

中部山岳地帯乗鞍岳の微環境*

柴田 治・加藤憲二¹⁾・新井 澄²⁾・木下哲雄³⁾

信州大学理学部生物学教室
(1976年4月5日受理)

山岳地帯の垂直的植生帯は水平的なこれと対応があるとはいえ、多くの場合、大環境的な、また微環境的な数多くの要因が複雑に原因して、かならずしも一致してはいない。ことに高山においては、山岳の地理的位置が大きな要因となって、その山岳に特有な気象条件をつくりだす。さらに、これに山の成因、規模、地形等が相互に関係して、特徴ある生態的環境をつくりだしている。一般に、大気候的環境条件が垂直的植生帯の形成にあづかる大きな要因であるとはいえ、この様な微環境が植生および植生帯の乱れの原因となっている場合が多い。したがって、同一地域にある同規模の山岳にしても、その環境条件はすべて異なっているともいえる。

山岳地帯で調査、研究を行なうに当っては、このために、調査地区における環境条件の調査が初めに必要になる。ほぼ3000mの山頂近くまで自動車道が開通している中部山岳地帯の乗鞍岳で、植物の生理・生態的調査、研究を行なうにあたって、大気候的環境については已に報告されている^{4,5)}ので、主に微環境の調査を行なった。ここには、これらの結果をまとめて報告する。この調査は、主に1972年から1973年にかけて行なわれたものである。

乗鞍岳の概要

乗鞍岳(海拔3026m)は日本のほぼ中央部を南北に走る中部山岳地帯の北アルプス山系に含まれ、これの南端に位置している休火山である。この山岳地帯には3000m前後の高峰が連なり、まさに日本の脊梁をなしている。この北アルプス山系の東側には、これにそってフォッサ・マグナが走って南北に大陥没地帯を形成し、この底部と峰々との標高差は、ほぼ2500mにも達している。このような特異地形は植物分布に大きな影響を与え、この地域は植物地理学上重要な地区とされている。さらに、北アルプス北部はいわゆる裏日本気候と呼ばれ、南部の表日本気候とは異なった気象環境となっている。乗鞍岳は表日本気候の要素が強い。この岳の成因は火山性であり、これが地形、地質にも影響を与えている。

植生的には、垂直的に各高度によって典型的な植生帯を形成しており、高山性の低木常緑針葉樹林帯(ハイマツ帯, 2400m以上)と亜高山性の高木常緑針葉樹林帯(シラビソ-オオシラビソ帯, 1800~2400m)の発達がよく、これらの境界には、巾は狭いが落葉広葉樹林

* この調査は、昭和48年度文部省科学研究費特定研究「人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究」の一部として行なわれた。

- 1) 名古屋大学水圏科学研究所
- 2) 長野県塩尻高等学校
- 3) 長野県梓川高等学校

(ダケカンバ) 帯もみられる。しかし、表日本の気候のため、ブナ帯はみられない。

調査場所

環境調査を行なったのは乗鞍岳東側(長野県側)で、高度は1600m(鈴蘭)から山頂までとしたが、土壌調査は主に特定地域について行なった。この特定調査地域は植生帯との関係できめ、ここでは、亜高山帯のオオシラビソ林を含む地域(A)と、高山帯のハイマツ林を含む地域(B)とした。なお、いずれの地域でも、同一海拔高度における植生の違い、あるいは有無によって生ずる環境の違いを調べるため、それらの林内、林縁、草原内、あるいは裸地を調査対象とした。

亜高山帯で土壌試料を採取した場所は海拔2200mで、東に傾斜度16~29°、平均ほぼ20°の傾斜地であった。植生の高木層には、オオシラビソが植被率100%で生育しており、低木層にはオオシラビソの稚樹、ナナカマド、ミネカエデ等が散見された。下草にはユキザサ、マイヅルソウ、ミツバオウレン等がみられたが、これらの植被率はほぼ20%と低かった。このようなオオシラビソ林を切り開いて自動車道がつくられており、その林縁部にはマント群落、あるいはソデ群落が発達している。ナナカマド、ミネカエデ、コヨウラクツツジ等の灌木と、ユキザサ、アキノキリンソウ、バイケイソウ、ミツバオウレン等の下草よりなっていたが、草本の植被率は100%であった。

土壌試料の採取と必要に応じての種々の測定は、この林内、林縁のソデ群落内と、道路工事によってつくられた盛土部の裸地の3ヶ所で行なった。なお、乗鞍岳東斜面の道路工事は1962~1963年に行なわれたもの故、裸地はこの調査までにほぼ10年経過していたことになる。

高山帯では、主に海拔2650mのハイマツ林内、その林縁のキバナシャクナゲ群落内、アオノツガザクラを優占種とする高山草原内と、これの近くの自然裸地の4ヶ所について調べた。高山草原と裸地は、乗鞍岳山頂から北北東に生じた少規模な沢(上部巾ほぼ15m、底部巾ほぼ8m、深さほぼ3m、傾斜度13~27°で平均ほぼ17°)の底部に発達したもので、ハイマツ林、キバナシャクナゲ群落に隣接していた。

調査事項と方法

気温と地中温度

多くの生物、ことに植物にとっては、大気候的に測定された温度より、地表近くの気温と根圏内の地中温度の方が、一層重要な意義をもっている。そこで、植物の生育期における地表近くの気温と地中温度について調べた。

1973年8月2~4日に、A地区の2200mとB地区としては2750mで、地上では120, 15, 10, 5cmの高さにおける気温、地中では0, 5, 10, 15cmの深さにおける地中温度を経時的に測定した。しかし、この期間が連日の雨であったので、1973年8月9~10日に、両地区のほぼ中間地点の2350mで同様の測定を行なった。この時は、午後に1時間の夕立があった時以外は快晴であった。これら各々の場合に、温度計は各々の測定地点の林縁部草原内と道路工事で生じた人工裸地の2ヶ所に設置した。

高山に生活圏をもつ生物にとっては、夏期の生育、活動期間のみでなく、不活動の冬期の温度も生物の生活圏の大きな限定要因となる。そこで、A地区2200mのオオシラビソ林内と

裸地、およびB地区 2650m のハイマツ林内と裸地の地中に最高、最低温度計をうめ、地中 0 cm から 50cm の深さまで 10cm 毎に、1 年間の最高と最低温度を測った。これらの温度計は 1972年 9 月 29日に埋め、1973年 10 月 7日に掘りだした。

土壌含水量

1972年 7 月 26日に、A、B 両地区の上記地点で試坑をほり、5 cm 毎に 80cm まで採土した。これをビニール袋に密封して持ちかえた後、実験室で直ちに 110°C で 24 時間乾燥して水分量を求めた。

1973年 8 月 9～10日に、海拔 2350m で経時的に気温と地中温度を測定した時に、同一地点で、地中深度 0、1、10cm における土壌水分量も経時的に測定した。この測定には、R I 型理研式水分計を用いたが、その値は別に求めた補正值によって補正した。

以下のいくつかの土壌要因の分析に用いた試料は、すべてこれと同一条件下で採取したものである。

土壌の層構造と団粒百分率

前述の試料採取時に、試坑の土壌断面で層状構造を観察し、さらに、35cm の深さまでの試料で団粒百分率を測定した。団粒の大きさは、2 mm 以上と 0.2～2 mm について調べた。

土壌中の腐植質

前述の土壌試料で、5 cm 毎に 80cm の深さまで、土壌中の腐植質量を求めた。腐植質の定量は TYURIN 法によった。

土壌 pH (H₂O)

前述と同様に、5 cm 毎に 80cm の深さまでの層別の試料で、土壌を蒸留水に 30 分間懸濁した後、ガラス電極によって測定した。

結 果

気温と地中温度

1973年 8 月 2～4 日の測定期間中は連日の雨のため、2200m と 2750m 両地点ともに、気温と地中温度のいずれも経時的変動は僅かであり、地表からの高さや深さ、また植生の有無による差もほとんどみられなかった。地上高 120cm における測定期間 (48 時間) 中の平均気温は、2200m で 11.5°C、2750m で 14.3°C と海拔高度による温度差はみられたが、同一高度で植生域内と裸地における温度差は、気温、地中温度ともに、これら気温と 1°C 以内の差しかなかった。

1973年 8 月 9～10日の 24 時間の測定期間中は晴天であり、温度はソデ群落内、裸地のいずれにおいても典型的な日週変動を示した (Fig. 1)。地上の各高さにおける温度は、12時から 13時に最高値を示した。それ以後は減少し、20時から 24時に最低温度となり、その後は次第に上昇して翌日の 12時には、前日の同時刻とほぼ等しい気温に達した。ソデ群落内では、測定した範囲内で、地表からの高さの違いによる温度差はみられなかったが、裸地では地表に近い程、気温は高くなった。一方、裸地の地中温度は、地下深度の増加につれて最高温度、最低温度を示す時刻は次第におそくなり、また、温度変動の巾も減少した。ソデ群落内の地中温度は、5 cm の深さでは日週変動があったが、10cm と 15cm ではそのような変動はほとんどなくなった。

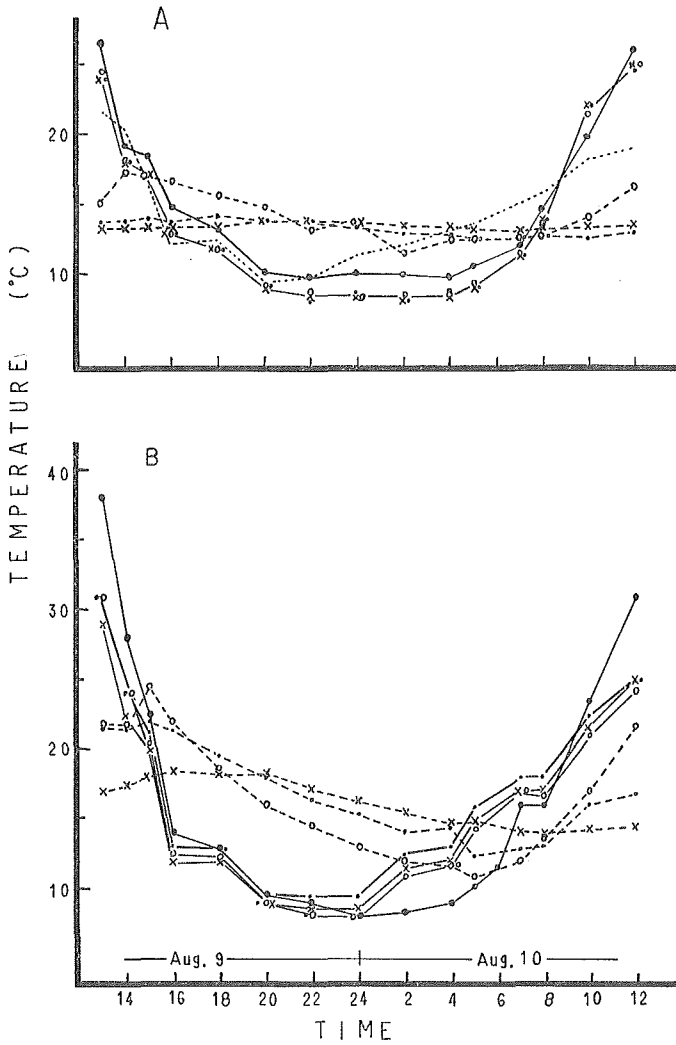


Fig. 1. Fluctuations in the temperatures of above- and under-grounds at 2350m elevation with an elapsed time (Aug. 9-10, 1973). It showered from 15:30 to 16:30. 1-A: a sleeve community for *Abies Mariesii*, 1-B: bare ground. Aboveground 5cm: —○—, 10cm: —□—, 15cm: —△—, 120cm: Undergroud 0cm: —●—, 5cm: - - -○- - -, 10cm: - - -□- - -, 15cm: - - -△- - -.

地表からの高さ、あるいは地中深度を異にした測定点における温度変動の巾(日較差)を Fig. 2 に示した。このソデ群落の平均草丈はほぼ 40cm であった故、地上の測定点はすべて、この群落表面より下にあったことになる。これらによって得られた結果からは、測定した高さによる温度の違いはなく、温度変動の巾は一定であり、また、その巾も比較的小さかった。したがって、群落内の温度条件は、かなり安定していたといえる。しかし、裸地では、地表

に近くなるにつれて変動の巾は次第に増加し、地表では、その差は30°C(最高温度38°C, 最低温度8°C)にも達した。地中温度では、ソデ群落内の地中5cmではみられた日較差も、10cmと15cmの深さではほとんどみられなくなった。しかし、裸地では、地中深度が増すにつれて日週変動の巾が狭くなって、日較差が小さくなったとはいえず、15cmの深さでもなお、ほぼ5°Cの変動巾があった。

地中各深度の年間の最高温度と最低温度を調べるために、最高・最低温度計を地中にうめたが、この時の気温はA地区ではほぼ15°C, B地区ではほぼ10°Cであった。したがって、最高温度がA地区ではほぼ15°C, B地区では

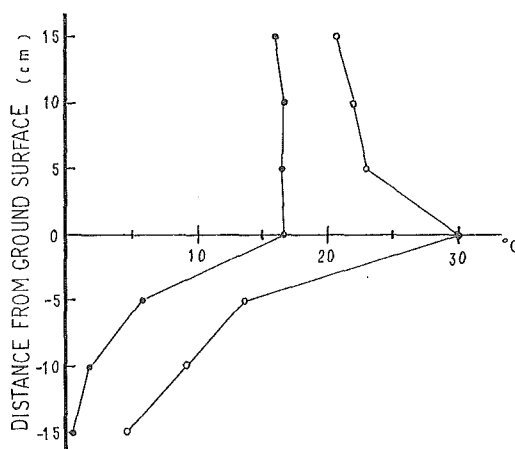


Fig. 2. Range of temperature fluctuation influenced by distance from ground surface (calculation from the data in Fig. 1). Sleeve community inside: —○—, bare ground: - -○- -.

Table 1. Water content of soil (w/w, %) with some kinds of vegetation at 2200m elevation in *Abies Mariesii* zone and 2650m elevation in *Pinus pumila* one.

Vegetation zone Place pitted Depth (cm)	<i>Abies Mariesii</i>			<i>Pinus pumila</i>			
	Forest inside	Forest edge ¹⁾	Bare ground ²⁾	Forest inside	Forest edge ³⁾	Grass-land ⁴⁾	Bare ground ⁵⁾
0 — 5	391.6	290.6	72.3	367.2	73.4	91.1	26.0
5 — 10	288.5	417.1	68.7	424.8	137.3	26.9	31.6
10 — 15	279.2	380.0	79.2	348.9	92.6	29.2	32.2
15 — 20	224.8	398.3	85.5	382.4	36.1	41.3	31.9
20 — 25	189.6	291.3	77.9	155.8	34.7	39.8	37.8
25 — 30	230.5	216.7	80.6	119.4	41.4	45.1	37.9
30 — 35	83.8	208.8	72.9	111.4	51.7	43.4	34.6
35 — 40	72.8	141.5	61.7	58.2	57.1	75.6	52.9
40 — 50	—	—	—	79.4	73.5	107.7	72.2
50 — 60	—	—	—	—	71.1	87.2	63.2
60 — 70	—	—	—	—	—	65.9	64.3
70 — 80	—	—	—	—	—	92.9	59.2

- 1) Sleeve community for *Abies Mariesii*.
 - 2) Artificial bare-ground resulted from constructing the tourist road 10 years ago.
 - 3) *Rhododendron aureum* community.
 - 4) Grassland dominated by *Phyllodoce aleutica*.
 - 5) Natural bare-ground close to the grassland.
- : no analysis.

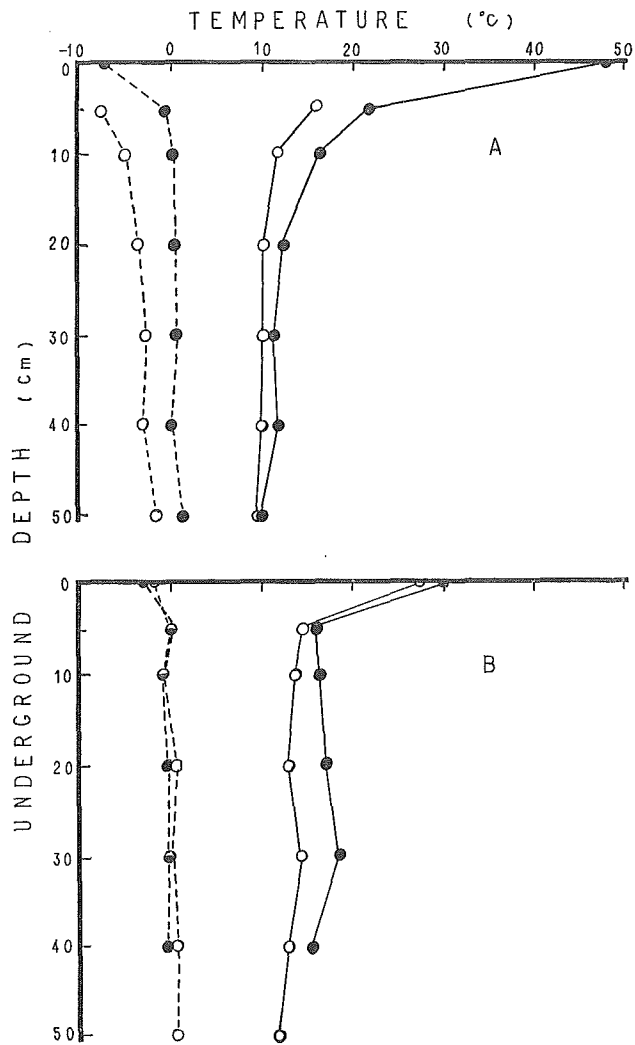


Fig. 3. The maximum and minimum temperatures during a year (Sep. 29, 1972-Oct. 7, 1973) at various depths of soil in forest and at bare ground. When the thermometers were set, air temperature was about 15°C and about 10°C at 2200 m and 2650 m elevations, respectively. 3-A : 2650 m elevation, 3-B : 2200 m elevation. In forest, maximum temperature : —○—, minimum temperature : - -○- -. At bare ground, maximum temperature : —●—, minimum temperature : - -●- -.

ば10°Cと記録された場合には、その値が地中温度の真の最高を示していたかは不明である。何故ならば、最高値がこれより低かった時には、温度計埋没時の温度が最高値として記録されることになる。それ故、このような可能性のある値については、ここでは詳しくはふれない。

結果を Fig. 3 に示したが、年間を通じて、A 地区における地中の最高温度は、常に林内より裸地で僅かに高いように思われた。しかし、最低温度は林内と裸地でほとんど差はなく、測定した範囲の深度では、5 cm より深部ではほぼ一定であった。測定された最低温度の値から、1972年から1973年の間の土壌凍結は、林内、裸地ともに表層から5 cm 以内の範囲であったと思われた。B 地区ではハイマツ林内0 cm の温度計が破損したため、地表温度の測定が不可能であったが、5 cm より深部における林内と裸地の温度変化の様子から、また氏原等⁽¹⁰⁾の結果から、林内地表の最高温度は裸地よりかなり低いと思われた。この裸地の年間最高温度は、20 cm より浅い層では地表に近づくにつれて次第に高くなり、地表では50°Cにも達した。B 地区の年間最低温度は、測定したすべての深さで裸地より林内の方が低く、林内土壌はすべて凍結すると思われた。しかし、裸地の5 cm より深い層ではほぼ0°Cで、土壌凍結はかなり浅い層に限られるものと思われた。このような結果は、草原、裸地では、初冬の積雪がその地表面に熱不導層をつくるが、ハイマツ林内の場合には、これのできる時期がおそく、できて樹冠上で地表面に接していないということによるのかも知れない。

土壌含水量 (Table 1)

A 地区のオオシラビソ林内では地表から30 cm、これのソデ群落内では35 cm を境として、土壌含水量に顕著な差があった。裸地では全層にわたって含水量はほぼ等しく、林内の30 cm 以下の値に似ていた。林内とソデ群落内では、全層を通じてソデ群落内の方が含水量は著しく大であった。

B 地区のハイマツ林内では、地表から35 cm までは次第に減少したとはいえ、かなり高い含水量を示した。しかし、これより深い層では急激に減少した。この林縁のキバナシャクナゲ群落内では、5~15 cm の層で含水量が高かった以外は全般に低く、林内の35 cm より深層の含水量とほぼ等しかった。高山草原内と裸地では、深さによりかなりの変動があったが、深部ほど含水量は高くなる傾向があった。この草原と裸地で特異的であったのは、両者とも40~50 cm の深さで含水量がもっとも高くなった。

一般に、ハイマツ帯よりオオシラビソ帯の方が土壌含水量は大で、土壌の深部まで高含水量であった。

2350 m 地点で、1973年8月9日から10日までの土壌含水量の経時的測定中、9日15時30分から16時30分まで夕立があった。この雨の影響と思われる変動が裸地、ソデ群落内の各測定値のうえにあらわれた (Fig. 4)。ソデ群落内の土壌含水量は非常に安定していて経時的変動はほとんどみられず、また深さによる差もなかったとはいえ、地表では地中より含水量は低く、雨水によると思われる含水量の高まりも認められた。しかし、裸地では地中深度が増すにつれて含水量は高くなり、その時間的変動も大きくなった。この変動で、深さによって時間的に異なった最初の高まりは雨水によるものと思われ、その時間的差はこの土壌を通過する雨水の速度を示していると思われる。次の含水量の高まりは、気温、風等と関係した土壌表面からの水分蒸発と土壌深部から供給される毛管水との関係で生じたものであろう。

土壌の層状構造 (Fig. 5)

安定した立地と思われるオオシラビソ林内とその林縁のソデ群落内、ハイマツ林内とその林縁では、土壌断面は典型的な層状構造となっていた。しかし、ハイマツ帯の高山草原内と

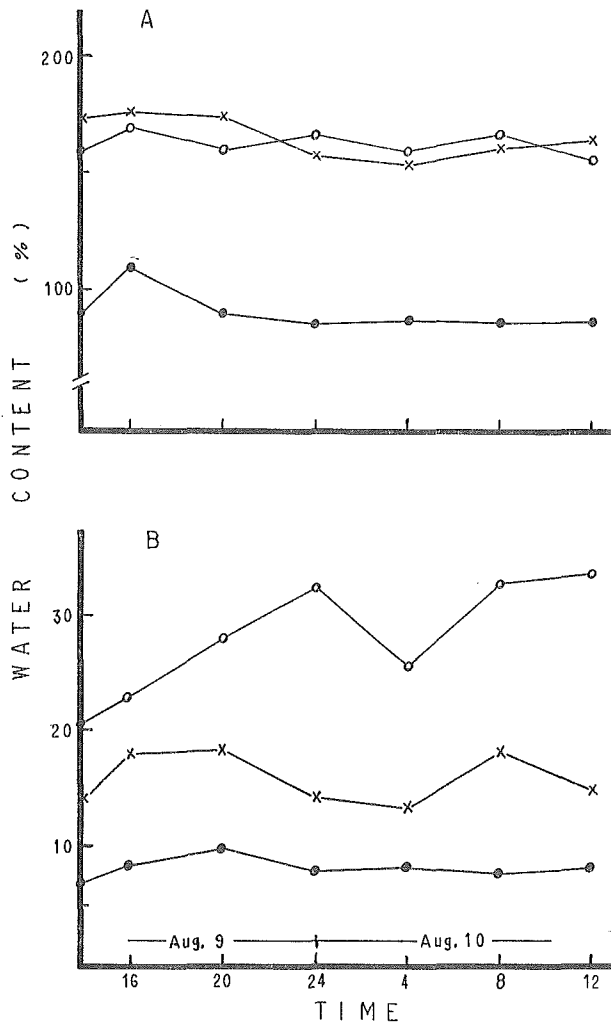


Fig. 4. Variation in the water content of soil (w/w, %) at 2350m elevation with an elapsed time (Aug. 9-10, 1973). It showered from 15:30 to 16:30. 4-A: a sleeve community for *Abies Mariesii*, 4-B: bare ground. Underground 0 cm: —○—, 1cm: -x-, 10cm: —○—.

裸地では、層理による層状構造がみられ、過去に何回かの裸地化と草原化がくり返されたような断面像であった。なお、A地区の裸地は道路工事で生じた盛土部であり、試坑した範囲では、明瞭な層状構造はみられなかったが、ほぼ20cmより上方は暗褐色、これより深層では明褐色と土色は異なっていた。

土壌の団粒百分率 (Table 2)

A地区の裸地における土壌の団粒は、表層部、深部ともに2mm以上の百分率がほぼ等し

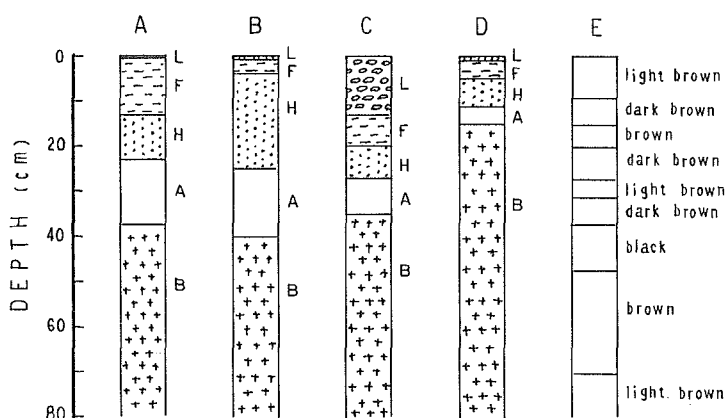


Fig. 5. Soil profiles in different vegetations at 2200m and 2650m elevations. 5-A and -B show soil profiles in forest and a sleeve community in *Abies Mariesii* zone of vegetation, and -C, -D, and -E show soil profiles in forest, *Rhododendron aureum* community at the forest edge, and a natural bare-ground in *Pinus pumila* zone of vegetation, respectively. The profile of 5-E was illustrated by soil colour name because the soil was colluvial. The soil of B layer in each profile except 5-E was composed of volcanic ashes and lava gravels.

Table 2. Crumb rate of soil (w/w, %) with some kinds of vegetation at 2200m elevation in *Abies Mariesii* zone and 2650m elevation in *Pinus pumila* one.

Vegetation zone	<i>Abies Mariesii</i>						<i>Pinus pumila</i>							
	Forest inside		Forest edge ¹⁾		Bare ground ²⁾		Forest inside		Forest edge ³⁾		Grass-land ⁴⁾		Bare ground ⁵⁾	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0 — 5	70.1	27.2	—	—	18.5	26.6	L	L	—	—	7.8	22.2	2.9	5.7
5 — 10	—	—	61.5	36.5	—	—	L	L	8.7	56.2	—	—	—	—
10 — 15	49.2	33.6	54.8	41.2	14.9	5.3	—	—	24.3	34.1	8.0	19.9	2.3	8.2
20 — 25	62.4	16.9	69.3	22.1	16.8	10.9	53.3	31.6	8.0	4.7	3.1	15.4	1.3	11.4
30 — 35	—	—	—	—	—	—	43.9	28.2	—	—	—	—	—	—

- 1) Sleeve community for *Abies Mariesii*.
 - 2) Artificial bare-ground resulted from constructing the tourist road 10 years ago.
 - 3) *Rhododendron aureum* community.
 - 4) Grassland dominated by *Phyllodoce aleutica*.
 - 5) Natural bare-ground close to the grassland.
- Crumb size A : over 2 mm, B : from 0.2 to 2 mm, L : litter. — : no analysis.

Table 3. Humus content of soil (w/w, %) with some kinds of vegetation at 2200m elevation in *Abies Mariesii* zone and 2650m elevation in *Pinus pumila* one.

Vegetation zone	<i>Abies Mariesii</i>			<i>Pinus pumila</i>			
Place pitted	Forest	Forest	Bare	Forest	Forest	Grass-	Bare
Depth (cm)	inside	edge ¹⁾	ground ²⁾	inside	edge ³⁾	land ⁴⁾	ground ⁵⁾
0 — 5	56.0	45.4	11.1	L	12.8	9.9	1.6
5 — 10	36.2	42.0	10.8	L	23.5	2.0	1.6
10 — 15	40.9	40.5	9.7	54.8	17.1	0.9	3.7
15 — 20	27.2	33.6	12.5	55.2	3.0	5.0	2.1
20 — 25	19.7	26.1	9.1	38.2	3.2	3.5	2.9
25 — 30	14.1	13.4	9.5	12.7	4.1	4.1	3.1
30 — 35	12.4	10.9	6.7	12.6	5.4	4.0	2.7
35 — 40	7.5	11.2	5.3	6.0	5.0	6.6	4.6
40 — 50	—	—	—	9.0	4.9	11.7	7.1
50 — 60	—	—	—	—	5.0	8.7	5.0
60 — 70	—	—	—	—	—	7.2	4.8
70 — 80	—	—	—	—	—	5.7	4.8

1) Sleeve community for *Abies Mariesii*.

2) Artificial bare-ground resulted from constructing the tourist road 10 years ago.

3) *Rhododendron aureum* community.

4) Grassland dominated by *Phyllodoce aleutica*.

5) Natural bare-ground close to the grassland.

L: litter. —: no analysis.

く、土壌の攪乱があったことを示していた。しかし、0.2～2 mm の団粒は表層の方が多かった。B地区も、裸地ではいづれもかなり近く、草原内でも2 mm以上の団粒は少かった。オオシラビソ林内、これのソデ群落内と、ハイマツ林内の団粒構造はいづれもよく発達していたが、オオシラビソ林のソデ群落でもっとも発達していた。

土壌中の腐植質 (Table 3)

A地区のオオシラビソ林内とこれの林縁、B地区のハイマツ林内とこれの林縁では、表層で腐植質量は多く、深くなるにしたがって減少した。腐植土層はB地区よりA地区で厚かったが、A地区もオオシラビソ林内よりこれのソデ群落内の方が厚かった。A地区の裸地、B地区の草原では、深層部より表層で腐植質量が多く、土壌の有機化の傾向があったとはいえ、他と比較してその含量はかなり低かった。また、B地区の高山草原と裸地では、土壌断面に黒褐色の層が3層みられたが、腐植質量はこれらの層を含む部分で高くなっていた。ことに、40～50cmの層でこれが顕著で、上述の土壌含水量の高くなった層とも一致していた。土壌の断面像とともに特異的であったのは、ハイマツ林内のリッター層はほぼ15cmもあったが、腐植土層はさして厚くはなかった。

土 壤 pH(H₂O) (Table 4)

A, B両地区の裸地と高山草原を除いて、表層から深くなるにつれて、pH値は次第に高くなった。土壌の表層におけるpHはオオシラビソ林縁のソデ群落内より林内で、また、ハ

Table 4. pH(H₂O) value of soil with some kinds of vegetation at 2200m elevation in *Abies Mariesii* zone and 2650m elevation in *Pinus pumila* one.

Vegetation zone Place pitted Depth (cm)	<i>Abies Mariesii</i>			<i>Pinus pumila</i>			
	Forest inside	Forest edge ¹⁾	Bare ground ²⁾	Forest inside	Forest edge ³⁾	Grass- land ⁴⁾	Bare ground ⁵⁾
0 — 5	4.20	4.59	4.91	3.81	4.21	4.68	4.81
5 — 10	4.11	4.52	4.87	3.64	4.49	5.09	5.00
10 — 15	4.19	4.30	5.10	3.40	4.90	5.00	4.82
15 — 20	4.09	4.40	5.19	3.51	5.00	4.90	5.01
20 — 25	4.16	4.42	5.10	3.50	5.03	5.01	4.94
25 — 30	4.44	4.52	4.95	3.80	5.04	4.91	4.94
30 — 35	4.72	4.53	5.01	4.45	5.12	4.95	4.98
35 — 40	4.95	4.69	4.92	4.79	5.15	4.97	4.98
40 — 50	—	—	—	4.89	5.10	4.89	5.00
50 — 60	—	—	—	—	5.13	5.08	5.10
60 — 70	—	—	—	—	—	5.22	5.11
70 — 80	—	—	—	—	—	5.11	5.30

- 1) Sleeve community for *Abies Mariesii*.
 - 2) Artificial bare-ground resulted from constructing the tourist road 10 years ago.
 - 3) *Rhododendron aureum* community.
 - 4) Grassland dominated by *Phyllodoce aleutica*.
 - 5) Natural bare-ground close to the grassland.
- : no analysis.

イマツ林外より林内で低かったが、深層部ではすべてほぼ等しい値を示した。土壌の表層部で、もっとも低い pH 値を示したのはハイマツ林内であった。

考 察

乗鞍岳における温度環境については、すでに森下⁵⁾、氏原等¹⁰⁾、宮崎⁴⁾の報告がある。特に後の2報告は、ここで調査した地区と同一地区内で観測したものであるが、彼等と同一時期に、類似事項について測定した結果は彼等の結果と一致しており、また、気温の日週変動は林内より林外の方が大であったという結果も一致していた。

地表近くの地上温度が、丈の低い草本植物の同化、生長等の生理機能に大きな影響を与えることは、それらの生理機能にそれぞれ適温があることから推測出来る。同化能に関しては、この適温は季節的に²⁾、また生育高度によって^{7,8)}変動することが知られている。後者の場合には、同化適温は低地より高地で生育した植物の方が低い。このように、高標高の低温環境に生理的に適応した植物にとっては、ここで、裸地の地表、あるいは地表近くの地上で測定されたような高温は、植物の種々の生理機能にとって有利でないことは明らかである。そのうえ、ハイマツ帯裸地で測定された 50°C という温度は、多くの植物にとって生理機能を停止させるような温度でもある。これは最高温度であるので、夏季とはいえ連日このような高温になるとは考えられないが、少なくとも、これに近い温度にはなるであろう。このよう

な高温は、高標高地では必然的に、比較的短時間内に温度の大きな日較差をもたらす原因ともなる。

裸地の温度条件がいかにきびしくとも、一度そこに植物が定着すれば、温度、その他の環境が著しく安定化することは、オオシラビソ帯、ハイマツ帯の林内、林縁における環境測定の結果、また、亜高山帯における2次遷移の過程⁶⁾からも推測出来る。植物が定着しないまでも、裸地にやや大きな石があるだけで、その蔭の温度と水分条件は非常に安定したものになる。同様の観測は、富士山頂附近においても、日週変動の大きい裸地の地表温度と安定した林内温度として報告されている^{1,3)}。地中温度は植物の根の生長と同化物質の転流に直接関係しているであろうが、これもまた、植物が群落をつくることによって安定化すると考えられる。

高標高の裸地では、異常ともいえる日中の高温と同時に、極めて著しい夜間の温度低下がある。このような温度環境のうち日中の高温は、当然、土壤からの水分蒸発量を増加させ、地表近くの土壤含水量を異常に低下させるであろう。高標高の裸地におけるこれら微環境のどの1つについても、通常の植物が生活機能を営むためには、はなはだきびしい条件である。ことに、裸地における植物種子の発芽条件としては最悪といえる。裸地におけるこのような温度条件が、植物種子の発芽能を低下させるという結果もえられている⁹⁾。

宮崎⁴⁾は乗鞍岳ハイマツ帯における長期の気温測定の結果から、ハイマツ帯には気温を低下させるような要因があると述べている。実際に、1974年8月初旬に、ハイマツ林内で測定した地中20~50cmの深さの地中温度はほぼ5°Cで、夏季の温度としてはかなり低かった。ハイマツ林内で試坑した時の土壤の状態から、ハイマツ林内では母岩が比較的浅くにあるらしく、ハイマツ林上方に残雪がある場合には、冷い融雪水がこの母岩上を伏流水となって流れていると思われる。また一方では、密生したハイマツは通風と太陽副射熱を遮断して、地中温度の上昇をさまたげるであろう。ハイマツ林内の夏季の地上および地中温度が他よりも低いのは、これらのことが大きな原因であろう。

群落内の腐植土層は、オオシラビソ林縁のソデ群落でもっとも発達し、ハイマツ林縁のキバナシクナゲ群落内でもっとも薄かった。また、ハイマツ林内の腐植土層も比較的発達が悪かったが、これのリッター層は異常に厚い。これらには、それぞれの群落を構成している植物種と温度環境が関係していると思われる。ことに、ハイマツ林内の厚いリッター層は、リッターのほとんどが樹脂の多い針葉樹葉であるうえに、上述のような低温環境がこれの腐植化を阻害して生じた、と思われる。

腐植質以外に土壤分析でえられたそれぞれの結果は、腐植質についてえられた結果と同様の傾向を示していた。裸地においても、オオシラビソ帯では、土壤表層部で多少の有機化と礫の細粒化が暗示されたが、ハイマツ帯では、オオシラビソ帯裸地のような有機化の傾向は認められなかった。これは、ここで調査した高山帯裸地の土壤条件が、傾斜地のための礫移動、雨水による有機物の流失等のように不安定なためもあろう。しかし、この不安定なハイマツ帯の高山草原と裸地でも、水分量、腐植質量ともに他よりも高い地層が地中40~50cmの深さでみられた。また、これより浅いところでも、発達はよくなかったが黒褐色層がみられた。これは、この調査地点の週辺で現在草原化している場所でも、何等かの原因によって、以前に何回か裸地化されたが、その度に草原化されてきたことを示すものであろう。何回か

の草原化のうち、40~50 cmの層のものがもっとも繁栄した植生をつくっていたと思われる。
最後に、原稿校閲の労をとられた信州大学名誉教授中山包氏に深謝する。

文 献

- (1) FUJITA, T., BARAL, G. and TSUCHIYA (1968) *J. Appl. Meteorology*, 7, 801-816.
- (2) KUSUMOTO, T. (1968) *Jap. J. Bot.*, 17, 307-331.
- (3) 三寺光雄 (1972) 富士山—富士山総合学術調査報告書, 富士急行株式会社, 545-558.
- (4) 宮崎敏孝 (1974) 中部山岳地帯における生物環境の破壊とその復元に関する基礎的研究, 2, 57-60.
- (5) 森下博三 (1969) 日本自然保護協会調査報告, 36, 1-20.
- (6) 柴田治・内川公人・木下哲雄・新井澄 (1973) 日生態会誌, 23, 141-146.
- (7) SHIBATA, O., ARAI, T. and KINOSHITA, T. (1975) *J. Fac. Sci. Shinshu Univ.*, 10, 27-34.
- (8) SHIBATA, O., KINOSHITA, T. and ARAI, T. (1975) *J. Fac. Sci. Shinshu Univ.*, 10, 35-39.
- (9) 柴田治 (未発表)
- (10) 氏原暉男・松井等・清水建美 (1973) 中部山岳地帯における生物環境の破壊とその復元に関する基礎的研究, 1, 66-71.

*On the Micro Environment in Mt. Norikura,
the Central Mountain Region of Japan*

By OSAMU SHIBATA, KENJI KATŌ, TŌRU ARAI
and TETSUO KINOSHITA

Department of Biology, Faculty of Science, Shinshu University
(Received April 5, 1976)

Summary

The microclimatic and edaphic conditions of the environment in Mt. Norikura (3026 m above sea-level) were investigated on the east slope of the mountain. The investigation was mainly undertaken at about the 2200 m elevation in subalpine zone (1600–2500 m) and at about the 2650 m elevation in alpine zone (2500 m- the top). Vegetation at the former elevation was dominantly formed by *Abies Mariesii*, and vegetation at the latter elevation was dominantly formed by *Pinus pumila*.

The temperature of above- and under-ground in summer depended on the existence of plant community on the ground. In a sleeve community for *Abies Mariesii* at 2350 m elevation, air-temperature above the ground was natural (max. 24.5°C and min. 8.5°C at 5 cm distance from the ground surface), and a diurnal fluctuation in the temperature also was gentle. In bare ground at the same elevation, however, the diurnal fluctuation was great (max. 31°C and min. 8°C at 5cm distance from the ground surface), especially at the ground surface, i. e., 38°C maximum temperature and 8°C minimum temperature. In bare ground in the alpine zone, the maximum temperature at the ground surface during a year (1972–1973) was 47.5°C. It was suggested that relatively high air- and soil-temperatures at a near level to the bare-ground surface were mainly caused by this high temperature at the surface.

With a rapid movement of rain water in the soil of bare ground, the high temperature at the surface in the daytime make to lower the water content of the soil, and this fact will make a worse condition for plant seed germination. Although plant seeds germinated under such worse condition, the high temperature observed here will inhibit many physiological processes in plants, because the plants growing at a higher-elevation habitat require usually lower optimum-temperature for many physiological reactions than the plants growing at a lower-elevation habitat.

The minimum soil-temperature through a year, except for that in the forest in the alpine zone, was about 0°C at all of deeper levels (5–50 cm) than 5 cm

depth under the ground surface. In the forest in the alpine zone, however, the minimum soil-temperature was lower than 0°C at all levels of depth. It is suggested that soil in the alpine zone freezes to deeper level in the forest than in the grassland or the bare ground.

The layer of humus soil was thicker in the subalpine zone than the alpine one and was the thickest in a sleeve community for *Abies Mariesii*. With the results of the other edaphic factors analyzed here, soil formation was concluded to be more active in the subalpine zone than the alpine one.

The horizontal structure of soil was observed in both forests and at these edges in the subalpine and the alpine zones, but, in the grassland and the bare ground in the alpine zone surveyed at present, the soil structure was found to be the layer formed colluvially. A few dark-brown layers found among brown or light-brown layers were clarified to contain a rich humus, and this result agreed with the conclusion obtained from the analyses of the other edaphic factors. This fact may suggest that this area in the alpine zone underwent the repeated renewals of vegetation in past times.