

蔵王火山の亜高山帯における気温の通年観測

佐々木 明彦

信州大学山岳科学研究所、本学文学部非常勤講師

I はじめに

東北日本の亜高山帯は、オオシラビソを主要樹種とする植生帯であり、その下位のブナやミズナラを主要樹種とする山地帯と接している。東北日本の各山城では、亜高山帯の下限標高と山地帯の上限標高は100m前後重複することが多い(梶, 1982)が、湿潤な気候環境下に位置する日本においては、植生帯の分布は大局的には気温条件によって規定されていると考えられる(たとえば、吉良, 1948)。

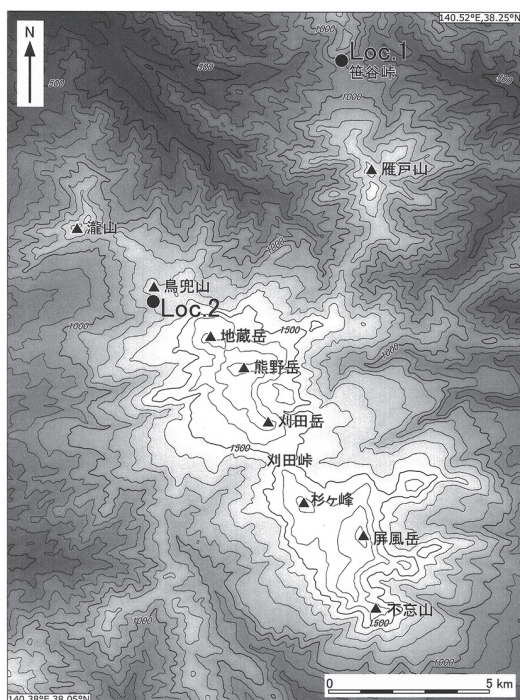
山岳地域では気象庁などの公的機関による気象観測がこれまでほとんど実施されてこなかったため、山岳地域の植生境界における気温条件は、平地の測候所のデータをもとに気温減率を考慮して検討されることが多かった(たとえば、吉良, 1948, 1971; 梶, 1982)。こうして求められた気温条件は、広域では植生境界の説明によく適応する。たとえば東北日本における山地帯と亜高山帯の境界は、暖かさの指数(温度指数) $45^{\circ}\text{C} \cdot \text{月}$ とされる(吉良, 1948)。ただし、気温減率は時間的あるいは空間的に変動することが指摘されており(たとえば、長谷川, 1970, 1974; 吉野, 1986)、平地の気温から最適な気温減率を求めるのは困難であるともいえる。これに対して、大森・柳町(1988, 1990)は、短期間ではあるものの山岳地域で得られた気象データ(たとえば、農業技術協会冷害気象調査委員会, 1954; 気象庁, 1958)を用いて重回帰式を作成し、その式を用いて各樹種の分布上限および下限ごとに月別平均気や温度指数、年平均気温などを算出した。しかしながら、これらの山岳気象データにしても、山頂付近で得

られたものがほとんどである。また、気象庁のメッシュ気候値を用いて、オオシラビソ林の分布と気象要素との関係を考察する研究が近年行われている(たとえば、Daimaru and Taoda, 2004; 比留間ほか, 2009)。こうした研究では、GISを用いて植生分布と複数の気象要素との関係を広く面的に検討することができるが、気象データのメッシュが1km四方と大きいため、気象データの空間分解能に問題が残る。植生帯の境界は山地の中腹などに出現するので、気温減率などにも地形の影響が現れる(たとえば、梅本, 1994)ため、植生帯の境界の気温条件を検討するには、研究者個々が植生帯の境界で気温観測を行っていくことが依然として必要であるのではないだろうか。

以上の観点から、本研究では、東北日本の中部に位置する蔵王火山において、亜高山帯針葉樹林であるオオシラビソ林の分布の下限において通年の気温観測を実施し、通年の気温データを整理するとともに、暖かさの指数と夏季平均気温を求めた。

II 調査地域

蔵王火山は、奥羽脊梁山脈の主軸に斜行して北西-南東走向に連なる火山列であり(今田・大場, 1985)、中央蔵王火山体と南蔵王火山体に大きく区分される。中央蔵王は、刈田岳(標高1758m)、熊野岳(標高1841m; 最高峰)、地藏岳(標高1736m)、鳥兜山(標高1387m)などからなる火山体で(第1図)、100万年前~60万年前頃、32万年前~12万年前頃、3万年前頃にそれぞれ溶岩を噴出し、とくに32万年前



第1図 調査地域

～12万年前頃に火山体の大部分が形成されたと考えられる(高岡ほか、1989)。南蔵王は刈田峠から南側の稜線をつくる杉ヶ峰(標高1745m)、屏風岳(標高1825m)、不忘山(標高1705m)などからなる火山体で(第1図)、28万年前頃を中心に形成された(八木、2005)。蔵王火山群の北端は標高906mの笹谷峠である(第1図)。主稜線に峰をもつ雁戸山(標高1484m)から笹谷峠にかけては緩やかな火山原面が残っているが形成年代は不明である。笹谷峠から不忘山まで約20kmのひろがりをもつ。

蔵王火山の植生は、標高1300～1400m付近までが山地帯で、ブナやミズナラを主体とする落葉広葉樹林が占めている。それ以高は亜高山帯で、オオシラビソが占める。ただし、急斜面や崩壊地にはオオシラビソは生育せず、かわりにダケカンバ林が成立している。また、標高1600m以上の主稜線にはオオシラビソ林は成立せず、ハイマツ群落やミネズオウ、ガンコウラ

ンなどの低木群落が分布する(菊池・菅原、1978)。花粉分析学的研究によれば、亜高山帯の大部分を占めるオオシラビソ林は1000年前以降に分布を拡大したと考えられる(守田、1985)。

Ⅲ 気温観測の方法

1. 気温観測地点の状況

気温観測は笹谷峠(Loc.1)と鳥兜山の南向き斜面(Loc.2)の2カ所で実施した(第1図)。Loc.1は、標高920mで、オオシラビソの疎林がみられる笹谷峠の北側斜面に位置する(第2図)。ここでは、最大樹高が7mのオオシラビソが10数個体分布するのみで、斜面の植生はササと広葉低木が優勢である。また、周囲の尾根部にはブナやミズナラが分布する。オオシラビソの樹枝の枝折れの状況から、この付近の積雪深は3m以内と推定される。Loc.2は中央蔵王の山腹に位置する。この付近より上部の領域ではオオシラビソが優占するので、連続的に分布するオオシラビソ林の下限に相当するといえる(第3図)。オオシラビソの樹枝の状況から、この付近の積雪深は最大でも4m以内と推定される。



第2図 笹谷峠の北側斜面にみられるオオシラビソの疎林(Loc.1)



第3図 蔵王火山におけるオオシラビソの連続的な分布の下限の景観 (Loc.2)

2. 観測方法

気温観測にはT&D社のサーミスター温度センサー付きデータロガー (TR-52) を用いて、Loc.1では2011年の10月31日から、Loc.2では2012年の10月25日より、それぞれ60分ごとの気温を記録した。観測に際しては、センサーが積雪に埋没しないようにするため、Loc.1では地表から3mの高さにあるオオシラビソの樹枝に測器を設置し (第4図)、Loc.2では、地表から4mの位置のオオシラビソの樹枝に測器を設置した。また、センサーの感温部への直射日光を遮るため、自然通風が十分に可能なように、外装を白色にした直径15cmの塩化ビニル製の



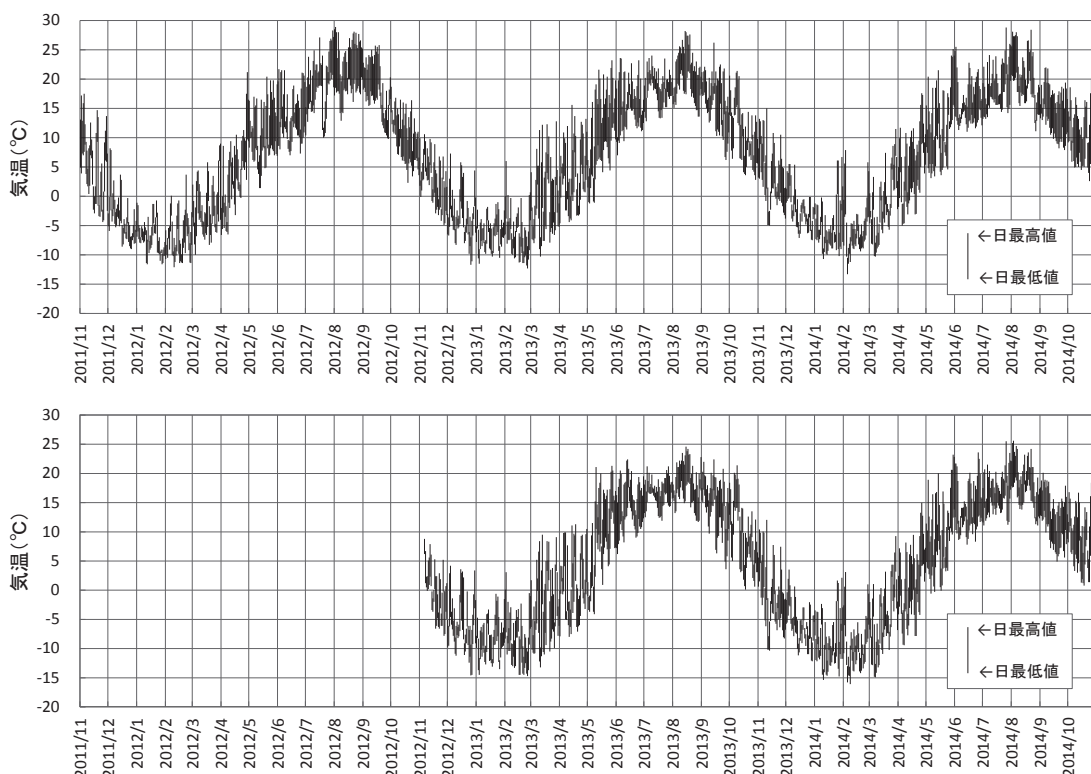
第4図 気象観測機材の設置状況 (Loc.1)

パイプでセンサー感温部を覆った (第4図)。なお、使用したサーミスター温度センサーの測定精度は、温度 -20°C ~ 80°C の範囲で平均 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ である。

IV 結果と考察

図5に日最高気温と日最低気温の推移を示す。Loc.1は2011年11月1日~2014年10月31日、Loc.2は2012年11月1日~2014年10月31日の観測値である。観測期間中のそれぞれの極値は、Loc.1で 28.8°C (2014年7月26日) と -13.3°C (2014年2月5日) であり、Loc.2では 25.5°C (2014年7月26日) と -15.8°C (2014年2月5日) である。気温の日較差の最大は、Loc.1で 20.3°C (2013年3月10日)、Loc.2では 20.6°C (2013年3月10日) であり、両地点での差はほとんどないとみなされる。Loc.1の通年の気温状況は、11月半ばに凍結融解が発生するようになり、12月中旬から2月いっぱい真冬日として推移し、その後4月上旬まで凍結融解が発生する。Loc.2では11月上旬に凍結融解が発生するようになり、12月上旬から3月上旬まではほぼ真冬日で推移し、その後4月末まで凍結融解が発生する。以上のように、極値の出現日は両観測地点に共通するうえ、通年の気温状況のうち、とくに凍結に関わる気温推移がLoc.1に対してLoc.2が半月長いことが明らかとなった。これらのことから、本観測で得られた気温データは山域に共通の事象を示すものであると考えられ、両観測地点の通年の気温状況は基本的に標高の違いによって生じているといえそうである。

気温観測結果にもとづく2011年11月~2014年10月の各月の気温観測データを第1表に示した (Loc.2は2012年11月~2014年10月)。また、月平均気温の推移を図6に示した。両観測地点における最暖月は8月であるが、最寒月は1月である年と2月である年がある。Loc.1にお



第5図 両観測地点における日気温の推移（上：Loc.1，下：Loc.2）

ける最暖月の平均気温は、2012年と2013年は20℃を超えたが、2014年は20℃を下まわった。一方、Loc.2の最暖月の平均気温は、2013年および2014年とも、ほぼ同じ値である。また、最寒月の平均気温は、Loc.1では2012年が−7.0℃、2013年が−6.5℃、2014年が−5.7℃と、過去3年間で1℃以上低くなった。この傾向はLoc.2でも認められる。

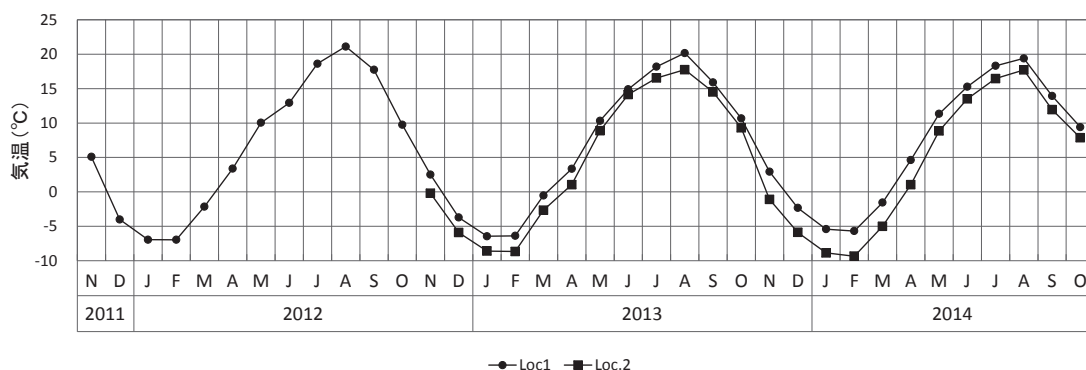
気温観測結果（第1表）をもとにして、月平均気温5℃以上の月を対象として各年の暖かさの指数を求めた（第2表）。Loc.1では、60.2℃・月（2012年）、60.2℃・月（2013年）、57.6℃・月（2014年）となった。また、Loc.2では、51.1℃・月（2013年）、46.5℃・月（2014年）となった。これらの値は、吉良（1948）が示した日本における山地帯・亜高山帯の境界の暖かさの指数よりも大きい値であり、いずれも山地帯の温度領

域に該当する。梶（1982）によれば、蔵王火山における暖かさの指数45℃・月となる標高は1300～1350mと算定されている。本研究のLoc.2は、梶（1982）が示した標高に位置するが、暖かさの指数は45℃・月より大きな値となっている。また、大森・柳町（1990）が算定した、東北日本におけるオオシラビソ林の分布下限の暖かさの指数は40.5±6.0℃・月であり、本研究のLoc.2で得られた暖かさの指数は、この数値の上限値より大きい（2013年）か同じ値（2014年）である。実測の気温データにもとづく亜高山帯下限における暖かさの指数は、45℃・月よりも大きい値となる可能性があると考えられるが、この点についてはデータを蓄積してさらに検討していく必要がある。

第3表に夏季（7月と8月）平均気温を整理した。Loc.1で19.9℃（2012年）、19.2℃（2013

第 1 表 両観測地点における気温状況

		Loc.1			Loc.2		
		月平均気温	月平均最高気温	月平均最低気温	月平均気温	月平均最高気温	月平均最低気温
2011年	11月	5.1	8.3	1.9			
	12月	-4.0	-2.1	-5.8			
2012年	1月	-7.0	-5.6	-8.4			
	2月	-7.0	-4.9	-9.1			
	3月	-2.1	0.5	-4.8			
	4月	3.4	6.6	0.4			
	5月	10.1	14.2	6.9			
	6月	12.9	16.6	10.1			
	7月	18.6	21.8	16.2			
	8月	21.1	25.3	17.8			
	9月	17.7	21.0	15.3			
	10月	9.8	13.0	7.1			
	11月	2.5	5.2	0.1	-0.2	2.2	-2.7
	12月	-3.7	-1.2	-5.8	-5.9	-3.2	-8.4
2013年	1月	-6.5	-4.7	-8.1	-8.6	-6.4	-10.6
	2月	-6.4	-4.0	-8.8	-8.7	-5.7	-11.3
	3月	-0.5	3.5	-4.5	-2.7	1.3	-6.9
	4月	3.4	7.2	0.1	1.0	4.5	-2.5
	5月	10.3	15.2	6.0	8.9	13.0	5.1
	6月	14.9	18.4	12.2	14.1	17.6	11.2
	7月	18.2	20.5	16.5	16.5	18.5	14.9
	8月	20.2	23.5	17.6	17.8	20.6	15.5
	9月	15.9	19.3	13.1	14.5	17.8	11.6
	10月	10.7	13.7	8.1	9.3	12.5	6.6
	11月	2.9	6.3	0.1	-1.1	2.5	-4.3
	12月	-2.3	-0.7	-3.7	-5.9	-4.0	-7.7
2014年	1月	-5.4	-3.0	-7.7	-8.9	-6.2	-11.5
	2月	-5.7	-3.5	-7.9	-9.4	-7.1	-11.7
	3月	-1.6	0.9	-3.7	-5.0	-2.2	-7.7
	4月	4.6	8.6	0.9	1.0	5.1	-2.9
	5月	11.3	15.7	7.7	8.9	13.4	5.0
	6月	15.3	18.4	12.9	13.5	16.9	10.8
	7月	18.3	21.3	15.8	16.5	19.2	13.9
	8月	19.4	22.7	17.2	17.7	20.6	15.6
	9月	13.9	17.8	11.1	12.0	15.7	9.0
	10月	9.4	13.2	6.2	7.9	11.7	4.5



第 6 図 両観測地点における月平均気温

第2表 両観測地点における暖かさの指数(℃・月)

	Loc.1 920m	Loc.2 1350m
2012年	60.2	—
2013年	60.2	51.1
2014年	57.6	46.5

年)、18.9℃(2014年)であり、Loc.2では17.2℃(2013年)、17.1℃(2014年)となった。Loc.2の値は、重回帰式で推定された東北日本におけるオオシラビソの分布下限標高の夏季平均気温 $16\pm1.1^{\circ}\text{C}$ (大森・柳町、1990)の範囲にあてはまる。一方、Loc.1における夏季平均気温は、大森・柳町(1990)の推定値より最大2.8℃高い値となっている。Loc.1では暖かさの指数も山地帯の範囲に相当するので、Loc.1に分布するオオシラビソ林は、山地帯の温度領域に食い込んで分布しているといえそうである。オオシラビソが従来考えられてきたよりも高い温度領域での生活が可能なのか、あるいは、過去の気温環境下でより広い範囲に分布していた林分が縮小した結果なのか、Loc.1での気温データのさらなる蓄積が重要であるだけでなく、Loc.1に分布するオオシラビソの生理・生態学的な検討も必要となろう。

V まとめ

東北日本中部に位置する蔵王火山のオオシラビソ林が分布する2地点において、2011年11月から2014年10月まで気温観測を実施し、各年の気温データを整理した。その結果、オオシラビソの連続的な分布の下限(Loc.2)における暖かさの指数は、 $51.1^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ (2013年)、 $46.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ (2014年)となった。これらの値は、これまで知られているオオシラビソ林下限での暖かさの指数 $45^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ よりも大きな値である。また、同地点における夏季平均気温は 17.2°C (2013

第3表 両観測地点における夏季平均気温(℃)

	Loc.1 920m	Loc.2 1350m
2012年	19.9	—
2013年	19.2	17.2
2014年	18.9	17.1

年)、 17.1°C (2014年)となり、これまでに知られているオオシラビソ林下限の温度領域に包含される。一方、疎林として存在する、より標高の低いオオシラビソ林(Loc.1)では、暖かさの指数は $60.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ (2012年)、 $60.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ (2013年)、 $57.6^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ (2014年)となった。また、夏季平均気温は 19.9°C (2012年)、 19.2°C (2013年)、 18.9°C (2014年)となり、いずれの値もこれまでに知られている値よりも明らかに大きい。これらのことは、オオシラビソが従来考えられてきたよりも高い温度領域での生活が可能であることを示すのか、あるいは過去の気温環境下でより広い範囲に分布していた林分が縮小したことを示すのか、さらなる検討が必要である。現状では今後の課題と言わざるをえない。

本研究は2012～2014年度日本学術振興会学術研究助成基金助成金(基盤研究(C)「中部山岳地域の亜高山帯における地表環境特性が森林動態に与える影響の解明」(課題番号:24501288;研究代表者:佐々木明彦)の一部を使用して行われた。

文献

- 梅本 亨(1994):東北地方における山地気候の地理学的研究—奥羽山脈南西部の谷における気温観測からの考察—。明治大学人文科学研究所紀要、**36**、213-228。
- 大森博雄・柳町 治(1988):ブナ林帯上限および下限の温度領域と更新世末期から完新世中期にかけての夏季気温変化。第四紀研究、**27**、81-100。
- 大森博雄・柳町 治(1990):東北地方山岳地域における主要樹種垂直分布の上限,下限の温度領域と古気

- 温の推定に有効な樹種. 地理学評論、**63A**、100-118.
- 梶 幹男 (1982)：亜高山性針葉樹の生態地理学的研究
—オオシラビソの分布パターンと温暖期気候の影響—. 東京大学農学部演習林報告、**72**、31-120.
- 菊池多賀夫・菅原亀悦 (1978)：自然公園蔵王連峰の植生『蔵王国定公園・県立自然公園蔵王連峰学術調査報告』52-66.
- 気象庁 (1958)：『山岳気候表：昭和14-23年（気象庁観測技術資料、第9号）』気象庁、27p.
- 吉良龍夫 (1948) 温量指数による垂直的気候のわかちかたについて—日本の高冷地の合理的利用のため. 寒地農学、**2**、143-173.
- 吉良竜夫 (1971)：日本の森林帯. 吉良竜夫編：『生態学からみた自然』河出書房、105-141.
- 今田 正・大場与志男 (1985)：蔵王火山の火山地質. 山形県総合学術調査会編『蔵王連峰（山形県総合学術調査報告書）』山形県総合学術調査会、1-24.
- 高岡宣雄・今野幸一・大場与志男・今田 正 (1989)：蔵王火山溶岩のK-Ar年代測定. 地質学雑誌、**95**、157-170.
- 農業技術協会冷害気象調査委員会 (1954)：『本邦累年気候表』農業技術協会、679p.
- 長谷川 力 (1970)：本邦の山岳における気温の特性. 地球科学、**24**、35-39.
- 長谷川 力 (1974)：本邦における気温遞減率について（補足）. 地球科学、**28**、41-46.
- 比留間祐太・齋藤 仁・中山大地・泉 岳樹・松山 洋 (2009)：決定木を用いたオオシラビソの分布規定要因に関する定量的研究. GIS—理論と応用、**17**、155-165.
- 守田益宗 (1985)：蔵王山の亜高山帯における植生変遷. 日本花粉学会会誌、**31**、1-5.
- 八木浩司 (2005)：舟形・蔵王火山群. 小池一之・田村俊和・鎮西清高・宮城豊彦編『日本の地形3 東北』東京大学出版会、169-176.
- 吉野正敏 (1986)：『新版 小気候』地人書館、298p.
- Daimaru, H. and Taoda, H. (2004)：Effect of snow pressure on the distribution of subalpine *Abies mariesii* forests in northern Honshu Island, Japan. *Journal of Agricultural Meteorology*, **60**, 253-261.