白馬岳高山帯「節理岩」における植生遷移と斜面発達

小 泉 武 栄*

Alpine Plant Succession on Granite-porphry Rubble Slopes of Mt. Shirouma,
the Northern Japanese Alps, in Relation to Slope Development

Takeei KOIZUMI*

Abstract

In the alpine zone of the Japanese Alps, distributions of alpine plant communities are closely related to lithology. There are clear contrasts among the combinations of vegetation and lithology. However, the author found that several different plant communities often occur in areas of the same lithology. In a wind-exposed rubble slope on granite-porphry area of Mt. Shirouma, three kinds of plant communities were distinguished: sparse lichen community, lichen and moss community, and wind-exposed herb-heath community partly covered with *Pinus pumila* scrub. These communities are believed to be in different serial stages of succession. To clarify the cause of this distribution, the age of angular debris production on the slope was examined. Weathering rind thickness in angular rock fragments on rubble slope was used to speculate the age of debris production. Debris covered with sparse lichen was produced during the Neoglaciation period (2,000-3,500 y. BP), while debris covered with lichen and moss was formed in the late Glacial period (10,000-11,000 y. BP). In the area covered with wind-exposed herb-heath and *Pinus pumila* scrub, the debris were produced in the Last Glacial Period. These ages mean the time costed for the plant succession on these rubble fields. It seems to be necessary 3,000 years for settling the sparse lichen community, about 10,000 years for the lichen and moss community, and more than 10,000 years for the wind-exposed herb-heath and *Pinus pumila* scrub community. The progress of succession is extremely slow in the area of this lithology, because fine matrix which is important for seed germination and root extension is lacking in these rubble slopes, in addition to severe climatic conditions in winter.

I. はじめに

日本アルプスの高山帯強風地では、植物群落の分布は地質と密接に関連しており、地質が変わると植物群落も劇的に変化することが少なくない(口絵 2-1, 2)。これは、斜面上の岩屑の粒度組成や安定度、あるいは岩屑の生産性が、地質によっ

て大きく異なっているためである。たとえば、現在、細かい岩屑の生産・移動が活発に行なわれている流紋岩地域や安山岩地域では、斜面物質の不安定さを反映して、コマクサやタカネスミレからなる高山荒原植物群落が成立しており、逆に表層の岩屑が安定している花崗斑岩地域や砂岩・頁岩地域では、風衝矮低木群落や風衝草原が分布する

* 東京学芸大学地理学研究室

* Department of Geography, Tokyo Gakugei University

ことが多い。このことはすでに何回かに分けて報告した（小泉，1979，1980ほか）。

またこれとは別に、地質によって斜面の形成期が異なることがあり、それが斜面上の植物群落の発達におおきな影響を与えている事例も報告した（小泉，1989）。たとえば、北アルプス薬師岳の高山帯強風地においては、次のようである。まず石英安山岩地域では、ネオグラシェーション期に形成された、ほぼ無植生の砂礫地が広い面積を占める。しかし石英斑岩地域では晩氷期に形成された岩塊斜面が斜面の大半をおおひ、そこには地衣類と蘚苔類のみが分布している。一方、現在わずかに岩屑の生産のみられる石英安山岩地域の一部には、タカネスミレ群落とイワスゲ群落がみられるが、その分布はごく狭い（小泉，1989）。

このように、植生分布に対する地質の影響はおおきいが、その後、同一の地質地域でも、成立する植物群落に明瞭な違いのあることがいくつかの地域で見出され、問題はもう少し複雑であることが明らかになってきた。たとえば口絵2-3に示したものは、北アルプス鉢ヶ岳の高山帯強風地にある花崗斑岩地の一部を写したものであるが、ここでは植物群落のよく発達した礫地の上に、上方から移動してきた新しい礫が乗っており、後者の部分の植被は明らかに乏しい。また、北アルプス三ツ岳の高山植物群落の分布を調べた水野（1989）は、同一の地質地域にいくつかの植物群落が生じ得ることを示し、植物群落の分布には表層岩屑の粒度組成、とくにマトリックスの有無が重要な役割を果たしているとした。ただ水野は同一の地質地域でも粒度組成が大きく異なる場合のあることを強調したが、同じ地質の中でなぜ異なった粒度組成の場が生じ、なぜマトリックスのある場所とない場所が生ずるのかといった点については、その原因を明らかにしなかった。

筆者は今回、白馬岳北方の調査地で、同一の地質地域にありながら、斜面をおおう岩屑の供給期に違いがあるために異なった植物群落が発達する、という新しい事例を見出したので報告する。岩屑斜面の形成年代の推定には、岩屑表面に生じた風化被膜の厚さを用い、年代を異にする斜面に成立

した植物群落の構成から、遷移の系列と高山帯における植生遷移に要する時間を推定することができた。

本研究の現地調査にあたり、東京学芸大学自然地理ゼミの沢辺朋史、関 秀明、青柳章一、和気智宏、大宮 剛、赤松直子、酒井 啓、日比野経子、清水俊文、真崎 庸の諸君に多大なご協力をいただいた。また資料の統計処理には同じくゼミOBの青木賢人君の手を煩わせた。以上の諸君に厚くお礼申し上げる次第である。

II. 花崗斑岩地「節理岩」とその植物群落

1) 調査地域について

北アルプス白馬岳の北方には、三国境と呼ばれている顕著な肩がある。ここは主稜線から派生して、東の小蓮華山方面にのびる大きな支尾根の分岐点にも当たっているが、ここから北へのびる主稜線の肩の部分に、筆者らが「節理岩」と仮称している柱状節理の発達するトアがある（図1）。今回の調査地域は、この節理岩を中心とする一帯である（口絵2-4）。

節理岩のある尾根のてっぺりは、海拔およそ2,590 m。三国境からはほぼ真北に当たり、直線距離にしておよそ700 m 離れている。一帯は尾根ののびる方向（北北西—南南東方向）に線状凹地が何本も走り、低い尾根と浅く丸い谷が交替する特異な地形を形づくる。節理岩はそのうち西から数えて2番目の尾根上に位置している。節理岩のある尾根は小規模ながら非対称山稜を形づくり、西側は相対的になだらかな斜面をつくるが、東側は急崖をなし、夏まで雪田の残る小さな雪食凹地に続いている。節理岩のトアは比高3 m ほどで、地質は花崗斑岩からなる。

口絵2-4に示したように、節理岩のすぐ南には、高山地形研究グループ（1978）や小泉（1979）、相馬ほか（1979）、岩田（1980）などが、周氷河性の砂礫の移動速度を調べた平滑斜面がある。この斜面をつくるのは白色の流紋岩礫で、上に凸のなだらかな砂礫地を形成している。砂礫地の植物はコマクサとタカネスミレが数パーセントの被度で生育するだけで、ほとんど無植生に近い。そのた

図 1 調査地域の位置
○をつけたところが節理岩。

めここは一見、残雪に見間違えるような、白く輝く斜面となっている。しかしその表面にはみごとに条線土がみられ、活発な周氷河作用が存在することを示している。

この流紋岩砂礫地の北側には、古生界の輝緑岩からなる小ピークがあり、そこには風衝草原が発達する。そしてそのさらに北側が節理岩のある花崗斑岩地域である。

節理岩のある高まりは、いわば稜線の肩に生じた小さなでっぱりで、その高まりの頂上からは西南方向にのびる小さな支稜があり（図2）、その先端が柱状節理のある節理岩となっている。節理岩の北方と下方には、高まりの上部で生産された岩礫が移動してできた、風あたりの強い礫地が発達する。礫地のある斜面はほぼ西向きで、傾斜はおよそ 32° である。以下では節理岩付近の調査地域を「節理岩地域」と総称する。また以下では、植被の有無にかかわらず、マトリックスを欠く礫地を「礫地」、砂質・泥質のマトリックスに富む礫地を「砂礫地」と、それぞれ呼ぶことにする。

2) 節理岩地域の植物群落の分布

節理岩地域の西向き斜面は、遠目には植被がよ

く発達しているようにみえる。しかし現地で観察すると、植被の発達するのは南側の半分だけで、北半分は無植生に近い礫地が占める。また南側の半分もさらに、植被がほぼ全面をおおう部分と、ハイマツなどの植被地が点在する部分とに分かれている。筆者らは、植被の分布状況を正確に把握するために、現地測量により原縮尺で200分の1の地形図を作成し、そこに植生の分布を記入した（図2）。以下、植生分布の概略を述べる。

まず節理岩の直下では、マトリックスを欠く礫地をおおって風衝矮低木群落と風衝草原の混合群落が卓越し、植被は露岩地を除いて礫地のほぼ全面をおおう。この群落中にはハイマツの団塊が点在し、節理岩から斜面長にして20 m 余り下方で丈の低いハイマツ群落に移行していく。礫は長径が50~60 cm の粗大なものが多く、礫間を10~30 cm の礫が充填している。以下では、この植被のよく発達した礫地を礫地Ⅲと仮称する（口絵2-8）。

礫地Ⅲの南側には、流紋岩質の細かい砂礫からなるローブ状の高まりがあり、礫地Ⅲの植被の分布はそこでとぎれている。

一方、調査地域の北半部では、風衝矮低木群落

図 2 節理岩地域の地形と植生分布

等高線は 1 m 間隔。標高はおよその値を示す。黒く塗りつぶした部分が節理岩。

1. ハイマツ低木林, 2. 風衝草原と風衝矮低木群落の混合群落, 3. コマクサ群落, 4. 露岩地, 5. 巨礫の集積, 6. 高等植物を欠く礫地, 7. 砂礫地

●: 植生調査地点, □: 風化被膜調査地点, △: 小ピーク

太い破線は各礫地の境界を示す。I, II, III はそれぞれ礫地 I, 礫地 II, 礫地 III を示す。

の分布するでっばりの頂部を除き、一見したところまったく無植生の礫地が広がる。礫は長径 20~30 cm のものが卓越している (図 3)。この礫地は高等植物をまったく欠いており、礫間や礫の表面にのみ地衣類がわずかに分布している (口絵 2-5, 6)。図 2 の左側上部にコマクサが数個体分

布するのが示されているが、これは表層の礫が局部的に滑落して生じた窪みに出現したもので、例外はそれだけである。以下では、この地衣類のみが分布する礫地を、礫地 I と仮称する。

礫地 I と礫地 III の間には、ハイマツや風衝矮低木群落の点在する礫地がある。卓越粒径は 30~50

図 3 各礫地の構成礫の大きさの頻度分布
 横軸：礫の長軸の大きさ、縦軸：礫の個数
 なお、礫地Ⅲについては植被を破壊する恐れがあったため調査しなかった。

表 1 各礫地の性質とそこに成立した植物群落の特色

	分 布	斜面堆積物の特色	植 物 群 落 の 特 色
礫地Ⅰ	調査地域の北半部	径 20~30 cm の新鮮な角礫 マトリックスを欠く	礫間や礫の表面に地衣類が疎らに付着 局部的にコマクサが分布
礫地Ⅱ	礫地ⅠとⅢの間	径 30~50 cm の風化の進んだ角礫 礫の表面は黒ずんでいる マトリックスを欠く	地衣類に加え、礫間に蘚苔類が多数現わ れる 一部にハイマツや風衝矮低木群落が分布
礫地Ⅲ	節理岩の直下	径 50~60 cm の風化の進んだ角礫 の間を手の平大の礫が充填 マトリックスは欠如しているが、 礫層の表層に薄い高山草原土壌 がある	風衝矮低木群落と風衝草原の混合群落が 成立 斜面下部ではハイマツ群落に移行する

cm である (図 3)。この礫地も高等植物をほぼ欠いているが、礫地Ⅰに比べると黒ずんでみえ、礫の風化も進んでいる (口絵 2-7)。ただしこの礫地ではよく観察すると、地衣類に加え、礫間に相当数の蘚苔類の存在することがわかる。しかし一見すると無植生にみえるから、礫地Ⅲとの境目はきわめて明瞭である (口絵 2-9)。以下、この黒ずんだ色の礫地を礫地Ⅱと仮称する。

以上のように、同一の地質地域にありながら、各礫地の性質とそこに成立した植物群落の間には著しい違いが認められる。その違いを表 1 にまとめて示した。

3) 各群落の組成

次に、各群落の組成を知るために、3つの礫地

表 2 各礫地に分布する地衣類、蘚苔類と高等植物の種数

	地 衣 類	蘚 苔 類	高等植物
礫地Ⅰ	12	1	(1)
礫地Ⅱ	21	4	(6)
礫地Ⅲ	15	3	21

() 内の数字はごく一部にのみ出現するものを示す。

に調査枠を設置し、その枠内における地衣類、蘚苔類、高等植物の出現種数を調べた。結果を表 2 に示す。まず礫地Ⅰでは地衣類が 12 種出現し (この中には礫の表面にペンキ状に付着した地衣類が 6 種含まれるが、種名の同定は困難である)、蘚苔類が 1 種分布する。しかし高等植物は、まった

表 3 礫地Ⅲにおける植物群落の組成

種 名	地点①	②	③
<i>Pinus pumila</i> ハイマツ			90%
<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> ガンコウラン			25
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> コケモモ		+	15
<i>Vaccinium uliginosum</i> クロメノキ	30	35	
<i>Arctous alpinus</i> ウラシマツツジ	15	5	5
<i>Geum calthaefolium</i> var. <i>nipponicum</i> ミヤマダイコンソウ	12	7	
<i>Carex stenantha</i> イワスゲ	3	5	
<i>Potentilla matsumurae</i> ミヤマキンバイ	3	4	
<i>Calamagrostis nana</i> ヒナノガリヤス	4	2	
<i>Kobresia bellardii</i> ヒゲハリスゲ	4	+	
<i>Arctica nana</i> コメバツガザクラ	1	2	1
<i>Festuca ovina</i> var. <i>alpina</i> グサミヤマウシノケ	1	2	
<i>Euphrasia insignis</i> ミヤマコゴメグサ	1	1	
<i>Oxytropis nigrescens</i> var. <i>japonica</i> オヤマノエンドウ	1	+	
<i>Campanula chamissonis</i> チシマギキョウ	1		
<i>Lagotis glauca</i> ウルップソウ	+		
<i>Hierochloe alpina</i> タカネコウボウ		+	
<i>Carex subumbellata</i> var. <i>verecunda</i> クモマシバスゲ	+		
<i>Gentiana algida</i> トウヤクリンドウ	+		
<i>Vaccinium smalli</i> オオパスノキ			+
<i>Lycopodium obscurum</i> マンネンスギ			6
植 被 率	70	60	90%
出 現 種 数	15	13	6
斜 面 の 向 き	西北西	西北西	西
傾 斜	27°	28°	28°

く出現しない（わずかな例外として、さきほど述べたコマクサ数個体がある。表2ではカッコに入れて示した）。

一方、礫地Ⅱでは地衣類は21種類に達し（ここでも8種のペンキ状の地衣を含む）、他に蘚苔類が4種出現する。高等植物はハイマツのほか、クロメノキ、ミヤマキンバイ、タカネスズメノヒエといった風衝矮低木群落の要素4種と、タカネスミレが一部に島をつくって分布するが、分布域がごく限られるので、表2ではやはりカッコに入れて示してある。

礫地Ⅲでは地衣類は15種に減少し、代わって高等植物が21種現われて、斜面上を60～70%の被度でおおう（表3）。主な出現種はクロメノキ、ミヤマダイコンソウ、ウラシマツツジ、ヒナノガリヤス、ヒゲハリスゲなどである。

表4には各礫地に分布する主な地衣類と蘚苔類を示した。礫地Ⅰではチズゴケやイワザクロゴケが出現するのに対し、礫地Ⅱではムシゴケやオニハナゴケモドキ、クロゴケ、ヒジギゴケなどが卓越する。礫地Ⅲではエイランタイ類やミヤマハナゴケ類、ハイキンモウゴケなどが優勢になる。

表 4 各礫地に分布する主要な地衣類と蘚苔類

	礫 地 I	礫 地 II	礫 地 III
地衣類	<i>Anaptychia microphylla</i>	<i>Cladonia pseudostellata</i>	<i>Cetraria cucullata</i>
	チヂミウラジロゲジゲジゴケ	オニハナゴケモドキ	ウスキエイランタイ
	<i>Haematomma lapponicum</i>	<i>Rhizocarpon geographicum</i>	<i>Cetraria ericetrum</i>
	イワザグロゴケ	チズゴケ	マキバエイランタイ
	<i>Rhizocarpon geographicum</i>	<i>Thamnolia vermicularis</i>	<i>Cladonia speudevansii</i>
	チズゴケ	ムシゴケ	ウスイロミヤマハナゴケ
	<i>Parmelia incurva</i>	<i>Cladonia</i> sp.	<i>Cladonia merochlorophaea</i>
	イリタマゴゴケ	ハナゴケ属	メロジョウゴゴケ
	<i>Cladonia verticillata</i>	<i>Umbilicaria</i> sp.	<i>Thamnolia vermicularis</i>
蘚苔類	オオバハナゴケ	イワタケ属	ムシゴケ
		<i>Parmelia</i> sp.	<i>Cetraria</i> sp.
		ウメノキゴケ属	エイランタイ属
		<i>Andreaea rupestris</i> var.	<i>Ulota reptans</i>
		<i>fauriei</i> クロゴケ	ハイキンモウゴケ
		<i>Hedwigia ciliata</i>	<i>Polytrichum juniperinum</i>
		ヒジキゴケ	スギゴケ

なお、各礫地における地衣類や蘚苔類の被度にも肉眼での観察では大きな差があるが、礫の表面にペンキ状に付着する種があるため、それを数値で表現することは不可能である。口絵でその違いをみていただきたい。

以上で述べたように、3つの礫地に成立した植物群落には顕著な違いが認められる。しかしそれにもかかわらず、3つの礫地の性格にははっきりとした違いはみられない。たとえば、礫地Ⅲには薄い乾性型の高山草原土壌ができていて、土壌母材となる礫地はいずれもマトリックスを欠いており、水野（1989）が三ツ岳から報告したようにマトリックスの有無が植生分布を支配しているとは考えられない。また礫地Ⅲで群落の発達のよい理由を土壌層の存在に求めるならば、礫地Ⅰ、Ⅱになぜ土壌が発達しないのかを逆に説明しなければならない。

礫径は、礫地Ⅰと礫地Ⅱに比べ、礫地Ⅲではやや大きめである。しかし各礫地の礫は、コマクサの出現する数地点を除いてほぼ安定しており、礫径の違いでも、上記のような植物群落の著しい違いを説明することはできない。したがって先述の出現種数の違いは、粒径の違いやマトリックスの

有無などを反映したものではなく、何か別の条件の違いによるものだろうと考えられる。

気候条件に関しても、礫地Ⅰと礫地Ⅱ、Ⅲでは尾根に近い部分とやや下がった部分という違いはあるが、いずれも強風地に位置しているから、先述の植被の違いを説明するのは難しい。とくに礫地ⅡとⅢには、気候条件の差はほとんどない。

そこで斜面上の礫を改めて観察すると、礫地Ⅰでは礫がまだ新鮮な感じを与え、角も鋭いの、礫地Ⅱ、Ⅲでは礫の風化が進み、礫表面もボロボロになっていて鉱物粒子が礫の表面から突出しているという違いが認められる。このことは、斜面上の礫の供給期に違いがあつて、それが各礫地の植物群落の違いをもたらしただのではないかということ予想させる。

III. 植物群落の成立条件と成立過程に関する考察

1) 各礫地における岩屑の供給期

上の予想を検証するために、次に岩屑の表面に生じた風化皮膜を用いて、それぞれの礫地をつくる岩屑の供給期を推定しようと考えた。風化皮膜の調査は、小泉・青柳（1993）の示した方法に従

図 4 各礫地の岩屑に生じた風化被膜の厚さの頻度分布
 横軸：風化被膜の厚さ，縦軸：礫の個数
 a ：風化被膜の厚さの平均値， δ ：標準偏差， n ：調査個数

い，各礫地に置いた $2\text{m} \times 2\text{m}$ の枠（枠の位置は図 2 に示した）からランダムに礫 30～50 個を取り出し，風化皮膜の厚さを 0.5mm 刻みで計測した。その結果，図 4 に示したようなグラフが得られた。風化皮膜の厚さは礫地 I で平均 1.1mm ，礫地 II で 2.1mm ，礫地 III で 4.1mm である。なお礫地 I～III で得られた標本について， t 検定を用いて平均値の差を検定したところ，有意水準 5% で有意であることが確認された。したがって礫地 I～III の形成期は有意に異なると考えられる。

ところで，このような風化皮膜の厚さから堆積物の絶対年代を決めるためには，あらかじめ目的とする岩石について，経過した年代によってどれだけ風化皮膜の厚さが増加するかを示す，風化皮膜の成長曲線を描いておかなければならない。つまりこのスタンダードとなる値と比較することによって，初めて年代未知の岩屑の供給された年代の推定が可能になるのである。だからそのために

は，年代の確定したモレーンや，埋没腐植層などによって年代を確定できる堆積物を見出し，その構成礫に生じた風化皮膜の厚さを調べてスタンダードを確立する必要がある。

しかしながら白馬岳付近では，花崗斑岩の分布域はごく狭く，周辺のカールなどで花崗斑岩礫を含むモレーンの堆積物を見出すことは困難である。また埋没腐植層も今のところ，花崗斑岩地域からは見出されていない。したがって当面，花崗斑岩地域では風化皮膜の成長曲線を描くことは困難である。

そこで本研究では次善の策として，他の岩石に生じた風化皮膜の成長曲線を援用して，斜面上の岩屑の供給年代を推定することにした。

北アルプス薬師岳高山帯の西側斜面には，石英斑岩という花崗斑岩に鉱物組成のよく似た岩石が分布し，そこでの調査によれば，石英斑岩礫に生じた風化皮膜の厚さは，およそ 2,000～3,500 年前のネオグラシエーション期のものが 0.8mm ，1 万年前の晩氷期のものが 2.4mm ，2 万年前の最終氷期最盛期の生産と推定されたものが $4.0 \sim 4.4\text{mm}$ であった。さらに 4～5 万年前の最終氷期前半の寒冷期に供給されたものが， $7.8 \sim 8.0\text{mm}$ という値を示した（小泉・青柳，1993）。薬師岳における年代の推定は，東側斜面の金作谷カールに残された新旧のモレーンとの対比から得られたものである。また岩石の性質は異なるが，白馬岳北方・長池周辺の流紋岩礫地では，ネオグラシエーション期に生産されたと推定される礫が，厚さ 1.0mm の風化皮膜をもっていた（小泉・関，1988）。

これらの値と本地域で得られた値とを比較すると，本地域の礫地 I の岩屑供給期はネオグラシエーション期に，礫地 II のそれは晩氷期に，礫地 III のそれは最終氷期最盛期にそれぞれ対応させるのが適当であると考えられる。

なお，ここで示した各礫地における岩屑供給の年代については，将来，風化被膜の発達についての研究の進展によって訂正される可能性も存在する。しかし現時点ではこう推定するのがもっとも適切であると考えられる。

2) 節理岩地域における植物群落の成立過程

以上のような推定に基づいて、節理岩地域の高山帯強風地での斜面発達を加味しながら植物群落の成立過程を考えてみると、次のようになる。

まず2万年ほど前の最終氷期最盛期には、稜線部一帯から礫の供給があり、節理岩地域全域にわたって広い岩屑斜面が形成されたと考えられる。この広い岩屑斜面のうち、当時のまま現在に至ったのが礫地Ⅲであろう。ここでは約2万年の歳月の間に礫の風化が進み、土壌層も発達してきて、そこに風衝矮低木群落・風衝草原の混合群落とハイマツ群落が成立した。また植被は礫地のほぼ全面をおおうまでに発達した。土壌物質の供給源としては、礫の風化による鉱物粒子の供給や植物が分解してできた腐植の供給のほか、氷河堆積物起源のレス、それに火山灰も含まれていると考えられる。

ところが1万年ほど前の晩氷期に、節理岩地域の北半部では気候の寒冷化によって稜線部からあらたな礫の供給があり、礫地Ⅰと礫地Ⅱの一帯をおおった。当時、おそらく礫地Ⅰと礫地Ⅱの領域にも何らかの植物群落が成立していたと推定できるが、それらは新たに移動してきた礫によって埋められてしまったと考えられる。この新しい礫地の名残が礫地Ⅱで、ここではその後1万年ほどの年月の間に、ようやく地衣類と蘚苔類が礫間を埋め、一部にはハイマツや風衝矮低木群落が入り込むまでに植生が回復したとみられる。これが礫地Ⅱに現在分布している植物群落であろう。

一方、3,000年ほど前のネオグラシエーション期には、さらに新しい岩屑の供給があり、稜線部から供給された岩屑が移動して礫地Ⅰの部分をおおった。そのため礫地Ⅰでは古い植物群落は岩屑に埋められて滅び、植生遷移は振出しに戻って、ふたたび、まったく無植生の礫地からスタートせざるを得なかった。そしてその後、約3,000年が経過し、礫の表面や礫間によりやくチズゴケなどの地衣類が生育するようになった。これが礫地Ⅰの現在の姿であろう。礫地ⅡとⅢの部分はこの新しい岩屑による埋没からは免れることができたため、古い植物群が保存されたとみられる。

以上のように、節理岩地域に分布する3つのタイプの植物群落は、最初に予想した通り、それぞれの岩屑斜面が形成されてから経過した時間の差を反映したものであると考えることができる。

なお節理岩地域という同一の場所にありながら、それぞれの岩屑供給期に岩屑のおおった範囲が異なるのは、稜線部において岩屑を生産する場所が時代が新しくなるにつれてしだいに縮小してきたためだと考えられる。稜線部に露出する岩石の破碎が進んでいるために、それぞれの場所の節理密度をデータで示すことはできないが、稜線部の岩石に生じた節理に粗密があり、それが原因となった可能性が強い。つまり氷河時代には節理岩一帯のすべての節理が凍結破碎作用によって開口し、岩屑を生産したが、寒冷の度合いがやや弱まった晩氷期には節理の粗い部分からの礫生産はもはや起こらなくなり、寒冷の程度がさらに弱くなったネオグラシエーション期には、岩屑の生産は細かい節理の入った部分だけに限られるようになったと考えられるのである。礫地Ⅲをおおう礫が50~60cm程度と大き目なのに、礫地Ⅱ、礫地Ⅰと礫地の形成が新しくなるにつれて、礫径がしだいに小さくなる傾向が認められるのも、このことを裏づけるものであろう。

3) 節理岩地域における植生遷移について

各礫地に成立した植物群落は、見方をかえれば、植生遷移の初期段階から極相植物群落に発達していく各ステージを示しているとみることもできる。そこで、これまでの話をもとに、節理岩の花崗斑岩地での植生遷移の進行とそれに要する時間を推定してみると、次のようになる。

節理岩地域は高山帯の強風地に位置するが、この礫地ではまず3,000年ほどかかって疎らな地衣類からなる群落、数千年から1万年程度かかって地衣類と蘚苔類の混合した群落ができる。そしてさらに数千年かかってようやくハイマツ群落や、風衝矮低木群落・風衝草原といった群落ができることになる。

遷移の進行状況は、基本的に植物生態学の教科書に紹介されている通りとってよく、まず岩屑の表面や隙間に地衣類が生育し始め、ついでそれ

を足がかりにして蘚苔類が侵入する。そして時間の経過とともに岩屑の風化が進んで、しだいに細かい斜面物質や土壌が集積し、ついにはそこに高等植物からなる強風地の植物群落ができる、というものである。この最後の時期には草原土壌が発達し、地衣類や蘚苔類は高等植物に場を譲り、種類数も減少してしまう。

4) 植生遷移と礫層のマトリックス

ところで上で示した遷移に要する時間は、極地や世界各地の高山などから報告された植生遷移に要する時間に比べると、きわめて大きいものとなっている。たとえば、水野 (1994) が紹介したアフリカのケニヤ山では、小氷期の終了に伴う山岳氷河の縮小を追いかけるようにして、植被が回復しつつあるという。スカンジナビア山脈で、小氷期以降の氷河の後退に伴う植生の回復状況について大部の報告を書いた Matthews (1992) も、モレーン上では 300 年程度で植被が回復するとしている。また筆者自身、ヨーロッパアルプスのオーバーグルグルの山地で 150~200 年ほど前の小氷期に形成されたモレーン上に、すでに先駆植物が侵入しつつあるのを観察したことがある。

これらの値に比べると、本地域で得られた年代値は 2 桁も大きいものであり、日本生態学会や横浜で開催された国際生態学会での発表の折なども、この点に関して多数の疑問が寄せられた。このように植生遷移に時間のかかる理由として、筆者は節理岩地域の礫地におけるマトリックスの欠如が、植生遷移の進行を著しく遅らせているのだと考えている。マトリックスを欠く礫地は水分条件が悪く、また発芽したり、根をはったりするための土壌物質も存在しないから、種子の発芽や幼芽の生育は困難である。したがってシダ類や種子植物のような高等な植物が礫地に定着するためには、まずマトリックスが礫間を充填することが必要であるが、この条件は節理岩地域では簡単には整わない。マトリックスが礫間を埋めるためには、岩石の風化が進んで細かい鉱物粒子が供給されたり、植物の破片が飛ばされてきて腐ったり、ごく稀な事件だと思われるが、火山灰の供給があったりすることが必要である。したがってこうした条件が

整うまでは、礫地に侵入できるのは地衣類や蘚苔類に限られたと思われる。おそらくこれらが分布をしだいに拡大していく間に、岩屑の風化も進んで、マトリックスも集積し、しだいに土壌が形成されていくのであろう。これに要する時間は数千年から 1 万年程度ということだと思われる。前記 Matthews (1992) も、マトリックスが欠如した場合は、遷移の進行に要する時間は 1 桁おおきくなり、1,000 年以上かかると述べている。逆に、マトリックスさえあれば植物の侵入は予想以上に簡単で、遷移の進行も速いように思われる。たとえば、カール内に崖錐がよく発達する北アルプス槍ヶ岳では、口絵 2-10 に示したように細かい岩屑が上部から供給される現成の崖錐上に、すでに高等植物からなる植物群落が発達しているのである。

マトリックスの重要性を確かめるためには、高等植物を欠く礫地にマトリックスを人為的に補い、その後の植物の侵入の状況を調べるという実験を行ってみるのも一つの試みとして有力なものであろう。これはいずれ実施してみたいと考えている。

なお上記の植生の発達に要する年代の値は、先に紹介した薬師岳の場合 (小泉, 1989) とほぼ調和的である。節理岩地域における植生遷移の速さと、薬師岳における植物群落の発達はほぼ平行している。

IV. まとめ

1. 北アルプス白馬岳北方の節理岩と仮称している一帯では、花崗斑岩という同一の地質地域にありながら種組成を著しく異にする植物群落がみられる。まず肩の部分には高等植物を欠き、地衣類がわずかに分布するだけの礫地がある (この礫地を礫地 I と仮称)。ここでは地衣類は 12 種を数え、蘚苔類も 1 種出現するが、いずれも分布はきわめて疎らである。礫地 I の下方には地衣類 21 種に加え、4 種類の蘚苔類をもつ礫地がある (礫地 II)。ここでは礫地は全体として黒ずんでおり、地衣類などの付着する度合も礫地 I よりはるかに高い。一方、節理岩の下方にはクロマメノキやミヤマダイコンソウ、ヒゲハリスゲなどからなる、

風衝矮低木群落と風衝草原の混合群落が発達しており、群落下には薄い高山草原土壌があって植被率は60~70%に達している（礫地Ⅲ）。この群落の下方はハイマツ群落に移行する。

2. 各礫地はほとんど稜線近くの強風地に位置しているから、気候条件にはほとんど違いは認められない。またいずれの礫地もマトリックスを欠いていて、土地条件には著しい差はない。したがって群落組成の違いをこれらの条件に求めることは困難である。本研究では、群落の違いはこの場所での植生遷移の段階の違いを示しているのではないかと考え、礫に生じた風化皮膜を用いて、各礫地を構成する礫の供給期を推定することを試みた。礫地Ⅰ、Ⅱ、Ⅲにおける風化皮膜の厚さは、平均してそれぞれ1.1 mm, 2.1 mm, 4.1 mm で、これらから推定される 岩屑供給期（＝斜面形成期）は次のようである。

礫地Ⅰ：ネオグラシエーション期

礫地Ⅱ：晩氷期

礫地Ⅲ：最終氷期最盛期

3. これに基づいて節理岩の高山帯強風地での植物群落の発達に要する時期を考えると、3,000年ほどかかって疎らな地衣類からなる群落、1万年程度かかって地衣類と蘚苔類の混合した群落ができ、さらに数千年かかってようやく風衝矮低木群落や風衝草原といった発達した群落ができ、土壌層も形成されることになる。植生遷移の進み方はきわめて遅いが、マトリックスの欠如がその主要因になっていると考える。

V. おわりに

筆者は数年前、薬師岳における高山植物群落の成立条件について論じ（小泉，1989），地質によって斜面の形成期が異なるために、地質ごとに植物群落の発達度合にも違いが出てくるという事例を明らかにした。本論文ではこれをさらに一歩進め、同一の地質地域でも岩屑の供給期が何回かに分かれることがあるということを明らかにし、それに基づいて植生遷移の様式と速さを導いた。

本文中でも述べたように、北アルプス節理岩地帯の花崗斑岩礫地における、推定された遷移の

スピードは著しく遅いものである。わが国の高山帯で植生遷移の速さを実際に提出したのはおそらく本論文が初めてだと思うが、同じ視点から各地の高山植物群落を見直してみれば、似たような事例が多数現われるのではないかと予想している。本研究の当否を点検するためにも、高山帯の植物群落を研究しておられる方々には、この種の研究にもぜひ手を染めていただきたいと考える。

また今回報告したような地衣類や蘚苔類しか分布しない礫地は、高等植物を欠くために、植物生態学者の研究対象としてはこれまで見過ごされてきたのではないと思う。今後、地衣類などの専門家による調査を期待したい。ハイマツ群落や風衝草原・風衝矮低木群落などに関しても、従来はこれらが高山帯や強風地の極相植生であることを疑う人はいなかったが、もしかしたらまだ遷移の途中にある群落であるかもしれない。この点に関しても再検討をお願いしたいと思う。

文 献

- 岩田修二（1980）：白馬岳の砂礫斜面に働く地形形成作用——移動様式とその強度。地学雑誌，83，319-335。
小泉武栄（1979）：高山の寒冷気候下における 岩屑の生産・移動と植物群落 I. 白馬山系北部の高山荒原植物群落。日本生態学会誌，29，71-81。
小泉武栄（1980）：高山の寒冷気候下における 岩屑の生産・移動と植物群落 III. 北アルプス北部鉢ヶ岳付近の花崗斑岩地及び古生界砂岩・頁岩地の風衝植物群落。日本生態学会誌，30，173-181。
小泉武栄（1989）：北アルプス薬師岳における 斜面発達と強風地植物群落。日本生態学会誌，39，127-137。
小泉武栄・青柳章一（1993）：風化被膜から推定した北アルプス薬師岳高山帯における岩屑の供給期。地理学評論，66A，269-287。
小泉武栄・関 秀明（1988）：高山地域における 最終氷期以降の岩屑生産と斜面形成。文部省科学研究費補助金総合研究（A）研究成果報告書「日本における沖積平野・沖積層の形成と第四紀末期の自然環境とのかかわりに関する研究」（代表：井関弘太郎），93-107。
高山地形研究グループ（1978）：白馬岳高山帯の地形と植生。寒冷地形談話会，164 p。
Matthews, J. A. (1992): *The ecology of recently-deglaciated terrain. A geoecological approach to glacier foreland and primary succession*. Cambridge University Press, Cambridge, 386 p.
水野一晴（1989）：北アルプス三ツ岳周辺の風衝地における斜面構成物質との関係からみた高山植物の立地。日本生態学会誌，39，97-105。

水野一晴 (1994) : ケニヤ山, Tyndall 氷河の後退過程
と植生の遷移およびその立地条件. 地学雑誌, **103**,
16-29.
相馬秀広・岩田修二・岡沢修一 (1979) : 白馬岳高山帯

における砂礫の移動プロセスとそれを規定する要因.
地理学評論, **52**, 562-579.
(1994年10月21日受付, 1995年5月15日受理)