

<報告・資料>

インド・デカン高原をたずねて - 2020年3月インド訪問報告 - 山岸宏光¹⁾

Visiting Deccan Trap -Report of travelling in India in March, 2020

*Hiromitsu Yamagishi*¹⁾

2020年6月29日受付

2020年7月23日受理

1) 北海道総合地質学研究センター

Hokkaido Research Center of Geology (HRCG)

要旨

2020年3月初旬に、インド西部のムンバイの近くのプネ大学から招聘され、同大学の概要を視察したことで、広大なデカン高原玄武岩の地質の概要を見ることができた。報告では、その景観、溶岩・岩脈、火山砕屑岩の産状やそれに関わる地すべり・崩落、岩石に彫られた仏教遺跡、溶岩の空隙に発達する貴重な鉱物などを紹介する。

まえがき

2020年2月29日から3月10日まで、インド西部のムンバイ近くのプネ大学と付近のデカン高原玄武岩の地質見学に参加した。当初は、同じ日程で、インドの首都デリー市で開催予定の第36回万国地質学会議(36th International Geological Congress)に参加し、講演もする予定であったが、直前になって、この会議が新型コロナウイルス蔓延のため、延期になった。そこで、当初から訪問予定になっていた、数年前からコンタクトがあり、友人研究者のプネ大学のDuraiswami博士や愛媛大学時代の弟子の和田壮平君(マンゴーのビジネスでインドに滞在)からの連絡で、同大学で招聘するからぜひ来てほしいとのことだったので、急遽予定は変更して、世話になることにした。

プネ大学の概要と講演

この大学のホームページ(<http://www.unipune.ac.in/>)によると、この大学は1848年の創立で、インド西部のマハラジャ州プネ市にあって、最近ではSavitribai Phule Pune Universityと名称が変わった公立の高等教育機関である(図1)。周辺の学部教育もリードしているが、主に大学院生を教育している。当然、海外からの留学生も多く受け入れている。このキャンパスには、法学部から動物学部まである総合大学で、20以上のdepartment(学科)があり、地質学科もその一つである(図2)。日本と異なり、これらの学部は、そ



図1 プネ大学の本部(イギリス統治時代に建てられ、大学の記念式典などにも使われている。この石材は、近くで採掘されたデカン玄武岩溶岩)(写真真ん中はDuraiswami博士、その右が博士課程在学中のMonteiroさん)。

Fig. 1 The headquarter building of the Pune University. This building is also used for the ceremony and was formed of mostly Deccan Basalt.



図2 地質学科の建物(右手3階建て、近く沸石博物館も建てられる予定という)。

Fig.2 The building of the Geology of Department (right hand side). Zeolite Museum will be built by this department soon.

それぞれ独立したビルを有している。

インド全体では7番目、世界では605番目の公立大学で、学生数は7000人以上、日本でいう大学院大学で学部生はいない。学長は州知事で、大学の実質のトップは副学長 Prof. (Dr.) Karmalkar 博士で、オフィオライトを研究する地質学者でいまでも研究は続けているという。Duraiswami 博士の恩師にあたるらしい。大学では、宿泊施設としてキャンパス内のゲストハウスを提供され、ほとんどはここで寝泊まりした。また、学内のいくつかのラボラトリーを見せてもらった。また、2日にわたり講演を依頼された。1日目は「GISを使った斜面災害の研究」、2日目は「枕状溶岩と水冷破碎岩」であった。ほとんどは大学院生であったが、驚いたのは、12歳の少年も聴衆にいて、専門的な質問をしてくれた。歯科医のお父さんも一緒に来ていた。講演終了後に、記念の盾とショールをいただいたが、贈呈者は副学

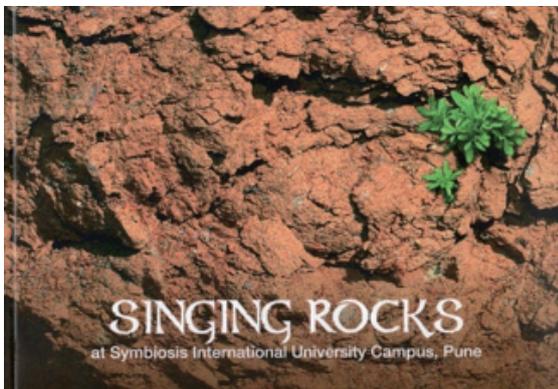


図3 Thigale and Duraiwami (2015) による写真集 Singing Rocks の表紙。

Fig.3 The cover of the atlas "Singing Rocks"(Thigale and Duraiwami, 2015) published by Symbiosis International University, Pune.

長の Dr Karmalkar さんであった。この大学の Geology of Department では、主にデカン玄武岩の岩石学的研究や地下水の研究が主なテーマであった。また、この Geology of Department の建物は、デカン玄武岩の上に位置していることもあり Singing Rocks というカラー写真集を出版していて、岩石や鉱物を紹介している(図3)

デカン高原玄武岩について

デカン高原玄武岩は、50万 Km² におよぶ広大な面積を占め、日本全域の面積より広い。このような玄武岩台地は、洪水玄武岩とか台地玄武岩といわれ、Wikipedia <https://ja.wikipedia.org/wiki/> (最終閲覧日: 2020年6月19日)によると、以下のものが代表的である。

世界の洪水玄武岩

- シベリア・トラップ(ロシア東北部中央シベリア高原)、ペルム紀、700万 km²
- カルー玄武岩(南アフリカ、ドラケンスバーグ山脈)、三畳紀、14万 km²
- パラナ玄武岩(ブラジル)、白亜紀、120万 km²
- デカントラップ(インド、デカン高原)、白亜紀～暁新世、50万 km²
- コロンビア川台地(アメリカ合衆国)、中新世、20万 km²

とくに、デカン高原(図4)の台地玄武岩は約6500万



図4 デカン高原の位置と主な河川と山脈。

Fig.4 Map showing the location of Deccan Plateau and rivers and ranges of India.

年前に噴火し、インド西部には隕石も落下した時代とほぼ同じであり、当時生息していた恐竜などを絶滅させたKT境界問題とも関連させて議論され、地球に大きな環境変化をもたらしたといわれている。

デカン玄武岩については、当時の東大荒牧重雄教授を団長として、文部省昭和44年度科学研究費補助金（海外学術調査）により、「インド・デカン高原玄武岩の総合調査」のテーマで行なわれた（1969年12月14日～1970年1月11日）。その報告の概要を団員として参加した倉沢一博士（「当時の地質調査所（現産総研）」が地質ニュースNo195号にその概要を書いている（倉沢，1970）。この調査団は、1972年12月18日～1973年1月31日）にも二次調査として実施された（倉沢，1974）。それから20年後に、東大を中心とした研究があるので、まず、藤井ほか（1993）の概要を以下に紹介する。

「本研究期間内に現地調査を3度行なった。第1回目

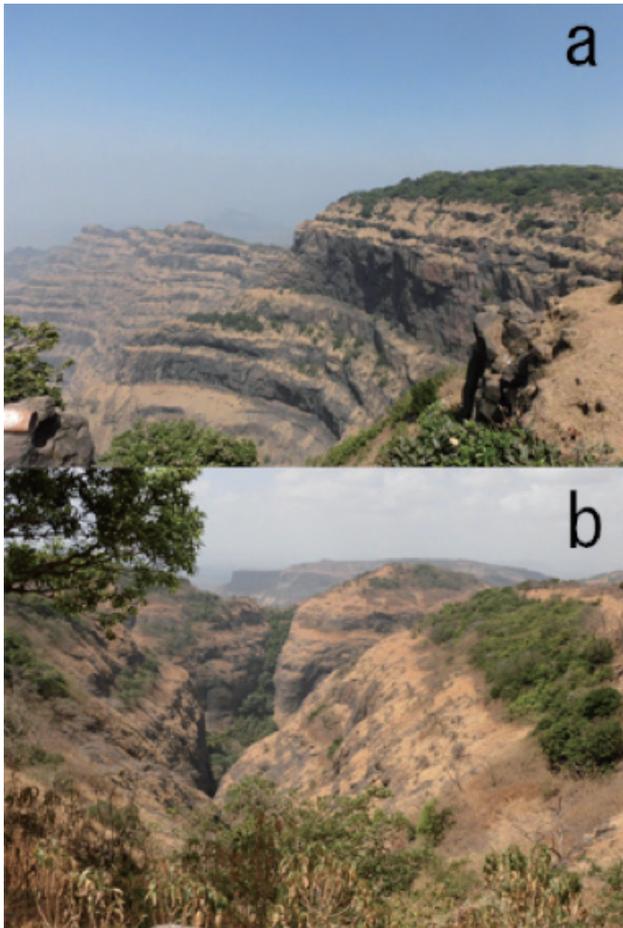


図5 デカン高原玄武岩の景観 a. 頂上から見晴らし台から見たもの。 b. 正面の谷の鬱蒼とした森林は、透水性が高いことを示唆している。つまり、新しい透水性の高い溶岩が谷に沿って流れたためらしい。

Fig. 5 Landscape of Deccan Trap, a View from the outlook at the top, b. Deep forest along the river, indicates the high porosity. Therefore, new lavas flowed along the valley.

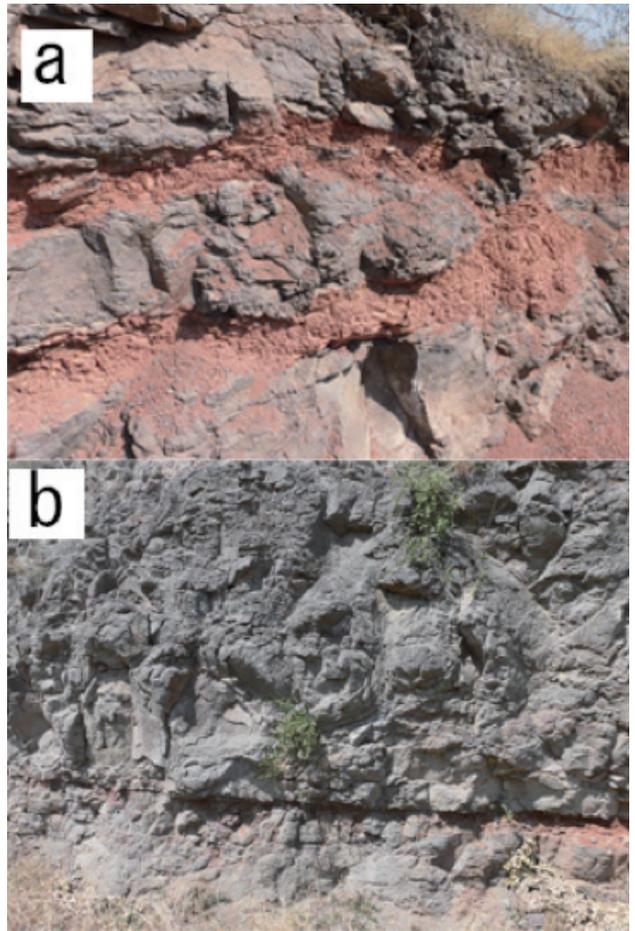


図6 a. 溶岩ローブと酸化したAA状溶岩, b. 下位の溶岩の上に直接載る溶岩。下位の溶岩は流動して空気と触れることなく、上位の溶岩が載ったためであろう。

Fig.6 a. Lava lobe and oxidized AA lava. b. A massive lava resting directly on underlying lava which did not contact with air.

は1993年1月に、マハラシュトラ州の洪水玄武岩の分布域をほぼ横断する約1000kmのルートで、地質調査と試料採取を行なった。第2回目は1993年9月から10月にかけて、洪水玄武岩およびキンバーライト中に含まれるマントル捕獲岩および捕獲結晶の採取を目的として、マデヤ・プラデーシュ州、グジャラート州の山地の調査を行なった。第3回目は1993年12月から1994年1月にかけて、洪水玄武岩のフィーダーと考えられる岩脈群の調査をマハラシュトラ州西部、グジャラート州南部で行なった。これらの現地調査で明らかになった点は以下のようなものである（藤井ほか，1993）。

1) 西ガート山脈の噴出中心から数百km離れた地点とされていたブルダナ地域で、噴出口近傍の堆積物と考えられる火山弾等の溶結物を発見し、デカン洪水玄武岩の噴出口が西ガート山脈に限らないことが明らかになった。また、洪水玄武岩の分布東限に近いアホール地域でも噴出時に空中に飛散し急冷したものが堆積・溶結したガラス質の溶岩が存在することが判明して、洪水玄武岩

の噴出口は少なくとも数箇所以上で、しかも広い範囲にわたって存在した可能性があることがわかった。

2) 省略

3) ナルマダ川下流域の岩脈群の調査では、東西性の岩脈と南北性の岩脈が相互に切り会い関係にあることが判明し、デカン洪水玄武岩の活動時期に2方向の割れ目系が存在していたことが明かになった。また、これまでガブロ（斑レイ岩）質の貫入岩体とされた部分を精査し

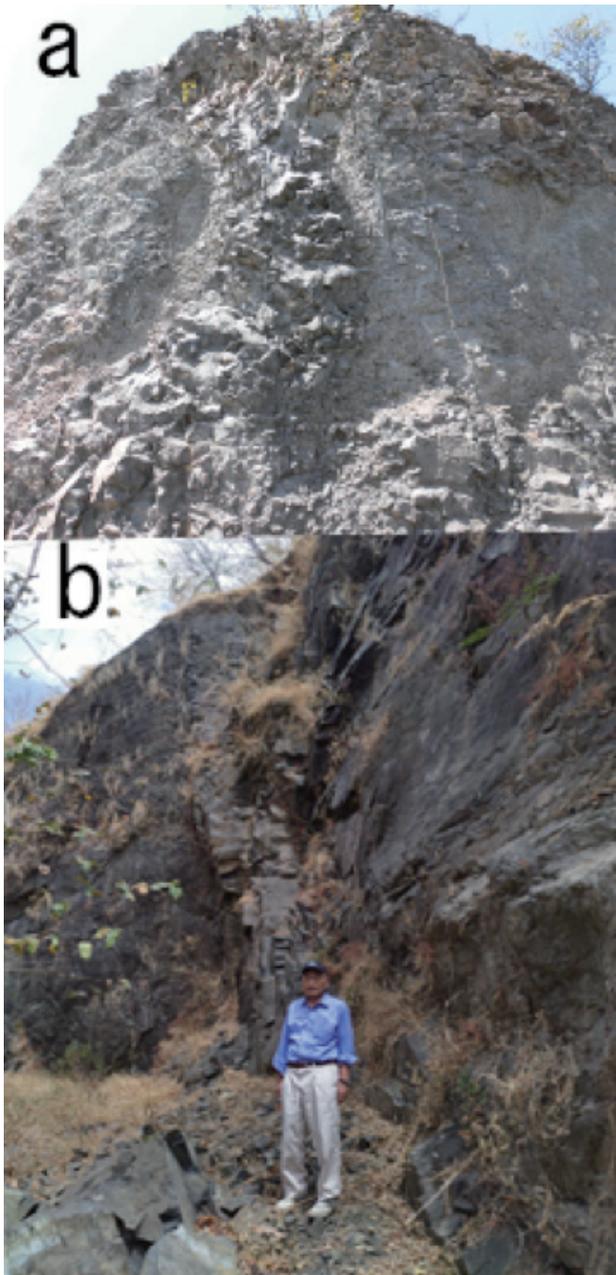


図7 a. 岩脈が上位で溶岩に移行したもので、b. 周りの岩体を完全に貫いたもの。

Fig. 7 a. A exposure of feeder dyke extended to lava flow on top, b. A feeder dyke intruded into the previous lava flow. Notice that finger structure showing a branch in the middle.

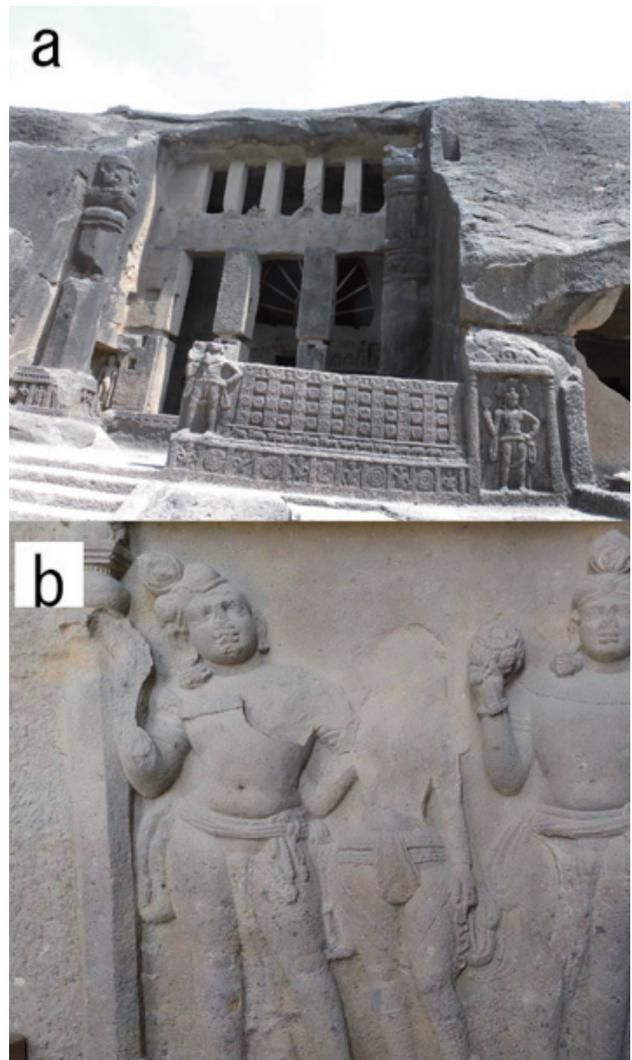


図8 ムンバイ市の Sanjay Gandhi 国立公園にある仏教遺跡。a. Kanheri 洞窟 No2, b. 同じく Kanheri 洞窟の玄武岩から安山岩質の火山砕屑岩に彫られた石像彫刻。

Fig. 8 Buddhist heritage at Sanjay Gandhi National Park. A. Kanheri Cave No.2, b. Rock sculpture at the same. These rocks are not basalt lavas, but basaltic to andesitic pyroclastic rocks.

た結果、明瞭な細粒玄武岩質の急冷周縁相が確認されて、本来、玄武岩マグマの貫入岩体ではあるが、冷却期間が長かったため粗粒岩相になったことが判明した。

デカン高原玄武岩のいくつかの産状

1. 景観

デカン玄武岩は厚さ数 10m の陸上溶岩の積み重なりからなり、その景観はステップ状となっている(図5)。硬い部分は溶岩体の内部で、上下にアア溶岩やパホイホイ溶岩を伴い熱帯のため赤く酸化している。

2. 陸上溶岩

デカン洪水玄武岩は、陸上で噴出した溶岩が主であり、既述の学術調査団の倉沢(1970)によると、ほとんどはソレイト系の玄武岩で、一枚一枚の溶岩の平

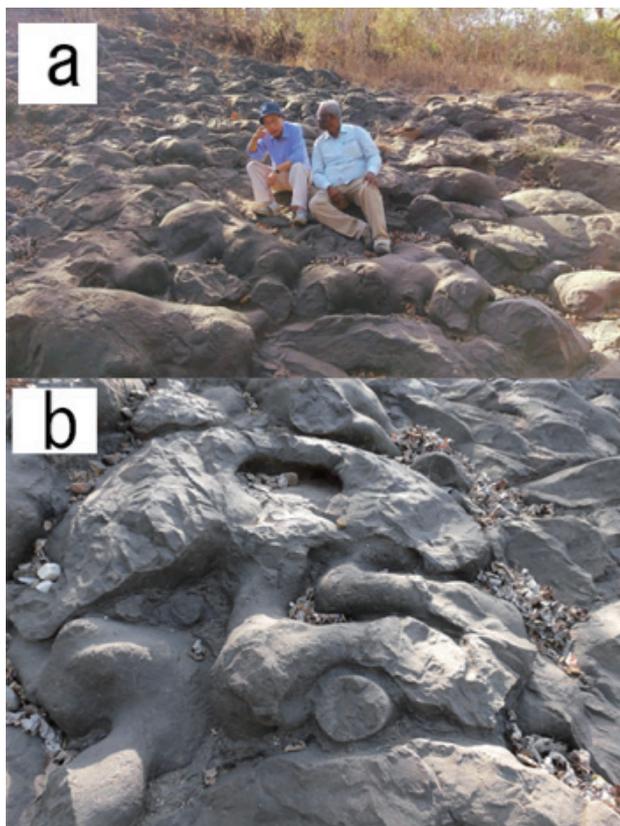


図9 a. Sanjay Gandhi 国立公園 Boravari の Dahisar 川床に露出した枕状溶岩, b. 先のピローロープの中から drain outした象の鼻状のピローロープ.
Fig.9 a. Exposures of the pillow lavas along the Dahisar River bed, Boravari, Sanjay Gandhi National Park, b. An elephant trunk which drained out from the hollow of the previous pillow lobe.

均の厚さは平均 30m, 合計 1500m に達したという。Duraiswami 博士の話では、合計の厚さは 1800 m で、花崗岩の上に直接乗っているという。実際に見せていただいた露頭では、ラテライト化したアア溶岩(図 6a)に挟まれた黒い岩体からなっていたり、柱状節理や風化による楕円体のブロック (spheroidal block; 図 6b) も見える。日本では玉ねぎ状風化と呼ばれるが、筆者は、“キャベツ状”風化というべきと考えている。

3. 岩脈

溶岩には、多くの大きささまざまな岩脈が貫いている(図 7)。これらはほとんど溶岩と同岩質であり、途中で枝別れたもの(図 7b)や直上の溶岩と繋がっているものも見える(図 7a)。この台地玄武岩のフィーダーであろう。前述の藤井ら(1993)の報告では「噴火口もいくつか発見されている。岩脈群の調査では、東西性の岩脈と南北性の岩脈が相互に切り会い関係にある」と述べている。今回見学した岩脈は、この台地玄武岩の噴出火道あるいは途中で止まったものであろう。

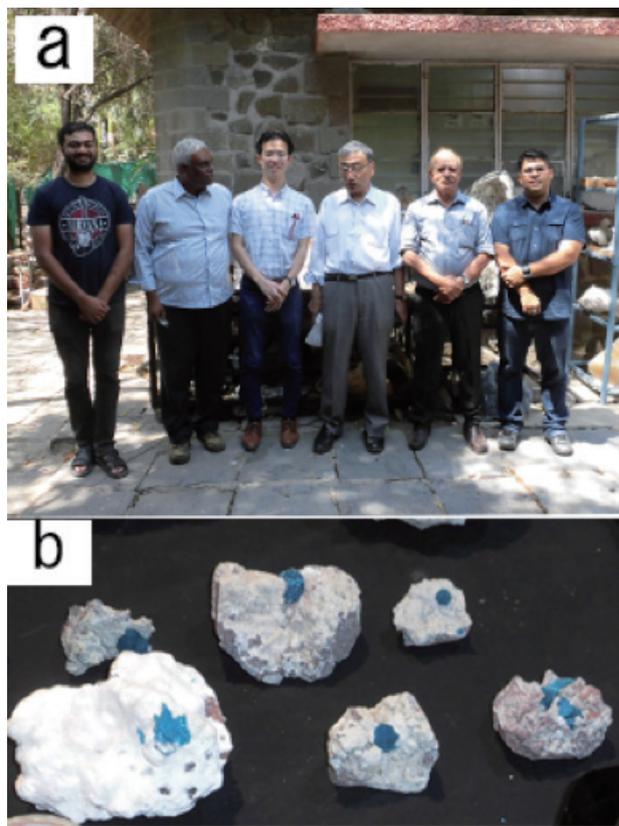


図10 a. Makki Samiさんとお父さんで経営する鉱物店での記念撮影(向かって左から右へ順に: 大学院生の Moneteiro さん, Draiswami 博士, 和田壮平君, 山岸, Makki 社長, 息子さんの Makki Sami 氏, b. 青い色の Cavansite(バナジウムを含む)でデカン玄武岩に特有の鉱物。
Fig. 10 a. Group photo at the front of the Makki Company (from left to right; Monteiro, Draiswami, Wada, Yamagishi, Makki President, Makki Sami), b. Cavansite showing blue color representing Deccan Basalt mineral.

4. 仏教彫刻

インドは、仏教の発祥地であり、デカン高原地域にも石像彫刻遺跡も多数ある(「これがインドの石彫美術!世界遺産石窟遺跡群 in デカン高原」<https://www.travel.co.jp/guide/article/5773/>, など)が、今回はムンバイ市にある Sanjay Gandhi 国立公園の中にある 100 以上の Kanheri 洞窟とその周辺に、そのいくつかを見ることができた(図 8a,b)。これらの石仏や石彫の年代は、紀元前 1 世紀から紀元 1 1 世紀にかけて制作された、仏教の初めから終わりまでを示す仏教遺跡である。これらの岩石もデカン玄武岩一連のものらしいが、岩相は全くことなり、玄武岩の溶岩でなく、玄武岩から安山岩の火山砕屑岩で後述の枕状溶岩を覆い、浅海性の爆発的な噴火によるものである。かなり硬いが、溶岩のように節理などの割れ目がなく、凝灰岩や凝灰角礫岩なので彫りやすいのかもしれない。

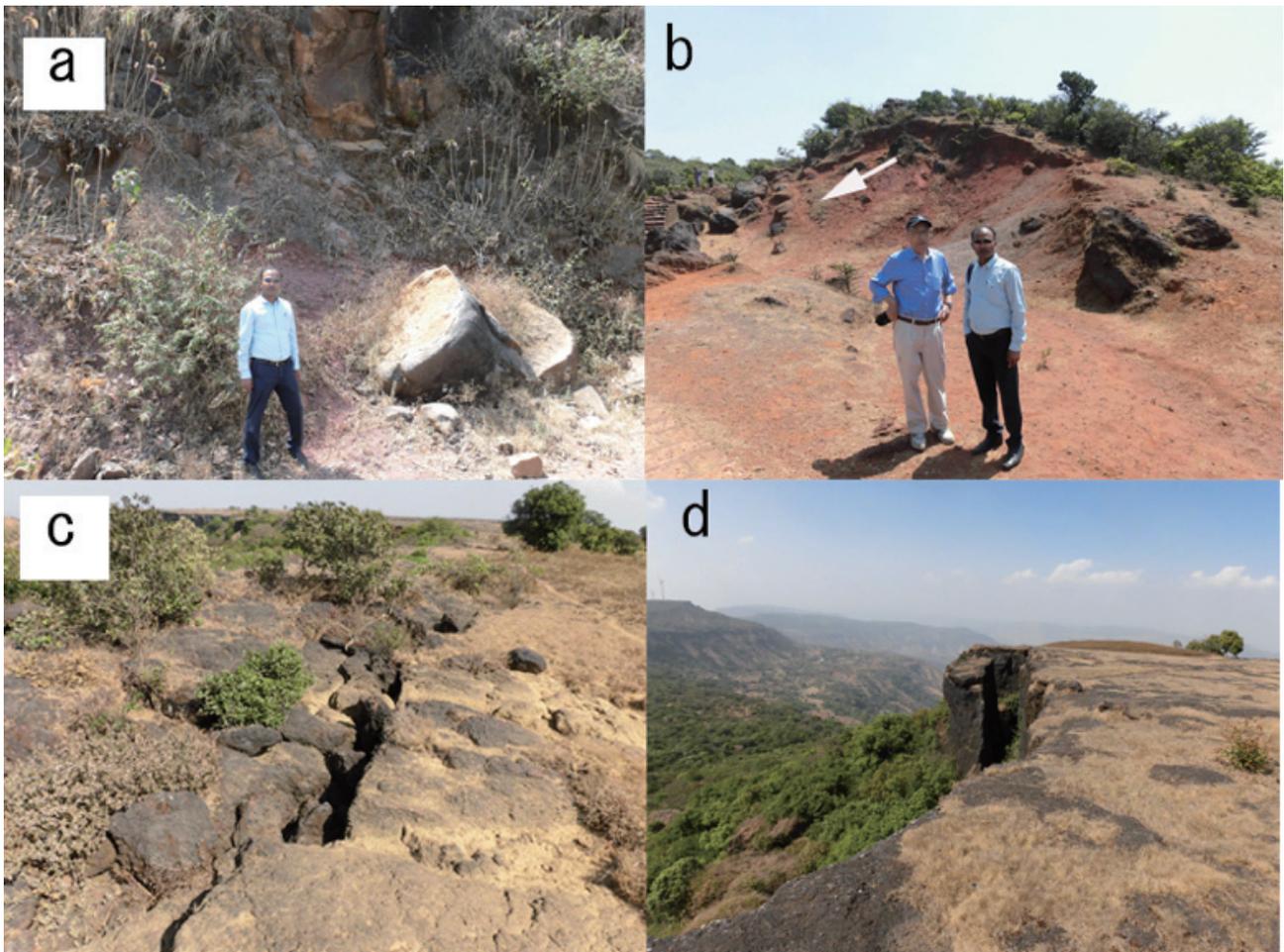


図 11 デカン高原周辺の地すべり・崩落. a 高原を走る道路に発生した崩落 (スケールは Babaji 博士), b. デカン高原山頂部の小規模地すべり (矢印は滑動方向), c. デカン高原山頂部の側端崖付近の開口亀裂, d. 山頂部玄武岩の側端崖の崩落トップリングと下の地すべり斜面.

Fig. 11 Landslides around the Deccan Trap. a. Small scale rock fall along the road on the plateau, b. Small scale slip on the top of the Deccan Trap, c. Opening crack on the top, into which surface water penetrated in the Monsoon rainy season, causing the toppling of the cliffs like d photo.

5. 枕状溶岩

デカン玄武岩はほとんど乾陸で噴出したが、ムンバイ付近では、浅い海 (submarine environment) に玄武岩溶岩が流れて枕状溶岩を形成したのがある。図 9 はムンバイ市の Sanjay Gandhi 国立公園の Boravari 川 (Dahisar 川の支流) に露出したもの (図 9a) で、ローブ構造がきれいなピローローブの集合体で、象の鼻状のものがローブのなかから流動したもの (図 9b) も見える (Duraiwami et al., 2019)。

6. 玄武岩の空隙に晶出した鉱物

デカン高原玄武岩には、その空隙に様々な珍しい鉱物が晶出していて、Makki 社ではそれらを展示販売している (図 10a,b)。これらの希少鉱物には、Calcedony, Agate, Calcite などの貴石のほか、Apophyllite, Okenite, Mesolite, Stilbite, Heulandite, Cavansite, Pentagonite などの沸石の美しい結晶がある。これらはいずれも玄武岩のなかにできた空洞 (ガ

マ) に結晶が晶出して発達したものである。とくに、Cavansite, は青色の結晶で、デカン高原特有のものという。帰りに Makki さんから菓子箱に入れて土産にいただいたが、帰国後に、北大博物館に寄贈した。その後、Makki さんから、もっと大きな Cavansite の標本を寄贈すると連絡があった。また、PUNE 大学の Geology of Department では、沸石博物館を建てる計画だという。

7. 崩落と地すべり

インドの地すべりについての研究は、主にインドヒマラヤ地域でよく研究されている (Shantanu Sarkar and Kanungo, 2017 など) が、最近では、インド大陸内部で、Duraiwami and Maskare (2009), Maskare (2019) などデカン高原玄武岩にかかわるランドスライドの研究も進んできたようである。今回の見学では、Duraiwami 博士と Maskare 博士が案内してくれた。

デカン高原の道路の切土には溶岩体の崩落 (図 11a)

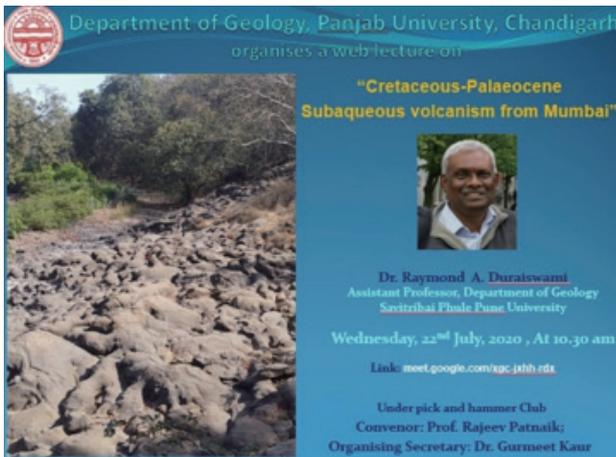


図 12 2020年7月22日 web 講演会のポスター。

Fig.12 Webnir lecture by Dr. Duraiswami hosted by Prof. Gurmeet Kaur of Panjab (Chandigarsh) University.

が時々見えたり、山頂部では、赤褐色の風化した層が小規模な地すべりを起している（図 11b）。また、玄武岩の側端崖付近では、開口亀裂が開いていて（図 9c）、本体からトップリングして傾いて（図 11d）、いずれ崩落にいたるようだ。この場合は、6月から9月の雨季に、1日1000mmの降雨のある時などには、降水が地表を流れて（図 11cの右側に流路が数条見える）、開口亀裂に入り下部の地すべり（図 11d）などを不安定化させ、流動化して下流部に土砂災害を発生させるという。

あとがき

今回の訪問では、インド デカン高原玄武岩をひととおり見学させていただいた。どれも素晴らしい景観や地質露頭、地すべり・崩落に感激した時間であった。プネ大学には日本人の地形学者はよく訪問していると聞いたが、デカン高原玄武岩については、述べたように、1970年代と1990年代に当時の地質調査所の倉沢一博士などや、東大の荒牧重雄・兼岡一郎、藤井敏嗣先生などが地質調査をしているが、とくにプネ大学を訪問した日本の地質屋は私が初めてらしい。今回の地質見学で一番気になったのは、素晴らしい景観のデカン高原はいまだに世界遺産に登録されておらず、ましてジオパークが一つもないのは驚いた。この理由を Duraiswami 博士に聞いてみたら、地質に対するインド人の認識が弱いのではないかということであった。当初、参加予定で講演もする予定の IGC（万国地質学会）で私が参加予定の分科会は、地質遺産、ジオパークがテーマであったので、議論が期待されたが参加できなくて残念であった。今度のインド訪問が、貴重な鉱物の縁に、プネ大学と北大、あるいは北海道との研究交流のきっかけとなれば幸いである。また、ネットの組織であるが、わが国にも秋田の鈴

木聡博士が主宰する「水中火山岩研究会」<http://kazan.okuyama.co.jp/> もあり、インドとのこの分野の交流が促進されれば幸いである。なお、本報告投稿中の2020年7月22日の現地時間午前10時30分から2時間にわたって、webによる講演会（講師：Duraiswami 博士；ムンバイにおける白亜紀から古第三紀の水中火山活動；Panjab 大学(Chandigarsh) Gurmeet Kaur 教授の主催）が開催され筆者も参加した（図 12）。

謝 辞

今回のインド紀行にあたり、新型コロナウイルス (Covid-19) の蔓延のはじめころで、シン技術コンサルの志村一夫会長には種々ご心配とご配慮いただきました。現地では、プネ大学 Duraiswami 博士とその学生諸君には懇切丁寧なガイドしていただき厚く謝意を表します。また、和田壮平君には、入国前からビザ取得にあたり援助いただき、現地では細かい旅程表も作っていただき、送り迎えなどにも感謝します。

引用文献

- Duraiswami, R. A. and Maskare, B.B. (2009) Landslide Hazards along the Patan Lateritic Plateau, Western Ghats, *India Gond. Geol. Mag.*, **24**, 91-108
- Duraiswami, R. A., Jutzeler, M., Karve, A.V., Gadpallu, P. and Kale, M. G. (2019) Subaqueous effusive and explosive phases of late Deccan volcanism: evidence from Mumbai Islands, India. *Arabian Journal of Geoscience* 12: 703, <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4877-z>
- 藤井敏継ほか (1993) デカン洪水玄武岩の地学的研究。文部省科学研究費成果報告書。
- 倉沢 一 (1970) インド・デカン高原の玄武岩—海外学術調査。地質ニュース No. 195, pp. 1-19.
- 倉沢 一 (1974) 第2次インド・デカン高原学術調査。地質ニュース No. 235, pp.46-61.
- Maskare, B.B (2019) Geospatial mapping of landslide hazards along Lateritic Plateau from Western Ghat, Maharashtra, India. PHD Dissertation of Savitribai Phule Pune University.
- Sarkar, S. and Kanungo, D. P. (2017) GIS Application in Landslide Susceptibility Mapping of Indian Himalayas. In Yamagishi H. and Bahndary Netra (eds) *GIS Landslide*, Springer Nature, pp. 211-216.

Thigale, S.S. and Duraiwami, R. A, (2015) *Singing Rocks at Symbiosis International University Campus, Pune*. Symbiosis International University Campus, Pune. SYMBIOSIS. 142p.

Absatract

In the beginning of March, 2020, I was visiting Savitribai Phule Pune University, Pune, India, because of invited by the university, and going to the many geological sites of the Deccan Basalt. In this report, I introduce the landscape, variable occurrences such as lava flows, dykes, pyroclastic rocks, and related landsides, and Buda heritages. In addition, the precious minerals formed in the cavities in the basalts are introduced.