ナミブ砂漠の驚異の自然とその歴史

水野 一晴

MIZUNO Kazuharu

I ナミブ砂漠の魅力

ナミブ砂漠は、世界最古で、世界で最も美しい砂漠といわれている。筆者はそれまでケニア山、キリマンジャロ、アンデスなどの熱帯の高山で、低温という厳しい自然環境の中で気候変動が植生に及ぼす影響を調査していた。調査を続けていくと、今度は乾燥という厳しい自然環境では、気候変動がどのように植生に影響を及ぼすかについて調査したいという願望が生まれた。そして、2001年に調査を開始し、これまで30回近く現地を訪れた。調査していると、荒涼とした世界の中でもたくましく動植物が生息し、また、さまざまな地形に応じて多様な自然が成立していることがわかった。本論文では、魅力溢れるナミブ砂漠の自然について紹介する。本論文は、水野（2015, 2016, 2018）、水野・永原（2016）を随所に引用している。

II ナミブ砂漠の成立

ナミブ砂漠は、アフリカの南西部、ナミビアの大西洋岸に沿って幅約100 km余り、長さ1,000 km以上にわたって分布する海岸砂漠である。ナミブの名前は現地の民族コイ Khoi（コイコイ Khoikhoi）の言葉で「何もない土地」という意味に由来する（図1）。

ナミブ砂漠の形成は、南回帰線付近の亜熱帯（中緯度）高圧帯下にあることに加え、寒流のベンゲラ海流が沿岸を北上し、それによって下層の大気が冷やされることに起因する。寒流の影響で、海岸近くには霧が発生しやすく、気温も低い。ナミブ砂漠の内陸で40℃くらいの気温があっても、海岸部までいくとひんやりとして肌寒い。

ナミブ砂漠にあるゴバベップ Gobabebでの年平均降雨量は27 mmであるが、年平均霧降水量は31 mmある。ナミブ砂漠には朝方霧が発生すると内陸まで覆う

が、太陽が昇って気温が上がるにつれて霧は徐々に海のほうに後退し、消えていく（図2）。

図1 ナミビアの地図（カプリビ回廊を省略）

図2 ナミブ砂漠

(2016年3月筆者撮影)

朝方発生した霧は、気温が上がるにつれて海の方に後退していく。

この霧がナミブ砂漠の動植物にとって重要な水分補給となる。

ナミブ砂漠の砂丘に霧が発生すると、ゴミムシダマシと呼ばれる甲虫の一種は逆立ちをして体をつたった水滴を口までもって行って飲む。そして水を飲む前と飲んだ後では体重が40%も増えるという（飛山2016）。それで、このゴミムシダマシのことをキリアツメゴミムシダマシとかサカダチゴミムシダマシ（英語の通称は fog beetle）と呼んでいる。

砂漠のような乾燥地は日中に気温が40℃以上になると思えば、夜はセーターが着るほど冷え込む。1日の気温差がとても大きい。また、野外では強い日射を受けて猛烈な暑さを感じても、木陰や室内ではびっくりするほどひんやりする（図3）。

砂漠に生息する動物たちもこの1日の温度差から身を守らなくてはならない。ナミブ砂漠に生息するトカゲやヤモリなどは、日中にはエサを求めて砂漠の地表を動き回っているが、日中の砂漠の地表温度が高いため、片足を交互に地表から浮かしたり、素早く移動したり、涼しい地中に潜ったりして暑さ対策をしている。逆に、冷える夜間には暖かい地中に棲んでいる。

ナミブ砂漠はサハラ砂漠と比べて、植生景観や分布環境は似通っているものの、植物の多様性がきわめて高いなど、植物の構成や生い立ちでは全く異なっている。これは、ナミブ砂漠の起源が少なくとも4300万年前にも遡ることと関係している。

ナミブ砂漠は、起源が8000万年前の世界最古の砂

漠といわれている（図4）。 Gondwana大陸が1億2800万年前に分割され、6500万年前から2300万年前の間にアフリカは他の大陸とは分かれて一つの大陸となっていたが、その6500万年前以降に深い侵食が巨大な急崖を東の方に後退させながら、西方には低地の準平原を生みだし、そこが現在のナミブ砂漠の場所となっている。侵食から取り残された固い岩盤は、インゼルベルグ（孤立丘）として砂漠の平原の中に忽然と現れる。

ナミブ砂漠の砂の起源は、ナミビアと南アフリカの国境を流れているオレンジ川によってドラケケンスバーグ山脈から運ばれた大量の砂の堆積物である。その砂の堆積によってオレンジ川河口に大きな三角州が発達し、海岸沿いに北上する海流がその三角州からナミビア沿岸に砂を運び、さらに南西風が海岸から砂を内陸に運んでナミブ砂漠の砂丘ができた。湾や海岸からの砂や、固まってできた砂岩が削磨されてできた砂が、さらに現生の砂丘の供給源になっている（図5）。

図4 世界最古の砂漠、ナミブ砂漠
(2016年3月筆者撮影)

図3 日中の強い日差しを避けるために木陰に集まる
スプリングボック
(2013年11月筆者撮影)

図5 ナミブ砂漠の砂丘の砂の供給過程

図6 ナミブ砂漠の砂丘
(2003年3月筆者撮影)
内陸の砂丘ほど時代が古く、赤みを帯びている。

砂漠は礫（岩石）砂漠と砂砂漠（砂丘）からなるが、波打つ砂丘はそれを構成する石英粒の皮膜鉄分が酸化して、オレンジ色の美しい景観を呈している（図6）。砂丘の砂は日中に強い日差しで熱せられ、靴の底からその熱さを感じるが、朝夕には裸足で歩くとひんやりとして気持ちいい。夕日を浴びた砂丘は特に赤く染まり、低い日射が石英の粒に反射してキラキラと光り、その光景に思わず感嘆するであろう。

ナミブ砂漠の砂丘は海岸部では白く（図7）、内陸にいくにしたがって赤みが強くなっていく。鉄分を含む鉱物粒子が風化する過程で鉄分が溶出して、それが酸化して酸化第二鉄（ Fe_2O_3 ）になり、それが石英粒子をコーティングして赤くなっていく（図8）。鉄分が溶出する風化過程には長い年月が必要であり、海から運ばれたばかりの砂でできている海岸部の砂丘は風化がまだ進んでいない。内陸にいくにしたがって海岸部から南西風で移動してきた時間が長く、風化が進んで石英の表面がより多く酸化鉄の皮膜で覆われ赤くなっていく。

ナミブ砂漠にデッドフレイ Deadvlei「死の谷」と呼ばれる場所がある（図9）。かつてここに水流の流れがあった証拠として、パン（浅い凹地）に粘土やシルトが堆積し、そこだけが白くなっている。

周りの砂丘の砂は風で運ばれて堆積するが、粘土やシルトは川などの水流の流れで運ばれる。したがって、白い粘土やシルトがあるということはそこに水が流れこんでいたことになるのだ。

また、ここはかつて水があったときに生きていた樹木が枯れたまま残っている。乾燥して微生物も生息し

図7 海岸部のナミブ砂漠の砂丘
(2011年11月筆者撮影)
海岸付近の砂丘は形成年代が新しく、色が白い。

図8 ナミブ砂漠の砂
(2016年3月筆者撮影)
100%近く石英から成っており、石英の粒の表面に鉄分の皮膜が覆って、酸化とともにオレンジ色を呈していく。

図9 ナミブ砂漠のデッドフレイ「死の谷」
(2016年3月筆者撮影)
かつて水の流れがあったところに生育していた約900～600年前のアカシアの樹木が点在する。

ていないため腐らずに残っているのだ。最も古い樹木の幹が約900年前のもので、気候の乾燥化が進む以前の300年間は樹木が生き残っていたようで、つまり現

に見られる樹木は約900年前から600年前に生きていた樹木ということになる。樹木はアカシアの木であるアカシア・エリオロバ *Acacia erioloba* で、枯れてから長年強い日射にさらされてきたため、樹皮が黒く焦げている。

岩石砂漠にはところどころに侵食から固い岩盤が取り残され、孤立丘のインゼルベルグが見られる(図10)。硬い一枚岩の丘で、そこに登ると広大な岩石砂漠や遠方に見える砂丘列が見渡せ、また、その岩盤に風などの侵食で横穴状にえぐられている場所は絶好のキャンプサイトになっている(図11)。

雨を気にせず地平線まで満点の星を眺めながらのキャンプは、砂漠ならではの経験となろう。

図10 孤立丘のインゼルベルグ
(2006年8月筆者撮影)

岩石砂漠の中で固い岩盤が侵食から取り残されて孤立丘のインゼルベルグをつくっている。

図11 インゼルベルグから見渡した岩石砂漠と地平線に見える砂丘
(2006年8月筆者撮影)

III ナミブ砂漠に生きる動植物

このような砂漠の中のインゼルベルグには、岩盤の割れ目にたまる細粒砂土や、そこで保持される水分を利用して、一般にユーフォルビアと呼ばれるトウダイグサ属(*Euphorbia*属)の多肉植物が生育し、それらは一見サボテンのように見える(図12)。

ナミブ砂漠を特徴づける植物としては、果実がナラメロンとして地元住民の主食になっているナラ *Acanthosicyos horridus* という植物がある(図13)。砂丘地帯にマウンドをつくり、そこにナラのブッシュが覆う。葉はなく、光合成はトゲや茎で行い、地下水まで深く根をのぼして水を吸い上げ、果実に水分を蓄えている。ナラは甘くてみずみずしい果実である。ナラの種子は、炒ってナッツのような食料品となり、またその油が化粧品の原料にもなるため、現地住民の重要な現金収入源になっている。

図12 ナミブ砂漠によく見られるユーフォルビアと呼ばれるトウダイグサ属の多肉植物
(2001年2月筆者撮影)

図13 ナミブ砂漠の砂丘に自生するナラの実
(2001年2月筆者撮影)

スイカもあちこちの地表にごろごろと生っている。スイカの実地はアフリカの乾燥地であり、ナラ同様に水分を果実に蓄えているのだが、われわれが食べているような品種改良されたスイカとは異なって甘くはなく、もっぱら動物や昆虫の餌になっている。

ナミブ砂漠の季節河川（ワジ、涸れ川）沿いの森林には多数のサソリが生息しており、サソリを見つけるのに1分とかからない。夜行性のサソリは日中には樹皮の裏側に生息しているが、夜間になると樹皮の上に出てくる。それで樹皮に紫外線ライトを当ててやると、サソリは表皮にあるヒアリン層が蛍光を発し、暗闇の中で緑色の蛍光色で浮かび上がってくるのだ（図14）。

サソリは暗がりの隙間を好む。そのためキャンピン

図14 ナミブ砂漠の季節河川沿いの森林で見られるサソリ

（2013年11月筆者撮影）
夜になるとたくさん姿を現す。

図15 ナミブ砂漠に見られるフェアリーサークル
（2016年3月筆者撮影）
イネ科の草原に、円形状に草がはげた部分が点在する。

グをするときに靴をテントの外に出しておくことで靴の中にサソリが入っていることがあるため危険だ。サソリは毒をもつが、人間に対して致命的な毒をもつサソリは世界で約1,000種中25種ほどである。しかし、ナミブ砂漠でサソリに刺されると猛烈に痛いそうだ。

砂漠よりももう少し多く降水量があると、草丈の低い草原が広がる。ナミビアの草原にはフェアリーサークル（妖精の輪）と呼ばれる不思議な輪が無数に広がっている（図15）。

このような円形状に草が生えていない現象は、長らくミステリーとしていろいろな説が唱えられてきた。最近有力説として出てきたのが、シロアリ説である。ある種のシロアリは非常に乾燥した場所でも生息し、行動範囲内の植物の地中の根を食べることで、円状に草がはげるといふ。そして、円内では水を吸い上げる植物がないことから地中に雨水がたまって、円外の植物がそれを吸い上げて成長するのでフェアリーサークルが発生したようだ。

空から見ると膨大な数のフェアリーサークルが見られるが、この地中にどれだけの数のシロアリがいるのか想像すると、乾燥地で生きる生命の強さを感じずにはいられない。

大西洋岸の町スワコプムント Swakopmund から左手に海、右手に砂丘を見ながら海岸沿いに国道C34を車で北上するとしばらくしてケープクロス Cape Cross に着く（図1）。ここにはケープオットセイのコロニーがある。沿岸にはベンゲラ海流が流れているが、寒流

図16 大西洋岸に見られるケープオットセイのコロニー
（2014年11月筆者撮影）

の流れている場所は、湧昇流が海底にたまっている栄養塩類を海面近くまで運び、プランクトンが繁殖するため、魚が集まる。

ケープオットセイは南アンゴラとナミビアの西岸から南アフリカ南岸の大陸と多数の島々に生息し、個体数の60%がナミビア西岸に分布する(図16)。オットセイは前脚を使って羽ばたくように泳ぎ、サーディンやアンチョビ、ケープ・クロマグロ、タラ類などを主に捕獲する(森島2016)。オットセイのコロニーを訪れると猛烈な匂いで思わず鼻をつまみたくなる。

C34をさらに北上すると、スケルトンコースト Skeleton Coastと呼ばれる、まるで月世界のような荒涼とした礫砂漠の地帯に入っていく、トーラベイ Torraabai にたどり着く。風が強い日には車から外に出られず、晴れていても、車の中で昼食を取らざるをえないときもある。

IV ナミブ砂漠から内陸のサバンナへ

トーラベイから国道C39に入ると、東に向かって海岸から内陸に進んでいくことになる(図1)。そして、進むにつれて景色が劇的に変化していくのだ。

最初に赤い礫砂漠を通過する。そこは、ゴンドワナ大陸が約1億2千万年前からアフリカと南米大陸が分かれていったときに大地の割れ目から噴出した玄武岩のマグマに覆われたため、玄武岩の溶出した鉄分の皮膜が酸化して赤茶けた礫が広がっている。この赤い礫砂漠に、緑の長い葉を地表に広げるウェルウィッチア *Welwitschia mirabilis* が点在する光景は、異次元にきた

ような不思議な感覚をもたせてくれる(図17)。

ウェルウィッチア(和名: キソウテンガイ「奇想天外」)はウェルウィッチア科ウェルウィッチア属の1科1属1種の裸子植物である。2枚の葉をもつが、通常、風でリボンのように引き裂かれて、何枚もの細い葉が地面にたなびいているように見える。ウェルウィッチアの雄株は、豊富な花粉をもった褐色の雄花をもつ。雌株は青緑色から褐色の比較的大きな球果(雌花)をもち、球果は花粉を捕らえやすいように粘った液を分泌する(図18)。花粉は昆虫や風によって媒介されるが、特にカメムシの1種がその役割を担っている。種子は2枚の翼をもち、風で散布される。

ウェルウィッチアはマツやソテツのように球果をもつ裸子植物に属するが、開花する被子植物の特徴ももち、両者をつなげるものと考えられている。この植物

図18 ナミブ砂漠の固有種であるウェルウィッチア(2009年12月筆者撮影)
1,000年以上生き延びるといわれている。

図17 赤い礫砂漠に点在するウェルウィッチア(2004年8月筆者撮影)

図19 硬い層が侵食から取り残されてできたメサ(左)とビュート(右)
(2002年8月筆者撮影)

は1,000年以上生き延びるといわれている。乾燥地であると、たくさん種子が散布されても、雨がほとんど降らないために発芽するチャンスはまれで、発芽しても成長できる個体は少ない。それでなんとか生き延びられた個体は長生きにならざるを得ないのだ。そうでないと、種が絶滅してしまうからだ。コルク質の茎は水分貯蔵に役立っている。

さらに国道C39を東に進むと、砂漠から、草原に灌木が点在するサバンナの景観へと移行していく。そこで目に入るのがメサやビュートと呼ばれる孤立丘である。

ゴンドワナ大陸が分裂したとき、ナミビア沿岸から南米のブラジル〜ウルグアイの沿岸が離れていった。そのときの割れ目から玄武岩の溶岩が溢れ、シート状に地表を何度も覆って、時代によって硬い層や柔らかい層が堆積した。その水平な地層の構造平野がその後の侵食により、硬い層が侵食から取り残されてメサやビュートが形成されたのである（図19）。

さらに国道C39を東に進むと、ペトリファイド・フォレスト Petrified Forest と呼ばれている場所に着く（図1）。そこには文字通り、樹木が化石化した珪化木が地表にごろごろと転がっていて、その年輪まではっきりと読み取れる。大きな珪化木は直径1.2 mもあり、2個体は長さが少なくとも45 mもある（図20）。

この化石林は、2億7千万年前の堆積物の中に埋まっていたものが侵食によって地表に露出した。このことから、現在は乾燥して灌木しか生えていないこの

図20 ナミビアの灌木帯に見られる2億8000年前の木の化石

(2006年8月筆者撮影)

地域が、かつては広く森林に覆われていたことが推測される。森林の高さ30 mにも及ぶ樹木が突発的な洪水で倒され、流されて地中に埋まってしまったのである。

これらの樹種はおよそ2億8千万年前、ゴンドワナ大陸に最も広く分布していたグロッソプテリス植物群（絶滅したソテツ状のシダ類の一つで、ゴンドワナ植物群の主要属）に属し、裸子植物にあたり、今日のモミやマツのような針葉樹の祖先であった。それはゴンドワナ大陸で氷河時代が終わった頃にあたり、樹木は今のアラスカやシベリアのようなツンドラや氷河地域の周縁部に生育し、寒冷な気候に適したものであった。

5億4千万年前にはアフリカ北西部に南極点があり、大陸移動とともに南極点は相対的にアフリカ大陸を南東方向に縦断し、ナミビアあたりに南極点があった頃は、南部アフリカはひろく氷河に覆われていた。南部アフリカにおけるゴンドワナ氷期は、南極点が離れた後の2億8千万年前頃に終わり、氷河は溶けていく。その膨大な融雪水が洪水を引き起こして森林をなぎ倒し、下流に運んで堆積させたと考えられている。

樹木は洪水が運ぶ大量の土砂に埋まったため、酸素不足になり腐ることはなかった。そのため樹木の細かい組織が結晶水晶で包まれて詳細までよくわかる。地中1 km以上の深さに埋もれた樹木は、膨大な年月をかけ地層からかかる圧力によって木の細胞組織の中にケイ酸が溶けた水が入り込み、樹木がそのまま二酸化ケイ素（シリカ）という物質に変化し、石化して非常に硬いものに変化した。

1億2千万年前に大西洋が開いて、アフリカと南米大陸が分離したことによってナミビア西部が隆起し、陸地と海面間の傾斜が増大するにつれ、河川の侵食力が強くなった。地中1 km以上の深さに埋まったこれらの樹木が、この強い侵食によって地表に露出した。このようにして何百万年もの間に、かつての堆積盆地は侵食され、ゴンドワナの氷河時代以降の寒冷・湿潤時代からの化石林が再び地表に現れ、現在われわれが眼にすることができる。

図21 砂漠の季節河川（ワジ、涸れ川）沿いに生息する砂漠ゾウ
(2004年8月筆者撮影)

図22 ナミビア北西部に住むヒンバの人々
(2001年8月筆者撮影)

V ナミビアの北西部と北東部

最後に、ナミビアの北西部のスケルトンコーストにあるプロスPurros村と北東部のグレートフォンティーンGrootfonteinについて紹介する（図1）。

プロスはナミブ砂漠北部のスケルトンコーストと呼ばれる地帯の季節河川（ワジ、涸れ川）、ホアルシブHoarusib川沿いに位置し、砂漠ゾウで有名である。プロス村には約200人の牧畜民ヒンバが住んでいる。砂漠ゾウは雨季には南の季節河川ホアニブHoanib川に生息し、乾季にはホアルシブ川にやって来る。

砂漠ゾウは、ほかの地域のアフリカゾウと比較して牙が小さい、四肢が長い、群れのサイズが小さい、長距離を移動するなど、身体的、行動的特徴がある。季節河川沿いの森林に生息する動物は、樹木の葉を食べる時、葉だけを上手に食べる。しかし、砂漠ゾウは枝ごと折って葉を食べたり、樹皮を剥いで食べたりする（図21）。

このあたりの砂漠の中では、ホアルシブ川沿いにしか森林はない。住民たちにとって森林は薪や建材、日陰を提供して重要な存在だが、その森林を砂漠ゾウが破壊しつつある。しかし、住民は砂漠ゾウを見に来る観光客から収入を得ている。人間-植生-砂漠ゾウという三者の脆弱な関係が、このナミブ砂漠の過酷な環境の中で存続しているのだ。

プロスを含むナミビア北西部に住んでいるのはヒンバと呼ばれている民族だ（図22）。彼らは牛糞で壁をつくった家に住み、ウシやヤギ、ヒツジなどを飼っ

図23 ナミビアの北東部のグレートフォンティーン近くにある世界最大の隕石
(2014年11月筆者撮影)

て、それらの乳やトウモロコシの粉を湯で練ったものを主食としている。

ヒンバの女性は、腰には羊皮や布をまとい、腰や手足、首などにさまざまな装飾具を身につけている。また、彼女らは鉄分を含む赤い石を砕いた粉にバターを混ぜて髪や肌に塗っている。これは強い日差しや乾燥、虫などから肌を守るために用いられるが、彼女らの一種の化粧の役割を果たしている。また、ヒンバの女性は水浴びをしないといわれ、体臭を消すために家の中で香木をお香のように炊いて、その上に着衣の皮や布をかぶせてよい匂いをそれに染みこませている。

ナミビアの北東部のグレートフォンティーン近く（図1）では、世界最大の隕石といわれている鉄隕石のホバ隕石（2.7m×2.7mの長方形で0.9mの厚さ）が見られる（図23）。重さが66tもあり、あまりに重

くて動かさないため、発見された場所でそのまま屋外に展示されている。上面が平たく、観光客は順番にそこに乗って記念撮影をされていて、10人家族でも余裕で座れる。隕石の成分は約84%が鉄、16%がニッケルで、ニッケルの含有量が多い鉄隕石であるアタキサイトに分類されている。

8万年前以上前に落下したと考えられている。農園ホバ・ウエスト・ファームにおいて牛を使って耕していた際に、地中に埋まっていたホバ隕石が発見された。1920年に、この隕石について報告をした科学者ジェイコブス・ブリッツの調査によって掘り起こされた。

VI おわりに

ナミビアには世界最古で、世界で最も美しいといわれているナミブ砂漠が海岸沿いに南北に連なっている。海岸から内陸に向かって進んでいくと、降水量の増加とともに植物も増えていき、景色が移り変わっていく。特にゴンドワナ大陸分裂時に断裂した急崖が侵

食によって後退し、海岸から内陸へ100 kmあたりのところにエスカーPMENT（急崖）をつくっているが、そこでさらに景観は大きく変わる。海岸から東に進むにつれて目に入ってくる壮大な景色の変化と、好奇心をかき立てる地形と植生に、誰しも魅了されることであろう。

文 献

- 飛山翔子 2016. ナミブ砂漠の霧と生物. 水野一晴・永原陽子編『ナミビアを知るための53章』54-56. 明石書店.
- 水野一晴 2015.『自然のしくみがわかる地理学入門』ベレ出版.
- 水野一晴 2016.『気候変動で読む地球史——限界地帯の自然と植生から』(NHKブックス1240) NHK出版.
- 水野一晴 2018.『世界がわかる地理学入門——気候・地形・動植物と人間生活』(ちくま新書1314) 筑摩書房.
- 水野一晴・永原陽子編 2016.『ナミビアを知るための53章』明石書店.
- 森島 済 2016. ベンゲラ海流とケープオットセイ. 水野一晴・永原陽子編『ナミビアを知るための53章』94-96. 明石書店.

〈著者略歴〉

水野 一晴 (みずの かずはる)

1958年名古屋生まれ。京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科助教授を経て、現在、京都大学大学院文学研究科地理学専修教授。理学博士。主な著書に『世界がわかる地理学入門—気候・地形・動植物と人間生活』(2018年、ちくま新書)、『気候変動で読む地球史—限界地帯の自然と植生から』(2016年、NHKブックス)、『人間の営みがわかる地理学入門』(2016年、ベレ出版)、『自然のしくみがわかる地理学入門』(2015年、ベレ出版)、『神秘の大地、アルナチャル—アッサム・ヒマラヤの自然とチベット人の社会』(2012年、昭和堂)、『ひとりぼっちの海外調査』(2005年、文芸社)、『高山植物と「お花畑」の科学』(1999年、古今書院) などがある。