

やまじ風発生時の気象状況について (2)

— 広域的に見た特徴 —

紀井伸章¹⁾・寺尾徹²⁾・松村雅文²⁾・森征洋³⁾

Meteorological Conditions at the Occurrence of the Local Severe Wind “Yamaji-kaze”. Part II: Wide Area Characteristics of Yamaji-kaze

Nobuaki KII, Toru TERA0, Masafumi MATSUMURA and Yukihiro MORI

Abstract

The local severe wind “Yamaji-kaze” occurs over the northern coastal area of Shikoku. The Yamaji-kaze is a southerly downslope wind rushing from the ridge of the Shikoku Mountains. From the view point of the wide area the characteristics of the Yamaji-kaze have been investigated. The Yamaji-kaze associates with the foehn phenomena. When the Yamaji-kaze occurs, wind speed and temperature suddenly increase and relative humidity decreases. The temperature increase was 2.4 degC on an average, but it depends on the cases. The observed maximum increase of temperature was 7.2 degC. The relative humidity decreased by 20-30% RH. The air pressure on the leeward side was lower than that on the windward side by 3-8 hPa/44km. The distributions of winds of the Yamaji-kaze over the coastal plains were shown.

1. はじめに

「やまじ風」は、愛媛県東部の瀬戸内海に面した平野部で吹く南よりの局地風で、香川県西部の平野部にも及ぶ。やまじ風はフェーン型のおろし風で、昔から建造物や農作物に多大な影響を与えてきた。やまじ風の実態を調べるために、大阪管区気象台は、1950年代に数年間にわたって当

1) 愛媛県西条市立西条北中学校。

2) 香川大学教育学部

3) 香川大学名誉教授

該地域に数地点の特別観測所を設置し観測を行った。この特別観測により、やまじ風発生時の気象状況、発生頻度などが明らかになってきた（秋山，1954，1956；大阪管区気象台，1958）。

1970年代に気象庁の地域気象観測網（アメダス）の展開が始まり，1978年にはやまじ風の吹く地域にある伊予三島市（現四国中央市）下柏町に「三島地域気象観測所」が設置された。この三島アメダスにより，やまじ風の発生頻度などの統計的特徴が調べられるようになった（高見，1991；白鳥，2000）。また，やまじ風発生時の気象状況が，高見・大西（1988），白鳥（2002）などによって調べられている。なお，三島アメダスは2009年2月に妻鳥町に移転され，名称も「四国中央」に変更された。

やまじ風の発生メカニズムについて，斉藤（1991，1993，1994，1998）は，数値シミュレーションによって研究を行っている。依岡・牧田（2009）は気象庁の非静力学メソ数値予報モデルを用いて，やまじ風発生時の大気構造を調べている。このような理論的な研究結果を検証するためには，風や気温の鉛直分布の観測データが必要であるが，風上側に高層気象観測所がなかったため，実測データによる検証は困難であった。2001年にウインドプロファイラが高知地方気象台に導入され，高層の風について調べることができるようになった。片岡ほか（2003）は，この高層の風のデータに加えて，潮岬や鹿児島の高層気象観測データから内挿により求めた高知沖における高層大気温度プロファイルを用いて，やまじ風発生に近い時間帯では900～800hPa付近に逆転層が見られ，風の鉛直シヤがほぼ同じ高度に存在する事例があることを示した。村田ほか（2010）は，高知大学が行ったレーウィンゾンデによる気温と風の高層気象観測データを用いて，やまじ風が発生したときの4事例について大気の安定度などを調べ，すべての事例で，大気成層状態がおろし風の強化にとって重要な碎波の発生条件を満たしていることを示した。

やまじ風発生時における広範囲の気象状況に関する先行研究には，古川（1966）によるものがあるが，アメダスが展開される以前の研究で，やまじ風の広域的な特徴についてはほとんど調べられてこなかった。

今日では，気象官署より密に分布しているアメダスのデータが利用でき，また気象庁以外の機関による気象観測も多数の地点で行われている。これらのデータが利用できれば，周辺地域の平野部や山間部など，より広い範囲でやまじ風発生時における気象状況を明らかにすることが可能になる。

前報（紀井ほか，2008）では，2006年4月10－11日のやまじ風について，寒川町の三島南中学校に設置された風車型風向風速計による風のデータを用いて，風の変動特性や三島アメダスとの強さの違いを調べた。また，長期の三島アメダスデータを用いて，やまじ風発生の統計的特徴を調べた。

本研究では，やまじ風の詳細な気象状況を調べるため，対象地域にある気象観測地点のデータを多数集めた。また，山頂付近や平野部で既存の風観測地点がない所に，独自に3ヶ所の観測点を設けて風の観測を行った。これらのデータを用いて，やまじ風発生時における気象状況や，風の分布，四国全域の中におけるやまじ風の特徴を明らかにすることを目的とした。

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

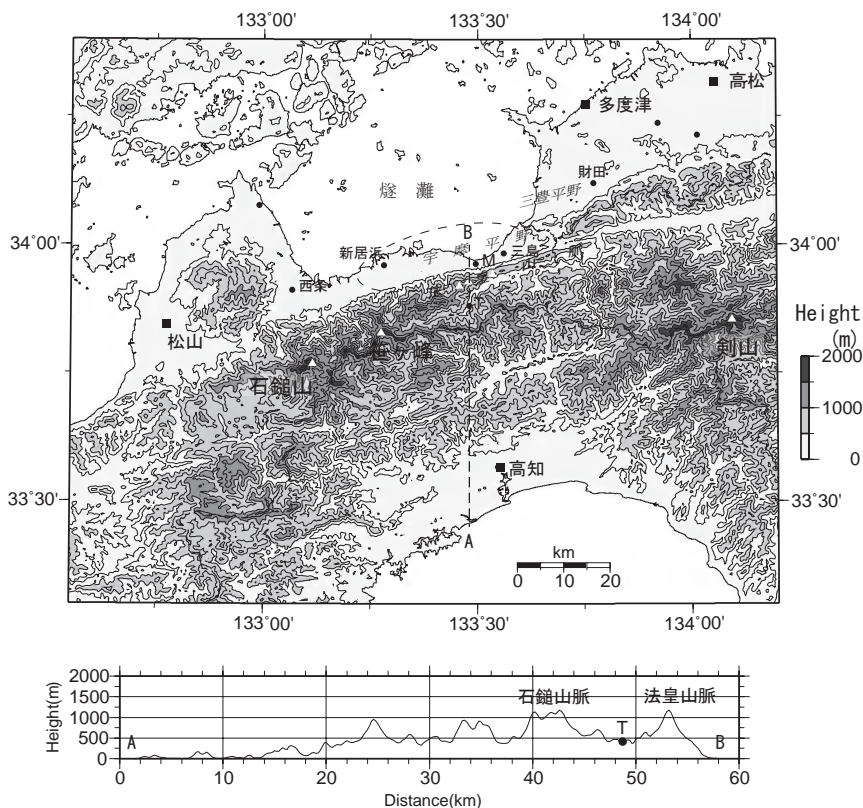


図1 やまじ風の吹く地域と四国山地の南北断面図。やまじ風が強く吹く地域を点線で囲った。四角 (■) は地方気象台 (高松・松山・高知) と特別地域観測所 (多度津)。財田、三島、新居浜、西条はアメダス地点。Mは三島南中学校 (南中)。Tは富郷ダム。国土地理院の数値地図を使用。

2. やまじ風の概要

2.1 やまじ風の吹く地域

愛媛県東部の燧灘に面した沿岸部には、図1に示すように、平野部が東西に広がっている。この平野部は、地域ごとに、西から道前平野、西条平野、新居浜平野、宇摩平野と区分されていたが、現在ではこれらを合わせて新居浜平野と総称される。ここでは便宜上、地域を示すときには、古い平野区分名を用いることにする。やまじ風の吹く地域は、愛媛県の松山平野から香川県の三豊平野まで広い範囲に渡るが、宇摩平野、新居浜平野でとくに強く吹く。

宇摩平野の南側の地形は、四国全体で見ると西の石鎚山 (1982m) と東の剣山 (1955m) の間に位置し、標高が低く鞍部となっており、この鞍部の瀬戸内海側には法皇山脈が東西に走っている。法皇山脈の北側斜面は、石鎚大断崖を形成し平均約3/10の急勾配となっている。法皇山脈は、石鎚山から東に延びる山脈が笹ヶ峰のところで分かれて東に延びた支脈で、その南側には石鎚山脈が平行して東西に走っており、2つの山脈の間の谷には銅山川が流れている。

2.2 過去の大きなやまじ風災害の事例

やまじ風地域では、昔から強風による被害に悩まされてきた。大きな被害状況が記録に残された例として、1950年7月の台風グレイスに伴うやまじ風による葉タバコの被害がある。また、翌年の1951年10月の台風ルスによる家屋倒壊の被害もある。台風グレイスに伴うやまじ風によって受けた莫大な経済的被害を契機として、宇摩郡（ほぼ現在の四国中央市に相当）では、科学的な調査と対策が計画されるようになり1951年に「愛媛県宇摩郡やまじ風対策協議会」（以下対策協議会と呼ぶ）が組織された。対策協議会の依頼により、大阪管区気象台は、1950年代に数年間にわたって当該地域に数地点の特別観測所を設置し、風向・風速、気温、湿度、気圧などの観測を行った（大阪管区気象台、1958）。このような経過を経て、やまじ風被害の実情や、やまじ風の特徴が明らかになってきた。

台風グレイスと台風ルスによる災害は、60年以上前のことであるが、当時小さく区分された村ごとに被害状況が調べられており、やまじ風の面的な広がり方を考える上で、参考になる。そこで、箱田・秋山（1954）に基づき、今日の地図上に被害分布を表してみる。

2.2.1 1950年7月台風グレイスによる葉タバコ被害

台風グレイスは、図2に示すように1950年7月、沖縄付近から九州の東方海上を北上し、朝鮮半島に上陸した。中心気圧の最低は975hPaで、強い台風ではなかったが、葉タバコの収穫期に、やまじ風が発生しやすいコースを進んだため、宇摩郡全域で行われていた葉タバコ栽培は大きな被害を受けた。葉タバコの被害について、作付面積（ m^2 ）に対する収穫量（kg）の比を被害係数と名付けて、町村ごとに被害状況が調べられている。図3に示す被害係数の分布には、赤星山・

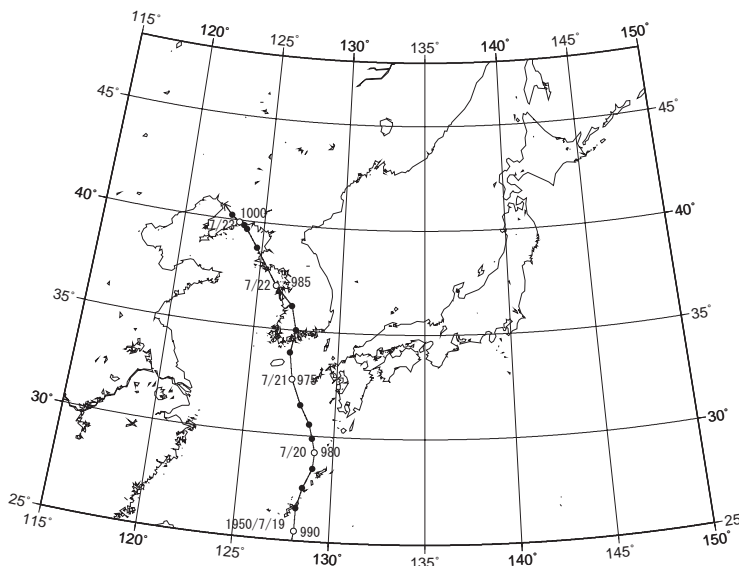


図2 台風グレイス（1950年7月）の移動経路。

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

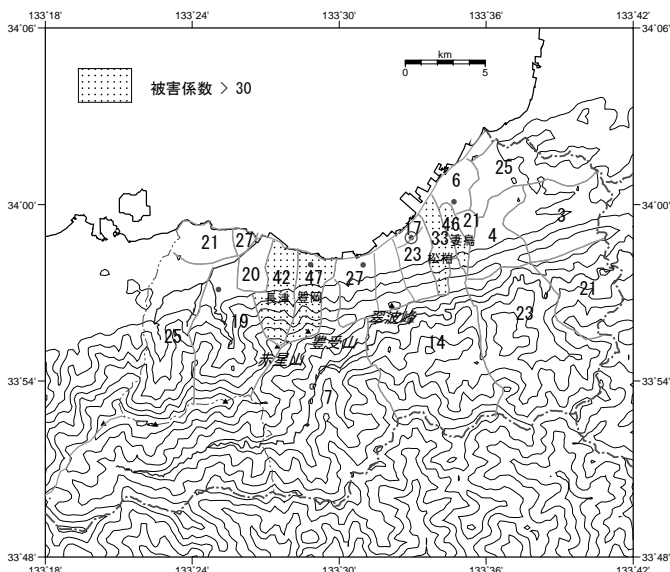


図3 台風グレイスによる葉タバコの被害係数の分布 (箱田・秋山, 1954, 一部改変). 丸印は現在の四国中央市の市役所 (二重丸) と支所. 国土地理院の数値地図を使用.

豊受山の北麓地域 (豊岡・長津地区) と現市役所地点の東側 (妻鳥・松柏地域) に被害の大きいところが見られる。収穫量の差は必ずしも風の強弱の分布を表すものではないが、被害の大きかった地域はやまじ風が強く吹いた地域と考えられる。

2.2.2 1951年10月台風ルースによる住宅被害

台風ルースは、図4に示すようなコースを進み、1951年10月14日19時ころ鹿児島県串木野市付近に上陸した。その後、台風中心は速い速度で九州を縦断し、山口県・島根県を経て日本海に出た。台風はその後、再上陸し、北陸・東北地方を通して15日夕方には三陸沖に進んだ。この台風は勢力が強く、暴風半径も非常に広がったため、全国各地で暴風が吹き、土砂災害や河川の氾濫により、全国で死者572名、行方不明者371名を出すなど大きな被害が発生した (理科年表, 2000)。

台風中心が山口県に再上陸した15日00時ころ、宇摩郡では風雨が特に激しくなった。猛烈なやまじ風により住宅183戸が全壊、723戸が半壊し、電柱は無数に倒れ、果樹は全滅に近く、農作物に大きな被害が生じた。15日02時には河川の護岸、堤防の決壊があり、10時ころより満潮で海水溢流があった。海岸東端の地域ではこの高潮による被害を受けた。この台風による家屋の被害について、利用できる資料の関係から、人口5000人あたりの全壊戸数 [(全壊戸数/人口) × 5000] に換算したものを全壊率として定義し、その分布が調べられている (図5)。豊受山の北麓地域 (豊岡, 長津, 寒川) と東部の金田に被害率の大きいところがあり、南側では富郷に大きいところがある。豊岡, 長津, 寒川に全壊率が大きいことは、これまで現地で行われていたやまじ風の強

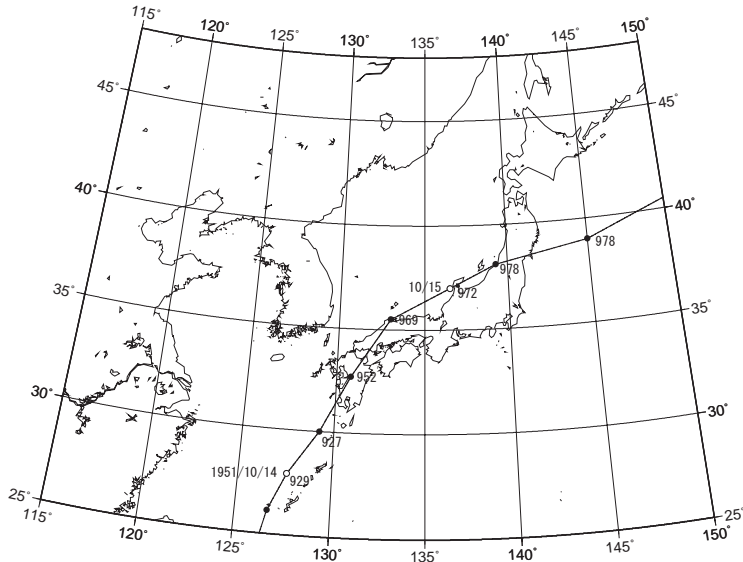


図4 台風ルース（1951年10月）の移動経路.

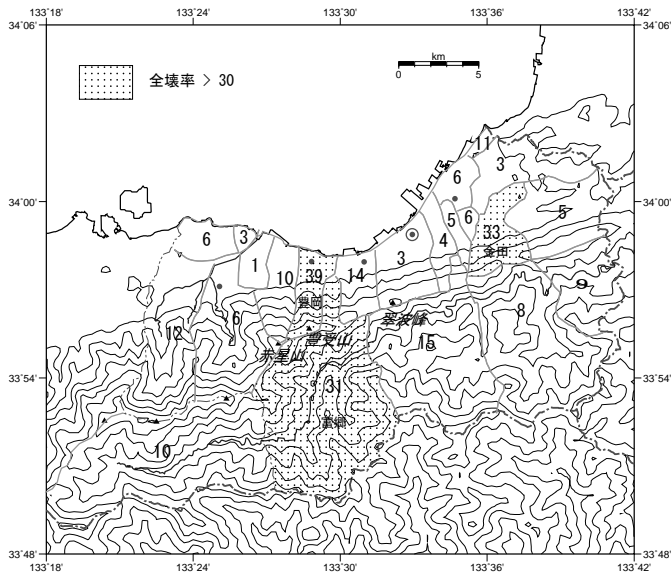


図5 台風ルースによる住宅全壊率の分布（箱田・秋山，1954，一部改変）. 住宅全壊率 = (全壊戸数 / 人口) × 5000. 国土地理院の数値地図を使用.

風域と一致している。金田が極大となっているのは、堀切峠の風上側の収斂気流が吹き降りてきた可能性が指摘されている。北東端の沿岸部の被害が大きいところは高潮によるものと考えられている。

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

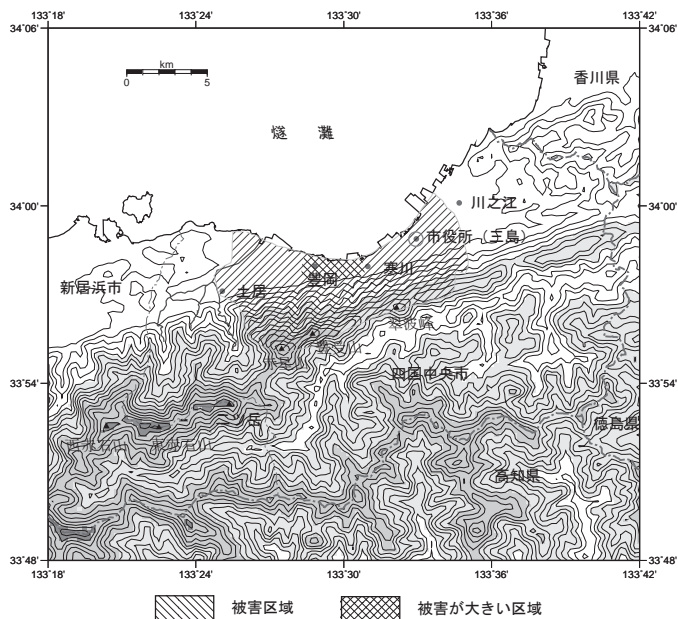


図6 1950年代に行われた調査によるやまじ風激甚地域 (宇摩郡やまじ風調査報告書第6報, 1955, 一部改変). 同報告書序報 (1951) の記載も参考にして作成.



図7 やまじ風の過去の被害例 (愛媛新聞1993年6月3日, 27日付記事).

地元では、やまじ風の強い地域は長津村、豊岡村、寒川村の三か村で、とくに長津村大地河原から寒川村樋乃尾谷川付近までがやまじ風の激甚地といわれてきた（宇摩郡やまじ風調査報告、序報、1951）。これらのやまじ風被害の状況と、やまじ風激甚地域とはほぼ一致する。当時考えられていた、やまじ風激甚地域の分布を現在の地図上に示すと図6のようになる。

2.3 近年のやまじ風被害の事例

やまじ風による被害は、しばしば発生しており、三島アメダスが設置された1978年から1993年について調べた結果によると、やまじ風被害は、16年間に12件発生している（高見，1993）。やまじ風が引き起こした近年の災害の事例として、次の2例を示す。

1993年6月2日に発生したやまじ風は、愛媛新聞（図7）によると、三島南中学校（図1）で最大瞬間風速38m/sを記録した。豊岡町では長田から豊田の間の国道で電柱が10本根元から折れ、10トントラックが風にあおられてガードレールとブロック塀に接触した。土居町では10トントラックが2カ所、2トントラックが1カ所で横転し、また、強風により飛翔したコンクリート製パネルの直撃を受けて1人が死亡する被害も発生している。これらの被害はやまじ風激甚地域で発生している。

もう一つは、2007年5月16日夜から17日午前3時にかけて発生したやまじ風である。このやまじ風は、新居浜でとくに風が強く、電柱3本が南よりの風を受けて北方向に倒壊した。また、民家の一部が損壊し、中学校構内の倉庫が強風を受けて崩壊し飛散した。さらに、人的被害やJR四国の列車運転見合わせや高速道路の通行制限、1463戸の停電などの被害が報告されている（松山地方気象台，2007）。このやまじ風については事例解析の一つとして、この報告で詳しく調べた。

やまじ風による災害については、愛媛県東部での被害が目立ちがちであるが、香川県西部でも発生している（新見，1988；高見，1993a）。

2.4 やまじ風の定義

やまじ風の発生頻度などを調査するにあたって、大阪管区気象台（1958）では、夜間の南よりの山風と区別するため、最大風速が5 m/s以上のものをやまじ風として扱った。高見（1991，2005）、白鳥（2000）は、やまじ風を次のように定義し、発生頻度の統計的研究を行っている。

- ①風向がSW～SEの間にあること
- ②風速が風向の変化に対応して増加し、最大風速が5 m/s以上あるもの
- ③風向と風速の変化に対応して気温が上昇しているもの（フェーン現象による昇温）

前報告でもこの定義を用い、便宜上、最大風速が5 m/s以上のものを単に「やまじ風」、8 m/s以上のものを「中程度のやまじ風」、10 m/s以上のものを「強いやまじ風」として統計的な解析を行った。

2.5 やまじ風発生のメカニズム

やまじ風発生のメカニズムについては、安定成層した気流が太平洋側から四国山地を越えると

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

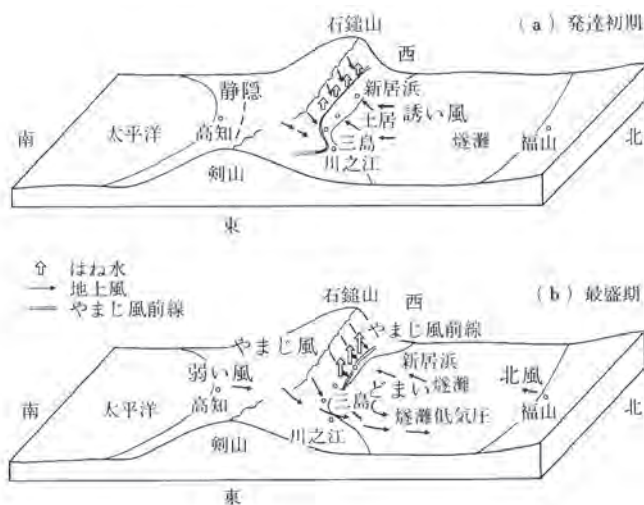


図8 やまじ風の模式図 (Saito, 1993.). (a) 発達初期, (b) 最盛期 [小倉 (1994) より引用].

き、地形の影響による収束を受け、法皇山脈北斜面を下るときに発生し、フェーン現象を伴うことが知られている (秋山, 1954, 1956)。

やまじ風の模式図を図8に示す (Saito, 1993)。やまじ風が吹き始める前、山脈北側の平野では北よりの風が吹いている。この風を現地では「誘い風」と呼んでいる。気流が、山を越えて瀬戸内海に向かうときは、重力の作用で大きく波を打ち、上空の強い風が山の斜面を下って、再び跳ね上がって上空に戻っていく。これは、跳ね水現象と呼ばれるもので、跳ね水に伴う上昇流の生ずるところの先では、北よりの風が吹き込んでくる。この風を地元では「どまい」と呼んでいる。「どまい」とおろし風の間には、風系の不連続線が生じ、これはやまじ風前線と呼ばれる。やまじ風が吹くとき、宇摩平野では風速は強いが、四国山地を隔てた高知県では風速が弱い。

2.6 やまじ風の事例解析

やまじ風が吹くときの広域的な特徴や気象状況を調べるために、前報で調べた9年間 (1980年～2007年) に発生したやまじ風のうち、とくに強いやまじ風が発生した3事例、すなわち2003年4月29日 (事例1)、2005年4月20日 (事例2)、2007年5月16日 (事例3) のやまじ風について解析を行った。

事例解析では図9a, bに示すように、気象庁アメダスだけではなく、四国中央市およびその周辺地域の消防署や環境観測所など、およそ40地点のデータを用いた。山間部と海岸のデータを補うため、香川大学独自で翠波高原、樋ノ口集会所、寒川海水浴場 (2006年度のみ)、エコトピアひうち (2007年度のみ) に風向風速計を設置した。なお、2006年4月10～11日に発生したやまじ風のときの寒川海水浴場における観測結果は前報に示した。

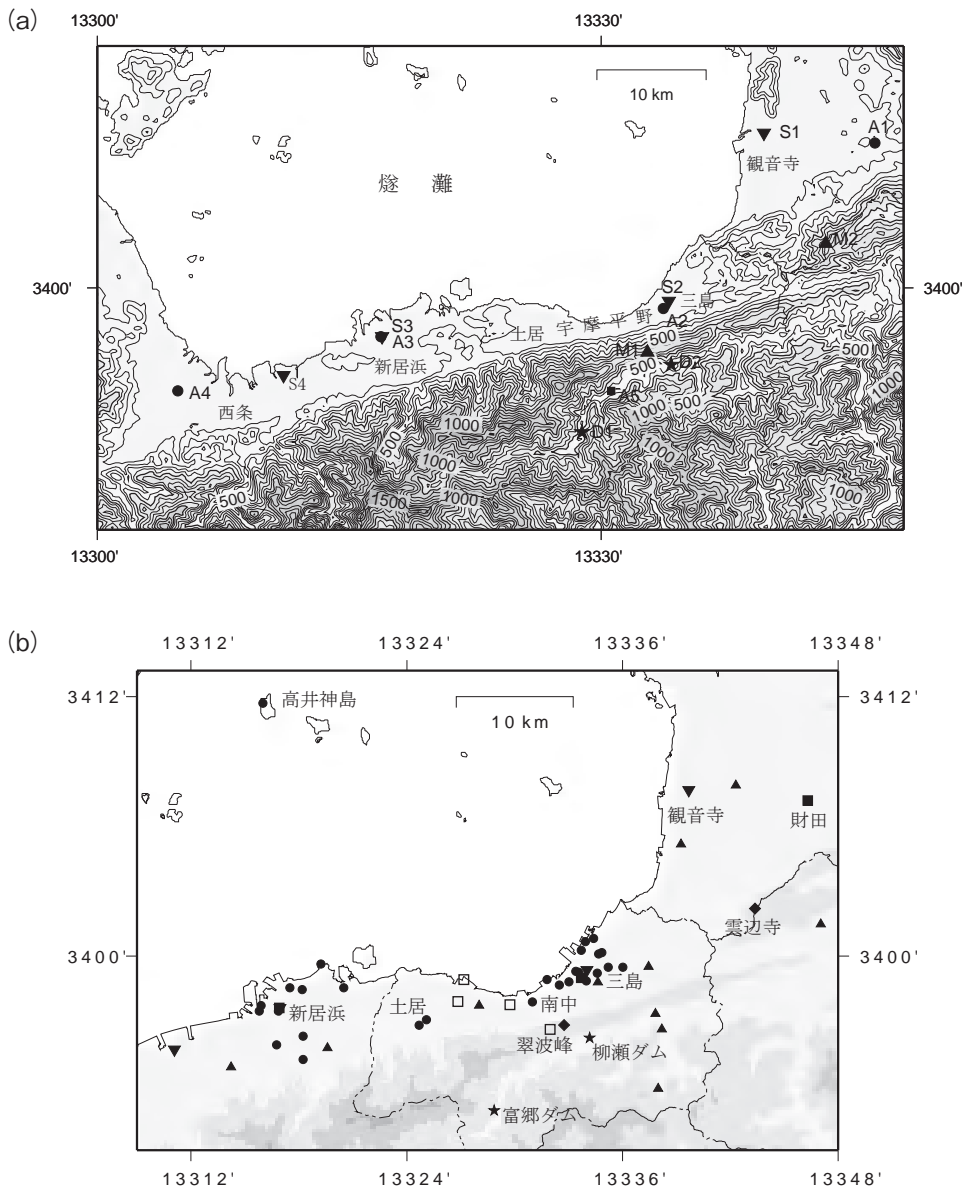


図9 (a) 宇摩平野とその周辺における風観測地点 (アメダス地点と消防署など). アメダス地点 (A1~A4), S1: 三観広域行政組合消防本部, S2: 四国中央市消防本部, S3: 新居浜市消防本部, S4: 西条市消防本部, D1: 富郷ダム, D2: 柳瀬ダム, M1: 翠波峰, M2: 雲辺寺, A5: 富郷アメダス (降水量のみ). (b) 風観測地点 (全地点). 「南中」は三島南中学校, ■: アメダス, ▼: 消防署, ●: 環境観測測定局, ▲: NEXCO西日本, ◆: 四国電力送電鉄塔No.125, □: 香川大学 (エコトピアひうち, 樋ノ口, 寒川海水浴場, 翠波高原). 国土地理院の数値地図を使用.

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

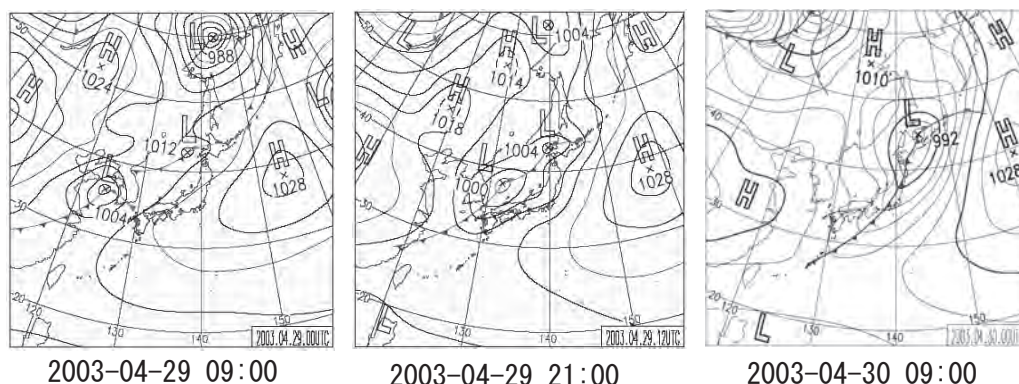


図10 やまじ風発生期から消滅期までの地上天気図（2003年4月29日・30日）。

3. 2003年4月29～30日のやまじ風（事例1）

3.1 総観場

やまじ風の発生期から消滅期までの地上天気図を図10に示す。2003年4月29日09時ごろ朝鮮半島の西にあった中心気圧1004hPaの温帯低気圧が朝鮮半島を横断した。29日21時になると、低気圧は日本海に中心を持ち中心気圧1000hPaに発達している。三島におけるやまじ風の最盛期は4月29日21時～30日01時であった。その時に最も近い29日21時の地上天気図では、四国地方は、南よりの風が吹きやすい気圧配置となっている。

3.2 三島および周辺地域における気象要素の時間変化

やまじ風が吹いているときに、大気状態がどのようになっているか、三島アメダスのデータとともに、その北北東約800m離れて位置している四国中央市消防本部のデータも参考にして調べた。ここには、総合気象観測装置が導入されており、風車型風向風速計による平均風速・瞬間風速、相対湿度、気温、気圧の観測が行われていた。アメダスでは行われていない気象要素については、この地点のデータを使用した。ここでは、風速計は地上17m、温度計・湿度計は地上15mに設置されていた。三島アメダスでの風速計の高さは11m、温度計の高さ1.5mであった。（なお、四国中央市消防本部は2015年度に妻鳥町から中曾根町に移転した。）

3.2.1 三島における風と気圧の時間変化

2003年4月29日06時～30日06時について、三島アメダスにおける風と気温、四国中央市消防本部（以下、三島消防）における海面気圧の時間変化を図11に示す。比較のため、松山地方気象台（以下、松山）における風と海面気圧、高知地方気象台（以下、高知）における海面気圧の時間変化も示す。なお、三島消防における気圧データについては、次の方法で器差をチェックした。図1に示すように、三島消防は高松地方気象台と松山地方気象台のほぼ中間に位置している。そこで、高気圧圏内にあって、両地点の海面気圧の差が1hPa以下と小さいときに、補間法で三島消

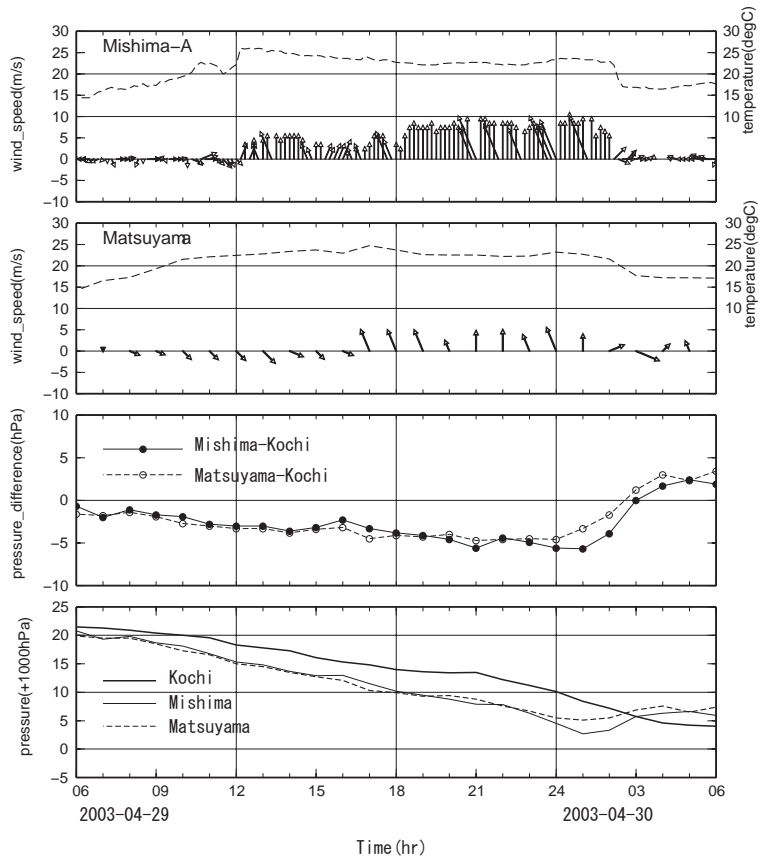


図11 三島と松山地方気象台における風、気温、海面気圧の時間変化（2003年4月29日06時～30日06時）。上2段は、三島アメダス（Nishima-A）と松山における風と気温（鎖線）。下から1段目は、高知（太い実線）、三島（細い実線）、松山（鎖線）における海面気圧、下から2段目は三島・松山と高知との気圧差。

防の海面気圧を求め、実測されたものと比較することにより、器差補正値を決定した。

三島アメダスでは、弱く風向の定まらない風から、29日12時すぎに南よりの強い風に変わり、気温も3.6℃上昇し、やまじ風が吹き始めた。やまじ風は最盛期には最大風速、南南東11m/sに達し、平均風速約10m/sの強いやまじ風が6時間以上も吹いた。この時間も含めて、やまじ風は30日02時まで全体で13時間継続した。

三島消防の海面気圧は、やまじ風が始まる前から徐々に低下しており、やまじ風の吹き始める29日12時ころに、風や気温に見られるような大きな変化は見られない。この図には、三島消防と松山のそれぞれの海面気圧と高知の海面気圧の差も示した。三島消防と高知とは南北に44km、松山と高知は77kmそれぞれ離れている。三島消防と高知の海面気圧の差は、やまじ風が吹き始める4時間前くらいから拡大している。やまじ風が始まる時には三島消防の海面気圧は高知より3

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

hPa低く、その後、その差は拡大し、最大では5 hPa低くなった。

松山でも三島消防とはほぼ同じ気圧変化をしているが、松山でのやまじ風の始まりは、三島アメダスより5時間遅れて17時ころからである。やまじ風が吹いているとき、三島では平均風速10m/s弱の風が吹いているのに対して、松山では5m/s前後の風しか吹いていない。三島、松山でやまじ風が吹くとき、高知との気圧差は同程度であるにも関わらず、風速には大きな差がある。やまじ風が強く吹くときは、気圧差が大きいときで、気圧自体の大きさにはよらない。この事例では、やまじ風が終了する所に気圧は最小となっている。やまじ風が吹くとき、気圧の低下は、宇摩平野に限らず、愛媛県東部の沿岸部一帯で生じているようである。

3.2.2 三島における風、気温、相対湿度の時間変化

2003年4月29日06時～30日06時について、三島アメダスによる気温と平均風速・風向、および三島消防における気温、相対湿度、混合比の時間変化を図12に示す。

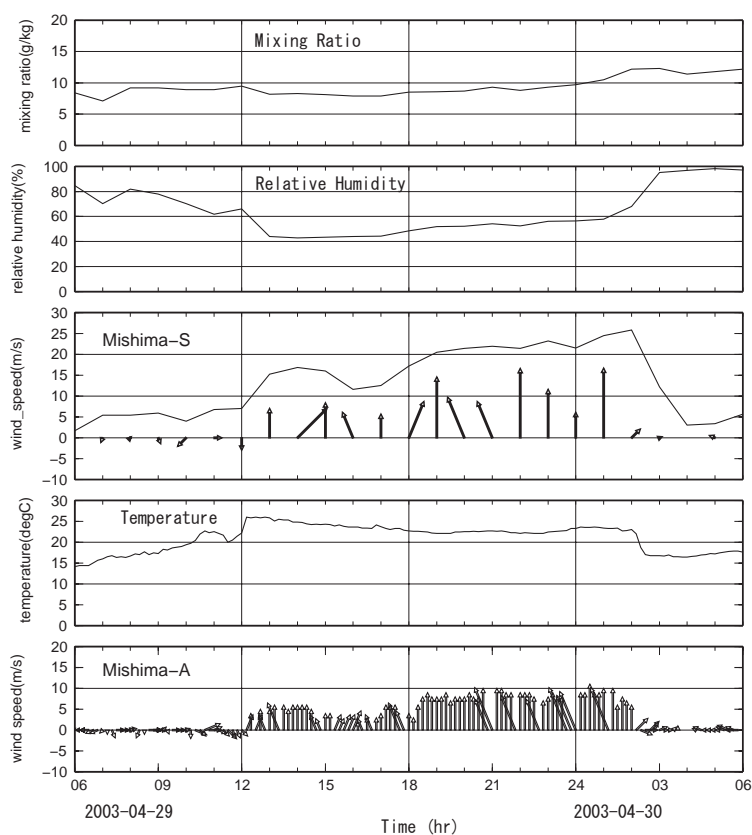


図12 三島における気象要素（風速・気温・相対湿度・混合比）の時間変化（2003年4月29日06時～30日06時）. 三島アメダス（Mishima-A）の風速と気温は10分ごと. 三島消防（Mishima-S）の平均風速，最大瞬間風速（実線），相対湿度・混合比は1時間ごと.

三島消防における風は、30日01時に平均風速16.7m/s、最大瞬間風速25.8m/sを記録している。三島アメダスと三島消防の平均風速に差が見られるのは、観測高度の差によるものと思われる。

三島アメダスにおける気温は、29日10時ころに上昇し、11時過ぎに一旦下がる。12時すぎにやまじ風が吹き始めると、気温は11時30分に比べると約5度上昇し、その後は漸減するが、19時以降、翌日02時にかけては低下せず、やまじ風が終了する30日02時に約6℃急低下している。

相対湿度は、29日12時に平均風速の増大と気温の上昇に伴って、およそ20% RH低下している。混合比は、やまじ風が吹き始めると少し減少するが、その後緩やかに増加している。

3.2.3 三島と近辺のアメダス地点、富郷ダム、高層の風との比較

やまじ風と高層の風との関係性を調べるため、風上にある高知地方気象台のウィンドプロファイラの風を高層の風として用いた。ウィンドプロファイラではいくつかの高度で風の測定が行われるが、その高度は観測ごとに異なる。そのため、剣山と石鎚山の間の鞍部の標高が1500mくらいなので、この高度に近い風（以下では高知1500mの風と呼ぶ）を選んで比較の対象とした。

2003年4月29日06時～30日06時について、三島での風と、周辺地域のアメダス地点（財田、新居浜、西条）、富郷ダム、高知1500mの風との比較を図13に示す。アメダス地点は10分ごとの気温と平均風速・風向、富郷ダムは1時間ごとの気温および前10分間平均風速・風向と1時間の最大瞬間風速を示す。また、高知1500mの風については、ウィンドプロファイラによる1576m高度の10分ごとの平均風向・風速を示す。

高知1500mの風が約10m/sになる29日09時に、富郷ダムでは平均風速は約5m/sで大きくないが、最大瞬間風速は10m/sを超える南よりの風が吹き始めている。このとき、気温も1時間前に比べて約7℃上昇し、フェーンの様相を示している。最大瞬間風速は20m/sを超えるときもあり、平均風速の3～4倍にも達する非常に乱れの大きい風が吹いている。ここでは示していないが、富郷ダムと同じ銅山川沿いにある柳瀬ダムでは、29日10時に平均風速、西北西4.3m/s、最大瞬間風速9.5m/sの風が吹き始め、気温も20.2℃と1時間前に比べて3.7℃上昇している。富郷ダムで南よりの強風が吹いている間、ここでは平均風速は2m/s～5m/sと小さいが、最大瞬間風速は10m/s前後の西よりの乱れの大きい風が吹いている。このことは、富郷ダムは銅山川の上流に近く、谷筋がほぼ南北方向になっているところに位置し、一方、柳瀬ダムは下流の谷筋が東西方向になっているところに位置してため、石鎚山脈から富郷ダムに流れたおろし風が、銅山川に沿って流れ、柳瀬ダムに流れてきていることを示していると思われる。

三島では、富郷ダムより3時間遅れて、29日12時にやまじ風が吹き始めている。富郷ダムでおろし風が終わるのは、三島アメダスと同じ30日02時である。三島でやまじ風が吹いているとき、高知1500mの風は、約10m/s以上の南よりの風となっている。高知1500mの風が一時期弱まったときに、三島の風も弱まっているが、全体としては、両者の強さの間にははっきりとした関係は見られない。

財田では、三島でやまじ風が始まる2時間前の29日10時から気温が上昇し、4m/s前後の南よりの風が吹き始め、その後5m/sくらいの風となって吹き、三島でやまじ風が終わると同時に終了している。海岸近くの観音寺（三観広域消防本部）では、13時に西南西5.2m/sの風から14時に

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

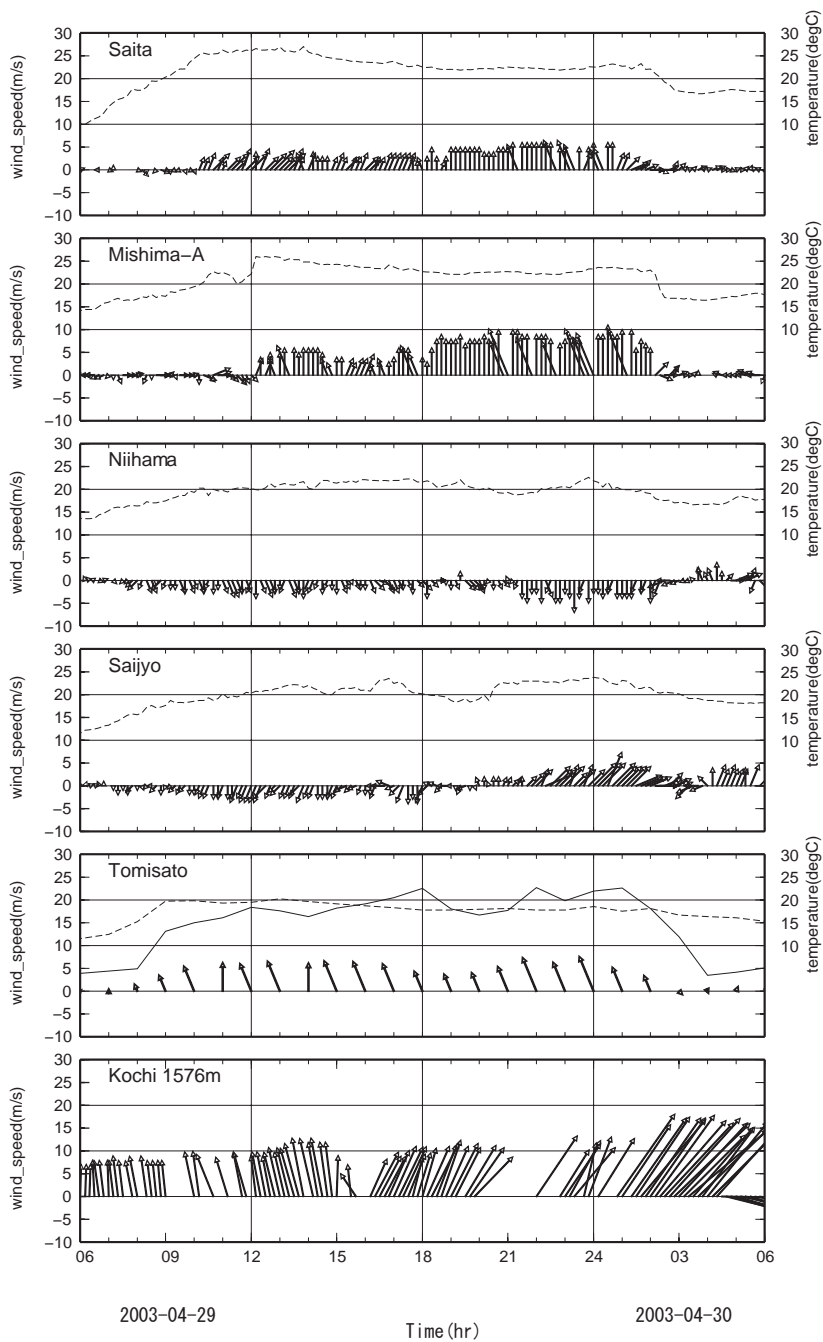


図13 アメダス地点（財田，三島，新居浜，西条）と富郷ダムにおける風と気温，および高知のウィンドファイラ1576m高度の風の時間変化（2003年4月29日06時～30日06時）．鎖線は気温を表す．

南南西7.1m/sに変わり、財田、三島に遅れて、やまじ風が吹き始めた。

新居浜では、三島でやまじ風が吹いている時間には、北よりの風でやまじ風は吹いていない。[やまじ風が起こる前、法皇山脈の北山麓では北よりの「誘い風」が吹くが風速は概ね7 m/s以下で弱い。](大阪管区气象台, 1958)とされているが、この地点の場合、「誘い風」のままで終わっている。白鳥(2002)による1990年代後半の5事例の解析でも、三島南中学校でやまじ風が強く吹いているとき、すべての事例において、新居浜で北よりの風が吹いていた。このことは、新居浜平野付近には東側と西側に小さな丘陵があるため、おろし風の発生が妨げられ、燧灘に降りてきた気流が山側に戻る循環場が形成されていることを示唆している(白鳥, 2002)。ただし、新居浜でやまじ風がもっとも強くなる場合もあるので、この地点のやまじ風については詳しい調査が必要である。

西条では、29日20時ころ気温が上昇し、南よりの風が吹き始めている。この例ではやまじ風は東の地域から始まるが、新居浜では吹かずに、その西側の西条では吹いている。

3.3 宇摩平野および周辺地域における風の分布

2003年4月29日12時～23時における宇摩平野およびその周辺地域での風の分布の時間変化を図14に示す。

4月29日12時には、山間部の富郷ダムで、風はやや強くなっている。一方、平野部では風は弱く、北または西よりの風で、やまじ風が発生する前の「誘い風」の状態を示している。

29日13時には、宇摩平野東部に南よりの風で平均風速が5 m/sを超える地点も現れ、やまじ風が発生している。一方、西側の土居では、北よりの風でやまじ風は発生していない。また、東部沿岸部では、やまじ風の及んでいない地域もあり、やまじ風前線が図に示す位置にあったと考えられる。

29日15時には、宇摩平野東部全域で南よりの風となり、やまじ風前線は海域に移動した。この時刻でも、やまじ風は宇摩平野西部の土居まで及んでいない。

29日17時には、土居で南よりの風が吹き始めた。このように、やまじ風は宇摩平野東部で始まり、約5時間かけて、西部へと広がっていった。

29日21時、22時には、やまじ風は宇摩平野全域で強く吹き、30日01時まで、風速の強弱はあるが吹き続け、寒冷前線通過後の30日03時になると、全ての観測点で風速が急激に弱まって、やまじ風は消滅した。

3.4 四国全域における風と気温の分布

2003年4月29日12時～30日03時について、四国全域における風と気温の分布の時間変化を図15に示す。

2003年4月29日12時には、愛媛県東部の沿岸部で「誘い風」と呼ばれる北よりの風が吹いており、やまじ風が発生する直前の状況を表している。このとき高知では南よりの風が吹いている。この時刻は日中であることから各地で気温は高く、高知で24℃となっているが、三島では22℃で、高知の方が高くなっている。

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

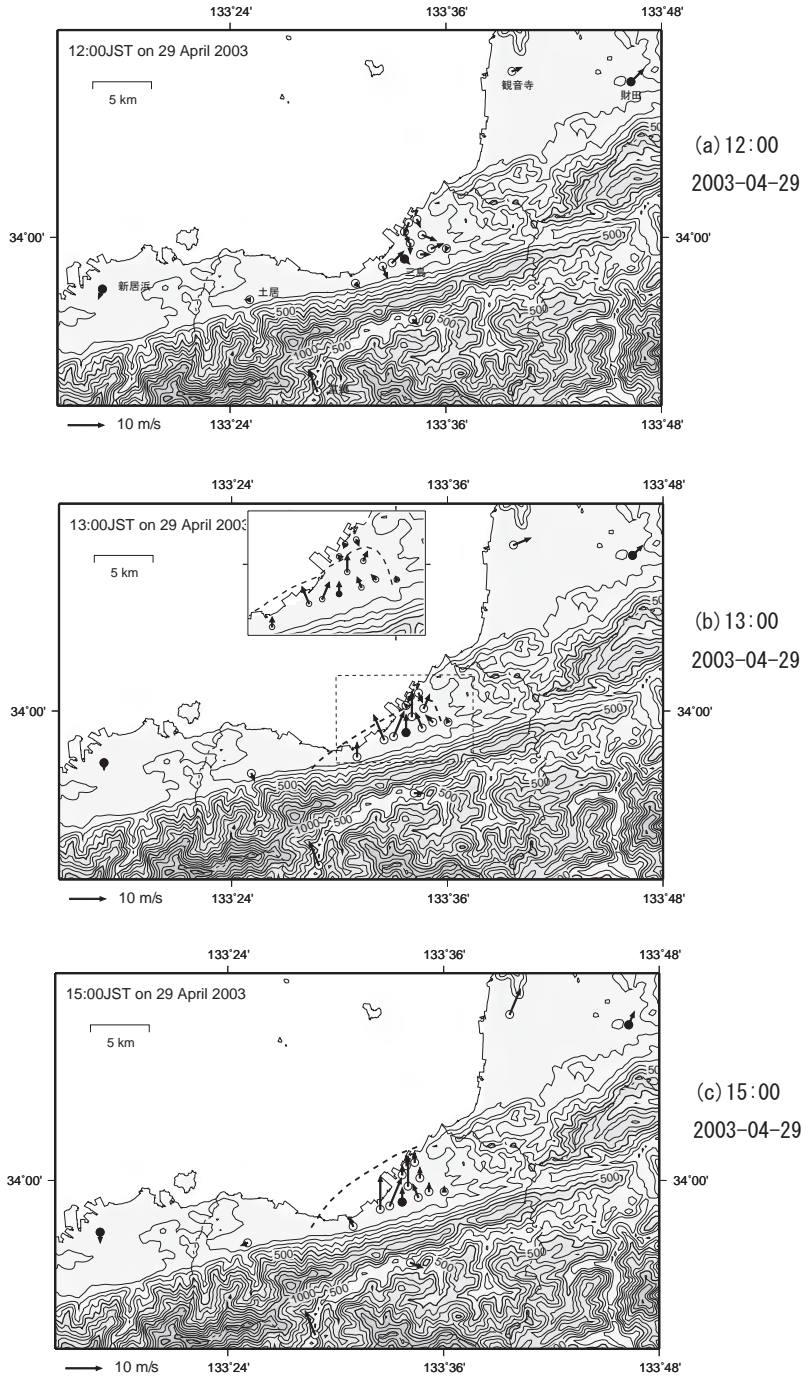


図14 宇摩平野およびその周辺における風の分布 (2003年4月29日12時~23時). 鎖線はやまじ風前線. 黒丸 (●) はアメダス地点. 国土地理院の数値地図を使用. (つづく)

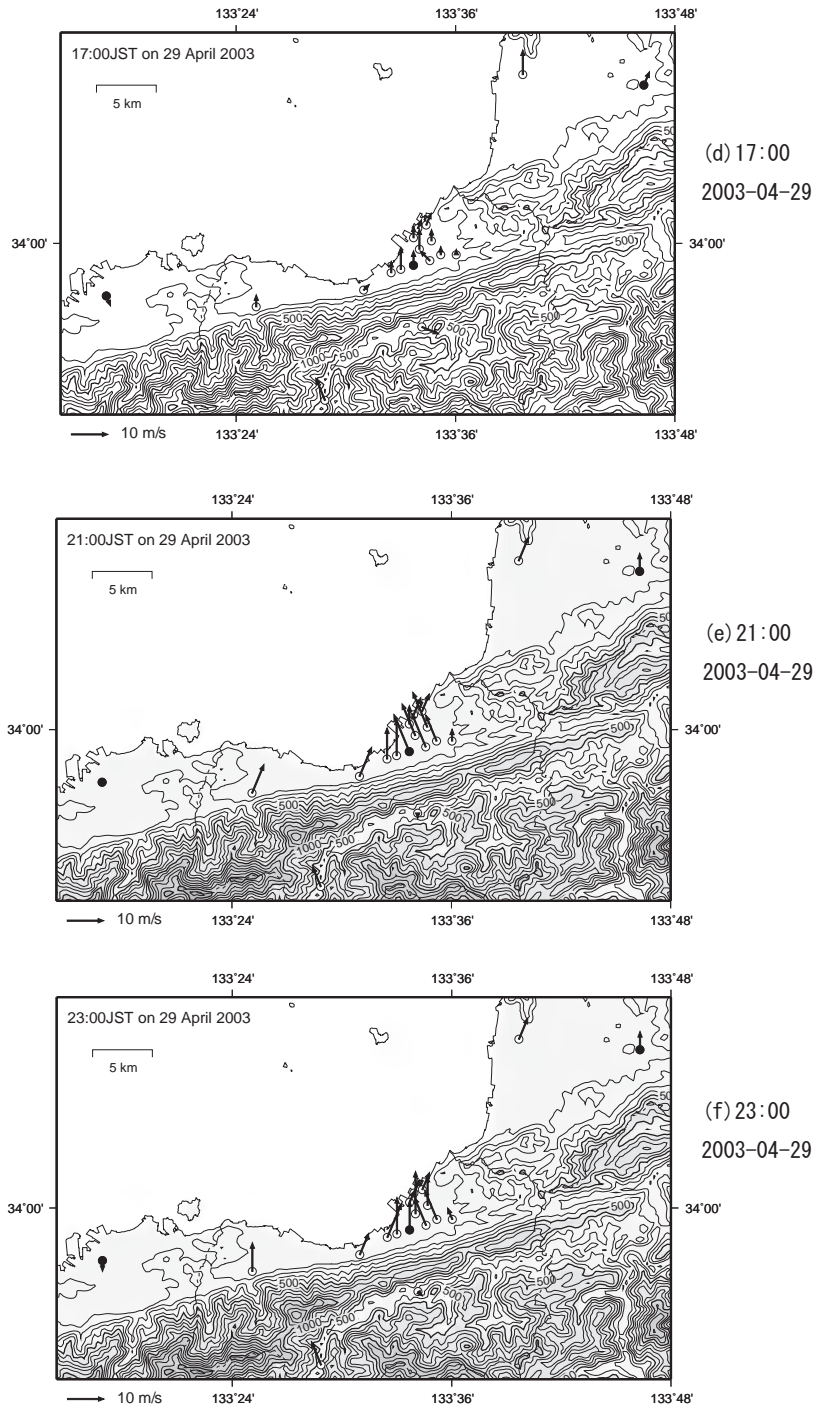


図14 (つづき)

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

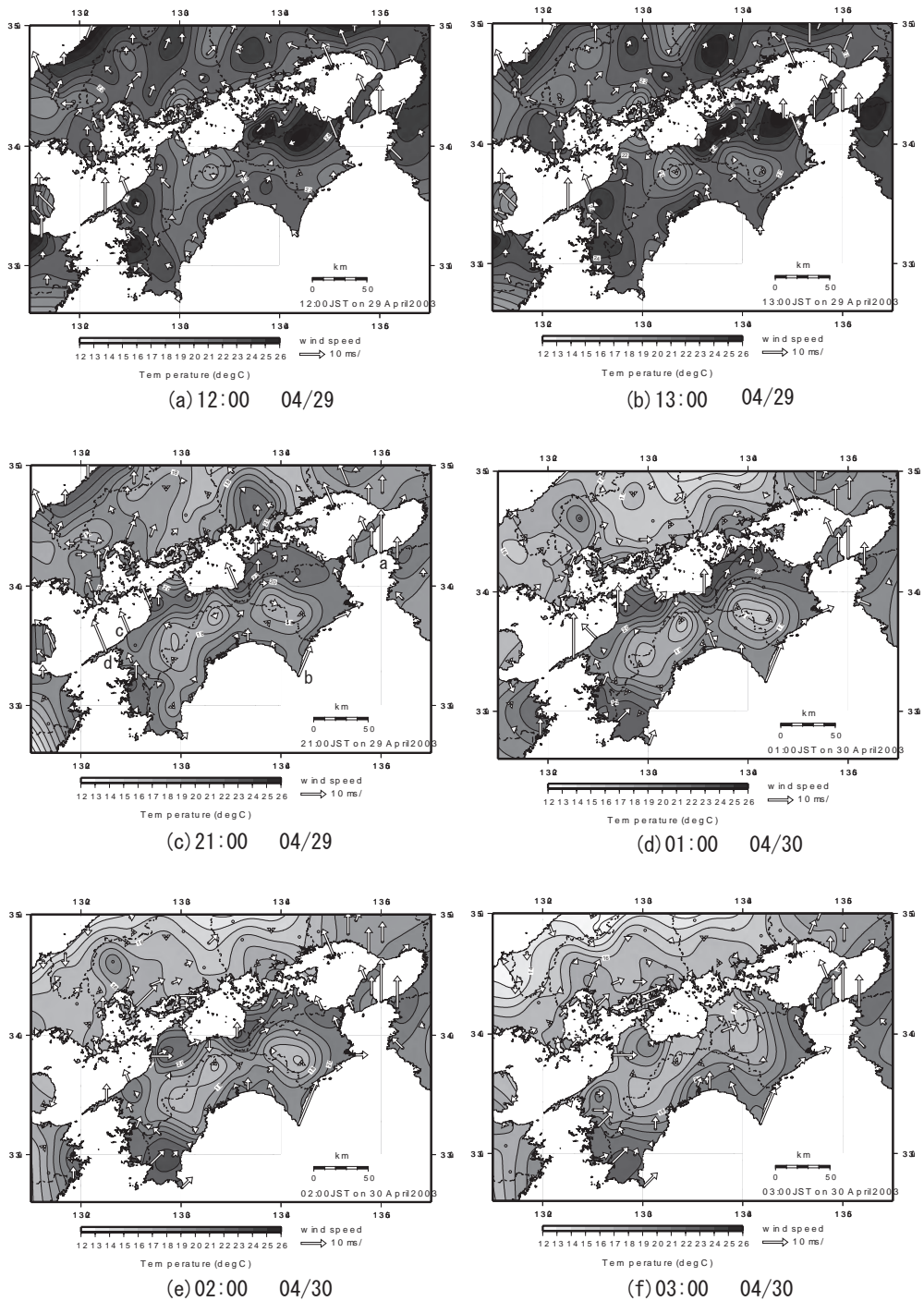


図15 四国全域における気温と風の分布（2003年4月29日12時～30日03時）.

29日13時には、三島で南風が吹き始め、やまじ風が発生しているが、この付近に限られている。

29日21時になると三島から多度津にかけて、強い南風が吹いている。このとき高知でも南よりの風が吹いているが、風速は小さい。また、やまじ風の発生前に比べて、太平洋側の気温よりも、三島から高松にかけての瀬戸内海側での気温が高くなっている。この時刻の気温は、各地で日中より大きく低下しているのに対して、三島での気温の低下は小さい。このときレーダーアメダスでは四国山地の南側の山岳地帯で降雨が認められ、高知からの気流が四国山地を越え、瀬戸内海側に流れ、フェーン現象を起こしていると考えられる。

4月30日01時、02時でも、三島から多度津にかけて、強い南よりの風が吹いている。ただし、先に述べたように新居浜では北よりの風が吹き、やまじ風は吹いていない。西条では、南西の風が吹き、昇温も見られる。これらのことから、この例では、やまじ風は愛媛県東部から香川県西部にかけて吹いているが、新居浜では吹いていない。このとき対岸の広島東部の沿岸部付近では、風は弱く、気温の昇温も見られず、やまじ風は四国の瀬戸内海沿岸に限られた現象であることが確認できる。

30日03時になると、四国の燧灘に面した沿岸部では、風は弱まり、気温も01時と比べて6℃低く17℃まで下がり、フェーンも終わり、やまじ風は消滅している。地上天気図から、このころ寒冷前線がこの地域を通過したものと考えられる。

やまじ風最盛期の29日21時（図15c）における四国とその周辺のアメダス地点の風の分布を見ると、やまじ風地域以外にも強い風が吹いている地点がいくつか存在する。そのうち、図15cのaの「友ヶ島」は友ヶ島水道（紀淡海峡）に面した島の標高43mにあり、bの「室戸岬」は岬の先端、標高161mにある。dの「瀬戸」は東西に延びた岬の鞍部にあり、南風が収束しやすい地形上にある。これらの地点では気流が力学的に増強され、強風が吹きやすい地形上にある。cの「長浜」は、大洲盆地から南北に延びる肱川の河口付近にあり、肱川あらしと呼ばれる強い陸風が発達しやすいところにある（森・鎌田，1994）。このように、やまじ風が吹くとき、四国において、地形により力学的に風が増強され、強風が吹きやすい地点における風に匹敵する強さの風が燧灘沿岸の平坦な平野部で吹いている。

この事例における日最大瞬間風速の四国全域の分布を図16に示す。この図は、やまじ風の発生した4月29日と30日における各測候所の日最大瞬間風速から、やまじ風発生時に近いものを選出したものである。やまじ風の強く吹く地域には、気象官署はないので、最大瞬間風速は、四国中央市消防本部（三島消防）、新居浜市消防本部（新居浜消防）、三観広域消防本部（観音寺）、富郷ダムのデータを用いた。

この図を見ると、三島消防や富郷で最大瞬間風速が20m/sを越え、香川県の観音寺や多度津でも強い南よりの風が吹いていたことが分かる。図15の四国全域について見ると、やまじ風発生地域以外にも強い南よりの風が吹く地点が見られた。これらは室戸岬を除くと、アメダス地点なので、最大瞬間風速の比較はできない。気象官署の地点と比較すると、やまじ風発生地域では、気象官署より大きな最大瞬間風速が観測されている。ただし、消防署などでは風の観測が高い高度で行われている場合が多いので、厳密な比較は困難である。

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

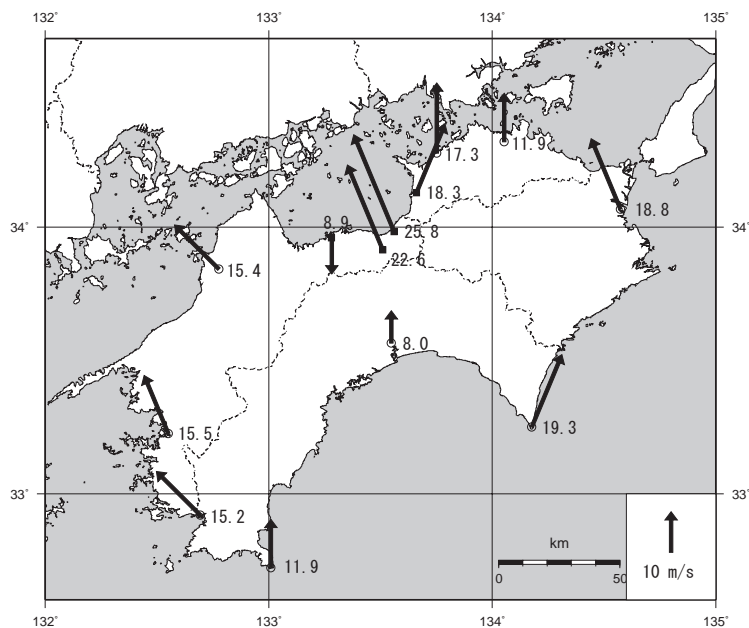


図16 四国全域における日最大瞬間風速の分布（2003年4月29日～30日）. 四角（■）は気象官署以外の地点. 数値は風速（m/s）.

この日は、四国全域で南よりの風が吹きやすい気圧配置であったため、ほぼすべての地点で最大瞬間風速の風向は南よりを観測している。しかし新居浜消防だけ、最大瞬間風速の風向が北で、「誘い風」のままで最大瞬間風速を示している。

4. 2005年4月19～20日のやまじ風（事例2）

4.1 総観場

図17にやまじ風の発生期から消滅期までの地上天気図を示す。2005年4月19日21時に黄海にあった中心気圧1008hPaの温帯低気圧が、20日午前にかけて発達しながら朝鮮半島を東に向かって進み、一方、20日09時には別の勢力の小さな温帯低気圧が四国の南に発生し、九州の南端付近から四国の南岸を東に進んでいった。やまじ風最盛期は、2005年4月19日24時～30日12時で、この期間には、四国地方は、中国沿海州にある発達した温帯低気圧と四国の南を進む温帯低気圧の間に位置し、等圧線が南西～北東に走り、南よりの風が吹きやすい気圧配置となっていた。

4.2 三島および周辺地域における気象要素の時間変化

4.2.1 三島における風と気圧の時間変化

2005年4月19日15時～20日15時について、三島アメダスにおける風と気温、三島消防における海面気圧の時間変化を図18に示す。松山における風と海面気圧、高知における海面気圧の時間変化も示す。

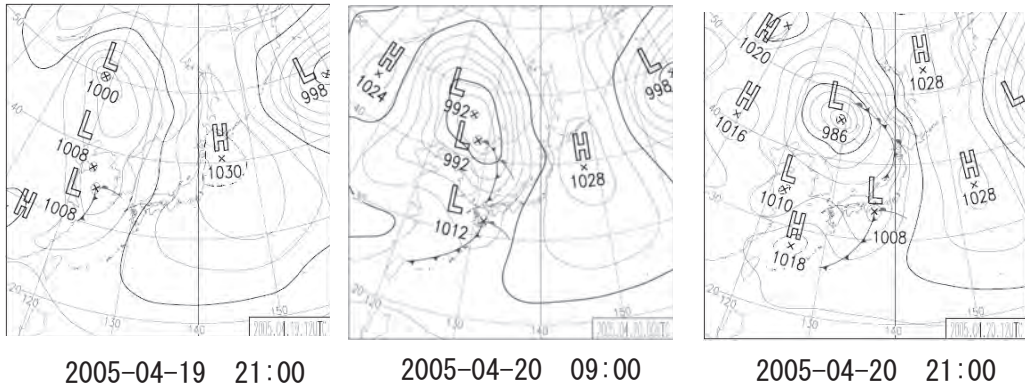


図17 やまじ風発生期から消滅期までの地上天気図 (2005年4月19日～20日).

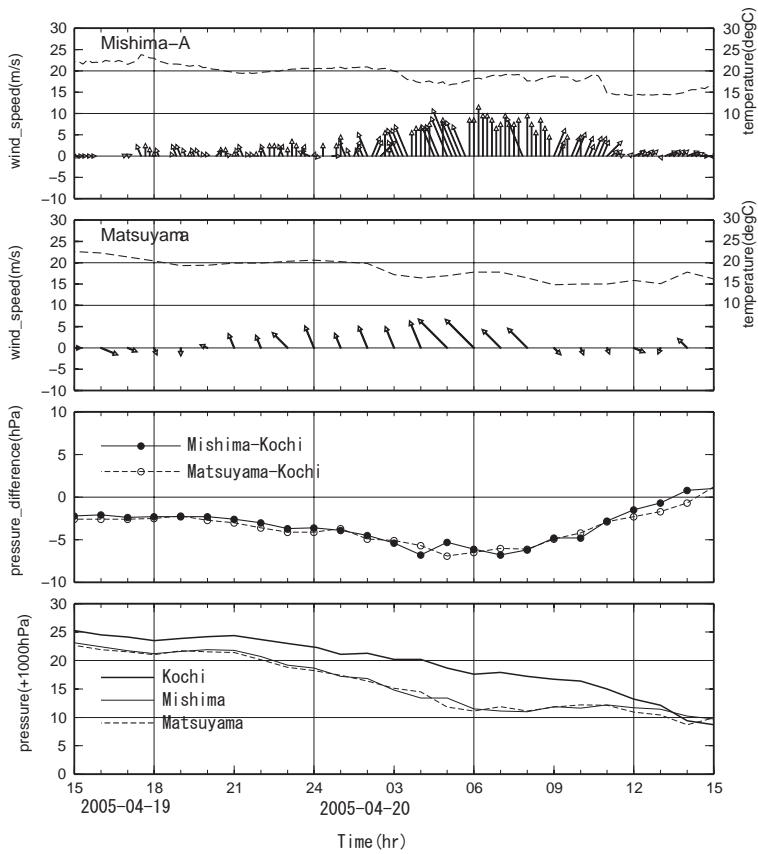


図18 三島と松山地方気象台における風、気温、海面気圧の時間変化. 2005年4月19日15時～20日15時. 三島・松山と高知の気圧差も示す.

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

三島アメダスにおいて、19日18時前に小さな昇温と南風の吹き出しが見られる。しかしながら、風速は5 m/s以下と小さく、山風が吹き始めたと考えられる。三島アメダスでやまじ風が吹き出すのは、20日01時からである。このとき、山風による昇温がすでに始まっているためか、気温の上昇は見られない。20日11時に風速の急減と気温の急降下があり、やまじ風が終了した。やまじ風の継続時間は10時間であった。

この事例でも海面気圧は、やまじ風が始まる前から徐々に低下し、やまじ風の吹き始めるときに大きな変化は見られない。高知の海面気圧と三島消防とを比べると、やまじ風が吹き始める4時間前くらいから差が大きくなり、やまじ風が始まる時には三島消防の海面気圧は高知より3 hPa低くなっていた。この気圧差はさらに拡大し、やまじ風の最盛期には、5 hPa低くなった。松山でやまじ風が始まるのは19日21時ころからである。この事例でも、やまじ風が吹くとき、三島消防と松山での気圧の減少はほぼ同程度で、とくに三島で気圧が大きく減少することはない。

4.2.2 翠波峰における風

やまじ風が吹き降りてくるとき、山脈の尾根上でどのような風が吹いているか、翠波峰にある四国電力の送電鉄塔における気象データによって見てみる。翠波峰は図6に示すように、法皇山脈上の峰の一つで、やまじ風地域の風上にある。翠波峰山頂近くの尾根上、標高726mのところ、四国電力の送電鉄塔No.125（以降、翠波峰鉄塔）があり、風の観測が行われている。風の観測は、鉄塔の高度10m、28m、79mに設置された風車型風向風速計で行われている。風以外に、地上1.5mにおいて気温、湿度の観測も行われている。

法皇山脈を越える風と高層の風との関係を調べるため、高知1500m付近の風と翠波峰鉄塔の風とを比較した。2005年4月19日15時～20日15時について翠波峰鉄塔での風と気温、および高知1578mの風を図19に示す。

高度79mの最大風速に対する、高度28m、高度10mのその比の平均値を、5月20日02時から10時までについて求めると、それぞれ0.89、1.04となる。高度79mの最大風速に対して、高度28mの風は11%小さく、高度10mの風は4%大きい。高度10mの風が大きくなるのは、尾根を越える気流の収束効果として理解できる。翠波峰鉄塔では、南よりの風の場合、高度10mの風と高度79mの風とに大きな差はない。この鉄塔では、28mの高さのところ、風速の鉛直成分の観測も行われていたが、どの時刻も平均風速0.0m/sで、吹き上げは見られなかった。

この事例では、三島でやまじ風が吹いているとき、翠波峰では、南南東の風で、3高度で各時間の最大風速は30m/sを超え、最盛期には45m/sを超える風が吹いている。高知1578mの風と比べると、風速の時間変化パターンは似ているが、高知で南風のときに翠波峰では南南東となっている。翠波峰では、高知の高度1500m付近の風のおよそ2～2.5倍の強さの風が吹いている。

4.2.3 三島における風、気温、相対湿度の時間変化

2005年4月19日15時～20日15時について、三島アメダスにおける平均風向・風速（10分ごと）と三島消防における1時間ごとの前10分間平均風向・風速、最大瞬間風速、気温、相対湿度、混合比の時間変化を図20に示す。

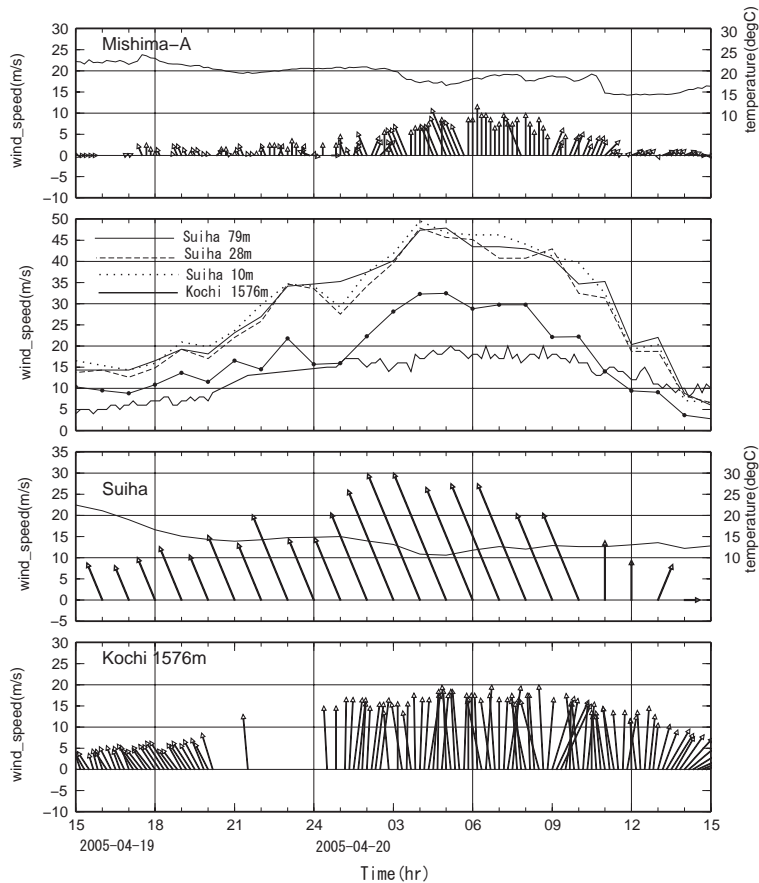


図19 高知1578mの風と翠波峰鉄塔の風との比較（2005年4月19日15時～20日15時）. 最下段は高知1576mにおける10分ごとの平均風速と風向，下から2段目は，翠波峰鉄塔における気温（実線）と高度79mの1時間ごとの前10分間平均風速・風向. 下から3段番目は，鉄塔の79m, 28m, 10mの各高度における各1時間の最大風速（10分間平均），前10分間の平均風速（黒丸），高知1576mの風速.

三島アメダスにおける平均風速（地上高11m）は，20日06時ころ12m/sとなり最大となる。三島消防における風の観測（高度17m，1時間ごと）では，三島アメダスと同じ時刻に平均風速12.4m/s，最大瞬間風速34.5m/sを記録している。

三島消防の気温は19日18時ころ，南風が始まると同時に小さな上昇が見られる。翠波峰における空気を乾燥断熱的に三島まで降ろしたときに示すであろう温度を黒丸で示す。この仮想的な温度と三島消防の温度とは，やまじ風が吹いている間はほぼ一致している。この結果は，三島消防での昇温は，法皇山脈から下降してきた気流の断熱圧縮によるものであることを示している。やまじ風が吹き始めたときの気温の上昇が事例1の場合に比べて小さいのは，やまじ風が吹き始めるとき，翠波峰鉄塔の気温は下がり続けていたためと思われる。

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

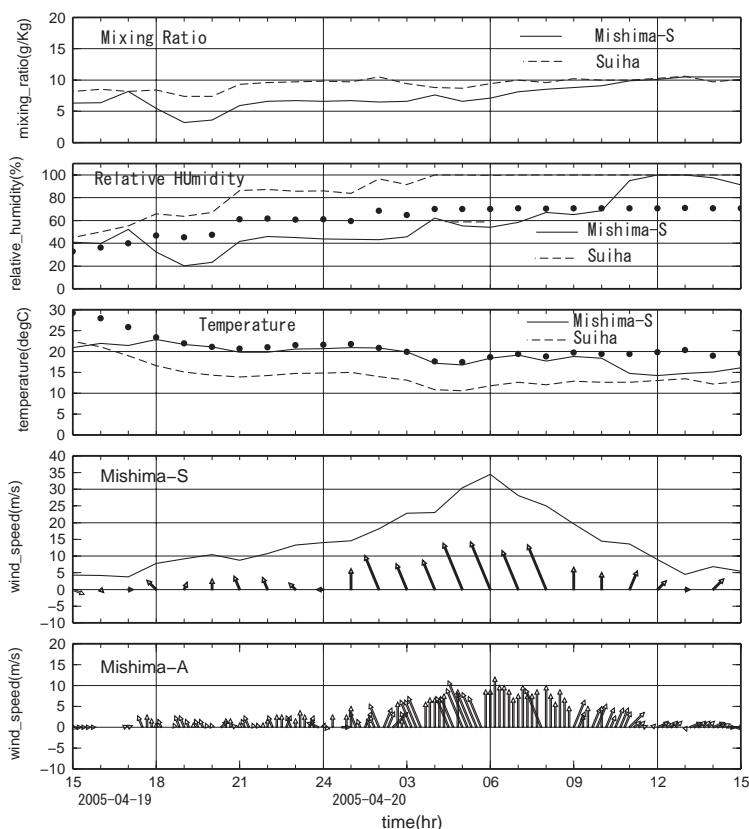


図20 三島における気象要素の時間変化 (2005年4月19日15時～20日15時). 三島アメダス (Mishima-A) は10分ごとの10分間平均風向・風速, 三島消防 (Mishima-S) の風速は1時間ごとの前10分間平均風速. 気温・相対湿度・混合比は三島消防と四国電力送電鉄塔 No.125 (翠波峰鉄塔) における1時間ごとの値. 気温の黒丸 (●) は, 翠波峰における大気が仮に断熱的に三島まで降りてきたときに示す温度.

三島消防の相対湿度は気温の上昇とともに低下している。一方、翠波峰鉄塔の相対湿度は上昇している。翠波峰の空気が下降すると、断熱昇温するため相対湿度は低下するので、仮に、山頂での気温と相対湿度を持った空気を断熱的に麓までおろしたときの相対湿度を求めると、黒丸で示したようになる。この場合、三島消防の相対湿度に近づくが、気温で見られたような一致は見られない。この違いは混合比で見ても明らかである。ただし、やまじ風の最盛期から終了期には、比較的近い値になっているので、山脈斜面を下降している間に混合比が減少したことを示しているように思われる。

白鳥 (2001) は、1990年代後半に発生したやまじ風5例の解析を行い、翠波峰鉄塔と三島南中学校 (南中) における気温と相対湿度を比較している。やまじ風が吹いているとき、南中の方が温度は高くなり、相対湿度は低くなる。この現象について、両地点での温位はほぼ一致すること

を示し、フェーン現象の発生を確認している。

4.2.4 三島と近辺のアメダス地点、富郷ダム、高層の風との比較

2005年4月19日15時～20日15時について、アメダス地点（財田、三島、新居浜、西条）の風と気温、富郷ダムの風と気温、高知1500mの風の時間変化を図21に示す。先に述べたように、三島で南よりの風と昇温が始まるのは、19日18時前からであるが、やまじ風の強さの風が吹き始めるのは20日01時ころからである。三島でやまじ風が吹いているとき、高知1500mでは、15～20m/sの南風が吹いている。

富郷ダムでは、この図には描かれていないが、19日13時ころから、平均風速は5m/s前後、最大瞬間風速10m/sを超える南の風が吹き出している。このとき、高知1500mの風は南、約5m/sであった。富郷ダムの気温は13時ころをピークに下降し続けていた。そのため、図21ではフェーンによる昇温ははっきりしないが、気温は翠波峰より高く、三島でやまじ風が吹き出す前から、富郷ではおろし風が吹いていたと思われる。この図には示していないが、柳瀬ダムでは29日10時ころから気温が上昇し、13時にピークとなり、風も平均風速、西4.6m/s、最大瞬間風速12.1m/sを記録した。その後、15時から22時まで風速が弱く、風向の変動が大きい状態が続いた。23時ころから平均風速6m/s前後、最大瞬間風速20m/s前後の西よりの風が20日08時ころまで続いた。さらに、平均風速は3m/s以下であるが、最大瞬間風速10m/sを超える風が20日11時まで続いた。

新居浜では、三島より早く、19日19時ころからやまじ風が吹き出している。財田では、19日20時ころ気温の急上昇と南よりの風が始まり、三島でやまじ風が最盛期になるころ、5m/sを超える南よりの風となっている。西条では風向の変動が大きい、間欠的に南よりの風が吹いており、南よりの風が吹いている間は気温も上昇する傾向にある。

4.3 宇摩平野および周辺地域における風の分布

この事例では、やまじ風は新居浜平野から始まった。2005年4月19日20時～20日12時について、宇摩平野および新居浜平野における風の分布の時間変化を図22に示す。この事例については翠波峰鉄塔のデータが利用できたので、翠波峰における風も示す。

19日20時には、翠波峰で南南東10m/s以上の風が吹いている。新居浜では南よりの強い風が吹いている。先に述べたように、この地点でのやまじ風の吹き出しは17時からである。宇摩平野の土居で4m/sの南南東の風が吹いているが、それ以外の地点では風は弱く、やまじ風は吹いていない。

20日00時には新居浜平野や宇摩平野西部・中部で南よりの風が吹き始めている。その後、やまじ風は東部に広がった。三島でやまじ風が吹き始めるのは20日01時であった。

20日03時には新居浜平野、宇摩平野の全域でやまじ風が吹き始め、20日05時に両平野の全域で最盛期を迎える。

20日10時になると新居浜平野では北よりの風となり、土居では風が弱まっている。宇摩平野東部では南よりの風のところが、やまじ風は残っている。ただし、東北端の沿岸部付近では風速は弱くなり、やまじ風前線が後退している。山間部の富郷ダムでは、この時刻でも風速は強

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

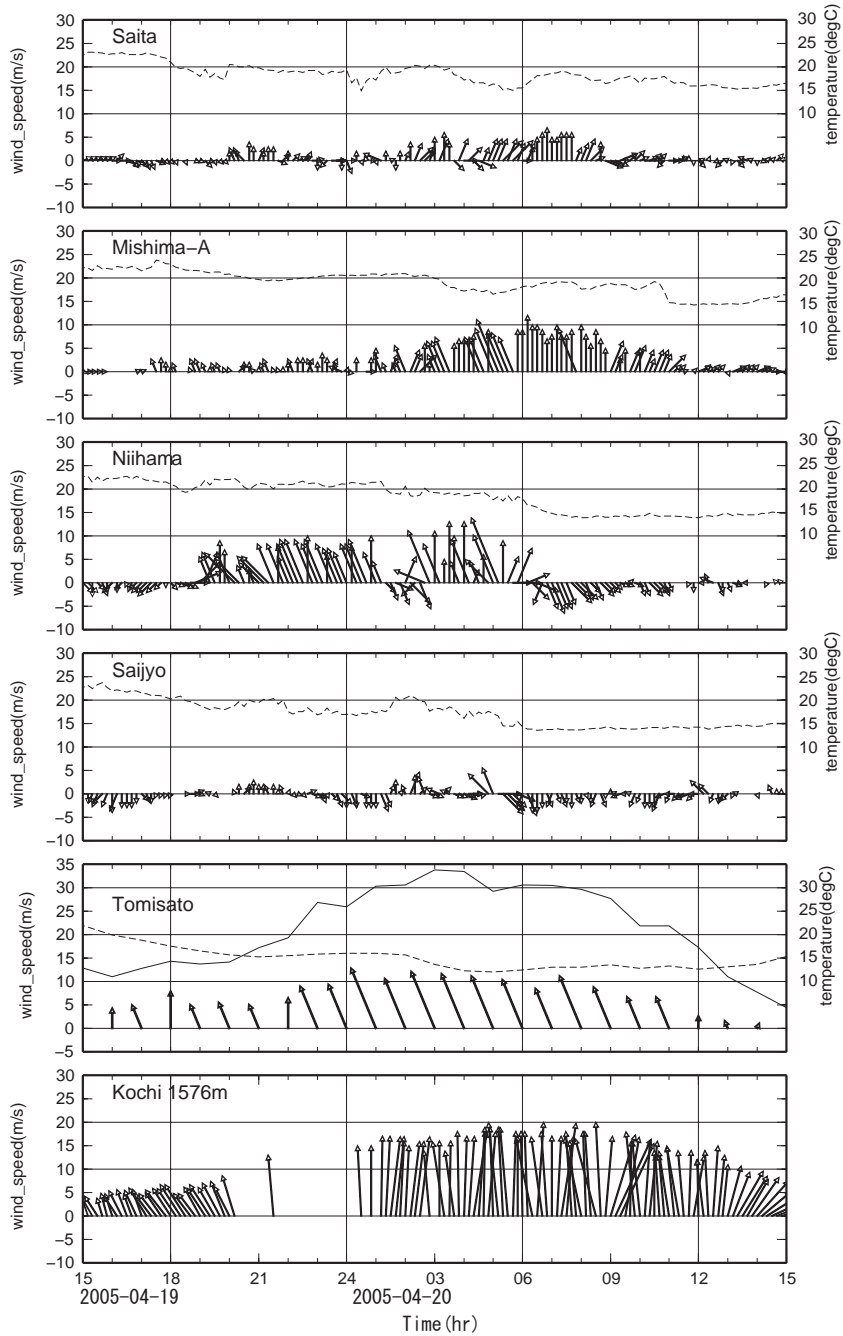


図21 アメダス地点（財田，三島，新居浜，西条）と富郷ダムにおける風と気温，および高知のウィンドプロファイラ1576m高度の風の時間変化（2005年4月19日15時～20日15時）．鎖線は気温．富郷ダムの実線は最大瞬間風速．

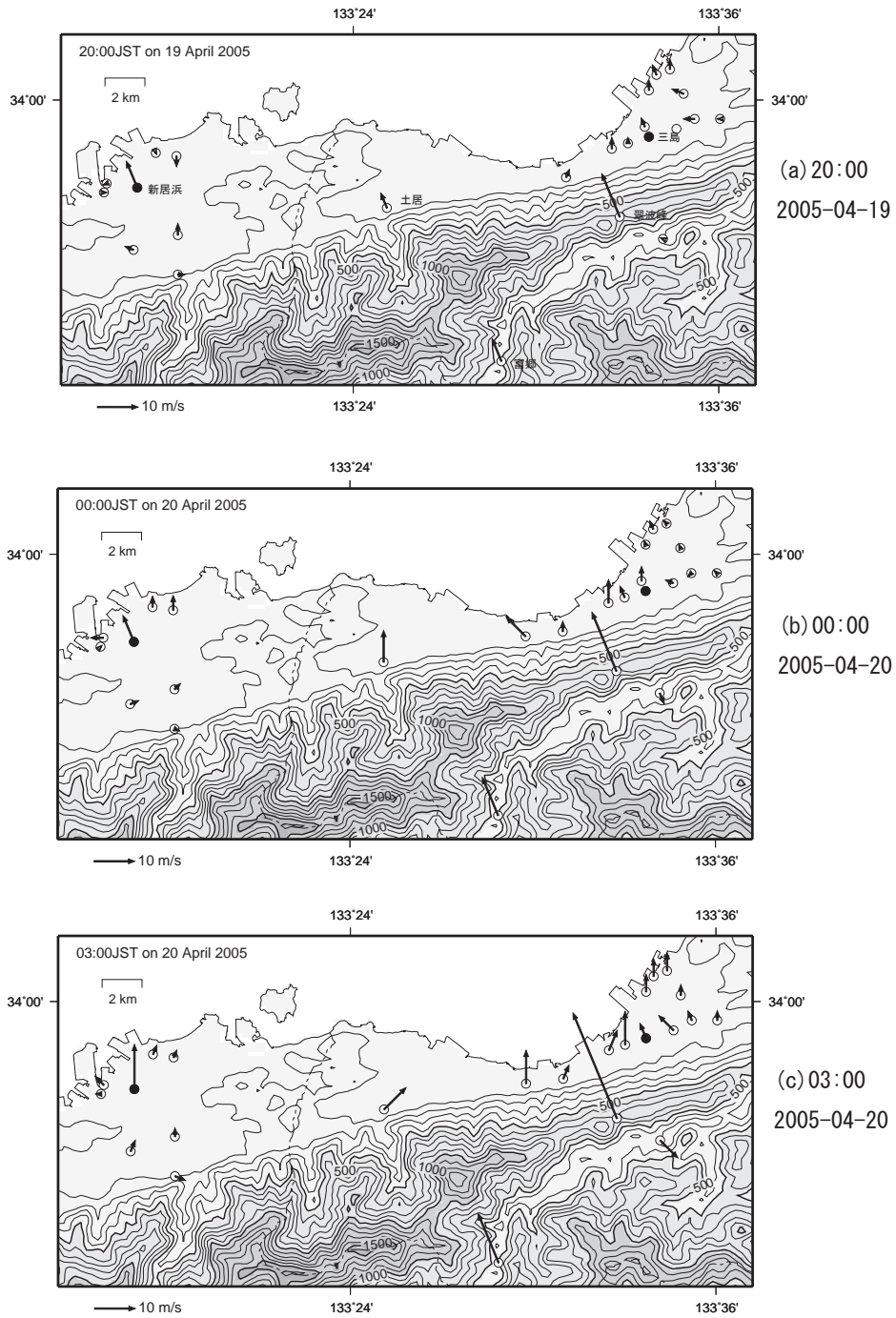


図22 宇摩平野および新居浜平野における風の分布（2005年4月19日20時～20日12時）．黒丸はアメダス地点．翠波峰の風は四国電力送電鉄塔（79m）による．国土地理院の数値地図を使用．（つづく）

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

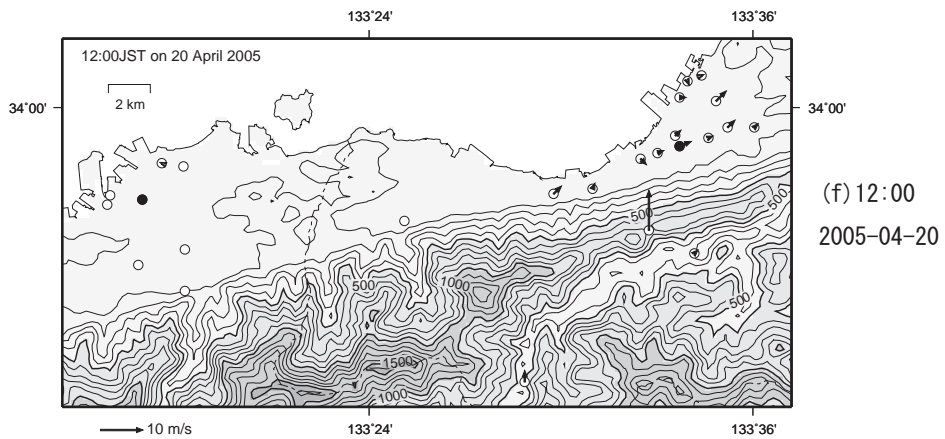
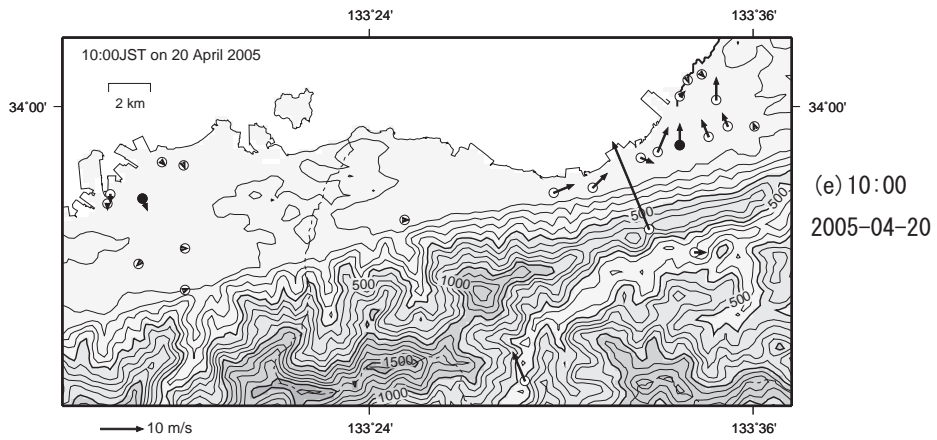
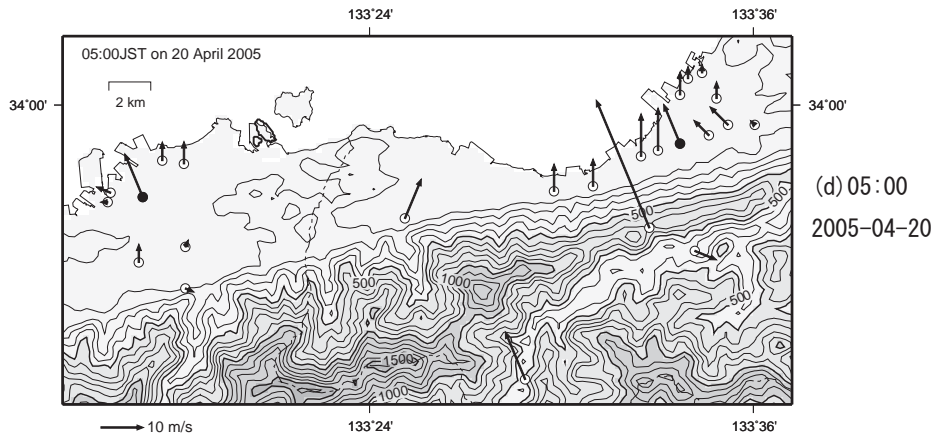


図22 (つづき)

い。

20日12時になると新居浜平野ではほとんどの地点で静穏となり、やまじ風は消滅している。

大阪管区气象台（1958）によれば、地元では、やまじ風が吹くとき赤星山、豊受山（図6）には、けた（桁）雲と呼ぶ雲が懸かる。「このけた雲が真北に流れると寒川・豊岡方面のやまじ風が強く、北西に流れる時には小富士・蕪崎方面に強く、北東に流れる時には三島方面のやまじ風が強い」と言われている。これは、山頂付近の気流が南風のときには、宇摩平野中央部でやまじ風が強く、南東風のときには、西部で強く、南西風のときには東部でやまじ風が強いと解釈できる。翠波峰鉄塔の風は南南東で、真南より東よりなので、やまじ風が宇摩平野の西部から東部へと広がったことと傾向が一致している。

4.4 四国全域の風と気温の分布

2005年4月19日18時～20日12時について、四国全域の風と気温の分布の時間変化を図23に示す。

19日18時は、やまじ風発生直前の状態を示しており、愛媛県、香川県の燧灘沿岸部では風は弱い。

19日20時には、この燧灘沿岸部に気温の高い領域が形成されている。このとき、この領域にある新居浜では7m/sの南南東の風となっており、やまじ風が発生しているが、その他の地点では風は弱い。

20日02時になると、三島でも南よりの強い風が吹いており、やまじ風が始まっている。

20日05時になると、新居浜、三島、松山で、やまじ風が強くなっている。このとき、徳島でも三島に匹敵する強さの南風が吹いていることが注目される。高知周辺の観測点では、風は弱いですが、これとは対称的に、香川県の財田や多度津、愛媛県の新居浜、西条、松山までの広い範囲で風速は強く南よりの風が吹いており、やまじ風は広い範囲に及んでいる。一方、瀬戸内海を挟んだ岡山や広島沿岸部では、風は弱い。

20日08時には、燧灘沿岸の高温域は東よりになり、三島ではやまじ風が続いているが、新居浜では北よりの風となり、やまじ風は終了している。

20日12時になると三島では西よりの風に変わり、多度津や財田では風速は弱まり、北よりの風となっている。この時、新居浜では風は止み、三島の気温は05時よりもさらに低くなっており、やまじ風は終了している。

気温の分布については、02時以降、瀬戸内海側と太平洋側との差は小さくなり、この事例では、やまじ風発生時に、典型的なフェーン現象を示さない。しかし、やまじ風終了時には、気温の急降下が生じているので、フェーン現象は起きていたと思われる。先に述べたように、宇摩平野での昇温の程度は、法皇山脈から下ってくる気流の温度によるので、比較的気温の低い気流が降りてきたのではないかとと思われる。

4.5 四国全域の日最大瞬間風速

この事例における最大瞬間風速の分布図を図24に示す。やまじ風の発生した2005年4月19日と

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

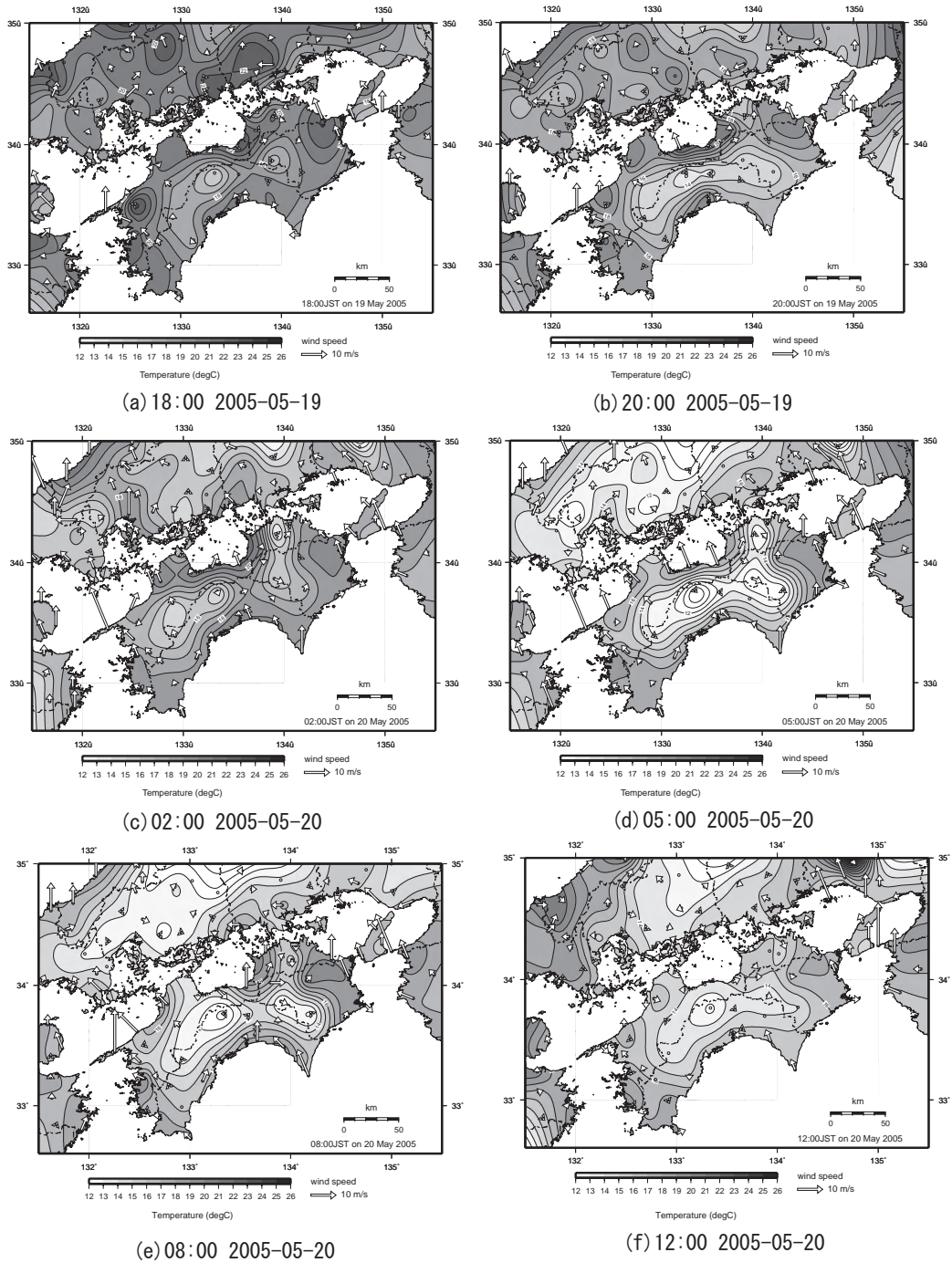


図23 四国全域における風・気温の分布 (2005年4月19日18時~20日12時).

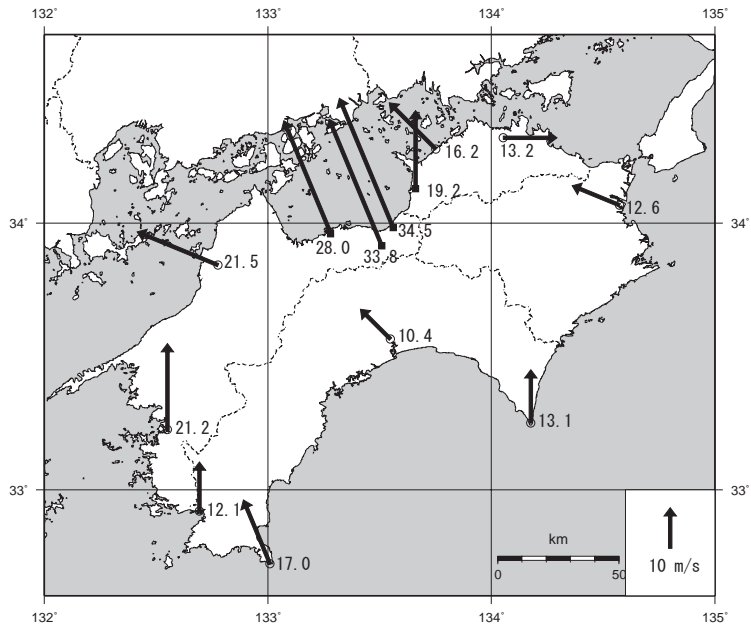


図24 四国全域における日最大瞬間風速の分布(2005年4月19日～20日)．四角(■)は気象官署以外の地点．数値は風速(m/s)．

20日において、各地点の日最大瞬間風速から、やまじ風発生時に近いものを選出して、作成したものである。やまじ風の吹く地域では、事例1と同様に、気象官署以外の地点のデータを用いた。

四国全域で、日最大瞬間風速の風向は南よりである地点が多い。日最大瞬間風速は、三島消防や富郷ダムで30m/sを越え、台風並みの最大瞬間風速を観測している。また、周辺地域の新居浜消防でも強い最大瞬間風速を観測している。

平均風速の分布図(図22)では、強い風は四国の広い範囲で見られ、やまじ風地域がとくに際立っているように見えないが、最大瞬間風速の分布図で見ると、やまじ風発生地域である愛媛県東部での風の強さが、際立っている。

5. 2007年5月16～17日のやまじ風(事例3)

この事例では、図9に示したより多くの地点のデータを用いて、やまじ風発生時の気象状況について調べた。

5.1 総観場

やまじ風発生前から消滅後までの地上天気図を図25に示す。2007年5月16日、前線を伴った温帯低気圧が、発達しながら東シナ海から九州・四国の南の太平洋を東に向かって進んだ。一方、朝鮮半島・中国大陸にも低気圧があった。四国は南と北の低気圧の間に位置し、等圧線が南南西

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

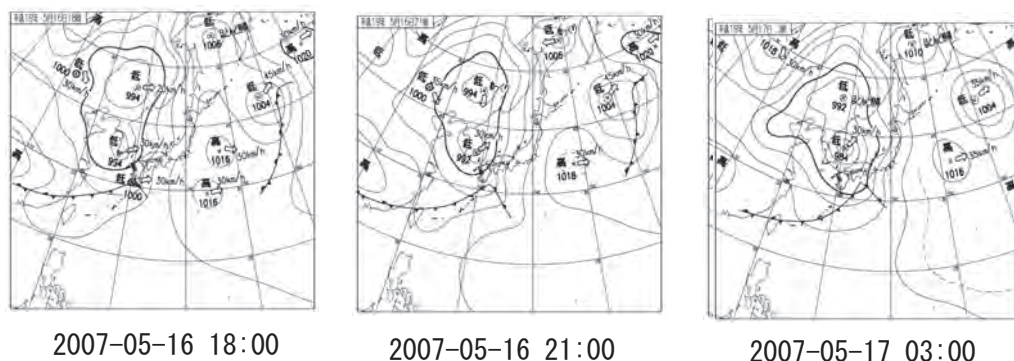


図25 やまじ風発生前から消滅後までの地上天気図（2007年5月16日～17日）。

～北北東に走り、南風が発生しやすい気圧配置となっていた。

5.2 三島および周辺地域における気象要素の時間変化

5.2.1 三島における風と気圧の時間変化

2007年5月16日09時～17日09時について、三島アメダスにおける10分ごとの気温と風の時間変化と三島消防における海面気圧の1時間ごとの時間変化を図26に示す。三島アメダスでは、それまでの風向の定まらない弱風から南よりの強風に16日19時に変わり、気温も1.2℃上昇し、やまじ風が吹き始めた。このやまじ風は最盛期には最大風速14m/sに達し、17日02時まで、平均風速10m/sを超える風が3時間以上も吹いた。全体で、やまじ風は7時間続いた。

三島消防と松山における海面気圧の時間変化を比較すると、ほぼ似た変化を示し、気圧低下の程度は同程度であった。松山における風は、三島アメダスでやまじ風が吹き始めるころ、北風成分から南風成分をもった風に変化しているが、風速は最大でも5m/s程度で、三島アメダスとの差は大きい。

やまじ風は、三島消防における気圧が高知より、およそ3hPa小さくなったとき発生しており、高知との気圧差が最大となるころに最盛期となり、そのとき、気圧差は最大で8hPaに達する。この事例では、気圧が最小になるのは、やまじ風終了後、数時間してからである。

5.2.2 三島における風、気温、相対湿度の変化

この事例では三島消防における10分ごとの気象データが入手できたので、1時間ごとより詳しい気象要素の変化を調べた。2007年5月16日09時～17日09時について、10分ごとの風向・風速、気圧、気温、雨量、相対湿度、混合比の時間変化を図27に示す。

やまじ風最盛期における三島消防の風向は南東で、三島アメダスにおける南南東とは少し異なっている。平均風速は5月17日01時に最大値17.8m/sを記録し、最大瞬間風速は00時30分に40.3m/sを記録している。

やまじ風発生時の突風率は、3.0～4.0となり、全国の気象官署で調査された台風時における1.5

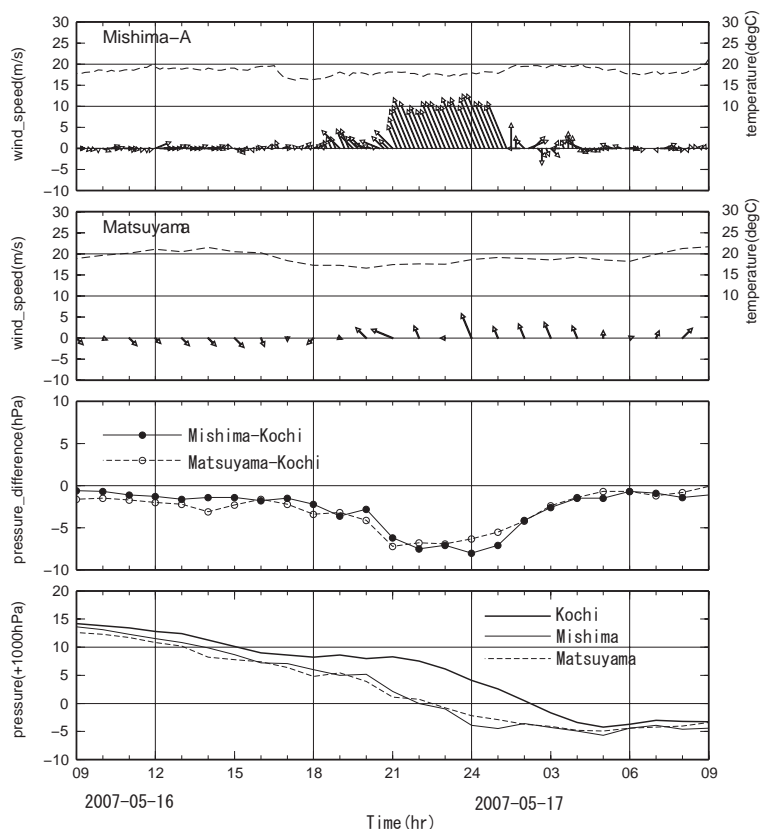


図26 三島と松山における風，気温，気圧の時間変化（2007年5月16日09時～17日09時）．三島アメダスの気温と風は10分ごと，松山の気温と風は1時間ごと．三島消防（Mishima-S）と松山の海面気圧は1時間ごと．三島・松山と高知との気圧差も示す．

～2.0という値（桑形，1993）より大きかった．やまじ風が安定して吹いているときの突風率は1.9であった．

やまじ風が吹き始める16日19時ころ，気温は約2.5℃上昇したが，すぐ元に戻った．現地気圧は，やまじ風が始まるころ少し緩やかに上昇した後，下降し続けた．やまじ風が終わる17日02時ころに6 hPa急上昇した．

相対湿度は，やまじ風が吹き始める前に，16日16時ころ，降雨に伴って，60%前後から，80%を超えるまでに上昇した．やまじ風が吹き始める16日19時ころおよそ25% RH低下して再び60%前後になり，そのまま続いた．

一般に，やまじ風が吹き始めると相対湿度は低下する．この場合，降雨で上昇していたときに比べると，湿度は大きく低下しているが，降雨で上昇する前の湿度に戻っただけで，大きな減少は見られなかった．やまじ風が吹いているとき，この事例の気象条件のもとで，麓において相対湿度60%の空気を，法皇山脈の頂上の高さまで乾燥断熱的に持ち上げたときの湿度を推定

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

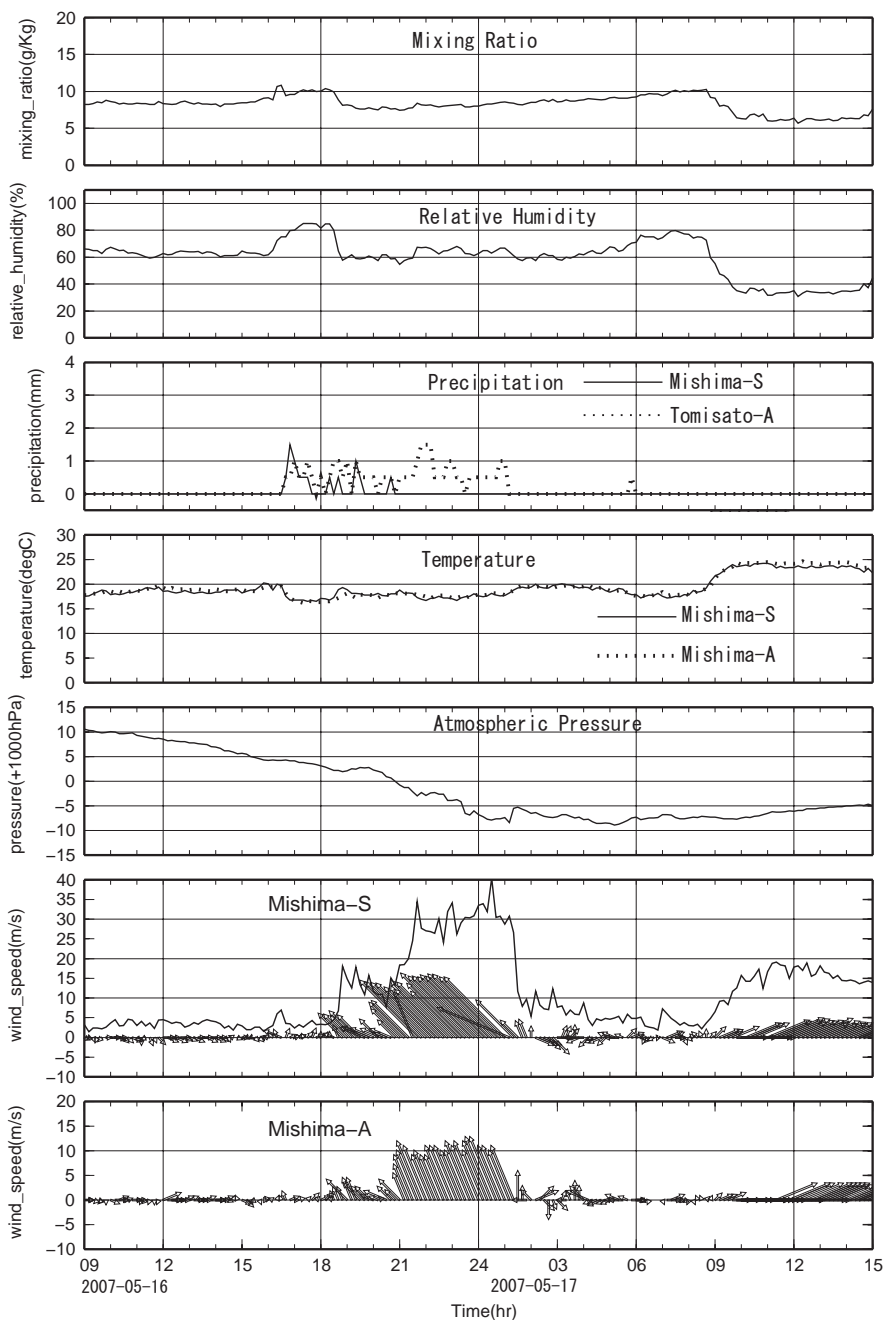


図27 三島における10分ごとの気象要素の時間変化（2007年5月16日09時～17日15時）. 三島消防（Mishima-S）の平均風向・風速，最大瞬間風速，現地気圧，気温，降水量，相対湿度，混合比，三島アメダス（Mishima-A）の平均風向・風速. 富郷アメダスの降水量も示す.

すると、相対湿度84%になる。やまじ風が吹いているとき、三島では降雨は終わっているが、法皇山脈の風上側にある富郷アメダス（図9）では、降水が見られる。そのため、高い湿度をもった空気が法皇山脈を越えてきたため、三島消防での相対湿度の低下が小さかったものと考えられる。

5.2.3 翠波峰における風と高知1500mの風との比較

2007年5月16日09時～17日09時について、翠波峰鉄塔の風と高知1500mの風との比較を図28に示す。翠波峰鉄塔における1時間ごとの最大風速（10分間平均風速の最大値）と高知1500mの風

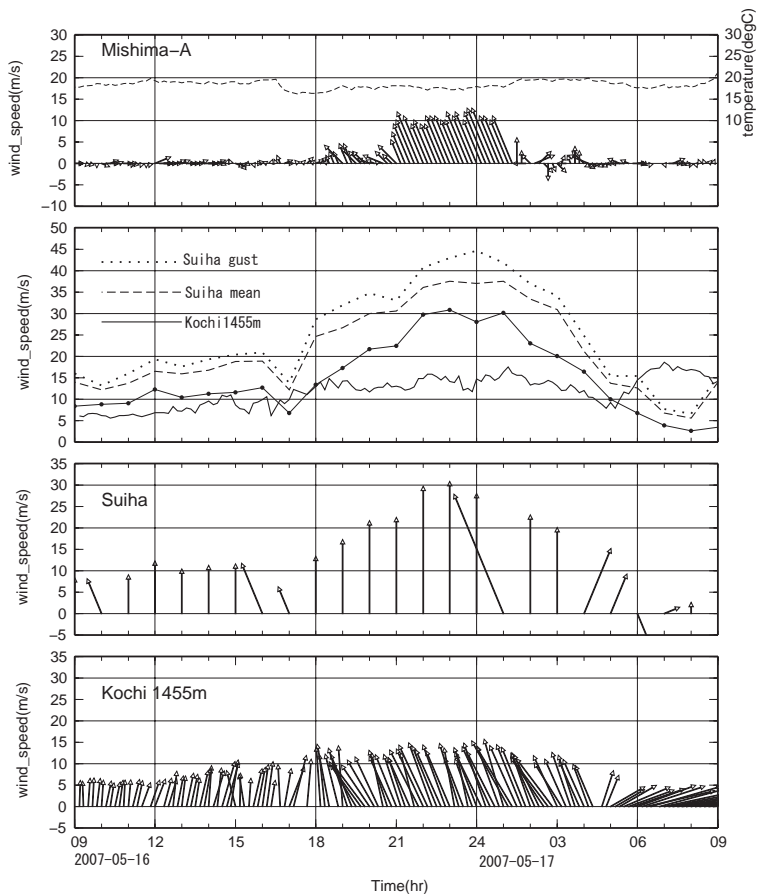


図28 高知1500mの風と翠波峰鉄塔の風との比較（2007年5月16日09時～17日09時）。最下段は高知1455mにおける10分ごとの平均風速と風向，下から2段目は，翠波峰鉄塔79mにおける1時間ごとの前10分間の平均風速・風向。下から3段番目は，翠波峰鉄塔79mにおける各1時間の最大瞬間風速（Suiha gust, 点線）と最大風速（Suiha mean, 鎖線），1時間ごとの前10分間平均風速（●）および高知1455mの風速。最上段は三島アメダス（Mishima-A）の平均風速・風向と気温。

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

とを比較すると、高知で南よりの風の場合、翠波峰では高知のおよそ2倍を超える風速となっている。三島での風が10m/sを超え、やまじ風が最盛期となっているとき、高知ではおよそ15m/sであるのに対して、翠波峰ではおよそ37m/sの風となっており、約2.5倍となっていた。翠波峰における16日19時から17日03時までの9時間の突風率の平均値は1.14であった。

5.2.4 三島と近辺のアメダス地点、富郷ダム、高層の風との比較

2007年5月16日09時～17日09時について、アメダス地点（財田、三島、新居浜、西条）と富郷ダムにおける風と気温の時間変化を図29に示す。先に述べたように、三島で南よりの風が吹き始めるのは5月16日19時からで、気温も少し上昇している。しかしながら、強い南よりの風としてのやまじ風が吹き始めるのは、2時間遅れて16日21時からで、ほぼ同時に新居浜、西条でもやまじ風が吹き始めている。このとき、三島では気温変化は見られないが、新居浜、とくに西条では昇温がはっきりと認められる。三島では山風からやまじ風に移行したように見える。

新居浜では、16日22時すぎから風速がとくに強まり、22時50分に最大風速、南南東18m/sを記録し、三島の最大風速14m/sより強い風が吹いた。新居浜で電柱倒壊の被害が発生したのはこのころである。三島でのやまじ風の風向は安定して南南東なのに対して、新居浜のやまじ風は風向の変動が大きい。

財田では、三島に約1時間遅れて22時にやまじ風が吹き始めている。やまじ風の吹いているとき、やまじ風が三島で南南東、財田で南東の風向となっているのは、高知1500mの風が南南東となっているのと同様であるように思われる。

三島消防と高知の気温、湿度、混合比を比較してみると、やまじ風発生時には三島消防の気温は高知と比べ5℃ほど高くなっていた。また、相対湿度はおよそ30%RH低く、海面気圧は最大でおよそ8hPa低く、混合比はおよそ2g/kg小さくなっていた。

5.3 宇摩平野および周辺地域における風の分布

2007年5月16日18時～17日03時について、宇摩平野（四国中央市）およびその周辺における風の分布の時間変化を図30に示す。この事例のとき、翠波峰の山頂近くの翠波高原に風の観測地点を設け、高さ6mのポール先端に風車型風向風速計（YOUNG社製）を設置して観測を行っていた。この地点を翠波Kとして、四国電力の翠波峰鉄塔での風と合わせて、この図に描いた。

翠波峰では16日15時ころより風速が増加し、18時には翠波Kでは南9.6m/s、翠波峰鉄塔では南13.4m/sに達していた。しかし、このとき平野部では全体的にまだ風は弱くやまじ風は発生していない。

16日19時になると、翠波峰の南風が強まり、宇摩平野中央部で強い南よりの風が吹き、やまじ風が発生している。一方、新居浜では、北よりの風が吹いているところもあり、やまじ風は発生していない。

16日21時になると、新居浜の一部の地域でも南よりの風が吹き始める。

16日23時になると、宇摩平野、新居浜平野のほぼすべての観測点で南よりの風が卓越している。また、このとき燧灘の高井神島でも南よりの風が吹いているが風速は弱い。

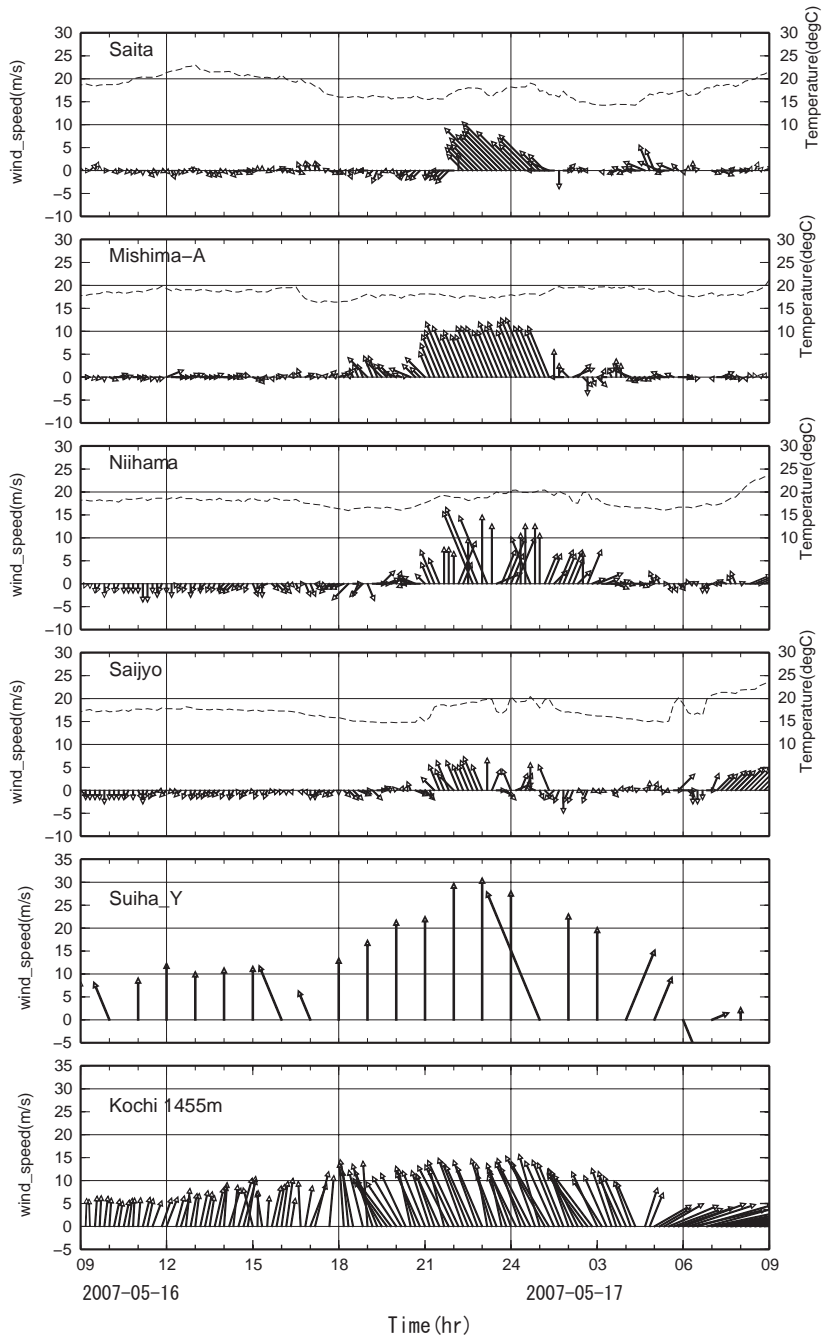


図29 高知のウィンドプロファイラ1455m高度の風とアメダス地点（財田，三島，新居浜，西条）および富郷ダム（1時間ごと）における風と気温の時間変化（2007年5月16日～17日）。鎖線は気温。

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

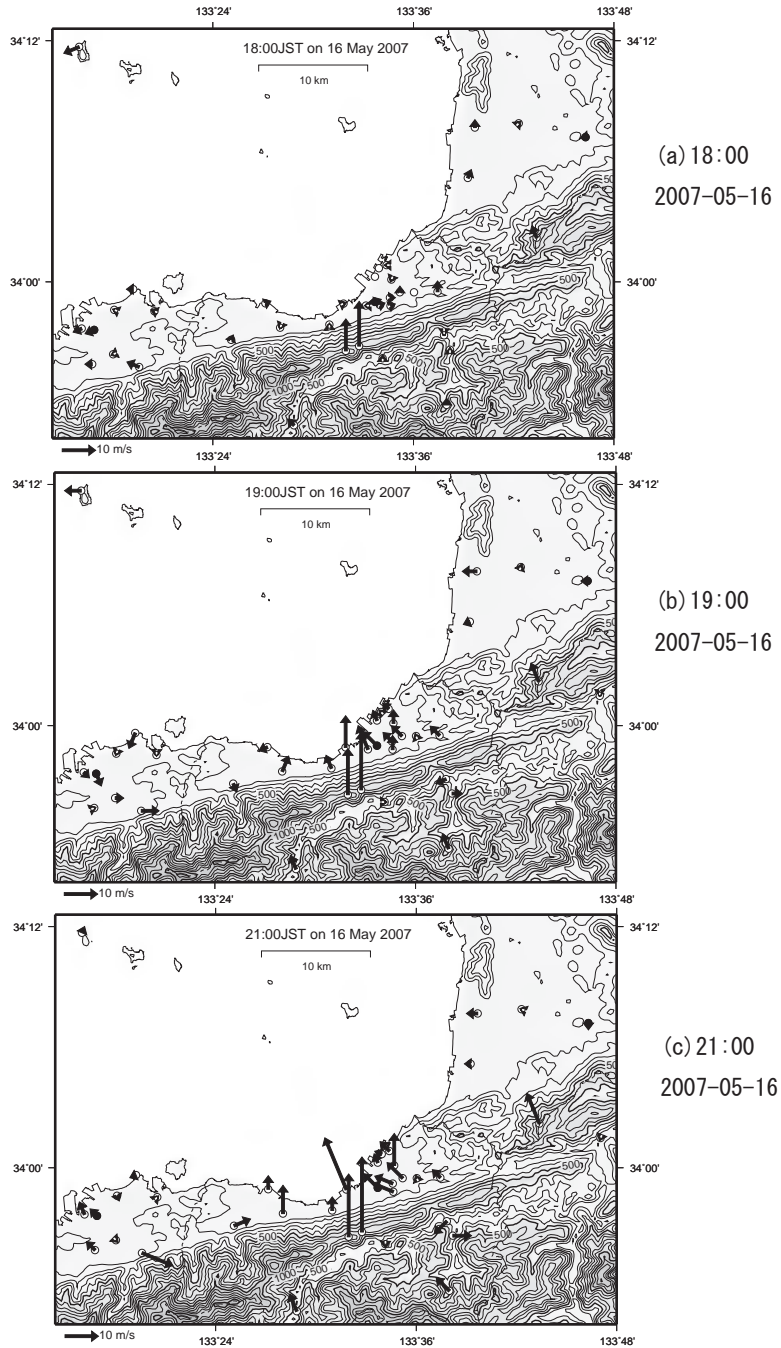


図30 宇摩平野と新居浜平野における風の分布（2007年5月16日18時～17日03時）. 黒丸（●）はアメダス地点. 翠波峰付近の風は、東側が翠波峰鉄塔（79m）、西側が翠波K（6m）. 国土地理院の数値地図を使用.（つづく）

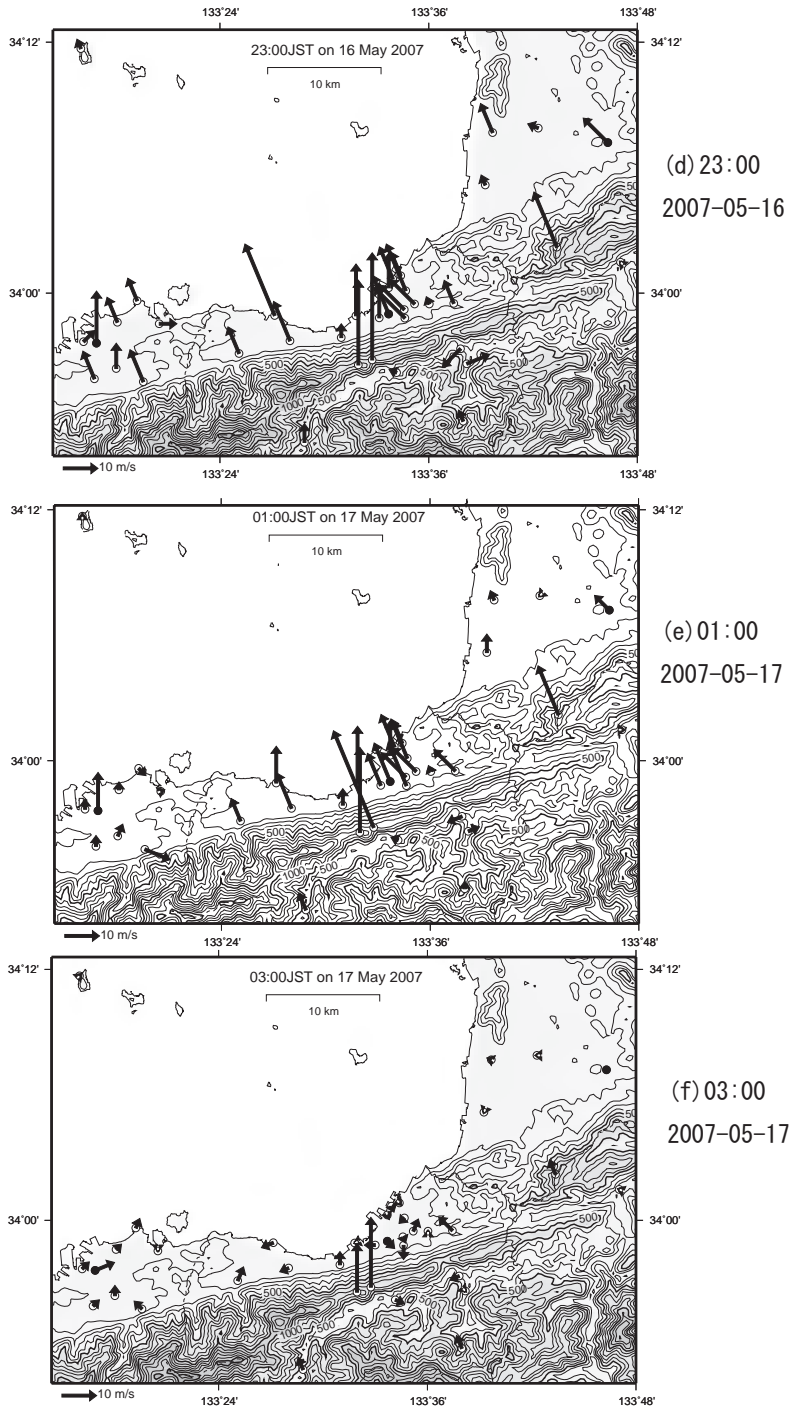


図30 (つづき)

やまじ風発生時の気象状況について (2) - 広域的に見た特徴 -

17日01時になると、新居浜平野の一部では風が弱まる地点も出てくる。

17日03時になると、宇摩平野でも風は弱まり、風向もばらばらになって、やまじ風が消滅している。

翠波峰の風は南風で、やまじ風は宇摩平野中央部で強く吹き始めた。先に述べた山頂付近の風が真南の場合、やまじ風は宇摩平野中央部で強く吹くという地元での言い伝えと傾向は一致している。翠波峰の風は、最大時には、翠波Kで16日22時に26.6m/s、翠波峰鉄塔では23時に30.8m/sを記録した。翠波峰鉄塔に対する翠波Kの風速比の平均値(16日17時~17日02時)は、0.81であった。

5.4 四国全域の風・気温の分布

2007年5月16日18時~17日03時について、四国全域の風と気温の分布の時間変化を図31に示す。

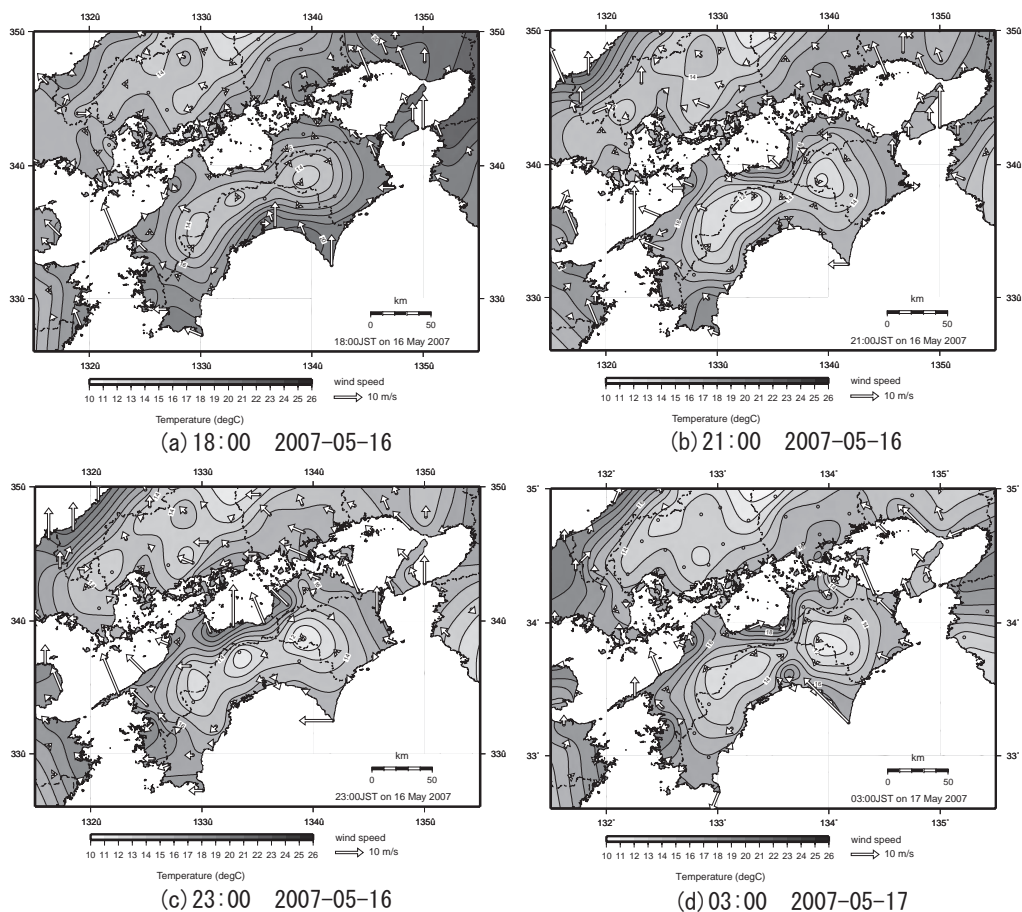


図31 四国全域における風と気温の分布 (2007年5月16日18時~17日03時). 四角 (■) は気象官署以外の地点.

5月16日18時には、燧灘の沿岸部では風は弱く、まだやまじ風は発生していない。また、太平洋側の高知付近では南よりの風が吹いている。この時刻の気温は、三島では16.3℃、高知では19.5℃で、高知の方が3.2℃高くなっており、太平洋側の沿岸のほうが瀬戸内側沿岸より気温が高い。

16日21時には、三島では強い南西の風が見られ、やまじ風が吹き始めている。新居浜でも南東の風が認められる。

16日23時には、高知では東よりまたは北よりの風で風速は弱いにもかかわらず、三島では12m/s、新居浜では15m/sの南よりの強い風となり、強いやまじ風が吹いている。さらにこの時刻では、財田でも強い南よりの風が吹いている。また、この時刻の気温は高知14.9℃に対して、三島17.2℃、新居浜18.7℃で太平洋側よりも瀬戸内側の方が高くなった。

17日03時になると三島では北よりの風に変わり、先ほど風速が強かった西条、新居浜、財田でも風速は弱まり、やまじ風は終わっている。風の分布の変化から、やまじ風は松山から観音寺付近まで吹いたと考えられる。

この事例における日最大瞬間風速の分布図を図32に示す。この図もやまじ風の発生した5月16日と17日における日最大瞬間風速から、やまじ風発生時に近いものを選出して作成した。この事例では、三島消防で40.3m/s、新居浜消防で27.2m/s、観音寺消防で25.7m/sとほかの地域よりも強い最大瞬間風速が観測されている。

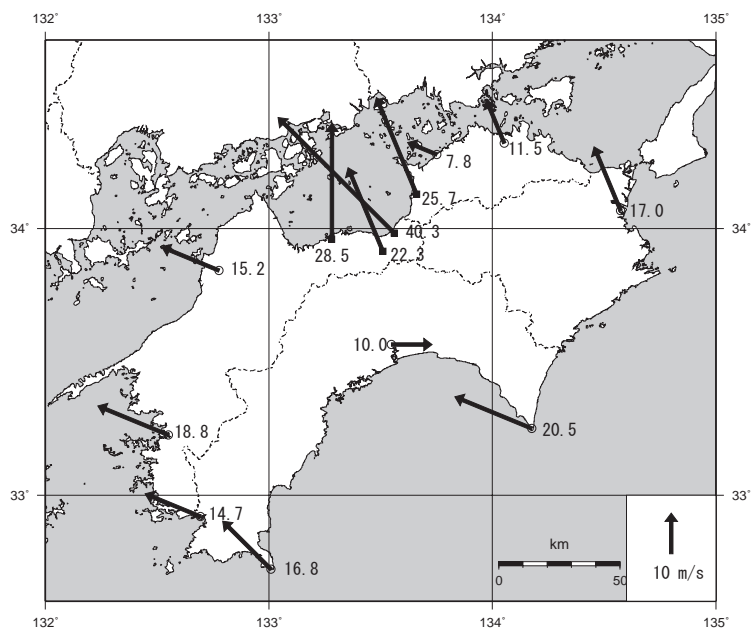


図32 四国全域における日最大瞬間風速（2007年5月16日～17日）. 四角（■）は気象官署以外の地点. 数値は風速（m/s）.

6. 3事例のまとめ

今回行った3事例についてのまとめを表1に示す。

宇摩平野に限られた1950年代の調査では、やまじ風は宇摩平野の東部に現れ、それと同時に、およそ3時間以内に西部に現れていた(大阪管区气象台, 1958)。

今回のより広い範囲の調査では、これとは異なる事例も見られた。事例1では、これまでの調査のとおり、宇摩平野の東部でやまじ風が現れ、西部に広がっていった。やまじ風は西条でも吹いたが、新居浜では北風のままで、やまじ風は吹かなかった。一方、事例2では、やまじ風は最初、新居浜に現れ、次いで宇摩平野に広がっていった。事例3では、やまじ風は宇摩平野中央部で強く吹き始め、周囲に広がっていった。

事例2と3については、法皇山脈上の翠波峰山頂付近の風のデータがあり、事例2では南南西の風、事例3では南の風になっていた。やまじ風の吹き方と山頂付近の風の向きとの関係についての地元での言い伝え(大阪管区气象台, 1958)と同じ傾向が見られた。

やまじ風が平野部で吹く数時間前に風上側山間部の富郷で風速の増大や気温の上昇、相対湿度の低下が起こっている。法皇山脈の風下側でフェーンが始まる前に、富郷で、気温の上昇と相対湿度の低下が生ずることは大阪管区气象台(1958)でも指摘されていたが、今回の解析でも確認された。富郷での風は乱れが大きく、事例3のように瞬間風速に大きな値が見られるようになっても、すぐには平均風速が増大しない場合もある。富郷で強風が生ずるのは、この地点が法皇山脈と石鎚山脈の谷間にあるにもかかわらず、銅山川の谷筋がほぼ南北方向に走っているため、南

表1 やまじ風3事例のまとめ。継続時間、気温、湿度、風などは三島における場合。事例2の気温上昇は山風として始まったときの昇温。

	事例1	事例2	事例3
発生日	2003. 4. 29-30	2005. 4. 19-20	2007. 5. 16-17
発生時の低気圧の位置	日本海中部	中国東北区	中国東北区
発生時刻	29日13時-30日02時	20日01時-20日11時	16日19時-17日02時
やまじ風の始まり	財田, 宇摩平野東部	新居浜	宇摩平野中央部
継続時間	13時間	10時間	7時間
気温の上昇	3.6℃	(1.4℃)	1.8℃
相対湿度の低下量	22% RH	32% RH	27% RH
やまじ風の範囲	松山から多度津	松山から多度津	松山から観音寺
最大風速・風向 (三島アメダス, 11m)	11m/s, 南南東	12m/s, 南南東	14m/s, 南南東 (新居浜アメダス18m/s, 南南東)
最大風速 (三島消防, 17m)	16.7m/s	12.4m/s	17.8m/s
最大瞬間風速 (三島消防)	25.8m/s	34.5m/s	40.3m/s

よりの風が吹きやすいためと思われる。

事例3では、三島消防による10分ごとの観測データから突風率を調べた。やまじ風発生時の突風率は、3.0～4.0、安定して吹いているときの突風率は1.9であった。やまじ風の消滅時前後、もしくはは一時的にやまじ風が消滅し再び吹きだす時にも、突風率が大きくなる。

7. まとめ

やまじ風の全体的な特徴を明らかにするため、1999年から2007年の9年間に発生したやまじ風について調べた。前報では2006年4月10-11日のやまじ風について調べ、また三島アメダスのデータにより、年間発生数や発生時期などの統計的な特徴を調べた。この報告では、この9年間に発生したやまじ風の中から、とくに強く吹いた3例を選んで、やまじ風発生時の気象状況について詳しく調べた。

やまじ風は、1年あたり13回程度発生していた。ただし、1年あたりの発生数は年による変動が大きく、8回から21回にわたっていた。台風による発生が多い年に、発生数が多くなる傾向があることが分かった。やまじ風が発生する時期は、3月から6月と9月に多かったが、とくに春期の4ヶ月で年間の約半数が発生していた。やまじ風の時刻別発生頻度について、3時間ごとの時間帯別に調べると、昼の10時から夜の21時までに発生することが多く、夜の22時から翌朝の09時までに発生することは比較的少なかった。

やまじ風は南よりの強風が急に吹き出すことにより始まり、気温は1.5～4℃ほど急上昇していた。昇温の程度は、調査した期間のやまじ風について、平均値は2.4℃であったが、ばらつきも大きく、最も大きい昇温は7.2℃（1999年6月24日）であった。

やまじ風が発生するとき、風や気温に急激な変化が見られるが、気圧には急激な変化は見られず、気圧が徐々に低下し、高知に比べて3hPa程度低くなったときに発生していた。

やまじ風発生時の昇温は法皇山脈を越えてくる気流の断熱圧縮によるものであることを観測データで確かめた。したがって、昇温の程度は、法皇山脈を越えてくる気流の温度に関係し、相対的に寒冷な空気が越えてくる場合には、昇温の程度は小さいか、明瞭でない場合も出てくる。

やまじ風が発生すると、相対湿度は20～30% RHほど減少する。混合比はやまじ風が発生すると、ほとんど変化しないか、少し低下する。これも昇温と同様、法皇山脈から下降してくる気流の状態に関係すると思われる。

やまじ風が吹くとき、周辺の地域の平野部（愛媛県西条から香川県観音寺）での気象状況を宇摩平野と比較した結果、発生時には、風・気温・相対湿度に同様な変化が起こることが確かめられた。

やまじ風が発生しているとき、高知1500mの風は南よりで、10m/sを超えている場合がほとんどであった。やまじ風が吹いているとき、法皇山脈の翠波峰付近における風は南よりで、高知1500mの風に比べて、2～2.5倍大きくなっていった。このことは、法皇山脈が四国山地の鞍部になっていることにより、気流が地形性収束の影響を受けて、風速が増強されることを示していると思われる。

やまじ風が平野部で吹く数時間前から、風上側の山間部にある富郷では石鎚山脈からのおろし

やまじ風発生時の気象状況について（２）－広域的に見た特徴－

風が吹き始め、フェーン現象に伴う、気温の上昇、相対湿度の低下、風速の増大が起こっていた。このことが一般的に成り立つならば、富郷での風の観測からやまじ風の発生を数時間前に予測することが可能になる。その際には、平均風速ではなく、瞬間風速で考える必要がある。

高知地方気象台と四国中央市消防本部（三島消防）との気象要素の比較では、やまじ風発生時には、三島消防の方が高知よりも気温は3.5～5℃ほど高く、相対湿度は30% RHほど、気圧は5～8hPaほど低く、混合比は2～3g/kgほど小さかった。また、高知では、風速の増大は見られなかった。

やまじ風が発生しているときの四国全域における気象状況を見ると、四国の太平洋側沿岸の中央付近では、弱風で風向もばらつきが大きい、瀬戸内海沿岸では南よりの強風となっている。フェーン現象を伴った南よりの風という観点から、やまじ風の吹く範囲を見ると、愛媛県中部から香川県西部にまでの広い範囲に及んでいる。

謝辞

本研究にあたり、愛媛県・香川県・四国中央市・新居浜市・観音寺市・NEXCO西日本・独立行政法人水資源機構・四国電力・雲辺寺ロープウェイの方々には貴重な気象観測資料を提供していただいたことに感謝いたします。

参考文献

- 秋山敏夫, 1954: やまじ風の機構に対する考察 (第1報), 研究時報, 6, 375-380.
———, 1956: やまじ風の機構に対する考察 (第2報), 研究時報, 8, 627-641.
愛媛県やまじ風対策協議会, 1953: やまじ風調査報告 (第4報), 37pp.
———, 1955: やまじ風調査報告 (第6報), 77pp.
古川武彦, 1966: やまじ風について, 天気, 8, 261-268.
箱田顕雄, 秋山敏夫, 1954: やまじ風による宇摩郡の風害の実例, 研究時報, 6, 8, 90-95.
片岡文恵, 白鳥 勇, 森藤 香, 塚本 修, 金森恒雄, 2003: 地上観測とウィンドプロファイラを用いたやまじ風の事例解析, 日本気象学会関西支部例会要旨集, 第101号, 9-12.
紀井伸章, 寺尾 徹, 松村雅文, 森 征洋, 2008: やまじ風発生時の気象状況について (1) -統計的特徴-, 香川大学教育学部研究報告第II部, 58(2), 53-84.
桑形恒男, 1993: 大型台風にともなった気象官署の突風率の長期変化, 天気, 40, 91-97
松山地方気象台, 2007: 平成19年5月16日から17日にかけての愛媛県東予を中心とした暴風について現地調査報告書, 12pp.
森 征洋, 鎌田章司, 1994: 脇川河口における風の日変化について-強い陸風の例-, 天気, 41, 79-88.
村田文絵, 日浦泰平, 黒岩大亮, 佐々浩司, 2010: やまじ風発生日の高知における高層観測の解析結果, 日本気象学会関西支部例会要旨集, 第122号, 17-20.
Saito, K and M. Ikawa, 1991: A numerical study of the local downslope wind "Yamaji-kaze" in Japan, J. Meteor. Soc. Japan, 69, 31-56.

- , 1993: A numerical study of the local downslope wind “Yamaji-kaze” in Japan, Part 2: Non-linear aspect of the 3-D flow over a mountain range with a col, *J. Meteor. Soc. Japan*, 69, 247-271.
- 齊藤和雄, 1994: 山越え気流について (おろし風を中心として), *天気*, 41, 731-750.
- , 1998: 山越え気流と局地強風, *日本風工学会誌*, 75, 79-84.
- 大阪管区气象台, 1958: やまじ風 (総合調査報告), 57pp.
- 小倉義光, 1994: お天気科学-気象災害から身を守るために-, 森北出版, p.188.
- 新見 治, 1988: 大野原扇状地の地下水環境とやまじ風, *香川大学地理学研究*, 第37号, 1-10.
- 白鳥 勇, 2000: やまじ風の発生頻度について, 香川大学教育学部平成11年度卒業論文, 49pp.
- , 2002: 事例解析によるやまじ風の構造に関する研究, 岡山大学大学院平成13年度修士論文, 49pp.
- 高見佳浩, 大西英紀, 1988: 「やまじ風」について-1987年4月21日の事例解析-, *日本気象学会関西支部例会講演要旨集*, 第47号, 8-11.
- , 1991: 「やまじ風」の調査-やまじ風の発生頻度について-, *日本気象学会関西支部例会講演要旨集*, 第58号, 18-21.
- , 1993: 「やまじ風」の調査 (第9報) -やまじ風による被害調査について-, *平成5年度大阪管区府県気象研究会誌*, 352-353.
- 宇摩郡やまじ風対策協議会, 1951: 宇摩郡やまじ風調査報告 (序報), 24pp.
- 依岡幸広, 牧田弘道, 2009: おろし風 (やまじ風) 発生時の大気構造, *気象庁研究時報*, 第61巻, 1-20.