

南房総・鋸山の地形と岩石物性

Rock-Landform Relations in Hillslope of

Nokogiri-Yama, Boso Peninsula

佐藤 宏昭*・松倉 公憲**

Hiroaki SATO and Yukinori MATSUKURA

I はじめに

房総半島の中部西岸に位置する鋸山周辺の地質構造については、小池(1949)によってその概要が示されている。さらに、ト部ほか(1990)によって鋸山向斜構造の形成過程についても考察されている。また、鋸山の形成については、藤田ほか(1955, p. 90)が、「かたい地層の凝灰岩が山頂を形成している」と述べている。それを受けて吉川ほか(1973, pp. 196-199)は、侵食に対する抵抗性の強い凝灰岩が山頂に残り、両翼の稲子沢・天津両シルト岩は、侵食によって低められていると述べている。

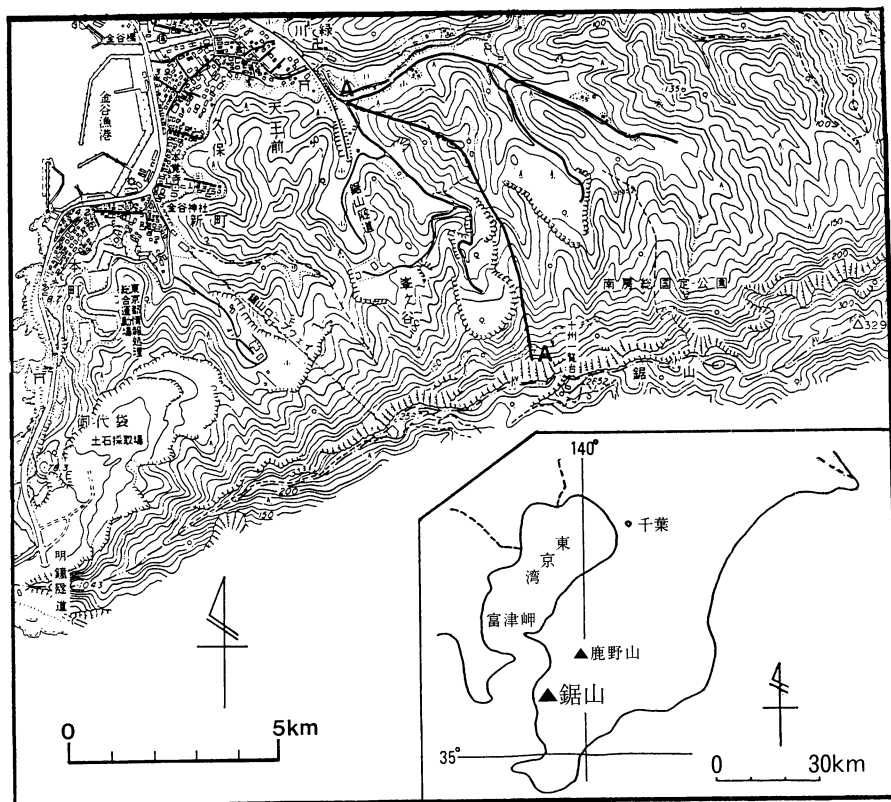
以上のような従来の研究を概観すると、鋸山は構成岩石の侵食に対する抵抗性の差異を反映した、いわゆる組織地形であると考えられてきた。しかし、鋸山を形成するこれらの岩石の物性(例えば物理的・力学的・化学的性質、そして水に対する性質)の違いが、実際どのように鋸山の地形に反映しているのかについての地形材料学的なアプローチは、今だになされていないようである。そこで、本研究では、鋸山を構成する岩石の物性に関するいくつかの試験・実験を行い、それらの結果を基に鋸山の地形と岩石物性の関係について若干の考察を試みた。

II 鋸山の地形と地質の概要

鋸山は千葉県南部の房総丘陵の西端に位置し、富津市と鋸南町の行政界にもなっている。山頂の最高点の標高は329mである(第1図)。鋸山の山塊は東北東から西南西に長く、南北方向に短い楕円形の輪郭をもつ。山頂はまるで鋸の歯を立てかけたような崖が続いており、これが山の名前の由来となっている。北面の崖は主に人工崖(写真1)であり、江戸時代初め頃から『房州石』と呼ばれる凝灰岩が建築材料として切り出されていたところである。その独特の景観から『地獄のぞき』などの観光地となっている。現在では採石は行われていない。

近藤ほか(1972)の表層地質図によれば、鋸山周辺の地質構造は、東西にのびる山頂の稜線が向斜軸上にあり、すべて新第三紀の中新世～鮮新世の堆積岩である。山頂付近は上総層群下部の竹岡層で、砂質の凝灰岩から成っている。山腹斜面は三浦層群最上部の萩生層で、模式地では凝灰岩層、凝灰質砂岩シルト岩の互層、凝灰質中粒砂岩層などよりなるが、鋸山ではこれらが粗粒化の傾向にあり、特に上位層準の岩石ほど粗粒となる。さらにその下部は三浦層群上部の稲子沢層で、模式地では主としてシルト岩より構成されているが、鋸山では主として凝灰質砂岩とシルト岩の互層よりなる。鋸山の南部にはその下部の三浦層群天津シルト岩層が分布している。

* 筑波大学第一学群自然科学類(現 同大学院環境科学研究科) ** 筑波大学地球科学系

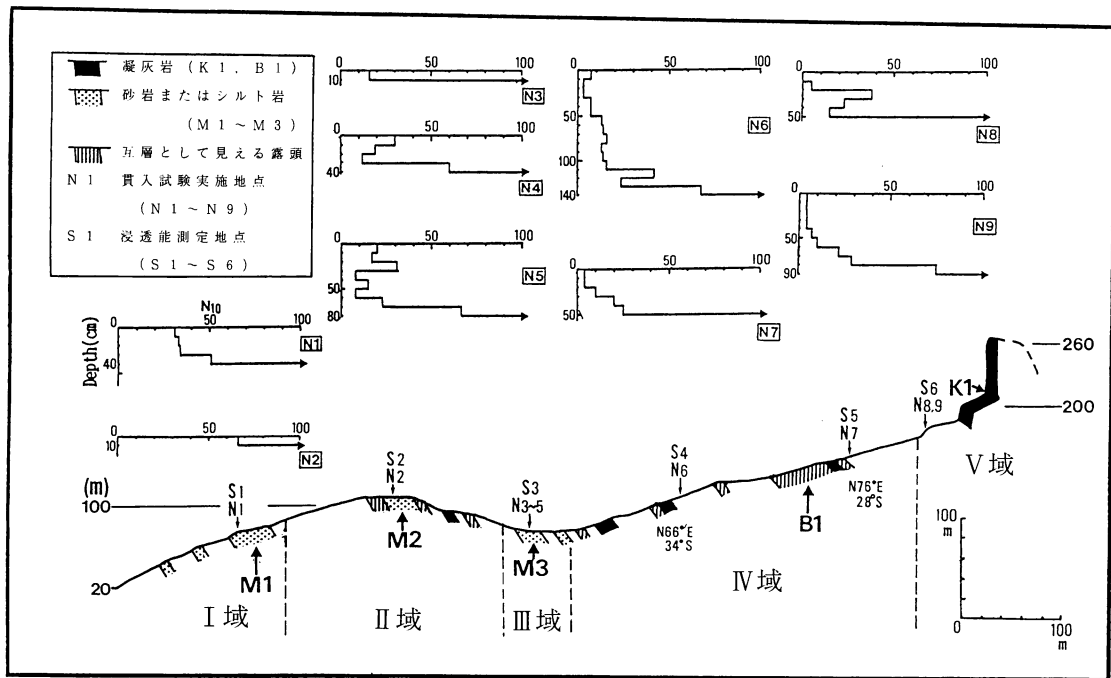


第1図 鋸山の位置及び北側斜面の地形

富津市役所発行の1/10,000地形図の一部を使用．図中のA-A'のラインは地形断面図の測線の位置を示す．



写真1 鋸山北斜面における人工崖



第2図 地形断面，地形区分，貫入試験結果，浸透能測定地点および岩石物性計測用のサンプル採取地点

Ⅲ 現地調査

1) 地形断面図の作成と地形区分

鋸山の北側斜面の1つの尾根（第1図参照）を測線として選定し，この測線を調査対象とした．2 m スパンの斜面測量器を使用して地形断面図を作成した．この測線は登山道にもなっており，頂上付近では人工崖の間を切っているため，測量は崖の基部までしかできなかった．したがって，それより上部の頂上までは推定で描いてある．また，測量と並行して周囲の岩石の種類についても記録した．これらの結果は第2図に示してある．なお，南側斜面については，観光地となっていることや，その斜面形も人工的に変えられているため，調査の対象としなかった．

この断面図をもとに調査対象斜面を，尾根（上に凸な斜面）や鞍部（上に凹な斜面），直線斜面などの地形的特徴をもとに，I 域からV 域までの5つに区分した．この地形区分は地質の境界ともほぼ対応しており，I，II，III 域は稲子沢層に対応し，IV 域

が萩生層，V 域が竹岡層にほぼ対応している．また，それぞれの地形区分において代表的と思われる岩石をサンプリングして，M1（I 域），M2（II 域），M3（III 域），B1（IV 域），K1（V 域）と呼ぶことにした．それぞれのサンプリング地点は第2図中に示した．

I 域はII 域の小高いピークの北側にある斜面で，その平均傾斜は約31°である．露頭はあまりないが，主に黄褐色の細粒砂岩層（M1）から成っている．II 域は小高いピーク（尾根）を形成しているが，このようなピークは第1図の地形図にみられるように，鋸山の北側斜面において東西方向に走る向斜軸とほぼ同じ方向に幾つか断続して存在していることがわかる．このことから，これらのピークは同じ岩質からできているものと考えられる．このII 域の代表的な岩石は，薄い褐色の凝灰質シルト岩層（M2）であるが，その中に数cmの厚さの凝灰質砂岩層をはさんでいる場所も見られる．III 域は鞍部になっており，II 域と同様に鋸山の北側斜面に幾つか並んで分布してい

第1表 測定結果の一覧

	I 域	II 域	III 域	IV 域	V 域
地 形	斜面 平均31°	凸部	凹部	斜面 平均20°	山 頂 主に人工崖
地 層	稲子沢層	稲子沢層	稲子沢層	萩生層	竹岡層
主 な 岩 石	細粒砂岩 (M1)	凝灰質シルト岩 (M2) 凝灰質砂岩を挟む	凝灰質砂岩 (M3)	細粒凝灰岩 (B1) 凝灰質シルト岩を 挟む	粗粒凝灰岩 (K1)
か さ 密 度 (g/cm ³)	1.38	1.60	1.49	1.48	1.46
真 密 度 (g/cm ³)	2.55	2.57	2.68	2.77	2.84
間 隙 率 (%)	45.8	37.6	44.4	46.5	47.9
シ ュ ミ ッ ト ロックハンマー 反発値 (%)	30.6	33.5	34.5	35.9	41.1
一 軸 圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	乾燥 65.1 湿潤 15.4	50.6 21.0	165.6 41.3	99.6 31.3	
圧 裂 引 張 強 度 (kgf/cm ²)	乾燥 8.46 湿潤 0.80	10.9 2.27	18.0 3.71	9.86 3.28	13.3 3.45
一 次 鉱 物	長石, 石英 磁鉄鉱 蛇紋石	長石, 石英 磁鉄鉱 蛇紋石	長石, 石英 磁鉄鉱 蛇紋石	長石, 石英 磁鉄鉱 蛇紋石	長石, 石英 磁鉄鉱 蛇紋石
粘 土 鉱 物	スメクタイト カオリナイト イライト	スメクタイト カオリナイト イライト	スメクタイト カオリナイト イライト	スメクタイト	スメクタイト
乾 湿 風 化 実 験 残 留 率 (%)	67.8	41.7	82.0	96.1	96.3
浸透能 (土層)* (m/sec)	(S1) 7.2×10 ⁻⁶	(S2) 4.2×10 ⁻⁵	(S3) 2.5×10 ⁻⁵	(S4) 5.8×10 ⁻⁴ (S5) 1.5×10 ⁻⁴	(S6) 1.0×10 ⁻⁴
土 層 の 厚 さ* (cm)	風化土層 (N1) 40	風化土層 (N2) <10	風化土層 (N3) 10 (N4) 30 (N5) 75	崩積土層 (N6) 50, (N7) 20 風化土層 (N6) 80, (N7) 30	崩積土層 (N8) 20, (N9) 60 風化土層 (N8) 30, (N9) 20

*「浸透能」のS1～S6および「土層の厚さ」のN1～N9はそれぞれ測定地点を示し、その位置については第2図を参照。

る。岩相は灰色の凝灰質砂岩層 (M3) である。ここでは互層は見られなかった。Ⅳ域は人工崖の基部まで続く斜面で、その平均傾斜は約20°である。岩相は主に凝灰岩層 (B1) であるが、場所によっては数cm～10数cmのシルト岩層をはさんだ互層が観察される露頭もある。また、風化を強く受けてポロポロと崩れやすくなっている露頭も見られる。Ⅴ域は山頂部の主に人工崖を含む区域である。Ⅳ域とⅤ域の境界は、尾根の傾斜が急になる標高170m付近にとった。北側斜面ではこの標高あたりから高い部分で、尾根と沢が明瞭に区別できなくなる (第1図参照)。人工崖の比高は最高で60m位はあると思われる。岩相は、Ⅳ域に分布するB1よりも粗粒の凝灰岩 (K1) である。互層は見られない。

2) シュミットロックハンマー反発値

測線沿いの露頭においてシュミットロックハンマー反発値 (以後、反発値と略称する) を調べた。シュミットロックハンマーは反発硬度 (弾性的なはねかえり) をもって、岩石の硬度を推定するものであり、反発値が大きいほど硬度が高いことになる。反発値は、同じポイントを20回以上たたいて測定し、その平均をとった。最初の数回は、岩盤表面の風化やゆるみの影響でどうしても反発値が小さく出てしまう傾向があるので、それらの値は平均に入れていない。互層の部分では互層の両方の岩盤の反発値を測定した。Ⅰ域の砂岩は31%、Ⅱ域のシルト岩は34%、凝灰質砂岩は30%、Ⅲ域の凝灰質砂岩は35%、Ⅳ域の凝灰岩は36%、シルト岩は35%、Ⅴ域の凝灰岩は41%という結果であった (第1表)。各区域での代表的な岩盤の反発値の平均は31%～41%以内であり、大差はないと言える。

3) 土層構造

測線に沿った9点において土研式貫入試験器を用いて、土層構造の調査を行った。調査地点の位置およびその結果は第2図中に示した。

貫入試験は、貫入棒先端のコーンが10cm土中に貫入するのに必要なおもりの落下回数 (N_{10} 値) を計測するものである。本稿では、得られた N_{10} 値と露頭での土層観察とをもとに次のように土層を区分した。

$N_{10} \leq 10$ ————— 崩積土層

$10 < N_{10} \leq 50$ ————— 風化土層

$N_{10} > 50$ ————— 基岩層

ここでは、崩積土層と風化土層を加えたもの、すなわち $N_{10} \leq 50$ を土層の厚さとした。

結果は以下のようにまとめられる。Ⅱ域は基岩が露出している場所が多く、土層の存在する場所でもその厚さは10cm以下と、かなり薄い。それに対してⅣ域 (例えばN6地点) は風化土層の厚さが80cmもあり、崩積土層を加えた土層全体では130cmと、かなり厚くなっている。実際の露頭 (比高1m程度) においても、N6地点付近では凝灰岩の変質した厚い風化土層 (露頭の下部へ行くほど礫が多くなっていく) が観察できる。一方、Ⅰ域、Ⅲ域、Ⅴ域においても40cm～90cmの土層が存在している。土層構造についてまとめると、Ⅱ域は極めて土層が未発達 (薄い) であり、それ以外の地形区域は土層が比較的良好に発達 (比較的厚い) していることになる。

4) 浸透能試験

それぞれの地形区域の代表的な地点 (測定地点は第2図中に示した) において浸透能試験を行った。方法は田中 (1990) に準じた変水位法によった。すなわち、地表面を数cm掘って、直径14cm高さ48cmの透明な塩化ビニルのパイプを打ち込み、それに水を注ぎ、その後の水位低下量から浸透能を求めた。Ⅳ域では2ヶ所で行っているので、平均をとった。Ⅳ域とⅤ域は浸透能が $3.7 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ 、 $1.0 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$ と大きく、Ⅱ域 ($4.2 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$)、Ⅲ域 ($2.5 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$) は浸透能がやや小さくなり、Ⅰ域が $7.2 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$ と最も浸透能が小さかった。この結果から浸透能の大きさはオーダーで見ると以下ようになる。

$$IV \cong V > III \cong II > I$$

Ⅳ 岩石物性

Ⅰ域～Ⅴ域からサンプリングしたM1～K1の試料を用い、それぞれの鉱物学的性質、物理的性質、力学的性質を調べた。以下に分析方法およびその結果 (第1表) を述べる。

1) 鉱物学的性質

X線回折分析によって、それぞれの岩石に含まれている一次鉱物および粘土鉱物を調べた。結果は第1表に示した。全ての岩石に長石、石英、磁鉄鉱や蛇紋石などが認められた。ただし、K1、B1の凝灰岩については石英のピークがやや不明瞭であった。このことから、これらは玄武岩質であると推定される。

水簸によって粘土画分のみ取り出し、グリセロール処理などをして粘土鉱物の同定を行った結果、全岩石にスメクタイトが存在することがわかった。特にK1、B1の岩石試料ではスメクタイトのX線回折ピークが明瞭であり、スメクタイト以外の粘土鉱物は認められなかった。一方、M1～M3にはクロライトもしくはバーミキュライト、そしてイライト、カオリナイトが認められた。

2) 物理的性質

後述する力学試験で使用したコアを用いて、その体積および乾燥重量から、岩石のかさ密度を求めた。また各岩石をパウダー状まで細かく砕き、ピクノメーターを使用して間隙を含まない真密度の測定をした。これらのデータから間隙率も計算した。

かさ密度は $1.38 \text{ g/cm}^3 \sim 1.60 \text{ g/cm}^3$ の範囲にあり、真密度も $2.55 \text{ g/cm}^3 \sim 2.84 \text{ g/cm}^3$ の範囲にある。間隙率をみると、M2が38%とやや小さいが、その他は44～48%の比較的大きい、類似の値をもっている。

3) 力学的性質

一軸圧縮試験と圧裂引張試験を行った。両試験とも、岩石からコア（円柱状供試体）を抜いて供試体を作製した。ただしK1のみは、粗粒で固結度が弱いこともあり、コアを作製できなかったため、点載荷式圧裂引張試験のみしか行えなかった。Ⅲ域のM3とⅣ域のB1について比較すると、M3の圧縮強度の平均値は乾燥時で 167 kgf/cm^2 、湿潤時で 41 kgf/cm^2 なのに対し、B1ではそれぞれ 100 kgf/cm^2 、 31 kgf/cm^2 である。また、引張強度でも同様にM3は 18 kgf/cm^2 、 3.7 kgf/cm^2 、B1は 10 kgf/cm^2 、 3.3 kgf/cm^2 となっている。従って強度の比較ではM3の方がB1よりやや大きい。M3は、圧縮強度・引張強度とも、乾燥時・湿潤時の両方の条件下において5種類の岩石中で最大の値を示している。またV域

のK1の引張強度の平均が 3.5 kgf/cm^2 であり、Ⅲ域のM3よりやや小さい。

V 乾湿風化および吸水・溶出実験

1) 乾湿風化実験

一般に岩石は吸水すると膨張し、水分が除去されると収縮する。このような吸水膨張と乾燥収縮の交代によって生ずる岩石の破碎を乾湿風化（wetting and drying weatheringあるいはslaking）と言う。また、水分を吸収することによって岩石が膨張する現象は膨潤（swelling）と呼ばれている。乾湿風化は、泥岩や頁岩のような泥質岩・細粒岩などに起こりやすく、特にスメクタイトのような膨潤性の粘土鉱物を含む岩石に顕著に見られる。したがって、凝灰岩であるK1・B1と砂岩・シルト岩であるM1～M3では乾湿風化に対する抵抗性に違いがあるのではないかという考えから、簡単な乾湿風化実験を試みた。

実験の手順は以下のようにした。(1)5種類の岩石からそれぞれ3個ずつ、計15個の岩石サンプルを用意した。サンプルは長径4～5cmの塊状のものとした。(2)それらの試料を2.83mmのメッシュをもつ直径7cmのふるいの上にのせる。(3)サンプルをふるいにのせたまま 110°C で24時間以上炉乾燥させ、乾燥重量を測定する。(4)次に、蒸留水中に完全に浸したまま24時間放置する。(5)その後、ふるいごとの炉乾燥を24時間行い、重量を測定する。上記の(4)、(5)の手順を1サイクルとして、最終的には47サイクルの実験を行った。この実験では、風化によってふるいの目(2.83mm)より小さく破碎してしまい、ふるいより落下してしまったものを乾湿風化による欠損分とした。

実験中の観察で、風化の欠損は主に水に浸している間に起きることがわかった。M1は、比較的同じ方向に大きな割れ目が走るが、M2、M3は割れ目に方向性はなかった。K1、B1は割れ目自体が形成されなかった。また、水に浸した直後は全ての岩石で（岩石中の空気と水との置換のために）気泡が発生するが、気泡の出方には違いがあった。すなわち凝灰岩のK1、B1においては、わずか数秒間の

み気泡が発生するのに対して M1~M3 では数分間にわたって気泡が発生していた。

実験の結果は、第3図に、ふるいに残った残留重量パーセントとして示した。最終的な残留率の平均値は第1表中に示してあるが、K1とB1の凝灰岩は全て90%以上残っており、ほとんど風化していない。それに対し、M1~M3の砂岩、シルト岩は、サンプルによってばらつきはあるものの、平均値ではM1が68%、M2が42%、M3が82%である。特にM2においては11%しか残っていないサンプル(M2-2)も存在するように、乾湿風化しやすいようである。

Matsukura and Yatsu (1982) によると、間隙径が大きいと膨潤はその間隙内に吸収されてしまい、岩石全体を膨張させるまでには至らないという。したがってスメクタイトを含有するK1、B1の凝灰岩が乾湿風化をしないのはこれらの岩石の間隙径が大きいためと考えられる。

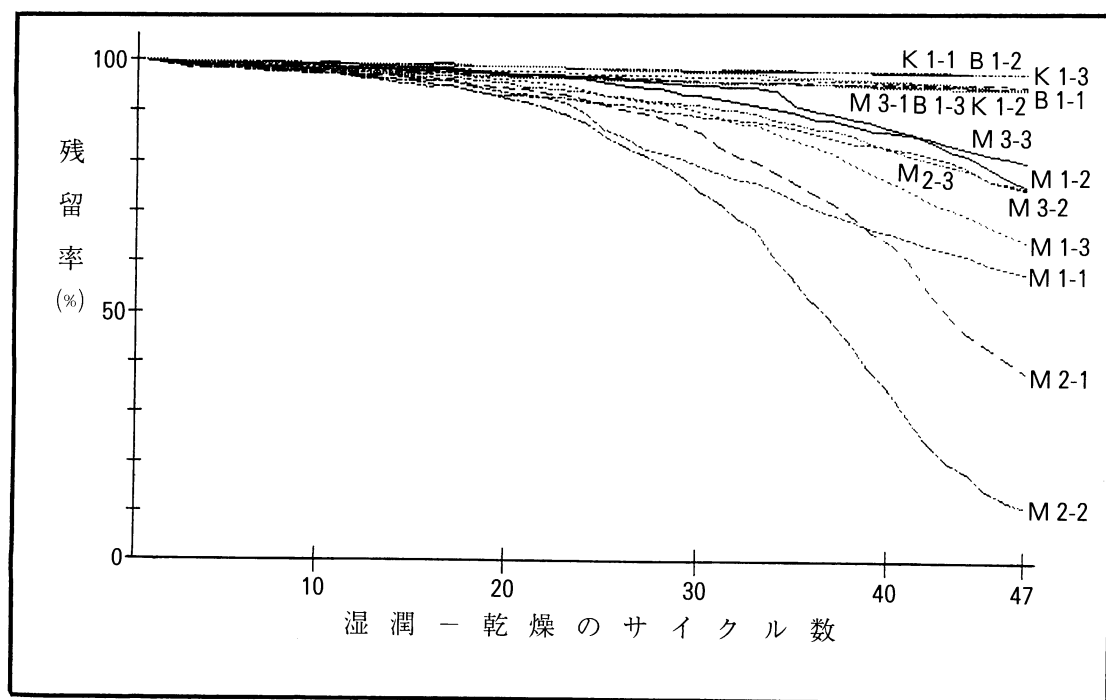
乾湿風化実験の結果をもとにすると、乾湿風化に対する抵抗性は、

$$K1 \cong B1 \gg M3 > M1 > M2$$

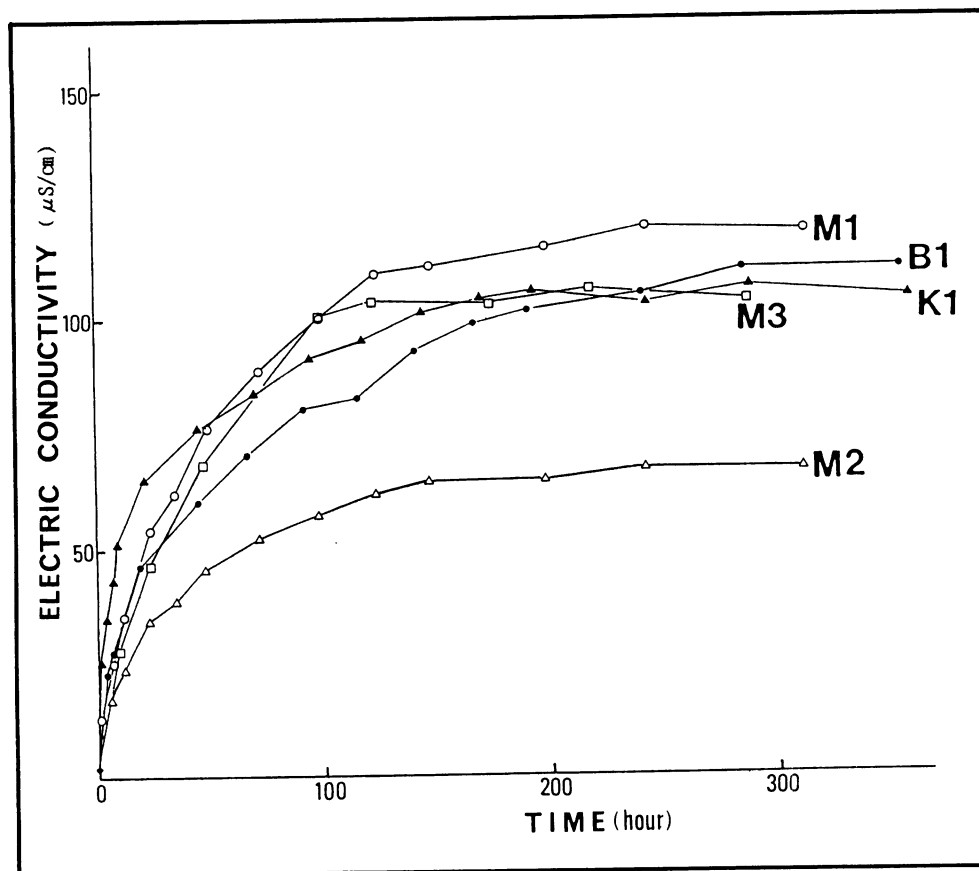
となる。相対的に高度の大きいV域やIV域を構成するK1やB1が乾湿風化に対する抵抗性が大きい。したがって、乾湿風化は地形の高低差を生み出す要因の1つとも考えられる。しかし、乾湿風化の抵抗性のみでは、V域とIV域の高さの違いや、最も乾湿風化されやすいM2の岩石がII域でピーク(尾根)を形成していることなど、細かい部分で説明ができない。

2) 吸水・溶出実験

岩石は物理的風化作用(例えば乾湿風化など)だけでなく、化学的風化作用も受ける。土壌は主にこの化学的風化によって形成されるものである。前述の貫入試験の結果から、各地形区分において土層の厚さに違いがあったが、これは化学的風化のしやすさの違いを反映している可能性があると考え



第3図 乾湿風化実験の結果



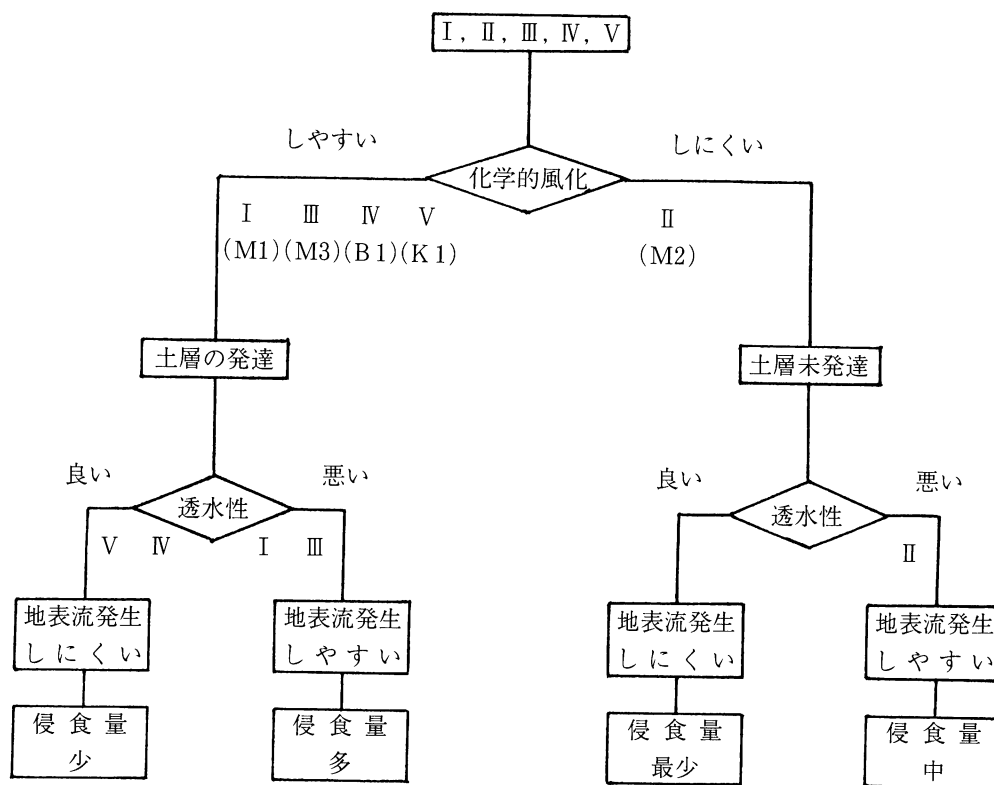
第4図 溶出実験の結果

られる。そこで、化学的風化のされやすさの違いを確かめるために溶出実験を行った。また、この溶出実験と並行して岩石の吸水性を調べる吸水実験も同時に行った。

実験方法は、以下の手順で行った。(1)それぞれのサンプルを、直径6cm高さ10cmの棒ビン容器に入るくらいの大きさ(不定形)にし、炉乾燥させ乾燥重量を測定する。(2)容器中に蒸留水を入れておき、その中に乾燥させたサンプルを入れる。(3)1分後にサンプルを容器から取り出してその重量(含水比)を測定した(吸水実験)。(4)同時に容器中の水の電気伝導度(岩石と水との反応による溶脱量の指標)を測定

した(溶出実験)。(5)重量を測定した岩石は、再び溶液中に入れ、その後は2分後、4分後、6分後、10分後、20分後、というように、少しずつ測定の間隔をあげながら吸水と溶出の実験を継続して行った。

溶出実験の結果は第4図に示した。約300時間後の測定最終値をもって溶出のしやすさの指標とした。M2のみが電気伝導度が $60\mu\text{S}/\text{cm}$ と、他の4つの岩石の $100\mu\text{S}/\text{cm}$ に比較して小さい。従って化学的風化に対する抵抗性は、M2が他の岩石に比較してやや大きい(すなわち化学的風化がしにくい)ことがわかる。



第5図 化学的風化及び透水性と地形の関係

一方，吸水実験結果をもとに，実験開始1分後の含水比を吸水性の指標とすることにした．結果はM1で10.5%，M2が4.7%，M3が6.2%，B1が11.7%，K1が17.4%となった．従って吸水性の順位は，高い方から

$$K1 > B1 \approx M1 > M3 \approx M2$$

となる．M2の吸水性が悪いのは，他の岩石に比べて間隙率が小さい（第1表参照）ためと思われる．間隙率がほとんど同じであるそれ以外の岩石についての吸水性の差異には，間隙径の大きさやその分布の違いが反映していることが考えられる．

前述した土層の浸透能と比較すると，V域，IV域の浸透能が大きいこととK1，B1の吸水性の高いこと，あるいはⅢ域，Ⅱ域の浸透能が小さいこととM3，M2の吸性が低いことは対応している．ただし，M1の吸水性がやや高いのに対し，Ⅰ域の土層の浸透能は極めて小さく，対応は認められない．

Ⅵ 考察 — 鋸山の地形と岩石物性

まず力学的性質と地形の関係を考察してみよう．Ⅳ章の3）でも述べたようにV（K1），Ⅳ域（B1）の凝灰岩とⅠ（M1），Ⅱ（M2），Ⅲ（M3）の砂岩・シルト岩とを比較した場合，シュミットロックハンマー反発値や圧縮強度，引張強度などにそれほど差がなく，いわゆる岩石の“かたさ”すなわち力学的性質のみで地形形成過程を説明することは難しいと思われる．

そこで次に，化学的風化のしやすさ（土層の形成しやすさ）および浸透能と地形の関係を第5図に示したフローチャートをもとに考えてみる．この地域においては(1)山崩れや崩壊の跡地が見られないこと，(2)気候条件からみて凍結融解による土壌クリープは起こりにくいこと，などから，ここでは風化物質（土層）を除去する作用（すなわち侵食プロセス）

として、地表流による侵食を主な作用として考えることにする。

最初に化学的風化がしやすい岩石としにくい岩石で、5つの地域の岩石を大きく2つに分けると、V章の2)で述べた溶出実験の結果から、II域以外は化学的風化がしやすいと言える。すなわち、II域以外では土層が発達しやすく侵食される物質が生成されやすいことになる。次に、土層が発達しやすい4つの地域(I, III, IV, V)を、III章の4)の浸透能試験結果をもとに大きく2つに分ける。透水性が良い(浸透能が大きい)土層では、水は地中へ浸透してしまうので地表流は発生しにくく、それによる侵食量も少なくなると思われる(いわゆる, Suzuki, *et al.*, 1985, のいう消極的抵抗性が大きいことに相当する)。このような状況は、V, IV域に相当する。逆に、透水性が悪く地表流が発生しやすいから、侵食量はかなり多くなるものと考えられる。これには、III, I域が相当する。従って、II域以外の侵食量の順位は少ない方から並べると以下ようになる。

$$V < IV < III < I$$

これを地形の高度との関係で見ると、侵食量の小さいV域やIV域が高度が高く、侵食量の大きいIII域やI域が高度が低いという良い一致がみられる。一方、II域は透水性が悪く地表流は発生しやすいが、土層の発達が良くないためそこでの侵食量はあまり多くないであろう(すなわち Weathering controlled slope と考えられる)。そのため、I域やIII域よりも高く残っていると考えられる。

さらに、乾湿風化について考慮に入れると、V章の1)の乾湿風化実験の結果より、I~III域の岩石は乾湿風化しやすいから、侵食されうる物質がIV, V域に比べてより多く生成される分、侵食量が多くなり、IV, V域よりも低くなると考えられる。

以上をまとめると、侵食量の順位を少ない順から並べると

$$V < IV < II < III < I$$

のようになる。この順序は実際の地形の高度関係とよく一致している。

以上のことをまとめると、鋸山の地形は、頂上の岩石が“かたい”という単純な強度差だけからの説

明は不可能であり、物理的・化学的風化に対する抵抗性および透水性の相対的な差異が反映しているものと考えた。すなわち、水に対するレスポンスの差異を考慮に入れて、初めて鋸山の地形形成過程が説明できるものと思われる。

Ⅶ おわりに

本研究は、鋸山を対象として、野外における浸透能や土層深の調査、岩石サンプルを用いた各種の岩石物性の把握と乾湿風化や溶出実験などを行った。それらの結果を総合して考察した結果、鋸山の北側斜面の起伏の形成には、物理的・化学的風化に対する抵抗性の差異と浸透能(透水性)の差異が反映しているものと推定した。

今後は、降雨時の流出土砂量を計測するなど、地形変化のプロセスを追求する必要がある。そうすれば第5図のフローチャートをより定量的な視点から補強でき、鋸山の斜面の起伏の形成についての理解がさらに深まるであろう。

謝 辞

野外調査にあたっては、日本大学の藁谷哲也先生をはじめ、大学院の広瀬孝さん、学群の金野博君、杉浦友宣君、谷倉祐二君、岩河聡君らに協力していただきました。さらに、農林水産省熱帯農業研究センター主任研究官の八田珠郎氏には、鉱物組成の同定において大変お世話になりました。以上の方々に厚く謝意を表します。

文 献

- ト部厚志・佐目元昭・秋山晋二・椿和弘・山内靖喜・三梨昂(1990): 房総半島中部西岸・浦賀水道地域の第三系の地質構造. 地質学論集, **34**, 31-44.
小池清(1949): 房総半島中部の地質(II). 東大立地研報, **3**, 22-6.
近藤精造ほか(1972): 1/5万土地分類基本調査『那古』千葉県.
田中幸哉(1990): 北海道噴火湾沿岸地域における海成段丘開析谷の横断形発達過程. 地形, **11**, 97-116.

- 藤田和夫・池辺穰・杉村新・小島丈児（1955）：『地質図の書き方と読み方』 古今書院，224p.
- 吉川虎雄・杉村新・貝塚爽平・太田陽子・阪口豊（1973）：『新編 日本地形論』 東京大学出版会，415p.
- Matsukura, Y. and Yatsu, E. (1982): Wet-dry slaking of Tertiary shale and tuff. *Trans. Japan. Geomorph. Union*, 3, 25–39.
- Suzuki, T., Tokunaga, E., Noda, H. and Arakawa, H. (1985): Effects of rock strength and permeability on hill morphology. *Trans. Japan. Geomorph. Union*, 6, 101–130.