

## 蓼科山北麓に見られる冬期山岳部高温状態に関する基礎的研究

牛山素行\*・北澤秋司

信州大学農学部 森林科学科 山地環境保全学講座

\*科学技術振興事業団 〒102 東京都千代田区

**要約** 長野県中部の八ヶ岳山腹(標高1720m)における1991~1995年の5年間の冬期(1~3月)気温観測結果を元に、平地部(標高715m)との気温差を調べた。平均的には各年とも0.45~0.51°C/100mの気温減率で山腹の方が気温が低かったが、気温減率0.4~0.6°C/100mの範囲内にある事例は、全観測時間の2割に過ぎなかった。山腹が平地部より気温が高い状態を山岳部高温状態と定義し発生頻度を見ると、各年とも200時間前後となり、これは、全時間の約1割に相当する。山岳部高温状態発生に至る気温変化をパターン化し、各パターンの頻度を調べてみると、山腹が昇温して発生に至った事例が各年とも過半数を占めた。このことから、事例地における山岳部高温状態は、接地逆転によって形成されたものだけではなく、沈降性逆転および前線性逆転が多いことが示唆される。山岳域は平地と比べ一定比率で気温が低減しているという認識にとどまらず、より詳細に各地の山岳域の気温特性について検討する必要がある。山岳部高温状態の発生下で、土石流が発生した事例も確認されており、この現象の検討は、防災上の意義も高まりつつある。

**キーワード**: 気温逆転, 山岳部高温状態, 八ヶ岳

### 緒言

大気は乾燥状態で断熱変化した場合100m上昇する毎に約1°C、飽和湿潤状態の場合100m上昇する毎に約0.5°Cずつ温度が低減する。現在でも、山岳域における気象観測は十分な資料が得られていないことから、山岳域の気温を推定する際、この減率を用いて、0.5~0.6°C/100mという割合で気温減率(以下では山地において標高とともに気温が変化する割合を気温減率と言う)を定義し、推定を行う場合が少なくない。しかし、湿潤断熱減率は気圧や気温により変化する。例えば1000hPa、-20°Cの湿潤断熱減率は0.86°C/100m、1000hPa、+20°Cの場合は0.44°C/100mであり<sup>6)</sup>、このことから、山地の気温減率は季節によっても変わることが考えられる。また、山岳域の斜面においては、一様な気温減率を示すわけではなく、特に中腹部においては気温減率が小さくなることや<sup>2)</sup>、低標高の山では気温減率が小さくなること<sup>6)</sup>などが指摘されている。これらの原因の一つとしては、平地部の接地逆転の影響があり、例えば関東平野北部の山地中腹部にミカンの作

付けが見られることなどが古くから指摘されている<sup>5)</sup>。接地逆転の厚さは、比高100~200m規模であるが、これよりかなり高い、比高1000m規模の山岳域においても気温逆転(以下、本論文では「山岳部高温状態」)が観測されることが最近指摘され始めており<sup>1,3)</sup>、これは山岳域の気温特性や、気温減率による広域的な気温推定を考える上で、無視できない問題である。筆者は、長野県中部の八ヶ岳周辺において、1991年冬から主として冬期の気温観測を実施しており、山岳部高温状態に関しての検討を進めている。今回は、第一報として、従来何度か行った集中観測時に特徴的な観測結果の見られた、標高1720m付近の虹ノ平観測所について、その特徴を検討する。

### 研究方法

#### 1 観測地点

観測所を設置しているのは、長野県中部にある蓼科山北側斜面の標高1720m付近である(図1)。周囲は、1990年頃に皆伐され、その後カラマツが植栽されているが、樹高は1~2m前後であり、日射、風通しとも良好な地点である(図2)。平地部には観測所を置いていないため、近傍の気象庁

受理日 6月26日

採択日 8月1日

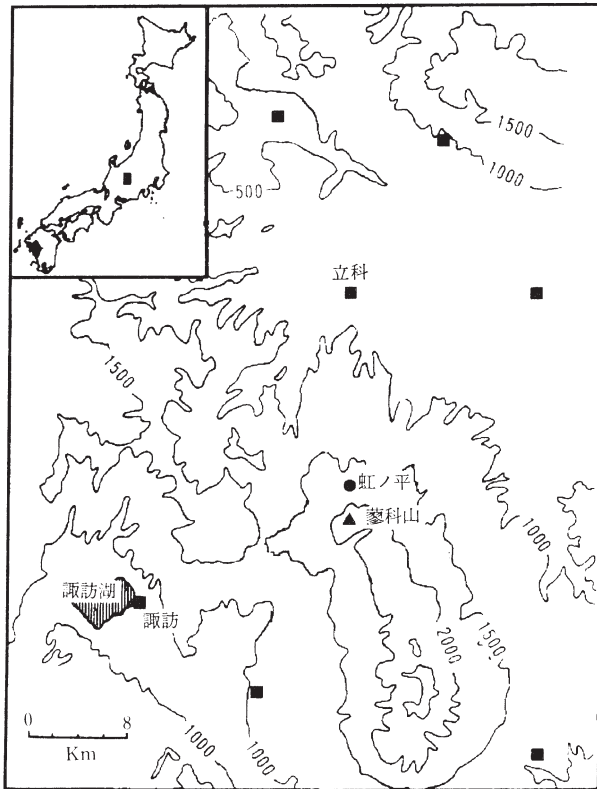


図1 観測所位置図

■：気象庁 AMeDAS 観測所

AMeDAS 観測所である立科観測所 (715m) の観測値を利用した。

## 2 観測手法

各観測所には、小型百葉箱 (内寸約30cm×30cm×30cm) を取り付け、内部に自記記録式の気温データロガー (コーナシステム社製, KADEC-U, KADEC-U2) を設置している。センサー部の位置は地上約1.5m となるように設置している。なお、強制通風は行っていない。虹ノ平では、例年積雪があるが、風の強い場所でもあるため積雪量は1m に達することはほとんど確認されず、百葉箱が埋雪するようなことはない。

観測は、10分毎に行っているが、解析に利用しているのは毎正時の値のみである。平均気温、最高・最低気温等もこの値を元に算出している。なお、この手法は、AMeDAS 観測値の処理方法と同様である。

## 3 観測期間

各観測所は、1990年12月に設置し、以来現在まで観測を継続している。例年、12月に開始し、翌年5月頃に終了している。原則的に、夏期は観測を行っていない。今回は、これまでの観測結果のうち、AMeDAS データが入手でき、自己設置観測所のデータにも長期の欠測値のない、1991~1995年の5年

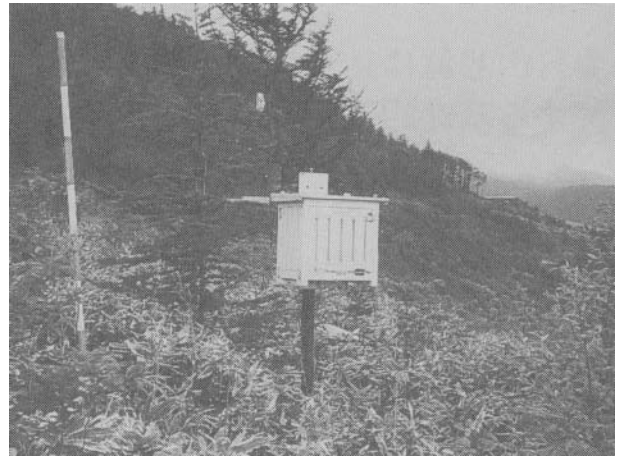


図2 虹ノ平観測所

間の冬期 (1~3月) を解析対象とした。

## 結果

### 1 気温変化の特徴

まず、立科、虹ノ平における日平均気温、最高、最低気温の5年平均値の推移を、図3に示す。1、2月は、立科が平均気温 $-2^{\circ}\text{C}$ 前後、虹ノ平が $-6^{\circ}\text{C}$ 前後で推移し、3月になるといずれも上昇傾向となる。虹ノ平では、1、2月は最高気温が $0^{\circ}\text{C}$ 以上となる日はほとんどなく、2ヶ月間ほぼ真冬が続く状態である。気温日較差は、概して虹ノ平の方が立科よ

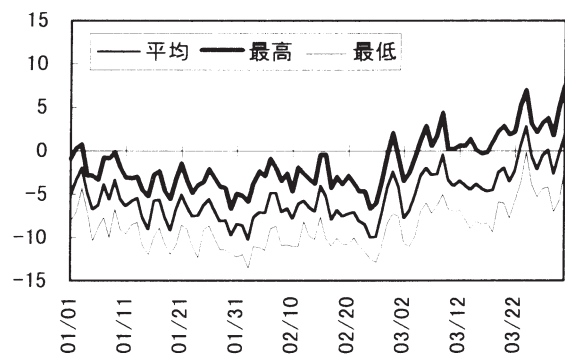
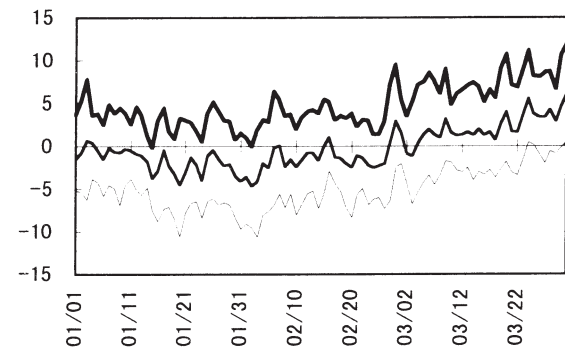


図3 立科(上)・虹ノ平(下)の気温5年平均値

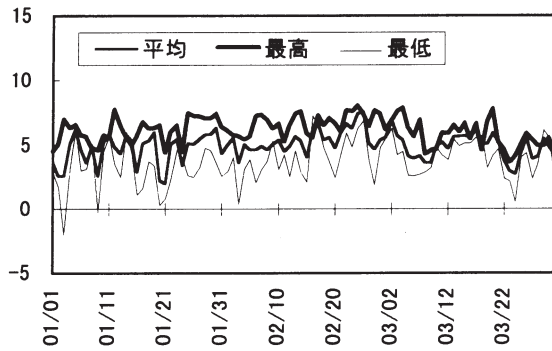


図4 立科と虹ノ平の日別気温差(5年平均値)

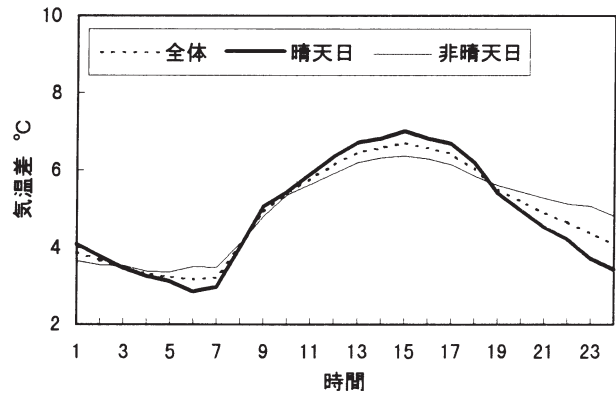


図5 立科と虹ノ平の時間別平均気温差(5年平均値)

り小さく、平均すると虹ノ平7.4°C、立科9.9°Cである。これは山岳域の一般的な特徴<sup>6)</sup>と一致する。

## 2 気温差の特徴

日平均気温、最高、最低気温に関して、立科の値から虹ノ平の値を引いた値を、両地点の差とし、各日毎の5年平均値の推移が図4である。最高気温の差は平均6.1°C、最低気温の差は平均3.7°Cと、全般に最高気温の差が大きく、最低気温の差が小さい。また、標準偏差は最高気温の差が1.053、最低気温差が1.671であり、最低気温の差は日による変動が大きい。1月から3月にかけての経時的な変化は明瞭ではなく、少なくとも冬期間内においては虹ノ平と立科の相対的な気温差の関係に大きな変化はないことがうかがえる。

毎正時値を元に、時間毎の気温差を平均したものが図5である。日中に気温差が大きく、夜間に小さくなり、気温差の日較差は3.5°Cであった。気温差の極大時は最高気温の出現時に、極小時は最低気温の出現時にほぼ一致している。AMeDAS 立科の日照時間を元に、1日の日照時間が6時間以上の日を「晴天日」、6時間より少ない日を「非晴天日」と分類して、それぞれ同様に気温差を計算してみたところ、晴天日は気温差の日較差が大きく(4.16°C)、非晴天日は小さく(3.01°C)なる傾向が見られたが、

極大、極小の出現時間など、時間別の変化形態に大きな相違は見られなかった。晴天日の気温差と非晴天日の気温差の間の差がもっとも大きくなるのは24時であるが、1時から朝にかけては小さくなっている。この原因については今のところ十分解明できていないので、今後の課題としたい。

## 3 気温逆転の特徴

### (1) 発生頻度

これまでの検討結果からは、平均的に見れば、虹ノ平の方が全般に立科より気温が低い傾向が認められるが、最低気温の気温差は全観測時間の平均で3.7°Cと、気温減率0.5°C/100mとした場合の気温差5.0°Cより小さく、日別平均値でも気温差が0°Cに近い日も何日か見られることから、逆転状態の場合も少なくないと考えられた。そこで、ここでは気温が逆転状態にあり、虹ノ平が立科より高温な状態になっている場合を山岳部高温状態とし、その特徴を検討した。まず、年別の山岳部高温状態の発生状況をまとめてみると、表1ようになる。山岳部高温状態の発生している合計時間は、1～3月の間に160～236時間であり、これは観測全時間の1割程度の割合で発生していることになる。また、山岳部高温状態発生中に、立科に降水が記録されている時間は、94年を除いて5～20時間あった。観測全時間に

表1 年別山岳部高温状態発生状況

年	1991	1992	1993	1994	1995	計
全時間	2160	2184	2160	2160	2160	10824
降水時間(立科)	99	115	123	59	77	473
気温逆転時間	233	236	184	228	160	1041
全時間に対する比率	10.8%	10.8%	8.5%	10.6%	7.4%	9.6%
気温逆転・降水有の時間	13	5	20	0	13	51
降水時間に対する比率	13.1%	4.4%	16.3%	0.0%	16.9%	10.8%

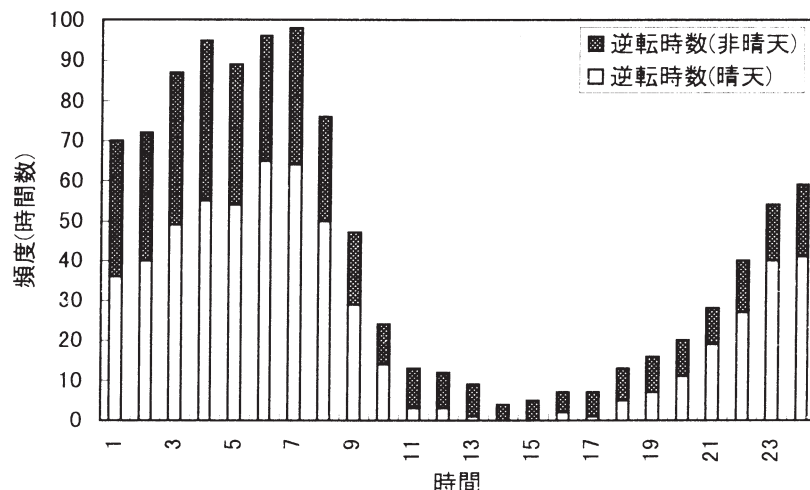


図6 時間別山岳部高温状態発生頻度  
5年間の合計時間数

表2 山岳部高温状態形成パターン別事例数

年	1991	1992	1993	1994	1995	計(比率)
事例数	20	26	25	23	20	114
虹ノ平の昇温により形成	8	17	16	18	11	70(61%)
立科の降温により形成	11	6	6	4	7	34(30%)
不明瞭	1	3	3	1	2	10(9%)

※山岳部高温状態が3時間以上継続した場合を1事例とした

対してはわずかな時間数であるが、期間中、立科に降水のあった時間は60~120時間であり、これに対してはそれぞれ1割程度の時間数に相当する。

#### (2) 発生時間帯別の特徴

時間別の山岳部高温状態発生頻度を見ると図6のようになる。深夜から早朝にかけての発生が50~70時間と圧倒的に多く、日中の発生事例は少ない。このことから、山岳部高温状態の多くが、接地逆転によるものであることが類推される。前節で用いた定義により晴天日と非晴天日に分けて調べてみたところ、夜間の山岳部高温状態は晴天日の比率が高く、昼間は非晴天日の比率が高くなった。昼間の山岳部高温状態は事例数は少ないが、前線性逆転や、地形性の逆転など、接地逆転以外の原因によるものと考えられる。観測所の標高の高さから考えて、高気圧性の沈降性逆転も原因の一つとして考えられるが、現在の資料からは、その分離は困難である。

#### (3) 気温変化パターン別発生頻度

山岳部高温状態の発生原因を知る資料とするために、高温状態発生に至る際の気温変化をパターン化し、それぞれの頻度を調べた。まず、山岳部高温状態が3時間以上継続した場合を1事例として、事例数をカウントした。次に、各事例について気温変化

のグラフから、①虹ノ平の気温が上昇して逆転状態となった事例、②虹ノ平の気温に大きな変化はなく立科の気温が下降することによって逆転状態となった事例、③形成過程が不明瞭な事例の3種類に分類し、それぞれの事例数をカウントした。結果を表2に示す。事例数は各年とも20~26時間で大きな違いはない。形成過程のパターンでは、1991年以外は、過半数が虹ノ平の昇温によって形成された事例であった。

接地逆転によって形成された高温状態であれば、①のパターンにはならないと思われるので、この結果は、夜間~早朝に発生した事例であっても、必ずしも接地逆転によるものではないことを示唆している。

#### 4 立科-虹ノ平間の気温減率

最後に、立科-虹ノ平間の時間別気温減率を調べた。平均すると、年によって多少異なるが、0.45~0.51°C/100m程度であった。事例数で見ても最も多いのは0.6~0.8°C/100mの事例であり(図7)、これは一般的に用いられている山岳部の気温減率より大きい値である。また、頻度分布は正規分布型にはなっていない。梅本<sup>2)</sup>による奥羽山地の事例では正規分布に近い分布になっており、これが虹ノ平の

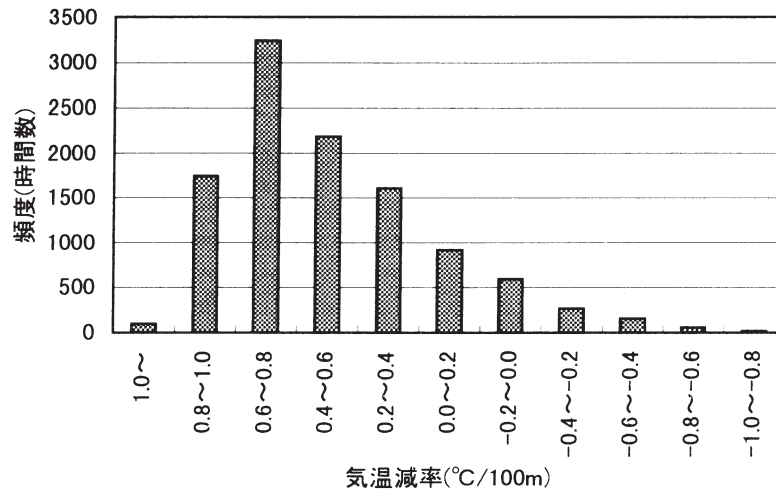


図7 立科-虹ノ平間の気温減率頻度分布

特徴であるのかどうかは、今後八ヶ岳周辺の他の観測所と比較するなどして検討する必要がある。

### ま と め

解析対象期間中の日平均気温を見ると、1、2月は、立科が $-2^{\circ}\text{C}$ 前後、虹ノ平が $-6^{\circ}\text{C}$ 前後となり、平均的にはよく言われている気温減率約 $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ に近い値となった。また、虹ノ平の方が、立科に比べて平均的な気温日較差が小さいことも、従来から山岳部の気温変化の特徴として指摘されていることに一致した。

虹ノ平の方が立科より気温が高い状態を山岳部高温状態として定義し、解析対象の5年間中の1~3月における発生頻度を見ると、各年とも200時間前後となった。これは、全時間の約1割に相当する。山岳部高温状態の時間別発生頻度を見ると、深夜から早朝にかけての発生が圧倒的に多く、日中の発生事例は少ない。また、晴天日、非晴天日別に見ると、夜間の高温状態は晴天日の比率が高く、昼間は非晴天日の比率が高くなった。これらのことから、山岳部高温状態は、主として接地逆転および沈降性逆転によって形成されたものであることが示唆される。

高温状態発生に至る際の気温変化をパターン化し、各パターンの頻度を調べてみると、虹ノ平の気温が上昇して逆転状態となった事例が各年とも過半数を占めている。接地逆転によって形成されたものであれば、このような気温変化が起こることは考えにくい。また、接地逆転によって形成される逆転層の高度は、従来 $100\sim 200\text{m}$ 程度と言われており、これらの事例については、従来確認されている接地逆転とは異なる要因によって形成されたものと思われる。

接地逆転以外の要因として考えられるのは、高気圧勢力下における沈降流の発生による沈降性逆転および低気圧勢力下の前線性逆転があり、これらはそれぞれ異なる状況下で発生するものと思われる。

山岳部では平地と比べて気温が低減するととらえがちであるが、調査対象地に関して言えば、一般によく言われる $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の気温減率が適用できるのは全体の2割以下である。特に、冬期に平地の気象状況から山岳部の状況を推定する際には十分な注意が必要である。冬期に山岳部高温状態が発生し、この結果降水が雨になり、土石流発生の一因となった事例もあり<sup>4)</sup>、この現象の特徴解明は、防災科学の面からも意義を増している。

今後は、高温状態発生時の気象状況を元に成因別の発生頻度を検討するとともに、他の標高帯、位置の違う同一標高帯などでも発生が見られるかどうかについて検討を進めるとともに、高温帯の存在が、植生等に与える影響についての評価も行ってみたい。

### 謝 辞

本研究で用いた観測所の展開・維持にあたっては、信州大学農学部森林科学科の宮崎敏孝助教授にご指導をいただいた。観測所の設置にあたっては、長野県立科町役場商工観光課林務係にお世話をいただいた。AMeDASデータの利用にあたっては、東京都立大学大学院の田中博春氏にご協力をいただいた。また、東京都立大学の松山洋助手には、論文全般についての助言をいただいた。関係各位に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 田中博春, 1994: ハヶ岳山麓にみられる高温層について (2) —気温の逆転と相対湿度について—, 日本気象学会1994年秋季大会講演予稿集
- 2) 梅本亨, 1994: 東北地方における山地気候の地理学的研究 —奥羽山地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, 4~16
- 3) 牛山素行, 1993: 長野県中部山岳の標高1700m付近に現れた高温帯, 日本地理学会1993年秋季大会予稿集
- 4) 牛山素行, 1997: 蒲原沢上流域付近で見られた高温状態, 平成8年度科学研究費補助金課題番号08300017研究成果報告書, 12-1~12-5
- 5) 吉野正敏, 1961: 小気候, p210-213, 地人書館
- 6) 吉野正敏, 1986: 新版小気候, p136, 地人書館

## Fundamental study on the high temperature condition appeared in winter in North area of Tateshinayama Mountain.

Motoyuki USHIYAMA\* and Shuji KITAZAWA

Division of Conservation of Mountain Environment,  
Department of Forest Science,  
Faculty of Agriculture, Shinshu University  
\*Japan Science and Technology Cooperation,  
Chiyoda-ku Tokyo 102

### Summary

The temperature in mountainous region is generally presumed by the lapse rate (0.5~0.6°C), but it is also pointed out that the lapse rate varied considerably by the region and season. In the present study, we examined temperature differences between the flat area (715m a.s.l.) and the mountainside of Yatsugatake (1,720m a.s.l.) in the central part of Nagano prefecture, basing on the data of the winter temperature from January to March in 1991-1995. On average, the mountainside was cooler than the flat area as the altitude increased by the rate of 0.45~0.51°C/100m in all years examined. However, the lapse rate ranged much more widely from time to time and only 20% of whole hours examined were within the range of 0.4~0.6°C.

We used the term "high temperature condition of the mountain area" to refer the condition in which the mountainside was warmer than the flat area. This condition occurred around 200 hours each year, corresponding to about 10% of total hours examined in the year. Process to the occurrence of this condition was analyzed by tracing the temporal changes in temperature in mountainside and flat areas and various patterns of the process were compared in their frequencies of occurrence. As a result, it was revealed that the rise in temperature in mountainside, rather than the depression in flat area, was the main cause of warmer condition in the mountain area in majority of the cases, and it was suggested that the condition was formed not only by the ground inversion, but also by the subsistence and the frontal inversions. The necessity of the research on the characteristics of the high temperature condition of the mountain area was discussed, since the occurrence of mud stream often related to this condition.

**Key words:** inversion of temperature, mountain area high temperature condition, Yatsugatake