

# 首都圏で発生した極端高温とフェーンのメカニズム 2011年6月24日の事例解析

## Mechanism of Extreme High Temperature and Foehn in the Tokyo Metropolitan Area Case Study for June 24, 2011

○一般会員 高根 雄也<sup>\*1</sup>, アカデミック会員 日下 博幸<sup>\*2</sup>, アカデミック会員 近藤 裕昭<sup>\*1</sup>  
Yuya TAKANE<sup>\*1</sup>, Hiroyuki KUSAKA<sup>\*2</sup>, and Hiroaki KONDO<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 産業技術総合研究所 環境管理技術研究部門 Research Institute for Environmental Management Technology,  
National Institute of Advanced Science and Technology, Tsukuba, Ibaraki, 305-8569 Japan

<sup>\*2</sup> 筑波大学 計算科学研究センター Center for Computational Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki,  
305-8577 Japan

Corresponding author: Yuya TAKANE, E-mail : takane.yuya@aist.go.jp

To determine the cause of EHT phenomenon, occurring on June 24, 2011, we apply multiphasic analyses using the Weather Research and Forecasting (WRF) model and observational data. At 1420 Japan Standard Time (JST) on June 24, 2011, an EHT of 39.8°C was observed in Kumagaya, a city located 60 km northwest of central Tokyo. In this event, surface air temperatures exceeding 37.0°C were recorded in and around Kumagaya, an area just north of the convergence line between westerly winds and a southwesterly wind. According to the heat budget analysis, from 1200 to 1420 JST, 97% of the net heat input came from advective heat transport. The advective contribution greatly temperature increased from 1200 to 1300 JST, when a westerly wind penetrated the EHT area. This westerly wind, according to several analyses, arose from a combination of two kinds of foehn flow. Specifically, the westerly wind became foehn winds caused by adiabatic heating (type 2 foehn) and by diabatic heating (type 1 foehn). Such a type “hybrid” foehn wind not have been considered previously as a trigger mechanism for an EHT phenomenon.

### 1. はじめに

近年、地球温暖化と都市温暖化との関連から都市域で発生する極端高温への関心が高まっている。これまで、先行研究によって首都圏で発生する極端高温の発生頻度が過去から現在にかけて増加していることや、その増加の要因は高温気団下の晴天日の増加と都市化であることが示されてきた。また、1994年8月3日、1997年7月5日、2007年8月16日に発生した極端高温には、山越え気流に伴う昇温（フェーン）が関与している<sup>(1)(2)(3)</sup>ことが指摘されてきた。しかしながら、夏季に首都圏で発生するフェーンのメカニズムは、これまで詳しく調査されていなかったためよく分かっていなかった。したがって、フェーンによって発生すると指摘されてきた極端高温の形成メカニズムもよく分かっていなかった。

本研究では、観測データと領域気象モデルを用いて、同地域で2011年6月24日に発生した極端高温（埼玉県熊谷市で6月の日最高気温の極値を更新する39.8°Cを観測）の形成メカニズムを、フェーンのメカニズムとともに調べた。

### 2. 観測から分かること

関東平野の中央部には、平野の南部を覆う南西風と北西部を覆う西寄りの風のシアラインが認められ（図1上）、気温はこのシアラインの北縁で特に高くなっていた（図1下）。シアラインによる平野の南部を覆う相対的に冷たい気流の侵入の阻害が、シアラインの北側の高温の維持に寄与していたものと推察される。

6月24日の日積算日照時間は、気温が高かった内陸域よりもむしろ沿岸域で長かった。また、当日の熊谷の日照時間は1990-2011年の6月の統計では125番目に高い値であった。これらの結果は、6月24日の猛暑が日射だけでは説明できないことを意味している。

前橋と熊谷では、風向の急転・風速の増加とともに気温は急上昇、相対湿度は急下降していた。両地点でのこれらの物理量の変化は、西寄りの風（山越え気流）によって生じたものと推察される。

6月24日の14時16分にMODIS/Terra衛星によって撮影さ

れた雲の水平分布を確認した結果、中部山岳の西側の斜面は雲に覆われていることが確認された。雲に覆われている地域は、日照時間が0時間である地域とよく対応していた。また、雲に覆われていた中部山岳西側の斜面では降水が観測されていた。

### 3. 領域気象モデルWRFを用いた数値シミュレーションから分かること

首都圏の昇温のメカニズムを考察するため、WRFモデル<sup>(4)</sup>による極端高温の再現実験を試みた。その結果、WRFモデルは、観測された地上気温・風の分布をおおむね再現できていることが確認された。

この極端高温の形成メカニズムを調べるために、オイラー熱収支解析を実施した。その結果、極端高温の形成の主要因は、西寄りの風の侵入であることが分かった。

この西寄りの風の侵入経路を調べるために、後方流跡線解析を行なった。熊谷の周辺の100格子の最下層から14時に放出した後方流跡線を図2に示す。流跡線は(1)東海地方の上空2,000 m以上の高度から中部山岳を越え熊谷の地上に達するコースと

(2)東海地方の800 m以下の高度から中部山岳を越え熊谷の地上に達するコースに大別された。この2つのコースに沿ったラグランジュ熱収支解析を行なった結果、(1)のコースに沿った空気塊の乾燥静的エネルギーは時刻に関わらずほぼ一定であることが確認された。言い換えると、このコースに沿った空気塊の気温は断熱的に変化していた。したがって(1)のコースに沿った気流に伴う首都圏の昇温のメカニズムは、風上側斜面で降水を伴わないタイプのフェーンであると推察される。一方、

(2)のコースに沿った空気塊の乾燥静的エネルギーは、空気塊が中部山岳の西側斜面を上昇する6時から12時にかけて上昇していた。言い換えると、このコースに沿った空気塊の気温は非断熱的に変化している。また6時から12時にかけて湿潤静的エネルギーはほぼ一定であった。以上の結果と、中部山岳の西側の斜面に雲と降水が観測されている事実も考慮すると、(2)のコースに沿った気流に伴う首都圏の昇温のメカニズムは、風上側で水蒸気の凝結による非断熱加熱を伴うタイプのフェーンであると推察される。

#### 4. まとめ

上述した風上側で降水を伴わないタイプのフェーンと降水を伴うタイプのフェーンが組合わさった、新たなメカニズム (hybrid タイプ) による昇温と、関東平野の中央部のシアラインによる相対的に冷たい海風の侵入の阻害が、内陸域の極端高温の形成に大きく寄与していると推察される (図3)。

これまで、両者のフェーンは理想的な環境場においては、発生する環境場が互いに異なるため別々に発生すると考えられてきたが、上記の結果は複雑地形が存在し現実的な環境場においては、両者のフェーンが組合わさり風下の高温をもたらす可能性があることを示唆している。

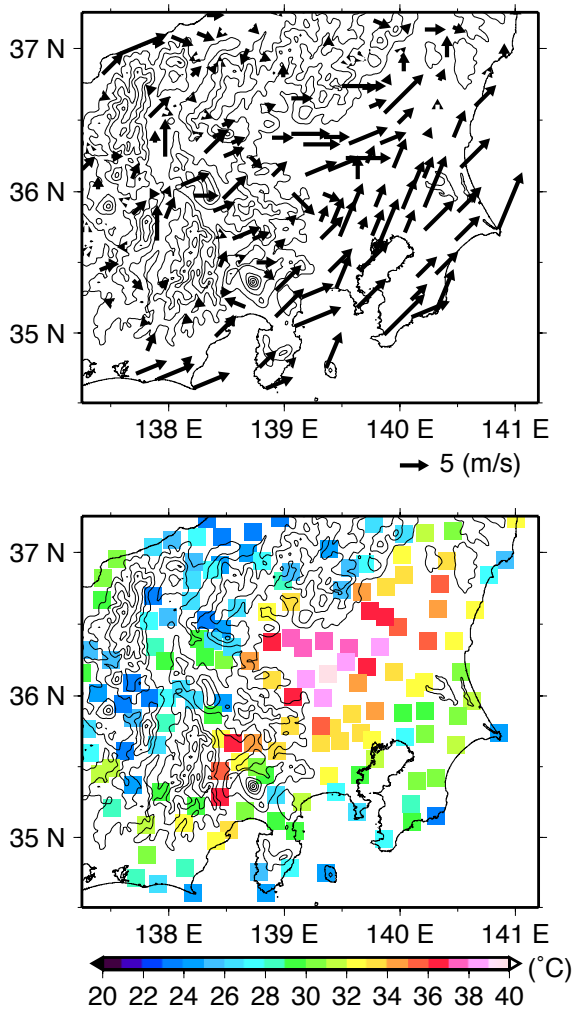


Figure 1 Surface conditions at 1420 JST June 24, 2011. Observed surface wind fields (upper) and air temperature (bottom).

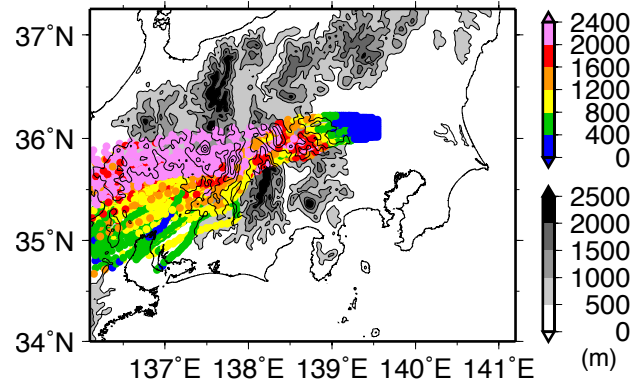


Figure 2 Backward trajectories of parcels released from the lowest level in a model grid near the high temperature area in the WRF model. Colors represent the geopotential height of parcels.

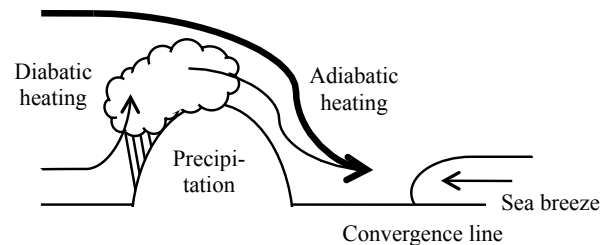


Figure 3 The type hybrid foehn wind, a combination of type 2 and type 1 foehn winds.

#### 謝辞

熊谷地方気象台の末洋一郎予報官らには、極端高温やフェーンに関して、有益なご助言をいただきました。本研究は、文部科学省の委託事業「気候変動適応研究推進プログラム (RECCA)」において実施したものである。本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費 (S-8) の支援により実施された。本研究で実施した数値シミュレーションは、筑波大学計算科学研究センター学際共同利用プログラムの支援を受けた。

#### 参考文献

- (1) 崎村克・高橋俊二, 第3章 局地的な高温の状況と背景, 気象庁技術報告 118 (1996), pp. 165-178.
- (2) 佐藤和典・中鉢幸悦, 熊谷の一番暑い日 (1997年7月5日の日最高気温に関する事例解析), 東京管区気象研究会誌, 30 (1997), pp. 64-65.
- (3) Y. Takane, and H. Kusaka, Formation mechanisms of the extreme high surface air temperature of 40.9°C observed in the Tokyo metropolitan area: Considerations of dynamic foehn and foehnlike wind, J. Appl. Meteor. Climatol., 50 (2011), pp. 1827-1841.
- (4) W. C. Skamarock, J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G. Duda, X.-Y. Huang, W. Wang, and J. G. Powers, A description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR/ TN-475+STR, (2008) 126 pp.