

フェーン昇温の主要なタイプは、本当に熱力学理論タイプなのか？

## Can thermodynamic theory really explain the primary type of foehn warming?

日下博幸（筑波大）\*, 西暁史（筑波大, 現 防衛大）, 柿沼亜衣（筑波大, 現 日本気象協会）,  
ドアングアンヴァン（筑波大）, 小野寺平（筑波大）, 遠藤周平（筑波大, 現 日本気象協会）

Hiroyuki KUSAKA (Univ. Tsukuba), Akifumi NISHI (Univ. Tsukuba, Currently, National Defense  
Academy), Ai KAKINUMA (Univ. Tsukuba, Currently, Japan Weather Association),

Van Quang DOAN (Univ. Tsukuba), Taira ONODERA (Univ. Tsukuba), Shuhei ENDO (Univ. Tsukuba,  
Currently, Japan Weather Association)

キーワード：フェーン現象，熱力学理論，力学理論，気圧配置型，富山平野

Keywords: foehn warming, thermodynamic theory, dynamic theory, pressure pattern, Toyama Plain

### 1. 背景

フェーンは、中学校・高校の理科や社会の授業で学ぶ局地風（地域風）の一つである。日本における典型的なフェーンの一つに、温帯低気圧が日本海を通過する際に、太平洋側から脊梁山脈を吹き越えて、日本海側に吹き下ろしてくる南寄りの暖かい風がある。春一番の時の日本海側の強い南風をイメージするとよい。

フェーンは、もともとアルプスから吹き降りてくるおろし風の名前であったが、現在では高温をもたらすおろし風の一般的な用語となっている。フェーン昇温のメカニズムは数多くあるが（例えば, Beran 1967, Elvidge and Renfrew 2016, Richiner and Hächler 2013）, なかでも、熱力学理論と力学理論が有名である。熱力学理論では、湿った風が山の風上斜面で降水をもたらす、未飽和になった後、風下斜面を断熱的に吹き降りることで昇温をもたらす（図 1 右）。力学理論では、風上側の風は山によってブロックされ、山頂付近の風が風下に断熱的に吹き降りてくることで昇温をもたらす（図 1 左）。力学理論の場合、山の風上で降水現象を伴わない。他の理論は、このいずれかの派生型とも言える。熱力学フェーン、力学フェーンいずれも、19 世紀にすでに提唱されており（Hann 1866）, 専門書では必ず両方紹介されている（例えば, Whiteman 1990）。一方で、日本の教科書や、気象学・気候学の入門書、一般書籍では熱力学フェーンのみが紹介されていることが多い。世界でも同様との報告がある（Richiner and Hächler 2013）。なぜ、教科書では熱力学フェーンのみを紹介しているのだろうか？それが典型的で主要なメカニズムなのだろうか？本場アルプスのフェーンの場合、どちらも同程度との報告がある。また、オーストリアフェーンの場合、力学フェーンの方が主要メカニズムであるとの報告もある（Shibert 1990, Würsch and Sprenger 2015）。さらには、山の風上斜面で降水をもたらすフェーンであっても、実際のメカニズムは力学フェーンと同じ場合があるとの報告もある（Miltnerberger et al. 2016）。日本の場合は、どうなのだろうか？

### 2. 目的

本研究の目的は、フェーン多発地域である富山平野を研究対象地域として、同地域のフェーン昇温のうち、熱力学理論と力学理論のどちらが主要なタイプなのか明らかにすることである。

さらには、それぞれのタイプがどのような気圧配置型で発生するのか、どのような経路を通ってくるのかを明らかにする。

### 3. 手法

2006 年～2015 年の間に発生した高温日におけるフェーン昇温事例を 198 事例抽出した。次に、これらのフェーンを発生させる天気図型を主観的および SOM（機械学習手法の一つ）による客観手法により調査した。最後に、気象モデル WRF を用いてフェーンの数値シミュレーションを行い、それらの結果を用いて後方流跡線解析を行い、フェーンの主要な吹走経路を調査した。

### 4. 結果のまとめ

富山平野に高温をもたらすフェーン 198 事例のうち 81.3%は、力学フェンタイプであり、熱力学フェンタイプは 18.7%しかないことが明らかになった。また、全事例の 68.2 % は日本海低気圧、19.7% は太平洋上の移動性高気圧、5.1%は台風によって吹くことが分かった。フェーンのうち、80%以上が濃尾平野から飛騨高地を吹き越えて富山平野に至る経路をとっていた。

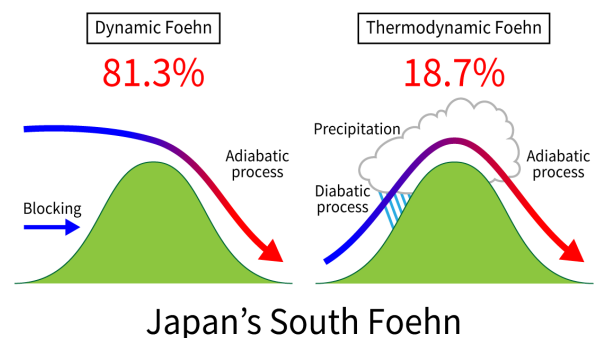


図 1 富山に高温をもたらすフェーンのメカニズム（力学フェーンおよび熱力学フェーン）のイメージとそれぞれの相対出現頻度

謝辞：本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「次世代農林水産業創造技術」（管理法人：農研機構生物系特定産業技術研究支援センター）の支援を受けて行った。本研究の一部は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費

（JPMEERF20192005）により実施した。この成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。