

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

Upper layer winds of the autumn 1991, the spring, summer and winter, 1992 in Tokai Village,
Ibaraki Prefecture, Japan

谷 田 祐 子* 安 達 隆 史†
YATA Yuko ADACHI Takashi

要約: 気象学は教員養成系の大学では, 理科教育専修の地学分野に含まれるが, 環境科学の分野にも当然, 含まれる. 近年の地球環境問題を理解する上で重要な分野であるにもかかわらず, 大学や高校において, 風が大気の大気汚染物質等を運び, 拡散させているという観点での気象学教材が必ずしも十分ではない. この研究は, 科学的な新たな知見を発表するとともに, 上記の教材不足を補うものである. この研究では, 茨城県東海村の日本原子力研究所によって 1991~1992 年に実施された, 四季別 2 週間の低層レーウィンゾンデ観測 (地上から高度 3000m まで 50m ごと) による風向風速データを入手して解析した. 解析結果は季節別高度別の風向頻度などを表わした風配図, 上層風の実測値と推定値の比較図, 風向風速の日変化図などで表わし, 大気汚染濃度予測の観点から考察した.

キーワード: 東海村, 上層風, 風配図, 鉛直シア, 海陸風

I はじめに

この研究は, 著者の谷田 (2008) が, ソフトサイエンス課程環境科学コース (地学分野) の平成 19 年度卒業研究として行った「レーウィンゾンデデータによる上層風の研究」の成果を教育実践総合センター研究紀要の論文として取りまとめたものである. 内容は公開されている日本原子力研究所 (現在名は, 独立行政法人日本原子力研究開発機構であるが, ここでは, 利用した気象観測の実施時期での名称を使い, 短く「原研」と呼ぶことにする.) による気象観測データを有効活用したもので, 理科教育教材の開発という意味もあるので, 解析図を多く掲載した. なお, 研究の手法と対象地域が同様であるが, 夏と冬の上層風を解析した荒井 (2007) と荒井ら (2008) の研究に引き続くものである.

我が国では, これまでに火力発電所の環境アセスメントや原子炉施設の安全解析のための特別気象観測が電気事業者によって多くなされているが, 四季別 1 週間というように観測期間があまり長くない場合や, 低い高度のみ観測される場合が多い. また, それらの気象観測データは公表の義務がないので, ほとんどが公表されていない. しかし, 今回研究対象地域に選んだ茨城県那珂郡東海村の原研では, 大気拡散に関する気象の研究がなされていて, 観測・実験データ集がしばしば刊行されている. 今回利用できた気象データは, 著者の安達も参加した試験研究 (林ら, 1998a,b,c,d) によるもので, 四季別 2 週間で, 地上から高度 3000m まで 50m ごとに風向風速気温が観測 (低層レーウィンゾンデ観測という.) されているので, これまでになかった貴重なものである. ただし, 今回は風向と風速の解析を行い, 気温の解析は今後の課題とした.

当研究では, 荒井 (2007), 荒井ら (2008) による 1992 年の夏と冬についての研究成果を再吟味し, それに加えて, 同年の春と前年 (1991 年) の秋を追加することによって四季を揃えて, 比較的

*ソフトサイエンス課程環境科学コース学生, 現在, 株式会社エヌアイデイ, †理科教育講座

平坦な沿岸地域での大気汚染濃度予測手法研究の基礎資料を得る目的で，大気境界層内での季節や高度による風向・風速の変化を調べて，風配図に取りまとめた．また，高度が変わると，風速は変化する可能性があるが，環境アセスメントの経費節約のために煙が主に流れる高度での上層風観測が省略される場合がある．その場合は，1 年間，観測された地上風から 1 年間の上層風を推定する必要がある．その際，よく使われるのは，風速鉛直分布の「べき法則」である．その法則のパラメータである「べき指数」は，適用する高度や地域によって異なる可能性があるが，もしも統一した取り扱いが出来れば便利である．安達（1981）は接地境界層の理論に基づいて地上 150m までに適用する「べき指数」を地面粗度別に導いた．また，米国環境保護庁（EPA）承認の長期平均濃度用拡散モデルである CDM にも「べき指数」（環境庁；1988，公害研究対策センター；2000）が記載されている．ここでは試みに，この米国環境保護庁（EPA）の「べき指数」を取り上げて，今回の観測データに適用してみる研究も行った．ただし，超音波風向風速計による地上風と気球観測による上層風とでは観測方法に違いがあることと，地上風が周辺地物の影響を受けやすいことから，それらの影響を取り除いて「べき指数」の有用性を確かめるため，地上 50m 風を既知として，地上 100m，150m，200m 風を推算することにした．

なお，これまでに，上記東海村地域で，四季，各 14 日間，3 時間間隔のデータによる地上から 3000m まで，50m，100m，または 1000m 間隔での風向別平均風速付きの風配図を示す研究や，季節別の地上 200m までの上層風を風速鉛直分布の「べき法則」によって推定する研究はほとんど報告されていない．

II 研究方法

1 研究対象地点

茨城県那珂郡東海村（図 1）の海岸部にある原研の東海研究所及び日本原子力発電株式会社東海発電所・東海第二発電所を含む村内の南北に約 7km，東西に約 5km の比較的平坦な土地が研究対象地域である．東海村は，関東地方の北部の太平洋側に位置し，東経 $140^{\circ} 34'$ ，北緯 $36^{\circ} 28'$ で，県都水戸市から北東へ約 15km の距離にある（東海村 HP）．

2 使用データ

原研が特別会計受託事業「環境放射能拡散評価安全性実証試験」において取得した長期野外拡散試験データの内の気象観測データ（林ら，1998a,b,c,d）を用いた．観測時期は秋季（1991 年 10 月から 11 月），春季（1992 年 3 月），夏季（1992 年 7 月から 8 月），冬季（1992 年 12 月）の四季に 14 日ずつである．主に使用したデータは，試験期間中の 3 時間毎の低層レーウィンゾンデによる地上から高度 3000m までの上層の風向風速観測結果である．観測場所は，秋季と春季が発電所北側の原研北部敷地，夏季と冬季が原研海岸部の第二排水口付近である．この観測は，100g 気球にヘリウムガスを毎分 200m で上昇するように充填し，これに低層ゾンデを吊り下げて放球し，低層ゾンデから送られてくる気圧，気温，湿度の信号を専用の受信機（RD-80H）で受信する．風向風速は自動追尾アンテナによる気球の動きのデータから計算される．さらに，原研の長堀住宅の広場（海岸から約 3.7km 内陸）に特別に設置された地上 6.7m 高での超音波風向風速計による地上風データ及び原研構内の気象室（海岸から約 0.9km 内陸）での大気安定度階級（パスキル安定度ともいう．）データも使用した．

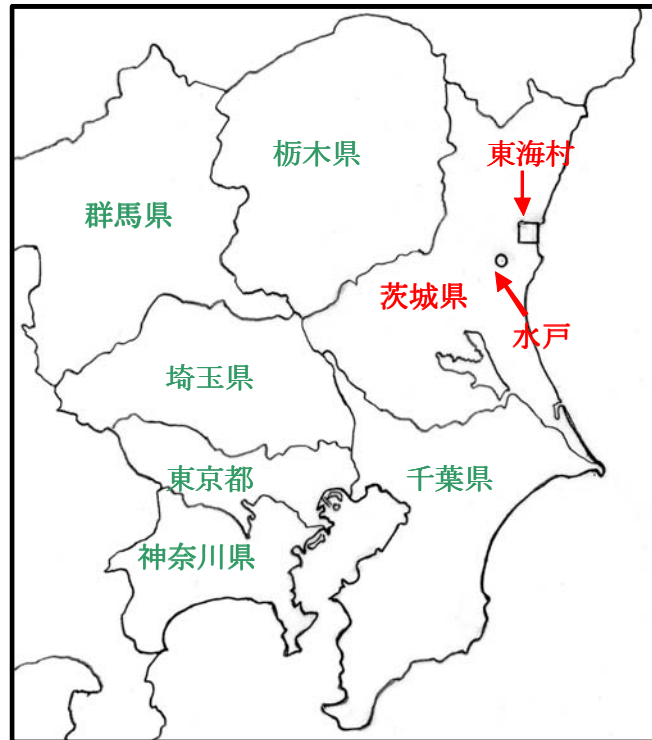


図 1 東海村の位置（関東地方北部，太平洋岸，茨城県の県都水戸市より北東に約 15km の沿岸地域．気象庁の関東地方地図を元に作成）

III 解析

1 高度別の風向・風速

(1) 風配図

高度別に風向の出現頻度（出現率のこと．）を調べるために，500m までは 50m 毎に，上空にいくほど 50m 間隔では変化があまりないので，500m～1000m までは 100m 毎に，1000m～3000m までは 1000m ごとの風配図（16 方位の風向出現頻度をレーダーチャートにしたもの）を作成した．なお，欠測（なんらかのトラブルによって観測値が得られなかった場合）が生じた場合には，風配図の右下に欠測率 $\{(\text{欠測回数} \div \text{観測すべき回数}) \times 100\}$ を記したが，風配図作成においては欠測回数を観測すべき回数から差し引いた値を分母として風向頻度を算出した．また，Calm（静穏：風が弱くて風向が定まらない現象）が生じた場合もその出現率を風配図の右下に記した．さらに，風向ごとの平均風速も計算して風配図に重ねがきした（季節別高度別風向別平均風速の算出）．図 2 ～ 図 13 に秋，春，夏，冬の観測実施順に風配図を示した．

図 2 ～ 図 4 に示した秋季は，地上では西北西風が特に卓越している．50m は北西と北東のふた山型．100m～500m は北北東から北東．600m～800m は東北東であり，それとは別に南西の風向頻度が徐々に高くなる傾向がある．900m と 1000m では北東，南南西，北西の三つまたは四つ山型．2000m と 3000m では西，西南西が多く見られる．この季節の卓越風で特に目立つのは，地上風と地上 100m～300m の風がはっきりと 90 度ほどずれていることである．地上 50m 風は，地上風と 100m 以上の上層風との中間的な風向頻度になり，ふた山型になっているので，特別に地上風の観測精度が悪いわ

けではなさそうである。また, 小畑ら (1993) は原研の気象観測鉄塔で観測された 20m 高度の風向風速を 1964 年～1982 年の 19 年間に渡って統計している。それによると, 10 月と 11 月の平均風向頻度は, 北西が 22 %, 西北西が 11 %, 北北東が 13 %, 北東が 10 %となっており, 今回の地上風と卓越風向が 1 方位ずれているが, ほぼ同様な傾向であるので, 今回の結果が特異ということはない。

図 5 ～ 図 7 に示した春季は, 地上では北と北東のふた山型。50m～150m は北北東。200m では北北東, 北東がともに風向頻度が高くなり, 250m・300m は北東。350m～500m は北北東から東方向が平均的に高くなる。600m は東南東。700m～1000m は北北西, 南西と東南東または東の三つ山型。2000m と 3000m は西風。

図 8 ～ 図 10 に示した夏季は, 地上では北東風が卓越しているが, 南東風も存在している。50m～1000m は北東から東北東, 及び南から南西の風向頻度が多く, 同一高度に北東系と南系の二つの傾向がはっきりと現れている。2000m と 3000m は南西から西の風向頻度が多く見られる。なお, 安達ら (2009) による東海村, 1981 年 8 月, 海風時, 風向風速鉛直分布の事例解析では, 地上から上層に向けて 1000m までは, 東系の海風, 下層と上層との遷移層, 南風, 南東風の 4 層構造になっている。そして, 日射量などの変化の影響を受けて海風の厚さが変化することによって前記のような風配図の特徴になるものと推測できる。

図 11～図 13 に示した冬季は, 地上では西北西から北西風。50～600m は西北西, 北西から北北西。700m と 800m では西南西風。900m と 1000m は南南西から北西。2000m と 3000m は南西, 西南西, 西が多く見られる。

特に, 最近の排気塔や煙突の高さと吹き上げの程度を考慮して, 地上から 300m 以下の風向の出現傾向を高度別にまとめると, 地上風は, 秋が西北西風, 春は北風または北東風, 夏は北東風, 冬は西北西風。50～300m は, 秋は北北東風または北東風, 春も同じく北北東風または北東風, 夏は北東風または南南西風, 冬は北西風となる。大気拡散の観点から見ると, 海岸線がほぼ南北に延びているので, 海岸付近に高高度の排気塔または煙突が建設される場合, そこから排出される煙が内陸に向う風向は, 北東系の風が第一, それから頻度が多くはないが南風または南南東風に留意する必要があることがわかる。それから, 西系の風によって一旦海上に出た煙が陸方向に戻ってくるかどうかにも注意が必要である。

風向の高度による違いについては, 秋季が大気汚染濃度予測の観点から, 特に注意を要することがわかる。外国の事例であるが, 高い煙突と低い煙突とでは, 煙が反対の方向に流れているカラー写真が横山 (1997) に掲載されているので参考になる。

煙突が高いか, あるいは煙突が低くとも吹き上げが大きくて, 200m 高度を煙が流れる場合を想定し, 上層での風向・風速の観測が省略されている場合を考える。秋季の高度 6.7m の風向をそのまま, 高度 200m の風向として扱った場合, 西北西風によって煙が海へ流れ出ると予測することになるが, 実際は北東風によって内陸に煙が流れ込むということになるので, 予想とは大幅に異なる結果になる。ただし, 図 2 はあくまで高度別の統計値であるので, 個々のデータに風向の高度による大きな違いがあると厳密には言えない。しかし, その可能性は大きい。その場合は短期濃度評価の大気汚染濃度予測の際に詳しい検討が必要となる。さらに, このような現象の頻度が多ければ長期濃度評価の際でもかなりの問題となる可能性がある。

このような高所放出による大気汚染の濃度予測に影響を与える「地上から数 100m 以下の気層での風向の高度差」については, 安達ら (2006, 2009) の海風時の事例解析があるが, 陸風時については, 新たな観測データによって別途, 論ずる予定である。

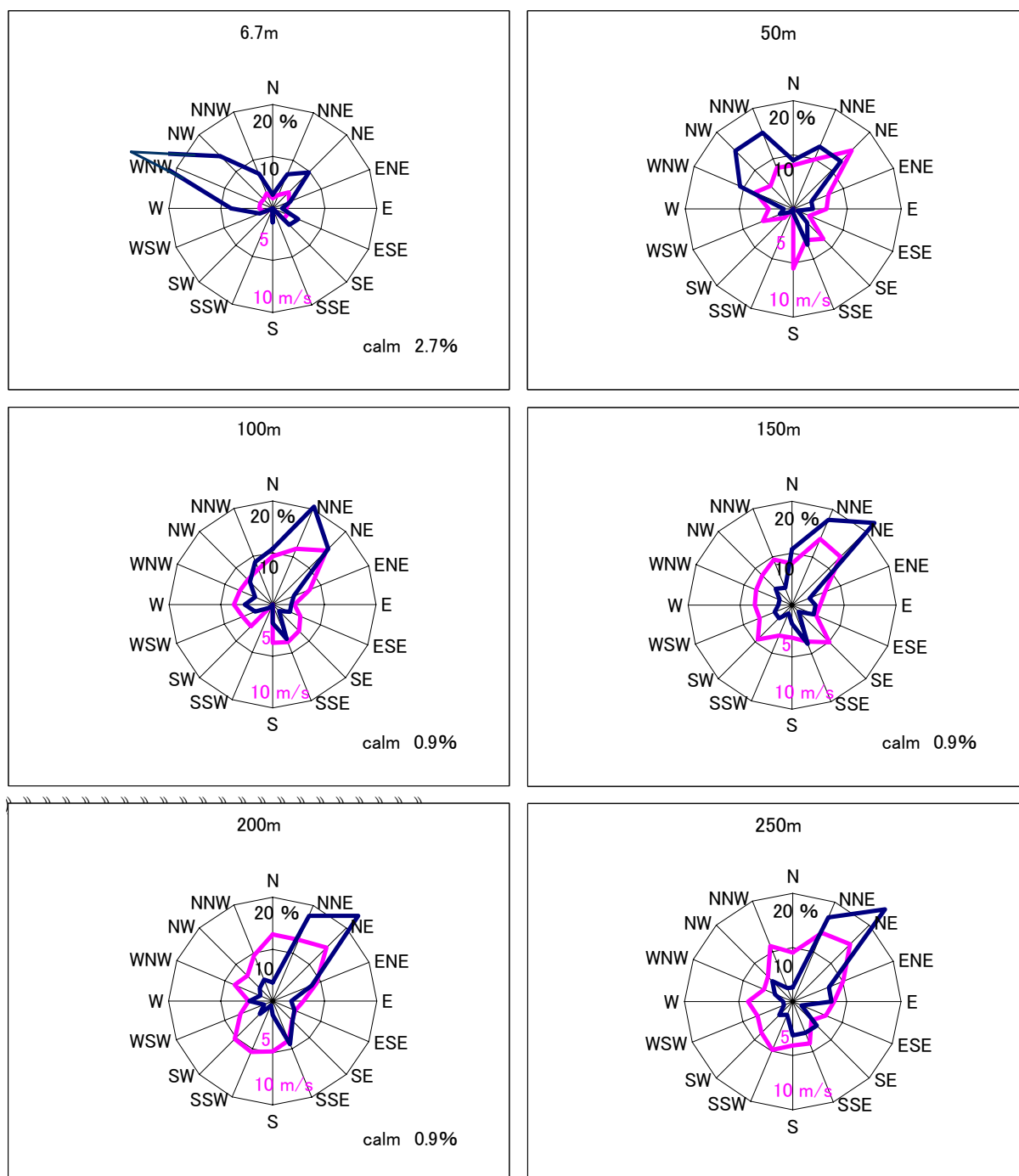


図 2 秋季（地上,50,100,150,200,250 m）の風配図 { 青; 風向頻度 (%), ピンク; 風向別平均風速 (m/s) }

(2) 風向別平均風速

風向別の平均風速は、線の色を変えて 図 2 ～ 図 13 の風配図に重ね書きしてあるが、ここでは高度分布について考察する。高度分布は、16 方位の内の風速の最大値のみに着目する。表 1, 表 2 に、季節別高度別風向別平均風速のうち、風速が最大の方位の平均風速を抽出して、その高度分布を示す。

表 1, 表 2 によると、いずれの季節でも地上 6.7m が高度 50m に比べ風速の値がかなり小さい。地上から高度 300m までは、高度が高くなるとともに風速の値も大きくなる傾向がある。600m～900m

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

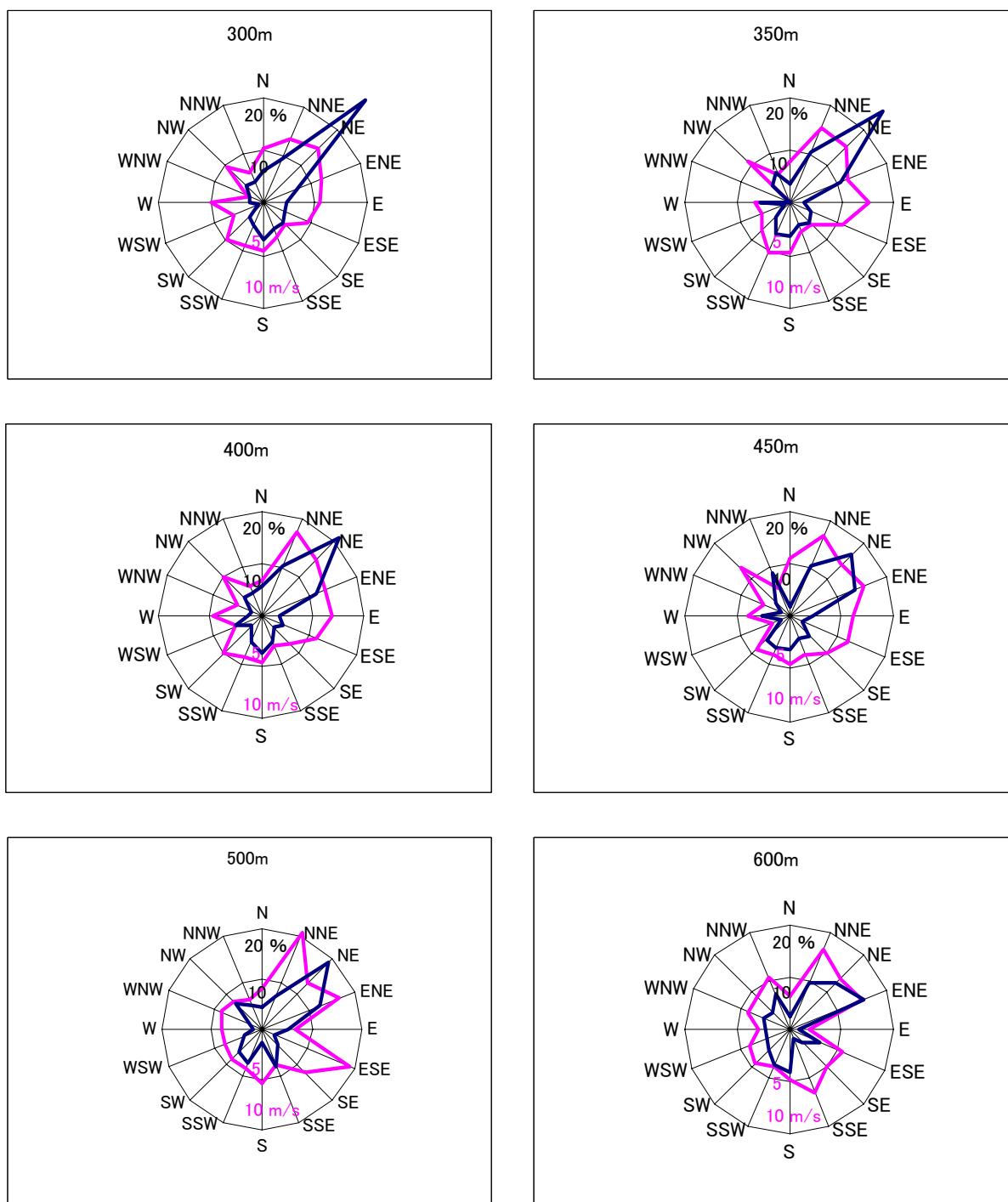


図 3 秋季 (300,350,400,450,500,600 m) の風配図 { 青; 風向頻度 (%), ピンク; 風向別平均風速 (m/s) }

はあまり風速が変わらない. 4 季節で比較すると, 高度 350m までは夏季, 400m~900m では冬季, 1000m 以上では春季の値が他の季節と比べて大きい.

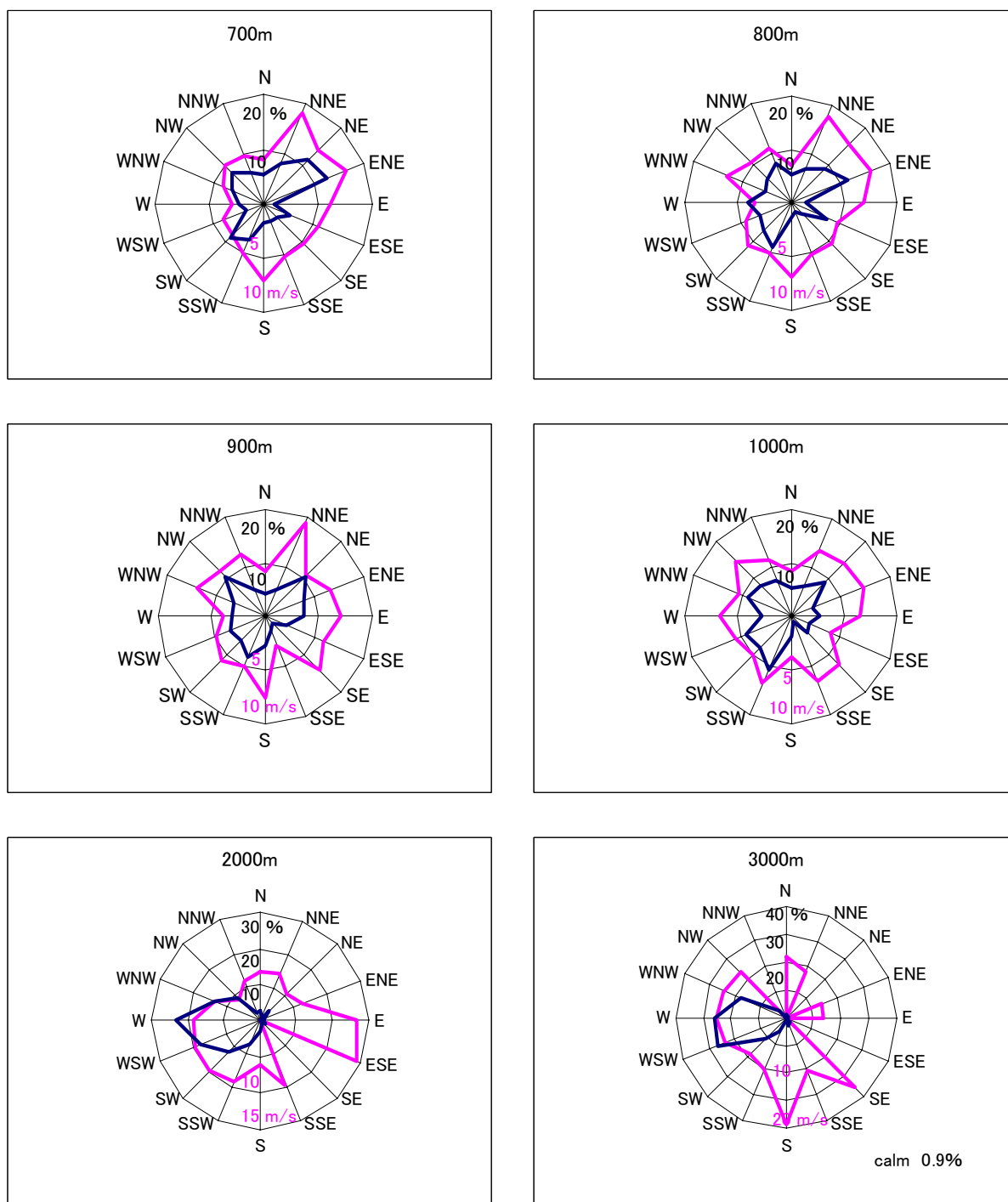


図 4 秋季 (700,800,900,1000,2000,3000 m) の風配図 { 青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s) }

2 風速鉛直分布の「べき法則」による上層風速の推定

風速鉛直分布の「べき法則」は, 1つの高度の風速値が観測されれば, それを使って他の高さの風速が簡単に推算できるというものである. しかし, この法則は風速が単純に上層ほど強くなる接地境界層内で適用されるが, 適用限界の高さは必ずしも明確ではない. 例えば, 海陸風は, 地上風とそ

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

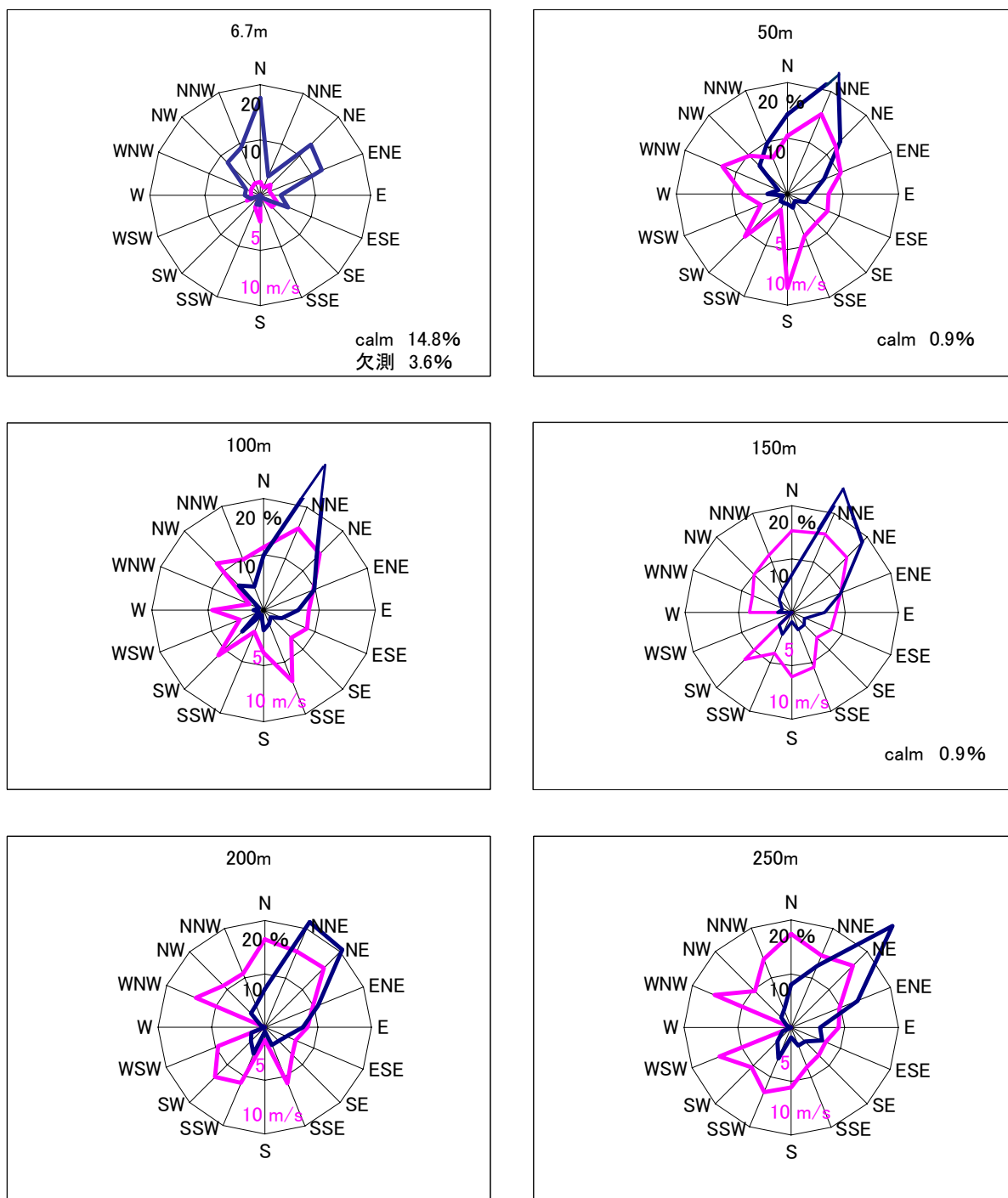


図 5 春季 (地上, 50, 100, 150, 200, 250 m) の風配図 { 青; 風向頻度 (%), ピンク; 風向別平均風速 (m/s) }

の上の反流との間に大きな風向差があるため, 中間の遷移層が存在し, その高さで風速の極小値が現れ易い. 即ち, 地上から上層に向って風速が単純には増大しないことになる. そのような気層では当然, 「ベキ法則」は適用できない. ここでは, 東海村での過去の気象観測結果を参考にして, 地上 200m までに「ベキ法則」を適用してみた.

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

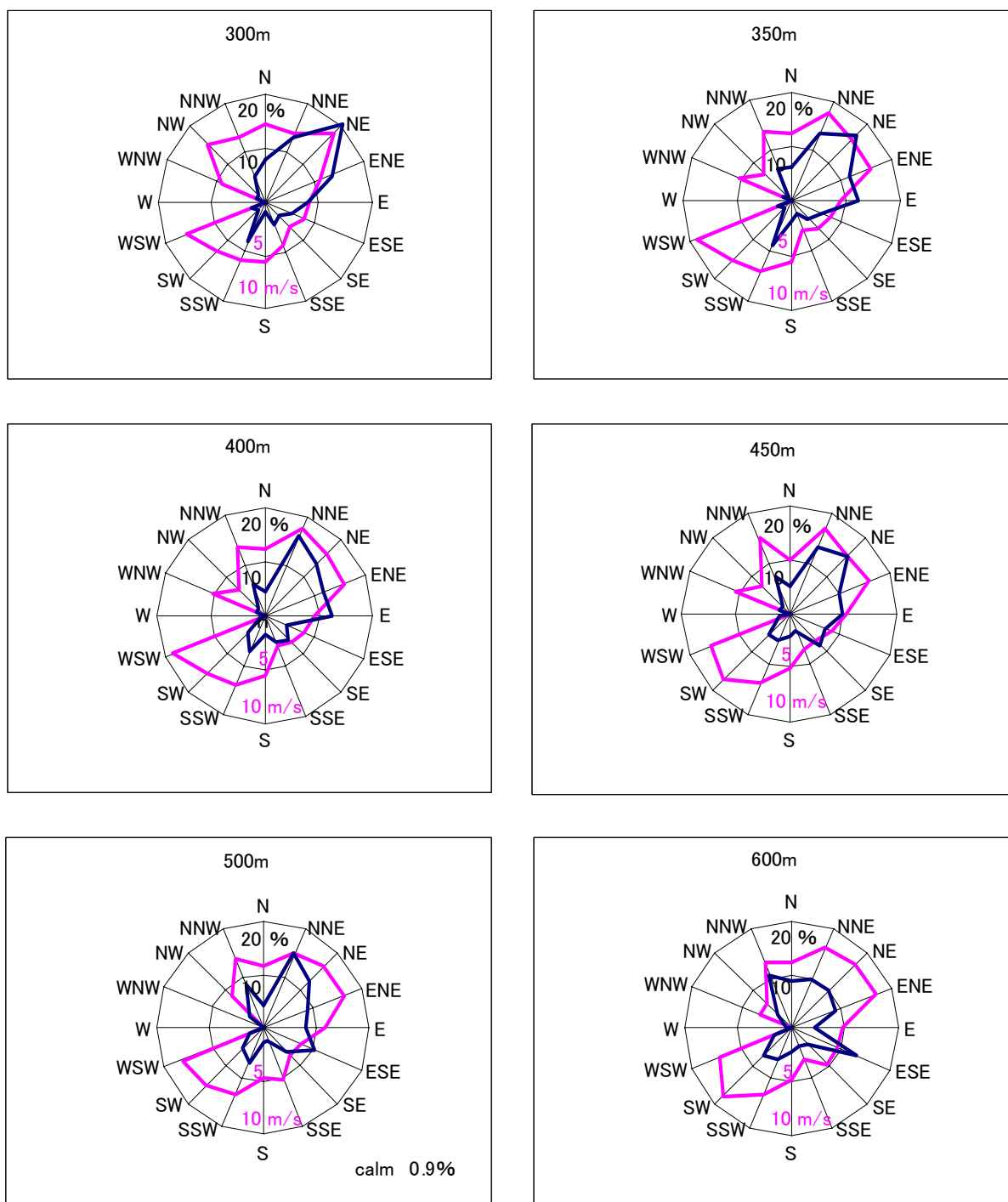


図 6 春季 (300,350,400,450,500,600 m) の風配図 { 青; 風向頻度 (%), ピンク; 風向別平均風速 (m/s) }

風速鉛直分布の「べき法則」は次式で表される (環境庁, 1988) .

$$u = u_x(z/x)^p$$

ただし, z ; 高さ (m), u ; 高さ z での風速 (m/s), u_x ; 高さ x (m) での風速 (m/s), p ; べき指数.

この式の使い方は, 高さ x (m) (今回は地上 50m) での風速と p を代入すれば良い. この p はパスキル安定度によって変わるが, 今回は表 3 に示す E P A (米国環境保護庁) が CDM (長期濃度シ

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

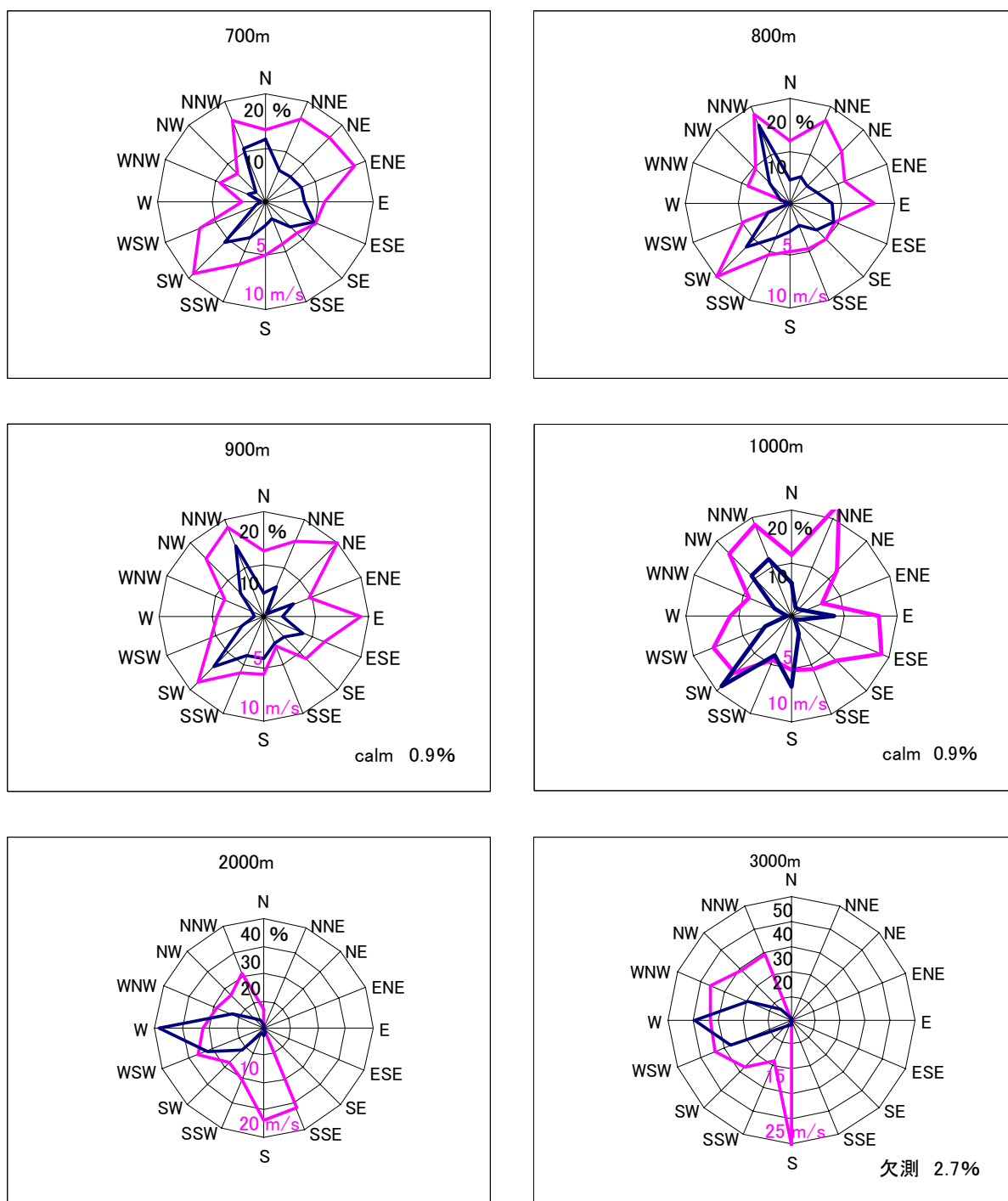


図 7 春季 (700,800,900,1000,2000,3000 m) の風配図 { 青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s) }

ミュレーション・モデル) マニュアルに用いた値をテストしてみる. パスکیل安定度は, 風速と日射量・放射収支量を組み合わせた我が国の原子力安全委員会採用の方式(表 4)で求められて, 林ら(1998a,b,c,d)のデータ集に掲載されている原研気象室の観測値を利用した.

今回は, 季節別に, 地上 50m 風を元に, 100m, 150, 200m の風速を推算し, それぞれ推定値と実

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

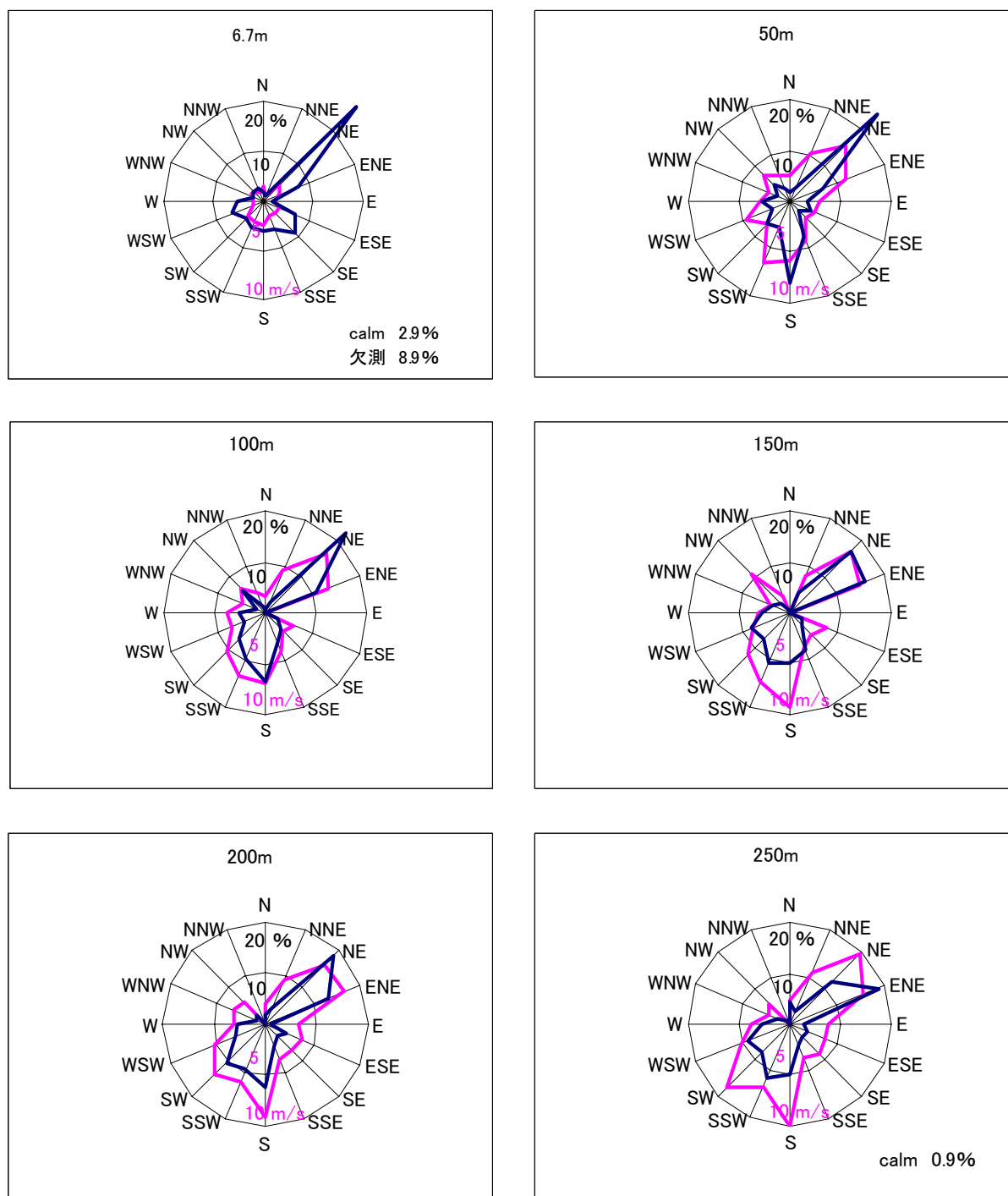


図 8 夏季(地上,50,100,150,200,250 m)の風配図{青;風向頻度(%),ピンク;風向別平均風速(m/s)}

測値との相関係数(表5)を求めるとともに,比較のための散布図(図14～図17)を示した.なお,図中の対角線は1対1の関係を表す目安である.

相関係数は,最大が夏季100mで0.96,最低が冬季200mで0.78であり,全体がほぼ0.8以上であるので良好と言える.詳しくみると,いずれの季節も推定対象高度が高くなるとともに相関係数は低くなる傾向があり,これは自然である.春季の150mと200m(図15)は上側に偏りがあるが,そ

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

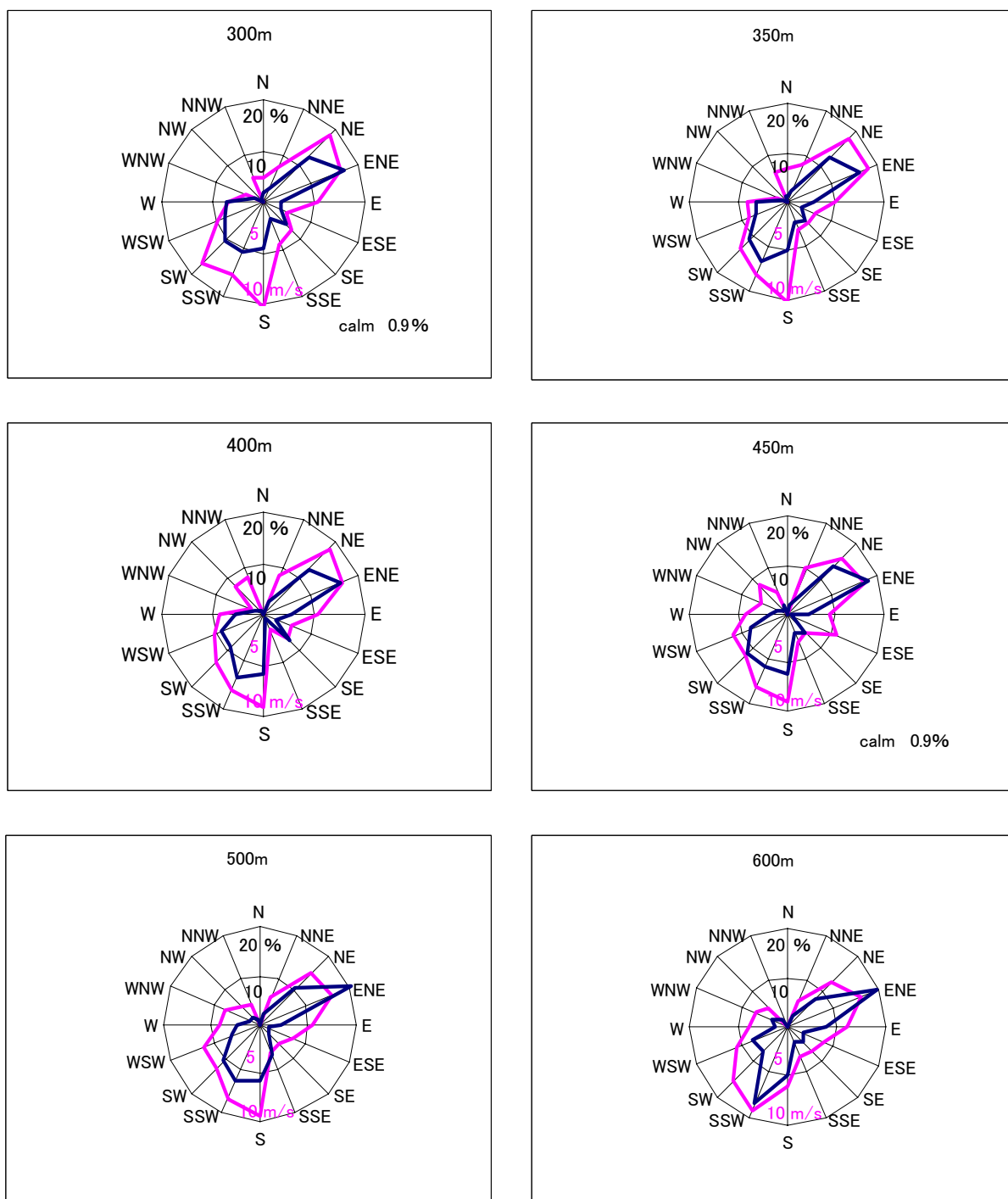


図 9 夏季 (300,350,400,450,500,600 m) の風配図 { 青; 風向頻度 (%), ピンク; 風向別平均風速 (m/s) }

の他はほとんど 1 対 1 の対角線のまわりに対称に分布している. 以上のことから, 今回のテストの範囲内では 表 3 のべき指数の適用は妥当であると言える.

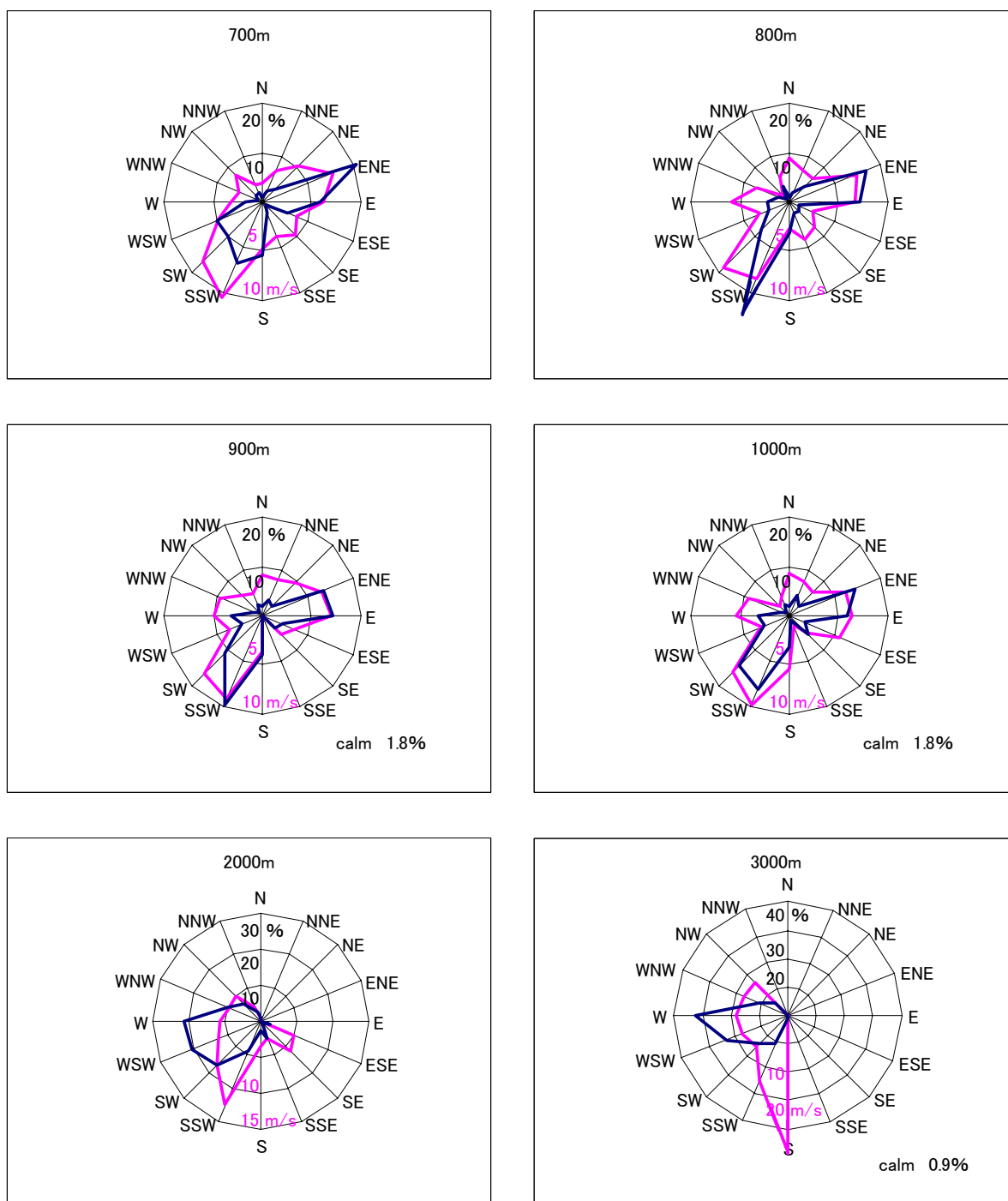


図 10 夏季 (700,800,900,1000,2000,3000 m) の風配図 { 青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s) }

3 地上付近の風向・風速の日変化

今回の研究対象地域が沿岸であるので, 海陸風が現れるかどうかを調べた. 具体的には, 地上付近の高度 6.7m と高度 50m について, 四季別 1 4 日間, 毎日の 3 時間毎の風向風速の経時変化を調べた. 一日単位の経時変化を日変化と呼ぶ. 東海村の海岸線はほぼ南北に延びているので, 晴れて, 大

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

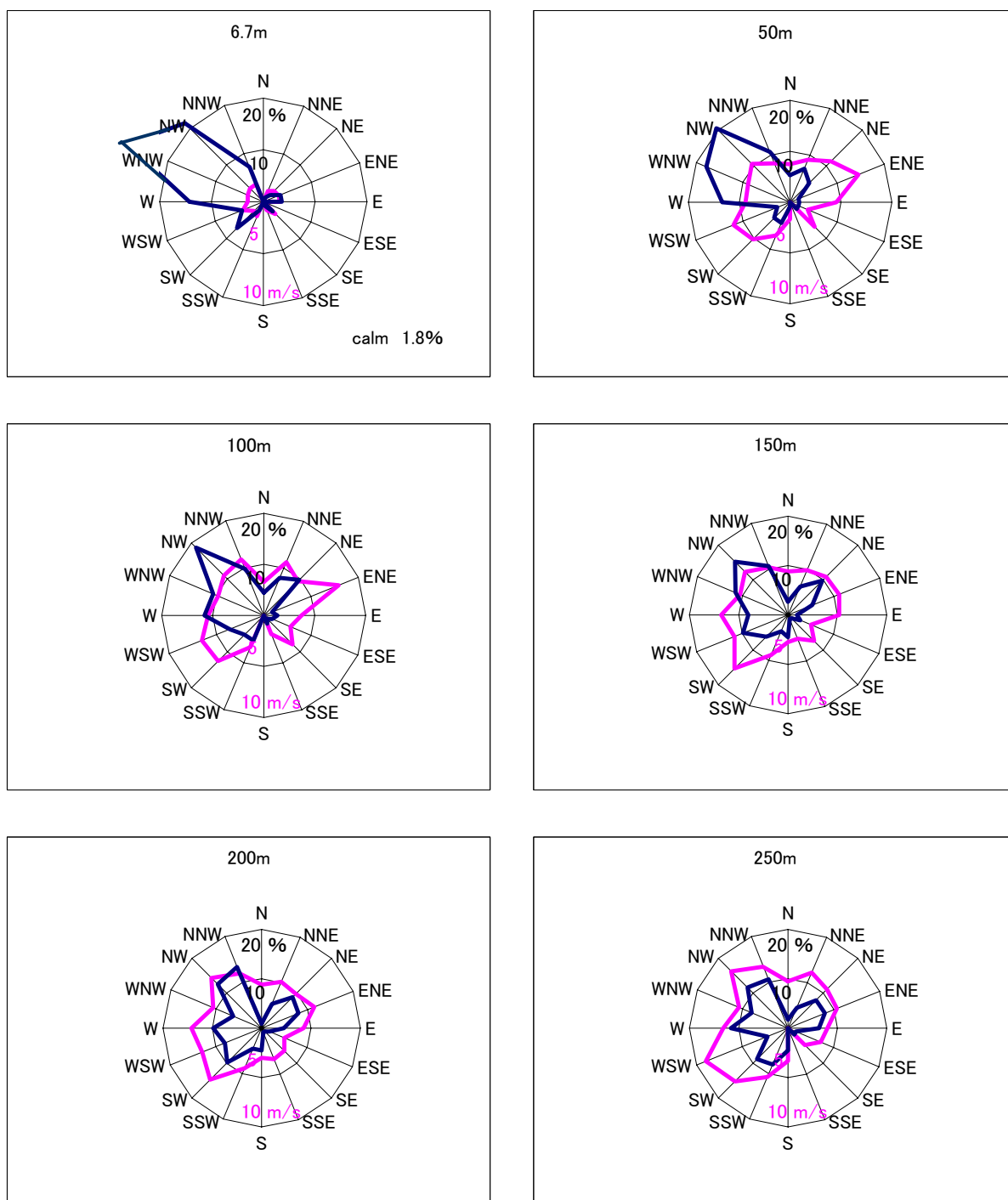


図 11 冬季(地上,50,100,150,200,250 m)の風配図 { 青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s) }

規模の擾乱が近くにある場合, 日中は東系の海風(風向が0~180度), 夜間は西系の陸風(風向が180~360度)が吹くと予想される. 大規模擾乱の強さにもよるが, ある程度風系に影響が出ることもある. ここでは, 大規模擾乱の有無のチェックを省略して, 結果的に風向の日変化に海風と陸風の交代が現れた日を海陸風日と呼ぶことにした. そのような解析の結果, いくつか海陸風の傾向を持つ観測日を見つけることが出来たが, 図が多くなりすぎるので, ここでは, その一例を図 18 に示す.

茨城県東海村における 1991 年の秋, 1992 年の春, 夏, 冬の上層風

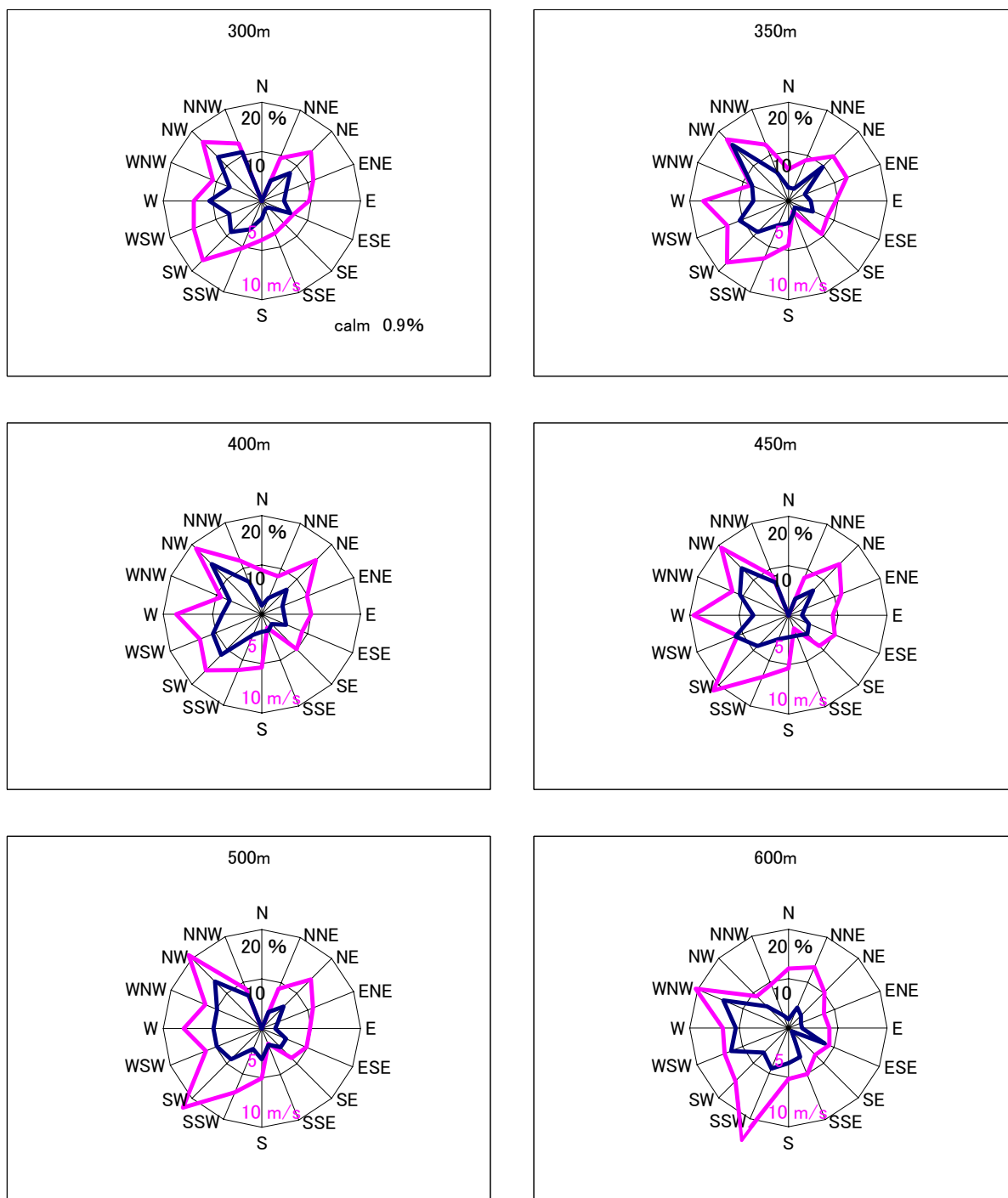


図 12 冬季 (300,350,400,450,500,600 m) の風配図 { 青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s) }

図 18 は, 上段が地上 6.7m の風, 下段が地上 50m の風である. 折線グラフが風向, 棒グラフが風速を表している. 目盛りは左端が風速, 右端が風向に対応している. 風向の変化状況は 6.7m と 50m とではほぼ同様である. 風速変化には, 9 時に朝風, 18 時に夕風と思われる弱風が見られ, それらを境にして風向がほぼ逆転している. 3 時間間隔のデータなので, 風の発生時刻には少し誤差があるだ

茨城県東海村における 1991 年の秋，1992 年の春，夏，冬の上層風

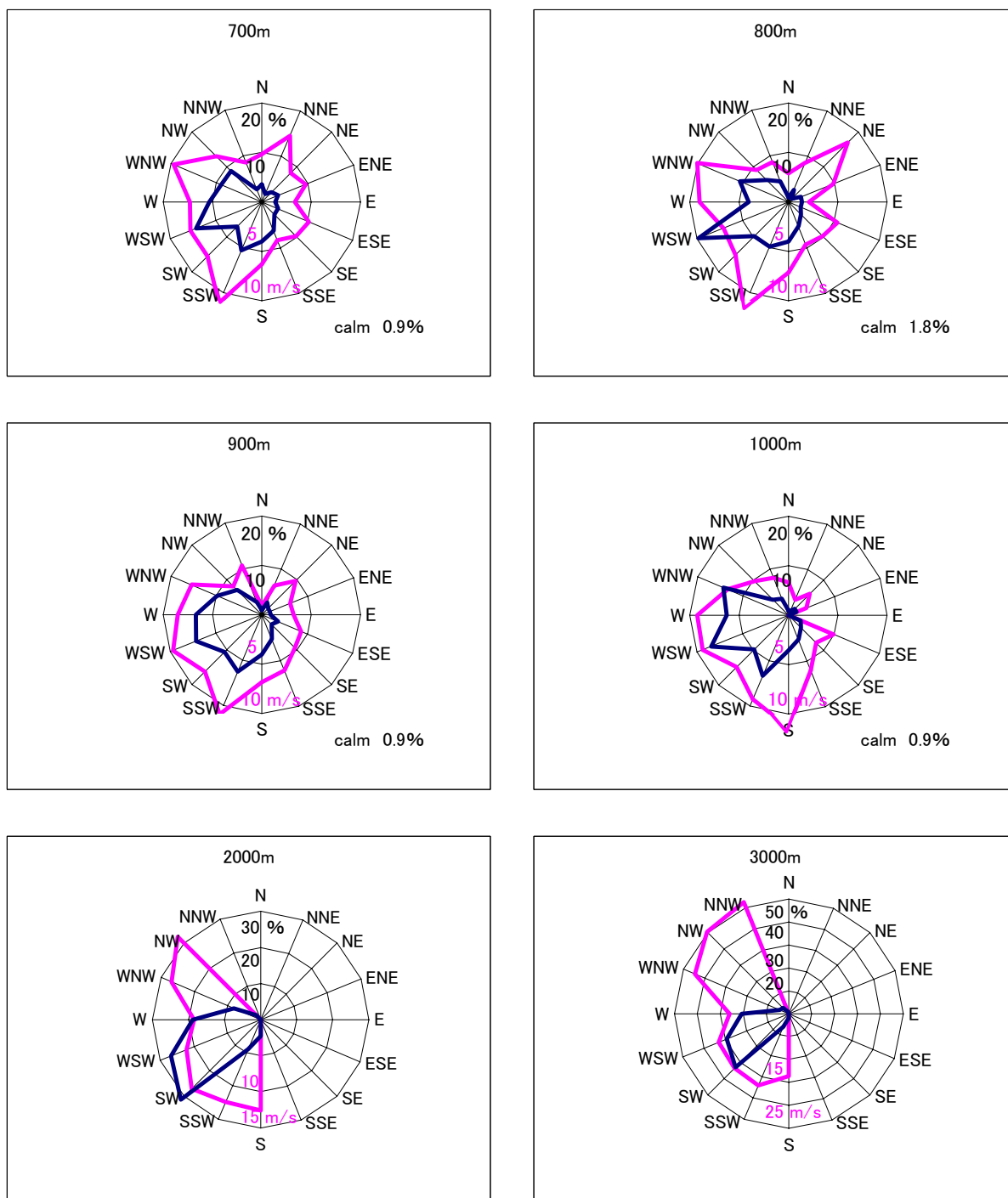


図 13 冬季 (700,800,900,1000,2000,3000 m) の風配図 { 青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s) }

ろう。天気は曇と快晴または晴が約半々，気温が 24.1～31.8℃，相対湿度が 56～94%の日であった。

表 1 季節・高度・風向別平均風速のうち, 最大風速の高度分布 (地上 6.7~400m)

季節／高度	6.7	50	100	150	200	250	300	350	400	(m)
秋季	2.2	7.6	7.3	6.9	7.3	7.5	7.4	7.7	8.8	(m/s)
春季	2.4	8.5	7.9	7.9	8.3	8.7	9.0	8.7	9.3	
夏季	2.6	7.8	8.4	9.4	9.0	10.1	10.4	10.3	9.1	
冬季	2.1	6.0	7.9	7.7	7.4	9.0	8.5	8.8	9.4	

表 2 季節・高度・風向別平均風速のうち, 最大風速の高度分布 (地上 450m~3000m)

季節／高度	450	500	600	700	800	900	1000	2000	3000	(m)
秋季	8.3	10.5	8.4	9.1	8.8	9.6	7.2	14.5	19.1	(m/s)
春季	8.6	8.2	9.0	9.4	9.9	9.8	11.5	16.8	25.3	
夏季	8.9	9.5	9.4	10.4	9.3	9.3	9.8	12.6	24.1	
冬季	14.4	11.3	12.2	11.2	11.6	11.0	11.4	16.2	25.3	

表 3 米国 E P A が CDM に用いたべき指数 (環境庁 ; 1988, 公害研究対策センター ; 2000)

パスキル安定度	A	B	C	D	E	F	G
べき指数 P	0.1	0.15	0.20	0.25	0.25	0.30	0.30

表 4 パスキル安定度分類表 (原子力安全委員会の気象指針 ; 1982, 科学技術庁 ; 1993)

		日射量 $T(kW/m^2)$				放射収支量 $Q(kW/m^2)$		
		$T \geq 0.60$	$0.60 > T \geq 0.30$	$0.30 > T \geq 0.15$	$0.15 > T$	$Q \geq -0.020$	$-0.020 > Q \geq -0.040$	$-0.040 > Q$
風速 U (m/s)	$U < 2$	A	A-B	B	D	D	G	G
	$2 \leq U < 3$	A-B	B	C	D	D	E	F
	$3 \leq U < 4$	B	B-C	C	D	D	D	E
	$4 \leq U < 6$	C	C-D	D	D	D	D	D
	$6 \leq U$	C	D	D	D	D	D	D

表 5 地上 50m 風から 100m, 150m, 200m の上層風を推定した場合の相関係数

	100m 風	150m 風	200m 風	備考
秋季	0.94	0.90	0.85	(図 14)
春季	0.95	0.90	0.85	(図 15)
夏季	0.96	0.93	0.88	(図 16)
冬季	0.93	0.85	0.78	(図 17)

IV まとめ

1 高度別の風向・風速

(1) 風配図

最近の排気塔や煙突の高さと吹き上げの程度を考慮して, 地上から 300m 以下の風向の出現傾向を高度別にまとめると, 地上風は, 秋が西北西風, 春は北風または北東風, 夏は北東風, 冬は西北西

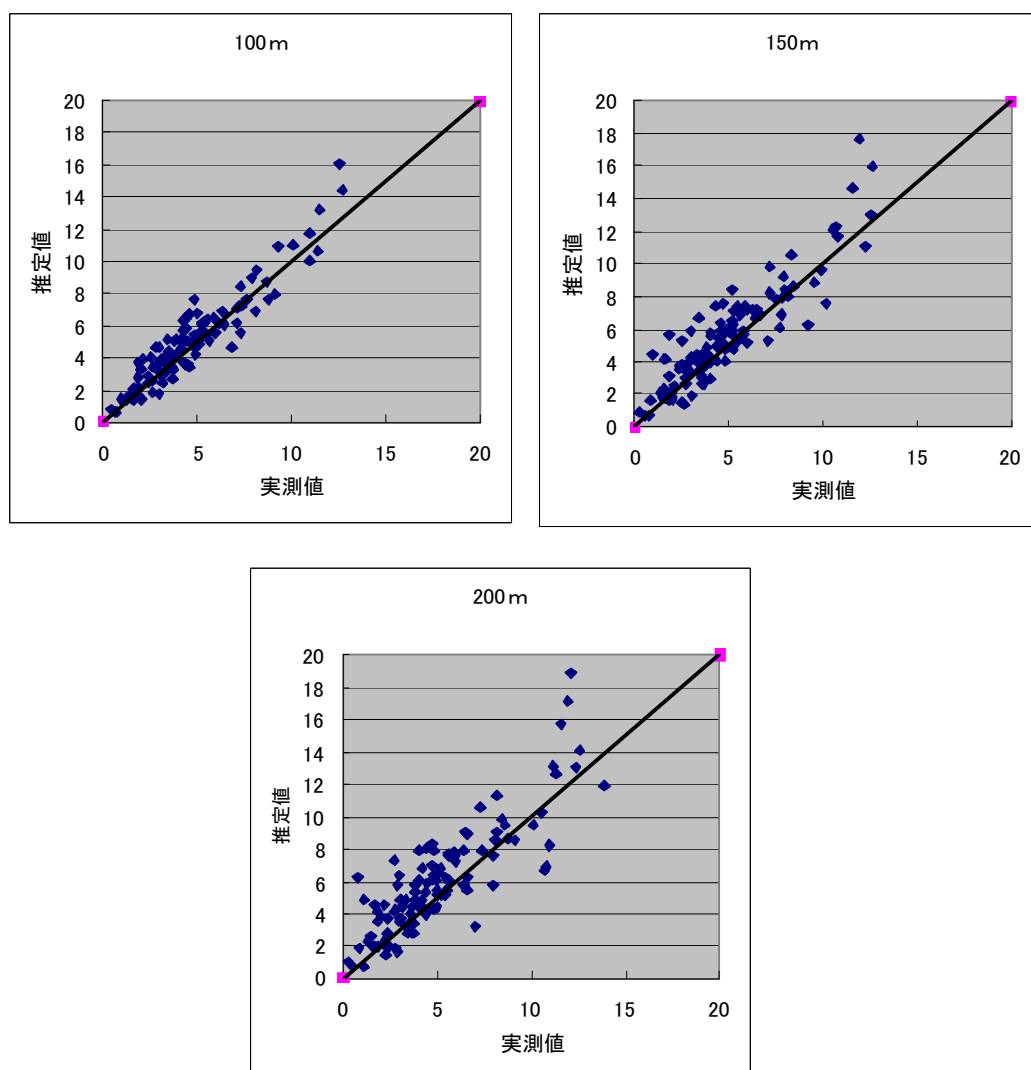


図 14 地上 50m 風から地上 100, 150, 200m の上層風を推定した場合の実測値と推定値の比較 (秋季)

風. 50～300m は，秋は北北東風または北東風，春も同じく北北東風または北東風，夏は北東風または南南西風，冬は北西風となる．大気拡散の観点から見ると，海岸線がほぼ南北に延びているので，海岸付近に高高度の排気塔または煙突が建設される場合，そこから排出される煙が内陸に向う風向は，北東系の風が第一，それから頻度が多くはないが南風または南南東風に留意する必要があることがわかる．それから，西系の風によって一旦海上に出た煙が陸方向に戻ってくるかどうかにも注意が必要である．

特に目立つのは，秋季に，地上風（西北西風）と地上 100m～300m の上層風（北北東風または北東風）がはっきりと 90 度ほどずれていることである．もしも，この時季の上層風の観測が省略されていた場合，地上風向は上層風向の代替にならないので，大気汚染濃度予測の際に大きな誤差を生じる可能性がある．

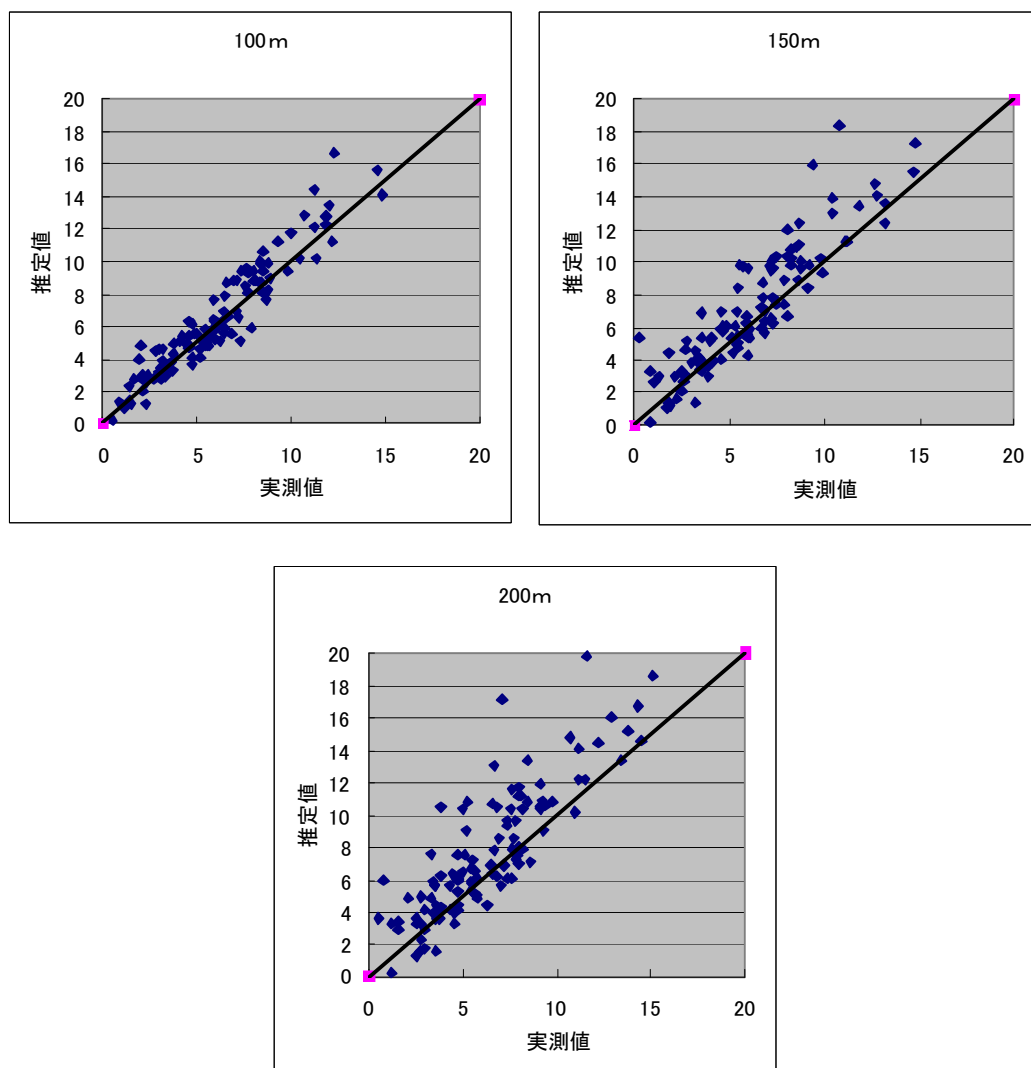


図 15 地上 50m 風から地上 100, 150, 200m の上層風を推定した場合の実測値と推定値の比較 (春季)

(2) 風向別平均風速

いずれの季節でも地上 6.7m が高度 50m に比べ風速の値がかなり小さい．地上から高度 300m までは，高度が高くなるとともに風速の値も大きくなる傾向がある．600m～900m はあまり風速が変わらない．4 季節で比較すると，高度 350m までは夏季，400m～900m では冬季，1000m 以上では春季の値が他の季節と比べて大きい．

2 ベキ法則による上層風推定

EPA の CDM の「ベキ指数」(表 3) は，地上 50m 風を元に，地上 200m までの上層風を推定するには十分有効であることがわかった．

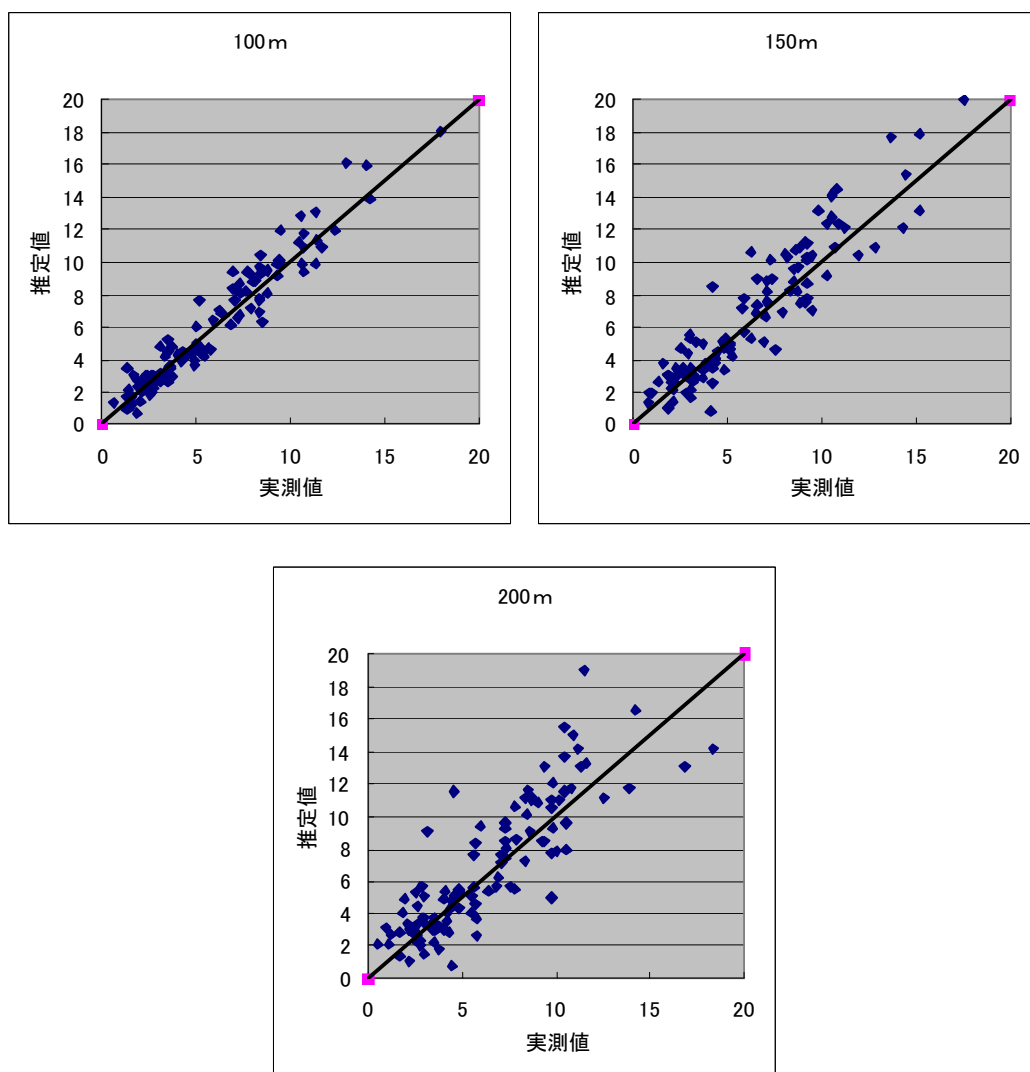


図 16 地上 50m 風から地上 100, 150, 200m の上層風を推定した場合の実測値と推定値の比較 (夏季)

3 地上付近の風向風速の日変化

海陸風日の風向風速の日変化例を示すことができた。そこでは，陸風，朝風，海風，夕風，陸風の順に現れていた。

4 理科教育教材の開発

風配図，上層風の実測値と推定値の比較図，風向風速の日変化図など，理科教育の教材として活用できる多くの図を示すことができた。

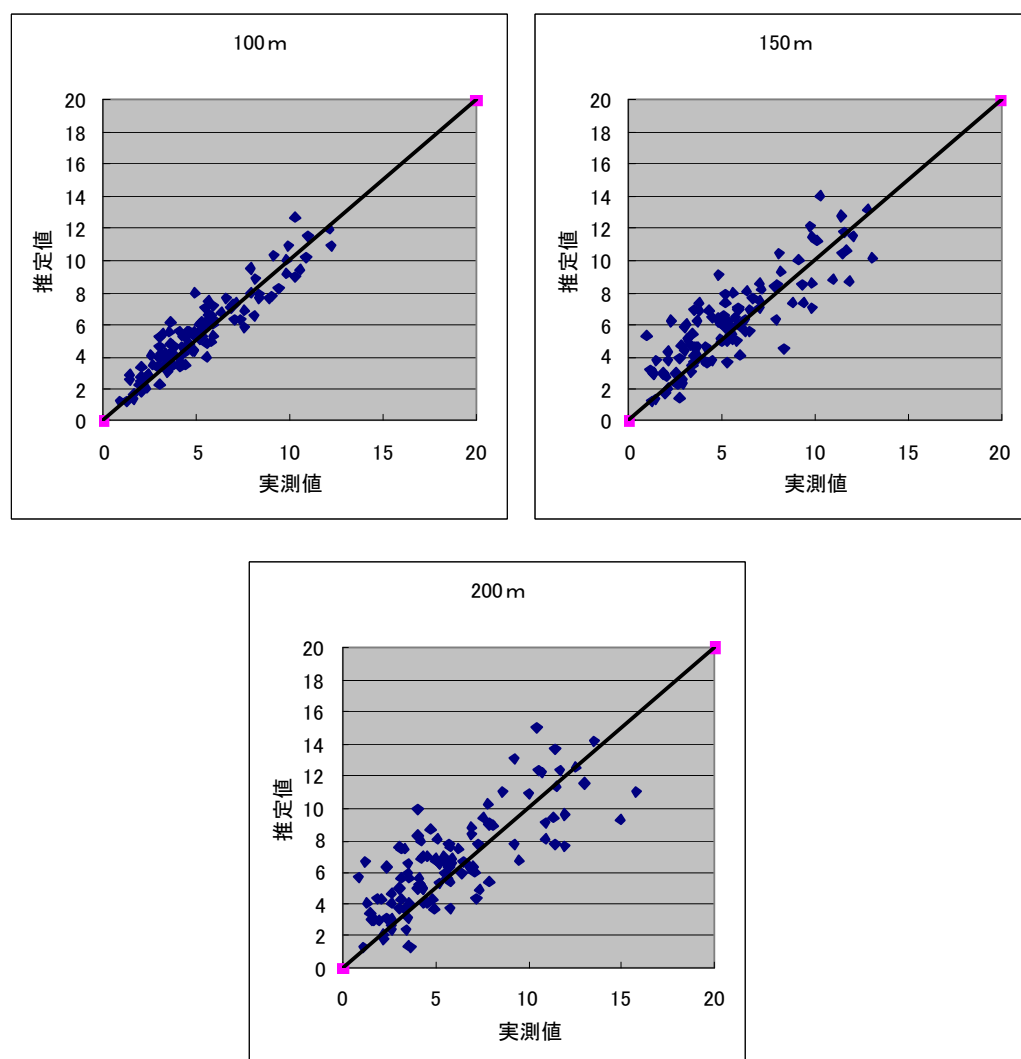


図 17 地上 50m 風から地上 100, 150, 200m の上層風を推定した場合の実測値と推定値の比較 (冬季)

謝辞

当論文の元である谷田 (2008) の卒業研究を進めるにあたり, 山梨大学教育人間科学部理科教育講座 (地学分野) の准教授の角田謙朗博士及び同じくソフトサイエンス講座環境科学コース (地学分野) の石垣武久准教授には, 多くのご助言と励ましをいただきました. また, 日本原子力研究所東海研究所と財団法人日本気象協会 of 首都圏支社および東北支局の方々からデータ利用についてご指導・ご協力をいただきました. また, 当論文の前に, 解析時季が夏と冬に限られるが, 同様な研究を行った山梨大学の当研究室卒業生の荒井友香氏 (大和ハウス工業) には, その成果を活用させていただきました. 以上の方々に深く感謝し, 厚く御礼申し上げます.

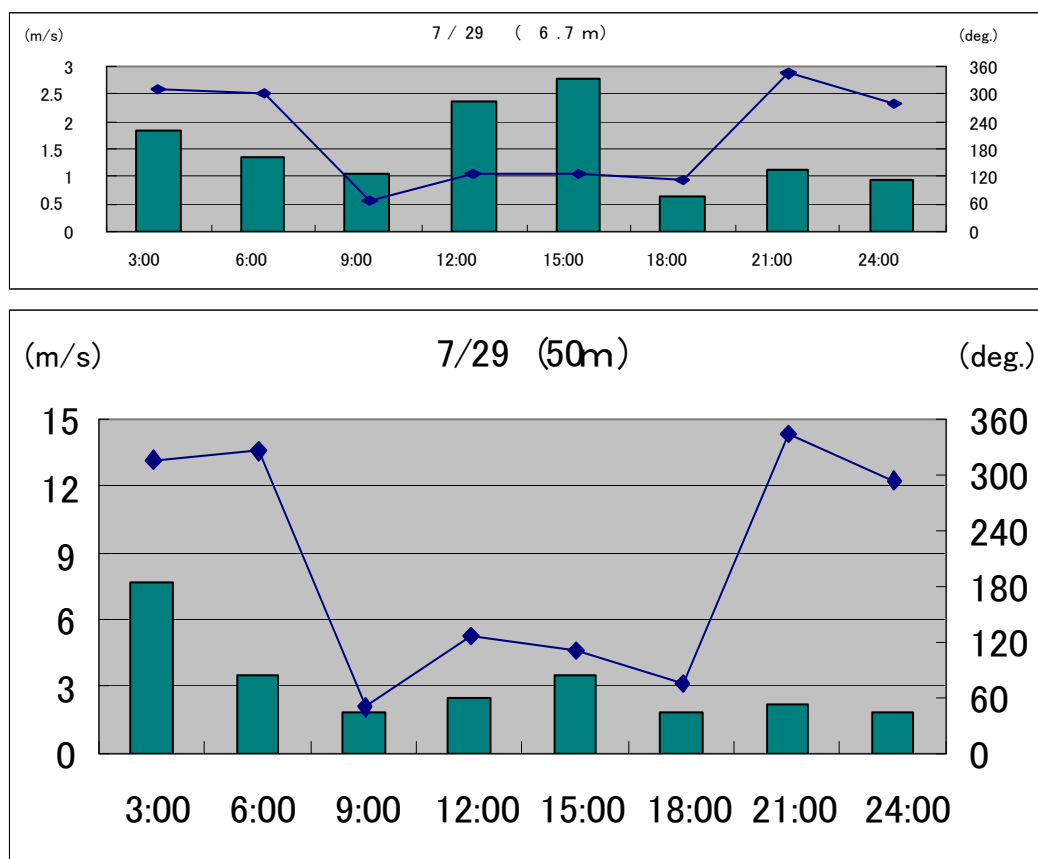


図 18 海陸風日（1992 年 7 月 29 日）における地上付近の風向・風速の日変化例 {上段が地上 6.7m，下段が地上 50m，青色の折れ線；風向 (deg.)，青緑色の棒；風速 (m/s)}

参考文献

- [1] 谷田祐子, 2008：レーウィンゾンデデータによる上層風の研究, 山梨大学教育人間科学部・平成 19 年度卒業論文, 55pp.
- [2] 荒井友香, 2007：茨城県東海村における上層風の研究, 山梨大学教育人間科学部・平成 18 年度卒業論文, 45pp.
- [3] 荒井友香, 安達隆史, 2008：茨城県東海村における 1992 年の夏と冬の上層風, 山梨大学教育人間科学部紀要, 第 9 巻, 14–21.
- [4] 林 隆, 茅野政道, 山澤弘実, 永井晴康, 森内茂, 石川裕彦, 安達隆史, 岡野博, 小島啓美, 小田川文明, 1998a: 長期野外拡散試験データ (1991 年, 秋), 日本原子力研究所, JAERI-Data/Code98-026, 347pp.
- [5] 林 隆, 茅野政道, 山澤弘実, 永井晴康, 森内茂, 石川裕彦, 安達隆史, 岡野博, 小島啓美, 小田川文明, 1998b: 長期野外拡散試験データ (1992 年, 春), 日本原子力研究所, JAERI-Data/Code98-027, 290pp.

- [6] 林 隆, 茅野政道, 山澤弘実, 永井晴康, 森内茂, 石川裕彦, 安達隆史, 岡野博, 小島啓美, 小田川文明, 1998c:長期野外拡散試験データ (1992 年, 夏), 日本原子力研究所, JAERI-Data/Code98-028,282pp.
- [7] 林 隆, 茅野政道, 山澤弘実, 永井晴康, 森内茂, 石川裕彦, 安達隆史, 岡野博, 小島啓美, 小田川文明, 1998d: 長期野外拡散試験データ (1992 年, 冬), 日本原子力研究所, JAERI-Data/Code98-029,288pp.
- [8] 東海村, 2007: ホームページ (<http://www.vill.tokai.ibaraki.jp/index.html>)
- [9] 安達隆史, 1981: べき法則による 150m 以下の風速推定法の基礎研究, 天気,28(4),244-252.
- [10] 環境庁大気保全局大気規制課 (編), 1988: 窒素酸化物総量規制マニュアル, 公害研究対策センター,134-135.
- [11] 公害研究対策センター窒素酸化物検討委員会 (編纂), 2000: 窒素酸化物総量規制マニュアル (新版), 公害研究対策センター,185-186.
- [12] 科学技術庁 (監修), 1993: 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針, 改訂 7 版原子力安全委員会安全審査指針集, 大成出版社,343-373.
- [13] 小畑一一, 片桐 浩, 小林秀雄, 薮田 肇, 国分守信, 1983: 東海研究所気象統計 (1964 年-1982 年), 日本原子力研究所,JAERI-M 83-201,40pp.
- [14] 安達隆史, 筑紫文夫, 林 隆, 2009: 茨城県東海村における 1981 年 8 月の海風の高度別流線と鉛直シアー, 山梨大学教育人間科学部付属教育実践総合センター研究紀要: 教育実践学研究, No.14, 23-40(CD-ROM 版及びインターネットにより公開).
- [15] 横山長之, 1997: 煙一大気中における振る舞いと姿一, 白亜書房,150pp.
- [16] 安達隆史, 筑紫文夫, 林 隆, 2006: 茨城県東海村の沿岸地域で観測された海風の鉛直分布, 山梨大学教育人間科学部紀要, 第 7 巻, 2 号, 1-8.