

## 最近の地形学

### 6. 地形とロックコントロール

すず 鈴 木 隆 介\*

#### 6.1 ロックコントロールとは

ロックコントロールという言葉は、土質工学方面の人々には耳慣れぬものと思われるので、はじめに表題の意味と背景を簡単に説明しておきたい。

どのような物体でも、その形態変化は、それをつくっている物質の全部または一部が変形するか、離脱するか、あるいは別の物質が付け加わらない限り、決して起こらない。地形の場合も全く同じである。地形を構成する岩石物質（岩と土）の変形（断層、しゅう曲などの地殻運動）、離脱（侵食）あるいは付加（タイ積）が生じない限り、地形変化（新しい地形の形成）は起こりえない。したがって、地形とはこのような岩石物質の移動（運動）の結果として現われる地球表面の起伏形態であると認識することができる。

しかるに、岩石物質の運動様式（タイプ、方向、移動距離・速さ、移動した物質の質量）は、いうまでもなく岩石に加わる諸種のエネルギー（地形学ではばくぜんと地形営力とよんできた）の性質と、それを受ける岩石物質自体の物理的・力学的・化学的性質（ここでは簡単に岩石物性と総称する）の両方に支配される。両者の種類・強弱が一定の組合わせであれば、運動様式は一定で、移動量すなわち地形変化量はエネルギー継続時間の関数となる。しかし、地球上では、それらの組合わせは地理的に著しく異なり、また歴史的にも長い地質時代を通じてはむろんのこと、人生と同じタイムスケールでも変化している。

このように、地形をコントロールする要因としては、地形営力、岩石物性、時間、およびこれらに対してパラメータ的な役割を果たす場所の効果の四つが重要である。このことは19世紀末における近代地形学の誕生以来つとに認識されてきた。そして、すでに本講座の総論で述べられたように、地形営力の観測と絶対年代の測定は、地形の形態要素の数量的は握らばに地形構成物質の地質学的は握と相まって、それぞれ地形営力論および地形発達史論として、最近30年たらずの間に著しく発展した。また、外的な地形

営力の場所による差異も気候地形学という名で10数年ほど前から強調されるようになった。

ところが、地形そのものを構成する岩石物質に関する地形学者の研究は、まったく不十分で、少きつい表現をすると、地質学的(戦前流の)、肉眼的、定性的認識にとどまっていた。そして、岩石物性の定量的把握とそれに立脚した地形の説明は皆無とあってよいほどであった。たとえば、宮崎県青島の有名な「鬼の洗濯板」で代表されるような地層間の差別侵食を説明する場合に、従来の地形学では、「やわらかい地層がより早く侵食され、かたい地層が相対的に取り残されて突出しているのだ」といってすませている。これが高じて、「地形的に高いから、そこはかたい岩石でできている」とさえいわれることも少なくなかった。しかし、「かたい」か「やわらかい」かを圧縮試験や摩擦試験などによって、地形学者自身が実測したことはなかったのである。

この重大な片手落ちを強く注意し、自ら岩石物性の広範な研究をはじめたのは谷津栄寿<sup>1)</sup>であった。彼は地形学における岩石物性研究の重要性を強調するために、あえて岩石制約論(Rock control theory)なる言葉を用いた。そして、「岩石の強度といっても、どのような性質の強度が地形に関係しているかを解明せねばならないし、しかも強度の同じ岩石であっても、作用する地形営力の種類と大きさおよび作用した時間によって、岩石の振舞(筆者注:岩石物質の運動様式)は異なるから、ロックコントロールの問題はつねに岩石物質に加わる地形営力の性質との関連のもとには握されなければならない」と主張した。

このように、谷津の主張は、岩石制約論と銘打ってはいっても、地形のもつ諸属性のうちの岩石物性だけを強調するといった一面的な見方ではなくて、地形の本質を洞察したものである。つまり、きわめてあたりまえのことなのである。しかし、このあたりまえのことがあたりまえに研究されてこなかったことに、従来の地形学のゆがんだ姿、ひいては関連科学からややもすると、うとんじられてきたことの最大の原因があった。研究・教育体制の制約もあったが、地形変化(特に侵食地形)を力と物質と時間の関数として

\* 理博 中央大学教授 理工学部地学研究室

講 座

数量的に予知することは、従来の地形学者のやり方では方法論的にも不可能だったのである。

しかし、谷津の影響を受けた内外の若い地形研究者が、まだ人数は少ないけれども、仕事をはじめているので、将来、より正常な地形学的发展をみることができよう。以下には、これまでに述べた観点からの数少ない最近の研究例を紹介し、それに若干の展望を加えることにする。なお、谷津による基礎的研究は、すでに成書<sup>1)</sup>となっているので、それを是非読んでいただきたい。

6.2 差別侵食のメカニズムを求めて

さきに例示した「鬼の洗濯板」は一般に地形と地質（地層）との対応が明りょうであるから、ロックコントロールの意味を理解し、さらに差別侵食のメカニズムを追求する糸口をつかむのに好適な対象である。そこで、筆者の研究室では、三浦半島荒崎海岸および宮崎県青島の波食棚（海岸の岩畳）の上にみられる「洗濯板」を調べた。ここでは荒崎海岸を中心に、これまでの成果<sup>2)</sup>のあらましを紹介する。

図-6.1は、荒崎海岸の波食棚において、「洗濯板」の凸部・凹部に直交する地形断面を測量し、それに地質を記入したものである。ここでは、凸部が黒色スコリア質凝灰岩層、凹部が灰色泥岩層（一部は白色軽石質砂岩層）でできており、地層の傾斜（70度内外）と厚さ（1cm~3m）に調和した起伏がみられる（図-6.1, 6.2）。したがって、この洗濯板状の起伏は凝灰岩層と泥岩層との差別侵食の結果とみてよいであろう。ではこの差別侵食はどのようなメカニズムで生じたのか。

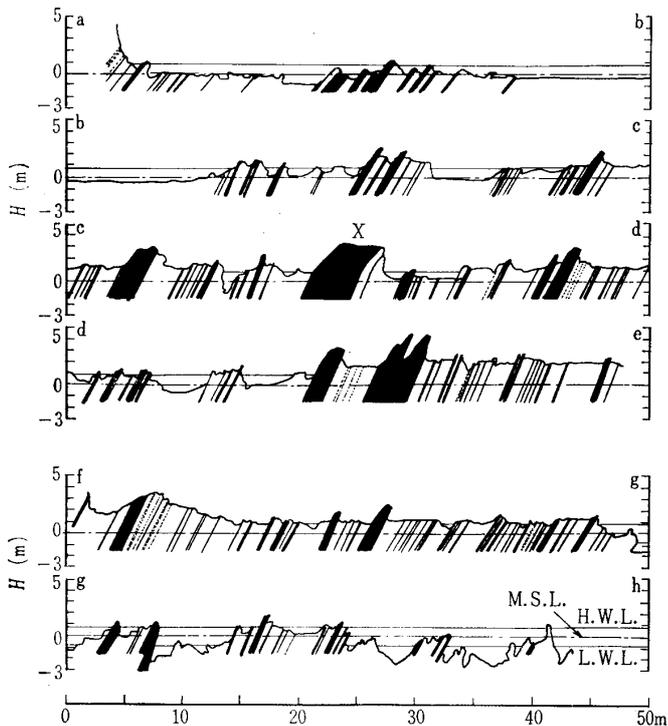


図-6.1 荒崎海岸波食棚の地質断面図  
(黒：凝灰岩，白：泥岩，点：砂岩)

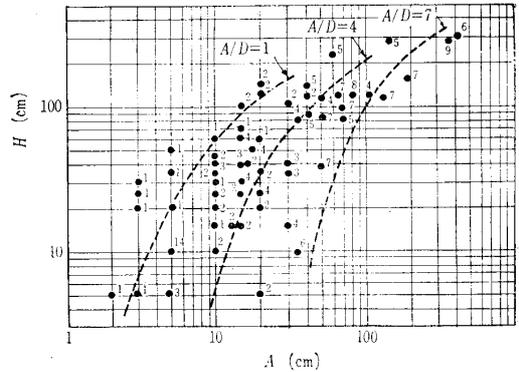
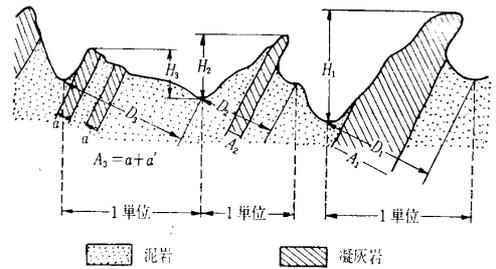


図-6.2 洗濯板状起伏の比高(H)と凝灰岩の厚さ(A)との関係  
(図中の数値は上の定義図に示した尾根の厚み(D)とAとの比の10分の1の値である)

表-6.1 荒崎海岸産タイ積岩の物理的・力学的性質（平均値）

	泥 岩	凝 灰 岩
見 か け 比 重	2.64	2.63
空 ゲ キ 率	39.3	34.0
熱 線 膨 張 係 数 (10 <sup>-6</sup> )	6.6 (30~120°C)	4.4 (40~90°C)
縦 波 速 度 (km/sec)	2.0	1.3
一 軸 圧 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	乾 燥	235
	湿 潤	14
圧 裂 引 張 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	乾 燥	43
	湿 潤	6
セ ン 断 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	乾 燥	74
ロ ス ア ン ゼ ル ス 試 験 す り へ り 減 量 (100 回 転 後 の %)	乾 燥	7.2
	湿 潤	12.5

まず、波食棚を1mほど掘り起こして、新鮮と思われる岩塊(0.3×0.6×0.3m<sup>3</sup>程度の大きさ)を採取し、その物理的・力学的性質を調べた(表-6.1)。これによると、古典派地形学者なら地形だけを見て「かたい」と思ったに違いない凝灰岩の破壊強度は、いかなる含水比の場合にも、泥岩より小さい。これだけでも、従来の常識があてにならないことが判明した。

ところが、地形と地質との対応を、波食棚背後の海崖ま

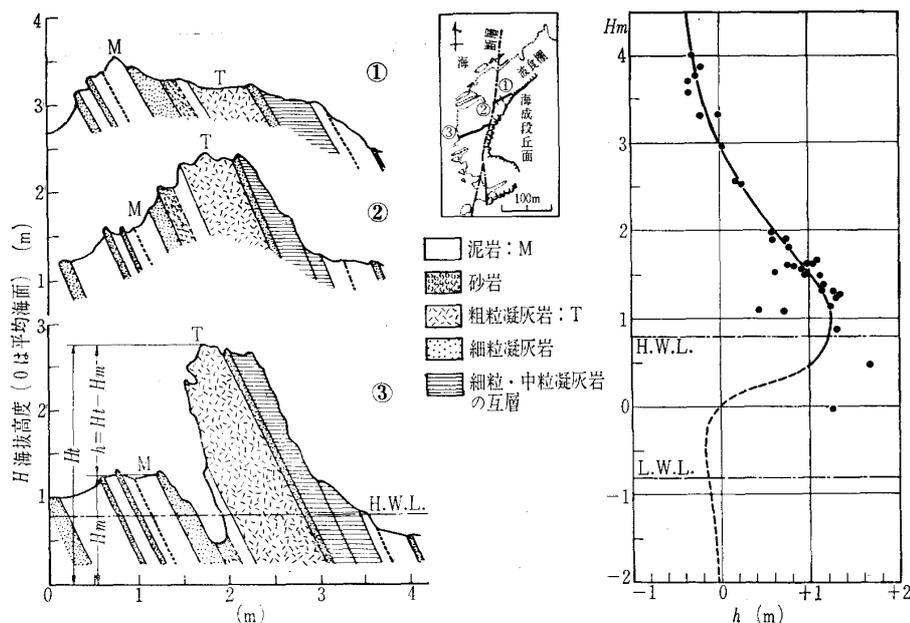


図-6.3 海拔高度別地質断面図(左)とその位置(中), および  $H_m$  と  $h$  (左図③に定義してある)との関係(右)

で含めて、いろいろの海拔高度の場所で観察すると、事情は違っていた。すなわち、隣り合った一対の単層同士を比較すると、海拔高度の大きい場所ほど、起伏が小さくなり、ついには泥岩の部分が凝灰岩よりも逆に高くなって、地形と地質との対応関係が海拔高度によって逆転していることに気がついた(図-6.3)。同じ地層同士なのに、これはなぜか。

地形は岩石物質が動いたときにはじめて変化する。その運動様式は地形営力と岩石物性の両方に支配される。しかるに、荒崎海岸では一対の地層の間でも場所(海拔高度)によって地形(相対的な高さ)が変わり、逆転していることもある。となれば、これは、地形営力の海拔高度による違いが岩石の応答の海拔高度による差異に反映したために生じたに違いない。たしかに、ここでは海拔高度が数mほ

ど違っているにすぎないが、水面下と潮間帯と大気下という三つの著しく異なった環境(営力条件)が近接している(図-6.4)。特に水と岩との関係の高度による差異が著しい。

このような考え方で、この海岸に働いている諸種の地形営力の破壊様式(図-6.4)に関連しそうな岩石物性をさらにチェックした。まず、波浪による機械的破壊に対する両岩石の強度を一軸破壊試験およびロスアンゼルス試験の結果(表-6.1)からみると、明らかに泥岩が強い。これは潮間帯の地形と逆の関係になるから、この海岸における潮間帯の差別侵食、すなわちこの海岸で最も顕著な洗濯板状起伏の形成を波浪による機械的破壊に起因すると解することはできない。

つぎに、風と飛砂による摩耗侵食を念頭において、岩石の噴砂摩耗実験を行なった<sup>3)</sup>。これは、コンプレッサーで加圧した空気を液体ホーニング用ガンを通じて、一定量の砂と混合させ、供試体の平面に吹きつけ、それによって生じた摩耗孔の深さおよび容積の増加する速さを調べた実験である。これによると、摩耗孔深の増加する速さ( $dD/dT$ )は、

$$\frac{dD}{dT} = \kappa S_c \lambda, \quad \kappa > 0, \lambda < 0$$

で表わされる(図-6.5)。ここに、 $S_c$ は岩石の一軸圧縮強度、 $\kappa$ と $\lambda$ は常数で、風速一定(90 m/sec)のとき $\lambda$ はほぼ-1で、 $\kappa$ は砂の量によって異なる。

この実験によると、荒崎産の泥岩は凝灰岩よりも明らかに風食に対して強い。なお、降雨や表面流出による侵食も

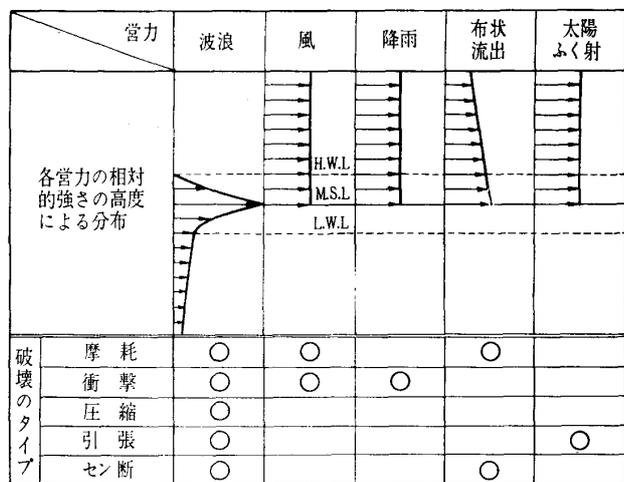


図-6.4 荒崎海岸に作用するおもな地形営力とそれらの破壊作用のタイプ

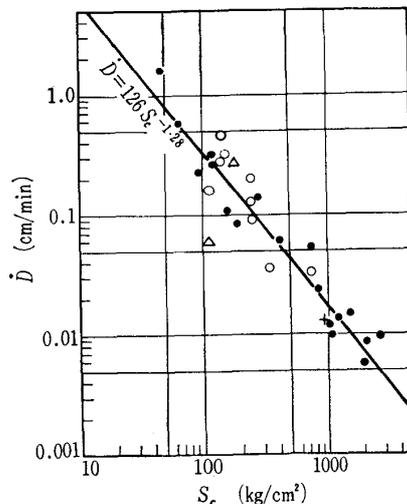


図-6.5 岩石の噴砂摩耗速さ( $\dot{D}$ )と一軸圧縮強度( $S_c$ )との関係  
噴砂速さ: 92m/sec, 噴砂量: 50 cm<sup>3</sup>/min  
黒丸: 砂岩, 白丸: 泥岩, 三角: 凝灰岩, クロス: ジャ紋岩(荒崎産以外の岩石も含まれている)

## 講座

衝撃破壊や摩耗破壊とみなせるから、これまでに述べた試験結果からみると、これらの営力に対する抵抗性も泥岩の方が凝灰岩より大きいと考えられる。

以上のように、各営力の機械的破壊作用に対する抵抗性は泥岩がつねに大きいから、大気下および水面下の地形と地質との対応(図-6.3)は一応、岩石の「かたさ」の違いとして説明できる。しかし、潮間帯の地形は説明しえない。けれども、これまでの話は、はじめに断わったように、新鮮岩を供試体とした試験結果に基づくものであって、侵食に対する岩石の準備すなわち風化過程については考慮していない。これをつぎに扱う。

荒崎海岸における野外観察結果の一つに節理ひん度の海拔高度による顕著な変化がある<sup>4)</sup>。凝灰岩には地殻運動や続成作用に起因すると思われる系統節理(平均間隔約30 cm)がみられるにすぎない。一方、泥岩の岩盤表面には、系統節理のほかに、きつ甲状あるいは方形の非系統節理が著しく発達している。泥岩の節理間隔をいろいろの高度で調べると(図-6.6)、高度約1.5 m(ここでの波の遡上限界に近い)より高い所ではほぼ1 cmと一定であるが、それより低い潮間帯では低所ほど大きくなって、節理が少なくなっている。また、泥岩の岩盤内部を50 cmほど手掘りして観察すると、深さ5 cmまでの岩盤表層部にのみ節理が集中しており、それ以深では節理ひん度の顕著な変化はない。

このような節理分布の特徴から、泥岩表層部に集中している非系統節理は風化節理であり、含水比の変化による乾湿風化に起因すると予想し、一方、凝灰岩にはそのような風化節理が生じないのであると考えた。そしてこれを確かめるために、一面浸透速さ試験、吸水線膨張ヒズミおよび圧力、さらに乾燥線収縮ヒズミの測定を行なった。

凝灰岩はスコリア質であるため多孔質で、水が急速に浸透するけれども、飽和含水比は平均約15%で泥岩(平均約25%)より小さい。そして、含水比変化に伴う膨張ヒズミ

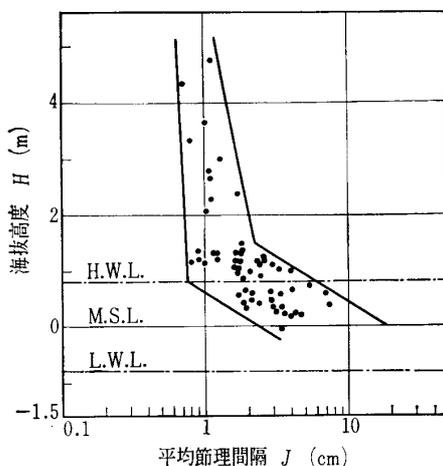


図-6.6 荒崎海岸における泥岩の表面にみられる節理の高度による変化

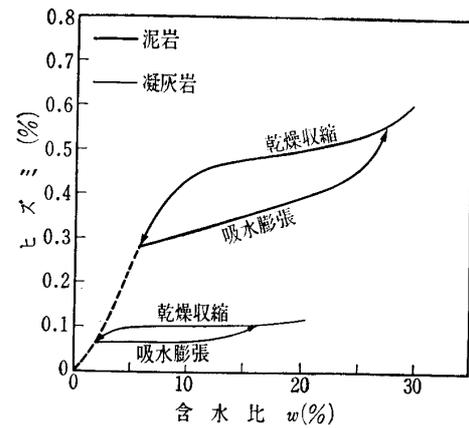


図-6.7 荒崎産泥岩および凝灰岩の吸水線膨張ヒズミおよび乾燥線収縮ヒズミ(多数の資料を平均したもの)

および収縮ヒズミは泥岩の方がはるかに大きい(図-6.7)。この実験中に泥岩の供試体(5×5×5 cm<sup>3</sup>)はほとんどすべて破壊したが、凝灰岩は割れなかった。なお、現地における実際の含水比の日変化を知る目安として、高度約0.5 mの岩盤表面から泥岩の小片を1時間ごとに採取し、含水比を測った。これによると、満潮時の含水比は約30%、干潮時は約20%であった。この範囲の含水比変化に伴うヒズミ変化は、図-6.7によると、10<sup>-1</sup>%程度である。しかし、この試料採取地点より高所では、潮汐および降雨に伴ってより大きなヒズミが繰返して発生し、それによって泥岩中に風化節理が発生するのである<sup>5)</sup>。しかし、前述の野外における泥岩の節理間隔の高度による変化は、たんに風化節理のできやすさ(つまり含水比変化)の高度による差異によるばかりでなく、節理形成によって生じた泥岩細片の除去されやすさ(つまり運搬営力の大小)の高度による差異にも関係している。

つぎに、岩盤の熱風化を調べるために、まず現地の岩盤中に径3~10 mmで種々の深さ(1 m以内)の孔を電動ドリルで30本ほど打ち、その孔底にトランジスタ温度計を入れて、岩盤内部の温度分布を1時間ごとに観測した<sup>6)</sup>。これによると、温度変化は表面に近いほど大きく、終日日照のある尾根(凝灰岩)の表面では、夏季に最大20.5 deg、冬季に17.6 deg、また日照時間の短い谷部(泥岩)では夏季に13.4 deg、冬季に10.8 deg程度の日較差があった。

そこで、荒崎産の泥岩および凝灰岩の熱線膨張係数を測定すると(表-6.1)、両岩石ともに10<sup>-6</sup>のオーダーであり大差はなかった<sup>7)</sup>。これに、上記の日較差をかけても、10<sup>-5</sup>のオーダーのヒズミしか発生しない。この値は上述の含水比日変化に伴う泥岩のヒズミよりも4ケタも小さい。したがって、少なくとも荒崎海岸の泥岩の場合には、熱風化よりも乾湿風化の方が岩盤細片化の過程としてはるかに重要であると考えた。

以上に述べた現地観察と室内実験の結果から、荒崎海岸における泥岩層と凝灰岩層の差別侵食のメカニズムをつぎ

のように考えた<sup>2)</sup> (図-6.8)。

高度約3m以上の、最高潮位における飛まつ限界高度よりも高い地区では、風による摩耗および運搬が最も重要な侵食過程である。そのため、これに対して相対的に大きな抵抗性をもつ泥岩層が凝灰岩層よりも高い地形をつくっている。この地区では、降雨前後の岩盤含水比変化に伴って泥岩表層部が1cm<sup>3</sup>程度に細片化するけれども、この細片が風および布状流出によって運搬されることは少ない。一方、凝灰岩はほとんど細片化しない。

高度約3mから平均海面までの地区では、降雨、潮せきおよび日照による岩盤含水比変化に伴って泥岩の細片化が進み、細片は波浪によって容易に運び去られる。この過程が繰返されるので、この地区では泥岩層が著しく侵食されるけれども、凝灰岩にはこの過程が加わらない。そのため、この地区では凝灰岩層より泥岩層の部分が低くなり、また最も大きな洗濯板状起伏が形成されている。なお、1923年の関東大地震の際に、荒崎海岸は1.5mほど隆起した。当時の地形がわかれば侵食速度を求められるのだが、まだ有意な資料を見いだしていない。

平均海面から-1.5m程度の地区では、岩盤の含水比変化がほとんどないから、泥岩の細片化は進まない。そのため、波浪の機械的破壊作用に対する抵抗性の相対的に小さい凝灰岩層が泥岩層よりわずかに低い地形を示す。なお、漁師やフロッグマンによると、これより低い海底にも洗濯板状起伏がみられるが、それと地質との対応は明らかでない。

しかし、波食棚の背後にある海成段丘タイ積物(砂層)の基底は、波食棚の場合と同じ傾斜をもつ凝灰岩と泥岩の互層を切っているが、きわめて平滑であり、差別侵食の形跡がない。この基底は海底で生じた侵食面である。したがって、それが平滑であることは、摩粉としての砂の存在する海底では、両岩石がほぼ同じ被侵食性を示すことを意味しているのであろう。

以上のように、荒崎海岸では、潮間帯以高における泥岩

の含水比変化に起因する細片化と、潮間帯における波浪の運搬作用による泥岩細片の除去という二つのプロセスが重なり合って、潮間帯で顕著な差別侵食を引き起こした。つまり、泥岩が営力条件の場所による差異を強く反映しているのに対して、凝灰岩はその影響をあまり受けない。この岩石物性の対照性が差別侵食の高度による差異の基本的原因であると考えた。

これはまさに、谷津が指摘したように、営力条件によって同一の岩石でもまったく別の振舞を示すこともあるし、そうでない岩石もあることを示す好例である。しかし、荒崎海岸では、岩石の化学的性質と生物の役割、さらに岩石の組織や鉱物組成と風化や侵食過程との関係などについて解明していない。営力の定量的は握も全く不十分である。これらが今後の課題であろう。

これまでに述べた微地形のロックコントロールとは異なって、マクロな海食崖の後退におけるロックコントロールについては、砂村継夫<sup>3)</sup>が工学的的手法と地形学的手法とを巧みに使ってみごとな岩石制約論的研究を展開した。海岸工学者にはすでによく知られた研究であるが、砂村は海食崖の後退を次式で示した。

$$X/d = \gamma \{ C + \ln(wH/S_R) \} t/T$$

ここに、 $X$ は侵食による崖の後退距離、 $d$ は崖の基部における水深、 $w$ は水の単位体積重量、 $H$ は波高、 $S_R$ は崖の構成物質の圧縮強度、 $t$ は波の作用時間、 $T$ は波の周期、 $\gamma$ と $C$ は定数である。

これは、海食の大きさ( $X$ ; 地形変化量)を営力条件( $d, w, H, T$ )と岩石物質の力学的性質( $S_R$ )および営力継続時間( $t$ )という三つの地形を支配する要因の関数によって、しかも無次元式によって示したものであり、地形学者の目標の一つを実現したものとして高く評価される。もちろん、海食崖の後退には、波のほかに、風食、雨食、重力侵食あるいは風化過程におけるロックコントロールなども影響を与えるであろう。しかし、これらによ

って崖下に運ばれた岩屑が別の場所に再移動しない限り、海岸侵食は起こりえないし、その再移動は波によって引き起こされることを考えれば、上式が工学的にも地形学的にも重要な意味をもつことがわかる。

### 6.3 山積する諸問題

前節で簡単に述べた荒崎海岸の研究を通じて感じた岩石制約論に端を発する地形学の諸問題のうちいくつかを述べて、今後の展望としたい。

はじめに紹介した谷津の主張はじつに最もなことであった。特に、営力条件によって同じ岩石でも全く別の振舞をする好例を荒崎海岸にみた。したがって、海岸以外の侵食地形を扱う場

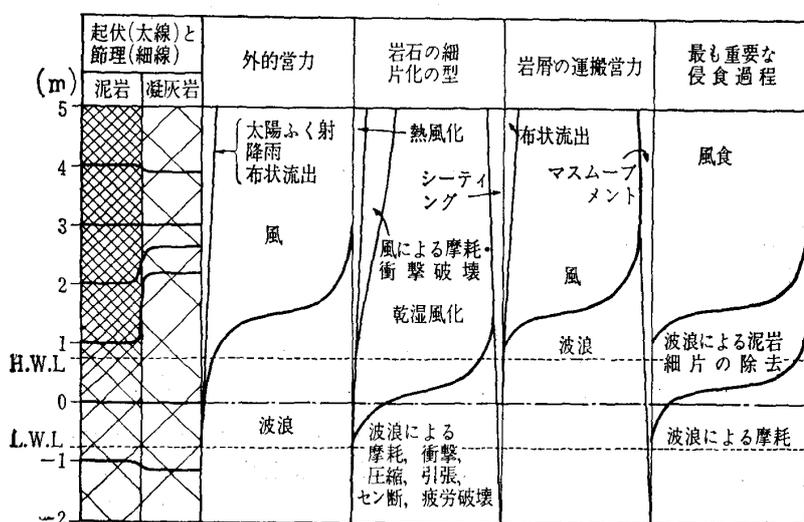


図-6.8 荒崎海岸における高度別侵食過程(模式図)

## 講 座

表-6.2 日本の山地・丘陵地の形態的特徴と地質との見かけの対応（北海道・東北北部では少し違ったものになる）

尾根頂	斜 面 形	谷 密 度 (山ひだ)	水 系 配 置	主な重力侵食地形	地 質	
丸 味 あ り	凸形または等斉	小	樹枝状, 平行状	崩 壊	未固結粗粒砕屑岩 (砂層, レキ層)	
			末無川, 求心状	"	石灰岩	
			放射状	"	熔岩円頂丘, 岩頸	
		中	樹枝状	"	深成岩	
と が っ て い る	等 斉	傾斜が左右で非 対称	中	平行状	地すべり, 崩壊	緩傾斜の固結した粗粒砕屑岩・変成岩・チャート
		傾斜が左右でほ ぼ対称	中	樹板状	"	急傾斜の固結した粗粒砕屑岩・変成岩・チャート
	等 斉 ~ 凹 形	大	樹枝状	"	泥質岩, 膨張性岩, ジャ紋岩	
	左右ともに垂直に近い 岩壁	なし	—	崩 壊	岩脈	
平 滑	急傾斜の等斉, または 階段状	小	放射状, 樹枝状	"	第四紀火山岩類, まれに固結した粗粒砕屑岩の厚い水平層	

合にも、「岩石制約論」的センスからの研究, 特に各種の岩石試験・土質試験が必要であろう。

現状では, 侵食地形から直ちに構成岩石の物性を予測することは定性的にも不可能に近い。侵食地形の形成機構についての認識がまだ初歩的な現象論の域をほとんど脱出していないからである<sup>9)</sup>。たとえば, 日本の山地や丘陵の形態的特徴と地質との見かけの対応に関する地形学者の常識をざっとまとめると, 表-6.2 のようになる。このうち, 火山の侵食地形ならびに石灰岩の溶食によるカルスト地形を除けば, それぞれの岩石がなぜ表示したような侵食地形を示す傾向があるか, についての物理的, 力学的, 化学的説明はほとんどなされていない。

だから, 空中写真の実体視→地形・色調・植生などの把握→地質の推定という思考過程の上に成り立つ空中写真地質学(応用地形学の一部)の論理的基礎は, 少なくとも侵食地形に関する限り, はなはだあいまいなのである。このことは, アポロ11号の着陸以前において, 空中写真地質学の手法による月面構成物質の推定のさいに覚えた「はがゆさ」を想起すれば明白である。

このような「はがゆさ」から脱出するためには, 岩石制約論的研究が急務である。たとえば, 地すべりにしても山くずれにしても, 工学者や地学者によって形態要素, 地形営力, 岩石物性に関する多くの測定がなされている。しかし, 測定結果の解釈のさいに, しばしば意見の不一致があるのは, 問題の場所での岩石物性の意義や物質移動のメカニズムがまだよくわかっていないためであろう。小論でふれることのできなかつた岩から土への風化・細粒化過程, 風化帯と地形との関係, 落石, ガイスイ, 斜面形など, 岩石制約論的観点から追求すべき問題は山積みしている。

ロックコントロールの研究はようやくその端緒についたばかりである。そのため, 小論は地形ヤの自己批判めいたものになり, 本講座にふさわしくなかつたかも知れないが,

これも「最近の地形学」の一局面であることは確かである。岩石および土の物性研究の先達である工学者の率直なご批判と助言を切望するしだいである。

## 参 考 文 献

- 1) 谷津榮寿: 岩石制約論の研究法について, 地理学評論, Vol. 38, No. 1, pp. 43~46, 1965.  
谷津榮寿: 岩石制約論の基礎(序説), 創造社, 78 p., 1965.  
Eiju Yatsu: Rock Control in Geomorphology, Sozisha, 135 p., 1966.  
Eiju Yatsu: Landform Material Science-Rock Control in Geomorphology, in "Research Method in Geomorphology", Proc. 1 st. Guelph Symp. on Geomorphology at Univ. of Guelph, Canada, pp. 49~56, 1969.
- 2) 鈴木隆介・高橋健一・砂村継夫・寺田稔: 三浦半島荒崎海岸の波食棚にみられる洗濯板状起伏の形成について, 地理学評論, Vol. 43, No. 4, pp. 211~222, 1970.  
T. Suzuki, K. Takahashi and T. Sunamura: Rock control in coastal erosion at Arasaki, Miura Peninsula, Japan, International Geography, Vol. 1, pp. 66~68, 1972.
- 3) T. Suzuki and K. Takahashi: An Experiment on the Rock Abrasion by Sand Impact at Moderate Speeds, Bull. Fac. Sci. Eng., Chuo Univ., Vol. 15, pp. 239~257, 1972.
- 4) 鈴木隆介・高橋健一: 三浦半島荒崎の波食棚近傍における風化節理分布(演旨), 地理学評論, Vol. 43, No. 7, p. 405, 1970.
- 5) 高橋健一・鈴木隆介: 三浦半島荒崎の波食棚近傍における風化節理と岩石の吸水特性との関係(演旨), 地理学評論, Vol. 43, No. 7, p. 405, 1970.
- 6) 高橋健一・鈴木隆介: 三浦半島荒崎海岸における岩盤温度, 中大理工紀要, 14巻, pp. 285~310, 1971.
- 7) 高山修・上石正明: 岩盤の熱風化に関する基礎的研究, 昭和47年度中央大学理工学部物理学科卒業論文(未公表), 117 p., 1973.
- 8) Tsuguo Sunamura: Coastal Cliff Erosion Due to Waves-Field Investigations and Laboratory Experiments, Jour. Fac. Eng., Univ. of Tokyo(B), Vol. XXXII, No. 1, pp. 1~86, 1973.
- 9) 従来認識段階は, たとえば下記の成書からうかがえる。  
吉川虎雄ら: 新編日本地形論, 東大出版会, 1973.

(原稿受理 1974. 3. 15)