

# あなたにも出来る！山の天気解析

気象予報士 松森 徹

## 1. はじめに

今回は「登山を楽しくする科学」がテーマです。楽で楽しい登山というのがあります。しかし、山岳会に所属されている皆さんにとっては、事前の準備と山の中で、頭や体力を使うほど、下山後にも報告書作成などで考える作業がある方が、より充実した、創造的な、楽しい山行と感じられるのではないのでしょうか。

天気は登山の楽しさと安全に大きな影響を与えます。山の天気についても、自分で考える要素があれば、登山をより楽しくできそうです。基本的な科学と気象の知識で、天気予報を利用する際に、どのような要因でそのような予報になったのか、山で体験した天気がどのような気象条件で発生したのかなどを考えることができます。

## 2. 大気と水蒸気

地表から高度 6,000m~16,000m 程度まで（緯度や季節により異なります。）の、水平方向の風や、上昇気流、下降気流が活発な領域を対流圏と呼びます。

対流圏の大気中には 1%未満程度の水蒸気が含まれますが、この水蒸気が顕著な気象現象である台風のエネルギー源、雲の発生、降水、などの要因になります。

気温が高いほど、空気中に存在できる最大の水蒸気量（その温度での飽和水蒸気量といいます。）は増えます。21°Cでは 1m<sup>3</sup> 中の飽和水蒸気量は約 18g です。水蒸気 18g がどの程度の容積になるか？高校の頃の勉強を思い出しながら、ご一緒に考えていただきたいと思います。（水の分子量は 18 ですから、水 18g は 1mol、1mol の気体の体積は・・・？）

1、大気の構造-1 日本山岳会フォーラム「登山を楽しくする科学」2016/2/12

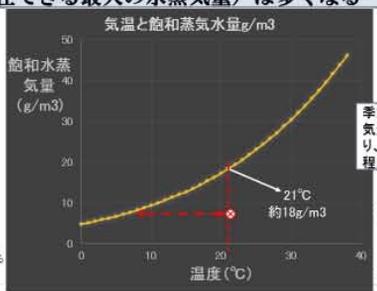
**主な気象現象は気流変化が活発な対流圏で起きる**



- 対流圏  
地表から6~16kmまで  
空気の80%が存在  
風や上昇、下降気流が  
活発。
- 大気の組成  
酸素: 21%  
窒素: 78%  
アルゴン: 0.9%  
二酸化炭素: 0.04%  
(400ppm)  
水蒸気 < 1%  
↓  
水蒸気が顕著な気象現象の要因になる。…雨、雪、台風のエネルギー源など

2-⑤ 気温と大気中の水蒸気量 日本山岳会フォーラム「登山を楽しくする科学」2016/2/12

**気温が高いほど、飽和水蒸気量（その温度で空気中に存在できる最大の水蒸気量）は多くなる**



気温と飽和水蒸気量 g/m<sup>3</sup>

飽和水蒸気量 (g/m<sup>3</sup>)

温度 (°C)

21°C 約 18g/m<sup>3</sup>

季節にもよるが、水蒸気量は、大気1m<sup>3</sup>当たり、およそ数gから40g程度

H<sub>2</sub>O  
分子量: 18  
18gは1mol  
1molの気体は  
22.4L(0°C、1気圧)

気温が下がると、飽和水蒸気量は少なくなります。水蒸気を含む空気が上昇すると、温度が下がり、ある温度で空気中の水蒸気が微細な水滴（0.01mm 程度）となります。（凝結する。）これが雲の発生です。

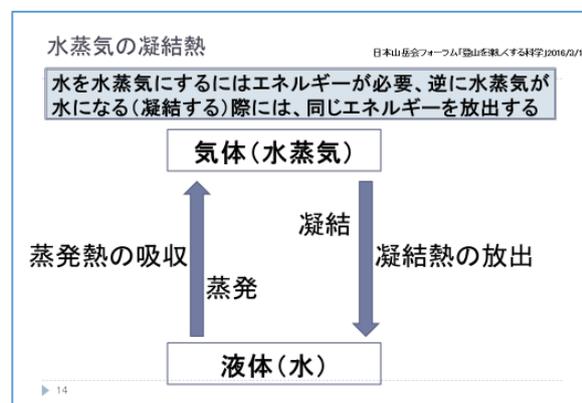
夏にコップにビールを注ぐと、グラス表面に結露が生じます。これは冷たいビールでグラス表面付近の空気が冷やされ、飽和水蒸気量が少なくなって、水蒸気が水になる（凝結）現象です。

凝結が起こる温度を露点温度と呼びます。結露が生じる温度、と考えていただいても結構です。空気を冷やして、露点温度になると、凝結が起きます。

空気の温度と露点温度の差を「湿数」と呼びます。直感的にお分かりになると思いますが、湿った空気ほど湿数は小さくなります。少し温度を下げただけで、水蒸気が凝結し出す訳です。

水を蒸発させるには熱を加える必要があります。加えた熱は水に吸収されて蒸気になります。（蒸発熱の吸収）したがって、水蒸気はその熱エネルギーを持っています。逆に、水蒸気が凝結して水に戻る際には、そのエネルギーを放出します。（凝結熱の放出）

大気中の水蒸気はエネルギーを持っています。地球温暖化で気温が上昇すれば、大気中の水蒸気量が増え、顕著な気象現象が増える可能性があります。（判断には、長期的な観測、統計が必要な分野です。）



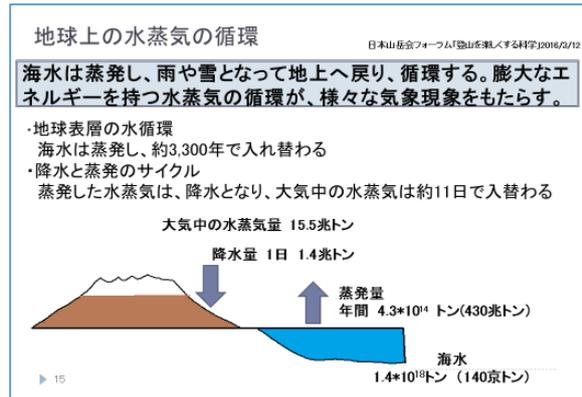
大気中の水蒸気はエネルギーを持っているといっても、皆さんイメージがわきにくいと思います。

身近な例として、電気ポットで水を沸かし、さらに水蒸気にするとしたら、どのくらい時間が掛かるのかを概算することでエネルギー量をイメージしていただければと思います。

水 1kg の温度を 1℃ 上げるのに必要なエネルギーが 1kcal、沸騰水 1kg を水蒸気に変えるのに必要なエネルギーは 539kcal です。水を沸騰させるまでのエネルギーに比べ、沸騰したその水を、すべて蒸気に変えるには、はるかに大きなエネルギーが必要となります。

太陽のエネルギーで海水が蒸発し、大気中に膨大な水蒸気が供給され、その水蒸気が凝結して雲になり、降水となり海へ戻ります。

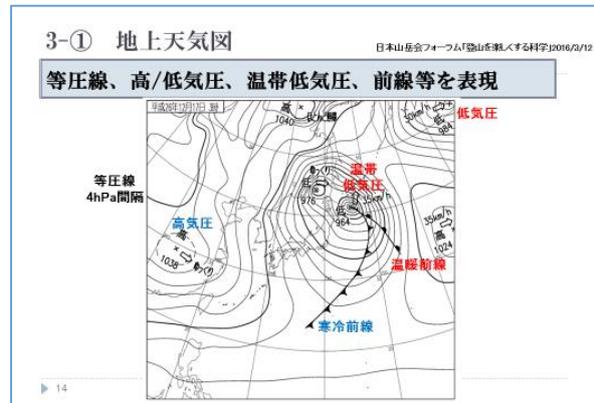
この水蒸気の循環の中で、膨大なエネルギー（凝結熱）が放出されています。台風の主要なエネルギー源はこの凝結熱です。



### 3、気象の基本知識

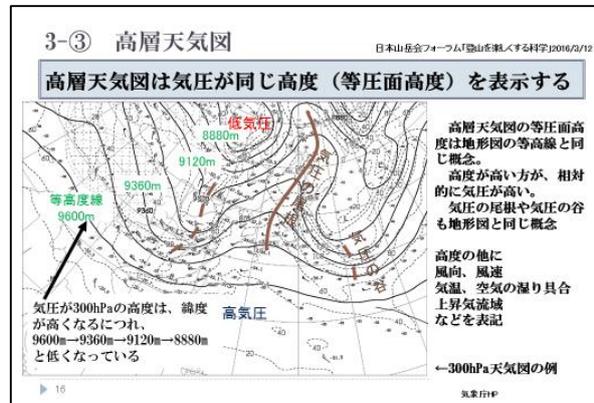
今回ご紹介する山の天気解析事例に関連する事項を中心にご説明します。

普段目にする地上天気図には気圧が等しい地点を結んだ等圧線、周囲より気圧が高い領域（高気圧）低い領域、（低気圧）、それらの中心気圧、進行方向と速度、前線（寒気と暖気の境目）、などが表現されています。

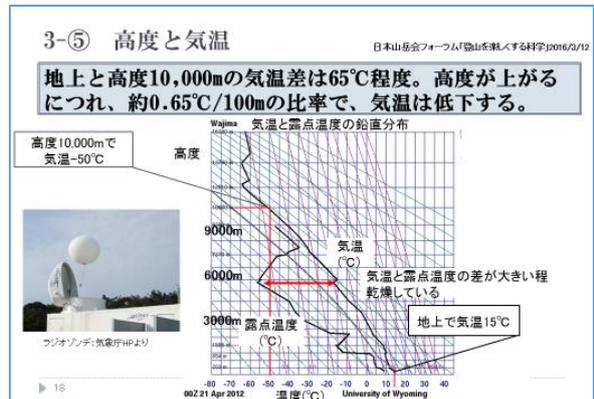


地上天気図だけでも天気のある程度解析できますが、天気変化は上層の気象変化によるところが大きく、山の天気変化を考えるうえでも、立体的な気象情報が利用できればより詳細に検討ができます。

高層天気図は500hPa、700hPa等の等圧面の高度を表示しています。気圧の谷や高度が低い方が低気圧、といったイメージは、等高線で描かれる地形図と基本的におなじです。

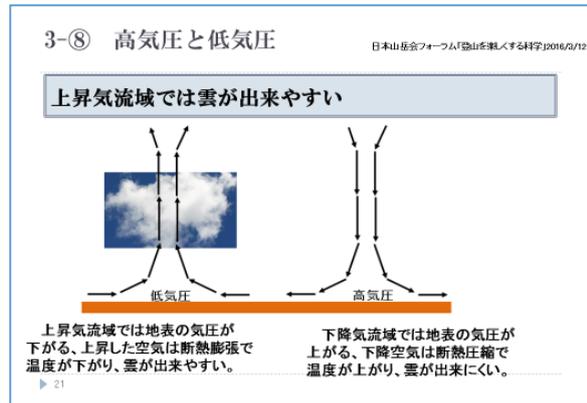


上層の気圧、気温、露点温度、風向、風速などは気球に無線観測機器を搭載したラジオゾンデで観測されます。気温は高度が100m上がるにつれ、平均0.65℃下がります。



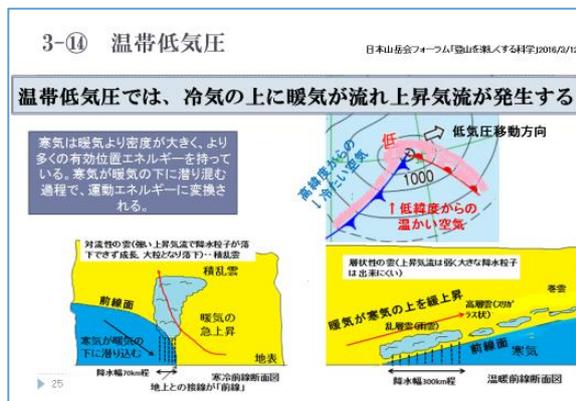
気圧は上空ほど低くなります。低気圧では上昇気流域となっており、上昇した空気は膨張して温度が下がり（断熱膨張）、飽和水蒸気量が下がって、水蒸気が凝結し、雲が発生しやすくなります。雲粒の水滴の大きさは 0.01mm 程度です。

高気圧下では下降気流域となっています。高度が下がるほど気圧が上がるので、空気は圧縮され（断熱圧縮）温度が上がります。温度が上がれば飽和水蒸気量も上がりますから、雲があっても消えやすくなります。



温帯地方では、寒気が暖気の下に潜り込むことで、低気圧が発生、発達します。低気圧の進行方向（東側）では暖気の北上、上昇が生じ、低気圧の後ろ側（西側）で寒気の南下と下降が発生します。寒気と暖気の境目と地上の接線が前線です。

温暖前線が接近すると、まず、上層の雲が広がり始め、徐々に中層(2,000m~7,000m 程度)の雲が増え、下層の雲も厚くなり降雨となります。温暖前線と寒冷前線の間は南からの暖気が吹き込む領域ですので、晴れ間となる場合もあります。寒冷前線が通過する際は、温暖前線より対流活動が活発で雷雨を伴う場合もあります。



#### 4. 山の天気解析事例-1

ゴールデンウィークの山スキー中に低気圧が接近した際の天気変化の例です。北アルプスの梅池より入山し、白馬乗鞍岳を越えて、蓮華温泉にベースを設け、二日目に雪倉岳を往復、三日目に下山しました。軽量化のために、テントではなく、ツェルト泊としました。

出発日は晴天でしたが、既に中国大陸南部に前線を伴った低気圧がありました。一般的には一日に経度で 10 度ほど東進するので、三日目の朝には本州中部までやってきそうです。しかし、日本の



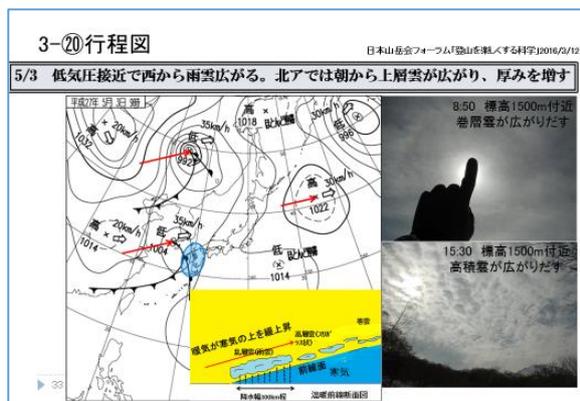
東の高気圧の張り出しが強いので、二晩目まで雨は降らないと予想しました。今回、防水性に乏しいツェルト泊りとしたのでこれは重要な判断になります。

出発日、標高 700m の白馬の最高気温は 27℃を越えていました。2015 年の 4 月下旬から 5 月初めは全国的に記録的な高温が続きました。本州は三陸沖から張り出した高気圧に覆われています。



二日目、高気圧は東へ移動していますが、勢力（中心気圧及び 1020hPa 以上の範囲）は強まり、東日本から北日本は引き続き高温となりました。

九州は低気圧に伴う温暖前線前面の雨域に入り、北アルプス上空は朝から上層に雲が広がり、午後にかけて雲が厚くなってきました。この低気圧はあまり発達せず、三日目の朝方は一時晴れ間があり、昼前から降り出した雨は弱いものでした。



## 5. 山の天気解析事例-2

山スキー中に出会った、特異な気象現象の一例です。こちらは一般的な天気の変化とは異なり、地上天気図だけでその成因を推定することは困難です。

高層天気図、エマグラム（ラジオゾンデ観測値）、アメダスデータ、気象衛星画像を利用して成因を考えます。

まず、会場の皆さんにご協力いただき、先の写真から観察される事項を出来るだけ客観的に挙げていただきたいと思います。雲の形状、天気、風などについてです。

類似の現象については、既に研究、要因解析がなされていますので、本例

4-① 山スキーの記録から

日本山岳フォーラム「登山を楽しむ科学」2016/3/12

写真の雲の生成要因を考えてみましょう（場所は？）

2012.04.21 13:21

5-③ 観察事項のまとめ

日本山岳フォーラム「登山を楽しむ科学」2016/3/12

観察された事象をまとめてみると・・・

5. 上空は晴れている。
6. 後線の向こうの雲は上方へ発達していない。
7. 後線の向こうの雲は層状であり厚くない
3. 風は奥から手前へ吹いている。（南寄り）
4. 風は弱い
1. 雲が後線から山の斜面を流れ下っている。
2. 流れ下った雲は上方へは発達していない。

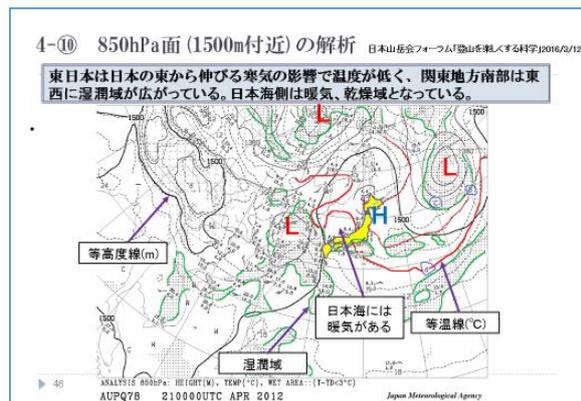
解析の流れ

- 高層天気図から上空及び、後線付近の大気の状態（温度、湿度）
- 地上天気図から気圧配置、下層の大まかな風の流れ
- エマグラム（ラジオゾンデ観測）、アメダスデータから高度ごとの気温、湿度、風向など。（上越国境南北での差異）
- 気象衛星画像による、雲の状況

新潟県

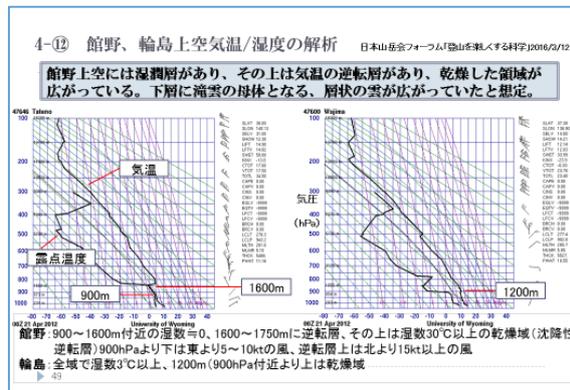
でも同様の条件があったかを調べます。以下に、解析資料の一部を載せました。

高層天気図は、500hPa、700hPa等の等圧面の高度と、各高度における風速、風向、空気の湿り具合、上昇気流域、などが表現されています。これにより、低気圧や高気圧の移動に影響する上層のジェット気流の流れや、降雨をもたらす可能性のある湿潤域などを把握することが出来ます。

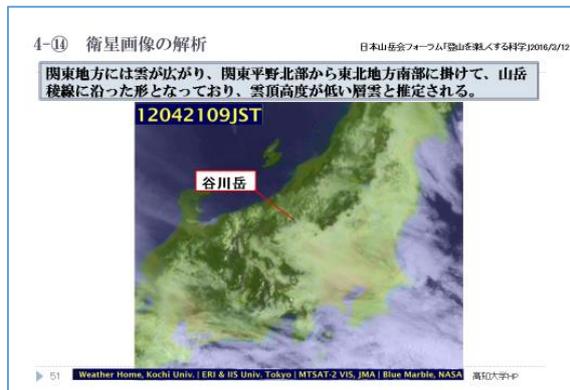


エマグラム (ラジオゾンデ観測値)には観測地点上空の気温と露点温度がグラフで示されています。

湿数が0°Cの高度域があれば、既に飽和しており、雲域と考えられますので、雲頂、雲底高度を読み取ることが出来ます。



高層天気図やエマグラムから、雲域を推定出来ますが、衛星画像からはより正確な情報が得られます。赤外線画像からは雲頂の高度を、可視画像からは雲の厚さが判断できます。



## 6. まとめ

基本的な気象知識と、それを利用した山の天気解析事例をご紹介しました。山では下界よりもダイナミックな気象現象を目の当たりにすることもありません。気象に関する知識は、登山の安全面で役立つだけでなく、そうした現象の由来を考える楽しさも与えてくれます。本講演が皆様の登山をより楽しくする機会になれば幸いです。

### <プロフィール>

松森 徹 (まつもり とおる)

1961年、長野県生まれ

信州大学 大学院 機械工学専攻

電子材料関連工場、設備運転管理部門勤務

エネルギー管理士 (熱)、気象予報士、東京スキー山岳会代表