

<資料>

## 志賀高原における気象観測

鈴木啓助<sup>1</sup>・佐々木明彦<sup>1</sup>

**Meteorological observation in Shiga highlands.** Keisuke SUZUKI\*<sup>1</sup> and Akihiko SASAKI<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Mountain Science, Shinshu University, Asahi 3-1-1, Matsumoto, 390-8621 Japan.

\*E-mail: kei@shinshu-u.ac.jp). *Bulletin of the Institute of Nature Education in Shiga Heights, Shinshu University*49: 10-13 (2012).

### はじめに

わが国の日本海側地域は世界でも極めて稀な多雪地帯として知られ、そこでは降雨にもまして降雪によってもたらされる多量の降水が水資源として極めて重要である。シベリア大陸には、冬季の強い放射冷却によって背の低い熱の高気圧が形成される。シベリア高気圧は、南側に聳えるチベット・ヒマラヤ山塊に阻まれるために南下できずに、太陽高度の低い冬期間にその勢力は次第に強化される。そのシベリア高気圧から東側に吹き出す寒冷で乾燥した気塊は、暖流である対馬海流が北上する日本海に流れ込むと、下層から熱と水蒸気の供給を受けて不安定となり、次々と積雲対流を生み、それが次第に成長してわが国の日本海側地域に上陸する。この積雲内では、豊富な水蒸気と寒冷な温度によって降雪粒子の形成が盛んである。さらに、脊梁山脈にぶつかり強制上昇させられることにより多量の降雪をもたらすことになる。そのため、わが国の脊梁山脈には、世界的にも稀なほどの大量の雪が堆積し、春になるとともにそれが融け貴重な水資源となっている。雪は冬期間流域内に堆積することにより天然の白いダムとしての役割を果たしている。

日本における降雪量が、地球温暖化とともに減少するとの予測結果が報告されている (Inoue and Yokoyama, 2003)。しかしながら、これらは低地における観測データを用いて行った研究であり、標高の高い山岳域でも同様なことが言えるかどうかは疑問である。つまり、冬期間にも降雨が観測されたり、気温がプラスになり融雪が起こったりする温暖積雪地では、雪か雨かの気温の閾値前後の値を示すことが多いからである。このような地点では、わずかの気温の増減によって、雪が雨になったり雪が多

くなったりもする。つまり温暖化すれば、降水量が同じでも、降雪粒子が落下の途中で融解し降雨となるため、降雪量は減少しそうである。しかしながら、今後100年間で数°Cの気温上昇によっても、雪か雨かの気温の閾値前後の気温まで上昇しないと予測される標高の高い山岳域では降雪量が増加することも考えられる。井上・横山 (1998) は、北緯41.5°以北の北海道においては、温暖化を仮定した100年後でも降雪量はほとんど変化がないと述べている。しかし、予測結果の図からは、北海道の海岸沿いで降雪量が減少し、山岳域では逆に降雪量が増加していることが読み取れるのである。文部科学省 (2009) の報告書でも「降雪量は北海道を除く地域で減少する。この理由は、東北以南では温暖化に伴って雪ではなく雨として降る場合が増える一方、北海道では温暖化しても雪が降るには十分に寒冷なため、温暖化による大気中の水蒸気量の増加により、降雪量が増加するものと考えられる。」と述べられているが、東北以南でも標高の高い地点では「温暖化しても雪が降るには十分に寒冷なため」北海道と同様に降雪量は増加すると考えるのが妥当であると考えられる。

気象庁の観測データを用いて近年の累積降雪深変動を検討した結果でも、北海道・寿都でのみ有意に増加傾向が認められ、累積降雪深が有意に減少している地点の多くは、冬季平均気温が3°C以上である。これらの地域の冬季平均気温は雪／雨の判別気温に近く、僅かな気温変化によって降水が雪か雨かの形態変化をすると考えられ、近年の気温上昇によって累積降雪深が減少しているのである (石井・鈴木, 2011)。

近年の気温上昇によっても、雪／雨の判別気温よりは十分に低温である標高の高い山岳域では、積雪深の観測が行われていない。そのため、地球規模での温暖化が日本における積雪量の変化に及ぼす影響を、観測データに基づいて議論することはできない。

<sup>1</sup> 信州大学山岳科学総合研究所 (〒390-8621 長野県松本市旭3-1-1 \*E-mail: kei@shinshu-u.ac.jp)

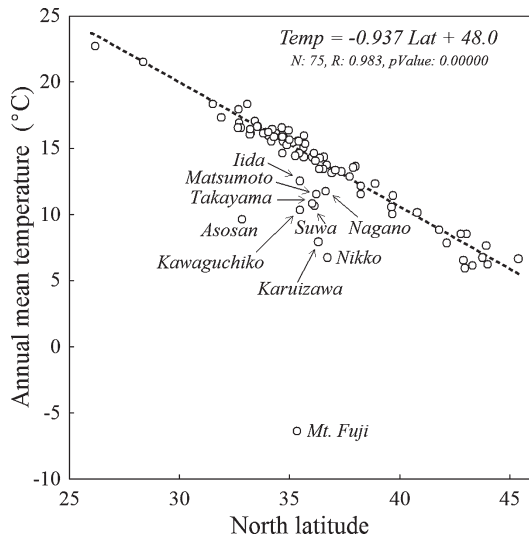


図1. 日本における気象官署の緯度と年平均気温の関係 (Suzuki, 2011)

そこで、信州大学山岳科学総合研究所では中部山岳地域の高標高地点において、積雪深を含む気象観測網を展開し、観測データを収集しデータベース化している。

#### 高標高地点での気象観測の意義

日本アルプスは、飛騨山脈、木曾山脈、赤石山脈の総称であり、南北に約200km、東西に約100kmの広がりがある。広義に中部山岳地域と呼ぶ際には、西の両白山地や東の富士山・八ヶ岳・三国山脈まで含めて考えるが、その場合には東西にも200km以上の広がりがある。日本アルプスの山頂の標高は3000m前後に過ぎないが、本州の真ん中を日本海側から太平洋側まで連なるため、気象条件は変化に富み、北部は世界でも稀な豪雪地帯となっている。また、山体の隆起速度が速く活火山もあることから、侵食速度が速く、標高の割には切り立った岩山も多いことが特徴である。植生も、周極要素・北方要素・大陸要素が混在し、貴重な高山蝶も数多く生息するとともに、ライチョウの生息地としては世界の南限でもある。日本アルプスには現存する氷河はないが、高山蝶やライチョウなどの生態系は最終氷期からの生き残りと考えられる。しかし、その生態系は地球規模での環境変動に対して極めて脆弱でもある。これは、山の生態系が温度条件や水文条件などの厳しい極限環境下で成立していることや、気温が高度とともに減少するため、温暖化などの影響がより狭い空間で発現することを意味している。水平での移動に比べて高度の差異による気温の変化が格段に大きいことを次に示す。図1には気象庁の気象官

署の緯度とそこでの年平均気温の関係を示す。当然ながら北に行けば行くほど年平均気温は低下する。標高の高い富士山や図中に地名を示した観測点を除けば、緯度と年平均気温は明瞭な直線関係になる。この関係によれば、年平均気温が1°C変化するためには、南北に118km移動しなければならない。しかし、気温逡減率を0.65°C/100mとすれば、標高差では154mあれば気温は1°C異なる。つまり、気温の水平的な変化に対して高度方向の変化が約800倍も急激であることになる。植物の分布は大局的には気温によって規定されるので、水平的な植生の変化に気づくのは難しいが、高度とともに急激に気温の変化する山岳域では地球温暖化の影響による植生の変化は敏感であることになる。また、標高の高い寒冷な環境に生育する植物は温暖化によって住処を失うことになる可能性もある。植生が変われば昆虫の分布も変わり、ついには大型動物にまで影響が出てくることになる。地球規模での環境変化の影響が山岳域では如実に現れることになる。

図1の回帰直線から外れる地点には地名を付記したが、その地図上の位置と標高を図2に丸印で示す。富士山の観測地点は標高が3775mで、日本の気象官署では最も標高が高い。富士山では積雪深の観測が行われていないが、積雪深の観測まで含めた気象官署で最も標高が高いのは標高1292mの日光である。富士山から標高418mの長野までを含めた10地点は標高が高いので、緯度による気温の変化に標高の効果が加味されるために、回帰直線から外れることがわかる。さらに、阿蘇山と日光を除く8地点は、中部山岳地域に位置している。ちなみに、有線ロボット気象計(アメダス)まで含めると、富士山に次いで標高が高い気象観測点は野辺山の1350mである(積雪深は観測無し)。しかしながら、中部山岳地域には3000m級の標高を持つ山々が連なり、地球規模での環境変化に対して極めて敏感である山岳域においては、1350mを超える地点での気象観測がなされていない。

地球規模での温暖化現象が、中部山岳地域という地域空間スケールでの環境変動に及ぼす影響を評価する上で、高標高地点での気象観測データの欠如は、山岳地域の生態系や水資源に対する温暖化の影響などを評価する上で、極めて深刻な事態であると言わざるをえない。

#### 山岳科学総合研究所による高標高地点での気象観測

わが国における高標高地点での気象観測データを

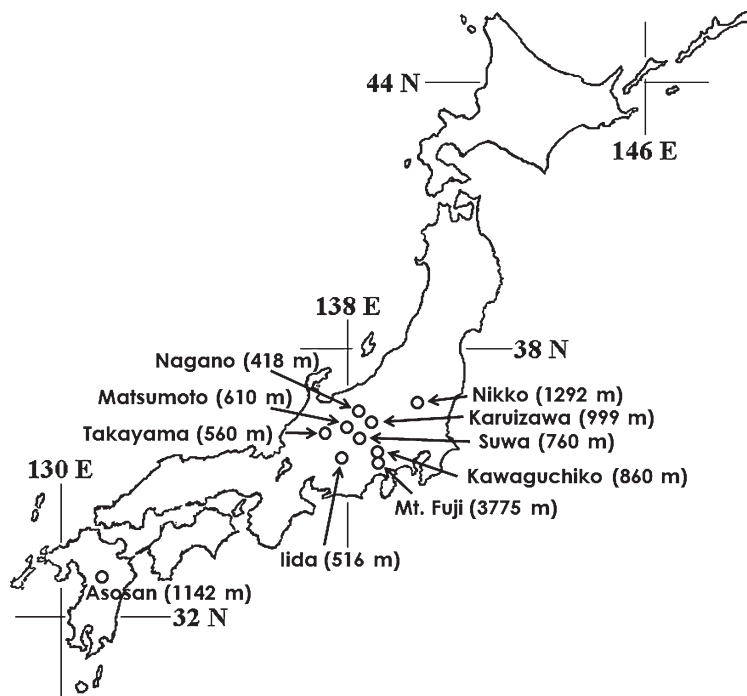


図2. 比較的標高の高い地点に位置する気象官署 (Suzuki, 2011)

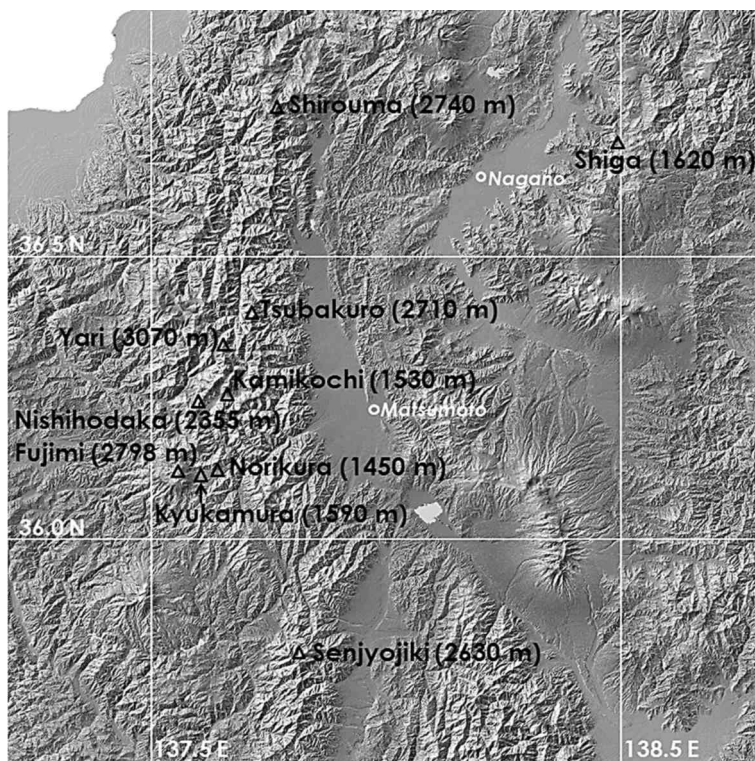


図3. 信州大学山岳科学総合研究所による中部山岳地域における気象観測網の展開 (Suzuki, 2011)

収集しデータベース化することを目的として、信州大学山岳科学総合研究所では、中部山岳地域における気象観測網を整備してきた。これまでに観測を開始している地点は、上高地、志賀高原、乗鞍高原（標高の異なる2地点）、乗鞍富士見岳、槍ヶ岳、西穂高岳、燕岳、中央アルプス千畳敷と白馬岳の10

ヶ所である。これらの地点の位置と標高を図3に示す。観測地点の最高所は、槍の肩の3125 mである。これらの地点からは、携帯電話網のデータ通信や固定電話線を介して通年で山岳科学総合研究所のコンピュータに観測データが送られてくる。これらの気象観測データは準リアルタイムで研究所のホームペ



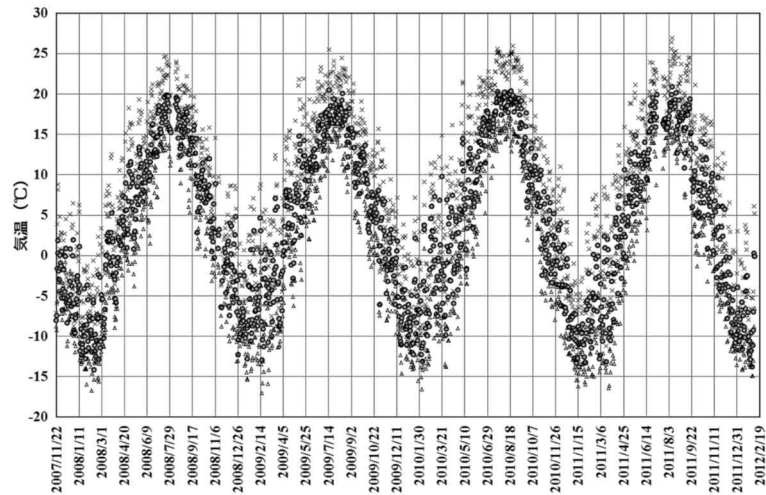


図4. 志賀高原における日平均気温 (○), 日最高気温 (+), 日最低気温 (△) の変動

ージ上で公開している。

### 志賀高原における気象観測

志賀高原では、2007年11月21日から気象観測を開始した。教育学部附属志賀自然教育研究施設の屋上にて、気温・湿度・風向・風速・気圧・降水量・日射量について観測を行っている。さらに、2011年8月6日からは、同施設のロックガーデンにて地上での観測を並行して実施している。地上観測項目は、気温・湿度・風向・風速・降水量・積雪深・日射量・放射収支量である。

志賀高原における2007年11月22日から2012年2月8日までの日平均気温、日最高気温、日最低気温の変動を図4に示す。

### おわりに

人間の生存に不可欠な水と空気の浄化機関としての山岳地域の役割はあまり認識されずに過小評価されているのが現状である。しかしながら、近い将来、地球規模での環境変化に対する山岳地域の応答を知ることが不可欠になることは疑いのないことであり、その際にはきちんとした観測データに基づく議論を行うことが必須である。そのために、低温で強風の吹き荒れる（冬には猛烈な吹雪になる）極限環境下

での気象観測には様々な問題が発生するが、これらの課題を克服しながら、高標高の山岳地域での気象観測を今後とも継続していくつもりである。すぐには論文発表などの成果に結びつかない地道な観測研究が敬遠される傾向はますます強くなっているが、現場で得られたデータなしに、信頼できる将来予測などできるはずがないことを決して忘れてはいけない。

### 引用文献

- 井上 聡・横山宏太郎 (1998) 地球環境変化時における降積雪の変動予測. 氷, 60, 367-378.
- Inoue, S. and Yokoyama, K. (2003) Estimates of snowfall depth, maximum snow depth, and snow pack conditions in Japan by using five global warming predicted data. Journal of Agricultural Meteorology, 59, 227-236.
- 石井洋之・鈴木啓助 (2011) 日本における降雪深変動の地域性とその要因. 日本水文科学会誌, 41, 27-37.
- Suzuki, K. (2011): Effects of global warming on climate conditions in the Japanese Alps region. Planet earth 2011- global warming challenges and opportunities for policy and practice, ed. Carayannis, E. G., Intech, Croatia, 73-88.