

東・東南アジアの地質遺産

Geoheritage of East and Southeast Asia



編集者：Mohd Shafeea Leman / Anthony Reedman / Chen Shick Pei

日本語版編集者：加藤碩一・嶋崎吉彦・渡辺真人・宮野素美子

東・東南アジアの地質遺産

Geoheritage of East and Southeast Asia

本書は、"Geoheritage of East and Southeast Asia" (Mohd Shafees Leman, Anthony Reedman, Chen Shick Pei編, 2009) (© Institute Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI) 2008, Universiti Kebangsaan Malaysia; © Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia (CCOP)) の日本語版 (独立行政法人 産業技術総合研究所地質調査総合センター発行) です。本書は、2008年に国連総会で宣言された「国際惑星地球年」(International Year of Planet Earth : IYPE) に対する貢献として「東・東南アジア地球科学計画調整委員会」(The Coordination Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia : CCOP) によって企画されたものです。

本書冒頭には、IYPE からDr.Eduardo de Mulder (Executive Director, IYPE Cooperation), CCOPから Dato' Yunus Abd Razak (Chairman, CCOP Steering Committee), Universiti Kebangsaan Malaysiaから Prof. Dato'Dr. Sharifah Syed Husan Shahabudinらからのメッセージが掲載されていますが、巻末のリストや用語集ともに紙数の都合上割愛しました。

編集者：

PROFESSOR DR.MOHD SHAFEEA LEMAN : Chairman Geological Heritage Group of Malaysia,
Deputy Director, Institute for Environment and Development (LESTARI)
DR.ANTHONY REEDMAN : Honorary Advisor to CCOP (UNITED KINGDOM)
MR.CHEN SHICK PEI : CCOP IYPE Coordinator, Honorary Advisor to CCOP (MALAYSIA)

コーディネーター(CCOP)：

DR.HEE-YOUNG CHUN : CCOP Director (当時)
MS.MARIVIC PULVERA UZARRAGA : Geo-Information Sector Coordinator
MR.NIRAN CHAIMANEE : Geo-Information Sector Coordinator
CCOP Technical Secretariat
e-mail : ccopts@ccop.or.th, Website : <http://www.ccop.or.th>

印刷：

AMPANG PRESS SDN.BHD. 6, Jalan 6/91, Taman Shamelin Perkasa, Batu 3 1/2 Jalan Ckeras
56100 Kuala Lumpur, MALAYSIA

日本語版編集者：

加藤 碩一 (HIROKAZU KATO) (独) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7
URL:<http://www.aist.go.jp>

嶋崎吉彦 (YOSHIHIKO SHIMAZAKI) 同上
渡辺真人 (MAHITO WATANABE) 同上
宮野素美子 (SUMIKO MIYANO) 同上

日本語版への序

地球の科学の大切さと面白さを世界中の人たちに知ってもらい、その知識と情報を積極的に利用してもらおうと、ユネスコと国際地質科学連合は2007年から2009年にかけて「国際惑星地球年」という国際的プログラムを実施しました。

その国際的事業の一環として、東アジアと東南アジアの国立地質研究所が加盟する「東・東南アジア地球科学プログラム調整委員会(CCOP)」という国際機関は、2008年に「東・東南アジアの地質遺産」と題する本を英語で出版しました。これは日本、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムの各国の地質遺産について、それぞれの国の地質研究者が書いたものです。

アジアのこの地域には、日本やフィリピン、インドネシアのような火山や地震の活動が活発な不安定地域とそれ以外の大陸性の安定した地域とがあって、その地質は非常に興味深く複雑です。本書では、この地域が地球から受けている素晴らしい恩恵と自然の恐ろしさ、そしてそれを理解することによって災害は避けられることなどが述べられ、さらに地質遺産やジオパークへの取り組みなどが紹介されています。また原書編集者が序文に書いているように、本書は加盟する8ヶ国の地質研究者が協力して書いたもので、こうした試みは初めてのことでした。

「地質遺産」という表現はあまりなじみのない言葉かもしれませんが、世界遺産、自然遺産などと同じように、後世に残す価値のある地質学的に重要で素晴らしい特徴を持つ場所を、自然や人間の破壊から守って保全しようという国際的な活動です。そしてジオパークとは、その中でも科学的に特別に貴重な、あるいは美しい地質遺産をいくつか含む地域を自然公園として指定したものです。そこは気の遠くなるような年月を経て地球が進化してきた過程が分かる特徴や、考古学的、生態学的もしくは文化的な価値のある場所を含む地域で、自然を学べる教育の場を提供するとともに、ジオツーリズムなどの観光を通して地域社会の活性化を目指しています。2004年にはユネスコの主宰で世界ジオパークネットワークが設立されました。この本では、各国のジオパークへの取り組みも述べられています。

地球科学を一般読者向けに書いた本はあまりなく、この点では動物や植物を対象とする生物学に比べて非常に遅れています。最近では景観の美しい場所への観光、地震、火山や地滑りなどの自然災害、資源問題、宇宙探査などに関連して、一般の人たちの地球科学への関心が非常に高まっていますから、本書の出版は時宜を得たものといえるでしょう。

この本を読むと、重要な地質遺産やジオパークを保全しながら多くの人々に利用してもらうために、各国ではいろいろな取り組みやアプローチがなされていることがわかります。この本を日本語に翻訳して、私たちの近くの国々の状況をぜひ日本のみなさんに紹介したいと考えました。

日本語版出版について快く許可をいただいた、出版元 LESTARI、Universiti Kebangsaan Malaysia、原著者及び CCOP 関係者に厚くお礼申し上げます。本書が、広く日本の読者に読まれ、日本ひいてはアジアのジオパーク活動の進捗にいささかでも貢献できれば、編者らの大いに喜びとするところです。

独立行政法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター代表 加藤 碩一

平成 22 年 6 月

原書編集者による序

我々が住む地球は、46億年前に誕生して以来ダイナミックな進化をとげてきました。地球外から受ける影響だけでなく、地球内部や表面に働く多様な地質過程は、継続的に、かつ繰り返して地球の物質組成を変化させ、地球上の地形を変えてきました。その結果、今日われわれの素晴らしい地球は、価値の高い驚異的な景観や非常に貴重な資源に恵まれることになりました。これらのひとつひとつが一緒になって地質遺産を構成していますが、その遺産（資源）は社会のすべての人々によって享受されるだけでなく、将来の世代もこれらを楽しむことができるよう、われわれの手で大規模な人的破壊から保護すべき対象です。

地質の研究によって、今日の地球は、非常に長く、かつ複雑なプロセスによって現在の岩石やと景観が形成されたことが明らかになりました。こうした理解に基づいて考えるなら、人間が地球から採り出して利用しているすべての物質はわれわれが生きている間に自然界で再生産されることは、まず不可能だということになります。これはすなわち、地球上の物質は再生できない資源だということを意味し、それゆえ地域社会の社会経済的利益を損なうことなく、同時に将来の世代にもこれらを楽しむ権利を約束できるよう、賢く開発してゆかなくてはなりません。そのためには、それらを保護する計画を立てる前に、まず地質資源の遺産的価値を認識しなくてはなりません。

本書は、開発と保全の両面から地質遺産資源について CCOP メンバー国が取ってきたさまざまなイニシアティブを紹介すると同時に、東・東南アジアという、非常に長く複雑な地史を経てきた地域の驚くべき地質遺産に光を当てる格好の場を提供するものです。本書から得られる情報は、自国の地質遺産を保護しようとするそれぞれの国の関係当局にとっても役に立つでしょう。本書は、各国の地球科学者がそれぞれの地質遺産について書いた8つの章からなる他に類を見ない本です。ジオパークの設立を希望する国々は、本書を刊行する計画の過程で培われたネットワークを通じて、世界ジオパークや国内ジオパークをすでに設立した経験を持つ国々からの支援を求めることができるでしょう。

本書は、8つの CCOP メンバー国（中国、インドネシア、日本、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム）による8つの章に、ユネスコ世界ジオパークネットワーク（GGN）の役割や地質遺産保全への貢献に関する一般的な事項を述べた1章を加えた9章からなっています。

各国の地質遺産について書かれた章は、主に3つの節、すなわち、序論、地質遺産の説明、そして地質遺産保護の将来で構成されています。序論では、各国の地質遺産保護の現況が報告され、その国の地質遺産調査の歴史や、それらを持続的に利用また保護しようとして、また情報を普及し、地質遺産の重要性についての一般の人々の認識を高めようとして、さまざまな機関や組織が取り組んできた活動が書かれています。

本書を読むと、CCOP メンバー国の間でも、とくに地質遺産保全に対する力の入れ方は、国によってさまざまということがわかります。たとえば、中国は古くから地質遺産の調査を続けており、地質遺産資源の開発と保全にはとくに力を注いできたため、その経験に基づいて多くのジオパークを設立して、それぞれが国内あるいは世界ジオパークネットワークに入っています。他方、いくつかの CCOP メンバー国では、さまざまな機関が地質遺産保全活動としての調査研究や一般の人々への啓発キャンペーンを懸命に行っていますが、まだその初期段階にあります。

各章の地質遺産の項目は、本書の主要な部分です。本書は一般の読者のために書かれた本ですから、この項は特に、だれにとってもなじみ易い言葉で書かれていることが重要です。国によって地質遺産の認定、分類、保護のやりかたなどが異なっているため、それぞれの著者はそれぞれの裁量で最もふさわしい方法で記述しています。

本書には 139 のジオパーク、7 つのジオパーク候補地、116 の地質遺産サイトが取り上げられています。地質遺産サイトの記述については、とくに科学的な価値を重視しましたが、文化的価値や見た目の美しさという価値で選んだところもたくさんあります。こうした地質遺産サイトの多くは、将来のジオパークとしての可能性を充分持っていると考えられますが、自国の地質遺産サイトをジオパークにしようと考えていたのは日本だけでした。それ以外は、ユネスコ世界自然遺産サイトの一部として、あるいは国立公園、国立地質記念物またはふつうの地質遺産サイトとして述べられています。一方、東・東南アジアで開発された 139 のジオパークのうち、138 が中国国内にあり、それ以外では、マレーシアに 1 つあるだけです。

本稿を終わるにあたって触れておくと、地質遺産に対して、その国や社会の発展が拠って立つ基盤としての正当な地位を与えることの重要性については、全メンバー国で関心が高まってきたように見えます。地質遺産の保全に関する事柄に対して責任を持つ国の機関を設立する必要性についても一般的な合意ができています。最後になりましたが、なによりも強調しておきたいのは、地質遺産保全を進めるときにはより密接な広域的な連携を構築することの重要性です。

このような種類の本は、多くの人々の力がなければできません。編者らはとくに、自国の記載に関して尽力、献身、協力を惜しなかつたすべての国のコーディネータとその同僚の皆さんに感謝をささげます。また、LESTARI と国立マレーシア大学 (Universiti Kebangsaan Malaysia) には本書の出版に際して技術的、財政的支援を戴いたことを深謝します。さらに、CCOP 技術事務局の地質情報セクターコーディネータの Ms. Marivic Pulvera Uzarraga に対しては、本書の円滑な準備に大きく貢献し、メンバー国との円滑な調整を図っていただいたことを感謝します。CCOP 管理理事会議長とメンバーに対し、本計画に対する彼らのゆるぎない支援を感謝いたします。

Mohd Shafeea Leman, Anthony Reedman, Chen Shick Pei

目次

第1章	世界ジオパークネットワーク： 地質遺産の保全と持続可能な活用のため統合的アプローチ	1
	Ibrahim Komoo and Margaret Patzak	
第2章	中国の地質学的遺産	7
	Zhao Ting and Zhao Xun	
第3章	インドネシアの地質学的遺産	17
	Yunus Kusumahbrata	
第4章	日本の地質遺産	33
	渡辺真人・嶋崎吉彦	
第5章	大韓民国の地質学的遺産	41
	You Bong Kim	
第6章	マレーシアの地質学的遺産	55
	Zakaria Hussain, Mohammad Roston Zakaria and Mohd Shafeea Leman	
第7章	フィリピンの地質学的遺産	71
	Yolanda Maac-Aguilar	
第8章	タイの地質遺産	87
	Pracha Kuttikul	
第9章	ベトナムの地質遺産	99
	La The Phuc	

第1章 世界ジオパークネットワーク：地質遺産の保全と持続可能な活用のための統合的アプローチ

Ibrahim Komoo and Margaret Patzak

1. はじめに

地質遺産の保全とは色々な地質現象を理解してその人間の関係を追求するため、地質遺産自体のすばらしさ、また自然に関する学術的価値が失われる事のないように人類の遺産として、保護する必要から生まれた考え方です。その考え方の中心にあるのは、人間にとって直接的な学術的価値あるいは感銘を与える地物を保護することだけでなく、ほぼ全ての自然保護問題にとって不可欠な自然のプロセスを維持することを目的として、地質的多様性を維持することです (Ibrahim Komoo 2003)。しかしながら、一部の地質遺産では既に開発が開始されていたり、活発な経済活動が進行中の地域に存在しています。こうした地域では、保護や保全のためだけに特定の地質遺産資源を隔離するのは容易なことではありません。したがって、保全活動を統合すること、また既存の管理体制の中で、確実に持続可能な方法で資源を活用することに重点を置く必要があります。ユネスコは、そのイニシアチブをジオパークと名づけ、この革新的なアプローチを推進しています。

ユネスコが提唱した当初の概念では、多くの人々の注意を人間と環境の調和に向けて喚起することで、ジオパークが地質遺産に対する深い理解と地球資源の賢明な活用を可能にするツールとなるであろうと期待されています。ジオパークは、とくにジオツーリズムを通して、経済活動の中心としての役割を果たすことができるはずですが。ジオパークの概念はしだいに進化し、特別に重要で貴重な、あるいは美しい地質遺産を多数含む、国によって保護されている地域、と定義されるようになりました。これらの地質遺産については、保全、教育、地域社会経済発展を統合した考え方に基づいて開発することが可能です (ユネスコ 2006)。

本章では、ジオパークの歴史の概要、国内でジオパークを開発するための要件、世界ジオパークネットワークのメンバーになるための推薦および評価手順について説明します。ジオパークという考え方は、持続可能な方法で地質遺産資源の活用を推進すると同時に、地質遺産の保護と保全のためのイニシアチブの有効性を高めるための画期的な手段でもあるのです。

2. 世界ジオパーク

2.1 ジオパークの歴史

1997年のユネスコ総会では、特別な地質学的特徴を有するジオサイトの世界ネットワークを推進しよう、というイニシアチブが承認されました。全世界的に保全活動と地質遺産の保護活動を促進するために、このネットワークを積極的に展開することがイニシアチブの目的です。これに伴い2000年にはユネスコ地球科学部がユネスコ執行委員会の承認を得るため、「ユネスコジオパークプログラムの推進」に関する実現可能性調査報告書を提出しました。残念ながら、適切な時機に提出することができなかったために同プログラムは実現しませんでした。その代わりとして、ユネスコは加盟国が自国内にジオパークを設立する場合には、その計画を全面的に支援することになりました (Eder 2002)。この決定に基づいてユネスコは、国際専門家会議の協力を得て、各国内のジオパーク開発も支援することになりました。

2000年6月には、ユネスコの支援を受けて、フランス、ドイツ、スペイン、ギリシャの4カ国が欧州ジオパークネットワーク (EGN, European Geoparks Network) を結成しました。主な目的は地質遺産の保護に協力し、ビジネスチャンスの少ない地域で持続可

能な開発を推進することです。EGNは文化遺産、地質遺産、自然遺産を基盤とする革新的なプロジェクトをはじめ、各種の活動を通してジオパークの概念の普及に積極的に取り組んでいます。2007年9月現在、同ネットワークには欧州13カ国の32のジオパークが参加しています(EGN 2008)。

2004年2月、ユネスコのジオパーク諮問委員会は、世界ジオパークネットワーク(GGN, Global Network of National Geoparks、通称はGlobal Geoparks Network)の結成に同意し、世界ジオパーク運動は1つの目標を達成することができました。ネットワークの最初のメンバーには、欧州と中国の25箇所のジオパークが登録されました(図1)。



図1 2004年、中国で初めて世界ジオパークネットワークに加盟した雲台山世界ジオパーク。地質学的に優れた美しいこの景観は、このジオパークの代表的な名所です(写真 Ibrahim Komoo, 2008)

2004年6月、GGNのコーディネートオフィスが中国の北京に設置され、2004年6月27～29日の期間に北京で第1回ジオパーク国際会議が開催されました(World Geoparks Newsletter 2005)。それ以降GGNは、ユネスコの生態地球科学部に所属する事務局によって運営されていました。2005年のマドニエ宣言により、欧州ジオパークネットワークが、欧州における世界ジオパークネットワークのメンバーの総合組織となりました。現在、GGNは4大陸17カ国に存在する56の

ジオパークで構成されています。世界各国の地域がネットワークのメンバー申請を行っており、GGNは各方面から注目されています。

最近では、GGNのイニシアチブにより2007年11月13～15日にマレーシアのランカウィ(LangKawi)で開催された第1回アジア太平洋地域ジオパーク会議(Regional Conference on Asia Pacific Geoparks)で、アジア太平洋地域地質遺産・ジオパークネットワーク(APGGN, Asia Pacific Geoheritage and Geoparks Network)を結成することが提案されました。その後、この提案は2008年6月21日にドイツのオスナブリュック(Osnabruck)で開催された世界ジオパークネットワーク事務局会議で承認されました。

2.2 世界ジオパークの基準

自然保全や保護を目的とした組織の多くが、その多様性と遺産としての価値を保護することに重点を置いています。ジオパークの構想は次のような基準にもとづいています。

(1) 規模と環境

ジオパークは明確な境界を持ち、地域の経済と文化の発展に役立つことができるだけの十分な面積があることが必要です。域内には、世界的に重要な地質遺産が多数存在しているか、あるいは科学的に見て特別に重要で貴重な、あるいは美しい露頭などが点在していることが必要です。地質遺産としての価値とは別に、地質学と関係のないテーマや遺産もジオパーク全体の構成要素になります。このような理由から、生態学的、考古学的、歴史的、文化的な価値を有する場所も、同等の重要性をもつ保全対象として含める必要があります。

(2) 管理と地域環境

ジオパークの構想が成功するためには、管理組織を設立し、包括的な開発計画を策定することが必要条件です。その運営は通常、調整委員会の形をとり、ジオパーク内の地域開発に関わる関係者を取りまとめながら、より統合的な立場に立つ団体として活動します。さらに、ジオパーク内の地質的地物に利用者が近づけることも必要です。また、これらの地質的地物を結ぶルートがあり、公園として公的な管理によって保全されていなければなりません。ジオパーク設立の構想を成功させる鍵となる要因の1つは、県庁や中央政府と密接なパイプをもつ地元の自治体、あるいは地域コ

コミュニティの協力が得られるかどうかです。

(3) 経済発展

ジオパークを設立する主要な戦略的目的の1つは、経済活動を刺激し、持続可能な発展を推進することです。このためジオパークでは、とくにジオツーリズムなどの活動を通して地元の独創的な企業や小規模ビジネス、家内工業、さらにレベルの高い自然教育など新たな雇用を生み出して、地域の社会経済発展を支えなければなりません。

(4) 地球科学知識の普及活動

ジオパークは、科学、とくに地球科学や環境についての考え方を一般市民に普及するためのいろいろな活動と場を提供し、整備しなくてはなりません。インフォメーションセンター、自然史博物館、ジオトレール（自然散策路）などの基本的な設備は、一般教育を支える上で不可欠な施設です。その他、一般向け出版物を利用した定期的な広報・推進活動や最近の通信媒体を用いた活動も展開する必要があります。

(5) 保護と保全

地域や景観を保護するという点では、ジオパークはとくに日新しいものではない、ということを理解することが大切です。またジオパークは完全に保護され、法律で規制されている国立公園とも全く異なっています。ジオパークは、すでに保護地域となっている地域の保護対策を強化しつつ、同時に地域コミュニティの社会経済を一層発展させるためのものです。ジオパークの管理当局は、地域の伝統および法規制に従って地質遺産やその他の遺産が確実に保護されるように努めなければいけません。

(6) 世界ネットワーク

個々のジオパークは、GGNのメンバーになることで、世界ネットワークの一員としてのメリットが得られます。世界ネットワークは、地質遺産の問題に取り組む際の基盤を提供し、専門家や実務者間における協力や意見交換を可能にします。したがって、このチャンスを最大限に生かすために、国際協力体制を確立する必要があります。ユネスコの名の下で、世界ジオパークネットワークのメンバー同士が知識や人的な交流を行えば、国内あるいはその地域だけで知られていた地質遺産は世界中に知られ、メリットも得られます。ユネスコの傘下に入ることで、地方や国内の重要な地質学

的価値をもつ場所は、世界ジオパークメンバー同士の知識や専門的技術の交流を通して全世界に知れ渡り、その恩恵を受けることができるのです

(7) 推薦手順と評価

ユネスコ加盟国が1999年以降に、自国のジオパークをGGNに登録する場合の申請手続きに関しては、ユネスコがガイドライン案を策定しました（ユネスコ、2000）。ガイドラインは定期的に更新されており、承認を目指すジオパークがGGNのメンバー申請を行うために必要な書類を作成する際に使用されています。通常、申請書類には次のような資料を添付する必要があります。

- ・エリアの確認書
- ・世界的なジオサイトや国内ジオサイトの学術的な説明
- ・エリアに関する一般的情報
- ・管理計画とその構造
- ・持続可能な開発政策方針
- ・GGN登録についての推薦理由

その準備の段階で、ジオパークを進めてゆく上での考え方を形成するために、各国の地質学関係機関、地域の地質遺産研究グループ、ユネスコの国際諮問グループの地域メンバーに相談することを推奨します。そうすることで現実的なジオパーク開発の概念を確立し、幅広い視野に立って実際の行動計画を策定することができるのです。また、ユネスコの生態地球科学部に申請書類を提出する前に、地域の主要な関係者ともよく話し合っておくとよいでしょう。

通常は、国際諮問委員会の専門委員が申請書類を審査します。その後、現地で確認と検証が行われます（図2）。時間的な制約があるため、数日間にわたって実施される検証で、とくに優先されるのはその管理構造、ジオサイトの保全、基本的な施設の開発状況、一般教育、地域コミュニティの社会経済的発展性、国際的なネットワークキングです。ジオパークの戦略と行動計画についての管理体制のよしあしが、ジオパークを長期にわたって維持できるか否かを決定するので、これは非常に重要です。さらに強調しなければならないのは、保全活動やツーリズムを基盤とする経済活動を、地域コミュニティがよく理解して、それに参加することで、現地検証の内容をまとめた報告書が最終的に審議され、世界ジオパークネットワークの事務局が、その結果に基づいて申請者がGGNのメンバーになることを許可します。



図2 世界ジオパーク認定のため、査察に訪れた調査団にジオパークへの支持を示す地元の子供たち。中国の伏牛山世界ジオパークにて、2006年（写真 Ibrahim Komoo, 2006）

3. ジオパークの保全と利用

3.1 ジオパークと保全

ジオパーク開発を支える最も重要な要素の1つとして、地質遺産の保護・保全プログラムが挙げられます。したがって承認を受けようとするれば、ジオパークはまず、国内的にも国際的にも重要性が認められる複数の地質遺産の確認、評価、保護にとりかかる必要があります（図3）。一部の国々では、地質学的遺産を保全するための法的手段が既に運用されており、このような活動を比較的容易に実行することができます。けれども、特別な法的手段が運用されていない国が多く、地質遺産の積極的な活用を推進するための取り組みは、研究活動、政策推進、国民意識の向上などに費やされ、これらが定着した後で、政策や法的手段が整備されるようになります。短期的、中期的対策として、地質遺産には直接関係のない森林保全、国立公園管理、文化遺産保全などの保護を目的とした法的手段を、地質遺産に適用することも可能です。

ジオパーク構想では、人間と地質の関係や地質遺産資源には社会経済発展の要となる可能性があると考えます。これは、かけがえのない地質景観の重要性を認識する一方で、自然科学全般、とくに生物資源と文化の統合を広めようとする考え方です。したがって、生物遺産および文化遺産の保全や持続可能な活用を推進することは、バランスをとりながらジオパークの開発を進めようとする、同じように重要なこととなります。ジオパークを包括的なものにするためには、自然

遺産と文化遺産を保全すると同時に、これらの資源を社会経済的発展に最大限活用するための総合的なアプローチを強力に推進してゆかねばなりません。地質遺産の保護とジオツーリズムを進めながら、バランスのとれたジオパーク開発をすると、生物保護区域や保護対象になっている歴史的、考古学的な遺産の保護も同時に促進、充実させることができます。

一般的な保全運動では、自然（生物および地質）遺産と文化遺産を保全する必要性が考慮されていますが（ユネスコ 1988）、実際の保全活動では、生物、地質、文化の遺産はそれぞれ個別に開発、宣伝、保全されています。最も進んでいるのは文化遺産と生物学的遺産の管理で、多くの国で保護と保全を目的とした法的手段が導入されています。一番遅れているのが地質遺産の保全です。ジオパークは地質遺産を保全する取り組みを積極的に推進すると同時に、市民への教育や意識向上運動を通して、有意義な包括的保全システムを導入することの重要性を各方面に訴えています。



図3 マレーシアのキリムカルスト地質の森公園には、地質学的に優れた美しい景観だけでなく、国内外で重要な地質遺産がいくつもあります（写真 Ibrahim Komoo, 2008）

3.2 ジオパークと持続可能な利用

ジオパークの開発で最も重要な点の1つは、多方面の関係者をその運営組織に取り込むということです。多くの場合、ジオパークの区域では担当する公園管理者、地方行政、地元代表者が少なく、ジオパークの開発、推進には関係者全体が協力しなければならないので、このことは重要です。実際、ジオパークは開発のための単なる手段に過ぎないため、これに関わる主要な関係者は、実行の段階にいたる構想の具体化から開発まで、パートナーとして協力して取り組まなくてはなりません。一般に、管理を最も効果的に行う方法は、主要な関係者で調整委員会を運営し、ジオパークの管理

者がそれを支える、というやり方です。ジオパークの本質は現実的かつ持続可能な開発プログラムであり、その中で保全と経済発展のバランスをとり、主要関係者が一体となって管理することが求められています。

ジオパークの考え方では、地域コミュニティにおける社会経済的発展の必要性を重視しています。自然の保全を重要視する一般の自然公園とは異なり、ジオパークは遺産の保全と地域住民の経済活動のバランスをとりながら、開発を進めてゆこうとするものです。ジオツーリズムという考え方に基づくと、ジオパーク内の多くの地質遺産を観光名所として開発することが可能となります。また、新たな収入源が確保されるために、地元の独創的な企業、小規模ビジネス、家内工業の発展や新規の雇用創出が促進されます。

ジオパーク開発の戦略的な目的には、もう1つ、一般の人々に自然の景観を科学的な目で見えるようになってもらう、ということがあります。多くの人は美しい風景や景観を見ようと、公園や自然保護地区を訪れます。ジオパークプログラムは、地質的な時間の中で景観がたどってきた変遷について、人々の理解を深めようとするものです。これを実現する手段が、入念に計画されたツーリズム活動、とくにジオツーリズムです(図4)。ジオツーリズムは「破壊をせず、活用する」という考え方に基づいています。この考え方は、地質学的な地物そのものの価値を重視し、教育志向型ツーリズムの発展を促進するものです。ジオツーリズムは

「地域の土産品や観光行事をはぐくむ持続可能な観光」という目標を支え、人気のスポットや見どころを足掛かりにして、さらに周辺の新たな地質遺産へ向けて、観光という勢いをひろげる手段でもあるのです(ユネスコ 2000)。

4. 結論

ジオパーク構想には重要な特徴が2つあります。1つは持続可能な発展のための管理システムを築くための、もう1つは社会経済的発展と環境保護のバランスを確保するための、絶好の機会であることです。包括的かつ円滑な手法で土地利用管理を進めるには、まずジオパークの調整委員会を通して、主要関係者の考えや要望をまとめる必要があります。保全の概念とジオパーク開発への地域コミュニティの積極的な参加を総合的に推進することで、地域遺産への帰属意識を強化すると同時に、地域経済活動を発展させるチャンスを拡大することができます。

地質遺産の保全とジオパークネットワークは、遺産としての価値がある地質遺産資源を保全し、持続的に活用するための重要な車の両輪です(Ibrahim Komoo 2005)。地質遺産の指定は地質遺産保全の研究や開発に役立ちますが、ジオパークという考え方は、地質遺産を地域の社会経済発展のために活用する現実的な仕組みなのです。



図4 ベトナムの世界遺産、ハロン湾は、地質遺産という点で重要なだけでなく、ジオツアーによる観光開発の可能性を秘めた地質学的に優れた美しい景観の地です(写真 Ibrahim Komoo, 2008)

参考文献

- Eder, F.W., 2002. UNESCO's Assistance to National Geoparks - Promoting Education and Recreation through Geological Heritage. In Ibrahim Komoo, Mazlan Othman & Sarah Aziz (eds.) *Earth Heritage Conservation Strategy*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 3-11.
- European Geoparks Network (EGN), 2008. European Geoparks Magazine, Issue No.5. Published by Natural History Museum, Lesvos.
- Ibrahim Komoo, 2003. *Conservation Geology - Protecting Hidden Treasures of Malaysia*. Academy of Sciences Malaysia inaugural Lectures 2003, LESTARIUMKM Publication, Bangi, 51p.
- Ibrahim Komoo, 2005. Geoheritage Conservation and its Potential for Geopark Development in Asia - Oceania. *World Geoparks newsletter*, No.1, Office of the World Geoparks Network, Beijing, 1-9.
- UNESCO, 1988. Operational Guideline for the implementation of the World Heritage Conservation. Intergovernment Committee for the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. UNESCO WHC/2/Revised December 1988.
- UNESCO, 2000. UNESCO Geoparks Programme Feasibility Study. Report by Division of Earth Sciences for the UNESCO's Executive Board at the 161st Session in June 2000. UNESCO Paris (unpublished).
- UNESCO, 2006. *Global Geoparks Network*. Published by Division of Ecological and Earth Sciences, UNESCO Paris.
- World Geoparks Newsletter, 2005. The Constitution of the International Geoparks Conference. *World Geoparks Newsletter*, No.1. Published by Office of the Global Geoparks Network, Beijing, 39-40.

第2章 中国の地質学的遺産

Zhao Ting and Zhao Xun

1. はじめに

1.1 地質遺産の研究シナリオ

地質遺産は、中国における自然遺産のなかでも重要なものと考えられています (Zhao Ting & Zhao Xun 2004)。地質遺産は数百万年から数十億年という長い時間をかけて地質作用によって形作られたもので、地球がどのように進化してきたかをよく知るには、地質遺産の研究が不可欠です (Eder 1999; Cowie & Wimbledon 1993)。中国では 1970 年代からこうした研究プロジェクトがすすめられており、最新の科学研究に基づいて多数の地質遺産が登録されています。

地質遺産研究の基本では、地質遺産がもつ科学的な意義の評価と分類のどちらも重要です。科学的な研究を詳細にすすめ、地質遺産を開発、保全する計画をつくるには、これら 2 つの基本を十分に理解しなくてはできません。このため、中国の地質遺産研究者は、地質遺産の科学的価値と分類についての研究だけではなく、地質遺産をさらに包括的に分類するにはどうすればよいか、積極的に研究をすすめています (Zhao Ting & Zhao Xun 2007)。

中国では、国土資源省と中国地質科学院が継続的かつ強力に支援しながら、地質遺産研究と地質遺産保全のためのイニシアチブを推進しています。こうした支援により中国は 2004 年に、北京で第 1 回ジオパーク国際会議を成功のうちに開催しました。また同年に設立された世界ジオパークネットワーク事務局の会議も主催しました。中国の関係機関はまた、地質遺産を保全するために、ジオパークという考え方を普及しようと努力しています。中国ではすでに 138 箇所が国立ジオパークに指定され、このうち 20 箇所は世界ジオパークとして認められています (Zhao Ting & Zhao Xun 2004)。政府が強力に支援して、2006 年には焦作で「第 1 回国際ジオパークシンポジウム」を、第 2 回は廬山で開催し、成功を収めました。ユネスコの世界ジオパーク基準をす

で満たしているジオパークは政府から支援を受け、ユネスコの世界ジオパークネットワーク (Global Network of National Geoparks GGN: UNESCO) とアジア太平洋地域地質遺産ジオパークネットワーク (Asia Pacific Geoheritage and Geopark Network, APGGN) が推進するネットワーク活動に参加しています。

1.2 地質遺産資源の分布

中国には地質遺産をはじめとして、ジオツーリズムに応用できる資源が豊富にあります。どのような地質遺産が分布しているかは、地域の地質的な進化、地質構造の進化、降水や気温等による風化、2000 万年前以降の地質構造運動、地形等の要因によって異なります。こうした要因に基づいて、中国を大きく 4 つの地域 (東部地域、北西部地域、南西部地域、西太平洋沿岸地域) に区分することができます (Wang Hongzhen & Mo Xianxue 1995)。

中国には多様な地質遺産資源が存在しますが、その地質学的な特徴と気候的な特徴によって、いくつかのグループに分けることができます。たとえば、火山や火山岩に関連する地質遺産は主に西太平洋沿岸地域と南西部地域にあり、古生物や考古学に関連する地質遺産は主に東部に集中しています。花崗岩の孤立峰や連続峰、球状風化を特徴とする黄山地形は東部地域に広く分布していますが、階段状の谷を有する雲台地形は東部地域でも地形学的にいう第 2 レベルに集中しています。中国東部ではカルスト地形は南西部と北部に多く分布していますが、丹霞地形 (後述) は南部を中心に発達しています。水文地質に関連する地質遺産は、中国東部と中国南部の南に分布していますが、氷河地形は中国南西部地域と北西部地域の山脈に残っています (Zhao Ting & Zhao Xun 2007)。



图1 中国国内の138のジオパークの位置

1. Dinosaurs National Geopark in Jiayin Heilongjiang
2. Wudalianchi Volcanoes Global Geopark in Heilongjiang
3. Yichun Granitic Forest National Geopark, Heilongjiang
4. Xinkaihu National Geopark, Mudanjiang, Heilongjiang
5. Jinpohu Global Geopark, Mudanjiang, Heilongjiang
6. Jinyu Volcanoes and mineral Springs national Geopark, Jilin
7. Shuidong national Geopark, Liaoning
8. Chaoyang bird Fossil National Geopark, Liaoning
9. Binyugou national Geopark, Liaoning
10. Dalian Coastal region national Geopark, Liaoning
11. Aershan national Geopark, Inner Mongolia
12. Keshiketeng Global Geopark, Inner Mongolia
13. Alashan desert National Geopark, Inner Mongolia
14. Kanasi National Geopark, Buerjin, Xinjiang
15. Keketuohai National Geopark, Fuyun, Xinjiang
16. Qitai silicified wood and Dinosaurs National Geopark, Xinjiang
17. Liujiang national Geopark, Qinghuangdao, Hebei
18. Baishishan Laiyuan National Geopark, Hebei
19. Yeshanpo National Geopark, Laishui, Hebei
20. Fuping Tianshengqiao National Geopark, Hebei
21. Zanhuan Zhangshiyuan National Geopark, Hebei
22. Lingcheng National Geopark, Hebei
23. Wuan National Geopark, Hebei
24. Yanqing Silicified wood National Geopark, Beijing
25. Shihuadong National Geopark, Beijing
26. Shidu Global Geopark, Fangshan, Beijing
27. Jixian National Geopark, Tianjing
28. Changshanledao National Geopark, Shandong
29. Yellow river Delta National Geopark, Dongying, Shandong
30. Shanwang National Geopark, Shandong
31. Taishan Global Geopark, Shandong
32. Yimengshan National Geopark, Shandong
33. Xiongershan Baoduzhai National Geopark, Zaozhuang, Shandong
34. Guanshan National Geopark, Huixian, Henan
35. Jiaozuo Yuntaishan Global Geopark, Henan
36. Wangwushan National Geopark, Henan
37. Zhengzhou Yellow river National Geopark, Henan
38. Daimeshan National Geopark, Luoyang, Henan
39. Songshan Global Geopark, Henan
40. Luoning Shenlinzhai National Geopark, Henan
41. Xixia Funiushan Global Geopark, Henan
42. Chayashan National Geopark, Henan
43. Baotianman National Geopark, Henan
44. Jinggangtai National Geopark, Xinyang Henan
45. Ningwu Ice cave National Geopark, Shanxi
46. Wutaishan National Geopark
47. Huguan Grand Canyon National Geopark, Shanxi
48. Hukou waterfall National Geopark, Huanghe
49. Yanchuan yellow river National Geopark, Shanxi
50. Luochuan loess national Geopark, Shanxi
51. Cuihuashan landslide National Geopark, Shanxi
52. Huoshizhai National Geopark, Xiji, Ningxia
53. Dunhuang Yadan National Geopark, Gansu
54. Jingtai Yellow River Stone Forest National Geopark, Gansu
55. Liujixia Dinosaurs National Geopark, Gansu
56. Kongtongshan National Geopark, Pingliang, Gansu
57. Jiading National Geopark, Huzhu, Qinghai
58. Kunlunshan National Geopark, Geermu, Qinghai
59. Kanbula National Geopark, Qinghai
60. Nianbaoyuze National Geopark, Jiuzhi, Qinghai
61. Liuhe National Geopark, Nianjiang, Jiangsu
62. Taihu Xishan National Geopark, Suzhou, Jiangsu
63. Chongmingdao National Geopark, Shanghai
64. Bagongshan National Geopark, Hualin, Anhui
65. Dabieshan Liuhe National Geopark, Anhui
66. Fushan National Geopark, Anhui
67. Tianzhushan National Geopark, Qianshan, Anhui
68. Huangshan Global Geopark, Anhui
69. Gunlijiang National Geopark, Qimen, Anhui
70. Qiyunshan National Geopark, Anhui
71. Yunxian Dinosaur eggs fossil National Geopark, Hubei
72. Shennongjia National Geopark, Hubei
73. Mulanshan National Geopark, Wuhan, Hubei
74. Three Gorges National Geopark,
75. Longgang National Geopark, Yunyang, Chongqing
76. Xiaonanhai National Geopark, Qianjiang, Chongqing
77. Wulong Karst National Geopark, Chongqing
78. Jiuzhaigou National Geopark, Sichuan
79. Huanglong National Geopark, Songpan, Sichuan
80. Jiangyou National Geopark, Sichuan
81. Anxian National Geopark, Sichuan
82. Singunangshan National Geopark, Aba, Sichuan
83. Longmenshan National Geopark, Sichuan
84. Shehong silicified wood National Geopark, Sichuan
85. Huangxingshan National Geopark, Guangan, Sichuan
86. Halluogou National Geopark, Sichuan
87. Daduhe Canyon National Geopark, Sichuan
88. Zigong Dinosaur Global Geopark, Sichuan
89. Xinwen stone sea Global Geopark, Sichuan
90. Zhada Soil Forest National Geopark, Xizang
91. Yigang National Geopark, Xizang
92. Xinchang silicified wood National Geopark, Zhejiang
93. Linhai National Geopark, Zhejiang
94. Changshan National Geopark, Zhejiang
95. Yandangshan Global Geopark, Zhejiang
96. Fuding Tailaoshan National Geopark, Fujian
97. Pingnan Baishuiyang National Geopark, Fujian
98. Taining Global Geopark, Fujian
99. Tianedong National Geopark, Ninghua, Fujian
100. Yongan National Geopark, Fujian
101. Shiniushan National Geopark, Dehua, Fujian
102. Shenhewan National Geopark, Jingjiang, Fujian
103. Zhangzhou coastal region Volcanoes National Geopark, Fujian
104. Lushan Global Geopark, Jiangxi
105. Sanqingshan National Geopark, Jiangxi
106. Longhushan National Geopark, Jiangxi
107. Wugongshan National Geopark, Jiangxi
108. Zhangjiajie sandstone forest Global Geopark, Hunan
109. Guzhang red stone forest National Geopark, Hunan
110. Fenghuang National Geopark, Hunan
111. Jiubujiang National Geopark, Youxian, Hunan
112. Langshan National Geopark, Hunan
113. Feitianshan National Geopark, Bingzhou, Hunan
114. Danxianshan Global Geopark, Renhua, Guangdong
115. Fengkai National Geopark, Guangdong
116. Xiqiaoshan National Geopark, Guangdong
117. Dapeng Peninsula National Geopark, Shengzheng, Guangdong
118. Enping Underground Heat National Geopark, Guangdong
119. Lingxiaoyan National Geopark, Yangchun, Guangdong
120. Huguangyan National Geopark, Guangdong
121. Ziyuan National Geopark, Guangxi
122. Leye Dahiwei Tiankeng National Geopark, Baise, Guangxi
123. Fengnan National Geopark, Guangxi
124. Luzaixiangqiao Karst National Geopark, Guangxi
125. Weizhoudao Volcanoes National Geopark, Beihai, Guangxi
126. Shuanghedong National Geopark, Suiyang, Guizhou
127. Zhijiang National Geopark, Zhijiang, Guizhou
128. Wumengshan National Geopark, Liupanshui, Guizhou
129. Guanling Fossil National Geopark, Guizhou
130. Pingtang National Geopark, Guizhou
131. Xingyi National Geopark, Guizhou
132. Yulong Liming-Laojunshan National Geopark, Yunnan
133. Dali Cangshan National Geopark, Yunnan
134. Lufeng Dinosaurs National Geopark, Yunnan
135. Tengchong volcanoes National Geopark, Yunnan
136. Yunnan Stone Forest Global Geopark
137. Chengjiang Palaeospecies fossil National Geopark, Yunnan
138. Shishan Volcanoes National Geopark, Haikou, Hainan

1.3 ジオパーク構想

1990年代中頃に、Zhao Xun教授をはじめとする中国の研究者は、世界各国の研究者と共にユネスコのジオパークを設立するための実現可能性の検討会に参加しました。2000年、国土資源省の指示で、国内に11件のジオパークが初めて設立されました。これは長年にわたって取り組んできた地質遺産の調査、研究、保全活動が評価された結果であるといえます。その後、2002年に33件、2003年に41件、2005年には53件と、2005年時点で合計138件のジオパークが設立されています(図1)。これらのジオパークは中国本土の全州に広く分布しています。ですから、世界各国のなかでも、中国は最も積極的にジオパークを推進している国家だといえるでしょう。ユネスコが支援する世界ジオパークネットワーク(GGN)のリストに最もたくさんのジオパークが載っているのが中国です。2004年にGGNが設立されて以来、中国は国内のジオパークの改善に取り組み、その結果20のジオパークがGGNのメンバーに登録されました。中国のジオパークはそれ以外のものも、世界ジオパーク候補として推薦されるレベルに十分達しているので、近い将来にはさらに多くのジオパークがGGNリストに掲載されることになるでしょう。

2. ジオパークの分類

21世紀の初めにジオパークという考え方が取り入れられてから、中国では、これに基づいて地質遺産を保護しようという動きが急速に高まっています。中国では、地質的背景、地質的歴史、構造地質的進化の異なる多様なジオパークが現在までに138件設立されています。ジオパークごとにそれぞれの性質を十分に配慮して、保護や開発の計画を立てる必要があります。

前述したように、中国のジオパークはさまざまな種類の地質遺産からなるひとつの大きなグループをなしています。もっとも、すべての種類の地質遺産があるジオパークはありません。一般的には、そのジオパークで最も重要な地質遺産の特徴を重視してその地質遺産が属する項目を決めます。多様性に富んだ地質遺産に対応するためには、これまでの見た目による分類ではなく、より科学的に詳しく系統立って地質遺産とその場所、ジオパークを分類しなくてはなりません。地層学、古生物学、地形学、火山学、土木地質学等、地質科学の観点から、新たな分類の基準が作成されています(Zhao Ting and Zhao Xun 2007)。この新しい分類体系で中国の138ジオパークを分類すると、以下のようになります：

- 1 地層・地史 (8件)
- 2 占生物・古人類 (18件)
- 3 火山岩・その他の火成岩 (15件)
- 4 地質構造 (7件)
- 5 地形、景観はさらに細かく分けられています：
 - 丹霞地形 (14件)
 - カルスト地形 (27件)
 - 雲台地形 (7件)
 - 黄山地形 (12件)
 - 氷河地形 (6件)
 - 雅丹地形 (3件)
 - 張家界地形 (3件)
 - 海食地形 (3件)
- 6 水文地質 (11件)
- 7 環境地質とジオハザード (3件)
- 8 土木地質 (1件)
- 9 変成作用と変成岩 (泰山、嵩山など数件)

これらとは別に、鉱物学や鉱業等の項目にも分類されているジオパークもあります。中国のジオパークの分類について、代表的な例を挙げながら以下で説明します。

2.1 地層・地史

この項目には、その地域の基準になっている地層の堆積順序や標準地質断面が含まれ、一部は地質年代区分の世界基準にもなっています。この項目に分類されるものには地質的な発達や過程が残された重要な事象も含まれています。たとえば、地質学的な研究が行われた初期から研究の対象とされた何千万年も前の地質構造、地理、環境などがそれです。そうしたさまざまな地層や層序の基準とされる断面や、特殊な堆積構造の標準を示す場所は、地質を学ぶ上で最適の地であり、また新たな学説を提唱したり、既存の考え方を修正する際の基礎となりました。この項目に分類される地質遺産は、ほとんどが交通の便がよく昔から地質学の研究が行われていた中国東部と南部に分布しています。図2は代表的な泰山ジオパークの景観です。

2.2 古生物・古人類

本項目に分類される地質遺産の特徴は、分類学や層序対比において欠くことのできない大昔の植物化石や動物化石、恐竜、鳥類、珪化木などの重要な化石を産することです。なかでも動物化石は、地質年代の決定、生命の起源、進化、古生物学の発達などを研究する上で重要なため、とくに注目されています。たとえば、泥岩と泥岩

など岩相が同じでも、産出する動物化石が違えば別の地層だということになります。この項目に分類される地質遺産は主に中国の東部と南部に位置しています。これはこの地域で比較的早くから地質の基礎的な研究が行われたこともあります。このあたりが構造帯の中の堆積盆地で、そこから化石が豊富に発見されたことが大きいのです。図3に本項目に分類されるジオパークの写真の一部を掲載しました。



図2 山東省の泰山ジオパーク。(a) 崩れ落ちた花崗岩の岩塊、(b) 原生代の変成岩の上を川が流れています

2.3 火山岩とその他の火成岩

火山に関連する地質遺産はほとんどが東部地域にあり、それ以外には太平洋沿岸と南西部地域の活構造帯に沿って分布しています。これらのジオパークは次のような地形を特徴としています。すなわち、火口、火口湖、地滑りなどでせき止められた湖、何度もの噴火による広い火口、火山円錐丘、火山性の温泉、火道、火山岩パイプ、溶岩の噴出後に空洞が陥没してできたカルデラ、溶岩平原、溶岩の外側が固結した後にまだ固まっていない内側が流れだしてできた溶岩チューブ、溶岩ドーム、噴煙円錐丘などです。また、こうした地質遺産には、火砕堆積物、溶岩流、噴石、軽石、火山ガラス、火山ガス、縄状の表面がなめらかな溶岩（ハワイ語を語源としてパホイホイ Pahoehoe 溶岩とといいます）、表面が粗い溶岩（同様にアア Aa 溶岩とといいます）、熱いマグマが海水で急冷されてできた枕状溶岩、溶岩スパイン、溶岩鍾乳石、噴出ドーム、火山弾、ボールなどのさまざまな火山噴出物もあります。火山帯ではとくに地質遺産資源が豊富にあります。こうした資源を保存し、将来の世代が利用できるよう活用していかなくてはなりません。図4は、この項目に属する地質遺産の一例で、海南省にある風炉嶺です。



図4 かつての噴火口、風炉嶺 (海南省海口石山火山群国家地質公園)

2.4 地質構造

地質構造を特徴とする地質遺産の多くは、かつてプレートがぶつかり合って収束した構造境界である縫合帯、造山帯、プレートの沈み込み帯などに沿って分布しています。こうした地域は構造運動によって強い変形や変成作用を受けており、その結果作られた地質構造が雄大でみごとな景観をなしています。この項目に分類される地質遺産は、中国では青海チベット高原 (Qinghai-Tibet plateau) の境界や秦嶺・大別 (Qinling-Dabie) の造山帯内部、あるいは東海岸沿いに分布しています (Zhang Yueqiao et al. 2003)。

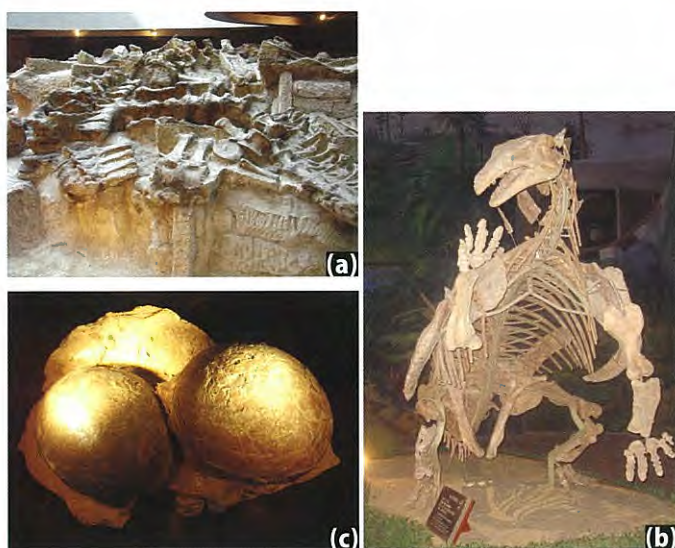


図3 中国で産する代表的な恐竜化石。(a) 四川省の自貢ジオパークにある恐竜博物館には恐竜化石の発掘場所がそのまま保存、展示されています。(b) 完全な骨格標本の例、自貢恐竜博物館。(c) 河南省の伏牛山ジオパークでは、卵の入った恐竜の巣の化石が展示されています (西峡博物館)

2.5 地形と景観

ここでは中国各地の地形と景観をさらに詳しく分類して説明します。

(1) 丹霞 (Danxia) 地形

丹霞地形は赤色の陸源碎屑性堆積物が分布するジュラ紀から古第三紀に地殻が沈降してできた地溝盆地に特徴的に見られ、中国全土には広く分布しています。こうした盆地は中国東部の北北東～北東～南南西～南西方向に伸びる活断層や中国北西部の西北西～北北西～東南東～南南東方向の活断層に沿って広く分布しています。その後地殻が上昇したために緩やかな起伏を生じ、また断層や大小さまざまな割れ目が発達しました。こうした割れ目から浸透した雨水は気温の高い気候もあって、岩を浸食し、削り、研磨したため、頂の平らな丘、断崖絶壁、緩やかな坂、深い峡谷、大小の石柱、天然橋、洞窟が形成されました。丹霞地形が見られる地域ではふつう、植物が深く生い茂っています。この項目に分類されるジオパークの地質学遺産の特徴をよくあらわしたものが、図5です。

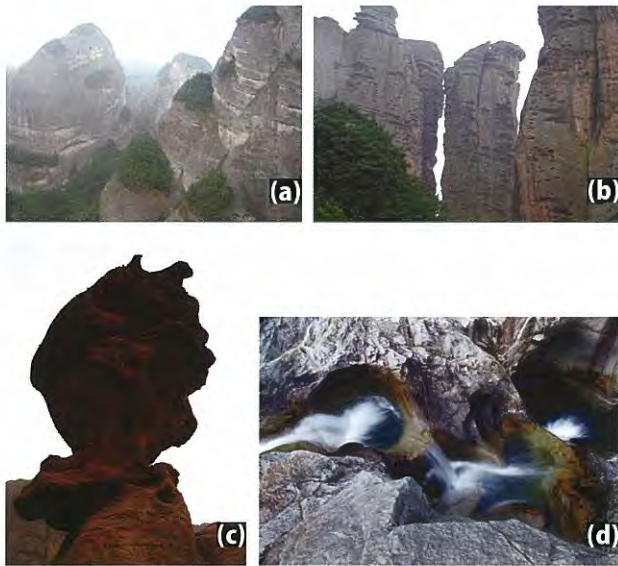


図5 代表的な丹霞地形。(a) 典型的な赤色岩の柱やドーム群（湖南省袁山ジオパーク）。(b) 龍虎山ジオパーク（江西省）の赤色岩柱。(c) 奇妙な形をした自然の彫刻、龍虎山ジオパーク。(d) 岩盤を削って流れる急流（龍虎山ジオパーク）

(2) カルスト地形

図6に示したようなカルスト地形は、中国の南西部と北部の北の地域に特に発達していますが、これはこれらの地域には大きな割れ目が発達した炭酸塩岩が豊富に分布しているためです。カルスト地形の形成には、降水量が均一ではないことや、日あるいは季節ごとの気温の差も影響します。この項目の地質遺産は地表だけでなく、地下にもさまざまな特徴が見られます。深い谷、連続した山頂、独立した石柱や無数の石柱が林立した地形、天

然橋、カルストの窓、ロート状の構造、陥没穴、ドリネ、湖沼、泉、地下を流れる小川、乾期には涸れてしまうワジと呼ばれる川、めくら谷、洞窟などがカルスト地形の特徴です。洞窟内には泥や礫が堆積したり、鍾乳石、石筍、シンターなど、化学的に沈殿した炭酸塩がつくる事物があります。こうしてできた炭酸塩岩のなかには、まるで人や動物のように見える不思議な形状をしているものもあり、ジオツーリズムにおける重要な資源になっています。また、一部の洞窟からは考古学や文化的な価値のある遺物が豊富に残されています。

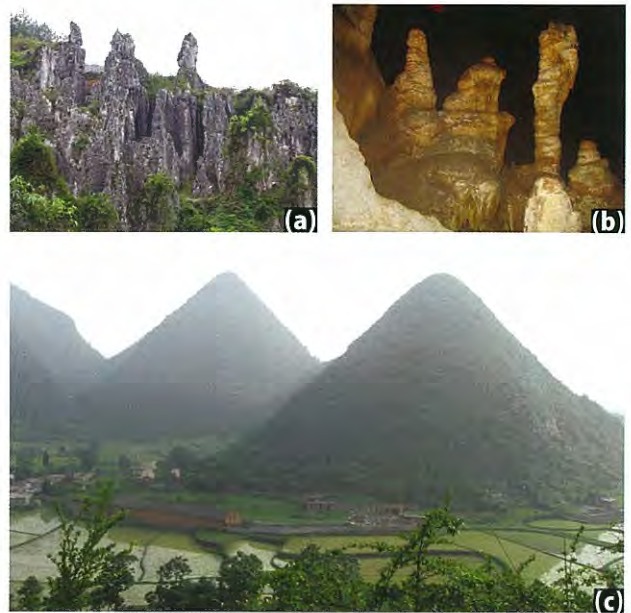


図6 代表的なカルスト地形。(a) 雲南省石林ジオパークの峰林。(b) 鍾乳洞内にはみごとな鍾乳石や石筍が林立しています（河北省涿源ジオパーク）。(c) 円錐形をしたカルスト特有の山々（貴州省）

(3) 雲台地形

すばらしい景観をもつ雲台地形は、中国北東部から南西部にかけて、黄河流域かと祁連（チーリエン）山脈北側に沿った河西回廊地域のほか、大興安嶺（シンアンリン）山脈、燕山（ヤンシャン）山脈、太行（タイハン）山脈、河南省西部と湖北省の山脈から雲貴（ユンコイ）高原の東縁にかけての地域は、地形学的には第2地形テレーンと分類されています。ここにはすばらしい景観が広がる雲台地形が見られます。第2地形テレーンは、中国東部の平原と、中央部の高原や山脈とでは地殻の上昇の程度が異なっていたためにできあがったものです。地形学的には米国のグランドキャニオンとよく似ていて、高原の頂上からはさまざまな地形上の特徴を示す景観がはっきりと観察できます。たとえば高原の表面にはかつての丘陵の名残である起伏や長く続く崖があり、狭く急峻な壁面には段丘が刻まれ、そそり立つ岩峰や石柱があちこちに見られます。溪谷の底に降りると、地

殻の上昇が終りに近づいた時期に形成された「谷中谷」のある広大な谷をはじめ、これも見事な地形が見られます。さらにその後の浸食作用によって大小さまざまな滝ができ、流れ落ちる急流は谷を削り、ポットホール、川の傾斜が急に変わる遷移点、浅瀬や河岸段丘などのすばらしい地質遺産を作り出しました。炭酸塩岩と碎屑岩が交互に挟まれた地層が分布するところでは、碎屑岩を特徴とする雲台地形の地質遺産にカルスト地形が加わったものになります。本項目に属するジオパークの地質学遺産の代表的なものを図7に示しました。



図7 代表的な雲台地形の特徴。(a) 河南省雲台山ジオパークの岩峰群と段状の谷。(b) 崩壊した砂岩層(河南省王屋山ジオパーク)。(c) 階段状の峡谷にそびえる岩峰群(山西省壺関ジオパーク)

(4) 黄山地形

黄山地形は降水量が多く、垂直節理(垂直方向に生じた滑らかな割れ目)と裂隙(れっか)が部分的に発達した花崗岩地帯によく見られる地形です。このような場所は勾配が急で風化や浸食作用が激しいため、ごく一部の場所にしか植生が見られません。この項目に含まれる地質遺産には、形の珍しい石柱や深い峡谷、岩壁のくぼみなどがあります(図8)。節理が少ない区域にはドーム状や円錐状をした丘が散在し、人や動物の形に見える天然の奇岩も形成されています。この項目の地質遺産では、その地域の気候によって景色が大きく異なります。寒さの厳しい中国北部では強風と霜のために、魚のヒレが裂

けたような石柱を特徴としています。南部では浸食作用の影響が大きいので、さまざまな太さの石柱、急峻な山頂と溪谷、ドーム状や円錐状の丘などが一般的です。

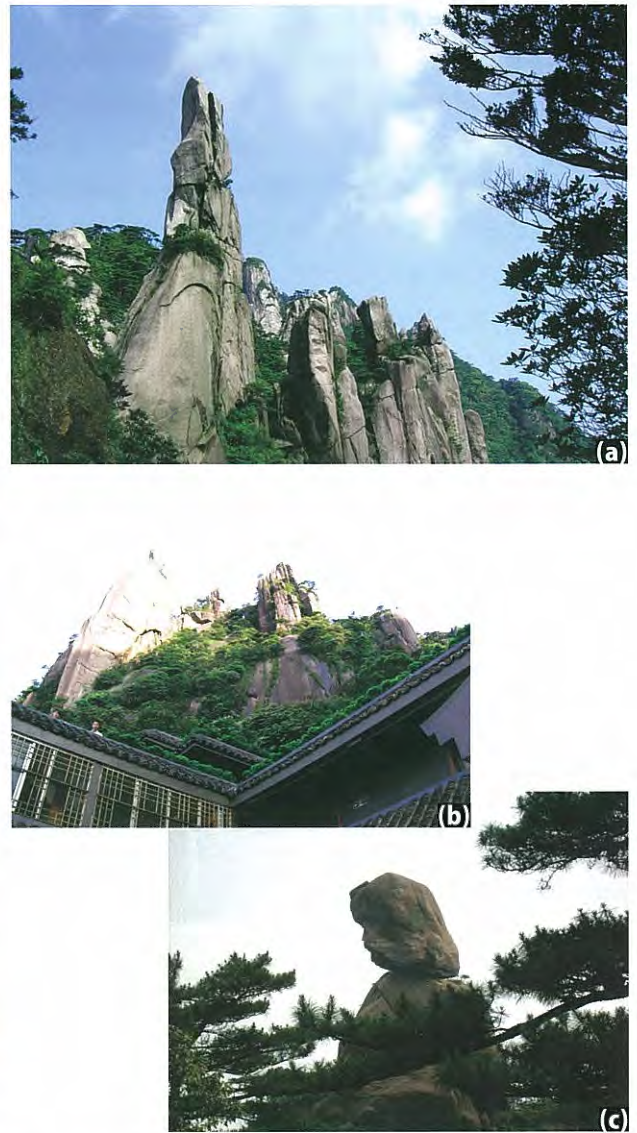


図8 黄山地形を特徴づけるさまざまな岩。(a)(b) 花崗岩の岩峰群(江西省三清山ジオパーク)。(c) 自然が彫った仏像のように見える石(三清山ジオパーク)(写真提供は Mohd Shafeea Leman)

(5) 氷河地形

青海チベット高原や大きな山脈が連なっている中国南西部や北西部には今でも氷河があり、現在も氷河による作用が一般的に見られます。ここでは、第四紀のかつての氷河によるとされる地形もあちらこちらにあります。はっきりした結論が出ていないものもあります。中国の大半の地質学者は、第四紀には中国東部を含む中国のほぼ全土で氷河による作用があった、と確信しています。かつて氷河が存在していたことは、U字谷、氷河懸谷、魚のひれ状をした尾根、交差壁、羊背岩、氷河陥穴(ムーラン)、氷堆石(モレーン)、氷河巨礫(迷子石)、層状の粘土層などがあることで確認されます。図9はシン

チャン（新疆）ウイグル自治区のカナス（喀納斯）湖国家地質公園の美しい景観。



図9 新疆カナス湖ジオパークから望む氷河の浸食作用によってつくられた美しい光景

(6) その他の地形

雅丹地形は土林地形ともいわれ、固い泥質の薄層をもち垂直節理の発達した赤色土を特徴としています。雅丹地形を示す地質遺産は中国南部に広く分布し、まれに中国北西部にも見られます。これらの地域では堆積物の固結度が低く、局地的な雨やごく限られた季節しか雨の降らない典型的な乾燥気候です。夏に集中的な豪雨に見舞われると、川は急激に増水し、未固結の堆積物を押し流しますが、乾季になると風の作用で元の状態に戻ります。この項目に分類される地質遺産には、周囲が風化されたために残された硬い岩石の下の土柱、先の尖った土のピークやそれらが集まって林のように見えるもの、まるで城のような丘や人や動物の形をした岩、風によって浸食された無数の風穴がある岩石、きのこ型の岩、風化のために大きいもので直径数メートルに達する穴が無数にあいた岩石のあるタフォニ地形、岩砂漠、光沢のある褐色の酸化鉄などに覆われた砂漠ワニス、風化によって削られた溝や凹地などがあります。

張家界（ジャンジャーエ）地形は、垂直な節理が発達した緩やかに傾斜した層状の石英砂岩に形成され、気温差が大きく降水量が多い地域に見られます。この項目に属する地形はあまり多くありませんが、その美しさだけでなく学術的にも重要なので、高く評価されており、中国では東部と南西部に散在しています（図10）。

このほかには図11に示した海岸浸食地形があり、海岸カルストや島カルストや火山岩の浸食などを特徴としています。

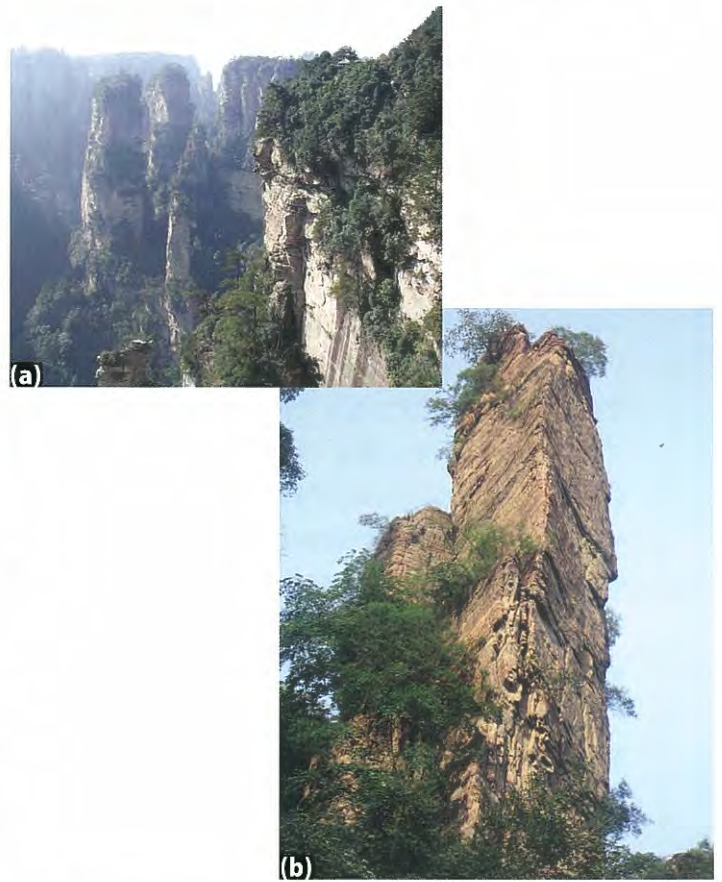


図10 息をのむような絶景が広がる張家界地形。(a) 砂岩の岩峰群がつくる谷（湖南省張家界ジオパーク）。(b) 代表的な砂岩の峰（張家界ジオパーク）



図11 海食による地形の例。(a) 海食によってできた炭酸塩岩の小山（遼寧省の大連海浜ジオパーク）。(b) 海食を受けた炭酸塩岩の柱（大連海浜ジオパーク）

2.6 水文地質

水は力学的に非常に強力な働きをするため、泉、滝、河川、湖沼、海などは、地表での地質学的な作用には欠くことのできない役割を担っていますが、物理的な作用だけでなく、化学的な作用もまた、地質遺産がつくられる上で非常に大きな役割を果たします。水の機械的な作用によってできた地形には、谷、分水嶺、川床、雨水がくぼみを流れたためにできる浅い溝のリルやより深いガリ、淵、凹地、砂州、はらん原、浅瀬、流水の作用で堆積物の表面が波状になった沖積砂波（サンドウェーブ）やリップル、水の働きで小石が動かされ岩に穴が開いたポットホール、川床の傾斜が急変する遷移点、蛇行や蛇行が進み上流側と下流側の湾曲部がつながって取り残された三口月湖、自然堤防、蛇行しながら川が深い谷を穿つ穿入蛇行、河川によって運ばれた砂礫が山地と平地の境界に堆積してできた沖積錐や扇状地、浸食力の強い河川が隣接する他の河川の上流部を奪ってしまう河川争奪、氷河や山崩れにより本来の流れとは反対方向に流れる逆流河川、谷中谷、谷段丘、山間平原などさまざまなものがあります。この項目に分類される地質遺産は中国のいたるところで見られますが、その種類は降水量や地形の形態によってさまざまです。

2.7 土木地質・環境地質・地質災害

中国では3000年以上も昔から河川を管理して、農地、収穫物、村落を洪水から守り、灌がいや運送に利用してきました。以来中国人は、東から西へ、南から北へと全国にダムや水路をめぐらし、社会経済を支え、人々の生活を守ってきました。近年、大陸深部への科学掘削計画が全国的に実施され、その後は長期観測の拠点や野外研究センターとして、地質学の知識を増強するために利用されています。

一方、四川省の西部や雲南省にかけての横断（ホントワン）山脈や、断層地溝に近い太平洋構造帯に沿った海岸地域などでは、地質災害が深刻な問題となっています。地震をはじめ、こうした地質災害は長年にわたって、中国の社会経済的發展に影響してきました。山や谷の斜面では過去にも落石、陥没、地すべり、泥石流、岩屑地すべりが起こり、中国にとって深刻な地質環境問題となっています。こうした事故が発生した場所は、その一部がのちに市民教育に役立つ地質遺産として活用されています。これらの地質遺産を訪問することで、地質災害の多様な側面を理解して、取るべき対策を学ぶことができます (Zhang Yueqiao et al. 2003)。

3. 地質遺産の保全とジオパークの開発

中国ではヨーロッパのジオパークと協力しつつ、地質遺産保全に向けて長い間準備を重ね、2000年以降、ジオパーク事業がめざましい発展を見せています。国土資源省が地質遺産保護の任務にあたっており、技術者や行政担当者のほかさまざまな専門分野の研究者23名を選んで、国内の指導グループと専門審査委員会を結成しています。作成されたジオパーク開発の長期的な青写真は、中国における地質遺産の保全とジオパーク建設のためのマスタープランとなっています。こうした動きを加速しようと、運営、管理、評価に関する一連の法律や規則が制定、施行されました。中国全土のジオパークを対象として現地で調査を行い、地方政府や管理団体に対しては、科学研究、情報データベース、説明委員会、研修プログラム、技術および運営担当者同士の交流、文化活動、社会活動等に関する世界ジオパークネットワーク (GGN) のガイドライン要件と基準を満たすよう、改善を要請しています。

ジオパークが地質環境や地質遺産を保全し、ジオツーリズムの促進を長期にわたって円滑に進めるには、研究者や政府関係者の協力は不可欠です。地質遺産の保護、地質環境の修復、研究の促進とその成果の普及、ジオツーリズムの開発、地域経済援助、社会進歩の促進といったジオパークの取り組みを支えようと、中央政府、地方政府、自治体は、ジオツーリズムから得られる決まった利益以外にも、予算を計上しています。その一方で、よりよい保全の考え方、基本的な施設や設備の充実、博物館や説明案内板のデザイン、ツアールートの設定、ガイド教育を行い、ジオパーク同士での協力体制を強化するためには、専門委員会が科学的根拠のある専門家的見解や先端技術を提供する必要があります。ジオパーク建設の進行状況の評価も専門委員会の役目です。

GGNに加盟している20の国内ジオパークと、約80におよぶ地方ジオパークを合わせた138のジオパークが互いに協力しようと、国内のネットワークを結成しました。毎年開かれる会合には、全国のジオパークからその責任者や地質学者らが集まり、共通の問題について協議します。この年次会議で決まった地質遺産の保全やジオパーク建設に関する提案事項はほぼすべて、国土資源省に報告されます。国土資源省はそれらの提案事項についてさらに検討を加え、法律や規則に従って運営体制を改善するように国内ジオパークを指導する際の参考資料として利用しています。毎年開かれている「ジオパークにおける科学研究と開発に関する国際シンポジウム」

は、GGN に加盟している中国国内のジオパークが隔年で主催を申し出ることになっています。このシンポジウムでは有名なジオパーク研究者らを招いて、地質遺産と保全の考え方や、ジオパーク管理者、地質研究者、ツーリズム運営者を対象とした説明や保全テクニックなどに関する特別講演があります。こうしたシンポジウムは、ジオパーク相互の連携を構築する絶好の機会となります。地質遺産資源の管理と保護について、スタッフの能力を高め、地球環境の保全を通して人間と自然の調和について一般の人々の意識を高めるために、ジオパーク同士のスタッフの交換やレンジャーを育成するプログラムがこの数年間、定期的に行われています。

地質遺産の保全、地質環境の修復、研究データの発表、

情報交換、説明表示の改善、博物館の建設などを促進する上で、中国ジオパークネットワークと GGN はどちらも非常に重要な役割を果たしています。この二つの組織は、評価方法の適用、一般の人々やレンジャーのためのトレーニングコースを提供し、ジオパークの管理と開発について幅広い経験を共有しようと、内外の著名な研究者を招聘しています (Zhao Ting & Zhao Xun 2003)。ユネスコが後援する GGN ジオパーク会議に参加することによって中国のジオパーク担当者は、ジオパーク開発のさまざまな側面について学習すると同時に、ジオパーク保全に対する理解を深め、高度の専門技術を習得しています。

参考文献

- Cowie, J.W. & Wimbledon, W.A.P., 1993. The World heritage list and its relevance to geology, *Proceedings of the Malvern Conference*, 71-73.
- Eder, W., 1999. UNESCO Geopark — a new initiative for protection and sustainable development of the Earth heritage, *N.J.B. Geol. Palaeont. Abh.* 214(1/2), 253-258.
- Tian Z.Y., Han, P. & Xu, K.D., 1992. The Mesozoic-Cenozoic east China rift system. *Tectonophysics* 208, 341-363.
- Wang Hongzhen & Mo Xuanxue, 1995. An outline of the tectonic evolution of China. *Episodes* 18(1-2), 6-16.
- Wang Zhe, 2006. On the Construction of Mount Yuntaishan Geopark, China and relationship with the sustainable development of the local economics. *Proceedings of the First International Symposium on Development within Geoparks*. Geological Publishing House, Beijing, 1-8.
- Zhang Yueqiao, Vergely, P., Mercier, J.L., Wang Yongmin, Zhang Yong & Huang Dezhi, 1999. Kinematic History and Changes in Tectonic Stress Regime during the Cenozoic along the Qinling and Southern Tanlu Fault Zones. *Acta Geologica Sinica* 73(3), 264-274.
- Zhang Yueqiao, Ma Yingsheng, Yang Nong, Shi Wei & Dong Shuwen, 2003. Cenozoic extensional stress evolution in North China. *Journal of Geodynamics* 36, 591-613.
- Zhao Ting & Zhao Xun, 2003. The basic features and geological setting of the European Geoparks. *Geological Bulletin of China* 22(8), 637-649.
- Zhao Ting & Zhao Xun, 2004. The geoscientific significance and classification of the national geoparks of China. *Acta Geologica Sinica* 78(3), 854-865.
- Zhao Ting & Zhao Xun, 2007. Geological heritage taxonomy and application. *Proceedings of the Second International Symposium on Development within Geoparks*. Geological Publishing House, Beijing, 26-97.

第3章 インドネシアの地質学的遺産

Yunus Kusumahbrata

1. はじめに

インドネシア諸島は3つの巨大プレートの境界が交わる地域にあるため、複雑な地質学的プロセスが活発に発生しており、素晴らしい地質遺産や自然遺産資源が沢山あります (Bambang Dwiyanto 2006)。しかし残念ながら、これらの地質遺産資源を保全しようという取り組みは最近まで積極的に行われなかったため、インドネシアの地質遺産の多くは無謀な資源利用と人為的な活動によって危機に直面しています (Sukhyar Kartakusumah 1990)。現在、インドネシアの自然遺産保全は植物や動物など生物遺産の保護に重点が置かれており、岩石、鉱物、化石、土壌、地質構造、景観などの非生物学的な地質多様性や地質遺産はあまり重要視されておらず、地質的な地物は耐久性が高く保護は全く不要だと考えられがちです。しかし、実際には価値ある地質遺産資源の多くは、自然災害や人間活動の影響を受けやすいのです

(Ibrahim Komoo 2003)。特定の化石や岩石、鉱物といった地質遺産資源はいったん破壊されると、永久に失われてしまいます。というのも、こうした資源を短期間で再生させることは不可能だからです。

インドネシアには全土にわたって、遺産としての高い価値をもつ地質的な地物が広く分布しています (図1)。すでに述べたように、インドネシアで最も重要で貴重な地質遺産は活火山とその地形です。インドネシアの火山活動は何世紀も昔から、さまざまな分野の研究者や観光客をこの地に引き寄せてきました。けれども、インドネシアには火山だけでなく、カルスト地形、化石、地質災害、採鉱現場、過去のプレートの沈み込みでできた複雑な岩体など、非常に特徴的な地質遺産もたくさんあります。本章では、インドネシアの主な島々の地質遺産資源をいくつか採り上げ、分類して解説しましょう。

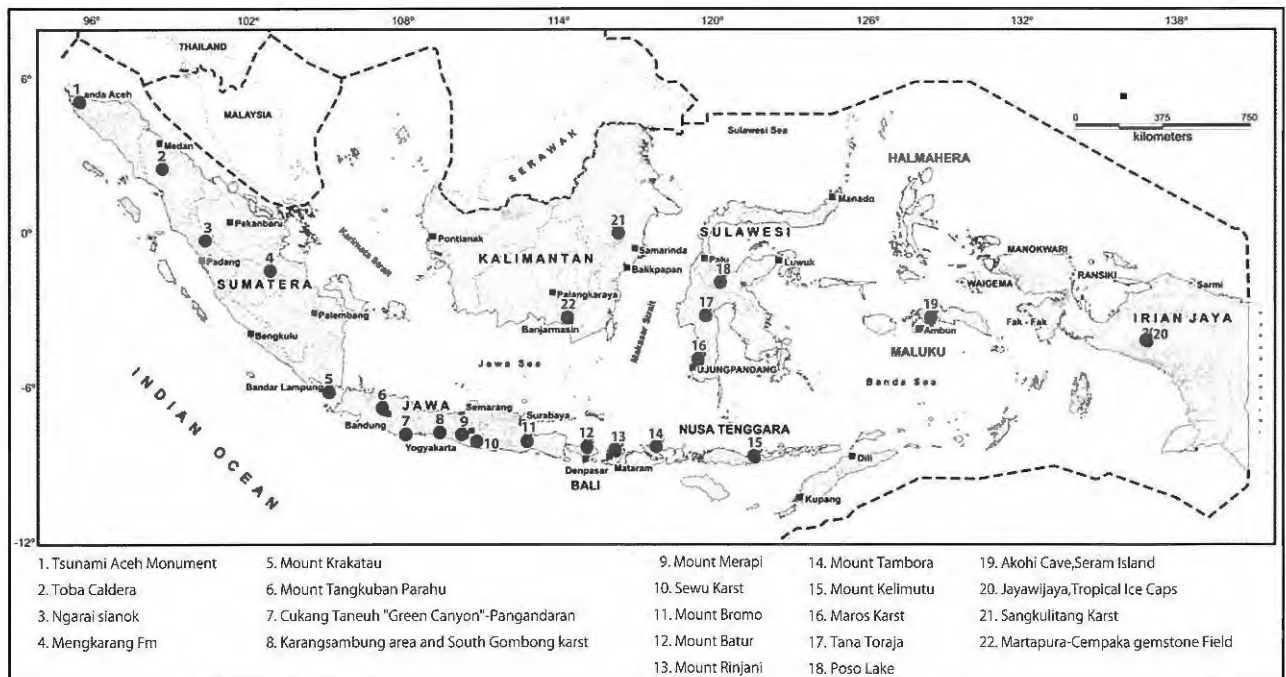


図1 本章で取り上げたインドネシアの地質遺産の分布

2. スマトラ (Sumatra) 島の地質学的遺産

面積約 47 万 3481 平方キロメートルのスマトラは、インドネシア諸島の最西端に位置するインドネシアで 3 番目に大きな島です (図 1)。その西岸はインド洋、南東海岸はカリマタ (Karimata) 海峡に面し、北東海岸はマラッカ (Malacca) 海峡とアンダマン (Andaman) 海に臨んでいます。地理的には、スマトラには対照的な二つの景観が見られます。すなわち、島の西側を走る長さ約 3,000 キロメートルのバリサン (Barisan) 山脈と、東側を占める広い低湿地です。この島にはたとえば、広大な雨林、河川、光り輝く白砂の海岸、世界でも有数の素晴らしさを誇る火山の景観など、美しい景観が沢山あります。スマトラには重要な地質遺産が数多くありますが、ここではアチェの津波記念碑、トバ湖、シアノク峡谷、化石植物群が豊富なメンカラン層の模式地とクラカタウ火山について説明しましょう。

2.1 アチェ (Aceh) 津波のモニュメント、アチェ (Aceh) 州

2004 年 12 月 26 日に発生した津波の被害を忘れないため、アチェ州にはいくつかのモニュメントが建設されています。海上ディーゼル発電プラントの残骸 (図 2) は、アチェ西岸のほぼ全域に壊滅的な被害をもたらしたこの津波が、いかに大きなものであったかを物語っています。海上に浮かんでいた 3 万トン級船舶も、津波によって数キロメートルも押し流され、陸に打ち上げられてしまいました。

2.2 トバ (Toba) 湖、北スマトラ (Sumatera) 州

スマトラでは、パラパト (Parapat) を中心に観光地として開発され、トバ湖 (Danau Toba) (図 3) はなかでも最も人気のある観光地です。北スマトラ州にあるトバ湖は東南アジア最大の湖で、面積はおよそ 1,146 平方キロメートル、深さは 450 メートル以上もあります。ここでは今から約 10 万年前、人類史上で確認されている最大の火山爆発がありました。トバ湖はその時の巨大噴火でできた、かつてのカルデラです (Yunus Kusumahbrata 1998)。

火山学者によれば、これは最大級に分類される大噴火で、過去 2500 万年間に発生したなかでも最大規模のものだったと考えられます。火山砕屑物は面積 3 万平方キロメートルにわたって、100 ~ 300 メートルの厚さで堆積し、これはトバ凝灰岩とよばれ、大昔の巨大な大噴火を示す証拠となっています。この噴火では歴史上で最も大量の火山砕屑物が堆積しました。有名な 1815 年のタンボラ (Tambora) 火山の噴火で発生した砕屑物は



図 2 アチェの津波モニュメント。(上) 2004 年 12 月以前には海上にあったディーゼル発電施設は津波でいかだのように流され、はるか内陸 (写真の範囲外) まで移動しました。(中) 同じく津波で陸上に移動した船は、アチェ津波博物館 (バンダアチェ) の主要な展示物になっています。(下) 海上の発電プラントは、今では密集した住宅地の真ん中にあります

100 立方キロメートルですが、トバ火山の噴火による砕屑物は約 2,800 立方キロメートル (670 立方マイル) と推定されており、いかに膨大な量の火山砕屑物が噴出したかがわかります。火山の下方から大量の砕屑物が噴出したため、円錐形の火山は崩壊して世界最大のカルデラとなり、やがて大きなカルデラ湖となりました。しかしその 7 万年後には再び小規模な噴火起こり、サモシル (Samosir) 島が誕生したり、東岸の景観が変わるなど、湖の大半の地域に影響がおよびました。

2.3 エンガラライシアノク (Ngarai Sianok)、西スマトラ (West Sumatera) 州

地元でエンガラライシアノクと呼ばれるシアノク峡谷 (図 4) は、西スマトラ州ブキティンギ (Bukit Tinggi) 市近郊にあります。ここは何度も溪流に浸食されてできた、兩岸を深い断崖に挟まれた穿入溪谷です。ほぼ北西-南東方向に蛇行している谷は、長さ約 15 キロメートル、幅が 200 メートルあり、コトガダン (Koto Gadang) 南部からシアノクエナムスク (Sianok Enam Suku) を通っ

てパルプ (Palupuh) まで続いています。200 万年前から今日 (第四紀) まで、大スマトラ断層が動くことによって地殻が引き伸ばされたため、深さ 100 ~ 150 メートルのシアノク峡谷が形成されました。断層は衛星画像でもはっきりと確認することができます。連続する巨大な断層はスマトラ全島を横断し、セマンコ (Semangko) 湾からバンダアチェ (Banda Aceh) まで、全長は 3,000 キロメートルを超えます (Yunus Kusumahbrata 1998)。シアノク峡谷の絶景は、溪谷を刻むシアノク川、その両側に続く巨大な垂直断崖、そしてそれらを取り囲む鬱蒼とした熱帯林が特徴です。



図3 トバ湖。(上) スマトラ北部のトバ湖の衛星写真。(下) 素晴らしいトバ湖の景色

2.4 メンカラ (Mengkarang) 層、ジャンビ (Jambi) 州

ジャンビ州のメンカラ川に露出するメンカラ層の模式地は、珍しく重要な植物化石群を産するので、重要な地質遺産として保全すべきだといわれています (図5)。層序学的な研究と産出する化石から、この地層は2億年以上前のペルム紀に湖水環境で堆積したものと考えられます。発見されたペルム紀の化石は、東シナ海、フィリピンやインドネシアを含む地域に数億年前から長期間にわたって存在していたとされるカタシヤ古陸 (Cathaysia) に似た大陸の一部が、スマトラの東部と南東部にも存在していたという証拠です。この大陸の切れっ端は、3億年ほど前の古生代後期に南半球の巨大な地域を占めていたゴンドワナ古陸 (Gondwana) の一



図4 エンガライシアノクの地質遺産。(上) 第二次世界大戦中、旧日本軍によってプキティンギ市地下に掘られた長さ1,400メートルのトンネル。今では観光名所の一つになっています。(下2枚) 1930年代のこのあたりは、野生の水牛が無数に集まる場所でした



図5 (1枚目) メンカラ層の模式地となっているメンカラ川。(2枚目) 泥岩中には保存のよいペルム紀の植物化石が産します。(下3枚) 幹や根が完全な形で残っている化石。この場所に生えていたものであることがわかります

部と考えられる陸地と結合して、約2億年前の三畳紀後期にスマトラ島になったと考えられています。

2.5 クラカタウ (Krakatau) 火山、スンダ (Sunda) 海峡

インドネシアには130を超す活火山があり、これほどたくさんの活火山がある国は地球上にはありません。その大多数がインドネシア島弧に沿って分布しています。ヨーロッパからアジアにまたがる巨大で厚く堅いユーラシア大陸プレートの下に、インド・オーストラリア海洋プレートが北東方向に沈み込んでいるために、インドネシア島弧が形成されています。スンダ海峡の中央にあるクラカタウ火山群(図6)は、ラカタ(Rakata)島、パンジャン(Panjang)島、セルタン(Sertung)島、アナクラカタウ(Anak Krakatau)島という4つの小さな火山島からできています。アナクラカタウ山は比較的小さいですが最も活発に活動している火山で、スンダ海峡沿岸の住民を脅かしています(Suharto et al. 2000, Yunus Kusumahbrata et al. 2006)。



図6 クラカタウ火山と小規模な噴火のようす

1893年のクラカタウ火山噴火 (Sukhyar Kartakusumah 1990 より参照)

よく知られている1893年のクラカタウの噴火以前は、古クラカタウ火山にはラカタ(Rakata)、ダナン(Danan)、ペルボエワタン(Perboewatan)という3つの噴火口があり、活発に活動していました。1883年5月20日、クラカタウ火山のペルボエワタンが小規模な爆発を繰り返し始めました。6月中頃には、ペルボエワタン山頂の噴火口はほぼ完全に破壊され、噴火の中心はダナン付近の新しい火道にまで広がりました。7月半ばになると、スンダ海峡で軽石の塊が浮かんでいるのが確認されました。そして1883年8月26日の午後12時53分、クラカタウ火山は最初の大爆発を起こし、8月27日の夕刻までそれが続きました。最初の爆風は鼓膜が破れるほどの爆音を立て、黒く渦巻く火山砕屑物を含んだ噴煙を島の上空25キロメートルまで一気に吹き上げました。その後の数時間で火山砕屑物を含む雲は北東へ大きく広がり、少なくとも地上36キロメートルの上空まで達しました。午前5時30分からは少なくとも4回の連続した大爆発が始まり、恐るべき火山の猛威はピークに達しました。強い爆風によってクラカタウ山は文字通り崩壊してしまっただけです。その爆音はインド洋全体に、西はモーリシャス諸島のロドリゲス島やスリランカ、東はオーストラリアまで、4,600キロメートルも離れたところまで鳴り響きました。海中では島の3分の2が部分的に空洞となった地下のマグマ溜りへと崩れ落ちました。ペルボエワタンとダナンを含む島の約23平方キロメートルの地域が、直径約6キロメートルのカルデラに飲み込まれてしまいました。当初、高さが450メートルあったダナンは崩壊し、水深250メートルの海底に沈んでしまいました。

3. ジャワ (Java) 島の地質遺産

ジャワ島はインドネシアで最も人口の多い島です。山がちなジャワ島には豊富な文化遺産に加え、素晴らしい自然現象による景観がたくさん残されています。島の重要な地質遺産のなかでも、とくに重要なのはタンクバンパラウ火山、カランサンブン複合岩体、ゴンボン南部のカルスト、メラピ火山、グヌンセウのカルスト、プロモテンガ火山です(Yunus Kusumahbrata 1998)。

3.1 タンクバンパラウ (Tangkuban Parahu) 火山、西ジャワ (Java Barat) 州

バンドン(Bandung)の北約25キロメートルにある有名なタンクバンパラウ火山(図7)は、噴火口の景観

が素晴らしい活火山です。この火山の周囲には、噴気孔や温泉など火山活動が作りだした名所がいくつもあります。タンクバンパラウは南から見ると、転覆した舟の形に見えることから命名され、昔から伝わるサンクリアン(Sangkuriang)の民話と関係の深い山です。民話では、サンクリアンが彼の愛する女王ダヤンスンビ(Dayang Sumbi)の策略に激怒して大きな舟を蹴飛ばしたため、この舟がタンクバンパラウの山になった、と伝えています。科学的に説明すると、タンクバンパラウ火山は噴火の中心が東から西へと移動したために、舟を逆さにしたような形になったのです。火口が側方へと移動したので、円錐形の火山ではなく、細長い形状の火山が形成されたのです。



図7 タンクバンパラウ火山の地質遺産。(左上) ラトゥ火口の全景。(右上) 火口周辺にはイオウを含む粗粒の土壌を好む固有の植物が生育しています。(左下) ドマス火口では大量の温泉が湧いています。(右下) 火山付近の断層にかかる滝

3.2 チュカントネウ (Cukang Taneuh)、西ジャワ (Java Barat) 州

緑の谷 (Green Canyon) という意味をもつチュカントネウ (図8) は、西ジャワ州チアミス (Ciamis) 南部の有名なパンガンダラン (Pangandaran) 海岸から西へ約20キロメートルのところにあります。チュカントネウは、チジュラン (Cijulang) 川流域にあり、ジャワ南部の海岸とは対照的な観光地になっています。チュカントネウは、カルスト特有の現象がいくつも見られる石灰岩層をチジュラン川が深く削ってできた、植生の豊かな峡谷です。チュカントネウへは、地元の住民が運営するボートで行くことができます。また、カラシ・パチ (Karang Paci) 村から峡谷まで、トレッキングを楽しみながら行くこともできます。乾季には、バンター・カウ (Bantar Kawung) 村からラフティングでチジュラン川を下り、チュカントネウまで行くルートが旅行者には人気です (Yunus Kusumahbrata 2003)。

ここでは低地の熱帯雨林で見られる動植物を楽しめるばかりか、水に溶けた炭酸カルシウムが沈殿して生成したすばらしい洞窟生成物や二次的な炭酸塩の沈殿物を観察することもできます。地元では積極的にツアー活動に参加しており、舟の操縦やツアーのガイド、保全監視員として働いています。

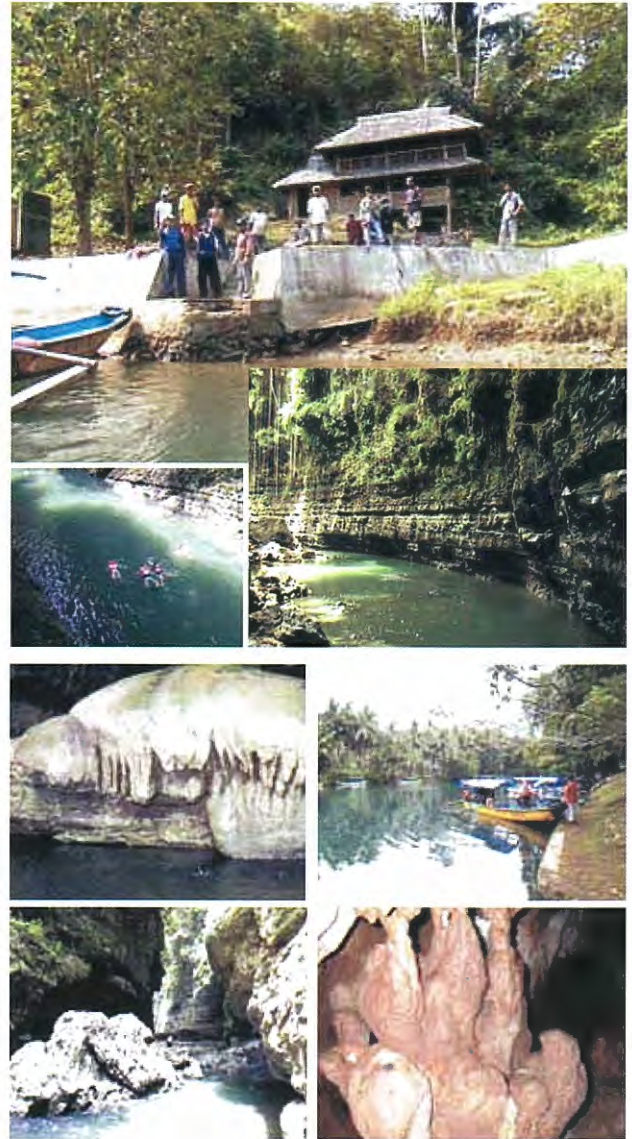


図8 チュカントネウの地質遺産

3.3 ゴンボン (Gombong) 南部のコックピットカルスト、中部ジャワ (Java Tengah) 州

ゴンボン南部のコックピットカルストは中部ジャワ州ゴンボンの南約12キロメートルにある比較的小規模なカルスト地形です。ここはのみごとな円錐形カルスト地形で知られ、典型的なドリネ、つまり、ロート状に窪んだ地形、洞窟、透明なわき水などを特徴としています。バンユムダール (Banyumudal) の湧水は地下の河川から供給されていて、ゴンボン市の家庭用水や農業

用水に利用されています。また、ジャティジャジャール (Jatijajar)、ペトルク (Petruk)、シンバル (Simbar)、バラト (Barat) などのみごとな洞窟には、美しい洞窟生成物がたくさん見られます。ジャティジャジャール洞窟とペトルク洞窟は観光用に開発され、シンバル洞窟とバラト洞窟は洞窟探検向けに開発されました (Yunus Kusumahbrata et al. 2006)。ゴンボン南部のコックピットカルストや地質学的に貴重なその遺産 (図9) は、昔からの石灰岩採掘や石灰岩層の下から産する鉱産物探査などのために危機にさらされています。

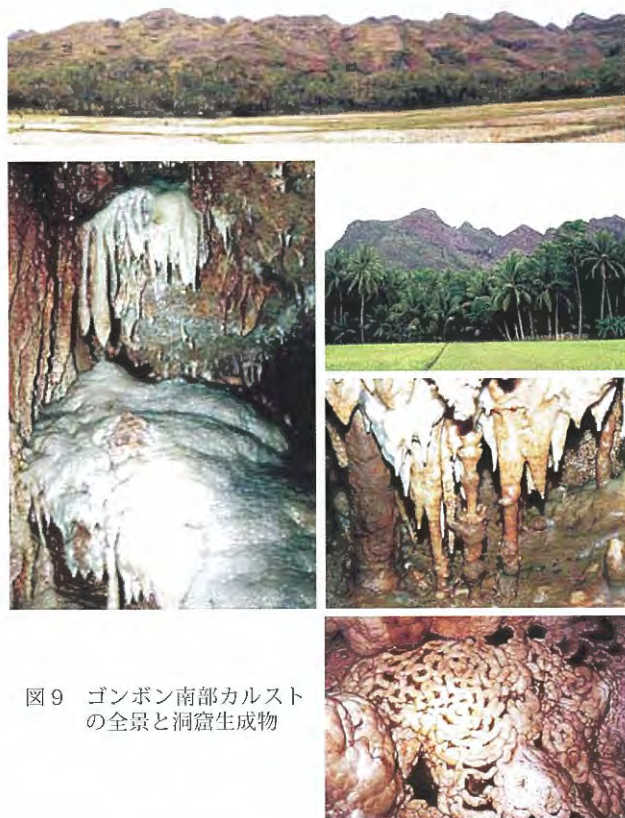


図9 ゴンボン南部カルストの全景と洞窟生成物

3.4 カランサンブン (Karangsambung)、中部ジャワ (Java Tengah) 州

円形競技場の形をしたカランサンブン地区は中部ジャワ州のケブメン (Kebumen) 県の北約 20 キロメートルのところであって、ケブメンまたはバンジャルネガラ (Banjarnegara) 経由で容易に行くことができます。この地質遺産 (図10) は、約1億2000万年前のインド・オーストラリアプレートのアジアプレートの下への沈み込みにもなうさまざまな特徴が見られるため、地質保全地区に指定されています。これらの中には、地球科学者にとっては珍しい、海洋地殻起源の蛇紋岩や斑レイ岩の岩片、大陸地殻起源の雲母片岩や青色片岩、深海性堆積物の赤色チャート、拡大する海洋底や

中央海嶺由来の玄武岩枕状溶岩などのフラグメントが露出しています。こうした起源の異なるさまざまな岩石が、地殻変動のためにいっしょくたに混ざっているのです。この種の岩石の全てが比較的小さな場所に露出しており、プレートの沈み込み過程を研究する上で最適な野外の実験室と言えます (Yunus Kusumahbrata 1998)。カランサンブン地区では、約 22.15 ヘクタールの地域に合計 30 箇所もの地質遺産が保全されています (Yunus Kusumahbrata et al. 1998)。カランサンブン地区と近隣の地方自治体は、コミュニティ開発プログラムの中心事業として、河原の石を土産物に加工する事業を推進しています。

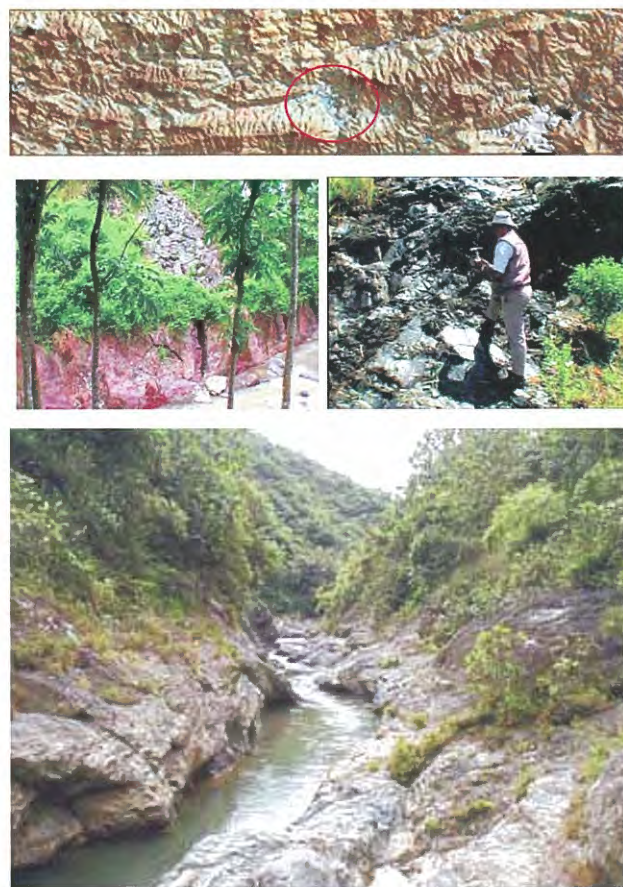


図10 カランサンブン地質遺産の位置とさまざまな特徴。(中左) 川沿いの露頭では枕状溶岩の下位に赤色チャートが見られます。(中右) 海洋地殻断片の蛇紋岩の露頭。(下) 海洋地殻断片のハンレイ岩がみごとに露出しています

3.5 メラピ (Merapi) 火山、中部ジャワ (Java Tengah) 州

メラピ山 (図11) は地元ではグヌン・メラピ (Gunung Merapi) と呼ばれており、インドネシアで最も活発な火山の1つです。この火山はジョクジャカルタ (Yogyakarta) の北、数キロメートルのところであり、円錐形に聳え立つ美しい姿を見せています (Bambang Dwiyanto 2006)。山腹には数千人の住民が生活しており、海拔 1,700 メートルまで村落が形成されています。

歴史的にみると、メラピ山には周期的に噴火するというユニークな特徴があり、多数の犠牲者を出しています。約1万年前までは、この山は玄武岩質の溶岩を流出する典型的な噴出型の噴火でした。その後、爆発は激しさを増すようになり、粘性の高い安山岩質溶岩を噴出して、しばしば巨大な溶岩ドームを形成するようになりました。

活発に噴火活動をしている間、大爆発によってドームが崩壊し、このため火砕流がしばしば発生しました。最悪の場合、火山ガスと高温の碎屑物を含む火砕流が山腹を猛スピードで流れ落ちます。地元の人々はこうした火砕流を wedhus gembel と呼んでいます (Yunus Kusumahbrata 1998)。

メラピ山が最後に噴火したのは2006年で、このときには2004年に形成された溶岩ドームが破壊され、Geger Buayaの壁が崩壊して、最終的に新しい巨大な溶岩ドームが形成されました。

雨季にはメラピ山の斜面に堆積した大量の火山性碎屑物が押し流されて、火山泥流による洪水を発生します。この泥流は現地語でラハールと呼ばれ、科学用語にもなっています。洪水は猛スピードで下流へと流れ、橋や水田、村落を破壊します。一方でこうした火山泥流の洪水は、砂、砂利、巨礫などを下流へと運搬、堆積させて、建設材料としての資源となります。



図11 メラピ山は活発に活動する火山として知られ、さまざまな噴火のようすを見せます

3.6 セウ (Sewu) のコックピットカルスト、東ジャワ (Java Timur) 州—ジョグジャカルタ (Yogyakarta) 特別州

面積1,400平方キロメートルの広い地域にわたるセウのカルスト地域は、東ジャワ州のパチタン (Pacitan) 県のテレン・リア (Teleng Ria) 海岸とジョグジャカルタ特別州のパラン・トリテイス (Parang Tritis) 海岸との間にあります。この地域は道路網が発達しているため、アクセスのよい場所です。セウカルスト (図12) の特色は、何千個という高さ100～150メートルの独立した石灰岩の丘で、それぞれの丘の間はドリーネとなっています。この地形から地元の人々は、ここをグヌング・セウ (Gunung Sewu)、すなわち「無数の山」と呼んでいます。セウのコックピットカルストは、円錐やドーム状の丘が特徴的で、素晴らしい景観が広がっています。

地表の景観だけでなく、地下にも広範な洞窟のネットワークがあります。これまでに500を越す洞窟が記録され、地図も作成されています。大半の洞窟は交通が悪く、あまり知られていませんが、数は少ないものの一部の洞窟は観光地として開発され、人気があります (Hanang Samodra 2002)。

洞窟に生息する動物には、各種のコウモリ、アマツバメなどの鳥類、コオロギ、淡水エビがいます。アマツバメの巣の採集によって、このあたりの地方自治体の財政は潤っています。

工業用の石灰岩に対する需要が高まっているため、セウカルストにおける非常に貴重な区域の多くが、採掘活動によって直接的に脅威にさらされているのが現状です。

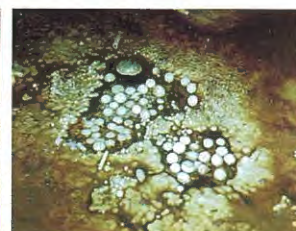


図12 セウコックピットカルストの景観と洞窟生成物。(下) 美しい洞窟内には鐘乳石

3.7 ブロモ (Bromo) 山 - テンガ (Tengger)、東ジャワ (Java Timur) 州

テンガカルデラ内部にあるブロモ山(図 13)は、東ジャワ州でも有数の観光地です。ブロモ山は海拔 2,330 メートルの活火山で、テンガ山脈の一部です。ここは素晴らしい地質遺産で、火山の美しい景観だけでなく、その周辺に生活する人々の特色ある豊かな文化も見どころです (Yunus Kusumahbrata 1998)。

2004 年に噴火して以来、ブロモ山の噴火口からはガス突出の大きな音を伴って、白色の火山性水蒸気が立ち昇り続けています。

涼しい空気の中、広大な火山性砂漠をトレッキングしたり、日の出や日没を眺めたり、毎年開かれるロロ・アンテン (Roro Anteng) 姫を祭る地元のお祭りなどが、観光の目玉になっています。



図 13 ブロモ - テンガ火山と周辺の町の様子

4. バトゥール (Batur) 山、バリ (Bali) 島

バリ島は独特な社会文化遺産と自然遺産によって、世界的な観光地として古くから高い評価を得ています。バトゥール山、バトゥールカルデラ湖、火山周辺の特徴的な景観 (図 14) は、バリの高原地帯を訪れる観光客に人気のスポットです (Yunus Kusumahbrata 1998)。バトゥール山は、アゲン (Agung) 山北西の 2 つの同心カルデラの中央に位置しています。大きい方のカルデラは面積が 10×13 平方キロメートルあり、その南東側にはカルデラ湖があります。バトゥール湖の表面からそびえている標高 700 メートルの活火山は、美しい景観を作り出しています。

バリ島の他の自然遺産と同じく、バトゥール湖は有名なバリの文化遺産と合わせて、人気の観光地になっています。

バトゥール山は 1804 年の噴火以降、頻繁に活動を続け、その記録が残されています。この火山の噴火は小さいし中規模の活動が特徴で、ときに溶岩を流出させます。

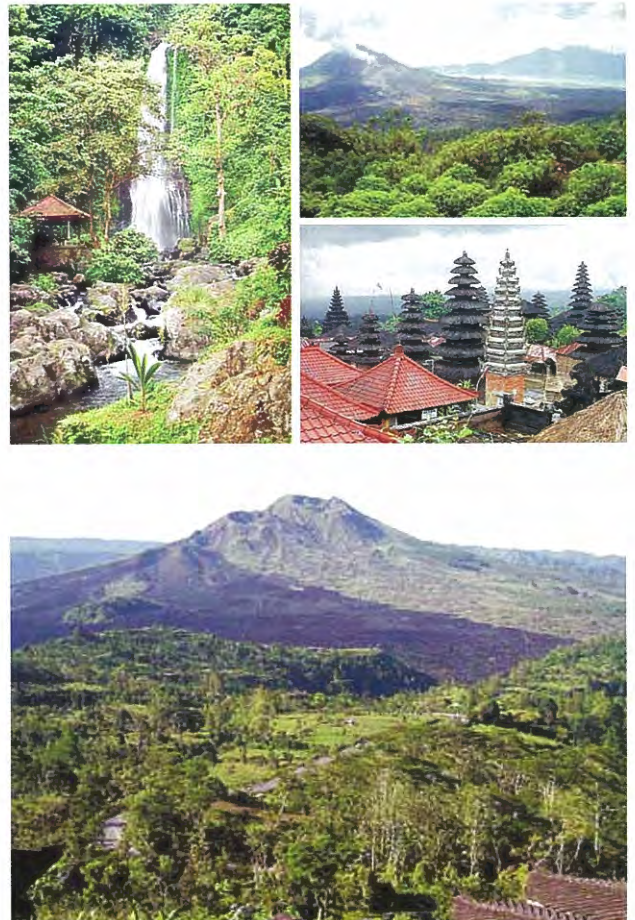


図 14 バトゥール山周辺はバリの観光地になっています

5. ヌサ・テンガラ (Nusa Tenggara) 州の地質遺産

ヌサ・テンガラ (Nusa Tenggara) 州は、地理的には小スンダ (Lesser Sunda) 諸島として知られており、全長 1,300 キロメートル、500 以上の島々からなっています。西は大きなスンダ島から東のマルク (Maluku) 島やパプア (Papua) 島に至る島々が 1 つの州に統合されています。小スンダ諸島は、2 つのはっきりした弧をなしています。北側の長い弧状列島はロンボク (Lombok)、スンバワ (Sumbawa)、コモド (Komodo)、フロレス (Flores)、レンバタ (Lembata) 諸島からなり、火山性の島弧です。南側の短い弧状列島のスンバ (Sumba)、サウ (Sawu)、ロチ (Roti)、チモール (Timor) は隆起したサンゴ礁です。

5.1 リンジャニ (Rinjani) 山、ロンボク (Lombok) 島

リンジャニ山 (図 15) はロンボク島の活火山です。海拔 3,726 メートルのリンジャニ山は、東ジャワ州のセメル (Semeru) 山に次ぐインドネシア第 2 位の高さを誇っています。この火山と壮大なセガラ・アナク (Segara Anak) 火口湖は、1997 年に国立公園に指定され、保護されています (Hanang Samodra & Yunus Kusumahbrata 1998)。楕円形のカルデラ (6 キロメートル× 8.5 キロメートル) の一部には水が溜まり、深さ 230 メートルのセアガラ・アナク湖になっています。カルデラ付近では、温泉、噴気孔、硫気孔などの火山現象が多数観察されます。

リンジャニ山は、1994 年、1995 年、1996 年と連続して噴火し、グヌング・バルジャリ (Gunung Barujari) と呼ばれる小さな火山円錐丘が形成されました。グヌング・バルジャリは、カルデラの中央に位置しており、海拔 2,300 メートルです。この時の溶岩流は火口湖に流入し、この火山の素晴らしい景観を作り出しました。リンジャニ山は西ヌサ・テンガラ (Nusa Tenggara Barat) 州の州都マタラム (Mataram) のすぐ近くにあり、観光地として人気があります。リンジャニ山周辺ではニュージーランド政府の指導を得て、管理の行き届いたエコツーリズム活動が行われています。

5.2 タンボラ (Tambora) 山、西ヌサ・テンガラ州スンバワ (Sumbawa) 島

タンボラ山 (図 16) は小スンダ諸島のスンバワ島にあり、タンボラ山自体がサンガル (Sanggar) 半島という半島を作っています。半島の北側はフロレス (Flores) 海、南側はサレー (Saleh) 湾です。

標高 2,850 メートルのタンボラ山は活発な活動を続

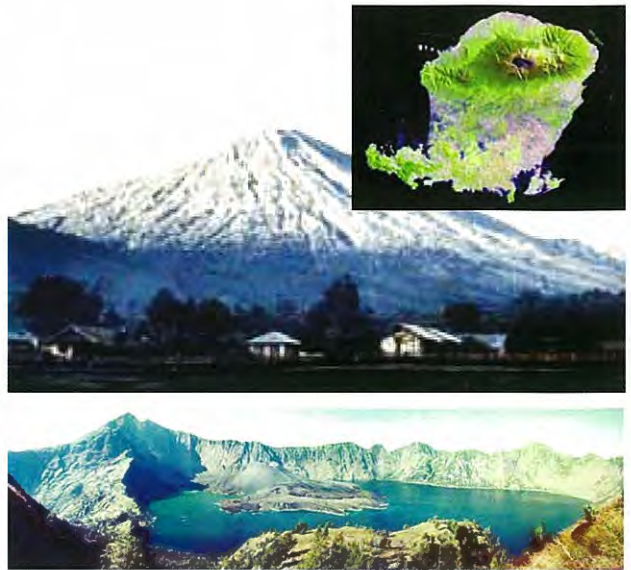


図 15 ロンボク島北部の景勝、リンジャニ山とその衛星写真

ける成層火山で、史上最大の噴火を起こしたことで知られています。1815 年の噴火では、世界中で異常気象が発生しました。19 世紀に北半球を襲った史上最悪の飢饉は、成層圏まで達したタンボラ山の火山灰が広く拡散し、世界各地を覆ったことが原因とされています。その結果、北米と欧州では「夏のない年」を経験し、世界的に冷害が発生しました。

このときの巨大火山の大噴火で発生したエネルギーは、1883 年のクラカタウ噴火によって発生したエネルギーの 4 倍に相当するといわれています。100 立方キロメートルに達したと推定される火山砕屑物が噴出し、直径 6～7 キロメートル、深さ 600～700 メートルのカルデラが形成されました。爆発前の標高は 4,300 メートルと推定されていますが、現在は 2,850 メートルです (Hanang Samodra & Yunus Kusumahbrata 1998)。

この噴火では、少なくとも 7 万 1000 人に上る犠牲者が出ましたが、噴火によって亡くなったのは 1 万 1000～1 万 2000 人です。2004 年に行われた考古学的発掘調査により、厚さ 3 メートルの火山砕屑堆積遺物の下から、1815 年の噴火によって埋没した文化的遺産が完全な形で発掘されました。



図 16 人類史上最悪の被害をもたらしたタンボラ山の全景と衛星写真

5.3 ケリムツ (Kelimutu) 山、東ヌサ・テンガラ (Nusa Tenggara Timur) 州フロレス島

ケリムツ山 (図 17) は、フロレス島の中央にある火山です。山頂には 3 個の火口湖があって、それぞれの独特な色合いの水をたたえています。一番西のティウ・アタ・ムブプ (Tiwu Ata Mbupu、老人の湖の意) の湖水は青、ティウ・ヌワ・ムリ・クウ・ファイ (Tiwu Nuwa Muri Koo Fai、若者と乙女の湖の意) はきれいな緑、ティウ・アタ・ポロ (Tiwu Ata Polo、魅せられた湖の意) の湖水は赤色です。東側の 2 つの湖には湧昇現象が見られますが、これは湖の酸性度、異なる種類の藻類の増加、水中噴気孔の活動が原因であると考えられます (Hanang Samodra & Yunus Kusumahbrata 1998)。

はるか昔、これらの湖では小規模な水蒸気爆発が繰り返し返されていました。複合火山であるケリムツ山の頂上は、北ないし北西から南ないし南東方向に伸びています。より古期のケリド (Kelido) 山は北へ 3 キロメートル、ケリバラ (Kelibara) 山は南へ 2 キロメートルのところに位置しています。



図 17 ケリムツ山にはさまざまな色をした火口湖があります

6. スラウェシ (Sulawesi, Celebes) の地質遺産

K 字型をしたスラウェシ (セレベス) 島は、パプア (Papua) 島、カリマンタン (Kalimantan) 島、スマトラ (Sumatera) 島に次いでインドネシア諸島で 4 番目に大きく、面積は 1 万 7600 平方キロメートルです。この島は 3 つの大きな構造プレートの会合点に位置しているため、地質学的に非常に複雑な進化を経てきました。このため、スラウェシでは学術的にも貴重な独特の地質現象がたくさん観察できます。また、人類学者や観光客にとっては、これらの島々の文化的遺産も興味深いものです。

6.1 マロス (Maros) カルスト、南スラウェシ州バンティムルン (Bantimurung) 国立公園

南スラウェシ州マロス県の代表的な地質遺産は、典型的なタワー状とテーブル状のカルスト丘が発達したトナサ (Tonasa) 石灰岩が作る地形です (図 18)。インドネシアの他のカルスト地形とは明らかに異なるタワー状の台地は、マロス型カルストとして、特別に分類されています。

面積 1,000 ヘクタールのバンティムルン国立公園は、マカッサル (Makassar) の北約 45 キロメートルのところにあります。マカッサルは以前、ウジュンパンダン (Ujung Pandang) と呼ばれていました。ここにはマロスカルストの地形があり、国立公園内にはバンティムルン滝やたくさんの洞窟をはじめとして、珍しいカルスト現象が数多く観察できます (Sahat Tobing et al. 2000)。バンティムルンは石灰岩地帯の南縁にあり、いくつもの洞窟や岩窟住居跡があります。バンティムルン滝は木々の生い茂る石灰岩の断崖にかかっています。バンティムルン国立公園は週末や祝祭日には地元の観光客で混雑しますが、それ以外の時期はタコのような形をしたスラウェシ島南部の中心都市マカッサルの喧騒から逃れることのできる絶好の場所です。

バンティムルンは素晴らしい景観だけでなく、美しい蝶の生息地としても知られています。スコールがあがって太陽が姿を現した時が、乱舞する蝶の観察には最適で、たくさんの美しい蝶が飛び交う姿は見事です。



図 18 典型的なマロス型カルストと洞窟生成物、バンティムルン国立公園には洞窟がたくさんありますが、ミニピ洞窟は観光に適した洞窟です。洞窟には鍾乳石や石筍が無数にあり、白、クリーム色、黄、茶などさまざまな色をしています。天井に吊り下げたシャンデリアのように見えるものもあります

6.2 タナトラジャ(Tana Traja)、南スラウェシ(Sulawesi Selatan) 州

タナトラジャはマカッサルの北約 300 キロメートルにある県です。この地域へは、南スラウェシ州、西スラウェシ州、東スラウェシ州を結ぶトランススラウェシ道路網を利用すれば容易に行くことができます。1500～2000 万年前に形成された石灰岩(トラジャ層) 山岳地帯にあるタナトラジャは、その絶景、魅力的な村落、地域の人々の伝統的な生活様式による素晴らしい儀式で知られています (Sahat Tobing et al. 2000、図 19)。

トラジャ文化で大変興味深いのは、彼らの祖先の敬い方や祖先の祭り方です。トラジャ族は、固い石灰岩の丘に墓を掘って死者を埋葬すれば、祖先の霊は家族の近くにとどまって、家族が不幸に会わないよう守ってくれると信じていました。動物を屠殺して仲間ふるまう儀式は、家族が死者を敬う気持ちを示すものです。この儀式は何日も続きますが、その期間は家族の地位や裕福さによって異なります。

ロコマタ (Lokomata) は、海拔約 1,400 メートルのセセアン (Sesean) 山の山腹にあり、美しい埋葬地の 1 つです。このあたりで埋葬に使われる洞窟は、巨大な石灰岩の塊を人がノミで削って掘ったものです。現在、トラジャ族は伝統的な埋葬法を復活させ、自然界の岩を墓としたり (liang)、あるいは人工的な墓 (patane) のどちらかに死者を埋葬しています。土地はトラジャ族にとって非常に貴重で、地面を墓所として利用することはできないのです。これまでに作られた石墓の数は 60 を超えており、墓が増えたために石灰岩の外観も急速に変化しました。1 つの墓を完成させるには 6～12 カ月間にわたる重労働が必要です。

6.3 ポソ(Poso)湖、中スラウェシ(Sulawesi Tengah) 州

南北 32 キロメートル、東西 16 キロメートル、深さ 450 メートルのポソ湖 (図 20) はインドネシアで 3 番目に大きい湖で、海拔約 600 メートルにあり、北西方向の断層帯にそって大地が動いたためにできたと考えられています。

人々はその美しい自然を楽しもうとポソ湖を訪れます。ポソ湖北側のテンテナ (Tentena) 地区と南側のペンドロ (Pendolo) 地区は観光地として開発され、観光用施設が整備されています。旅行者は周辺の田園地帯を散策し、ボートで湖の観光を楽しむことができます。ポソ湖周辺には有名なラン (蘭) の植物園がいくつかあって、各種の野性ランが展示されています。

テンテナ付近の森にはサロバ (Salopa) 滝があり、こ

れも有名な観光地です。滝、たくさんの早瀬、水晶のように透明な水をたたえた淵なども観光客に喜ばれています。



図 19 タナトラジャ地質遺産周辺の景観や多様な文化



図 20 ポソ湖の地質遺産とジオツーリズム

7. マルク (Maluku) の地質遺産

マルク諸島は、スラウェシ島の東側、パプア島の西側、チモール島の北側に位置する群島で、スパイス諸島の名でも広く知られています。島々の大半が山地で、一部の島は活火山です。地球の力学的な作用が複雑に絡み合っており、たくさんの興味そそられる地質遺産や素晴らしい景観を作り上げました。

Akoh 洞窟、セラム (Seram) 島

マルクの秘宝ともいべき洞窟はじつに壮観で、インドネシアで最も美しい景観の1つに数えられています。なかでもマソヒ (Masohi) の町 (南セラム州) から東へ 40 キロメートル行ったところにあるテミロウ (Temilouw) 村のアコ (Akoh) 洞窟は素晴らしいものです (図 21)。ここでは鍾乳石、石筍、流れ石、硫酸カルシウムの針状結晶、ヘリクタイトや、多量の方解石が含まれているためにきらきらと輝く天使の髪とよばれる洞窟生成物などが連なっています (Hanang Samodra 2002)。

洞窟は道路からも近く、観光局が管理しています。洞窟ツアーの手配はいつでもできますが、事前にマソヒの観光局にツアーを予約しておく方がよいでしょう。

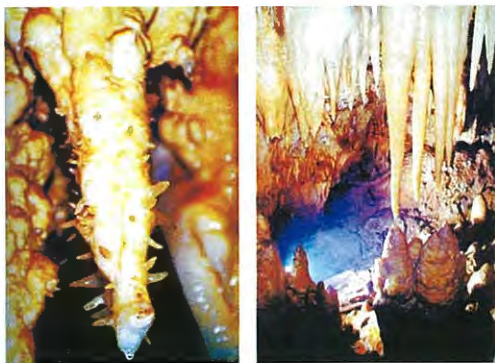


図 21 アコ洞窟の洞窟生成物。(左下) 洞窟内の温度や湿度がほぼ一定であるため、たくさんのヘリクタイトが成長しています。(右下) 非常に透明度の高い方解石の結晶でできた美しい洞窟生成物

8. パプア (Papua) 州の地質遺産

パプア州はニューギニア (New Guinea) 島の西半分を占めるインドネシア最大の州です。面積は 41 万平方キロメートルで、インドネシア全土の約 21% を占めています。島の 75% 以上は深い森に覆われ、世界でも有数の手付かずのジャングルに入るとは、ほとんど不可能です。パプア州の総人口は 250 万人で、インドネシアでは最も低い人口密度となっています。パプア州は大きく分けて、中央山脈、北と西のより小さな山脈、南部と北部に広がる広大な低地の 3 つの地形から成っています。

プンカク・ジャヤ (Puncak Jaya)、パプア州の熱帯氷河

プンカク・ジャヤ氷河 (図 22) は、パプア中央山脈の熱帯にある氷河です。1623 年にオランダ人探検家によってプンカク・ジャヤの雪原が初めて世界に報告され、1909 年に別のオランダ人探検家 Hendrik Albert Lorentz がこの氷河に初めて到達しました。この探検には、ボルネオ島のアポカヤン (Apokayan) で集められた地元のダヤク (Dayak) 族、ケンヤ (Kenyah) 族のポーター 6 名が同行しました。1962 年には、オーストリアの登山家 Heinrich Harrer がプンカク・ジャヤの登頂に成功しました。

20 世紀までは、プンカク・ジャヤの熱帯氷河には Cartenz、Meren、Northwall Firn がありましたが、2000 年頃には Meren 氷河が完全に消失し、その他の氷河も急速に溶解しています。プンカク・ジャヤの熱帯氷河がこのように急速に溶け出したのは、1850 年から 1972 年までの 100 年間にこの地域で約 0.6℃ の温度上昇が認められたことから、地球温暖化が原因だと考えられています (Hanang Samodra & Yunus Kusumahbrata 2000)。

9. カリマンタン (Kalimantan) の地質遺産

ボルネオ (Borneo) 島はパプア島に次ぐインドネシア第 2 の大きな島です。地質的にはボルネオ島はスンダランド (Sunda Land) と呼ばれる安定大陸の一部と考えられています。島の外縁には広大で平坦な湿地が広がり、その内側は起伏のある丘や山などの険しい高地になっています。内部の高地からは、全長 1,143 キロメートルのカプアス (Kapuas) 川、880 キロメートルのバリト (Barito) 川をはじめ、大きな河川がいくつも流れています。ボルネオ島は、カルスト地帯にサンクリラン (Sangkulirang) 洞窟をはじめとする広大な洞窟システムがあることでも知られています。



図22 プンカクジャヤの赤道氷河とその氷河地形

9.1 サンクリラン (Sangkulirang) カルスト地形、東カリマンタン (Kalimantan Timur) 州

クタイ (Kutai) 県とブラウ (Berau) 県の県境にあるマンカリハット (Mangkalihat) 半島には、素晴らしいカルスト景観が広がっています。この景観はいわゆる尖塔カルストで、多くのとがった尖塔が集中して形成されているのが特徴です (Yunus Kusumahbrata 1998)。この地域には珍しい特徴を持った洞窟がたくさんあります (図23)。多くの洞窟に先史時代から人々がこの地域に居住していたことを示す証拠が残っています。素晴らしい地質的な現象だけでなく、カルスト特有の生態系は多くの重要な植物群や動物群が生息する場所として、重要な役割を果たしています。



図23 サンクリランカルストの洞窟生成物。(上) 天井から滴り落ちる水滴がなくなると、鍾乳石は成長を止めてしまいます。(下) 洞窟内の水たまりはまだ洞窟化が進んでいることを示しています

9.2 マルタプラ (Martapura) とチェンパカ (Cempaka) の宝石産地、南カリマンタン (Kalimantan Selatan) 州

南カリマンタン州は Kalsel とも言われ、数千もの河川が流れる大地という愛称で呼ばれます。この州は湿地が多く、とくにカリマンタン島の南東岸に集中しています。南カリマンタン州の州都バンジャルマシン (Banjarmasin) は、色とりどりの水上マーケットや活気あふれる運河が有名です。地元住民の多くはイスラム教徒のバンジャル人で、プロテスタントやカトリックの信者は少数です。バンジャル人は熱心なイスラム教徒で、毎年数千人がメッカへ巡礼をしています。

バンジャルマシンに近いマルタプラ (Martapura、あるいは Barito) も川辺での生活を知るには最高の場所です。宝石マーケットが有名なマルタプラは、宝石の街として知られています。地元住民は長年にわたって宝石加工に従事し、伝統的な道具と近代的な装置の両方を使って宝石のカットや研磨をしています。

チェンパカはバンジャルバル (Banjarbaru) から10キロメートル、バンジャルマシンから45キロメートル離れた小さな村落です。ここは古くからダイヤモンドを採掘していた鉱山で、非常に素朴な道具を使って採鉱が行われていました (図24)。1965年には、166.75カラットの巨大なダイヤモンド原石が発見されています。マルタプラは、ダイヤモンドや他の宝石を研磨する中心地になっています (Yunus Kusumahbrata 1998)。

チェンパカでは男性労働者が10～15メートルの立坑を掘り、竹製の階段状の足場を作って地下の土、粘土、砂利を籠に入れて運び出す方法が、地下の宝石や準宝石を探す一般的な方法です。彼らは、1965年に発見され、Trisakti と名づけられた100カラットを越すダイヤモンドに匹敵するような、素晴らしい宝石を再び掘り出すことを夢見ています。女性労働者は掘り上げた土をこねてふるいにかけて、椀かけをしながら、経験豊かな目で、どんな小さなダイヤモンド、サファイア、アメシスト、ガーネット、金のかけらでも見逃しません。地元の人々が galuh (王女の意味) と呼ぶ宝石は近くのマルタプラの町でカットや研磨をされて取引されます。チェンパカの宝石は西欧諸国で非常に高く評価され、地元の相場をかなり上回る価格で取引されるものもあります。しかしながら、宝石を購入する場合には、常に品質を重視している定評ある業者から買うようにしなければなりません。

Trisakti と名づけられたダイヤモンドは、この地域で発見された最大のダイヤモンドで、価格も最高でした。

鳥の卵ほどのダイヤモンドの重さは 166.75 カラットもあり、ピンクダイヤモンドという種類です。1965 年 8 月 26 日、地下 12 メートルからこのダイヤモンドを発見した鉱夫のハジ・スクリ (Haji Sukri) はかわいそうに、ジャカルタのある高官にこのダイヤモンドを取り上げられた後、その宝石を二度と見ることはありませんでした。彼が手にしたのは自宅を建て、妻と共にメッカへ巡礼に行くに足る金額だけでした。



図 24 マルタブラの町と宝石採掘のようす

10. 地質遺産保全の将来

1990 年代後半以降、インドネシアではジオツーリズム産業が着実な発展を遂げています。その後、興味深い

地質的地物が次々と認定され、この産業の育成に貢献しています。その結果、こうした地物は地質学的遺跡の一部として徐々に認識されるようになりましたが、地質遺産保全活動の一環としてこれらを保存しようとする体系的な取り組みは依然として行われていないのが現状です。

インドネシアではこれまで、地質遺産資源の保全活動が積極的に推進されることはありませんでした。地質遺産は、国立公園や世界遺産の一部として保存されるか、文化や伝統という面だけから保護の対象とされてきました。地質事象の遺産的価値に対する理解を深め、地質資源のもろさに対してさまざまな関係者の意識を高めることにより、近い将来、遺産保護の必要性を政府が認識することが期待されます。

これまでインドネシアで受け入れられてきた地質遺産の考え方は、ただ研究や教育に役立てるための個別の存在、というものでしたが、今後は、特定の自然系を確実に維持するために、地質遺産の価値を考慮に入れた新しい地質遺産という考え方を徐々に取り入れようとしています。地質遺産資源の保護は、インドネシアの総合的で幅広い視点に立った自然保護や、長期的で包括的な土地管理計画の面からも不可欠だといえます。

参考文献

- Bambang Dwiyanto, 2006. Geowisata: Alternatif Pengembangan Sumber Daya Geologi Daerah, Geowisata Untuk kemanusiaan dan Pembangunan Berkelanjutan, *Majalah Arena* 1, 7-15.
- Hanang Samodra, 2002. *Nilai Strategis kawasan kars: Pengelolaan dan Pemanfaatannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 220pp.
- Hanang Samodra & Yunus Kusumahbrata, 1998. *Geowisata, Budaya, dan keurbakalaan Daerah Flores Timul, Propinsi Nusa Tenggara Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 24pp.
- Hanang Samodra & Yunus Kusumahbrata, 2000. *Buku Panduan Geowisata Taman Nasional Lorentz Barat, Kabupaten Mimika, Irian Jaya*. Pusat penelitian dan Pengembangan geologi, Bandung, 54pp.
- Ibrahim Kamoo, 2003. *Conservation Geology: Protecting hidden Treasures of Malaysia. ASM Inaugural Lectures 2003*. Lestari UKM Publication, 51 pp.
- Sahat Tobing, Syahrir Andi Mangga & Wahyu Gunawan, 2000. *Buku Panduan Geowisata Daerah Kabupaten maros, Sulawesi Selatan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 20pp.
- Suharto, Yudi Firman & Dikdik Kosasih, 2000. *Buku Panduan Geowisata Kabupaten Pandeglag, Jawa Barat*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 18 pp.
- Sukhyar Kartakusumah, 1990. *Eruption History of Mount Krakatau*. Direktorat Vulkanologi, 42 pp.
- Yunus Kusumahbrata, 1998. *Potensi Pengembangan Geowisata Indonesia, Proceeding Workshop Geowisata II*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 112 pp.
- Yunus Kusumahbrata, 2003. *Model Pengembangan Ecotourism Jawa Barat, Dinas Pariwisata Provinsi Jawa*

Barat. LPM Universitas Padjajaran, 98 pp.

Yunus Kusumahbrata, 2006. The Child of Krakatau: A Magnificent Volcano at the Sunda Strait. Geowisata Untuk Kemanusiaan dan Pembangunan Berkelanjutan. Majalah Arena 1, 110-121.

Yunus Kusumahbrata, Hanang Samodra, Sukendar Asikin & Munasri 2006. Buku Panduan Geowisata daerah Kebumen dan Sekitarnya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 58 pp.

第4章 日本の地質遺産

渡辺真人・嶋崎吉彦

1. はじめに

日本列島には、私たちが生活している地球の過去から現在に至る変動がよくわかる場所がたくさんあります。地球の表面は多数のプレートとよばれる岩板で覆われており、それぞれのプレートは人間の爪が伸びる速さと同じくらいのスピードで移動しています。あるプレートの下に別のプレートが沈み込む、あるいはプレート同士が衝突するといった相互作用によって、地球上にはさまざまな地質現象が起こります。

日本列島は4つのプレートが収斂するという、地球上でも珍しい場所に位置しているため、地震や火山活動が最も活発な地域の一つとなっています。こうした地球の営みを反映して、日本の地質構造は複雑です。日本列島はかつてユーラシア大陸の一部でしたが、今から千数百万年前にユーラシア大陸の東縁部が細く裂け、今の位置まで移動して日本列島の原型ができあがりました。現在の日本列島をつくっている地層には約5億年の地球の歴史が記録されており、地質学的に重要な地質遺産が数多くあります。

日本は山地の多い、起伏に富む島です。火山の噴火やプレートの運動に伴って大地が隆起し、高い山ができました。日本の気候は湿潤で雨が多いため、山には深い谷が刻まれて美しい渓谷がたくさん作り出されました。このような地質と地形の多様性を反映して、生態系も多様性に富んでいます。日本の美しい景観はプレートが出会う場所という、特殊な地質条件によって作り出されたものなのです。

本章では、本稿の元となった英文原稿執筆時（2007年末）にジオパークの設立準備が進んでいた7つの地域の地質遺産について解説しています。日本にはそれ以外にも価値ある地質遺産が数多くあり、それらのほとんどは天然記念物という仕組みによって保護されて

います。天然記念物とは、学術上の価値が高いとされる天然の動物、植物、地質、鉱物などを国または地方自治体が指定して保護する仕組みで、現在975件が指定されており、そのうち221件が地質や鉱物に関する天然記念物です。この天然記念物に指定されている地質遺産に関する情報は、それらを所管する文化庁のウェブサイトで入手することができます。

日本には地球科学系の展示を行っている博物館が約200ヶ所あります。日本の地質状況を反映して火山系の博物館が多く、また活断層露頭の上に建物を建てて露頭を保存し、見学できるようにしている博物館もあります。フィールドミュージアム、エコミュージアムという名前で野外活動を中心とした活動を行っている博物館もあります。



図1 本章で紹介する地域の位置図

2. 白滝黒曜石地域

白滝町は北海道北東部の山地にあります。このあたりには 100 万ないし 200 万年くらい前にできた黒曜石の大きな岩体があり、それを原料にして石器に加工していた旧石器時代の大規模な遺跡があります。黒曜石とは火山から噴出したマグマが急冷されてできた天然のガラスで、白滝町の赤石山周辺には、石器作成に適した良質の黒曜石が分布しています。赤石山の黒曜石は、約 220 万年前に火山の噴火によってできたもので、湧別川の流域には旧石器時代の遺跡が 100 ヶ所以上もあり、1995 年から 2008 年にかけて発掘が行われていました。それぞれの遺跡からは合計数十万点におよぶ石器や、石器を作ったときの破片が出土しています。膨大な数の石器とその破片が出土することから、これらの遺跡は旧石器時代の一種の石器工場であったと考えられます。

最近の化学分析法の進歩によって、石器に使われた黒曜石の産地が詳しくわかるようになりました。そして、白滝町の黒曜石が北海道だけでなく、サハリン、さらにはアムール川流域にまで運ばれていたことがわかってきました。つまりこれらの石器は、旧石器時代にはすでに数百キロという広い範囲で交易が行われていたことを示す証拠であり、当時の人たちが黒曜石という地質資源を活用して交易していたことがわかります。その頃の人たちは、黒曜石を現代のお金のように使って、交易の基準にしていたようです。白滝遺跡は人類が古くから地質資源と深く関わりを持っていたことを示す貴重な地質遺産です。

白滝町には、黒曜石と旧石器時代の遺跡以外にもさまざまな地質遺産があります。まず、北海道がユーラシア大陸の一部であった頃に、深海底に堆積した泥がプレートの動きによって大陸に付け加わってできた地層を観察することができます。また、周氷河地形や、高山植物などの周氷河遺存種も残されています。このように白滝町は、地形、岩石、地層、生物の観察に適し、自然環境がよく保全されている地域です。白滝地域は 2010 年春現在、日本ジオパークネットワークに加盟申請中です。

3. アポイ岳ジオパーク

アポイ岳は北海道南部に位置する、かんらん岩でできた山です。標高は 810 メートルと、あまり高くはありませんが、岩石学者の間では世界的に有名です。かんらん岩は地下数 10 キロメートルでできた岩石ですが、アポイ岳のかんらん岩は地下深くにあったときの



図2 白滝地域で産出した石器 (写真: 遠軽町提供)

状態をよく保っており、地球深部のようすを研究するのに非常に適した、貴重な岩石です。

3.1 かんらん岩

地球の表面から深さ約 10 ないし 40 キロメートルまでの部分は地殻とよばれ、現在私たちが地表で目にするのとはほぼ同じ岩石からできています。その下にはマントルとよばれる層があり、地殻とは異なる岩石からできています。このマントルの岩石がかんらん岩です。かんらん岩が何らかの理由で部分的に融解するとマグマになります。ですから、アポイ岳にあるようなかんらん岩を研究すると、地球の中でどのようにマグマができるのかがわかるのです。アポイ岳には、マグマができたときに溶けずに残った岩石、溶けたマグマが地表へと移動していく通り道が観察できる岩石など、さまざまなタイプの岩石があり、地下の深いところでマグマがどのようにできるのかを考えるよい手がかりになっています。

では、なぜ地下数十キロメートルにあった岩石を地表で見ることができるのでしょうか？それは北海道という島の成り立ちが関係しています。北海道は二つの島弧（プレート境界にある列島）が衝突してできた島で、アポイ岳を含む日高山脈がそれら二つの島弧が衝突した場所なのです。この衝突のときに一方の島弧の先端がめくれ上がるように持ち上がって、地下深部の岩石が地表まで出てきたのです。この衝突が起こったのは今から千数百万年前のことです。

様似（さまに）町にある野外展示広場「アポイの鼓動」では、各種のかんらん岩が解説付きで展示されています。大きな岩石を切断した面を磨いてあるので、緑色をしたかんらん岩の中の美しい鉱物をはっきりと観察することができます。

3.2 アポイ岳のかんらん岩と植物

アポイ岳に露出するかんらん岩は、登山道沿いでも見ることができます。かんらん岩が風化してできた土壌はマグネシウムを多く含む特殊な土壌なので、アポイ岳には固有種の植物がたくさん生えています。5月から10月にかけては、登山道沿いで美しい花を眺めることができます。

アポイ岳の麓にある様似町にはビジターセンターがあり、アポイ岳の地質、植物、動物などに関する情報、登山に関する情報などを提供しています。アポイ岳は日本ジオパークです。



図3 アポイ岳ビジターセンター（写真：渡辺真人）

4. 洞爺湖有珠山ジオパーク

洞爺湖有珠山地域は北海道の南部にあります。これまで何度も噴火を繰り返し、最近では2000年にも噴火した活火山の有珠山や、1943-45年に噴火した昭和山、約10万年前の大噴火でできたカルデラ湖の洞爺湖など、さまざまな火山現象を観察できます。ここはまた、美しい景観をもつ温泉地としても知られています。火山活動は災いをもたらすだけでなく、美しい景観や温泉という恵みも住民にあたえてくれますが、このジオパークは火山活動と人間の関わりを学ぶことのできるジオパークなのです。

4.1 洞爺湖

洞爺湖は約10万年前の巨大噴火によってできたカルデラ湖です。カルデラ湖というのは、大規模な噴火によってマグマが大量に噴出すると地下に空洞ができて地面が陥没し、そのくぼみに水がたまったものです。洞爺湖の周囲にはそのときに噴出した火砕流が数10メートルの厚さで堆積しており、湖の南を流れる川沿いで観察することができます。今から数万年前、洞爺湖の真ん中で再び噴火があり、島ができました。これ



図4 昭和山（洞爺湖有珠山ジオパーク提供）

から述べる有珠火山と昭和山は、この洞爺カルデラの南麓にできた火山です。

洞爺湖の南岸には洞爺湖温泉があって、宿泊施設が数多くあります。また、ビジターセンターと火山科学館もあり、この地域の火山に関する情報や知識を得ることができます。

4.2 有珠火山

2万年前から活動をはじめた有珠火山は、1663年以降8回の噴火を繰り返して現在の姿になりました。この100年間に4回も噴火しており、最も新しい噴火は2000年のことでした。2000年の噴火の際には、火山学者と行政の見事な協力のもとで住民が適切に避難したため、火山のすぐ近くに人が住んでいるのにもかかわらず、一人の死者も出ませんでした。

有珠山の東麓から山腹へはロープウェイで行くことができ、1977年の噴火口や洞爺湖、昭和山が眺められます。2000年に噴火した有珠山西麓の火口周辺には遊歩道が整備され、現在も水蒸気を上げている火口、噴火により破壊された建物、噴火に伴う隆起で寸断された道路などを観察することができます。

4.3 昭和山

1943年12月、活火山である有珠山周辺で地震が起こりました。地震はその後にも頻発し、翌年6月には有珠山麓の麦畑の中で水蒸気爆発が始まり、激しい噴火とともに火山が成長し始めました。噴火と隆起は1945年9月末まで続き、溶岩ドームが海拔407メートルまで上昇したところで活動は終息し、昭和山が誕生しました。第二次世界大戦のさなかで火山学者も十分な活動ができなかった時代、地元の郵便局長であった三松正夫（みまつまさお）氏は山体の克明な変化を記録に残しました。その記録は三松ダイアグラムとして世界中の火山学者に知られ、貴重な資料となりま

した。貴重な火山を保護するために、三松氏は昭和新山一帯の土地を買取りました。現在、昭和新山の麓には三松家が運営する博物館、三松正夫記念館があります。



図5 こども向けのガイド付きジオツアーの様子 (写真:渡辺真人)

4.4 火山と人間の関わり

本地域では火山の大きなエネルギーを実感し、火山のもたらす災いと恵みを学ぶことができます。この地域を見て回ること、火山の噴火は大きな被害をもたらすこと、しかし専門家による十分な研究とその成果を住民に普及すれば人的被害は避けうること、そしてさらに、美しい景観やマグマの熱がもたらす温泉などの火山の恵みにより人間の生活を豊かにすることができることを知ることができるでしょう。洞爺湖有珠山は、私たちが地球を知り、それを生活にどう生かすかを学ぶことのできるジオパークなのです。洞爺湖有珠山ジオパークは2009年8月に世界ジオパークネットワークに加盟しました。

5. 糸魚川ジオパーク

日本海に面する新潟県の糸魚川市には日本列島を大きく二つに分ける断層、糸魚川―静岡構造線が通っています。この断層は多くの研究者によって、北米プレートとユーラシアプレートの境界だと考えられています。この断層の東側はフォッサマグナとよばれる千数百万年前にできた地溝（大きな溝状の地形）になっていて、千数百万年前以降にその地溝を埋めた地層が分布し、活火山もあります。一方、糸魚川―静岡構造線の西側には約5億年前から2億5000万年前の古生代の地層や岩石と、約2億年前から1億5000万年前の中生代の地層が分布しています。古生代の岩石中には約5億年前にできたヒスイが含まれており、中生代の地層からは恐竜の足跡化石が見つかっています。

5.1 糸魚川―静岡構造線

日本列島は千数百万年前、ユーラシア大陸の東縁が大陸から分離して今の位置まで移動してできた島です。その際に日本列島の中央部には、列島を南北方向に二分するような幅数10キロメートル、深さ5000メートルを超す大地の溝ができました。これがフォッサマグナです。フォッサマグナ（大地溝帯）は日本列島を東北日本と西南日本に大きく分ける中新世の地溝で、その西縁は糸魚川―静岡構造線とよばれ、北アメリカプレートとユーラシアプレートの境界となる大断層です。糸魚川ジオパークには糸魚川―静岡構造線の露頭周辺に観察路が整備されています。露頭では2億6000万年以上前の変質したはんれい岩と1600万年前の玄武岩質安山岩が接しているのが見られますが、これが北アメリカプレートとユーラシアプレートの境界となっている断層です。ここはプレートの境界を実際に目で見ることができる、世界でも数少ない場所の一つなのです。糸魚川―静岡構造線を境にして両側のプレートが押し合うようになったのは、地質学的には比較的最近の約300万年前以降のことで、その結果、日本列島の中央部には3000メートルを超える山脈が形成されました。それより以前、フォッサマグナのあたりは海でした。観察路では、フォッサマグナ地域が海だった1400万年前に、海底火山から噴出したマグマが急冷されてできた枕状溶岩を観察することができます。

5.2 ヒスイ峡と小滝側

ヒスイ峡にはヒスイ原石の転石がたくさん転がっていますが、これらは峡谷の岩壁の砂岩が風化し、その中の蛇紋岩に含まれていたものが転がってきたものです。このヒスイが形成された年代は約5億年前です。糸魚川市とその周辺の約5000年前の遺跡からは、このヒスイを加工した装飾品が出土しますが、これはヒスイの装飾品としては世界でもっとも古いものです。ヒスイの装飾品は日本列島各地の遺跡から発見されていますが、分析の結果、その多くがこの糸魚川のヒスイであることがわかっています。理由は不明ですが、8世紀になると日本人はヒスイに対する興味を急速に失い、装飾品としては全く使われなくなりました。そのため、その後20世紀に再発見されるまで、糸魚川のヒスイは全く忘れられていました。

糸魚川の南には高い山々がそびえているため、海岸沿いの東西方向の交通路はあっても、南への交通は古昔には困難だったように思えます。しかし上述した糸

魚川―静岡構造線に沿って凹地が続いているので、そこを南へ、太平洋側へと続く交通が可能だったと考えられます。こうした三方向の交通路を通じて、糸魚川のヒスイは広く日本列島各地に伝搬したのでしょう。糸魚川のヒスイは古代から地質と人間が関わっていたことを示すよい例です。



図6 ヒスイ峡 (写真：渡辺真人)



図7 ヒスイの巨礫 (写真：渡辺真人)

5.3 フォッサマグナミュージアム

フォッサマグナミュージアムは糸魚川市にあり、フォッサマグナを含む糸魚川周辺の地質や、糸魚川市や世界各地の化石や鉱物が展示されています。同博物館は糸魚川ジオパークの中心となって活動しており、市内の重要な露頭周辺で遊歩道や説明看板の整備を行っています。ここでは古生代の石灰岩、地すべり地形、活火山とその火砕流の露頭などを観察することができます。糸魚川周辺の地質に関する情報は、この博物館で得ることができます。糸魚川ジオパークは2009年8月に世界ジオパークネットワークに加盟しました。

6. 箱根火山とその周辺

箱根火山は静岡県境に近い神奈川県にあり、東京都心からは約80キロメートルです。箱根火山は、大規模な噴火のあとに火山の中央部が陥没してできた、カルデラとよばれるタイプの火山です。一番外側には外輪山があり、その内側の平坦な部分に芦ノ湖という湖があります。この平坦部の中央には火山がいくつかありますが、これらの山を中央火口丘といいます。

6.1 箱根火山

箱根火山は約65万年前に活動を開始しました。現在箱根火山がある場所では、約23万年前までに10以上の火山が相次いで噴火し、それらの火山が重なり合っていくつもの山頂を持つ複雑な形の火山体ができあがりました。約23万年前から13万年前にかけてはマグマの性質が変わり、大量の火砕流を噴出する大規模で爆発的な噴火を何度も起こしたため、火山の中央部が陥没してカルデラができました。その後、カルデラ内部で小規模な噴火が何度も起こり、中央火口丘ができました。8万年前から6万年前にも大量の火砕流を噴出する爆発的な噴火が繰り返され、火山の中央部はふたたび陥没してカルデラができました。カルデラの中央部ではその後も何度となく噴火があり、中央火口丘が形成され現在の地形になりました。

このように、現在見られる箱根の美しい景観は、度重なる噴火によって形づくられたものです。中央火口丘の一部は今でも活動していますし、大湧谷では火山の噴気を見ることができます。(図8) ここでは90度を超す高温の温泉がわき出しており、その熱い湯を利用したゆで卵が名物となっています。箱根火山のカルデラの中にはこのほかにも多くの温泉がありますし、箱根火山の南側にある湯河原温泉もまた、古くから有

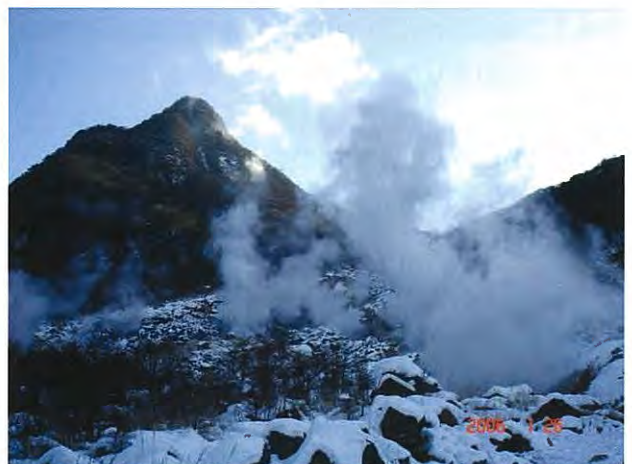


図8 大湧谷の噴煙 (写真：渡辺真人)

名な温泉です。箱根火山の外輪山は、富士山の美しい姿が見られる場所としても有名です。

6.2 真鶴半島

箱根火山の南東にある真鶴半島には、箱根火山をつくった火山の一つから噴出した安山岩が広く分布しています。この岩石は16世紀末から17世紀の初め、現在の皇居の場所に江戸城が造られたとき、石垣の石として使われたことで知られており、現在も石材として採掘されています。

箱根火山地域は、現在日本ジオパークネットワーク加盟に向けて準備中です。

7. 山陰海岸ジオパーク (図9, 10)

山陰海岸ジオパークは、鳥取県の東端から京都府の西端に及ぶ日本海の海岸線に沿った地域で、日本列島がユーラシア大陸から分離して、現在の位置に移動したときの火山活動によってできた岩石が広く分布しています。これらの岩石はシベリアからの冬の季節風やそれによる激しい波浪によって浸食され、さまざまな美しい景観を作りだしています。また、この季節風は海岸地域に砂を堆積させ、鳥取砂丘などの砂丘ができました。

7.1 日本列島と日本海はどのようにしてできたか

日本列島はもともとユーラシア大陸の一部でしたが、約2500万年前、大陸の東端の一部に大きな裂け目ができ、それが大きく広がって今の日本海になりました。裂け目の東側は現在の日本の位置まで移動し、日本列島となりました。日本列島の土台を作っている岩石がおおむね今の位置まで移動し終わったのは、約1500万年前です。この過程で日本列島の日本海側にはたくさんの裂け目ができましたが、そこからマグマが地上に噴出したため、山陰海岸地域には多量の火山岩が形成されました。

7.2 山陰海岸の火山岩と堆積岩

山陰海岸沿いに広く分布する火山岩は、遊覧船から観察することができます。海岸では、火山から噴出した溶岩が固まって岩石となるときさまざまな現象が観察できます。たとえば、溶岩が冷えて固まるときに規則的な割れ目ができると、柱を束ねたような岩石になりますが、これを柱状節理といいます。遊覧船からは各所で、このような美しい柱状節理を見ることができます。また、こうした火山岩類が激しい波浪による浸食を受けて、トンネル状の地形になっているところ

もあります。

山陰海岸では火山岩だけではなく、砂岩や泥岩などの堆積岩も見られます。日本列島がユーラシア大陸から離れ始めた時期にはそこに湖ができましたが、その岸辺に堆積した砂岩層の表面に当時そこで生活していた動物や鳥の足跡の化石が残っている場所もあります。



図9 柱状節理がよく見える火山岩の崖(山陰海岸ジオパーク提供)

7.3 鳥取砂丘

鳥取砂丘は、さまざまな自然の作用によってできあがりしました。近くを流れる千代(せんだい)川が上流の花崗岩地帯から風化した砂を運び、その砂は沿岸流と波浪により海岸に運搬、堆積しました。それは強い季節風によってさらに陸側へ運ばれて堆積し、南北2.4キロメートル、東西16キロメートル、最大の高低差90メートルという、日本でもっとも大規模な砂丘ができあがりしました。砂丘の砂は周辺の農地に飛散して農作物に被害を与えるため、これまでは防風林が植林されてきました。その結果、砂丘の規模が縮小したり、生態系にも変化が見られたため、現在では防風林を一部縮小して砂丘の保護に努めています。

山陰海岸ジオパークは日本ジオパークであり、現在世界ジオパークネットワーク加盟認定の審査を受けています。

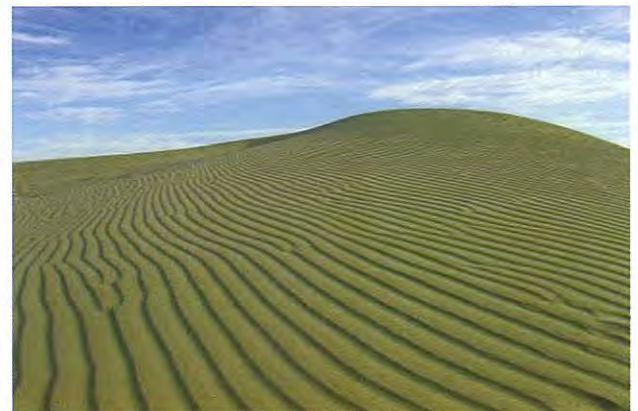


図10 鳥取砂丘(山陰海岸ジオパーク)

8. 島原半島ジオパーク

島原半島は九州の長崎県にあり、半島の中央部には1990年から1995年にかけて噴火した活火山、雲仙火山があります。雲仙火山は1934年に日本で最初の国立公園に指定された場所で、その周辺には多くの温泉があり、国外からもたくさんの観光客が訪れます。

8.1 雲仙火山

雲仙火山のもっとも最近の噴火は1990年から1995年にかけてのもので、それ以前には1663年と1792年に噴火したことが記録されています。1792年には、噴火に伴う地震のために雲仙火山の一部である眉山（まゆやま）が崩壊し、大量の土砂が島原の町から海へと流れ落ちて、島原の町だけで約5千人の死者を出しました。さらに海へ流れ込んだ土砂は津波を引き起こし、対岸の天草を襲いました。津波による死者は約1万人で、合わせて1万5千人という死者数は、日本における火山災害史上、最大のものでした。

1990-1995年の噴火では、溶岩の粘性が高いため山頂付近に形成された溶岩ドームが崩壊して、火砕流が発生しました。火山の被害を理解してもらおうと、この火砕流で大きな被害を受けた小学校の建物が保全され残されています。何度も起こった火砕流のなかでも、1991年6月3日の火砕流は大規模で、報道関係

者や高名な火山学者のKrafft夫妻を含む43名が亡くなりました。噴火活動が沈静化してからは、不安定な斜面に起因する土砂災害を防ぐための砂防工事が広く行われています。火山防災や土砂災害に関する博物館もいくつかあり、よく整備されています。

島原半島ジオパークは2009年8月に世界ジオパークネットワークに加盟しました。

9. 日本のジオパークの推進体制

地質調査総合センター (GSJ) は日本地質学会など地球科学系の学会と協力し、2005年より日本におけるジオパーク・イニシアチブの推進に努めています。日本ジオパーク委員会は2008年に設立され、事務局はGSJに設置されています。同委員会では毎年1回、国内のジオパーク候補地を評価に基づいて日本ジオパークに認定し、また世界ジオパークネットワーク (GGN) 加盟認定を受けるにあたって推薦を行っています。同委員会はこれまでに11地域を日本ジオパークとして認定し、本稿で紹介した洞爺湖有珠山、糸魚川、島原半島の3つのジオパークは、同委員会の推薦に基づいてGGNへの加盟が認められました。さらに、山陰海岸ジオパークが現在GGN加盟認定の審査を受けています。今後も、毎年新たな日本ジオパークと世界ジオパークが認定されていく予定です。



図11 雲仙火山

参考文献

加藤碩一・脇田浩二・トーマス H・ウィルソン. 2008. 日本列島—地学の旅. 愛知出版. 123p.

第5章 大韓民国の地質学的遺産

You Bong Kim

1. はじめに：地質遺産の開発

韓国は、アジア大陸の北東に位置する朝鮮半島の南部にあります（図1）。面積22万2154平方キロメートルの国土の3分の2が山地です。東海岸沿いの山脈は急な絶壁となって日本海に接しています。一方、南海岸や西海岸の山々は緩やかに傾斜して沿岸の平野へと続いており、農作物の大半がこの平野で生産されています。

国土が比較的狭いにもかかわらず、韓国は地質遺産



図1 大韓民国の位置

が豊富で変化に富んでいます (Reedman & Chun 2005)。重要な特徴を持つ地質遺産がある地域は、ほとんどが国立公園や天然記念物などとして保護されています。韓国政府は国内の自然美を代表する重要な景観を国立、道立、市立という3つのカテゴリーの自然公園に指定しています。自然公園への立ち入りは制限されていませんが、保護の必要から公園内では一部の活動が制限あるいは禁止されています。公園内の施設はすべて、公園管理局が計画的に設置、運営しています。最近では、利用者に優しいサービスが提供されるようになり、これらの自然公園は観光スポットとしても脚光を浴びています。現在政府の管理下にあるのは、国立公園20、道立公園22、私立の公園31の計73の自然公園です。

韓国の国立公園は、自然環境を保護し、国民の健康増進活動、文化活動、リクリエーション活動を推進する目的で指定されています（自然公園法第1条、1995）。

国立公園内には複数の公有地が含まれ、そこでの開発行為は大半が禁止されています。韓国の国土に対し国立公園全体が占める割合は6.6%で、公園の多くは山岳地帯や沿岸地域に集中しています。一部の国立公園は、ユネスコ自然生物圏保護区として国際的にも認められています。

道政府が管理しているキョンジュ（慶州、Gyeongju）国立公園とチェジュ（済州）島のハルラ山（漢拏山、Hallasan）国立公園以外は、全て1987年に設置された国立公園管理局（NPA）によって管理されています。NPAは直属の警察をもち、1998年以降は環境部が管轄しています。1967年12月にチリ（智異、Jiri）山が最初の国立公園に指定されて以来、自然公園法第20条に基づいてキョンジュ（慶州）、ケリョン（鷄龍、Gyeryong）山、ハルリョヘサン（閑麗海上、Hallyeohaesang）、ソラク（雪岳、Sorak）山、ソングニ（俗離、Songnisan）山、ハルラ（漢拏）山、ネジャン（内蔵山、Naejang）山、カヤ（伽耶、Gaya）山、トギユ（徳裕、Deogyu）山、オデ（五台、Odae）山、チュワン（周王、Juwang）山、テアンヘアン（泰安海岸、Taeanhaean）、タドヘ（多島海、Dadohae）、ブukkan（北漢、Bukhan）山、チアク（雉岳、Chiak）山、ウォラク（月岳、Worak）山、ソベク（小白、Sobaek）山、ピョンサン（辺山、Byeonsan）半島、ウォルチュル（月出、Wolchul）山など、多くの地域が国立公園に指定されました（図2）。山岳公園で規模が最も大きいのは南西部のチリ山国立公園です。海岸公園ではタドヘ海上公園が規模が最も大きく、その総面積は2,200平方キロメートルを超えています。最も小規模なものは、総面積わずか56.1平方キロメートルのウォルチュル山公園です（Kim 2004）。

道立公園は自然公園法にもとづいて、自然資源の保護



図2 韓国内の国立公園

と活用を目的として指定された自然公園で、都市と地方の担当局が公園を管理しており、公園内で活動を行う場合には、地方自治体の知事の承認が必要です。1970年6月、キョンサンブクド（慶尚北道）のクモオ（金烏、Gumo）山が道立公園に指定されて以降、カンウォンド（江原道）のナクサン（洛山、Naksan）、キョンポ（鏡浦、Gyeongpo）、テペク（太白、Taebaek）山、キョンギド（京畿道）のナムハンサンソン（南漢山城、Namhansansung）、キョンサンナムド（慶尚南道）のカジ（迦智、Kaji）山、ヨンファ（蓮花、Yeonwha）山、キョンサンブクド（慶尚北道）のクモ（金烏）山、パルゴン（八公、Palgong）山、ムンギョンセジェ（開慶セジェ、Mungyeongsaegjae）、チョンニャン（清涼、Chungryang）山、チョルラナムド（全羅南道）のムドウ（無等、Mudeung）山、チョゲ（曹溪、Jogye）山、トゥリュン（頭輪、Duryun）山、パリョン（八影、Palyoung）山、チュンワン（中旺、Chungwan）山、チョルラブクド（全羅北道）のモアク（母岳、Moak）山、テドゥン（大屯、Daedun）山、マイ（馬耳、Mai）山、ソヌン（禪雲、Sunwon）山、チュンチョンナムド（忠清南道）のトク（徳、Duk）山、チルガプ（七甲、Chilgap）山、テドゥン（大屯、Daedun）山の22地域が道立公園に指定されました。

韓国政府は、国内の文化的遺産を原形のまま保存維持し、文化財の価値を高めて観光資源として活用し、国民が文化遺産を享受し、また、韓国の伝統的文化を世界各国に紹介するために、文化観光部の管轄下に文化財庁を設置しました。

文化財庁ではこうした遺産を、国宝、史跡および景勝地、天然記念物、重要無形文化財、重要民俗資料、その他に分類して管理しています。これらの遺産はまた、国家指定遺産、都市や地方自治体が指定した遺産、文化遺産資料、登録文化遺産としても分類されています。

韓国政府が重要性を認めている遺産の大半は、岩石、鉱物、洞窟、その他の地質学的地物などの天然記念物で、現在、指定を受けている396の天然記念物のうち、60が地球科学に関連するものです。これらは、地質的、科学的、教育的に大きな価値をもつものです。

恐竜の化石は、国有財産として法律の保護の対象になっています。合計13件の化石国定記念物のうち9件は恐竜の骨と足跡、その他は古生代の三葉虫および軟体動物、中生代の鳥類の足跡、新生代の軟体動物です。恐竜の化石が化石国定記念物の7割を占めているという事実からも、韓国が恐竜化石を国有財産として重要視していることがよくわかります。国民も恐竜の化石などに対する強い関心を通して、天然記念物の高い価値を認識するようになってきたこともあり、文化財庁は国定記念物保存研究センターを通して、化石などの遺産を適切に管理する統一ネットワークシステム開発に取り組んでいます。

2. 各地の地質遺産

韓国各地の地質遺産には、済州島の世界自然遺産のほかに、一部の国立公園、道立公園、天然記念物が含まれています。以下の項目では、景観や地質学の観点からとくに重要な価値を有すると考えられる地域をいくつか選び、説明していきます。

2.1 チェジュ島：世界自然遺産

チェジュ島は、朝鮮半島の南130キロメートルに浮かぶ火山島です。韓国最大の島で、東北東に長い楕円形をしており、面積は1,846平方キロメートルあります(図3)。今から約120万年前、このあたりの海底で火山活動が起こりました。やがて火山体は海面から姿を現し、現在のチェジュ島ができました。円錐形の火山は海拔1,950メートルまで成長し、島を代表する最高峰、ハルラ山となりました。ハルラ山の山頂にあるペンノクタム（白鹿潭、Baengnokdam）火口は2万5000年前に形成されたもので、島内にはこれ以外にも寄生火山の小さな

火山円錐丘が約360あります。

チェジュ島は主に玄武岩質溶岩と凝灰岩できており、変化に富む火山の景観を見ることができますが、その一部は今でも変化し続けています。なかでも素晴らしいのは、盾状火山のハルラ山、無数の寄生円錐丘、広範な広がりを持つ溶岩洞、粗面岩のドーム、みごとな柱状節理の露頭などです (Park et al. 2005)。島内では鳥類の化石や原人の足跡化石が発見されていますが、旧石器時代のもとのとされている足跡化石は、これまでに知られているかぎり、アジア最古のものであります。

また、火山島に特有の生態系や、最後の氷河期以降に大陸から分離されたということもあり、チェジュ島には固有の植物種や動物種がハルラ山を中心に数多く生息しています。ハルラ山の植生は、山頂付近の韓国モミ (*Abies koreana*) の亜高山常緑針葉樹林や、完新世の気候の温暖化に伴って最も標高が高い斜面へと移動した極地高山性植物の存在などに代表され、鉛直方向に明瞭な変化を示すのが特徴です。素晴らしい火山の景観に加えて、固有の動植物が多数生息するチェジュ島には、地質学、生物学、洞窟学の専門家だけでなく、年間500万人を超す観光客が訪れます。ここは保養地としても非常に人気のあるところで、多くの新婚カップルがこの地をハネムーンで訪れます。

2007年、第31回ユネスコ世界遺産委員会は、チェジュ火山島と溶岩洞の3地域の総面積1万8846ヘクタールを世界自然遺産として指定しました。これは同島の10.3%の区域に相当します (図4)。韓国の最高峰ハルラ山とその周辺の滝、さまざまな形の岩岩と火口湖、色彩豊かな炭酸塩の沈殿物や暗色の流離構造を持つ溶岩壁があり、溶岩洞窟系の中では屈指といわれるコムオルム (拒文岳、Geomunoreum) 溶岩洞窟系、そして海中からそそり立つように突き出した要塞のようなソンサンイルチュルボン (城山日出峰、Seongsan Ilchulbong) があります。

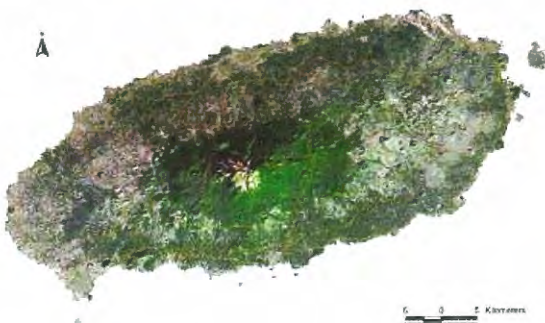


図3 濟州島の衛星写真



図4 濟州島の3つの世界遺産

(1) ハルラ山

ハルラ山は典型的な大規模盾状火山で、山頂には火口湖があり、山腹には小さな寄生火山円錐丘が多数あります。原始のままの状態が残されているこの地域はハルラ山自然保護区として保存されており、保護区内とその周辺では、さまざまな火山の特徴を観察することができます (図5)。3万~2万5000年前、山頂にひときわ目立つ粗面岩のドームが形成されました。その後さらに、山頂に火口湖ができました。湖の西側は玄武岩、東側は粗面岩ドームです。噴火口 (1.6ヘクタール) の深さは約108メートル、直径は約550メートルです。1970年、1万5338.6ヘクタールにおよぶハルラ山自然保護区は国立公園に指定されました。ハルラ山を中心に9,093ヘクタールの地域が天然記念物 (天然記念物第182号) として認定されており、人間活動によって自然が破壊されるのを防止するため、公園の大部分は厳重な管理下におかれています。



図5 ハルラ山周辺の地質遺産。(上) 山頂の火口湖ペクノクダム。(中左) ハルラ山の雄大な山頂。(中右) ヨンシルの素晴らしい光景。(下) ハルラ山の柱状節理

(2) コモンオルム溶岩洞窟系

チェジュ島には120を超す溶岩洞が散在しています。コモンオルム溶岩洞窟系は、コモンオルム火山（標高456.6メートル）の噴火時に大量の玄武岩質溶岩が流出して形成された一連の溶岩洞です。コモンオルム火山から流出した溶岩はハルラ山の山腹を北北東方向に流れて、海岸に達しました。溶岩が流出した際に、マンジャング（万丈窟、Manjanggal）、ペンデイ窟（Bengdwigul）、キンニョン窟（金寧窟、Gimnyeong）、ヨンチョン窟（龍泉窟、Yongcheongul）、タンチョムル窟（Dangcheomulgul）などの多数の溶岩洞が形成され

ました。大量の溶岩流の外側は冷やされ固まった後も内部の溶岩は高温で流動し続け、空洞ができました。ペンデイ窟以外のマンジャン、キンニョン、ヨンチョン、タンチョムルの溶岩洞は、同じ方向に伸びています。溶岩洞はどれも形状や大きさが異なり、洞窟生成物の種類や内容もさまざまです（図6）。

この溶岩洞システムは国際的にも素晴らしい地質現象で、高い世界的評価を受けるに値するものです。とくに、ヨンチョン洞窟とタンチョムル洞窟は、世界で最も素晴らしい溶岩洞とされています。



図6 さまざまなようすを見せるヨンチョン洞窟溶岩洞窟系。(左上) 溶岩が流れたあとが縞状にいくつも残るマンジャン窟。(左中) ペンデイ窟溶岩トンネルの狭い通路。(左下) ムニョン窟溶岩トンネルの主道。(右上) タンチョムル窟溶岩トンネルの通路には二次性の石灰質生成物が見られます。(右中) ヨンチョン洞窟溶岩トンネル内の地底湖。(右下) ヨンチョン洞窟溶岩トンネル内に見られるいろいろな形の鍾乳石

(3) ソンサンイルチュル峰凝灰岩円錐丘

ソンサンイルチュル峰凝灰岩円錐丘は済州島のナムチェジュ郡、ソンサンウプ、ソンサンリにあります。ソンサンイルチュル峰の山頂は標高 179 メートルで、その火口底は標高 89 メートルです（図 7）。お椀のような火口の長径は約 570 メートルあります。

今から 4 万～12 万年前の更新世後期に海底で爆発が起こり、海面に突き出した凝灰岩の円錐丘が形成されました。円錐丘は角礫岩、塊状の火山礫凝灰岩、層状の火山凝灰岩、層状凝灰岩、火砕岩などの火山凝灰岩が複雑に入り組んでできています。噴火と堆積を繰り返してできた円錐丘の斜面や噴火口は、火山の構造を見ることのできる博物館です。詳細な火山構造に関心のある地質学研究者には、例えばベースサージ層面、内部斜交葉理、級化層理、火砕流葉理、スランピング、漣痕、層面沈下、パリストティックブロック、チャンネルシステム、部分的不整合などの興味深い重要なさまざまな現象が、侵食を受けた山腹で実際に観察できる貴重な場所となっています（図 7）。円錐丘の 3 つの側面は波によって浸食され、壁面には凝灰岩円錐丘の内部構造断面が現れています。北東側はほぼ噴火口の頂上まで達する断崖になっています。浸食作用によって見事に侵食、開析されたこの火山円錐丘では、浸食作用が比較的少ない北西側の斜面だけに初期の形態が残されています。

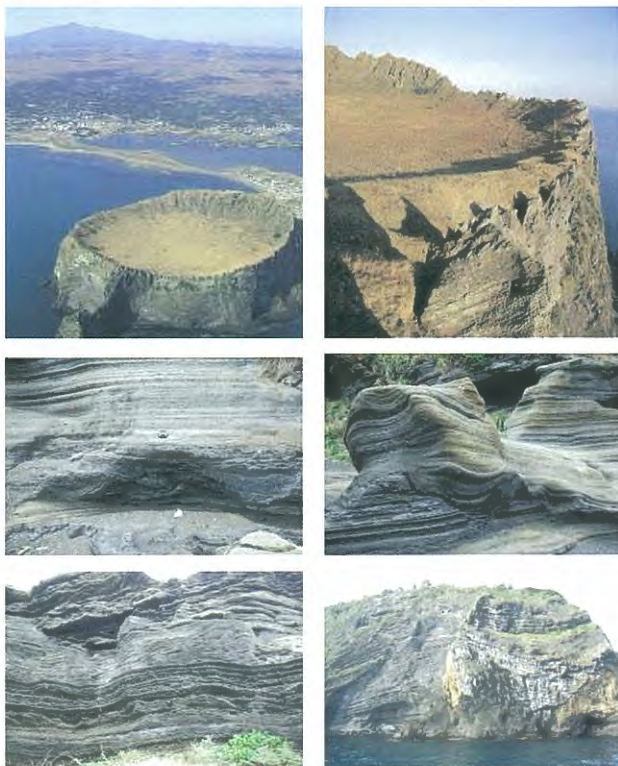


図 7 ソンサンイルチュル峰の凝灰岩円錐丘に見られるさまざまな地形や層理。(上) 空から見たソンサンイルチュル峰とその浸食の様子。(中) きれいに成層した玄武岩質の凝灰岩。(下) 玄武岩質凝灰岩の内部構造

(4) サンバン (山房、Sanbang) 山

サンバン山は、アントクミョン（安徳面、Andeok-myeon）、サゲリ（沙溪里、Sagye-ri）のヨンモリ（龍頭）海岸に隣接する釣鐘状の丘です。この丘はどこからでも見えるため、チェジュ島南西部の重要なランドマークです（図 8）。

サンバン山は約 80 万～70 万年前にできた粗面岩の火山ドームで、高さは 345 メートルです。サンバンとは山の中の洞窟、という意味で、海拔 150 メートルにある海食洞に由来しています。長さ約 10 メートル、高さ 5 メートルの洞窟は大洋を見渡す景観のよい場所で、チェジュ島で最も美しい 10 の景勝地の 1 つに数えられています。サンバン海食洞やその周辺には断崖やテラスが存在する斜面があることから、かつての海面は今よりもかなり上にあったことがわかります。サンバン山には特殊な植物が生息している区域もあり、植物学の面からも保護が必要な重要な地域です。山頂は密集した常緑樹林で、クスノキ科のイヌグス (*Machilus thunbergii*)、ゲッケイジュの仲間のスタジイ (*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*)、クスノキ科のハマビワ (*Litsea japonica*) やシロダモ (*Neolitsea sericea*) などが生い茂っています。岩肌にはムカデラン (*Sarcanthus scolopendrifolius*) などの珍しい岩壁植物も生息しています。

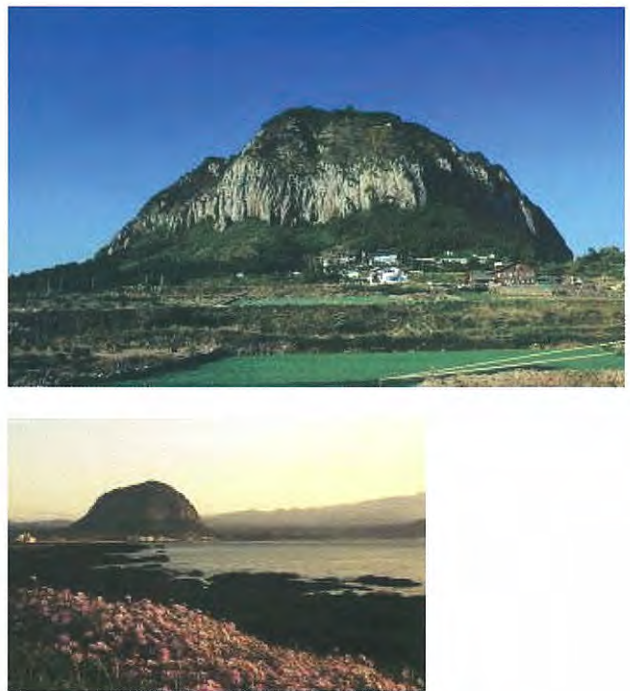


図 8 サンバン山の美しい眺め

(5) チサゲ (Jisagae) 柱状節理

ソンチョンポ (Seongcheonpo) からウォルピョンドン (Weolpyeongdong) までの 3.5 キロメートルにおよぶ海岸線には、玄武岩質溶岩流の上部に素晴らしい柱状節理が見られます。ハルラ山から流れ出た溶岩がチュンムン (中文, Jungmun) で海に到達し、冷えて固まった際に柱状節理ができました。玄武岩柱の直径は最大約 140 センチメートルで、垂直に切り立っています。最も長いもので 20 メートル、断面はほとんどが 5～6 角形ですが、なかには 3 角形あるいは 8 角形のものもあります。チサゲの柱状節理は天然記念物第 443 号に指定されています (図 9)。地域の管理当局はこれらの柱状節理を古い地名ちなんでチサゲ岩と命名しました。このあたりでは高さが 20 メートルもある断崖も有名で、満潮時には海釣りの人気スポットになります。



図 9 チサゲの柱状節理
6 角形の断面を見せる柱状節理

2.2 ソラク山国立公園

朝鮮半島東部にあるソラク山国立公園は、面積が 398 平方キロメートルあります。ソラク山は、ハルラ山、チリ山に次いで 3 番目に高い山で、その美しさは韓国で最高の景観として称えられています。ソラク山は、北をクムガン (金剛, Kumgang) 山、南をオデ山に接しており、この地域の地質を反映して他に類を見ない雄大な峰々や断崖が連なっています (図 10)。このあたりで最

も古い岩石は山頂付近に分布する 6 億年以上昔の古い先カンブリア時代の変成岩で、中生代の堆積岩がこれを覆っています。その後この地域の大半を占める基盤の大きな花崗岩体が堆積岩と変成岩中に貫入しました。ソラク山の景観は、対照的な性質をもつさまざまな岩石が差別的な浸食を受けてできあがったものです (Lee 1982)。

差別的な侵食の結果、いくつもの高い峰がそびえる、地元の言葉で「ボン (峰)」とよばれる絶景が生まれました。これらの峰は形状、大きさ、高さはさまざまですが、節理面が急峻な断崖絶壁になっている点が共通しています。全部で 28 の峰があり、最も高いテチョン (大青, Daecheong) 峰をはじめ数々の峰がソラク山の絶景を創り出しています。主峰のテチョン峰は標高 1,708 メートルで、一年のうち 5～6 カ月は雪に覆われているので、ソラク (雪岳) と呼ばれています。テチョン峰は公園の南東部にあり、山頂から放射状に全方向へ尾根が伸びています。東側から北へ伸びる尾根は外ソラク、西の尾根は内ソラクと呼ばれています。外ソラクには険しい峰々がたくさんあるため、男性的といわれています。外ソラクで最も有名なのは、6 つの独立した峰が 1 つの巨大な塊となっているウルサンバウィ (蔚山岩, Ulsanbawi) です。ウルサンバウィの最高地点は海拔 873 メートルで、その周囲は 4 キロメートルあります。

対照的に、美しい渓谷やなだらかな山並みを特徴とする内ソラクは女性的といわれています。内ソラクには、チョンブルドン (千仏洞, Cheonbuldong)、スリョム (Suryeomdong)、ペフダム (Baekdam) などの渓谷があります。そのうちの 1 つ、チョンブルドン渓谷は全長が 12 キロメートルで、ピソнде (飛仙台, Biseonda) からテチョン峰まで続いています。チョンブルドンの名は、渓谷の岩がまるで千体の仏像のように見えるためです。ソラク山国立公園内には滝が多く、なかでもトワソン (Towangseong) 滝は韓国で最も落差の大きな滝です。ほかにもテスン (大乘, Daeseung)、ピリョン (Biryong) など、たくさんの滝があります。

公園内には 116 種の哺乳類、19 種の両生類と爬虫類、28 種の淡水魚、1,600 種の昆虫などが生息しています。また、公園内には約 1,000 種のコケ類と藻類を除く植物も見られます。1965 年に、ソラク山は第 171 番国定天然記念物となり、1970 年には 5 つ目の国立公園に指定されました。さらに、1982 年にはユネスコがソラク山を自然生物圏保護区として指定しました。



図10 ソラク山国立公園の壮大な峰と谷。(上) 雲海に浮かぶソラク山の峰々。(左中) チョンブルドン溪谷の眺め。(左下) 黄葉の中を落ちる滝。(右中) そそり立つ花崗岩や片麻岩の峰々。(右下) ソラク山の冬景色



図11 チリ山国立公園の景観。(上) 春にはつつじが咲き乱れます。(中) ペムサゴル谷。(下) 冬のチリ山

2.3 チリ山国立公園

標高 1,915 メートルのチリ山は韓国で 2 番目に高い山であるとともに、有数の壮大な峰々です。絶景を誇るチリ山は、ハルラ山やソラク山と並んで、韓国を代表する山です。総面積 471.58 平方キロメートルのチリ山国立公園は、チョルラブクト、チョルラナムド、キョンサンナムドの 3 つの地域にまたがっています。チリ山は朝鮮半島の背骨ともいえるペクトウ（白頭、Baekdu）大幹山脈の南西分岐であるソバク（小白、Sobaek）山脈の南端にあります。この地域は主に変堆積岩や斑状変晶片麻岩、花崗岩質片麻岩、混成型片麻岩など、強い変成作用を受けたさまざまな片麻岩からなり、どれも 6 億年以上昔の先カンブリア時代に形成されたものです (Son et al. 1964; Kim et al. 1964)。

チリ山の山頂はチョンワン（天王、Cheonwang）峰（標高 1,915 メートル）と呼ばれていますが、公園内には他にもチェソッポン（帝釈峰、Jeseokbong）（標高 1,806 メートル）、パニャボン（般若峰、Banyabong）（標高 1,732 メートル）、ノゴダン（老姑壇、Nogodan）（標高 1,507 メートル）などの高い山々があります。また、ペムサゴル（Baemsagol）、チルソン（七仙、Chilseon）、テウオンサ（大源寺、Daewonsa）などの溪谷や、クリョン（九龍、Guryong）、プリル（仏日、Buriil）、ヨンチュ（龍湫、Yongchu）などの滝が美しい景観をつくっています (図 11)。

このあたりは韓国でも、原生林や野生生物が最もよい状態で保存されている地域なので、荘厳で神秘的な山として昔から大切に扱われてきました。このあたりは韓国で最初に茶の栽培が行われたところで、今でも漢方の薬草栽培が盛んです。チリ山は仏教文化が栄えた歴史的な地であり、周辺にはシルサンサ（実相寺、Silsangsa）（国宝第 7 号）や、最も有名で規模も大きなファオムサ（華嚴寺、Hwaeomsa）、白蔵庵（Baekjang）、三層の石塔（国宝第 26 号）など、多数の文化財が残されています。チリ山にはチョンハクドン（青鶴洞、Cheonghak-dong）村という高い山中の溪谷の村や、その付近のサムソングン（三聖宮、Samseong-gung）という三階建ての宮殿があり、韓国の建国神話を記念する場所として近年整備されました。

2.4 プッカ山国立公園

プッカ山国立公園は、一部がソウルの市街地にかかる、韓国では珍しいタイプの国立公園です。1983 年 4 月 2 日に韓国で 15 番目の国立公園となりました。同公園は、ソウルから京畿道にかけての地域を含み、総面

積は 79.916 平方キロメートルで、ソウル特別市の 13% に相当します。プッカ山は北部にある大きな山の名で、三角山 Samgaksan とも呼ばれます。プッカ山国立公園はソウル市が周りを取り囲み、生態学的に孤立していますが、ソウル市の緑地として大きな役割を果たしています。プッカ山国立公園には景観が美しく、登山客が大勢訪れます。単位面積当たりの観光客数が世界で最も多い国立公園としてギネスブックに記録されていることは、この公園の誇りです。

プッカ山特有の景観は、ジュラ紀の花崗岩露頭がつくるなだらかな稜線、そびえ立つ峰々といくつもの深い谷、そこを流れる河川です (図 12)。プッカ山の中心である白雲台 Baekundae (標高 836.5 メートル) は、いくつもの花崗岩が露頭し、壮観です (Hong et al. 1982)。なかでも、世界的に有名なインスボン (仁寿峰、Insubong) は高さ 200 メートル以上もあり、山頂に通じるロッククライミングのルートが約 100 種類もあります。

プッカ山は長い歴史を持ち、ピボン (碑峰、Bibong) に建てられた新羅の真興王の巡狩碑、山脈に沿ってつくられた要塞のプッカサンソン (北漢山城)、ウォンヒョ (元暁、Won Hyo) 大師が開いたサンゲンサ (祥雲寺、Sangunsa) など、寺院や他の文化財も豊富です。北漢山城は、敵の侵入を防ぐために築かれた全長約 8,500 メートルにおよぶ壁状の城郭で、朝鮮時代を代表する山岳要塞の 1 つです。北漢山城は沢山の観光客が訪れる人気スポットですが、動植物が生息する自然保護区も残されています。

2.5 ピョンサン (辺山) 半島国立公園

ピョンサン半島国立公園は韓国西岸の全長 35 キロメートルの小さな半島にあり、総面積はわずか 155 平方キロメートルです。1988 年 6 月に 19 番目の国立公園として指定されました。この公園は、山と海が見事に調和した多機能の公園として定評があり、海岸地域の外ピョンサンと内陸部の内ピョンサンに、大きく分けられます。

外ピョンサンの人気スポットとしては、チェソッカ (彩石江、Chaeseokgang) と近隣のピョンサン海岸が挙げられます。チェソッカは浸食作用を受けた海岸の絶壁で、数千年にわたって波に削られた堆積岩が、数十万という紙や書籍を積み重ねたように見えることから、命名されました (図 13)。ここでは地質の専門家だけでなく、白亜紀の堆積岩に残された堆積構造や、節理、断層、火成岩の貫入などさまざまな地質的現象を実際に目で見



図 12 プッカ山国立公園の花崗岩峰。(上) ソウル市内を流れる漢江からプッカ山の眺め。(中) プッカ山のインスボン。(下) プッカ山山城の城壁

ることができます。付近のピョンサン海岸は、韓国西岸で美しい景観美を誇る三大海岸の 1 つに数えられています。観光客には海岸沿いの松林も人気があります。

一方内ピョンサンは、溪谷や、緑濃い森林地帯、滝が有名です。このあたりには標高 400 メートルをこえる峰々が 10 ほどあり、ウイサン峰 Uisangbong (標高 508 メートルの最も高い峰)、シンソン峰 Sinseonbong (標高 486 メートル)、サンソン峰 Sangseonbong (標高 459 メートル) などが代表的なものです。奇妙な形をした岩もたくさんありますし、ケアムサ (開岩寺、Gaeamsa)、ネソサ (来蘇寺、Naesosa)、ウォルミョン庵 (月明庵、Wolmyeongam) などの古い歴史を持つ寺院もあります。また、チクソポッポ (直沼瀑布、Jiksopokpo)、ナッチョデ (落照台、Nakjodae) などの絶景地も散在しています。さらにユチョルリ (柳川里、Yucheolli) の古代陶磁器窯跡、巨石墓遺跡、山城の砦の石垣跡など、歴史遺跡も数多く残っています。この地

域の美しい夕陽はよく知られており、毎年大晦日には多くの観光客が訪れて、1年の終わりを告げる夕陽を眺めます。

ピョンサン半島国立公園には、自然の生態系が大変よく保存されており、園内にはさまざまな珍しい動植物が見られます。その多くが天然記念物として指定されており、モチノキ科のシナヒイラギ (*Ilex Cornuta*)、モクレンの仲間、ブナ科のオーク (*Holm Oak*)、モクセイ科のウチワノキ (*Abeliophyllum Distichum*) などがあります。地質的にはこの地域では、中生代に堆積盆地が形成されましたが、一連の火砕岩や河川・湖沼堆積物によって徐々に埋められました。白亜紀の Kyokpori 層はジュラ紀花崗岩とは不整合に、火砕岩の厚い堆積層とは整合的に重なっています (Heo 2007)。



図13 ピョンサン半島国立公園の山々ときれいに成層した堆積岩。(上) 海岸に露出している堆積岩。(下) 陸地には美しい景色が広がっています

2.6 トギユ (徳裕) 山国立公園

1975年に国立公園に指定されたトギユ山国立公園は、キョンサンナムドのコチャン郡 (Geochang-gun) からキョンサンブクドのムジュ郡にまたがっています。トギユ山の主峰、ヒャンジョクボン (香積峰、Hyangjeokbong) からは標高 1,300メートルの稜線が南西方向に約 18 キロメートルにわたって伸び、さまざまな方向に枝分かれしながら、巨大な山塊を形成しています。美しい渓谷はいくつもありますが、なかでも有名なのはトギユ山頂から、その北を流れるソルチョン (雪川、Seolcheon) までのムジクチョンドン (茂朱九千洞、Mujugucheondong) 渓谷で、その全長は 25 キロメートルです。この渓谷は先カンブリア時代の花崗片麻岩、トギユ山層、白亜紀のデイサイトなど、さまざまな岩石の中を流れており (Lee & Nam 1969)、九千洞

三十三景と呼ばれる 33 の景勝地があります。なかでも第十二景は最も美しいと言われており、スシムデ (水心台、Susimdae) とよばれ、有名です。水心台は水化とも呼ばれ、ヒスイのように碧い水が流れる深さ 400 メートルの渓谷です。

トギユ山にはチルリョン Chilyeon、チョクサン Jeoksang、ムンアン Munan という渓谷があり、チルリョン渓谷には有名なチルリョン滝があり、澄んだ水が松の生い茂る森やさまざまな形をした岩の間を流れています。川の流れは 7 つの池となり、池から池へと流れ落ちる水が 7 つの滝になっています (図 14)。トギユ山は素晴らしい景観、寺院、韓国を代表する文化遺跡がたくさんある観光地であるだけでなく、スキーのリゾート地としても有名です。白蓮 Baekryeon 寺は茂朱九千洞 Mujugucheondong 渓谷にあり、高麗王朝時代に建立された Samjon 石仏が有名です。トギユ山国立公園内には、チョクサン (赤裳、Jeoksang) 山城、アングクサ (安国寺、Anguksa) などの遺跡が多数あります。また、この公園には約 250 種の動物と 600 種の植物が見られます。



図14 トギユ山国立公園の山々と溪流。(上)トギユ山。(下)モジュのクチョンドン渓谷

2.7 ソベク (小白) 山国立公園

ソベク山国立公園は 1987 年 12 月に国立公園として指定された、チュンチョンブクドのタニャン (丹陽郡、Danyang-gun)、キョンサンブクドのヨンジュ (榮州、Yeongju) 市とボンファ (奉化、Bonghwa) 郡にまたがる総面積 322 平方キロメートルの白頭山脈を構成する有名な山並みの 1 つです。ソベク山国立公園は太白山脈から南西方向へと伸び、チュンチョンブクドとキョン

サンブクドの境にまで達しています。ソベクの“ソ”は韓国語で小さいという意味なので誤解を招きがちですが、実際はチリ山国立公園、ソラク山国立公園に次ぐ、総面積 300 平方キロメートルを超える韓国第 3 位の広さを誇っています。公園内の地質は主に、ソベク山片麻岩コンプレックスという先カンブリア時代の変成岩です (Won & Lee 1967)。現在のソベクの山岳地形と、息を呑むような景観は、これらの古い変成岩が浸食に非常に強かったため、延々 20 キロメートル以上にわたって連なる広範な山脈となりました。東のクンマン (国望、Gungmang) 峰 (標高 1,421 メートル) から、ピロ (毘盧峰、Birobong) 峰 (標高 1,439 メートル)、第一ヨンファ (蓮花、Yeonhwa) 峰 (標高 1,394 メートル)、第二ヨンファ (標高 1,357 メートル) からチュンリョン (竹嶺、Jungnyeon) を経てトソル (兜率、Dosol) 峰 (標高 1,314 メートル) へと峰々が連なっています。標高 1,000 メートルを越す雲海に聳え立つ峰々は、この公園で最も素晴らしい光景の 1 つで、裾野が雲に隠れ、山頂だけがいろいろな形をした雲の海に浮かぶようすは、まるで島のようにです。

ピロボンとクンマンボンの間には、ヨンファ峰から続くチュン溪谷と喜方溪谷が素晴らしい景観を創り出しています。北へ流れる溪谷は丹陽八景という名勝であり、また、ここの断崖には落差 30 メートルの美しい喜方滝が掛かっています。

ソベク山は分水嶺で、ハン川 (漢江、Han River) とナクトン川 (洛東江、Nagdong River) という韓国の 2 大河川の水源です。ソベク山はまた、2 つの道に分ける境界で、歴史的にも生活様式、方言、信仰の異なる 2 つの文化圏に分ける境界でした。千年ほど前、浮石 Buseok 寺が建立された頃には、ソベク山は儒教や仏教を広める上で重要な役割を果たしました。紹修書院 Sosuseowon は当時の王にちなんで命名された最初の修行施設として当時のまま保存されています。

主峰ピロボンにはエーデルワイスなどの野生植物が多数生息しています。春には満開のクロフネツツジが見事で、緩やかな斜面にはイチイが群生しています (図 15)。最も見事なイチイの群生は、第一ヨンファとピロボンの間の北西斜面 (標高 1,200 ~ 1,350 メートル) に見られます。ここには、天然記念物第 244 号に指定されている 1999 本を含む、平均樹齢 350 年 (200 ~ 800 年) のイチイが合わせて 3,798 本あり、韓国最大のイチイの群生地となっています。



図 15 ソベク山国立公園の風景。(上) つつじが咲き乱れる春のソベク山。(中) 冬のソベク山。(下左) ソベク山のイチイ群落。(下右) 夏のソベク山

2.8 ムドゥン (無等) 山道立公園

ムドゥン山は、ファスン (和順、Hwasun) 郡、タミャン (潭陽、Damyang) 郡、クワンジュ (光州、Gwangju) 市の境界となっている山で、1972 年に道立公園になりました。ムドゥン山は柱状節理でも有名です。海拔 1,186 メートルのムドゥン山には、天王峰 (Cheonwongbong)、地王峰 (Jiwongbong)、仁王峰 Inwonbong という 3 つの岩山があり、合わせて頂上三峰と呼ばれています。ムドゥン山は白亜紀の火山岩でできています (Kim et al. 1990)。地表近くでデイサイト質のマグマが冷却してできたもので、マグマが冷えるとともに柱状節理が発達し、垂直な岩石柱がいくつも並ぶ大変美しい地質学的地物ができあがりました (図 16)。山麓には薬師 (Yaksa) 庵、証心 (Jeungsim) 寺、元暁 (Wonhyo) 寺などの有名な寺院があります。



図16 ムドウン山道立公園の柱状節理

2.9 マイ（馬耳）山道立公園

マイ山は、1979年10月に道立公園に指定されました。チナン（鎮安 Jinan）邑の5つの里（町）とマリヨン（馬霊 Maryeong）面の4つの里（町）を含む面積17.22平方キロメートルの小規模な公園ですが、豊かな文化と自然が楽しめます。新羅王朝時代にはソダ Seoda山、高麗王朝時代にはヨンチュル（湧出、Yongchul）山と呼ばれ、朝鮮王朝時代以降は、二つの峰が馬の耳によく似ていることからマイ（馬耳）山と呼ばれています（図17）。標高673メートルの峰が雌馬峰、標高667メートルの峰は牡馬峰といわれています。

白亜紀、マイ山の周辺は淡水湖で、砂や小石が近隣の山々からこの湖に流さ込んで堆積しました。埋没した砂や小石は砂岩や礫岩になりました。約6,000～7,000年前に地殻変動が生じ、ここは隆起して新しい山地になりました。さらに、その後の浸食作用で馬の耳の形をしたマイ山ができました。マイ山を構成する岩石の表面には、タフォニといわれる無数の蜂の巣状の構造が見られます。大昔の湖沼堆積物からは、当時、湖に生息していた淡水魚の化石が時々発見されます。

マイ山は季節ごとに景観が変わるので、春には帆柱峰 Dotdaebong、夏には龍角峰 Yonggakbong、秋には馬耳峰 Maibong、冬には文筆峰 Munpilbong と異なる名前と呼ばれます。マイ山は、チナンのピョンジ（平地 Pyeongji-ri）里周辺に生えるナンジャモンジャ（ヒトツバタゴ）の木の群生（天然記念物第214号）やツルマサキ（天然記念物第380号）の群生をはじめとして、多様な植物の生息地としても知られています。



図17 マイ山の眺め。(上) 馬の耳の形をした山容。(中) 山頂付近にある寺院。(下) 空から見たマイ山

2.10 コッシ（高氏、Gossi）洞窟

ソベク山の北東山麓付近の標高210メートルにあるコッシ洞窟は、チンピョルリ（津別里、Jinpyul-ri）川に架かるヨンウォル（寧越、Youngwol）橋の南東約10キロメートルの所にあります。コッシ洞窟は1969年に天然記念物第219号に指定され、1974年に一般に公開されました。洞窟の全長は約6.3キロメートルありますが、観光客が入ることができるのは入り口から620メートルまでです。W字型のコッシ洞窟には4つの湖と3つの滝があり、下部古生界のMaggol層中の石灰岩中に形成されたものです。岩質や堆積構造、化石などの証拠から、Maggol層の石灰岩は、オルドビス紀に干潟の環境で堆積したものと考えられています。主要洞はMaggol層の北東の層面走向に沿って発達し、主要洞から分岐した支洞は節理面の方向に沿って発達しています。

コッシ洞窟には無機物がさまざまな面白い形に沈殿したもの（洞窟生成物）が数多く見られ（図18）、それぞれ鍾乳管、鍾乳石と石筍、洞窟サンゴ、流れ石、カーテン、洞窟真珠、洞窟ピソライト、洞窟盾、ヘリクタイト、ヘリグマイト、ムーンミルクなどの名前がついています。こうした洞窟生成物は方解石やアラゴナイトで

きています。アラゴナイト（霰石）として沈殿した洞窟生成物の中には、あとから部分的に方解石に変化したことがはっきりとわかるものもあります。鍾乳石と石筍の表面に発達した黒色の洞窟サンゴはとくに興味深く、これは洞窟に水が浸透する時に土壤に含まれていた有機物を溶かし込んだために着色したものです。

コッシ洞窟には、たくさんの生物が生息しており、昆虫 27 種およびクモ 26 種など合計 67 種が確認されています。さらに、大昔の昆虫化石 Grylloblattodea（ガロアムシ亜目）が 4～5 億年前に本洞窟に生息していたことが分ると、専門家も一般の人々もこの事実に関心を示しました。

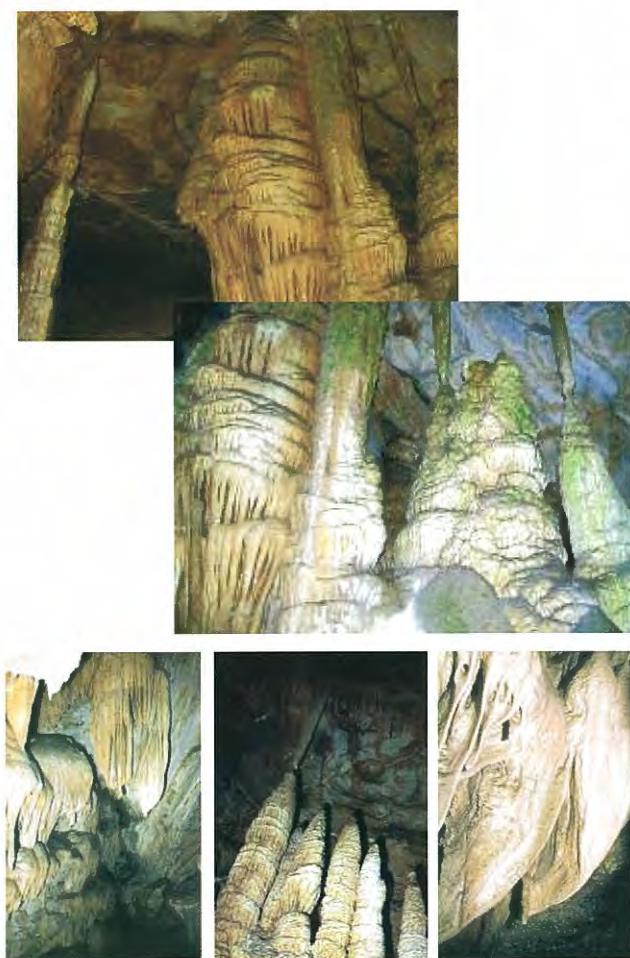


図 18 コッシ洞窟内のみごとな洞窟生成物

3. 恐竜化石の遺跡

今から 6500 万年以上前の白亜紀の韓国には恐竜が生息していたことを裏付ける証拠が、豊富にあります。淡水で堆積した岩石中に、恐竜の足跡、卵、巣、歯、骨などの証拠が化石として残されています。なかでも、有名な外国の足跡化石産地同様、はっきりとした歩行の跡がわかるものが数多くあります。現在までに国内で恐竜の歩行跡は 27 箇所が国内の白亜紀層から発見され

ています。韓国の南海岸沿いに点在する白亜紀の恐竜の卵や足跡の化石は、世界的に見ても最大規模といえます。これらの遺跡には恐竜の卵の化石が広く残されており、保存状態も非常に良好です。さらに、水かきのある鳥類の足跡としてはおそらく最古のものと考えられる化石も、いろいろな種類のものが発見されています。

3.1 ヘナム（海南、Haenam）

ヘナム遺跡はチョルランナムド南西部の牛項里（Uhang-ri）に近い Geumhoho の南海岸にあります。ここには牛項里層の堆積岩の露頭があり、恐竜や他の動物の足跡化石がたくさん露出しています（図 19）。牛項里層は約 1 億年から 7000 万年前、浅い湖に堆積したと考えられています。

ここでは極めて大きな足跡も含めて、全部で 500 以上の恐竜足跡が発見されています。また、多数の翼竜の歩行跡、翼竜の骨以外にも、水かきのある足をもつ鳥類の歩行跡が無数に見つかっていることから、淡水の古ヘナム湖周辺には多様で豊かな動物群が生活していたと考えられます（Huh & Hwang 2004）。翼竜の歩行跡は新しい属であるとされ、発見された土地にちなんで *Haenamichnus uhangriensis* と命名されました。水かきのある足をもつ鳥類の歩行跡は世界最古のもので、*Uhangrichnus chuni* と *Hwangsannipes choughi* であると認定されています。ここはアジアで最初に鳥類と翼竜の足跡が同一の地層から発見された遺跡で、翼竜と鳥類と一緒に生息していたことを示すものです。

ヘナム層化石遺跡は天然記念物第 394 号に指定されており、付近には恐竜模型が数多く展示された立派な博物館と美しい庭園があります。

3.2 コソン（固城、Goseong）

慶尚南道南西部のコソン郡にあるテクミョンリ（徳明里、Deokmyeong-ri）に近いコソン遺跡は、恐竜の歩行跡の遺跡としては世界でも最大級のもので（図 20）。韓国で最初に恐竜の足跡が発見されたのがコソンに分布する白亜紀のチドン（Jidong）層からでした。

あわせて 412 の恐竜の連続した歩行跡がこの地域で確認されており、その内訳は鳥脚類のものが 249、竜脚類のものが 139、獣脚類のものが 24 です。恐竜の歩行跡以外にもこの地域からは、韓国で最初に報告され、すでに知られていた *Koreanoarnis* をはじめ、新種の *Jindongornipes kimi* など、多数の鳥類の歩行跡も発見されましたコソン遺跡は天然記念物第 411 号に指定され保護されています。



図19 ヘナム化石遺跡のさまざまな足跡化石。(上) プテロサウルスの足跡。(中左) 水かきのある鳥の足跡。(中右) 大型の竜脚類恐竜の足跡。(下) 鳥脚類恐竜の足跡

3.3 ファソン (華城、Hwaseong)

韓国中央部では、白亜紀堆積岩の露頭があるのはファソン遺跡だけで、ここから化石化した恐竜の卵の殻が発見されました (Lee et al. 2005)。約 30 箇所の巣から 200 以上の恐竜の卵の化石が発見され、最も多いもので一つの巣から 12 の卵が見つかりました (図 21)。

こんなに接近した場所で恐竜の卵化石が多数発見されるのは珍しく、1 億年前の白亜紀には、このあたりは恐竜の集団繁殖地だったと考えられます。ここで一緒に発見された沼地性のアシなどの多種多様な植物は、恐竜がどのような場所に生息したかを知る手がかりとなります。

ファソンには今もたくさんの鳥類や動物が生息しており、120 種類の渡り鳥がここを訪れます。個体数では約 9 万～15 万羽にのぼり、国際保護鳥のカモメの仲間やセイタカシギなどがいます。ここは天然記念物第 414 号として指定され、約 300 頭のノロジカや、アカシカなどの大型動物もいます。



図 20 コソン化石遺跡のいろいろな恐竜の歩行跡



図 21 ホアソン化石遺跡から出土した恐竜の卵の化石

参考文献

- Heo, C. 2007. A Study on the Possibility as a Site for Geopark in Korea: Byeonsanbando National Park. *Journal of Korean Earth Science Society* 28(1), 136-141. (In Korean with English abstract).
- Hong, S.H., Lee, B.J. and Hwang, S.K., 1982. Geological Map of Seoul Sheet (1:50,000), Korea Institute of Energy and Resources, 19p. (In Korean with English summary).
- Huh, M. & Hwang, K.G., 2004. Dinosaur footprints from the Cretaceous of South Korea: with reference to Cheollanam-do dinosaur sites. *Journal of the Paleontological Society of Korea. Special publication no.7*, 319-335. (In Korean).
- Kim, J.K., 2004. *National Parks of Korea*. National Parks Authority, 165p.
- Kim, K.B., Lee, B.J. & Hwang, S.K., Park, H.I., Park Y.D., Kim, K.T., Lee, H.Y. & Yoon, S. 1964. Geological Map of Un Bong Sheet (1:50,000), Kyeong Sang Nam Do, Korea, 18p. (In Korean with English summary).
- Kim, O.K., Hong, M.S., Yun S.K., Park, H.I., Kim, K.T., Lee, H.Y. & Yoon, S. 1964. Geological Map of Un Bong Sheet (1:50,000), Kyeong Sang Nam Do, Korea, 18p. (In Korean with English summary).
- Lee, D.S. 1982. Geology around Mr. Sorak. *Journal of Korean Earth Science Society* 3(1), 41-47. (In Korean with English abstract).
- Lee, D.S. & Nam, K.S. 1969. Geological Map of Janggi-Ri Sheet (1:50,000), Geological Survey of Korea, 33p. (In Korean with English summary).
- Lee, Y.N., Kim, B/C., Lee, Y.S. & Kee, W.S., 2005. New Dinosaur Eggsite found in the Namyang Basin, Hwaseong City, Gyeonggi Province. *Journal of Paleontological Society of Korea*, 23(1), 15-26.
- Park, K.H., Ahn, J.S., Kee, W.S. & Park, W.B., 2005. Guidebook for a Geological Tour of Jeju Island. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 182p. (In Korean with English parts).
- Reedman, A.J. & Chun, H.Y., 2005. *The Story of the Stones*. Korea Institute of Geoscience and Minerals. 117p.
- Son, C.M., Lee, S.M., Won, C.G., Chang, K.H. & Kim, Y.C., 1964. Geological Map of Hwa Gae Sheet (1:50,000), Kyeong Sang Nam Do, Korea, 22p. (In Korean with English summary).
- Won, C.K. & Lee, H.Y., 1967. Geological Map of Danyang Sheet (1:50,000), Geological Survey of Korea, 34p. (In Korean with English summary).

第6章 マレーシアの地質学的遺産

Zakaria Hussain, Mohammad Roston Zakaria and Mohd Shafeea Leman

1. はじめに：地質遺産の研究開発

地質遺産は世界の多くの国で、重要な遺産資源と考えられています。マレーシアでもそれは同じです。マレーシアはこの数十年、国内の地質遺産について幅広い研究を行ってきました。教育やジオツーリズムの普及を目的として、さまざまな組織が地質遺産にふさわしい地域を認定して保護や利用を行ってきました。これらの遺産資源を持続的に開発してゆこうと、さまざまな面から保護対策がとられてきました。また、地域レベルでも世界レベルでも、積極的に地質遺産の保全活動を進めています。ランカウイが東南アジア初の世界ジオパークとなったことは、貴重な地球の遺産を保護し、より持続可能な方法でそれを活用しようという世界的な構想をマレーシアが強く支持していることのあかしです。本章ではマレーシアにおける地質遺産の開発を中心に、マレーシアの代表的な地質遺産資源を紹介します。

マレーシアで地質遺産の重要性が認識されるようになったのは、1970年代以降のことです。当初は地質学的に重要性の高い地域の認定に重点が置かれていました。Aw (1977)、Yong (1989)、Tjia (1991)らは、地質学的に興味深い地域をまとめ、一覧を作成しました。当時、掲載された地質遺産とその周辺の環境を保全することの重要性は指摘されていましたが、保全とは何で、またどのように行うべきか、という点についてはなんら具体的な提案はなされませんでした。1990年代中頃になるとようやく、マレーシアでもより包括的に地質遺産を研究し、より効果的な保全活動を本格的に行うようになりました。この活動は、熱心な研究者らが1996年に設立した非公式の研究グループ、マレーシア地質遺産研究グループ (Malaysian Geological Heritage Group) が中心になって進めました。このグループは地質遺産研究の枠組み作成における方法論や地質遺産の開発と保全に関

する考え方の確立において、指導的な役割を果たしました。いくつもの会合や話し合い、セミナー、研究会が開かれ、その成果は「マレーシアの地質遺産 (Geological Heritage of Malaysia)」シリーズ (Ibrahim Komoo et al. 1997, 2001; Ibrahim Komoo & Tjia 2000; Ibrahim Komoo & Mohd Shafeea Leman 1999, 2002; Mohd Shafeea Leman & Ibrahim Komoo 2004; Mohd Shafeea Leman et al. 2007a) やニュースレター、プロシーディング、学術雑誌など、さまざまな形で公表されました。

2. 地質遺産

マレーシアのような熱帯の国は1年を通して高温多湿なので化学的な風化が進みやすく、風化した岩石や土壌が厚い層を形成して地面を覆っています。熱帯地方には木々が深く生い茂った雨林が発達し、土壌や植生のない岩石が露出している地帯がほとんどないのは、強い日照と多湿な気候、そして肥沃な厚い土壌が主な原因です。ですからマレーシアの地質遺産はその多くが森林地帯にあり、1984年施行の森林法に基づいて、森林局が森林資源と共に保護しています。

このように、マレーシアでは岩石が良好な状態で露出していること自体、地質遺産の研究者や石の愛好家にとっては非常にラッキーなことなので、地質遺産資源の判定では、よい露頭があることが非常に重要な基準になります。このため、化学的な風化が内部にまで進みにくい石英岩脈、ある種の石灰岩、珪質の火成岩、堆積岩、変成岩 (Mohd Shafeea Leman et al. 2007b) などの岩石が地質遺産資源となる可能性が最も高くなります。

1990年代半ばから2000年初頭にかけて、地質遺産資源と地質遺産に関して体系的で総合的な研究が行われましたが、これには鉱物資源地球科学局 (Department

of Minerals and Geoscience) の各州事務所が、大学など教育機関の研究者の協力を得て取り組みました。地質遺産の一覧は「マレーシアの地質遺産 (Geological Heritage of Malaysia)」 第 4 版 (Ibrahim Komoo et al. 編集: 2001) に収録されています。このリストは Ibrahim Komoo(2003) および Ibrahim Komoo et al. (2004) の分類に基づいて、マレーシアの地質遺産資源を鉱物、岩石、化石、初生構造、二次構造、地形、地質作用という 7 つのグループに分類しています。本章ではそれぞれのグループごとに具体的な地質遺産を挙げて説明してゆくことにします。図 1a と 1b はこれらの地質遺産の分布を示したものです。

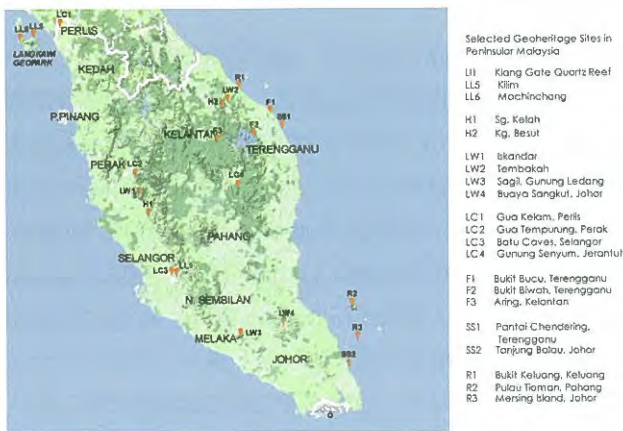


図 1a 本章で取り上げた地質遺産の位置 (マレー半島側)



図 1b 本章で取り上げた地質遺産の位置 (マレーシア東部)

2.1 さまざまな鉱物と鉱物資源

マレーシアは造岩鉱物から経済的価値の高い工業原料鉱物や金属鉱物まで、多様で豊富な鉱物資源に恵まれています。現時点では、多様な鉱物が産出するという理由だけで地質遺産に指定された例はありません。マレーシアで産出した鉱物の標本は地方自治体が運営する展示ギャラリーをはじめ、鉱物資源地球科学局や各地の大学

の地質博物館などに、鉱物コレクションとして保管されています。マレーシアは昔からスズ、鉄、銅、金、石炭、ボーキサイトなどの産出国として有名で、かつての鉱山や廃鉱の一部は地質遺産として保全されています。例として、パハン州 (Pahang) スンガイレンビン (Sungai Lembing) のスズの地下鉱山 (スズはほとんどが砂鉱として産するため、多くの場合露天掘りです)、テレンガヌ州 (Terengganu) のブキベシ (Bukit Besi) 鉄鉱山 (露天掘り)、ラブアン連邦領 (Labuan Federal Territory) のタンジュンバツ (Tanjung Batu) 炭鉱などがあります。

2.2 さまざまな岩石

マレーシアの地質は、岩石の種類が豊富なことが特徴です。起源や組成の異なる堆積岩をはじめ、塩基性から酸性にいたる多種多様な火成岩、低度から高度の変成岩までさまざまです。これらの岩石の分布や関係は、マレー半島、ボルネオおよびその周辺の東南アジア地域における広域の地史や構造発達史と深く関わっており、それを研究することによって、古堆積環境や構造的環境といった地史を解明することができます。岩石の多様性を示す地質遺産には以下のようなものがあります。

(1) ブキケルアン (Bukit Keluang)、テレンガヌ州 (R1) の礫岩 - 図 2a, b

ブキケルアン、ブキブス (Bukit Bubus)、ブキデンドン (Bukit Dendong) はテレンガヌ北部の海岸近くにある独立した 3 つの丘陵で、ブキケルアン層の礫岩、砂岩、シルト岩、赤色頁岩などさまざまな堆積岩でできています。ブキケルアンに卓越する礫岩にはさまざまな堆積構造が認められ、大昔の河川で堆積したことがわかります。一方、ブキブスとブキデンドンの赤色頁岩には植物化石が含まれていて、二畳紀中期から後期 (約 2 億 6000 万年前) にかけての典型的な陸上堆積物です (Kamal Roslan Mohamed et al. 2000)。美しい砂浜やさまざまな海岸浸食もこの地質遺産の特徴です。



図 2a ブキケルアンの礫岩はマレーシアの二畳紀の大陸性堆積物を代表するものです



図 2b ブキケルアン層に産する二畳紀の植物化石

(2) プラウチオマン (Pulau Tioman)、パハン州 (R2) の花崗岩 - 図3

この島はほとんど花崗岩からできていて、火山岩と変堆積岩も少し産します。花崗岩は1億5000万年以上も前のジュラ紀に、火山岩と変堆積岩の中に貫入したものです。長い年月にわたって浸食を受け、花崗岩はなだらかな丘陵になりましたが、場所によってはブキネネクセムク (Bukit Nenek Semukutt) (695メートル) 双峰のような急傾斜になって、美しい景観をつくっています。チオマン (Tioman) 海岸に点在するごつごつした岩肌の花崗岩の露頭は岩山となって、海岸の美しさを一層引き立てています。



図3 ブキネネクセムク山 (695m) は双峰をもつ花崗岩の山です

(3) メルシン (Mersing) 諸島、ジョホール州 (R3) の複合火成岩体 - 図4a, b

メルシン海岸の沖合いには、花崗岩や火山岩からなる島々が浮かんでいます。北側には花崗岩の島が多く、南のプラウチンギ (Pulau Tinggi) やプラウシブ (Pulau Sibul) などの島は石英安山岩や安山岩の組成を持つ火山岩でできています。南東の島々は中性から苦鉄質の火成岩です。



図4a プラウシブの未固結の凝灰岩は、非常に細かいものから砂粒サイズまで粒子の大きさがさまざまで、ときにケイ長質の薄い溶岩流をはさんでいます



図4b プラウティンギ付近にはデイサイトと安山岩の凝灰岩が多く分布しています

(4) タワウ (Tawau)、サバ州の火山複合体 (R4) - 図5a, b

サバ州東南部には今から数万年から数百万年前の鮮新世から更新世にかけて噴出した火山岩が広く分布し、地形もその影響を受けています。円錐形をしたタイガー (Tiger) 山、アンドラシイ (Andrassy) 山、コイン (Quoin) 丘陵などの丘は、こうしたかつての火山活動の名残りです。スンガイバルン (Sungai Balung) 地域には柱状節理がよく発達した安山岩が分布し (Che Ibrahim Mat Saman 2000)、地熱活動も非常に活発です。



図5a タワウのバルン川岸に露出する玄武岩の柱状節理



図5b タワウ、アパスキリの温泉噴湯丘

2.3 さまざまな化石

マレーシアに分布するカンブリア紀 (5億4000万年前) から現世までのさまざま時代の堆積岩からは、多様な化石群集が豊富に産します。これらの化石はほとんどが浅海性から深海性の無脊椎動物の貝殻や殻ですが、一部では植物化石も発見されています。化石群の分布はそれを含んでいる地層の古堆積環境や古構造環境が大きく影響しているので、マレーシアの地質構造的な進化とも深くかかわっています。マレーシアで発掘された貴重な化石標本は、その発見場所ではなく発掘された地域の博物館や岩石標本展示室に保管されていますが、化石を豊富に含む堆積岩の露頭はその一部が国の地質遺産として認定され、種々の保全規定に基づいて保護されています。

(1) ブキブチュウ (Bukit Buchu)、テレンガヌ州の腕足類 (F1)- 図 6

テレンガヌの堆積岩は石炭紀初期の浅い海に堆積した岩石で、動物化石も植物化石も非常に豊富です。ブキブチュウのほぼ垂直に傾いた淡灰色頁岩と淡褐色砂岩からは、保存状態の非常によい腕足類、三葉虫、頭足類、二枚貝、苔虫類、ウミユリ、ウニ類、植物破片などの化石群が豊富に産します (Idris & Zaki 1986; Che Aziz Ali & Kamal Roslan Mohamed 2001)。この砂岩中には斜交層理や漣痕などの堆積構造も非常によい状態で保存されています。



図 6 ブキブチュウの化石層からは保存状態のよい腕足類化石が産します



図 7 ブキビワ石灰岩中の保存状態のよいサンゴ化石



図 8a 化石に富む石灰岩中に産する三畳紀の頭足類化石 (アーリン)

図 8b 三畳紀の二枚貝化石 (アーリン)

(2) ブキビワ (Bukit Biwah)、テレンガヌ州の有孔虫類とサンゴ (F2)- 図 7

ブキビワとブキター (Bukit Taat) は、ケニル湖のほとりの美しいカルスト地形をもつ石灰岩の丘ですが、二畳紀中期の動物化石群を多量に産するという点でも重要です。この動物化石群は大型、小型の有孔虫類とサンゴ類が主で、その他に若干の二枚貝類、頭足類、藻類、腕足類、ウミユリが産します (Kamal Roslan Mohamed et al. 2001)。ブキビワとブキターからは考古学上の遺物も豊富に出土し、文化遺産管理局がこれらの丘陵を保護しています。どちらの丘陵も国立公園内にあり、野生動物および国立公園管理局 (Department of Wildlife and National Park) も保護を行っています。

(3) アーリン (Aring) ケランタン州のアンモナイトと二枚貝 (F3)- 図 8a, b

アーリン近郊の暗灰色凝灰質泥岩中には、アンモナイト化石の大群集が見られます。この泥岩は深海底に堆積した泥でできています。このアンモナイト化石群は三畳紀中期から後期 (2億4000万~2億2000万年前) のものであることを示し、テチス海動物群に属しています。これらの頭足類のほか、二枚貝やウミユリも発見されています。

2.4 さまざまな初生構造

初生構造というのは、変形などを受けていない火成岩の産状や堆積構造のことをいいます。マレーシアでは堆積岩、なかでもサラワクやサバに分布する新生代 (最も古いもので6500万年前) の堆積岩に見られる構造が最もよく知られています。もっと古い時代の堆積岩では多かれ少なかれ変成作用の影響を受けているので、半島部に分布する古生代の堆積岩などは堆積後を受けた変成作用によって、初生構造は見られません。一方、火成岩の初生構造はマレーシアには少なく、火山岩や地下の浅いところに貫入した火成岩に、マグマの流理構造が残っているのが数例知られているだけです。

(1) バコ (Bako)、サラワク州の堆積構造 (SP1)- 図 9a, b

サラワクのバコ国立公園の基盤は、主として中新世 (2300~500万年前) に堆積した台地砂岩層 (Plateau Sandstone Formation) という堆積岩です (Johansson 1999; Kamal Roslan Mohamed et al. 2004)。この地域の砂岩中には、大規模なトラフ型および板状の斜交層理、漣痕、コンボルト葉理など、さまざまな種類の堆積構造があります。また、バコの海岸沿いでは、岩柱、波食窪、海食台、ポットホール、岩の表面に無数の穴が開いたタフオニ構造や蜂の巣構造など、海岸侵食の素晴らしい例が観察できます。



図 9a みごとな斜交層理 (台地砂岩層、パコ国立公園、写真提供は Kamal Roslan Mohamed)



図 9b 塊状の砂岩が差別的な風化や浸食を受けてできたおもしろい地形 (パコ国立公園、写真提供は Kamal Roslan Mohamed)

(2) タンデク (Tandek)、サバ州の火山岩中の流理構造 (SP2)- 図 10

サバ州の特に北部や中央では、水中などに噴出したマグマが急冷されてできた枕状溶岩など、火山岩の流理構造がよく見られます。北部のタンデクにはチャートを伴う玄武岩質岩が産しますが、その中には非常に状態のよい枕状構造が保存されています (Tongkul 1999)。スピライトとよばれる変質を受けた玄武岩とチャートと一緒に産するのは、白亜紀のサバのあたりに海洋地殻があったことを示す非常に重要な証拠です。

2.5 さまざまな二次構造

マレーシア半島部と北部ボルネオは地質史上ずっと、地殻変動の活発な地域にありました。半島部に分布している古生代後期の岩石中に残されている構造運動が最も古いもので、その後の構造運動はより年代の若い岩石中に記録されています。構造運動を受けた堆積岩は変形したり、多様な二次構造や変形構造をもつさまざまな種類の変成岩になります。過去のプレートが収束した場所である縫合帯だと認められる場所では一般に、その周辺地域よりも強い変形を受けています (Hutchinson 1989)。



図 10 はっきりした枕状構造が見えるサバ州コタ・マルドゥ郡タンデクの玄武岩

(1) パンタイチェンデリン (Pantai Chendering)、テレンガヌ州の変形した岩石 (SS1)- 図 11a, b

テレンガヌの中部と南部の海岸には、強い変形を受けた石炭紀の変堆積岩がパッチ状に露出しています。テレンガヌ中部のリゾート地、パンタイチェンデリンでは海岸の変成を受けた堆積岩層 (変成粘土質岩と変成砂質岩) 中には岩石が微小に褶曲した構造など、さまざまなタイプの褶曲や断層がはっきりと観察できます (Ibrahim Abdullah et al. 2001)。



図 11a テレンガヌ州パンタイチェンデリンには、たくさんの横臥褶曲が見られます



図 11b 規模の大きな横臥褶曲の脚部には細密褶曲劈開やシェブロン褶曲が見られます

(2) タンジュンバラウ (Tanjung Balau)、ジョホール州の変形構造 (SS3)- 図 12

ジョホール南東のタンジュンバラウには、弱い変成作用を受けた堆積岩中にはっきりとした構造運動が変形構造として記録されています。この海岸には石炭紀のものと考えられる変成を受けた砂岩、千枚岩、粘板岩が露出していますが、その中にはさまざまな種類の褶曲構造や変形構造がきれいに残されています (Tajul Anuar Jamaluddin 2000)。



図 12 タンジュンバラウの海岸沿いには、メルシン層の変成堆積岩中に閉じた褶曲が見られます

(3) ミリ (Miri) 背斜、サラワク州の断層 (SS4)- 図 13 a, b

ミリ空港から 2 キロメートルほどの道路沿いでは、いろいろな初生構造や二次構造があるミリ背斜の一部をはっきり観察できます (Lesslar & Lee 2001)。初生構造としてはハンモック状の斜交層理、当時の生物による擾乱構造が、二次変形構造としてはいろいろな種類の断層や背斜があります。この露頭は地質遺産の一部として保護されており、ミリ市議会が管理しています。

2.6 さまざまな地形

その地域に分布する岩石の物理的あるいは化学的な性質の違いや構造と、それらが受けてきた浸食などの地質学的作用がからみあって、独特の地形や景観ができあがります。今日見られるマレーシアの地形は、熱帯から亜熱帯気候の影響を強く受け、地表の河川や地下水に浸食された結果できあがった最終段階の地形です。マレーシアの地形は影響した要因によって滝、海岸、山頂、湖、洞窟など、さらに細かい分類が可能です。マレーシアが地形的に複雑なのはその地質が大きく関係しています。

(1) さまざまな滝

マレーシアの滝は多くが花崗岩、砂岩、珪質堆積岩、変成岩など、浸食に強い岩盤が露出している場所にあります。観光立地のよい場所にある滝は、リクリエーション森林として整備されていて、森林局が管理しています。



図 13a ミリ空港道路沿いにはミリ背斜の一部が露出しています



図 13b ミリ背斜の脚部に見られる断層群

1) ラタイスカンダー (Lata Iskandar) 滝、ペラク州 (LW1)- 図 14

ラタイスカンダー滝はマレー半島のメイン山脈西麓の、タパー高原とキャメロン高原を結ぶ道路沿いにあります。滝はメイン山脈をつくっている花崗岩 (粗粒斑状黒雲母花崗岩) にかかっている、周辺はリクリエーション森林として整備され、地元や外国の観光客がたくさん訪れます。



図 14 ペラク州タパーのラタイスカンダー滝

2) テンバカー (Tembakah) 滝、トレンガヌ州(LW2)- 図 15

スガイテナン川はケランタン州との境界である山脈の東翼を流れている川で、トレンガヌ州ベス郡で滝になっています。このあたりは岩石学的にはほぼ均一な花崗岩が分布しています。この滝は川を横切る断層のために七段になって落ちています。滝とその周辺地域はリクレーション森林として整備されています。



図 15 トレンガヌ州ベスのテンバカー滝

3) サギル (Sagil) 滝、ジョホール州 (LW3)- 図 16

標高 1,267 メートルのグヌンレダン (レダン山) はジョホールの最高峰で、その美しい景観もさることながら、美しいお姫様が求婚者に難題を出すという、日本のかぐや姫によく似た伝説が伝わる山としても知られています。この山は主に花崗岩 (黒雲母・白雲母花崗岩) からできていて、メイン山脈花崗岩の南端部にあります。サギル滝はグヌンレダンの山麓では最もよく整備され、観光客がもっとも多い滝です。



図 16 ジョホール州レダン山の滝

4) ブアヤサング (Buaya Sangkut) 滝、ジョホール州 (W4)- 図 17a, b

エンダウ - ロンピン国立公園はパハン州とジョホール州にまたがる広大な国立公園です。ジョホール州側の地質は二畳紀のジャシン火山岩類で、これは約 2 億 8000 万年前の激しい噴火によって地表に堆積したさまざまな凝灰岩類です。水平な火山岩層が平坦なプラットフォームを形づくり、そこからいくつもの滝が何段にもなって流れ落ちています。また、無数の垂直断層に沿って浸食が進んだため、切り立った断崖や深い溪谷になっています。このブアヤサング滝は、ジョホール州のエンダウ - ロンピン国立公園で最大の滝です。



図 17a ジョホール州エンダウロンピン国立公園のブアヤサング滝



図 17b ブアヤサング滝の急流

(2) さまざまな洞窟

長い地質時代には石灰質の堆積物がマレーシアの各地に堆積し、やがて石灰質の地層になりました。これらの石灰質の地層は主に石灰岩やドロマイトからできていますが、その一部は後に変成作用を受けて品質のよい大理石になりました。石灰岩などの石灰質岩は、地表や岩石内部の割れ目や隙間から化学反応を起こして溶解します。最初はごく小さな亀裂でも、やがて大きな洞窟になり、さらに溶解が進むと洞窟内には炭酸塩が沈殿し、鍾乳石などの洞窟堆積物あるいは洞窟生成物が形成されます。洞窟堆積物の形状、大きさ、成長の方向はさまざま、物理的、生物学的要因がさまざまに影響しています。こうした作用が組み合わさって、石灰岩洞窟の素晴らしい景観ができあがるのです。マレーシアの洞窟には考古学的な遺物が残っているものや、文化的宗教的な場所として使用されているものもあります。

1) ケラム (Kelam) 洞窟、ペリス州 (LC1)- 図 18a, b

マレー語で暗い洞窟という意味を持つケラム洞窟は、マレーシアとタイの国境に近いペリス州北部のカキブキ町近郊にあります。この洞窟はタイとマレーシアの国境にあるナカワン山脈の石灰岩の丘を横断する自然のトンネルになっていて、ワンバーマからカキブキまでの間を地下河川が流れています。ナカワン山脈は主にオルドビス紀のセツル石灰岩層からなっていて、洞窟内には鍾乳石、石筍、石灰石柱、秋芳洞の百枚皿のようにたくさんのリムストーンプール（皿のような池）が連なったものなど、素晴らしい景観が広がっています。変質されていない壁面では、石灰岩中のさまざまな化石が観察できます。この洞窟は州の森林局が保護、管理するペリス州立公園内にあり、観光客が洞内を見学し、丘陵西側にあるレクリエーション森林の施設も利用できるよう、通路などの設備が整備されています。

2) テンプルン (Tempurung) 洞窟、ペラク州 (Perak) (LC2)- 図 19

ココナッツの形の洞窟、という意味のテンプルン洞窟は、ペラク州の州都イポー市から少し南にあるグヌンパジャンにある大きな洞窟です。全長はおよそ 1.9 キロメートルあり、一部は地下を流れる河川へとつながっています。この洞窟は、切り立った側面と丸い頂をもつ独立した丘陵が続くカルスト地形に特有のモゴータという丘を貫いています。この丘陵はデボン紀からペルム紀のキンタ石灰岩からできていて、三畳紀後期に花崗岩が貫入したためその大部分が変成作用を受けて大理石になっ

ています。洞窟には石筍、鍾乳石、カーテン、流れ石、石柱のある大きな部屋が 5 つあり、かつては反英国ゲリラの隠れ家として使われていたこともあります。現在では州政府が認定した機関が洞窟を管理しており、地元や外国からの観光客が多数訪れます。



図 18a ケラム洞窟には観光用設備が整っています

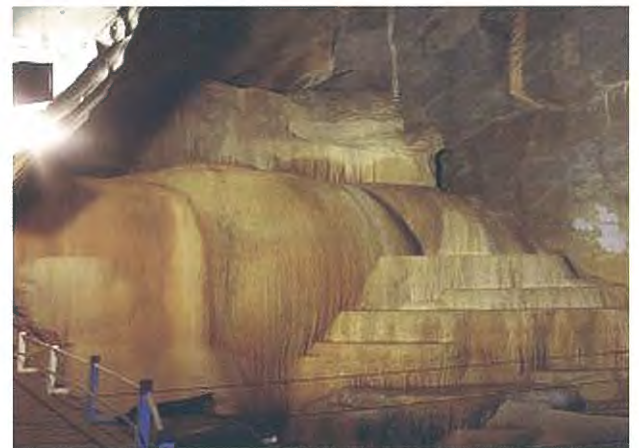


図 18b 幾重にも重なった巨大なリムストーンプール

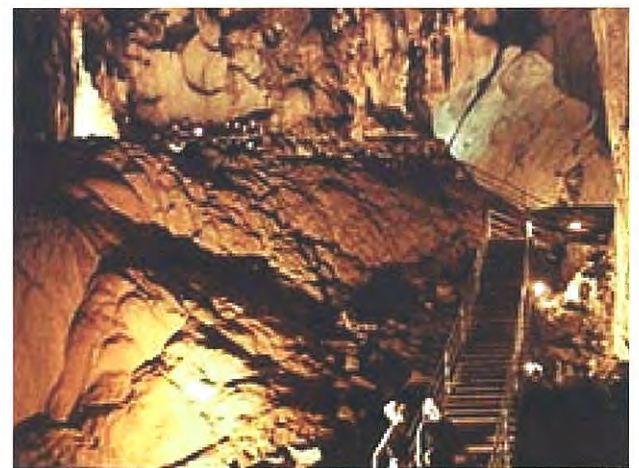


図 19 ペラク州政府はテンプルン洞窟に照明、つり橋などの設備や、ガイド、洞内のツアー、土産物店、案内所などを用意して観光客の誘致を図っています

3) バトゥ (Batu) 洞窟、セランゴール州 (LC3)- 図 20a, b

ケラン溪谷はその大部分がシルル紀のクアラルンプル石灰岩でできていますが、クアラルンプル市周辺にはバトゥ洞窟丘陵とタクン丘陵の2つの石灰岩丘陵があります。首都の北西にあるバトゥ洞窟丘陵は規模が最大で、広さはおよそ1平方キロメートルです。バトゥ洞窟は「石の洞窟」という意味をもつ天然の洞窟で、このあたりでは最大の洞窟です。洞内にはさまざまな洞窟生成物があり、地質学的にもすばらしい洞窟ですが、むしろ洞窟内にあるヒンドゥー教寺院とタイプーサム (Thaipusam) という儀式で知られています。ヒンドゥーのこの儀式には毎年数100万人が訪れ、参列します。この洞窟は現在、マレーシア文化遺産管理局が保護しており、タイプーサムの儀式は国家行事カレンダーにも記載されています。

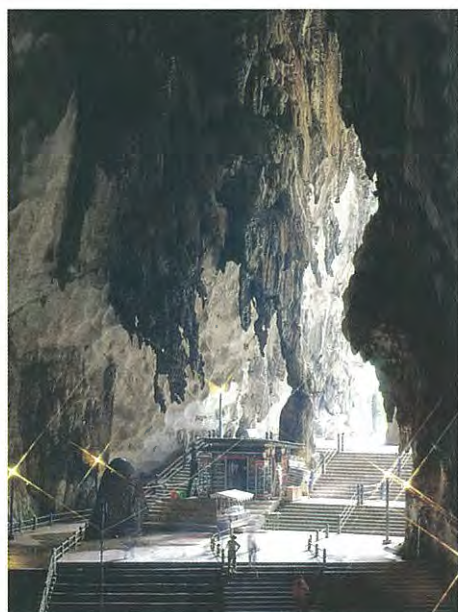


図 20a 入り口から差し込む日の光が美しいバトゥ洞窟



図 20b ヒンズー教の祭、タイプーサムの準備のようす

4) グンヌンセンユム (Gunung Senyum) の洞窟群、パハン州 (LC4)- 図 21a, b, c

グンヌンセンユムとグンヌンジェバプユーは、ペルム紀後期から三畳紀初期の石灰岩の丘陵で、テメローの町から北へ約40キロメートル、パハン川の東側に広がっています。海拔550メートルのグンヌンセンユムには大小合わせて20を超える洞窟や、ドリーネがあり、珍しい洞窟生成物がたくさん見られます。中には人や物の形をした石筍などもあり、土地の人々はこうした「石像」やリムストーンプール (皿池) などの洞窟生成物、ポノールなどは古い民話に登場する妖精の王にまつわるものだと信じていました (Mohd Shafeea Leman et al. 2001)。一部の洞窟には重要な考古遺物が残されているものもあります。グンヌンセンユムはパハン州森林局が保存を行っており、リクリエーション森林として管理しています。一部の洞窟は考古学の研究遺跡として登録されています。



図 21a グンヌンセンユムにはペルム紀から三畳紀の石灰岩の丘に、20を超える洞窟が確認されています

図 21b グンヌンセンユムのタマンドゥア洞窟は天井部分が崩落し、ポノールの穴が拡大しました



図 21c タマンドゥア洞窟内の奇妙な形をした石筍

5) ニアー (Niah) 洞窟、サラワク州 (LC5)- 図 22a, b

ブキスビス (Bukit Subis) は広さ約 54 平方キロメートル、標高約 370 メートルの広大な石灰岩丘陵で、北サラワク地区のニアー国立公園内にあります。丘陵全体が中新世初期の石灰岩で、生物の破片化石が豊富に産します (Banda et al. 2000)。スビス丘陵のたくさんの洞窟のなかでも世界的に知られているのが考古学的な遺跡でもあるニアー洞窟で、ここからは 4 万年前の人骨や旧石器時代の大規模な墓地が発見されています。洞窟には数多くの壁画が残されており、国の遺跡として登録され、サラワクで最も人気のある名所の 1 つです。



図 22a ニア洞窟は、考古学的にも重要な遺跡です



図 22b 考古学的遺物が発見された洞窟

クラングゲートという名称は、岩脈に門のように狭い隙間があいており、そこからクラング川が流れ出ていることに由来しています。クラング川をせき止め、マレーシアで最初の、そして最も重要な貯水池がつけられたのがここです。石英質岩脈は花崗岩質の母岩が変質して形成されたもので、三畳紀より後、おそらくはジュラ紀から白亜紀中期にかけて、クアラルンプール断層に沿って岩脈状に石英の置換が生じてできたのだらうと考えられています。数百万年にわたる風化や浸食にも耐えた、硬くて浸食に強い石英鉱物から成る岩脈がそそり立つ尾根を形成し、眼下に広がる活気あふれるクアラルンプール市の見事な背景となっています。この岩脈には大小の無数の石英脈が入り組んでいて、まるで象形文字のように見えるものもあります。クラングゲート石英質岩脈はセランゴール州立公園内にあり、岩壁のほかにも絶滅の恐れのある動植物が保護されています。

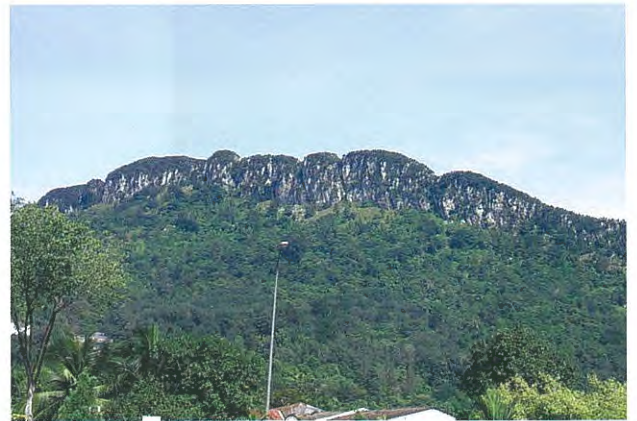


図 23a クラングゲートの石英岩脈の最高地点は標高 534 メートルです

(3) さまざまな山頂

前にも述べましたが、石英岩脈、不純物の少ない石灰岩、珪質の火成岩や堆積岩、変成岩などは、化学的風化に強く、深部まで風化されることが少ないため厚い土壌を形成しにくく、植物が繁茂することはあまりありません。マレーシアでの植生限界とされる 3,500 メートルを超える山は、キナバル山 (標高 4,095 メートル) だけです。具体的には以下で述べますが、それ以外の山では岩石の種類によって露出している岩の量も決まります。

1) クラングゲート (Klang Gate) 石英質岩脈、セランゴール州 (LL1)- 図 23a, b

クラングゲートの石英質岩脈はマレーシア最長の石英質の岩脈で、総延長 14 キロメートル、最大幅は 200 メートル近くあります。この石英質岩脈はマレーシアの首都クアラルンプール市の北東境界になっています。ク



図 23b 空から見るクラングゲート岩脈は大きくうねり、まるで大蛇の背のようです

2) キナバル (Kinabalu) 峰、サバ州 (LL2)- 図 24a, b, c

サバ州にはシパダン島、マリブ盆地、ダナム渓谷、キナバル山などの世界的な自然遺産がいくつもあります。東南アジアで最も高い山、キナバル山 (4,095 メートル) は山頂が平坦な花崗岩の岩塊で、ボルネオの北端から 113 キロメートル南南西のところにあります。この山の地質史、地層、岩石の種類は興味深く、独特の魅力的な景観という自然美もそなえています。おもな岩石はアダメロ岩と花崗閃緑岩の組成をもつ中新世の火成岩で、それが北部ではクロッカー層に、南部では超塩基性岩とトウラスマデイ層に貫入しています。山頂の地形は今から約数万年前の更新世最大の氷河期に氷河による侵食、堆積作用を受けたことがはっきり残されており、非常に興味深いものです。重力のために氷床が下方へと移動するとき、氷はその下にある岩石を削り、破壊して山麓へと運びます。カール、鋸状のピーク、氷河削痕、グループマーク、U字谷、羊背岩など、氷河独特の地形はこうして作られました。キナバル山はユネスコの世界自然遺産になっています。キナバル公園管理局は、キナバル峰が国内ジオパークの指定を受けられるよう、書類や施設の整備に取り組んでいます。



図 24a 公園事務所から眺めるキナバル山全景



図 24b ロバの耳 (右) や醜い姉妹 (左後方) と名づけられたキナバル高原西部の峰々



図 24c 鋭い円錐形をしたキナバル山南峰と氷河浸食の特徴を示すキナバル高原西部

3) グヌンアピ (Gunung Api) 石灰岩尖峰群、サラワク州 (LL3)- 図 25a, b

マレーシアで最も規模の大きな石灰岩洞窟、サラワクチェンバー (Sarawak Chamber) は世界最大級の洞窟でもあります。約 300 平方キロメートルにわたって分布する始新世後期から中新世初期のメリナウ (Melinau) 石灰岩にはカルスト地形が発達し、個性的な特徴をもつ洞窟がいくつもあります。サラワクで最も大きな国立公園であるムル国立公園の全域にこのメリナウ石灰岩が分布しています。ムル国立公園には壮大な洞窟のほかにも、有名なグヌンアピの石灰岩尖峰群があります。尖峰群はそそり立つ針や剣の山となって、火の山という意味のグヌンアピの山腹一面に広がっています。上空から眺めると、緑深い熱帯雨林に取り囲まれた銀色や青色の石灰岩尖峰群のようすがよくわかります。絶え間なく降り注ぐ熱帯の雨が石灰岩に浸透し、垂直な節理に沿って岩を溶解し、侵食した結果、細い割れ目のある石の尖峰と入り組んだ渓谷が形成されました。この石灰岩にはヌムリテス (Nummulites) という大型有孔虫、紅藻、造礁サンゴ、ウニ、軟体動物などさまざまな動物化石が数多く含まれ、岩石自体も非常に興味深いものです。ムル国立公園は人里遠くにありますが、ここもユネスコの世界自然遺産に登録されていて、国内外から毎年たくさんの観光客が訪れます。



図 25a 剣のようにそそり立つ尖峰群はムル世界自然遺産に登録されています



図 25b 尖峰群の近影

4) バトゥラウイ (Batu Lawi) 峰、サラワク州 (LL4)-
図 26a, b

サラワク州内陸のミリ省とリンバン省にかけて、サラワク台地があります。バリオ地区のケラビ高原にはタマアブ山脈、グヌムルド、バトゥラウイといった尾根や峰があります。サラワクの最高峰グヌムルドのほか、グヌンタマド、バトゥラウイは、厚い塊状の中新世の砂岩（メリガン層）でできています。サラワク台地で最も印象的な地質遺産は、バトゥラウイの双子山として知られている岩の柱でしょう。双子山の頂上は標高 2,045メートルで、側面は全体が切り立って崖になっています。バトゥラウイは交通が不便なところにあるため、現在は団体観光客を対象とした名所としては開放されていません。



図 26a ボルネオ島のジャングルの奥地にそびえるバトゥラウイの双子山



図 26b バトゥラウイ峰は塊状の砂岩柱です

5) キリムカルスト (Kilim Karst) 尖峰群、ケダ州ランカウイ (LL5)- 図 27a, b, c

ランカウイ島 (Langkawi) の北西部にあるキリム渓谷は、主にオルドビス紀のセトゥル層の石灰岩でできています。この石灰岩が長い間浸食作用を受けてできあがったのが、狭い浸食谷で区切られた孤立丘や尾根で、そこには他の地域では見られないマングローブの生態系が広がっています。層理面の性質や傾き、岩に生じた割れ目や断層のパターン、その地区で卓越する風や波の向きに対して丘がどう位置しているか、などの条件によって、さまざまな形の石灰岩の峰が形成されます。東風を直接受ける峰には植生が少なく、季節風があまり当たらないものに比べるとはるかに雄大で印象的です。ケダ州森林局は、島のカルストの美しい景観と石灰岩が分布するマングローブの珍しい生態系の組み合わせを高く評価し、キリム渓谷を「地質の森」公園として指定しました。キリムカルスト地質の森公園は、ランカウイ世界ジオパークのなかでも地質遺産の保全という点で最も重要な要素になっています (Mohd Shafeea Leman et al. 2007c)。



図 27a キリム渓谷の遠景 (ランカウイ島)



図 27b キリム川沿いにはさまざまな形の山があります



図 27c 河口付近の尖峰群はキリム地質の森公園の象徴となっています

6) マチンチャン (Machinchang) 峰、ケダ州ランカウイ (LL6)- 図 28a, b

マレーシア半島部の北西端には、マレーシア最古の岩石が分布しています。これはカンブリア紀のマチンチャン層の一部で、層厚は中程度から厚く、不純物の少ない石英砂岩を主として、少量のシルト岩や頁岩を伴っています。マチンチャン砂岩は5億年以上も昔に堆積した岩石ですが、ごく弱い変成作用を受けているだけで、当時の堆積構造がほぼ完全に残されています。マチンチャン山地の高い尾根は浸食に強いこの砂岩層でできています。硬いけれどももろいこの砂岩の内部には、変形作用による互いに交差する無数の割れ目があり、長い年月の間にはそれらに沿って浸食作用が進んだため、マチンチャン山の峰々はいくつもの分断されたブロック状になりました。マチンチャンとは、「刻まれた山」、という意味のマトチンチャン (Mat Chinchang) に由来しています。キリム渓谷とともに、マチンチャン山地全域はランカウイ世界ジオパークの地質遺産保全対象として、地質の森公園 (マチンチャン カンブリア紀地質の森公園) に指定されています (Mohd Shafeea Leman et al. 2007c)。



図 28a マチンチャン山地の遠景 (ランカウイ島、マチンチャンカンブリア紀地質の森公園)



図 28b 5億年以上も昔に堆積した砂岩でできた走行山稜

(4) さまざまな地質作用

他の遺産資源と同じく、地質資源も形あるものと形のないものに分けられます。無形の地質資源の多くは、その地史とその地域で優勢であった地質作用に関するものです。一般に、地質遺産資源というときは、これまでに挙げた例のように地質的な作用が目に見える形で作り上げたものをいいますが、地質遺産資源というほどははっきりと目に見える形をとらないこともあります。たとえば、活発な海岸浸食や温泉などは、はっきりした遺産という形で評価することがむづかしい場合があります。けれども、はっきりとした地質作用の科学的価値そのものが、地質遺産資源として非常に重要だと考えられる場合もあります。

(5) さまざまな温泉

マレーシアは温泉の多い国ではありません。半島部をはじめ、マレーシアの地質は概して古く、比較的新しい火山活動はないからです。マレーシアの温泉の大半は深部断裂に関係して湧いたもので、熱は地下の深いところから供給されています。マレーシアでは温泉の大半がメイン山脈花崗岩沿いの西麓と東麓に分布していますが、そこから離れた地域にある温泉は、それ以外の花崗岩体と深い関わっています。

1) スンガイクラ (Sungai Klah) 温泉、ペラク州 (H1)- 図 29a, b

マレーシアで最も温度の高い温泉は、スンガイ町に近いスンガイクラのもので、その湯温は98℃にも達します。この温泉は花崗岩と堆積岩の境界に湧いており、おそらく大規模な断層や剪断帯の中に位置していると思われます。つまり、この温泉は大昔のマグマ活動の熱によって温められているといえます。温泉は、川に沿った50メートルほどの間の、約16.6ヘクタールの地域に湧いています。地元では昔から風呂や娯楽として、これらの温泉を利用してきました。この地域では州政府認定の機関が5つ星の山小屋風宿泊施設をはじめ、屋台、土産物販売店などの基本的な施設を整備しています。温泉はリウマチ、関節炎、不眠、各種の皮膚疾患に効く化学成分を含んでいるといわれています。

2) カンボンラ (Kampung La) 温泉、テレンガヌ州 (H2)- 図 30

ラ温泉はベスト (Besut) に近いカンボンラにあり、道路も整備されています。この温泉の熱源は、北へ伸びるテレンガヌ断層と関係があると考えられています。ここは景色も美しく、観光地や地熱研究の場として将来、開発や発展の見込みがあると考えられています。



図 29a スンガイクラでは、断層沿いに流れる小川のあちらこちらに温泉が湧いています



図 29b 熱い湯が湧き出している場所は石で囲ってあります



図 30 テレンガヌのラ温泉は観光用に開発されました

3. 地質学的遺産の保全

マレーシアでは複数の関係省庁、高等教育機関、地方自治体、NGOなど複数の機関が協力して地質遺産保全に取り組んでいます。主な政府機関としては、鉱物資源地球科学局、文化遺産局、博物館局、森林局、海洋公園局、野生動物局、灌漑水系局があげられ、地質遺産保全に積極的に取り組んでいる高等教育機関としてはマレーシア国民大学 (University Kebangsaan Malaysia)、マラヤ大学 (University Malaya)、サバ・マレーシア大学 (University Malaysia Sabah)、マレーシア理科大学 (University Sains Malaysia)、マレーシア北部大学 (University Utara Malaysia) があります。地質遺産の保全において最も重要な役割を果たすのは、土地に関する業務を管轄する地方自治体ですが、なかでもランカウイ

開発局、サバ公園管理局、ジョホール国立公園管理局、サラワク国立公園管理局などの州公園管理局が積極的に活動しています。

マレーシアの地質遺産はさまざまな仕組みや考え方に基づいて保護され、それぞれの地域当局や関係する連邦政府機関によって、国立公園、州立公園、地質森林公園、リクリエーション森林、地質遺跡、森林保護地区という形で保全、管理されています (Ibrahim Komoo 2003)。近年広まってきたユネスコ UNESCO のジオパークというとらえかたをすれば、これらの保全地域のいくつかはジオパークの地質遺産保全という条件を完全に満たしているといえるでしょう。

マレーシアはこれまでに、ランカウイ (Langkawi) を国内ジオパークとして開発することを成功させています。ランカウイジオパークは 2007 年 6 月に、ユネスコが主導する世界ジオパークネットワーク (GGN) の 52 番目のメンバーとして承認されました (Mohd Shafeea Leman et al. 2007c)。ランカウイジオパークはランカウイ開発局 (LADA) が管理していますが、このジオパークの計画と開発構想は LADA がマレーシア国民大学 (UKM)、マレーシア半島部森林局と協力して作り上げたものです。ランカウイジオパークは諮問委員会と、技術、保全、振興、開発を担当する 4 つの小委員会からなる組織で運営されており、その振興と開発を LADA が、地質遺産の保全をケダ州森林局が担当しています。このジオパークには重要な地質保全対象が 3 つあり、それぞれマチンチャンカンブリア公園 (Machinchang Cambrian Park) はマチンチャン層のカンブリア紀の砂岩、キリムカルスト公園 (Kilim Karst Park) はオルドビス紀からデボン紀のセトゥル層に見られる島カルスト地形、ダヤンブンティング大理石地質の森公園 (Dayang Bunting Marble Geoforest Park) は二畳紀のチュピン層の大理石、です (Shaharuddin Mohamad Ismail et al. 2005)。技術委員会は UKM のランカウイ研究センターの研究者を中心に構成されています。

マレーシアでは現在のところ、マレーシア地質遺産グループが中心となってジオパークの計画やモニタリングを行っています。鉱物資源地球科学局内に国内ジオパークを担当する部署を設置しようという計画案が提出されています。これまでのところ、同研究グループは国内のジオパーク候補として 11 箇所を決め、その開発に向けて取り組んでいます。とくに力を入れているのはキナバルジオパークの一部にキナバル世界遺産を加えることです。

参考文献

- Aw, P.C., 1977. Potential conservation areas of geological interest. Unpublished Geological Survey Department of Malaysia Report G2/1977.
- Banda, R.M., Chinta, F.H. & Unya Ambun, 2000. The general geology of the Niah Caves area, Sarawak. In Ibrahim Komoo & Tjia, H.D. (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Resource Development for Conservation and Nature Tourism*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 231-250.
- Che Aziz Ali & Kamal Roslan Mohamed, 2001. Geologi Pemuliharaan dan Pelancongan kawasan Terengganu Utara. In Ibrahim Komoo, Tjia, H.D. & Mohd Shafeea Leman (eds.) *Geological heritage of Malaysia — Geoheritage Mapping and Geosite Characterization*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 301-322. (In Malay with English Synopsis).
- Che Ibrahim Mat Saman, 2002. Keunikan Beberapa Geotapak di Sabah. In Ibrahim Komoo & Mohd Shafeea Leman (eds.), *Geological Heritage of Malaysia – Research and Development of the Geoheritage*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 172-182. (In Malay with English Synopsis).
- Hutchison, C.S. 1989. *Geological Evolution of South-East Asia*. Geol. Soc. Malaysia. Kuala Lumpur.
- Ibrahim Abdullah, Che Aziz Ali & Kamal Roslan Mohamed, 2001. Beberapa geotapak di kawasan pantai Terengganu Tengah. In Ibrahim Komoo & Mohd Shafeea Leman (eds.) *Geological Heritage of Malaysia – Research and Development of the Geoheritage*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 361-375. (In Malay with English Synopsis).
- Ibrahim Komoo, 2003. *Conservation Geology: Protecting Hidden Treasures of Malaysia*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 51p.
- Ibrahim Komoo and Mohd Shafeea Leman (eds.), 1999. *Geological Heritage of Malaysia — Conservation Geology for Geotope Development*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 350p.
- Ibrahim Komoo & Mohd Shafeea Leman (eds.), 2002. *Geological Heritage of Malaysia — Research and Development of the Geoheritage*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 307p.
- Ibrahim Komoo & Tjia, H.D. (eds.), 2000. *Geological Heritage of Malaysia — Resource Development for Conservation and Nature Tourism*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 285p.
- Ibrahim Komoo, Mohd Shafeea Leman, Kadderi Md Desa & Ibrahim Abdullah (eds.), 1997. *Geological Heritage of Malaysia — Conservation Geology for Ecotourism*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 319p.
- Ibrahim Komoo, Tjia, H.D. & Mohd Shafeea Leman (eds.), 2001. *Geological Heritage of Malaysia — Geoheritage Mapping and Geosite Characterization*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 507.
- Ibrahim Komoo, Lim, C.S., Tanot Unjah, Marilah Sarman & Syafrina Ismail, 2004. Databases warisan geologi Malaysia untuk pemuliharaan dan utilisasi lestari. In Mohd Shafeea Leman & Ibrahim Komoo (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Theoretical Framework and Assessment of Geoheritage*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 3-13. (In Malay with English Synopsis).
- Idris, M.B. & Zaki, S.M., 1986. A Carboniferous shallow marine fauna from Bukit Buchu, Batu Rakit, Terengganu. *Warta Geologi* 12(6), 215-219.
- Johansson, M., 1999. Facies Analysis of the Miocene Plateau Sandstones (Eocene to early Miocene?), Bako National Park, Sarawak, Malaysia Borneo. *Journal of Asian Earth Sciences* 17, 233-246.
- Kamal Roslan Mohamed, Dana Badang & Askukry Abd Kadir, 2004. Geowarisan Taman Negara Bako, Sarawak. In Mohd Shafeea Leman & Ibrahim Komoo (eds.) *Geological Heritage of Malaysia —*

- Theoretical Framework and Assessment of Geoheritage*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 105-118. (In Malay with English Synopsis).
- Kamal Roslan Mohamed, Ibrahim Abdullah, Che Aziz Ali & Askury Abdul Kadir, 2001. Geotapak Bukit Biwah dan Bukit Taat: Pemetaan Geowarisan dan Pencirian Geotapak. In Ibrahim Komoo, Tjia, H.D. & Mohd Shafeea Leman (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Geoheritage Mapping and Geosite Characterization*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 361-375. (In Malay with English Synopsis).
- Kamal Roslan Mohamed, Ibrahim Abdullah, Mohd Shafeea Leman & Che Aziz Ali, 2000. Geologi pelancongan Bukit Keluang, Besut, Terengganu. In Ibrahim Komoo & Tjia, H.D. (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Resource Development for Conservation and Nature Tourism*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 145-162. (In Malay with English Synopsis).
- Lesslar, P. & Lee, C., 2001. Preserving our key geological exposure — Exploring the realm of geotourism. In Ibrahim Komoo, Tjia, H.D. & Mohd Shafeea Leman (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Geoheritage Mapping and Geosite Characterization*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 417-425.
- Mohd Shafeea Leman & Ibrahim Komoo (eds.), 2004. *Geological Heritage of Malaysia — Theoretical Framework and Assessment of Geoheritage*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 258p.
- Mohd Shafeea Leman, Che Aziz Ali & Ibrahim Komoo (eds.), 2007. *Geological Heritage of Malaysia — Conservation of geoheritage and Protection of Environment*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 228p.
- Mohd Shafeea Leman, Ibrahim Komoo, Shararuddin Mohamed Ismail & Azman Abdul Rahman, 2007. Geological Heritage conservation within Malaysian geoforest parks and recreational forests. In Mohd Shafeea Leman, Che Aziz Ali & Ibrahim Komoo (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Conservation of Geoheritage and Protection of Environment*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 3-17.
- Mohd Shafeea Leman, Kamarulzaman Abdul Ghani, Ibrahim Komoo & Norhayati Ahmad (eds.), 2007. *Langkawi Geopark*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 113p.
- Mohd Shafeea Leman, Mazlan Mohd Zain & Mohd Sidi Daud, 2001. Keindahan landskap tabii, kepentingan geologi dan mitos geotapak Gunung Senyum, Pahang. In Ibrahim Komoo, Tjia, H.D. & Mohd Shafeea Leman (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Geoheritage Mapping and Geosite Characterization*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 449-471. (In Malay with English Synopsis).
- Shajaruddin Mohamad Ismail, Ibrahim Komoo, Mohd Shafeea Leman, Kamal Roslan Mohamad, Che Aziz Ali, Abdul Latiff Mohamad, Norhayati Ahmad, Wan Yusoff Wan Ahmad & Azman Abdul Rahman (eds.), 2005. *Geoforest Parks — Hanging Garden of Langkawi*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 117p.
- Tajul Anuar Jamaluddin, 2000. Warisan Geologi Tanjung Balau, Johor. In Ibrahim Komoo & Tjia, H.D. (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Resource Development for Conservation and Nature Tourism*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 83-101. (In Malay with English Synopsis).
- Tjia, H. D., 1991. Geological features. In Kiew, R. (ed.) *The State of Nature Conservation in Malaysia*. Malaysian Nature Society, Kuala Lumpur, 7-14.
- Tongkul, F., 1999. Batuan kerak lautan kuno Baliojong, Tandek, Kota Marudu, Sabah. In Ibrahim Komoo & Mohd Shafeea Leman (eds.) *Geological Heritage of Malaysia — Conservation Geology for Geotope Development*. LESTARI UKM Publication, Bangi, 299-328. (In Malay with English Synopsis).
- Yong, F. K., 1989. Conservation of geological features in Malaysia. *Geological Society Malaysian Bulletin* 23, 157-197.

第7章 フィリピンの地質学的遺産

Yolanda Maac-Aguilar

1. はじめに

将来の世代のために国内の優れた地質的地物を保護、保全する必要があるとして、フィリピン政府は1980年10月8日、大統領令第625号に基づいてフィリピン地質科学委員会 (NCGS) を設立しました。鉱山地球科学局 (MGB) を中心とした21の政府機関からなるこの委員会は大統領府内に設置され、鉱物やエネルギー資源の探査、環境の保護保全など、地質にかかわるさまざまな問題や関連する事柄についての調査を任務としています。

1.1 国定地質天然記念物

フィリピン地質科学委員会は地質遺産の保存を徹底し、国民や政策担当者が地質に対してより深い関心をもってもらおうと、重要度の高い、あるいは危機に瀕している6地点を地質天然記念物として指定しています。次の6つの天然記念物は科学的な重要性や景観の美しさなどの基準に基づいて選ばれたものです。

1. モンタルバン (Montalban) 渓谷、リザール州
 2. タール (Taal) 火山、パタンガス州
 3. チョコレート・ヒルズ (Chocolate Hills)、ボホール州
 4. イロコス・ノルテ (Ilocos Norte) 砂丘、北イロコス州
 5. ハンドレッド・アイランズ (Hundred Islands)、パンガシナン州
 6. セントポール層 (Saint Paul Formation)、パラワン州
- 地質天然記念物の指定にこぎつけるまでには、MGB などによって現地の地質、地形、形成過程の研究を目的とした詳細な地質図作成や野外調査が行われました。地質天然記念物には、その地質学的価値や形成過程などの特徴を説明する記念碑が設置されており、維持管理は現地自治体の観光課が担当しています。

1.2 ジオパークと地質遺産リスト

ユネスコのジオパーク・ネットワーク・プログラムを導入するにあたり、「フィリピン国内ジオパーク開発プロジェクト」がMGBによって提案されました。ユネスコ認定のジオパーク設立を目的とするこのプロジェクトは2008年に始まりましたが、国際惑星地球年 (IYPE) の活動としてフィリピン国内で行われる地学関連活動の一環にもなっています。このプロジェクトでは、地質遺産の保護や保存の徹底を図る以外にも、ユネスコのジオパーク・ネットワーク・プログラムにおいて要求される基準、すなわち社会経済を損なわずに持続可能な形で特定の景観を開発することを目的としています。指定された地質天然記念物のうち、チョコレート・ヒルズ、セントポール層 (プエルトプリンセッサ地下河川公園)、ハンドレッド・アイランズ地域の3つは2008年度に国内ジオパークとなる予定で、地方自治体とフィリピン観光庁が協力して実現させることになっています。これらの天然記念物については、観光産業や地域振興計画用に、総合的なフィールド・ガイドブックやパンフレットを作成する予定です。

これまでは地質天然記念物として指定しても、地質遺産の詳細なリストは一切作成されませんでした。ジオパーク候補地であっても、ユネスコの世界遺産に推薦や指定をされないと、地質以外の文化や生物学的多様性といった教育的科学的価値に関しては研究されてきませんでした。しかし、今回の国内のジオパーク・プロジェクトでは、地質的地形的に興味深い地域や、景観、あるいは化石や鉱物の産地、層序学的な特徴のある場所、カルスト地帯、火山、湖などを対象に、詳細で系統的なリストを作成する予定で、これには規模の大小にかかわらず、地質遺産を収載します。

この章では地質天然記念物に指定されている6箇所

以外にも、主要観光地になっていて地質学的にも重要な地域を挙げて説明しています。

2 地質天然記念物

2.1 モンタルバン (Montalban) 溪谷、リザール州

モンタルバン溪谷(図1)はマニラ東部にあり、リザール州のロドリゲス Rodriguez (Montalban) という町にあります。この溪谷はシエラマドレ (Sierra Madre) 山脈の麓にある石灰岩でできた2つの山地の間にあります。この石灰岩層は中新世初期(約2500万~2000万年前)の浅い海に、石灰質の沈殿物や海の生物の残骸が堆積してできたもので、美しいカルスト景観があるため、たくさんの観光客やピクニックや自然探索を楽しむ人々が訪れます。峡谷には1908年に建設されてから1924年にアングト (Angat) ダムが完成するまで、首都マニラ (Manila) の住民に水を供給していたダムがあります。

ここは学術的にもモンタルバン石灰岩層の模式地となっており、地質学的変遷を研究するにはうってつけの、天然の実験室ともいうべき場所であることから、1983年9月10日にフィリピンで最初の地質天然記念物に指定されました。モンタルバン溪谷にはもう1つ、パミチナン (Pamitinan) 洞窟(あるいはベルナルド・カルピオの洞窟)という地質学的地物がありますが、ここはフィリピン独立革命の英雄、アンドレス・ボニファシオ (Andres Bonifacio) が1895年4月12日に、7人の同志と共にスペインからの独立を宣言した、フィリピン史上重要な場所でもあります。第二次世界大戦中は、日本軍兵士がここや付近の洞窟を使っていたといわれており、そのうちの1つには入り口に死亡した日本軍兵士の記念碑が建てられています。洞窟内の断崖は、旧約聖書に出てくるサムソンのような怪力の持ち主と伝えられるフィリピンの英雄、ベルナルド・カルピオ (Bernardo Carpio) が断ち割った、という古い神話が残っています。

2.2 タール (Taal) 火山、バタンガス州

タール火山(図2)は、規模は小さくても甚大な被害をもたらす火山のひとつで、バタンガス州のタール、サンニコラス (San Nicolas)、タリセイ (Talisay) の町にあります。約23平方キロメートルにわたって広がる標高約400メートルの成層火山で、タール湖という淡水のカルデラ湖があります。カルデラ湖内には火山島があり、その火口も直径2キロメートルの火口湖になっている珍しい火山です。今から10万~5万年前に何度となく噴火を繰り返し、それ以前の大きな火山は崩壊して湖ができました。その後さらに新しい火山円錐丘が湖の



図1 モンタルバン溪谷につくられたワナダム (写真 Lorna Habal)

内側に誕生しました。火山の活動は非常に活発で、記録に残る最初の噴火である1572年以降だけでも33回もの噴火が記録されています。なかでも一番激しく被害が大きかったのは1754年、1911年、1965年の噴火で、6,000人が死亡するなど周辺地域に大きな被害をもたらしました。

タール湖はフィリピンで3番目に大きい湖で、その最大径は約30キロメートル、面積は243平方キロメートルです。タガイタイ (Tagaytay) 尾根(図3)から眺める湖と火山の景色は最高です。湖水はパンシピット (Pansipit) 川となってバラヤン (Balayan) 湾へ注ぎます。この火山と湖は火山による災害や地球のダイナミックな活動を研究するにはうってつけの天然の研究室です。この火山と湖は1985年11月25日、フィリピン地質科学委員会によってフィリピンで2番目の地質天然記念物に指定されました。独特の美しい景観を誇るこの火山と湖には、火山以外にもさまざまな分野の研究者、メディア関係者、観光客がひっきりなしに訪れます。観光客は徒歩で、あるいは馬に乗って島を探索したり、湖でボートやカヤックを楽しみます。

美しいタール湖には、希少種やこの地にしかない固有種も生息しています。本来は海水にすんでいた生物が淡水で生活できるよう進化したもので、世界で唯一の淡水に生息するイワシの仲間、タウィリス (Tawilis) や、固有種のロウニンアジ (Caranx ignobilis/"maliputo")、珍しいウミヘビ (Hydrophis semperi) などがいます。1930年代ころまでには、湖でオオメジロサメ

(*Carcharhinus leucas*)を目撃したという報告もあります。



図2 空から見たタール火山島と火口湖
(写真 Mike Gonzales)



図3 タガイタイ尾根からの眺めはみごとです
(写真 Simplicio Galuyong)

2.3 チョコレート・ヒルズ (Chocolate Hills)、ボホール州

ボホールのチョコレート・ヒルズは、フィリピンでも最もユニークな地質的地物です。左右対称でほぼ同じ大きさの円錐丘がカルメン (Carmen)、バトゥアン (Batuan)、サグバヤン (Sagbayan)、ヴァレンシア (Valencia) の4つの町にまたがる50平方キロメートル以上の地域に1,000以上も続いています(図4)。チョコレート・ヒルズという名は、夏季に丘を覆っている草が枯れると茶色になって、まるで大きなチョコレートの山のように見えことに由来しています。丘の高さは30～50メートルで、最も高いもので120メートルです。これらの丘は主として薄～中程度に成層した砂質ないし角礫質の石灰岩で、含まれている有孔虫類、サンゴ、軟体動物、藻類などの化石から約200万年前の鮮新世後期から更新世初期に浅い海に堆積したことがわかります。かつて海であったこのあたりが隆起し、石灰岩に割れ目ができて、そこから酸性の雨水による浸食や溶解が進んだために、干草の山のような小さな丘がいくつも点

在する珍しい地形になったのです。

チョコレート・ヒルズは景観が美しいだけでなく、丘の間に広がる平原、洞窟、泉、トンネルなど、地質的にも地形的にも興味深い地物がたくさんあります。考古学的歴史的な価値のある洞窟もあります。チョコレート・ヒルズは学術的にも重要で独特であり、景観も美しいことが高く評価され、保護保存を確実にしようとして、1988年6月18日、フィリピン地質科学委員会が国内3番目の地質天然記念物に指定しました。タグビララン (Tagbilaran) 市の北東約55キロメートルにあるカルメン (Carmen) の町から南へ5キロメートルのところにあるブエノスアイレス (Buenos Aires) の丘の見晴らし台には、ここが天然記念物であることを示す記念碑が建っています。天然記念物に指定されても、チョコレート・ヒルズは依然として開発の危険に直面しています。指定後も3つの丘で建築用石材の採掘が続いているのです。ここを確実に保護しようと、環境天然資源省 (DENR) の勧告を受けたラモス大統領は、1997年7月1日、さらなる告示第1037号に署名しました。この告示によって、チョコレート・ヒルズとカルメン、バトゥアン、サグバヤン、ビラルル、ヴァレンシア、シエラ・ブونسなどの周辺地域は天然記念物地域として指定を受け、また、国家統合保護地域システム (NIPAS) 法に基づいて環境天然資源省が管轄機関となってチョコレート・ヒルズを保護しています。現在は、州政府が保護地域管理委員会 (PAMB) を通してチョコレート・ヒルズの維持と保護にあたっています。



図4 ブエノスアイレス山チョコレートヒルズを眺める
(写真 ボホール州観光局)

2.4 イロコスノルテ (Ilocos Norte) 砂丘、北イロコス州

イロコスノルテ砂丘 (図5) は、フィリピンの他の地域にはあまり見られない地形をしています。柔らかな砂の、低く緩やかな起伏のある細長い丘で、南はクリマオ (Currimao) から北はパスキン (Pasuquin) までの約40キロメートルにわたって、海岸沿いに幅4キロ

メートルの砂丘が続いています。高さが30メートルに達するものもあるこの砂丘は、風や波、海岸流などの海の作用が組み合わされて浸食と堆積が起こり、数千年かけてつくられたと考えられています。イロコスノルテ砂丘は1993年11月26日に、その独特な地形が評価され4番目の地質天然記念物に指定されました。この砂丘は海岸浸食や堆積作用を知ることのできる天然の実験室で、ラオグ(Laoag)市のバラングイカラヤブ(Barangay Calayab)には記念碑が建っています。



図5 イロコスノルテの砂丘 (写真 Alaric Magnus A. Yanos)

2.5 ハンドレッド・アイランズ (Hundred Islands) 地域、パンガシナン州

ハンドレッド・アイランズとして知られている地域は、マニラの北約250キロメートル、パンガシナン州アラミナス(Alaminos)市のバラングイルカップ(Barangay Lucap)にあります。リングエン(Lingayen)湾にあるハンドレッド・アイランズには、大小さまざまな124(満潮時には123)の小島が18.5平方キロメートルの海域に散らばっています(図6)。これらの小島は主に、約200万年前に浅い海で堆積したサンゴ質の石灰岩でできています。現在の景観は隆起、浸食、カルスト化作用など、さまざまな地質作用が組み合わさってできたものです。カルスト化作用とは、石灰岩などの溶解性の岩石が分布する地域に見られる地形の発達過程で、酸性の地表水が地下へと浸透しながら反応を生じ、割れ目や亀裂に沿って石灰岩を溶解することをいいます。

ここでは30の島の周囲に白い砂浜や広いサンゴ礁原がひろがっていますが、それ以外の島々は石灰岩が海上に突き出ただけのものです。水晶のように透き通った周辺の海は、水泳、ピクニック、スキューバダイビング、シュノーケリング、島巡りを楽しもうと、海洋スポーツ愛好家や観光客が訪れるレクリエーション地域です。ルカップ埠頭(図7)からモーター付きのカヌーやカヤックが出ており、島巡りをすることができます。島の多くは無人島ですが、ガバナー(Governor)島、ケソン(Quezon)島、チルドレン(Children)島の3つは観光

地として開発されています。美しい景観だけでなく、ハンドレッド・アイランズは生態系も多様で、海にも陸にもさまざまな動植物が見られます。島の周辺には海草、サンゴ、貝、さまざまな魚など、海の資源が豊富です。陸上の森はスズメ、チャムネヒヨドリ、シロガシラトビ、コサギ、コウライウグイスといった鳥たちの生活を支えています。ウルヅヤ(Urduja)洞窟、カテドラル(Cathedral)洞窟をはじめとして、この地域には地上にも海面下にも洞窟があって、探検家や研究者たちを魅了しています。自然の驚異ともいえるこの地域には、ハンドレッド・アイランズの由来にまつわる伝説や神話が数多く語り継がれてきました。

1940年1月18日、フィリピンの第2代大統領マヌエル・ケソンはフィリピン国民が自然と触れあい、その恩恵を受けられるようにと第667号告示を制定し、ハンドレッド・アイランズ地域を国立公園としました。生態系の維持、生物多様性の保全、地域の持続可能性を確実にしようと設立された1992年の国家統合保護地域システム(NIPAS)法施行時には、同システムの最初の適用地として認められました。フィリピン地質科学委員会は2001年9月14日、パンガシナン州のハンドレッド・アイランズ地域の特殊性、学術的重要性、景観の価値を認め、これらの島々を5番目の地質天然記念物に指定しました。こうした指定や告示を行うことで、指定地域の確実な保護と相反しかねない道路網の整備やレクリエーション、研究プログラムの施行などの需要がうまく調整できるのです。



図6 ハンドレッドアイランズの島々 (写真 Ed Garcia)



図7 アラミナス市のルカップ埠頭と小島

2.6 セントポール (Saint Paul) 層とプエルトプリンセッサ (Peurto Princesa) 地下河川国立公園、パラワン州

セントポール石灰岩層はパラワン (Palawan) 島のプエルトプリンセッサ市から北西に約 81 キロメートルにあるセントポール山脈 (図 8) をつくっています。この石灰岩層は 3000 万年から 2500 万年前にアジア大陸から分離して、約 1500 万年前に現在の位置へと移動したと考えられている安定な地帯に分布しています。セントポール山脈はそびえ立つ尖峰、平野、なだらかな後背地、ドリーネ、多層洞窟、断崖の波食窪、地表や地下の河川系、白い砂浜、地下に潜る末無川、素晴らしいカルスト山地など、さまざまな地形がおりなす景観美を特徴としています。



図 8 セントポール山脈遠景 (写真 Hobo Traveler)

この山脈の最高峰は海拔 1,028 メートルあります。公園内でもっとも見ごたえのあるのは長さ 12 キロメートルにおよぶ洞窟で、その中を地下河川としては世界最長とされる川が流れています。川の約 8.2 キロメートルの区間はボートで航行できるようになっています。くねくねとした洞窟の角を曲がるごとに、次々と数々のすばらしい鍾乳石、石柱、石筍 (図 9) や大聖堂のような丸天井のある部屋が目の前に現れます。この川はセントポール山の南西 2 キロメートルほどの地点を源流とし、地下の洞窟内だけを流れてセントポール湾へとそそいでいます (図 10)。この地下河川に行くには、バラングガイサバング (Barangay Sabang) かバヒル (Bahile) からエンジン付きカヌーで行くか、モンキー・トレールと呼ばれる観光路を歩いて行きます。公園の北側はセントポール湾や生い茂るマングローブの海で、東側にはバブヤン川が流れています。

セントポール山脈の森には、陸上カルストや低平地林、海洋の生態系など他の地域にはない生物多様性が見られます。広葉樹やカルスト特有の植物が自然のままの姿で生えています。セントポール湾やサバング地区には

沿岸部やマングローブの木々やコケに覆われた森林、藻場、サンゴ礁がたくさんあり、パラワンツパイ、パラワンヤマアラシ、パラワンアナグマ、ビントロング、アライクイ、コツメカワウソ、ジャコウネコ、マレージャコウネコ、カニクイザルなどの固有種や希少種が確認されています。ここではアオサギ、コウハシショウビン、フクロウ、シロハラアナツバメ、コビトアナツバメ、ヤブツカヅクリ、パラワンコクジャク、フィリピンオウム、ウミワシなどの珍しい鳥や絶滅危惧種も観察できることから、バードウォッチャーにも人気があります。トカゲやウミガメもたくさんいますし、たいいていの洞窟にはアナツバメやコウモリがたくさん生息しています。絶滅危惧種である海牛目のジュゴンを目撃したという報告もあります。セントポール湾地域はパラウエニオス族、バタクス族、タグバヌアス族という先住民族の居住地です。



図 9 キノコのような鍾乳石 (写真 John Ryan Cordova)



図 10 プエルトプリンセッサ地下河川国立公園の入り口

プエルトプリンセッサ地下河川は 1971 年 3 月に大統領告示第 835 号により国立公園に指定され、環境天然資源省が管理しています。1992 年には、共和国法第 7586 号 (1992 年の国家統合保護地域システム (NIPAS) 法) に基づく大統領告示によって、公園の区域が定められました。プエルトプリンセッサ地下河川公園 (セント

ポール石灰岩層)は、自然の景観がみごとで、教育的学術的にもすぐれた意義があるとして、1999年にユネスコ世界遺産に登録されました。2003年12月、フィリピン地質科学委員会はこの公園を6番目の地質天然記念物に指定しました。他の保護地域と同じく、プエルトプリンセッサ地下河川国立公園もプエルトプリンセッサ市当局とパラワン持続可能発展評議会を中心とする保護地域管理委員会(PAMB)が管轄しています。当初は主洞中心部の地下河川だけが観光の対象とされていましたが、ユネスコ世界遺産に登録されてからは、マングローブの森や海岸、河川などでも観光開発がすすめられています。

プエルトプリンセッサ地下河川公園は当初、中心地域5,753ヘクタール、緩衝地帯1万4449ヘクタールで、総面積は20,200ヘクタールでしたが、ユネスコ世界遺産への登録を前に、プエルトプリンセッサ市保護地域管理委員会は1993年、公園の面積を8万6000ヘクタールに広げました。

3. それ以外の重要な地質遺産

地質天然記念物以外にも、フィリピンには学術的、景観的、歴史的に価値の高い地質遺産がたくさんあります。これらの多くは火山、洞窟、石灰岩カルスト、滝などと関連しています。

3.1 火山

環太平洋火山帯に位置するフィリピンにはたくさんの火山があります。そのうち現在も活動を続けているのはバブヤンクラロ(Babuyan Claro)、バナハウ(Banahaw)、ビリラン(Biliran)、パドダホ(Bud Dajo)、ブルサン(Bulusan)、カグア(Cagua)、カミギンドバブヤン(Camiguin de Babuyanes)、ディディカス(Didicas)、イラヤ(Iraya)、イリガ(Iriga)、カンラオン(Kanlaon)、ヒボックヒボック(Hibok-hibok)、マカトゥリング(Makaturing)、マトウトウム(Matutum)、マヨン(Mayon)、ムスアン(Musuan)、パーカー(Parker)、ピナツボ(Pinatubo)、ラガング(Ragang)、スミス(Smith)、ブルサン(Bulusan)、タール(Taar)の22の活火山です。フィリピンの最高峰で豊かな動植物が見られるアポ(Apo)山のような休火山もたくさんあります。この火山の項目では、フィリピン火山地震研究所(PHIVOLCS)とスミソニアン博物館の世界火山プログラムによる資料を参考にしています。

(1) マヨン (Mayon) 火山

マニラの南東約553キロメートルにあるマヨン山(アルバイ州)はフィリピンで最も活発な火山で、火山碎屑堆積物と溶岩流が交互に重なってできた典型的な成層火山です。半径62.8キロメートルの基部から海拔2,462メートルの山頂へときれいな円錐形を描く姿はよく知られています(図11)。平均35~40°の傾斜は山頂に近づくほど急になります。この火山はダラガ(Daraga)、バカカイ(Bacacay)、カマリグ(Camalig)、ギノバタン(Guinobatan)、サントドミンゴ(Santo Domingo)、マリリポット(Malilipot)の6つの町とりガオ(Ligao)、レガスピ(Legaspi)、タバコ(Tabaco)の3市にまたがっており、総面積は5,775.70ヘクタールです。



図11 雄大な山容を見せるマヨン山(写真はスミソニアン博物館 Kurt Fredrickson が1968年に撮影したもの、フィリピン観光省提供)

マヨン山は1616年に最初の噴火が記録されて以来、これまでの323年間に少なくとも48回噴火したことが記録に残っています。専門的にはこの火山の噴火形式はストロンボリ式、ブルカノ式、プリニー式とさまざまであり、最初に玄武岩の噴出があり、その後長期間安山岩質の溶岩を流出させるという周期的な活動をします。中央火道から噴火することが多く、溶岩は山麓はるか下方まで流れます。山頂から放射状に延びる40ほどの谷を火砕流や土石流が猛烈な勢いで流れ下り、人家の密集する低地に被害を与えます。最も激しかった1814年の噴火では1,200人以上が死亡し、多くの町に物的被害をもたらしました。この噴火でカグサワ教会は泥や岩、灰の中にほぼ完全に埋まってしまい、現在はその鐘楼の部分だけが地上に出ています。最近では2001年と2006年に大規模な噴火がありました(図12)。

雄大なマヨン山の姿はその由来にまつわるたくさんの伝説や神話を生み、この山を訪れる内外の登山家やキャンパーにもよく知られています。山麓のサントドミンゴ町バラングイリドン(Barangay Lidong)にある

マヨン火山生態観察キャンプには、1996年に整備されたフィリピン行政組織100周年記念林があります。ここにはラタンヤシの栽培地があり、水の枯れた小川ではキャンプも楽しめます。このあたりだけに棲んでいる固有種の鳥も観察できます。激しい火山活動をひんぱんに起こしますが、マヨン山周辺はフタバガキの一種 (*Hopea philippinensis*)、食虫植物であるウツボカズラ (*Nepenthes rajah*)、木生シダ (*Cyatheaceae* spp.) などの珍しい植物や絶滅危惧種の生息地になっています。ルソンオオコノハズク (*Otus megalotis*, Philippine scoops owl)、セキショクヤケイ (*Gallus gallus*, Red jungle fowl)、キバラヒメアオバト (*Ptilinopus merrilli*, Merrill's fruit dove)、インコ (*Loriculus philippinensis*, Philippine hanging parakeet)、フィリピンワシミミズク (*Bubo philippinensis*, Philippine horned owl) など57種の鳥類のほか、34種を超える爬虫類と13種の哺乳類が生息していることが報告されています。1938年7月20日、ケソン大統領は告示第292号に基づいて、マヨン山を景観が美しく学術的価値が高いとして国立公園に指定しました。2001年11月にはエストラダ大統領が告示第413号に署名し、マヨン山自然公園に指定しました。



図12 2006年のマヨン山の噴火 (写真 米国地質調査所)

(2) ピナツボ (Pinatubo) 火山

ルソン島で活発な活動を続けるもうひとつの成層火山にピナツボ山 (図13) があり、これはサンバレス州、タルラック州、パンパンガ州の州境にあります。ルソン島の西岸には、平行してルソン火山弧がのびていますが、ピナツボ山はその中の複合火山です。かつてのピナツボ火山は安山岩質およびデイサイト質の火山岩からなり、現存する山麓部分から推測して、その海拔は2,300メートルに達していたと思われます。ピナツボは1991年にも噴火し、海拔1,745メートルのところ新しい山頂ができましたが、それでも昔のピナツボ山に比べればか

なり低いものです。実は、1991年の噴火まで、ピナツボ山はほとんど知られていませんでした。というのも、この山はこれまでに大規模な火山活動を起こしたことがなく、周囲を山に囲まれた山岳地帯の真ん中にあるからです。ピナツボはルソン島の中西部では一番高い山ですが、周囲の山々との標高差は200メートルたらずで、しかも鬱蒼とした密林に覆われているため、実際の姿を見ることはまず不可能なのです。この地域にはアエタ族 (Aeta) という先住民族が数1,000人居住しています。

490年以上も活動を休んでいたピナツボは、1991年に突然活動を再開しました。このときの噴火は20世紀で2番目に激しいもので、世界中に影響を与えました。



図13 1991年の大噴火を起こす前のピナツボ山 (写真 米国地質調査所)

約25立方キロメートルに上る岩石破片、軽石、火山灰などの火山碎屑物を噴出したため、幅2.5キロメートルのカルデラが形成されました (図14)。噴出された火山灰は雲となって約12万5000平方キロメートルにおよぶ地域を覆い、ルソン島中部のほぼ全域が真っ暗闇になりました。フィリピン全土はおろか、ベトナム、カンボジア、マレーシアなど東南アジアの各国で降灰があり、南シナ海はほぼ全域に火山碎屑物が降下しました。斜面に堆積した火山碎屑物の厚さは最大1,000メートルに達し、噴火の最盛期には上空約19~24キロメートルまで碎屑物が噴き上げられました (図15)。ピナツボ周辺の山々は、かつてここに存在した巨大火山を衛星状に取り囲んでいた古い火道のなごりや火山ドームです。

噴火から17年ほど経った今、このあたりはルソン島中部の名だたる観光地になりました。タルラックのカパスから荒涼とした平原までジープに乗り、そこから2~3時間かけて火口湖までトレッキングするコースが観光客に人気です。湖周辺には見晴台や山荘があり、許可された地域に限られますが、カヤック漕ぎや水泳も楽しめます。



図 14 1991年の噴火で半径2.5キロメートルのカルデラ湖ができました(写真 米国地質調査所)



図 15 1991年のピナツボ山噴火最盛期のようす(写真 米国地質調査所)

(3) ブルサン (Bulusan) 火山

ブルサン山(図16)もやはり活火山で、カルデラ内側に形成された成層火山です。この火山はマニラ南東約250キロメートル、マヨン山の南東70キロメートルにあり、ソルソゴン州のビコール(Bicol)半島先端にあります。ブルサン山は海拔1,559メートル、基部の面積は約400平方キロメートルです。山頂の火口は直径が300メートルで、山腹には溶岩流が多数認められます。この火山は主に安山岩で、デイサイトも若干含まれています。1886年以降少なくとも13回噴火しており、最近では2007年後半に噴火しています。噴火の様式はさまざまで、1918～1922年、1980年には水蒸気爆発、1918～1919年にはストロンボリ式の噴火をしています。過去4万年の間にはカルデラを形成するような激しい噴火もありました。

ブルサン湖は南東山腹の標高635メートルにある火



図 16 ブルサン火山(写真 Roland Empleo)

口湖で、生い茂る森に囲まれています。この山には山頂が2つあり、東側のごつごつした小山はかつての巨大な円形火口の名残と思われる、現在は西側にある釣り鐘状の山頂が活動しています。

(4) カミギン(Camiguin)島のヒボック-ヒボック(Hibok-Hibok)山ほか

ヒボック-ヒボックはカミギン島にある7つの火山の一つで、かつてはカタルマン(Catarman)とよばれていました。ヒボック-ヒボック山は海拔約1,332メートルの成層活火山で、基部の直径は約1,000メートルあります。この火山はいろいろな種類の安山岩(角閃石安山岩)やデイサイトからなっています。温泉が6箇所(アルデン Ardent、タンゴブ Tangob、ブゴン Bugong、タグド Tagdo、ナーサグ Naasag、キヤブ Kiyab)と、火口湖が3つ(1948年に噴火したカナカーン Kanangkaan 火口、1950年に噴火したイリハン Ilihan 火口、1949年に噴火したイトウム Itum 火口)あります。ビノネ(Binone)とマーク(Maac)の間にはタギネス瀕(Taguines Lagoon)という、火山噴出物を伴わない火山湖(マール)があります。ヒボック-ヒボックの北西には海拔671メートルのブルカン(Vulcan)山(海拔671メートル)が、カミギン島の中央にはマンバヤオ(Mambajao)山、島の最南端には海拔581メートルのギンシリバン(Ginsiliban)山、その北にウハイ(Uhay)山などの死火山があります。このほか、カンパナ(Campana)、ミノコル(Minokol)、トレマリアス(Tres Marias)、カリング(Carling)、テイバネ(Tibane)、ピヤコン(Piyakong)などの火山ドームや火山円錐丘があり、これらは中部ミンダナオ弧の一部を形成していると考えられています。

スペイン統治時代以降、ヒボック-ヒボックは歴史に残る大噴火を5回も起こしています。1回目は1862年、最後の噴火は1952年9月から1953年7月にかけて

です。この山は高温の火山放出物が山体を流れ下る熱雲（ヌエアルダン）、火山ドームをつくるプレー式噴火（1871年、1949～1953年）や硫黄ガスの放出（1897～1902年）などの噴火をします。1951年には噴火によって住民約2,000人が亡くなりました。

ヒボック-ヒボックではハイキングが人気で、山麓から3～5時間も歩くと頂上に到着します。マンバヤオのアルデン温泉から登るルートが一般的です。この島には火山の美しい景観、浜辺、温泉、緑生い茂る森林などがあり、ミンダナオ島北部のエコツーリズム拠点として知られています。

(5) カンラオン (Kanlaon または Canlaon) 火山

ネグロス (Negros) 島のカンラオン山 (図 17) も成層火山で、バコロド (Bacolod) 市の南東 36 キロメートルにあり、中部ビサヤ地域のネグロスオクシデンタル州とネグロスオリエンタル州にまたがっています。標高は 2,435 メートルで基部の直径は 30 キロメートルで、山のあちらこちらに火山砕屑丘や火口があります。カンラオンの山頂には北側に湖のある楕円形をした大きなカルデラがあります。山腹には温泉が 3 箇所 (マンブカル Mambucal、ブカラン Bucalan、ブンゴル Bungol) があり、周辺にはシライ (Silay) 山とマンダラガン (Mandalagan) 山があります。カンラオン山は広大な熱帯雨林とさまざまな野生生物が生息するカンラオン山国立公園の森林保護地区内にあるので、シダ類、地衣類、菌などさまざまな種類の植物や、ネグロスヒメアオバト、ウグイスの仲間、その他ハト、ヒヨドリ、ヒタキ、キツツキなどの固



図 17 ネグロス島のカンラオン火山
(写真 Dana Barcelona)

有種や絶滅危惧種が生息しています。

カンラオン山は中部フィリピンで最も活発な火山で、1886年以降 25 回も水蒸気爆発を記録しています。1996年には突然噴火を起こし、登山者 6 人が死亡した

ほか、多くの負傷者を出しました。

(6) アポ (Apo) 火山

アポ山 (図 18) はフィリピンの最高峰で、ダバオ (Davao) 市、ダバオデルスル州、北コタバト州の境界にあります。標高 2,954 メートルの大きな成層火山で、山頂の径 500 メートルの大きな火口内側には小さな湖があります。この火山は現在、地熱エネルギーの供給源として利用されていますが、近年に爆発したという記録は残っていません。この火山にはミンダナオのどの地域よりも豊かな陸生動植物が見られ、生息している 270 種以上の鳥類は約半数が固有種です。なかでも有名なフィリピンワシ (Pithecopphaga jefferyi) は絶滅危惧種とされています。

アポ山国立公園で見つかっている植物 629 種のうち、572 種がシダと被子植物、57 種 24 科がコケ類です。最も種類が多いのはイチジクの仲間で、鳥や哺乳類の食用となっています。また、菌も種類が多いのですが、かつてアポ山の原生林に群生していた世界的に有名な *Vanda sanderiana* (バンダ・サンデリアーナ、別名ワリンワリン waling-waling) や *Plectocomia elmiri* などのラタンヤシの仲間は、乱獲のためにもはや野生の状態を観察することはできません。アポ山には 69 科にわたる両生類、は虫類、鳥類、哺乳類のほかに、69 科 118 種の蝶が報告されています。

野生の哺乳類にはトガリネズミ、ジムヌラ、コウモリ、ネズミ、リス、有蹄類、ジャコウネコ、シカなどが確認されています。よく見かけるカエル以外にも、この地に固有のカエルも公園の片隅でひっそりと生息しています。1936年5月9日、アポ山には独特の景観と多様な動植物があるとして、ケソン大統領はここを国立公園に指定しました。現在では登山者に最も人気のあるフィリピン有数の山になっています。



図 18 ミンダナオ島のアポ山自然公園
(写真 Chin William L. 2004)

3.2 洞窟とカルスト

フィリピン各地にはすばらしい熱帯カルストの景観がありますが、その地形や分布する石灰岩の年代は、二畳紀（約2億9000万年前）から隆起した現世のサンゴ礁まで、場所によりさまざまです。ここでは特に重要なカルスト地形について説明します。

(1) タボン (Tabon) 洞窟

タボン洞窟（図19）からはフィリピンで最も古いとされる約2万3000～2万2000年前の人骨が発掘されたことで知られています (Detroit et al. 2004)。また、紀元前3万年のものとされる石器や加工物も発見されています。これらの遺物はプエルトプリンセッサの南約155キロメートルのリプーンポイント (Lipuun Point、パラワン島ケソン) にある洞窟内の、タボン洞、グリ洞、マゲーンゲル洞、イガング洞、デイワタ洞という一連の洞窟から発見されたものです。このあたりには洞窟が200ほどありますが、調査によって古代フィリピン人が住居や埋葬場所として使ったことが確認されているのはわずか29で、うち3箇所は観光用に公開されています。

タボン洞窟は約200万年前のアルフォンソ八世石灰岩中にできた洞窟です。この洞窟は歴史的遺産としても重要とされており、1972年、大統領告示第996号によって博物館保護遺跡に指定されました。現在は国立博物館が維持管理しています。



図19 タボン洞窟は考古学的に重要な発見があったところですが (写真 パラワン環境維持開発協議会)

(2) カラオ (Callao) 洞窟

カラオ洞窟はカガヤン州で最も有名な観光地の1つで、州都ツゲガラオ (Tuguegarao) 近郊にあります。カラオ洞窟は中新世中期 (1500万年前) の石灰岩層のなかに形成された洞窟で、7つの部屋があります。全長9キロメートルの洞窟内には流れの速い小川があります。一番目の部屋は天然の丸天井になっていて美しい石

筍、流れ石、鍾乳石があり、観光用のチャペルのある大聖堂 (図20) になっています。どの部屋にも自然にできた岩の裂け目があって、そこから太陽の光が差し込んでいます。カラオ洞窟周辺には洞窟がたくさんあり、どれも地質学的、考古学的な特徴をもっています。



図20 カラオ洞窟内には大聖堂があります (写真 観光省公式サイト WOW Philippines)

(3) ソホトン (Sohoton) 国立公園

ソホトン国立公園はサマル (Samar) 島の南部にあります。サマル島南西部を流れるソホトン川流域には特有の岩や地層、洞窟、雨林があり、それらの保護を目的として1935年7月19日の告示第831号によって、この地域を国立公園に指定しました。地質学的な興味の対象としては鍾乳石、石筍、流れ石などに覆われた洞窟、ドリーネ、風化した地層、地下河川などがあります。公園は内陸にありますが、海岸のバセイ (Basey) から船で2時間半ほどです。ソホトン、パンフルガンI (Panhulugan I)、パンフルガンII (Panhulugan II)、ブガサン (Bugasan)、カピグタン (Capigtan) などが特にすばらしい洞窟です。

ソホトン洞窟の入り口は大聖堂のようなドームが高さ50メートルの放物線アーチを描いています。この洞窟の特徴は、鋭く尖った鍾乳石、天然のプール、窓、バルコニーなどです。パンフルガンI洞窟は一番大きく素晴らしい洞窟で、高さ15メートルもある大聖堂のようなドームや、何層ものレベルにある部屋、さまざま洞窟生成物などがあります。この洞窟はパンフルガン断崖という急勾配の崖に入り口があって、ここは米西戦争中に、フィリピンの反体制派が奇襲のために待ち伏せをしていたところでした。パンフルガンII洞窟はパンフルガン断崖の正面から食い込んだようになっていて、鱗片状の岩石できています。13世紀頃にはこの洞窟は埋葬場所として使われていました。この公園内のソホトン自然橋も興味深い地物で (図21)、2つの尾根を結んでソホトン川に架かる巨大なアーチ形の岩です。このすぐ先で、ソホトン川は滝になって落ちています。全長40メートルの自然橋の下は高さが約8メートルもあり、橋の両

側と上には木が生い茂って、下側には剣やロケットのような形の巨大な鍾乳石が垂れ下がっています。プガサン洞窟とカピグタン洞窟は大きなものではありませんが、考古学的には重要な遺跡で、石器時代や鉄器時代の遺物が発見されています。これらの洞窟は原住民の埋葬場所や、宗教的な儀式の場として使われていました。米西戦争中はフィリピンの反体制派が、このあたりの洞窟を潜伏場所としていました。

魅力的な美しさと地質的な重要性を持つこの公園には植物の生い茂る豊かな森があり、固有種や希少種、絶滅危惧種など、貴重な動物たちも育んでいます。園内には哺乳類や爬虫類も多く、淡水魚、カニ、エビなども観察できます。



図 21 ソホトンの天然橋 (写真 サマール州観光局)

(4) コロン (Coron) 保護地域

コロン島 (図 22) は、パラワン州北部のカラミアン (Calamian) 諸島の中でも、最もよく知られている島です。この島は三畳紀からジュラ紀 (2 億 5000 万年～1 億 5000 万年前) の灰色石灰岩層でできていて、尖った岩の峰やごつごつした絶壁、白い砂浜、そして7つの湖が有名です。なかでもカヤンガン (Kayangan) 湖 (図 23) はフィリピンで一番きれいな水をたたえている湖といわれ、人気です。カラミアン諸島のある北パラワンブロックは、今から約 4000 万年前にアジア本土から分離し、南東方向に移動して約 1500 万年前に現在の場所に移ってきた大陸の一部です。このあたりにはタグバヌア族 (Tagbanua tribes) という先住民族が住んでいます。

コロン島には島固有の鳥類だけでなく、珍しい哺乳類、爬虫類、両生類なども生息しています。島の絶壁にはフィリピンアマツバメという小型の鳥が巣を作っていますが、これは有名な中華スープに使われる食用ツバメの巣の食材になります。コロンの湖や周辺の海は水泳、シュノーケリングに最適の場所で、島の周辺海域では第二次

世界大戦時に沈没した日本海軍の軍艦探検などが、ダイバーに人気です。ここはまた、レクリエーションだけでなく、学術研究にも最適の場所です。

1967 年 7 月 2 日、コロン島は国立保護区に、そしてその後、1978 年に観光および海洋保存地区に指定されました。1992 年には国家統合保護地域システム (NIPAS) 法の重点保護地域とされ、保護地域管理委員会 (PAMB) が管理・保護しています。



図 22 コロン島 (写真 Hans Neukomm)



図 23 コロン島のカヤンガン湖 (写真 China Pajarillo)

(5) エルニド (El Nido) の陸と海の景観

エルニドはマニラから南西に約 430 キロメートル、プエルトプリンセッサから北に 238 キロメートルのパラワン島の北端にあります。ここは総面積 9 万 6000 ヘクタールの、フィリピンでも最も素晴らしい観光地の 1 つです。エルニド付近の石灰岩の絶壁の割れ目にはアナツバメが多数生息していますが、この食用のツバメ (Collocalia fuciphaga) の巣を地元の言葉でニドと呼ぶことから、エルニドという地名になりました。しかしなんといってもエルニドが最も誇るのは、その素晴らしい景観です。ここはパラワンの地質や野生生物の博物館のような場所で、熱帯雨林、マングローブの湿地、白い砂

浜、サンゴ礁、そして石灰岩の絶壁などに、それぞれの生態系を見ることができます。また、独特の形状をもつ石灰岩峰に代表されるジオサイトもあります。島の岩石は二畳紀から白亜紀（2億8000万～1億年前）のもので、北パラワンブロックに属するエルニド地域の地質発達史はコロン島のそれとよく似ています。このあたりの地層はエルニドの町や、バクイト（Bacuit）湾に点在するカドラオ（Cadlao）、ラーゲン（Lagen、図24）、ミニログ（Minilog）、ディルマカド（Dilumacad）、タプイタン（Tapuitan）、ピナブユタン（Pinagbuyutan、図25）などの45の島々で観察することができます。海拔が最も高いのはカドラオ島で609メートルです。

ミニログ島には1983年にこのあたりで最初のリゾート地が開発され、シュノーケリング、スキューバダイビング、カヤックに絶好の場所です。周辺の海はジュゴン、ウミガメ、エイのほか、たくさんの魚やサンゴの生息地です。島の密林には100種を超える鳥が生息し、その多くはパラワン固有の種です。ラーゲン島にはこの地域で最も豪華な高級リゾート地があり、洞窟、密林、石灰岩の絶壁が有名です。1965年にロバート・フォックス博士が発見したレタレタ（Leta Leta）洞窟は新石器時代の埋葬場所として重要で、石器、陶器、貝細工などがここから出土しています。細長いマティンロク（Matinloc）島には、急な絶壁に囲まれた秘密の海岸がありますし、パンガルシアン（Pangalusian）島には細かい白い砂浜がどこまでも広がり、日光浴や夕日を眺めるなど、何をすることも最適な場所です。カドグモンポイント（Cudogmon Point）はスン王朝（紀元前960～1279年）時代のものでされる宝飾品や陶器が発掘され、人類学上重要な遺跡となっています。



図24 ラーゲン諸島はエルニドでも有数の景色の美しいところです（写真 エルニドリゾートのVina Mataganas）



図25 エルニド屈指の素晴らしい景観を誇るピナブユタン諸島（写真 エルニドリゾートのVina Mataganas）

3.3 滝

(1) マリアクリステイナ（Maria Cristina）滝

マリアクリステイナ滝（図26）は、ミンダナオ島のイリガン（Iligan）市から南西約8.5キロメートルの郊外にある素晴らしい滝です。高さ100メートルのこの滝は美しく壮大な自然で知られ、発電に利用されてイリガン市の産業やミンダナオ全島に電力を供給しています。



図26 ミンダナオ島イリガン市近郊のマリアクリステイナ滝

(2) パグサンヤン（Pagsanjan）滝

パグサンヤン滝はマグダピオ滝（Magdapio、図27）とも呼ばれ、マニラの南東約102キロメートルの起伏の激しいバラングイアングラス（Barangay Anglas）高地にあります。ここはラグナ州で最もたくさんの観光客が訪れるところです。カビンティ（Cavinti）川にかかる主滝は落差が約90メートルあります。パグサンヤンの町からは、丸太をくりぬいたカヌーの一種、パンカに乗って川からこの素晴らしい滝に近づくツアーがあります。上流へ向かうにつれて野性の蘭やシダ、つる植物が彩り、サルや極彩色の鳥たちが生息する緑濃い素晴らしい

い森が目前に広がります。このツアーではまずタラヒブ (Talahib) 滝を見学し、それから小さい滝をいくつか見て回りますが、雨季の水量が多い時期には 19 以上もの滝が現れます。主滝では竹製のいかだでいくつもの滝を通過して、悪魔の洞窟まで行くこともできます。帰りは 14 の早瀬のある曲がりくねった急流を、熟練したスタッフが巧みにボートを操るスリル満点の急流下りを楽しめます。このリゾート地は環境天然資源省の保護地域管理委員会 (PAMB) が管理しています。



図 27 竹のイカダに乗ってパグサンヤン滝のすぐ近くまで行くことができます (写真 Mary Ann Raya)

4. フィリピンにおける地質遺産の問題点

フィリピン地質科学委員会 (NCGS) や環境天然資源省 (DENR) が正式に地質遺産に指定したにもかかわらず、これらの多くはいまだに略奪の対象とされたり、荒廃したまま放置され、ジオツーリズム振興のための維持管理や利用はなされていません。フィリピンが直面する問題点をいくつか、以下にまとめました。

1. チョコレート・ヒルズ (ボホール州) では、3つの丘から建築用の岩石が切り出されました。さらに気候変動の脅威に対応するため、フィリピン政府が森林再生計画に基づいて植林を行った結果、干し草の山のような丘の一部が隠れてしまい、美しい自然景観を見ることができなくなりました。
2. 共和国法第 9072 号「洞窟および洞窟資源の管理と保護に関する共和国法」が公布されるまでは、一部の洞窟は略奪の被害を受けていました。大切な鍾乳石や石筍が、今でも販売目的で洞窟から採取されています。また、宗教的活動に使われた洞窟もありました。
3. 地質遺産のある地域が直面している、保護と相反する土地利用には、地元住民による森林伐採、鉱産物の採掘、森林産物の収集、伝統行事や農業などがあります。
4. 重要な化石を含む岩石層の一部はときに、石炭やセメントの原料として採掘の対象とされがちです。
5. プエルトプリンセッサ地下河川公園では、同区域に居住する先住民に十分配慮して、非常に厳重な保全管理プログラムが導入されています。この管理プログラムには、分水地点や水供給地の保護、生態系と生物学的多様性の保護、地域社会での暮らし、エコツーリズムへの支援など、あらゆる課題を盛り込んでありますが、公園へのアクセス道路が未舗装であるなど、観光を支える基本的な設備や公共施設の問題が未整備のまま残されており、これが各地の観光を振興する際の足かせになっています。

こうした問題の原因には、一般国民、管理団体、行政のどれもが、地質に関して十分な知識がなく、地質遺産保全の重要性があまり理解されていない、という事実があります。どんな人にも理解できるような形で地質の知識を普及させなければ、こうした現状を改善することはできません。

参考文献

- Bulusan, Philippines, http://www.malapascua-island.com/Volcanoe-Map/Vulkan_BULUSAN/hauptteil_vulkan_bulusan.htm.
- Bulusan Volcano, http://volcano.phivolcs.dost.gov.ph/update_VMEPD/Volcano/VolcanoList/bulusan.htm.
- Callao Cave. Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/callao_cave.
- Camiguin's Volcanoes, <http://www.hawaiianwebmaster.com/volcanoes.html>.
- Chocholate Hills. Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Chocolate_Hills.
- Coron Island, http://www.pcsd.ph/protected_areas/coron.htm
- Detroit, F., Dizon, E., Falgueres, C., Hameau, S., Ronquillo, W. & Semah, F., 2004. Upper Pleistocene *Homo sapiens* from the Tabon cave (Palawan, The Philippines: description and dating of new discoveries. Human Palaeontology and Prehistory, *Comptes Rendus Palevol.* 3(8), 705-712.
- El Nido. Htm-Malampaya Sound Land and Seascape Protected Area···El Nido-Taytay managed Resource Protected Area (ENTRMRPA), http://www.pcsd.ph/protected_areas/elnido.htm
- El Nido, Palawan, Philippines, http://www.philippinecountry.com/philippine_beach/elnido.html
- Explore Philippines, http://www.wowphilippines.com.ph/explore_phil/explore_main.asp
- Hundred Islands National Park, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Hundred_Islands_National_Park
- Hundred Islands, Pangasinan. www.waypoints.ph/detail_gen.php?wpt=isl100.
- Kanloan-Wikipedia, en.wikipedia.org/wiki/Mount_Kanlaon
- Kanloan Volcano, http://volcano.phivolcs.dost.gov.ph/update_VMEPD/Volcano/VolcanoList/kanlaon.htm
- Maria Cristina Falls Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Maria_Cristina_Falls
- Mayon Volcano, http://volcano.phivolcs.dost.gov.ph/update_VMEPD/Volcano/VolcanoList/mayon.htm.
- Mayon Volcano-Wikipedia, en.wikipedia.org/wiki/Mayon_Volcano
- Milo Villavroza, Trek to Taal Volcano, <http://www.aenet.org/treks/taaltrek.htm>
- Mount Apo-Wikipedia, en.wikipedia.org/wiki/Mount_Apo
- Mount Apo Natural Park-UNESCO World Heritage Centre, whc.unesco.org/en/tentavelists
- Mount Apo Natural Park United Nations. *UNESCO World Heritage Centre.*, v.3, 1992-2008.
- Mount Bulusan-Wikipedia, en.wikipedia.org/wiki/Mount_Bulusan
- Mount Hibok-Hibok-Wikipedia, en.wikipedia.org/wiki/Mount_Hibok-Hibok
- Mount Pinatubo-Wikipedia, en.wikipedia.org/wiki/Mount_Pinatubo
- Natural Formations, Laoag and Ilocos Norte Attractions, <http://www.Travelmart.net/philippineslaoag>.
- Puerto Princesa Subterranean River National Park, http://www.pcsd.ph/protected_areas/stpaul.htm
- Puerto-Princesa Subterranean River National Park, Philippines, [http://www.eoearth.org/article/Puerto Princesa Subterranean River National Park, Philippines](http://www.eoearth.org/article/Puerto_Princesa_Subterranean_River_National_Park,_Philippines)
- Site of an important Philippine Archeological Discovery - Tabon Caves, http://www.pcsd.ph/photo_gallery/wonders/Tabon%20Cave%20%20profile.htm
- St. Paul Subterranean River National Park, Protected Areas and World Heritage. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, 1998.
- Taal Volcano, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki>.
- Taal Lake, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki>.

Tabon Cave: The Cradle of Philippine Civilization-Dumaguete Forum, <http://www.dumagueteinfo.com/board/other-destinations-philippines/tabon-cave-cradle-philippine-civilization-1731.html>

The Coron Island Protected Area "Towards preserving the cultural heritage vis-à-vis the valuable ecological resource", Palawan Council for Sustainable Development.

The Ilocos Norte Sand Dunes, <http://www.flickr.com/photos>.

The Tabon Caves of Palawan, Glances Prehistory of the Philippines. National Commission for Culture and the Arts, 202.

Tourism in Samar-Sohoton Cava, <http://samar.lagu-ph.com/tourism.html>

UNEP-WCMC Protected Areas Programme-Puerto Princesa Subterranean River National Park, <http://www.unep-wcmc.org/sites/wh/princesa>.

Wawa Dam in Montalban, WOW Philippines, <http://www.photonski.com/cortijos>, 2004.

Welcome to the Mayon Volcano Natural Park, <http://www.mayonecotourism.ph>

Wow Philippines, Rizal is famous for..., http://www.wowphilippines.comph/explore_phil.

WOW Philippines: Explore Philippines: Famous for Callao Cave, <http://www.wowphilippines.com.ph/explore.phil/place>

第 8 章 タイの地質遺産

Pracha Kuttikul

1. はじめに：地質遺産の開発

タイでは 20 年以上前から自然遺産プログラムを作成し、国内の地質遺産の保全と国民の意識向上に取り組んでいます。地質遺産をうまく保全し管理してゆくには、地質情報や知識が容易に入手できることだけでなく、あらゆる関係者の関心や支援、協力が得られるかどうかが大きく影響します。つまり、成功のために何よりも大切なのは人々への教育なのです。そして、そのためにはまた、法律の整備も必要となります。

1.1 自然遺産

タイ国内では自遺産選定プロジェクトの一環として、天然資源環境政策室（ONEP）が 1983 年から地質遺産保護を開始し、2,000 を超える重要自然遺産が特定され、以下の 5 つの項目に基づいてリストが作成されました。

- ・ほかには見られない独自性がある
- ・天然の構造物や景観としての美しさがある
- ・民話や伝説など歴史的に重要である
- ・聖なる土地として扱われている
- ・学術的、地理学的、考古学的価値がある

タイ政府はその 6 年後の 1989 年を「自然環境保護年」として宣言し、その年に 2,362 の候補地から選ばれた 263 の地域が「自然保全地区」として認定されました。これらの地区は次の 6 つに分類されています。

- ・島、小島
- ・山、洞窟、滝、温泉
- ・湖、湿地
- ・海岸
- ・化石産地
- ・地形的に特色ある場所

1999 年から 2001 年にかけて、タイの環境改善局

(DEQP) は天然資源環境政策室の協力を得て、自然保全地区ガイドブック（全 4 巻、図 1）を刊行しました。このシリーズではタイの北部、北東部、中央部、南部の 4 地域で認定された保全地区をたくさんの図版と地図で紹介し、それぞれの場所や現状、直面する問題などを取り上げています。



図 1 自然保護区域について書かれたたくさんの書籍

1.2 地質遺産についての出版物

タイ政府が認定した自然保全地区の多くは、地質的にも重要な価値があるので、地質遺産でもあります。鉱物資源局（DMR）は地質調査を行う際に、地質遺産に関する情報もあわせて収集しています。地質遺産として選ばれたものの情報は公開され、たやすく入手することができます。

(1) タイの地質遺産ガイドブック

これは鉱物資源局が2001年に刊行したやや専門的な本で、タイの4地域の地質遺産32箇所を紹介しています(図2)。一般的な旅行案内書に比べると内容は専門的ですが、一般の読者も理解できるようにイラスト、地図、地質図、地質モデルの図もたくさん入っています。

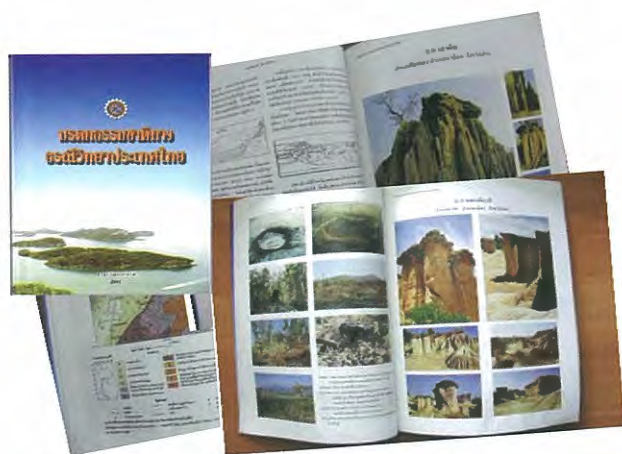


図2 タイの地質遺産に関する本

(2) ジオツーリストのための地質遺産図解

4つの地域の59箇所のジオサイトを紹介している本書は2004年に刊行され、地質の専門知識を持たない一般の読者にも読めるよう、やさしい説明とたくさんのイラストが入っています。また、地質用語集もついています(図3)。



図3 ジオツアーがおこなわれている観光地を図や写真入りで紹介する本

1.3 地質遺産に関する教育普及

地質の知識を広く普及する手段には書籍の出版以外にも、ウェブサイトや博物館も重要で効果的です。鉱物資源局では学生を対象として、展示会や恐竜キャンプ(図4)、化石キャンプ(図5)といった特別活動も行って、再生することのできないこうした資源を大切に守りながら暮らしていくことを学んでもらおうとしています。



図4 恐竜キャンプでは児童がさまざまな活動を楽しんでいます



図5 化石キャンプで化石のクリーニングを体験する子供たち

(1) ウェブサイト

DMRのウェブサイト(図6)には、地質に関する知識やサービスのページ、よくある質問コーナー、掲示板などがあります。地質知識のページには地質、地質資源、地質遺産、化石、鉱物、地質災害など地球環境に関する情報が掲載されています。サービスページでは図書館、博物館、化石・岩石・鉱物などの鑑定サービス、出版、地図に関する情報がビデオ、CD、印刷物などの形で入手することができます。

(2) 地質博物館

知識を一般の人々に普及するには、博物館は非常に効果的な手段です(図7)。博物館では展示品を実際に目

で見たり、手で触ることができるため、他の普及手段と違って来館者の印象や記憶に残りやすいのです。タイにはバンコク、カラシン、コンケンの3つの県に鉱物資源局が運営する地質博物館があります。

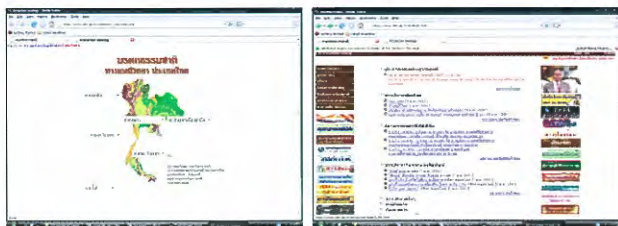


図 6 鉱物資源局のウェブサイトには地質学に関する情報、ニュース、活動、掲示板などがあります



図 7 バンコク市の鉱物資源局本部の地質博物館では、子供たちが標本を手にとって学習しています

1) 鉱物資源局地質博物館

バンコクの鉱物資源局本部にある博物館(図8)には、博物館の歴史、地史、鉱物、岩石、地下水、天然燃料、生物の進化、タイの地質、応用地質学の9つのテーマごとに展示されています。



図 8 バンコク市の地質博物館

2) シリントン (Sirindhorne) 博物館

カラシン県サハスサカン (Sahas Sakhan) にあるシリントン博物館(図9、10、11)では、年代順に8つのゾーンに分かれて展示があります。

- ・宇宙と地球
- ・最初の生命
- ・古生代：生物進化の時代
- ・中生代：爬虫類と恐竜の時代
- ・恐竜の生活
- ・よみがえる恐竜
- ・新生代：哺乳動物の時代
- ・人類の歴史



図 9 シリントン博物館は東南アジア最大の恐竜博物館で、表玄関には大きな恐竜がいます



図 10 展示室の入り口では代表的な獣脚類恐竜、ティラノザウルス・レックスが来館者を出迎えます



図 11 マハー・チャクリ・シリントン王女殿下にちなんで命名された恐竜、Phuwiangosaurus sirindhorae の最も完全な化石が発掘された場所

3) プウィアン (Phuwiang) 博物館

コンケン県プウィアンにあるこの博物館（図 12）の展示は、次のようなテーマに沿っています：

- ・地球の起源
- ・岩石と鉱物
- ・生物の進化
- ・9箇所、恐竜化石の発掘地（図 13、14）
- ・コンケンの歴史的、地質的、自然遺産



図 12 プウィアン恐竜博物館の特別展示



図 13 プウィアン博物館には、1976年にタイで最初に発見された竜脚類の骨が展示されています



図 14 Phuwiangosaurus sirindhornae の復元模型

1.4 地質遺産の管理

鉱物資源局は 2005 年に地質資源管理基本計画の検討を行いました。同時に 800 以上の地質遺産を認定し、7つの部門に分類しました（表 1）。

2006 年に鉱物資源局は県別の地質遺産確認計画に着手し、全県で主要な地質遺産を認定し、体系的な記録を作成しました。鉱物資源局はこうした地質情報を地方自治体にも提供して、住民に配慮して地質遺産を管理するようながしています。この計画は 2011 年に、地質遺産すべてを網羅した最新リストを完成させて完了する予定です。

表 1. 地質遺産の分類

分類の項目	遺産の数
1. 地質模式層序	32
2. 岩石の種類	4
3. 鉱床	5
4. 構造地質	4
5. 地形	475
6. 温泉	111
7. 化石産地	208

(1) 法整備

重要な地質遺産の保護や保全を法規の面から支えようと、鉱物資源局では法整備の導入や支援にも力を入れています。地質遺産関連の現行法規や法案には次のようなものがあります。

1) 地質資源管理法案

地質資源管理法案は 2007 年に策定され、施行の手続きが進行中です。この法案は組織委員会、資金調達、管理、管理領域、報告、検査、公務員、課徴金、参加、法的責任、罰則、暫定規則という 12 条で構成されています。法案を議会に提出し審議に掛けるには閣議の承認を必要とします。

2) 化石法 (B.E. 2551)

2008 年初頭に化石保護法 (B.E.2551) が公布されました。この法律には、組織委員会、化石産地、化石、博物館、化石基金、認可の取り消し、公務員、罰則、暫定規則などの多様な条項があります。

(2) 地質遺産保全地区の選定基準

鉱物資源局は 2007 年、地質的な価値がある地域の保

護、保全対象地域の分類と開発の促進、対象地域での観光やリクリエーションの推進を目的として、地質遺産保全地区選定における基準を策定しました。地質保全地区選定の基準として、以下のような6項目の特徴があげられます。

1. 地質学上の価値
 - ・地質模式層序
 - ・岩石の種類
 - ・鉱床
 - ・構造地質
 - ・地形
 - ・温泉
 - ・化石
2. 保全の可能性
 - ・自然の作用や人間の活動、あるいはその両方のために危機に瀕しているが、保全は可能であること。
3. 学術的価値
 - ・地質学的多様性
 - ・地質学的な情報や研究のソース
 - ・地質学的な資料
 - ・地質対比としての価値
4. 固有性
 - ・国内唯一、あるいは稀であること
 - ・代表的な地質事象であること
5. 今後の可能性
 - ・持続可能な保全可能
 - ・開発可能
6. 景観としての価値とリクリエーション上の価値
 - ・魅力的な景観
 - ・生物的多様性
 - ・歴史的・文化的遺産
 - ・観光

以上の特徴をもとにして、地質保全地区の選定基準として次の3項目を設定しました。

- ・地質保全地区は、上記1～4の特徴のそれぞれについて、少なくとも1項目を満たしていること。
- ・地質保全地区は上記4～6の特徴によって州立か国立かに分類される。
- ・地質保全地区は上記6の特徴によってリクリエーション地域およびジオツーリズム地区として指定される。

委員会はこれらの基準に基づいて、全国の地質遺産から地質保全地区を選定します。上記の分類による、とくに重要でひととき優れた地質遺産をいくつか紹介しましょう。

2. 地質学的保全地区

ここでは地質模式層序、岩石タイプ、鉱床、構造地質、地形、温泉、化石といった地質学的な価値によって分類された地質保全地区から、実際の例をいくつか紹介します。

2.1 いろいろな地質模式層序

(1) プートクノイ (Phu Tok Noi)、スリウィライ (Sri Wilai)、ノンカイ県

プートクノイは白亜紀後期の堆積岩でできたコラート層群の地質模式層序で、総厚140メートルの細粒から粗粒の砂岩互層からなっています。プートクノイ周辺の崖は、風化に対する耐性が砂岩層によって異なっています(図15)。細粒の砂岩層中にはリップルマーク、乾燥裂か、乾痕などの堆積構造が数多く見られ、何千万年も昔にこれらの地層が堆積した頃の環境を知る手がかりとなっています(図16)。



図15 岩石によって風化に対する耐性がちがうことがはっきりとわかるプートクノイの露頭

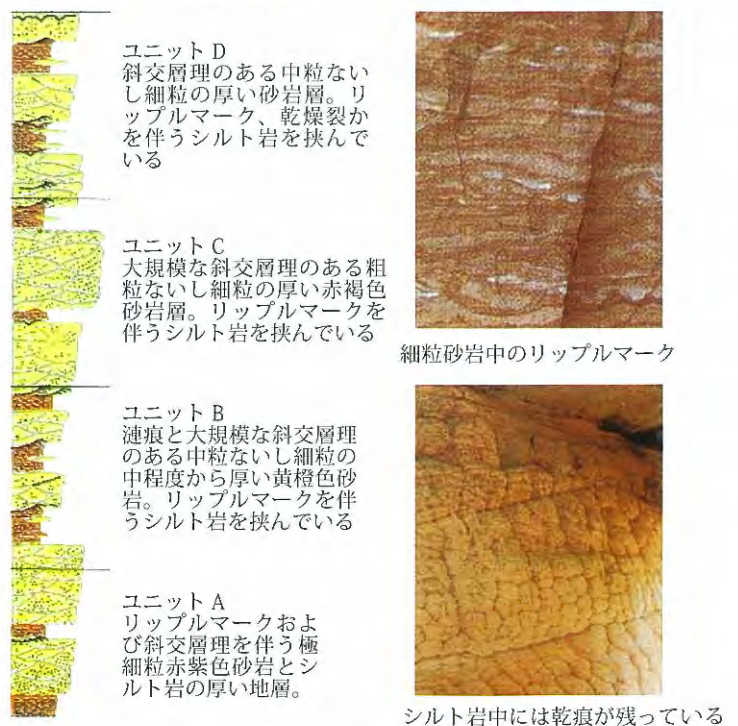


図16 さまざまな岩相や堆積構造が見られるプートクノイの層序の柱状図(左)

(2) タルタオ (Tarutao) 層群、サトゥル県

タルタオ層群は 1969 年に初めて論文に報告され、命名された、厚さが 1,000 メートル以上もある砂岩と頁岩からなるカンブリア紀の堆積岩です。タロポト湾内にあるタルタオ模式層序は厚さ約 700 メートルあり、1981 年に Bunopas によって層序図が作成されました。上部の地層の斜交層理から、これらの堆積物は東からの流れが卓越する水流に堆積したと考えられています。図 17 はタルタオ層群のさまざまな路頭の様子です。



中部ユニット中の頁岩に挟まれた砂岩 (タロポト湾にて)



タルタオ層群の中部ユニット中から見つかったカンブリア紀の三葉虫化石



タルタオ砂岩がつくる丘陵は地層が東へ傾斜しているのがわかる



カンブリア紀のタルタオ砂岩の上位にはオールドビス紀の石灰岩が重なっています



タルタオ島南西の美しいレキ浜。この砂利はタルタオ砂岩から運ばれたもの

図 17 タルタオ累層の位置、産出化石、堆積構造など。

タルタオ層群は、次の 3 つのユニットに分けられます。

上部ユニット：薄～中程度の厚さの褐色～灰褐色砂岩。シルト岩と頁岩を挟む (層厚 300 メートル)

中部ユニット：厚い褐色砂岩層と中程度の厚さの砂岩層、薄い頁岩層を挟む (層厚 180 メートル)

厚～非常に厚い斜交層理を伴う褐色オーソコーツァイ

ト層、薄い緑色頁岩層を挟む (層厚 240 メートル)

下部ユニット：砂利を含む褐色～灰褐色の厚い粗粒砂岩 (層厚 100 メートル)

2.2 いろいろな種類の岩石

(1) プープラアンカルン (Phu Phra Angkharn)、プリルム県

プープラカルンは玄武岩質の溶岩ドームで、頂上には小さな火口があります。ドームは直径 1 キロメートルの古期火山のカルデラ内にあります (図 18)。この火山は白亜紀の砂岩とシルト岩中にできたものです。最後に噴火したのは約 100 万年前で、火口からは多孔質の玄武岩や 1、2 センチメートルから最大 50 センチメートルの暗色をした軽石のようなスコリアや火山弾が見つかっています。図 19 はプープラアンカルンの地質遺産の特徴のようすです。



図 18 プープラアンカルンの位置と玄武岩質溶岩ドームのスケッチ



図 19 プープラアンカルンの玄武岩に見られる柱状や板状の節理。(上) 玄武岩質の溶岩が急速に冷却して体積が減少したため、六角柱状の節理ができました。(下) 玄武岩の上部には板状の節理が見られます

(2) ハウスワット (Haew Suwat) 滝、カオヤイ (Khao Yai) 国立公園

ラムタコン (Lam Ta-khong) 川は二畳紀から三畳紀の火山角礫岩や集塊岩の中を流れていて、その川床勾配が急変する遷移点ではハウスワットという美しい滝になっています (図 20)。集塊岩は珪酸分の多い火山岩である流紋岩の円～亜円の破片や巨礫を多量に含んでいます (図 21)。これはち密で堅く、非常に風化に強いピンク色の岩石です。これらの火山岩には級化層理と成層構造がふつうに認められます。



図 20 カオヤイ国立公園のハウスワット滝



図 21 ハウスワット滝周辺の火山岩。(上左) 火山角礫岩は集塊岩ともいわれます。(上右) 集塊岩の上は遷移点になっており、ここで川の勾配が大きく変化します。(下) 集塊岩中のレキは亜円ないし亜角の火山岩です

2.3 鉱床

(1) カオファラミ (Khao Falami) のパーライト、ロプブリ県

カオファラミはバンカカポー (Ban Kaka Pho) の北東約 6 キロメートルにある、2400 万～2200 万年前の火山岩でできた丘陵です (図 22)。流紋岩層、上部真珠岩層、凝灰岩層、下部パーライト層の 4 つの層があり、全体の厚さは 135 メートルです。パーライトは灰色をした真珠のような光沢のある火山ガラスで、内部には微小な三日月形をした割れ目があります。ここにはタイプの異なる 3 種類のパーライトが見られます。

- ・古典的パーライト：長石の斑晶と三日月形の割れ目をもつ密度の高いもの。
- ・縞状パーライト：長石の斑晶と変質物からなる赤色の縞がある密度の高いもの
- ・軽石質または多孔質の繊維状のもの。

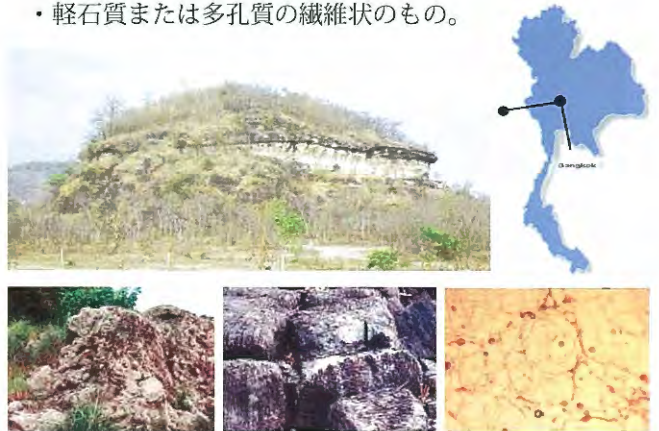


図 22 カオファラミの火山岩の丘とそれをつくっているさまざまなパーライト。(中左) パーライト中の流理構造。(中中) 黒色のパーライト。(中右) パーライトに特有なタマネギ状の微細構造の顕微鏡写真

(2) 石膏、ナコンサワン (Nakon-Sawan) 県 - ピチット (Phichit) 県 (図 23)

ピチット県のバンムンナク (Bang Mun Nak) 郡で 1956 年に石膏が発見されました。石膏とよく似た鉱物に硬石膏がありますが、これは硫酸カルシウムで、水とされると石膏になります。このあたりの石膏鉱床は、石炭紀中期からペルム紀初期の堆積岩をはさむ硬石膏の上部が水和されてできたものです。

産状からこの石膏や硬石膏の鉱床は、浅いラグーンに閉じ込められた海水が蒸発して、セレナイト層 (結晶質の石膏) として沈殿したものと考えられます。その後、セレナイトは他の堆積物の下に埋もれ、硬石膏になりま

した。三畳紀からジュラ紀にかけて地殻運動や花崗岩が貫入したためにこのあたりが隆起すると、硬石膏は降水によってその上部は再び水と和されて石膏になりました。けれども地下の深い部分は影響を受けなかったため、硬石膏のまま残りました。鉱山内部の調査とボーリングの結果から、地下 25 ～ 35 メートル付近で石膏が硬石膏に移行していることがわかりました。



図 23 ナコンサワン県、ピチット県の石膏鉱山。(上) 石膏中には明瞭な葉理があり、これは主に原岩に含まれていた石灰質の泥や粘土です。(下左) 石膏層の最上部は堆積面の最上部ではなく、浸食面です。(下右) 地下 25 ～ 35 メートルで石膏は硬石膏になると、採掘は中止されます

2.4 地質構造

(1) プヒンロンクラ (Phu Hin Rong Kla) 国立公園、ピッサヌロク県

プヒンロンクラ国立公園の地下は白亜紀のプーパン Phu Phan 層という砂岩で、コラート層群の一部です。公園内のランヒンプム (Lan Hin Pum)、ランヒンテク (Lan Hin Taek)、モンヒンソルン (Mon Hin Sorn) には不思議で奇妙な景観が広がっていて、旅行者の人気を集めています (図 24)。

(2) オブロウング (Ob Loung) 渓谷、チェンマイ県

オブロウングは大きな渓谷で、高温のためにもとの岩が部分的に溶解してできたアナテクサイトという、一種の変成岩の中にあります (図 25)。2 億 5,000 万年前、オブロウングのあたりで広域変成作用がおこったため、先カンブリア時代の古い岩石が熱せられて再結晶化し、アナテクサイトができました。その後、長い年月が経って第四紀になるとこの地域は隆起し、マエジャム (Mae Jam) 川がオブロウング峡谷を削り始めました。この作用は今も進行中です。



図 24 (上左) プヒンロンクラ国立公園内に見られる奇妙な景観。(中右) ランヒンプムの地形の成り方。(下左) プーパン層中の斜交層理

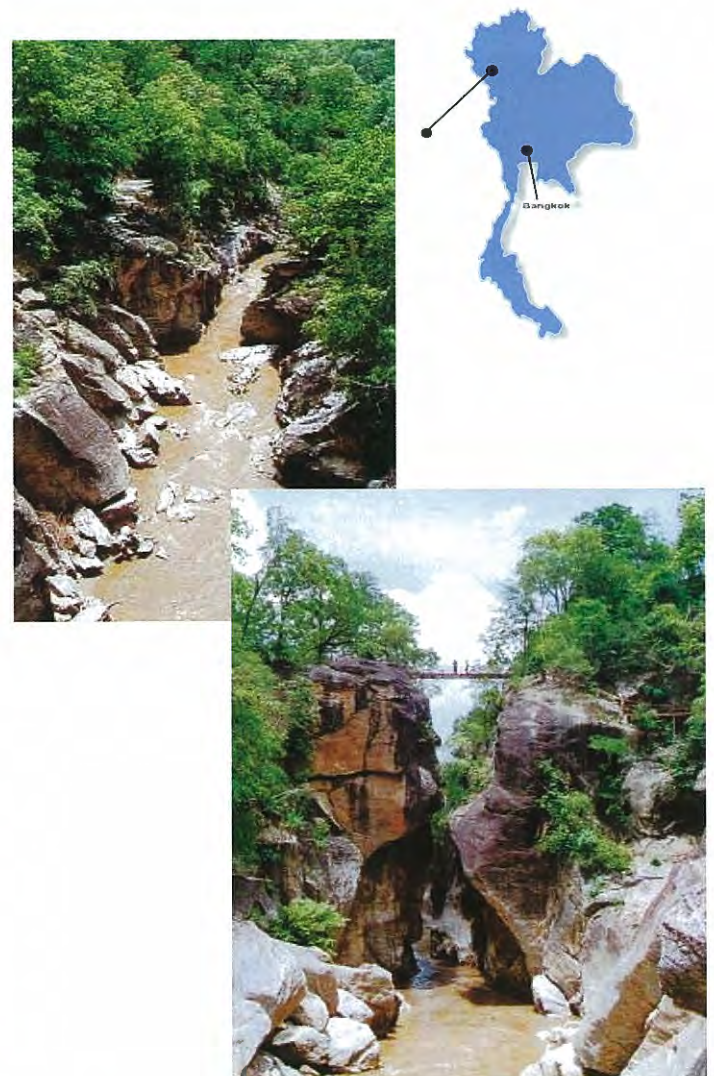
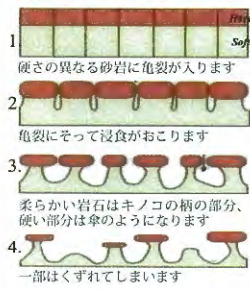


図 25 オブロウングの美しい大峡谷 マエジャム川が幅 2 メートルと、最も狭くなるところでは水面から 32 メートルの高さに橋が架かっています

(3) プープラバート (Phu Phra Baht) 歴史公園、ウドンタニ (Udon Thani) 県

プープラバート歴史公園は、コラート (Khorat) 層群に属する白亜紀のプーパン (Phu Phan) 砂岩層の上にあります。砂岩は他の種類の岩石に比べて浸食を受けにくいので、差別侵食が起こり、まるで自然が作り上げた彫刻のようなキノコや柱状の不思議な造形物が多数形成されました (図 26)。公園内には古代の壁画遺跡や古代人が生活していたナンユウサ (Nang Eusa) ホール、大仏の磨崖像などがあり、大昔、このあたりには人々が住み、宗教的な場所としても使っていたことがうかがわれます。

キノコ岩のでき方



ナンユウサホールと呼ばれる天然の石柱は、大昔の人たちの隠れ家でした



タムコーン古代人洞窟の古代の壁画



プーパン砂岩の崖には磨崖仏が彫られています



ナンユウサの碑という天然の石柱は斜交層理のある砂岩の上にあります

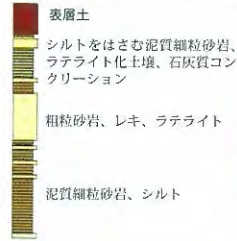


図 27 ラル盆地には自然が作り上げたびっくりするような彫刻があります。平坦な地面から土の柱や壁がニョキニョキ突き出しています

(2) カオサムロイヨード (Khao Sam Roi Yod)、プラチャブキリカーン (Prachuab Khirikhan) 県

カオサムロイヨード (図 28) は南北にのびる石灰岩の山脈で、面積 75 平方キロメートルの国立公園内にあります。石灰岩が水に溶けて、独特の地形ができました。この山をつくっている石灰岩は、約 2 億 5000 万年前に温暖で浅い海に堆積したもので、藻類や有孔虫類などの海洋生物の化石が含まれています。



雨水に二酸化炭素が溶け込んで弱い酸性の炭酸溶液となるため、カルスト地形が作られます。酸性の雨水は岩の割れ目から地下へとしみ込み、まわりの岩石を溶かします



カムサムロイヨードとは「300 の峰がある山々」という意味です



タムサイ洞窟の一部では内部の洞窟



水と波の作用によって削られた海食洞生成物が崩れ落ちています

図 28 カムサムロイヨードの美しい景観と石灰岩カルストの生成物

図 26 プープラバート歴史公園内にはその地質を反映したおもしろい地形や、考古学的な遺跡があります。

2.5 地形

(1) ラル (Lalu)、スラカウ (Sra Kaew) 県

ラルはタイとカンボジア国境付近にあり、ここでは自然の彫刻がたくさん見られます (図 27)。ラルとは「沈んだ土地」を意味するクメール語に由来していて、半固結の第四紀堆積物が分布する 3 平方キロメートルの盆地です。このあたりの堆積物は粗粒砂、礫、ラテライト質土壌を挟在する粘土質細粒砂とシルトという 4 つのユニットからできています。ラルには天然の土壁や土柱が見られますが、これは垂直と水平の二方向に侵食がすすんだためです。田植えが終わる雨季の頃には、土柱や土壁の間は緑で覆われます。観光客は E - テックと呼ばれるこのあたり独特の乗り物であちこちをめぐることができます。

2.6 温泉

(1) ジェソルン(Jae Sorn)温泉、ランパン(Lampang)県

ジェソルン温泉(図29)は、シルル紀からデボン紀の変成岩の中に湧いています。これは南北方向あるいは北西-南東方向の断層や断裂を通過して、高温の地下水が地表に湧き出しているものです。三畳紀の花崗岩がそれよりも古いシルル紀からデボン紀の岩石に貫入していますが、それが温泉の熱源になっていると考えられています。高温の地下水の湧き出しはプール型と浸出型の2種類があり、湯温は最高で82℃に達します。



母岩と断層、断裂、熱源の関係を簡略化した温泉のモデル



10分ほどで卵が茹であがります 斑状黒雲母花崗岩中の巨大な長石の斑晶

図29 ランパン県のジェソルン温泉

(2) ポンドウエパペ (Pong Duead Pa Pae) 温泉、チェンマイ (Chiang Mai) 県

ポンドウエパペ温泉(図30)は三畳紀の貫入花崗岩周辺の砂岩中に湧く温泉で、北西-南東方向に走る断層と密接に関連しています。100平方メートルほどの区域に間欠泉が1つとプールが10箇所あります。水温は90~99℃です。

2.7 化石の産地

(1) プーフエク (Phu Faek)、カラシン (Kalasin) 県

今から1億5000万年以上も昔、網目のように流れる無数の川の岸辺をたくさんの獣脚類恐竜がえさを探して歩き回っていました。ある程度の水分を含んだ砂に残された足跡は崩れにくいのですが、このプラウィハン(Phra Whian)砂岩層をすぐに新しい堆積物が覆ったため、足跡がそのまま残されて化石になりました。現在、カラシン県のプーフエクを流れる小川には、獣脚類恐竜

のものとされる3種類の歩行跡が保存されています(図31)。110~120センチメートルという歩幅から推定して、これらの恐竜は腰までの高さが2メートルくらいだったと考えられます。足跡の大きさは長さが約45センチ、幅は約40センチでした。



ここでは卵は5分でゆで上がります

図30 チェンマイ県のポンドウエパペ温泉

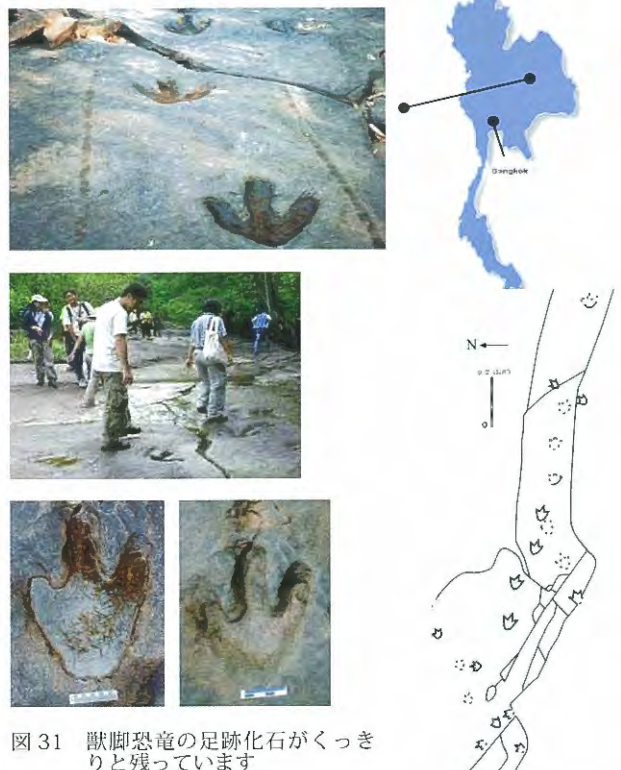
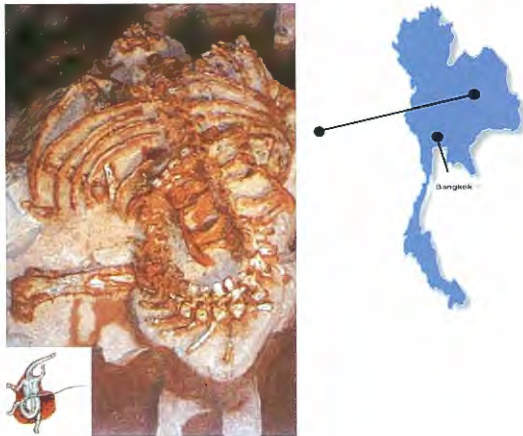


図31 獣脚恐竜の足跡化石がくっきりと残っています

(2) プークムカオ Phu Khum Khao、カラシン県

1944年、カラシン県にある高さ300メートルの砂岩丘の麓から恐竜の破片が発見されました。第一発見者はサカワン Sakawan 寺のお坊さんです。その後計画的な発掘が行われ、1地点から700片以上の恐竜 (Phuwiangosarus sirindhorne) の骨が発見され、これは6頭分の骨とされています(図32)。同じ発掘現場からは、獣脚類と竜脚類の歯も多数発見されています。



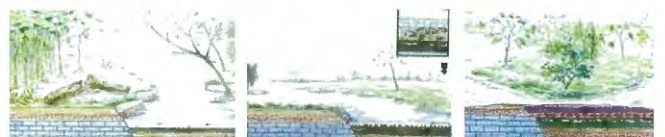
厚さ1.5～2メートルの化石層は海岸に露出しており、波によって容易に浸食されます。発見された腹足類の Viviparidae (タニシ) の化石から、この地層は7500万年前のものと考えられていましたが、その後、同じ地域から約4000万年前の脊椎動物の化石が発掘され、より正確な年代が得られました。



波によって割れたラエムポーの化石層は、まるで人工的なコンクリート片のようです



ラエムポー岬の海岸沿い3キロメートルほどの間の3箇所で化石が産します



石灰質で固結した第三紀の腹足類 Viviparus の化石

4千万年前のラエムポーは、気候の急変により湿地の生態系は大きく変化しました。生物の遺骸と堆積物により、水深は浅くなりました。さらに堆積物がその上を覆い、ついに陸化しました

最後の氷河期の頃、このあたりは隆起しましたが、氷河期が終わると海水面は現在の高さまで上昇しました。その後、腹足類化石を含む地層が地表に現れ、浸食を受けました

図33 ラエムポーの第三紀腹足類化石層

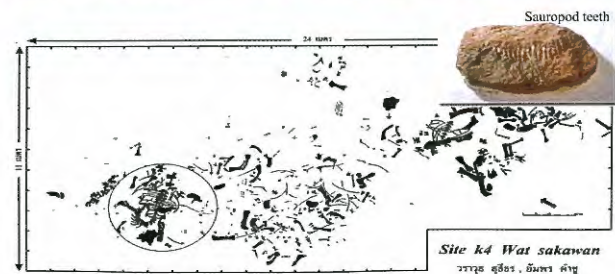


図32 プークムカオの恐竜 .Phuwiangosarus sirindhorne などの恐竜が見つかったのは淡青色で示した白亜紀のシルト岩層だけで、丘の上部のプーフアン層(深青色)の砂岩とレキ岩からは恐竜の化石は全く産しません

(3) ラエムポー (Laem Pho) 腹足類化石産地、クラビ (Krabi) 県

ラエムポーは、クラビ県のハドノッパラタラ (Had Nopparat Thara) 国立公園にある小さな岬です。このあたりに分布する厚さ10～15センチメートルの褐炭層の上には有機質の粘土層が重なり、その中からカタツムリに似た腹足類の化石が発見されました(図33)。

3. タイにおける地質遺産保全の将来

タイでは国の機関である鉱物資源局が中心となって、地質遺産の管理を行っています。鉱物資源局は地方自治体の協力を得て、住民に配慮しながら全国の地質遺産を開発し、さまざまな手段を用いて、地質資源の持続可能な利用に関する専門的な情報や知識を広めています。というのも、教育こそが地質遺産の保全の鍵だからです。

どんな地質遺産でも森林、野生生物、河川、湖水や地下水、海岸といった他の自然資源と深く結びついており、地質遺産を保全しようとするれば総合的な面から取り組みを行わなければなりません。そのため鉱物資源局は率先して、また他の関連機関との協力の核となって活動しています。

2008年には化石法 (B.E. 2551) が公布され、また地質資源管理法も策定されました。これらは鉱物資源局がタイの地質遺産保護を推進する上で、さらに重要な社会的基盤になるでしょう。鉱物資源局は地質遺産の保

全地区と国立ジオパークを設立することを大きな目標に掲げていますが、それによって国民もタイの豊かな地質遺産を知り、楽しむことができるようになるに違いありません。

2007年、鉱物資源局は地質遺産保全地区選定のための主な基準を策定しました。この基準は、地質遺産保全地区開発にふさわしい地質的価値のある場所を選定する委員会のためのものです。また、選定された保全地区のうち、持続的なジオツアーが可能な場所はジオパークと

して開発されることになっています。

タイでは地質保全地区を決める作業はまだ完了していませんが、同時進行で国内ジオパークのプログラムも進めています。再生不可能な資源を持続的な方法で利用するために、政府はアジア太平洋地域地質遺産およびジオパークネットワーク (APGGN) や世界ジオパークネットワーク (GGN) と協力して、国内に世界ジオパークを作ろうとしています。

参考文献

Department of Mineral Resources, 2001. *Thai Geological Heritage Book*. Bangkok, Thailand, 168p. (In Thai).

Department of Mineral Resources, 2001. *Geology of Thailand*. Bangkok, Thailand, 556p. (In Thai).

Department of Mineral Resources, 2004. *Geotourist Site Illustration Book*. Bangkok, Thailand, 96p. (In Thai).

Department of Mineral Resources, 2005. *Geological and Georesources Management Master Plan, Executive Summary Report*. Bangkok, Thailand, 27p. (In Thai).

Department of Mineral Resources, 2005. *State of Geological Resources 2005*. Bangkok, Thailand, 45p. (In Thai).

<http://www.dmr.go.th/>

http://www.onep.go.th/onep_en/

http://www.tat8.com/thai/sk/p_lalu.html (タイ語のみ)

第9章 ベトナムの地質遺産

La The Phuc

1. はじめに：地質遺産の研究とジオパークプログラム

ベトナムの地質学者たちは、研究や仕事で地質や鉱物資源調査をしながら、国内の地質遺産に関する知識を長年にわたって蓄積してきました。ベトナムの地史を解明する上で非常に重要と考えられる地域がベトナムにはたくさんあり、国内外の地質学者たちの今後の課題になっています。広大な石灰岩洞窟があるカルスト地帯などの素晴らしい景観のある土地は観光客に人気があります。1996年にベトナム地質博物館が提案した、社会や経済の持続的な発展を目的として、地質遺産を確実に保全、管理し、合理的に利用しようという体系的な研究プログラムが最近動き出しました。

自然遺産の保全や保護の重要性に対する国際的な認識の高まりにしたがって、ベトナムでも地球科学者が地質保全地区の指定やジオパーク設立に向けた国内の地質遺産研究を行っています。この新しい研究領域でめざましい活躍をしているのは、ベトナム地質鉱物資源局（地質学博物館を含む）、海洋研究所、ベトナム地質鉱物資源研究所（VIGMR）、国立ハノイ大学科学部の研究者たちです。世界各国の地球科学関係の研究機関と協力して、重要な国際共同研究プロジェクトがいくつも実施されました。本章ではまず、こうした研究によって得られた成果から、主なものを簡単に紹介し、後半ではそれぞれの地質遺産を紹介しながら、さらに詳しく説明します。

ベトナム各地の地質遺産認定や将来的な保全に向けた研究は当初、コロラド大学ボルダー校や米国地質調査所（USGS）の協力を得て、ベトナム地質博物館の研究者らによって進められました。なかでも2001年から2004年にかけて Trinh Dzanh を中心に行なわれた「ベトナムの地質保全遺産に関する研究」は、地質遺産の保全を目的とする最初のプロジェクトでした。

このプロジェクトの予備的な成果によってベトナム国内にも、ユネスコが暫定的に定めた地質遺跡世界認定リスト（GILGES）の地質学的遺産に関する10のカテゴリすべてにあてはまる地質遺産の存在が確認されました。報告書は、東北、西北、紅河デルタ（Red River Delta）、中北部、中部高原（西原）中南沿岸、東南、メコンデルタというベトナムの8つの地方すべてにこれらの遺産が分布している、としています（図1）。報告書には300を越す地点が地質学的重要性のある場所とされていますが、その半数以上がユネスコの認定参照リストの地質遺産カテゴリーに基づいて分類可能です。

地質遺産研究の分野では、ベトナム地質鉱物資源研究所も大きな貢献をしています。彼らは1991年から現在まで、ベルギーの洞窟研究者と共同で洞窟やカルストの調査を8回行い、詳しい調査を行った各地の洞窟は300を超え、地質学的考古学的に、また観光の面からも価値の高い洞窟が数多く発見されました。その中には東南アジアで最も深いとされるライチャウ（Lai Chau）省のクルバート（Culvert）洞窟やフラワー（Flower）洞窟、ソンラ（Son La）省のクイーン（Queen）洞窟、ホアビン（Hoa Binh）省のドラゴン（Dragon）洞窟などがあります。個々の洞窟の調査結果は Berliner Höhlenkundliche Berichte Publishing House 社から英語で出版されています。（http://www.speleo-berlin.de/d_publicationen.php, volume 22; 2006）。

彼らはまた、ベルギー国内のブリュッセル（Brussels）、リューベン（Leuven）、アントワープ（Antwerp）、ヘント（Ghent）、リエージュ（Liege）の各大学やベルギー地質学調査所の専門家たちと協力して、石灰岩地域の保全や持続可能な開発に関する共同研究プロジェクトも実施しました。「土地、水、コミュニティ

教育の持続的管理による北西ベトナム農村部の石灰岩地域の開発プロジェクト (VIBEKAP, 1998-2003) や「プールオン(Pu Luong)- クックフォン(Cuc Phuong) 石灰岩景観の保全活動の当事者・関係者間の交流強化プロジェクト (2002-2006) などがその一例です。

ベトナムにはカルスト地形の発達した石灰岩地帯が珍しくありませんが、その保全に関しては独自の問題を抱えています。ベトナム地質鉱物資源研究所は 2004 年、ベルギーの共同研究者、ユネスコのハノイ事務局、ユネスコ国内委員会らの後援を受けて「カルスト地域の保全と持続可能な開発に関する会議 (TRANSKARST, 2004)」を成功裏に開催しました。この会議の成果はベトナムのユネスコ事務局から「ベトナムにおけるカルスト地域の持続可能な開発」と題して出版されています。

Giang) 省、カオバン(Cao Bang) 省、バックカン(Bac Kan) 省の各人民委員会とリューベン、ブリュッセル、ヘント、アントワープにあるベルギーの大学の共同研究者らと「ベトナム北東部での研究にもとづくジオパーク開発による総合的キャパシティ・ビルディング」と題するプロジェクトに着手しました。このプロジェクトはジオパーク開発における国内のキャパシティ強化を主な目標とし、学校間協議会が 5 年間にわたって支援するものです。

ベトナムでは地質遺産の研究は比較的最近始まったばかりですが、すでにめざましい進展がありました。研究者による数多くの地質遺産の判定、記載、系統的な分類をもとにして、さまざまなジオパークの建設が提案されていますが、美しい景観地区や生物学的多様性の保全地区に比べると、地質遺産の認定やジオパーク建設などの取り組みはまだごく限られています。ベトナム政府は景観や生物多様性の保全のため、1962 年以降、生物種とその生息地保全地域 13 箇所、自然保護区 49 箇所、景観保護エリア 38 箇所を含む 128 の特殊森林、28 の国立公園、62 の自然保全地区などの設置を決めています。ハロン (Ha Long) 湾とフォンニャーケバン (Phon Nha-Ke Bang) はユネスコの自然遺産に指定されていますし、バベ (Ba Be) 湖はアセアン (ASEAN) 遺産公園となっています。地質学的に優れた価値という理由で保全地域になったものは今のところありませんが、ハロン湾やフォンニャーケバンが自然遺産 (次節参照) に認定されたのは、生物多様性だけでなく地質学的、地形学的にも優れた価値があると認められたからでしょう。これはバベ ASEAN 自然遺産公園についても同様です。とはいえ、地質学的にどんなに重要でも、きちんとした組織が評価を行わなければ地質保全地区の指定は難しいのが実情です。たしかに、たまたま国立公園内にある地質遺産は保護されていますが、国立公園、歴史的遺跡、文化保全地区ではない場所の地質遺産は保護の対象にはなっておらず、立入も自由です。

つまり、ベトナムでは科学的かつ国際基準に基づく地質遺産の研究の第一段階に着手したばかりで、地質保全地区やジオパークの提案はあっても完全な実現はまだです。ひとつには経済的な制約やこうした新たな分野への投資意欲が低いこともありますが、必要な法的枠組みの欠如や社会の認識不足も原因となっています。

2. 重要な地質遺産

ベトナムは 8 つの地方に分けられますが、そのすべての地方に地質遺産があり、その数は現在、合計 348 にのぼります。その内訳は東北地方に 80、西北地方に

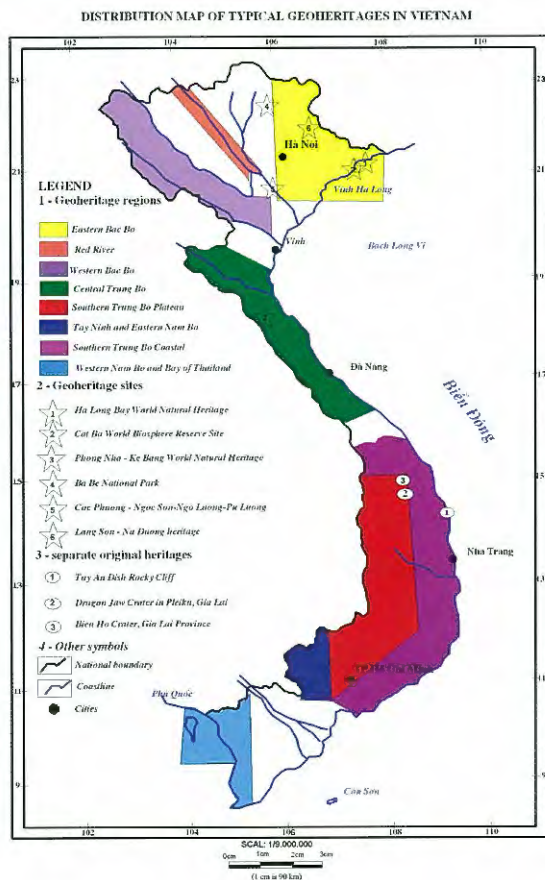


図 1 ベトナムの重要な地質遺産

2007 年 12 月、ベトナム地質鉱物資源研究所とベトナム地質博物館は覚書に調印し、国内ジオパークネットワークに向けた研究開発チームを組織して、共同で地質遺産研究を行うことになりました。このチームが中心となって、国内ジオパーク開発にあたるのが期待されています。同年、ベトナム地質鉱物資源研究所はベトナム民族研究所、ベトナム社会科学アカデミー、ハザン (Ha

83、中北地方に 38、中部高原地方に 61、東南部地方に 22、中南沿岸部地方に 44、メコンデルタ地方に 20、となっています。どの地質遺産も優れた価値があるので、地質博物館では少なくとも 15 の地区を地質保全地区とする計画を立てています。この項ではベトナムの地質遺産として最も重要な、たとえば地形的に興味深い景観のあるハロン湾、フォンニャーケバンの洞窟、バベ湖、クフォン国立植物園の爬虫類 (Placodontia、板歯類) 化石産地 (図 1) だけをとりあげます。これらはみな、東南アジアの地質を考える上で非常に重要な意味をもつ、特徴的な地域です。

2.1 ハロン (Ha Long) 湾世界自然遺産

ハロン湾は、東経 $106^{\circ} 58'$ ~ $107^{\circ} 22'$ 、北緯 $20^{\circ} 45'$ ~ $21^{\circ} 50'$ 、クアニン (Quang Ninh) 省にあり (図 1)、ベトナムでは最もよく有名な国際的観光地です。湾の広さは 1,553 平方キロメートル、海岸線の長さは 120 キロメートルあります。湾内には形や大きさの異なる島々が 2,000 ほどあり、その半分には名前がついていません。ハロン湾は、地史や地質構造、景観 (図 2、3)、第四紀の海洋地質学的発達史、地質資源の多様性という点で、特に優れた価値があります。ここはもともと石灰岩の平原で、そこにカルスト特有の地形が発達した後で海水が進入したために、その一部が水没した典型的な成熟地形です。つまり、ハロン湾の地形と地質はそれ自体、大きな野外の自然史博物館なのです。



図 2 ハロン湾世界自然遺産にはカルスト地形のすばらしい景観が広がっています (写真提供はハロン湾自然遺産管理事務所)



図 3 波うつ石灰岩の地層がハロン湾の景色を一層魅力的にしています (写真提供は (a)Tranh Duc Than、(b)ハロン湾自然遺産管理事務所)

今から 30 年前にハノイ国立大学、地質鉱物資源局、海洋研究所は英国地質調査所と協力してハロン湾でさまざまな調査を行い、これが 1994 年のユネスコ世界自然遺産指定に結びつきました。当初の認定理由はだれもが美しいと感じるその景観でしたが、地質学的にも重要な価値があるとして、2000 年に追加指定を受けました。2005 年以降、ベトナム地質鉱物資源研究所はハロン湾の世界自然遺産地域をさらに拡大してユネスコに申請しようと、イタリアの専門家らと詳細な地質調査を行い、準備をしています。

(1) 地史と景観の発達

ハロン湾は 30 億年以上の地史があり、隣接するバクボ Bac Bo 湾や中国南東部の地史と深い関わりがあります。地史的には、ハロン湾地域はベトナム - 中国南部大陸の一部と考えられ、分裂、移動、衝突、変質といった複雑な過程を経てきました。

陸と海がつくるハロン湾の美しい景観は、発達したカルスト地形の一部が海中に沈んだためにできたもので

す。かつて海岸山脈だった石灰岩の丘は、現在は湾内に点在する無数の小島になっています。ここはそもそも、厚さ 1,000 メートルの均質な石灰岩層が高温多雨の気候によって反応がすすんでできた、成熟したカルスト地形でした。それがさらに今の状態（図 4）になるには、さらに約 2,000 万年という時間を必要としました。この景観は次の 5 つの段階（第 1 段階が最も古く、第 5 段階が最も新しい変化です）を経てできました。

第 1 段階：石灰岩平原の形成

第 2 段階：ドリーネや溪谷の形成

第 3 段階：円錐形の石灰岩丘群の形成

第 4 段階：浸食による背の高い石灰岩塔形成

第 5 段階：石灰岩カルストへの海水の侵入と、部分的な水没

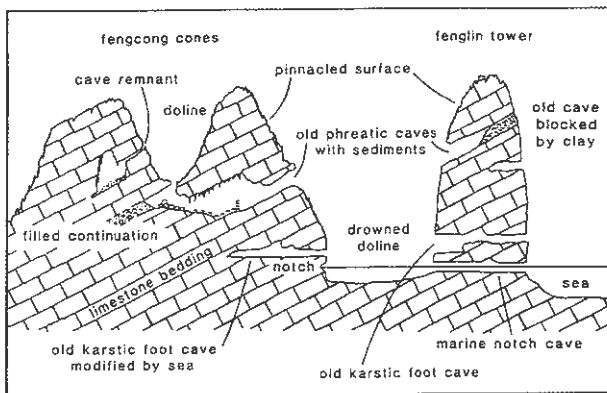


図 4 ハロン湾で見られるさまざまな地形や洞窟

ハロン湾周辺にはおよそ 2,000 の島がありますが、そのうちの 90% 以上は面積 0.01~0.1 平方キロメートルか、それ以下の小さな島です。面積が 1 平方キロメートルを超える島はわずか 7 つで、最大の島はハントライ (Hang Trai) 島です。数は多いですが、すべての島を合計しても湾の総面積のわずか 10% にしかありません。

ダウゴ (Dau Go) 島からダウベ (Dau Be) 島までの島々は、明らかに標高が異なる 3 つのグループに分けられます。最も標高の高い 140~220 メートルの島々は、鮮新世の浸食平坦面に相当します。標高 50~130 メートルの島々は、第四紀初期 (160 万~100 万年前) に発達した面に対応していて、ハロン湾に浮かぶ島の半分以上がこのグループに属しています。一方、最も標高の低い島々 (10~14 メートル) は、更新世後期から完新世 (12.5 万~1 万年前) にかけて海の影響を直接受けたものです。

湾の周辺や島々ではくぼ地、ドリーネ、めくら谷などの凹地が独特の地形をつくりだし、観光客を魅了します。

これらは形も大きさもさまざまですが、多くは深さが 5 メートル以内で、その一部が水面下に沈んで湖やラグーンになっているものがほとんどです。こうした地形を地元ではアング (Ang) あるいはツング (Tung) と呼んでいます。アングは石灰岩の島のめくら谷の中に一時的にできる湖で、その多くは深さが 1~3 メートルです。ツングは小さな湾のことをいい、溺れ谷や峡谷、ドリーネに海が入り込んだものです。ハロン湾やカットバ (Cat Ba) 島のカルスト地帯には 57 のツングがあり、最も大きいツング・ガウ (Tung Gau) は 220 ヘクタール、最も小さいツング・マイ・デン (Tung May Den) は 1.5 ヘクタールです。62 あるアングのうち、最も大きいのはアング・ベム (Ang Vem) で 28.8 ヘクタール、最も小さいのがアング・トレ・モー (Ang Tre Mo) で大きさは 0.7 ヘクタールです。

(2) 洞窟

カルスト地帯であるハロン湾には洞窟がどこにでもあって、長さ数 10 メートルほどのものから、長いものでは数 100 メートルにおよびます。これらの洞窟は現在の平均海面からの高さによって、3~4 メートル、5~15 メートル、25~50 メートルの位置に発達する 3 つのグループに分類できます。一般的には海面から高いところにある洞窟ほど古い時代に形成されたもので、高さ 3~4 メートルや 5~15 メートルのところにある洞窟の多くは更新世にできたものです。なかにはほんの 1 万年前にできた洞窟もあります。これらの洞窟は地形学的な特徴からさらに、地下型、水平床型、陥凹型の 3 つのタイプに分けられます。

(3) 地下型洞窟

地下型洞窟の多くはカルスト内に形成された、かつては水が流れていたトンネルで、その多くは急傾斜の床と高い天井を特徴としています。たとえばアメージング (Amazing) 洞窟では入り口の高さが 10 メートル以上ありますし、タムカング (Tam Cung) 洞窟では周辺の石灰岩の層理面に沿って、3 つの部屋が高さ 20 メートルの位置に発達しています。コグア (Co Ngua) 島のラウダイ (Lau Dai) 洞窟は長さ 300 メートルで、複雑に入り組んだ出口があります。ティエンクン (Thien Cung) 洞窟とダウゴ (Dau Go) 洞窟は古い大きな洞窟の名残で、高さ 20~50 メートルのところにあります。どちらの洞窟も長さは 100 メートル以上あり、石筍や鍾乳石でたくさんの小部屋に分かれています。

(4) 水平床型洞窟

水平床型洞窟は海食作用によって、海水面と島が接触する部分に形成されたものです。その名のとおり、洞窟にはほぼ水平な通路がありますが、これは海食作用や海岸段丘の発達に関連して形成されたものです。トリンヌ (Trinh Nu) 洞窟はこの型の洞窟で長さが80メートル、天井の高さは海面から12メートルです。また、長さ70メートルのボナウ (Bo Nau) 洞窟は、遠い昔にできたたくさんの鍾乳石や石筍で覆われています。

(5) 陥凹型洞窟

陥凹型洞窟は、海水による溶解、波浪、潮汐などの作用が組み合わさって形成されたもので、天井の多くは平坦で、完新世(1万1000年前以降)あるいは更新世(数10万年前)の海進の時代に海食によってできたものです。バハム (Ba Ham) 湖周辺の洞窟群は、3つの塩水湖を結んで海へと続く3本の複合トンネルの一部です。ボホン(Bo Hon)島のルオン(Luon)洞窟は長さが50メートルありますが、満潮時には海面から天井までの高さは、わずか2メートルです。

(6) 波食窪

波食窪は波の作用と、海水による侵食作用によって崖にできたくぼみで、尖塔状の石灰岩の小島の基底部や、さらに窪みが深まると島を貫通するトンネルになったりして、湾内の景観を変化あるものになっています。波食窪の多くは、高さが2~2.5メートル、3~5メートル、7~8メートル、9~12メートルの位置に形成され、その周囲には大昔の牡蠣の貝殻が付着しています。このことから、波食窪が形成された頃は、今よりも海水面が高かったことがわかります。

(7) 一部が海面下に沈んだカルスト平野

ハロン湾の水深は3~20メートルで、その海底はかつてのカルスト平野に相当します。そのため海底は平坦ではなく、小山、小川の跡、溝などがたくさん残っています。深さも1~4メートル、6~11メートル、12~20メートルといくつかのレベルがあり、それぞれ水没する前、カルスト平原で削剥や摩耗が生じた時期に対応しています。現在は周辺にたくさんの島々があるため、海底への波の影響は最小限に抑えられていますが、ハロン湾は潮汐の差が大きい湾なので、それによる付加作用と侵食作用が大きく働いています。

地史的に比較的最近の時代には、ハロン湾では陸と海水面の相対的な高さがひんぱんに変動しました。現在の

海水面から数種類の異なる位置に隆起海岸段丘が認められることや、石灰岩の断崖にはかつての波食窪がたくさん残っていることなどもその証拠となります。これらの波食窪の大半が海面上に姿を出していたのは、海水準が最も低かった完新世中期から後期、つまりほんの1万年ほど前の時期だけです。波食窪の中に残っている牡蠣の貝殻、穿孔貝、フナクイムシ、海カタツムリの殻の放射性炭素(C¹⁴)年代は2300年から5000年前となっていますが、なかには4万年という年代を示すものもあります。

2万5000年前から現在までには、このあたりでも人類の進化や文化の発達がありました。ハロン湾やバイトゥロン(Bai Tu Long)湾の洞窟や島では、ソイヌー(Soi Nhu)文化(紀元前2万5000~7000年)や数は少ないですがホアビン(Hoa Binh)文化、バックソン(Bac Son)文化があったことを示す証拠が見つかっています。紀元前7000~5000年のカイベオ(Cai Beo)文化の遺跡はハロンのエアタイト(Airtight)湾の海岸やバックダン(Bach Dang)川河口のチャンケン Trang Kenh地区から発見されています。

(8) 天然資源

ハロン湾やその周辺では石炭(100億トン)、建築や工業の原料となる石灰岩、粘土、砂、砂利など、肥料として利用されるリン灰岩や泥炭、温泉や鉱泉水などの地表と地下の水資源、その他の金属鉱物などが豊富です。そのため、収入に直結するこれら天然資源の採掘とハロン湾の自然、すなわち美しい景観、島しょ生態系の生物多様性、サンゴ礁、マングローブの森林、考古学的な遺跡、地元住民の集落との間で、どのようにバランスをとるかという難題がでてきます。最近では、経済的に採算の合うエコツーリズムが、より建設的で持続可能な方法を奨励する手段として、自治体や地元の産業界、住民の間に浸透しつつあります。

(9) ハロン湾の自然豊かな名所

どこまでも島カルストの景観が広がるハロン湾の島々には、非常に美しい洞窟があります。よく知られた洞窟だけでも20を超え、それにまつわる伝説や、歴史、文化、伝統、信仰などの古い民話がたくさんあります。ハロン湾のなかでもとくに素晴らしい洞窟をいくつか紹介しましょう。

2.2 アメージング (Amazing) 洞窟

アメージング洞窟は、ハロン湾のほぼ中央のボホン

(Bo Hon) 島にあります。ボホン島にはアメージング洞窟のほかにも、ボナウ (Bo Nau)、ルオン (Luon)、メクン (Me Cung) などたくさんの洞窟があります。ベトナムで最も美しい洞窟の1つとされるアメージング洞窟は、1901年にフランス人によって発見され、あまりに美しいことからフランス語で「驚きの洞窟」を意味する Grotte des surprises と名づけられました。この洞窟は12,200平方メートルにわたって広がっており、2つの部屋にはたくさんの鍾乳石があります。海面から25メートルも上ったところにある洞窟の入り口は、生い茂る樹冠で覆い隠されています。主要洞(図5)はまるで巨大なオペラ劇場のように広く、初めて訪れた観光客を魅了せずにはおきません。きれいな曲線を描くドーム状の天井からは、美しい鍾乳石が無数に下がっています。また、ゾウやアザラシ、鳥、花など、まるで自然が作り上げた芸術作品のような石筍もあり、中央には大きな石柱が床から天井にむかって伸びています。

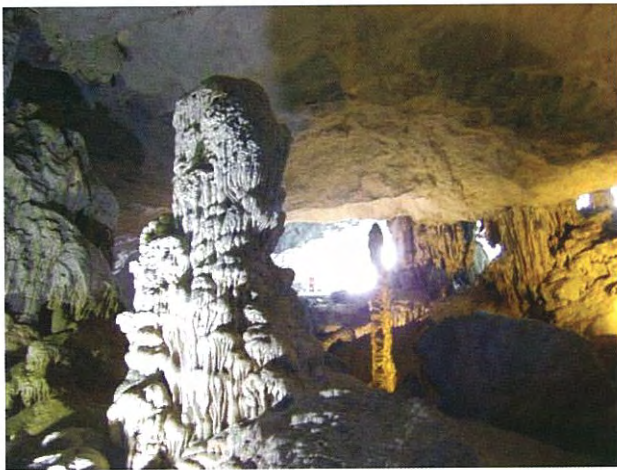


図5 アメージング洞窟のドリップストーン
(写真提供は Nguyen Viet Hung)

細い通路を進んで次の部屋に出ると、あふれる光があたりの奇妙な光景を浮かび上がらせています。豊かな樹冠を持つ老木のような鍾乳石で、入り口には馬や長い剣の形をした岩があります。伝説によれば、侵略者を撃退した聖ジョンが人々を助けて幽霊を追い払い、天国に戻るとき、彼の魂はいつも人々と共にあることを人間たちが忘れないように、剣と馬を地上に残したのだそうです。

洞窟の最高点に来ると、透明な水をたたえた池の周囲にベンジャミン、ソテツ、バンヤンなどの木々が生い茂り、その枝にたくさんの鳥たちが止まっているように見える王宮庭園が見えてきます。付近の山からは、たわわに実る果実をねらってサルの群れが下りてくるようです。アメージング洞窟内には希少種の洞窟カタツムリも多数生息しており、86種が確認されています。

そのうち14種は、他の保護を必要とする絶滅危惧種の無脊椎動物と共に発見されています。

2.3 金の亀 (Golden Turtle) の洞窟

金の亀洞窟はダムナム (Dam Nam) 島にあり、前方にダムバック (Dam Bac) 島、後方にソイシム (Soi Sim) 島があります。この洞窟は幅が5~10メートルで、長さが約100メートルあります。狭い通路を行くと洞窟の上部に着きます。そこでは小さな泉から絶え間なく水が湧き出す音が聞こえています。天井にはまだ新しい、柔らかく白色の鍾乳石が垂れ下がっています。一番奥の部屋の眺めはみごとで、1288年のバックダン (Bach Dang) の戦いの光景のようだとされています。びっしりと立ち並ぶ石筍はまるで、敵の侵入を防ぐためにチャンハンダオ (Tran Hung Dao) 将軍がバックダン川に打ち込んだ木の杭のようです。

金の亀洞窟には、こんな伝説も伝わっています。レロイ (Le Loi) 王 (1385-1433) が金の亀に授かった剣で侵略者を倒したのを確かめると、亀は剣を携えて東の海へと泳ぎ去りました。金の亀はハロン湾までやって来て、この地にたくさんの悪霊が住み着いていることを知ります。海の王の許しを得てハロン湾に留まると、金の亀は悪霊たちを退治しました。役目を果たした金の亀は疲れ切って、洞窟でひと休みしましたが、とうとうそのまま石になってしまいました。その石は眺める角度によって、体中に傷を負った金の亀が眠そうに口を細めているように見えるといわれています。

2.4 天宮 (Heavenly Palace) の洞窟

天宮の洞窟(図6)は、本土の船着場から約4キロメートル離れた、ハロン湾南西に浮かぶダウゴ島にあります。海拔約25メートルにある洞窟の入り口まで、急な断崖に木々の生い茂る小道が続いています。岩にあいた狭い割れ目をくぐって行くと、割れ日はしだいに広がって幅130メートルを超す大きな部屋へと続いています。洞窟内、特にその東側は鍾乳石が素晴らしく、まるで誰もがよく知っているおとぎ話の登場人物のように見えます。竜王の伝説の中にもこの洞窟がでてきます。

洞窟の中央には天を支えるといわれる4本の太い柱があり、奇妙な形をした魚や鳥、花や、人々の生活のようすを彫ったように見えます。たくさんの鍾乳石が洞窟のアーチを美しく飾り、青色の鍾乳石はまるで真珠をあしらった装飾品のようです。一番奥の部屋では多色ライトに照らされて、澄みきった水をたたえる3つの池に小川がそそぎ込む美しい光景が浮かび上がります。この

美しい天宮洞窟を見た人は、二つとない自然の美術館を訪れたように感じることでしょう。

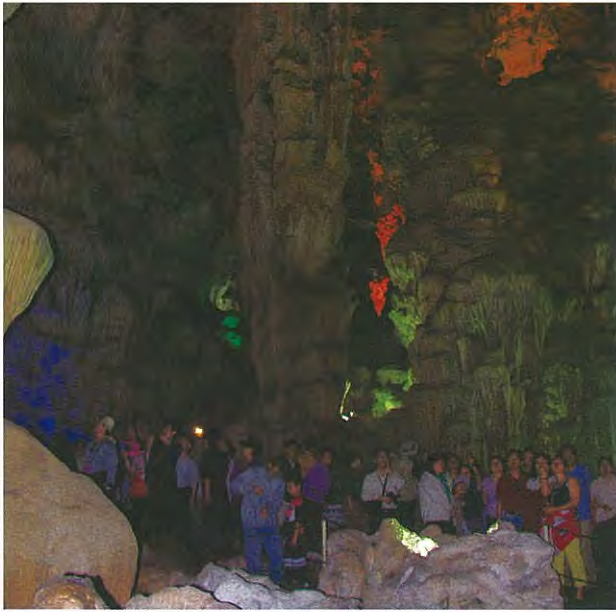


図6 天宮の洞窟内では、カラフルな照明の光にさまざまな形の洞窟生成物が浮かび上がります（写真提供はハロン湾自然遺産管理事務所）

2.5 ダウゴ (Dau Go) 洞窟

ダウゴ洞窟(図7)は、ダウゴ島にあります。洞窟の入り口にたどりつくまでには、90段の石段を登らなければなりません。洞窟のドームは高さが約25メートルで、天井から何百もの巨大な鍾乳石が垂れ下がっている様子は、まるで流れの急な早瀬のようです。洞窟には3つの大きな部屋があり、一番外側の部屋はドーム型で、外の光が差し込んでいます。さまざまな色の鍾乳石や石筍の森は、餌を求める象の群れ、鹿、眠れるライオン、大海原を泳ぐ亀などの天然の彫刻のようにも見えますが、見る人の想像によってもさまざまな姿に変わります。1917年にこの洞窟を訪れたカイディン(Khai Dinh)王は、そのあまりの美しさに深い感銘を受けて、ハロン湾とダウゴ洞窟の美しさを称える言葉を刻んだ記念碑を建てました。1938年出版のMerville de Monde(世界の驚異)という本では、ダウゴ洞窟はGrotte des Merveilles(驚異の洞窟)として紹介されています。

狭い通路を通り抜けて第2の部屋に入ると、薄暗い光の中に神秘的な景色が浮かびあがります。さらに進むと突然あたりが開けて第3の部屋に到達します。洞窟の奥には、絶えることなく清水がわき出している「妖精の井戸」があります。

2.6 トリンヌ (Trinh Nu) 洞窟 (乙女の洞窟)

トリンヌ洞窟(図8)は、バイチャイ(Bai Chay)の南約15キロメートルのボホン島にあり、アメージング

洞窟、フェアリー洞窟、ルオン洞窟の近くです。この洞窟をLa Vierge(乙女)の洞窟と名づけたのはフランス人で、ここは若い恋人たちに人気のデートスポットになっています。洞窟の入り口には、長い髪の少女が横になって、誰かを待ちながら絶望的な様子で海を眺めているように見える自然の石像があります。この洞窟と向かいあっている対岸のトロン(Trong)洞窟(若者の洞窟)には同じく自然にできた若者に見える石像があり、トリンヌ洞窟のほうを眺めています。



図7 ダウゴ洞窟はハロン世界遺産の魅力をさらに引き立てています（写真提供はハロン湾自然遺産管理事務所）



図8 乙女の洞窟という意味のトリンヌ洞窟から見たハロン湾の美しい眺め（写真提供はハロン湾自然遺産管理事務所）

2.7 バハム (Ba Ham) 湖

ハロン湾南西部にあるダウベ(Dau Be)島のバハム湖周辺には、典型的なハロン湾の景観が広がっています(図9)。ダウベ島はハロン湾外縁に浮かぶ島々の1つで、高い山々に囲まれた狭い矩形をした海のほぼ中央にあります。バハム湖は3つの塩湖が、狭く曲がりくねった洞窟で結ばれたもので、この洞窟は海へと続いています。湖を取り囲む島には野性の蘭、パンヤン、ソテツなど、豊かな植生が見られます。ここは1年中花が咲き乱れ

る場所で、イエローモンキー、いろいろな鳥たち、ムササビ、コウモリなどが生息しています。

本土から25キロメートルほど離れているにもかかわらず、バハム湖には昔からたくさんの人々が訪れる観光地でした。島の北西の断崖に湖へと続く高さ4、5メートルの入り口が開いています。洞窟に入って最初の湖に近づくとつれて、色彩豊かな鍾乳石の森が姿を現し始め、まるで天井から垂れ下がった色とりどりのバナヤンの木の根のようです。洞窟の底はとても深く、水は透明で、水中を泳ぐ魚の群れが見えます。山腹には野性の蘭や、ソテツ、竹が生い茂っています。2番目の湖の南東岸にはアザミの仲間が生えていますが、これは百年以上も枯れずにいます。また、湖の周辺にはイエローモンキーや、ムササビ、オウムなどが多数生息しています。3番目と2番目の湖の間には崖があり、小さなトンネルでつながっています。



図9 バハム湖の景観（写真提供はハロン湾自然遺産管理事務所）

2.8 カトバ (Cat Ba) 世界生物圏保護区

カトバ群島は北東部ベトナムのクアンニン省にあり、東経106°52'-107°07'、北緯20°42'-20°54'にわたる広さ300平方キロメートルの島々です。なかでも最も大きなカトバ島(図10)は標高が70メートルの非常に美しい島で、Ngoc、つまり碧玉(ジャスパー)島とも呼ばれてれています。このほか、カトオング(Cat Ong)島、カトドウオイ(Cat Duoi)島、マイ(May)島、カイザン(Quai Xanh)島、タイケ(Tai Ke)島などの島々があります。

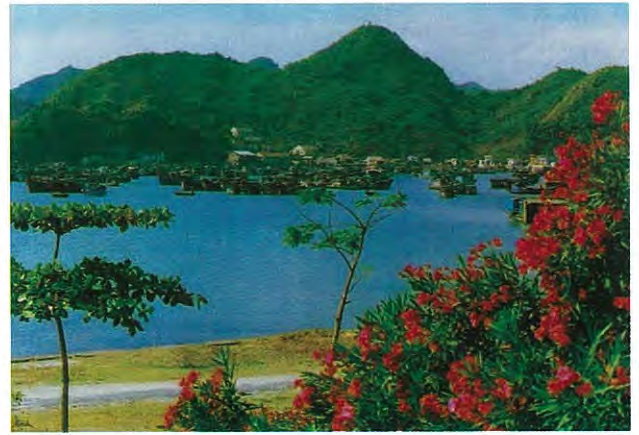


図10 海岸沿いの道路でカトバ島を一周できます(写真提供はカトバ群島生物圏保護管理事務所)

(1) カトバ群島の地史と構造

カトバ群島はクアンニン複背斜という、広域にわたって褶曲した地層の一部をなしています。この地域の地史は古く、約4億年前から数千年前までのさまざまな岩石が分布しています。なかでも、3億5900万年前というデボン紀後期から石炭紀初期へ移行する境界が見つかったことは、地質学的に非常に重要な発見でした。ベトナム地質鉱物資源研究所は現在、ハイフオンのカトバ生物圏保護区管理委員会と協力して、同地区をジオパークに指定するためにプロジェクトを進めています。

(2) 特別な自然の見どころ

カトバ群島もハロン湾と同じく、部分的に海面下に沈んだカルスト地形です。美しいカトバの景観は典型的なカルスト地形が特徴で、断層に沿った細長い渓谷、無数の洞窟、複雑な形をした丘陵などがあります。かつての石灰岩丘陵は海面の上に浮かぶ小島となり、この絶景はいくら眺めていても飽きません。このあたりにはカトチエン(Cat Tien)、カトコ(Cat Co 2)、カトコ3、カトドウア(Cat Dua)をはじめ、美しいと定評のある大小さまざまな浜辺が100ほどもあります。チュンチャン(Trung Trang)、ティエンロン(Thien Long)、ホアクオン(Hoa Cuong)、クアンイ(Quan Y)などの洞窟系のほか、現地の言葉でTung(トゥン)と呼ばれるラグーンや、原生林の豊かな植物なども、地形学的あるいは生物学的な価値の高いものです。

(3) 海岸

カトコ1、カトコ2、カトドウア、カトオン、ドウオンダンなどのビーチは、規模は大きくありませんが白い砂浜と透明な海水が非常に美しい海岸です(図11)。島では、海の生き物のありのままの姿を見ることができると水族館の建設も計画されています。



図 11 カトバ地域のモンキー島には白い砂浜が広がっています
(写真提供はカトバ群島生物圏保護管理事務所)

(4) 洞窟

ハロン湾と同じく、カトバ群島(図 12)の洞窟もその高度によって3つのグループに分類できます。第1グループの洞窟は床が現在の海面とほぼ同じ高さにあるもので数が最も多いため、いちばんよく見られます。第2のグループは海面から15メートルほどの高さにあり、ふつう、小さな島々の周囲にあります。このタイプの洞窟は多くが島の奥深くまで到達していて、内部には美しい鍾乳石が多数あり、洞窟にはカタツムリなどが棲み着いており、動物の化石骨も見つかっています。3番目のタイプは標高40メートルほどのところにあります。カトバ群島の洞窟にはカイベオ(Kai Beo)文化を示す考古学遺跡があります。



図 12 美しい鍾乳石や石筍。(a) フィーロン洞窟(写真提供は Nguyen Viet Hung)。(b) ホアクオン洞窟(写真提供はカトバ群島生物圏保護管理事務所)

1) チュンチャン(Trung Trang)大洞窟

チュンチャン大洞窟は長さが279メートルで、カトバの町から約15キロメートル離れています。その内部は数100人が入れるほど広大で、美しい鍾乳石がたくさん見られます。

2) フンソン(Hung Son)大洞窟

フンソン Hung Son 大洞窟はカトバ町から13キロメートルのところであり、長さ100メートルの通路をもつ大きな洞窟です。この大洞窟は野戦病院という意味

のカンイ(Quan Y)とも呼ばれていますが、これはベトナム戦争当時、洞窟内に数100床のベッドが置かれ、野戦病院として使われていたことに由来しています。

(5) 生物多様性

カトバ群島は生物多様性という点でとくに重要で、2,320種の動植物が生息しています。そのうち、カトバラングール(*Trachypithecus poliocephalus*)というサルなどの約60種は固有種と考えられ、絶滅の危機にさらされている希少種とされています。2004年12月に、カトバ群島の生物多様性は高く評価され、ユネスコの世界生物圏保護区に指定されました。

2.9 フォンニャーケバン(Phong Nha-Ke Bang)世界自然遺産

フォンニャーケバンはクアンビン(Quang Binh)省ボーチャック(Bo Trach)県の、北緯17°21'から17°39'、東経105°57'から106°24'にあるカルスト地帯で、遺産としてその地史、地形、景観の美しさが非常に高く評価されています。

フォンニャーケバン国立公園が世界自然遺産として認定を受けられるよう、ハノイ国立大学や英国王立地学協会、ベトナム地質鉱物資源局の地球科学や洞窟学の研究者たちが協力して調査研究を行った結果、ユネスコは地質学的・地形学的な価値が高いとして、2003年にこの地域を遺産として正式に認定しました。フォンニャーケバン地区で発見された洞窟以外にも、周辺には総延長7,410メートルに達する14の洞窟が存在します。

(1) 地史

時代の古いフォンニャーケバンのカルスト地帯は、世界でも最も重要な地質遺産の1つで、オルドビス紀(4億5000万年前)から現在にいたるまで、さまざまな年代と種類の岩石を見ることができます。この地域では長い歳月の間、沈下、火山活動、堆積盆地の形成、変成作用、隆起という地質的な作用が周期的に繰り返されてきました。この地域は現在のカルスト景観をつくるものになった石灰岩をはじめとするさまざまな時代の堆積岩できています。

フォンニャーケバンカルストが形成されはじめたのは、今から6500万年以上も前のことで、その後も古第三紀から第四紀までのさまざまな時期にさまざまな地質構造事象を経験してきました。これらの事象は洞窟の発達や浸食平坦面の形成に反映され、現在私たちが見ているような景観になったのです。地下河川、乾燥した洞窟、

階段状の洞窟、下垂あるいは樹枝状の洞窟など、このあたりにはさまざまな種類の洞窟がみられるのは、地殻の隆起や沈降などの構造輪廻の影響を受けて洞窟が発達したためです。

フォンニャーケバンは湿度の高い熱帯にあるため、機械的・化学的浸食が急速に進むという条件の下で形成された典型的なカルストです。洞窟の壁面や天井の石灰岩は広範囲にわたって溶解を受け、洞窟内には段丘状や平野状の平坦面があり、地下河川には陸源性の堆積物が堆積し、トンネル洞窟には沖積扇状地がある、などは、フォンニャーケバンカルストが多湿な熱帯環境で形成されたことを示すものです。

(2) 洞窟

フォンニャーケバン地域の洞窟内には河川が発達しているため、河川洞窟ともいわれています。この地域には、フォンニャ洞窟系（長さ約 45 キロメートル）、フォーム（Vom）洞窟系（長さ約 30 キロメートル）、ルックモン（Ruc Mon）洞窟系の 3 つの洞窟系があります。フォームとフォンニャの洞窟系はボーチャック県、ルックモン洞窟系はミンホア（Minh Hoa）県にあります。

1) フォム洞窟系

これは海拔約 360 メートルのルックカルーン（Ruc Ca Roong）洞窟から延びている、非常に大きな現世の河川洞窟です。この洞窟系は断層に沿って発達したもので、ほぼ北南に延びています。ルックカルーン川はボム洞窟の入り口でチャイ（Chay）川と合流し、地下を流れて、さらにソン（Son）川と、そして最後にジアン（Gianh）川と合流して海に注ぎます。この河川系の全長は約 50 キロメートルです。

2) フォンニャ洞窟系 (図 13)

この洞窟系はケバン（Ke Bang）の石灰岩塊の南部に端を発しています。ここへは海拔約 300 メートルのケーリイ（Khe Ry）洞窟とエン（En）洞窟を通過して行きます。エン洞窟には海拔 15 メートルのところにある幅 70 メートルの入り口と、海拔 70 メートルのところにある幅 100 メートルの 2 つの入り口があります。洞窟の出口は幅 170 メートル、高さ約 100 メートルです。これらの洞窟は、ほぼ北東から南西方向に延びています。

フォーム洞窟系もフォンニャ洞窟系も、石灰岩内部の割れ目に沿って発達したもので、入り口や出口は現在の河川面にあります。これらはアジアで最大規模の河川洞窟系と考えられています。それらの多くは多数のトンネル

や広い部屋をもつ、高さのある幅の広い洞窟で、ほとんどの洞窟が非常に複雑なネットワークで互いに連結されています。洞窟内には高さの異なる床（レベル）が少なくとも 4 つ確認されており、洞窟形成輪廻が何度もあったことがわかります。一番低いゼロ (0) レベルは現在の河川面に相当し、それ以外のレベルはゼロレベルからそれぞれ、 20 ± 5 、 40 ± 10 、 90 ± 10 メートルずつ高いところにあります。フォーム洞窟系のブオ洞窟では、これら全てのレベル（0、24、43、93 メートル）が確認されています。これらの洞窟にはいくつものドリップストーンや色彩豊かな鍾乳石、石筍など、石灰岩が溶解してできた洞窟生成物がありますが、エン洞窟、ケーリイ洞窟（図 14）、ダイカオ（Dai Cao）洞窟の床には、石灰質によって固められた小石、砂利、砂などの地下河川堆積物がみられます。

これらの河川洞窟では、現在でもその一部で活動が続いています。また、フェアリー（Fairy）洞窟やフォンニャ洞窟のように、かつては水が流れていた洞窟もあります。これらの洞窟にも美しい鍾乳石があり、また動物の遺骸や素焼きの陶片が出土することから、先史時代には人類が住居として使用していたことがわかります。チャイ（Chay）（石嶼）洞窟、ワインプラント（Wine Plant）洞窟などは乾燥した洞窟で、ドリップストーンのないものもあります。

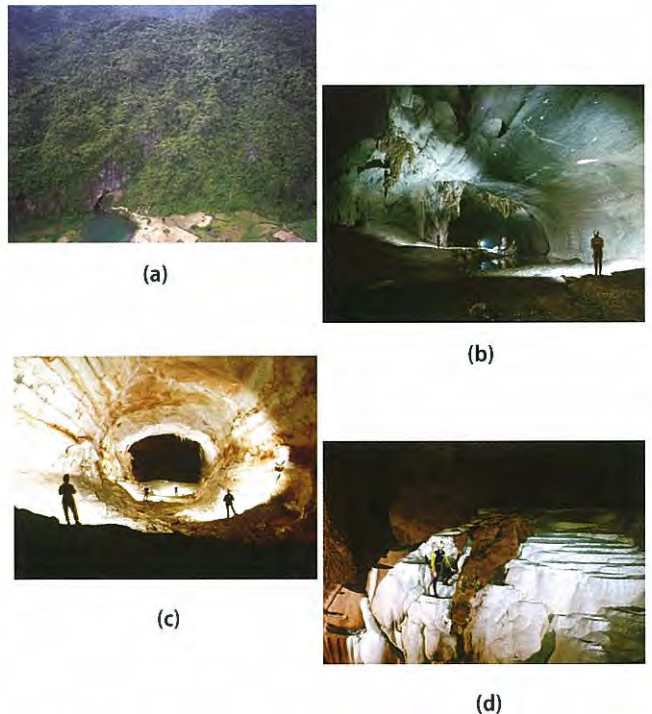


図 13 フォンニャ洞窟系. (a) 空から見たフォンニャ洞窟入り口, (b) フォンニャ洞窟内を流れる地下河川, (c) フォンニャ洞窟内のトンネルの 1 つ, (d) フォンニャ洞窟のトンネル (写真提供 a は Lee Huy Cuong, b、c、d は H. Limbert)

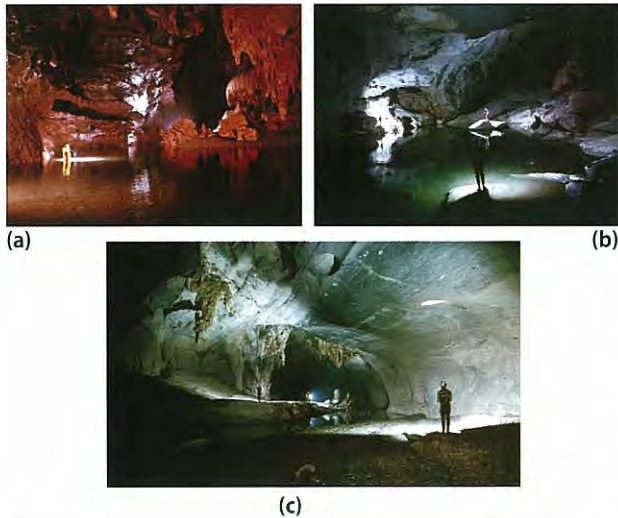


図 14 フォンニャ洞窟系のようす。(a) ケーレイ洞窟の地下河川には礫が堆積しています。(b) ラビリンズ洞窟内の水溜り(乾季)。(c) ダイカオ洞窟入り口の天井や床は礫岩でできています(写真提供は H. Limbert)



図 15 フォンニャの乾いた洞窟に見られるドリップストーン(写真提供は H. Libert)

(3) 鉱物などの天然資源の多様性

この地域からは、鉄、熱水性の黄鉄鉱、マンガン、バナジウム、銅、鉛、ヒ素、金など、さまざまな金属鉱物資源が産します。非金属鉱物資源では、肥料製造用原料、リン灰石、粘土、カオリン、泥炭、可燃性頁岩などが産し、また、石灰岩、粘土、カオリン、砂などの建築材料も豊富です。ノボ(No Bo)とドングエン(Dong Nghan)の断層近辺では、温泉やミネラルウォーターが2地点から発見されています。なかには経済的採算の取れると思われるものもありますが、その採掘や利用によって将来、地質資源の保全に問題が生じる可能性もあります。

2.10 バベ(Babe) 国立公園

生物多様性が高いとされているバベ国立公園は、バックカン(Bac Can)省北西部のバベ県にあります(図1)。ベトナム地質鉱物資源研究所は現在、バックカン省人民委員会を手伝って、地質学的・地形学的・景観的価値をもつバベ国立公園の世界自然遺産指定を目指しています。

この国立公園の面積は10,080ヘクタールあり、ベトナム北東部の石灰岩山地の森林生態系を保存する目的で1992年に初めて設立されました。2004年には、27のASEAN遺産地区の1つとして認定されました。バベ国立公園は、その地史、独特な自然現象、美しい景観という点で非常に重要です。

(1) 地史と地質構造

この地域のさまざまな岩石と複雑な地質構造は、長い年月の間に生じた複雑な地史によって作られたものです。公園はベトナム北東部における北西～南東方向と北東～南西方向の大きな断層系が接する地点にあります。これらの断層系は数億年前にできて、何度か活動を繰り返してきましたが、三畳紀の終わりと新生代(数千万年前と1万年前)には活発な活動がありました。ベトナム北部と東部のバベ堆積盆地の形成にはこれらの断層が大きく影響しました。堆積盆地には3億年以上も前にバベ石灰岩が堆積し、その後この地域全体が隆起して大陸となったため、石灰岩地帯のカルスト化が始まりました。もう1つの重要な要因は、三畳紀末(約2億年前)に花崗岩が貫入して、バベ石灰岩が変成を受けたことで、そのため一部でカルスト化の進行が抑制されて、古いカルスト地形がそのまま残りました。

(2) 景観の変遷

バベ地域では河川の開析作用が強く、河川形がよく発達して、階段状の地形をつくっていることから、これらがさまざまな断層の運動によって形成されたことがわかります。このあたりは1平方キロメートル当たり2～2.5キロメートルと、ベトナム国内でも河川密度が最も高い地域です。有名な紅河深層断層に沿った運動に関連して、新生代にはこの地域の大きな地質構造にほぼ並行に走る縦走断層系が活発に活動しましたが、バベ湖周辺の断層はそうした断層の典型的なものです。バベ湖を構成する、ペレン(Pe Leng)、ペル(Pe Lu)、ペラム(Pe Lam)の3つの湖はどれも北西～南東方向と北東～南西方向の断層系が交差するところにできたものです。断層運動によって地殻の一部が隆起し、周囲の地層から分離されてバベ石灰岩塊となりました。その結果、隆起した石灰岩地域には、東部のバンバイ(Ban Vai)の高い河岸段丘に見られる河川の湾曲部が遮断された三日月湖、狭く真っ直ぐに伸びたナン(Nang)川峡谷、ダウダン(Dau Dang)滝、コックルン(Coc Lung)の盲谷、チョーレン(Cho Leng)川の峡谷など、特徴的な地形が数多

く形成されました。地塊の隆起によって、いくつもの平坦面、台地、ペディメント渓谷、河岸段丘、6-7つの異なるレベルを持つ洞窟系などの階段状の地形ができました。

一般的なカルスト地帯とちがって、バベ湖は湖底や周辺の空洞や割れ目から湖水が流出しないで残っています。これは、この湖が造構性凹地（盆地）に形成されたため、水を透しにくい粘土質の堆積物が堆積して防水層の役割を果たしたことで、下位のバベ石灰岩が強い変成作用を受けて大理石に変質した、という地質的な要因によるものです。

(3) 古期沖積扇状地群

カンケー（Quang Khe）には北東～南西の断層に沿って、大規模な沖積扇状地が連なっていますが、これはこのあたりの強い地質構造運動と激しい豪雨によってできたものです。バベ湖の堆積物は、ほとんどこれらの沖積扇状地から供給されたものです。

カンケーの古期沖積扇状地群は、たくさんの沖積扇状地が互いに重なり合っており、チョーレン川からバンピアン（Ban Pian）までの7キロメートルにわたり、独特の景観を作り出しています。扇状地は花崗岩の岩塊や、カオリン、粘土鉱物に富む風化物質でできています。扇状地の幅は1～2キロメートルで、北東方向に延びており、チョーレン渓谷よりも約100～200メートル高いフィアビョック（Phia Bioc）山の頂上へと続いています。扇状地の下方はチョーレン川の氾濫によって部分的に形状が変わり、平坦な段丘になっています。花崗岩の岩塊の中には家屋くらいの大きさがあるものもあり、その多くは扇状地の斜面やチョーレン川左岸の石灰岩の断崖下で見られます（図16）。これらはチョーレン川によってその一部が浸食された古い沖積扇状地の名残りで、大量の雨水が地表を流れる豪雨の季節に形成されたものですが、数十万年前の更新世中期に発生した地震の影響も受けていると思われます。花崗岩が風化してできた物質は粘土を豊富に含むため、バベ渓谷の底に堆積してバベ湖ができました。



図16 チョーレン川左岸の斜面には、花崗岩の巨礫が転がっています（写真提供は Tran Tan Van）

(4) カルスト台地

バベ地域のカルスト台地は、高さの異なる2つの台地からできていて、その景観は独特です。高位、低位どちらのカルスト台地もバベ層とピアプオン（Pia Phuong）層の大理石で、その表面にはカルスト作用によって作られた地形が見られます。バベ層の大理石には高さの異なる塔やピラミッドがあって、さまざまな深さのドリーネを取り囲んでいます。バベ層に形成された高位のカルスト台地の代表的なものにはナムマウ（Nam Mau）、コットコ（Cot Co）、西ナコ（Na Co）、ナプーン（Na Poong）、プルウオン（Pu Luong）などの地塊が、低位のカルスト台地には、東バンカム（Ban Cam）、カウクア（Khou Qua）、ドックカム（Doc Cum）、北コットコ（Cot Co）などの地塊があります。厚い沖積層に覆われ連結した円錐丘が広大なカルストの谷底からそびえていますが、これらの円錐丘はピアプオン層の石灰岩中に形成されたものです。ピアプオン層に形成された高位カルスト台地の代表はタムタト（Tam Tat）地塊ですが、カオトリ（Cao Tri）やズアンラク（Xuan Lac）などの地塊の低位カルスト台地の方がよく知られています。

(5) ナン（Nang）川カルスト峡谷

約1万年前にできたナン川峡谷（図17）とバベ湖は、この地域の地殻の不安定性を示すよい例です。はるか昔に激しい地震がおこってプオン（Puong）洞窟から現在のダウダング（Dau Dang）滝までの数キロメートルにわたって、洞窟の天井が崩壊しました。このため地下河川は地表に現れて、切り立った崖の巨大な峡谷になりました。河道は埋められて部分的に高くなったため、天然のダムを役割をしてバベ湖が誕生したのです。

ナン川のカルスト渓谷は、バベ湖の流出口から西1キロメートルの地点でV字型に折れ曲がっており、西北西と北東の部分に分けることができます。峡谷は10キロメートル以上にわたって続いています。西北西の支谷の側壁は高さ約400メートルもあり、ダウダン滝がかかっています。一方、峡谷の北東側の支谷は側壁の高さがおよそ150メートルです。峡谷を流れるナン川には厚い砂の層が堆積し、高さ2.5～3メートルのはらん原ができているため、河床には基盤の岩石は露出していません。垂直に切り立った谷の壁面には、崩れた天井があるかつての洞窟の入り口や小さな石筍の名残が今でも観察できます。北東側の支谷の一番奥にはプオン洞窟があります。ナン川はこの洞窟から150～200メートルの区間にわたって地下を流れた後、再び地上に姿を現わします。プオン洞窟の天井の上には高さ60メー

ルと100~120メートルのところに比較的平らな段丘があり、かつてはナン川が洞窟の天井よりも高いところを流れていたことを示しています。



図17 ナン川の美しいカルスト峡谷
(写真提供は Tran Tan Van)

(6) ダウダン (Dan Dang) 滝

ダウダン滝はナン川にかかる落差85メートルの滝で、原生林の中を落ちる美しい滝です。この滝は他の場所にはふつうに見られる石灰華段丘ではなく、洞窟が崩壊してナン川峡谷ができた後に、谷底に集積した大量の石灰岩の岩塊を乗り越えて流れ出した川がダウダン滝です。この壮大なダウダン滝では、時に重さが10キログラムを越す希少種の大なまず (*Bagarius yarrelli*) が見つかります。

(7) バベカルスト湖

バベ湖(図18)はペレン、ペル、ペラムという3つの湖が連結した珍しい湖です。湖の長さは9キロメートル、幅0.2~1.7キロメートル、周囲の長さは22キロメートルです。最も深い所で水深29メートル、面積約4.5平方キロメートル、総水量は約9,000万立方メートルです。湖には地上を流れるタディエン (Ta Dieng) 川とチョーレン川という2つの河川が流れ込んでいます。湖は北側で幅が狭くなり、ペカム (Pe Cam) という小さな浅い水路になっています。乾季には湖水はここを通過してナン川へと流れていますが、雨季に洪水が発生すると、川から逆流した水は湖へ流れ込みます。湖は海拔150メートルのところにあって、高さ800~900メートルの石灰岩の丘陵に囲まれた他に類を見ない美しい自然景観となっています。

湖ができる以前は、バベ溪谷はふつうの川でした。これは湖に浮かぶアンマー (An Ma) 島に、現在の湖水面から20メートルのところに二次的な河岸段丘の名残が

あることや、フェアリー洞窟内には現在の湖水面から10メートルのところに沖積堆積物があることから裏付けられます。さらに、最近の地形学の研究によれば、アンマー、ウィドウ (Widow) 島などの湖に浮かぶ石灰岩の島々は、かつての地滑りで周辺の石灰岩の斜面が崩壊してできたものであることがわかりました。

現在バベ湖となっているところには、他のカルストのように、かつてはたくさんのロート状構造や陥没穴のあるカルスト平野だった、と考える研究者もいます。湖周辺の洞窟では、最も低いレベルは湖水面から8~10メートル、湖底から30~40メートルですが、もっと低いレベルにあった洞窟もたくさん存在しているのは間違いなく、それらは水面下に沈んだり、堆積物で埋まってしまったりしたものだと思われます。これらの低いレベルにあった洞窟は、カルストの漏斗状構造や陥没穴と共に、以前は谷間や湖水を排水する地下水路の役割を果たしていたと考えられます。バックノイ (Bac Ngoi) のあたりではチョーレン川東岸の崖に、崩壊した天井で覆われトラバーチンで固められたかつての洞窟の入り口があります。これはナン川沿いだけでなく、チョーレン溪谷にも崩壊した洞窟があることを示しています。

バベ溪谷には有史以前にすでに人類が居住していて、初期の新石器時代のものとされる石器などがたくさん残っています。バベ湖が誕生したために古代人はこのあたりに住めなくなってしまったようです。こうした考古学的な発見からも、バベ湖の誕生はベトナムの古代史におけるユニークなできごとだったことが分かります。

バベ湖は、山の中に水をたたえた天然の美しい大きな湖です。断層運動と自然現象によって川がせき止められてできたバベ湖のような湖が、石灰岩山地の中に存在することは非常にまれです。1995年、バベ湖は世界淡水湖会議で、保護の必要がある世界20箇所の特別淡水湖の1つに指定されました。



図18 石灰岩の高原の中にあるバベ湖
(写真提供は Tran Tan Van)

(8) 洞窟

バベ国立公園には、その他のカルスト地帯と同じく、素晴らしい洞窟がたくさんあります。そのいくつかを以下に簡単に紹介します。

1) ドントロイ (Dong Troi) 洞窟 (図 19)

ドントロイ洞窟 (図 19) はチョーレン村にあるバベ国立公園で最も美しい洞窟の1つです。もはや洞窟化は進んでいない、傾斜した床や滝のある洞窟です。洞窟の奥の床は水平で、林立する石筍などの洞窟生成物によっていくつもの部屋に分けられています。洞窟内からはレ (黎) 王朝 (15-18 世紀) 時代の釉薬のかかった陶片が発見されています。



図 19 ドントロイ洞窟のドリップストーン
(写真提供は Tran Tan Van)

2) ブプロム (BupLom) 洞窟

ピアン (Pian) 村にあるブプロム洞窟は、現在は鍾乳石などの生成は止まってしまった長さが 500 メートルを越える洞窟です。この洞窟はかつて、小さな谷とチョーレン川を結んでいました。洞窟内にはさまざまな形や色彩の洞窟生成物が無数にあります。トラバーチンが縁取る小さな水たまりがあり、洞窟の終点付近には約 3,000 平方メートルの広さの部屋などがあります。

3) バンピアック (Ban Piac) 洞窟

バンピアック洞窟 (図 20) からは川が流れ出していて、この水は年間を通してピアック (Piac) 村周辺のカルストの農業に利用されています。この洞窟は互いに連結したいくつかの洞窟からなっていて、3 箇所から水が流れ出ています。それらは小さな川に注ぎ、やがてチョーレン川に合流します。これらの川はバンルム (Ban Lum) カルスト谷から北西に流れるものとナコ (Na Co) 村のカルスト谷からの流れの 2 つが水源となっています。



図 20 バンピアック洞窟には鍾乳石、カーテンなどの各種洞窟生成物が見られます (写真提供は Tran Tan Van)

4) パックチャン (Pac Chan) 洞窟

パックチャン洞窟 (図 21) はナムクオン (Nam Cuong) のコムプーン (Com Poong) 村の南にあり、最大幅 100 メートル、高さ 50 メートルと非常に規模の大きな洞窟で、現在は鍾乳石などは生成されていませんが、広々とした美しい洞窟なので観光地としての価値は充分にあると思われます。半円形の入り口は幅が 31 メートル、高さが 41 メートルあり、内部には天井まで届く巨大な石柱がたくさん生えています。奥に進むにつれさまざまな形をした鍾乳石が現れますが、大きさはそのままです。洞窟の一番低い部分は浸食によってできた大きな割れ目になっています。洞窟の終点はさまざまな種類の鍾乳石で飾られた素晴らしいギャラリーです。



図 21 パックチャン洞窟の入り口
(写真提供は Tran Tan Van)

5) ナボン (Na Phong) 洞窟

ナボン洞窟は、ナムマウ (Nam Mau) のボル (Bo Lu) 村にあり、洞窟内にはバベ国立公園で最大の河川、ナボン川が流れています。通路の幅は8～26メートルで、勾配は急ではありません。洞窟の両側には高さ数メートルに達する砂質の丘が形成され、また、美しい鍾乳石もあります。

6) プオン (Puong) 洞窟

チョラ (Cho Ra) 地域の東あたりでいくつかの地層を通りぬけたナン川がバベ国立公園を流れるあたりに、プオン洞窟があります。洞窟は長さ200メートル、平均の高さは25～30メートルで、さまざまな形をした美しい石柱があります。壁面はほぼ垂直で、天井はドーム状です。洞窟内には数1,000匹のコウモリが生息しています。2つの出口には、観光客用に休憩所があり、エコツーリズムにぴったりのユニークな場所です。

2.1 クックプオン (Cuc Phuong) 国立庭園遺産、ゴックソン-ゴルオン (Ngoc Son-Ngo Luong) 自然保護地区、プルオン (Pu Luong) 自然保護地区

2003年から2004年にかけてベトナム地質鉱物資源研究所は、タインホア (Thanh Hoa) 省にあるプルオンで地質学、地形学、景観面での価値について調査を行いました。ホアビン省のゴックソン-ゴルオン自然保護地区の設立時には、ホアビン省人民委員会をサポートしました。

(1) 板歯類爬虫類化石産地 (図22)

板歯類爬虫類化石産地は、東経105°39'46"、北緯20°16'50"のニンビン (Ninh Binh) 省のクックプオン (Cuc Phuong) にあります。化石は薄く成層した暗灰色の石灰岩層の崖から発見されました。これは2億年以上昔に堆積した三畳紀中期のドンギアオ (Dong Giao) 層の一部です。露頭の化石を多く含む層からは18体の脊椎動物化石が発見され、うち12体はほぼ完全な形でしたが、頭部、骨盤、手足の骨が未発見のため、種の特定はできていません。

同じ場所から板歯類爬虫類も2種類が発見されています。大きい方は鱗のない、長い尾をもった細長い体格で、もう1体は重い甲羅のある亀のような爬虫類でした。いずれも強力な歯を持っていました。板歯類は浅い海に生息する動物で、最初に発見されたのはイスラエルの前期～中期の三畳紀の岩石です。板歯類は三畳紀中期に最も発達し、三畳紀の末には完全に姿を消しました。予備鑑定結果が出れば、クックプオンの化石は東南アジアで

最初の発見になります。

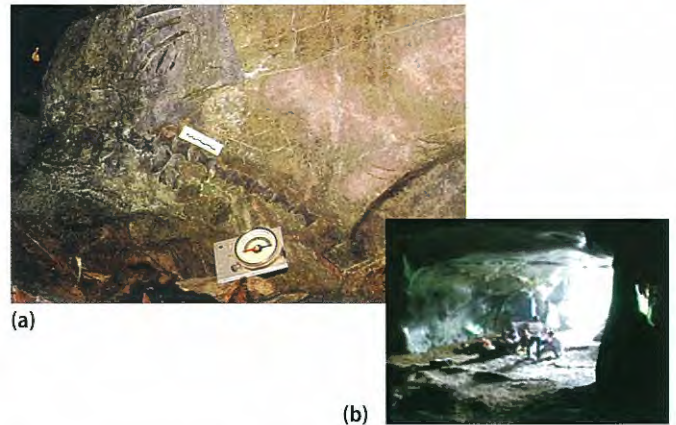


図22 クックプオン国立庭園遺産には地質遺産がたくさんあります。(a) 爬虫類の Placodontia の化石 (写真提供は Nguyen Viet Hung)、(b) 先史時代にすでに、洞窟内で人類が生活していました (写真提供クックプオン国立庭園遺産)

(2) ホアビン省の洞窟

ホアビン省のタンラク (Tan Lac) には、ドラゴン (Dragon) 洞窟やハイウェーブ (High Wave) 洞窟など、おもしろい洞窟がいくつかあります。ドラゴン洞窟内には長さ50メートル、幅40メートルの湖 (図23) があって、透明度の高い水をたたえています。この洞窟は完全に自然の作用でできたもので、15～20メートルある高い天井からは鍾乳石が無数に垂れ下がり、湖底からは石筍が生えています。ドラゴン洞窟から少し歩くとハイウェーブ洞窟に到着します。これも魅力的な鍾乳石のある非常に大きな洞窟で、内部にはさらに深い湖がありません (図24)。



図23 地下のドラゴン湖に析出した方解石 (写真提供は Tran Tan Van)

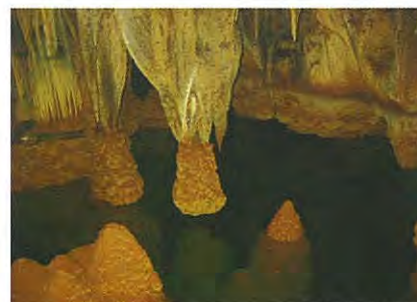


図24 スワン湖では、天井からはカーテンなどの生成物が垂れ下がり、湖底からは鍾乳石が生えています (写真提供は Tran Tan Van)

2.12 ランソン (Lang Son) 省のランソン遺産とナドゥオン (Na Duong) 遺産

(1) タムタイン (Tam Thanh) 洞窟系

ランソン省のタムタイン洞窟系はナッタイン (Nhat Thanh) 洞窟、ニータイン (Nhi Thanh) 洞窟、タムタイン洞窟からなる非常に美しい洞窟です。なかでも有名なのは山の中腹にあるタムタイン洞窟 (図 25) で、洞内には緑の牧場にひざまずく象の群れに見える石筍があります。山肌には 30 段の階段が高さ約 8 メートルにわたってきざまれ、洞窟の入り口へと続いています。入って右側の壁面には 18 世紀の詩人、ゴ・ティ・シ (Ngo Thi Si) がランソン省長官であった時に、その自然の美しさを称えた詩文が刻まれています。



図 25 美しいタムタイン洞窟内部には歴史的な磨崖仏や仏塔などもあり、観光スポットとなっています (写真提供はランソン文化スポーツ観光局)

鍾乳石や石筍が数多く存在するタムタイン洞窟は (黎) 王朝時代に発見されました。19 世紀に漢字で書かれたベトナムの地理を紹介した「大南一統志」(Dai Nam Nhat Thong Chi) という本には、このあたりの古い地名であるトアランチャウ (Thoat Lan Chau) 地方のピンチャイ (Vinh Trai) 村 (現在のランソン市タムタイン区) には、山の洞窟の中にタムタン仏塔がある、と書かれています。洞窟の壁面には 15 世紀のものと思われる阿弥陀仏像が彫られ、芸術的にも非常に価値の高いものです。洞窟の地底湖、アムチ (Am Ti) 湖は 1 年を通して枯れることのない透明な水をたたえています。

ニータイン洞窟にはたくさんの聖人像がそれぞれの形式で祀られています。この洞窟もベトナムでは歴史上の有名な人物であるゴ・ティ・シと関わりがあります。彼は 1777 年から 1780 年にかけてランソンの長官を務め、短期間のうちにランソンの政治、経済、国防を改善しました。なかでも文化面では、ニータイン洞窟をはじめとする 8 つの景勝地の発見に大きく貢献した人です。ゴ・ティ・シは 1779 年 5 月にこの洞窟周辺を整備し、

仏塔を建立しました。高い場所にあるタムギャオ (Tam Giao) 洞窟内にはタムギャオ仏塔が建立され、孔子、老子、釈迦の 3 聖人が祀られています。タムギャオ洞窟の下方にはニタン洞窟があり、これは自然にできた岩陰の隠れ場になっています。洞窟は正面入り口から出口まで 500 メートル続き、壁面は今でもところどころに有名な詩人やその他著名人の碑文が残っています。ゴ・ティ・シの像は 1779 年に彫られたものです。これらはどれもランソンの歴史を語る、重要な価値をもっています。

(2) 妖精仏塔 (Fairy Pagoda) 洞窟と妖精の井戸 (Fairy Well)

妖精仏塔洞窟と妖精の井戸はダイトゥオン (Dai Tuong) 山にあります。ダイトゥオン山はマイパ (Mai Pha) への道の途上にあるクン (Ky Cung) 橋から 500 メートルほどのところにあります。妖精仏塔洞窟 (図 26) は、ゴ・ティ・シが見つけた 8 つの景勝地の 1 つで、64 段の階段を登ると山の斜面に入り口があります。洞窟内には、老人や象、空を飛ぶコウモリの形をしたドリップストーンがたくさんあります。ソンティエン (Song Tien) 仏塔としても知られている妖精仏塔は黎王朝 5 代皇帝聖宗 (ホンドゥク (Hong Duc)、在位 1460~1497 年) の時代に洞内に建立されたもので、中には作家や著名人の墓石がたくさんあります。妖精の井戸はダイトゥオン山後方の中腹にある直径 20 センチメートルの井戸で、地下水が絶えず湧き出しています。



図 26 ランソン省のウィンド洞窟内の「妖精の原」 (写真提供は Nguyen Viet Hung)

(3) マウソン (Mau Son) の観光エリア

マウソンはランソン市から北東に約 15 キロメートルのところにある観光地で、東西に伸びる高い山地です。この山脈には、まるで人が立っているように見える山頂がいくつもあります。最高峰は母岳という山で、標高 1,541 メートルあります。このあたりは平均気温が 15.5℃で、山々は年間を通して雲に覆われている理想的

な山岳リゾート地です。1935年にここにリゾート用住宅を多数建設したのはフランス人ですが、今ではランソン省が旅行者や観光客向けの施設を建設しています。また、観光客向けに少数民族のダオ (Dao) 族、ヌン (Nung) 族、ターイ (Tay) 族などの文化や伝統、音楽、歌を紹介しています。

(4) ナドゥオン-リンチュア (Na Duong-Rinh Chua) 植物化石産地

ナドゥオンとリンチュアの化石産地はいずれもランソン省ロックビン (Loc Binh) 県にあり、それぞれ東経 $106^{\circ} 57'34''$ 、北緯 $21^{\circ} 42'16''$ と東経 $106^{\circ} 58'36''$ 、北緯 $21^{\circ} 44'57''$ です。ナドゥオンは化石の数も種類も豊富で、その分布もよくわかっており、新第三紀の古生物や層序の研究には最適の地域です。

ナドゥオン層とリンチュア層を作っている中新世から鮮新世の堆積岩には、軟体動物や昆虫類の化石に加えて、植物の葉、果実、種子の痕跡、孢子、花粉の化石や、ケイ化木が多数含まれています (図 27a)。豊富な化石から、これらの植物が群生していた 1100 万年前から 350 万年前までの間に環境がどのように変化したかがわかります。

ナドゥオン炭鉱では木材の化石が発見されています。なかでも球果植物 (針葉樹) の巨大な球果 (図 27b) 2 個が非常によい保存状態で見つかっており、ハノイ市内のベトナム地質博物館に展示されています。この地域ではケイ化木も多数発見されています。

約 1100 万年から 500 万年前の堆積岩の中には、軟体動物の化石が保存されています。このあたりの軟体動物は淡水性で、主に二枚貝と腹足類です。リンチュア地区には約 500 万年から 200 万年前のやや新しい岩石から、非常に大きな腹足類がよく見つかります。昆虫の化石が産することはまれですが、どれも非常に保存状態は良好です。脊椎動物では淡水性のワニや硬骨魚の化石が産します。

2.12 その他の地質遺産

(1) バランアン (Ba Lang An) の柱状玄武岩

バランアン岬は、クアンガイ (Quang Ngai) 省ソンティン (Son Tinh) 県とビンソン (Binh Son) 県にまたがっています。このあたりの海岸やいくつかの島には、柱状節理のある鮮新世の玄武岩が露出しています。溶けたマグマが急速に冷却されると、玄武岩にはいろいろな方向に割れ目が入り、傾きの異なる長さ 5-7 メートルの岩

の柱がたくさん形成されます。柱は傾斜したり、水平だったり、垂直に密集していたりしますが、いずれもよく発達しています。岩石柱の断面も四角形、五角形、六角形などさまざまで、平均的な大きさは 15~20 センチメートルですが、大きなものでは 30 センチメートルに達します。これらをはじめ奇怪な形の岩石柱群は、海岸の断崖を彩る魅力的な見どころになっています。



(a)



(b)

図 27 ナドゥオン炭鉱からは出土した化石の例。(a) 化石化した樹木の幹には昆虫が開けた穴の跡が残っています。(b) 巨大な松かさの化石 (写真提供は Nguyen Viet Hung)

(2) トウィアン (Tuy An) 皿石の崖

トウィアン皿石の崖 (図 28) は、東経 $109^{\circ} 17'52''$ 、北緯 $13^{\circ} 21'19''$ 、プーイェン (Phu Yen) 省トウィアン県のアンニンドン (An Ninh Dong) 村にあります。この崖は国の自然景観記念物で、海岸には 300 メートルにわたって鮮新世の柱状玄武岩の露頭があります。ここはバランアン (Ba Lang An) の柱状玄武岩によく似ています。垂直に伸びた玄武岩柱は水平方向に割れ目が入って、まるで皿を積み重ねたように見えます。



図 28 トゥイアンの崖では、さまざまな方向を向いた玄武岩柱が見られます
(写真提供は Nguyen Viet Hung)

(3) 竜の口 (Dragon Jaw) 火口

竜の口火口 (東経 108° 01'10"、北緯 13° 52'53") は、



図 29 ザライ省プレイク市から見た竜の口円錐火口
(写真提供は Nguyen Viet Hung)

ザライ (Gia Lai) 省プレイク (Pleiku) 市の南約 10 キロメートル、マンジャン (Mang Jang) 県バン (Bang) 村にあります。この山は約 250 万年から 100 万年前の玄武岩の山で、見る方向によって形が違います。北側のプレイク市からは、左右対称の台形です (図 29) が、南側からは丸い形に見え、そこから噴火時に流れ出したかなり幅の広い溶岩の流路が見えます。溶岩は台地表面を南側へと流れました。今では台地は植林され、火口の内側では農耕が行われています。

(4) ビエンホー (Bien Ho) 火口

ビエンホー火口は、本来 4 つの別々の火口が連結した複合構造をもつ火口で、ザライ省プレイク市のビエンホー村にあります。プレイク市とその周辺は玄武岩ドームの上にあります。玄武岩ドームにはさまざまな大きさの火口が 20 あり、2 ~ 4 個の火口がまとまったものがあちこちにあります。ビエンホーでは玄武岩質マグマが噴出した後に一部の火口の地下で崩壊が起こったため、標高 730 メートル付近で地面がくぼみ、湖ができました。湖の中央部に延びている半島は、この複合構造を形成しているかつての火口の先端です。



図 30 ザライ省のビエンホーカルデラ
(写真提供は Nguyen Viet Hung)

参考文献

- M.W., Trinh Dzanh & McKinney, K.C., 2001. Mammals Fossil from the Late Miocene of Vietnam. *Journal of Vertebrate Paleontology* 21(3), 633-636. Society of Vertebrate Paleontology, USA.
- Dusar, M., Ek, C. and Trinh Tan Van, 2004. Geoparks in the Mountain karst of Vietnam, its potential contribution to the landscape conservation and sustainable land use. Proceedings of the International Transdisciplinary Conference on Development and Conservation of Karst Regions, Hanoi, Vietnam.
- Tran Tan Van, 2006. Potential of Geopark and Geotourism Development in Vietnam: Some Science and Management Issues. Proceedings of the first international symposium on development within geoparks: science and management, 136-143, Geological Publishing House, Beijing, China.
- Tran Tan Van, Pham Kha Tuy, Thai Duy Ke, Bui Van Dinh & Nong The Dien, 2005. Way to the title of World Natural Heritage of Ba Be National Park (Bac Kan). *Journal of geology – Minerals* 9, National Research Institute of Geology and Mineral Resources (VIGMR). Collection of Reports of Scientific Conferences on the occasion of 40th Establishment Anniversary of VIGMR.
- Tran Van Tri, Tran Duc Than, Waltham, A., Le Duc An & Lai Huy Anh, 2003. Ha Long bay World Natural Heritage: Outstanding geological values. *Journal of Geology, Series B* 22, 1-18
- Trinh Dzanh, 2004. Preliminary Investigation of geological heritages (Geosites) in Vietnam. Proceedings of the First International Conference on Geoparks. Geological Publishing House, Beijing, China.
- Trinh Dzanh, 2006. Bio-diversity in Geological History of Vietnam. Proceedings of the 2nd International Paleontological Congress. Beijing, China.
- Trinh Dzanh, Covert, H.H., Hamrick, M.W., McKinney, K.C., Doan Van Khuong & Le Van Tac, 2000. First record of Placodontia (Reptile) fossil in Vietnam. *Journal of Geology, Series B* 15-16, 110-112, Hanoi.

文献引用例

加藤碩一・嶋崎吉彦・渡辺真人・宮野素美子 編集 (2010) 東・東南アジアの地質遺産 (日本語版), 地質調査総合センター速報 No.53 産総研地質調査総合センター, 117p.

Bibliography reference

Kato, H. , Shimazaki, Y. , Watanabe, M. and Miyano, S. GSJ Interim Report No.53 Geoheritage of East and Southwest Asia (Japanese Version). Geological Survey of Japan, AIST. 117p.

地質調査総合センター速報 No.53

東・東南アジアの地質遺産

発行日 平成 22 年 9 月 30 日

発行 独立行政法人産業技術総合研究所

地質調査総合センター

〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7

印刷 谷田部印刷株式会社

お問い合わせ 独立行政法人産業技術総合研究所

地質調査総合センター

〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7

本誌掲載記事の無断転載を禁じます

