

## やまじ風発生時の気象状況について

## —2003年4月29日の事例—\*

紀井伸章<sup>\*1</sup>・寺尾 徹<sup>\*2</sup>・森 征洋<sup>\*3</sup>

## 1. はじめに

日本にはいろいろな局地風があり, その中の一つに「やまじ風」がある(日下・西 2012)。やまじ風は, 愛媛県東部から香川県西部の瀬戸内海に面した平野部に吹く南よりのおろし風で, フェーン現象を伴い, 昔から建造物や農作物に多大な影響を与えてきた(秋山 1954, 1956)。

やまじ風の実態を調べるために, 大阪管区気象台(1958)は, 1950年代に数年間にわたって当該地域に数地点の特別気象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た。

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, やまじ風の吹く地域にある愛媛県伊予三島市(現四国中央市)に「三島地域気象観測所」が1978年に設置された。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)。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た。なお, 三島アメダスは2009年2月に移転し, 名称も「四国中央」に変更された。

やまじ風について, Saito(1993)は, 数値シミュ

レーションによって研究を行った。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た。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年にウィ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)。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, 大気の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。

紀井ほか(2008, 2019)は, 1999年から2007年の9年間に発生したやまじ風について統計的特徴などを調査した。ここではこの結果および, この調査期間に発生した強いやまじ風の一つである2003年4月29日の事例について報告する。

## 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(ひうちなだ)に面した沿岸部には, 第1図に示すように, 平野部が東西に広がっている。この平野部は, 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。

\* Meteorological Conditions at the Occurrence of the Local Severe Wind “Yamaji-kaze”: On the Case of April 29, 2003

\*1 Nobuaki KII, 愛媛県西条市立西条北中学校。

\*2 Toru TERAQ, 香川大学教育学部。

\*3 (連絡責任著者) Yukihiro MORI, 香川大学名誉教授。

mori-yuki@lime.plala.or.jp

© 2019 日本気象学会

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)の間の鞍部となっている。ここには石鎚山脈から笹ヶ峰で東に分枝した法皇山脈(第1図, 第9図)が石鎚山脈と平行して東西に走っている。

## 2.2 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、高見(1991)は、やまじ風を次のように定義した。ここでは、この定義に従って解析した。

- ①風向が南西～南東の間にあること
- 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)

## 2.3 やまじ風発生時のメカニズム

やまじ風の模式図を第2図に示す。安定成層した気

流が、太平洋側から四国山地の鞍部を越えるとき、地形の影響による収束を受け、さらに法皇山脈北斜面を下るとき、強い風となって麓に下り、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ある(齊藤 1994; 日下・西 2012)。

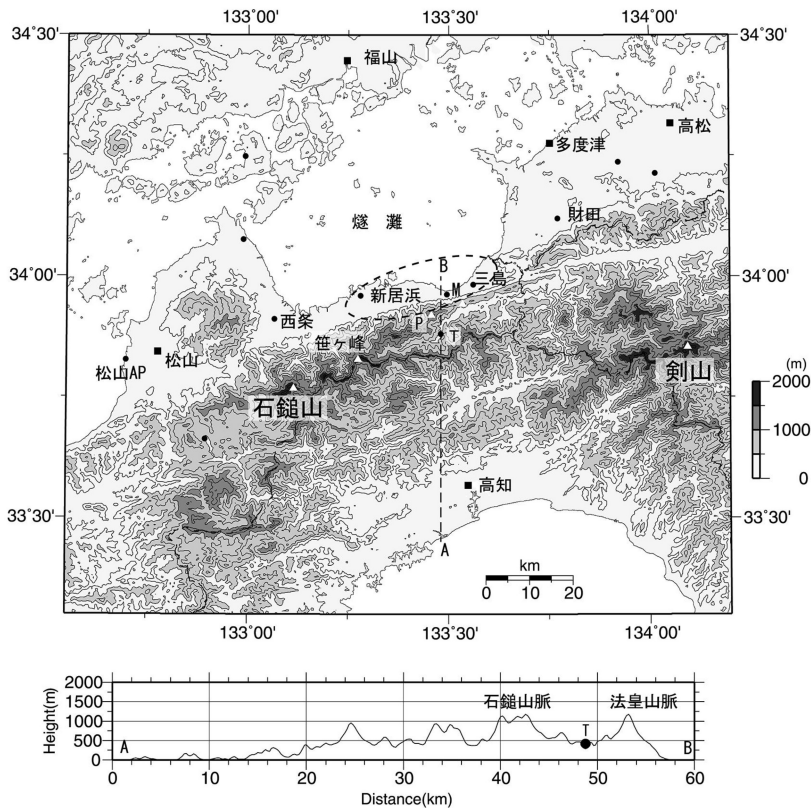
大阪管区気象台(1958)によれば、やまじ風は次のような現象を伴うとされる。やまじ風が吹き始める前には赤星山、豊受山(第1図, 第9図)に桁(けた)雲(山の首のところにできる笠雲の一種を現地ではそう呼んでいる)がかかる。上空では南よりの風がすでに強まって法皇山脈に当たって波動し、山脈の北麓では渦流が発生して北よりの風が吹く。法皇山脈北斜面を気流が流れ下り、やまじ風が吹き始めると、気流の先端は跳ね水現象により上昇する。このところの先では、やまじ風の風向とは反対の北よりの風が吹いている。この風を「どまい」と呼んでいる。「どまい」と

おろし風の間には、風系の不連続が生じ、これはやまじ風前線と呼ばれる(齊藤 1994)。やまじ風前線付近では、風向、風速が激しく変動する。この風は地元では「舞々風」と呼ばれ、寺尾・松岡(2011)はその特徴を調べている。

## 2.4 やまじ風の統計的特徴

紀井ほか(2008)が1999年から2007年の9年間の三島アメダスのデータにより、年間平均発生数や発生時期などの統計的な特徴を調べた結果について以下に紹介する。

三島アメダスはやまじ風がとくに強く吹く地域ではなく、やまじ風が強く吹く地域にある三島南中学校(第1図)では、三島アメダスの1.7倍の風速が観測されている。しかしながら、三島アメダスは、宇摩平野東部を代表し、長期のデータが利用できる利点が



第1図 やまじ風の吹く地域の地形図と四国山地の南北断面図。断面図は破線A-Bに沿って描く。とくに強く吹く地域を太い破線で囲った。■は気象台・特別地域気象観測所、●はアメダス地点など。Mは三島南中学校(南中)、Tは「富郷ダム」、Pは赤星山、国土地理院の数値地図使用。

ある。

統計的な特徴を調べる際、便宜上、最大風速が5 m/s以上のものを「やまじ風」とし、最大風速が8 m/s以上、10m/s以上でその強さを便宜的に分けた。

やまじ風の年間の発生数は、年による変動が大きく、1年あたり、8回から21回にわたり、台風による発生が多い年に、発生数が増える傾向があった。平均すると1年あたり13回程度発生していた。ただし、この発生回数は、やまじ風が強く吹く地域で調べると、もっと多くなると思われる。

月別に調べたやまじ風の風速階級別発生数と原因別発生数を第3図に示す。発生数は、春期の3月から6月と台風期に多く、とくに春期の4ヶ月で年間の約半数が発生していた。やまじ風の発生時刻は、10時から21時までが多く、22時から翌朝の09時までには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。

### 3. 事例解析：2003年4月29～30日のやまじ風

#### 3.1 総観場

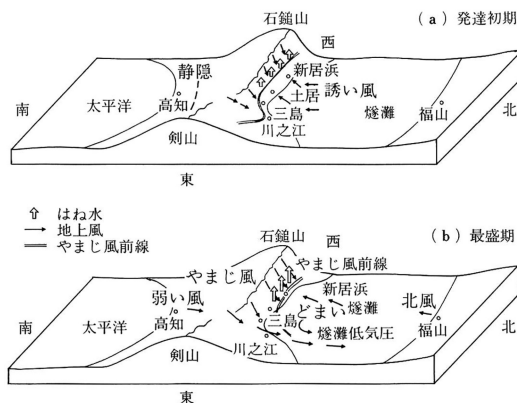
やまじ風の発生期から消滅期までの地上天気図を第4図に示す。2003年4月29日09時に朝鮮半島の西にあった温帯低気圧が朝鮮半島を横断し、21時に日本海で中心気圧1000hPaに発達した。なお、三島におけるやまじ風の最盛期は4月29日21時～30日01時であった。

### 3.2 やまじ風が吹くときの気象要素の時間変化

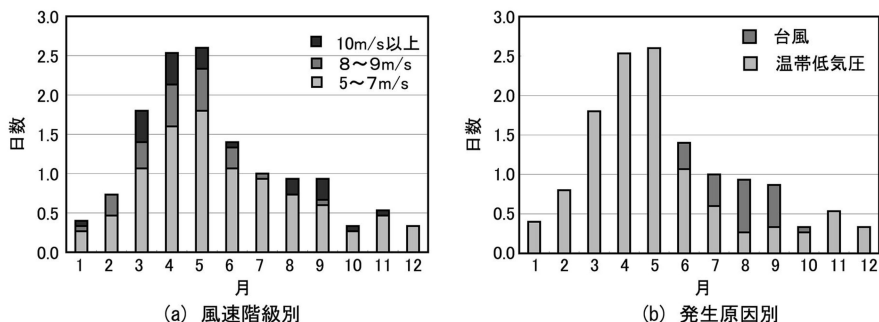
#### 3.2.1 風、気温、気圧の時間変化

三島における気象要素の時間変化を三島アメダスと四国中央市消防本部(以下、三島消防)の観測データで調べた。三島消防は、当時、三島アメダスの北北東830m離れた地点にあり、総合気象観測装置により、風向・風速、気温のほか気圧、湿度の観測も行っていた(現在は別地点に移転)。

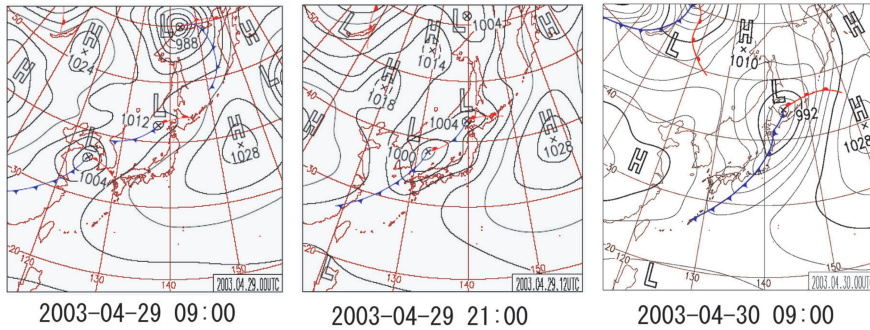
三島アメダスにおける風と気温、三島消防における海面気圧の時間変化を第5図に示す。比較のため、気圧については松山地方気象台(以下、松山)、高知地方気象台(以下、高知)、福山特別地域気象観測所(以下、福山)の値も示す。なお、三島消防における気圧データは、この地域が高気圧圏内にあるときの高松と松山の気圧データを用いて器差補正を行った。松山の風は、開けた平野部にある松山空港(アメダス松



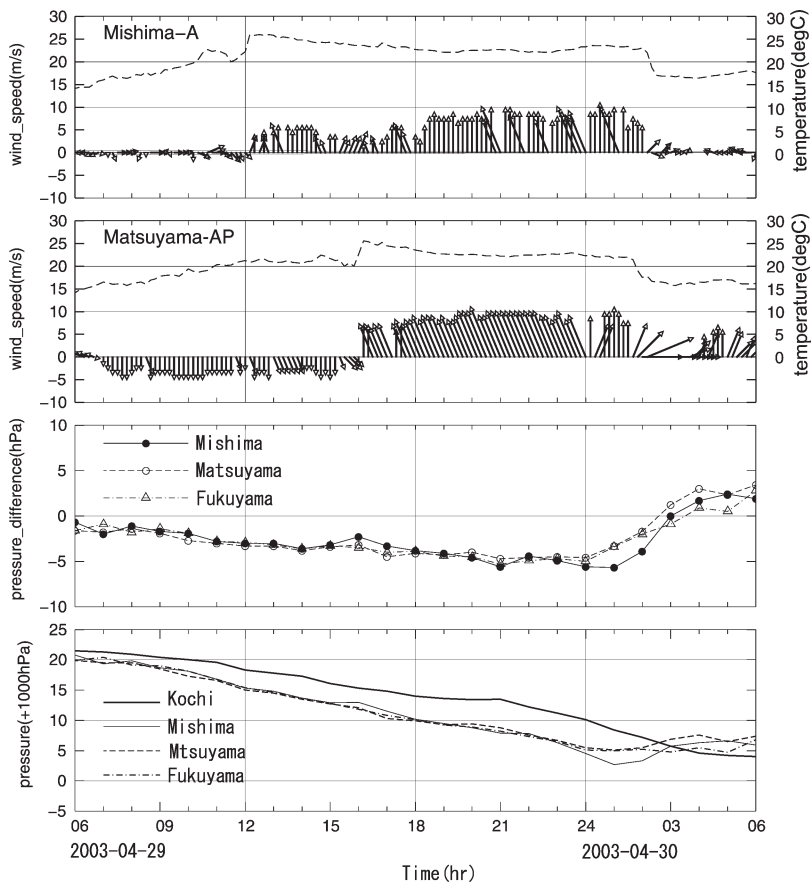
第2図 やまじ風の模式図 (Saito 1993). [小倉(1994)より引用].



第3図 やまじ風の月別平均発生数(1999年-2007年)。(a)風速階級別、(b)発生原因別 [紀井ほか(2008)の図24].



第4図 2003年4月29日(09時, 21時), 30日(09時)の地上天気図。



第5図 三島, 松山 AP における風・気温(上2段, 破線は気温)と三島, 松山, 福山, 高知における海面気圧(最下段). 下から2段目は, 高知とその他の地点との気圧差. 風ベクトルは東西-南北座標上で描き, 南北成分のスケールのみ左端(縦軸)に示す. 気温のスケールは右端(縦軸)に示す.

山南吉田，松山 AP と略記) のものを示した。

三島アメダスでは，29日12時直後に南よりの強風が吹き始め，気温も $3.6^{\circ}\text{C}$  (11時30分に比べると約 $5^{\circ}\text{C}$ ) 上昇し，やまじ風が吹き始めた。最盛期には最大風速，南南東 $11\text{m/s}$ に達した。

松山 AP では，北よりの「誘い風」から，29日16時に急に南よりの風が変わり，三島アメダスより4時間遅れてやまじ風が吹き始めた。やまじ風の強さは，三島アメダスとほぼ同じであった。このとき松山地方気象台では $5\text{m/s}$ 前後の風しか吹いていなかったため，平野部でも場所による違いが大きい。

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，大きな変化は見られない。三島消防から南に $47\text{km}$ 離れて位置する高知との海面気圧の差は，やまじ風が吹き始める4時間前から徐々に拡大し，やまじ風が始まったときには三島消防の海面気圧は高知より約 $3\text{hPa}$ 低く，その後，その差は拡大し，最大では約 $6\text{hPa}$ 低くなった。

三島消防の海面気圧は，やまじ風が吹き始めても，30日00時までは，松山，福山とほぼ同じ値をしていたが，その後，松山，福山に比べて，一時 $3\text{hPa}$ 低くなった。三島消防と高知との気圧差が大きいとき，やまじ風は強くなっていた。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および燧灘の対岸まで同じ程度となっていた。

三島消防 (風速計高度 $17\text{m}$ ) では，30日01時に平均風速 $16.7\text{m/s}$ ，最大瞬間風速 $25.8\text{m/s}$ を記録した。やまじ風が吹き始めると，相対湿度は，およそ $20\%$ 低下し，混合比は，少し減少したが，その後，緩やかに増加した。

### 3.2.2 三島と周辺のアメダス地点，富郷ダム，高層の風との比較

三島でやまじ風が吹いたときの周辺地点における風および気温を第6図に示す。アメダス地点は10分ごとの気温と平均風速・風向を示す。法皇山脈の南側の山間部に位置しているアメダス地点の富郷では，風の観測は行われていないので，富郷ダム (独立行政法人水資源機構，第1図，第9図参照) のデータを用いた。この地点については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，この図には，風上側上空の風として，次に示す高知地方気象台のウィンドプロファイラによる約 $1500\text{m}$ 高度の風も示す。

ウィンドプロファイラによる風の東西成分 ( $u$ 成分) と南北成分 ( $v$ 成分) の時間変化を第7図に示す。三島でやまじ風が発生しているとき，高知上空では $3\sim 4\text{km}$ の高さにピークを持つ南風成分の領域が広がっていた。剣山と石鎚山の間の鞍部の標高に相当する $1500\text{m}$ 高度に近い風の南風成分は， $10\text{m/s}$ 程度となっていた。高知約 $1500\text{m}$ 高度の風が $10\text{m/s}$ に近づく29日09時に，富郷ダムでは平均風速は約 $5\text{m/s}$ であったが，最大瞬間風速は $10\text{m/s}$ を超える南よりの風が吹き始めていた。このとき，気温も1時間前に比べて約 $7^{\circ}\text{C}$ 上昇した。最大瞬間風速は $20\text{m/s}$ を超えるときもあり，平均風速の $3\sim 4$ 倍にも達する非常に乱れの大きい風が吹いていた。このように富郷ダムでおろし風が発生しているのは，谷筋がほぼ南北方向に走っているところに位置しているためと思われる。

三島では，富郷ダムより3時間遅れて，29日12時すぎにやまじ風が吹き始めた。三島でやまじ風が吹いているとき，高知約 $1500\text{m}$ 高度の風は， $10\text{m/s}$ 以上の南よりの風となっていた。高知約 $1500\text{m}$ 高度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かった。

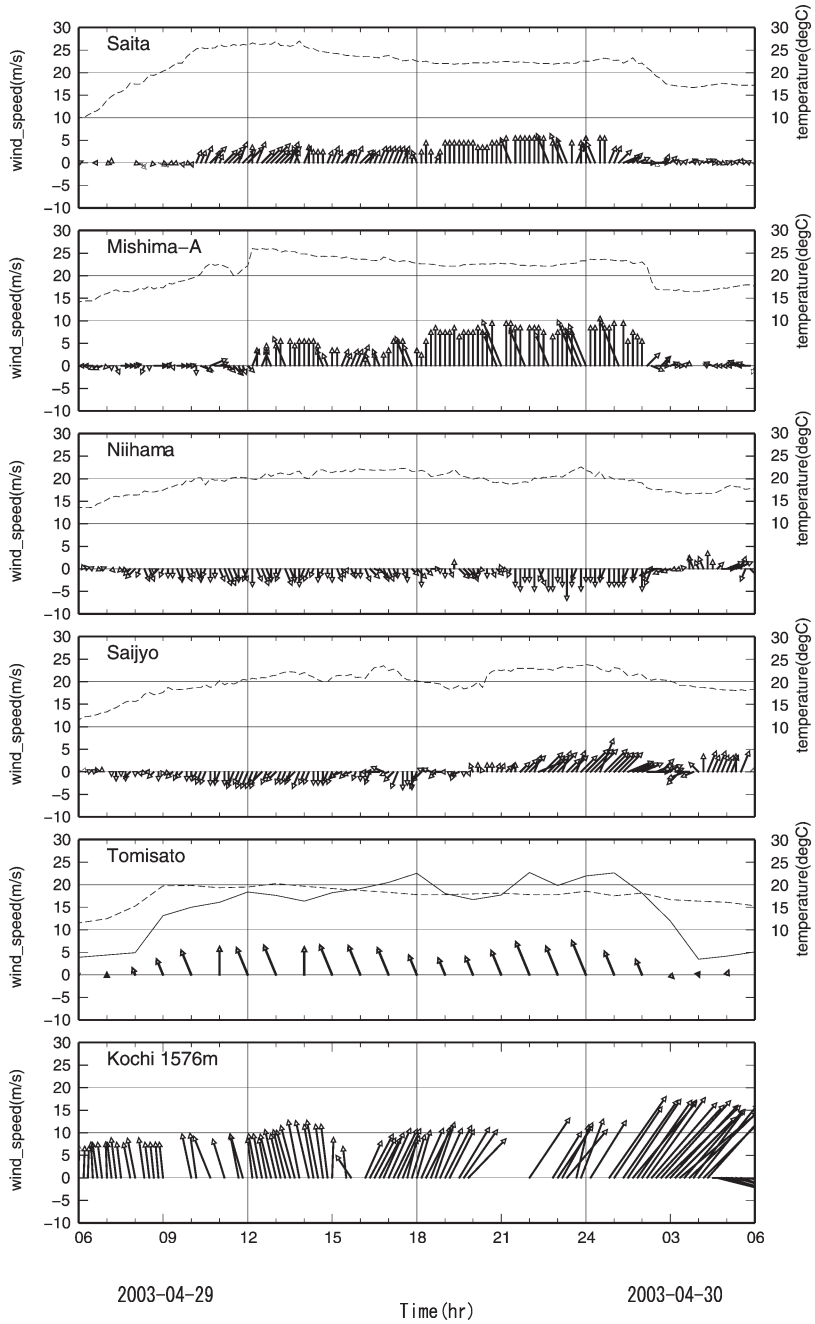
財田では，三島でやまじ風が始まる2時間前の29日10時から気温が急上昇し， $4\text{m/s}$ 前後の南よりの風が吹き始め，その後 $5\text{m/s}$ 程度の風となって吹き続けた。

新居浜は，やまじ風が強く吹く地域にあるが，この事例では，19時過ぎに一時南風が観測された以外は終始北よりの「誘い風」が観測された。白鳥 (2002) による1990年代後半の5事例のやまじ風の解析でも，新居浜で北よりの風が吹いていた。白鳥 (2002) は，新居浜平野には東側と西側に小さな丘陵があるため，やまじ風が吹きにくく，そのため上空から燧灘に降りてきた気流が山側に戻る循環場がこの付近に形成される場合があることを示唆した。

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た。この事例では，やまじ風は東の地域から始まるが，新居浜では吹かず，その西側の西条では吹いた (紀井ほか 2019)。

### 3.3 四国全域における風と気温の分布

三島では第6図に示すように29日18時から30日02時まで，とくに強い風が吹いた。このやまじ風最盛期の29日21時における四国全域の風と気温の分布をアメダスのデータにより第8図に示す。松山から多度津にか



第6図 高知約1500m 高度の風と富郷ダム、西条、新居浜、三島 (Mishima-A)、財田の風・気温 (破線) の時間変化。風、気温のスケールは第5図と同じ。

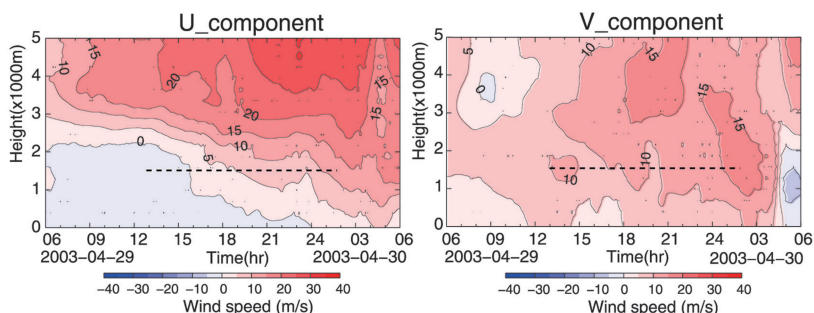
けて、新居浜を除いて強い南風が吹いた。また、やまじ風の発生前に比べて、太平洋側の気温よりも、瀬戸内海側での気温が高くなっていった。例えば、高知では夜間であるため、日中12時に23.8°Cであった気温が20.7°Cに低下した。一方、三島では日中とほぼ同じ22.7°Cで、気温の低下は起きなかった。

この事例ではやまじ風は、新居浜を除き愛媛県東部から香川県西部にかけて吹いた。一方、対岸の広島東

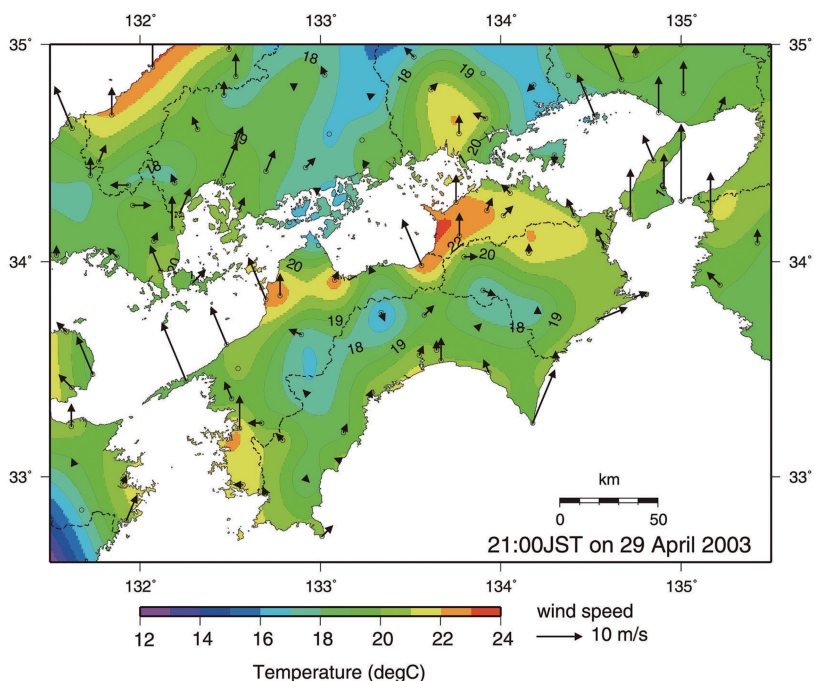
部の沿岸部付近では、風は弱く、気温の上昇も見られず、これまで知られているように、やまじ風は四国の瀬戸内海沿岸に限られた現象であることが確認できる。

### 3.4 宇摩平野および周辺地域における風の分布

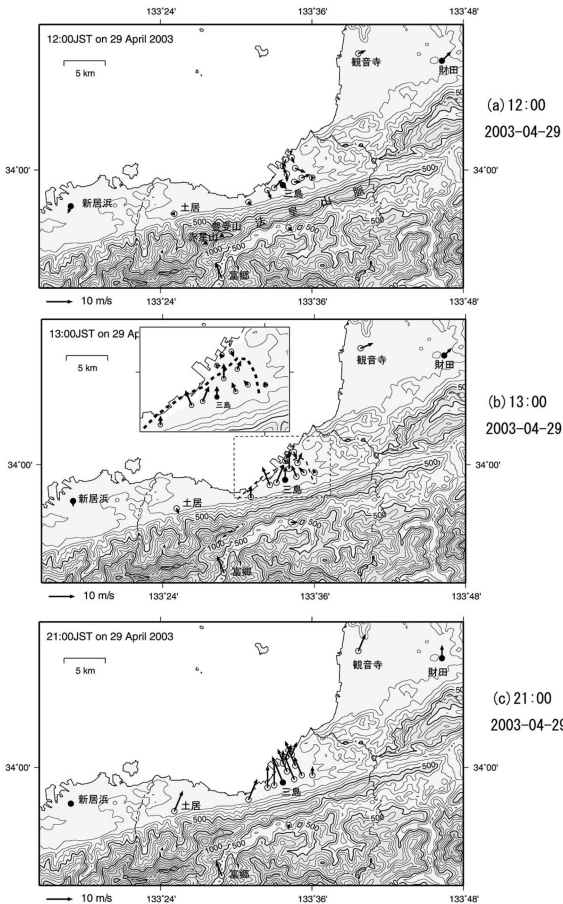
これまで、やまじ風が吹くときの気象状況について、アメダスなど、おもに気象庁によるデータによって示した。ここではさらに、やまじ風の広がり方やよ



第7図 高知のウィンドプロファイルによる高層の風の東西成分 (u) と南北成分 (v) の時間変化。破線は三島でやまじ風が吹いた時間。



第8図 やまじ風最盛期における四国全域の風と気温の分布 (2003-04-29 21:00 JST) [紀井ほか (2019) の図15を改変]。国土地理院の数値地図使用。



第9図 宇摩平野およびその周辺における風の分布 (2003-04-29) [紀井ほか (2019) の図14を改変]。黒丸はアメダス地点。(a) やまじ風が吹き始める前、(b) やまじ風の吹き始め、(c) やまじ風の最盛期。(b) の図中の破線はやまじ風前線、赤星山 (標高1453m)、豊受山 (標高1247m)。国土地理院の数値地図使用。

り詳しい分布を、四国中央市および観音寺市の環境監視局のデータなども使用して調べた。この結果を第9図に示す。4月29日12時には、山間部の富郷ダムで、南よりの風が吹き出していた。一方、平野部では北または西よりの弱い風で、やまじ風が発生する前の「誘い風」の状態を示していた。

29日13時には、宇摩平野東部で、やまじ風が吹き始めた。一方、西側の土居では、北よりの風でやまじ風は吹いていなかった。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、やまじ風前線が第9図

bに示す位置にあった。やまじ風はその後、西部に広がり、土居に達するのは17時で、約5時間かけて、西部へと広がったとみられる。

29日21時には、やまじ風は宇摩平野全域で強く吹いており、30日01時まで、風速の強弱はあるが吹き続き、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り、やまじ風は消滅した。

#### 4. まとめ

2003年4月29日に発生したやまじ風について、高層の風との関係、および宇摩平野およびその周辺におけるやまじ風前線を含む詳しい分布の事例を示した。

#### 謝辞

本研究にあたり四国中央市、観音寺市、独立行政法人水資源機構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), 気象庁研究時報, 6, 375-380.
- 秋山敏夫, 1956: やまじ風の機構に対する考察 (第2報), 気象庁研究時報, 8, 627-641.
- 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, (101), 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, 53-84.
- 紀井伸章, 寺尾 徹, 松村雅文, 森 征洋, 2019: 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—. 香川大学教育学部研究報告第II部, 69, 1-46.
- 日下博幸, 西 暁史, 2012: 日本の局地風. 日本風工学会誌, 37 (3), 164-171.
- 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, (122), 17-20.
- 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, 188.
- 大阪管区気象台, 1958: やまじ風: 総合調査報告. 大阪管区気象台, 57pp.
- Saito, K., 1993: A numerical study of the local down-slope 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, 732-750.
- 白鳥 勇, 2002: 事例解析によるやまじ風の構造に関する研究. 岡山大学大学院理学研究科, 平成13年度修士論文, 49pp.
- 高見佳浩, 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, (58), 18-21.
- 高見佳浩, 大西英記, 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, (47), 8-11.
- 寺尾 徹, 松岡孝昌, 2011: やまじ風に付随する乱流現象「舞々風」とフェーンの特徴. 香川大学教育学部研究報告第II部, 61, 121-152.
- 依岡幸広, 牧田広道, 2009: おろし風 (やまじ風) 発生時の大気の構造. 気象庁研究時報, 61, 1-20.
-