

フォーラム「登山を楽しくする科学(VII)」

2015 年 3 月 14 日(土) 13 時～17 時

立正大学品川キャンパス 1151 教室

(品川区大崎 4-2-16)

主催：公益社団法人 日本山岳会 科学委員会

目 次

フォーラム「登山を楽しくする科学 (VII)」開催にあたって・・・・・・・・・・	2
--	---

日本山岳会 科学委員会

委員長 福 岡 孝 昭

講演 1 「白山を歩いて、その花々、火山と地質、白山信仰と山麓での暮らし」・・・・	3
---	---

長 岡 正 利

- ・ 白山眺望一北に遠ざかりて雪白き山
- ・ 白山を彩る花々
- ・ 白山火山の地質とその形成史
- ・ かつての白山信仰
- ・ 白山麓でのむかしの暮らし—山間部での出作り
- ・ 近年の話題—白山に雷鳥が
- ・ 白山登山のお帰りに、おいしいものを

講演 2 「天気予報 と 異常気象」・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
--------------------------------------	---

安 田 昌 弘

- ・ 天気予報の発表 ・ 天気の実況の把握 ・ 大気の流れ、じょう乱の動き ・
- 気圧の予想 ・ 風の予想 ・ 気温の予想 ・ 雨や雪の予想 ・ にわか雨か雷雨の
- 予想 ・ 積乱雲からひょうが降る ・ 天気分布予報 ・ 地域時系列予報 ・
- 百名山、その他顕著な山の天気予報 ・ 天気予報の精度は90点程度 ・ 異常気
- 象の定義 ・ ここ数年の異常気象 ・ 短時間強雨が増えている ・ 高解像度降水
- ナウキャストの利用 ・ 山の天気予報 ・ 防災気象情報、注警報を確認する ・
- 激しい気象現象から身を守る ・ 観天望気で安全を確保しよう ・

講演 3 「活火山の登山」・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
---------------------------------	----

福 岡 孝 昭

- ・ はじめに
- ・ 火山噴火の形式と火山現象の観測による噴火予知
- ・ 活火山登山での安全対策
- ・ まとめ

フォーラム「登山を楽しくする科学 (VII)」開催にあたって

日本山岳会 科学委員会 委員長 福 岡 孝 昭

日本山岳会科学委員会はこれまで、会員及び一般登山者の方々に、単に技術に関する情報のみでなく、山に関連した幅の広い情報を提供することにより、心豊かな山登りを願って、フォーラム（座学）と探索山行（実践）を主催してきました。これらの行事を通じて、安全な登山を行う情報も得て頂ければと願っている次第です。山岳会の公益法人化にともない、一般登山者への啓蒙活動という面では、これらの行事は山岳会の重要な活動にもなっています。

フォーラムは今回で7回目です。これまでに高山植物、山の動物、気象、登山ウェア、山での食事、怪我、温泉、氷河、南極、山の形等に関する講演を行ってきました。

今回の第一の講演は、北陸新幹線の開通で首都圏から近くなった加賀・越前・美濃の名峰、白山の紹介です。高山植物の宝庫白山の花々を鑑賞し、火山としての地形・地質の説明があります。そして白山信仰とかつての地元の生活の紹介があります。白山火山を多面的に捕え、将来の白山登山の参考にしましょう。

第二の講演は、天気予報をするための基本情報についてのやさしい解説があります。予報の精度は90点、将来も100点満点にならないとか、理由がわかるようになるほどです。やはり最近は異常気象が増えているようです。そのような時を含めた登山時の天気予報の利用法、入山中の天気急変への対応法は登山者にとって大変重要であります。

第三の講演は、昨年9月の御嶽山の噴火事故に関連して、活火山の登山の話であります。百名山にも31の活火山が存在しているとのこと。噴火予知の方法、活火山の登山でのリスクの軽減法、もし登山中に噴火に遭遇してしまった時のリスクの軽減法など、注目の内容が解説されています。

お帰りになる前に、アンケートにご回答頂き、来年もフォーラムに足をお運びください。山に関する知識・情報を増やしてくださることを期待する次第です。毎回参加されて、この資料を集めると、一つの山の知識集が出来ていくことになります。6月に予定されている探索山行にも、是非参加頂くとともに、非会員の方の山岳会への入会をお待ちしています。

最後に、会場の提供を頂いた立正大学に感謝申し上げます。

白山を歩いて ― その花々、火山と地質、白山信仰と山麓での暮らし ―

長岡 正利

白山（標高 2702m）は、富山・石川・福井・岐阜県にまたがる両白山地の主峰であり、手取川・庄川・九頭竜川の水源地域にあたる。その主要な山域は「白山国立公園」に指定されている。山間部には古くからの多くの温泉もある。

白山は、気象庁の監視観測の対象となっている活火山である。山頂部には池などの火口湖もあり、一帯は火山特有の緩傾斜地形となっている。森林限界を抜けた山頂部には高山植物が多く、周辺には広大なブナ林が広がる。

登山シーズンは夏と秋が主で、山頂日帰りも可能となっている。右は、登山者の多い石川県側でも、交通の便の良い旧・白峰村方面を中心とするもので、夏の最盛期には金沢駅からの直行バスもある。ただ、多くの登山者にとっては、マイカーと山麓駐車場からのシャトルバス利用で登る山となっている。

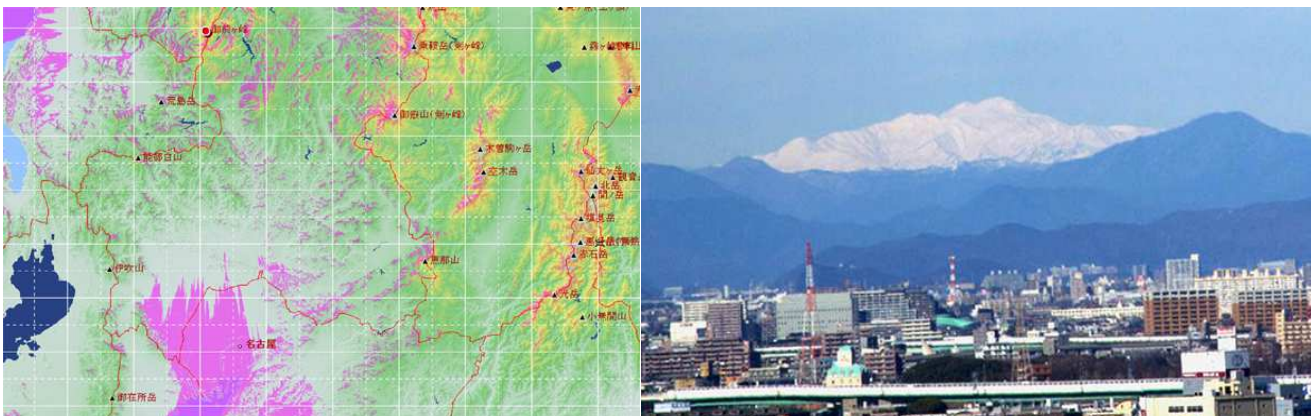


白山の主な登山道など（白山観光協会 HP「白山ベストガイド」より）

講演では、白山全般の紹介のほか、副題の分野について多くの写真によって説明します。

白山眺望―北に遠ざかりて雪白き山

白山の一帯は豪雪地のため、初夏の頃までは、遙か日本海や平野部から白雪の山なみを望み見える。下の写真のように名古屋から見えることもあり、神戸の六甲山からも見える。



白山からの可視域、上左が白山で下が伊勢湾。(カシミール 3D で) 名古屋駅ビルから見た白山。(金沢大 WV-OB 森川さん撮影)



白山弥陀ヶ原からの御嶽山。その右に中央アルプスと、赤矢印が南アルプスの赤石岳。



上写真とは逆に、赤石岳から見た白山・御嶽・中ア・乗鞍。



左写真の白山山系を遠望(拡大)。左から三ノ峰・別山・白山山頂部・三方崩山など。

山岳調査の科学的方法について

白山から富士山はみえない

甲代 博

白山から富士山はみえない

これは、白山から富士山を見ることができないという、科学的に証明された事実である。白山と富士山の間には、中央アルプスと南アルプスの山脈が横たわっており、これらが視界を遮っている。白山から富士山を見ようとする人は、この山脈の存在を認識し、適切な位置から観察する必要がある。

観望点	高さ(m)	基準距離(km)
白山	2399	73
三ノ峰	3420	3063
別山	4985	2846
赤石岳	5185	2864
中央ア	6860	2966
御嶽	3400	2859
川上岳	1800	1620
富士山	9735	3776

「ワルナプラン」による計算結果 (昭和23年3月作成)

『岳人』1988.5月号より)

白山は古くからの信仰の山で、立山、富士山とともに「日本三名山」といわれ、「しらやま」や「越のしらね」の名で和歌にも詠まれてきた。孤立峰のため、北アルプスの多くの山頂からは、特徴あるその山容が望まれるほか、条件が良ければ、南アルプスからも見る事ができる。

かつては、白山の別山から富士山が見えると信じられていたが、1988(昭和 63)年に、「見えない」ことが立証されている。しかし今も、白山山中や近くの山にある方位盤での表示もあって、「富士山が見えた」と言った話を聞くことがある。



白木峰にある方位盤。富士山が！？



石川・福井県境の取立山から見た白山。左端は手取川ダム湖、右は別山。(長岡撮影の写真を金沢大 WV-OB 加藤さんが調製。)



右が山頂・御前ヶ峰の白山比咩神社奥宮。その左に室堂と別山。中央は北アルプス方向。左は山頂の一部、大汝ヶ峰と剣ヶ峰。(同上)



6 月末の山頂・翠ヶ池と、9 月末の雪のない状態。歴史に残る噴火が起こった火口の一つ。前方(東)に、三方崩山と北アルプスを望む。(ともに、金沢大 WV-OB 山村さん撮影。)

白山を彩る花々

白山は、明治前期から植物学者の訪れが多かったため、白山で採集・新種記載された高山の植物が多い。日本語和名の植物名でハクサンを冠するものが 20 種ほどあるそうだが、別名などを加えればもっと多い。高山帯のある山としては日本の西端であるために、白山を西限または南限とする植物が多い。次のような花々のほか、黒百合の群落も有名である。

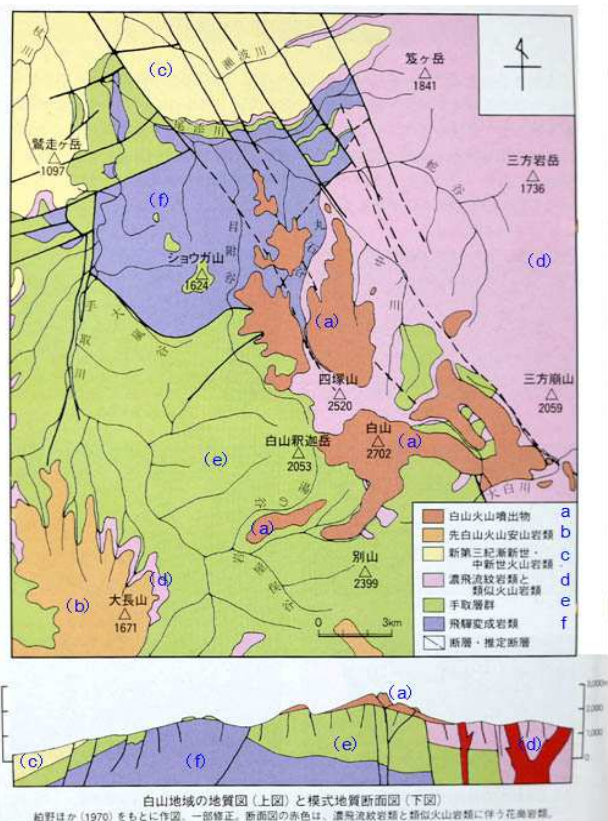


「ハクサン」を冠した、代表的な高山植物。左から、白山小桜、白山一花(イチゲ)、白山石楠花、白山千鳥。

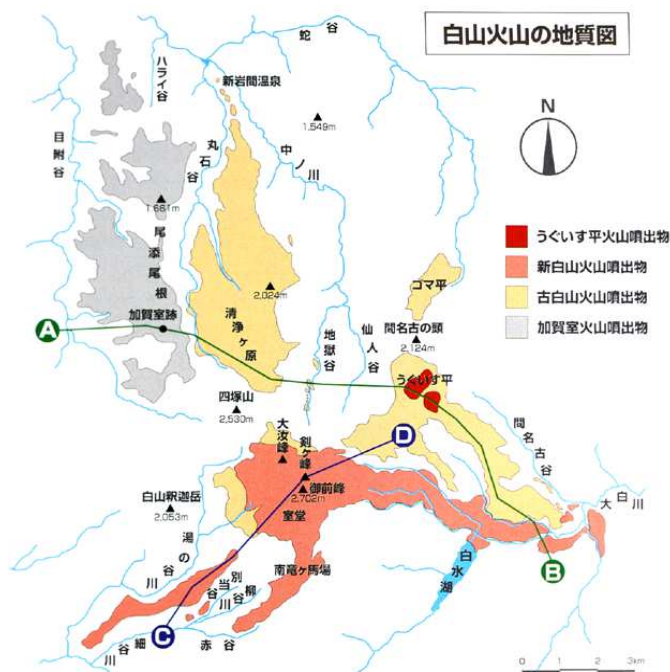
白山で有名な黒百合。

白山火山の地質とその形成史

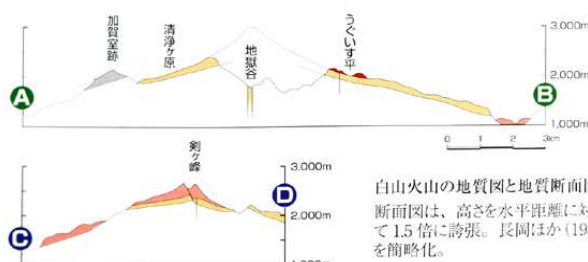
白山火山は、全体として見れば標高 2000m ほどの基盤岩類の隆起域に噴出形成された火山体である。その形成は 30 ～ 40 万年前にさかのぼるが、現在の山頂部での噴火・山体形成は、3 ～ 4 万年前以降である。なお、歴史



(白山の自然誌 27『白山のおたち』白山自然保護センター、2007)



白山火山の地質断面図



白山火山の地質図と地質断面図
断面図は、高さを水平距離に対して 1.5 倍に誇張。長岡ほか (1985) を簡略化。

(白山の自然誌 34『新編 白山火山』白山自然保護センター、2014)

(この図は <http://goo.gl/pYkE5m> の 5 p.に。)

史料に残る噴火としては、1042(長久 3)年の山頂火口の噴火では室が噴石で埋まった。1554～56(天文 23～弘治 2)年にはマグマ噴火で、小規模な火砕流も発生した。1579(天正 7)年と1659(万治 2)年の噴火では、火砕物の降下があった。

新しい方では、1935(昭和 10)年には山頂南西 2 km の谷で噴気孔の出現を伴う活動があった。

現在も、時には、山頂直下での微小地震活動が活発化することがある。



侵蝕による百四丈滝の後退。1970 年頃と 2008 年。
(右は、金沢大 WV・OB 加藤さん撮影。)

かつての白山信仰

山麓から秀麗な姿が望まれる白山は、古くからの山岳信仰の対象となっていたようだ。奈良時代になると修験者が信仰対象の山岳を修験の場とするようになり、白山では越前国の修験者・泰澄が 717(養老元)年に登頂して「開山」した。「白山信仰」の始まりである。平安時代には、加賀・越前・美濃の 3 国に、山頂への禅定(登拝)道が設けられて、各馬場には、白山寺・平泉寺・長滝寺が建立された。この禅定道のかなりの部分は、現在の登山道と一致している。

白山修験は、室町時代には比叡山延暦寺とも結んで大きな勢力となり、全国に白山信仰が広まった。明治以降の白山比咩神社を総本社とする白山神社は全国に 2700 社余といわれる。

明治維新後の神仏分離・廃仏毀釈は、それまでの神仏習合を、強制的に神社と寺に改組した。山頂や各地に置かれていた平安時代以降の仏像や、石仏などの多くは破棄または別に移され、現在は一部が各地の寺などに静かに安置されている。



白山の三馬場と禅定道。(白山の自然誌 21
『白山の禅定道』白山自然保護センター、2001)



白山の下山仏。白峰の林西寺：十一面観世音(重文:平安後期)と、山頂にあった十一面観世音。このように、白山の本地仏は良く遺された。

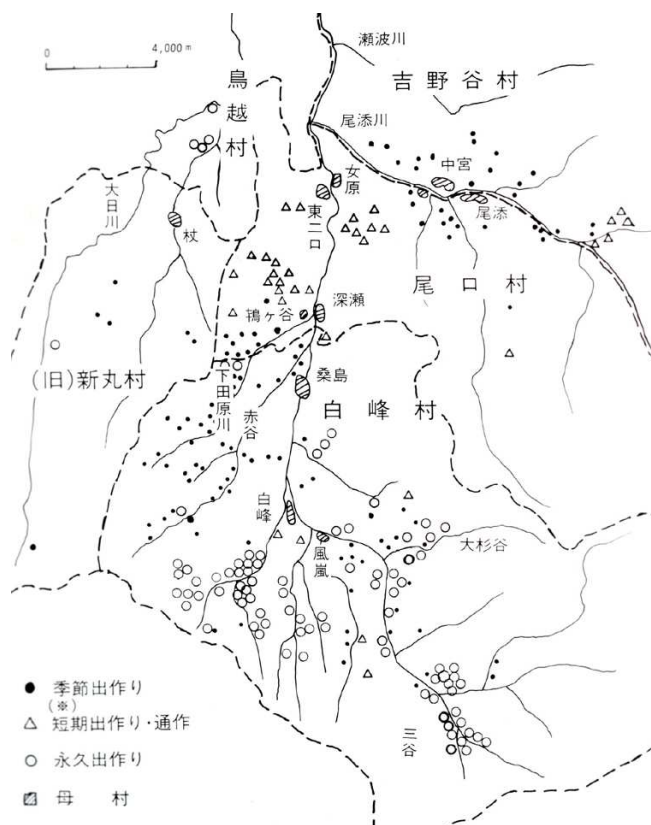
藤原秀衡寄進の、石徹白の虚空蔵菩薩(重文)。

(白峰・林西寺と、石徹白大師講のご好意により撮影。)

白山麓でのむかしの暮らしー山間部での出作り

白山麓には、古くから「出作り」といわれる農業・生活のかたちがあった。無雪期のみに山中に移り住むものから、年間を通してのものまで、かつてのその分布は図のようであった。谷間沿いには水田適地が少ないことから、山腹で焼畑耕作を主としていたもので、養蚕・薪炭業も盛んであったが、全国におけると同様に昭和30年代には衰退した。出作りは、その後も行われていたが、我が国の高度経済成長の終わり頃には、辺鄙な山間部には、一時的にせよ、もう住む人々はなくなり、その後僅かの間に、守る人たちのいなくなった家々は、豪雪のこともあって何時とはなく自然の中に埋もれ去ってしまった。

今、これらの家々とむかしの暮らしの有様は、旧・白峰村にある「石川県立白山ろく民俗資料館」に僅かに残されている。



昭和30年ころの出作り分布(幸田・1956より作成) ※1週間くらいの滞在
(白山の自然誌7『白山の出作り』白山自然保護センター、1986)



白峰大道谷、五十谷の出作り。左は農耕が行われていた頃。耕作放棄されて茅原となり、今は植林された杉が育って、五葉松の梢が杉の樹間に覗くのみ。

近年の話題ー白山に雷鳥が

2009年に、66年ぶりに雷鳥が発見された。昭和の初期までは確実に棲息していたが絶滅したもので、現在の棲息地、北アルプスからは随分の距離がある。一方、昔は白山にはなかったコマクサも見られるが、これは趣味の人たちによる移植が繁殖したものである。



2009年に白山で撮影・公表された雷鳥。白山自然保護センター・上馬さん撮影。

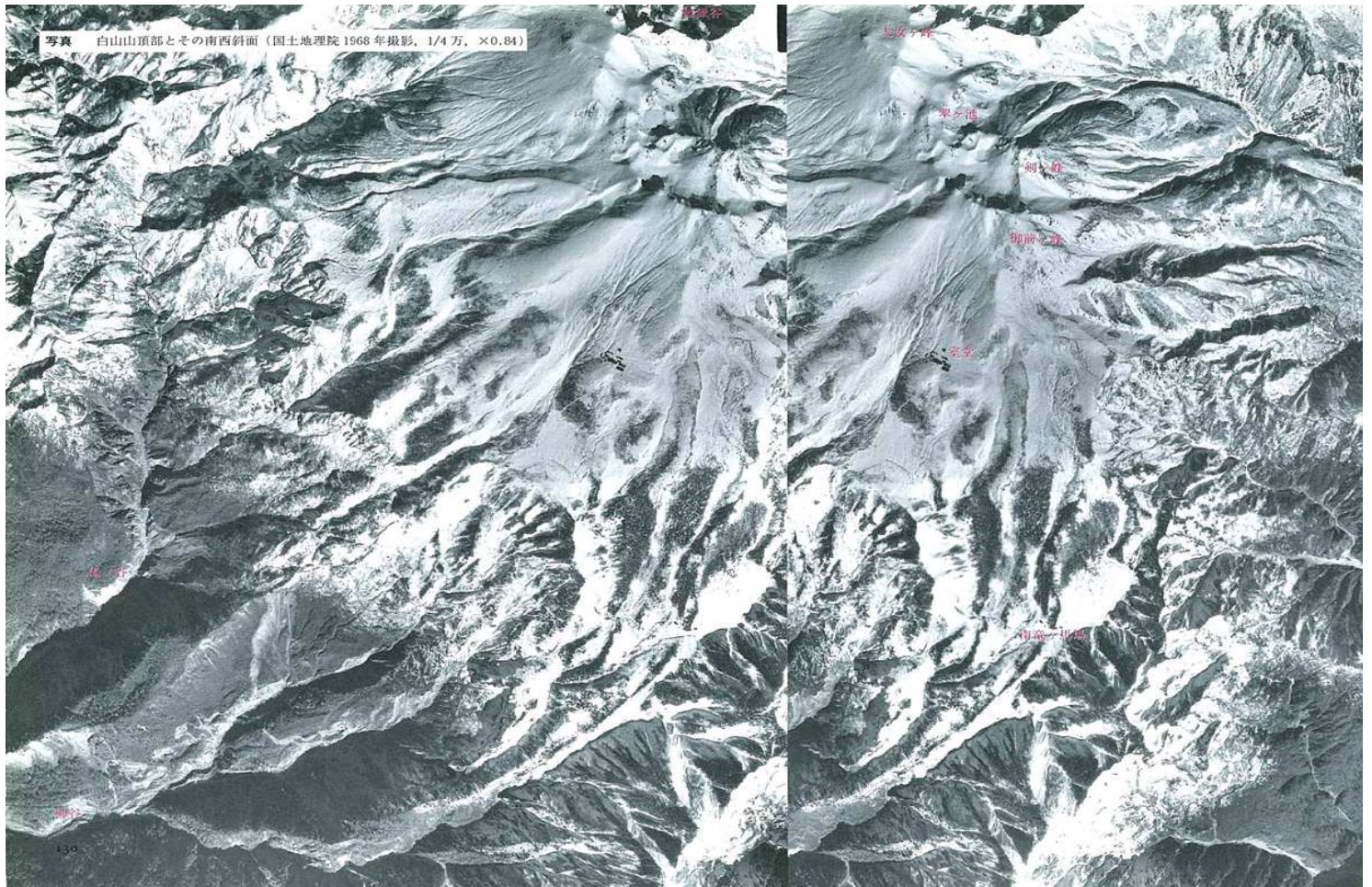


国立公園昇格(1962)記念の初日カバー、玉井敬泉による白山と雷鳥の絵を配する。右の玉井敬泉の絵(昭和辛卯(26)年)は、市ノ瀬・永井旅館提供。



【 白山山頂部の立体視（実体視）をお楽しみ下さい 】

左右の写真の間に葉書などを立てて、右目で右写真、左目で左写真を見ていると、あるとき突然に立体的に見えてきます。



（『空からみる日本の火山』荒牧・白尾・長岡編著、丸善、1989 より）

白山登山のお帰りに、おいしいものを

白山から流れる手取川の扇状地では、その良い水を使った日本酒が有名である。また、山間部で豆腐を持ち帰るために、古くから堅い豆腐が作られてきた。アクの強い栃の実を使った「とち餅」も、昔からの食べ物である。



白山麓の特産品。日本酒と、栃餅、堅豆腐、牛首袖（白山砂防科学館で）。



荒縄で縛って持ち帰った堅豆腐（上野とうふ店提供）。



トチの実でつくる「とち餅」（「志んさ」で撮影）。背後右は、今や後継者がお一人の、深瀬の檜笠。



演者のプロフィール：長岡 正利（ながおか まさとし）日本山岳会会員（会員 No.10752）同・科学委員
1947 年に富山県の旧・福野町に生まれ、金沢大学の卒論・修論で「白山火山の地質と形成史」をまとめた。国土地理院に勤務して、当時の環境庁と建設省河川局に出向。51 歳での勸奨退職後は民間企業に勤務し、65 歳以降はフリーに。現在、国土地理院客員研究員。 地図・写真・音楽・能が趣味で、カラコルムに志向。

天気予報と異常気象

安田 昌弘

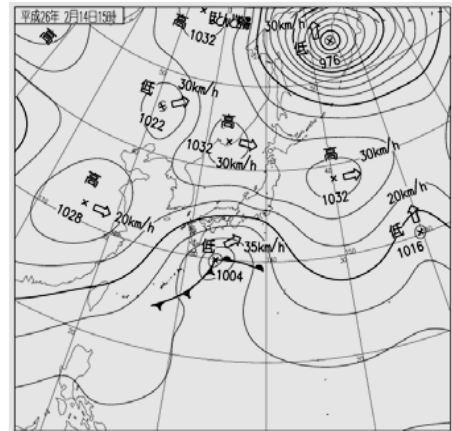
天気予報の発表

天気予報の発表は気象庁の業務だったが、民間気象事業者も局地天気予報を発表できるようになった。民間気象事業者は 60 社余り有る。民間が行っている局地天気予報の基礎資料は、観測値(実況値)および気象庁の数値予報等であるので、予報精度は気象庁の予報と民間気象事業者の予報と大差はない。

但し、注・警報の発表は、混乱を避けるため気象庁だけが行っている。

天気の実況の把握

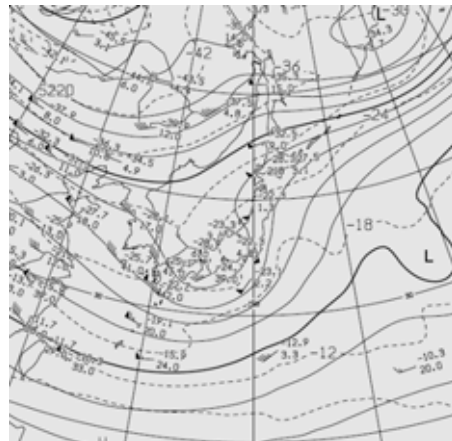
気象庁が入手する、気象衛星・高層気象観測・気象レーダーによる観測結果、各地気象台による観測結果、アメダスによる観測結果、その他の観測結果、それに基づく実況天気図などから天気の実況を把握している(右図:関東地方に大雪、2014 年 2 月、地上天気図)。



大気の流れ、じょう乱の動き

気象現象は、概ね高さ 10km 以下で起きている。大気の平均的な流れを、5～6km の高さ(500hPa 面)の天気図で、主に水蒸気分布を 3km の高さ(700hPa 面)で、温度や水蒸気分布を 1.5km の高さ(850hPa 面)で見ている(気象庁のホームページ(HP)や北海道放送の HP から入手する)(図:同上 500hPa 面天気図)。

今日、明日、明後日までの予報は、実況天気図と 24 時間予想図、48 時間予想図を使って、高・低気圧などのじょう乱の動きを予想している(同上の HP)。



数値予報結果から、例えば風の 24 時間先までの風向・強さ・ピークなどのように、気象要素毎、地域毎、時系列的にガイダンスを作成して、対象地域の時系列的な予報を組み立てている(同上の HP)。

週間予報は、初期値の異なる数種類の予報から最も起こりやすい予想図を作成している(気象庁のアンサンブル予報)(北海道放送の HP)。

気圧の予想

500hPa の流れ(偏西風)が、右下がりの所には下降気流があり、地上では高圧部になっており、右上がりの所には上昇気流があり、地上では低圧部がある。



気圧の谷や尾根は、地図に見る尾根や谷と同じである。気圧の高い所を結ぶのが気圧の尾根、気圧の低い所を結ぶのが気圧の谷である。気圧の谷の前面には一般に低気圧があり、天気が悪い(同上の HP)(図:偏西風と地上の気圧)。

風の予想

風は空気が流れる現象であり、空気は気圧の高い所から低い所に向かう。規模の大きな季節風(モンスーン)は温度差により吹き、夏は比較的低温の太平洋からシベリアの低気圧に向かって吹く。北半球の天気図上では低気圧の中心に向かって左巻きに吹き込み、等圧線の本数が多い所ほど風が強い。

一般に、局地風は、内陸部では日中は山に向かって、夜は平野部に向かって吹き(山谷風)、海岸沿いでは日中は海から陸へ、夜は陸から海へ向かって吹く(海陸風)。風は弱い、風(なぎ)と風向が逆転する日変化がある。

10m/s の風は、体感温度を約 10 度下げる(特に冬季は注意が必要)。

たつ巻やダウンバーストの予想は、ポテンシャルを予想出来る程度である。予報精度は低く、気象レーダー観測を参考に、観天望気して避難するに限る。

気温の予想

一般に予想しているのは、地上付近の気温である。大気は上空ほど気温が低い(気温減率: 1km 上空は約 6.5 度低い)ので、3000m 前後の山では地上付近より 20 度前後低いことになる(同上の HP)。

雨や雪の予想

大気は、気温が高いほど水分を多く含む得る。大気が上昇すると、気温が下がり凝結する(雲になり雨や氷の粒になる)。雨や氷の粒が大きくなり、上空に浮いていることが出来ないほど重くなると雨や雪になり降る。気温との関係は微妙であり、雪・雨混じりの雪・雪混じりの雨・雨になる。雨や雪の分布は、気象レーダーによる(同上の HP)。南から暖かい湿った空気が収束しながら流れ込むと、大雨のポテンシャルが大きくなる。

にわか雨か雷雨の予想

天気予報の「にわか雨か雷雨」には注意が必要である。大気の状態は不安定という予報である。雲が発達して積乱雲(入道雲)になると、氷の粒が衝突して電気を帯び、雲の上部に＋の電気、雲の下部に－の電気が溜まり、地上の＋電気との間で放電(落雷)したり、雲の中で放電する。放電(大電流)の通り道は高温になり、空気が急膨張して、衝撃波の雷鳴となる。

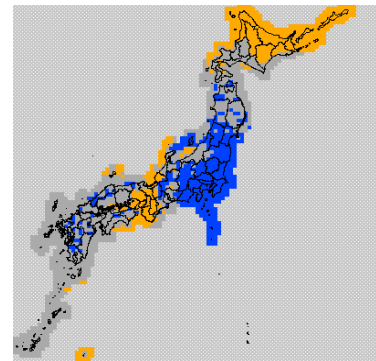
積乱雲からひょうが降る

直径が 5mm 以上の氷の粒をひょう(5mm 未満はあられ)と定義している。ひょうは、積乱雲(入道雲)の中で作られ、地上に落ちてくるまで大粒で解けなかったものである。狭い範囲に、短時間に降るので、人的被害は少ないが・・・。

上空と地上の気温差から、ひょうは 5 月が最も多い。

天気分布予報

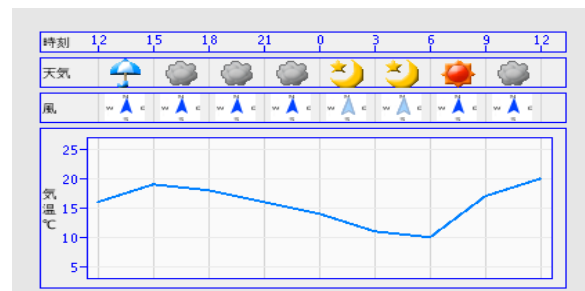
気象庁は、日本全国一辺 20km のマス目の代表的な天気を、天気分布予報として 1 日 3 回(5 時、11 時、17 時)発表している。地図をクリックすれば、必要な地域の拡大図が得られ、時系列予報も見ることができる。情報量が多いので、日常の天気予報で示されることは少ない(気象庁の HP)(図:天気分布予報)。



地域時系列予報

地域内で卓越する天気、代表的な風向・風速、特定地点の気温を 3 時間毎に予報したのが地域時系列予報である。

任意の地域の予報が分かりやすい(気象庁の HP)(図:地域時系列予報)。



百名山、その他顕著な山の天気予報

日本気象協会のHP、山の天気(tenki.jp)(レジャー天気)に、百名山などの 10 日間天気予報(天気、気温、降水確率)と今日の山のふもとの天気予報、山の高度別の気温、風向・風速が予想されている(右図)。予報内容がずれやすいので、山に入る前まで毎日チェックすべきである。



天気予報の精度は 90 点程度

必要とする地域の天気予報が、24 時間、風、天気、気温、雨の有無、など詳細に分かるが、実況は予想通りに推移しない。例えば、風の 24 時間の風向・風速、風のピーク、など予報からずれる。数値予報の初期値の段階で誤差を含んでおり、時間が経過するにつれ誤差が拡大するのである。

予報精度は 90 点程度、将来についても 100 点満点の予報はあり得ない。

異常気象の定義

30 年に 1 度以下の頻度で起きる気象現象と定義している。異常高温、異常低温、異常多雨、異常少雨などである。地球温暖化の影響もあり、統計結果では激しい気象現象は増える傾向にある。予報精度は高い。

ここ数年の異常気象

2015 年の異常気象

1 月 昨年 12 月から北日本・北陸で平年の 2 倍ほどの多雪

2014 年の異常気象

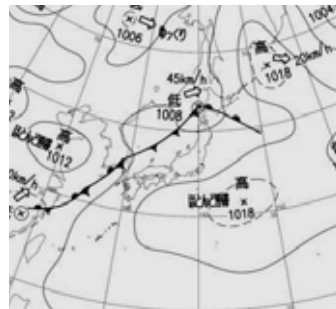
2 月 関東地方に 2 週連続の記録的な大雪

6 月 大気の状態が不安定(東京で大粒のひょう)

7 月 長野県南木曽町で土石流

8 月 西日本各地で豪雨

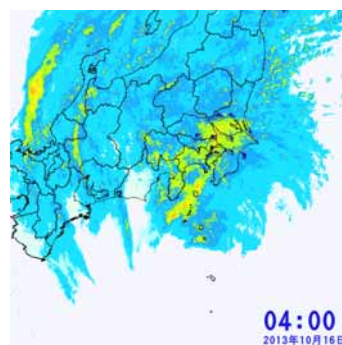
(広島県で集中豪雨)(図:19 日 21 時の天気図)



10 月 2 週連続で台風が上陸

沖縄、三重、北海道、3 回の特別警報発表

12 月 徳島県で大雪



2013 年の異常気象

8 月 猛暑、高知県四万十市で 41.0°C

9 月 越谷市や鹿沼市で台風に伴うたつ巻

10 月 大島の豪雨(右図:気象レーダー)

11 月 フィリピンに猛烈な台風

2012 年の異常気象

4 月 北海道で融雪洪水

7 月 阿蘇・日田などで豪雨(写真:衛星赤外画像)

8 月 京都で大雨

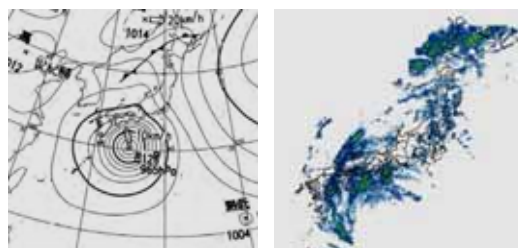
2011 年の異常気象

1 月 山陰地方で大雪、車 1000 台立ち往生

5 月末 梅雨明けが早かった

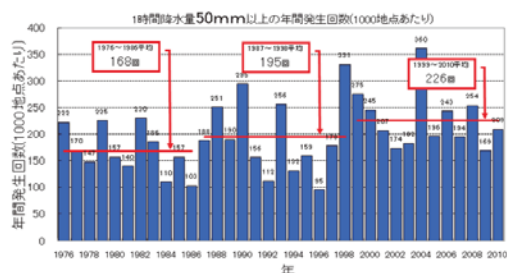


7月初旬 梅雨明け後に猛暑が
 8月 猛暑の後に東日本は戻り梅雨に
 9月 台風12号 紀伊半島で大雨
 死者・行方不明者94人
 (図:地上天気図とレーダー)



短時間強雨が増えている

1時間に50mmの雨が降ると何らかの被害が発生しやすく、2時間以上継続すると被害の程度が高まる。この30年間の短時間強雨(右図)を見ると、次第に増えており、今後も増える傾向と考えられる。



高解像度降水ナウキャストの利用

雨や雪に関しては、高解像度降水ナウキャストが利用できる(気象庁のHP)。屋外でも利用できるが、山中では電波の関係で難しいのだろうか。図の拡大や動画(実況と予想)など使い方も明記されているので、可能ならば利用したい。

山の天気予報

数日に亘る山行きの場合は、前述の「山の天気」とアンサンブル週間予想図を毎日確認する。雨や雪マークが入る日がある。風・雨・雪の強さは予想出来ないが、明日予報には大体表現される。

台風は5日予想が利用できる。接近が予想されている場合は当然、計画の見直しである。発達する低気圧が通過する予想の場合も、計画を見直したい。

明日予報に、「所によりにわか雨か雷雨」と予想されている場合は、観天望気をしっかりして、雷雨からの退避に備えたい。

当日限り又は1泊2日の山行きの場合は、明日・明後日の予報を利用する。強風や「にわか雨か雷雨」の予想も入っているので、注警報の発表状況を朝晩確認して、観天望気をしながら行動すべきである。

防災気象情報・注警報を確認する

発達する低気圧に注意が必要な場合には、1日程度前(週末には2日前)に気象庁から防災気象情報が発表される。災害発生の恐れがある場合には、都道府県ごとに、早ければ明日予報の段階で「注意報」が、さらに重大な災害が発生する恐れがある場合には当日に「警報」が発表される。必要とする都道府県の注警報を、毎日2回は確認したい。早めに注警報を発表して欲しいが、難しい。

激しい気象現象から身を守る

強風注意報が発表されたら、注意して行動する。強風は雨や雪を伴うことが多く、視界が悪くなる。突風の吹きやすい場所もある。風速 10m/s は、体感温度を 10 度下げると言われる。強風に吹かれないように。

山での雨の降り方は、上から、横から、下から降り、体温を低下させる。雨中の行動にはそれなりの装備を。長時間に大雨が降ると、河川が増水し、土砂災害が発生する可能性が生じる。短時間の大雨では、沢の突然の増水や低地の浸水や落雷が懸念される。雨の降り方を見極めて、対策をとることになる。

大雪の場合は、視界が悪くなり、積雪で身動きがとれなくなる。山では雪洞を掘り避難などの経験談も聞く。傾斜地では新雪なだれが発生する恐れがある。雪中の行動の装備はそれなりに。



観天望気で安全を確保しよう

天気図等で気象じょう乱の動きや天気予報を熟知したうえで、自分の周辺の天気の変化をより早く察知したい。観天望気が重要である。

風の強まるサインには、レンズ雲や笠雲の出現が目安になる。ガレ場・ザレ場・クサリ場や尾根沿いのように、強風の影響を受ける行程ならば計画の見直しも必要となる。

雨や雪・雷などは、真っ黒い雲の接近が分かりやすく、ラジオに入る雷の雑音やひやっとした冷たい風で察知できる。低気圧に伴う雨は半日続き、真夏のにわか雨は小一時間続く。沢は増水する。低気圧に伴う雪は、半日続き、気温も下がり、量的に増えるので、早めに安全な場所に避難すべきである。

急な雷の接近に対しては、山頂・尾根上を避け低い場所に、木の近くを避け(側撃を受けないように)、図のような姿勢で(寝そべっては駄目)、目と耳をふさいでやりすごすしかない。早めに避難するに限る。



安田昌弘 宮崎県出身 気象大学校卒 関東以西の数カ所の気象台勤務
第 19 次南極地域観測隊(気象担当) 気象庁退職後 財団法人日本気象協会勤務
主に防災業務に従事

活火山の登山

福岡 孝昭

はじめに

昨年（2014 年）9 月 27 日午前 11 時 52 分頃、長野・岐阜県境の御嶽山が水蒸気噴火を起こした（写真1）。紅葉シーズンの週末で、天気も良く、昼頃で多くの登山者が火口に近い山頂付近にいたため、57 名の死者と 6 名の行方不明者を出した（2015 年 2 月現在）。火山活動による登山事故としては、とてつもなく大規模なものとなった。

山は火山と非火山に区別でき、火山とは地下のマグマが地表に噴出して出来た山である。我が国ではこの火山のうち過去 1 万年以内に噴火した火山と現在噴気活動が活発な火山を活火山としている。すなわち、



写真1. 噴煙を上げる火口群. 噴火翌日 (2014 年 9 月 28 日 11 時 59 分) に撮影 (GSI地質ニュース Vol.3, No.10)

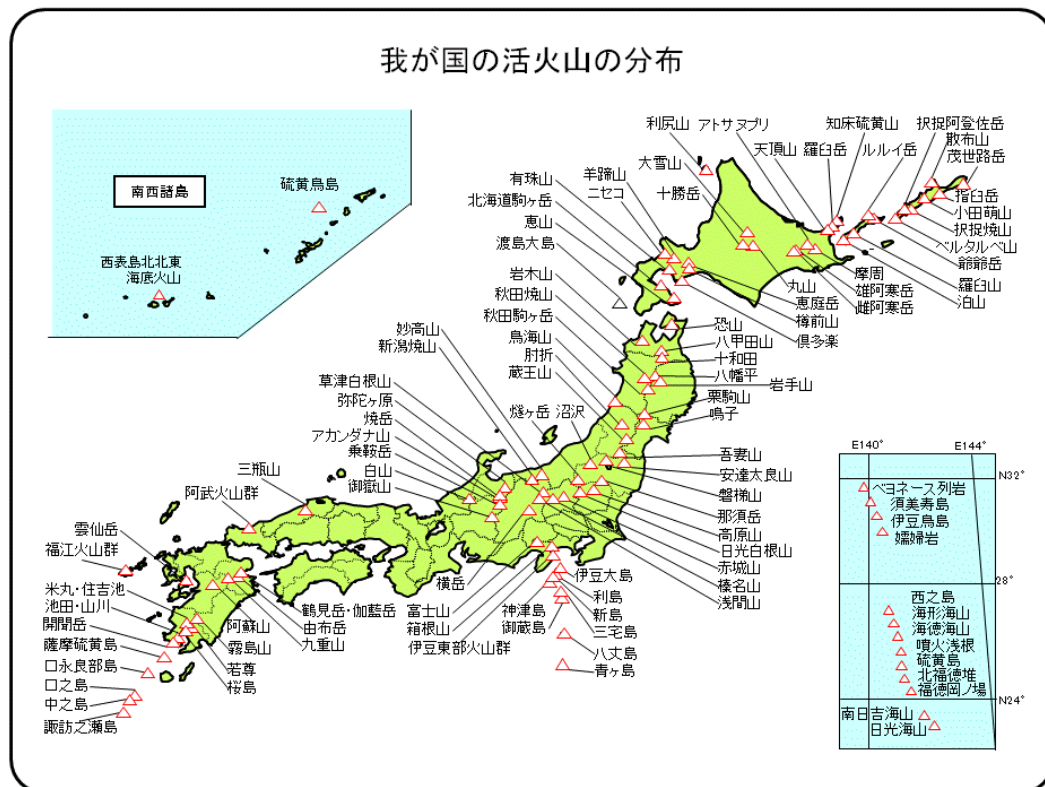


図1. 日本の活火山 (気象庁ホームページ)

活火山はこれからも噴火する可能性のある火山である。現在我が国には 110 の活火山がある（図 1）。このうち 47 活火山の活動の推移を見るため常時火山現象の観測が行なわれている。登山の対象として注目される百名山のうち、約半数の 48 が火山であり、そのうちの 31 が活火山である。ということは、今後も今回のような事故が起こる可能性が絶対にはないとはいえない。

本講演では、火山噴火予知の方法を解説し、活火山の登山で火山活動に関連した事故を軽減する方法を中心に解説する。

火山噴火の形式と火山現象の観測による噴火予知

火山噴火の形式は、大きく分けると、マグマ噴火と水蒸気噴火の二つに分けられ、両者の混じったマグマ水蒸気噴火の 3 タイプに区別される（図 2）。すなわち、水蒸気噴火は山体下のマグマまたは熱い岩盤からの熱で地下水が加熱され、熱水から生じた水蒸気の圧力が大きくなって古い山体を吹き飛ばして起る。マグマ噴火は、山体下のマグマが上昇し、地表に噴出してきたもの。マグマ水蒸気噴火は、マグマが上昇することにより山体下の地下水と接触し、生じた高温の水蒸気圧で噴火が生じたものである。これらのタイプはその

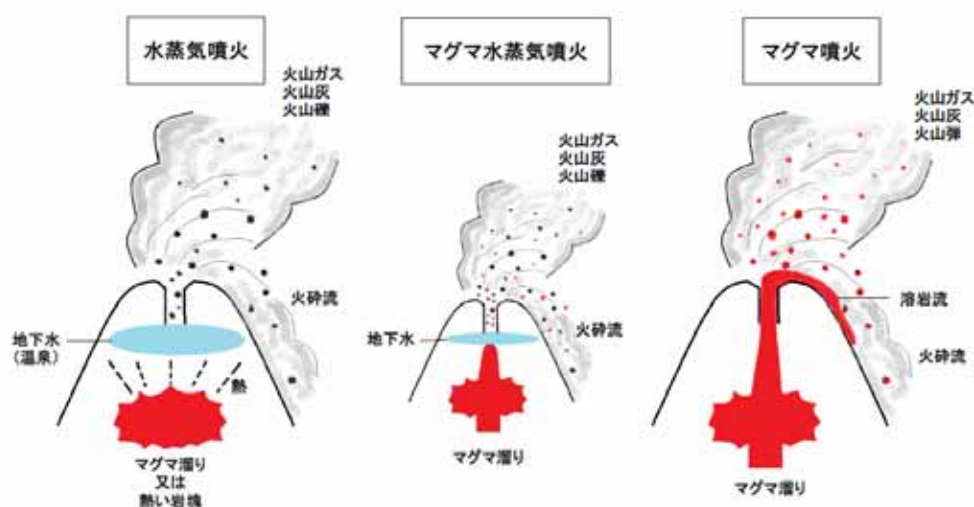


図2. 3種の噴火形式の模式図

噴出物を見ることにより識別できる。マグマ噴火の固体噴出物の大半はマグマ起源の物質（溶岩片等）である（表 1）。水蒸気噴火による固体噴出物は古い山体に由来したものである（表 1）。マグマ水蒸気噴火

表1. 噴火形式と噴出物の構成

水蒸気噴火:	火山ガス、火山灰（古い岩石粉）、粘土、古い岩石片、火砕流（低温）
マグマ水蒸気噴火:	火山ガス、火山灰（主に古い岩石粉＋ガラス（マグマ起源））、古い岩石片、火砕流（高・低温）
マグマ噴火:	火山ガス、火山灰、スコリア（軽石）、溶岩片、溶岩流、火砕流（高温）

の固体噴出物にはマグマが山体中の地下水と接触、急冷して生じたガラスが混在していることが特徴である（表1）。このタイプの噴火の推移はマグマ噴火に変わっていく可能性があるため、噴火災害等を考える時、このガラスの存在の有無の確認は重要である。

全国47活火山については、活動の推移を見るため常時火山現象の観測が行なわれている。観測内容を表2に示した。GPS 測量、光波測量、傾斜計による山体表面の地殻変動の観測はマグマの上昇、水蒸気圧の上昇による山体表面の僅かな隆起を観測するもので、その変化は水蒸気噴火の場合、マグマ噴火の場合にくらべて小さい。この山体の隆起は地震観測（表2、3）による

地下での熱水やマグマの動きの観測（震源の上昇により、噴火の予知が可能な場合がある）とともに、噴火の予知にとっては重要である。水蒸気噴火の場合は地震、地殻変

動ともに小さいので予知が困難である（表2、3）。今回の御嶽山の場合もこのケースである。SO₂火山ガスは高温になった場合にH₂Sより噴出量が上がる事が多いので、噴火の前兆現象として有効である（表2）。

観測結果は、気象庁に設置された全国の学識経験者、関係機関の専門家により構成される「火山噴火予知連絡会」で吟味される。その結果により、各火山について噴火警戒レベル（1～5）を判断し、噴火の警報・予報（図3）が出される。

1970年9月17日午前5時頃に秋田・岩手県境の秋田駒ヶ岳女岳がマグマ噴火を始めた。この頃は秋田駒ヶ岳の常時観測は行われておらず、ある意味“突然”であった。立ち入り制限は全く行われていなかった。幸いに、噴火が早朝であったことと居住地域から離れていたため、人的な被害は出なかった。御嶽山についても、1979年10月28日午前5時頃、突然水蒸気噴火が起った。この時は早朝であったためと噴火開始時の規模が小さかったため、大きな人的被害はなかった。今回の御嶽山の場合も“突然”噴火したように受け取られた面もあった。しかし、現在は常時観測対象であり、観測は行われていた。噴火警戒レベル（図3）は「1（平常）」であったが、山体下は完全に静穏でないことはしばらく前か

表2. 火山現象の観測内容

光波測量、GPS測量、傾斜計による観測	山体表面の地殻変動観測
火山地震観測（地震、微動）	山体下での流体の活動度が観測される。マグマの上昇も観測可能（表3参照）
電磁気観測	マグマの上昇により電流が通りやすくなる。山体下の岩石の破壊により生じる。電波パルスの観測
熱測定	マグマ等の上昇により地表温度が上昇する
火山ガス観測 硫化水素（H ₂ S）、 二酸化硫黄（SO ₂ ）の濃度、比率	高温になるとSO ₂ の比率が高くなる

表3. 火山性震動の種類

地震の種類	原因
火山性地震	急加熱、急冷等により山体下の岩盤が破壊されるときに生じる振動。地表の揺れ方は通常の地震に類似している
火山性微動	気体、液体（水、マグマ）が山体下の岩盤の割れ目を通る時に生じる振動。微動は数日以上も連続することがある
長周期地震	低周波地震。熱水やマグマの動きが原因と推定されている

警報・予報	対象範囲	レベルとキーワード		説明		
				火山活動の状況	住民等の行動	登山者入山者への対応
噴火警報 (居住地域)	居住地域 及び それより 火口側	レベル5 避難		居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは迫迫している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要（状況に応じて対象地域や方法を判断）。	
		レベル4 避難準備		居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まっている）。	警戒が必要な居住地域での避難の準備、災害時要援護者の避難等が必要（状況に応じて対象地域を判断）。	
噴火警報 (火口周辺)	火口から 居住地域 近くまで	レベル3 入山規制		居住地域の近くまで重大な被害を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	通常の生活（今後の火山活動の推移に注意、入山規制）。状況に応じて災害時要援護者の避難準備等。	登山禁止・入山規制等、危険な地域への立入規制等（状況に応じて規制範囲を判断）。
		レベル2 火口周辺規制		火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	通常の生活。	火口周辺への立入規制等（状況に応じて火口周辺の規制範囲を判断）。
噴火予報	火口内等	レベル1 平常		火山活動は静穏。火山活動の状況によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。		特になし（状況に応じて火口内への立入規制等）。

図3. 気象庁による噴火警戒レベル（気象庁ホームページ）

らわかっていた（気象庁ホームページ）。この情報は地元自治体にも伝えられていた。しかし、登山者（入山者）にはこの情報は伝わらなかった。火口の間近にある山小屋からの情報（火山ガス（ H_2S または SO_2 ）濃度の上昇）も届かなかった。気象庁も水蒸気噴火による情報（表2参照）であったこともあって、その変化が小さく、警戒レベルを「2」に上げたのは噴火が起こった後になってしまった。ここには、現在の観測体制その他多くの問題が係わっている。世界で最も噴火予知に成功している火山は桜島と考えられる。これは測定機器が整備されていること、観測者が火山に常駐しているので機器では得られない情報にも対応できる利点がある。桜島は頻繁に噴火を繰り返すので、噴火の特徴が把握できていることも予知の向上に役立っている。

最近、山体下での活動が活発化している3つの活火山について新たに常時観測火山への追加が予知連絡会で検討されている。これも突然噴火によるリスクを軽減させるために重要なことである。

活火山登山での安全対策

不幸にして今回の御嶽山

表4. 活火山登山の安全対策

- 登山時の活動状況を知る
気象庁ホームページの登山者用バナーをクリック
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 火山についての学習（用語の理解、特に登山する火山の活動史・噴火形式を知る）
- 登山コース上の山小屋、シェルター設置場所の確認
- ヘルメット、長袖・長ズボン、手袋（軍手）の着用、マスク、ゴーグル、ヘッドランプの携行：噴石、火山灰からの防御、岩陰への避難
- 火山ガスの検知と地形の観察（濡れ手拭いの利用）
- 二次災害（泥流、スラッシュ雪崩等）への警戒
- 自己責任

の場合のような噴火に突然遭遇してしまった時に、取るべき行動、対策を表4にまとめた。活火山の登山では、ヘルメットは常備品と言えそうである。

表5. 噴火時の噴出物と負傷内容

噴出物の種類	負傷の内容
火山ガス (ガスだけの時噴火とはいわない、噴気)	(表6参照)
火山岩塊 (マグマ起源と非マグマ起源) $\phi > 64\text{mm}$ 以上	打撲 (骨折等)、マグマ起源の時火傷
火山礫 (マグマ起源と非マグマ起源) $\phi 2 \sim 64\text{mm}$	打撲 (骨折等)、マグマ起源の時火傷
火山灰 (マグマ起源と非マグマ起源) $\phi 2\text{mm}$ 以下	呼吸困難、視界不良
熔岩流出 (一次熔岩流と二次溶岩流 (根なし) 溶岩流)	火傷
火砕流 (粉体流、一般に高温 (7,800°C以上)、時に低温 (100°C以下))	呼吸困難、火傷

表5には、主に岩石片等固体噴出物の直撃に対するリスクを示した。上空に吹き上げられた噴石の落下は、ヘルメットで衝撃を和らげる他、大きな岩陰等に隠れて直撃を防ぐように努める。噴火は長時間連続することは一般的に少なく、弱まった時により安全な場所に避難すること。演者は1970年の秋田駒ヶ岳のストロンボリ式噴火では、許可を得て噴火が休んでいる時に火山弾試料採取の行動をとった。試料採取時に噴火が起こった時には上空を見て、火山弾群の隙間に身を持っていくようにすることを考えた。やみくもに走るのには直撃を受ける可能性があるので薦められない。火砕流 (粉体流で地表を這ってくる) が迫ってくる場合はスピードが早いので、横方向に逃げる。不幸にして高温火砕流に飲み込まれた場合は残念ながら助かることはできないと考えるべきである (雲仙火山 1991 年噴火の場合)。

今回の御嶽山の場合低温火砕流に飲み込まれたようであるが、低温であった為に大きな火傷を負わなくてすんだようである。火砕流中での岩石片は上からばかりでなく、横からもやってくるので大きな岩陰等に隠れるか建物内に避難するしか助かる方法はないと考えられる。

溶岩流は火砕流ほど早く流れないので逃げることは可能である。

噴気が盛んな火山の登山では、一般にガスは有毒な場合が多く、空気より重いので窪地地形と無風時には要注意である (表6) (安達太良山 1997 年 9 月の事故)。

表6. 火山ガスの種類、性質と安全対策

大気とくらべて	性質	対策
水蒸気 (H ₂ O)	軽い 無色、無臭、無毒	特になし
二酸化炭素 (CO ₂)	重い 無色、無臭、無毒、高濃度で酸欠	無風の時、窪地に行かない
二酸化硫黄 (SO ₂)	重い 無色、刺激臭、有毒 (喘息患者は発作)	濡れ手拭い等で鼻・口をおおう
硫化水素 (H ₂ S)	重い 無色、卵の腐った臭い、有毒、濃くなると臭いを感じなくなる、神経に作用、呼吸困難に	窪地に近寄らない 救助にも注意

活火山の登山の場合、事前にその火山の過去の噴火歴など噴火の特徴を学習しておく対応がしやすくなる。登山コース上の山小屋やシェルター（噴石等の直撃を防ぐ建物、写真2）の場所を把握しておくといよい。

火山とはどういうものか、噴火形式によるリスクはマグマの化学組成の違いにより異なることまで理解しておくことは、リスクを小さくするために大切なことである。

さらに噴火後の大雨による泥流、融雪時の火山灰まじりの雪崩の発生等、二次災害に対する対応も考えておく必要がある。

気象庁火山噴火予知連絡会に昨年11月に設置された「火山情報の提供に関する検討会」では、登山中の登山者

に緊急情報を携帯電話を利用して連絡することを考えている。これに対応するためには携帯電話のスイッチを常時「ON」にしておく必要があり、自分の緊急連絡も考えた時、予備電池の携行が必要である。もちろん登山届を提出することは大前提である。



写真2. 浅間・黒斑山のシェルター

まとめ

活火山を登山する場合の事故の防ぎ方を中心に解説してきた。今回の御嶽山での事故の後、多くの活火山の地元ではシェルターの新・増設が検討され、気象庁をはじめ警察、消防、自衛隊による救助・医療態勢の整備も検討されている。しかし、登山という行為はあくまでも自己責任で行われるべきものであることを再確認し、繰り返しになるが、ここでは説明しなかった火山全体についての知識を深めてほしい。火山は美しい景観を提供してくれるとともに温泉という恵みを与えてくれることも多い。安全で楽しい登山になるよう願っている。

プロフィール

福岡孝昭

昭和 17 年生まれ

学習院大学理学部卒業・博士課程満退（理学博士）

学習院大学理学部を経て、立正大学地球環境科学部に勤務、平成 25 年定年退職

日本火山学会、日本地球化学会会員

平成 8 年 日本山岳会入会（会員番号 1 2 1 8 5）、日本山岳会科学委員会委員

発行日：2015 年 3 月 14 日

発行人：公益社団法人 日本山岳会 科学委員会

住所：東京都千代田区四番町 5-4

サンビューハイツ四番町

電話：03-3261-4433

編集人：下田俊幸

