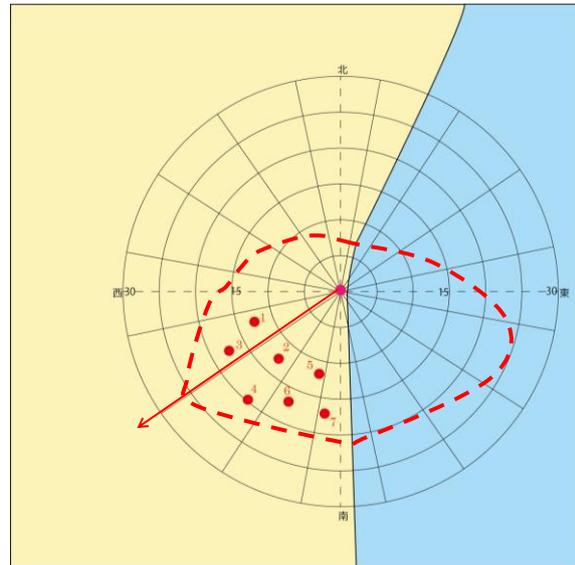
半径10～20kmの範囲のモニタリング地点



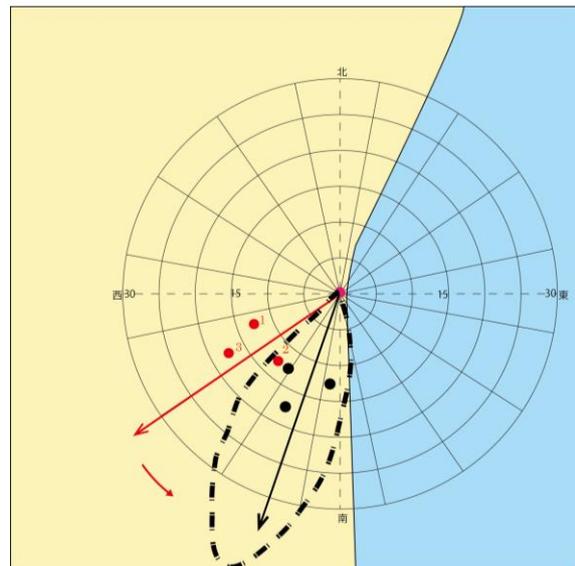
モニタリング地点の位置の対応付け後

図3 実現象と拡散計算結果のモニタリング位置の対応付け結果
(模擬の実現象：2012年2月29日_03時のGPVに基づく計算結果)

モニタリング値(μ Gy/h)		モニタリング値(μ Gy/h)	
位置	7点	位置	3点
7	<1.0	7	—
	<1.0		
	<1.0		
	<1.0		
	1.4		
6	1.9	6	—
	<1.0		
	<1.1		
	<1.2		
	<1.3		
5	2.5	5	—
	3.2		
	<1.0		
	<1.0		
	1.7		
4	3.1	4	—
	4.5		
	3.4		
	<1.0		
	<1.0		
2	<1.0	2	<1.0
	13.8		13.8
	8.4		8.4
	15.7		15.7
	21.3		21.3
3	16.1	3	<1.0
	<1.0		<1.0
	12.0		12.0
	20.5		20.5
	9.8		9.8
1	9.7	1	9.7
	<1.0		<1.0
	15.4		15.4
	85.9		85.9
	65.3		65.3
	46.2		46.2
	45.5		45.5



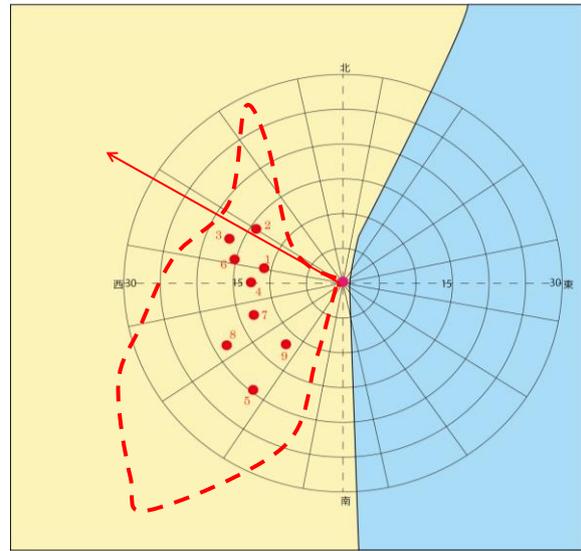
半径10～20kmの範囲のモニタリング地点



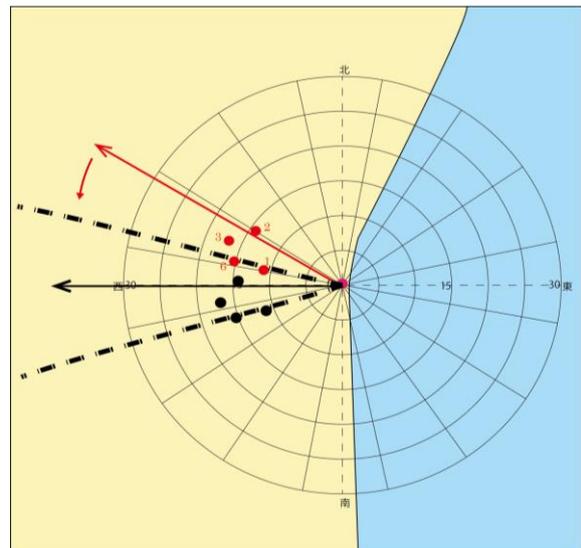
モニタリング地点の位置の対応付け後

図4 実現象と拡散計算結果のモニタリング位置の対応付け結果
(模擬の實現象：2012年10月14日_15時のGPVに基づく計算結果)

モニタリング値(μ Gy/h)		モニタリング値(μ Gy/h)	
位置	9点	位置	4点
9	<1.0	9	—
	<1.0		
	<1.0		
	<1.0		
	2.7		
7	<1.0	7	—
	<1.0		
	<1.0		
	<1.0		
	5.0		
8	<1.0	8	—
	<1.0		
	<1.0		
	<1.0		
	4.3		
5	<1.0	5	—
	<1.0		
	<1.0		
	<1.0		
	11.3		
4	<1.0	4	—
	<1.0		
	<1.0		
	<1.0		
	11.4		
2	<1.0	2	<1.0
	<1.0		<1.0
	<1.0		<1.0
	1.3		1.3
	10.8		10.8
3	<1.0	3	<1.0
	<1.0		<1.0
	<1.0		<1.0
	1.4		1.4
	11.3		11.3
6	<1.0	6	<1.0
	<1.0		<1.0
	<1.0		<1.0
	9.7		9.7
	18.3		18.3
1	<1.0	1	<1.0
	2.2		2.2
	15.0		15.0
	30.6		30.6
	45.3		45.3
24.4	24.4		



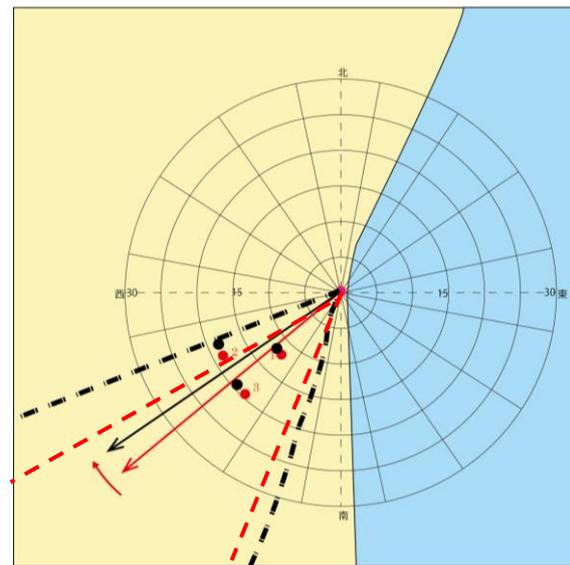
半径10～20kmの範囲のモニタリング地点



モニタリング地点の位置の対応付け後

図5 実現象と拡散計算結果のモニタリング位置の対応付け結果
(模擬の実現象：2012年3月5日_03時のGPVに基づく計算結果)

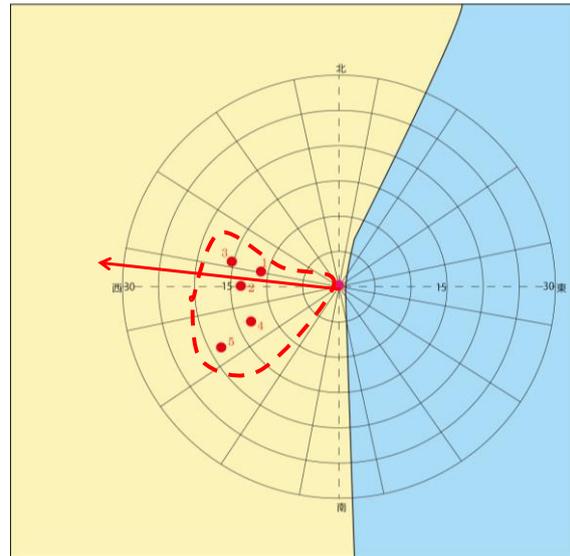
モニタリング値($\mu\text{Gy/h}$)	
位置	3点
2	<1.0
	<1.0
	6.2
	7.9
	25.9
1	<1.0
	14.9
	27.5
	34.5
	36.9
3	6.6
	<1.0
	<1.0
	4.3
	3.5
	<1.0
	<1.0



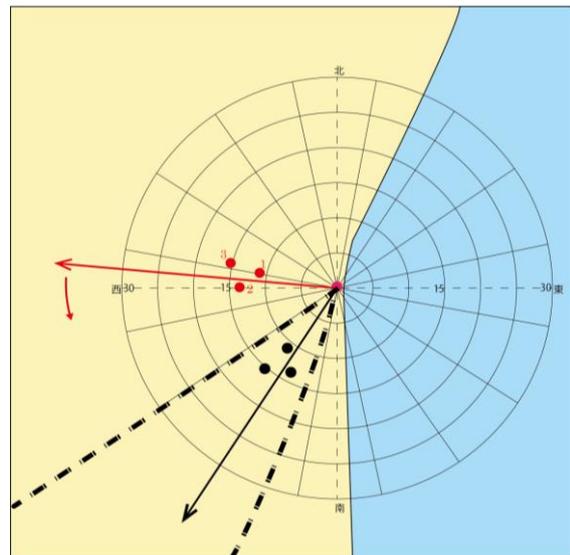
モニタリング地点の位置の対応付け後

図6 実現象と拡散計算結果のモニタリング位置の対応付け結果
(模擬の実現象：2012年4月24日_09時のGPVに基づく計算結果)

モニタリング値(μ Gy/h)		モニタリング値(μ Gy/h)	
位置	5点	位置	3点
5	<1.0	5	—
	<1.0		
	<1.0		
	<1.0		
	4.8		
4	16.4	4	—
	<1.0		
	<1.0		
	<1.0		
	7.2		
2	32.1	2	<1.0
	38.9		
	52.8		
	39.9		
	15.9		
1	10.9	1	<1.0
	10.7		
	24.5		
	7.0		
	3.5		
3	3.3	3	<1.0
	3.3		
	13.7		
	4.5		
	1.3		
	1.1		1.1
	1.1		1.1



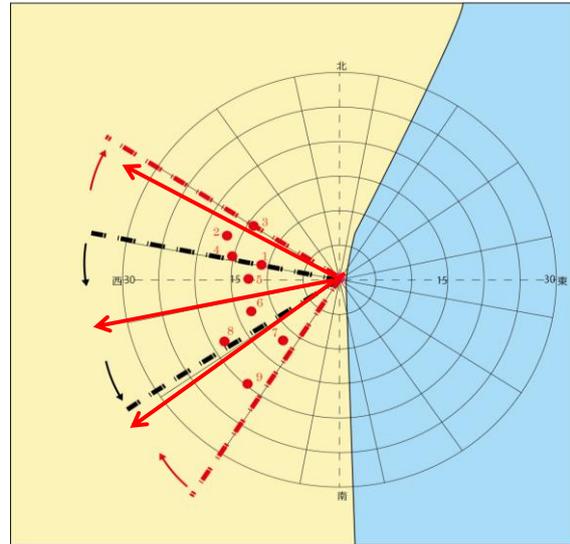
半径10～20kmの範囲のモニタリング地点



モニタリング地点の位置の対応付け後

図7 実現象と拡散計算結果のモニタリング位置の対応付け結果
(模擬の実現象：2012年3月24日_09時のGPVに基づく計算結果)

モニタリング値($\mu\text{Gy/h}$)	
位置	9点
9	<1.0
	18.7
	4.5
	3.5
	2.7
	2.5
7	6.4
	29.0
	8.2
	6.1
	6.2
	6.1
8	<1.0
	2.8
	27.4
	8.3
	6.5
	5.2
6	<1.0
	19.8
	40.5
	17.9
	10.5
	10.3
5	<1.0
	<1.0
	14.9
	55.3
	25.7
	14.7
1	<1.0
	<1.0
	2.0
	53.1
	60.6
	36.4
4	<1.0
	<1.0
	1.2
	31.8
	39.0
	18.5
2	<1.0
	<1.0
	<1.0
	19.9
	42.3
	28.9
3	<1.0
	<1.0
	<1.0
	2.2
	11.8
	<1.0



モニタリング地点の位置の対応付け後

図8 実現象と拡散計算結果のモニタリング位置の対応付け結果
(模擬の実現象：2012年4月23日_21時のGPVに基づく計算結果)

付属資料 3

実気象情報の代表性検討用資料

観測局データの地域代表性検討用資料（東海地域）

◎対象とする観測局の配置

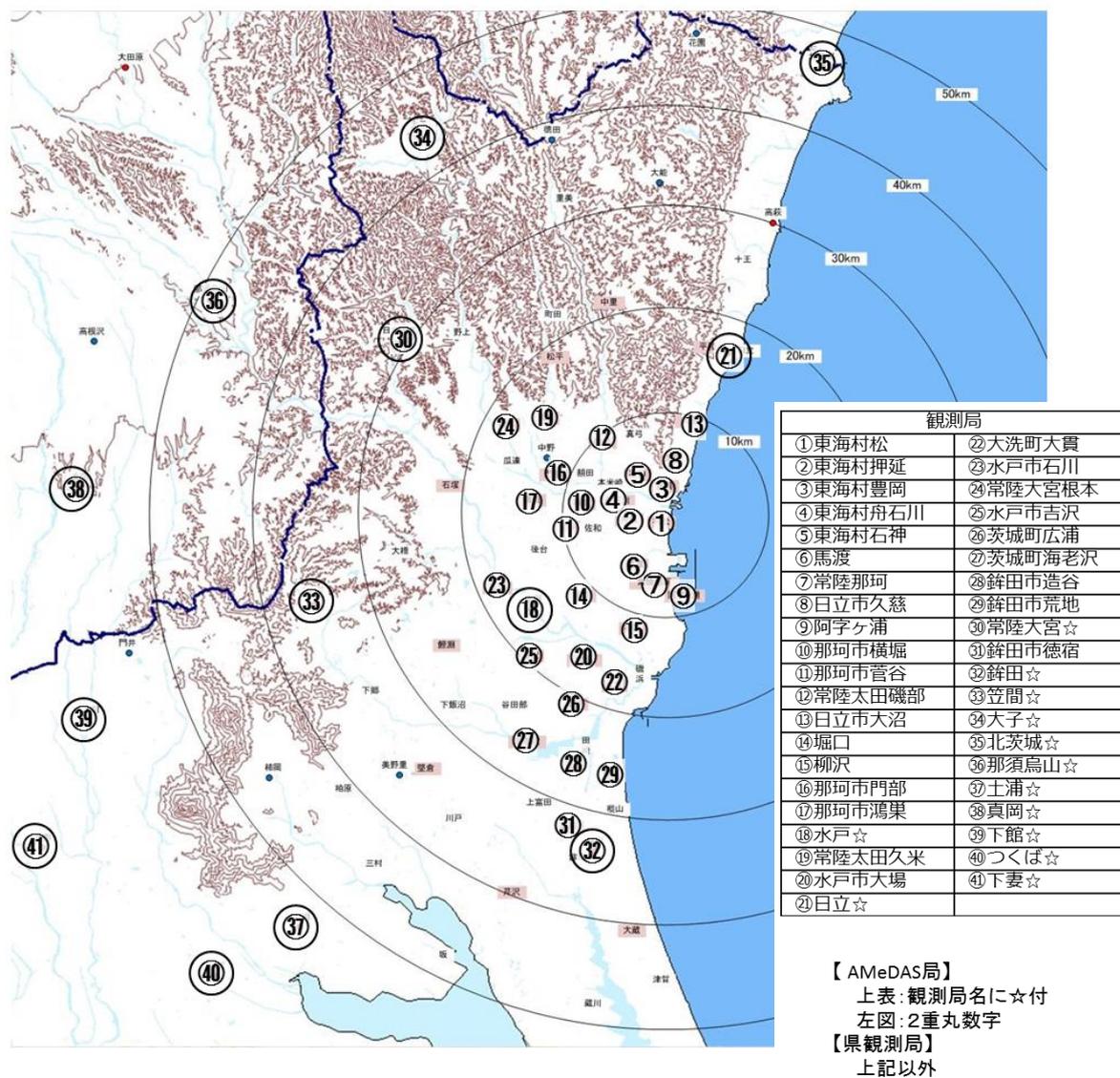


図1 東海地域の気象観測局

○使用したデータ

- ・ SPEEDI で入手した風向風速の観測データ（2012年の1年間、1時間値）
- ・ SPEEDI で計算した風向風速の計算結果（2012年の1年間、1時間値）
- ・ 「同化用気象観測地点の調査」（平成15年度緊急時対策総合支援システム調査の一部）資料
- ・ Google マップ他

◎年間の風向頻度

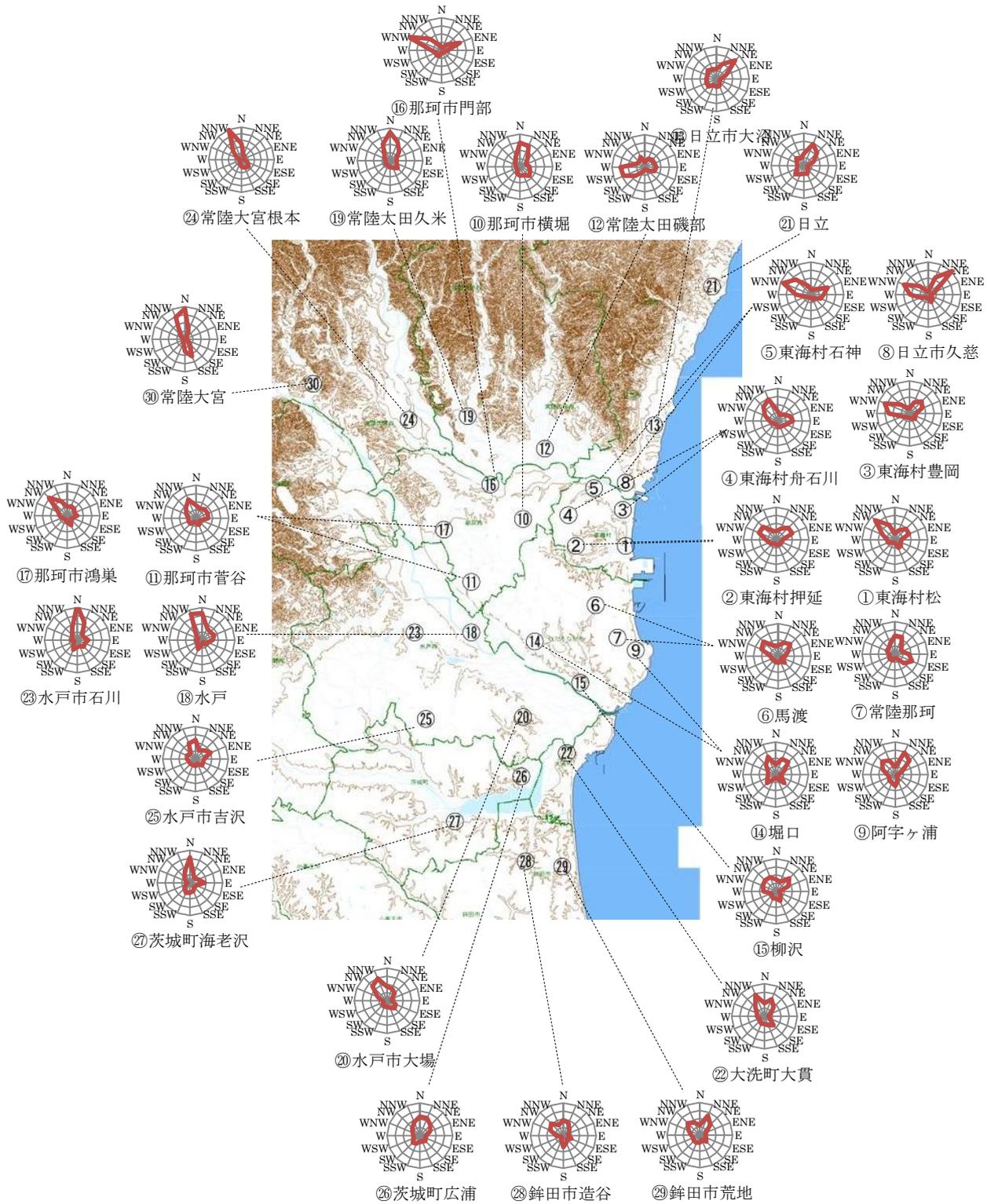


図2 東海地域（半径約30km内）における2012年の年間風向頻度
 （グラフは風向（1時間値）頻度の割合。径方向1目盛=5%、各4目盛）

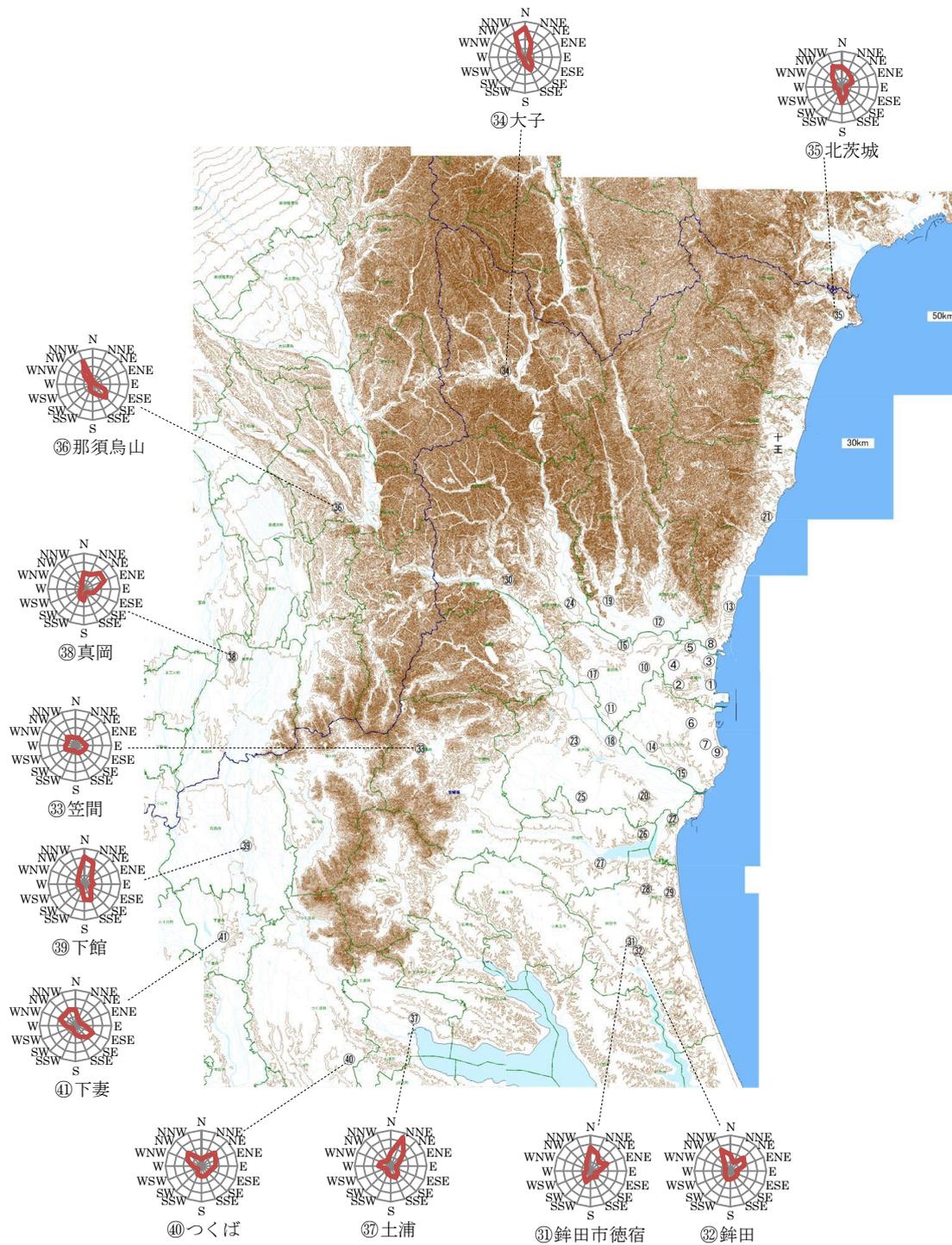


図3 東海地域（半径約30km超）における2012年の年間風向頻度
 （グラフは風向（1時間値）頻度の割合。径方向1目盛=5%、各4目盛）

◎観測局間の風速ベクトル相関

○風速のベクトル相関係数計算結果

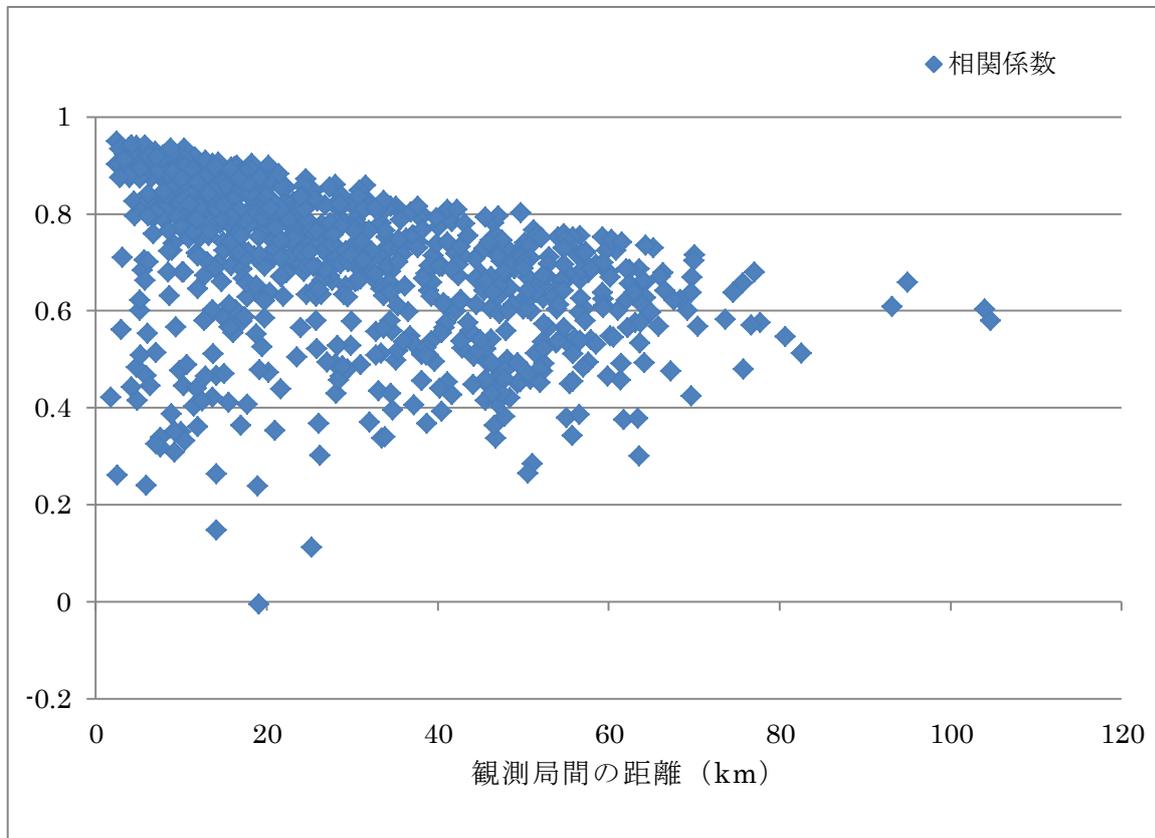


図4 観測局間の距離に対する観測局間の風速ベクトル相関係数
(東海地域、2012年1年間の1時間値を使用)

観測局 A と B の風速ベクトル相関係数は次式により求めた。

$$\gamma(\vec{V}_A, \vec{V}_B) = \frac{\sum_i |\vec{V}_{A_i}| |\vec{V}_{B_i}| \cos \theta_i}{\sum_i |\vec{V}_{A_i}| |\vec{V}_{B_i}|}$$

ここで、 $\vec{V}_{A_i}, \vec{V}_{B_i}$: A、B 局の風速ベクトル (i は時刻)
 $\cos \theta_i$: 風速ベクトルのなす角

○他局との相関が低い局の抽出

表1 H15 年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布

	H15 調査 評価 (※1)	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※2) (分母は 10km 以内の全局数)			
		0.8 未満	0.7 未満	0.6 未満	0.5 未満
東海村松	A	3/12	2/12	2/12	1/12
東海村押延	A	2/14	2/14	2/14	2/14
東海村豊岡	A	3/11	2/11	2/11	2/11
東海村舟石川	A	5/14	1/14	0/14	0/14
東海村石神	A	1/12	1/12	1/12	0/12
馬渡	A	2/12	2/12	2/12	2/12
常陸那珂	A	10/11	10/11	9/11	9/11
日立市久慈	A	2/9	1/9	1/9	1/9
阿字ヶ浦	A	1/7	1/7	1/7	1/7
那珂市横堀	A	13/14	11/14	10/14	7/14
那珂市菅谷	A	2/14	2/14	2/14	1/14
常陸太田磯部	A	8/13	4/13	3/13	1/13
日立市大沼	—	1/7	1/7	0/7	0/7
堀口	A	2/13	2/13	2/13	2/13
柳沢	—	1/9	1/9	1/9	1/9
那珂市門部	A	4/9	2/9	1/9	1/9
那珂市鴻巣	—	3/11	1/11	0/11	0/11
水戸	A	0/8	0/8	0/8	0/8
常陸太田久米	—	4/5	2/5	1/5	0/5
水戸市大場	A	2/8	1/8	1/8	1/8
日立	A	0/2	0/2	0/2	0/2
大洗町大貫	A	1/9	0/9	0/9	0/9
水戸市石川	A	0/5	0/5	0/5	0/5
常陸大宮根本	—	2/4	1/4	1/4	0/4
水戸市吉沢	—	0/8	0/8	0/8	0/8
茨城町広浦	A	0/7	0/7	0/7	0/7
茨城町海老沢	A	4/7	1/7	0/7	0/7
鉾田市造谷	A	2/6	2/6	0/6	0/6
鉾田市荒地	A	2/6	0/6	0/6	0/6
常陸大宮	A	0/0	0/0	0/0	0/0
鉾田市徳宿	—	2/4	1/4	0/4	0/4

(※1) H15 調査評価：平成 15 年度に実施した「同化用気象観測地点の調査」で行われた観測局の評価。A=「特に問題なし」B=「多少局地性あり」C=「局地性が強い」

(※2) 局数の は半数の局が数値未満。

表1 (続き) H15年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布

	H15 調査 評価 (※1)	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※2) (分母は 10km 以内の全局数)			
		0.8 未満	0.7 未満	0.6 未満	0.5 未満
銚田	A	0/3	0/3	0/3	0/3
笠間	A	0/0	0/0	0/0	0/0
大子	A	0/0	0/0	0/0	0/0
北茨城	A	0/0	0/0	0/0	0/0
那須烏山	A	0/0	0/0	0/0	0/0
土浦	A	0/1	0/1	0/1	0/1
真岡	—	0/0	0/0	0/0	0/0
下館	A	0/0	0/0	0/0	0/0
つくば	A	0/1	0/1	0/1	0/1
下妻	A	0/0	0/0	0/0	0/0

◎地域代表性が低い可能性のある観測局に関する情報収集

○那珂市横堀（県観測局）

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A（特に問題なし）
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・横堀小学校敷地内 ・東～（南）～西は畑や草地でその奥に林が並ぶ ・北側は校舎とグラウンド
年間風配	<ul style="list-style-type: none"> ・NNW(16%)、E(8%)が多く、その周辺方位もやや多い ・S～SW はあまりない <p>（WIND21 も同様だが、反時計回りに 1 方位ずれる）</p>
WIND21、PHYSIC との相関	良好

《今回収集した情報》

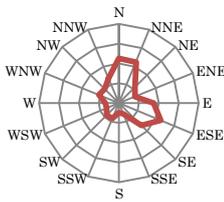
年間風配 (2012 年)	<ul style="list-style-type: none"> ・N(15%)、SE(8%)が多く、その周辺方位もやや多い ・SW～W は 3%未満 	
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・局舎東側に隣接して住宅が建てられた（ただし、住宅高さは測器高さよりも低い） ・局舎南側一帯の 70m 以遠に測器高さ並の高い木立（林）がある ・局舎西北西 500m ぐらいに南北に延びる林がある 	<p>図 風向割合（2012 年通年）</p>
		<p>Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真</p>

○常陸那珂（県観測局）

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A（特に問題なし）
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車安全運転センター敷地内 ・草地や背の低い森林に囲まれている ・平坦で広大な空き地の隅に立地
年間風配	・NNW(12%)、NE(13%)が多く、その周辺方位もやや多い（WIND21 も同様）
WIND21、PHYSIC との相関	良好

《今回収集した情報》

年間風配 (2012 年)	<ul style="list-style-type: none"> ・N(12%)、ESE(11%)が多く、その周辺方位もやや多い
 <p>図 風向割合（2012 年通年）</p>	
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・局舎東側に隣接して住宅が建てられた（ただし、住宅高さは測器高さよりも低い） ・局舎南側一帯の 70m 以遠に測器高さ並の高い木立（林）がある ・局舎西北西 500m ぐらいに南北に延びる林がある
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Google Map より 航空写真</p> </div> </div>	

○常陸太田磯部（県観測局）

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A（特に問題なし）
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 峰山中学校敷地内 ・ 周辺は草地や畑、東から南側は土手になっている ・ 中学校敷地内の奥まった所にあり。10m 高度の樹木が隣接
年間風配	<ul style="list-style-type: none"> ・ WSW（17%）が多く、その周辺方位もやや多い。WNW～NE～SE はそれぞれ 5%程度の頻度 （WIND21 は NW、ENE が多く風配がやや異なる）
WIND21、PHYSIC との相関	良好

《今回収集した情報》

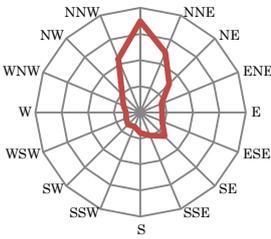
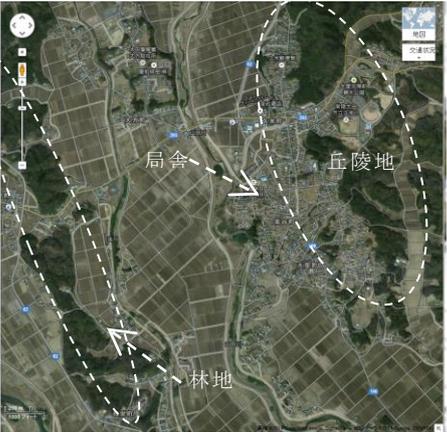
年間風配 (2012 年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ N(15%)、SE(8%)が多く、その周辺方位もやや多い ・ SW～W は 3%未満 	
<p>図 風向割合（2012 年通年）</p>		
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特に変化は見られない。（周辺樹木が成長しているが、測器位置の方が少し高い。） ・ 北に山間地、南に丘陵地があり、その間を東西に流れる川の近くにある 	
<p>Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真</p>		<p>Google Map より 航空写真</p>

○常陸太田久米（県観測局）

《平成 15 年度調査概要》

なし

《今回収集した情報》

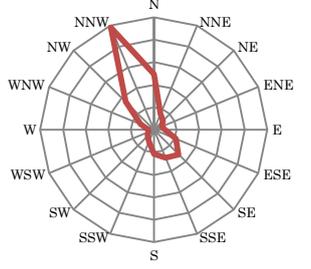
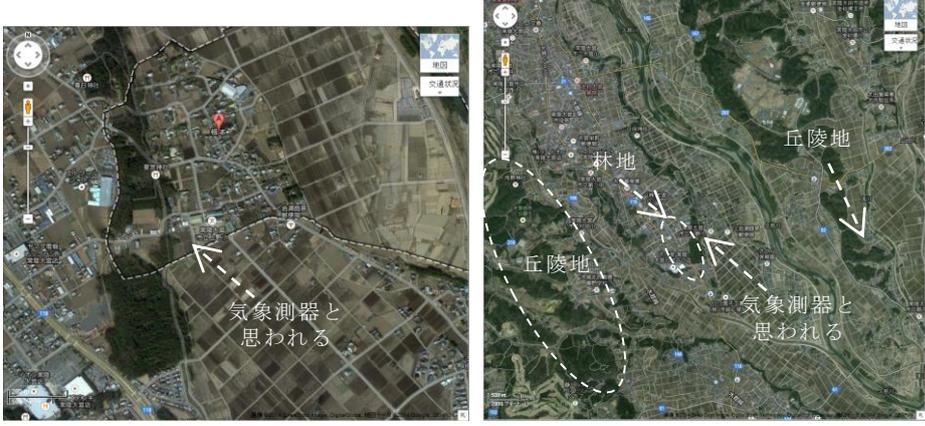
<p>年間風配 (2012 年)</p>	<p>・ N(17%)が多く、その周辺方位も多い。 NE (8%), SE(7%), もやや多い。</p> <div data-bbox="938 421 1209 660"></div> <p style="text-align: right;">図 風向割合 (2012 年通年)</p>
<p>立地環境</p>	<ul style="list-style-type: none">・ 南中学校敷地内・ 資料不足のため詳細の位置は不明。Google の航空写真によると、校舎から西北西 20m 付近に局舎と思われる建物あり。校舎（3 階建て）の影響を受ける可能性あり。・ 局舎の 800m 以東に南北に稜線が走る丘陵地あり・ 局舎の西側 1500m に南北に広がる林地あり <div data-bbox="411 1077 842 1435"></div> <p style="text-align: center;">Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真)</p> <div data-bbox="858 1003 1305 1435"></div> <p style="text-align: center;">Google Map より 航空写真</p>

○常陸大宮根本（県観測局）

《平成 15 年度調査概要》

なし

《今回収集した情報》

<p>年間風配 (2012 年)</p>	<ul style="list-style-type: none">• NNW(25%), N(12%), NW (9%)が多い。 SE(8%), SSE(7%)もやや多い。• また、無風(8%)も多い。	 <p>図 風向割合 (2012 年通年)</p>
<p>立地環境</p>	<ul style="list-style-type: none">• 上野小学校敷地内• 資料不足のため詳細の位置は不明。Google の航空写真によると、校庭の南西端に局舎と思われる建物あり。周辺の影響は受けにくいと考えられる。• 局舎西側 100m に南北の延びる林地あり。• 局舎東側 2km 及び西側 2km のそれぞれに、北北西～南南東に広がる丘陵地あり。  <p>Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真</p>	 <p>Google Map より 航空写真</p>

○茨城町海老沢（県観測局）

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A（特に問題なし）
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・茨城町率沼前小学校敷地内。平地、林や森に囲まれている ・校舎(20m 高)は 10mm 以上離れているため影響なし ・南西にある樹木(20m 高)は距離 50m で多少影響あり
年間風配	記録なし
WIND21、PHYSIC との相関	良好

《今回収集した情報》

年間風配	<ul style="list-style-type: none"> ・ N (16%), E(9%), NNW(8%)が多い。 ・ 無風(10%)も多い。 	
		図 風向割合（2012 年通年）
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 茨城町率沼前小学校敷地内 ・ 周囲を森林に囲まれた学校敷地内。 ・ 特に南西側にある林は距離が近い。森林の配置と風配は合致。 	
		Google Map より 航空写真

○ 鉾田市徳宿（県観測局）

《平成 15 年度調査概要》

なし

《今回収集した情報》

<p>年間風配 (2012 年)</p>	<ul style="list-style-type: none">・ N(13%), NNE(10%), ENE(10%)が多い。 NE(7%), SSW(7%)もやや多い。・ また、無風(11%)も多い。 <div data-bbox="965 398 1244 672"></div> <p style="text-align: right;">図 風向割合 (2012 年通年)</p>
<p>立地環境</p>	<ul style="list-style-type: none">・ 鉾田市立徳宿小学校敷地内・ 北側にほぼ隣接する建屋、西側及び東側それぞれ 100m 程度離れて林地があり、風配特性に影響を与えている可能性がある。 <div data-bbox="406 913 1077 1433"></div> <p style="text-align: right;">Google Map より 航空写真</p> <div data-bbox="391 1456 1061 1944"></div> <p style="text-align: right;">Google Map より ストリートビュー</p>

○常陸大宮（旧名称：小瀬）（アメダス局）

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A（特に問題なし）
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・小瀬高校敷地内。平地、草地 ・高台にある学校のグラウンドの隅に立地し、東と南側が切り立った深い傾斜地となっている ・西と北側がグラウンドや校舎で、東が森、南側に水田が広がっている ・西側のグラウンドに設置してあるネット（高さ 5m、幅 50m）の影響が考えられる。
年間風配	記録なし
WIND21、PHYSIC との相関	条件付で良好（u の相関が悪い場合があった）

《今回収集した情報》

年間風配	<ul style="list-style-type: none"> ・無風(22%)が多い。また、N(19%), NNW(15%), SSE(11%), S(8%)も多い。
------	--

図 風向割合(2012年通年)

立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・小瀬高校敷地内 ・資料不足のため詳細の位置は不明。Google の航空写真によると、グラウンドの南東端に測器と思われる設備あり。 ・西側グラウンドのネットを除くと、周囲 100m 以内に影響物なし。 ・ただし、1 ないし 2km オーダーで見ると、南北に走る谷の中にある。
------	--

Google Map より 航空写真

◎各観測局位置における観測値と計算値の相関

○観測値と計算値の相関係数

[ベクトル相関係数]

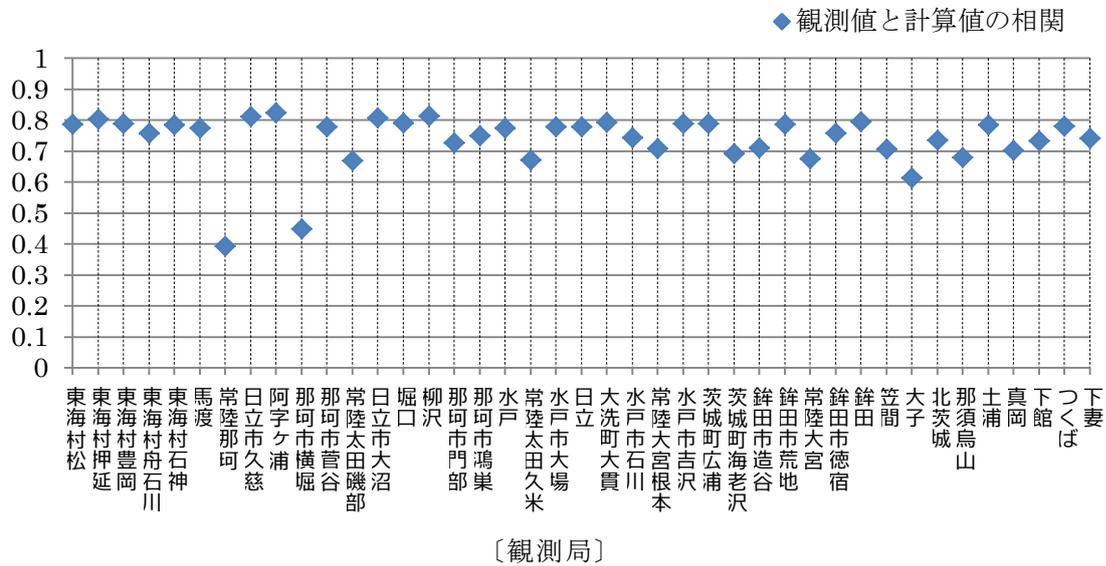


図5 観測局間の距離に対する観測局間の風速ベクトル相関係数
(東海地域、2012年1年間の1時間値を使用)

観測局 A と B の風速ベクトル相関係数は次式により求めた。

$$\gamma(\vec{V}_O, \vec{V}_P) = \frac{\sum_i |\vec{V}_{O_i}| |\vec{V}_{P_i}| \cos \theta_i}{\sum_i |\vec{V}_{O_i}| |\vec{V}_{P_i}|}$$

ここで、

\vec{V}_{O_i} : 風速ベクトル観測値 (i は時刻)

\vec{V}_{P_i} : 風速ベクトル計算値 (i は時刻)

$\cos \theta_i$: 風速ベクトルのなす角

○相関が低い観測局の観測値と計算値における風向の対応関係

◎常陸那珂川の風向頻度(2012年間の1時間値)

観測値の風向																		
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	無風	小計(無風を 除く)
計算値の風向	27	30	45	93	49	18	3	3	2	2	0	0	3	2	3	8	2	285
NNE	27	30	45	93	49	18	3	3	2	2	0	0	3	2	3	8	2	285
NE	25	22	33	246	267	71	8	8	5	2	1	0	4	1	4	17	3	706
ENE	17	4	17	87	257	208	37	13	2	6	3	1	4	4	1	2	11	659
E	4	2	4	17	50	68	37	28	15	8	2	3	5	4	3	5	2	258
ESE	7	1	4	5	18	42	33	27	39	11	5	3	5	1	3	3	7	207
SE	5	1	10	8	16	39	31	22	39	11	16	13	8	4	5	7	4	340
SSE	2	2	3	11	16	9	13	24	65	104	44	12	14	4	8	4	9	335
S	4	2	1	9	10	15	8	7	31	49	81	40	30	12	10	7	7	316
SSW	6	3	3	6	6	13	7	9	11	25	53	97	100	34	14	16	10	403
SW	13	4	3	3	6	6	0	6	2	12	7	22	79	49	28	28	14	288
WSW	21	9	3	4	3	3	3	2	3	6	6	9	34	66	46	34	4	250
W	49	12	8	5	5	5	7	2	3	5	6	7	32	82	142	152	6	522
NNW	221	63	19	19	17	10	11	3	8	7	4	8	32	58	142	296	6	918
NW	249	124	48	24	28	25	14	8	5	4	7	10	14	24	49	156	3	789
NNW	109	91	69	40	25	13	9	5	7	5	1	7	8	11	24	49	8	473
N	35	31	31	20	11	14	5	1	1	2	0	1	0	2	3	10	1	167
無風	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	794	401	304	597	784	559	215	164	287	308	234	233	372	355	486	803	87	6896

◎那珂町横堀局の風向(2012年間の1時間値)

観測値の風向																			
	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	無風	小計(無風を 除く)	
計算値の風向	62	24	42	39	13	15	6	6	5	0	2	0	1	1	4	10	30	16	254
NNE	62	24	42	39	13	15	6	6	5	0	2	0	1	1	4	10	30	16	254
NE	21	33	51	180	118	31	10	10	3	3	1	1	0	2	2	5	33	16	494
ENE	16	25	17	101	266	212	62	18	4	1	1	3	2	1	2	6	20	11	756
E	4	13	5	13	42	182	111	4	57	23	6	4	2	2	3	5	10	12	482
ESE	6	5	6	10	18	57	102	90	41	7	2	2	3	1	4	7	7	8	366
SE	8	7	11	9	13	43	70	134	89	6	5	7	4	5	5	8	8	424	
SSE	6	5	6	10	13	19	36	54	95	21	7	10	4	4	6	17	16	313	
S	9	13	3	6	2	9	11	30	68	51	37	14	11	9	12	10	25	295	
SSW	30	10	5	8	5	7	5	20	23	49	69	66	41	25	13	29	28	405	
SW	21	6	5	6	1	14	2	12	5	6	14	26	38	36	24	34	16	250	
WSW	28	9	10	5	2	3	6	5	8	5	4	14	37	37	51	44	10	238	
W	54	14	5	4	3	13	4	7	8	2	19	12	25	53	86	99	19	409	
NNW	202	61	19	14	5	12	11	10	12	11	14	19	54	75	167	352	39	1038	
NW	428	140	49	22	23	37	23	16	14	12	10	16	38	57	107	402	78	1394	
NNW	221	145	80	45	42	36	23	25	4	8	10	10	15	32	55	142	29	893	
N	70	0	39	25	23	17	8	6	1	2	0	2	1	5	11	44	17	309	
無風	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
小計	1186	561	353	497	589	707	490	492	393	195	194	203	256	353	570	1281	348	8320	

観測値風向と計算値風向が一致する頻度
 観測値の各風向に対して最大となる計算値風向の頻度

観測局データの地域代表性検討用資料（大飯地域）

◎対象とする観測局の配置



①大飯気象 80m	⑬小浜	⑲老富	⑳舞鶴	㉑宮津	61:越前厨 M S
②大飯 47m	⑭音海	㉒上中 M P	㉓美浜グランド	㉔沓 M S	62:園部
③大飯 27m	⑮小黑飯	㉕岡安	㉖竹波	51:敦賀 148m	63:今庄 M S
④宮留	⑯高浜 P R 館	㉗三方気象	㉘竹波気象	52:浦底	64:福知山
⑤日角浜	⑰高浜放水口	㉙美浜	㉚丹生	53:敦賀 70m	65:間人
⑥大飯 M P 4	⑱神野浦	㉛舞鶴気象	㉜白木峠	54:敦賀 13m	66:京都
⑦長井	⑲高浜 M P 4	㉝倉梯	㉞白木	55:立石	67:大津
⑧本郷 M P	⑳名田庄 M P	㉞郷市 M P	㉟松ヶ崎 M S	56:赤崎 M S	68:柏原
⑨小浜 M P	㉑山中	㉟坂尻	㊱もんじゅ鉄塔	57:南小松	69:西脇
⑩小浜	㉒大山	㊱新庄気象	㊲もんじゅ M S	58:杉津 M S	
⑪阿納尻	㉓塩汲	㊲美山	㊳今津	59:甲楽城 M S	
⑫宮崎気象	㉔吉坂	㊳美浜気象山頂	㊴敦賀	60:河野	

図1 大飯地域の気象観測局

○使用したデータ

- SPEEDI で入手した風向風速の観測データ（2012 年の 1 年間、1 時間値）
- SPEEDI で計算した風向風速の計算結果（2012 年の 1 年間、1 時間値）
- 「同化用気象観測地点の調査」（平成 15 年度緊急時対策総合支援システム調査の一部）
資料
- Google マップ他

◎年間の風向頻度

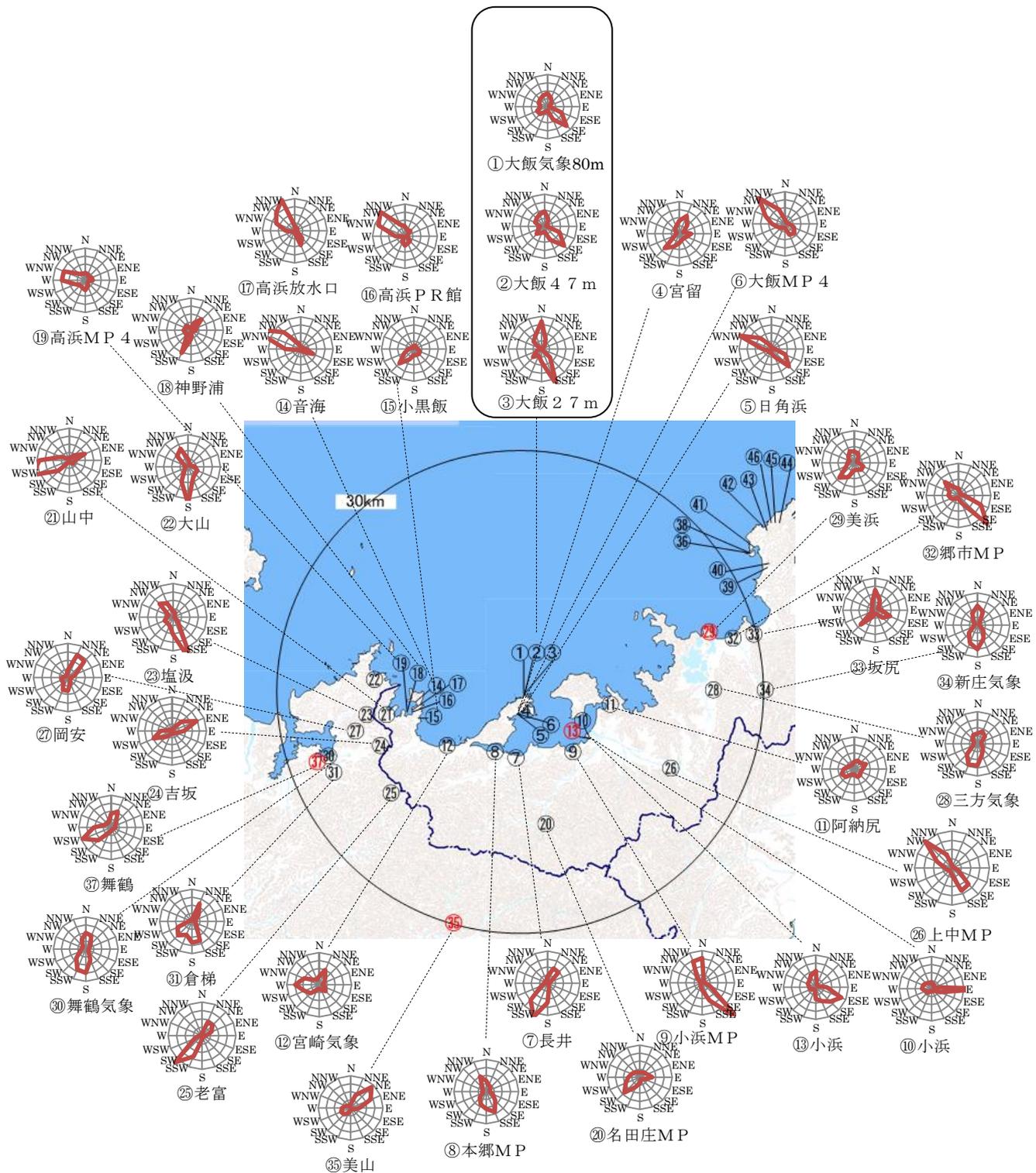


図2 大飯地域（半径約30km内）における2012年の年間風向頻度
（グラフは風向（1時間値）頻度の割合。径方向1目盛=5%、各4目盛）

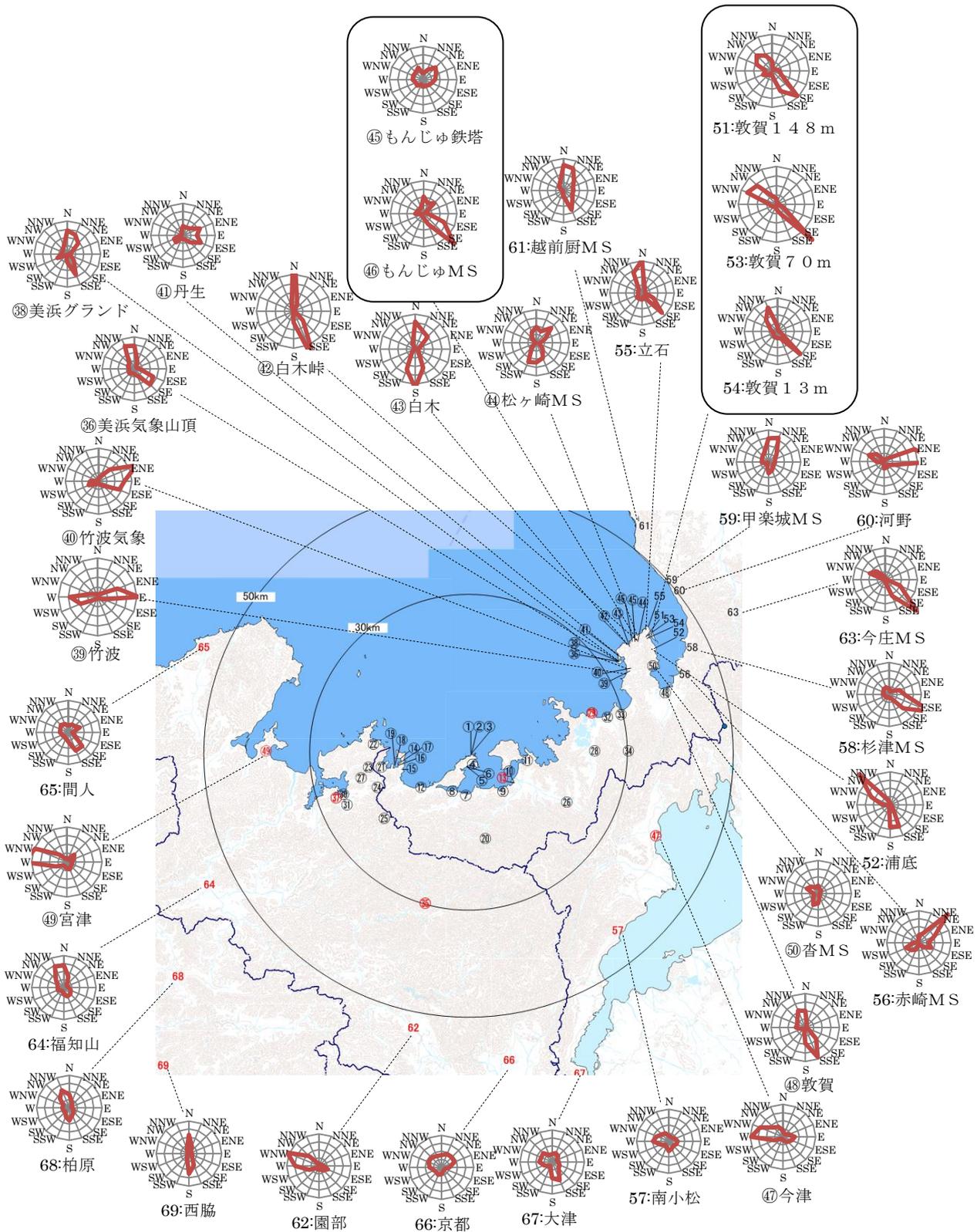


図3 大飯地域（半径約30km超）における2012年の年間風向頻度
 （グラフは風向（1時間値）頻度の割合。径方向1目盛=5%、各4目盛）

◎観測局間の風速ベクトル相関

○風速のベクトル相関係数計算結果

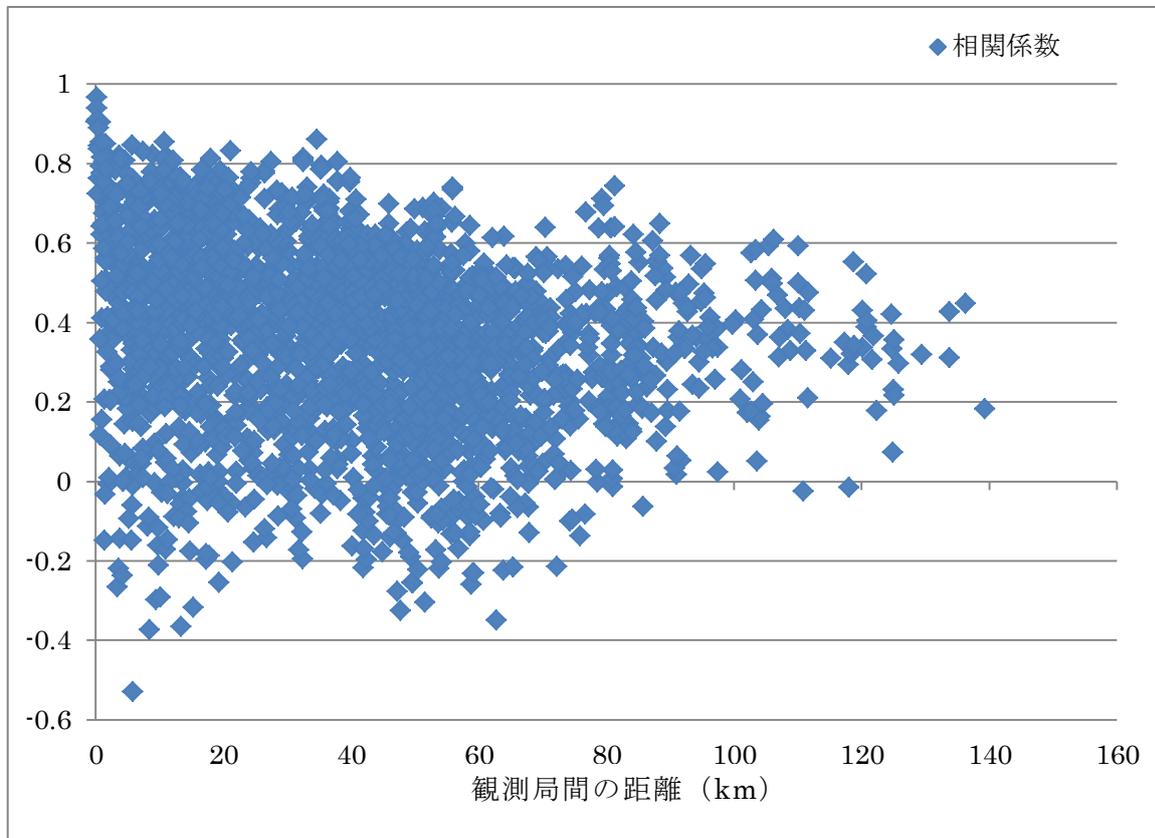


図4 観測局間の距離に対する観測局間の風速ベクトル相関係数
(東海地域、2012年1年間の1時間値を使用)

観測局 A と B の風速ベクトル相関係数は次式により求めた。

$$\gamma(\vec{V}_A, \vec{V}_B) = \frac{\sum_i |\vec{V}_{A_i}| |\vec{V}_{B_i}| \cos \theta_i}{\sum_i |\vec{V}_{A_i}| |\vec{V}_{B_i}|}$$

ここで、 $\vec{V}_{A_i}, \vec{V}_{B_i}$: A、B局の風速ベクトル (i は時刻)
 $\cos \theta_i$: 風速ベクトルのなす角

○他局との相関が低い局の抽出

表1 H15 年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布

	H15 調査評価 (※1)	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※2) (分母は 10km 以内の全局数)					
		0.8 未満	0.7 未満	0.6 未満	0.4 未満	0.2 未満	0.0 未満
大飯気象 80m	A	8/10	5/10	3/10	1/10	0/10	0/10
大飯 4 7 m	A	8/10	6/10	3/10	1/10	0/10	0/10
大飯 2 7 m	A	7/10	6/10	4/10	3/10	0/10	0/10
宮留	A	10/10	8/10	6/10	2/10	1/10	0/10
日角浜	A	9/9	8/9	8/9	5/9	3/9	0/9
大飯 M P 4	A	10/10	9/10	9/10	8/10	3/10	1/10
長井	A	11/11	9/11	4/11	3/11	2/11	1/11
本郷 M P	A	9/9	8/9	3/9	2/9	1/9	0/9
小浜 M P	A	11/12	8/12	5/12	4/12	3/12	1/12
小浜	A	9/10	7/10	6/10	0/10	0/10	0/10
阿納尻	A	7/7	7/7	7/7	2/7	0/7	0/7
宮崎気象	A	14/14	10/14	7/14	4/14	2/14	1/14
小浜	A	3/4	1/4	1/4	0/4	0/4	0/4
音海	B	11/11	11/11	8/11	5/11	4/11	2/11
小黒飯	A	12/12	12/12	12/12	12/12	8/12	2/12
高浜 P R 館	A	12/12	11/12	8/12	5/12	4/12	1/12
高浜放水口	A	12/12	11/12	9/12	5/12	4/12	2/12
神野浦	C	12/12	10/12	9/12	5/12	3/12	1/12
高浜 M P 4	B	12/12	10/12	7/12	6/12	3/12	1/12
名田庄 M P	B	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2	1/2
山中	A	14/14	13/14	11/14	4/14	1/14	1/14
大山	B	10/10	10/10	10/10	6/10	2/10	1/10
塩汲	B	14/14	14/14	14/14	11/14	8/14	6/14
吉坂	B	14/14	14/14	14/14	12/14	7/14	2/14
老富	C	12/12	12/12	10/12	5/12	3/12	0/12
上中 M P	A	1/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
岡安	B	14/14	14/14	11/14	5/14	2/14	0/14
三方気象	A	4/4	3/4	2/4	0/4	0/4	0/4
美浜	A	4/4	3/4	2/4	0/4	0/4	0/4
舞鶴気象	A	7/7	6/7	4/7	2/7	1/7	0/7
倉梯	B	7/7	6/7	3/7	2/7	0/7	0/7
郷市 M P	A	4/4	3/4	3/4	1/4	0/4	0/4
坂尻	A	9/9	9/9	9/9	4/9	1/9	1/9
新庄気象	A	4/4	3/4	3/4	0/4	0/4	0/4
美山	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

(※1) H15 調査評価：平成 15 年度に実施した「同化用気象観測地点の調査」で行われた観測局の評価。A=「特に問題なし」B=「多少局地性あり」C=「局地性が強い」

(※2) 局数の は全局が数値未満 は半数の局が数値未満。

表 1 (続き) H15 年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布

	H15 調査 評価	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※ 2) (分母は 10km 以内の全局数)					
		0.8 未満	0.7 未満	0.6 未満	0.4 未満	0.2 未満	0.0 未満
美浜気象山頂	A	13/16	7/16	6/16	1/16	0/16	0/16
舞鶴	A	2/2	2/2	0/2	0/2	0/2	0/2
美浜グランド	A	14/16	11/16	7/16	1/16	0/16	0/16
竹波	C	18/18	18/18	17/18	15/18	10/18	6/18
竹波気象	A	17/18	17/18	16/18	11/18	1/18	0/18
丹生	B	14/15	14/15	13/15	5/15	1/15	0/15
白木峠	A	13/15	7/15	5/15	1/15	1/15	1/15
白木	A	13/15	13/15	11/15	4/15	1/15	1/15
松ヶ崎MS	A	14/15	13/15	9/15	5/15	1/15	1/15
もんじゅ鉄塔	A	12/15	11/15	9/15	1/15	1/15	0/15
もんじゅMS	A	14/15	12/15	8/15	1/15	1/15	0/15
今津	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
敦賀	A	5/5	5/5	5/5	3/5	1/5	0/5
宮津	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
沓MS	C	18/18	18/18	17/18	10/18	7/18	1/18
敦賀148m	A	14/18	10/18	9/18	2/18	2/18	1/18
浦底	A	14/17	12/17	8/17	4/17	2/17	1/17
敦賀70m	A	15/19	14/19	13/19	5/19	2/19	1/19
敦賀13m	C	15/19	13/19	12/19	4/19	2/19	1/19
立石	B	15/18	13/18	11/18	5/18	1/18	1/18
赤崎MS	A	9/9	9/9	9/9	9/9	6/9	4/9
南小松	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
杉津MS	C	7/7	7/7	7/7	5/7	1/7	0/7
甲楽城MS	A	4/4	3/4	3/4	0/4	0/4	0/4
河野	A	5/5	4/5	4/5	1/5	0/5	0/5
越前厨MS	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
園部	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
今庄MS	B	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
福知山	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
間人	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
京都	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
大津	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
柏原	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
西脇	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

◎地域代表性が低い可能性のある観測局に関する情報収集

○日角浜

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A (特に問題なし)
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大島小学校 ・ 南側に小浜湾が開け、北側と南側に山がある。観測点は平地上に立地。 ・ 付近は住宅地になっており、樹木も多少見られる。 ・ 北西側 50m の校舎の影響が多少あると思われる。 ・ 北北西～南南東に細長い谷があり、観測点はその谷の中の出口にある。東西または南北方向の風は多少局地性のある風となる可能性がある。
年間風配	なし
WIND21、PHYSIC との相関	条件付で適合性良好 (u, v 両方の相関が悪い場合が含まれる)

《今回収集した情報》

年間風配 (2012 年)	<p>⑤ 日角浜</p>
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北北西～南南東に走る谷間の出口東側にある。 ・ 観測局北側に西北西～東南東に山地稜線が走る。 <p>(Google Map より航空写真)</p>

○大飯 MP 4

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A (特に問題なし)
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・大島公民館敷地内 ・南側に小浜湾が開けた空地にあり、アスファルト。周囲には森林がある。
年間風配	NW (22%) と最も多く、その周辺方位もやや多い。その他 SE(10%) も多く、その周辺方位もやや多い。NNE~ENE、SSW の頻度はほとんどない。(WIND21 は N、S 方向がやや多いもののあまり特徴がない。風配は異なる)
WIND21、PHYSIC との相関	条件付で適合性良好 (u, v 両方の相関が悪い場合が含まれる)

《今回収集した情報》

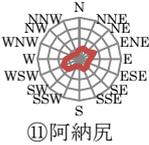
年間風配 (2012 年)	
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・近接する影響物はなし  <ul style="list-style-type: none"> ・北北西～南南東に走る谷間にある  <p>(Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真)</p>

○阿納尻

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A (特に問題なし)
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・内外海小中学校のグラウンドに隣接し平坦地に立地。 ・四方が空けた地域にある空地で、北西側に小浜湾あり。 ・南西側 50m に風速計高度と同程度の高さの校舎があるがあまり影響はないと思われる。
年間風配	SW (13%) が突出して多い。NNE～E～SE もそれぞれ 5%程度の頻度がある。S、NW の頻度はあまりない。(WIND21 も同様)
WIND21、PHYSIC との相関	条件付で適合性良好 (u または v の相関が悪い場合があった)

《今回収集した情報》

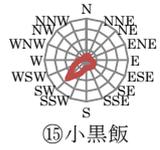
年間風配 (2012 年)	
立地環境	<p>・学校周辺は平地になっているが、南側に東北東～西南西に走る丘陵地稜線に沿っている。</p>   <p>(Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真)</p>

○小黒飯

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A (特に問題なし)
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高浜原発への道路際に立地し、観測点のすぐ脇は複雑地形になっている。 ・ 東から南側に若狭湾が開け、北側は崖となっている道路際にある。下は草地である。 ・ 地形に沿った風に対して障害物は少ない。
年間風配	SW (13%) が突出して多い。NNE~E~SE もそれぞれ 5%程度の頻度がある。S、NW の頻度はあまりない。(WIND21 も同様)
WIND21、PHYSIC との相関	条件付で適合性良好 (u または v の相関が悪い場合があった)

《今回収集した情報》

年間風配 (2012 年)	
立地環境	<p>・ 西北西に道路を挟んで崖あり</p>   <p>(Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真)</p>

○名田庄 MP

《平成 15 年度調査概要》

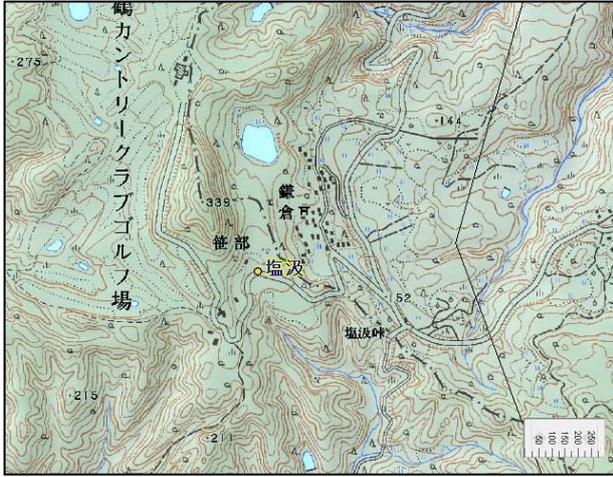
評価ランク	B (多少局地性あり)
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・東西に開けた地域にあり、北と南から山が迫り、その間に集落がある。 ・観測点は平地上にあるが、周囲は複雑地形でちょうど東西にのびる谷間にある。 ・地形に沿った風に対して障害物なし。
年間風配	記載なし
WIND21、PHYSICとの相関	適合性が良好ではなかった (u, v 両方の相関が悪い)

《今回収集した情報》

年間風配 (2012 年)	 <p>②名田庄MP</p>
立地環境	<p>・北と南の山に挟まれた谷間にあり、北側に山林が迫っている。</p>   <p>(Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真)</p>

○塩汲

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	B (多少局地性あり)
立地環境	<p>・北西側に小高い山があるが、その他はゴルフ場や草地である。</p>   <p>観測所 近景 (Nより撮影)</p>
年間風配	S、SSE (13%)、NNW (12%) が多い。NE～SE、WNW の頻度はあまりない。静穏率が 27.33%とやや高い。(WIND21 は SW が突出して多く、NNE、NE もやや多い。風配は異なる。静穏率は 4%程度)
WIND21、PHYSIC との相関	年間風配から、多少局地性のある観測地点と考えられる。地形的には西側と南側に丘陵地帯が広がっており、同化に使用する際には適用範囲に注意すべきである。

《今回収集した情報》

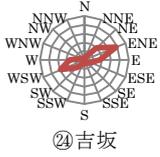
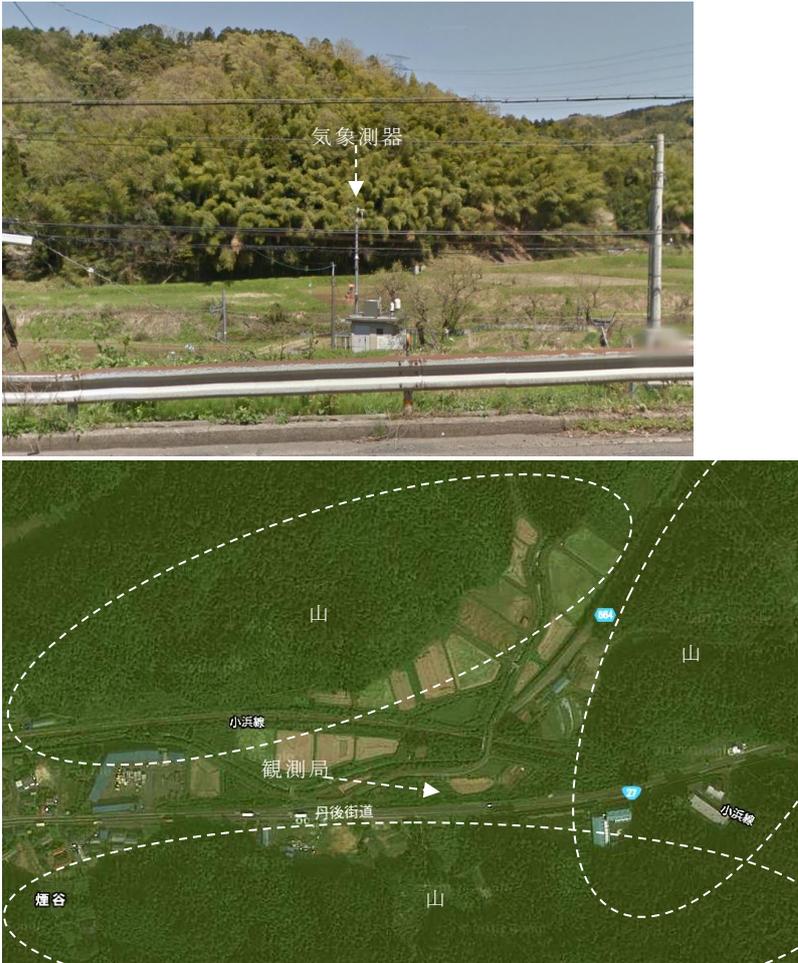
年間風配 (2012 年)	 <p>②塩汲</p>
立地環境	情報なし (衛星写真等では判別できなかった)

○吉坂

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	B (多少局地性あり)
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 複雑地形中の狭い谷に立地。 ・ 西側と北東側だけが開けた地域で周辺は田畑が広がる。
年間風配	W, WSW が 7% と多く、ENE (8%) とその周辺方位もやや高い。 静穏率が 53.05% と高い。
WIND21、PHYSIC との相関	条件付で適合性良好 (v の相関が悪い場合あり)

《今回収集した情報》

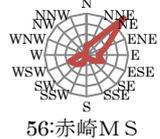
年間風配 (2012 年)	
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北東～南南西に走る谷の中にある。  <p>(Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真)</p>

○赤崎 MS

《平成 15 年度調査概要》

評価ランク	A (多少局地性あり)
立地環境	<ul style="list-style-type: none"> ・赤崎集落改善センター ・住宅地の間を道路が通っている。 ・西側には敦賀湾、東側には山が迫っている。 ・地形に沿った風に対して障害物なし。
年間風配	NE (20%) が突出して多い。また SW (8%) もやや多い。静穏率が 48.95% と風が非常に弱い。(WIND21 は SSE と N 付近が多く、風配は異なる)
WIND21、PHYSIC との相関	適合性が良好ではなかった (u の相関が悪い)

《今回収集した情報》

年間風配 (2012 年)	
立地環境	<p>・北東方向に谷が延びている。</p>  <p>(Google Map より 上：ストリートビュー 下：航空写真)</p>

○相関が低い観測局の観測値と計算値における風向の対応関係

◎名田庄MP局の風向頻度(2012年間の1時間値)

観測値の風向														小計(無風を除く)			
NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNNW	NW		NNW	N	無風
4	2	4	39	14	1	3	4	4	11	7	7	8	10	3	3	24	124
0	1	0	12	3	1	2	0	4	2	2	0	6	1	3	0	14	37
0	0	1	4	2	1	0	2	1	3	1	3	1	0	0	2	1	8
1	0	2	3	3	0	1	3	3	1	1	1	1	0	0	0	7	18
0	1	1	4	4	0	0	2	2	3	0	0	0	0	1	0	8	15
13	17	16	19	7	1	3	6	6	37	14	5	7	3	7	12	18	173
60	58	57	34	20	11	6	18	46	124	59	55	31	34	36	60	52	709
41	30	45	26	13	14	6	40	57	162	116	76	46	36	31	27	122	766
7	15	16	8	8	4	6	13	54	54	52	27	25	13	5	7	96	321
6	7	12	10	7	1	4	20	21	77	24	20	17	8	5	2	84	241
2	5	10	9	6	4	6	13	22	31	38	24	10	8	6	4	93	198
6	10	21	15	9	9	10	30	39	61	43	31	17	26	15	13	146	355
15	23	20	28	16	9	12	10	52	83	46	51	40	30	19	20	123	494
15	18	16	23	16	10	10	17	32	52	60	45	32	19	17	17	91	399
8	18	23	54	26	13	11	18	31	68	43	40	43	36	24	11	76	467
5	7	45	163	49	20	5	6	18	18	22	21	21	28	7	5	45	440
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
183	212	288	456	203	99	85	220	392	785	530	404	304	252	181	182	1009	4776

◎赤崎MS局の風向(2012年間の1時間値)

観測値の風向														小計(無風を除く)			
NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNNW	NW		NNW	N	無風
40	131	68	41	63	35	11	7	17	18	48	34	7	2	2	21	25	545
19	80	32	13	16	7	2	3	5	7	29	23	4	3	0	10	11	253
5	37	15	3	5	1	2	1	5	7	6	8	0	2	0	1	14	98
7	25	17	4	3	1	0	0	0	2	5	1	0	0	0	5	9	70
4	63	25	5	8	3	1	0	5	4	9	4	0	0	1	5	10	137
13	125	49	22	15	1	0	4	6	8	17	7	2	0	0	45	26	314
28	188	64	23	30	13	2	8	24	43	54	18	2	4	3	67	32	571
21	112	60	29	27	10	5	3	17	44	38	6	2	7	3	31	34	415
18	59	18	11	6	4	0	1	7	10	6	2	2	0	1	15	17	160
12	53	8	10	6	1	1	1	10	10	7	1	1	0	0	3	20	118
25	61	29	13	9	3	1	1	7	21	12	0	1	1	1	0	4	188
20	86	32	10	10	1	1	4	14	59	62	11	2	0	0	11	37	323
17	82	39	32	36	17	10	11	31	64	77	20	3	0	4	7	59	450
35	93	45	52	76	42	8	13	54	32	41	15	3	3	3	23	47	538
29	112	42	41	85	50	16	12	35	23	26	20	2	1	0	11	30	505
36	99	42	23	72	38	17	9	24	14	39	18	2	1	2	14	43	450
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
329	1406	585	332	467	227	77	78	255	366	476	188	33	24	19	273	451	5135

○観測値風向と計算値風向が一致する頻度
 ■観測値の各風向に対して最大となる計算値風向の頻度

同化に使用する観測局の組合せを変えた計算による誤差の比較（東海サイト及び大飯サイト）

○計算条件

対象サイト：東海サイト及び大飯サイト（いずれも約100km四方）

対象期間：2012年1月1日～1月31日

計算方法：前日21時初期値GSMを用いて、前日21時から当日24時までの27時間計算を31日分実施

同化する時間帯：前日21時から当日24時までの全時刻

同化に用いた観測局の組合せ：

ケース番号	東海サイト対象の計算の同化に使用した局	大飯サイト対象の計算の同化に使用した局
1	同化なし	同化なし
2	全局 (41局)	全局 (69局)
3	アメダス局のみ (13局)	アメダス局のみ (14局)
4	相関が低い2局 (常陸那珂、那珂町横堀) を除く全局	相関が低い2局 (名田庄MP、赤崎MS) を除く全局
5	相関が低い1局 (常陸那珂) のみ	相関が低い1局 (名田庄MP) のみ
6	相関が低い1局 (那珂町横堀) のみ	高層観測データ (大飯気象80m) を除く全局 (68局)

○計算結果の処理

SPEEDIの風速ベクトルの出力を観測局位置に内挿したものを、観測局のデータと比較するために風向(16方位)及び風速に変換して各観測局位置における1カ月間の誤差の平均及び平均二乗誤差を求めた。

◎東海サイトの結果（風向の誤差の比較）

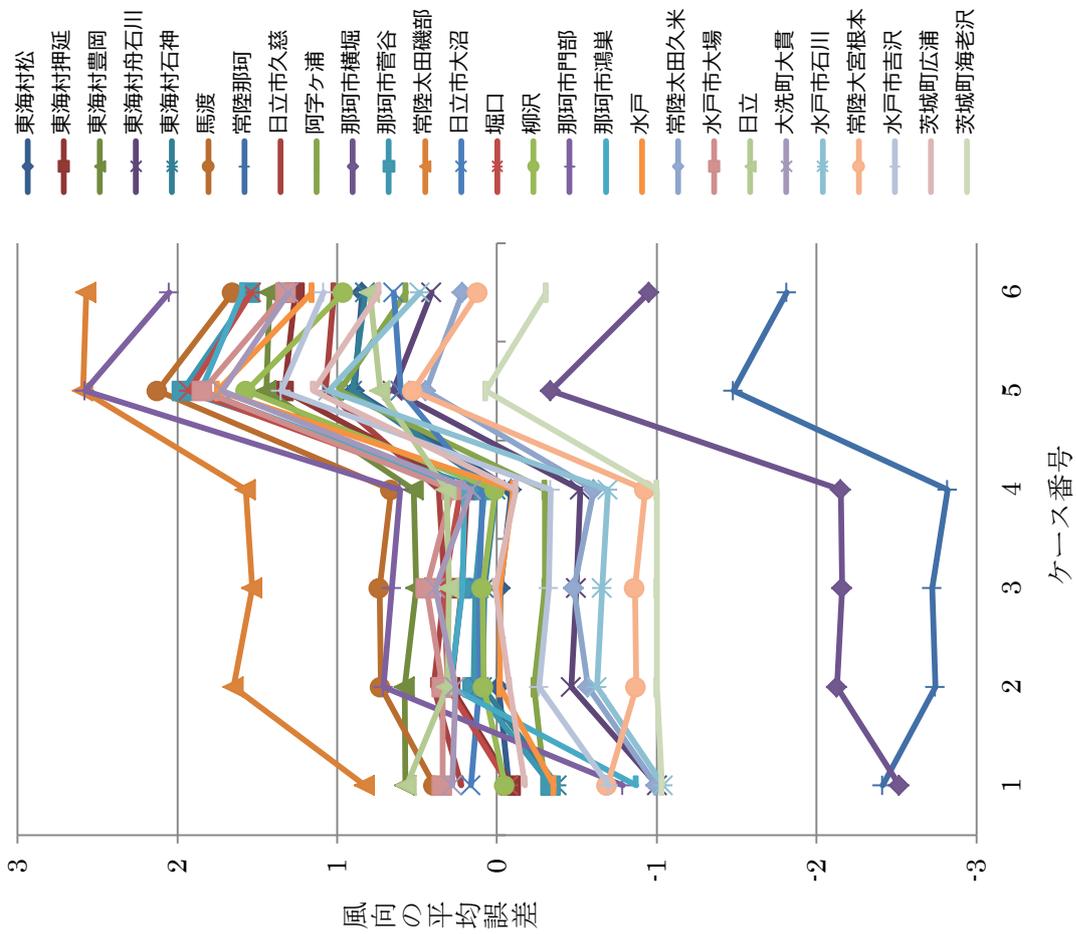


図 各局の風向[16 方位]の平均誤差 (2012 年 1 月)

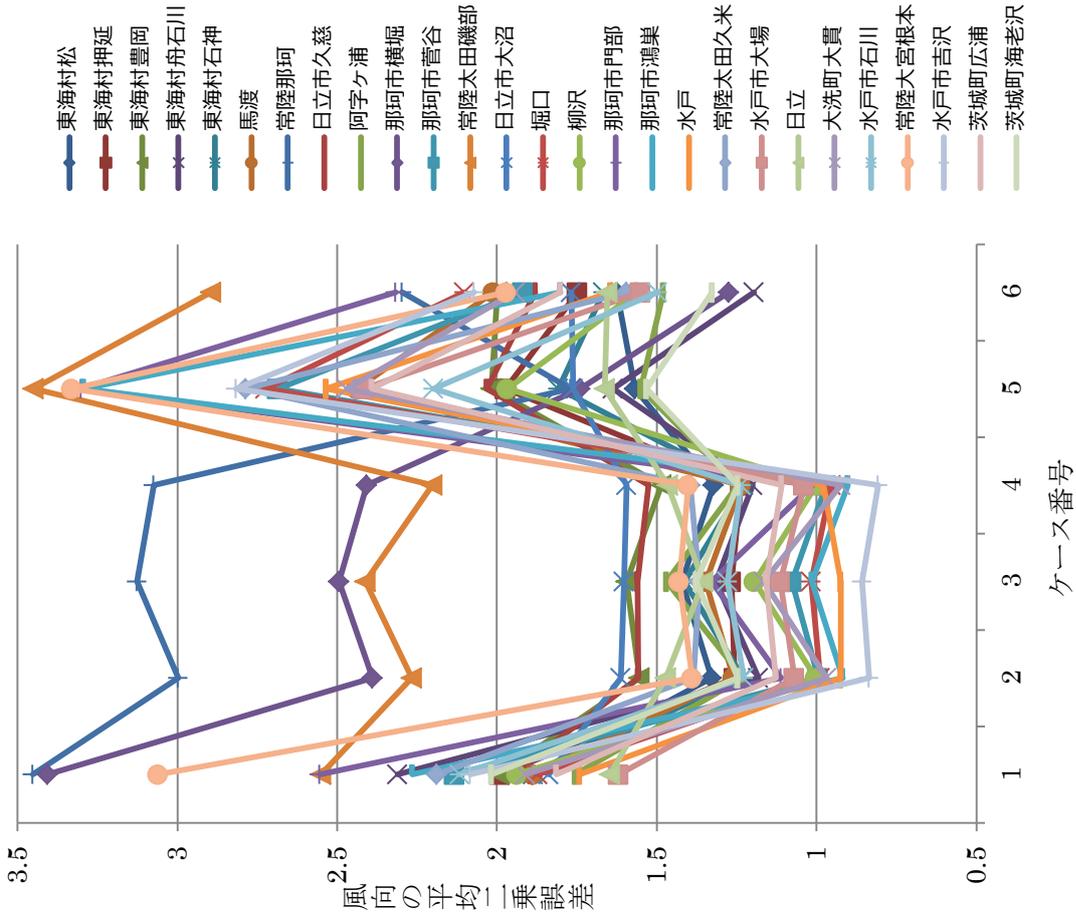


図 各局の風向[16 方位]の平均二乗誤差 (2012 年 1 月)

◎東海サイトの結果（風速の誤差の）比較

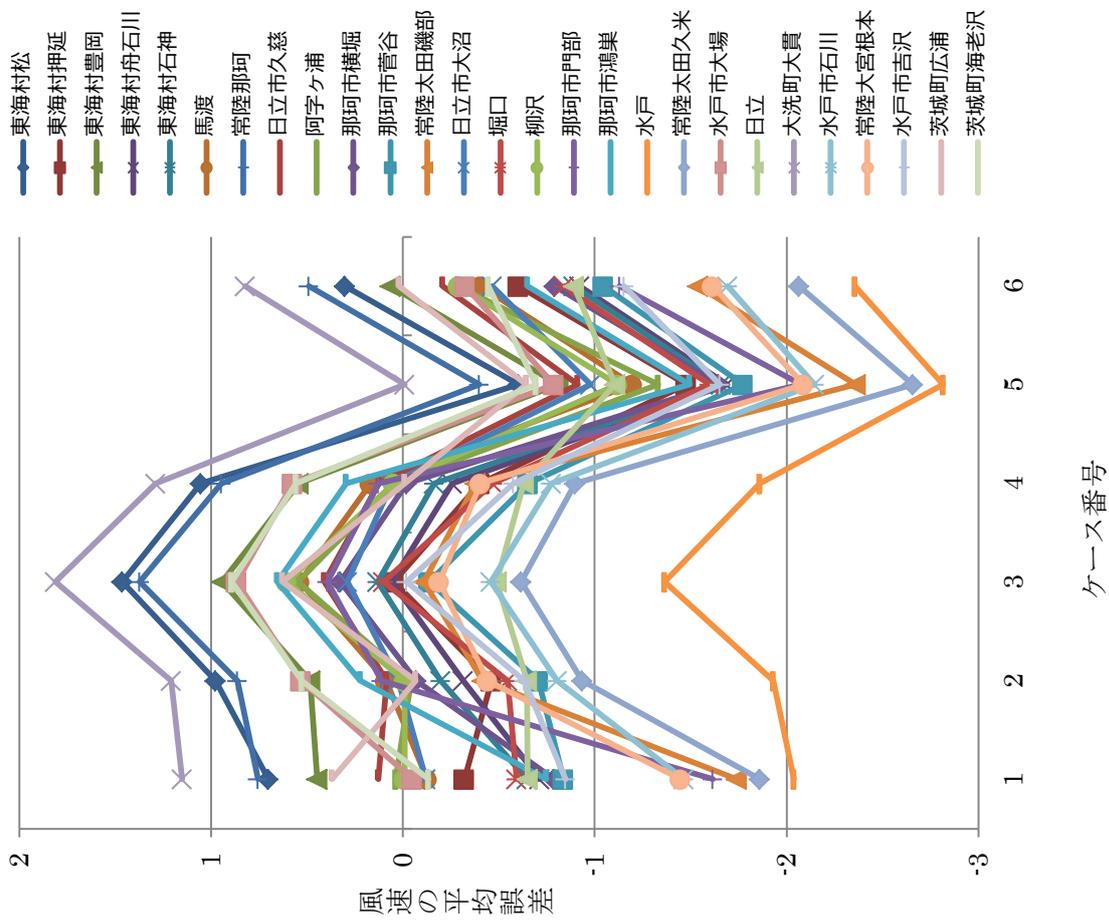


図 各局の風速[m/s]の平均誤差 (2012年1月)

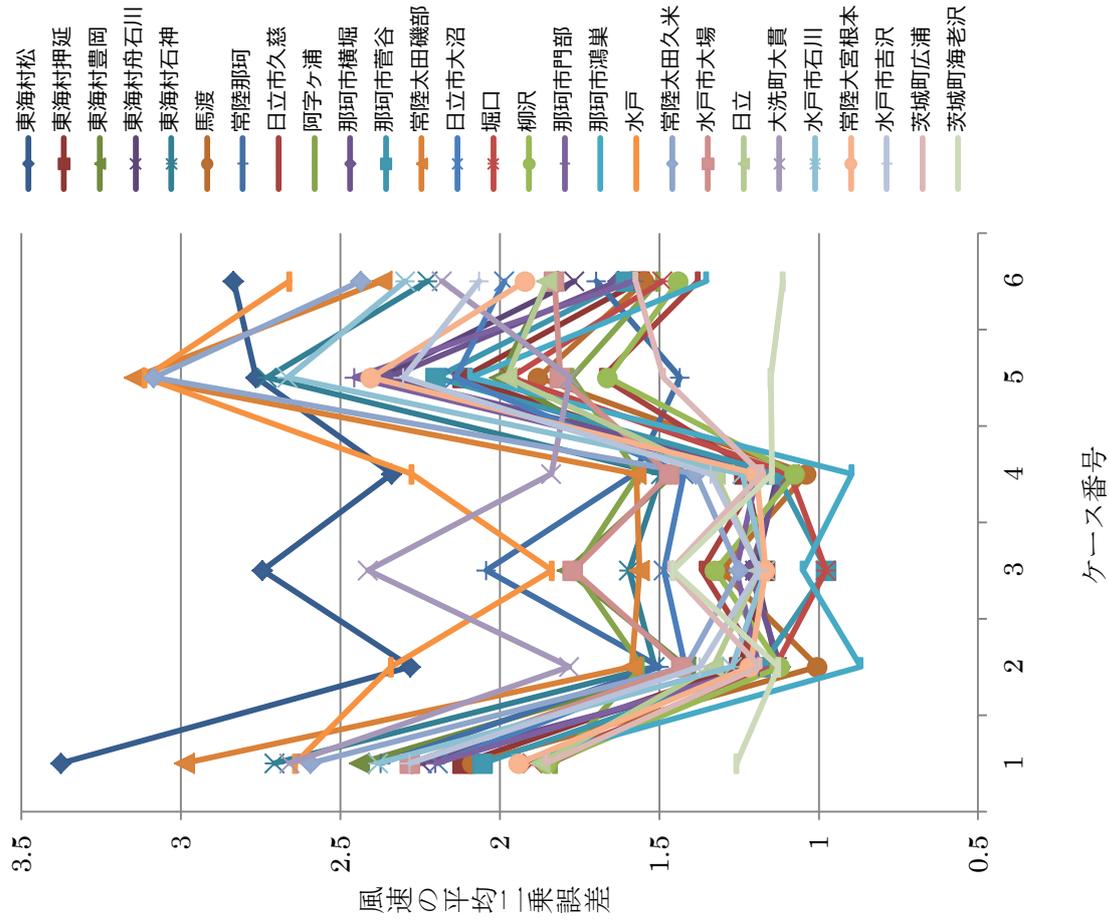


図 各局の風速[m/s]の平均二乗誤差 (2012年1月)

◎大飯サイトの結果（風向の誤差の比較）

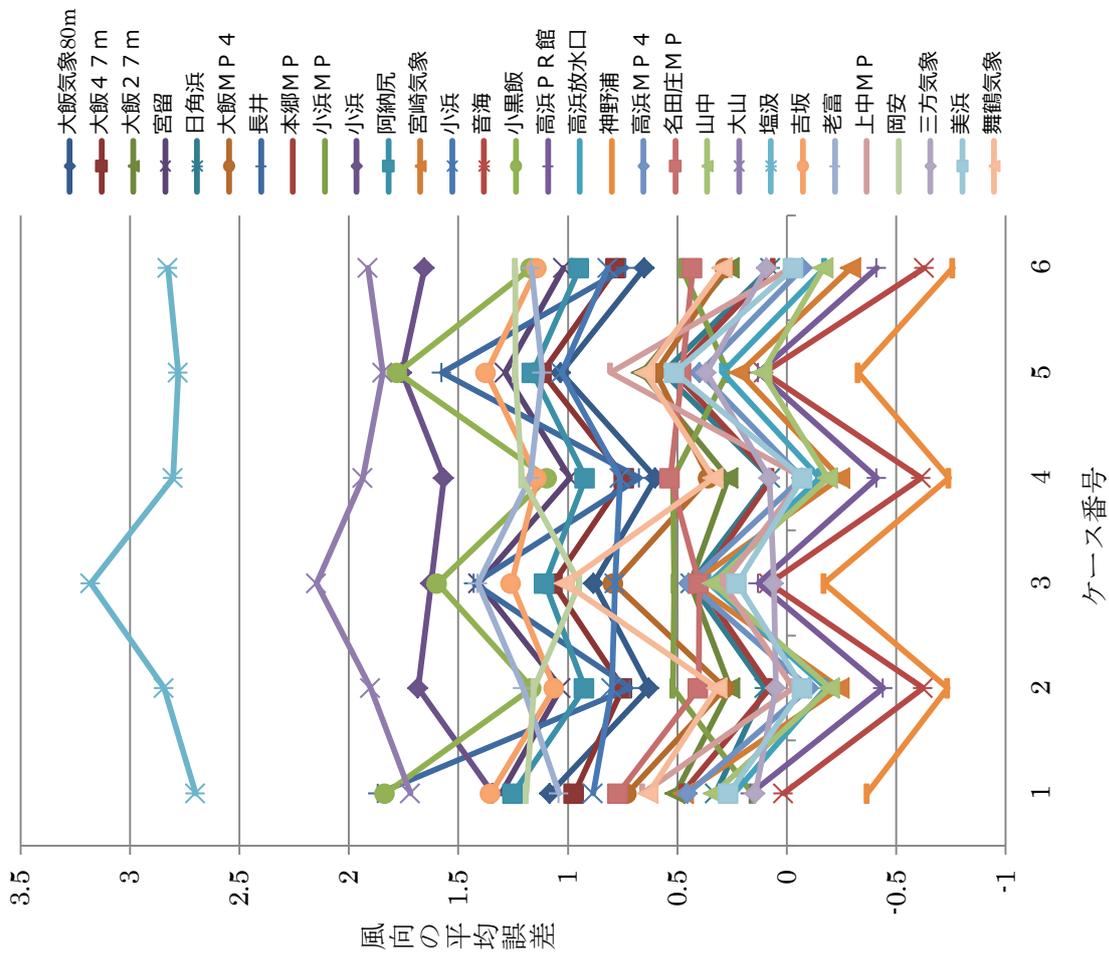


図 各局の風向[16方位]の平均誤差 (2012年1月)

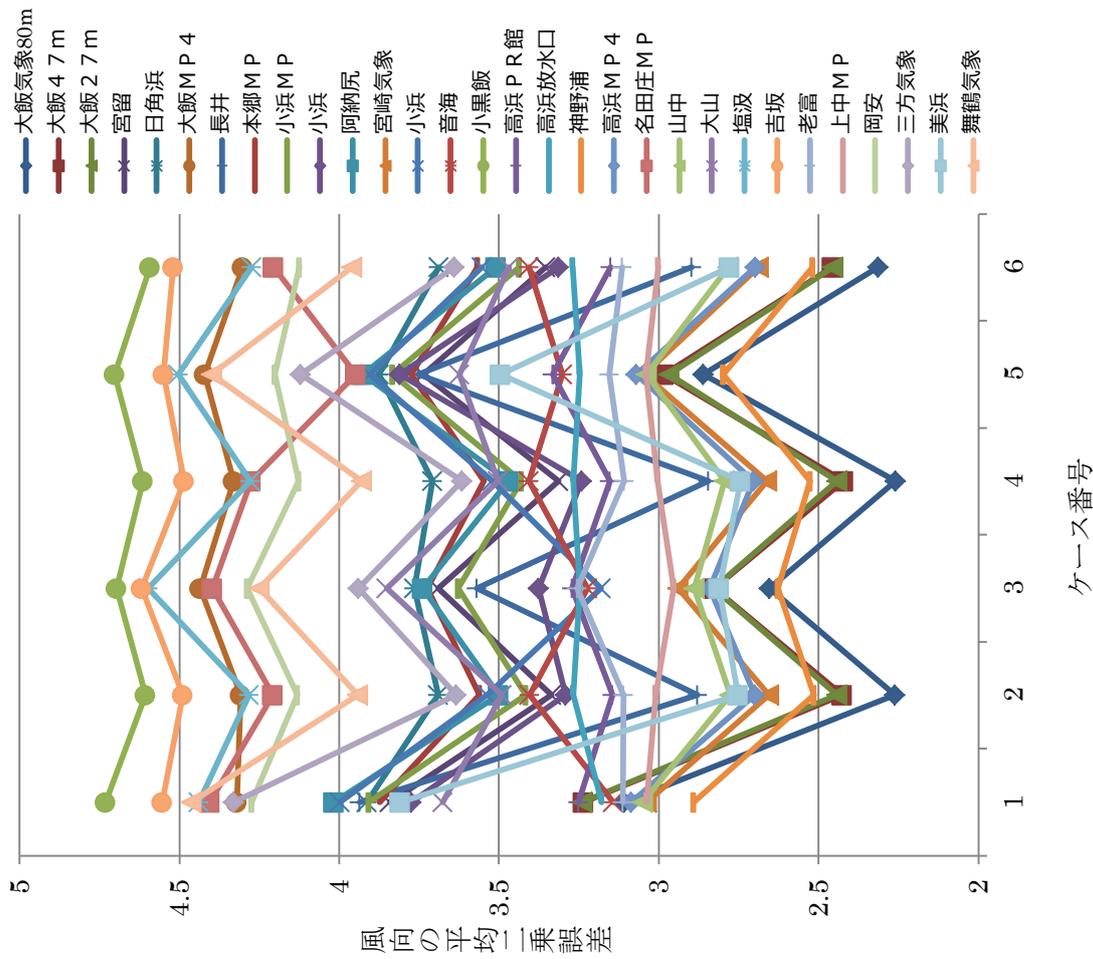
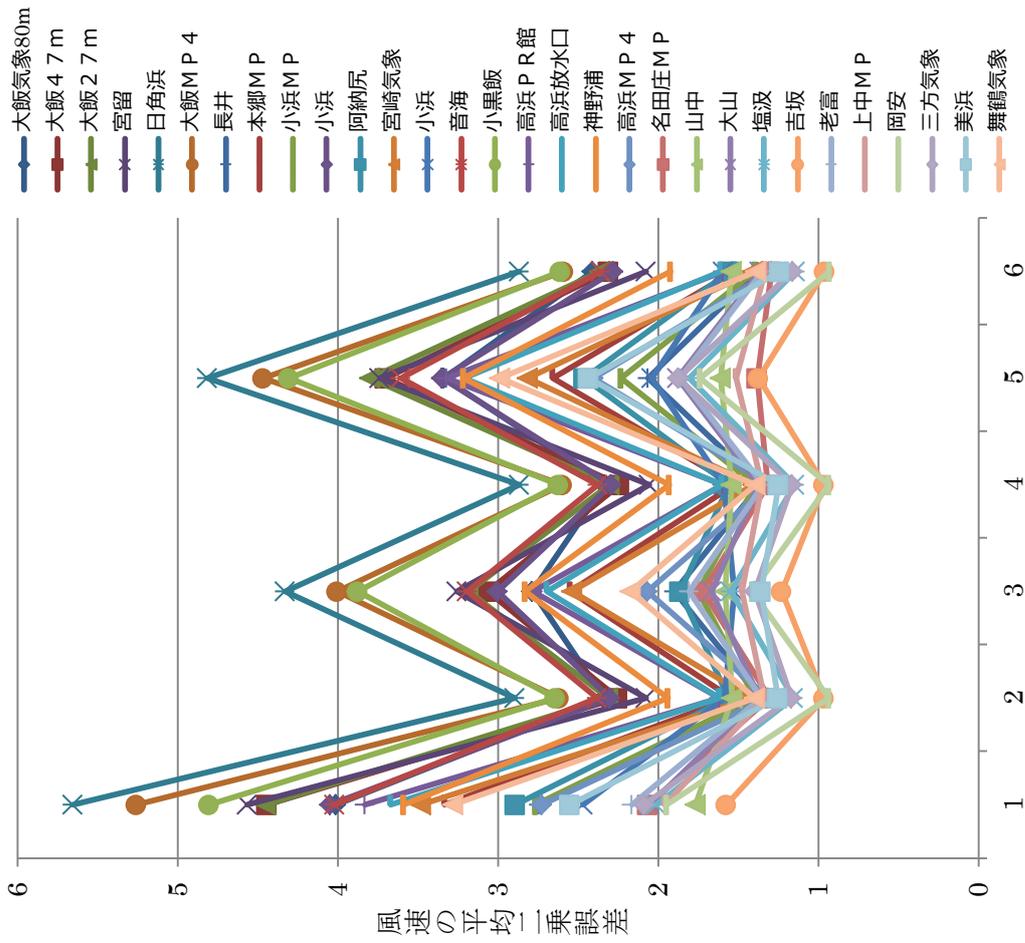


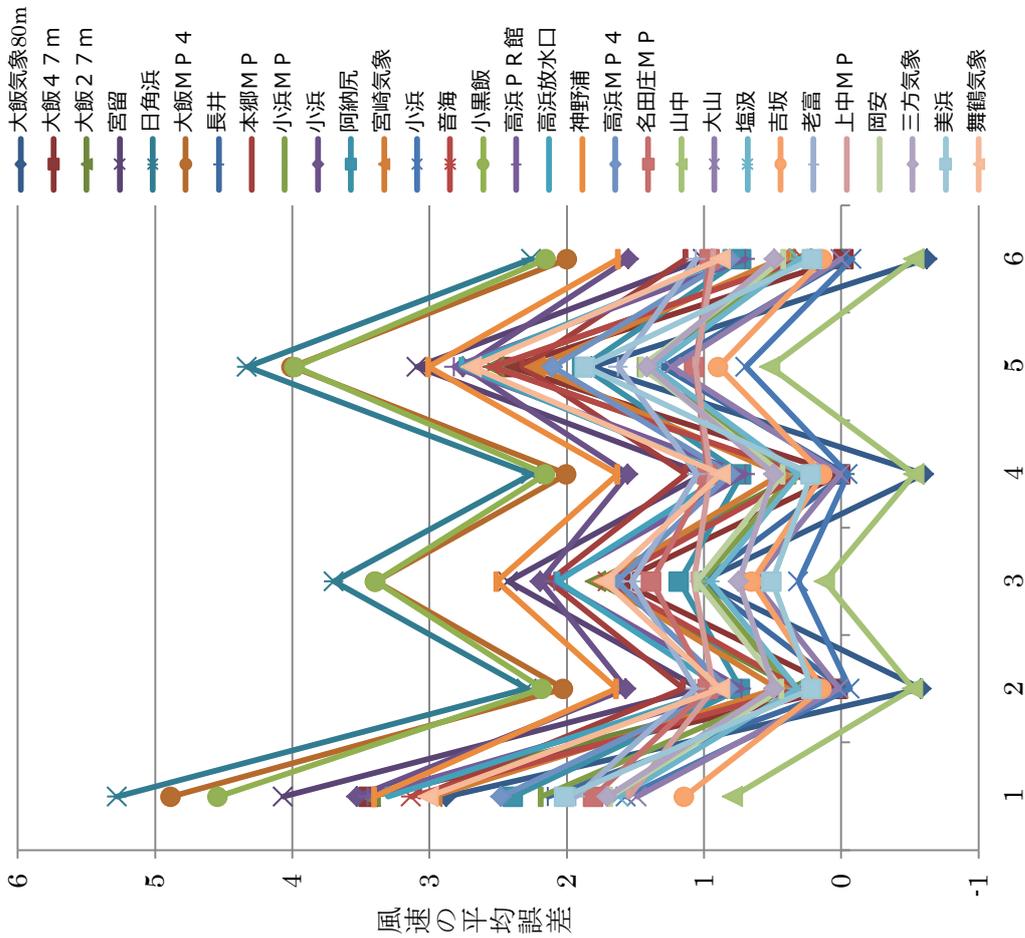
図 各局の風向[16方位]の平均二乗誤差 (2012年1月)

◎大飯サイトの結果（風速の誤差の）比較



ケース番号

図 各局の風速[m/s]の平均二乗誤差 (2012年1月)



ケース番号

図 各局の風速[m/s]の平均誤差 (2012年1月)

○観測局間の風速ベクトル相関（柏崎刈羽、女川、玄海）

観測局 A と B の風速ベクトル相関係数は次式により求めた。

$$\gamma(\vec{V}_A, \vec{V}_B) = \frac{\sum_i |\vec{V}_{A_i}| |\vec{V}_{B_i}| \cos \theta_i}{\sum_i |\vec{V}_{A_i}| |\vec{V}_{B_i}|}$$

ここで、 $\vec{V}_{A_i}, \vec{V}_{B_i}$: A、B 局の風速ベクトル (i は時刻)
 $\cos \theta_i$: 風速ベクトルのなす角

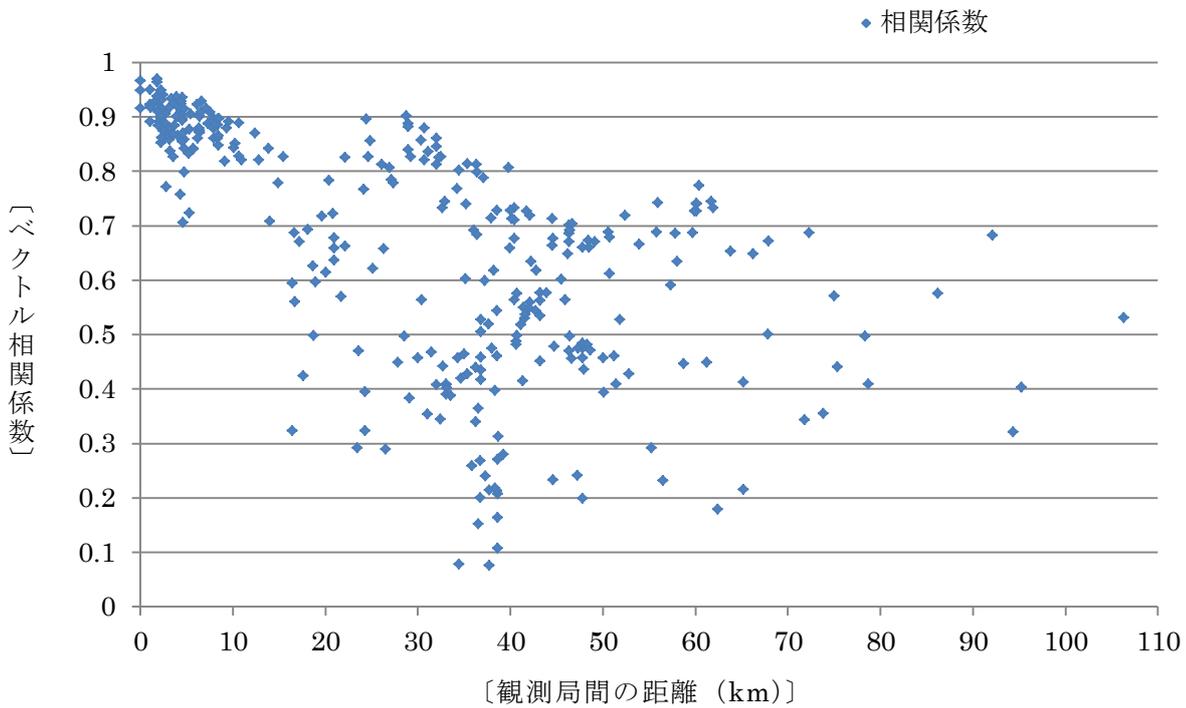


図 観測局間の距離に対する観測局間の風速ベクトル相関係数
 (柏崎刈羽地域、2012 年 1 年間の 1 時間値を使用)

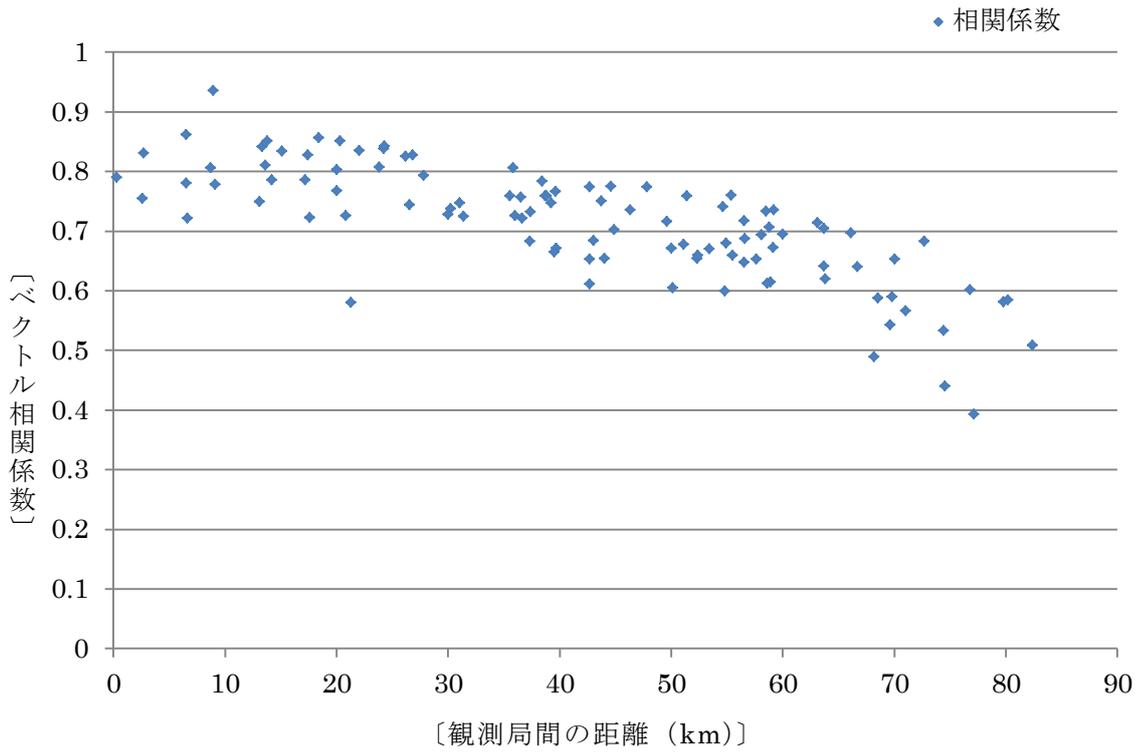


図 観測局間の距離に対する観測局間の風速ベクトル相関係数
(女川地域、2012年1年間の1時間値を使用)

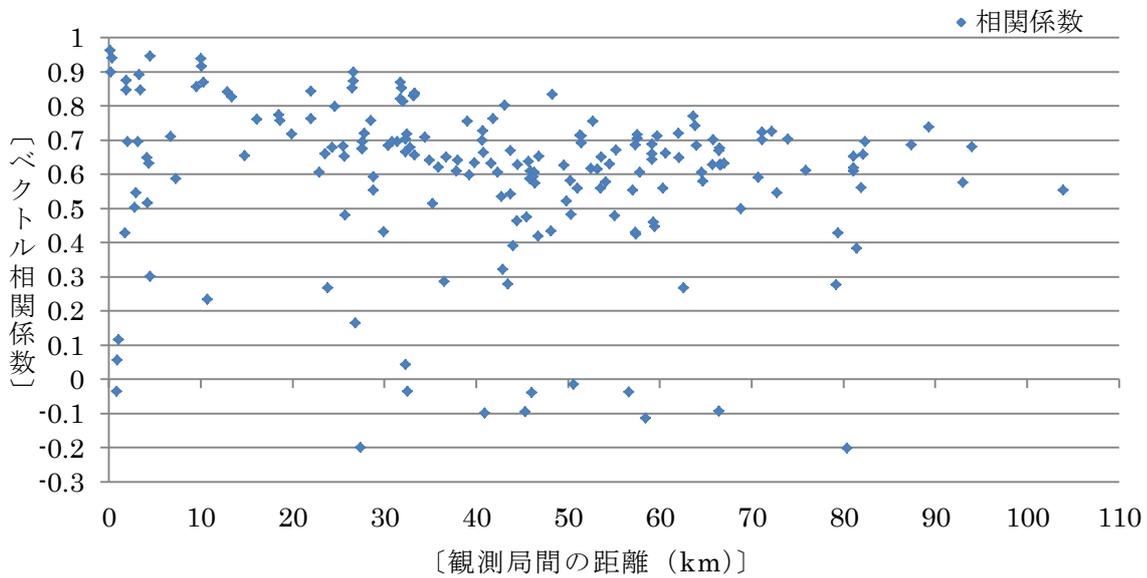


図 観測局間の距離に対する観測局間の風速ベクトル相関係数
(玄海地域、2012年1年間の1時間値を使用)

表 H15 年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布（柏崎刈羽）

	H15 調査 評価 (※ 1)	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※ 2) (分母は 10km 以内の全局数)	
		0.8 未満	0.7 未満
気象観測場 1	—	1/14	0/14
気象観測場 2	—	0/14	0/14
気象観測場 3	—	0/14	0/14
発電所南	—	0/14	0/14
荒浜	A	0/14	0/14
下高町	A	0/14	0/14
発電所北	—	2/13	0/13
刈羽	A	0/13	0/13
土合	A	2/14	0/14
勝山	B	0/12	0/12
宮川	B	2/12	0/12
赤田町方	A	3/13	0/13
柏崎（県）	—	0/11	0/11
西山	B	0/12	0/12
柏崎（アメダス）	A	0/8	0/8
長岡	A	0/0	0/0
寺泊	A	0/0	0/0
大潟	A	0/0	0/0
十日町	B	0/0	0/0
安塚	A	0/0	0/0
小出	A	0/0	0/0
三条	A	0/0	0/0
入広瀬	A	0/0	0/0
高田	A	0/0	0/0
津南	A	0/0	0/0
新津	A	0/0	0/0

(※ 1) H15 調査評価：平成 15 年度に実施した「同化用気象観測地点の調査」で行われた観測局の評価。A=「特に問題なし」B=「多少局地性あり」C=「局地性が強い」

(※ 2) 局数の は全局が数値未満 は半数の局が数値未満。

表 H15 年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布（女川）

	H15 調査 評価 (※ 1)	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※ 2) (分母は 10km 以内の全局数)	
		0.8 未満	0.7 未満
気象鉄塔	A	1/4	0/4
露場気象	A	3/4	0/4
寄磯	B	3/4	0/4
女川	B	2/3	0/3
江ノ島	A	1/3	0/3
石巻	A	0/0	0/0
鹿島台	A	0/0	0/0
米山	A	0/0	0/0
塩釜	—	0/0	0/0
仙台	A	0/0	0/0
古川	A	0/0	0/0
築館	A	0/0	0/0
名取	—	0/0	0/0
亘理	A	0/0	0/0
川渡	A	0/0	0/0

(※ 1) H15 調査評価：平成 15 年度に実施した「同化用気象観測地点の調査」で行われた観測局の評価。A=「特に問題なし」 B=「多少局地性あり」 C=「局地性が強い」

(※ 2) 局数の は全局が数値未満。 は半数の局が数値未満。

表1 H15 年度調査の評価と観測局間の風速ベクトル相関値の分布（玄海）

	H15 調査 評価 (※1)	相関値でカウントした 10km 以内の局数 (※2) (分母は 10km 以内の全局数)					
		0.8 未満	0.7 未満	0.6 未満	0.4 未満	0.2 未満	0.0 未満
今村	A	4/6	4/6	1/6	1/6	1/6	1/6
気象観測塔低	A	2/6	2/6	2/6	1/6	1/6	0/6
気象観測塔高	-	2/7	2/7	1/7	1/7	1/7	0/7
外津浦	A	6/6	6/6	6/6	4/6	3/6	1/6
平尾	A	3/7	3/7	2/7	0/7	0/7	0/7
先部	A	3/6	3/6	2/6	0/6	0/6	0/6
京泊先	A	7/7	6/7	4/7	1/7	0/7	0/7
鷹島町局	-	1/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
石田	-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
伊万里	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
平戸	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
前原	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
佐世保	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
白石	-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
嬉野	-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
佐賀	A	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
博多	-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
川副	-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
大村	-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
大牟田	-	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

(※1) H15 調査評価：平成 15 年度に実施した「同化用気象観測地点の調査」で行われた観測局の評価。A=「特に問題なし」 B=「多少局地性あり」 C=「局地性が強い」

(※2) 局数の は全局が数値未 は半数の局が数値未満。

○各観測局位置における観測値と計算値の相関（柏崎刈羽、女川、玄海）

<風速ベクトルの相関係数>

$$\gamma(\vec{V}_o, \vec{V}_p) = \frac{\sum_i |\vec{V}_{o_i}| |\vec{V}_{p_i}| \cos \theta_i}{\sum_i |\vec{V}_{o_i}| |\vec{V}_{p_i}|}$$

ここで、 \vec{V}_{o_i} : 風速ベクトル観測値 (i は時刻)
 \vec{V}_{p_i} : 風速ベクトル計算値 (i は時刻)
 $\cos \theta_i$: 風速ベクトルのなす角

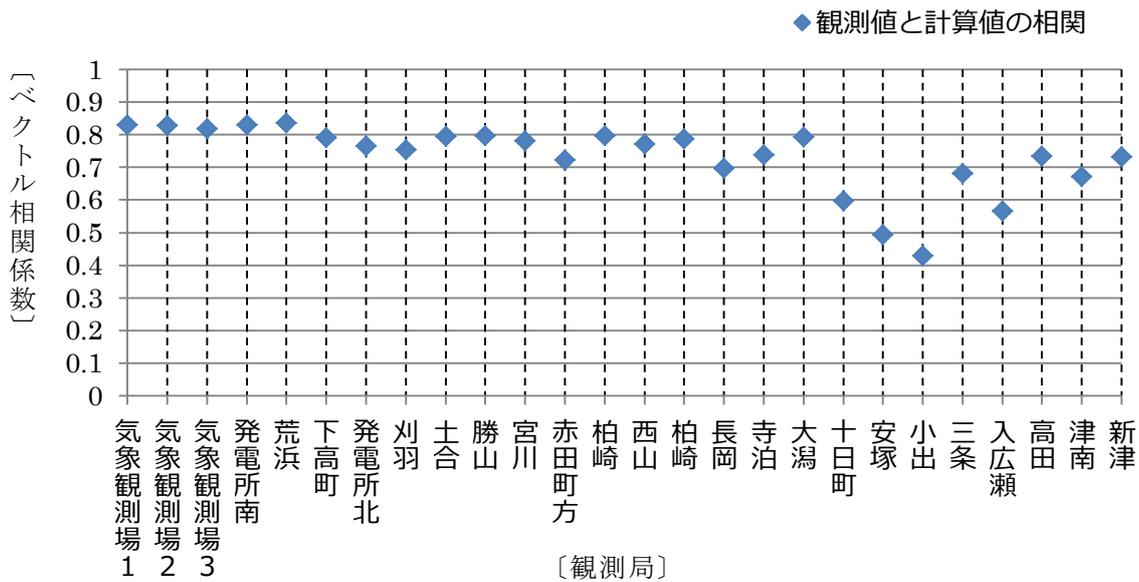


図 風速ベクトルの観測値と計算値の相関係数
 (柏崎刈羽地域、2012年1年間の1時間値より)

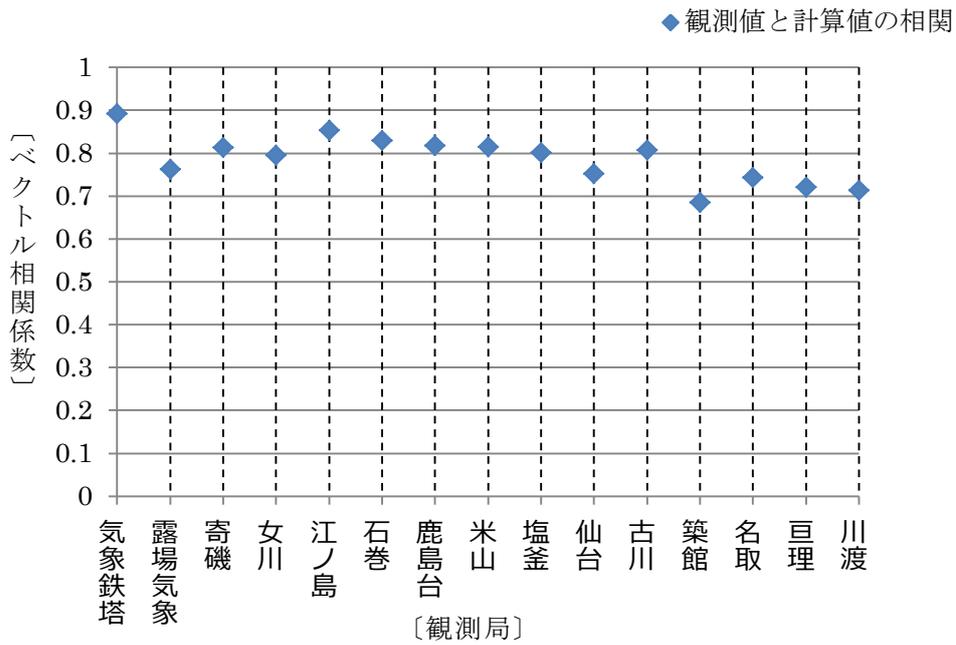


図 風速ベクトルの観測値と計算値の相関係数
(女川地域、2012年1年間の1時間値より)

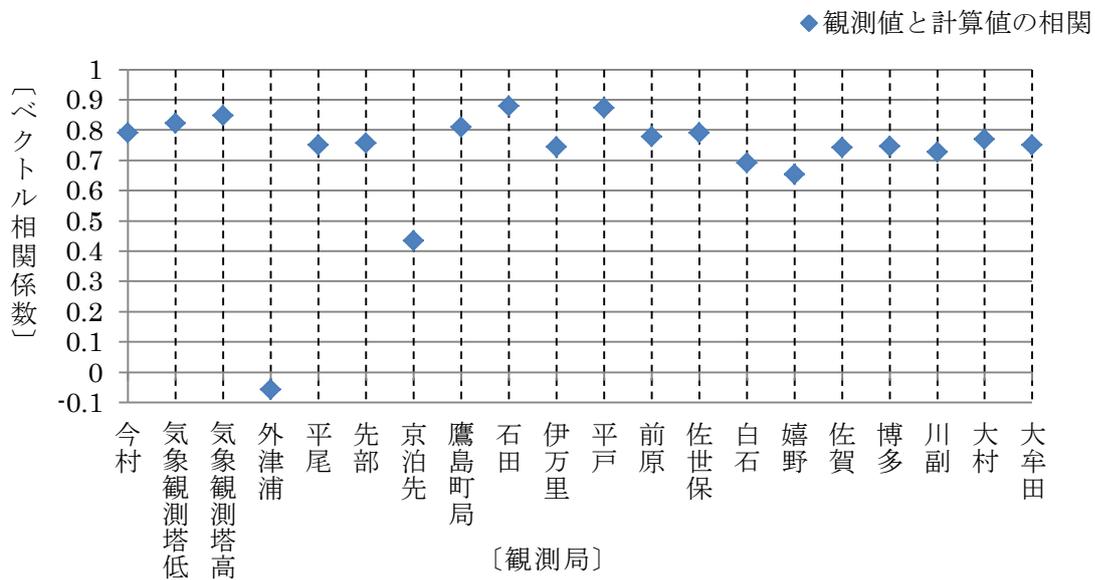
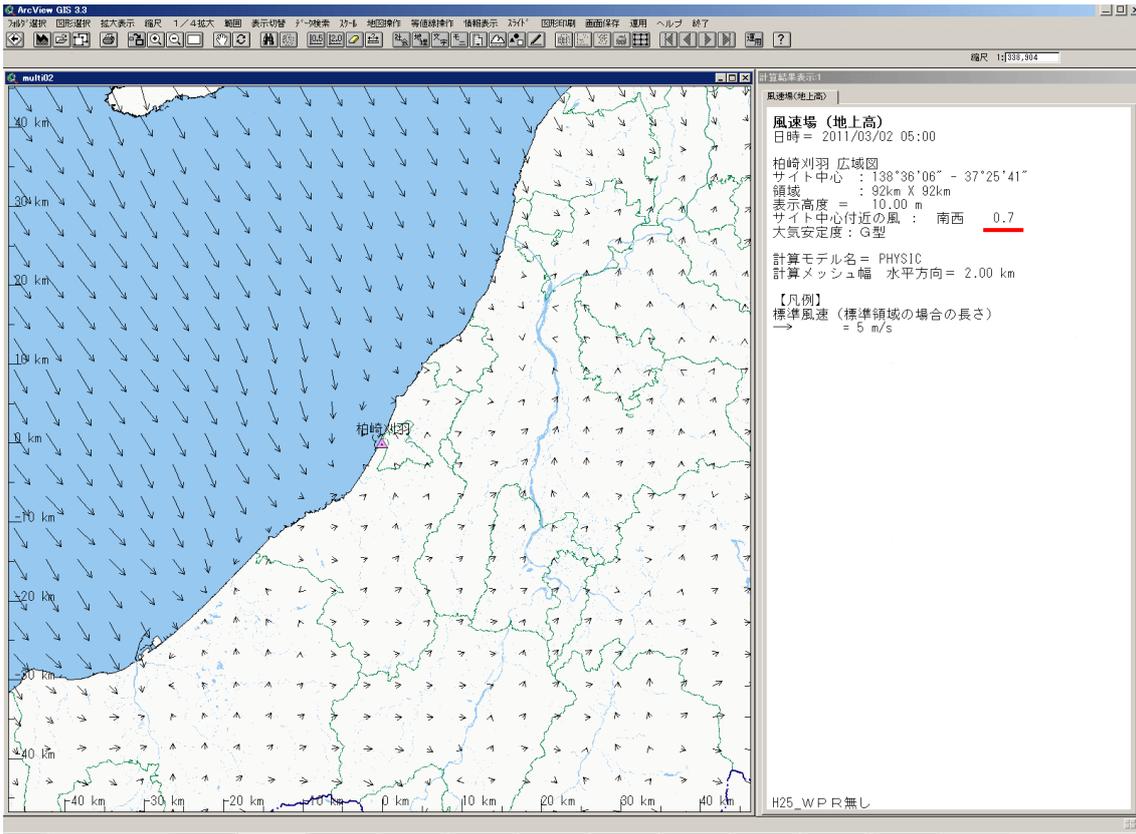


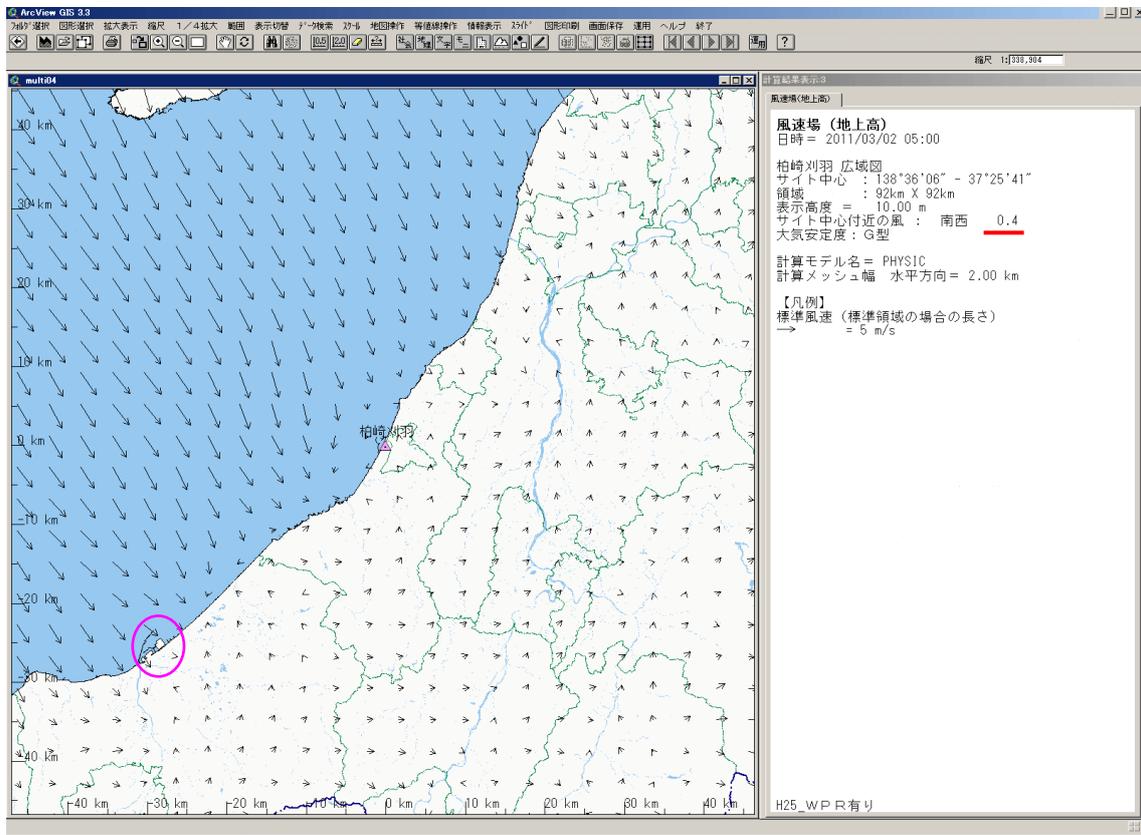
図 風速ベクトルの観測値と計算値の相関係数
(女川地域、2012年1年間の1時間値より)

付属資料 4

ウィンドプロファイラによる同化効果の確認図

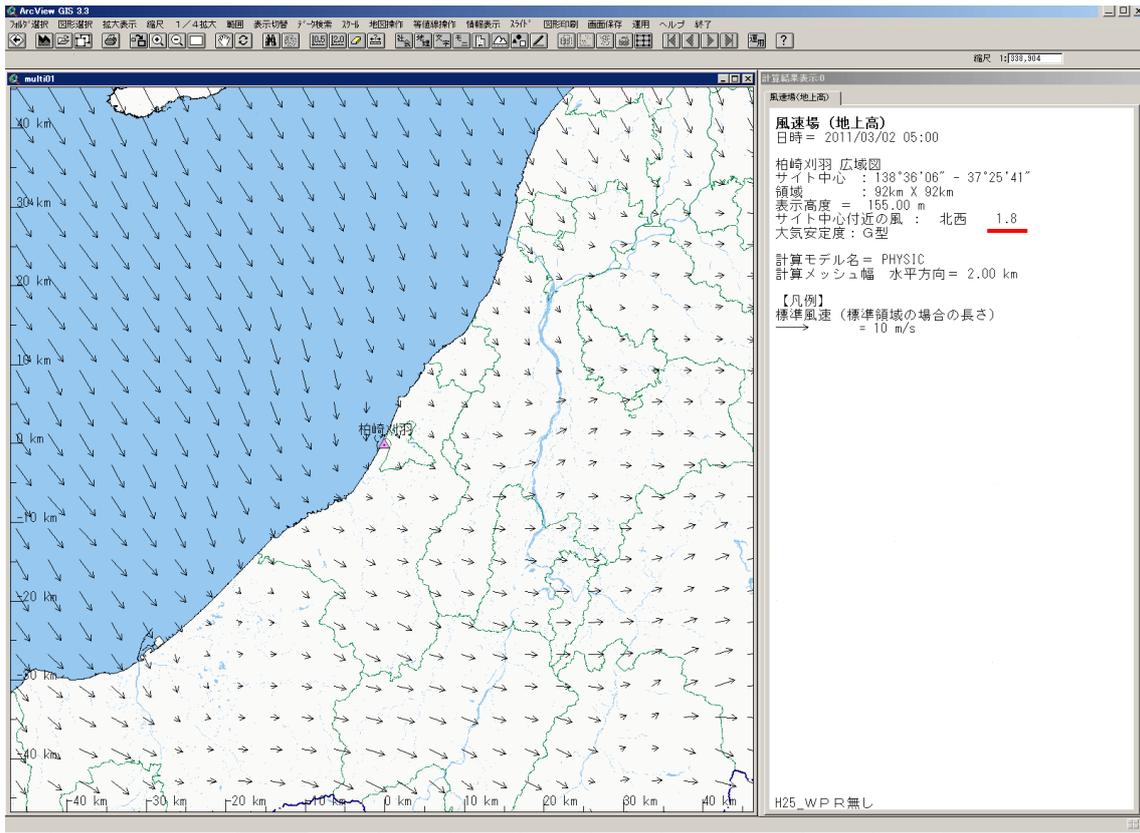


(a) ウィンドプロファイラ観測データ無し

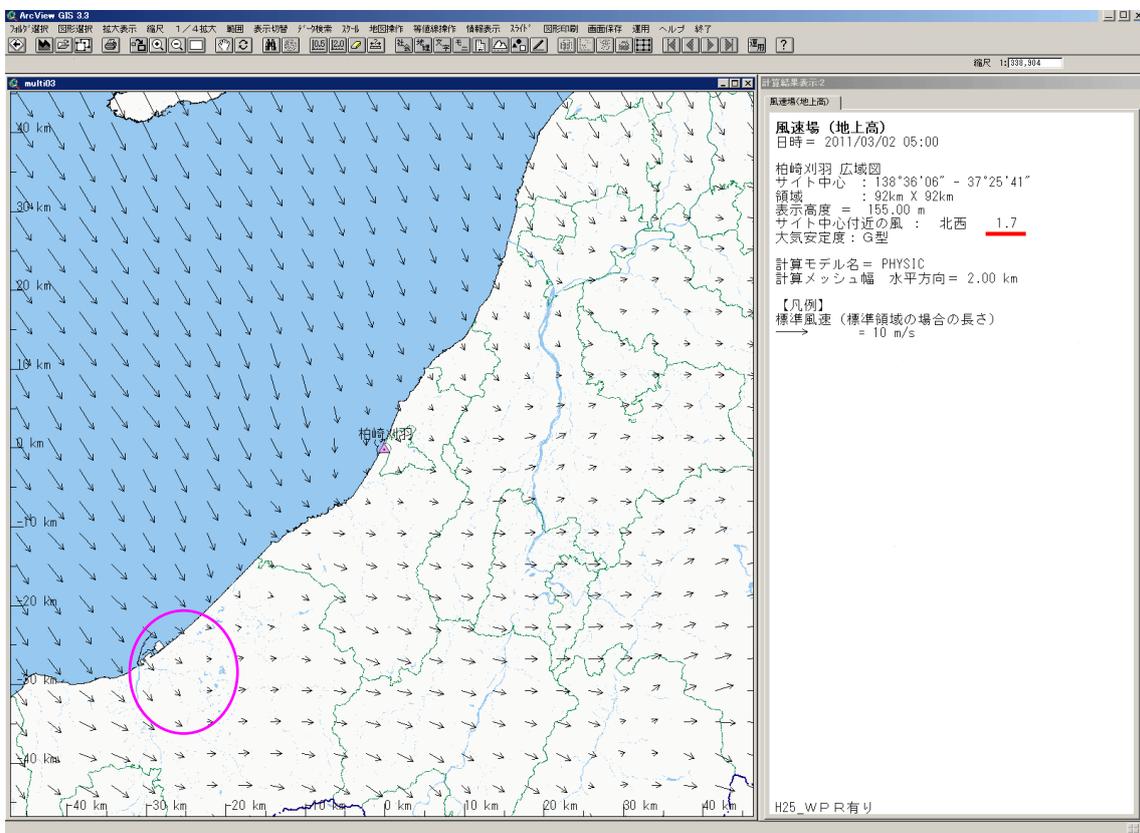


(b) ウィンドプロファイラ観測データ有り

図1 風速場(柏崎刈羽、高度10m、2011年3月2日05時、同化終了2時間後)

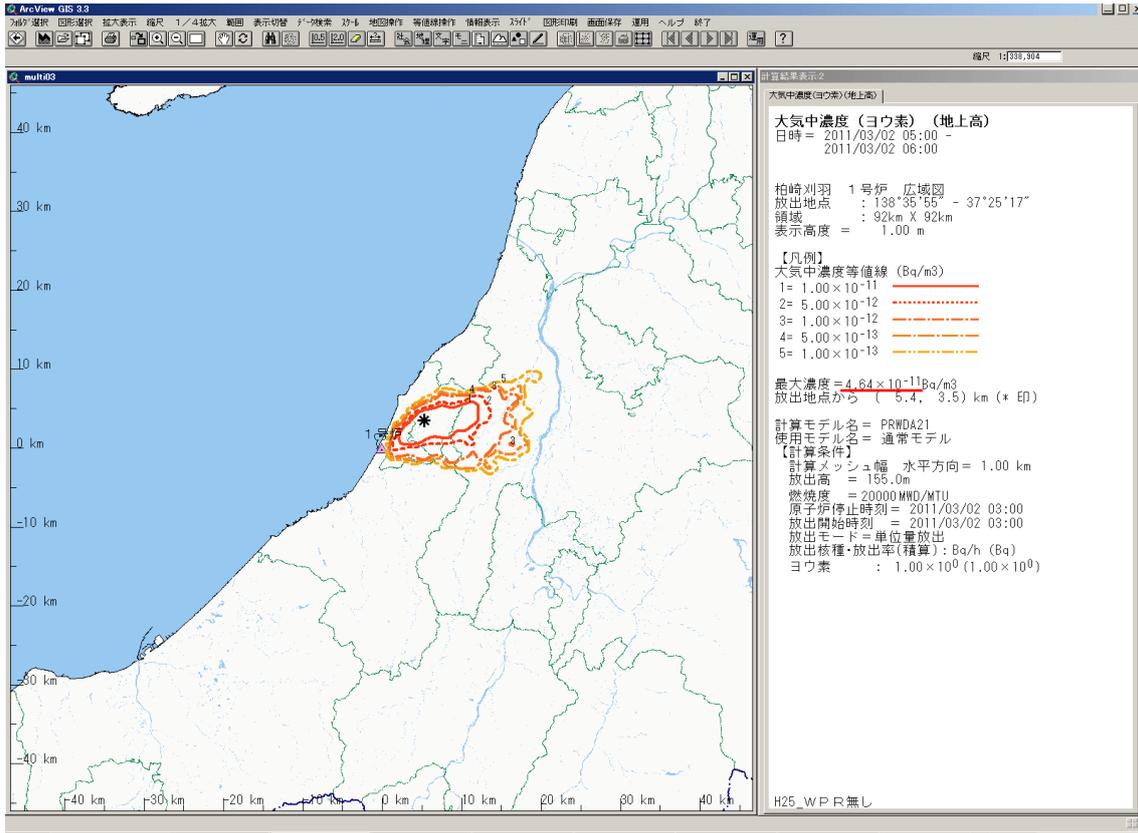


(a) ウィンドプロファイラ観測データ無し

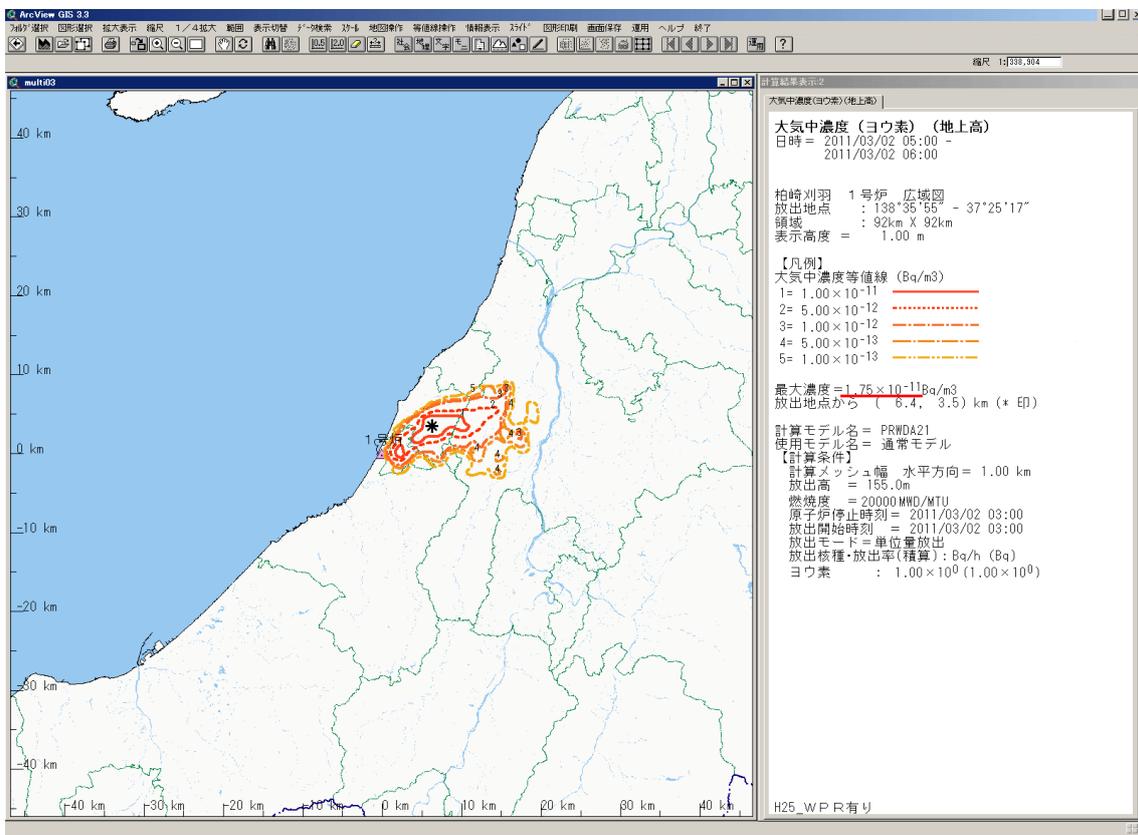


(b) ウィンドプロファイラ観測データ有り

図2 風速場 (柏崎刈羽、高度 155m、2011年3月2日05時、同化終了2時間後)

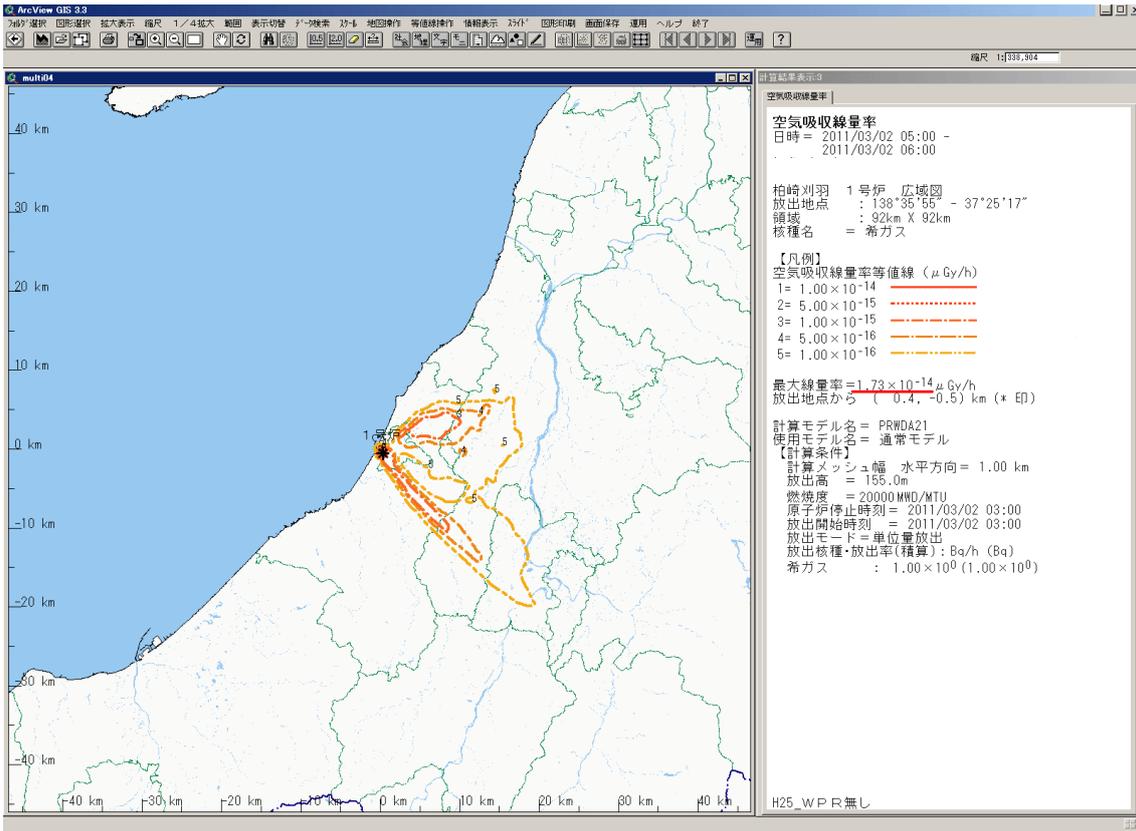


(a) ウィンドプロファイラ観測データ無し

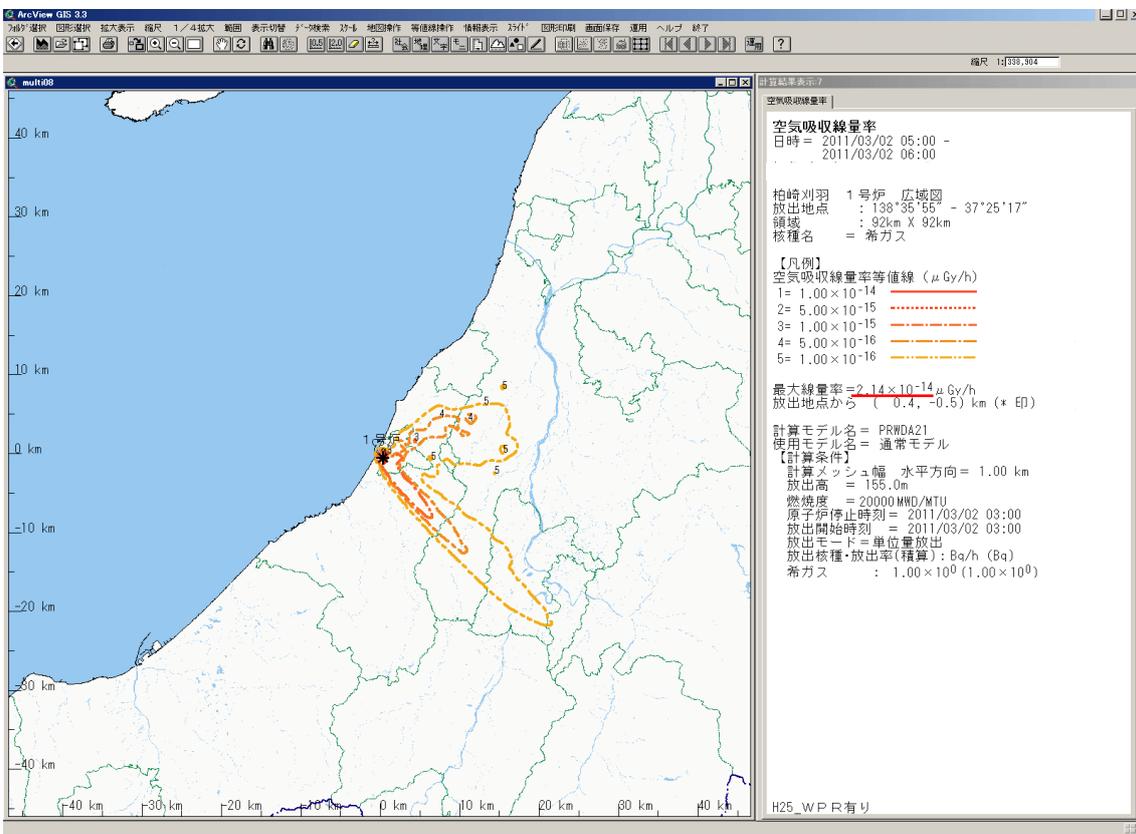


(b) ウィンドプロファイラ観測データ有り

図3 大気中濃度(柏崎刈羽、2011年3月2日05-06時、同化終了=放出開始3時間後)



(a) ウィンドプロファイラ観測データ無し



(b) ウィンドプロファイラ観測データ有り

図4 空気吸収線量率 (柏崎刈羽、2011年3月2日05-06時、同化終了=放出開始3時間後)

付属資料 5

風向及び風速の RMSE とサイト周辺観測局の誤差の時間変化

気象分類毎のRMSEの最大値及び最小値

風向精度の分析（東海サイト）

計算精度が低い日（RMSE値が大きい）※ ¹			計算精度が高い日（RMSE値が小さい）※ ²		
気象分類	対象日	RMSE (1/16)	気象分類	対象日	RMSE (1/16)
LF	2012/3/5	3.68	LF	2012/7/11	1.38
LS	2012/10/28	4.57	LS	2012/4/3	1.23
LB	2012/6/22	4.65	LB	—	—
L2	2012/11/11	3.95	L2	2012/4/26	1.96
OLF	2012/6/16	3.66	OLF	2012/6/12	1.45
OLS	2012/5/28	4.08	OLS	—	—
OLB	2012/5/23	4.31	OLB	2012/6/29	1.87
OL2	2012/5/25	4.22	OL2	—	—
H	2012/11/5	4.00	H	2012/5/21	1.14
FS	2012/2/23	3.39	FS	—	—
FN	2012/8/17	4.11	FN	—	—
T	2012/9/13	3.24	T	2012/9/17	1.01
PN	2012/7/22	3.86	PN	2012/6/24	1.30
PE	2012/4/22	4.60	PE	—	—
PS	2012/5/17	3.94	PS	2012/7/19	1.44
PW	2012/5/11	3.57	PW	—	—
OPW	2012/2/16	4.02	OPW	—	—

※¹ 各気象分類の中で、RMSEが最大の日を対象とした。（ただし、RMSEは3.0以上）

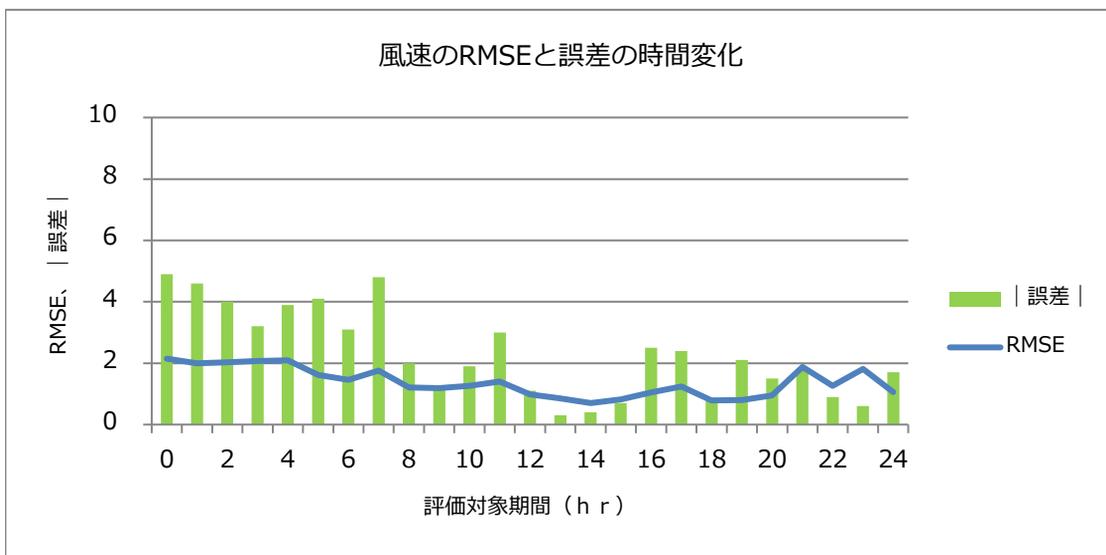
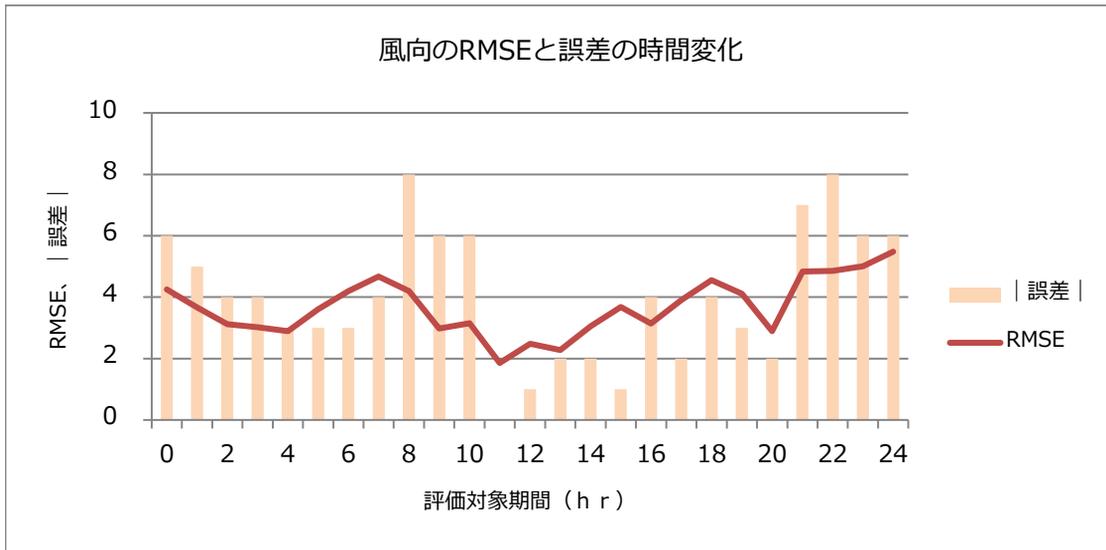
※² 各気象分類の中で、RMSEが最小の日を対象とした。（ただし、RMSEは2.0以下）

風向精度の分析（柏崎刈羽サイト）

計算精度が低い日（RMSE値が大きい）※ ¹			計算精度が高い日（RMSE値が小さい）※ ²		
気象分類	対象日	RMSE (1/16)	気象分類	対象日	RMSE (1/16)
LF	2012/3/17	3.55	LF	—	—
LS	2012/10/17	3.47	LS	2012/4/3	1.47
LB	2012/7/7	4.41	LB	2012/2/1	1.17
L2	2012/1/22	3.41	L2	2012/12/8	1.94
OLF	2012/3/2	4.10	OLF	—	—
OLS	2012/9/6	3.98	OLS	2012/12/25	1.45
OLB	2012/9/19	4.63	OLB	2012/3/11	1.69
OL2	2012/11/30	4.66	OL2	—	—
H	2012/4/14	4.73	H	—	—
FS	2012/7/13	3.46	FS	—	—
FN	2012/9/10	4.07	FN	—	—
T	2012/10/18	4.11	T	—	—
PN	2012/3/10	4.09	PN	2012/5/10	1.42
PE	2012/9/8	3.93	PE	—	—
PS	2012/9/20	4.44	PS	—	—
PW	2012/11/15	4.62	PW	2012/12/9	1.41
OPW	2012/11/23	4.41	OPW	—	—

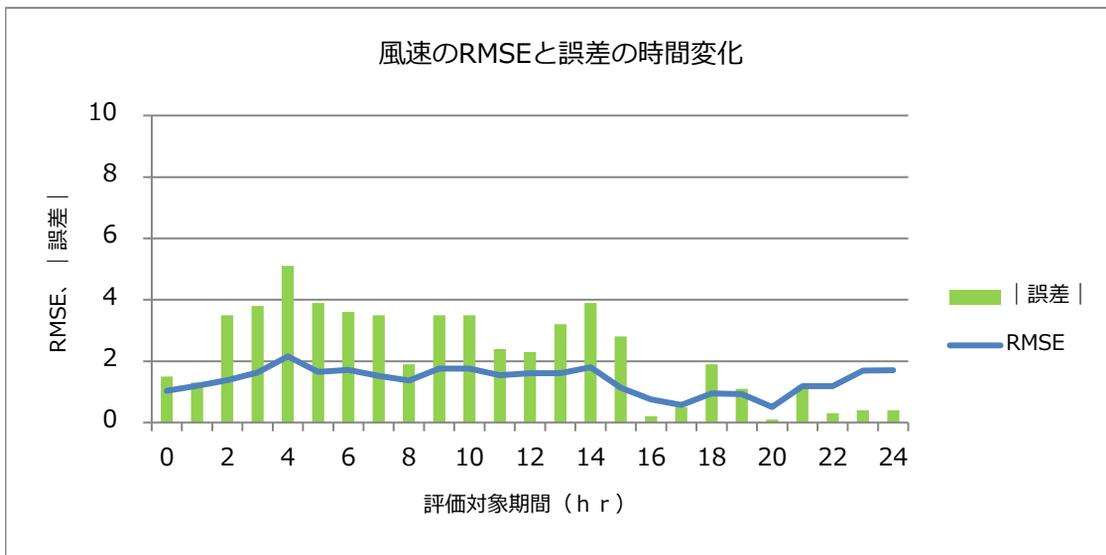
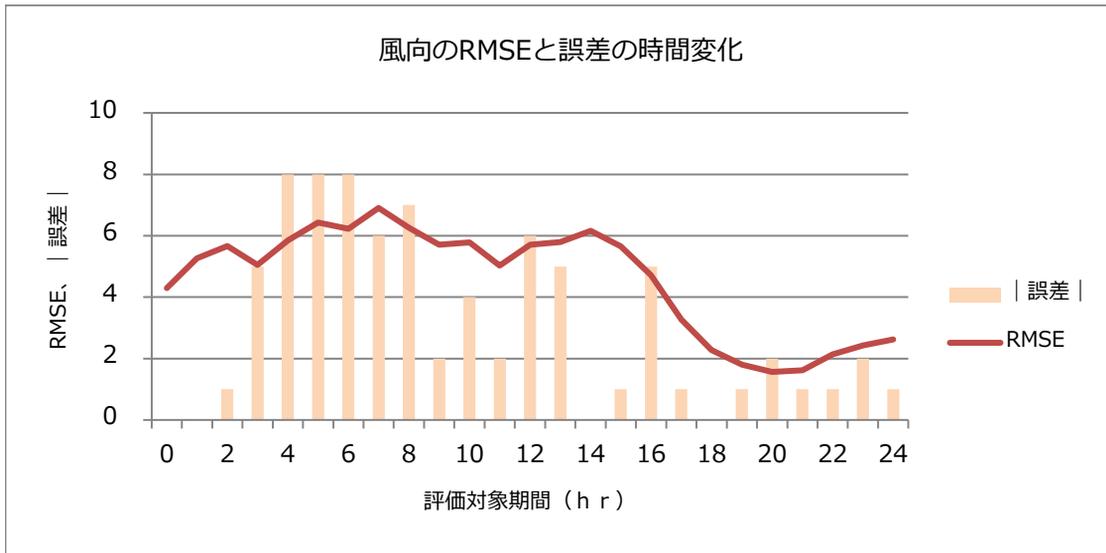
※¹ 各気象分類の中で、RMSEが最大の日を対象とした。（ただし、RMSEは3.0以上）

※² 各気象分類の中で、RMSEが最小の日を対象とした。（ただし、RMSEは2.0以下）



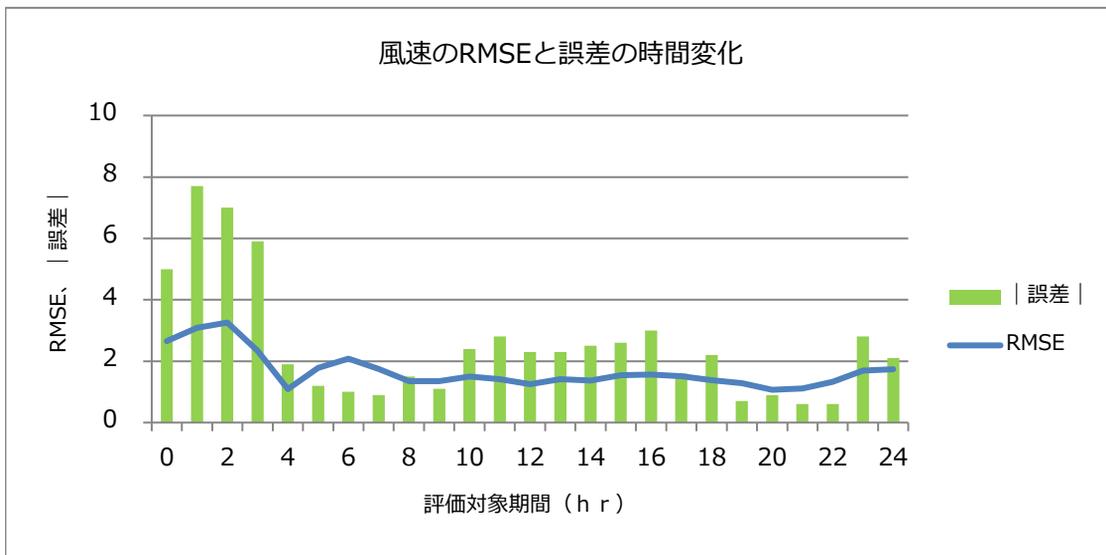
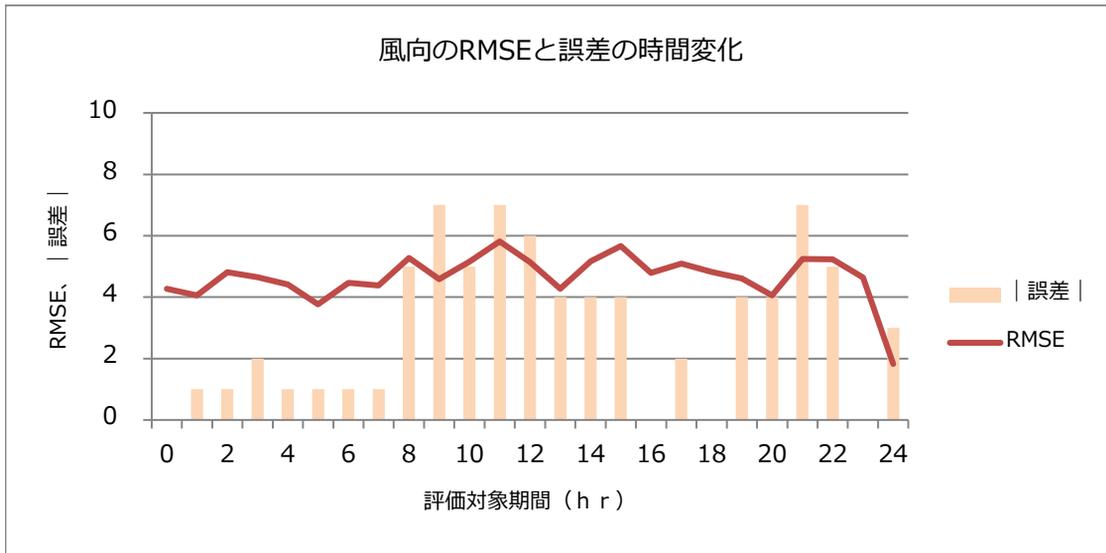
LF:2012/03/05

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	4.25	6	0	2.15	4.9
1	3.67	5	1	1.99	4.6
2	3.12	4	2	2.03	4.0
3	3.02	4	3	2.07	3.2
4	2.89	3	4	2.10	3.9
5	3.61	3	5	1.62	4.1
6	4.20	3	6	1.45	3.1
7	4.68	4	7	1.76	4.8
8	4.20	8	8	1.21	2.0
9	2.98	6	9	1.18	1.2
10	3.15	6	10	1.26	1.9
11	1.86	0	11	1.40	3.0
12	2.48	1	12	0.98	1.1
13	2.27	2	13	0.85	0.3
14	3.06	2	14	0.70	0.4
15	3.68	1	15	0.82	0.7
16	3.14	4	16	1.05	2.5
17	3.91	2	17	1.25	2.4
18	4.55	4	18	0.79	0.8
19	4.11	3	19	0.79	2.1
20	2.90	2	20	0.95	1.5
21	4.84	7	21	1.88	1.8
22	4.86	8	22	1.27	0.9
23	5.01	6	23	1.82	0.6
24	5.48	6	24	1.06	1.7
avg	3.68	4.00		1.38	2.30



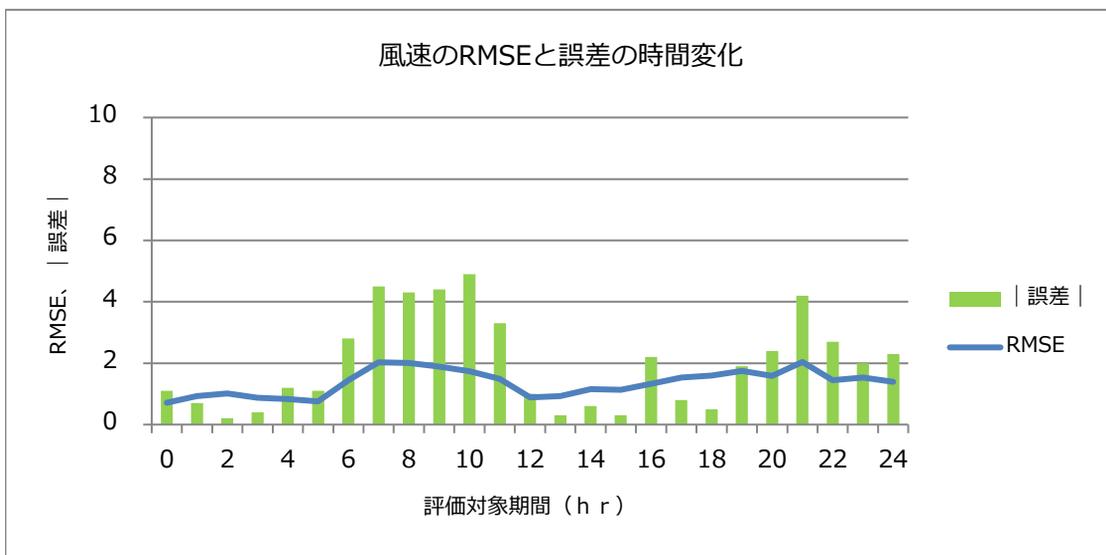
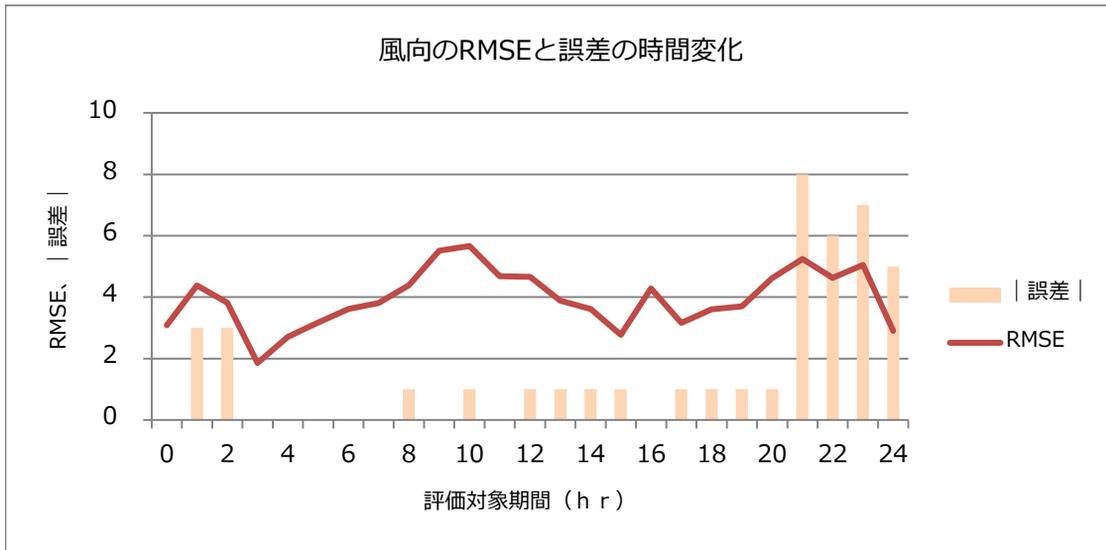
LS:2012/10/28

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	4.29	0	0	1.03	1.5
1	5.26	0	1	1.20	1.3
2	5.67	1	2	1.38	3.5
3	5.05	5	3	1.63	3.8
4	5.85	8	4	2.16	5.1
5	6.43	8	5	1.65	3.9
6	6.23	8	6	1.71	3.6
7	6.91	6	7	1.52	3.5
8	6.26	7	8	1.37	1.9
9	5.71	2	9	1.76	3.5
10	5.79	4	10	1.76	3.5
11	5.03	2	11	1.54	2.4
12	5.71	6	12	1.61	2.3
13	5.79	5	13	1.60	3.2
14	6.16	calm	14	1.80	3.9
15	5.65	1	15	1.14	2.8
16	4.72	5	16	0.75	0.2
17	3.27	1	17	0.57	0.5
18	2.28	calm	18	0.94	1.9
19	1.80	1	19	0.93	1.1
20	1.56	2	20	0.51	0.1
21	1.62	1	21	1.19	1.2
22	2.14	1	22	1.19	0.3
23	2.42	2	23	1.69	0.4
24	2.62	1	24	1.71	0.4
avg	4.57	3.35		1.37	2.23



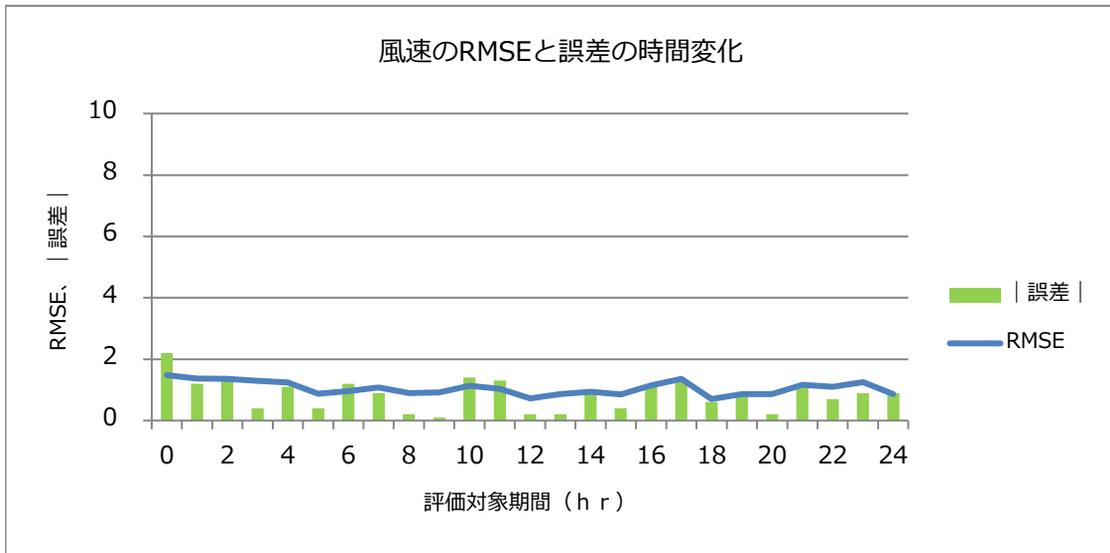
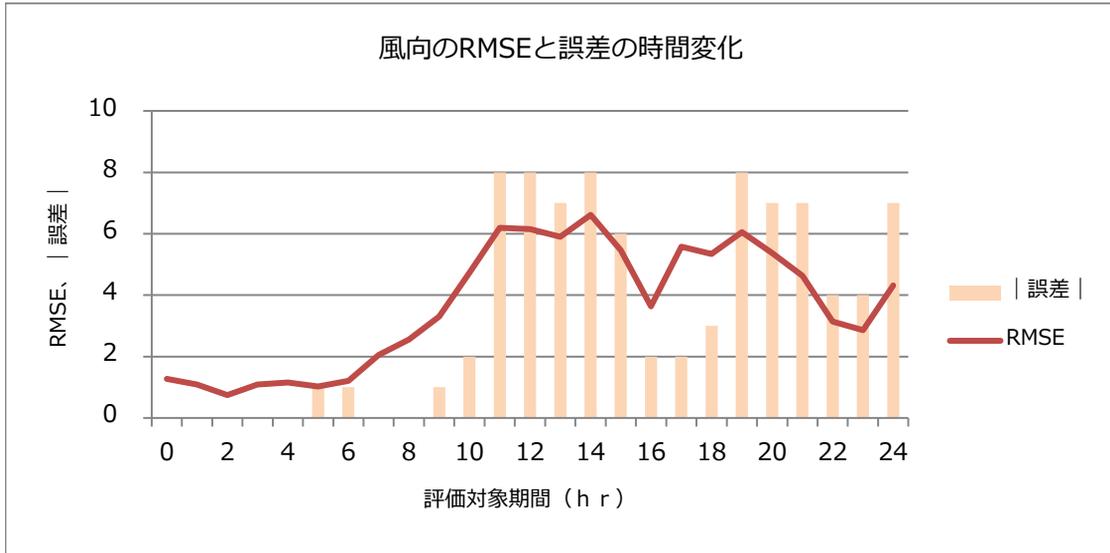
LB:2012/06/22

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	4.27	0	0	2.66	5.0
1	4.06	1	1	3.08	7.7
2	4.81	1	2	3.26	7.0
3	4.66	2	3	2.34	5.9
4	4.42	1	4	1.09	1.9
5	3.77	1	5	1.78	1.2
6	4.47	1	6	2.08	1.0
7	4.39	1	7	1.75	0.9
8	5.28	5	8	1.35	1.5
9	4.59	7	9	1.34	1.1
10	5.16	5	10	1.50	2.4
11	5.82	7	11	1.41	2.8
12	5.14	6	12	1.25	2.3
13	4.28	4	13	1.41	2.3
14	5.17	4	14	1.37	2.5
15	5.66	4	15	1.54	2.6
16	4.80	calm	16	1.56	3.0
17	5.09	2	17	1.51	1.6
18	4.82	calm	18	1.38	2.2
19	4.60	4	19	1.28	0.7
20	4.06	4	20	1.07	0.9
21	5.24	7	21	1.11	0.6
22	5.24	5	22	1.33	0.6
23	4.64	0	23	1.69	2.8
24	1.83	3	24	1.74	2.1
avg	4.65	3.26		1.68	2.50



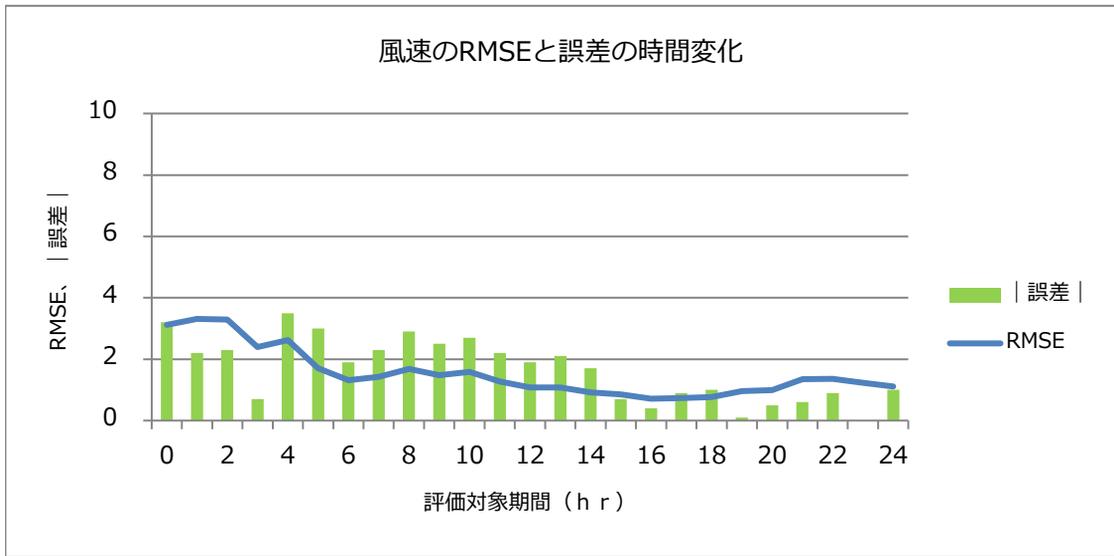
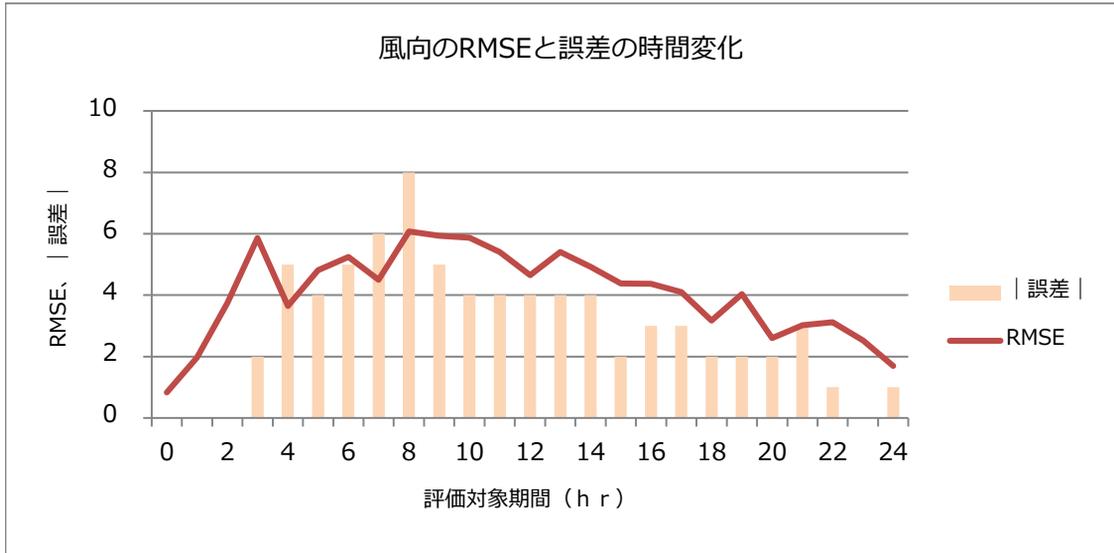
L2:2012/11/11

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	3.08	0	0	0.71	1.1
1	4.38	3	1	0.92	0.7
2	3.82	3	2	1.01	0.2
3	1.85	0	3	0.88	0.4
4	2.70	0	4	0.83	1.2
5	3.17	0	5	0.76	1.1
6	3.62	0	6	1.45	2.8
7	3.81	0	7	2.03	4.5
8	4.39	1	8	2.00	4.3
9	5.51	0	9	1.89	4.4
10	5.67	1	10	1.74	4.9
11	4.68	0	11	1.49	3.3
12	4.66	1	12	0.89	1.0
13	3.88	1	13	0.92	0.3
14	3.62	1	14	1.15	0.6
15	2.78	1	15	1.13	0.3
16	4.29	0	16	1.33	2.2
17	3.16	1	17	1.54	0.8
18	3.61	1	18	1.60	0.5
19	3.70	1	19	1.75	1.9
20	4.62	1	20	1.58	2.4
21	5.24	8	21	2.04	4.2
22	4.63	6	22	1.45	2.7
23	5.06	7	23	1.54	2.0
24	2.91	5	24	1.39	2.3
avg	3.95	1.68		1.36	2.00



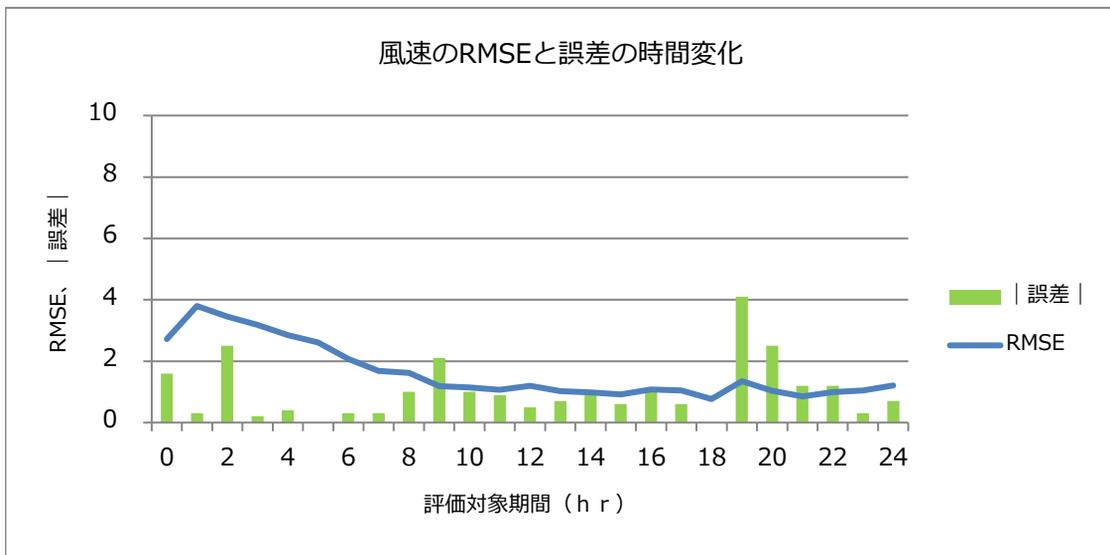
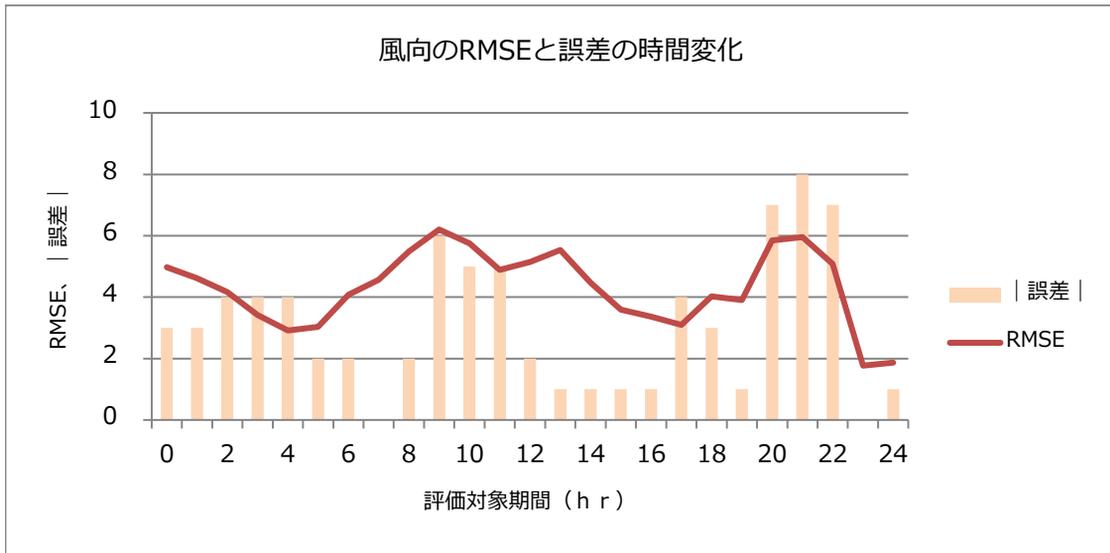
OLF:2012/06/16

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	1.28	0	0	1.47	2.2
1	1.09	0	1	1.37	1.2
2	0.75	0	2	1.36	1.3
3	1.09	0	3	1.29	0.4
4	1.16	0	4	1.24	1.1
5	1.03	1	5	0.87	0.4
6	1.21	1	6	0.96	1.2
7	2.05	0	7	1.08	0.9
8	2.56	0	8	0.89	0.2
9	3.31	1	9	0.91	0.1
10	4.74	2	10	1.14	1.4
11	6.19	8	11	1.03	1.3
12	6.15	8	12	0.72	0.2
13	5.91	7	13	0.86	0.2
14	6.62	8	14	0.94	1.0
15	5.46	6	15	0.85	0.4
16	3.64	2	16	1.14	1.1
17	5.58	2	17	1.36	1.3
18	5.35	3	18	0.70	0.6
19	6.05	8	19	0.87	0.9
20	5.38	7	20	0.87	0.2
21	4.63	7	21	1.16	1.2
22	3.14	4	22	1.10	0.7
23	2.86	4	23	1.25	0.9
24	4.32	7	24	0.87	0.9
avg	3.66	3.44		1.05	0.85



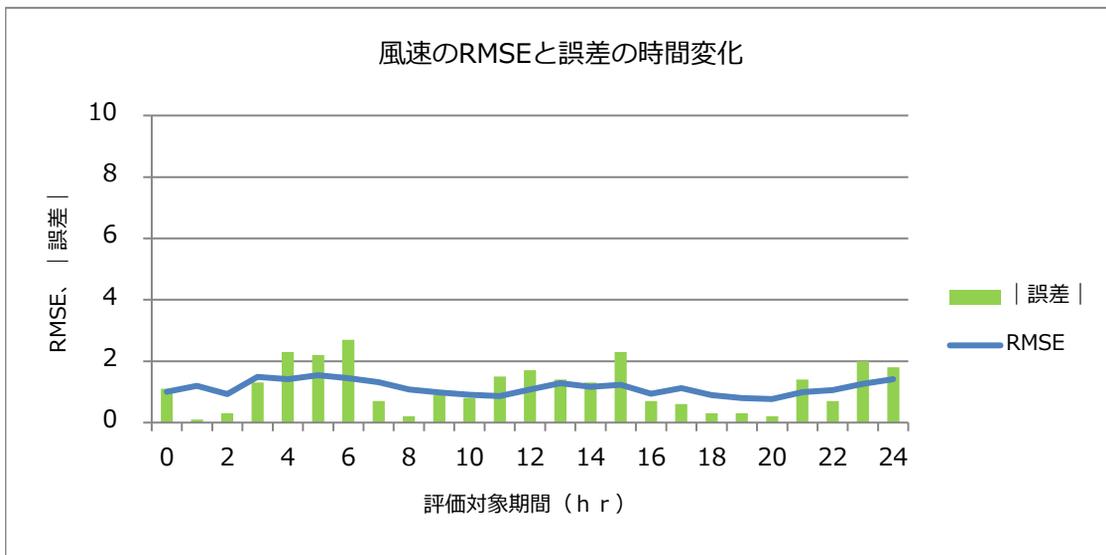
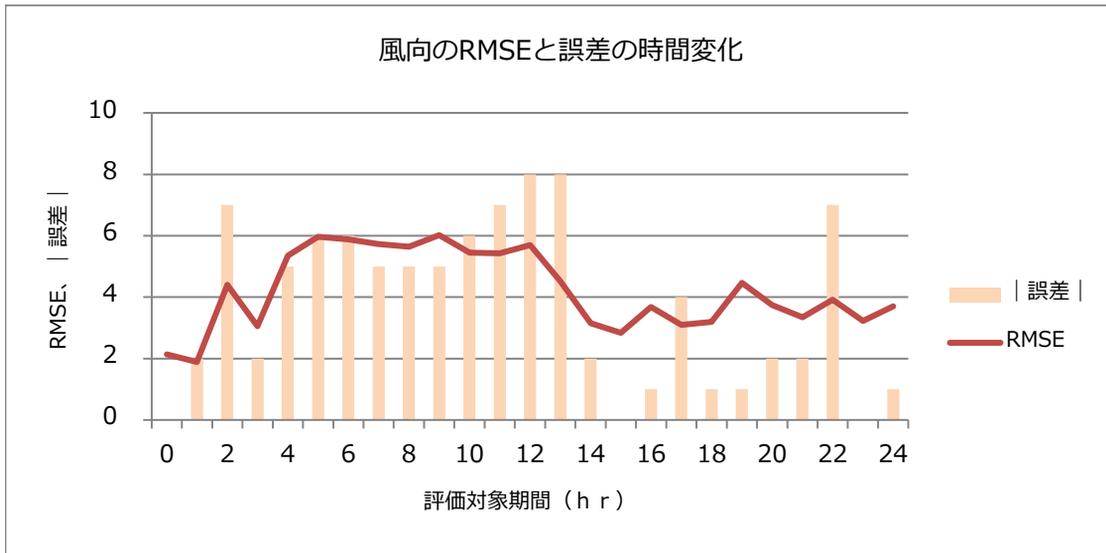
OLS:2012/05/28

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	0.83	0	0	3.12	3.2
1	1.97	0	1	3.32	2.2
2	3.74	0	2	3.30	2.3
3	5.86	2	3	2.40	0.7
4	3.65	5	4	2.62	3.5
5	4.82	4	5	1.70	3.0
6	5.24	5	6	1.31	1.9
7	4.50	6	7	1.42	2.3
8	6.08	8	8	1.69	2.9
9	5.94	5	9	1.48	2.5
10	5.87	4	10	1.59	2.7
11	5.41	4	11	1.28	2.2
12	4.65	4	12	1.08	1.9
13	5.41	4	13	1.08	2.1
14	4.92	4	14	0.91	1.7
15	4.39	2	15	0.85	0.7
16	4.37	3	16	0.72	0.4
17	4.10	3	17	0.73	0.9
18	3.18	2	18	0.77	1.0
19	4.04	2	19	0.96	0.1
20	2.60	2	20	1.00	0.5
21	3.02	3	21	1.35	0.6
22	3.12	1	22	1.36	0.9
23	2.53	0	23	1.23	0.0
24	1.70	1	24	1.11	1.0
avg	4.08	2.96		1.53	1.65



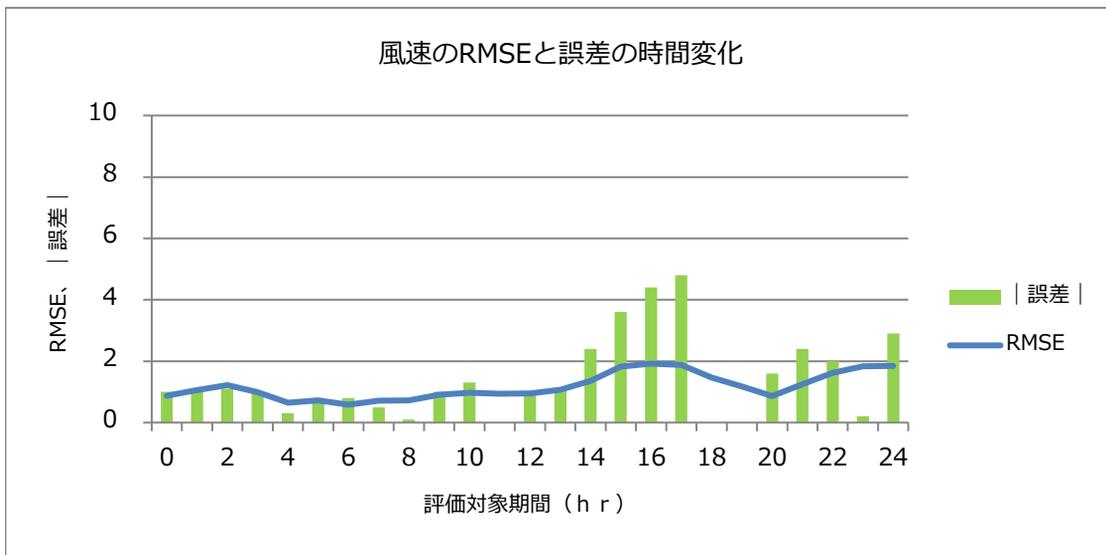
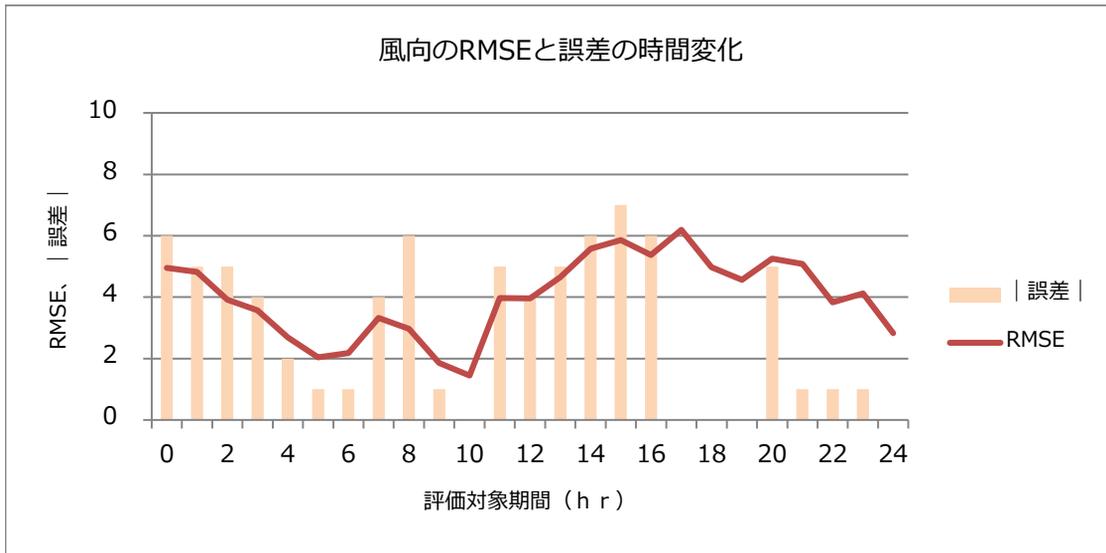
OLB:2012/05/23

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	4.97	3	0	2.72	1.6
1	4.62	3	1	3.80	0.3
2	4.16	4	2	3.45	2.5
3	3.42	4	3	3.18	0.2
4	2.92	4	4	2.85	0.4
5	3.03	2	5	2.61	0.0
6	4.09	2	6	2.08	0.3
7	4.57	0	7	1.68	0.3
8	5.49	2	8	1.62	1.0
9	6.21	6	9	1.19	2.1
10	5.76	5	10	1.15	1.0
11	4.89	5	11	1.07	0.9
12	5.15	2	12	1.20	0.5
13	5.53	1	13	1.03	0.7
14	4.47	1	14	0.98	1.0
15	3.59	1	15	0.92	0.6
16	3.37	1	16	1.07	1.0
17	3.10	4	17	1.04	0.6
18	4.03	3	18	0.76	0.0
19	3.91	1	19	1.35	4.1
20	5.85	7	20	1.04	2.5
21	5.95	8	21	0.85	1.2
22	5.09	7	22	0.99	1.2
23	1.77	0	23	1.05	0.3
24	1.87	1	24	1.20	0.7
avg	4.31	3.08		1.63	1.00



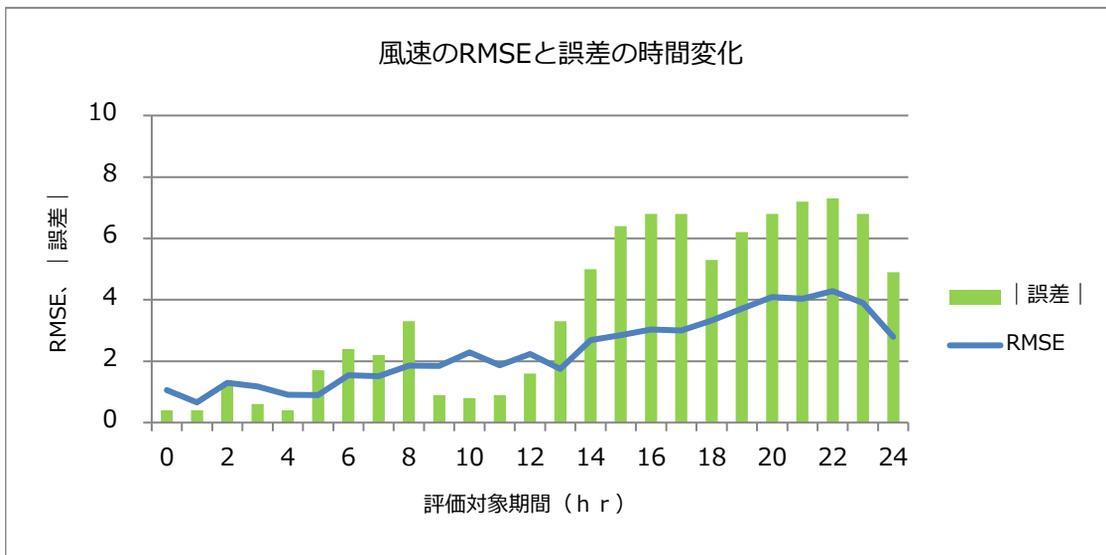
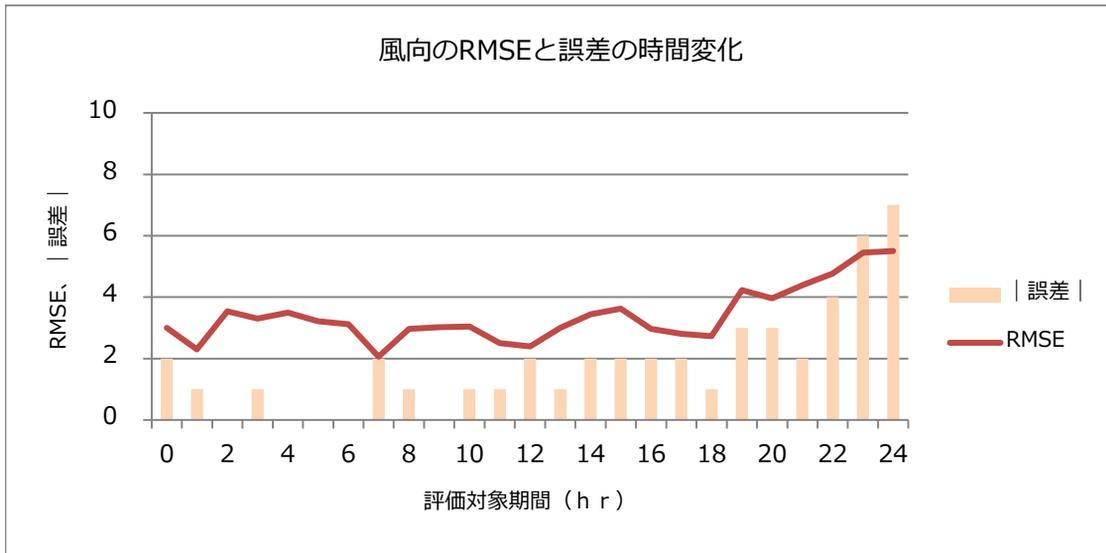
OL2:2012/05/25

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	2.14	0	0	1.00	1.1
1	1.89	2	1	1.20	0.1
2	4.40	7	2	0.92	0.3
3	3.06	2	3	1.49	1.3
4	5.35	5	4	1.41	2.3
5	5.97	6	5	1.54	2.2
6	5.88	6	6	1.45	2.7
7	5.73	5	7	1.32	0.7
8	5.64	5	8	1.08	0.2
9	6.02	5	9	0.98	0.9
10	5.45	6	10	0.91	0.8
11	5.43	7	11	0.87	1.5
12	5.70	8	12	1.07	1.7
13	4.52	8	13	1.29	1.4
14	3.15	2	14	1.16	1.3
15	2.84	0	15	1.22	2.3
16	3.68	1	16	0.94	0.7
17	3.10	4	17	1.12	0.6
18	3.19	1	18	0.89	0.3
19	4.47	1	19	0.80	0.3
20	3.74	2	20	0.77	0.2
21	3.35	2	21	0.99	1.4
22	3.91	7	22	1.05	0.7
23	3.23	0	23	1.27	2.0
24	3.70	1	24	1.41	1.8
avg	4.22	3.72		1.13	1.15



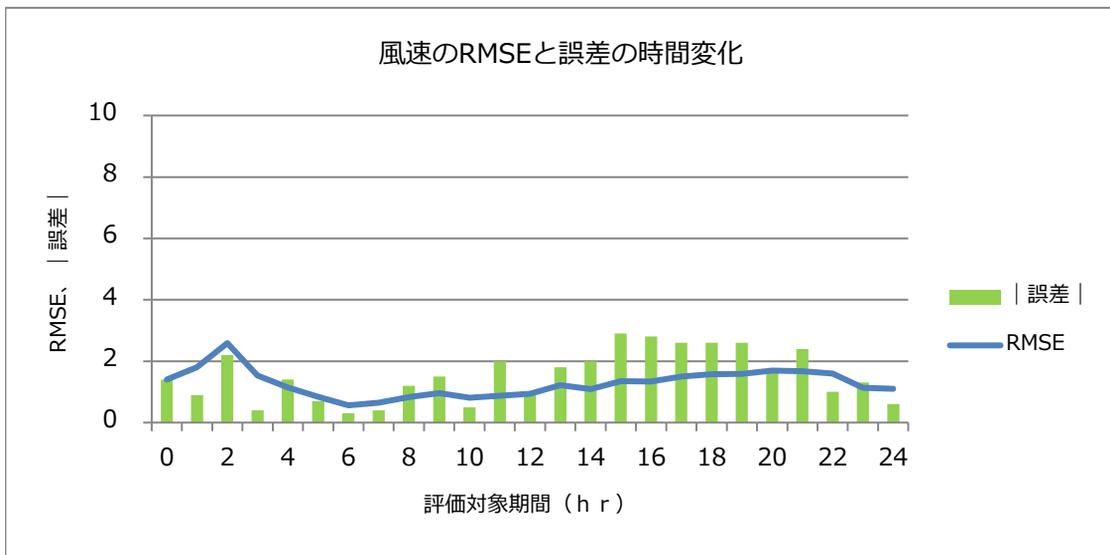
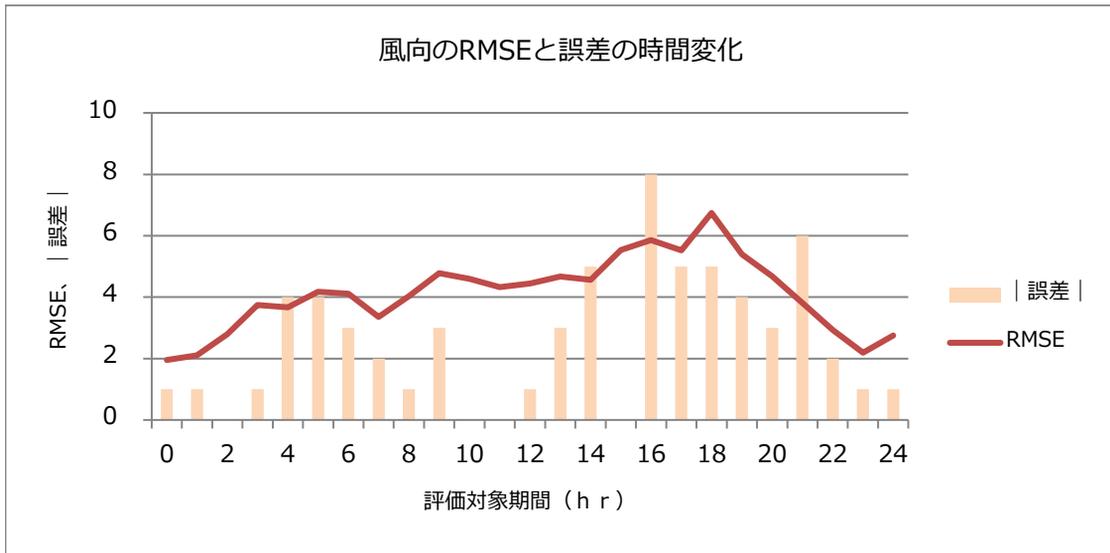
H:2012/11/05

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	4.96	6	0	0.87	1.0
1	4.82	5	1	1.06	1.0
2	3.92	5	2	1.22	1.1
3	3.58	4	3	0.99	1.0
4	2.69	2	4	0.65	0.3
5	2.04	1	5	0.72	0.8
6	2.18	1	6	0.59	0.8
7	3.33	4	7	0.71	0.5
8	2.97	6	8	0.72	0.1
9	1.86	1	9	0.90	1.0
10	1.45	calm	10	0.97	1.3
11	3.97	5	11	0.94	0.0
12	3.96	4	12	0.95	0.9
13	4.65	5	13	1.07	1.1
14	5.58	6	14	1.36	2.4
15	5.86	7	15	1.82	3.6
16	5.38	6	16	1.92	4.4
17	6.19	calm	17	1.87	4.8
18	4.98	データ無し	18	1.47	データ無し
19	4.56	データ無し	19	1.18	データ無し
20	5.26	5	20	0.86	1.6
21	5.08	1	21	1.25	2.4
22	3.83	1	22	1.62	2.0
23	4.12	1	23	1.83	0.2
24	2.83	0	24	1.84	2.9
avg	4.00	3.62		1.17	1.53



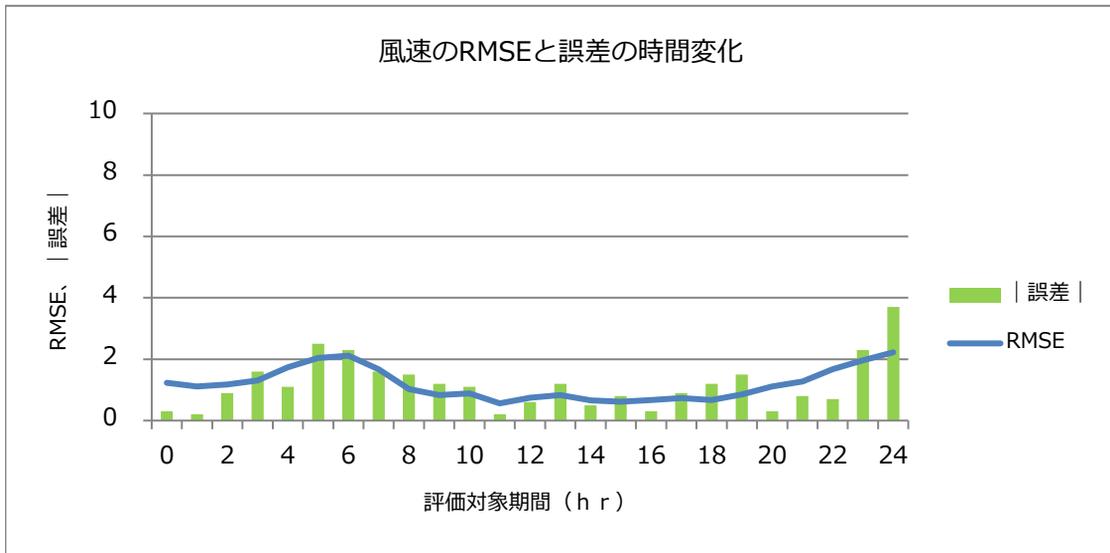
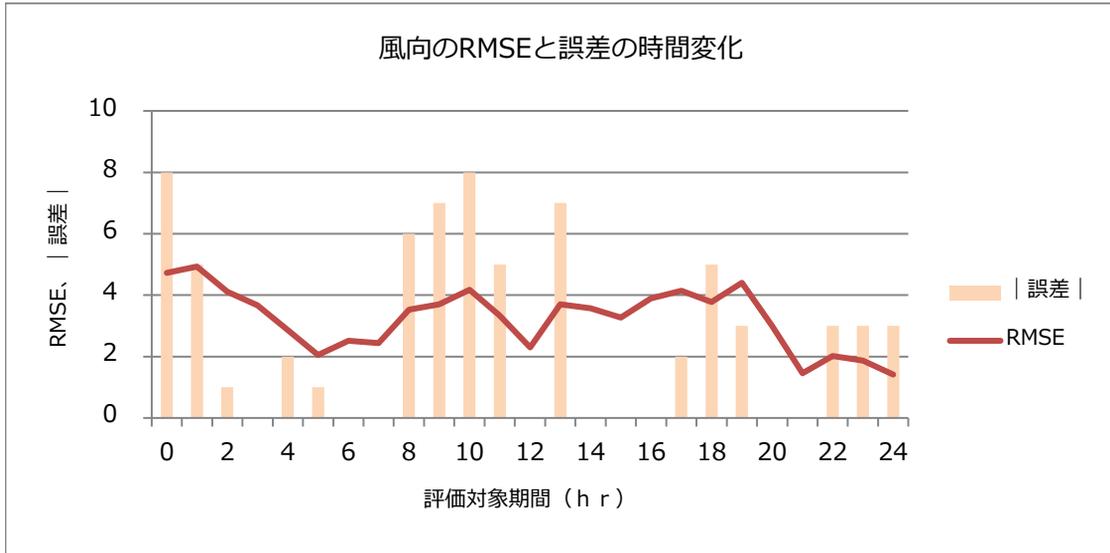
FS:2012/02/23

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	3.00	2	0	1.06	0.4
1	2.30	1	1	0.66	0.4
2	3.54	0	2	1.29	1.2
3	3.31	1	3	1.18	0.6
4	3.50	0	4	0.91	0.4
5	3.22	0	5	0.89	1.7
6	3.12	0	6	1.54	2.4
7	2.07	2	7	1.51	2.2
8	2.96	1	8	1.86	3.3
9	3.02	0	9	1.84	0.9
10	3.05	1	10	2.29	0.8
11	2.50	1	11	1.87	0.9
12	2.40	2	12	2.23	1.6
13	3.00	1	13	1.75	3.3
14	3.45	2	14	2.68	5.0
15	3.62	2	15	2.85	6.4
16	2.96	2	16	3.03	6.8
17	2.81	2	17	3.00	6.8
18	2.73	1	18	3.33	5.3
19	4.23	3	19	3.71	6.2
20	3.96	3	20	4.09	6.8
21	4.39	2	21	4.03	7.2
22	4.77	4	22	4.29	7.3
23	5.45	6	23	3.90	6.8
24	5.51	7	24	2.80	4.9
avg	3.39	1.84		2.34	3.58



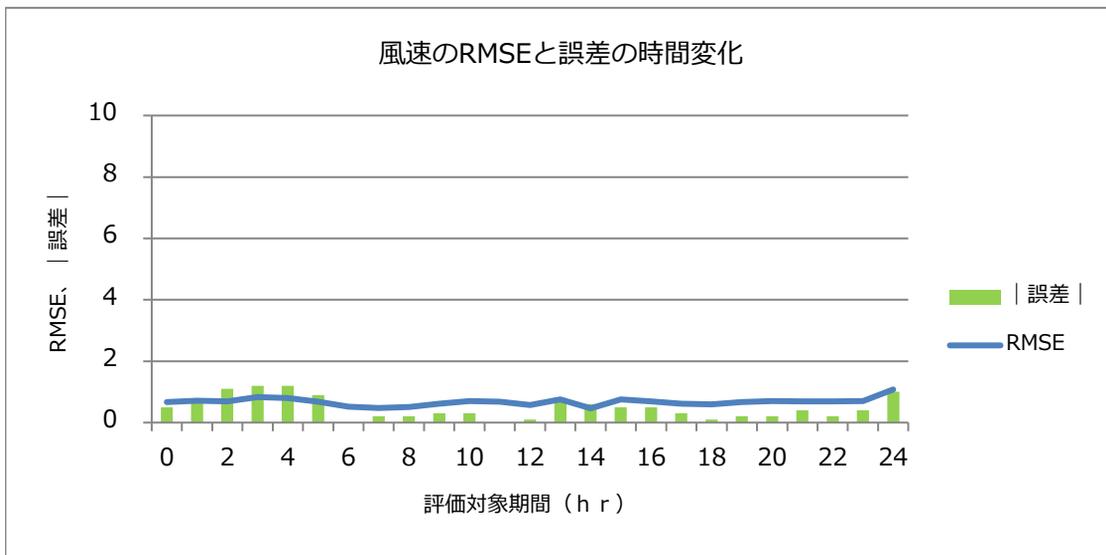
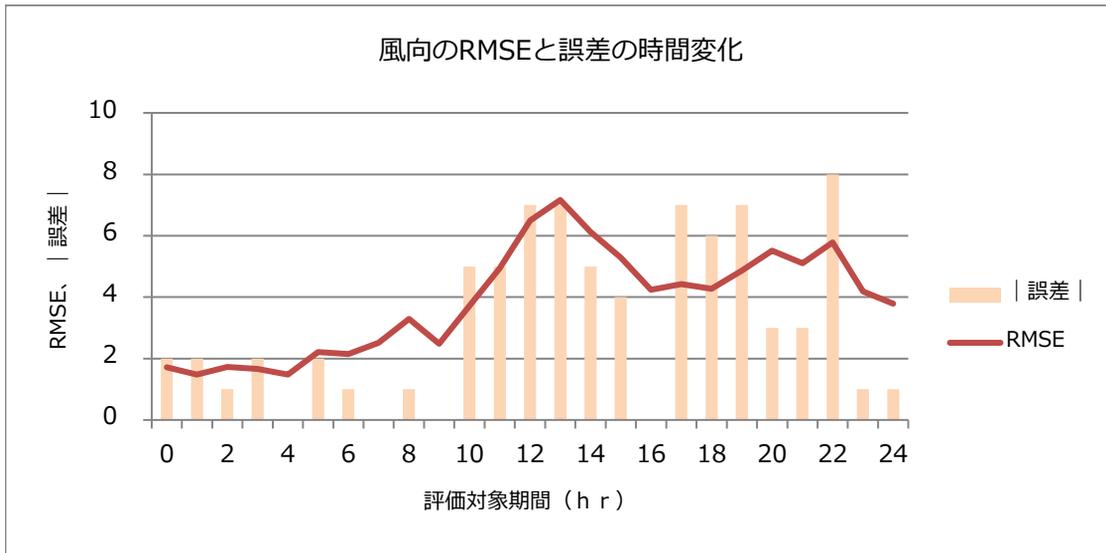
FN:2012/08/17

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	1.95	1	0	1.40	1.4
1	2.11	1	1	1.80	0.9
2	2.80	0	2	2.59	2.2
3	3.74	1	3	1.53	0.4
4	3.67	4	4	1.14	1.4
5	4.18	4	5	0.84	0.7
6	4.11	3	6	0.56	0.3
7	3.36	2	7	0.65	0.4
8	4.04	1	8	0.83	1.2
9	4.78	3	9	0.96	1.5
10	4.60	0	10	0.81	0.5
11	4.33	calm	11	0.87	2.0
12	4.45	1	12	0.93	1.0
13	4.67	3	13	1.22	1.8
14	4.56	5	14	1.09	2.0
15	5.53	calm	15	1.35	2.9
16	5.86	8	16	1.34	2.8
17	5.52	5	17	1.50	2.6
18	6.74	5	18	1.58	2.6
19	5.39	4	19	1.59	2.6
20	4.68	3	20	1.69	1.7
21	3.81	6	21	1.67	2.4
22	2.94	2	22	1.59	1.0
23	2.19	1	23	1.13	1.3
24	2.75	1	24	1.11	0.6
avg	4.11	2.78		1.27	1.53



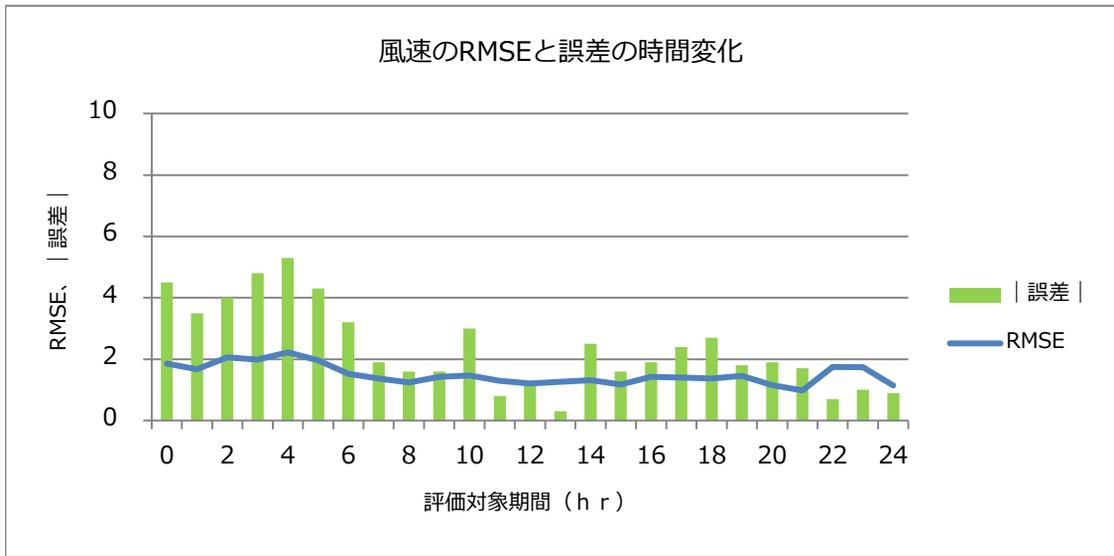
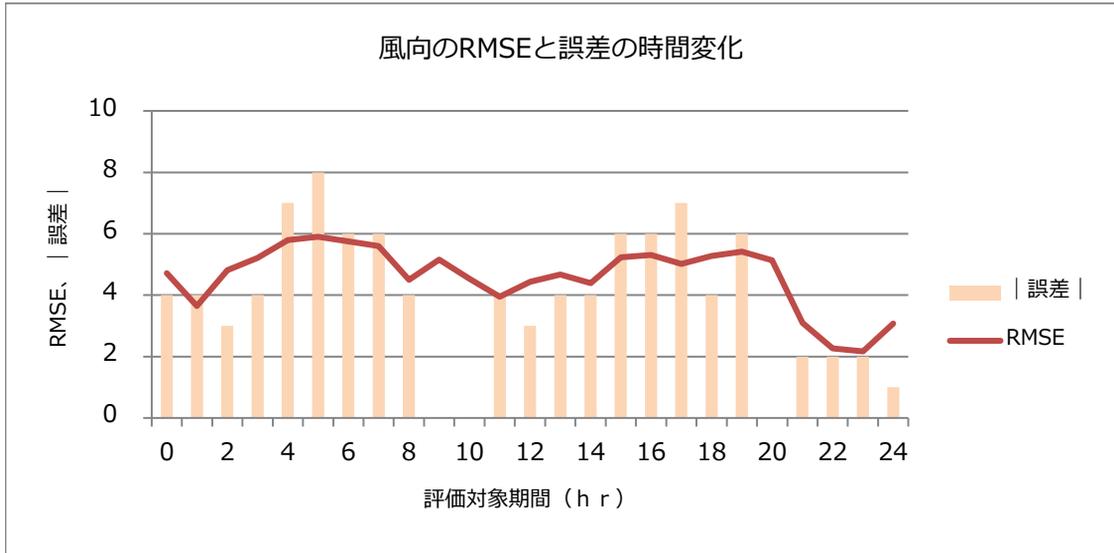
T:2012/09/13

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	4.72	8	0	1.23	0.3
1	4.93	5	1	1.11	0.2
2	4.12	1	2	1.17	0.9
3	3.67	0	3	1.31	1.6
4	2.86	2	4	1.73	1.1
5	2.05	1	5	2.04	2.5
6	2.51	0	6	2.11	2.3
7	2.44	0	7	1.68	1.6
8	3.53	6	8	1.02	1.5
9	3.71	7	9	0.83	1.2
10	4.18	8	10	0.89	1.1
11	3.34	5	11	0.56	0.2
12	2.30	calm	12	0.74	0.6
13	3.71	7	13	0.83	1.2
14	3.57	calm	14	0.66	0.5
15	3.28	calm	15	0.61	0.8
16	3.90	0	16	0.67	0.3
17	4.15	2	17	0.73	0.9
18	3.78	5	18	0.67	1.2
19	4.40	3	19	0.85	1.5
20	3.00	0	20	1.11	0.3
21	1.46	0	21	1.28	0.8
22	2.02	3	22	1.68	0.7
23	1.87	3	23	1.96	2.3
24	1.41	3	24	2.23	3.7
avg	3.24	3.14		1.19	1.17



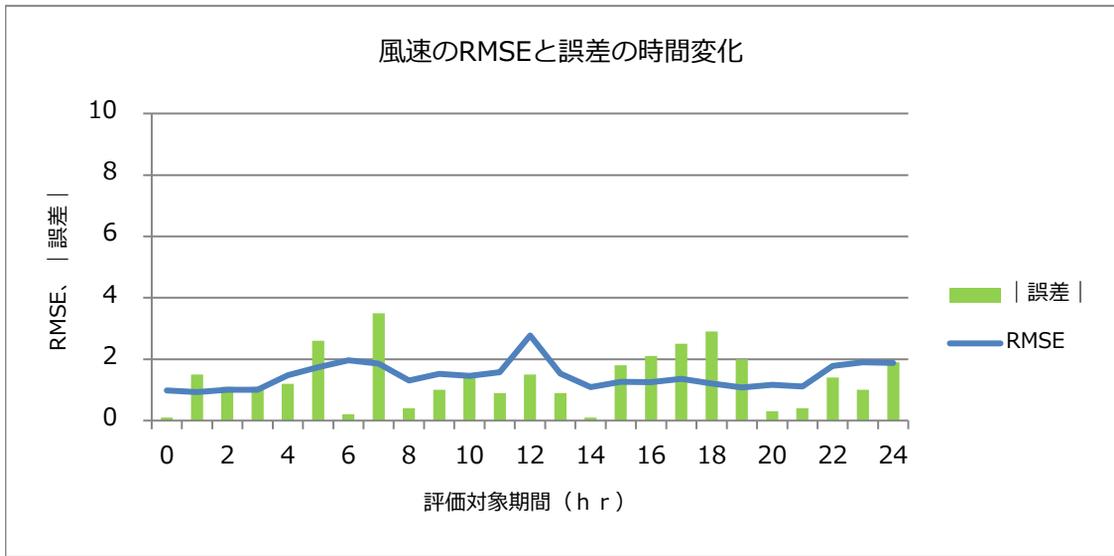
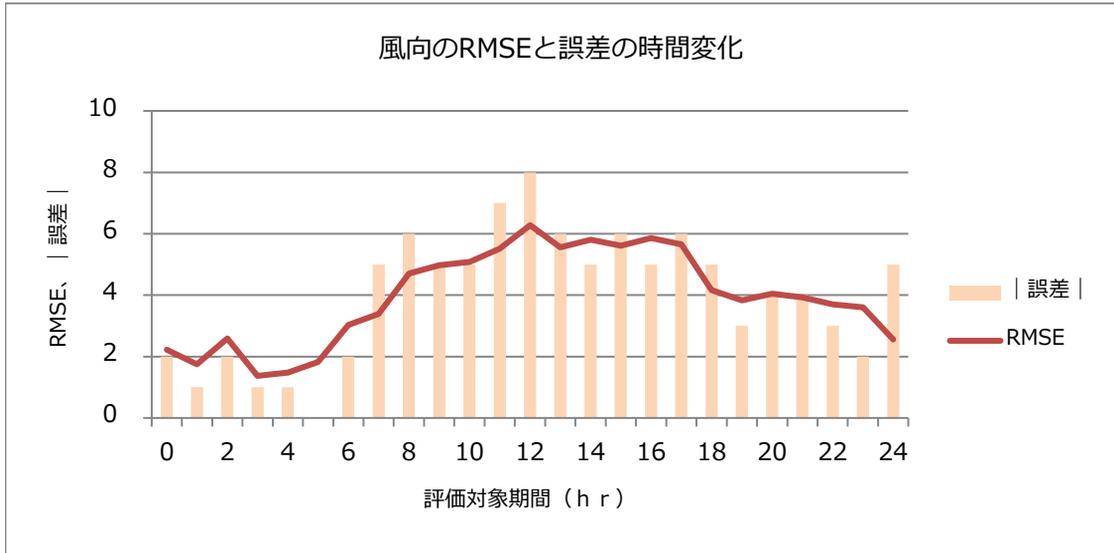
PN:2012/07/22

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	1.71	2	0	0.67	0.5
1	1.48	2	1	0.71	0.7
2	1.73	1	2	0.69	1.1
3	1.66	2	3	0.83	1.2
4	1.48	0	4	0.80	1.2
5	2.21	2	5	0.68	0.9
6	2.15	1	6	0.52	0.0
7	2.51	0	7	0.47	0.2
8	3.30	1	8	0.50	0.2
9	2.48	0	9	0.61	0.3
10	3.73	5	10	0.70	0.3
11	4.94	5	11	0.68	0.0
12	6.50	7	12	0.57	0.1
13	7.17	7	13	0.76	0.8
14	6.12	5	14	0.46	0.6
15	5.28	4	15	0.75	0.5
16	4.24	calm	16	0.69	0.5
17	4.42	7	17	0.62	0.3
18	4.27	6	18	0.59	0.1
19	4.87	7	19	0.66	0.2
20	5.51	3	20	0.70	0.2
21	5.11	3	21	0.69	0.4
22	5.79	8	22	0.69	0.2
23	4.19	1	23	0.70	0.4
24	3.78	1	24	1.08	1.0
avg	3.86	3.33		0.67	0.48



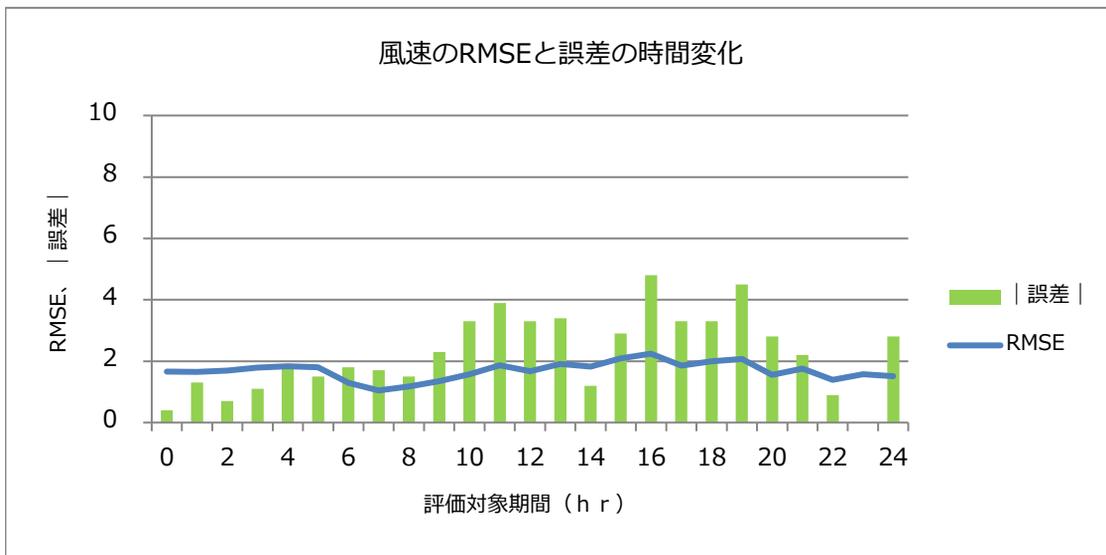
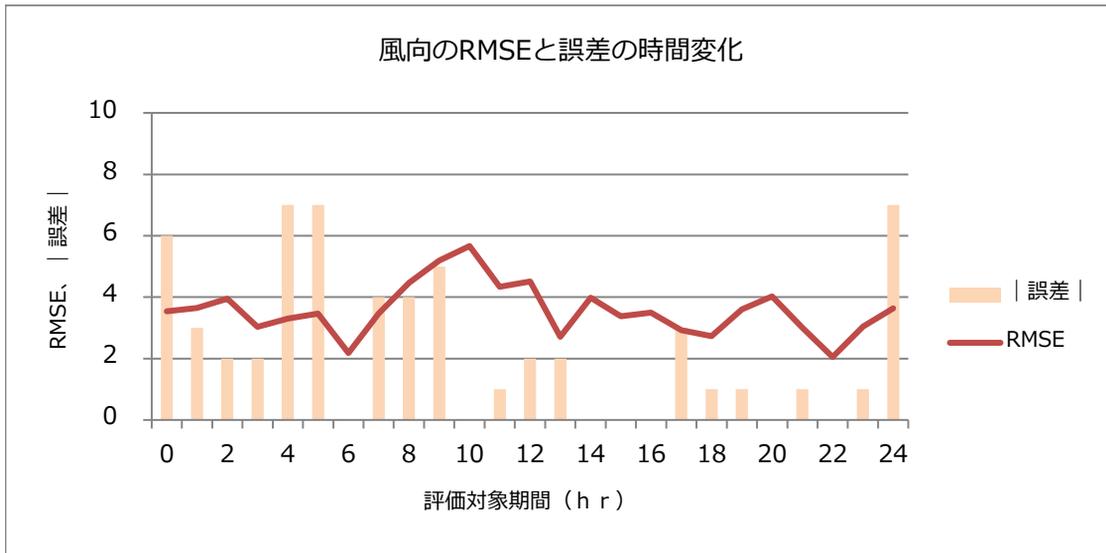
PE:2012/04/22

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	4.71	4	0	1.86	4.5
1	3.65	4	1	1.68	3.5
2	4.81	3	2	2.06	4.0
3	5.21	4	3	1.99	4.8
4	5.79	7	4	2.22	5.3
5	5.90	8	5	1.96	4.3
6	5.75	6	6	1.52	3.2
7	5.60	6	7	1.37	1.9
8	4.50	4	8	1.24	1.6
9	5.16	calm	9	1.43	1.6
10	4.53	calm	10	1.47	3.0
11	3.95	4	11	1.29	0.8
12	4.44	3	12	1.21	1.2
13	4.67	4	13	1.26	0.3
14	4.39	4	14	1.31	2.5
15	5.23	6	15	1.18	1.6
16	5.31	6	16	1.43	1.9
17	5.02	7	17	1.40	2.4
18	5.28	4	18	1.37	2.7
19	5.42	6	19	1.45	1.8
20	5.14	calm	20	1.15	1.9
21	3.09	2	21	0.98	1.7
22	2.27	2	22	1.74	0.7
23	2.17	2	23	1.74	1.0
24	3.07	1	24	1.15	0.9
avg	4.60	4.41		1.50	2.36



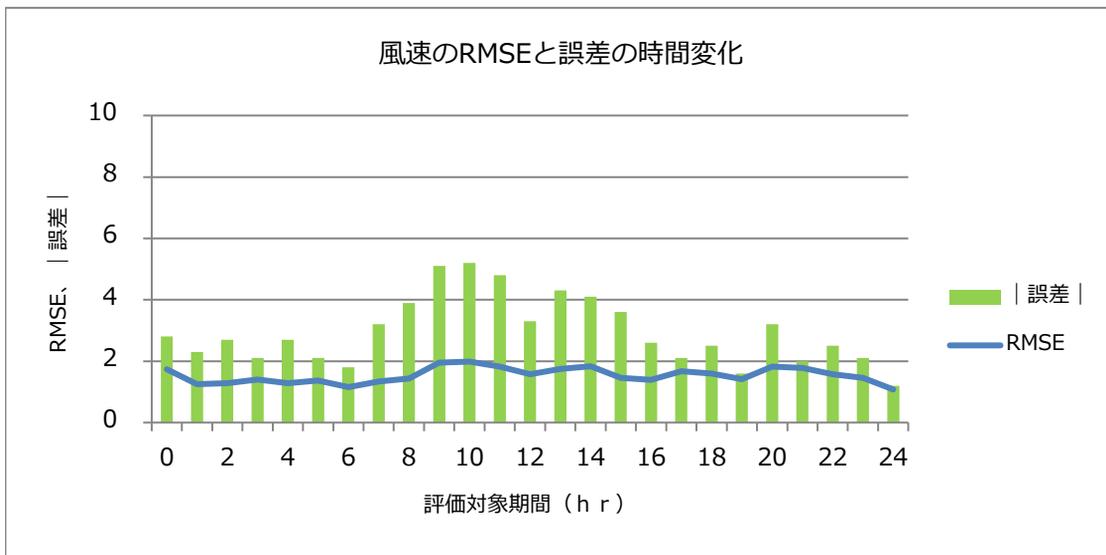
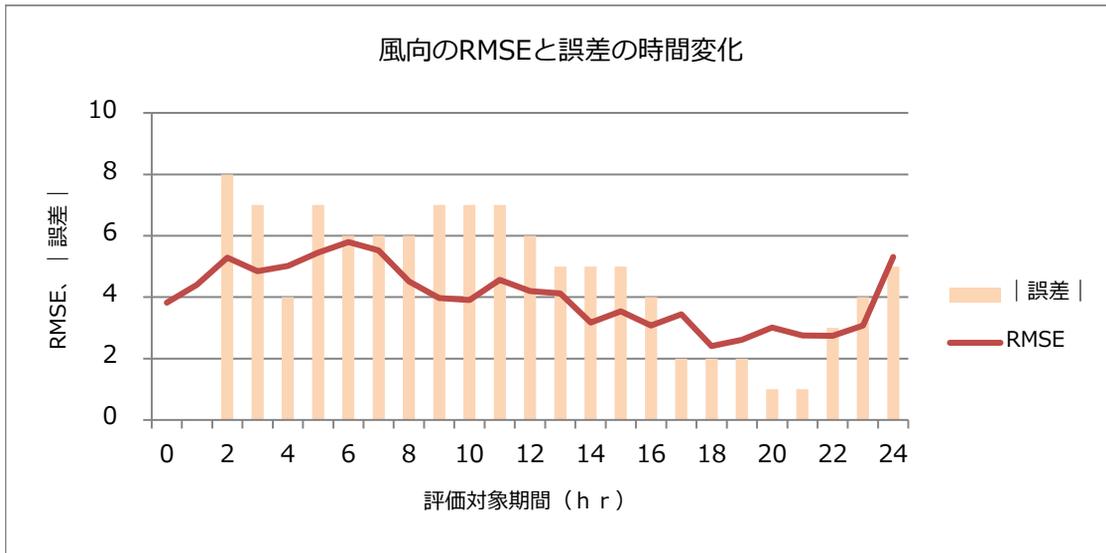
PS:2012/05/17

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	2.22	2	0	0.99	0.1
1	1.75	1	1	0.92	1.5
2	2.59	2	2	1.01	1.1
3	1.37	1	3	1.00	1.1
4	1.48	1	4	1.48	1.2
5	1.83	0	5	1.73	2.6
6	3.03	2	6	1.96	0.2
7	3.39	5	7	1.86	3.5
8	4.71	6	8	1.30	0.4
9	4.98	5	9	1.52	1.0
10	5.09	5	10	1.46	1.5
11	5.51	7	11	1.58	0.9
12	6.29	8	12	2.77	1.5
13	5.56	6	13	1.53	0.9
14	5.81	5	14	1.09	0.1
15	5.62	6	15	1.26	1.8
16	5.86	5	16	1.25	2.1
17	5.66	6	17	1.36	2.5
18	4.17	5	18	1.21	2.9
19	3.83	3	19	1.08	2.0
20	4.05	4	20	1.16	0.3
21	3.93	4	21	1.11	0.4
22	3.70	3	22	1.78	1.4
23	3.61	2	23	1.90	1.0
24	2.56	5	24	1.88	1.9
avg	3.94	3.96		1.45	1.36



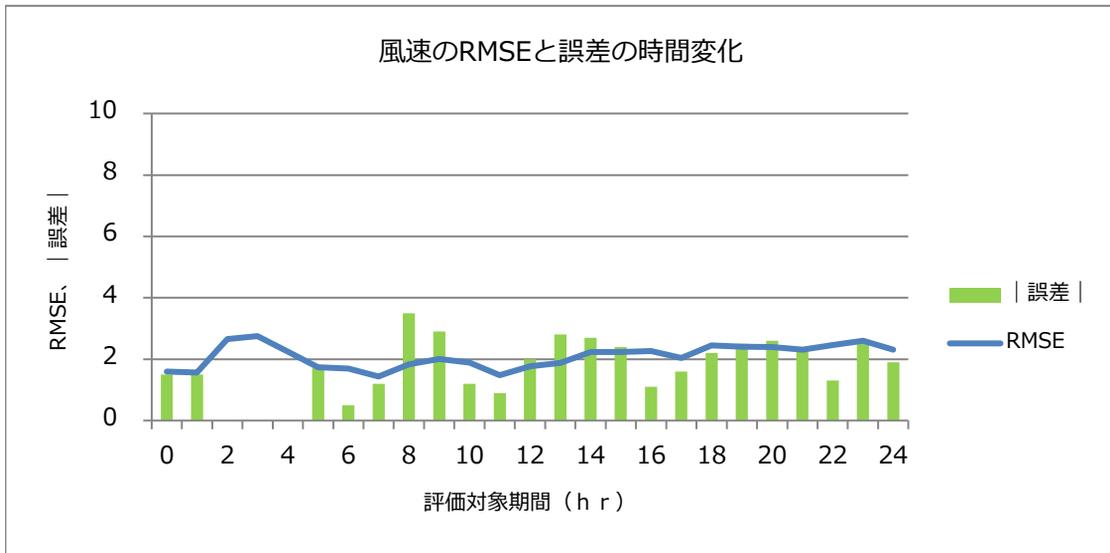
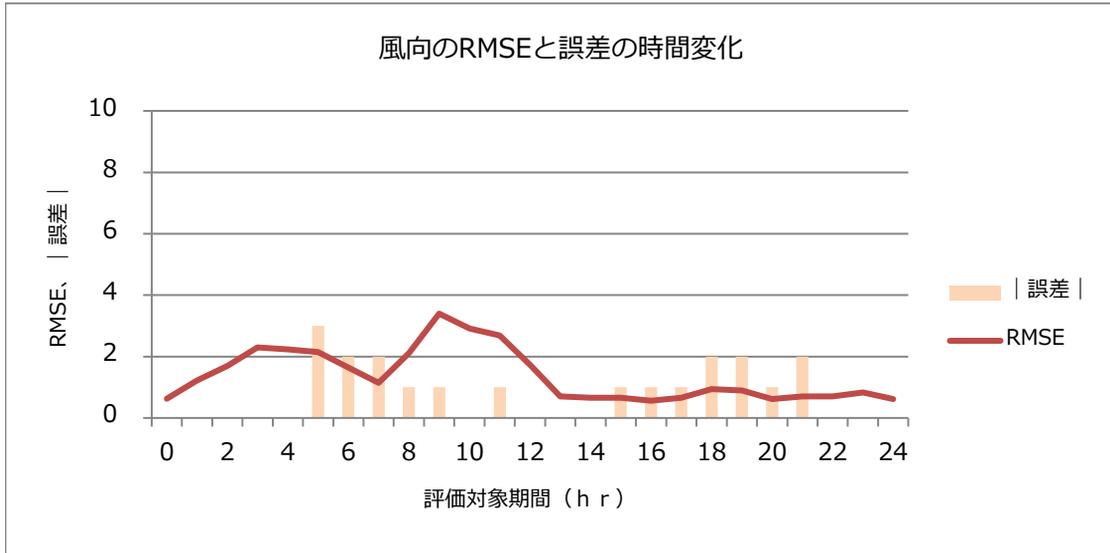
PW:2012/05/11

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	3.54	6	0	1.66	0.4
1	3.65	3	1	1.65	1.3
2	3.95	2	2	1.69	0.7
3	3.03	2	3	1.79	1.1
4	3.31	7	4	1.83	1.9
5	3.46	7	5	1.80	1.5
6	2.18	0	6	1.30	1.8
7	3.46	4	7	1.05	1.7
8	4.47	4	8	1.17	1.5
9	5.19	5	9	1.34	2.3
10	5.66	0	10	1.58	3.3
11	4.34	1	11	1.87	3.9
12	4.51	2	12	1.67	3.3
13	2.71	2	13	1.91	3.4
14	3.98	0	14	1.82	1.2
15	3.38	0	15	2.09	2.9
16	3.50	calm	16	2.24	4.8
17	2.92	3	17	1.86	3.3
18	2.73	1	18	1.99	3.3
19	3.61	1	19	2.07	4.5
20	4.03	0	20	1.55	2.8
21	3.00	1	21	1.76	2.2
22	2.05	0	22	1.39	0.9
23	3.04	1	23	1.57	0.0
24	3.64	7	24	1.51	2.8
avg	3.57	2.46		1.69	2.27



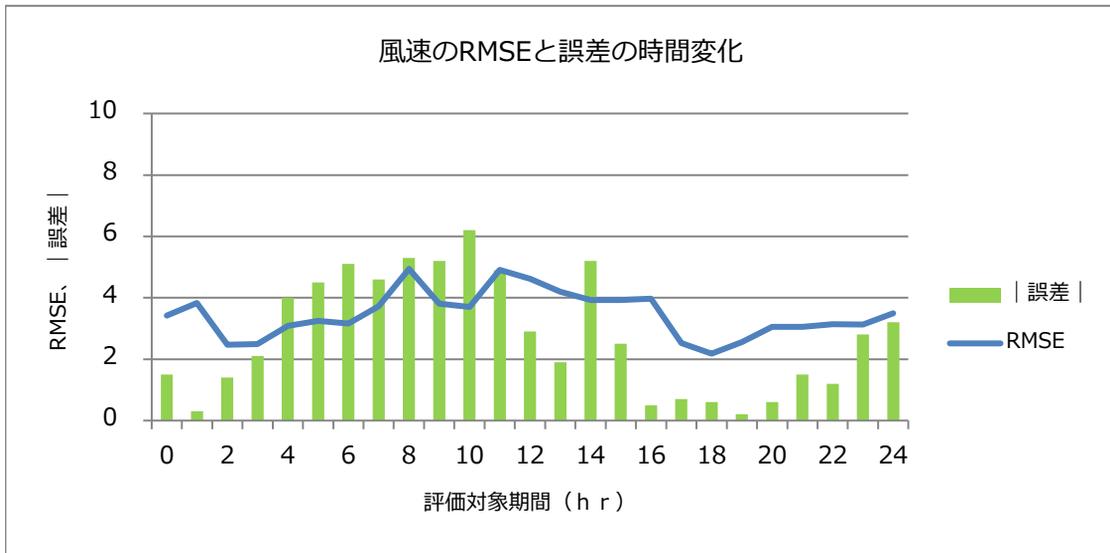
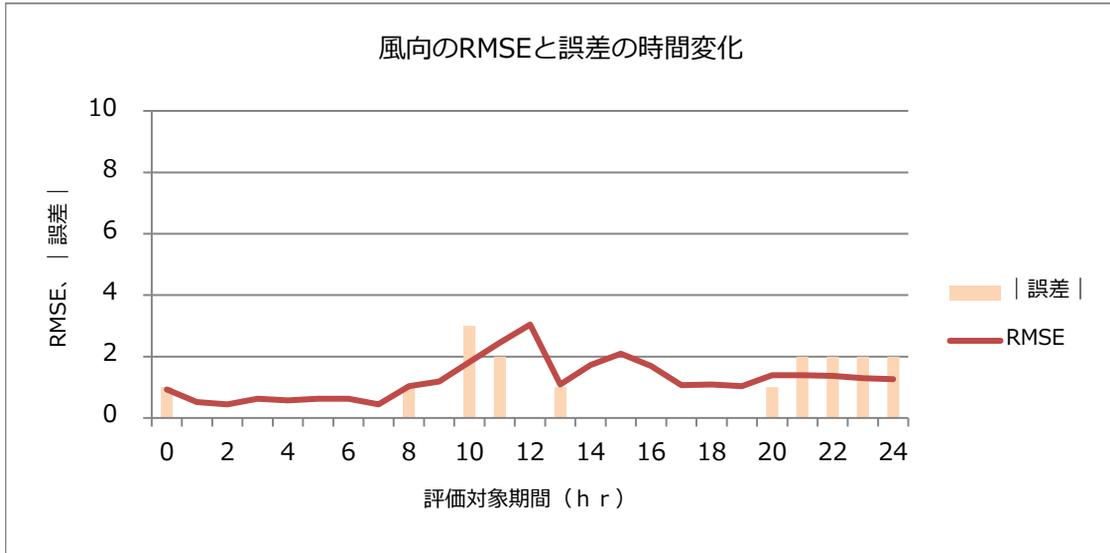
OPW:2012/02/16

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	3.82	0	0	1.74	2.8
1	4.40	0	1	1.25	2.3
2	5.29	8	2	1.29	2.7
3	4.85	7	3	1.40	2.1
4	5.02	4	4	1.29	2.7
5	5.45	7	5	1.37	2.1
6	5.79	6	6	1.15	1.8
7	5.52	6	7	1.33	3.2
8	4.51	6	8	1.44	3.9
9	3.98	7	9	1.95	5.1
10	3.91	7	10	1.99	5.2
11	4.57	7	11	1.83	4.8
12	4.20	6	12	1.58	3.3
13	4.12	5	13	1.75	4.3
14	3.18	5	14	1.83	4.1
15	3.54	5	15	1.46	3.6
16	3.07	4	16	1.39	2.6
17	3.44	2	17	1.67	2.1
18	2.41	2	18	1.60	2.5
19	2.61	2	19	1.42	1.6
20	3.02	1	20	1.82	3.2
21	2.75	1	21	1.78	2.0
22	2.74	3	22	1.57	2.5
23	3.07	4	23	1.46	2.1
24	5.32	5	24	1.08	1.2
avg	4.02	4.40		1.54	2.95



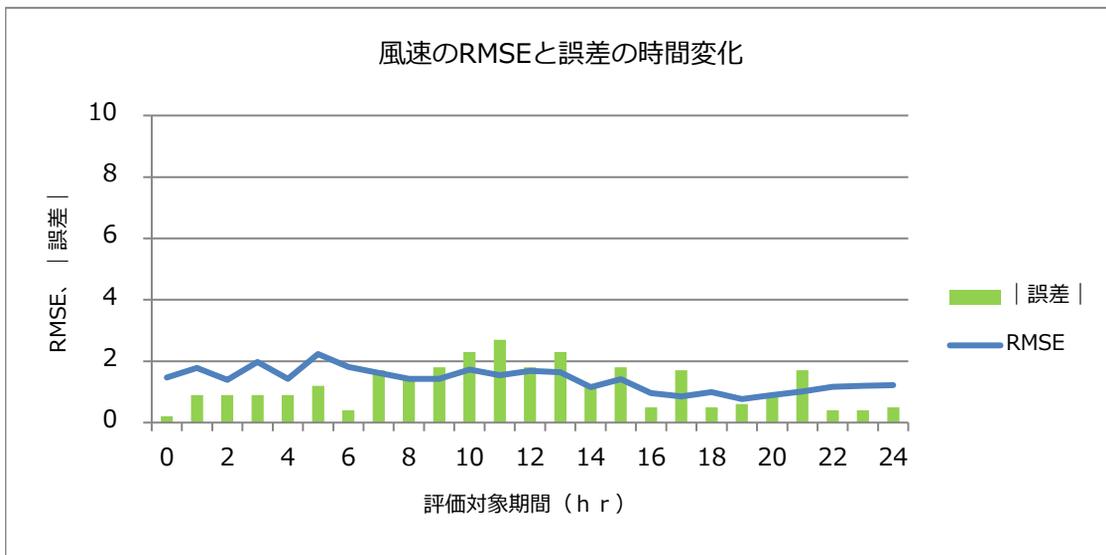
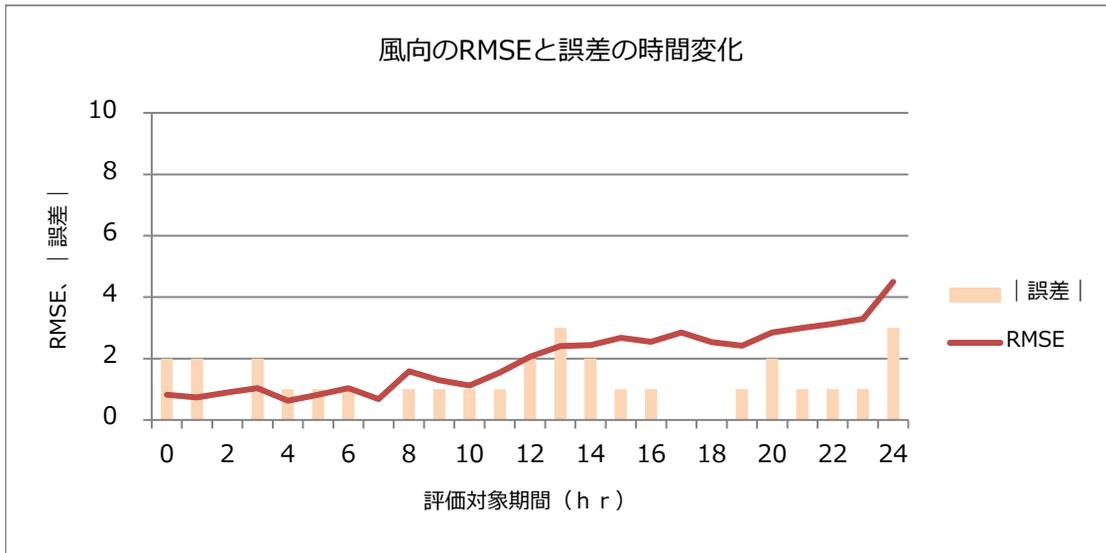
LF:2012/07/11

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	0.63	0	0	1.59	1.5
1	1.23	0	1	1.57	1.5
2	1.69	データ無し	2	2.65	データ無し
3	2.30	データ無し	3	2.75	データ無し
4	2.24	データ無し	4	2.25	データ無し
5	2.15	3	5	1.74	1.7
6	1.64	2	6	1.70	0.5
7	1.15	2	7	1.44	1.2
8	2.12	1	8	1.84	3.5
9	3.40	1	9	2.01	2.9
10	2.91	0	10	1.89	1.2
11	2.69	1	11	1.48	0.9
12	1.73	0	12	1.77	2.0
13	0.71	0	13	1.87	2.8
14	0.66	0	14	2.24	2.7
15	0.66	1	15	2.23	2.4
16	0.56	1	16	2.27	1.1
17	0.66	1	17	2.04	1.6
18	0.94	2	18	2.45	2.2
19	0.90	2	19	2.41	2.5
20	0.61	1	20	2.40	2.6
21	0.71	2	21	2.31	2.3
22	0.71	0	22	2.46	1.3
23	0.83	0	23	2.60	2.5
24	0.61	0	24	2.30	1.9
avg	1.38	0.91		2.09	1.95



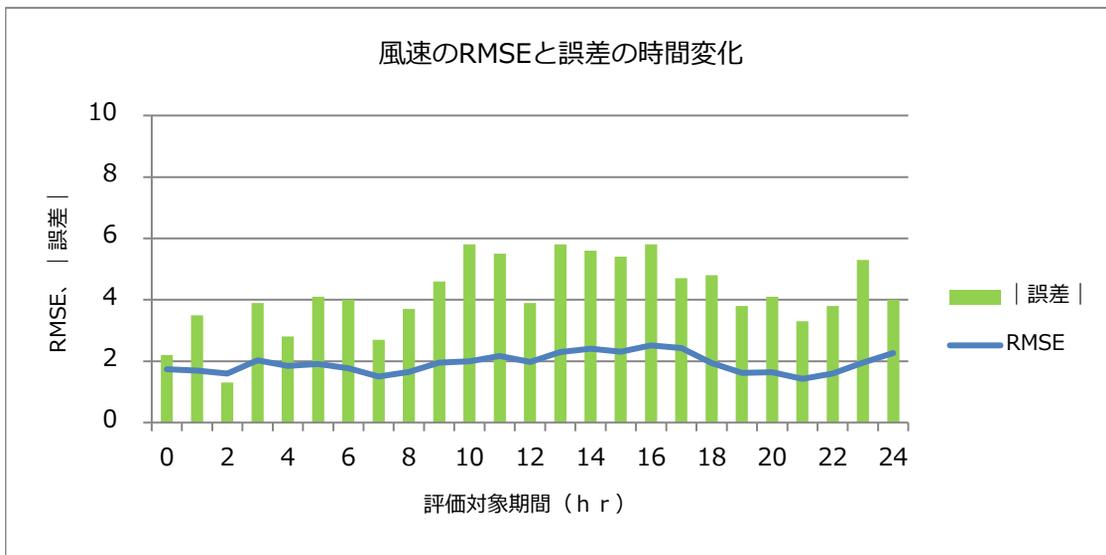
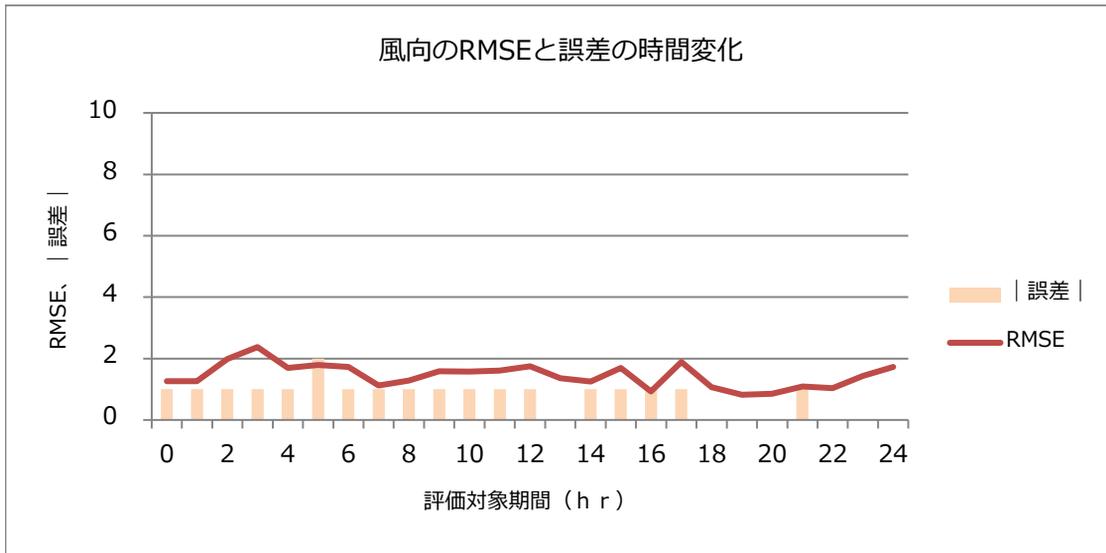
LS:2012/04/03

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	0.93	1	0	3.42	1.5
1	0.52	0	1	3.83	0.3
2	0.45	0	2	2.47	1.4
3	0.63	0	3	2.49	2.1
4	0.58	0	4	3.08	4.0
5	0.63	0	5	3.24	4.5
6	0.63	0	6	3.16	5.1
7	0.45	0	7	3.73	4.6
8	1.03	1	8	4.94	5.3
9	1.18	0	9	3.81	5.2
10	1.83	3	10	3.71	6.2
11	2.45	2	11	4.91	4.9
12	3.04	0	12	4.62	2.9
13	1.10	1	13	4.20	1.9
14	1.73	0	14	3.93	5.2
15	2.10	0	15	3.93	2.5
16	1.69	0	16	3.97	0.5
17	1.07	0	17	2.52	0.7
18	1.10	0	18	2.18	0.6
19	1.03	0	19	2.55	0.2
20	1.39	1	20	3.05	0.6
21	1.39	2	21	3.05	1.5
22	1.37	2	22	3.13	1.2
23	1.29	2	23	3.13	2.8
24	1.27	2	24	3.49	3.2
avg	1.23	0.68		3.46	2.76



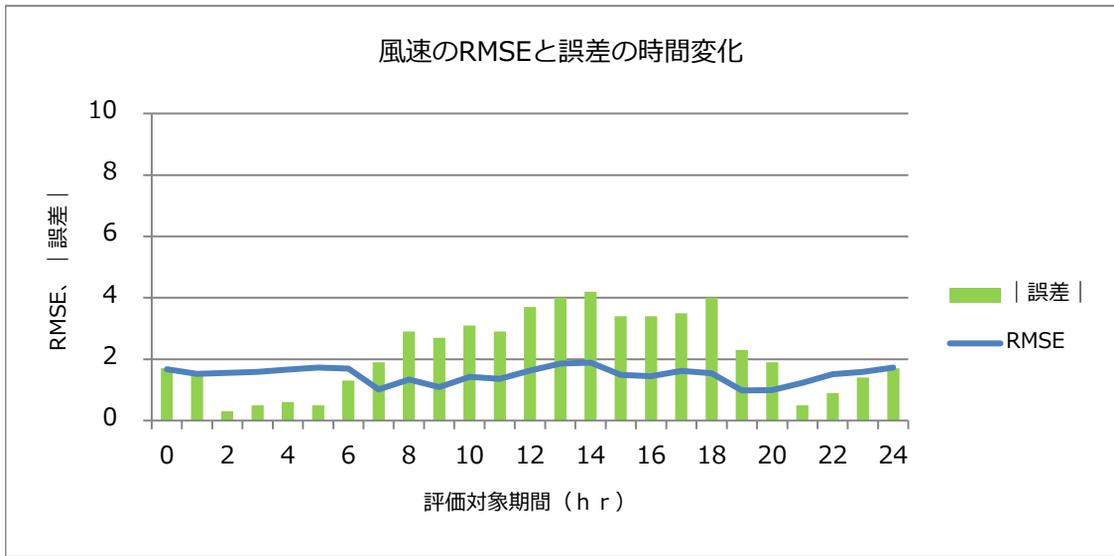
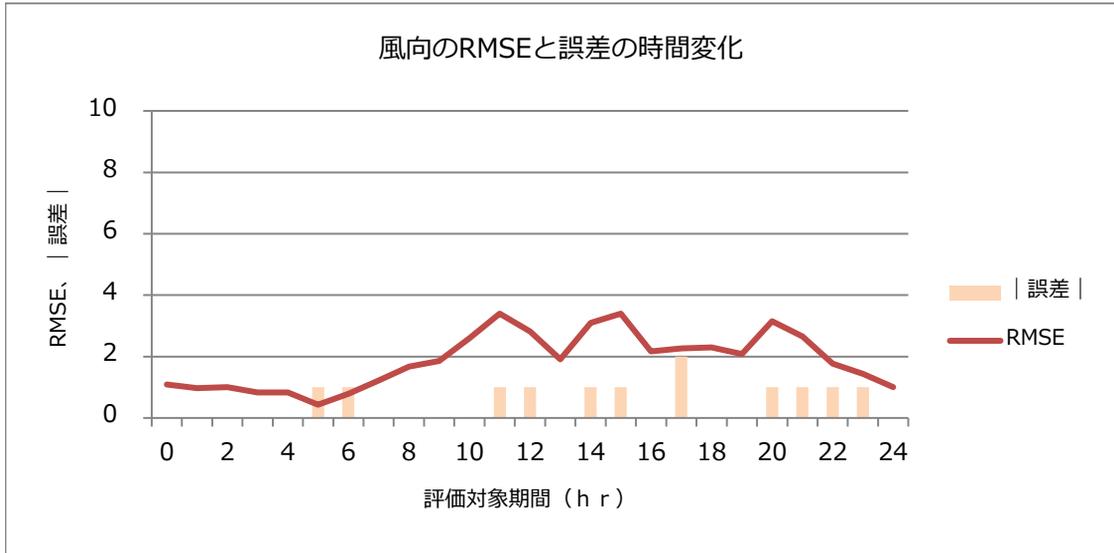
L2:2012/04/26

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	0.82	2	0	1.47	0.2
1	0.73	2	1	1.78	0.9
2	0.89	0	2	1.40	0.9
3	1.03	2	3	1.97	0.9
4	0.63	1	4	1.42	0.9
5	0.82	1	5	2.23	1.2
6	1.03	1	6	1.81	0.4
7	0.68	0	7	1.62	1.7
8	1.59	1	8	1.43	1.5
9	1.29	1	9	1.42	1.8
10	1.13	1	10	1.73	2.3
11	1.55	1	11	1.55	2.7
12	2.07	2	12	1.69	1.8
13	2.41	3	13	1.64	2.3
14	2.44	2	14	1.15	1.2
15	2.67	1	15	1.42	1.8
16	2.55	1	16	0.96	0.5
17	2.85	0	17	0.85	1.7
18	2.54	0	18	0.99	0.5
19	2.42	1	19	0.76	0.6
20	2.85	2	20	0.89	0.9
21	3.00	1	21	1.01	1.7
22	3.13	1	22	1.17	0.4
23	3.30	1	23	1.20	0.4
24	4.50	3	24	1.22	0.5
avg	1.96	1.24		1.39	1.19



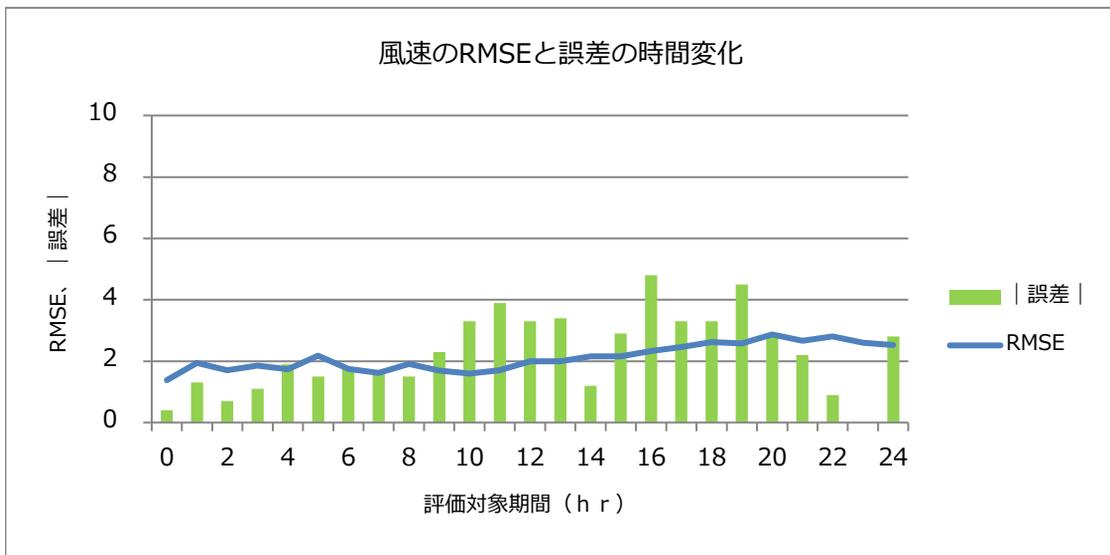
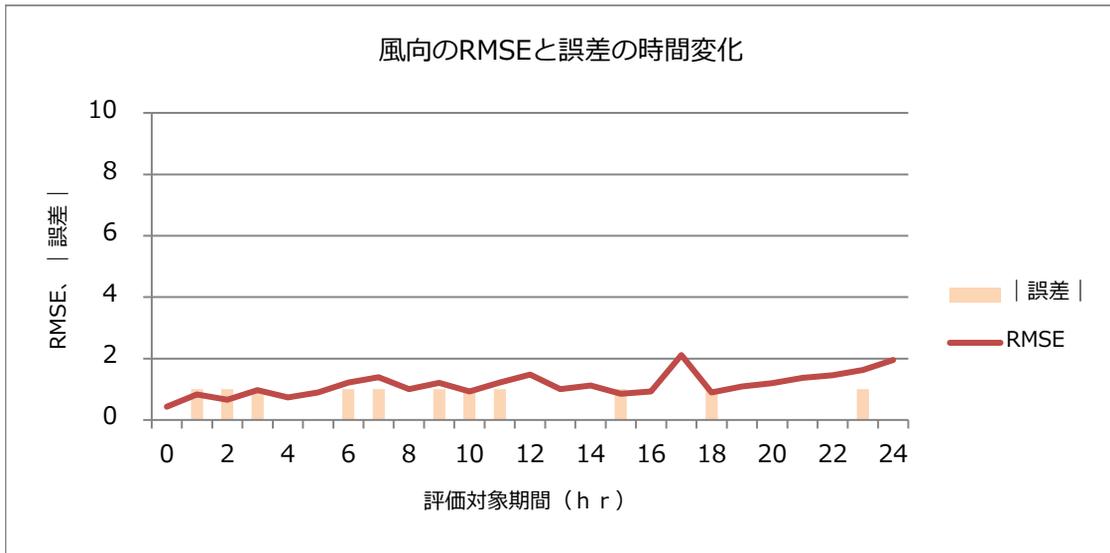
OLF:2012/06/12

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	1.27	1	0	1.73	2.2
1	1.27	1	1	1.69	3.5
2	1.98	1	2	1.59	1.3
3	2.38	1	3	2.03	3.9
4	1.69	1	4	1.85	2.8
5	1.79	2	5	1.91	4.1
6	1.73	1	6	1.77	4.0
7	1.13	1	7	1.50	2.7
8	1.28	1	8	1.65	3.7
9	1.59	1	9	1.96	4.6
10	1.58	1	10	2.00	5.8
11	1.61	1	11	2.17	5.5
12	1.75	1	12	1.97	3.9
13	1.36	0	13	2.30	5.8
14	1.25	1	14	2.40	5.6
15	1.69	1	15	2.31	5.4
16	0.93	1	16	2.51	5.8
17	1.89	1	17	2.42	4.7
18	1.07	0	18	1.94	4.8
19	0.82	0	19	1.61	3.8
20	0.86	0	20	1.64	4.1
21	1.10	1	21	1.42	3.3
22	1.03	0	22	1.60	3.8
23	1.44	0	23	1.95	5.3
24	1.73	0	24	2.26	4.0
avg	1.45	0.76		1.93	4.18



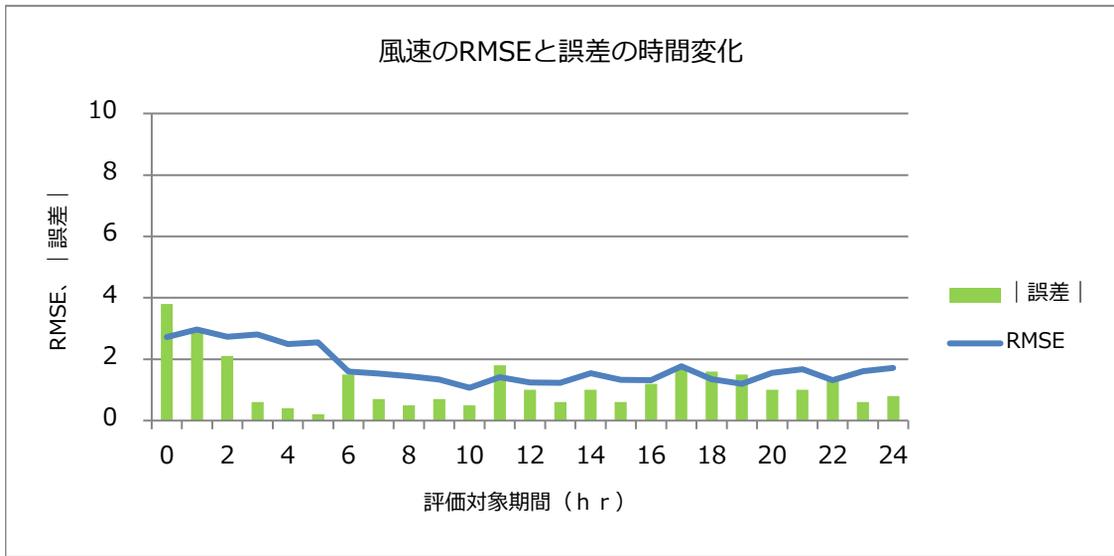
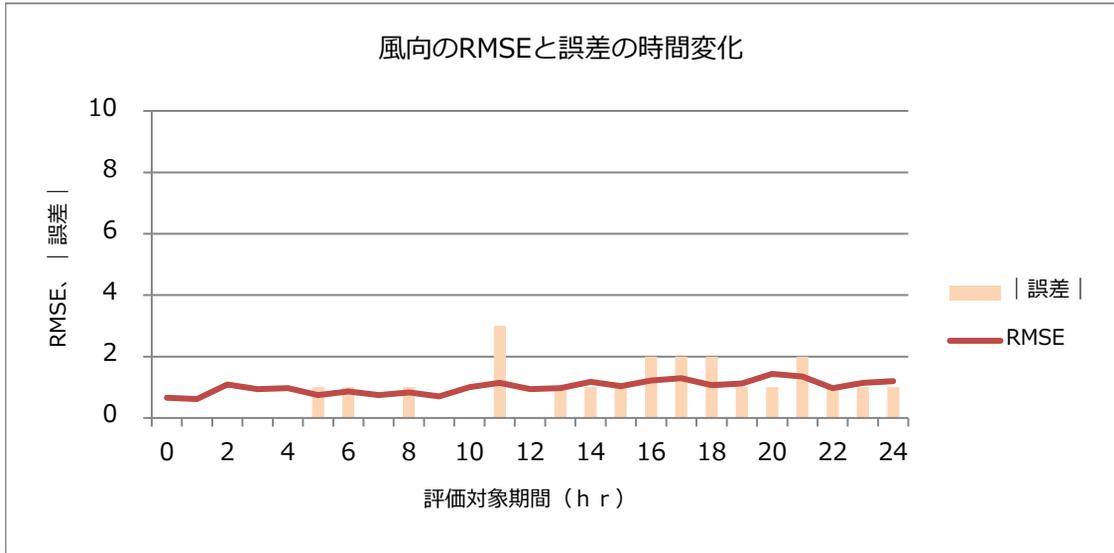
OLB:2012/06/29

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	1.09	0	0	1.67	1.7
1	0.97	0	1	1.53	1.5
2	1.00	0	2	1.55	0.3
3	0.83	0	3	1.59	0.5
4	0.83	0	4	1.66	0.6
5	0.43	1	5	1.72	0.5
6	0.79	1	6	1.70	1.3
7	1.23	0	7	1.01	1.9
8	1.67	0	8	1.34	2.9
9	1.86	0	9	1.09	2.7
10	2.61	0	10	1.43	3.1
11	3.40	1	11	1.36	2.9
12	2.82	1	12	1.63	3.7
13	1.92	0	13	1.85	4.0
14	3.09	1	14	1.89	4.2
15	3.40	1	15	1.49	3.4
16	2.17	0	16	1.45	3.4
17	2.27	2	17	1.62	3.5
18	2.30	0	18	1.54	4.0
19	2.09	0	19	0.98	2.3
20	3.15	1	20	0.99	1.9
21	2.66	1	21	1.23	0.5
22	1.77	1	22	1.51	0.9
23	1.44	1	23	1.59	1.4
24	1.00	0	24	1.73	1.7
avg	1.87	0.48		1.49	2.19



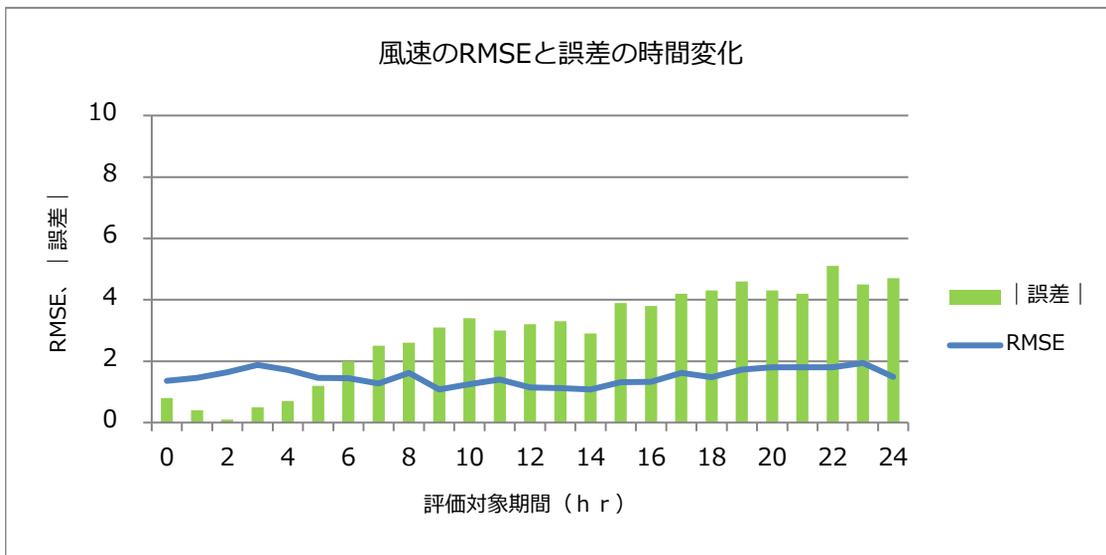
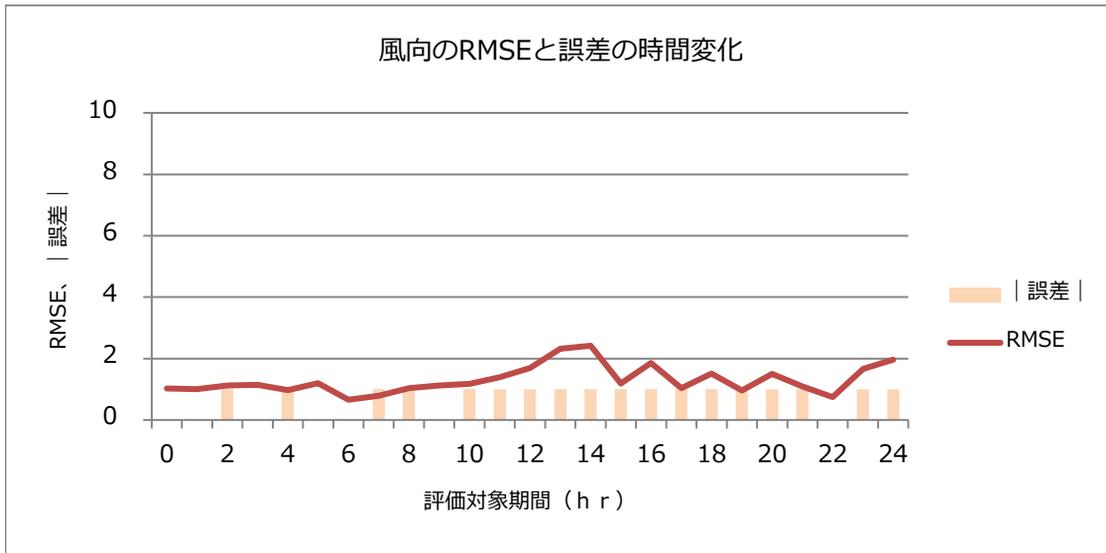
H:2012/05/21

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	0.43	0	0	1.38	0.4
1	0.83	1	1	1.94	1.3
2	0.66	1	2	1.70	0.7
3	0.97	1	3	1.86	1.1
4	0.73	0	4	1.74	1.9
5	0.90	0	5	2.18	1.5
6	1.23	1	6	1.75	1.8
7	1.39	1	7	1.62	1.7
8	1.00	0	8	1.91	1.5
9	1.21	1	9	1.69	2.3
10	0.93	1	10	1.59	3.3
11	1.23	1	11	1.71	3.9
12	1.48	0	12	2.00	3.3
13	1.00	0	13	2.00	3.4
14	1.13	0	14	2.16	1.2
15	0.86	1	15	2.16	2.9
16	0.93	0	16	2.33	4.8
17	2.11	0	17	2.46	3.3
18	0.90	1	18	2.62	3.3
19	1.09	0	19	2.58	4.5
20	1.20	0	20	2.87	2.8
21	1.37	0	21	2.66	2.2
22	1.46	0	22	2.81	0.9
23	1.63	1	23	2.60	0.0
24	1.95	0	24	2.53	2.8
avg	1.14	0.44		2.11	2.27



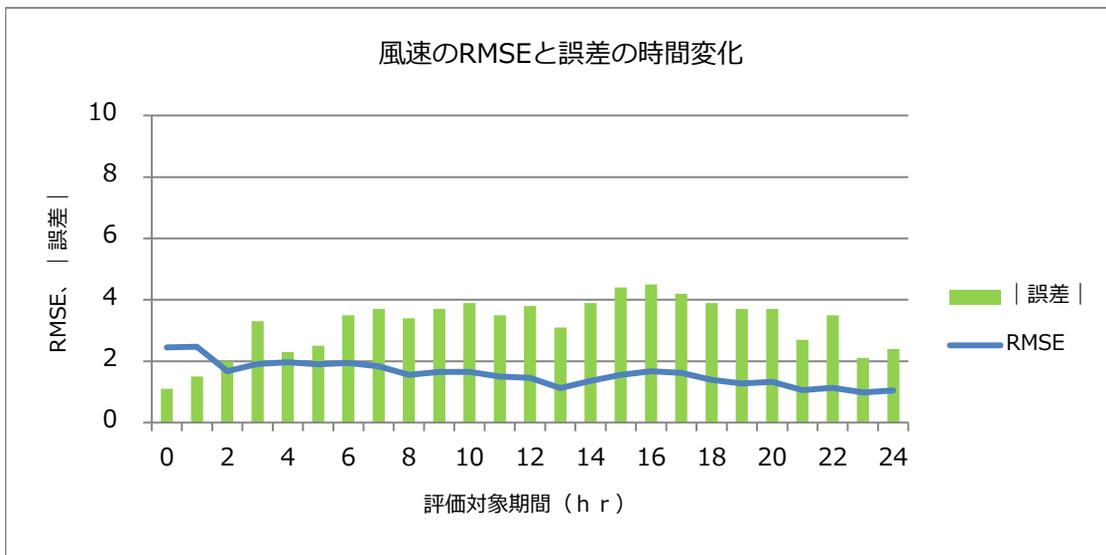
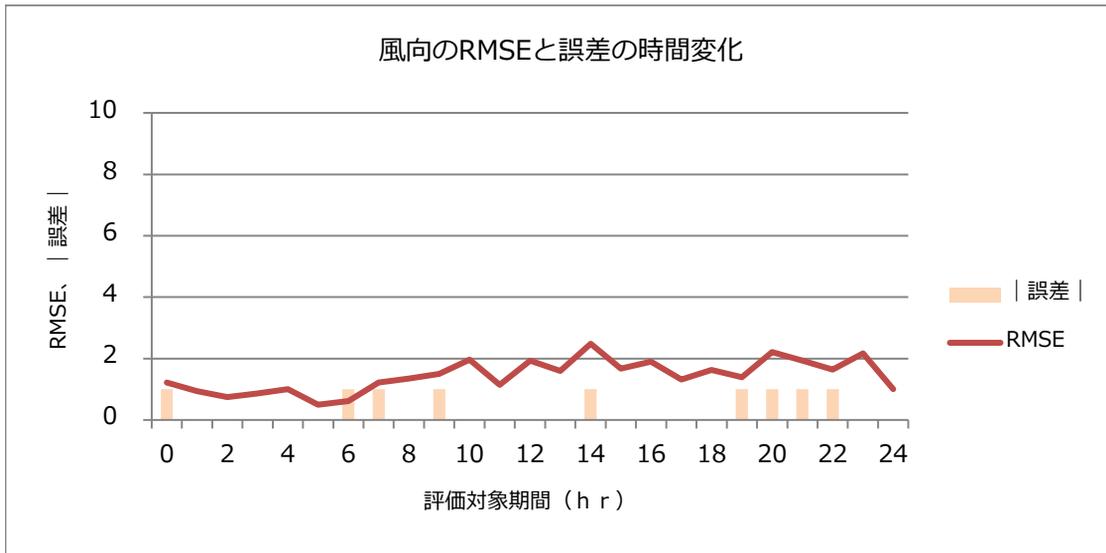
T:2012/09/17

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	0.66	0	0	2.72	3.8
1	0.61	0	1	2.97	2.9
2	1.09	0	2	2.73	2.1
3	0.94	0	3	2.80	0.6
4	0.97	0	4	2.49	0.4
5	0.75	1	5	2.55	0.2
6	0.87	1	6	1.60	1.5
7	0.75	0	7	1.54	0.7
8	0.83	1	8	1.45	0.5
9	0.71	0	9	1.33	0.7
10	1.00	0	10	1.07	0.5
11	1.15	3	11	1.41	1.8
12	0.94	0	12	1.24	1.0
13	0.97	1	13	1.22	0.6
14	1.17	1	14	1.54	1.0
15	1.04	1	15	1.33	0.6
16	1.23	2	16	1.32	1.2
17	1.29	2	17	1.77	1.7
18	1.07	2	18	1.35	1.6
19	1.12	1	19	1.20	1.5
20	1.44	1	20	1.56	1.0
21	1.35	2	21	1.67	1.0
22	0.97	1	22	1.31	1.3
23	1.15	1	23	1.61	0.6
24	1.20	1	24	1.71	0.8
avg	1.01	0.88		1.74	1.18



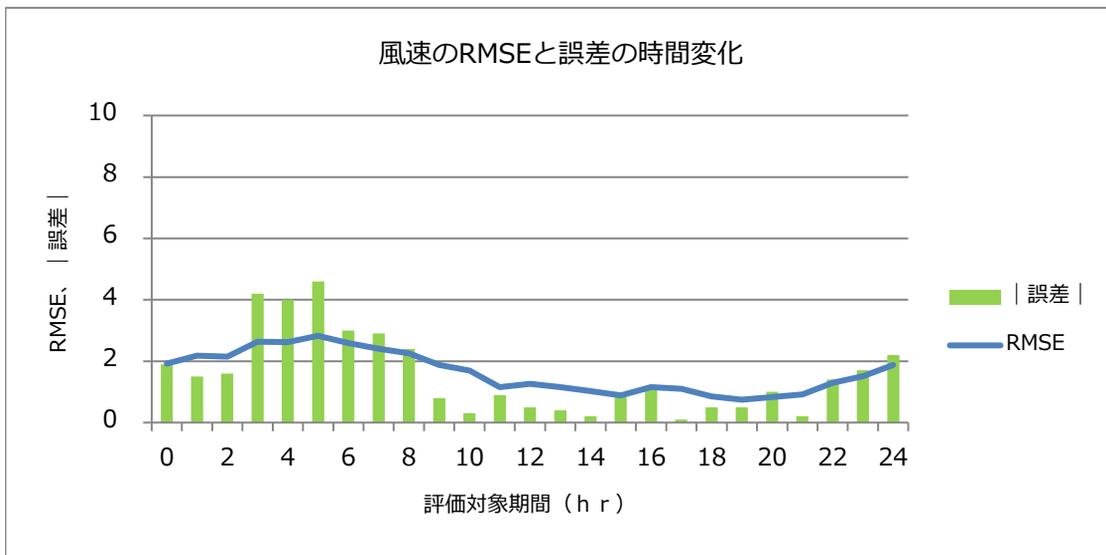
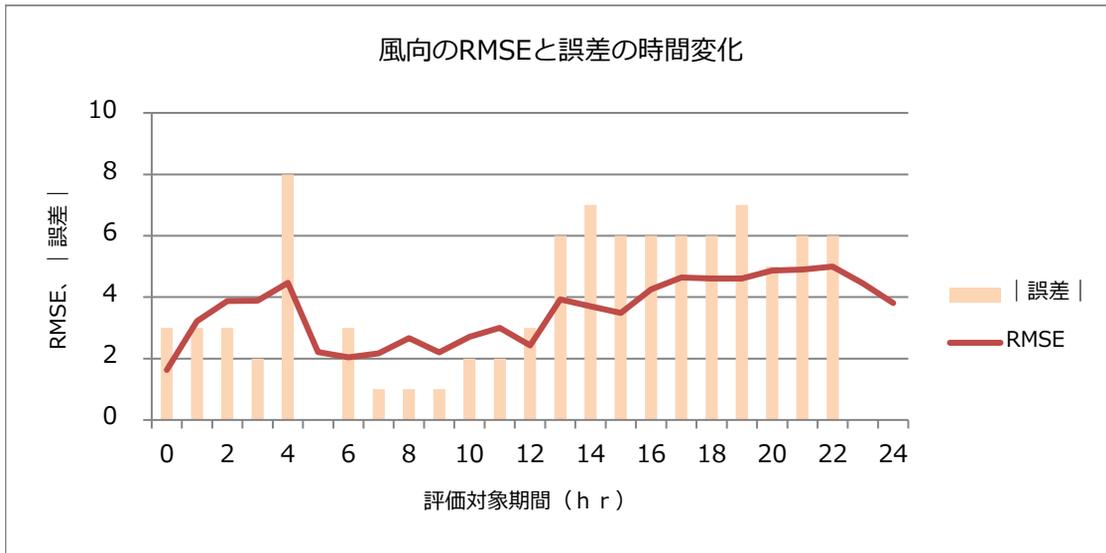
PN:2012/06/24

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	1.03	0	0	1.36	0.8
1	1.00	0	1	1.45	0.4
2	1.12	1	2	1.64	0.1
3	1.15	0	3	1.88	0.5
4	0.97	1	4	1.72	0.7
5	1.20	0	5	1.46	1.2
6	0.66	0	6	1.45	2.0
7	0.79	1	7	1.27	2.5
8	1.03	1	8	1.62	2.6
9	1.12	0	9	1.08	3.1
10	1.17	1	10	1.25	3.4
11	1.39	1	11	1.40	3.0
12	1.70	1	12	1.14	3.2
13	2.32	1	13	1.12	3.3
14	2.42	1	14	1.08	2.9
15	1.18	1	15	1.32	3.9
16	1.86	1	16	1.32	3.8
17	1.04	1	17	1.62	4.2
18	1.51	1	18	1.47	4.3
19	0.97	1	19	1.73	4.6
20	1.50	1	20	1.80	4.3
21	1.10	1	21	1.80	4.2
22	0.75	0	22	1.80	5.1
23	1.66	1	23	1.94	4.5
24	1.97	1	24	1.49	4.7
avg	1.30	0.72		1.49	2.93



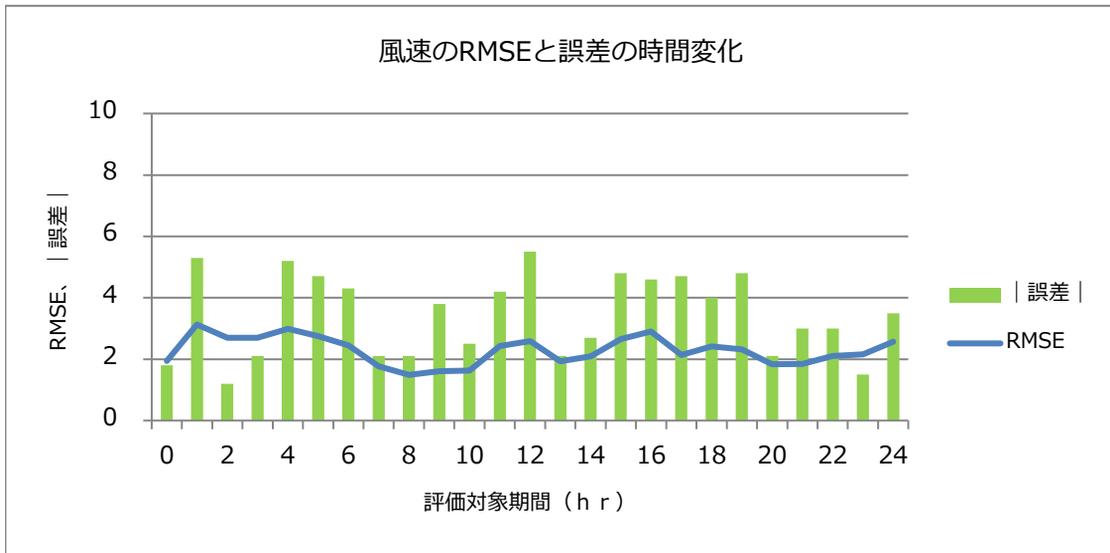
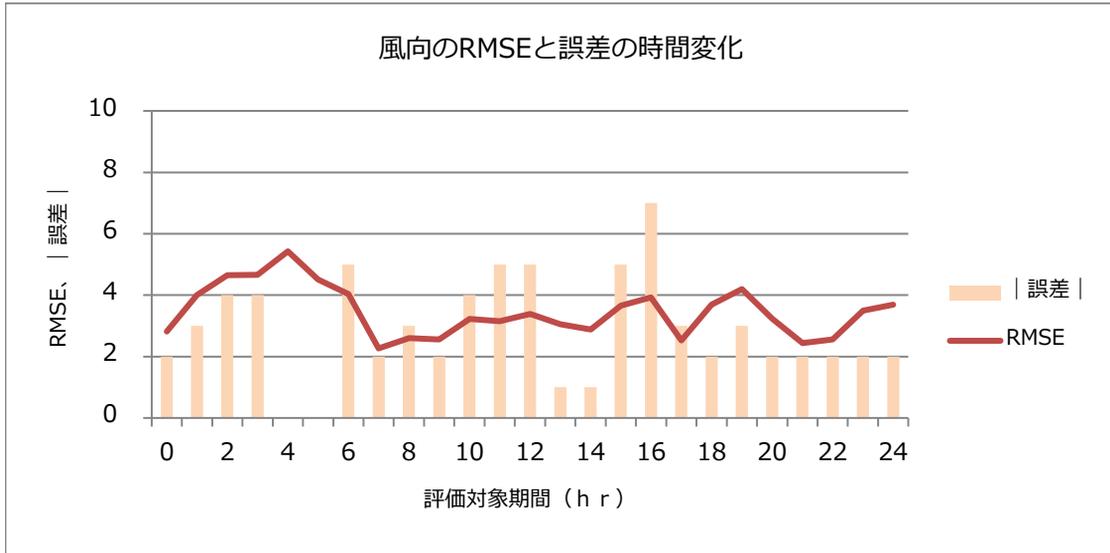
PS:2012/07/19

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差	期間 (h)	RMSE	東海村松局 誤差
0	1.23	1	0	2.45	1.1
1	0.94	0	1	2.47	1.5
2	0.75	0	2	1.68	2.0
3	0.87	0	3	1.91	3.3
4	1.00	0	4	1.96	2.3
5	0.50	0	5	1.89	2.5
6	0.61	1	6	1.94	3.5
7	1.23	1	7	1.83	3.7
8	1.35	0	8	1.55	3.4
9	1.50	1	9	1.65	3.7
10	1.97	0	10	1.65	3.9
11	1.15	0	11	1.50	3.5
12	1.94	0	12	1.46	3.8
13	1.60	0	13	1.12	3.1
14	2.48	1	14	1.36	3.9
15	1.67	0	15	1.55	4.4
16	1.90	0	16	1.68	4.5
17	1.32	0	17	1.62	4.2
18	1.63	0	18	1.39	3.9
19	1.39	1	19	1.28	3.7
20	2.21	1	20	1.33	3.7
21	1.94	1	21	1.06	2.7
22	1.64	1	22	1.14	3.5
23	2.17	0	23	0.98	2.1
24	1.00	0	24	1.05	2.4
avg	1.44	0.36		1.58	3.21



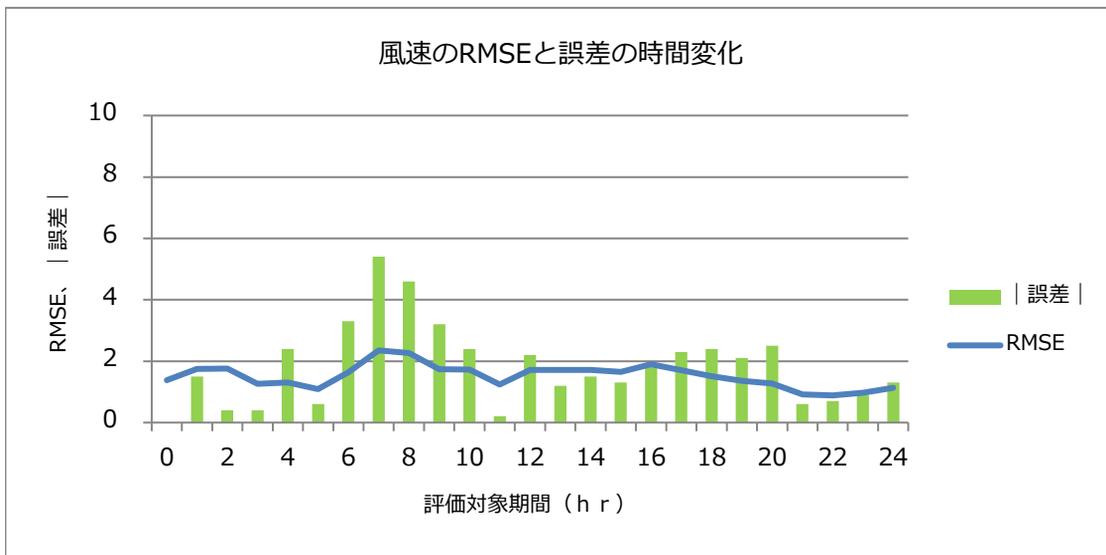
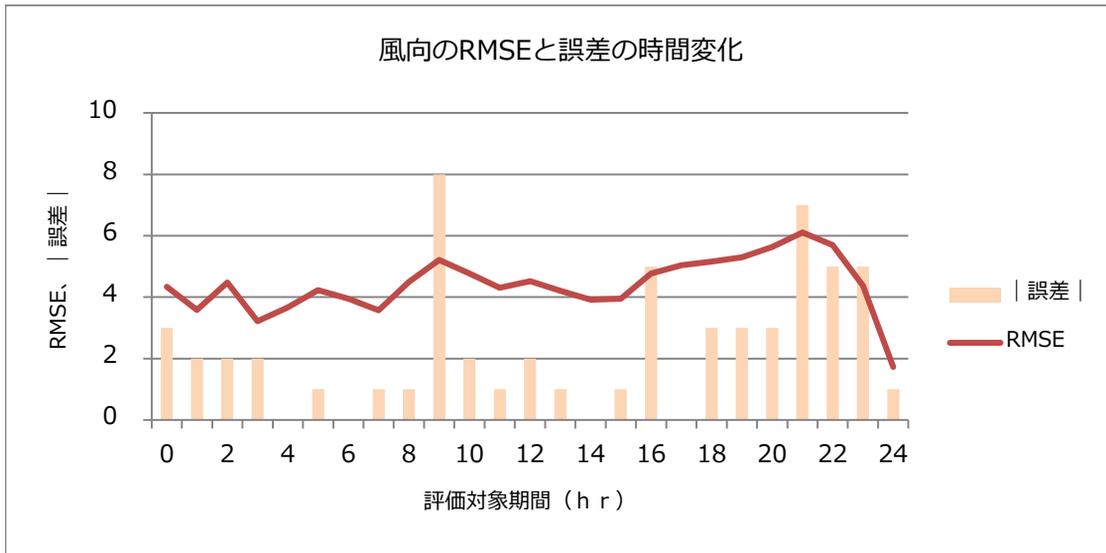
LF:2012/03/17

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	1.63	3	0	1.92	1.9
1	3.22	3	1	2.18	1.5
2	3.87	3	2	2.15	1.6
3	3.89	2	3	2.63	4.2
4	4.46	8	4	2.62	4.0
5	2.21	calm	5	2.83	4.6
6	2.04	3	6	2.59	3.0
7	2.17	1	7	2.40	2.9
8	2.66	1	8	2.26	2.4
9	2.20	1	9	1.88	0.8
10	2.71	2	10	1.69	0.3
11	3.00	2	11	1.15	0.9
12	2.43	3	12	1.26	0.5
13	3.92	6	13	1.15	0.4
14	3.70	7	14	1.02	0.2
15	3.49	6	15	0.89	0.9
16	4.26	6	16	1.15	1.1
17	4.64	6	17	1.10	0.1
18	4.60	6	18	0.85	0.5
19	4.61	7	19	0.75	0.5
20	4.87	5	20	0.83	1.0
21	4.90	6	21	0.91	0.2
22	5.00	6	22	1.30	1.4
23	4.45	calm	23	1.51	1.7
24	3.81	calm	24	1.87	2.2
avg	3.55	4.23		1.64	1.55



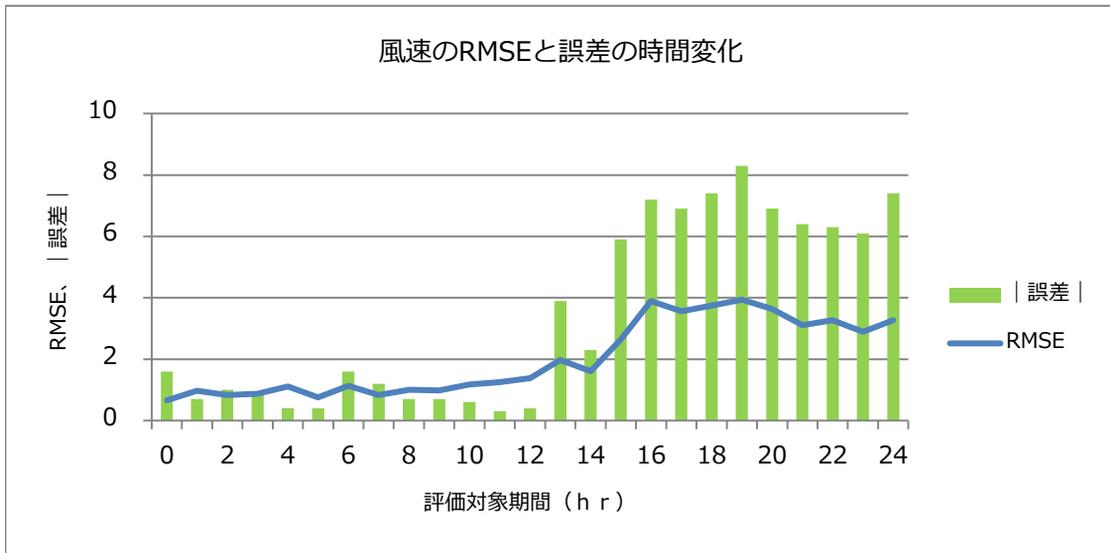
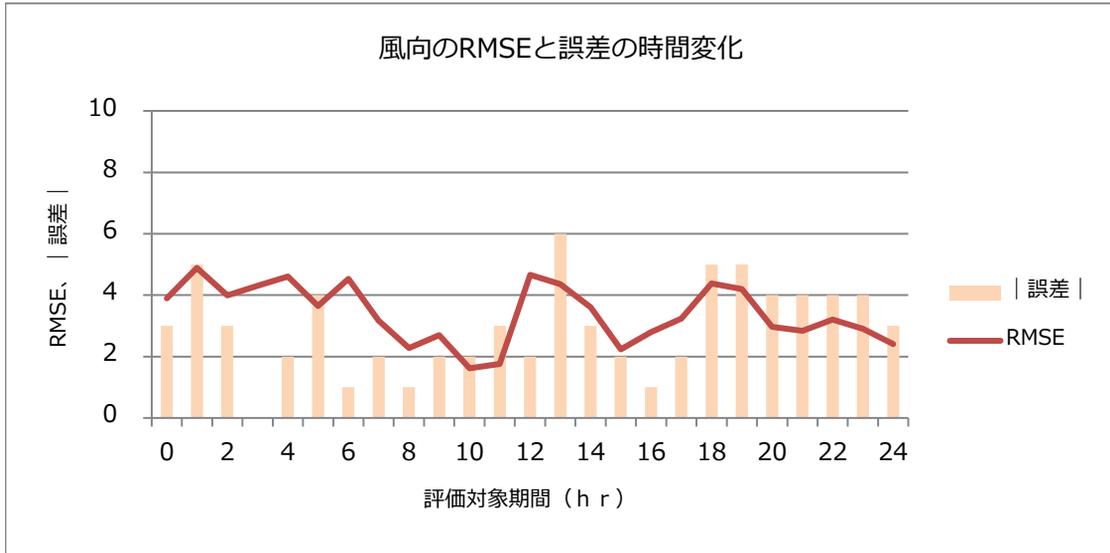
LS:2012/10/17

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	2.82	2	0	1.95	1.8
1	4.00	3	1	3.13	5.3
2	4.66	4	2	2.70	1.2
3	4.67	4	3	2.70	2.1
4	5.43	calm	4	2.99	5.2
5	4.51	calm	5	2.76	4.7
6	4.04	5	6	2.45	4.3
7	2.27	2	7	1.77	2.1
8	2.60	3	8	1.49	2.1
9	2.56	2	9	1.61	3.8
10	3.23	4	10	1.63	2.5
11	3.15	5	11	2.43	4.2
12	3.39	5	12	2.59	5.5
13	3.05	1	13	1.93	2.1
14	2.88	1	14	2.09	2.7
15	3.66	5	15	2.65	4.8
16	3.93	7	16	2.90	4.6
17	2.53	3	17	2.14	4.7
18	3.69	2	18	2.42	4.0
19	4.20	3	19	2.32	4.8
20	3.24	2	20	1.83	2.1
21	2.44	2	21	1.84	3.0
22	2.56	2	22	2.10	3.0
23	3.50	2	23	2.16	1.5
24	3.69	2	24	2.57	3.5
avg	3.47	3.09		2.29	3.42



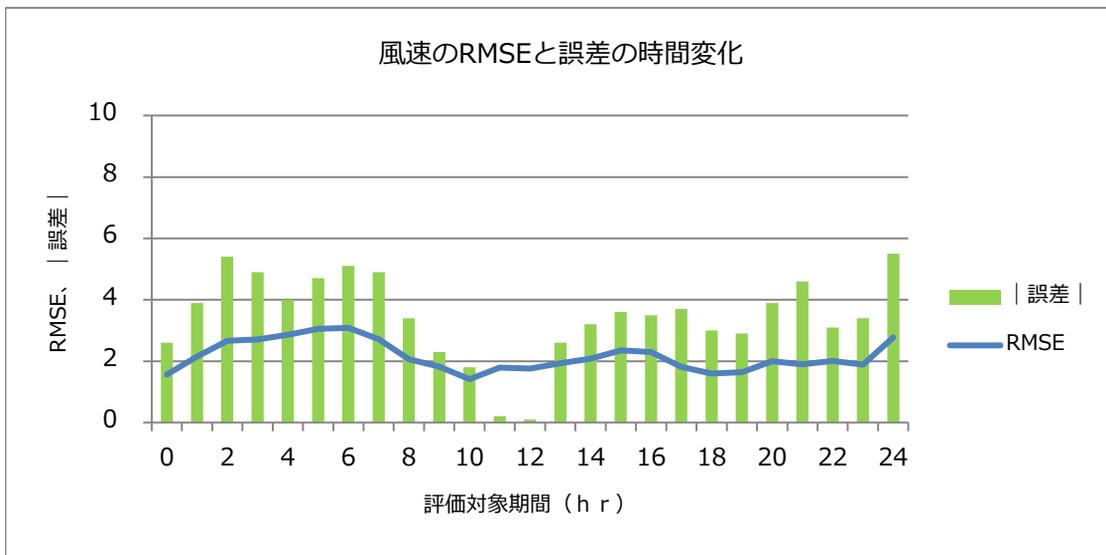
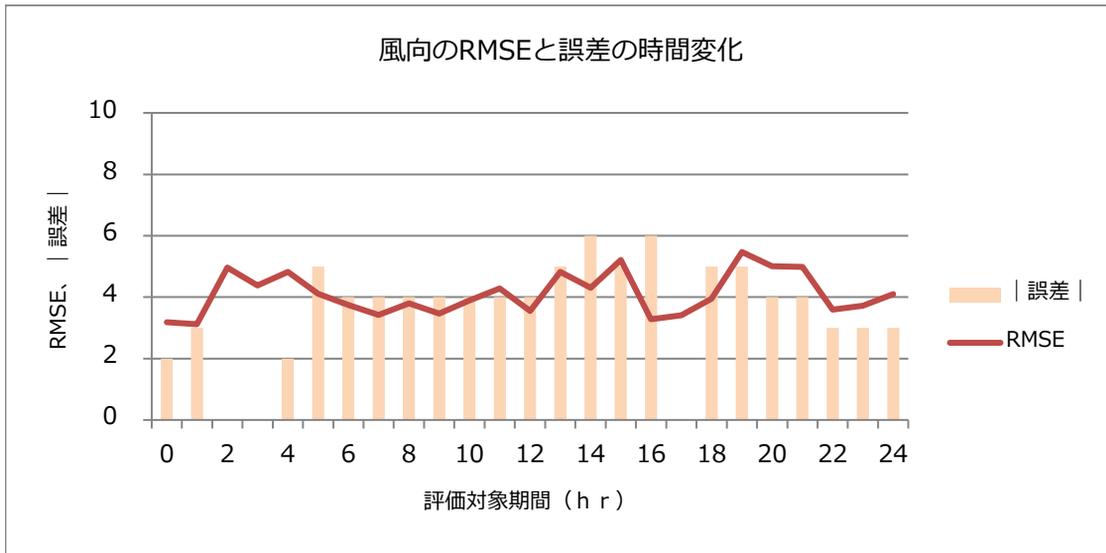
LB:2012/07/07

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	4.34	3	0	1.38	0.0
1	3.58	2	1	1.75	1.5
2	4.48	2	2	1.76	0.4
3	3.22	2	3	1.27	0.4
4	3.67	0	4	1.30	2.4
5	4.23	1	5	1.09	0.6
6	3.95	0	6	1.64	3.3
7	3.58	1	7	2.35	5.4
8	4.50	1	8	2.26	4.6
9	5.22	8	9	1.74	3.2
10	4.77	2	10	1.73	2.4
11	4.30	1	11	1.24	0.2
12	4.52	2	12	1.72	2.2
13	4.21	1	13	1.71	1.2
14	3.92	0	14	1.72	1.5
15	3.95	1	15	1.65	1.3
16	4.77	5	16	1.90	1.8
17	5.04	0	17	1.71	2.3
18	5.16	3	18	1.52	2.4
19	5.30	3	19	1.36	2.1
20	5.64	3	20	1.28	2.5
21	6.11	7	21	0.91	0.6
22	5.70	5	22	0.89	0.7
23	4.38	5	23	0.97	0.9
24	1.73	1	24	1.13	1.3
avg	4.41	2.36		1.52	1.81



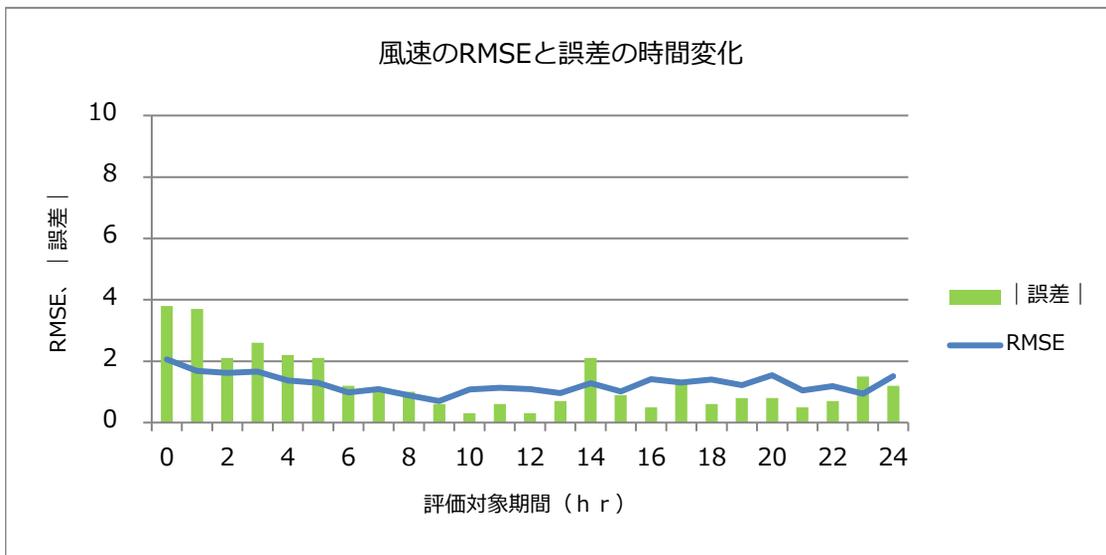
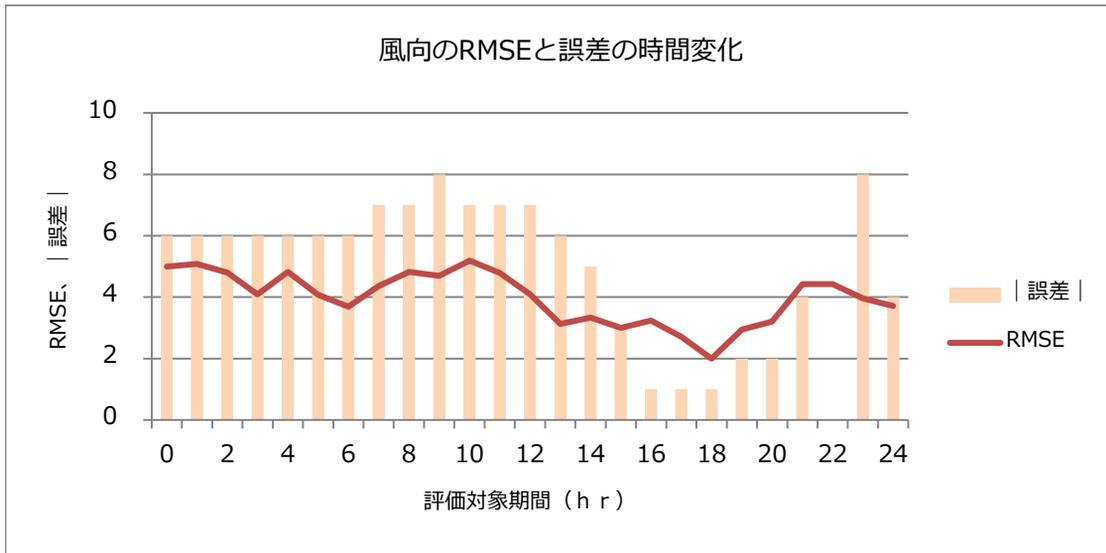
L2:2012/10/22

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	3.90	3	0	0.66	1.6
1	4.89	5	1	0.97	0.7
2	3.99	3	2	0.83	1.0
3	4.31	0	3	0.87	0.9
4	4.61	2	4	1.11	0.4
5	3.64	4	5	0.76	0.4
6	4.53	1	6	1.13	1.6
7	3.18	2	7	0.83	1.2
8	2.28	1	8	1.00	0.7
9	2.70	2	9	0.98	0.7
10	1.62	2	10	1.18	0.6
11	1.76	3	11	1.25	0.3
12	4.66	2	12	1.38	0.4
13	4.36	6	13	1.97	3.9
14	3.61	3	14	1.61	2.3
15	2.24	2	15	2.64	5.9
16	2.80	1	16	3.90	7.2
17	3.23	2	17	3.56	6.9
18	4.38	5	18	3.74	7.4
19	4.20	5	19	3.94	8.3
20	2.97	4	20	3.64	6.9
21	2.84	4	21	3.11	6.4
22	3.21	4	22	3.27	6.3
23	2.91	4	23	2.89	6.1
24	2.40	3	24	3.27	7.4
avg	3.41	2.92		2.02	3.42



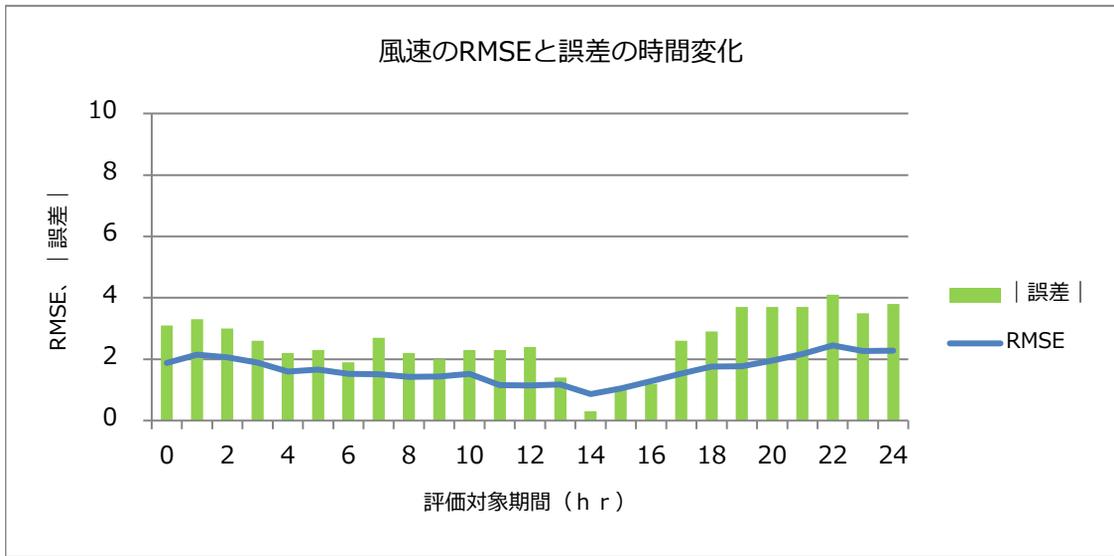
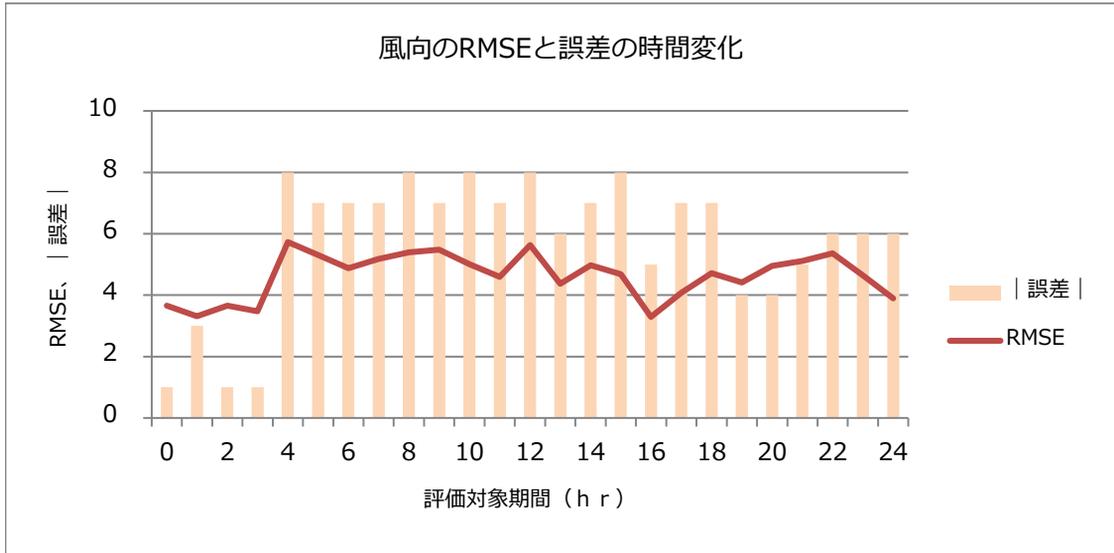
OLF:2012/03/02

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	3.19	2	0	1.56	2.6
1	3.12	3	1	2.15	3.9
2	4.96	calm	2	2.67	5.4
3	4.38	0	3	2.70	4.9
4	4.82	2	4	2.86	4.0
5	4.11	5	5	3.06	4.7
6	3.74	4	6	3.08	5.1
7	3.42	4	7	2.72	4.9
8	3.80	4	8	2.06	3.4
9	3.46	4	9	1.82	2.3
10	3.90	4	10	1.42	1.8
11	4.29	4	11	1.79	0.2
12	3.55	4	12	1.76	0.1
13	4.82	5	13	1.93	2.6
14	4.31	6	14	2.08	3.2
15	5.22	5	15	2.35	3.6
16	3.28	6	16	2.29	3.5
17	3.41	calm	17	1.81	3.7
18	3.95	5	18	1.60	3.0
19	5.47	5	19	1.63	2.9
20	5.01	4	20	1.99	3.9
21	4.99	4	21	1.90	4.6
22	3.60	3	22	2.01	3.1
23	3.72	3	23	1.89	3.4
24	4.10	3	24	2.77	5.5
avg	4.10	3.87		2.16	3.45



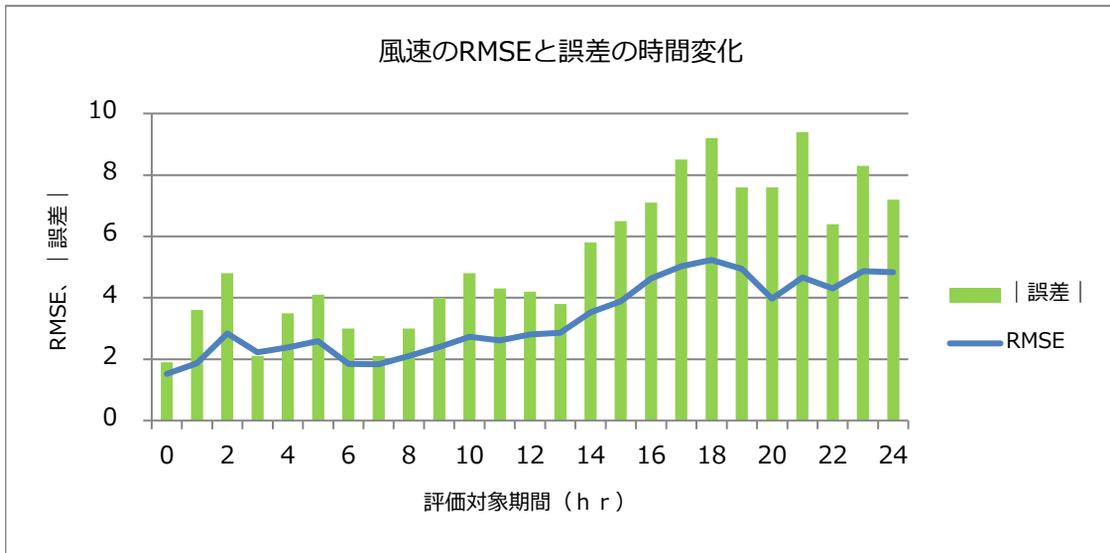
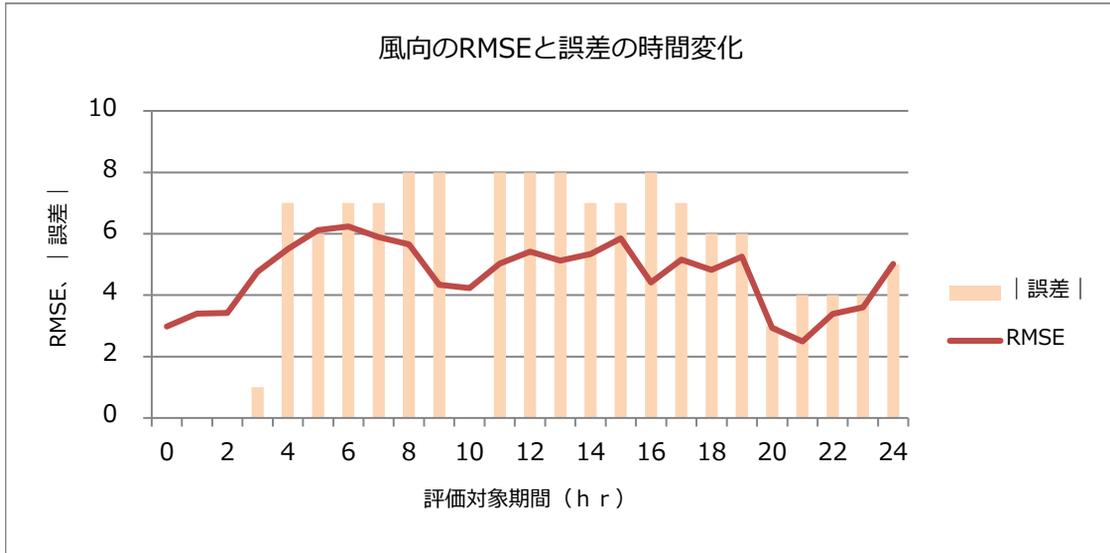
OLS:2012/09/06

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	4.99	6	0	2.06	3.8
1	5.09	6	1	1.68	3.7
2	4.80	6	2	1.62	2.1
3	4.09	6	3	1.66	2.6
4	4.82	6	4	1.37	2.2
5	4.08	6	5	1.30	2.1
6	3.69	6	6	0.98	1.2
7	4.36	7	7	1.09	1.1
8	4.82	7	8	0.88	1.0
9	4.69	8	9	0.70	0.6
10	5.20	7	10	1.08	0.3
11	4.80	7	11	1.14	0.6
12	4.09	7	12	1.09	0.3
13	3.13	6	13	0.96	0.7
14	3.33	5	14	1.28	2.1
15	3.00	3	15	1.02	0.9
16	3.24	1	16	1.42	0.5
17	2.71	1	17	1.31	1.3
18	2.00	1	18	1.41	0.6
19	2.94	2	19	1.22	0.8
20	3.21	2	20	1.54	0.8
21	4.43	4	21	1.04	0.5
22	4.43	calm	22	1.19	0.7
23	3.96	8	23	0.94	1.5
24	3.71	4	24	1.52	1.2
avg	3.98	5.08		1.26	1.33



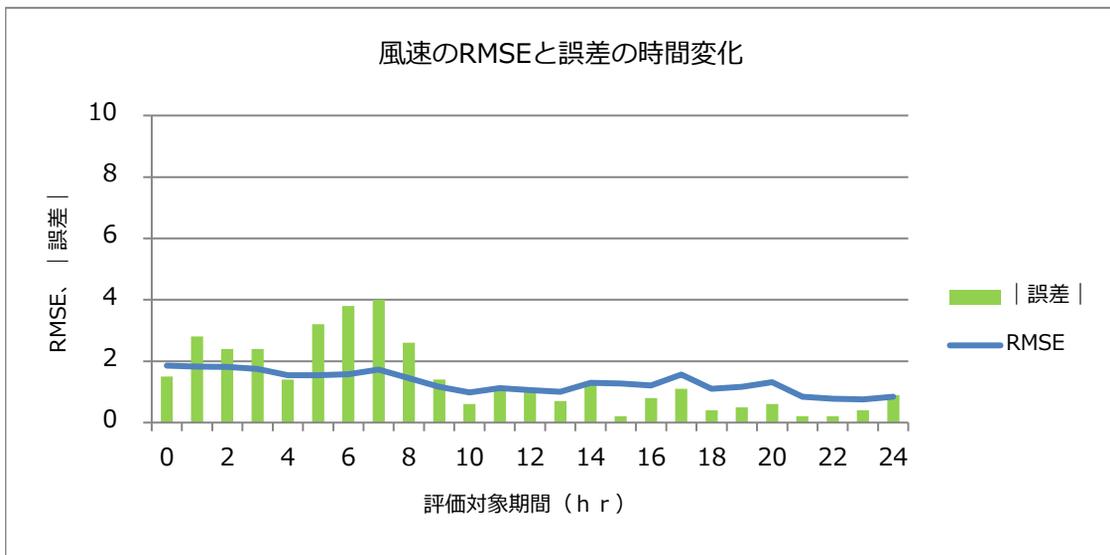
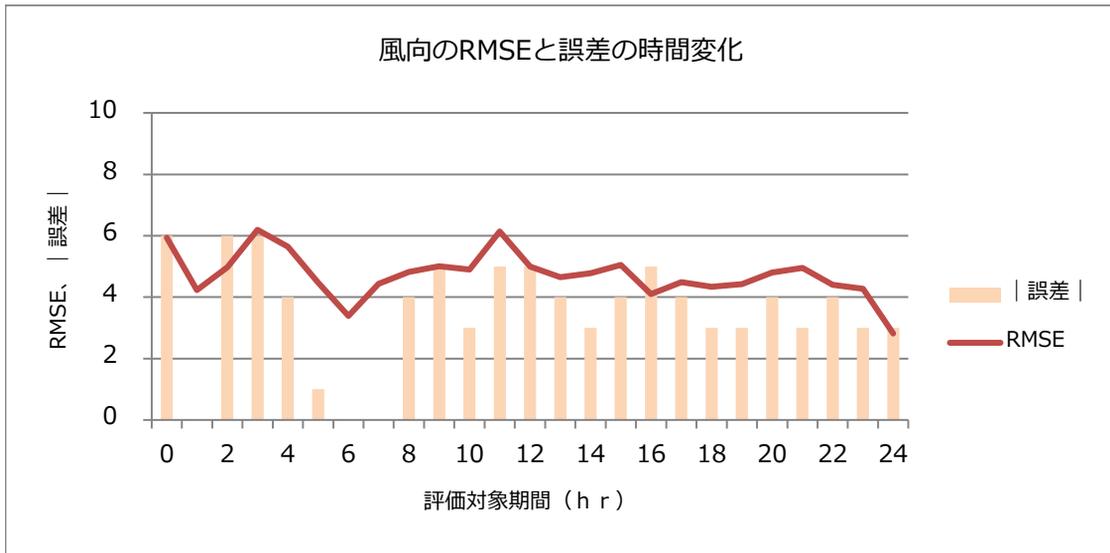
OLB:2012/09/19

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	3.66	1	0	1.88	3.1
1	3.32	3	1	2.15	3.3
2	3.66	1	2	2.06	3.0
3	3.47	1	3	1.89	2.6
4	5.73	8	4	1.60	2.2
5	5.31	7	5	1.66	2.3
6	4.88	7	6	1.52	1.9
7	5.18	7	7	1.51	2.7
8	5.40	8	8	1.43	2.2
9	5.49	7	9	1.43	2.0
10	5.01	8	10	1.52	2.3
11	4.60	7	11	1.16	2.3
12	5.63	8	12	1.15	2.4
13	4.37	6	13	1.17	1.4
14	4.97	7	14	0.86	0.3
15	4.68	8	15	1.05	1.1
16	3.29	5	16	1.29	1.2
17	4.08	7	17	1.53	2.6
18	4.71	7	18	1.76	2.9
19	4.42	4	19	1.77	3.7
20	4.95	4	20	1.95	3.7
21	5.12	5	21	2.16	3.7
22	5.36	6	22	2.45	4.1
23	4.65	6	23	2.27	3.5
24	3.90	6	24	2.27	3.8
avg	4.63	5.76		1.66	2.57



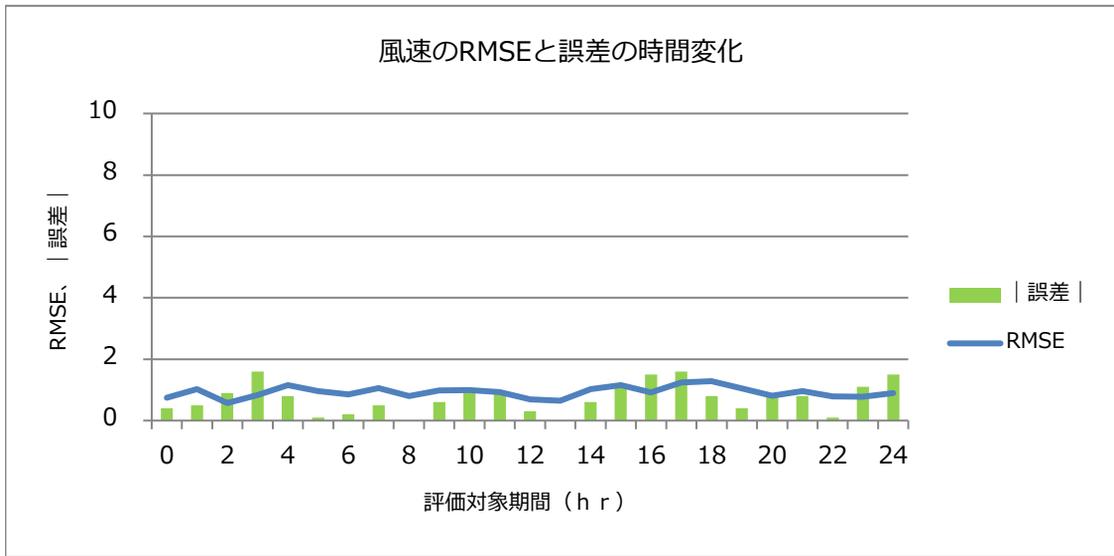
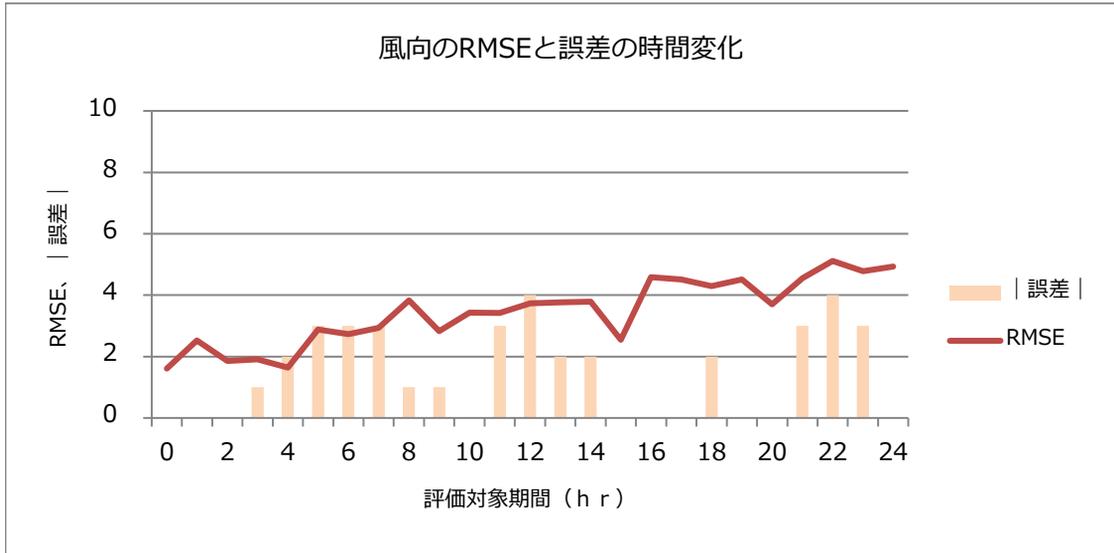
OL2:2012/11/30

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	2.97	0	0	1.52	1.9
1	3.40	0	1	1.86	3.6
2	3.43	0	2	2.84	4.8
3	4.76	1	3	2.22	2.1
4	5.50	7	4	2.39	3.5
5	6.12	6	5	2.59	4.1
6	6.23	7	6	1.85	3.0
7	5.90	7	7	1.83	2.1
8	5.66	8	8	2.10	3.0
9	4.34	8	9	2.40	4.0
10	4.23	calm	10	2.73	4.8
11	5.03	8	11	2.61	4.3
12	5.42	8	12	2.81	4.2
13	5.13	8	13	2.86	3.8
14	5.35	7	14	3.53	5.8
15	5.85	7	15	3.89	6.5
16	4.42	8	16	4.63	7.1
17	5.16	7	17	5.03	8.5
18	4.83	6	18	5.23	9.2
19	5.25	6	19	4.94	7.6
20	2.94	3	20	3.97	7.6
21	2.50	4	21	4.66	9.4
22	3.39	4	22	4.31	6.4
23	3.61	4	23	4.87	8.3
24	5.02	5	24	4.83	7.2
avg	4.66	5.38		3.30	5.31



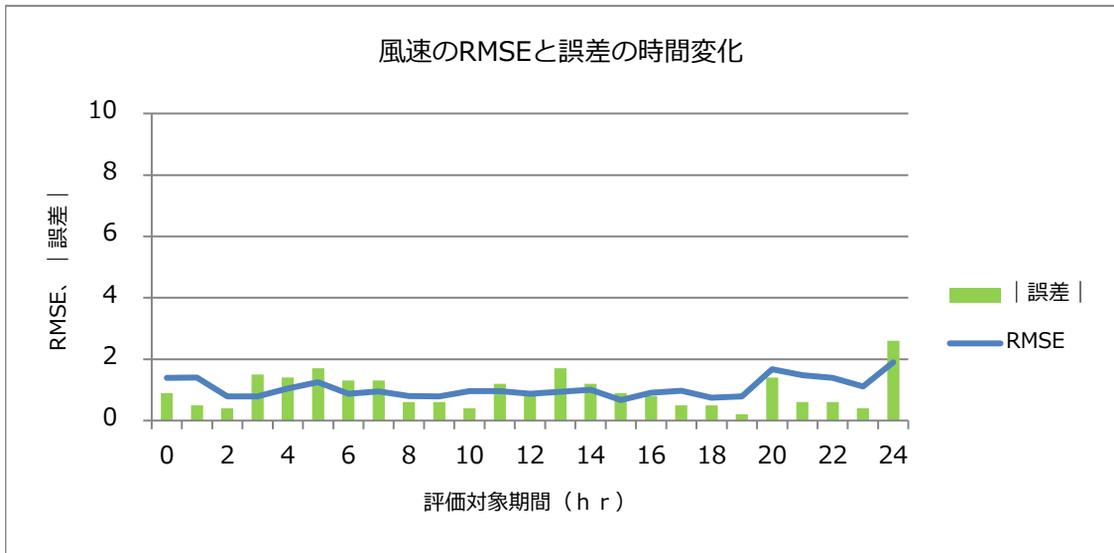
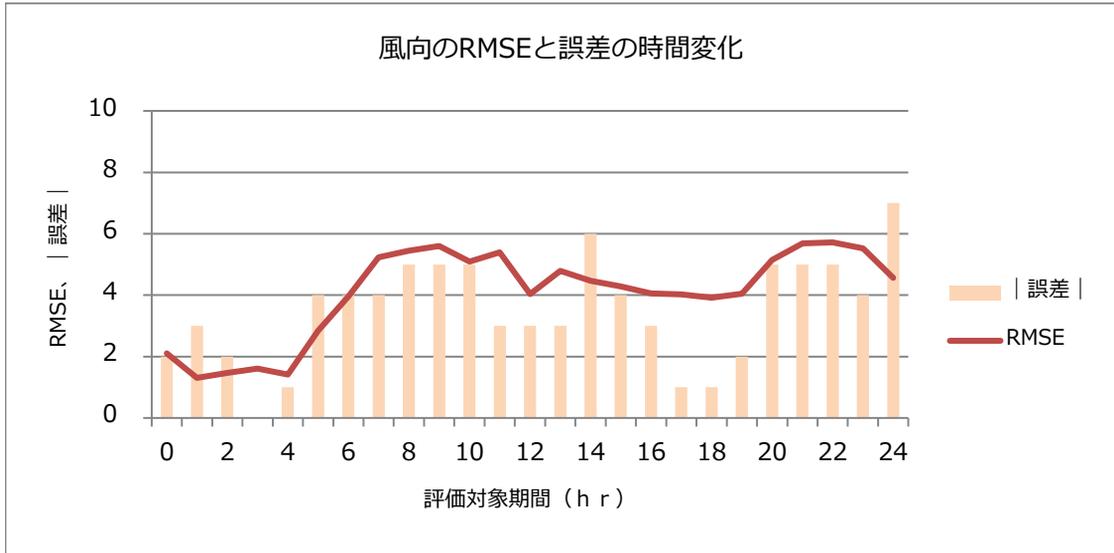
H:2012/04/14

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	5.94	6	0	1.85	1.5
1	4.23	calm	1	1.82	2.8
2	4.97	6	2	1.81	2.4
3	6.19	6	3	1.75	2.4
4	5.64	4	4	1.55	1.4
5	4.48	1	5	1.54	3.2
6	3.39	calm	6	1.57	3.8
7	4.44	calm	7	1.72	4.0
8	4.82	4	8	1.44	2.6
9	5.01	5	9	1.17	1.4
10	4.90	3	10	0.98	0.6
11	6.14	5	11	1.12	1.1
12	5.00	5	12	1.05	1.1
13	4.65	4	13	1.01	0.7
14	4.78	3	14	1.30	1.3
15	5.05	4	15	1.27	0.2
16	4.10	5	16	1.21	0.8
17	4.49	4	17	1.57	1.1
18	4.34	3	18	1.10	0.4
19	4.43	3	19	1.16	0.5
20	4.80	4	20	1.32	0.6
21	4.95	3	21	0.84	0.2
22	4.40	4	22	0.77	0.2
23	4.28	3	23	0.75	0.4
24	2.82	3	24	0.84	0.9
avg	4.73	4.00		1.30	1.42



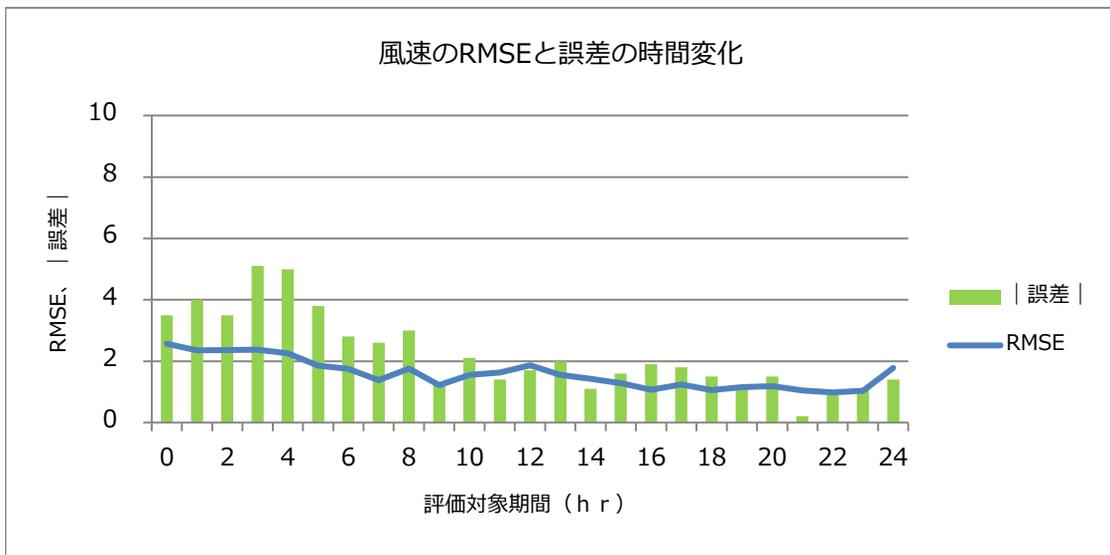
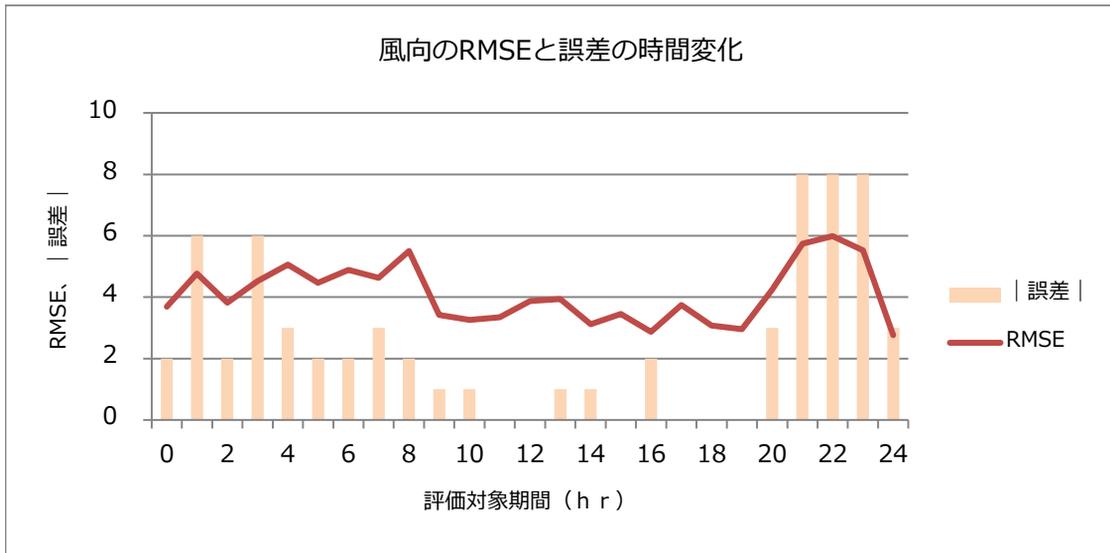
FS:2012/07/13

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	1.60	0	0	0.75	0.4
1	2.52	0	1	1.02	0.5
2	1.85	0	2	0.57	0.9
3	1.91	1	3	0.83	1.6
4	1.64	2	4	1.16	0.8
5	2.88	3	5	0.96	0.1
6	2.73	3	6	0.86	0.2
7	2.94	3	7	1.06	0.5
8	3.83	1	8	0.80	0.0
9	2.83	1	9	0.98	0.6
10	3.43	calm	10	0.99	1.0
11	3.42	3	11	0.93	0.9
12	3.73	4	12	0.69	0.3
13	3.76	2	13	0.64	0.0
14	3.79	2	14	1.02	0.6
15	2.55	0	15	1.15	1.2
16	4.58	calm	16	0.92	1.5
17	4.51	calm	17	1.24	1.6
18	4.29	2	18	1.29	0.8
19	4.51	0	19	1.04	0.4
20	3.71	0	20	0.81	0.8
21	4.56	3	21	0.96	0.8
22	5.12	4	22	0.79	0.1
23	4.78	3	23	0.78	1.1
24	4.93	calm	24	0.90	1.5
avg	3.46	1.76		0.92	0.73



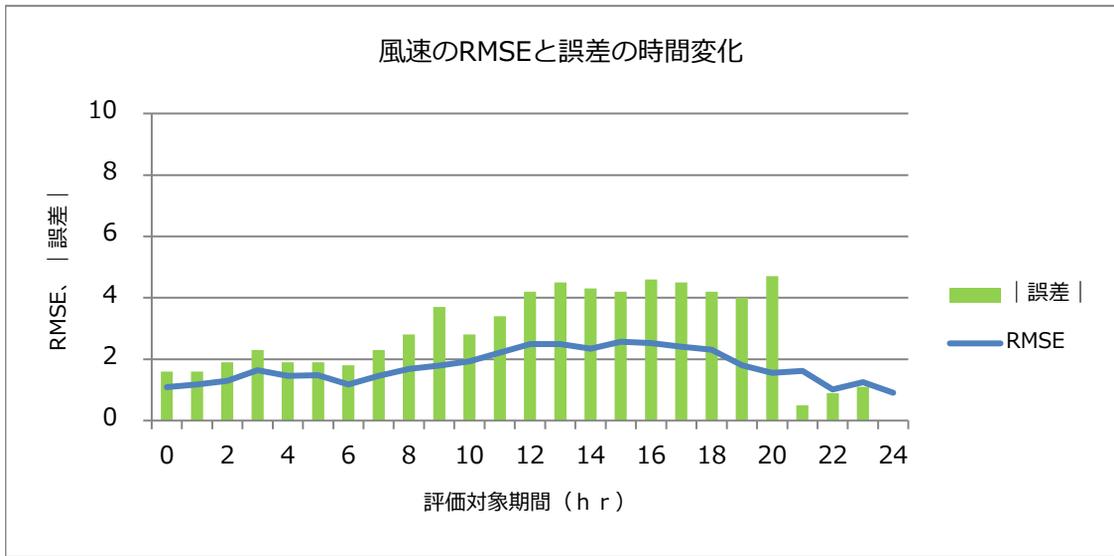
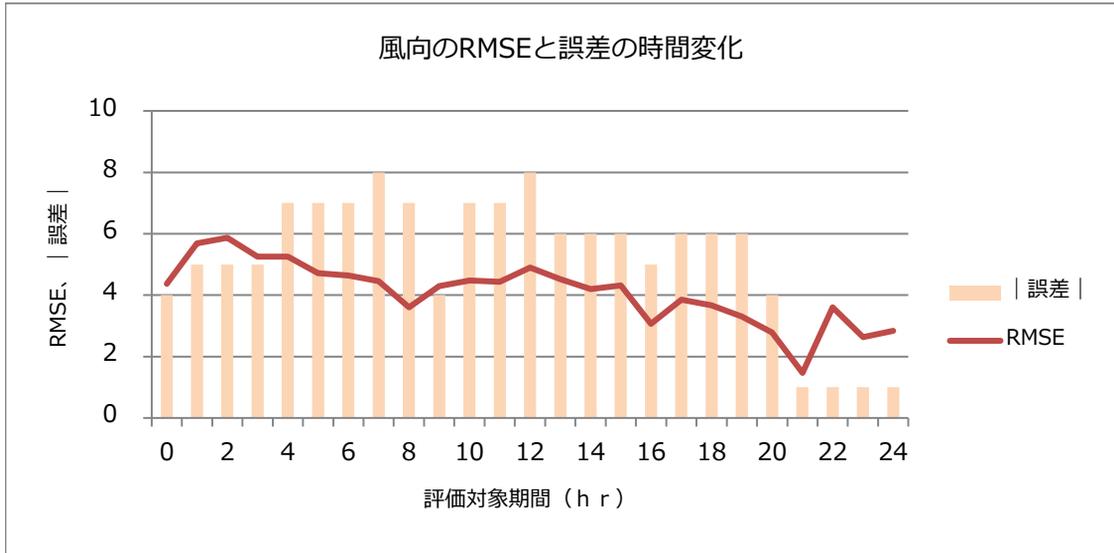
FN:2012/09/10

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	2.10	2	0	1.39	0.9
1	1.31	3	1	1.40	0.5
2	1.46	2	2	0.79	0.4
3	1.60	0	3	0.79	1.5
4	1.41	1	4	1.05	1.4
5	2.84	4	5	1.26	1.7
6	3.96	4	6	0.87	1.3
7	5.23	4	7	0.95	1.3
8	5.45	5	8	0.80	0.6
9	5.60	5	9	0.78	0.6
10	5.09	5	10	0.96	0.4
11	5.40	3	11	0.96	1.2
12	4.04	3	12	0.88	0.9
13	4.80	3	13	0.93	1.7
14	4.46	6	14	1.00	1.2
15	4.29	4	15	0.67	0.9
16	4.06	3	16	0.91	0.8
17	4.03	1	17	0.97	0.5
18	3.92	1	18	0.74	0.5
19	4.05	2	19	0.78	0.2
20	5.15	5	20	1.68	1.4
21	5.69	5	21	1.47	0.6
22	5.72	5	22	1.39	0.6
23	5.53	4	23	1.11	0.4
24	4.57	7	24	1.89	2.6
avg	4.07	3.48		1.06	0.96



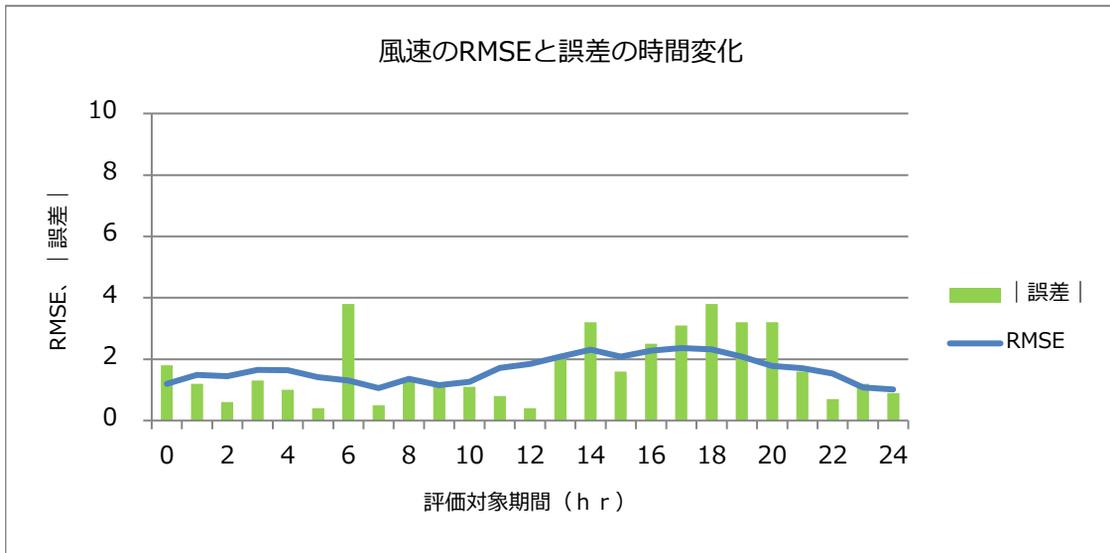
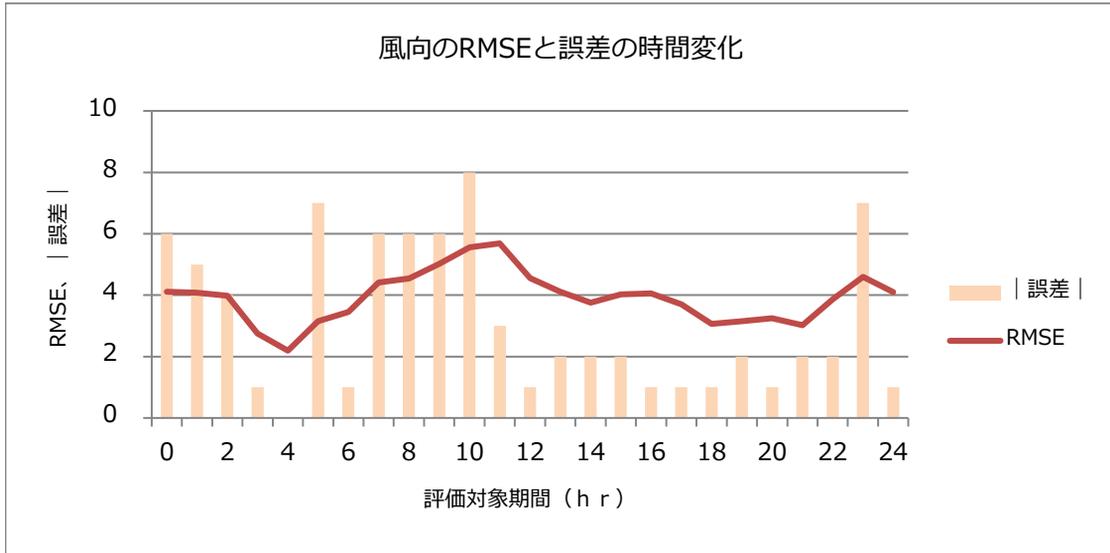
T:2012/10/18

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	3.69	2	0	2.57	3.5
1	4.77	6	1	2.35	4.0
2	3.82	2	2	2.36	3.5
3	4.52	6	3	2.37	5.1
4	5.06	3	4	2.26	5.0
5	4.46	2	5	1.86	3.8
6	4.89	2	6	1.74	2.8
7	4.63	3	7	1.38	2.6
8	5.51	2	8	1.76	3.0
9	3.42	1	9	1.22	1.3
10	3.26	1	10	1.55	2.1
11	3.34	0	11	1.63	1.4
12	3.87	0	12	1.86	1.7
13	3.94	1	13	1.56	2.0
14	3.12	1	14	1.42	1.1
15	3.45	0	15	1.28	1.6
16	2.87	2	16	1.07	1.9
17	3.74	0	17	1.24	1.8
18	3.08	0	18	1.06	1.5
19	2.96	0	19	1.16	1.1
20	4.24	3	20	1.18	1.5
21	5.74	8	21	1.05	0.2
22	5.99	8	22	0.98	0.9
23	5.53	8	23	1.04	1.1
24	2.77	3	24	1.78	1.4
avg	4.11	2.56		1.59	2.24



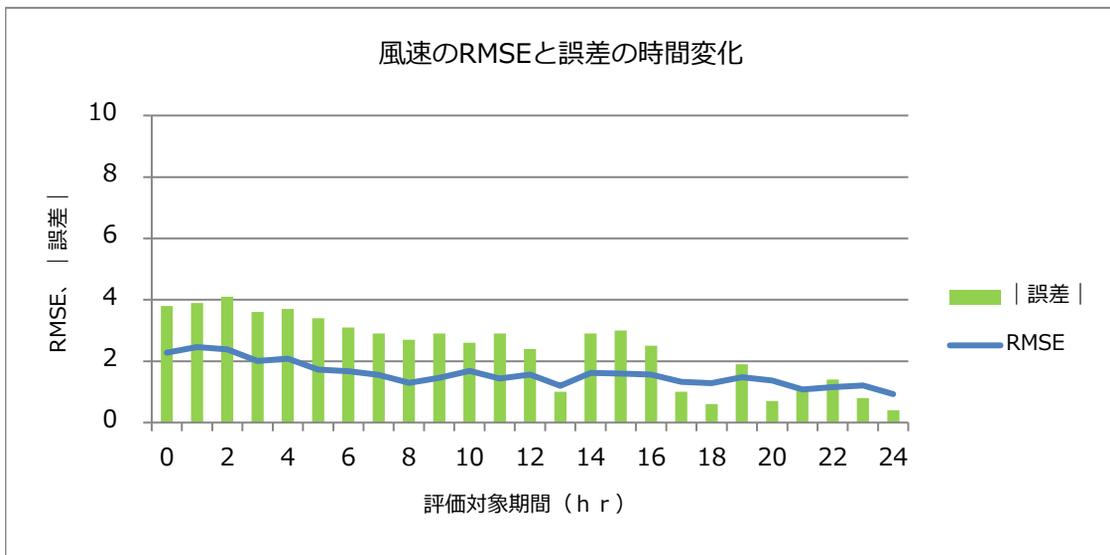
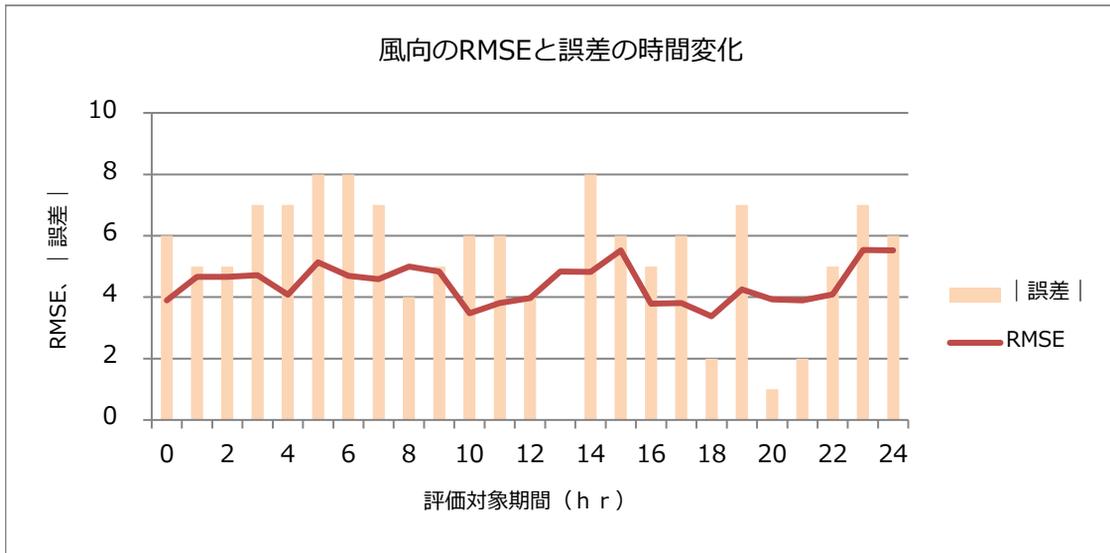
PN:2012/03/10

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	4.37	4	0	1.09	1.6
1	5.68	5	1	1.17	1.6
2	5.87	5	2	1.30	1.9
3	5.25	5	3	1.64	2.3
4	5.25	7	4	1.45	1.9
5	4.71	7	5	1.48	1.9
6	4.64	7	6	1.18	1.8
7	4.46	8	7	1.46	2.3
8	3.61	7	8	1.68	2.8
9	4.29	4	9	1.79	3.7
10	4.48	7	10	1.93	2.8
11	4.44	7	11	2.21	3.4
12	4.90	8	12	2.50	4.2
13	4.52	6	13	2.49	4.5
14	4.20	6	14	2.34	4.3
15	4.32	6	15	2.57	4.2
16	3.07	5	16	2.53	4.6
17	3.85	6	17	2.40	4.5
18	3.67	6	18	2.31	4.2
19	3.30	6	19	1.80	4.0
20	2.79	4	20	1.56	4.7
21	1.47	1	21	1.62	0.5
22	3.61	1	22	1.01	0.9
23	2.63	1	23	1.25	1.1
24	2.84	1	24	0.91	0.0
avg	4.09	5.20		1.75	2.79



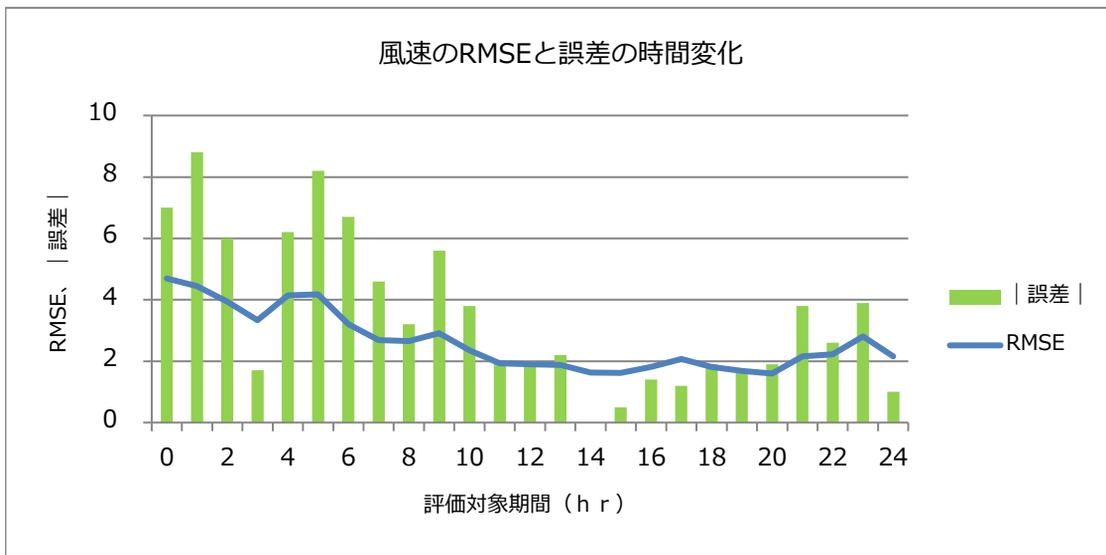
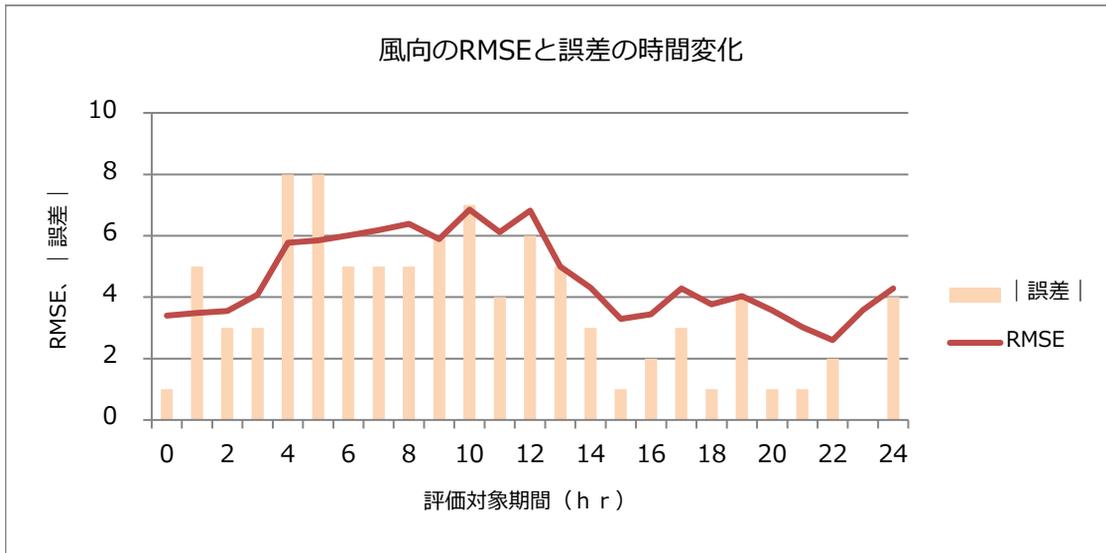
PE:2012/09/08

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	4.11	6	0	1.20	1.8
1	4.08	5	1	1.49	1.2
2	3.98	4	2	1.44	0.6
3	2.75	1	3	1.65	1.3
4	2.19	0	4	1.63	1.0
5	3.15	7	5	1.41	0.4
6	3.45	1	6	1.31	3.8
7	4.42	6	7	1.06	0.5
8	4.54	6	8	1.36	1.3
9	5.02	6	9	1.16	1.2
10	5.56	8	10	1.26	1.1
11	5.69	3	11	1.71	0.8
12	4.56	1	12	1.84	0.4
13	4.11	2	13	2.08	2.0
14	3.75	2	14	2.31	3.2
15	4.03	2	15	2.08	1.6
16	4.06	1	16	2.27	2.5
17	3.70	1	17	2.36	3.1
18	3.07	1	18	2.32	3.8
19	3.15	2	19	2.09	3.2
20	3.25	1	20	1.78	3.2
21	3.02	2	21	1.70	1.6
22	3.86	2	22	1.53	0.7
23	4.60	7	23	1.08	1.2
24	4.10	1	24	1.02	0.9
avg	3.93	3.12		1.65	1.70



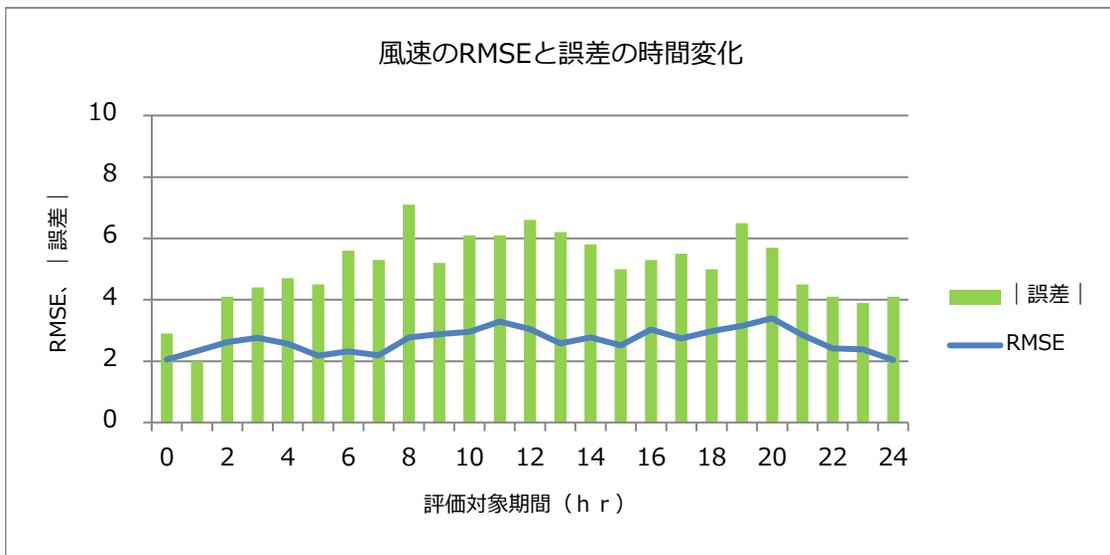
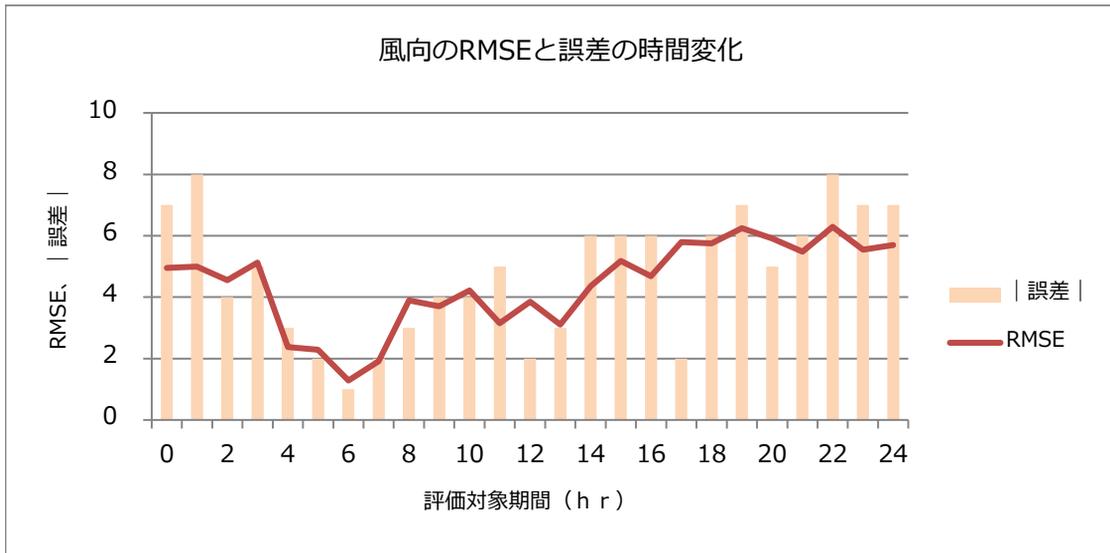
PS:2012/09/20

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	3.90	6	0	2.27	3.8
1	4.66	5	1	2.46	3.9
2	4.67	5	2	2.38	4.1
3	4.72	7	3	2.00	3.6
4	4.08	7	4	2.08	3.7
5	5.14	8	5	1.73	3.4
6	4.70	8	6	1.67	3.1
7	4.59	7	7	1.55	2.9
8	4.99	4	8	1.29	2.7
9	4.84	5	9	1.46	2.9
10	3.48	6	10	1.68	2.6
11	3.81	6	11	1.44	2.9
12	3.97	4	12	1.56	2.4
13	4.83	0	13	1.20	1.0
14	4.82	8	14	1.62	2.9
15	5.53	6	15	1.60	3.0
16	3.79	5	16	1.56	2.5
17	3.81	6	17	1.32	1.0
18	3.37	2	18	1.28	0.6
19	4.25	7	19	1.48	1.9
20	3.92	1	20	1.37	0.7
21	3.90	2	21	1.08	1.1
22	4.10	5	22	1.16	1.4
23	5.53	7	23	1.20	0.8
24	5.53	6	24	0.92	0.4
avg	4.44	5.32		1.58	2.37



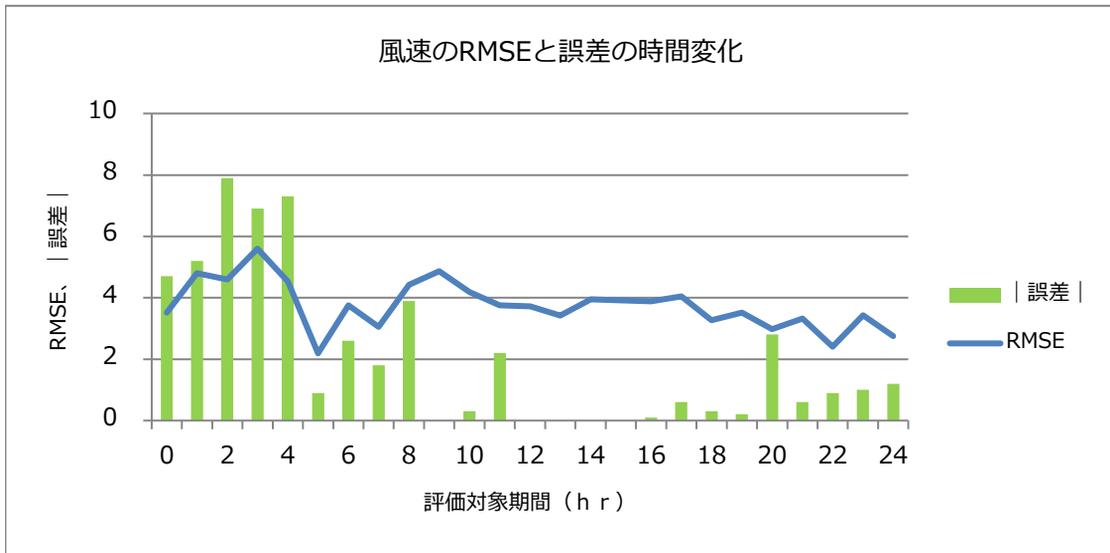
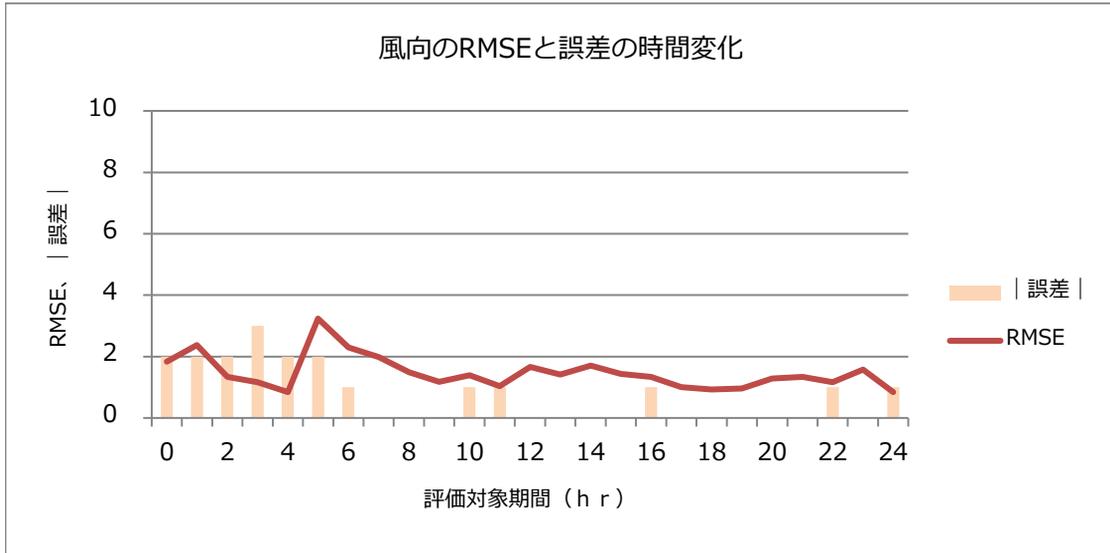
PW:2012/11/15

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	3.40	1	0	4.69	7.0
1	3.49	5	1	4.45	8.8
2	3.55	3	2	3.94	6.0
3	4.08	3	3	3.34	1.7
4	5.78	8	4	4.15	6.2
5	5.84	8	5	4.17	8.2
6	6.01	5	6	3.21	6.7
7	6.19	5	7	2.68	4.6
8	6.39	5	8	2.65	3.2
9	5.89	6	9	2.92	5.6
10	6.85	7	10	2.35	3.8
11	6.12	4	11	1.93	2.0
12	6.83	6	12	1.90	2.0
13	5.00	5	13	1.87	2.2
14	4.30	3	14	1.63	0.0
15	3.29	1	15	1.62	0.5
16	3.44	2	16	1.81	1.4
17	4.29	3	17	2.07	1.2
18	3.76	1	18	1.81	1.9
19	4.04	4	19	1.68	1.7
20	3.57	1	20	1.60	1.9
21	3.03	1	21	2.15	3.8
22	2.60	2	22	2.23	2.6
23	3.58	0	23	2.81	3.9
24	4.29	4	24	2.16	1.0
avg	4.62	3.72		2.63	3.52



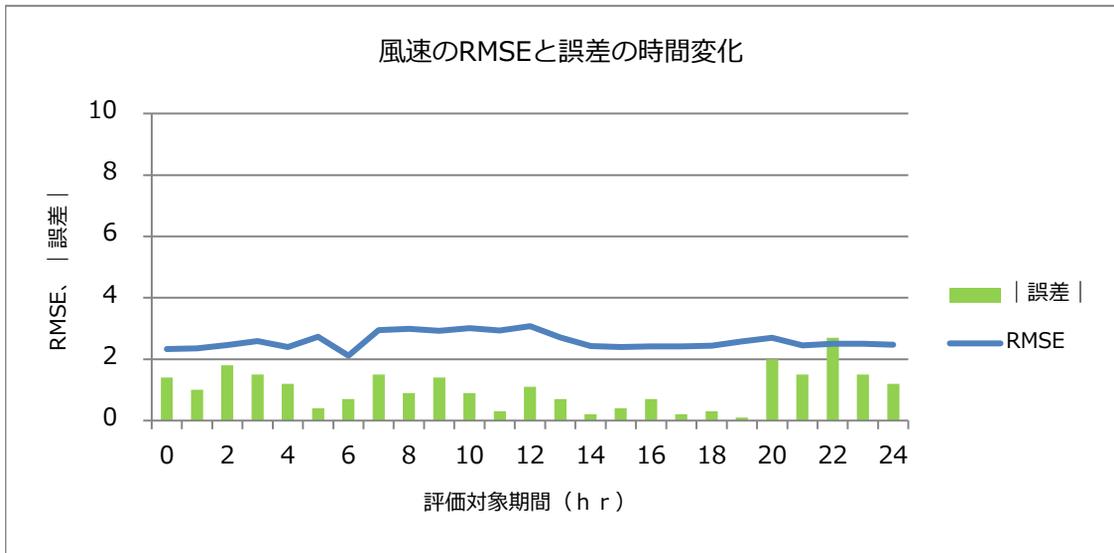
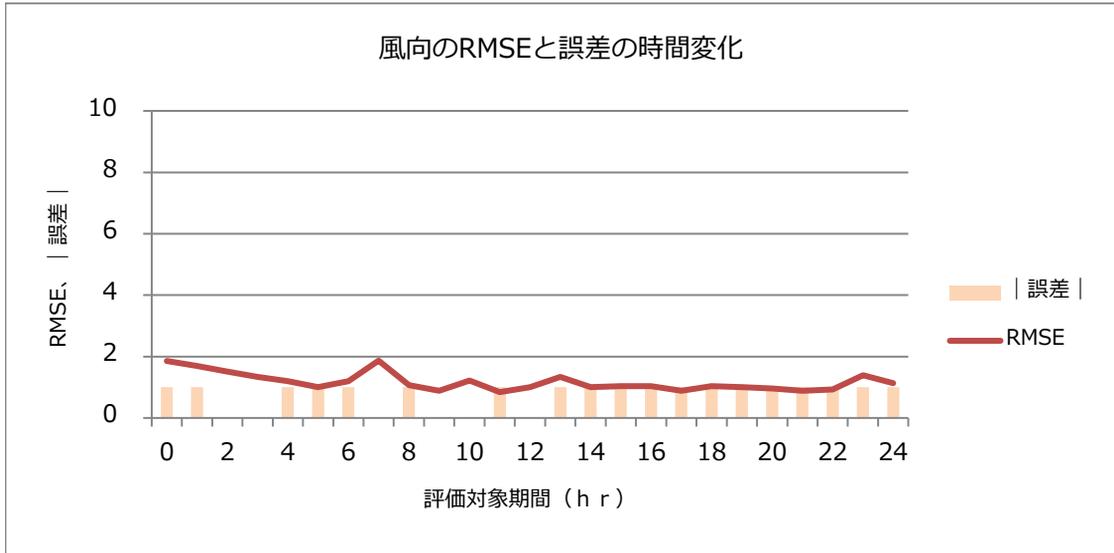
OPW:2012/11/23

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	4.95	7	0	2.05	2.9
1	4.99	8	1	2.34	2.0
2	4.56	4	2	2.62	4.1
3	5.12	5	3	2.76	4.4
4	2.38	3	4	2.56	4.7
5	2.29	2	5	2.18	4.5
6	1.28	1	6	2.32	5.6
7	1.91	2	7	2.20	5.3
8	3.90	3	8	2.78	7.1
9	3.71	4	9	2.88	5.2
10	4.22	4	10	2.96	6.1
11	3.15	5	11	3.29	6.1
12	3.85	2	12	3.04	6.6
13	3.11	3	13	2.58	6.2
14	4.36	6	14	2.77	5.8
15	5.18	6	15	2.51	5.0
16	4.68	6	16	3.03	5.3
17	5.80	2	17	2.74	5.5
18	5.75	6	18	2.98	5.0
19	6.25	7	19	3.15	6.5
20	5.92	5	20	3.40	5.7
21	5.48	6	21	2.85	4.5
22	6.29	8	22	2.41	4.1
23	5.55	7	23	2.39	3.9
24	5.70	7	24	2.04	4.1
avg	4.41	4.76		2.67	5.05



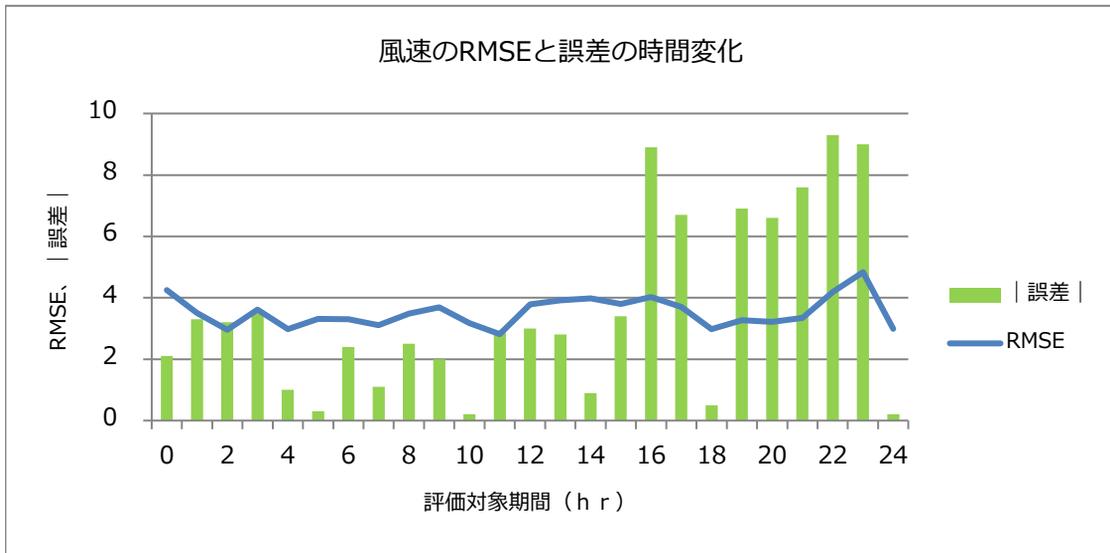
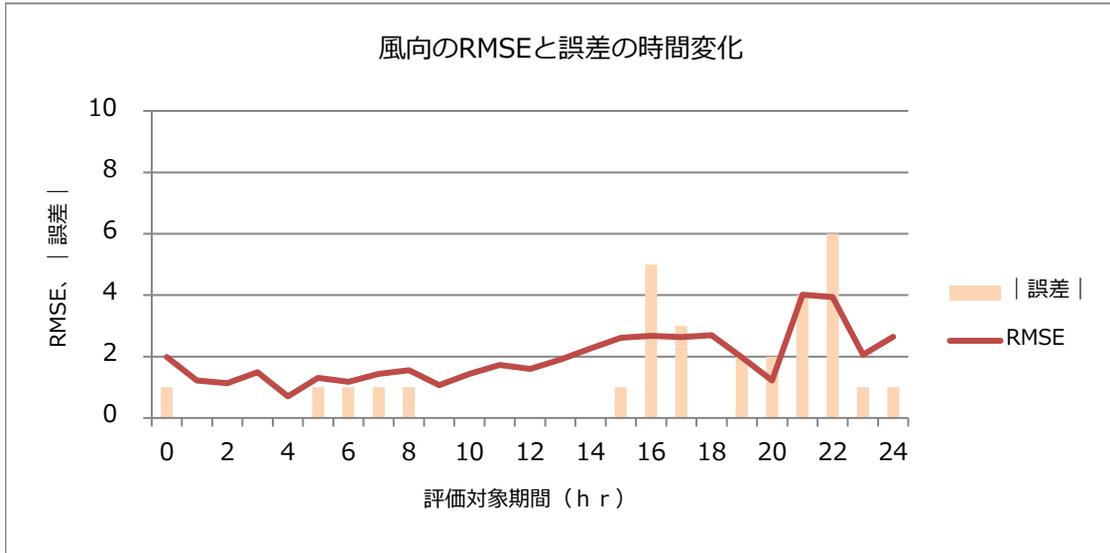
LF:2012/04/03

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	1.83	2	0	3.51	4.7
1	2.38	2	1	4.80	5.2
2	1.34	2	2	4.59	8
3	1.17	3	3	5.60	7
4	0.85	2	4	4.53	7
5	3.24	2	5	2.19	0.9
6	2.30	1	6	3.76	2.6
7	1.98	0	7	3.05	1.8
8	1.49	0	8	4.43	3.9
9	1.18	データ無し	9	4.86	データ無し
10	1.39	1	10	4.18	0.3
11	1.04	1	11	3.76	2.2
12	1.66	データ無し	12	3.72	データ無し
13	1.41	データ無し	13	3.42	データ無し
14	1.71	データ無し	14	3.95	データ無し
15	1.44	データ無し	15	3.91	データ無し
16	1.34	1	16	3.89	0.1
17	1.00	0	17	4.05	0.6
18	0.93	0	18	3.27	0.3
19	0.96	0	19	3.52	0.2
20	1.28	0	20	2.98	2.8
21	1.34	0	21	3.32	0.6
22	1.17	1	22	2.40	0.9
23	1.58	0	23	3.43	1.0
24	0.85	1	24	2.75	1.2
avg	1.47	0.95		3.75	2.57



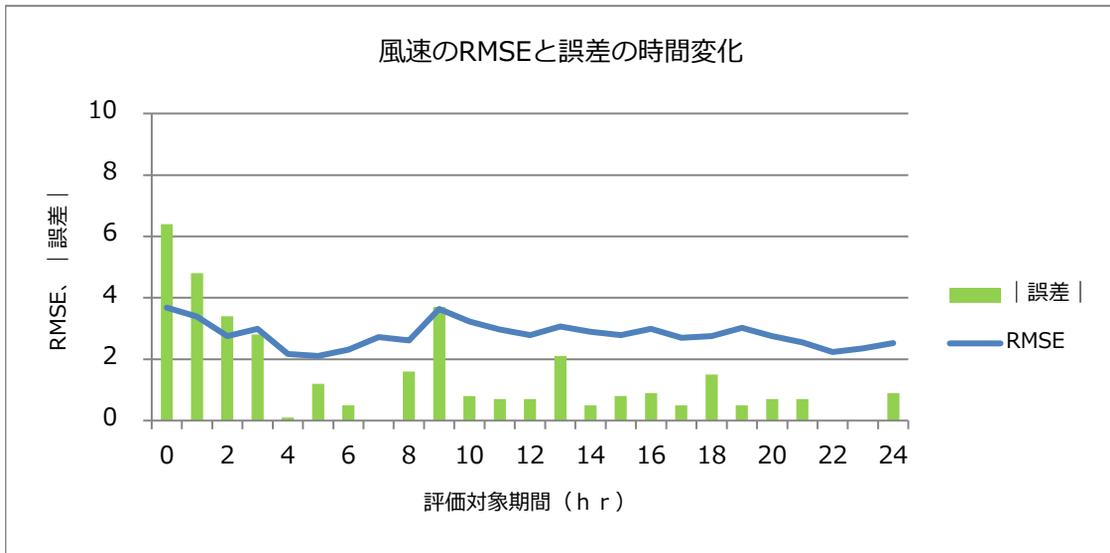
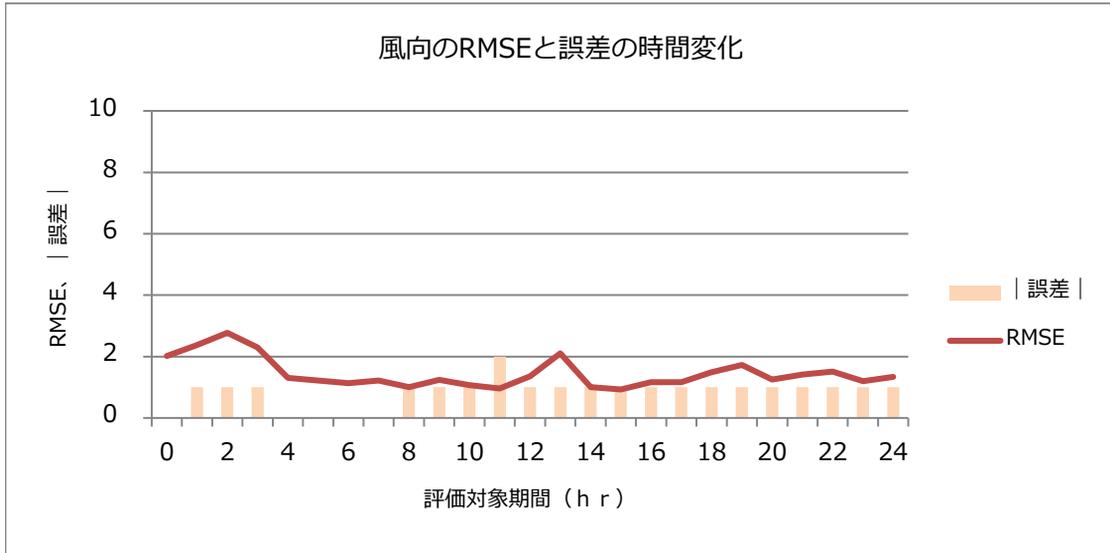
LB:2012/02/01

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	1.86	1	0	2.34	1.4
1	1.69	1	1	2.36	1.0
2	1.51	0	2	2.46	1.8
3	1.34	0	3	2.59	1.5
4	1.20	1	4	2.40	1.2
5	1.00	1	5	2.73	0.4
6	1.20	1	6	2.11	0.7
7	1.87	0	7	2.95	1.5
8	1.07	1	8	2.99	0.9
9	0.89	0	9	2.92	1.4
10	1.23	0	10	3.01	0.9
11	0.85	1	11	2.94	0.3
12	1.00	0	12	3.07	1.1
13	1.34	1	13	2.70	0.7
14	1.00	1	14	2.43	0.2
15	1.04	1	15	2.39	0.4
16	1.04	1	16	2.42	0.7
17	0.89	1	17	2.42	0.2
18	1.04	1	18	2.44	0.3
19	1.00	1	19	2.58	0.1
20	0.96	1	20	2.70	2.0
21	0.89	1	21	2.44	1.5
22	0.93	1	22	2.50	2.7
23	1.39	1	23	2.50	1.5
24	1.13	1	24	2.47	1.2
avg	1.17	0.76		2.59	1.02



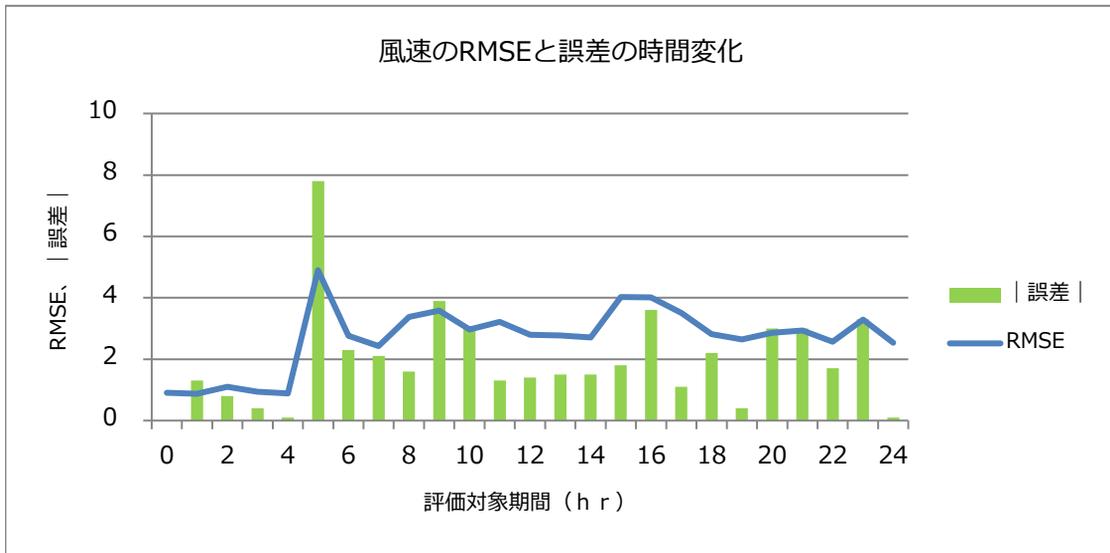
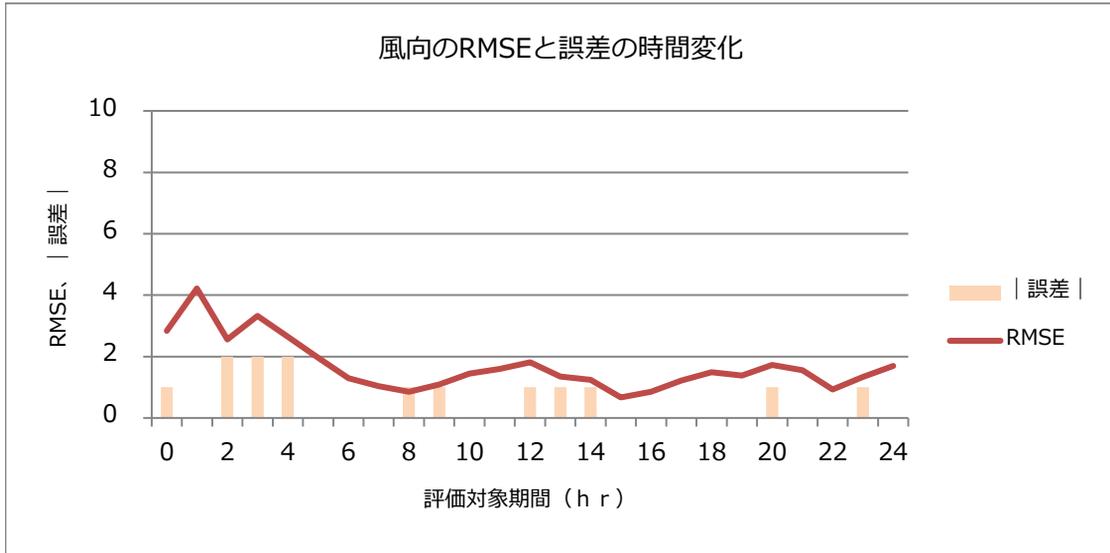
L2:2012/12/08

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	1.98	1	0	4.25	2.1
1	1.23	0	1	3.51	3.3
2	1.13	0	2	2.96	3.2
3	1.49	0	3	3.62	3.5
4	0.71	0	4	2.98	1.0
5	1.31	1	5	3.32	0.3
6	1.18	1	6	3.30	2.4
7	1.44	1	7	3.11	1.1
8	1.56	1	8	3.48	2.5
9	1.07	0	9	3.69	2.0
10	1.44	0	10	3.17	0.2
11	1.73	0	11	2.82	2.9
12	1.59	0	12	3.79	3.0
13	1.90	0	13	3.91	2.8
14	2.27	0	14	3.98	0.9
15	2.61	1	15	3.80	3.4
16	2.68	5	16	4.03	8.9
17	2.63	3	17	3.71	6.7
18	2.70	0	18	2.98	0.5
19	1.98	2	19	3.27	6.9
20	1.23	2	20	3.21	6.6
21	4.01	4	21	3.35	7.6
22	3.94	6	22	4.19	9.3
23	2.06	1	23	4.83	9.0
24	2.65	1	24	2.98	0.2
avg	1.94	1.20		3.53	3.61



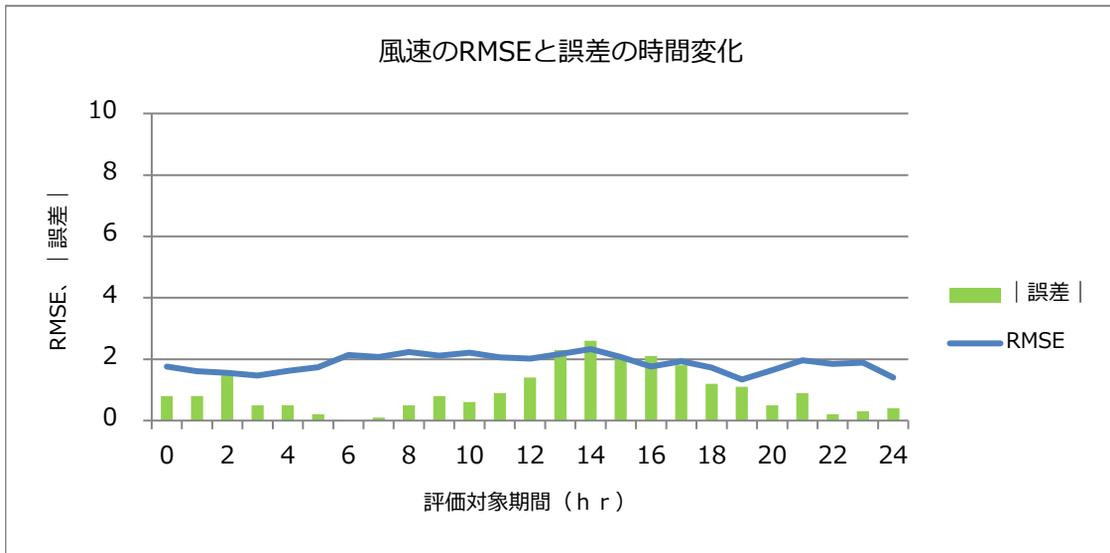
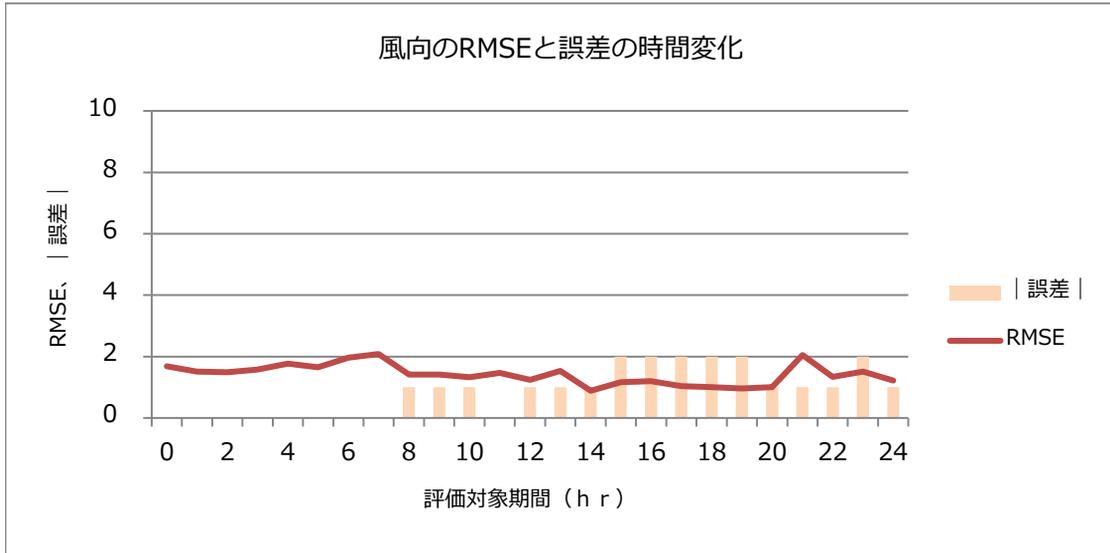
OLS:2012/12/25

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	2.02	0	0	3.68	6.4
1	2.38	1	1	3.39	4.8
2	2.78	1	2	2.76	3.4
3	2.30	1	3	2.99	2.8
4	1.31	0	4	2.17	0.1
5	1.23	0	5	2.10	1.2
6	1.13	0	6	2.31	0.5
7	1.23	データ無し	7	2.72	データ無し
8	1.00	1	8	2.61	1.6
9	1.24	1	9	3.64	3.7
10	1.07	1	10	3.22	0.8
11	0.96	2	11	2.97	0.7
12	1.36	1	12	2.78	0.7
13	2.10	1	13	3.07	2.1
14	1.00	1	14	2.90	0.5
15	0.93	1	15	2.78	0.8
16	1.17	1	16	2.99	0.9
17	1.17	1	17	2.70	0.5
18	1.49	1	18	2.75	1.5
19	1.73	1	19	3.02	0.5
20	1.25	1	20	2.75	0.7
21	1.41	1	21	2.54	0.7
22	1.51	1	22	2.23	0.0
23	1.20	1	23	2.35	0.0
24	1.34	1	24	2.52	0.9
avg	1.45	0.88		2.80	1.49



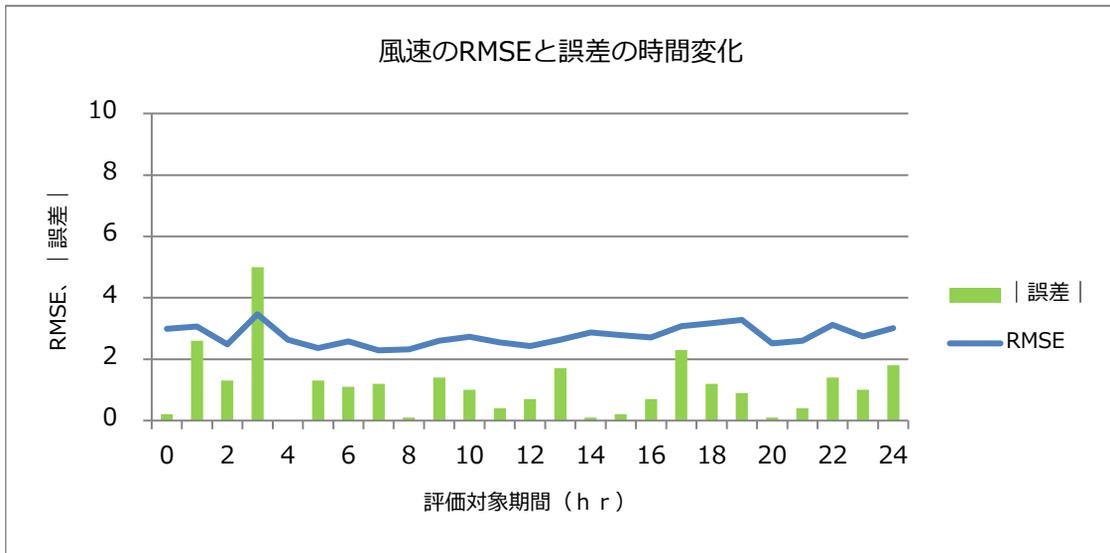
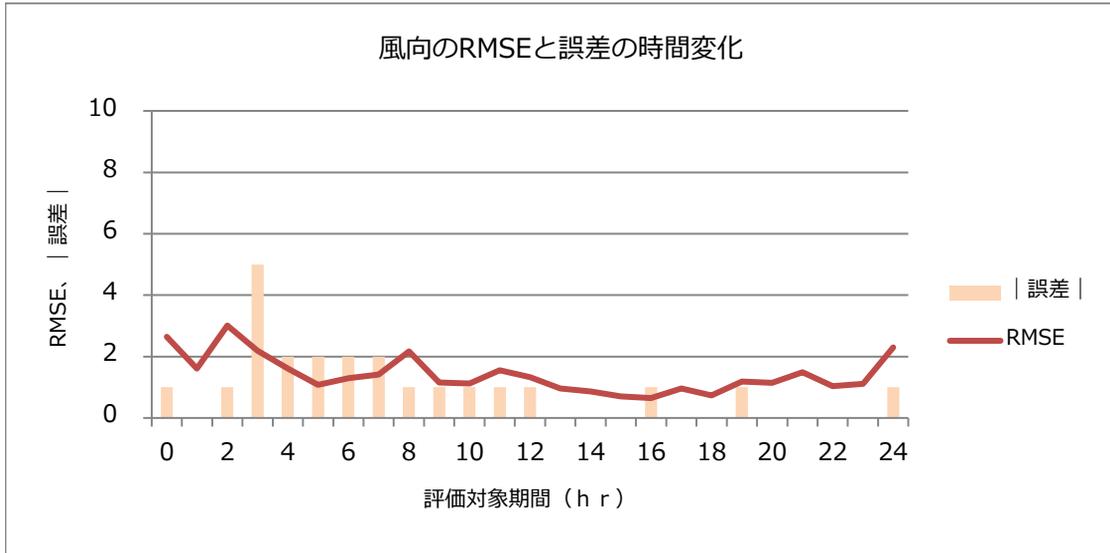
OLB:2012/03/11

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	2.84	1	0	0.91	0.0
1	4.22	0	1	0.88	1.3
2	2.56	2	2	1.10	0.8
3	3.33	2	3	0.94	0.4
4	2.65	2	4	0.88	0.1
5	1.96	0	5	4.90	7.8
6	1.30	0	6	2.76	2.3
7	1.04	0	7	2.42	2.1
8	0.85	1	8	3.37	1.6
9	1.09	1	9	3.58	3.9
10	1.44	0	10	2.97	3.0
11	1.59	0	11	3.21	1.3
12	1.82	1	12	2.80	1.4
13	1.35	1	13	2.78	1.5
14	1.24	1	14	2.71	1.5
15	0.67	0	15	4.02	1.8
16	0.85	0	16	4.01	3.6
17	1.23	0	17	3.50	1.1
18	1.49	0	18	2.81	2.2
19	1.39	0	19	2.64	0.4
20	1.73	1	20	2.86	3.0
21	1.56	0	21	2.94	3.0
22	0.93	0	22	2.57	1.7
23	1.34	1	23	3.29	3.3
24	1.69	0	24	2.54	0.1
avg	1.69	0.56		2.70	1.97



PN:2012/05/10

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	1.69	0	0	1.76	0.8
1	1.51	0	1	1.61	0.8
2	1.49	0	2	1.55	1.6
3	1.58	0	3	1.47	0.5
4	1.77	0	4	1.62	0.5
5	1.65	0	5	1.74	0.2
6	1.96	0	6	2.13	0.0
7	2.08	0	7	2.07	0.1
8	1.41	1	8	2.24	0.5
9	1.41	1	9	2.12	0.8
10	1.33	1	10	2.21	0.6
11	1.47	0	11	2.06	0.9
12	1.24	1	12	2.01	1.4
13	1.54	1	13	2.17	2.3
14	0.89	1	14	2.34	2.6
15	1.17	2	15	2.08	2.0
16	1.20	2	16	1.76	2.1
17	1.04	2	17	1.93	1.8
18	1.00	2	18	1.73	1.2
19	0.96	2	19	1.34	1.1
20	1.00	1	20	1.64	0.5
21	2.05	1	21	1.96	0.9
22	1.34	1	22	1.85	0.2
23	1.51	2	23	1.89	0.3
24	1.23	1	24	1.40	0.4
avg	1.42	0.88		1.87	0.96



PW:2012/12/09

風向			風速		
期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差	期間 (h)	RMSE	宮川局 誤差
0	2.65	1	0	2.98	0.2
1	1.60	0	1	3.06	2.6
2	3.01	1	2	2.48	1.3
3	2.19	5	3	3.46	5.0
4	1.60	2	4	2.63	0.0
5	1.08	2	5	2.36	1.3
6	1.30	2	6	2.57	1.1
7	1.41	2	7	2.29	1.2
8	2.17	1	8	2.32	0.1
9	1.16	1	9	2.60	1.4
10	1.12	1	10	2.73	1.0
11	1.56	1	11	2.55	0.4
12	1.32	1	12	2.43	0.7
13	0.96	0	13	2.63	1.7
14	0.87	0	14	2.87	0.1
15	0.71	0	15	2.78	0.2
16	0.65	1	16	2.71	0.7
17	0.96	0	17	3.07	2.3
18	0.73	0	18	3.17	1.2
19	1.19	1	19	3.28	0.9
20	1.14	0	20	2.51	0.1
21	1.49	0	21	2.60	0.4
22	1.04	0	22	3.12	1.4
23	1.11	0	23	2.75	1.0
24	2.30	1	24	3.02	1.8
avg	1.41	0.92		2.76	1.12

余 白