

## 《論 文》

## アフリカの地形序論：概観

知 念 民 雄

An introduction to the geomorphology of Africa: An overview

TAMIO CHINEN

キーワード

アフリカ, 地形, 概観

Key word

Africa, Geomorphology, Overview

## 1 地形地質と地殻変動

## 1-1 地形

アフリカ大陸は大きい。世界の大陸のなかで、その広さ（面積約3000万平方キロメートル、日本列島の約90倍）はユーラシア大陸に次ぐ。南北および東西方向ともに最長7000～8000キロメートルにおよぶ（図1）。ただし、南部における東西方向の距離はおよそ4000キロメートルとやや狭くなる。アフリカ大陸北端（北緯37度）と日本列島の東京はほぼ同じ緯度に、大陸南端（南緯35度）はオーストラリア南部（シドニーあたり）と同じ緯度に位置する。アフリカ大陸東端（東経52度）から西端（西経18度）までの距離は、東京からアフガニスタンとイラン国境あたりまでの距離にほぼ等しい。これらのことから、いかにアフリカ大陸が広いか容易に想像できよう。

アフリカ大陸はまた、赤道から北半球と南半球の両側にそれぞれ約4000キロメートルのびて赤道を軸に「つりあう」点でも、地球の大陸のなかではユニークである。

南極大陸を除いた世界の大陸のなかで、アフ

リカ大陸の平均海拔高度はユーラシア大陸に次いで高い。アフリカ大陸を海拔高度の観点から眺めると、北西部では標高が低く、南東部では標高が高い（図1）。北西部は、おもに数百メートル以下の台地や平地からなる。標高1000メートルをこえるのは、アトラスAtlas、ホガルHoggar（アハガルAhaggar）、ティベスティTibesti、アダマワAdamawaなどの山地や高原に限られる。一方、大陸南東部はほとんどの地域で標高1000メートルをこえる。そのなかでも東部はひときわ高く、大陸最高峰のキリマンジャロKilimanjaro山（標高5895メートル）をはじめ高山が多い。大陸最大の湖であるヴィクトリアVictoria湖も標高1130メートルの高地にある。大陸南東部で低地がみられるのは海岸平野、内陸部の山間地などである。

アフリカ大陸で特筆されるのは、海岸近くまで高地がひろがることである。楯状地（shield）をなす先カンブリア紀の基盤岩がひろがり、また卓状をなす水平な硬岩層からなる高原や台地（table land）——縁辺部に急崖をもつ——も広範囲を占める。一方、インド洋、大西洋の海洋底（水深4000～6000メートル）が大陸海岸付近にせまっていることを考慮すると、大陸全体の

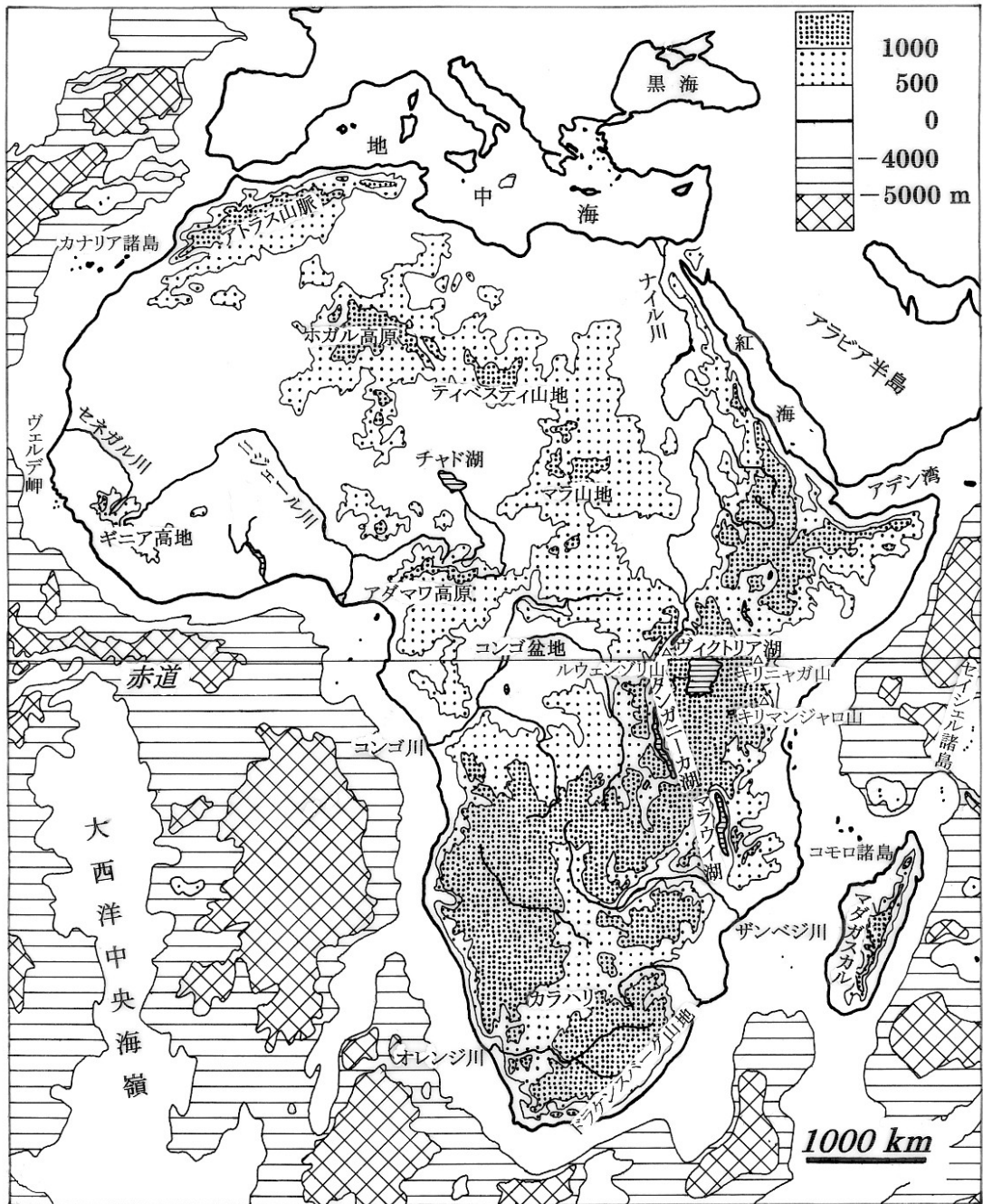


図1 アフリカ大陸と周辺の地形概要 (地形高度区分はJeune Afrique (ed.) 1993にもとづく)

アフリカの陸地高度を3区分して、海底の深さも3区分して示す。

大西洋中央海嶺の一部は海面上に現れて島 (例、セントヘレナ Saint Helena) をなすが、島の数は少ない。

卓状のかたちがきわだつ（図1）。

大陸全体としては卓状であるが、やや細かくみれば大規模でゆるやかな凹凸がある。長波のように波うつ形状の凹部が内陸盆地にあたる。スーダンSudan, チャドChad, タウデニTaoudenni, コンゴCongo, カラハリKalahari, カルーKarooなどの内陸盆地がみられる（図1, 2）。そのなかでも、タウデニ内陸盆は直径が1200キロメートルを超える世界最大級の構造的盆地である、と考えられている（Buckle 1978）。タウデニ盆地の中央部が海拔高度150メートル以下であるのに対して、大陸南部にあるカルー盆地は地殻の隆起によって、海拔高度1000メートル以上にまでもちあげられたといわれる。同じく大陸南部にあるカラハリ盆地の標高も1000メートルを超える。

日本列島の平野（plainland）の多くはふつう低地にみられるが、アフリカ大陸は大陸の平均海拔高度が高く、低地のみならず高地にも平野がひろがる。また、日本列島のほとんどの平野が堆積地にあるのに対して、アフリカ大陸の平野は浸食——剝削ともいう——をうけた土地にも発達する。アフリカでは浸食平野が広大な面積を占める。

一般に、世界の陸地の海岸平野はゆるやかな傾斜を保ちながら海底につづく。この平野が海にせりだした部分の、海岸から水深およそ200メートル以浅の部分は大陸棚とよばれる。アフリカ大陸は、他の大陸にくらべて、大陸棚の占める割合が小さいという特徴をもつ（吉川1997）。アフリカ周辺の、たとえばアフリカ大陸北にある地中海沿岸、大陸の北東方角にあるアラビア半島でも大陸棚は比較的狭い。

アフリカ大陸南東のインド洋にはマダガスカル島がある。マダガスカルの面積（59万平方キロメートル）は日本列島の1倍半もあり、世界で4番目に大きな島である。ほかにもカナリアCanaria諸島、ヴェルデVerde岬諸島、コモロComoros諸島などの多くの島々が大陸周辺にあるが、マダガスカル島以外はおしなべて小さい。

## 1-2 古い地質

アフリカは地質学的に古い大陸である（図2）。大陸を構成する古い岩石の年代は36億年前までさかのぼる（諏訪1997）。アフリカ大陸においては、今からおおよそ15億年前までに造山運動にさらされたが、その後はしゅう曲などの地殻変動をうけていない三つの安定地域——このような地塊を剛塊（剛体、大陸塊）とよぶ——が認められる。西アフリカ剛塊、コンゴ剛塊、カラハリ剛塊である（諏訪・矢入1991）。

これら広義の剛塊のあいだには、新しい時代（およそ12億年前～現在）に造山運動（地殻変動）をうけた地域もあれば、うけていない地域もある。いずれにせよ、これらの大部分の概形が先カンブリア時代の末期、すなわち今からおおよそ6億年前までにはできあがったと考えられている。先カンブリア時代の剛塊は緩やかに傾斜し、その形態から楕状地ともよばれる。大陸に占める楕状地の割合が大きいのがアフリカ大陸の特徴のひとつである。

先カンブリア紀（約38億年前～約6億年前）の基盤岩——おもに花崗岩、硅岩、片麻岩、片岩などの結晶質岩からなり、浸食に対して抵抗力がある——は、ひろい範囲にわたって新しい堆積岩や砂層などに覆われているので、大陸を歩きながらどこでも観察されるわけではない。これらの基盤岩は、たとえば西アフリカのホガル山地、ニジェールNiger川源流部にあたるギニア共和国の高地、ナイジェリア中央部のジョス高地Jos Plateauなどで露出する（図2）。また、アフリカ南西部の大西洋岸に沿う高地、南部のドラケンスバーグDrakensberg山地から東アフリカを経て紅海沿岸にいたる地域にもよこたわる。

一般に、同じ物質（地質や岩質）からでも、つくられかた（作用）によってさまざまな形態（地形）がうみだされる。出来あがった地形にも古いものから新しいものまである。アフリカ大陸の特徴のひとつは、古い時代につくられた地形が比較的ひろい面積を占めることである。

古い地形のひとつは、高度のそろった平坦状の



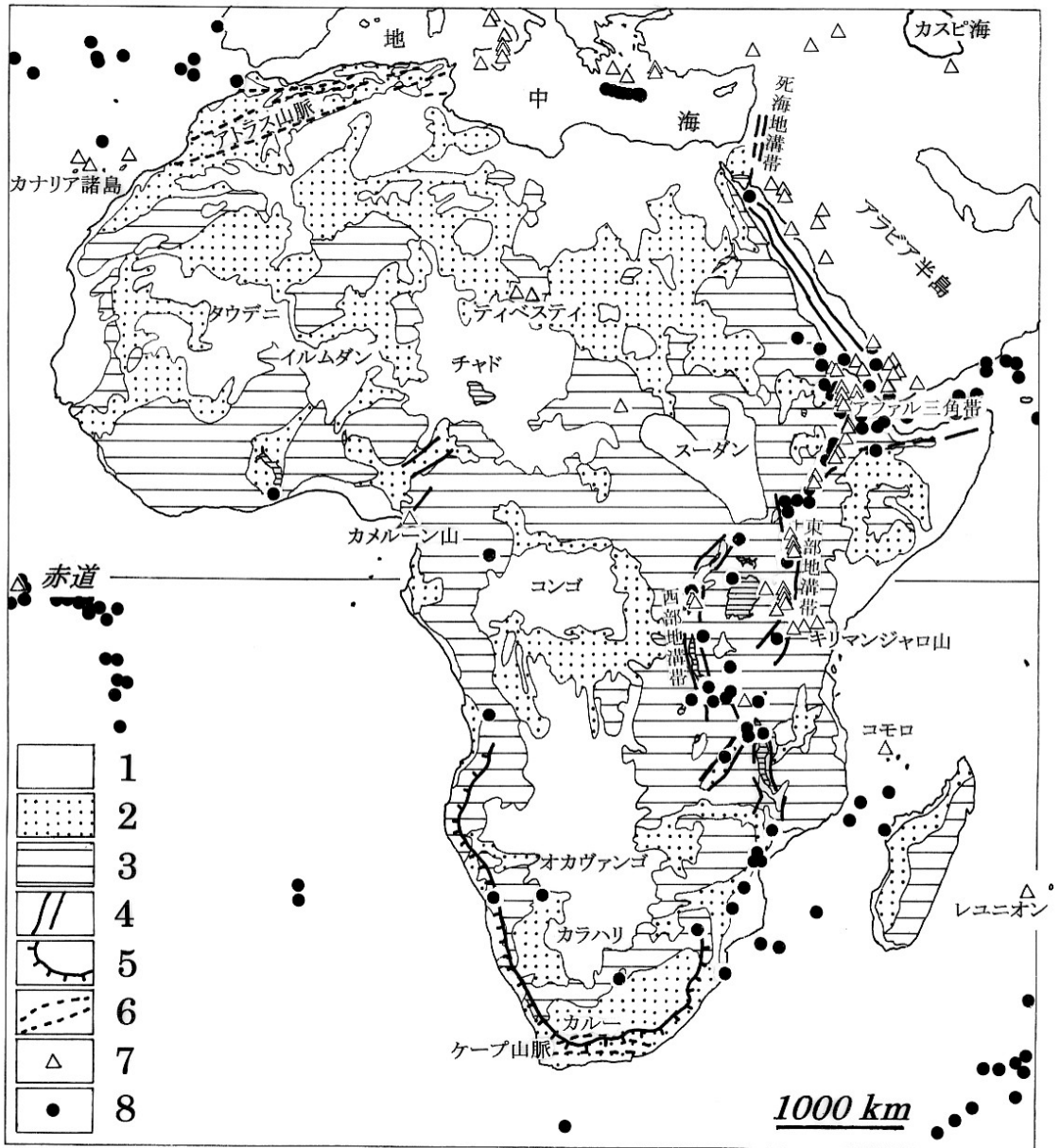


図2 アフリカ大陸の地質構造

(Jeune Afrique (ed.) 1993, Girdler 1964, Grove 1978, Bridges 1990, Katsui 1971から編集)

- 1 新生界 (第三系と第四系)    2 中生界・古生界    3 先カンブリア時代層    4 主な断層    5 大断崖    6 しゅう曲 (山地)
- 7 活動火山    8 浅発地震の震央

火山分布はKatsui 1971による。浅発地震 (深さ 60km以浅) の震央の分布はGirdler 1964による。現在のカラハリ荒漠からコンゴ盆地にひろがる中生界・新生界が、カラハリ砂層 (知念 準備中の本文参照) の分布とほぼ重なりあう。なお、新生代、中生代、古生代にできた地層や岩石は、それぞれ新生界、中生界、古生界と呼ばれる。第三紀、第四紀にできた地層や岩石は、それぞれ第三系、第四系と表記される。



準平原 (peneplain) である。一般に、ある程度のひろがりや凹凸のある土地が、長い間にわたって浸食をうけると、最終段階には平坦状の面 (準平原) が形成される。長い地質時代のあいだに、多少の地域差をとともなう大地の緩やかな上方へのたわみ——曲隆 (upwarping) とよばれる——と、その後が続く浸食が間欠的におこると、広域においては新旧の地形面が出現する。古い地形面と新しい地形面のあいだの不連続部には断崖ができる。ちなみに、曲隆のまわりでは下方へのたわみ——曲降 (downwarping) とよばれる——がおこる。下方へのたわみ部分は曲降盆地となる。地殻変動において曲隆と曲降をまとめて曲動とよぶ。曲動がなだらかな高原と内陸 (曲降) 盆地が組み合わさったアフリカ独特の地勢を生みだした、と考えられる。

以上のような見地からアフリカ大陸の地形面の研究をしたL.C.キング (King 1967) は、地形のなりたちを次のように考えた。

アフリカでみられる古い地形面は、それ以前の地形がジュラ紀 (およそ2億年前～1億4000万年前) にかけての浸食作用で形成された Gondwana 面である。その後、Gondwana 面は白亜紀 (1億4000万年前～6600万年前) から第三紀 (6600万年前～およそ260万年前) にかけての浸食作用をうける。その結果、まわりには1段低い浸食面が出現したと推測される。キングはその面をアフリカ面と名づけた。アフリカ面がひろく形成されても、一部にはGondwana 面が遺物として残されたと考えられる。

Gondwana 面とアフリカ面の地形の組み合わせは南部アフリカで比較的保存がよいが、中北部ではわずかしか残されていない。中北部での希少な例のひとつがナイジェリアのジョス高地である。そこには、標高約1400メートルのGondwana 面と、標高450～700メートルのアフリカ面が認められるという。

古いアフリカ大陸とはいえ、古い地形面はわずかしか残されていない。第四紀 (およそ260万年前～現在) になると、Gondwana 面のほとんどが浸食で消えたと推測され、遺物 (古い地形面) は

山地や丘陵の頂部に残されるように鎮座している。それでも、アフリカは世界の諸大陸のなかでは古い地形面がひろくみられる大陸である。

### 1-3 地質構造と火山・地震

アフリカ大陸の地質構造としてきわだつのは、東アフリカの大地を南北に貫く東アフリカ大地溝帯 (リフト・バレー, the Great Rift Valley, リフトは割れ目という意味) である (図2)。この地溝はおおむね40～60キロメートルの幅をもち、長さは6000キロメートル以上におよぶ (諏訪 1997)。地球一周の7分の1に相当する長さである。大地溝帯は中間部において、ヴィクトリア湖の東側 (東部地溝帯) と西側 (西部地溝帯) に枝分かれする。大地溝帯の北部はアデン湾・紅海、死海・ヨルダンの谷 (死海地溝帯) へとつづき、南部はマラウイ Malawi 湖からザンベジ Zambezi 川の河口付近へのびる (図1, 2)。このような大規模な地溝は他の大陸ではみられない。

地溝とは、両側が断層による急斜面 (断層崖) で限られ、周囲の地塊に対して窪んでいる細長い割れ目をさす。地溝はつぎのような過程を経てできると考えられている。地殻に押しひろげられる力がはたらくと、両側に引っぱられる部分が陥没する。陥没した部分とまわりの地塊との境に断層 (正断層) の崖ができる。すなわち、地溝は断層陥没帯と考えられている。急傾斜の断層崖は広域においては断層の線として追跡できる (図2)。長い地質時代のあいだに断続的に陥没すると、付ずいして複数の断差が生じる。年代の異なる陥没や断層運動によって地表には階段状の地形が出現することになる。

東アフリカの大地溝帯の形成は、大陸の古さにくらべると、最近のことであるらしい。形成が始まったのは約4000万年前の新生代初期である (諏訪 1997)。地溝の形成はその後もつづき、現在でも進行中であると考えられている。

大陸北西部にあるアトラス山脈と大陸南端にあるランゲバーク Langeberg 山脈ではしゅう曲がみられる (図2)。これらのしゅう曲山地

は大陸の一部を占めるにすぎない。しゅう曲山地が少ないのもアフリカ大陸を特徴づける。

アフリカは、火山と地震の多い日本列島や環太平洋地域からみれば、比較的安定した大陸である。しかし、アフリカにも東アフリカ大地溝帯周辺を筆頭に、火山活動や地震活動が活発な地域もある(図2)。

アフリカ大陸の火山分布は概して大きな断層構造線(断裂と断層運動)に関係する。火山活動の最もさかんな地域は東アフリカ大地溝帯周辺である。アフリカを代表する高山のキリマンジャロ山とキリニャガKirinyaga——ケニアKenya山ともよばれる——はいずれも火山である。大陸南東部の沖合にあるレユニオンReunion島、コモロ諸島、大陸北西部の沖合にあるカナリア諸島周辺などでも火山がみられる(図2)。また、内陸部のティベスティ山地にも火山がそびえる。ギニア湾を見下ろすような位置にあるカメルーンCameroon山も火山である。

アフリカ大陸およびその周辺域での地震の震央(地下の震源を地表面に投影した地点)は、東アフリカ大地溝帯や大洋(インド洋や大西洋)の海嶺付近に多く分布する(図2)。地震は、大陸に限れば、中央部～北西部で少ない。

## 2 風化, 浸食, 堆積

### 2-1 風化

地球表層では機械的風化作用と化学的風化作用が絡みあいながら風化層(岩屑, 軟らかい土砂, 土壌の層)ができあがる。機械的風化は物理的風化ともよばれる。地殻変動によってつくられた地形の骨格は風化, 浸食, 堆積をつうじて姿をかえていく。その過程にはさまざまな作用が介在する。これらの作用は、日射, 大気, 降水, 地表水, 風などと複合的に関係しながら、昼夜を問わず絶え間なく地表面や表層でくりひろげられる。日々の営み(作用の効果)は微小かもしれないが、地質学的な積年の効果が地形に反映される。

熱帯がひろい面積を占めるアフリカでは、温

帯や高緯度地帯にくらべて化学的風化が活発である。雨の多い熱帯アフリカでは高温と多雨の条件が風化を促進する。地温や気温が高いことが化学反応をうながし、また生物活動を活発にすると考えられるからである。動植物の働きによって、風化層のなかの水や酸素などの物質移動も活発になる。その結果、風化が深層までおよび、風化層厚が数10メートルにも達するという報告もある(たとえば、Thomas 1994)。高温多湿な熱帯における化学的風化は、同じ熱帯の乾燥地域より、また温帯地域よりも格段に速いといわれる。

アフリカ大陸の荒漠(従来の用語「砂漠」と同義)——荒漠の用語法については後述する——、ステップ、サバンナ地域はひろい(図3)。荒漠と半荒漠をふくめた面積を大陸別に比較すると、もっともひろいのがアフリカ大陸である。アフリカはオーストラリアとともに乾燥した大陸といえる。

草や木に乏しい荒漠では、地表面や表層(土壌, 風化層, 岩石)が日射にさらされる。そのため昼間の地表面は高温になるが、夜間の地温は大幅に低下する。昼間の岩石の表面温度が摂氏70度にも達する一方、夜間は一気に0度近くまで低下する例もある。昼夜の温度差は造岩鉱物の膨張と収縮という現象を招き、結果として岩石が碎かれる場合がある。この破碎は機械的風化のなかの日射風化とよばれる現象である。

サバンナでは雨季と乾季がくりかえされる。湿度の高い雨季には化学的風化がさかんになる。一方、乾季には地表からの蒸発が激しくなるので、風化層や土壌中の毛管現象によって塩類をはじめとする溶存物質(水に溶けた状態の物質)が地表に吸いあげられる。その結果、表層で塩類の集積が起こることがある。

熱帯乾燥地域での重要な風化のもうひとつは塩類風化である。岩石から一旦しみ出した塩類が地表に溜まるが、地表流によって流去することがほとんどない。この塩類はときどき降る雨水に溶けて岩石の割れ目に入っていく、膨張によって岩石を破碎することがある。これが塩類風化である。

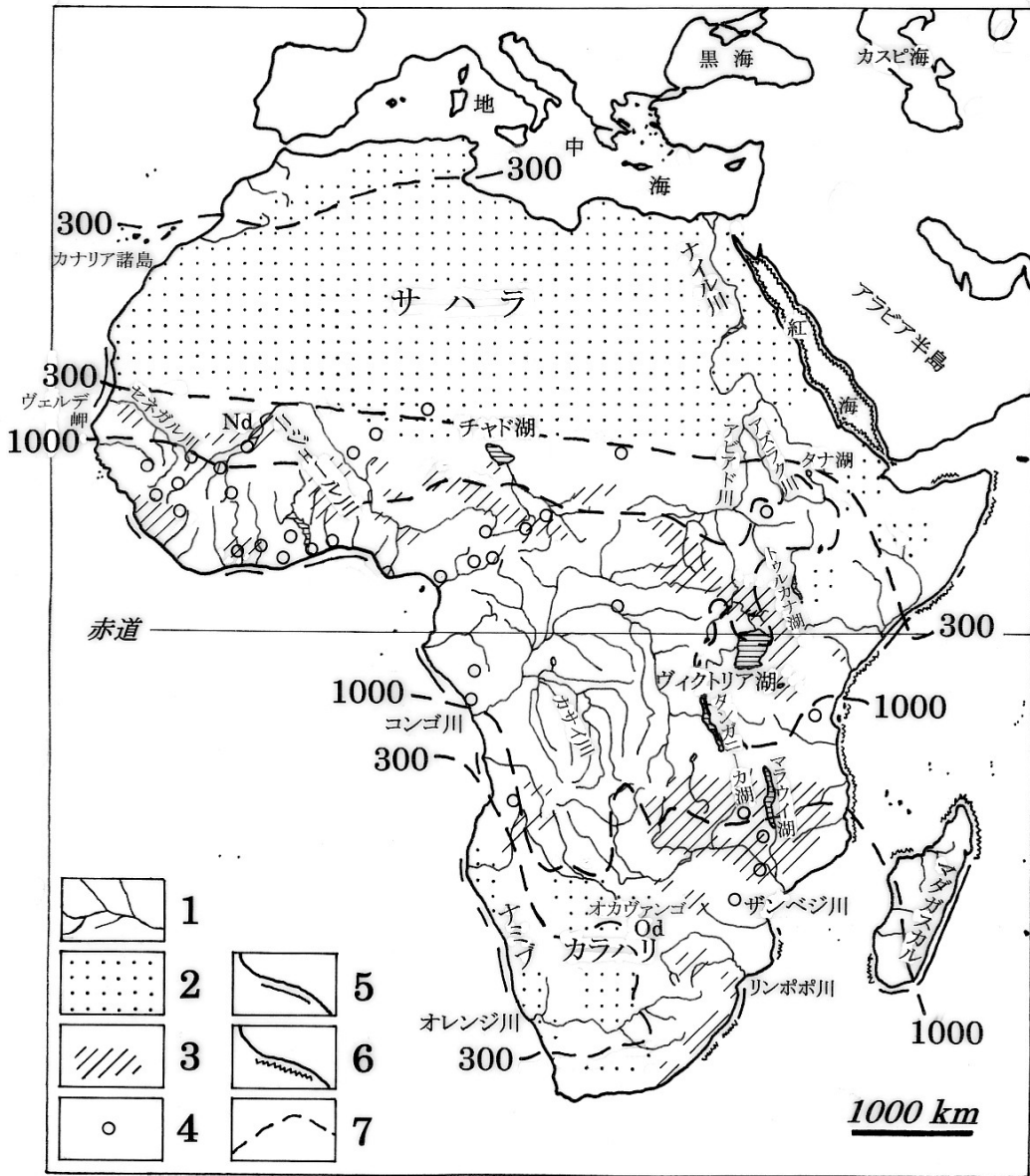


図3 アフリカ大陸における主要な水系と荒漠

(Jeune Afrique (ed.) 1993, Grove 1978, Goudie 1996, Lancaaster 1996, Walling 1996 から編集)

- 1 水系 2 荒漠 (desert) 3 ラテライト 4 ポーキサイト 5 海岸 (砂州や潟湖) 6 海岸 (さんご礁)  
7 等年降水量 (mm) の線

Nd ニジェール川内陸デルタ Od オカヴァンゴ・デルタ

水系と荒漠の分布はそれぞれ, Jeune Afrique (ed.) 1993, Lancaster 1996 にもとづく。ラテライトとポーキサイトの分布は Goudie 1996 による。海岸 (砂州や潟湖, さんご礁) は Grove 1978 にもとづく。年降水量 300mm と 1000mm の等値線は Walling 1996 にもとづく。ラテライトとポーキサイトはおおむね現在のサバンナ地帯に分布することから, これらがサバンナ気候下で形成されるという考え方が一方, 過去の遺物である (サバンナと異なる気候下で形成された) という考えもある。



熱帯乾燥地域は、他の気候帯にくらべると、日射風化と塩類風化の役割が大きいという特徴がある。

アフリカ大陸の高山には寒冷な地域も存在することを忘れてはならない。アフリカには氷河に覆われた高山もある。赤道直下のアフリカ大陸第二の高峰、キリニャガ（ケニア山）には氷河が現存する。高山では、夜間の気温や地温が氷点下に達することもあり、凍結融解にともなう風化現象も認められる。キリマンジャロ山、キリニャガ、ルウェンゾリ Ruwenzori 山地、ドラケンスバーグ山地、アトラス山地などで、この種の現象が観察される。

一般に、風化の様式や速さは、地形をつくる物質（岩質や構成物質）によって、また気候帯によっても異なる。アフリカ大陸を考えるとときは、それらに加えて、大陸の年代や古さも考慮する必要がある。地形地質が古いので、風化断面には過去に何度もくりかえされた気候変動の歴史が重層的に刻印されている可能性があるからである。

## 2-2 河川

アフリカ大陸をナイル Nile 川、コンゴ Congo 川のような大河が流れるが、大陸の大きさの割には、三角州（デルタ, delta）の形成は多くない。アフリカ最大の三角州は西アフリカのニジェール川河口にある（図3）。三角州の海岸線長は300キロメートルをこえる。これに匹敵する三角州が地中海に注ぐナイル川河口にも形成されている。

熱帯地域がひろいアフリカ大陸では、熱帯や亜熱帯に特有の風化がさかんである。その結果、アフリカの河川が運搬する物質としては、浮遊物質の細粒分（シルトや粘土など）と溶存物質が比較的に多い。粒径の大きい礫が少なく、細粒物質を多くふくむ河川水の浸食力は強くない。

アフリカの熱帯地域を流れる河川に、大規模な滝や急流部が比較的に多くみられる理由のひとつは、河川水の浸食力が強くないことである。それは、地殻変動や断層運動などの影響を強く受けて

いる構造的な地形として現れた段差や急崖が、大陸が古いにもかかわらず、比較的長いあいだ保たれていることに反映する。

一般に、乾燥地域の河川は不規則な水系——河川は、上流から下流にかけて、小さな流れが合流して大きな流れになり、全体（流域）として系（システム、ネットワーク）をなす——をもつ。蒸発あるいは地下への浸透により、河川水が途中で消えてしまうことがある。また、内陸盆地に流出する河川——内陸河川とよばれる——もある。これらの側面とあわせて、アフリカは乾燥した大陸といわれるように、降水量は他の大陸にくらべて少ない。アフリカ大陸の起伏の小さい地域においては、水系や流域境界が定めにくい場合も少なくない。なお、水系（網）は排水網や流路網ともよばれる。

アフリカ大陸には世界最大級の内陸デルタも存在する。デルタのもともとの意味は河川の運ぶ土砂の堆積地（沖積地）をさす。河道があまりに低勾配であるので、運搬されてきた土砂が沈積しやすくなって、沖積地が発達する。沖積地が海岸河口ではなく内陸にある場合には、内陸デルタとよばれる。アフリカの大きな内陸デルタのひとつはニジェール川中流部のデルタ Niger Inland Delta、もうひとつはボツワナ北部にひろがるオカヴァンゴ・デルタ Okavango Delta である（図3）。それぞれはタウデニ内陸盆地とオカヴァンゴ内陸盆地にできたデルタである。

## 2-3 海岸

ヨーロッパやアジアにくらべて、アフリカ大陸の海岸線はなめらかである。海岸に入り江が少なく、海岸線の長さが大陸面積の割に短い。これにはいくつかの理由が考えられる。地層のしゅう曲は少ないが断層が多いこと、長い地質時代をつうじて大陸が隆起傾向にあったこと、河川から運ばれる土砂が海岸付近に堆積して砂州（sandbar）やデルタを形成する傾向が強いことなどがあげられる。

アフリカでは陸地側が隆起したために、かつての海岸や海浜跡が陸上で観察されることも少



写真1 ペディメント上のインゼルベルク (2005年12月筆者撮影)

ニジェール共和国, アイールAir山地西麓の広大なペディメント上のインゼルベルク。山地は写真左側(東)にある。ペディメント上はところどころ水みちがあり, またわずかに穿たれたガリー状の溝もあり, それらに沿って矮小木がつらなるように生育する。手前の地表は砂礫におおわれ, 表流水と風による複合的な地形形成作用を暗示する。

なくない。一方, 沈水海岸(相対的に陸地が海に沈んだ地域の海岸)ではマングローブが観察されることもある。

アフリカ大陸北部と南部の海岸には崖がめだつ。とくに, 大陸南部では大規模な屏風のような急崖がそそり立つ。西部では砂州や潟湖(lagoon)が比較的が多い。東部にはさんご礁が発達する(図3)。さんご礁海岸はリンポポLimpopo川の河口あたりから紅海沿岸まで続く。このように, アフリカ大陸においては海岸地形の地域性がきわだつ。

自然の入り江が少なかったこともあり, アフリカ大陸では船着場に適当な海岸が不足した(Grove 1978)。大陸東岸にはさんご礁が発達しているのだから, 船の接岸には危険をともなった。さんご礁が形成されていない海岸では外洋からの荒波が直に押し寄せるので, とくに帆船時代には船の接岸が容易でなかった。最近になって人工の港が整備されるようになってからは, このような問題は減っている。

#### 2-4 インゼルベルク

アフリカ大陸を歩いていると, 見渡す限りの平原に圧倒されることがある。果てのないような平原から突出し, 孤立した丘や山はひとの目をひく(写真1)。このような丘や山塊はインゼルベルク(inselberg)とよばれる。インゼルベルク(語源はドイツ語であり, inselが島, bergが丘という意味)は島状丘と訳されることが多い。一般に, インゼルベルクのまわりの基底は浸食面であり, きわめて緩やかな斜面をなす。このように堆積物をほとんど載せない浸食性緩斜面はペディメント(pediment)とよばれる。日本列島の大部分を占める山地と多くの沖積平野を見慣れている目には, 沖積平野と見まちがうほどの緩斜面である。

インゼルベルクはさまざまな大きさの地形に用いられている。周囲の平野や緩斜面からの高さが100メートル弱の小型から1500メートル以上の大型までふくまれる。小型の例としては, コアストーン(corestone)がいくつか散らばる

小丘がある。大型の例には、ナミブNamib 荒漠のブランドバーク Brandberg（最高峰は標高約2600メートル）がある。

インゼルベルクという用語には多様な形態がふくまれる。平野から垂直に突出するような壁状の斜面からなる丘や山もインゼルベルクとよばれる。岩塊が累々と集積することもあるし、とてつもない大きな岩盤がドーム（円頂）をなす場合もある。メサ (mesa) ——水平な地層からなる台地の端が急斜面をなすので、かたちがテーブル状となる——やビュート (butte) ——水平な地層からなる台地がまわりからの浸食が進み、水平な地層がわずかに（たとえば点状に）残された地形——も含めてインゼルベルクとよぶ地形学者もいる（図4）。一般に、ビュートは、地形発達史のうえで、メサの縁辺がさらなる側方浸食をうけて小型化した末期の地形として解釈される。また、結晶質岩石で構成される円頂状の丘や山——ボルンハルト (bornhaldt, 岩石孤立丘) という別称もある——に対してのみインゼルベルクを用いる者もいる。モナドノック (monadnock, 堅牢残丘) という用語もボルンハルトに似た意味で用いられる。さらに、面積の割に高さの低い丘——「鯨の背」whalebackとも称せられる——に対してもインゼルベルクが用いられることがある。

インゼルベルクは、周囲の構成岩石と異質であるか同質であるかに関係なく用いられる。インゼルベルクを構成する岩質が周囲の平野をつ

くる岩質と同じである場合、残丘になりやすいのは同じ岩質のなかでも浸食をうけにくい部分と考えられる。一方、まわりが浸食をうけやすい異なる岩質であるために、浸食に対して抵抗性のある部分がとり残される場合もある。アフリカでは、花崗岩や片麻岩が尖った山塊やドーム状のかたちをなすことが、また、石英岩脈がリッジ状のかたちをなすことが比較的が多い。

基本的には、インゼルベルクの形成過程として主要な二つの見解がある (Goudie 1996)。ひとつは浸食によって斜面が平行に後退した結果の（終末期の）地形とみる考えであり、もうひとつは厚い風化層の存在が重要である（不可欠である）という考えである。

前者の立場は次のような過程を考える。ある程度のひろがりをもつ古い地形面は一般に、周囲の平野（一段低い新しい地形面）との境界が急斜面によって縁どられている。急斜面部では、さまざまな作用をうけて、風化物質の浸食や運搬がさかんである。斜面下部に堆積した岩層は流水による浸食によってさらに下方へと運ばれる。結果として、急斜面は同じ傾斜を保ったまま、長い時間をかけてゆっくりと平行に後退 (parallel retreat) する。メサからビュートへの移行（図4）にはこれに類似する過程が考えられる。急斜面のまわりにひろがる緩斜面では、面的な流水浸食によって、土砂や岩屑が少しずつ除去されるので堆積物が累積しない。す

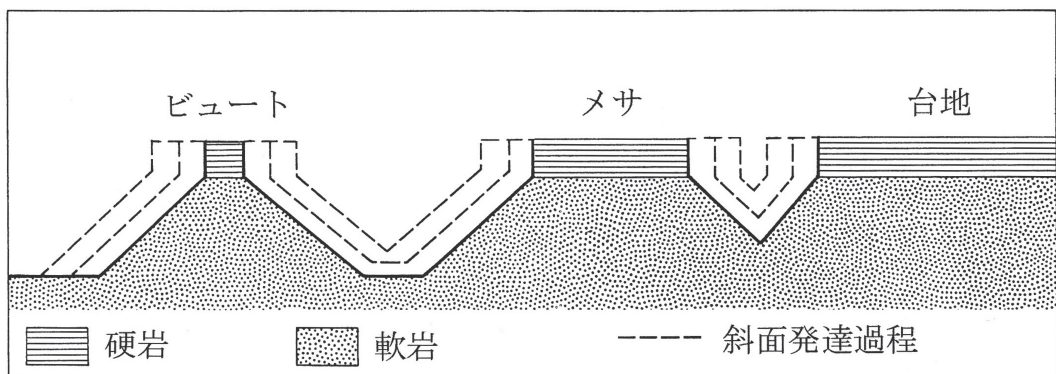


図4 メサとビュートの形成 (Small 1989を一部改変)

キャップロック（本文参照）としての硬岩の存在が、このような地形発達に重要である。インゼルベルクも斜面が平行後退する過程から生じるとの見解がある（本文参照）。その見地からメサやビュートもインゼルベルクに分類されることもある。



ると、数度という勾配をもつ緩やかな斜面（ペディメント）がまわりに連続的にひろがっていく。古い地形部分は、終局において、島状の丘

や山（インゼルベルク）というかたちで残る。

後者の見解は次のとおりである。アフリカ大陸においては、長い風化の時代とそれに続く短い浸

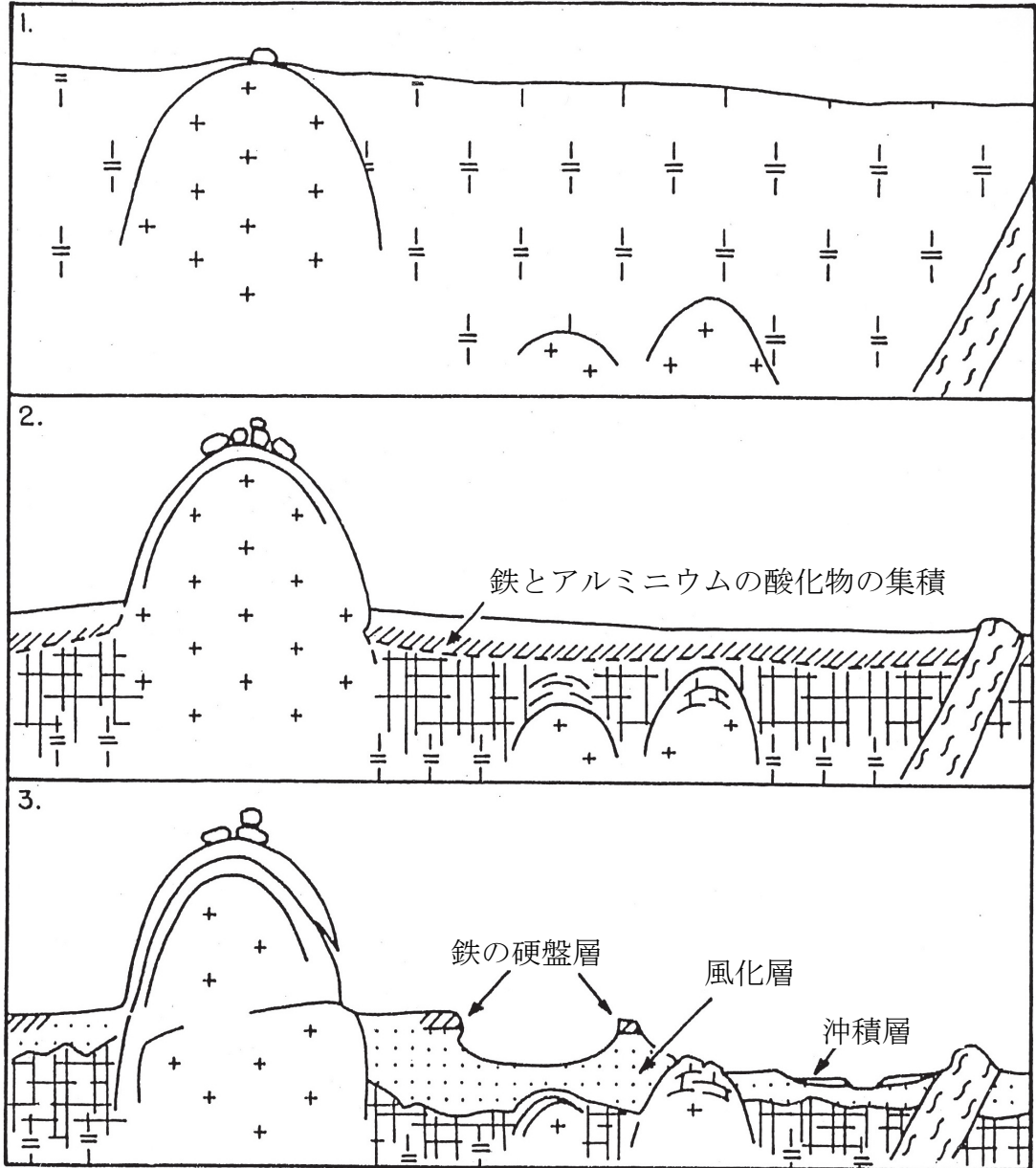


図5 風化物除去にともなうインゼルベルクの形成過程（Grove 1978 にもとづく）

1. 平坦化した結晶質岩盤で、深層まで風化が進行する。
2. 風化層が除去（削剥）されると抵抗性のある岩体が顔をだす。平野での新たな風化によって、鉄とアルミニウムに富むラテライト性土壌が生成される。インゼルベルクが形成される。
3. 広域で浸食が進行すると、鉄の硬盤層（鉄皮殻）や風化層が露出し、谷も形成される。インゼルベルクの表層では、表面に平行するような割れ目が入るが、依然として浸食には抵抗性をもつ。

食の時代（以前の風化層を削り、剥ぎとる時代）が、地殻の隆起や気候変動を介在させながら、何度もくりかえされてきて、現在の地形に帰結したと考えられる。起伏の小さい土地での差別的な深層風化のあと、強風化層や弱風化層が削剥されると、未風化の硬い岩石（風化から免れた岩体）が、例えば塔状のかたちで地表に姿を現す（図5）。これをひとつのサイクルに見立てると、地域によっては複数回のサイクルを経て現在にいたっている——と考えるのである。

上述の二つの見解と異なる考え方もある。一度形成されたインゼルベルクが何らかの作用で膨大な堆積物に覆われたが、後続の浸食によって堆積物がとり除かれて、再びインゼルベルクが姿を現すという説も提唱されている。アフリカの長い地史を考えると、ありうる説かも知れないが、この考えの支持者は多くない。

以上のように、インゼルベルクの形成過程には不明な部分が少ない。とくに形成時期については研究者のあいだに見解の相違がかなり認められる。

インゼルベルクは当初、アフリカの乾燥あるいは半乾燥地域に特有の地形として記載されたこともあるが、今では乾燥から湿潤にいたる気候帯すべてにおいて観察されることがわかっている。インゼルベルクはアフリカ大陸以外でもみられるが、アフリカ大陸でめだつので、アフリカらしい地形のひとつとしてとりあげられることが多い。乾燥～半乾燥地域においてインゼルベルクの存在感が増すのは植生が乏しいせいでもあろうか。その独特の形態によるのであろうか、インゼルベルクが地球表面の地形発達の記念碑にみえるときがある。

熱帯の風化層は一般に厚いという特徴がある（前述）。建築用骨材や敷石礎石などとして重宝される硬い岩石や割栗石が入手しにくいのも、熱帯における風化の特徴に起因する、と考えられる。インゼルベルクは旅人の視線を惹きつける地形という、また、石材という価値もうみだしている（Grove 1978）。

## 2-5 土壌と硬盤層

一般に、成熟した土壌は表層（上位）から下層（下位）にかけて無機・有機物の集積のしかたに差異を生じて「顔つき」が変わる（分化する）といわれる。すなわち土壌層位の発達がよくなる。

アフリカ大陸に限らないが、半乾燥地域を中心とした低緯度地帯の土地表層には硬盤層（皮殻、デュリクラスト, duricrust）が観察される。構成物質のちがいにより、硬盤層はおもに四つの型に分けられる。鉄（酸化鉄 $Fe_2O_3$ ）に富む鉄皮殻（フェリクリート, ferricrete）、珪酸（シリカ $SiO_2$ ）に富む珪酸皮殻（シルクリート, silcrete）、炭酸カルシウム $CaCO_3$ に富むカルシウム皮殻（カルクリート, calcrete）、アルミニウム（酸化アルミニウム $Al_2O_3$ ）に富むアルミニウム皮殻（アルクリート, alcrete）である。おおむね、鉄皮殻がラテライト（laterites）に、アルミニウム皮殻がボーキサイト（bauxites）に相当する（図3）。それぞれの化合物が風化層中で移動や集積されて後に、環境変化（気候の乾燥化、地下水面の低下など）によって硬化すると考えられているが、皮殻形成に要する時間をはじめとして不明な点も多い。

硬盤層や皮殻の意味のduricrustという語句はもともとオーストラリアで用いられていた（Woolnough 1927, Goudie 1996に引用）。それに対して、フランス語圏ではキュイラス（cuirasse）やカラパス（carapasse）が用いられてきた。

平均的な硬盤層は1～10メートルの層厚を示す（Thomas 1994）。硬盤層のあるところは一般に農業に不適な土地とみなされる。その一方、硬盤層が大切な建築材料（たとえば道路敷設用）として利用されることもある。

アフリカ大陸の土壌には気候、地質、地形などが反映され、その性質や特徴は一言では括れないほどに多様である。

荒漠地域の土壌は有機物が少なく、土壌層は薄い。また土壌層位の発達が悪い。荒漠には珪酸皮殻やカルシウム皮殻が比較的によくみられる。ステップにおいては、鉄分に富む茶色土壌がめだつ。ときどき冠水するような沖積低地に



写真2 台地表層をなす鉄皮殻（2006年2月筆者撮影）

ニジェール共和国南部のナイジェリア国境近く（年降水量およそ800mmのサバンナ）にて観察。乾季で低木はほとんどが落葉している。手前は台地縁の斜面にころがる鉄皮殻の断片や破片。小型リュックサック（写真手前中央）から鉄皮殻の大きさが推定できる。

は褐色～黒色の土壌が発達する。この型の土壌はスーダンのアビアド川（Abyad, 白ナイル White Nile）流域やチャド湖流域の南東部などで観察される（図3）。サバンナの土壌は鉄分に富み、赤色を呈する。鉄皮殻もめだつ。湿潤地域では赤色～黄色の酸性土壌が発達する。湿潤地域には森林が多いので有機物が多量に供給されるが、土壌層は薄い。シロアリやバクテリアなどの生物活動がさかんなので、有機物が短時間に分解される。

大ざっぱにいえば、熱帯アフリカでは、土壌材料（母材）の風化や分解が速く、養分元素が流れ去りやすく、後にのこる土壌はやせ細っている（久馬 2005）。アフリカ大陸ではまた、大陸の広さの割には、インドのガンジス平野のような沖積土壌の発達もよくない。ただし、東アフリカ大地溝帯周辺、ナイル川沿いのような河川の氾濫原の農業生産性は低くない。

アフリカ大陸でひろく出現するのが赤色から赤黒色を呈するラテライトであり、とくにサバ

ンナでめだつ（図3）。なお、ラテライトの呼称は酸化鉄（鉄皮殻）だけでなく、酸化鉄（赤色～赤茶色）や酸化アルミニウム（淡黄色～黄色）に富む粘土質な風化層に対しても用いられることがある。ラテライトを硬盤層だけに限定しない用語法もあることに注意が要る。

サバンナ周辺では硬盤層の存否が地形にも反映される。硬盤層は風化や浸食に対して抵抗する役割をはたし、独特の地形をつくりだす。たとえば、鉄皮殻が形成されている台地では、台地を縁どる斜面が皮殻の断片（レキ、礫）に覆われることがある（写真2）。また、キャップロック（caprock, 帽子をかぶっているようにみえる最上位の硬盤層や硬岩層）の存在が空間的な差別浸食を生みだし——硬盤層が未発達な周囲は浸食され、硬盤層部分がとり残される——、ひいてはメサやビュートの形成に貢献することもある。硬盤層の存在によって、地形の逆転（かつての谷と尾根の関係が逆になってしまうこと）が起こることさえある。





写真3 シロアリ塚の例 (1984年10月筆者撮影)

ケニア北部、乾燥サバンナ地帯、トゥルカナTurkanaの緩斜面上のシロアリ塚。土壤層がきわめて薄く、砂礫に覆われる斜面である。辺りの乾燥サバンナの樹木としてはアカシアの仲間が多い。

## 2-6 シロアリ塚

シロアリ塚はシロアリという動物のつくる土塚(小地形)をさす。シロアリの姿がアリに似ていることも背景にあり、従来、白アリとも表記されてきた。英語でもシロアリを白いアリ white antとも呼ぶ。しかし、シロアリとアリは生物学的分類上かなり異なる。シロアリはIsoptera(シロアリ科あるいはシロアリ目の昆虫の総称)に、アリはFormicidae(アリ科)に分類される。また、アリも塚をつくることがある(たとえば、知念1991)。これらを考えると、シロアリのつくる土塚(地形)には、これまで用いられてきた「アリ塚」よりも「シロアリ塚」の表記が望ましいと思われる(知念2009)。

シロアリ塚は大きな地形ではないが、他所からやってくる者にどこか奇妙な印象をあたえ、好奇心をくすぐる(写真3)。アフリカ大陸のサバンナにはシロアリ塚がめだつ。高さ数十センチメートルの小型から数メートルに達する大型の塔状塚まで形成される。シロアリ塚が1ヘクタールあたり数個~数十個が観察されるという分布密度

(Goudie 1996)は、サバンナや熱帯に馴染みのない人びとの視線をどうしても釘づけにする。

土塚をつくるシロアリは、地表と地中のあいだで無機物や有機物を運び、風化を促進していると考えられる。また、シロアリは地表の枯死植物体(枝や落葉など)の除去をつうじて地表面状態も攪乱する。シロアリ塚にはまわりの土壤層よりも粘土分が多く含まれるので、放棄されたシロアリ塚が浸食されると、塚の周囲に粘土分の多い土壤が拡散されて「小ペディメント」の様相を呈するようになる。その直径が60メートルにも達する例もある(Goudie 1996)。このような側面を考えると、シロアリの活動が地形学的には水の浸透能、土壤浸食、斜面や河川での土砂移動などにも影響をおよぼすと思われる。

シロアリは、土壤の栄養分の移動や保持、植生遷移や維持などの観点からも注目されている(山科・阿部2018)。



写真4 サハラ西部の荒漠（2006年1月航空機窓から筆者撮影）

広大な岩漠やレキ漠（写真の暗色部）とともに砂漠（写真の淡色部）が観察される。手前右のハマダ（本文参照）を拡大したのが写真5。空路から、撮影地はアルジェリア南部であると推測される。

## 2-7 荒漠（砂漠，沙漠）のひろがりと風の作用

英語のデザート（desert）は日本語で砂漠と訳されることが多い。desertには「乾燥した砂原」だけではなく、「礫に覆われた乾燥地」、「露岩だらけの乾燥地」という意味もふくまれる。さらに、「見捨てられた土地」「管理がおよばずに荒れ果てた土地」などのような、人間活動との関係をつよく意識した概念もふくむ。このような多様な語義を考えると、desertには「荒漠」（貝塚 1997）が適訳であると筆者には思われる。「荒漠」はもともと、植生がないか乏しい土地をさす中国語であるらしい。貝塚（1997）は岩漠（ロックデザート、rock desert）、礫漠（レキ漠）（グラベルデザート、gravel desert）、砂漠（サンドデザート、sand desert）、泥漠（プラヤ、playa）の用語法を提案している。ここでは従来の砂漠という用語にかわって荒漠を用いる。

アフリカ大陸の大きな荒漠は、北半球にあるサハラ、南半球にあるカラハリとナミブである

（図3）。なかでもサハラは世界最大の荒漠として知られる。

サハラ荒漠はアフリカ大陸北部の大半（大陸全体の4分の1）を占める。大西洋から紅海にいたる東西約5500キロメートルにわたり、南北方向の長さは1500キロメートルをこえるところもある。その広さ（750万平方キロメートル）は日本国土の約24倍にもおよぶ（赤木 1998）。

「砂漠」（従来の用語）と聞いて、多くのひとはサンドデザート（砂原や砂床、sand sheet）だけのひろがり想像するらしい。実際のサハラ荒漠では、サンドデザート（砂漠）はむしろ狭く——荒漠全体の15パーセント以下という推定がある（Buckle 1978）——、礫漠や岩漠が圧倒的にひろい（写真4）。サハラには険しい露岩の山地（ホガル、ティベスティなど）もある。

サハラでは大規模なサンドデザート（小規模の砂丘の集合、広大な砂原）はエルグ（erg）とよばれる。荒漠（サンドデザート）から細粒物質が風の作用で選択的に除去されると、多少と



写真5 サハラ西部のハマダ (2006年1月航空機窓から筆者撮影)

超乾燥気候下の岩漠の例。ハマダに刻まれた旧流路（浸食でできた谷）が上空から観察された。かつての湿潤気候のもとで形成されたと推測される。写真手前とむこうの淡色部は、地表が土砂やレキでおおわれていると推測される。このハマダをとりまく広域景観は写真4を参照。

も丸みを帯びたレキ（礫、残留物）に覆われたような地表になる。これがレグ (reg) とよばれる礫漠である。岩塊や岩盤の露出する岩漠のなかでも、砂や細レキを運ぶ風の作用と風食（風による浸食）によって表面が滑らかになった台地状の地形はハマダ (hammada) とよばれる (写真5)。

荒漠の範囲はふつう気候指標（降水量や蒸発量など）で決められるが、地形の様相から定める見方もある。砂丘や砂床の「動く砂」の存否が重要な指標とみなされる。これにもとづく、サハラの北限では年平均降水量100ミリメートルに、南限では200ミリメートルに対応する (Mainguet 1983)。

乾燥地域では風による浸食や堆積が活発である。風食にはデフレーション (deflation) と削磨作用 (アブレーション, abrasion) がある。デフレーションは、風が軟らかな未固結物質を地表からもちあげたり、地表ですべらせたり、転がせたりする作用や働きをさす。その作用でできる微地形の例に風紋 (wind ripple) や砂紋 (sand

ripple) がある (写真6)。風紋は、高さが数センチメートル以下の、主に砂丘や砂床表面にできる微地形である。削磨作用は飛砂（風によって地表や地表に近い空中を移動する砂）が岩石や岩体表面を物理的に磨耗する働きをさす。

サハラ荒漠からは、空中高く砂塵（細粒のダスト）が舞いあがり、周辺域に運ばれる。風によって遠くの大西洋、カリブ海、アメリカ大陸にまで運ばれる、とも指摘されている。サハラからは毎年、数億トンもの砂塵——風送ダスト (aeolian dust) とよばれる——が除去されるといわれる (Goudie 1978)。サハラの巨大さを思わずにられない。

荒漠は、気候の観点からみれば、単に降水量が極端に少ない地域であるばかりではなく、地表からの潜在的な蒸発量の多いところでもある。そのために、地表面や表層は乾いている。見解の相違はあるが、おおむね年降水量150ミリメートル以下の地域が荒漠に相当する (図3)。リビア南部は、荒漠 (サハラ) の真ただ中に位置して、降





写真6 風紋の例 (1999年1月筆者撮影)

ニジェール共和国南西部、カッシーレ砂丘にて撮影。1月は乾期にあたる。撮影直前に、筆者が砂地表面に指で矢印を描いた。矢印が乾期のハルマタンとよばれる卓越風 (Harmattan, 西アフリカでサハラ荒漠から吹いてくる北東貿易風) の風向を指す。風紋は風上側で緩傾斜、風下側で急傾斜の波模様 (微形態) をなす。左の黒丸の物体はカメラのレンズカバー。

水がほとんどない。しかし、サハラの高山にはサハラ全体の平均量以上の降水がある。

荒漠の縁辺部 (ステップや乾燥サバンナ) では、おもに風と水 (降雨、地表流など) による複合作用で浸食や堆積がおこる。短い雨季のあいだの降雨量は少ないものの、ときに降る短時間の強雨にもなう地表流は地形を変えるほどの浸食力を持ち、洪水を誘発することにも注目したい。強雨やそれにもなう地表流によって、面的な浸食 (sheet washあるいはsheet flooding) と線的な浸食 (ガリー浸食, gullying) がおこる。線的な浸食が進行すると土地を穿つガリーとよばれる溝がつくられる。このような降雨や地表流の作用は植生被覆がまばらであることによっていっそう強められる、と考えられている。

以下で、乾燥地域に特徴的な地形のいくつかを考えたい。

## 2-8 砂丘

砂の堆積地形の代表格は砂丘 (sand dune)

であろう。砂丘の形態は砂の供給、風向、風速、地形などによって規定される。形態により横列砂丘、縦列砂丘 (線状砂丘)、放射状砂丘 (星状砂丘, 写真7) などの名称が用いられる (赤木, 1998)。バルハン (barchan, 三日月状砂丘) は横列砂丘のひとつと考えられる。バルハンという呼称は中央アジアの地名に由来するらしい。セイフ砂丘 (seif dune) は縦列砂丘と同類である。

縦列砂丘は卓越風向に対して斜めあるいは垂直方向に形成され、リッジが長くて波うつ砂丘をさす (図6)。となり合うリッジのあいだには平坦な小谷底がみられる。このタイプの砂丘は広大な砂床のなかに形成され、まわりとの比高は50メートル以下である。

バルハン (あるいはバルハン砂丘) はふつう高さ100メートル以下、長さ数百メートル以下の大きさに対して用いられる。バルハンの地表面移動は他の型の砂丘より速く、その独特なかたちとともに、ひとの視線を惹きつけやすい



写真7 砂丘の例 (2005年11月筆者撮影)

ニジェール共和国、アイール山地東縁。写真左側(東)に広大な砂漠(砂床)、右側(西)にアイール山地がひかえる。その形から、放射状、ピラミッド状などよばれる塊状砂丘である。風向が一定ではなく、季節によって風向が変わるところに形成されやすいといわれる型である。この型が砂丘全体に占める割合は小さい。



写真8 小型のバルハン砂丘の例 (2001年3月筆者撮影)

ニジェール共和国の西部で撮影。バルハンの形態から、風の卓越方向は右から左へと推定される。周りの地面——細レキに覆われる——から最大2mほどの比高の砂丘である。乾期にあたり、辺り一面に緑の植生はほとんどみられない。向こうには、涸れ川(写真の左右方向)に沿う低木——落葉樹と緑の葉をつけた樹の混交——がみられる。

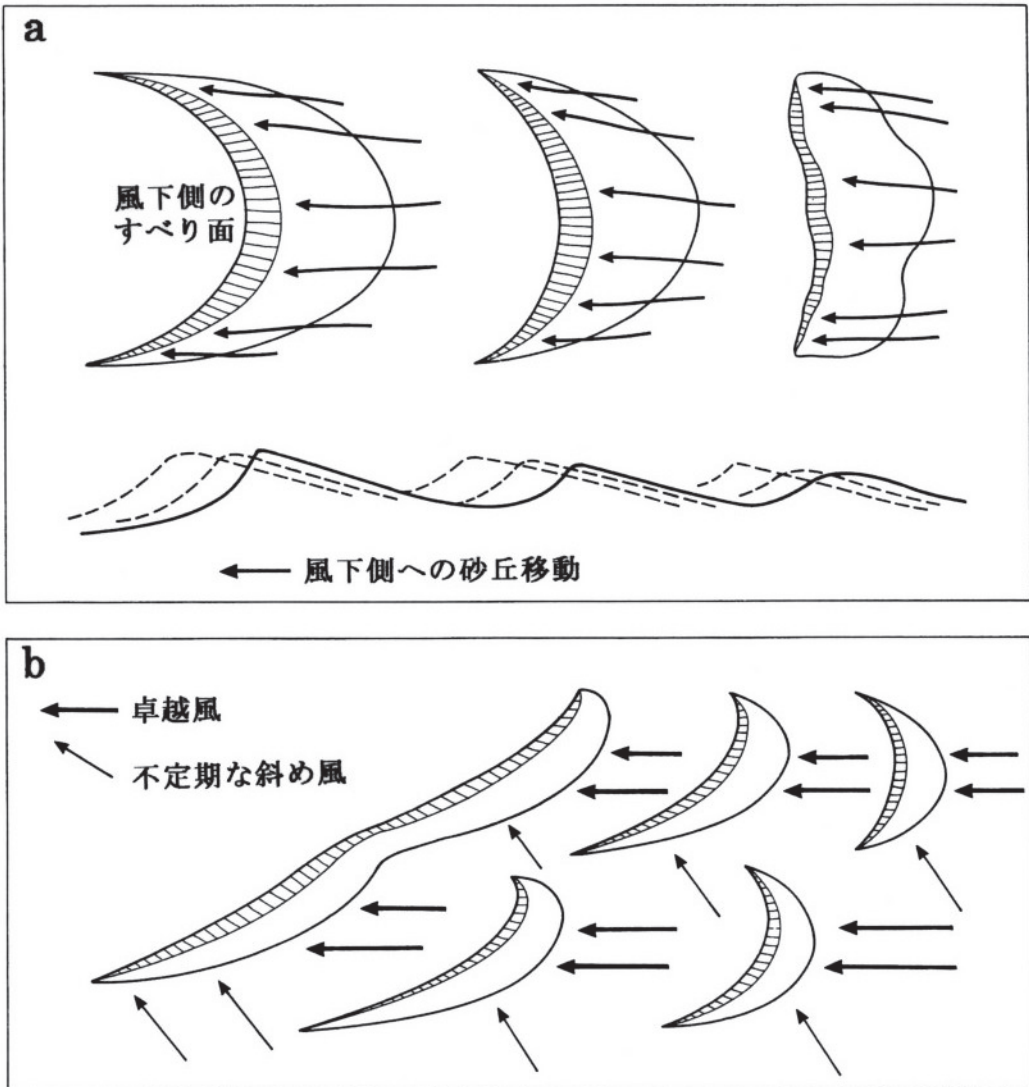


図6 バルハン(a)と縦列砂丘(b) (Small 1989にもとづく)

図aのなかの上は平面図、下は断面図。平面図において、風下側の急斜面がすべり面と表記されている。断面図では、砂丘の時系列変化が示されている。

図bは平面図。

バルハンは横列砂丘の一種であり、そのかたちから三日月状砂丘ともよばれる(a)。縦列砂丘はセイフ砂丘ともよばれる(b)。砂丘は一般に、卓越風向の断面形において非対称(風上側で緩傾斜、風下側で急傾斜)となる(a, b)。



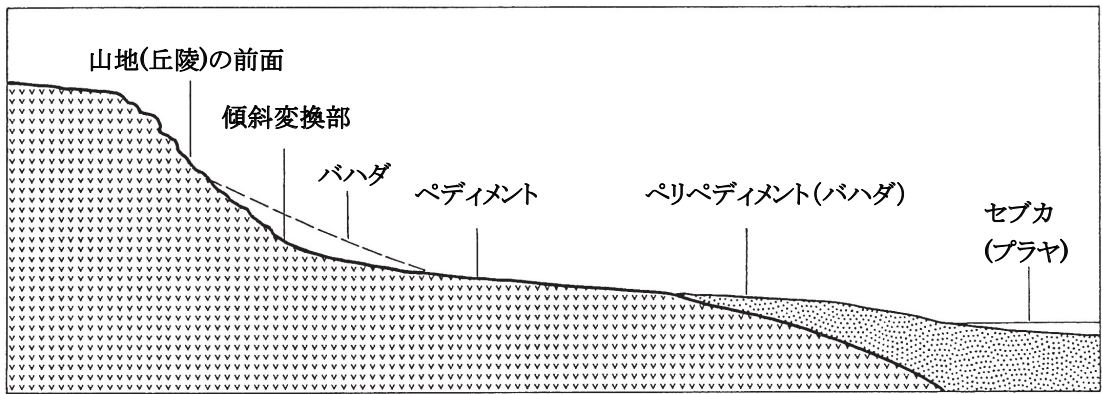


図7 乾燥地域における山地前面の地形断面 (Buckle 1978, Small 1989 から編集)

ペディメント (勾配7度～1度) は浸食でできた緩斜面であるが、一般に薄い砂礫層におおわれる。山地縁辺の斜面が後退するにつれて、以前のペディメント下方は堆積場へと変化する。この堆積地はペリペディメントあるいはバハダ (bajada, bahada) とよばれる。バハダという呼称は当初、アメリカ合衆国南西部の半乾燥地の地形に用いられていた。

(写真8)。

## 2-9 セブカ (プラヤ, 泥漠)

内陸盆地や閉塞凹地に流入した水はしばらく滞留する。水が干あがると、底に集積した泥や塩類が現れる。このように降雨後の短期間だけ冠水するが、蒸発によってすぐに干あがってしまう凹地を、サハラではセブカ (sebkha, 語源はアラビア語) とよぶ。また、プラヤ (playa, 語源はスペイン語) とよばれる。泥質なセブカは塩分に富む。泥質であるので、乾湿にともなう土士の体積縮小と膨張がおこりやすい。乾燥すると多数のひび割れが地表に刻まれる。

セブカは一般に内陸盆地の中央部にでき、まわりはペディメントに囲まれる (図7)。ペディメントとセブカの移行部には、ペディメントやその上流から運ばれる粗粒物質が堆積する。この堆積地はペリペディメント (peripediment, ペディメント縁辺) とよばれる。ペディメントの上流にひかえる台地や丘陵地あるいは山地から運ばれた土砂は、ペディメントへの移行部——傾斜が急にゆるやかになる——で (図7, 傾斜変換部のバハダ), 堆積しやすい。そこに運ばれる土砂量が多いときには扇状地が形成される。

## 2-10 ワディ (ワジ)

ワディ (wadi, 涸れ川, 語源はアラビア語) は、乾燥～半乾燥地域における、普段は水流がみられないが、降雨時に水流が発生する川をさす (写真9)。大きなワディは長さが1000キロメートルをこえる。一般にワディ床の勾配は緩く——感覚的には水平に思われるが、実際にはごく僅かに傾斜する——、床やその近傍にはアカシアに代表される低木が茂る。

ワディでときどき発生する水流は懸濁物質濃度が高いので、土砂を遠くまで運べない。そのため、下流部 (平野や内陸盆地の低所) に到達する以前に、浮遊土砂のなかでも粗粒の懸濁物質は容易に堆積してしまう。現在のサハラの丘陵地や台地で観察される乾いた流路網は、現在の気候のもとではなく、過去の湿潤気候のもとでの洗掘 (流水が地表を穿つこと) によって形成されたと考えられる。

## 2-11 パン

パン (pan, 浅い閉塞凹地) は世界の乾燥地を中心にひろくみられる。パンはふつう雨季に水を湛えるが、乾季には干あがる。底は泥質である。

パンの平面形は、単なる円形ではなく、ある

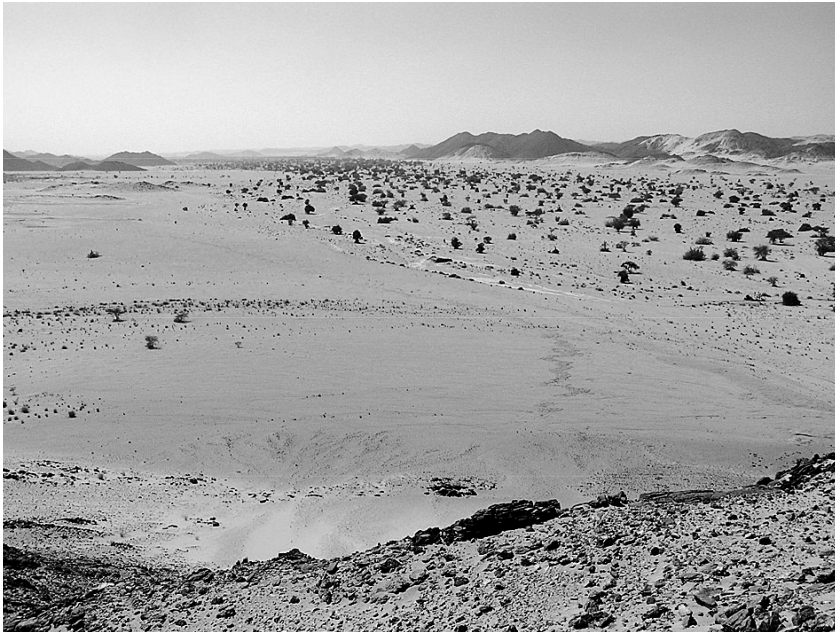


写真9 涸れ川の例 (2005年11月筆者撮影)

ニジェール共和国, アイール山地にて。11月は乾期にあたる。向こうが涸れ川(ワディ)の上流。木本(おもにアカシア)と草本が涸れ川に生育する。植生は涸れ川以外ではほとんど見られない。年降雨量が50~100mmと推定される地域。

方向性を示すことが多い(Goudie and Wells 1995)。列をなす砂丘群のなかの砂丘間にパンが形成される場合、パンの平面形が円状になるのはまれである。平面形が腎臓のようなかたちになることもあり、パンは「方向性をもつプラヤ」、「風食凹地」とよばれることもある。

パンは一般に小規模であり、数平方キロメートル以下の広さをもつ。パンは、アフリカにおいてはカラハリ荒漠周辺に多いことが知られている。多いところでは、100平方キロメートルあたり100個以上のパンが観察される可能性がある(Goudie 1996)。

パンの形成にはまず、凹地がつくられやすい土地条件(たとえば、砂地などの軟らかい表層や軟岩からなる地盤)が要る。それにくわえて、塩類風化と風による浸食と運搬の作用が重要な役割をはたすと考えられている(Goudie and Wells 1995)。「風食凹地」(deflation hollow, blowout)の呼称には風の作用が含意される。一方、動物、とくにゾウ(象)の生態と関連づ

けて、パンの形成に動物活動が寄与する(動物のつくる地形)という考えも提唱されている(Goudie and Wells 1995, 知念 2009など)。以上のように、パンの形成要因には不明部分も少なくない。

#### 参考文献

- 赤木祥彦 1998. 『沙漠への招待』河出書房新社。  
 Buckle, C. 1978. *Landforms in Africa: An Introduction to Geomorphology*. Longman, London, 249pp.  
 Bridges, E. M. 1990. *World Geomorphology*. Cambridge University Press, 260pp.  
 知念民雄 1991. 温帯における斜面プロセスにおよぼす動物活動の影響. 地形, 12 (3), 235-241.  
 知念民雄 2009. 生物活動による地形. 『沙漠の事典』日本沙漠学会(編), 丸善, p.44.  
 知念民雄 準備中. アフリカの地形序論: 地域編と環境変化.  
 Girdler, R. W. 1964. Geophysical studies of rift valleys. *Physics and chemistry of the earth* (Pergamon Press), 5, 121-156.  
 Goudie, A. S. 1978. Dust storms and their geomorphological implications. *Journal of Arid Environments*, 1, 291-310.

- Goudie, A. S. and Wells, G. L. 1995. The nature, distribution and formation of pans in arid zones. *Earth Science Review*, 38, 1-69.
- Goudie, A. S. 1996. The geomorphology of the seasonal tropics. In Adams, W. M., Goudie, A. S. and Orme, A. R. (eds.), *The Physical Geography of Africa*. Oxford University Press, 148-160.
- Grove, A. T. 1978. *Africa*. Third edition, Oxford University Press, London, 337pp.
- Jeune Afrique (ed.) 1993. *L'atlas jeune Afrique du continent africain*. Jaguar GF., Dirigé par Béchir Ben Yahmed, Danielle Ben Yahmed, et Pierre Vennetier, Jeune Afrique, Paris, 175pp.
- 貝塚爽平 1997. 世界の流水地形. 貝塚爽平編『世界の地形』東京大学出版会, 93-107.
- Katsui, Y. (ed.) 1971. *List of the world active volcanoes*. Volcanological Society of Japan, International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, and IUGG, 160pp.
- 勝井義雄・中村一明 1992. 火山の分布. 横山泉・荒牧重雄・中村一明(編)『火山』岩波書店, 195-213.
- King, L. C. 1967. *The morphology of the earth*. 2nd. edition. Oliver and Boyd, 726pp.
- 国立天文台(編) 1992.『理科年表』丸善.
- 久馬一剛 2005.『土とは何だろうか?』京都大学学術出版会.
- Lancaster, N. 1996. Desert environments. In Adams, W. M., Goudie, A. S. and Orme, A. R. (eds.): *The Physical Geography of Africa*. Oxford University Press, 211-237.
- Manguet, M. 1983. Tentative mega-geomorphological study of the Sahara. In Gardner, R. and Scoging, H. (eds.), *Mega-geomorphology*, Oxford University Press, 113-133.
- 都城秋穂(編) 1991.『世界の地質(地球科学選書)』岩波書店.
- Pritchard, J. M. 1979. *Landform and landscape in Africa*. Edward Arnold, London, 160pp.
- Small, R. J. 1989. *Geomorphology and Hydrology*. Longman, 177pp.
- 諏訪兼位 1997.『裂ける大地 アフリカ大地溝帯の謎』講談社.
- 諏訪兼位・矢入憲二 1991. アフリカ. 都城秋穂(編)『世界の地質』(地球科学選書)岩波書店, 61-98.
- Thomas, M. F. 1994. *Tropical Geomorphology*. John Wiley & Sons, Chichester, 460pp.
- Walling, D. E. 1996. Hydrology and rivers. In Adams, W. M., Goudie, A. S. and Orme, A. R. (eds.), *The Physical Geography of Africa*. Oxford University Press, 103-121.
- Woolnough, W. G. 1927. The duricrust of Australia. *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 61, 24-53. (cited in Goudie 1996)
- 山科千里・阿部 進 2018. 土壌生態系サービスを支える土壌動物の役割 4. 熱帯の生物多様性を支えるシロアリの土塚建設. 日本土壌肥科学雑誌. 第89巻, 第2号, 161-167.
- 吉川虎雄 1997.『大陸棚—その成立を考える—』古今書院.