レバノン山脈の気候地形

小 泉 武 栄*

Climatic Geomorphology of Lebanese High Mountains

Takeei KOIZUMI

Abstract

Lebanese Mountains running along the eastern coast of Mediterranean Sea are about 3000 m high and consist of jurassic and cretaceous limestones. Several geomorphological phenomena derived from lithology and climatic conditions develop in these mountains.

Several undulated erosional surfaces which are strikingly contrast of deep valleys with high cliffs are well reserved. The limestone composing the Mountains is weak enough to be cut into deeply by water erosion but it resists to mechanical weathering, so the erosion is restricted only along the streams and the slopes and erosional surfaces are apt to be reserved.

At the head of the streams there are great cirque-like landforms, represented with "Cirque de Cedres" and have been regarded as glacial cirques by several authors. These landforms, however, are also ones derived from lithology and it is impossible to think them glacial cirques. These landforms seem to have been created by the landslides occurred frequently under the different climatic conditions in the past.

Small hollows, distributing generally on the erosional surfaces above 2000 m high, have been often considered as nivation hollows. But these hollows seem to be karst landforms and their distribution is controlled with the underground water system. Therefore it is not correct to relate these hollows with firns.

Patterned grounds develop widely on the gentle slopes in the alpine zone of Lebanese Mts. For the formation of these landforms intensive destruction of bedrocks and productions of gravels and small particles are needed at first. The grain size composition under the present climate is favourable to the formation of patterned grounds.

In this Mountain tree limit altitude is estimated to about 2500 m high, though it is not clear at the present time. *Astragalus* and perennial herbs (*Vicia canescens*) distribute instead of trees. Judging from this, the lower periglacial limit is estimated to have been at 2600-2700 m high. On the area above this lime debris production and movement were vivid, and the area below this line soil formation was predominant and patterned grounds occur only as extrazonal phenomena here.

Periglacial deposits belong Riss and Würm ice ages are observed around Qornet es

* 東京大学大学院理学系研究科地理学専門課程

Graduate School, Department of Geography, Faculty of Science, University of Tokyo.

Saouda and other places. These old deposits are consolidated. Riss deposits are coarser than Würm deposits. And both deposits are coarser than the deposits on the present slopes.

はじめに

地中海の東岸に位置するレバノン、岐阜県とほぼ同じ程度の面積しかないが、国内に3,000 mを越える高山をもつ山国である、この国の地形については、フランス、ドイツを中心とするヨーロッパ諸国の学者によつて、主として気候地形学的側面から研究されてきたが¹⁾、最近では、地形学者と先史学者の共同研究もさかんに行なわれるようになり、この地域は西アジアの洪積世の気候や地形の変化を論ずる際、落とすことのできない地域の1つとなっている。

一方、この国は気候帯こそ異なるが、西南日本とほぼ同緯度に位置しており、このことからこの山地での地形研究は、日本の高山との比較の上でさまざまな興味深い事例を提供している。また、最近では、構造地質学の分野でも注目される地域の1つとなつており、新しい造山帯であるという点からも、我々には興味深い地域である。

筆者は1974年、第五次東京大学西アジア洪積世人類遺跡調査団の一員としてこの国を訪れ、この地域の地形と自然環境の変遷に関する研究に従事した。筆者の調査はレバノン山脈の高山帯における気候地形学的観察を主としており、課題に必ずしも全面的には答えるものではないが、若干新しいデータも得られたので報告する次第である。

I. 調査地域の概観

レバノンは、地中海沿いの狭い海岸平野の部分を除くと、海岸線とほぼ平行して NNE-SSW 方向に走る、3つの地形单元から成り立っている。西のレバノン山脈、東のシリアとの国境をなすアンティレバノン山脈および両山脈の間を走るベッカ盆地である。このうち、レバノン山脈は長さ約165 km、幅約20 km、高さ約2,000~3,000 mの高原状の山地であり、これと並走するアンティレバノン山脈は、規模ではレバノン山脈にやや劣り、高度も2,300~2,600 mと低下するが、南端は2,800 mのヘルモン山に連なる。いずれも日本アルプス程度の規模と考えてよい。この両山脈にはさまれるベッカ盆地は、幅10~20 kmの細長い盆地で、紅海から死海地溝に続く大地溝

第1図 レバノンの地形と馬蹄状地形の分布

第2図 レバノン山脈、アンティレバノン山脈の地断面図 (de VAUMAS による)

帯の北端に相当している。

地質学的には、レバノン、アンティレバノンの両山脈は、ジュラ紀～白亜紀の石灰岩からなっており、第2図²⁾に示したような背斜構造をなしている。この背斜構造をつくった構造運動は、中新世に始まったと考えられているが³⁾、その後、この背斜構造を切つて、侵食小起伏面が形成された。この侵食小起伏面のなごりは、現在、レバノン山脈各地にみられ、標高2,800～2,900 m, 2,500 m 付近, 2,000 m 付近, 800～1,200 m 付近および400 m 付近に平坦な面が存在する。これらの面は高度頻度曲線(第3図)やSUZUKI (1971)⁴⁾の作製した切峰面図によく表われている。

ところで、面の配列をみると、高位の面ほど東よりに分布しており、面と面との境界は一般に直線状で、山脈の走る方向にほぼ一致している。したがって、レバノン山脈は主稜線が著しく東に偏り、急な東斜面と緩かな階段状の地中海斜面とから成っているわけである。これらの事実、かつて一続きだった侵食小起伏面が、差別的に隆起して数段の面となつた可能性を示唆するものであるが、これについての詳しい研究はまだ行なわれていない。

一方、ベッカ盆地は向斜部に相当しているが、両山脈との境界は、落差1,000～2,000 mに達する正断層崖で境されている。盆地底には数100 mに達する第四系が確認されており⁵⁾、第四紀における相対的な盆地の沈降・山脈の隆起を示している。また、レバノン山脈周辺では、トリポリの東北部など数箇所まで玄武岩の流出がみられ、その時期は鮮新～洪積世境界ごろと洪積世末に集中していて、後者は第四紀に入つてからの断裂運動を示していると考えられる。

レバノンは気候的には、夏季の乾燥と冬季の湿潤を特色とする、地中海式気候区に属している。降水量は地中海沿岸で800～1,000 mm程度で、レバノン山脈主稜部に向かつて増加し、最高で1,400～1,800 mmに達する。主稜線を越えると降水量は急激に減少し、ベッカ盆地では400～800 mm程度、アンティレバノン山脈では200～600 mm程度落ちこむ。この降水量は大部分が雪の形で冬季に集中して降る。とくに主稜部は、11月から5月にかけて雪におおわれ、局地的には9月ごろまで、雪田の形で雪が残る。

II. レバノン山脈の山地地形の特色

レバノン山脈の山地地形の最も目立つ特色は、深い谷と平坦な河間地域の著しい対照である。レバノンでは海岸のすぐそばまで山地が迫っているが、この山地を深く切り込んで両側に高さ数100 mに達する絶

第3図 レバノン山脈の高度頻度曲線

壁をもつた峡谷が生じている。このような峡谷は Nahr⁶⁾ Ibrahim など、主要な河川に沿って典型的にみられる。峡谷底の河床堆積物は乏しく、一般に基盤が露出している。

これらの峡谷を上流へたどっていくと、標高 1,400~1,800 m 付近で泉に到達し、峡谷はそこで途切れてしまう。この部分をみると、平坦な面に切りこんで突然深い峡谷が始まっており、日本の山地のように、多数の支流が合流して、しだいに大きい河川になっていくのを見慣れている目には、いささか奇異な感じがする。レバノン山脈では、水流は深い谷の底に限られており、一般に水利条件は悪いが、この泉の部分は水がたやすく得られ、可耕面積も広いので、山中にもかかわらず、Bcharre や Faraiya を始めとして、かなり大きな集落が成立している。これらのレバノン山脈中の都市や集落は、歴史的には、7~8 世紀ごろ、イスラム教徒に追われて山中へ逃れた原始キリスト教徒が、その基を築いたといわれている。

ところで、深い谷と谷の間には、平坦ないし小起伏の河間地域が細長くのびている。レバノン山脈中の中小の集落は、ほとんどがこの上に立地したものである。主要な道路も、主としてこの河間地域を走り、眼下に深い峡谷を見下すと、しばしば恐怖すら感じさせられる。このような河間地域には 2 系統のものが存在する。1 つは先に述べた侵食小起伏面である。しかし、一般にみられるものは、この侵食小起伏面を盆状に削り込んだもので、主要河川沿いに連続してみられ、現在の峡谷が形成される前に広い谷をつくっていたようである。面上に堆積物が見出されないことから、これらの面は侵食段丘面であると考えられるが、この侵食面は下流へたどっていくと、400 m の侵食小起伏面に連なるようにみえる。すなわち、河川が現在のように下刻を始める前には、400 m 面が侵食基準面になっていたようにみえる。

ここで 1 つ注意しなければならないことは、この侵食段丘面を切つて生じた峡谷沿いに、河岸段丘がみられないことである。海岸付近にみられる 61 段の海成段丘⁷⁾は、内陸部には連続しない。このような河岸段丘の欠除は、400 m 面形成後、レバノン山脈が新たに隆起を始め、その結果、急激な下刻が継続しておこつて、段丘面をつくるような河床の安定期が生じなかつたためと考えられる。

河川沿いの侵食面を上流へたどると、泉の背後にある巨大な馬蹄状の地形に到達する。第 1 図に示したように、主要な河川の谷頭部にはほぼ例外なくこの地形が発達し、北から Ceder 付近、Faraiya 付近、Beskinta 付近、Hamman 付近等に典型的なものがみられる。いずれも、幅 3~6 km 程度、比高数 100 m の巨大な半円形状の口を西に向けている。侵食小起伏面との関係を見ると、Ceder のもののみ最高位の面に食いこんでおり、その他のものはより下位の面に生じている。

III. Ceder の馬蹄状地形

レバノン山脈の地形を特徴づける、このような巨大な馬蹄状地形の成因については、相対立する 2 つの説が出されている。1 つは KAISER (1963)⁸⁾による氷食説で、この説によれば、この馬蹄状の地形は氷食圏谷であり、圏谷底の部分にはモレーンやルンドヘッカーが認められるという。KAISER はさらに、レバノン山脈には 2 回の氷食作用が認められるとし、Baharre や Faraiya まで氷河が達したことがあると主張した。

これに対し、KLAER (1962)⁹⁾や MESSERLI (1966)¹⁾、BESANÇON, DRESEN et TRICART (1973)¹⁾らは、下部白亜紀石灰岩が崩壊や水含みの土石流的なマスムーブメントによつて差別的に侵食されて、馬蹄状の地形が形成されたと主張している。

筆者はこのような馬蹄状の地形のうち、最も大きく、典型的な Ceder のものについて実地に観察することができたので、以下それについてのべる。

まず、平面形は第 4 図に示した通りである。第 4 図の北半部および、南西部に残された小起伏面が、スプーン状にえぐられており、比高約 800 m に及ぶ急な斜面が形成されている (写真 1)。この長大な斜面は、冬には格好のスキー場として利用されている。馬蹄状の地形の底の部分を見ると、Ceder ののる、1,800~2,000 m の平坦な部分と、Bcharre ののる 1,400 m 程度のより低い平坦部とが認められる。この

第4図 Cedarの馬蹄状地形および山頂部の微地形の分布

うち、下位の面は前記の400 m面に連続する侵食面の一部を構成するもので、たまたま、硬岩層である玄武岩層の位置に一致している。これに対し、上位の面は、厚さ最大400 mにも達する堆積物からなる堆積面で、堆積物の基底は、Bcharreののる面である。

地質断面図(第5図)に示したように、Bcharreののる侵食面、すなわち、広い盆状の谷の形成後、背後から大量の岩屑の供給があり、盆状の谷は、現在の堆積面のレベルまで埋積された。この分厚い堆積物は、下流部では見出されず、堆積のおこつたのは、谷頭付近に限られていたようである。堆積物は全体に粘土質であるが、径10 mもあるような岩塊も含み、層理も認められることから、BESANÇONらの主張するように、崩壊などのマスマーブメントのくり返しによつて生じたものと考えられる。巨大な馬蹄状の地形の斜面は、堆積の進行に伴つて後退したに違いない。

この埋積の後、岩屑の供給は、馬蹄状の地形の内部に岩屑斜面や小扇状地をつくる程度に激減し、堆積物

写真1 Cedarの馬蹄状地形の斜面

第5図 Ceder および Bcharre 付近の地質断面図
(断面線の位置は第4図に示す)

写真2 Ceder ののる面をつくる堆積物。背後は馬蹄状地形の斜面。手前は Bcharre ののる面に続く平坦面。

で、モレーンなどではないらしい。これらの小丘をつくる堆積物は、溶食と再固結によつて、ごつごつとした穴だらけの硬い岩となつてしまつており、しばしば厚い赤色土をのせている。したがつて、堆積物の起源はかなり古くさかのぼる可能性がある。ただ、膨大な堆積物の供給された時期、そのときの気候条件、崩壊等が頻発した理由およびそれが現在起こり得ない理由等については、今のところ不明であり、馬蹄状の地形が氷食圏谷でないことがはっきりしただけで、膨大な堆積物が氷期に供給された可能性を否定するものではない。これらの点の検討は、今後の研究にまちたい。

Ceder 以外の馬蹄状の地形についても、同様の堆積物が観察されており、Ceder の場合と似たような地形発達が行なわれたようである。氷食の可能性については、すでに指摘されているように¹¹⁾、涵養域に

は再び下方から侵食をうけて、かつての谷が掘り出された。Bcharre ののっている部分や肩の部分にある礫層は、かつて堆積物の削り残しである¹⁰⁾。そして現在、この掘り出された盆状の谷の底をさらに深くえぐつて、V字型の峡谷が形成されているのである。現在、峡谷をつくる下刻は Qadicha の洞窟(鐘乳洞)(第4図の⑤地点)まで達しているが、盆状の谷の掘り出しもちょうどこの部分まで到達しており、そこには比高400 mにも達する急崖が形成されている(写真2)。

一方、馬蹄状の地形の斜面の部分は、全体にのつべりして出入りに乏しく、縦断面形は斜面のどの部分をとつてもほぼ同一で、わずかに凹形を示し、氷河作用に起因すると考えられるような凹みはみられない。傾斜も圏谷壁と考えるには緩かすぎる。また、斜面は一般に岩層におおわれて露岩地に乏しく、圏谷壁と考えるには不都合であり、露岩の部分でも氷食の証拠を見出すことはできない。したがつて地形からみる限り、氷食作用の痕跡は認められない。馬蹄状の地形が全て稜線の西側に分布し、東側にこれに見合うものが存在しないのも、氷食説には不利である。

これらの事実から判断すると、馬蹄状の地形および2段の平坦面は、氷河作用とは直接関係がないようである。KAISER がモレーンとした小丘群やルンドヘッカーとしたでつぱりは、堆積面をつくる堆積物の表層部が固結し、それが小さい流れによつて刻まれて小丘となつたもの

比較して圏谷が大きすぎるということもあり、Ceder の場合と同様、可能性は小さいといえる。

なお、Ceder ののる堆積面の中央部には、地名のもとになった Ceder (レバノン杉) の林が残されている(写真3)。Ceder の木は、エジプトのピラミッドの中に納められている棺や、ローマの軍船に使われたことで有名である。かつてはレバノン山脈を広くおおつていて、レバノンの国旗にも描かれているこの木も、フェニキア以前からといわれる長年月にわたる伐採により、現在では、ここのほか Jabal¹²⁾ Barouk などわずか数箇所に残されるだけになってしまい¹³⁾、すべて天然記念物に指定されている¹⁴⁾。Ceder の林をつくる木は、いずれも直径1 m 程度に達する大木で、枝を大きく広げ、美しくりつばである¹⁵⁾。

写真 3 Ceder (レバノン杉) の木

より、現在では、ここのほか Jabal¹²⁾ Barouk などわずか数箇所に残されるだけになってしまい¹³⁾、すべて天然記念物に指定されている¹⁴⁾。Ceder の林をつくる木は、いずれも直径1 m 程度に達する大木で、枝を大きく広げ、美しくりつばである¹⁵⁾。

IV. 山頂部の小窪地について

Ceder の馬蹄状の地形の斜面を登りつめると、最高位の侵食小起伏面となる。ここには前輪廻性の谷がみられるほか、流出河川をもたない内陸地域も生じている。植生は2,000 m 付近から急激に減少し、露岩地や岩屑斜面が卓越する。小起伏面上では *Astragalus* 属のトゲの多いクッション植物 (写真4) と *Vicia canescens* (マメ科、ソラマメの類の多年生草本) が卓越し、主として北および西向き斜面に生育している。

侵食小起伏面上の斜面は一般に出入のに乏しく、谷密度も小さいが、このような特性は、小起伏面上であるということに加え、本地域の地質に原因が求められるようである。本地域の石灰岩は多孔質で水を浸透させやすく、また、降水は積雪の形で冬季に集中し、融雪水は徐々に

写真 4 *Astragalus* 属のクッション植物

地下へ浸透するから、表流水の生ずるのはごく短い期間に限られてしまう。その結果、支谷は発達しにくくなり、山ひだに乏しい、のつぺりした斜面ができあがったと考えられるのである。斜面は一部の露岩地を除いて、ほぼ岩屑におおわれるが、これらの移動は主に、凍結融解によるマスムーブメントとごく限られた期間の表面流出によつていようである。

こうして、地下に浸透した水は集中して水脈をなし、すでに述べたように、いくつかの場所で泉となつて湧出する。しかるに山脈の主稜部をつくる白亜紀層がわずかに西へ傾いているため、山頂部分で浸透した地下水は大部分が地中海側へ流下する。泉や主要河川はほとんどが地中海側へ生じており、前述の馬蹄状地形も地中海側に分布が偏つていいるが、これはこのような地下水の動きに密接に関連しているとみてよいであろう。なお、泉から下流では、常時水のある本流の部分が下刻の進むのに対し、谷壁の部分は上記の斜面と同じ理由でなかなか後退しないから、必然的に急な谷壁をもつ峡谷が形成されることが考えられる。

ところで、この侵食小起伏面上には斜面、平坦地を問わず、多数の小窪地がみられる。このような小窪地にはこの地域に限られず、レバノン山脈の2,000 m を越える平坦な山稜上は、ごく普通に無数にみられ、一般的なもの写真5に示したように、円形あるいは楕円形で、深さ1 ~ 5 m 程度のすりばち型の凹

写真 5 Qornet Fahd 付近の小窪地。左手に新しい陥没がみえる。手前の植物は黒いのが *Astragalus*, もう 1 つはマメ科草本。1974年 8 月 9 日撮映。

しかし、上記のような小窪地を nivation hollow とする考えには若干疑問がある。内部に残雪のつまっている小窪地は確かに存在し、この場合、融雪水が小窪地の拡大に関与していることは確かである。しかし、筆者が 7 月下旬～8 月上旬に観察したときは、雪のつまつた小窪地は標高 2,800～3,000 m の Qornet es Saouda 付近でもまれにしか存在せず、標高 2,000～2,100 m 程度の Jabal Kesrouane では全く見られなかった。また、鈴木らは東あるいは南斜面に小窪地が多いと主張しているが、小窪地は平坦な部分にも多数分布しており、そこでは nivation hollow を生じさせるような、積雪の不均一な分布が生ずるとは考えにくい。したがって小窪地内に雪が残るのはむしろ、小窪地の存在が原因になっていると考えた方がよさそうである。

さらに鈴木らの説では小窪地形成の初期条件が説明できないように思われる。この山地には小窪地の萌芽とでもいうべき、径数 10 cm、深さ 10～20 cm のごく小さい凹みも多数みられ、これらが次第に大きな窪地に発達していくと考えられるが、このような小さな凹地は、積雪の不均一分布とは全く関係なく生じている。

ここで小窪地の分布を改めて検討してみると、小窪地が単独で存在している場合はまれであり、いくつかの小窪地が線状に連なっていることに気がつく。線状の連なりは主として、斜面上の浅い谷筋にみられるが、平坦な部分でも小窪地の連続しているのがみられる。このような分布パターンから判断すると、小窪地の分布はおそらく地下水系によつて規定されていると考えられる。浸透水の通路に沿つて物質がとり去られ、小窪地が形成されていくのであろう。

筆者は今回、小窪地の形成に関わるとみられる興味深い現象を観察した。それは Qornet Fahd 付近のなだらかな斜面(第 4 図の①)に生じた、直径約 5 m、深さ 2.5 m 程度の陥没である(写真 4)。浸透水によつて物質が除去され、地下に空洞を生じて陥没したものであろう。この穴の側壁には径 10～15 cm の角礫と細礫の乱雑な堆積が現われ、不明瞭な層理が認められた。このような穴の側壁が崩れれば、すりばち状の典型的な小窪地が生ずるのであろう。形も円形ないし楕円形になるはずである。したがって問題の小窪地は、基本的にはカルスト地形の一種であつて、一部では残雪が拡大要因になっているものとみられる。

なお、Qornet es Saouda の西方約 2 km には、直径約 200 m の巨大なウバーレが存在する。

V. レバノン山脈の構造土

この山地では多くの場所で構造土の観察され、構造土についての報告も多数にのぼる。KLAER¹⁾によれば、直径 60 cm までの多角形土が傾斜 5° 以下の斜面にみられ、それ以上の傾斜の斜面には条線土が発達

みである。この小地形について鈴木・福田(1971)¹⁶⁾は、残雪下部からの触雪水が石灰岩中に浸透することによつて形成された、nivation hollow であると考えている。鈴木らによれば、小窪地の分布は東、東南、南の風下斜面に片寄つており、このことから積雪分布が小窪地の形成と密接に関連していることがわかるという。

このような小窪地を snow patch あるいは firn に結びつけて考える考え方は、この他にも KLAER (1957)¹⁾などにみられるが、とくに KAISER (1963)⁸⁾はこの小窪地と氷期の firn とを結びつけ、レバノン山脈の平坦な山稜上に plateau glacier が存在したと主張した。

している。鈴木ら(1971)¹⁶⁾は構造土の断面を観察して、多角形土が表層の角礫層の下部にあるシルト層の突き上げによって形成されたことを見出した。鈴木らはさらに、構造土の生成や分布を考える際、構造土を構成する物質の生産様式(風化様式)と生産された物質が分布し、残積するような斜面の傾斜やその広がりについても考えることの必要をのべた。

この鈴木らの指摘は注目すべきものであるように思われる。構造土そのものは周氷河地形のうちかなり特殊なものであり、限られた条件がそろわないと形成されないが、構造土をつくり出すような物質の生産配分様式は、他の地形形成にも重要な役割を果たすと考えられるからである。このような理由により、筆者は構造土とともに注意した。その結果、明らかになったことは次のようである。

まず、現在のレバノン山脈高山帯の気候条件下での岩石の風化および岩屑の生産様式について述べよう。本地域の石灰岩からは大ざっぱにいつて、径10~15 cm程度の礫からシルトまでの各サイズの岩屑が生産されている。これらの物質のうち細粒なものは下方へ流出してしまうため、山頂部では礫原が形成されているが、山腹斜面は礫と細粒物質が厚くおおう。断面を観察すると、礫の卓越する層準と細粒物質からなる層準が層をなしており、粒度組成にも著しい変化があつて、斜面物質の生産と移動に変動に変化のあつたことがわかる。

一方、平坦な部分や Qornet es Saouda 付近の前輪廻の谷あるいは緩傾斜の部分には、山頂部や斜面から流れてきた細粒物質が集積し、礫まじりの著しく土質な表層堆積物が生じている。多角形土や条線土が生じているのは実はこの部分であり、大量の細粒物質の存在がこれらの微地形の生成に重要な役割を果たしていることは、疑い得ないところである。また、谷筋にはしばしば、レリックと考えられる赤色土が残存しているが、構造土はしばしば、この赤色土の分布地域に生じており、細粒物質からなる赤色土が同様に、構造土の生成に関与していることが予想される。

本地域では多角形土は径20~30 cm程度の網目をなすことが多く、粗粒部には2~5 cm程度の角礫が卓越する。条線土の場合、条線間の間隔は10~15 cm程度のものが多く、粗粒部分を構成する礫は5~10 cmのものが卓越する。細粒部分は細礫まじりの砂~シルトである。細粒物質に乏しいところでは、同一の傾斜でも岩屑におおわれた斜面をつくるだけのようである。前述の小窪地との関係を見ると、分布地域はかなり共通しており、小窪地のすりばち状の斜面にはしばしば、条線土が観察される。このような分布の共通性は水の動きと細粒物質の集積に関係しているのであろう。

なお、日本の山地と異なるのは、階段状構造土がほとんどみられないことである。レバノン山脈では不明瞭な植被階状土がわずかにみられる程度で、礫質階状土はみられない。これはおそらく、本地域の石灰岩が礫質階状土をつくるような粗大な礫を生産していないことに原因が求められよう。粗大な礫または岩塊のみみられるのは崖錐、ワディ底、雪田跡あるいはロックグレーシャーとみられるところに限られ、いずれもおそらく過去に生産されたものである。化石あるいはレリックの構造土も見出すことができなかったが、これも1つの特色である。

VI. 過去の周氷河堆積物

過去の周氷河環境下で形成された地形そのものは識別できなかったが、堆積物については3つの異なる時期に属するものが区別できた。いずれもソリフラクション堆積物と考えられ、写真8に示したように、長軸を斜面の傾斜方向に向け、急な斜面と平行に堆積するという独特の堆積構造を示している。水による堆積物とは明らかに異なり、斜面上をずると移動していた物質がそのまま固定されたものである。いずれも多かれ少なかれ淘汰を受けている。まず古いものから記述すると、すでに物質を供給した斜面は後退し、わからなくなつてしまつた堆積物が存在する。Qornet es Saoudaの南西の谷の中央(第4図の②)など数カ所で観察され、著しく硬く固結した岩塊あるいは礫岩状をなして存在する(写真6)。この堆積物は他の2種に較べて相対的に粗粒であり¹⁷⁾、淘汰も悪い。礫と礫の間を充填する細礫は融合しており、一粒

写真 6 リス期のソリフラクション堆積物

写真 7 ヴェルム期のソリフラクション堆積物

写真 8 ヴェルム期のソリフラクション堆積物の堆積構造

一粒が識別しにくくなっている。また、マトリックスの溶出により全体にガサガサした鈹滓状を呈している。色は全体に風化して黄色くなっている。この堆積物は BESANÇON (1973)¹⁹⁾により、おそらくリス氷期のソリフラクション堆積物であろうと考えられている¹⁹⁾。これに対し、ヴェルム期のソリフラクション堆積物と考えられるものは、次のような特徴をもっている。硬く固結して礫岩状をなす点は変わらないが、相対的に細粒であり¹⁹⁾、淘汰もよい。とくに礫間を充填する5~7mm程度の細礫の淘汰はよく、固結はしているが、粒と粒との融合はおこっていない。マトリックスは溶融を受けておらず、リス期の堆積物とされたものに比べ、空隙が少ない。この堆積は写真7に示したように、現在の岩屑斜面から突き出したような形をとって分布しており、現在よりもわずかに緩傾斜な斜面に堆積したようにみえる。全体に青みがかったが、風化部分は赤色土の汚染を受けて赤みがかった。このように2期の堆積物は特徴が異なり、たやすく識別できる。

一方、これらとは別に、後氷期に属すると考えられる未固結の斜面堆積物が存在する。層厚は場所により異なるが、一般に80cm程度あり、上部に著しく土壌化した層準が認められる。この部分は径1~4cmの角礫を含む厚さ15cm程度の暗褐色土壌層をなしている。この土壌層の上に再びやや粗粒な礫層がのり、その最上部が再度土壌化を受けている。そしてその上を現在の周氷河堆積物である。径2~3cmの淘汰のよい角礫からなる層が、7cm程度の厚さで斜面をおおう。現在の斜面物質を含めれば、都合4期にわたる周氷河堆積物が識別されたわけである。このような粒度組成にみられる変化はおそらく、気候条件の変化を反映していると考えられる。

なお、この問題について単一の露頭では連続的な変化が観察されたので、次にそれについて述べる。場所は Ceder から Col de Ceder へ登っていく道路沿いの露頭で(第4図の④、標高2,250m付近)、Ceder の馬蹄状地形の斜面の途中を切ったものである。斜面の傾斜は23°、堆積層は崖錐堆積物に近い。第6図に示したように、露頭の下部2.5m以上はきわめて硬く固結した石灰岩の粗礫部と細粒部の互層からなっている。互層の間隔は10~30cmで、粗礫部は7~10cm程度の礫が卓越するが、細粒部はすでに融合して一枚の石灰岩のような様相呈する。色は全体に灰色がかっており、時代はリス期であると考えられ

る。この固結した礫層の上部に不整合にヴェルム期と考えられる堆積物がのる。全層厚は150 cmで3層に分かれる。まず、下部は60 cmの厚さをもつやや硬く固結した明褐色礫層で、径4~5 cmの礫が卓越してマトリックスに乏しい。この上に、10 cmの礫まじり褐色砂層をはさんで、厚さ80 cmの褐色角礫層がのる。マトリックスは砂で固結の程度は弱い。

最上部には55 cmの層厚をもつ完新世~現在の堆積物がのる。これは2層に分かれ、下部は20 cm角礫まじり明褐色砂層で、未固結である。上部35 cmは含角礫暗褐色土壌層で、山頂部のような土壌層の上に角礫がのる現象はみられない。地表には *Astragalus* が主として生育し、植被率は約30%である。

以上みてきたように、この地点ではリス期以来と考えられる堆積物がほぼ連続的にみられ、岩屑生産の様式の変化をたどることができる。

まずリス期には相対的に粗大な礫が生産され、厚い堆積物をつくつた。ヴェルム期の前半はリス期とほぼ同一であるが、後期に入ると細礫以下の細粒物質の生産が相対的に増え、礫の生産は減少したようである。そして完新世には細粒物質の生産が卓越し、土壌化が進んだ。標高が低いためか、現在、周氷河性岩屑の供給は行われていない。もし、より寒冷な気候下でより粗大な礫が生産されるという仮説をたてることが許されるならば、本地域ではリス期がヴェルム期よりも寒冷だったことになる。ただ、石灰岩の特性によるものか、日本の高山でみられるような、径1 mを越えるような巨礫の集積はみられないようである²⁰⁾。

VII. 雪線および周氷河限界線について

第1表にこれまでに提出されている。レバノン山脈北部の雪線、周氷河限度に関する見解のうち、主要なものをまとめた。

これらをもとに、さまざまな過去の気候像が提出されているが、まず、現在の雪線から検討しよう。KLAER¹⁾と KAISER²⁾はともに Qornet es Saouda の山頂近くの小規模な越年雪を指標にして雪線を考えた。これに対し、MESSERLI¹⁾は気温通減率から3,700 mと計算している。万年雪の高度を雪線の基準

第6図 Cedar の馬蹄状地形の斜面の堆積

第1表 レバノン山脈北部の雪線および周氷河限界線に関する諸見解

	雪 線			周 氷 河 限 界 線	
	現 在	ヴェルム	リ ス	現 在	ヴェルム
KLAER, W. (1957)	3,100m	—	—	free solifluction 1,900 binded solifluction 1,800	—
KAISER, K. (1963)	3,000	1,950	—	1,800	1,100
MESSERLIN, B. (1966)	3,700	2,700	2,400~ 2,500	1,700	きわめて 低い
E. de VAUMAS ²⁾ (1970)	—	—	—	—	0

にするのは古典的な方法であるが、本地域の場合は明らかに吹きだまりによるものであり、それも、ただ1カ所の万年雪の存在から雪線を設定するものは危険である。また、筆者の1974年10月の観察では、近年の降水量の減少傾向を反映して問題の雪田は著しく縮少し、越年することすら困難のように見うけられた²²⁾。現在の雪線については MESSERLI の値をとるのが妥当であろう。

次にヴェルム氷期の雪線について検討する。まず、KAISER は1,950 m まで雪線が低下し、レバノン山脈には plateau glacier が生じたと考えたが、これについてはすでに否定した。これに対して MESSERLI は Qornet Fahd の東斜面、Machraa Tourmous 北側などに氷食地形を認め、圏谷底のモレーンの下限は、Qornet Fahd の南東斜面で2,500 m、山地の西側斜面で2,950 m、北側で2,500 m においた。2,700 m という側はこれらの平均である。ところで MESSERLI が氷食地形としたものをみると、予想外に小さなものである。Qornet Fahd の東のものは MESSERLI が代表的なものとみなしたものであるが、それでも半円形の直径は200 m に満たず、また、圏谷としての凹みも少ない。現存形成される雪田は9月までには消失してしまう。圏谷の末端はわずかに高まっているが、堆積物ははつきり確認できない。圏谷に続く氷食谷の全く欠除しているものの特徴の1つである。また、分布をみても、明らかに局地的な雪の吹きだまりによつて生じたものであることがわかる。したがって氷河が存在したとしても、ごく小規模なものであつたに違いなく、地形形成や岩屑の生産等に対する影響もごくわずかであつたと考えられる。雪線を圏谷底で定義するという方法をとると、この2,700 m が雪線ということになるが、実際にはごく局地的な現象であり、2,700 m 以上が1つの高度帯として氷雪におおわれたのではないということに注意する必要がある。なお、BESANÇON らはこの圏谷状の地形を karst nival, すなわち, nivation の作用を受けたカルスト地形であると解している。筆者にはこの見解が最も妥当なものであるように思われる。

次に現在の周氷河限界線について考えてみよう。これは従来、構造土限界線とかソリフラクション限界線とか呼ばれてきたものであるが、このような呼び方は誤解を招きやすいので、上記のように呼ぶのがよいと思う。これはかつて筆者が論じたように²³⁾、温帯山地においては構造土やソリフラクション現象そのものは extrazonal な現象としてかなり低位置にも出現しえ、その下限がとくに意味をもたないのに対し、気候地形帯としての周氷河地域の下限は、地形形成にとつてもきわめて重要な意義をもつと考えられるからである。

さて、本地域における構造土あるいはソリフラクションの下限については、1,700~1,900 m とかなり類似した値が報告されている。しかし、これらにはいずれも共通した問題点を指摘できる。それは、構造土あるいはソリフラクションという現象の有無のみを問題にし、それが zonal な現象であるか否かの検討をほとんど行なっていないことである。これは、先の雪線に関する議論にもそのままあてはまることであるが、この程度の標高で構造土が形成されることはごく稀れであり、たまたま条件のそろつたところに出現したものであるにすぎず、zonal な現象であるとはみなし難い。たとえば、Ceder の堆積面の標高はこれに相当するが、構造土などは皆目みられないし、逆に1,900 m を越える部分に Ceder のりっぱな林がみられるのである。同様に Jabal Barouk では、2,000 m を越えて Ceder やモミの林がみられる。したがって、ここでも構造土の下限の値そのものは大した意味をもたない。

筆者はむしろ、周氷河限界として、凍結破碎によつて生産された角礫が斜面を広範におおう下限をとりたい。これ以下では土壌の形成が進んでいるのに対し、この限界より上部では、活発な礫の生産と移動が行なわれ、明らかに異なつた地形形成帯に属するからである。いうまでもなくこの現象も、植生分布や土壌水分、斜面の向きあるいは傾斜等によつて分布や出現のし方が異なるが、構造土に較べてはるかに普遍的であり、zone としての把握も容易である。

本地域では、このような岩屑におおわれた斜面の限界はおおよそ2,600~2,700 m 付近にある。この値は、KLAER らの提出した値に較べて800~1,000 m 高いが、決して高すぎる値ではない。レバノンの20万分の1森林図²⁴⁾を検討すると、人為による破壊を辛うじて免れてきた山地においては、標高約2,500 m まで

Junipers が生育しており、人為的な森林破壊さえなければ、このあたりまで森林限界が上昇しうることを示している。また、実際に山地においては、この推定される森林限界を越えて *Astragalus* 属の多年生木本やマメ科草本が広く生育しており、岩屑の移動を食い止めている。したがって 2,600~2,700 m という値は、周氷河地域の下限として、ほぼ妥当なものと考えられる。構造土がごく普通にみられるのもこの程度の高さからである。人為的な森林の破壊によつて、構造土の形成されうる下限は確かに下つているとみられるが、あくまで extrazonal な現象にとどまつているようである。

最後に残された問題は、氷期の周氷河限界線の問題であるが、この問題についてははっきりした解答を出すことができない。KAISER によれば、寒冷気候を指示する凍結破碎礫、ソリフラクション堆積物、ブロックストロームなどがこの山地の多くの場所で観察でき、また、ベッカ盆地北部やアンティレバノン山脈でも、インボリューションやクリオターペーションがみられるという。KAISER はこのことから、周氷河限界を海岸地域で 1,100 m、内陸の乾燥地域で 800 m においた。これに対し、MESSERLI と de VAUMAS は、レバノン海岸付近でみられる崖錐状の乱雑な角礫層を寒冷な気候によるものであるとみなし、周氷河限界を現海面に近いごく低地においている。この de VAUMAS らが見出した、厚さ 30 m にも達する角礫層は、レバノン各地で見出され、また、いくつかの先史遺跡でも、表土層の下に新期の厚い角礫層が存在することから、現在の気候状態に変わる前に、低地においても角礫の生産が激しく行なわれる時期のあったことは確かである。本報告の始めの方でふれた峡谷の底には、しばしば植生によつて固定された崖錐が見出されるが、現在、谷壁からの岩屑の供給はほとんど停止しているから、これも、過去の角礫の生産を示しているとみてよいであろう。このような膨大な角礫が、海岸段丘堆積物や海底堆積物に転化していったことは想像に難くないが、問題は、これらの角礫が果して寒冷気候によるものか否かである。今のところ、これらの礫が寒冷気候下で凍結破碎によつて生産されたものか、他の気候条件下で単なる風化によつて生じたのか、はつきり見分ける方法はないようである。また、角礫の堆積という現象が zonal な現象であるかどうかの検討もなされていず、気候変化以外の原因（たとえば、地殻変動等）による可能性もまだ捨てきれないので、de VAUMAS らのいう値が正しいかどうか判断することはできないが、もしこの値が正しければ、現在より 13~14°C 程度気温が低かつたことになる。この値は異常に大きいようにみえるが、偶然にも BUTZER¹⁾ のあげた値と一致している。

当時の森林限界高度に関するデータが全くないので、たとえこのような一致がみられたとしても適否の判断ができず、結局この問題の解決は、将来の研究の進展に待つほかないようである。

本研究にあたり、第五次東京大学西アジア洪積世人類遺跡調査団の埴原和郎団長、同調査団地学班の阪口 豊助教授、遠藤邦彦氏ならびに他の団員諸氏には大変お世話になった。また、原稿は東京大学の佐藤久教授、阪口 豊助教授ならびに上杉 陽氏にみていただいた。大森博雄助手からはレバノン山脈の高度頻度に関するデータを提供していただいた。以上の方々に心からお礼申し上げる。

注および文献

- 1) BUTZER, K. (1958) : Quaternary stratigraphy and climate in the Near East. *Bon. Geogr. Abh.* Ht. 24.
 KLAER, W. (1957) : Beobachtungen zur rezenten Schneeund Strukturbödengrenze in Hochlibanon. *Zeitsh. Geomorph.* 1, 51-70.
 MESSERLI, B. (1966) : Das Problem der eiszeitlichen Vergletscherung am Libanon und Hermon. *Zeitsh. Geomorph.* 10, 37-68.
 FARRAND, W. R. (1971) : Late Quaternary palaeoclimates of the Eastern Mediterranean area. The late Cenozoic glacial ages. Yale Univ. Press, 529-564.
 J. BESANÇON, J. DRESCH et TRICART, J. (1973) : Observation sur les processus morphogénétiques <froids> au Liban. *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dynamiq.* (2), XV. 231-272.
- 2) E. de VAUMAS (1954) : Le Liban. Paris. による。

- 3) 宝来帰一, 鎮西清高(1971): 大地溝帯と新しい変動論—東 アフリカから 死海まで—. 科学, **41**, 332-345.
- 4) SUZUKI, I. (1970): Outline of Topography and Geology of Lebanon. Report of the reconnaissance survey on palaeolithic sites in Lebanon and Syria. *Univ. Museum, Univ. Tokyo, Bull.* **1**, 6-11.
- 5) WOLFART, R. (1967): Geologie von Syrien und dem Libanon. 152-157, Berlin.
- 6) Nahr は川の意.
- 7) BUTZER, K. (1958): 前掲 1) によれば, 95~100 m, 55~60 m, 45 m, 35 m, 15 m および 6 m の高さに段丘が存在する.
- 8) KAISER, K. (1963): Die Ausdehnung der Vergletscherungen und "periglazialen" Erscheinungen während der Kaltzeiten des Quärtären Eiszeitalters innerhalb der Syrisch-Libanischen Gebirge im östlichen Mittelmeergebiet. Rep. VI Intern. Congr. on Quaternary (Warsaw, 1961). *Geomorph. Sec.*, **3**, 127-148.
- 9) KLAER, W. (1962): Untersuchungen Zur Klimagenetischen Geomorphologie in den Hochgebirgen Vorderasiens. *Heiderberger Geogr. Arb.* **11**, 135 s.
- 10) Bcharre のついている面の原形は剝離面であるが, 堆積物の残されている点に注目すると fill strath 段丘とみなすこともできる.
- 11) 鈴木郁夫(1973): 西アジアにおける氷河と周氷河問題. 新潟大教育学部紀要, **15**, 94-118.
- 12) Jabal は山の意.
- 13) M. W. MIKESELL (1969): The deforestation of Mount Lebanon. *Geogr. Rev.* **LIX**, 1-28.
- 14) 現在, Cedar の馬蹄状の地形の斜面などで, Cedar の木を再植林しようという実験が行なわれており, 次のような報告書が出されている. 森林の復活にはまだかなりの時間がかかりそうである.
M. BASBOUS et R. de TARADE (1955): Notes sur l'écologie du Cèdre du Liban. Publications de l'Université Libanaise. *Sec. Sci. Nat.* **I**, 28 pp.
J. R. DESAUNETTES et A. SALIBA (1966): Etude de reconnaissance du perimetre des Cedres. FAO, Republique Libanaise, Projet de bonification integrale de la Montagne Libanaise formation et recherches forestieres. 69 pp.
- 15) 東京大学の総合図書館の横にも数本のレバノン杉が植えられており, 現在かなりの大木に生長している.
- 16) 鈴木郁夫・福田正己(1971): Lebanon, Kornet es Saouda 付近の周氷河現象. 地学雑, **80**, 352-362.
- 17) 岩塊の表面に 100 cm×100 cm のメッシュをかけ, 表面に現われている礫を大きい方から 100 個選び出し, 長径の平均をとつたところ 34.90 cm になった.
- 18) BESANÇON らはベッカ盆地の両側の山麓部に, 氷期に形成された 2~3 段のペディメントを認め, それらを上流に追っていくと段丘化したソリフラクション堆積物に連続することを見出した. 山頂部の堆積物はこれとは連続しないが, 層相の類似性や産状により時代が決められた. なお, ペディメントの時代は, ペディメント上で見出された石器によつて決定された.
- 19) リス期のもと同様の計測を行なつたところ, 3.64 cm になった.
- 20) 石灰岩礫はある程度時間が経過すると固結し, 侵食に耐えて残りやすくなる. 日本の山地でもどこかで古い周氷河堆積物が見出されないものであろうか.
- 21) E. de VAUMAS (1970): Phénomènes cryogéniques de la cote Libanaise. *Rev. Geogr. Phy. Geol. Dynam.* **XII**, 265-292.
- 22) このような雪田の周辺には, 日本の山地でみられるような雪田植生は全くみられない. 水分条件のよい部分でも, ほぼ裸地のまま残され, 雪田植生はほぼ完全に抜け落ちている. わずかにみられる植物も, フロラ的には日本の高山や北極周辺のものとは全く異なるものである. 周囲を乾燥地域に囲まれている孤立山地であるため, 北方植物が伝播できなかつたのであろう.
- 23) 小泉武栄(1973): 構造土限界線について. 地理評, **46**, 618-624.
- 24) Republic of Lebanon (1966): Carte Forestière Liban au 200,000. Green Plan UN Development Programme. FAO.

(1975年11月21日受理)