

GSJ 地質ニュース

GSJ CHISHITSU NEWS

— 地球をよく知り、地球と共生する —

2016

5

Vol.5 No.5



平成 28 年 (2016 年) 熊本地震及び関連情報【速報】

5月号

口絵 137-148

平成 28 年(2016 年)熊本地震及び関連情報

「第一報」余震分布と周辺の地質 地質調査総合センター

「第二報」2016 年 4 月 15 日からの九州中部の地殻活動
関連情報 地質調査総合センター

「第三報」緊急現地調査報告

白濱吉起・森 宏・丸山 正・吉見雅行

熊本地震による地下水資源への影響について

町田 功・小野昌彦・丸井敦尚

2015 年ネパール・ゴルカ地震による歴史的 建造物の被災状況

プラダン・オム・加藤碩一

口絵 149-152

ネパールのジオ・地震瞥見

加藤碩一・プラダン・オム

153-163

164 新刊紹介「隕石でわかる宇宙惑星科学」

ニュースレター

165 日本海洋データセンター(JODC)設立 50 周年に関
わる海上保安庁長官表彰について

166 CCOP-GSJ/AIST-NAWAPI Groundwater Project
Phase III Meeting 開催報告

168 受賞・表彰「産総研理事長賞受賞」

Cover Page



Surface earthquake faults of 2016 Kumamoto Earthquakes.

(Photograph and caption by Yoshiaki SHIRAHAMA)

2016 年熊本地震にともない出現した地表地震断層

2016 年 4 月 14 日及び 16 日に発生した地震にともない、震源域にあたる熊本県上益城郡益城町及び周辺地域において、同月 16 日と 17 日の二日間、地表変位の概要把握を目的とした緊急調査を実施した。写真は上陳学園地区の田畑に確認された右横ずれ断層による地表変位を示す。畦道を基準にした時の簡易計測による変位量は約 2 m であった。写真は北西方向に向かって撮影。

(写真・文：白濱吉起 / 産総研 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門)

平成 28 年 (2016 年) 熊本地震及び関連情報

「第一報」余震分布と周辺の地質 [2016 年 4 月 15 日]

地質調査総合センター¹⁾

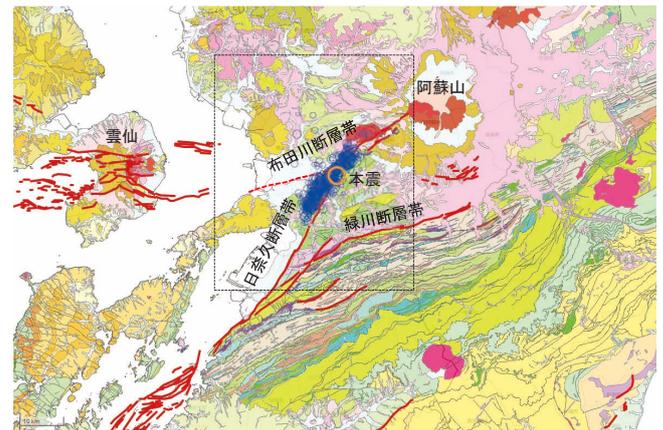
<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/> より転載

平成 28 年 (2016 年) 4 月 14 日に発生した熊本地方の地震の関連情報

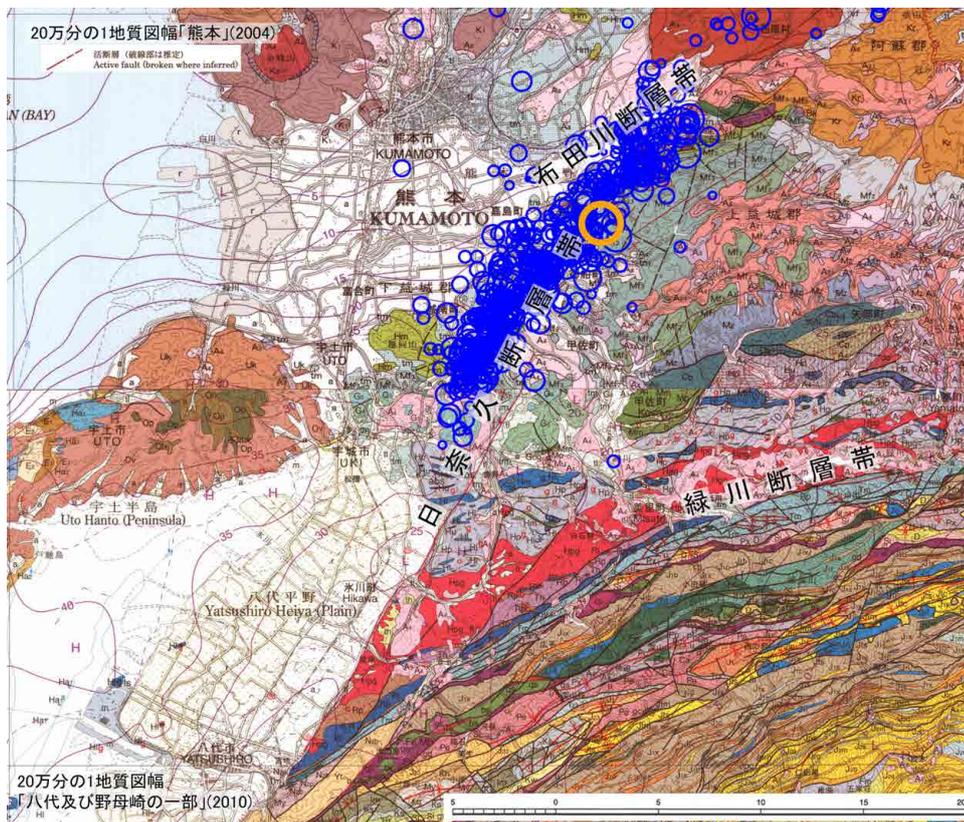
2016 年 4 月 14 日 21 時 26 分頃、熊本県熊本地方を震源としたマグニチュード 6.5 (気象庁暫定値) の地震が発生しました。産総研地質調査総合センターでは、地震の発生を受けて、組織的な対応を取るため「緊急地震調査対応本部」を設置しました。地質調査総合センターでは、ウェブサイトを通じて本地震に関する研究情報を発信して参ります。

ウェブサイト開設後、2016 年 4 月 16 日午前 1 時 25 分頃に、さらに規模の大きな地震が発生し、活発な地震活動は熊本県阿蘇地域、大分県別府地域にも広がっています。地質調査総合センターでは、今回の九州中部地域を中心とする地震活動などに関する調査結果等につきましてウェブサイトを通じて、ご紹介していく予定です。

余震分布と周辺の地質



第 1 図 産総研シームレス地質図に、今回の本震の震央とおよその余震の分布を重ねたもの。
点線の枠内の丸は国立研究開発法人防災科学技術研究所 Hi-net 地震観測システムの自動処理結果による本震と余震 (2016 年 4 月 15 日 9 時まで) を示す。



第 2 図
第 1 図の点線の枠内の拡大図。
丸は国立研究開発法人防災科学技術研究所 Hi-net 地震観測システムの自動処理結果による本震と余震 (2016 年 4 月 15 日 9 時まで) を示す。基図は 20 万分の 1 地質図幅「熊本」(2004) と「八代及び野母崎の一部」(2010) を使用。

1) 産総研 地質調査総合センター

Geological Survey of Japan, AIST (2016) 2016 Kumamoto Earthquakes: report 1.

平成 28 年 (2016 年) 熊本地震及び関連情報

「第二報」 2016 年 4 月 15 日からの九州中部の地殻活動関連情報 [2016 年 4 月 16 日]

地質調査総合センター¹⁾

<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/> より転載

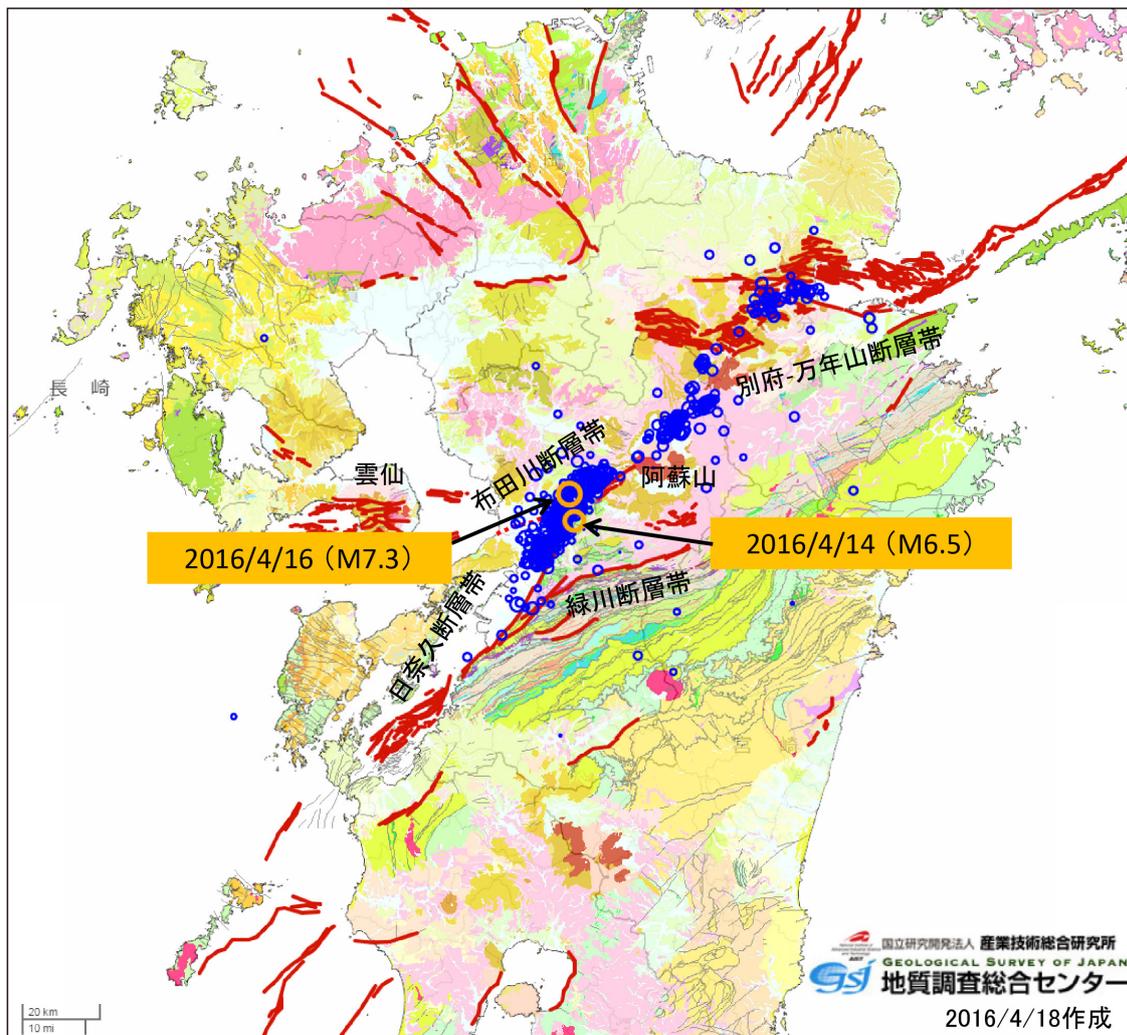
2016 年 4 月 15 日からの九州中部の地殻活動関連情報を掲載します。

熊本県から大分県にかけて活発になった地震活動情報、南阿蘇村の斜面崩壊、阿蘇火山に関する情報を掲載します。

九州中部の地震活動と周辺の地質

地震は日奈久断層帯北部から布田川断層帯北部、阿蘇山

を経て別府-万年山断層帯分布域に連続する。別府湾から九重・阿蘇を経て島原半島に至る延長約 200 km、幅 20 ~ 30 km の範囲には溝状の地質構造が存在し、「別府-島原地溝」と呼ばれている。余震分布は、おおまかには「別府-島原地溝」沿いに分布している。ただし、地溝南部にも延びている。

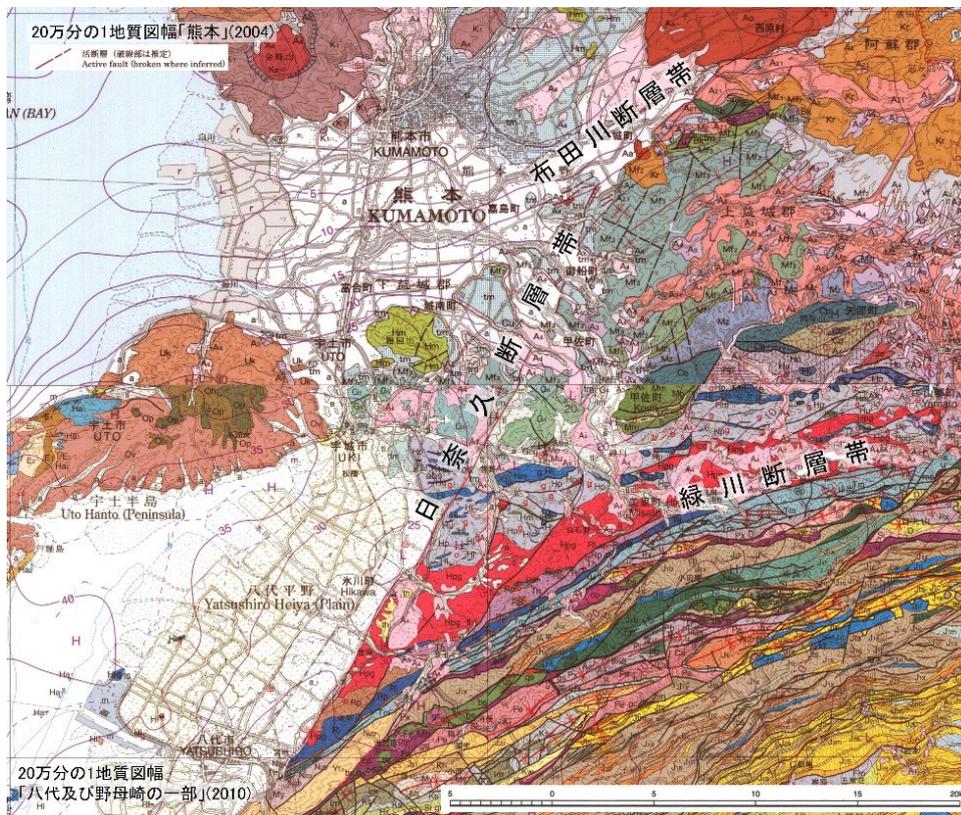
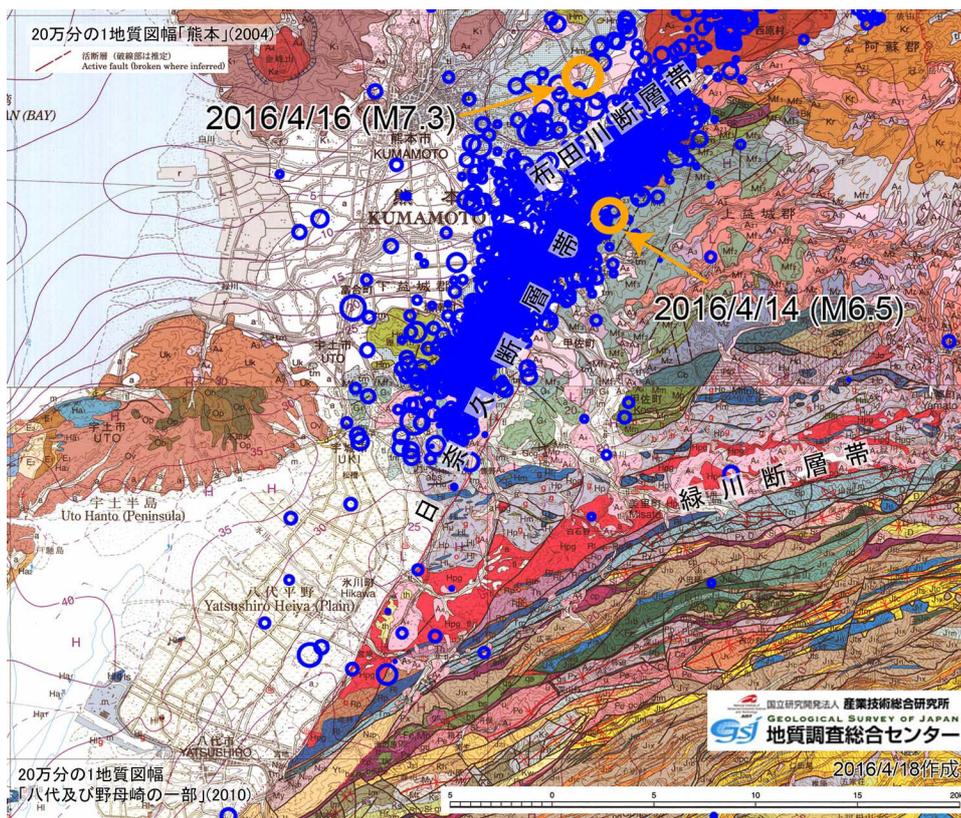


第 1 図 平成 28 年 (2016 年) 熊本地震の 4 月 14 日 21 時 26 分の地震 (M=6.5), 4 月 16 日 1 時 25 分の地震 (M=7.3) の震央 (オレンジの丸: 気象庁暫定解) 及び余震の震央分布 (青丸). 余震は、国立研究開発法人防災科学技術研究所 Hi-net 地震観測システムの自動処理結果 (2016 年 4 月 14 日 0 時 ~ 4 月 16 日 12 時) による。丸の大きさはマグニチュードに比例している。赤線は活断層を表す。基図は、20 万分の 1 日本シームレス地質図による。

1) 産総研 地質調査総合センター

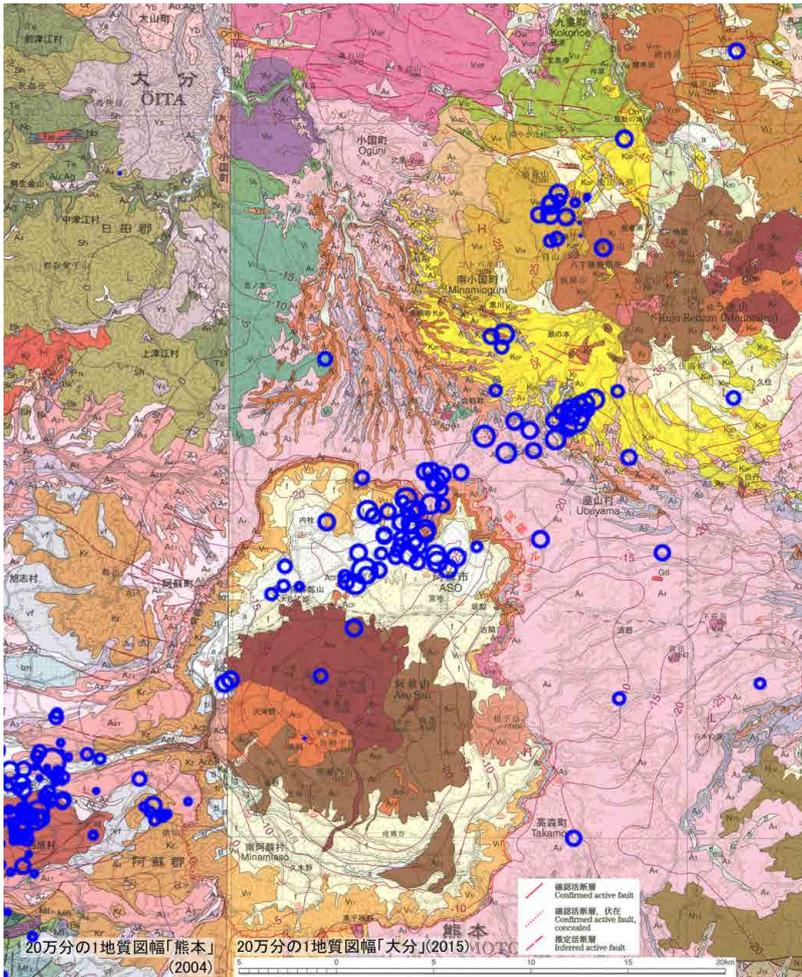
Geological Survey of Japan, AIST (2016) 2016 Kumamoto Earthquakes: report 2.

20 万分の 1 地質図に震央分布を示した図（震源地域周辺）



第 2 図 今回の地震の震源となった日奈久断層帯や布田川断層帯は、白亜紀の付加体（緑川断層帯の南側）やジュラ紀の変成岩（同断層帯の北側）からなる丘陵部と熊本平野や八代平野との境界に位置する活断層である。4 月 14 日の地震（M 6.5）の震源は日奈久断層帯上に、4 月 16 日の地震（M 7.3）は布田川断層帯上に位置している。青丸は国立研究開発法人防災科学技術研究所 Hi-net 地震観測システムの自動処理結果による震央を示す（2016 年 4 月 14 日 0 時～4 月 16 日 12 時）。オレンジ色の丸は気象庁暫定解による 4 月 14 日に発生した M6.5 の地震及び 4 月 16 日に発生した M7.3 の地震の震央を示す。基図は、20 万分の 1 地質図幅「熊本」（2004）「八代及び野母崎の一部」（2010）を使用。（2016 年 4 月 18 日；活動の進展，震源位置の再解析にともない，最新の震源分布図に修正）

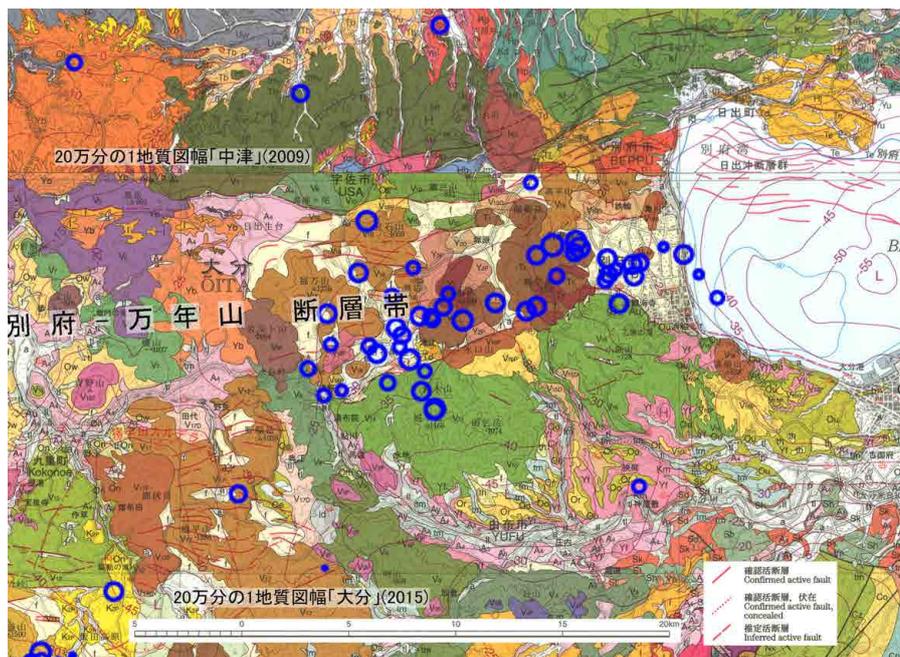
20万分の1地質図に震央分布を示した図（阿蘇カルデラ周辺）



第3図 4月16日にM7.3の地震が発生した後に、阿蘇カルデラ周辺で地震活動が活発化した。震央は阿蘇カルデラの北部に集中しており、その分布は北東-南西方向に延びている。

丸は国立研究開発法人防災科学技術研究所 Hi-net 地震観測システムの自動処理結果 (2016年4月14日0時~4月16日12時まで)。丸の大きさはマグニチュードに比例している。基図は、20万分の1地質図幅「熊本」(2004)「大分」(2015)を使用。

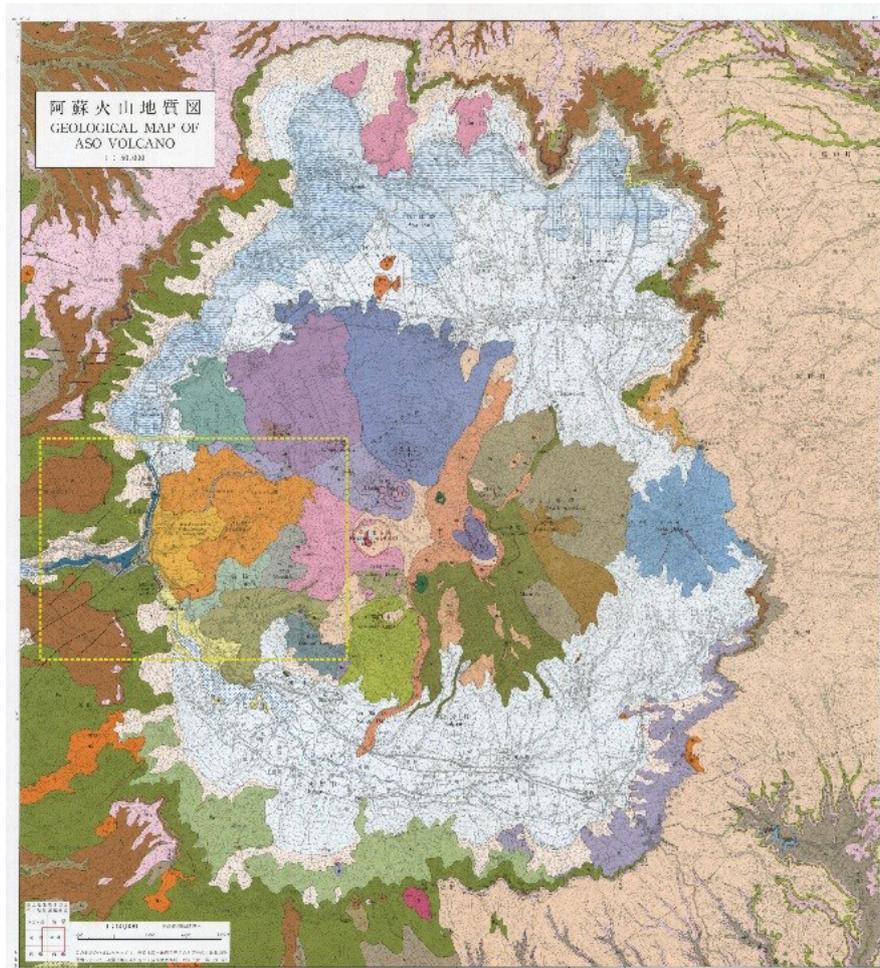
20万分の1地質図に震央分布を示した図（別府周辺）



第4図 4月16日にM7.3の地震が発生した後に、大分県別府市や由布市で地震活動が活発化した。震央は別府-万年山断層帯上に位置しており、その分布方向（東北東-西北西）も同断層帯の走向と調和的である。

丸は国立研究開発法人防災科学技術研究所 Hi-net 地震観測システムの自動処理結果 (2016年4月14日0時~4月16日12時まで)。丸の大きさはマグニチュードに比例している。基図は、20万分の1地質図幅「大分」(2015)「中津」(2009)を使用。

南阿蘇村の斜面崩壊について



第5図 2016年4月16日未明のM7.3(気象庁による)の地震で、南阿蘇村周辺で多くのがけ崩れが発生した。黒川にかかる阿蘇大橋西側の斜面では特に大規模な崩壊が発生した。ここは阿蘇カルデラの西縁で以前の先阿蘇火山(80~40万年前)の溶岩や火砕岩が分布する。カルデラ壁は一般に急傾斜で、今回のような大きな地震動で崩壊することがある。このほか地獄温泉などの温泉地の崩壊は、後カルデラ火山の溶岩流からなる急傾斜地で起きたものである。図は、火山地質図 No.4「阿蘇火山地質図」(1985)より。



第6図 崩壊地周辺(第5図の黄色い点線枠内)の拡大図(基図は、火山地質図 No.4「阿蘇火山地質図」(1985))。

平成 28 年 (2016 年) 熊本地震及び関連情報

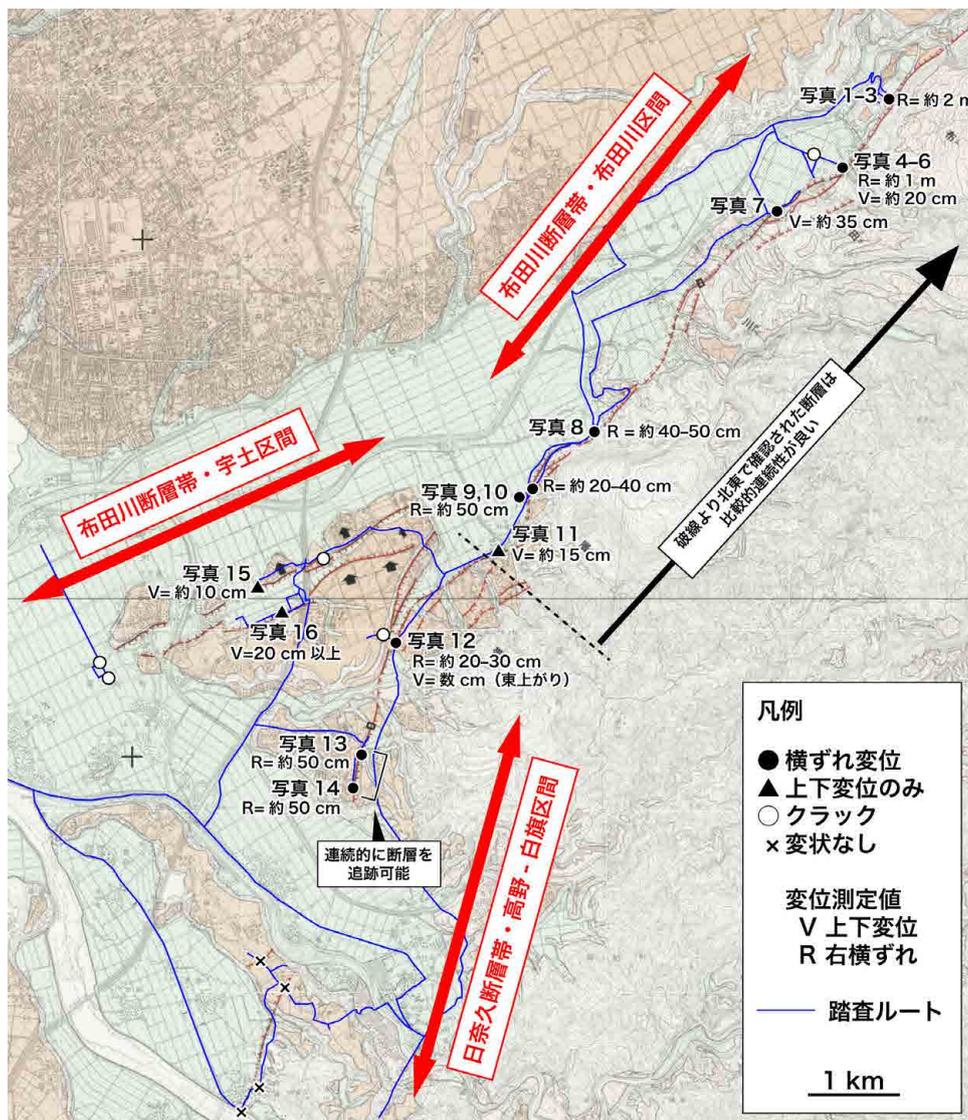
「第三報」 緊急現地調査報告 [2016 年 4 月 18 日]

白濱吉起¹⁾・森 宏¹⁾・丸山 正¹⁾・吉見雅行¹⁾
<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/kumamoto20160419.html> より転載

2016年4月14日及び16日に発生した地震にともない、震源域にあたる熊本県上益城郡益城町及び周辺地域において、同月16日と17日の二日間、地表変状の概要把握を目的とした緊急調査を実施した(第1図)。調査は16日未明のM7.3の地震の発生後である。調査の結果、震源域付近に位置する日奈久断層帯北部の高野-白旗区間と布田川断層帯の布田川区間において断続的に連なる地表地震断層を確認した(第1図)。また、布田川断層帯の宇土区間に

おいても地表地震断層の可能性のある地表変状が見出された。いくつかの地点では、メジャーとコンパスを用いた簡易測量により変位量を計測した。観察された地表地震断層を含む地表変状を簡単に紹介する(写真1~16)。

なお、広島大学の中田 高名誉教授、京都大学の後藤浩之准教授並びに株式会社パスコの小俣雅志氏には地表地震断層の出現位置についての貴重な情報を提供していただいた。



第1図 緊急現地調査において確認された地表地震断層及び地表変状の分布。基図は、国土地理院発行の都市圏活断層図(池田ほか, 2001)。

1) 産総研 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門

SHIRAHAMA, Y., MORI, H., MARUYAMA, T. and YOSHIMI, M. (2016) 2016 Kumamoto Earthquakes: report 3.

地表地震断層と判断した地点の写真

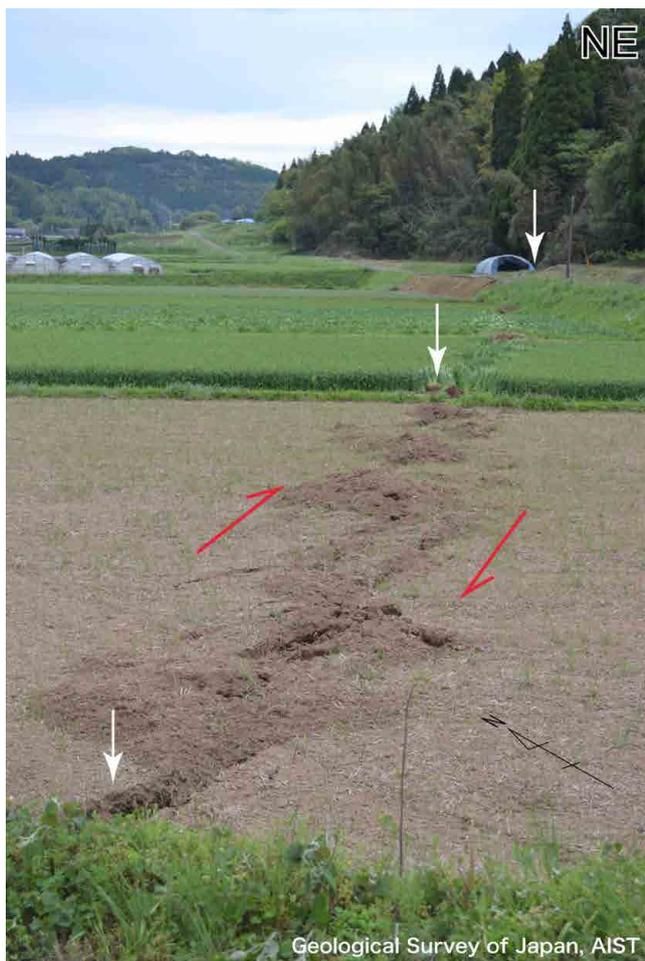


写真1 堂園集落の田畑に見られる右横ずれ変位とずれによって生じたモルトラック。写真は北東方向に向かって撮影。断層は青いビニールハウスの右を通り、山中へ続く。白矢印は断層位置、赤矢印は変位センスを表す。(2016年4月16日撮影)

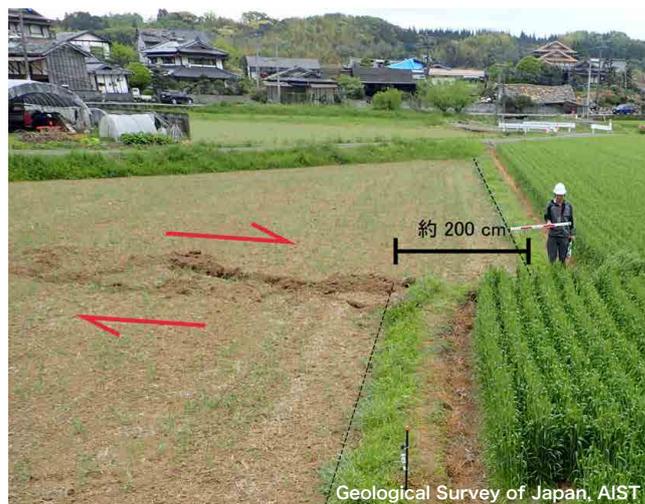


写真2 堂園集落の田畑に見られる右横ずれ変位。写真は北西方向に向かって撮影。畦道を基準にした時の右横ずれ変位量は約200 cm。(2016年4月16日撮影)



写真3 上陳集落の舗装道路に見られる短縮変形。写真は南東方向に向かって撮影。上下変位量は約40 cm。断層はN70E方向に続く。(2016年4月16日撮影)



写真4 下陳集落西方に見られる右横ずれ変位とモルトラック。写真は北東方向に向かって撮影。右横ずれ変位量は約100 cm, 上下変位量は約20 cm。(2016年4月16日撮影)



写真5 三竹集落の畑に見られる縦ずれ変位。写真は北東方向に向かって撮影。上下変位量は約35 cm。奥に見える交差点付近にも同様の変位が連続。(2016年4月16日撮影)

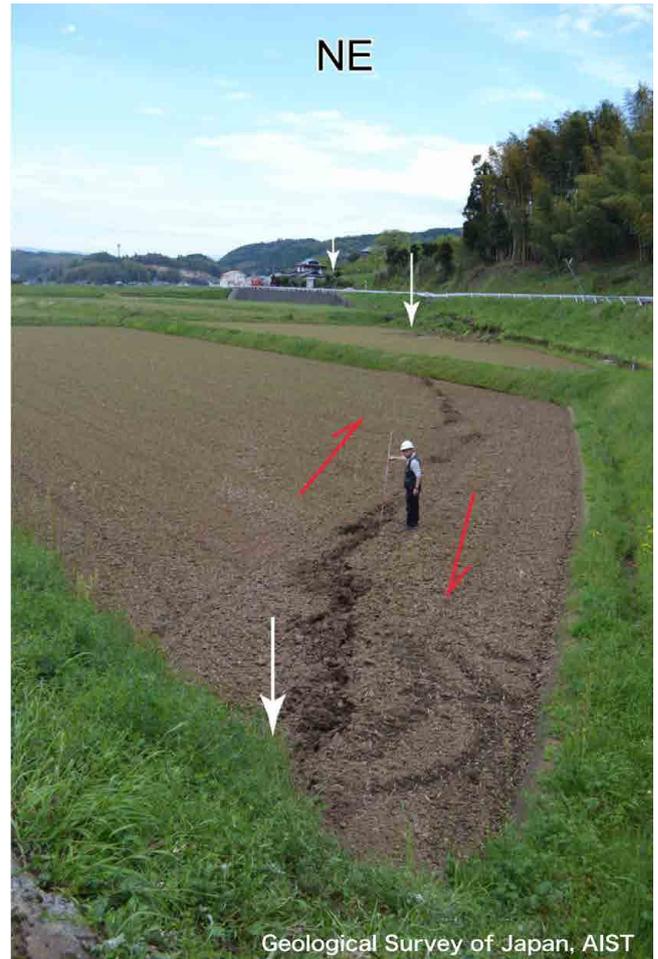


写真7 三竹集落南西の水田に見られる右横ずれ変位。写真は北東方向に向かって撮影。断層はガードレールの歪み部分から道路を通り、奥の人家の右を通過して、写真5へと連続する。(2016年4月16日撮影)

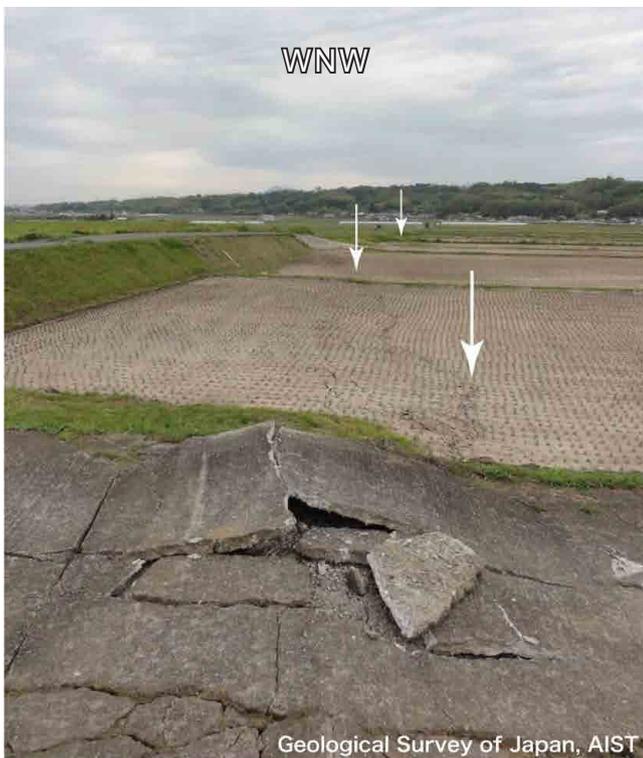


写真6 下陳集落西方に見られるN70W走向の左横ずれ成分をとまなう水田の撓曲変形。写真は西北西方向に向かって撮影。上下変位量は約15～20 cm，左横ずれ変位量は約20 cm。(2016年4月16日撮影)



写真8 赤井集落「益城町町民いこいの家」駐車場に見られる右横ずれ変位。写真は北西方向に向かって撮影。右横ずれ変位量は約40～50 cm。(2016年4月16日撮影)

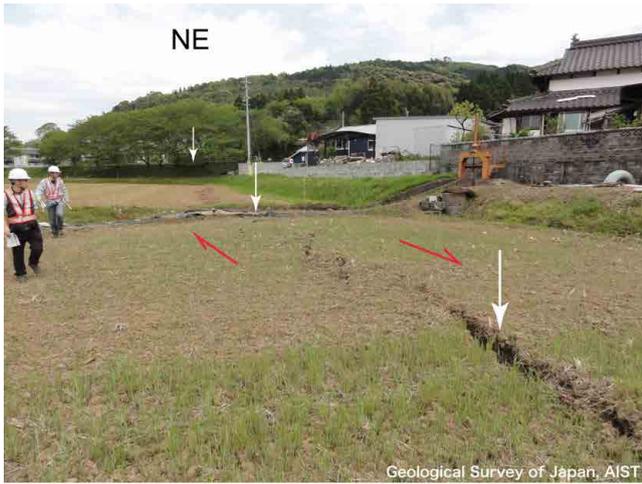


写真9 砥川集落西側の水田に見られる右横ずれ変位とモルトトラック。写真は北東方向に向かって撮影。(2016年4月16日撮影)



写真12 土山集落西方の舗装道路に見られる右横ずれ変位。写真は西方向に向かって撮影。(2016年4月16日撮影)



写真10 砥川集落西側の水田に見られる右横ずれ変位。写真は南南東に向かって撮影。耕作跡を基準にした時の右横ずれ変位量は約50 cm。(2016年4月16日撮影)



写真13 高木集落の水田に見られる右横ずれ変位。写真は南向方向に向かって撮影。右横ずれ変位量は約50 cm。(2016年4月17日撮影)



写真11 飯野小学校南の国道443号線に見られる縦ずれ変位。写真は西南西方向に向かって撮影。上下変位量は約15 cm。(2016年4月16日撮影)



←写真 14 上高野集落の舗装道路に見られる右横ずれ変位。写真は東方向に向かって撮影。側溝を基準とした時の右横ずれ変位量は約 50 cm。(2016 年 4 月 17 日撮影)

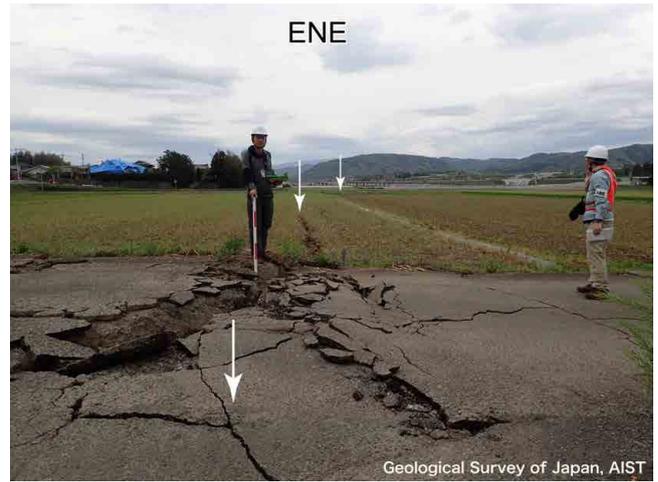


写真 15 櫛島集落南縁沿いの舗装道路に見られる上下変位をともなう開口亀裂。写真は東北東方向に向かって撮影。上下変位量はおよそ 10 cm。亀裂は北東南西方向の田畑に断続的に分布。(2016 年 4 月 16 日撮影)



写真 16 櫛島集落南方の地形的高まりと水田との境界に生じた南上がりの開口亀裂と南側の撓み上がりによって生じた柵の変形。写真は西南西方向に向かって撮影。上下変位量はおよそ 20 cm かそれ以上。地形境界にそって南上がりの撓みと開口亀裂が連続的に見られる。白矢印は撓みの形状を表す。(2016 年 4 月 17 日撮影)

参考資料

池田安隆・千田 昇・中田 高・金田平太郎・田力正好・高沢信司：都市圏活断層図 [熊本]，国土地理院技術資料 D.1-No.368, (2001)

平成 28 年 (2016 年) 熊本地震及び関連情報

熊本地震による地下水資源への影響について [2016 年 4 月 26 日]

町田 功¹⁾・小野昌彦¹⁾・丸井敦尚¹⁾

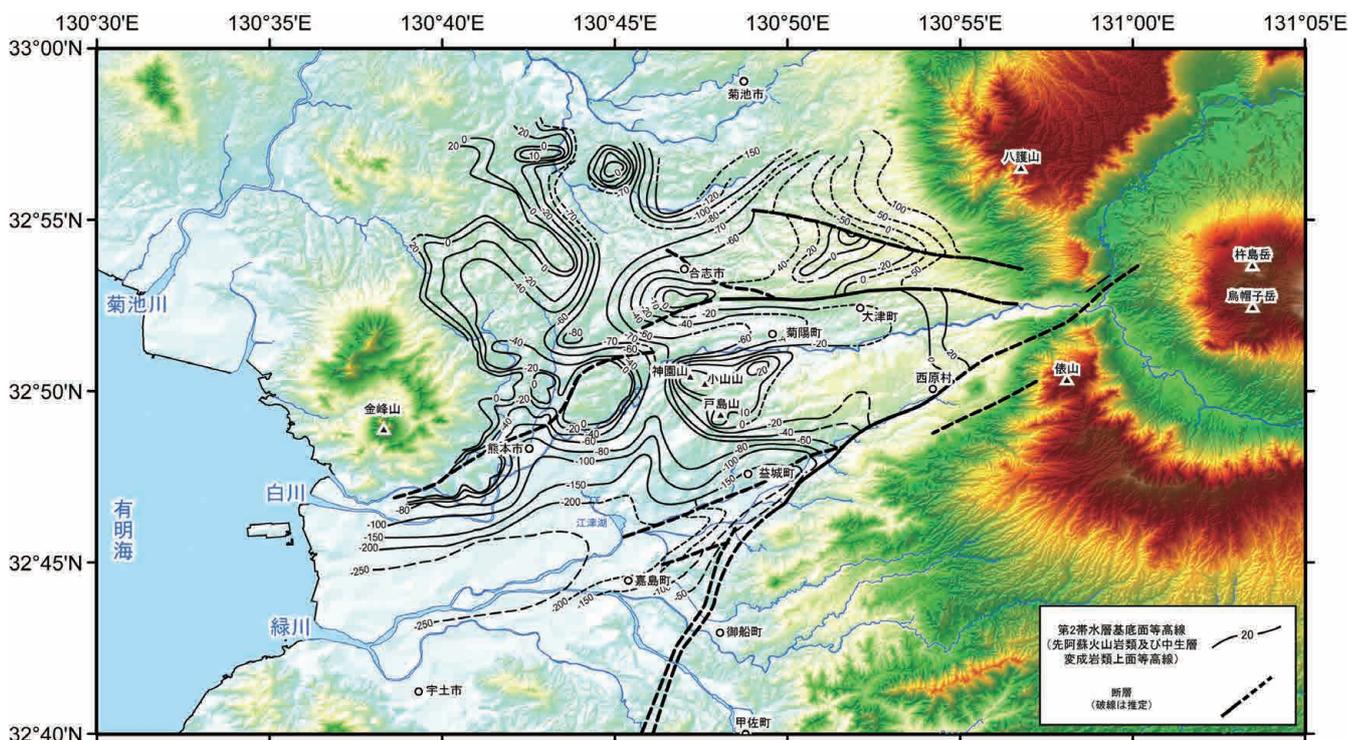
<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/kumamoto20160426.html> より転載

熊本市やその周辺の市町村の地下には、第 1 帯水層 (浅層) と、第 2 帯水層 (深層) という主に 2 つの帯水層が存在します。例えば江津湖周辺では、第 1 帯水層の基底面は標高 -20m 付近、第 2 帯水層の基底面は -200m 付近 (第 1 図参照) にあります。そのうち、地下水資源として重要なのは第 2 帯水層の地下水です。

従来の研究により、第 2 帯水層の地下水の主な涵養域 (地表から水が浸透して第 2 帯水層に入っていく地域) は白川中流域であることがわかっています (第 2 図の“涵養域”と描かれている領域)。第 2 帯水層内の地下水位の分布図によると、涵養域である白川中流域から概ね南西に向

かう地下水の流れが生じていることがわかります (第 2 図の矢印)。地表まで到達している断層は熊本市街地の南に位置していますので、熊本地域全体の地下水資源に劇的な変化が生じるとは考えにくい状況です。ただし、地震による地殻の伸縮や強い地震動によって、一時的な地下水位の変化や地下水の濁りが観測されることもあり、今後も注意深い観測が必要です。

なお、図は水文環境図 No.7「熊本地域」(2014) に収録されており、原図は熊本県・熊本市 (1995) より引用しています。

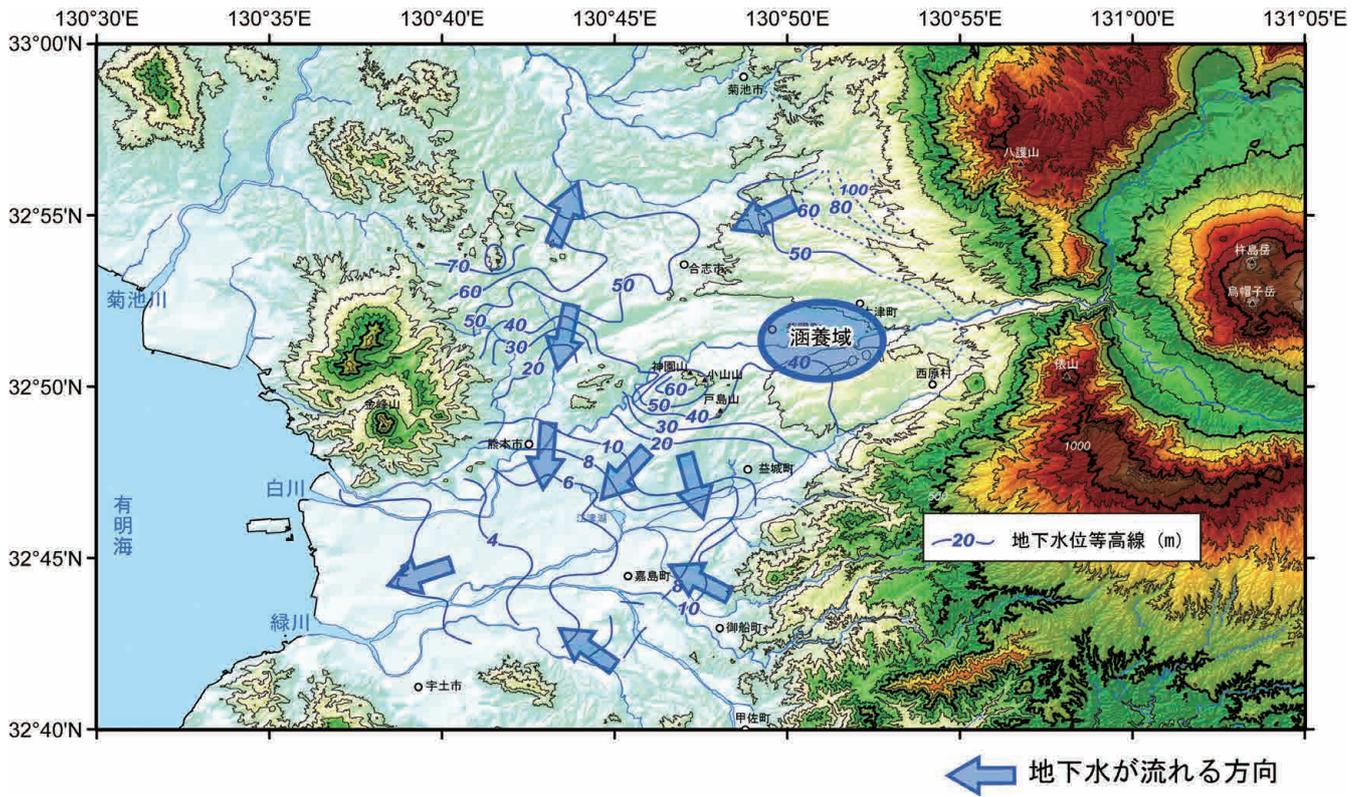


第 1 図 第 2 帯水層の基底面分布図。

地下水資源を胚胎している帯水層 (地下水の容れものとなる地質) の下面深度です。帯水層の深度は場所によって大きく異なります。断層の位置は熊本県・熊本市 (1995) によります。

1) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

MACHIDA, I., ONO, M. and MARUI, A. (2016) 2016 Kumamoto Earthquakes: related information.



第2図 第2帯水層の地下水位等高線図。
 帯水層内の地下水の水位分布（水圧分布のイメージ）です。
 地下水は等高線に直交する方向に、水位の高いほうから低いほうへと流れます。

関連情報

産総研・地質調査総合センターでは、地質図及び阿蘇火山中岳の2014年からの一連の噴火に関して、以下の関連情報を公開しています。

九州地域の活断層と震央分布（地質図 Navi） (https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=32.92678&lon=131.08112&z=10&basemap=Google_Terrain&layers=&ol=activeFaults,GsjKumamotoQuake)

阿蘇火山地質図（日本の火山データベース） (https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/aso/index.html)

阿蘇火山地質図（凡例のみ） (https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/aso/map/legend04.html)

衛星画像：2016年4月20日（11:08:16撮影ASTER画像を地質図 Navi に追加） (https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=32.97172&lon=130.90328&z=10&basemap=Google_Terrain&layers=&ol=eqKumamoto_ASTER-VA)

地質図（地質図 Navi）：20万分の1地質図幅「熊本」「八代及び野母崎の一部」 (https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=32.70895&lon=130.76165&z=13&layers=1044,1172,seamless_geo_detailed)

20万分の1日本シームレス地質図詳細版全国統一凡例 (https://gbank.gsj.jp/seamless/legend_shosai.html)

20万分の1地質図幅「熊本」 (https://www.gsj.jp/data/200KGM/JPG/GSJ_MAP_G200_NI5211_2004_200dpi.jpg)

20万分の1地質図幅「八代及び野母崎の一部」 (https://www.gsj.jp/data/200KGM/JPG/GSJ_MAP_G200_NI5212_2010_200dpi.jpg)

20万分の1地質図幅「大分」 (https://www.gsj.jp/data/200KGM/JPG/GSJ_MAP_G200_NI5205_2015_200dpi.jpg)

阿蘇火山中岳の噴火情報（火山研究情報） (<https://www.gsj.jp/hazards/volcano/asokazan2014/>)

阿蘇山（日本の火山データベース） (https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/volcano_data/J33.html)

火山地質図 No. 4「阿蘇火山地質図」（地質図カタログ） (<https://www.gsj.jp/Map/JP/volcano.html>)

火山地質図 No. 4「阿蘇火山地質図」（地質図 Navi） (https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php?lat=32.89509&lon=131.04321&z=12&layers=820,seamless_geo_detailed)

平成24年7月九州北部豪雨による熊本県、阿蘇カルデラ北東部で発生した斜面崩壊の地質学的背景 (<https://www.gsj.jp/hazards/landslide/120712aso.html>)

※いずれの URL も 2016年5月11日確認

2015年ネパール・ゴルカ地震による 歴史的建造物の被災状況

プラダン・オム¹⁾・加藤碩一²⁾

a 地震前 b 地震の約3カ月後(7月) c 地震の約半年後(11月)の撮影.



第1図 カトマンズ・ダルバル広場
シヴァ寺院 Maju Deval

第2図 カトマンズ・ダルバル広場
シヴァ・パールヴァティー (Shiva Parvati) 寺院

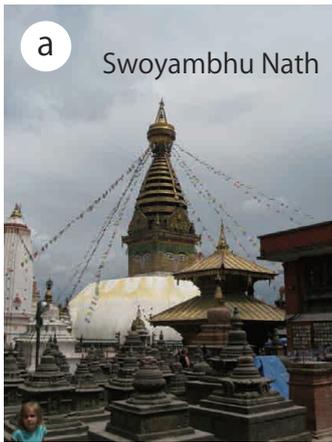
1) 応用地質株式会社 2) 産総研 名誉リサーチャー



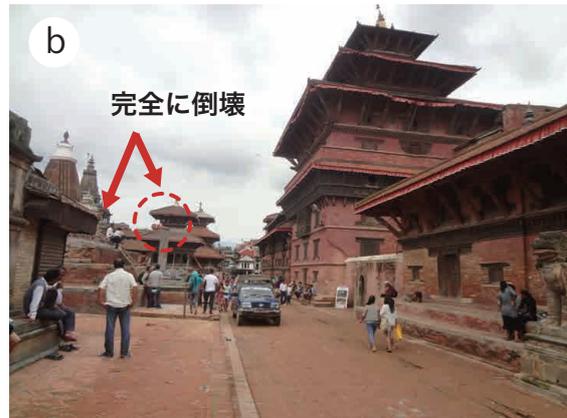
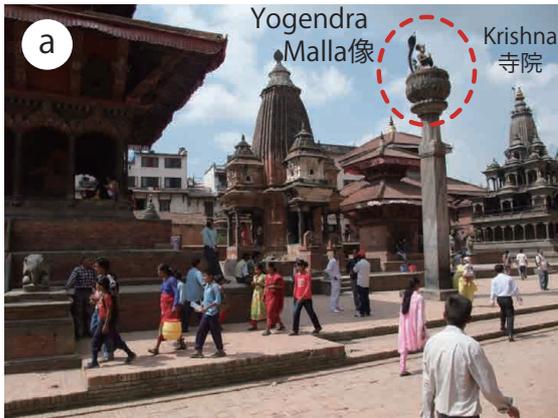
第3図 カトマンズ・ダルバール広場
バサンプル (Basantapur) ・ダルバール



第4図 カトマンズ・ビムセンタワー (Bhimsen Tower or Dharahara Tower)



第5図 カトマンズ・スワヤンブナート (Swoyambhu nath) 寺院



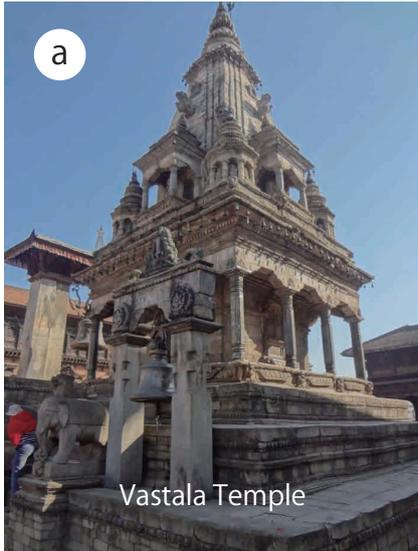
第6図 パタン・ダルバル広場



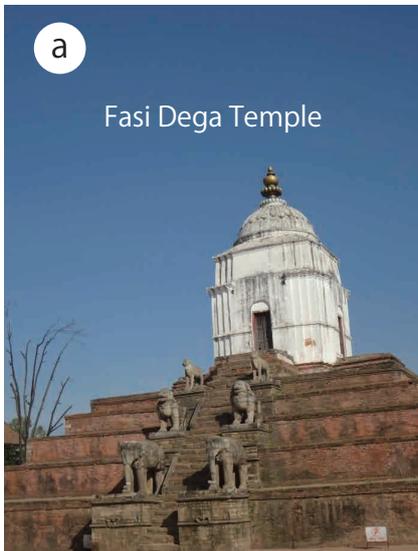
第7図 パタン・ダルバル広場 ハリ・シャンカール (Hari Shankar) 寺院



第8図 バクタプル・ダルバル広場 55窓の宮殿



第9図 バクタプル・ダルバル広場 ヴァスタル・ドゥルガ (Vastala Durga) 寺院



第10図 バクタプル・ダルバル広場 ファシ・デガ (Fasi Dega) 寺院



第11図 ニャタポラ (Nyatapola) 寺院 (左) とバイラヴナート (Bhairavnath) 寺院 (右)

*写真の説明は、本号の加藤・プラダン「ネパールのジオ・地震警見」を参照されたい。

PRADHAN Om and KATO Hirokazu(2016) Damaged historical monuments in Nepal caused by 2015 Nepal-Gorkha earthquake.

ネパールのジオ・地震警見

加藤碩一¹⁾・プラダン・オム²⁾

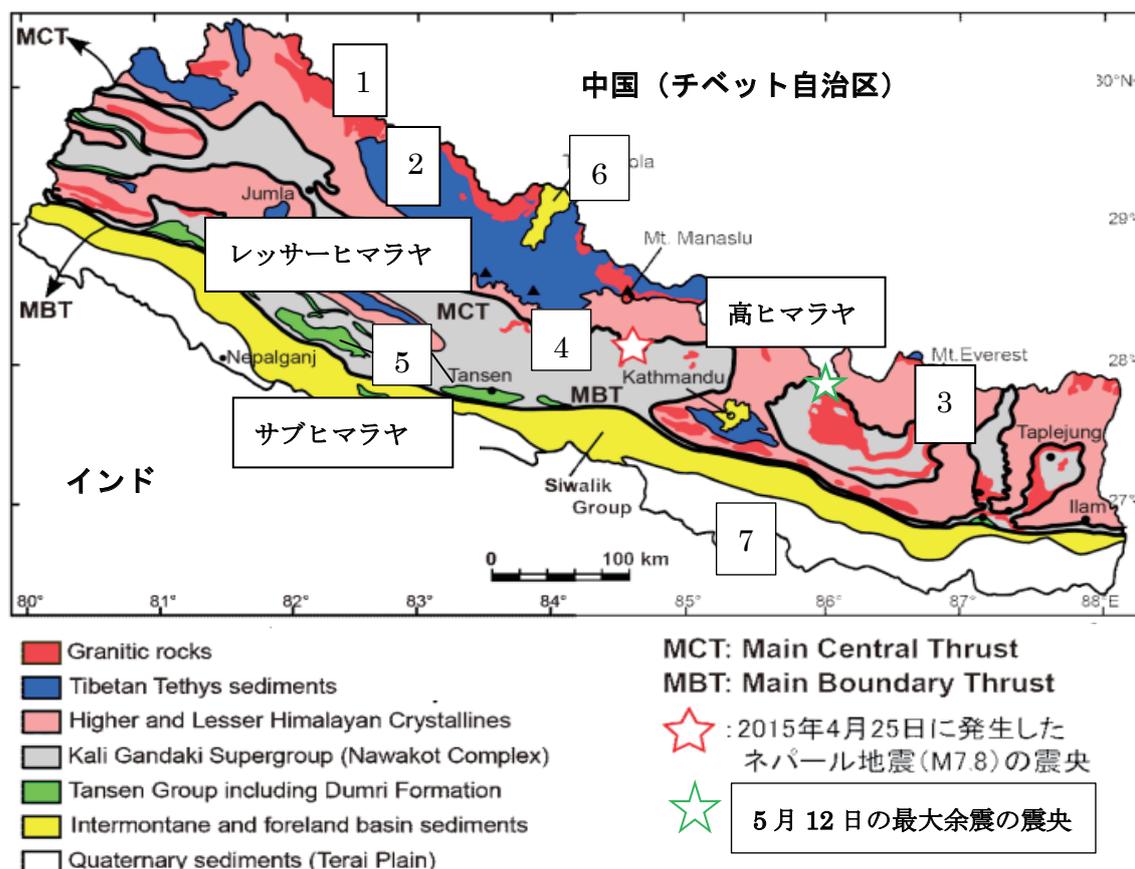
1. まえがき

2015年4月25日にネパールの首都カトマンズ北西方のゴルカ(Gorkha)付近で、震源の深さ約15 km, Mw 7.8の地震(第1図左星印)が生じ、ネパール・ゴルカ地震と称される。さらに同年5月12日には、カトマンズ東方(本震の震源域東端付近)でMw 7.3の最大余震(第1図右星印)が発生し、多くの人的・物的被害が生じ、今、なお復旧の途上にある。これを契機として筆者らは応用地質株式会社の計らいで関係者らと現地調査を実施し、当該地の地形地質や被災・復旧状況やネパール側の地質調査機関について警見する機会を得た。詳細な報告は別途投稿中(早川ほか、

2016)であるが、それとなるべく重複を避け、視点を変えてここでさらに紹介する次第である(本号口絵参照)。

2. ネパールの地形・地質・テクトニクス

ネパールは、地形と地質・テクトニクスが密接に関連する。すなわち北側のヒマラヤ山脈は、インド亜大陸とチベット高原を隔て、緩やかに南方に凸な弧を描いて平走する3つの山脈、すなわち南から北へ、サブヒマラヤ・レッサーヒマラヤ・高ヒマラヤに区分される。それらの境界は、いずれも北側上がりのスラスト(MCT・MBT)が画している(第1図)。



第1図 ネパールの地質略図(酒井, 2015に加筆)。

1:花崗岩類, 2:チベット・テーチス堆積岩類, 3:高ヒマラヤ及びレッサー・ヒマラヤの結晶片岩類, 4:カリ・ガンダキ超グループ(ナワコット・コンプレックス), 5:タンセングループ(含ダウンリ層), 6:山間盆地及び前縁盆地堆積物, 7:第四紀堆積物(テライ平原)。

1) 産総研 名誉リサーチャー
2) 応用地質株式会社

キーワード: ネパール・ゴルカ地震, 高ヒマラヤ, レッサーヒマラヤ, サブヒマラヤ, シワリク, 地震被害

2.1 テライ平原

ヒマラヤ地域の隆起に起因する第四紀更新世以降の厚い未固結河成堆積物からなる。さらに南方のインド側ではガンジス (Indo-Gangetic) 平野に連なる。Main Frontal Thrust (MFT, 主前縁スラスト) が、本平野北縁を画し、次項のサブヒマラヤとの境界をなしている。

2.2 サブヒマラヤ Sub Himalayas・前(外)ヒマラヤ(シワリク山地 Siwalik Range)

標高 900 m 前後 (~ 1,200 m) をなす。新第三紀中期中新世・鮮新世ないしそれ以降 (第四紀更新世初期) のヒマラヤ山脈の急激な隆起に伴って、その前縁盆地に流出したいわゆるモラッセ堆積物 (シワリク層：陸成の動植物化石を多産。第 2, 3 図) を主とし (一部異地性岩塊を含む)、積算層厚は 6,000 m 以上に達する。北縁で主境界スラスト (Main Boundary Thrust : MBT) によって、次項のより古いレッサーヒマラヤと境される (第 1 図)。



第 2 図 南にシワリク山地を望む。



第 3 図 シワリク層の河成礫・砂。

2.3 レッサーヒマラヤ Lesser Himalayas・低ヒマラヤ Lower Himalaya

高ヒマラヤの南前縁をなす標高 2,000 ~ 5,000 m の北西-南東性の山地 (第 4 図) で、南縁を MBT によって、北縁を主中央スラスト (Main Central Thrust, MCT) で境され (第 1 図)、主に変成・変形を受けた堆積岩類 (メタ堆積岩類) や結晶質岩類からなる。緩傾斜面では、棚田が各地にみられる (第 5 図)。レッサーヒマラヤ南部の標高 1,000 ~ 2,500 m の山地はマハーバーラト山地 (Mahabharat Lekh (Range), ML) と称され、100 万年前以降隆起が著しく、現在でも年 1 ~ 2 mm 上昇しているといわれる。カトマンズ盆地は、本地帯で ML の北側に位置する山間盆地で、その形成には ML の隆起が密接に関連している。(Stöcklin, 1980 ; Sakai *et al.*, 2006)。



第 4 図 レッサーヒマラヤから北方の高ヒマラヤ遠望 (カトマンズ西方より)。



第 5 図 レッサーヒマラヤ地域で良く見られる棚田。

(1) レッサーヒマラヤ・メタ堆積岩類 Lesser Himalayan

Metasediments : 下位から Kuncha Group (主に先カンブリア界の厚く単調なフリッシュ様岩相で、塩基性岩が併入している), Nawakot Group (先カンブリア界~下部古生界の一部逆転した浅海性堆積岩類(第6図)で、塩基性岩が併入している), 及び Tansen Group (二畳・石炭系~新第三系中新統の碎屑岩類を主とする)と重なる。

(2) レッサーヒマラヤ結晶質岩類 Lesser Himalayan

Crystallines : カトマンズナップを構成し、下位の Bhimphedi Group (主として先カンブリア界の堆積岩起源の変成岩(緑色片岩)で、部分的にミグマタイト化・片麻岩化している。花崗岩が貫入)を Phulchauki (Phulchoki) Group (上部は、前~中期古生代の石灰質岩を主とし、下部は、碎屑岩やそれらがわずかに変成した岩石)が不整合に覆う(古生代火成岩類については割愛)。

2.4 高ヒマラヤ Higher Himalayas

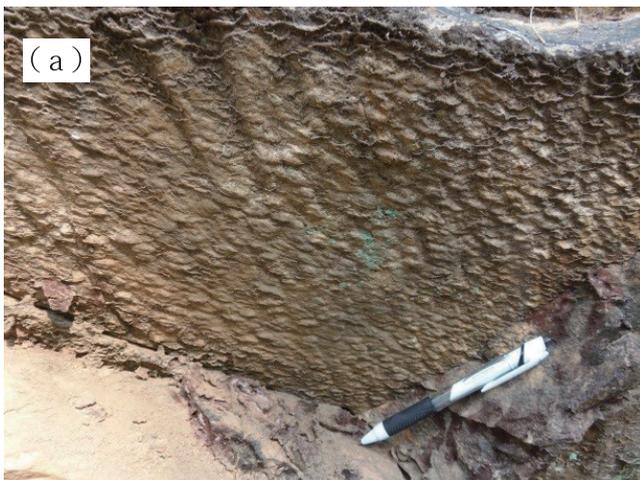
大ヒマラヤ (Great Himalayas) とも称され、エベレスト (8,844 m) を始め多数の 6,000 m 以上のピークを有し、最も形成年代が古い。北縁は、南チベット・ディタッチメント (South Tibetan Detachment, STD) で画され、地下深部とその北方にはテチス堆積物からなるテチス帯が分布する。

(1) チベット・テチス堆積岩類 Tibetan Tethys Sediments/ Tibetan sedimentary Zone

: 化石に富んだ上部カンブリア系~二畳系の堆積岩類と主に浅い中生代陸成堆積岩類を主とするが、後者にはアンモナイトや矢石(ベレムナイト)を豊富に産出するジュラ紀石灰岩が挟まれる。

(2) 高ヒマラヤ結晶質岩 Higher Himalayan Crystallines

: 先カンブリア紀基盤をなす高度変成岩で、片麻岩・ミグマタイト・硅岩・結晶質石灰岩などを含む(第7, 8図)。



第6図 Nawakot Groupの砂岩層に見られる2種の堆積構造(a) (b)。



第7図 石英脈の発達する高ヒマラヤ結晶質岩。



第8図 結晶質岩は片理や節理の発達が著しく、岩塊としては脆弱で、第6図横の川沿い道路脇では地震による崩壊が見られる。

2.5 ヒマラヤ地域のテクトニクス

ヒマラヤ山脈は、後期白亜紀(約 7,000 万年前)に北上を開始した IAP(インド・オーストラリア・プレート)と北側に位置していた EUP(ユーラシア・プレート)間の大規模プレート同士の衝突により生じた。古第三紀始新世(約 5,000 万年前)になると、海底の堆積層が褶曲隆起し、また周縁部で火山活動が活発化していき、インド亜大陸とユーラシア大陸の間にあったテチス海を完全に閉鎖した。相対的に比重が軽かった堆積岩類は、海洋プレート下には沈まずに隆起しヒマラヤ山脈を形成した。現在でも IAP は北上し、隆起上昇が継続して地震の多発地帯となっている。

ヒマラヤ各帯を画する、ないしその内部を細分する上述の西北西-東南東性のスラスト群(MFT, MBT, MCT)は、地下深部に行くにつれてさらに傾斜を減ずるリストラクチャー断層の性質をもち、大部分が MFT に収められていくと推定されている(例えば、酒井, 2015 参照)。

3. カトマンズ地域の地形・地質

3.1 カトマンズ地域の地形

レッサ-ヒマラヤ内に位置するカトマンズ盆地(峡谷)は、東西約 30 km, 南北約 25 km, 平均標高 1,340 m で、南北縁を東西性の活断層で画された第四紀構造盆地であ

る。本盆地は、地形的には南を ML で境され、北はシバプリ山地(Shivapuri Lekh)で高ヒマラヤから隔てられている。盆地周辺から流入する支流は、盆地中央でバグマティ(Bagmati)川に合流し、谷の南縁の最低高度(標高約 1,200 m)の地点で ML を切って、ガンジス平野に南流する。シバプリ山地南山麓では、顕著な沖積扇状地と湖成段丘が発達し、ML 北斜面では、幾つかの沖積扇状地性段丘が分布する。盆地内では、古い順に大きくゴカルナ段丘・ティミ段丘・パタン段丘に区分されるが、高位段丘は、盆地南縁の一部に発達するのみで、これは ML の隆起に関連すると解されている。(Yoshida and Igarashi, 1984)。

3.2 カトマンズ地域の地質・地形・テクトニクス

カトマンズ盆地(峡谷)及び周辺の基盤岩類:カトマンズ盆地は、前述のカトマンズ・コンプレックスに属する変成岩ナップとその上位に載るテチス堆積岩類から構成されるカトマンズ・ナップ上に位置する。両グループの全層厚は、13 km に達する。カトマンズ峡谷の北斜面は、主に片麻岩・片岩質花崗岩からなるが、他の斜面や峡谷中央部では弱変成を受けた Phulchauki Group からなる。Bhimphedi Group と花崗岩体は、カトマンズ峡谷の分水界の外側で南方に露出する。

カトマンズ盆地(峡谷)内の被覆層(鮮新統~第四系):盆地底の基盤を不整合で覆って以下の第四系(一部鮮新統)



第 9 図 カトマンズ盆地中央部の市街地(カトマンズ中心部の西約 3 km に位置する丘の上に建てられたスワヤンブナート Swayambhunath 寺院より東を望む)。

が分布する。従来、研究者によって区分が異なることが多く、また盆地南北部で対比が必ずしも明確でないが、ここでは、主に最近の記述に依拠する。なお、カトマンズ市中央部におけるボーリングデータでは、約 550 m 地下で基盤岩に達している（酒井ほか，2000；Sakai *et al.*, 2012）。なお、以下現地語の発音が不明確な場合は、英字表現を優先し、補助的にカナ表記を付す。

(1) **Terebhir 層**：主に盆地南部に分布し、基盤上に不整合で載る最下位のいわゆる基底礫岩であるが、対比には課題が残る（Dongol, 1987；Shrestha *et al.*, 1998；Yoshida and Igarashi, 1984；Yoshida and Gautam, 1988；Sakai *et al.*, 2001；Sakai, 2001）。

(2) **Lukundol 層**：従来鮮新世とされてきたが（例えば、Yoshida and Igarashi, 1984），最近の鮮新世～更新世境界の見直し（2.58 Ma）を考慮するとほとんどが前期更新世に相当する可能性が高い。基底礫の上に河成～湖成の褐鉄鉱層（一部指交）、弱固結の粘土・シルトからなり、全体的に同時異相を呈する。中部の主体をなす有機物に富む黒色粘土質堆積物は Kalimati clay（後述）とも称され、盆地中央下で厚くなる。

(3) **Itaiti 層**：盆地北部では、Lukundol 層の上位に位置し、両層の境界年代は約 0.97 Ma（Sakai *et al.*, 2006）とされている。盆地南部では、細かい有律砂泥互層をなす Sunakothi 層（Kalimati 層の上位）の上位に部分的に浸食境界をもって重なる。また、盆地内での対比も不明確で（オンラップ・指交関係）、段丘面（堆積物）とその給源である地層との関係も不明確である。

(4) **Thimi 層**：主に盆地北縁部に分布し、Itaiti 層中部に対比される。後期更新世（4～5 万年以上前）の湖成～氾濫原上の河成堆積物である（名取ほか，1980）。カトマンズの東南東約 9 km のティミ地域の採砂場の露頭（第 10 図）では、水平に近い層状シルトや砂層の繰り返しからなり、全般に中新世の白雲母花崗岩由来と思われる白雲母片を多量に含む。砂層中には、各種のラミナの発達ที่著しい部分があり、露頭上部には 40 cm 厚の黒色粘土層を 2 枚挟む。

(5) **Kalimati 層**：盆地中央底では、ゴカルナ（Gokarna）層・ティミ層・パタン（Patan）層（後述）と指交する厚さ 200 m 以上に達する有機質に富んだ黒色の湖成粘土質堆積物を呈するカリマティ（Kalimati, 注：ネパール語で Kali は「黒」、Mati は「粘土」を意味する）層が伏在する（Yoshida and Igarashi, 1984；Katel *et al.*, 1996；Sakai *et al.*, 2006, 2008）。また、盆地南部ではバグマティ川のやや離れた両岸域などに分布する。峡谷における天然ガスの発生は、地表下の粘土質堆積物が豊富な有機質を含むこ



第 10 図 ティミ層のシルト・砂層。



第 11 図 パタン層の無層理シルト。

とを示唆する（名取ほか，1980）。

(6) 段丘堆積物：

盆地南縁：高位段丘堆積物は、上位に厚さ 5 m 以上に達する風化赤色土を載せており、当該地域の隆起に起因する最古の段丘であることを示唆している。ルクンドル（Lukundol）層及び基盤岩類を不整合に覆い、下位にはシルトや砂の薄層を挟在するが、主に pebble-cobble 大の基盤岩由来の河成亜円礫からなる。

盆地北縁：カトマンズ盆地グループ最上部は、ゴカルナ層（河成～湖成のラミナの発達したアルコーズ砂・シルト・粘土・ピートを主とし、厚さ 60 m 以上で 2 枚の厚い泥層を挟む。後期更新世後期 50～40 ka 程度）・ティミ層（河成～湖成のアルコーズ砂・シルト・粘土・ピート・礫。部分的に小規模なクロスラミナやコンボリュート層が発達。厚さ 40 m 以上）・トクハ（Tokha）層（およそ 30 m 厚、23～14 ka）・パタン層（河成～湖成のラミナの発達したアル

コース砂・シルト・粘土・ピート。30 m 以上。第 11 図)からなり、ほぼ水平に分布する。ティミ層は、ゴカルナ層下半部にオンラップし、¹⁴C 年代値で 35 ~ 24 ka 程度を示唆する。パタン層は、ティミ層下半部にオンラップし 17 ~ 10 ka で、後期更新世最後期 (~ 完新世最初期)である (Sakai *et al.*, 2012)。

(7) 盆地充填堆積物: カトマンズ峡谷は、カトマンズ盆地グループ (Kathmandu Basin Group; Sakai, 2001) と総称される第四紀更新世後期の、側方変化の著しい層厚 600 m 以上 (~ 650 m +) (Moribayashi and Maruo, 1980) の泥~砂質の盆地充填堆積物 (下部: 網状河川堆積物, 中部: 泥質の湖成堆積物, 上部: 湖成デルタと河川の堆積物) が分布する。Sakai *et al.* (2006) によれば ML が更新世中期 (約 1 Ma) に隆起を開始し、北麓を流下した土石流堆積物や扇状地堆積物が古パグマティ川をせき止めた結果、古カトマンズ湖が誕生したという。

3.3 カトマンズ盆地及び周辺のネオテクトニクス

おおまかに複向斜をなす基盤 (カトマンズ・コンプレックス) に沿って発達すると推定される盆地底の西北西-東南東性の断層群は、カトマンズ盆地 (の形成や第四紀のテクトニクス) を構造規制しているといわれる。即ち、盆地北縁で更新世層を切る活断層である Kalphu 断層 (Kalphu-Dhan Khola 断層と同一) と盆地南縁を画す活断層である Chandragiri 断層 (Chandragiri Thrust Fault や Kathmandu south fault と同一) である。後者は、盆地南方の ML 構成層がカトマンズ盆地の第四紀堆積物に衝上するスラストで、他の併走するスラスト群と傾斜を異にし (南傾斜)、それらとアンティセティックな位置にある。したがってこれによって、ML は北方のシバプuri山地 (順序外衝上断層 (out-of-sequence スラスト) の上盤が断層折れ曲がり褶曲によって形成されたランプ (ramp) 上にあると解釈されている) と同様にポップアップ pop up とみなされる。さらに両者間に位置する沈降域であるカトマンズ盆地は piggy-back 盆地とみなされている (Sakai *et al.*, 2012)。なお、Chandragiri 断層の平均変位速度は 1 mm/yr と推定されており (Saijo *et al.*, 1995; Yagi *et al.*, 2000)、極めて活発であるといえる。

4. 鉱山・地質局 (Department of Mines and Geology, DMG)

DMG は、各国の地質調査所に相当する政府機関で、ネパール国内の地球科学的研究や鉱物資源探査を担当する。1926 年に「灌漑・地質事務所 (Office of Irrigation and

Geology)」として発足し、1942 年に分割され「鉱山事務所 (Office of Mines)」となった。さらに、1961 年に「鉱山局 (Bureau of Mines)」となり業務を拡張した。1962 年に「ネパール地質調査所 (Nepal Geological Survey, NGS)」が独立した研究所として新設された。1976 年に両者が合併して、工業・通商・供給省 (Ministry of Industry, Commerce and Supplies) 傘下の「Department of Mines and Geology」となり、現在に至っている (現工業省 Ministry of Industry)。スタッフは、346 人で、そのうち 268 人が研究・技術スタッフである。ちなみにカウンターパートとして対応してくれたのが、副局長格で地球科学部長を兼ねる Dr.Soma Nath Sapkota であった。

組織は、地球科学部 (Geoscience Division)、鉱物資源部 (Mineral Resources Division)、技術・行政サービス部 (Technical and Administration Services Division) からなる。また、地震センター (National Seismological Centre, NSC) を持ち、石油探査振興計画 (Petroleum Exploration Promotion Project, PEPP) を重点的に実施している。

地球科学部は、地質図幅課 (Geological Mapping Section, GMS)、応用地質課 (Engineering Geological Section)、環境・都市地質課 (Environmental and Urban Geology Section)、リモート・センシング課 (Remote Sensing Section)、岩石・鉱物課 (Petrology and Mineralogy Section)、地質技術実験課 (Geo-Technical Lab Section) からなる (この他、「調査・企画課 Survey and Planning Section」)。次に幾つかのトピックを紹介する。

地質図幅課: ネパールの地質図幅作成、ネパール・ヒマラヤの地球科学的調査・地質情報の出版公表を実施している。ネパール人地質家による地質図幅調査は、1960 年代後期の NGS の時代に開始され、その後 DMG に継承されている。最初は主に中央部 (レッサーヒマラヤ地域) と Churia range の広域地質図 (縮尺: 1" = 1 mile) が 1967 ~ 1980 年に作製された。第二段階として、1980 ~ 1985 年に編図が作成され、レッサーヒマラヤやシワリク地域の層序構造が明らかにされた。その後、1:250,000 地質図 (Geological Map of Kathmandu & Central Mahabharat Range, 1980; Geological Map of Central Western Nepal, 1983; Geological Map of Eastern Nepal, 1984; Geological Map of Central Nepal, 1985; Geological Map of Mid Western Nepal, 1988) が刊行された。また、全ネパールをカバーする 1:1,000,000 地質図 (1980, 1993, 1994, 1996) が出版された。高ヒマラヤ、ネパール東及び西縁地域の図幅作成が、1985 ~ 1990 年に実施された。同様に高所域のチベット・テーチス堆積盆の予察的調査が、

1990～1992年に行われた。また、Mineral Exploration Development Board (MEDB) / DMG によって中央西部ネパールの1:50,000地質図幅の刊行が始まった(Geological Map of part of Tanahun, Gorkha & Nawalparasi Districts, 1997ほか)。その他、Geotectonic Division & Mineral Deposits of Nepal (1:200,000, 1980), Photogeological Map of a part of Central Nepal (1:100,000, 1982), Mineral Resources Map of Nepal (1:1,000,000, 1993)ほかの主題図も刊行されている。

国立地震センター：ネパールの地震観測網(National Seismological Network, NSN)整備は、1978年にカトマンズ盆地南縁のPhulchoki hill topにフランスのthe Laboratory de Geophysique Applique (LGA)の協力により地震観測点が設けられたことに始まる。NSNは、現在 Department Analyse, Surveillance and Environment (DASE)との連携によって21か所の短周期テレサイスミック・ステーションが設置されて全国をカバーし、M2程度以上の地震データを観測している。観測データはカトマンズのNSCとBirendranagar, Surkhetの広域地震センター Regional Seismological Centreに送られデータ処理と解析が行われている。ネパール全土の微小地震の震央マップ(1:1,000,000及び1:2,000,000)が出版されている。また、過去3年にわたって、DASEとアメリカのCalifornia Institute of Technology (CALTECH)の協力によって大陸プレートの運動や地殻変形を知るために全国各地に22か所のGPSステーションが設けられている。

石油探査振興計画：過去30年間、二国・多国間協力によってテライ平原とシワリク山地において計5,000 km²に及ぶ10探査ブロックを設定し、調査が実施されている。先カンブリア紀後期～新第三紀前期中新世の頁岩層を対象としている。これらはTotal Organic Content (TOC)が2～20%である。とくにシワリク山地では豊富な貯留層タイプの岩石を挟み、背斜やスラストによる構造トラップが発達している。また、天然ガスや石油胚胎に適する良好な地質状況が、テライ・シワリク地域下に発達する伏在スラスト～褶曲がトラップとして期待されている。また、西ネパールではMelpani砂岩(上部白亜系～下部中新統)中には固体状の hidrocarbon が満たされている。現在、本プロジェクトのチーフは上述のDr. Sapkotaである。

地質調査所との関わり：カトマンズ地域のひっ迫した燃料事情緩和のため、DMRは水溶性天然ガス鉱床の地質学的・鉱床学的・地球化学的・地球物理学的調査研究を計画し、JICAを通じた要請に応じて、地質調査所から技官4名を1979年5～6月に派遣した(名取ほか, 1980参照)。

5. カトマンズ地区の歴史建造物の被災・復旧状況

国土地理院による人工衛星観測データ解析によると(国土地理院, 2015)、ネパール・ゴルカ地震によって生じた10 cm以上の地表変位が観測された地域は、カトマンズ北方を中心とした東西約160 kmの範囲に達し、特にカトマンズ北方から約30 km東方にかけての領域の地殻変動が顕著で、最大1.2 m以上変位した。最大余震による最大変位は70 cm以上であった。一般に大きな地殻変動が見られる領域は余震分布と調和的であるとされているが、斜面災害・建造物被害の甚大さ分布とは必ずしも一致しない。当然のことであるが、地震動や地殻変位の大きさだけでなくそれらの耐震度との関連性が影響している。

以下に紹介するカトマンズ盆地の歴史建造物(世界遺産を含む)は、耐震性は殆ど考慮されておらず、それらの位置する微地形の違い(小丘上か低地上か等)や軟弱地盤の状況による揺れの差異が大きく影響している印象を受けた(本号口絵参照)。

ダルバール広場(Durbar Square)は、カトマンズ峡谷内の3つの主要都市(古都)カトマンズKathmandu、パタンPatan、バクタプルBhaktapurに各々ある王宮広場(ダルバールは、ネパール語で「宮廷」を意味する)である。今回に限らず過去の地震、例えば、1934年1月15日のネパール東部の高ヒマラヤ山脈域で発生したビハール・ネパール地震(M8.1)によっても甚大な被害(死者・行方不明者1万人以上、カトマンズ盆地では建築物の約20%が破壊)を生じ、多くの歴史的建造物が被災している(当時は、鎖国中で、詳細は不明なことが多い。Himalayan Earthquakes, 1934 Mw 8.1 Bihar / Nepal earthquake 15 January 1934 - アメリカ合衆国の共同研究機関 Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences 内のHP)。筆者らによる今回の地震前、約3か月後(7月)及び約半年後(11月)における代表的な建造物事例を本号口絵とともに以下に紹介する。

5.1 カトマンズのダルバール広場及び周辺地域

カトマンズ市街域は大きく環状道路によって囲まれている。その中の中心街の1つであるタメル地区南に位置するダルバール広場の建造物も大きな被害を受けた。例えば、著名な仏塔(ストゥーパ)で、9段の煉瓦階段の基礎の上に17世紀末に建設された3層階からなるシヴァ寺院Maju Dega(17世紀末のマッラ王朝時にバクタプルの皇太后によって建設)や広場南端に位置する同じく17世紀末に建設された5層階からなるTrailokya Mohanの塔部は

完全に倒壊し、基礎のみ残存している。11月には瓦礫類は大部分撤去されていたが、復興のめどはたっていない(口絵第1図)。

広場北側に位置するシヴァ・パルヴァティ寺院 Shi-Parvati Temple は、18世紀コルカ王朝後期にバハドゥール王によって建設された(パルヴァティ女神は、シヴァ神の妻)。地震で3層の塔は完全に倒壊し、4段の煉瓦基礎(広い一段目は、舞踏のステージとしても用いられた)上に立てられた本殿(一階正面に5つのドアがあり、真ん中のみ開いている。2階の窓からシヴァとパルヴァティの彩色木像が外を眺めている)は、一部損傷を受けて(屋上に取り付けられた黄金色の3つの小尖塔は無事)木柱で応急的に支えられている(口絵第2図)。

バサンプール寺院 Basantapur Temple (バサンプール・ダルバール)は、18世紀中頃に建てられた。広場で最も高い9層のバサンプール塔は、地震で上部2層が倒壊し、修復中である(口絵第3図)。

ダラハラ塔 Dharahara Tower の最初の建造は1832年で、高さ61.88mであった。ネパールの首相ビムセン・タパが建てたため、ビムセン塔 Bhimsen Tower とも呼ばれた。ビハール・ネパール地震で倒壊した後、再建されたが、今回の地震で再び崩壊した(口絵第4図及び本文第12図)。

スワヤンブナート寺院 Swayambhunath Temple は、カトマンズ市街地中心部から西へ約2kmに位置する小丘上に建てられた1世紀に遡るネパール最古の仏教寺院といわれる。猿が棲みついているので猿寺 Monkey Temple とも俗称される。高さ15mの黄金色のストウパの先端か

ら本来なら四方八方へ張られたロープにチベット仏教で用いられる5色の祈祷旗(タルチョ)が結ばれていたが、地震後は張られていなかった。塔本体には外部から目立つ損傷は見えなかったが、近隣のシカラ Shikra 様式の仏塔の1つは全壊した。寺院に登る365段といわれる急な石段はすでに修復されていたが(第14図)、周囲の建造物には地震による崩壊跡が残り、十分に復旧されていない。

5.2 パタンのダルバール広場及び周辺地域

カトマンズ盆地南西部、バグワティ川南岸の段丘上に位置するパタンは、サンスクリット語でラリトプル Lalitpur (美の都)とも呼ばれるネパール第三の都市で、カトマンズ盆地内で最古の都市といわれ、住民のほとんどがネワール族である。町の外側四方にはアショカ王が3世紀に建てたとされる仏塔が配置されている。このダルバール広場は、17～18世紀にかけて建てられたマッラ王朝の遺構である。ネパールの石像中では最もすばらしいと評価されている17～18世紀のマッラ王が祈っている像を乗せた石柱が立っている。ヴィシュワナート寺院と17世紀に建てられた石造りのクリシュナ寺院は、一部応急的に木製の支持棒で支えられているが、外見的には甚大な損傷を受けていないようであるが、仏塔は倒壊した(口絵第6図)。一方、1705年に建造されたハリ・シャンカール寺院(ヴィシュヌとシヴァの両方の神性を持つハリ・シャンカールを祀る)の3層の塔は全壊し、台座部だけが残存している(口絵第7図)。



第12図 ダラハラ塔(左の写真はビハール・ネパール地震前、右の写真はビハール・ネパール地震後に再建された塔の様子)。



第13-1図 カトマンズ市街の約9 km 東に位置するボダナート Boudhanath の15 世紀に再建されたネパール最大のストゥーパ(中央の写真は地震前の状況)は、地震で損傷を受け7月時点では周囲にやぐらを組んで保護していたが、11月には地面に降ろし修復作業をしていた。



第13-2図 地上に降ろされ修復中のストゥーパ最上部の木造部。



第13-3図 崩壊した仏塔の建築材。煉瓦の他に、左に積み重ねられた結晶片岩を整形加工した平石が大量に用いられていたことは新たな知見である。



第13-4図 命綱なしの復旧工事(ボダナート)。

5.3 バクタブルのダルバール広場及び周辺地域

カトマンズの東約12 km、盆地東端に位置するバクタブルは、9世紀後期にネワール族によって築かれ、その後12～18世紀の間、首都のひとつとして栄えた。別名「バドガオン Bhadgaon」(信仰の街・皈依者の町)とも呼ばれる。広場入り口に17世紀末に建造された石造の獅子像がある(第15図)。

ダルバール広場から細い小道でつながっているトゥマディー広場のバイラブナート Bhairavnath 寺院は、17世紀初めに建てられ、その後1718年にプパティンドラ・マッラ王により増築されたヒンドゥー教の寺院(本尊のバイラブは、シヴァの化身)で、1934年のビハール・ネパール地震で大きな被害を受けたため、その後に再建されたものである。最初に建てられたときは1層、その後の増築で2層に、地震後の再建で3層に造りかえられたが、今回の地震で基礎部分を残して全壊してしまった。

55の窓のある旧王宮は、1427年にヤクシャ・マッラ王の統治期間に建てられ、17世紀にプパティンドラ・マッラ王によって再建された3層の建物で、ネワール建築の傑作といわれ、その名通り入り口を含めると窓が55あり、それぞれの窓には緻密な彫刻が施されている(現在は国立



第 14 図 地震の 3 か月後(左)と半年後(右)の階段の復旧状況.



第 15 図 「獅子門」の石像。石塊の継ぎ目は白く補修されているが、脚部と胴体部のずれは修復されていない。



第 16 図 ファシ・デガ寺院基盤の階段横の動物を象った石像群。

美術館)。地震では一部被害を受けたが、7月には既に瓦礫は片付けられており、関連する建物は応急的に木柱に支えられていた。11月には、さらに木柱の数が増していた(口絵第8図)。

ヴァスタラ・ドゥルガ寺院 Vastala Durga Temple は、ユニークな八角形をした建物だったが、地震で全壊し台座と入り口の棒が残るのみとなっている(口絵第9図)。

ファシ・デガ寺院 Fasi Dega Temple は、シヴァ神を奉じる寺院だが、地震で階段脇の石像は無事だったが(石塊の継ぎ目部分は、一部白く補修している。第16図)、白い塔部分は全壊した(口絵第10図)。

ニャタポラ寺院 Nyatapola Temple は高さ 30 m の 5 階建て(五重塔)で 18 世紀初めに建てられたカトマンズ盆地で一番高い建物である。右隣のバイラヴナート寺院 Bhairavnath Temple (17 世紀に建てられたが、1934 年のビハール地震で倒壊しその後再建された)や広場中央部の 1427 年に建造されたダッタトレヤ寺院 Datta-traya Temple (本尊のダッタトレヤは、ブラフマー、ヴィシュヌ、シヴァの三神が一体化したとされる)とともに、近隣の建物では完全に倒壊したものがあるが、外見적으로는顕著な被害は受けなかったようである(口絵第 11 図)。

文 献

- Dongol, G.M.S. (1987) The stratigraphic significance of vertebrate fossils from the Quaternary deposits of the Kathmandu Basin, Nepal. *Newsl. Stratigr.* **18**, 21–29.
- 早川俊之・プラダン・オム・長谷川信介・加藤碩一 (2016) 2015年ネパール・ゴルカ地震被害状況調査, 応用地質技術年報, no.35 (投稿中).
- Katel, T. P., Upreti, B. N. and Pokharel, G. S. (1996) Engineering properties of fine grained soils of Kathmandu Valley, Nepal. *Jour. Nepal Geol. Soc.* **13**, 121–138.
- 国土地理院 (2015) ネパールの地震, 地震予知連絡会報, **94**, 377–379.
- Moribayashi, S. and Maruo, Y. (1980) Basement Topography of the Kathmandu Valley, Nepal-An Application of gravitational method to the survey of a tectonic basin in the Himalayas. *Jour. Japan Soc. Engineering Geol.* **21**, 30–37.
- 名取博夫・滝沢文教・永田松三・本島公司 (1980) カトマンズ盆地の天然ガス(その1地質), 地質ニュース, no. 312, 24–35.
- Saijo, K., Kimura, K., Dangol, G., Komatsubara, T. and Yagi, H. (1995) Active faults in southwestern Kathmandu Basin, Central Nepal. *Jour. Nepal Geol. Soc.* **11** (Special Issue), 217–224.
- Sakai, H. (2001) Stratigraphic division and sedimentary facies of the Kathmandu Basin sediments. *Jour. Nepal Geol. Soc.* **25** (Special Issue), 19–32.
- 酒井治孝 (2015) 2015年ネパール地震のテクトニクスとカトマンズの軟弱地盤. 日本地質学会ホームページ.
- 酒井治孝・藤井理恵・桑原義博・野井英明 (2000) 古カトマンズ湖の堆積物に記録された気候変動とテクトニックイベント. 地学雑誌, **109**, 759–769.
- Sakai, H., Sakai, T., Gajurel, A. P. and Fujii, R. (2012) *Guidebook for Excursion on Geology of Kathmandu Valley*. Nepal Geological Society, 45p.
- Sakai, T., Gajurel, A. P., Tabata, H. and Upreti, B. N. (2001) Small amplitude lake-level fluctuations recorded in aggrading deltaic deposits of the Upper Pleistocene Thimi and Gokarna formations, Kathmandu Valley, Nepal. *Jour. Nepal Geol. Soc.* **25** (Special Issue), 43–51.
- Sakai, T., Gajurel, A. P., Takagawa, T., Tabata, H., Ooi, N. and Upreti, B. N. (2006) Discovery of sediment indicating rapid lake-level fall in the Pleistocene Gorkana Formation, Kathmandu Valley, Nepal : implication for lake terrace formation. *The Quaternary Research*, **25**, 99–112.
- Sakai, T., Gajurel, A. P., Tabata, H., Takagawa, T., Kitagawa, H. and Upreti, B. N. (2008) Revised stratigraphy of fluvio-lacustrine sediments in the northern Kathmandu valley, Nepal. *Jour. Nepal Geol. Soc.* **37**, 25–44.
- Shrestha, O. M., Koirala, A., Karmacharya, S. L., Oradhananga, U. B., Pradhan, R. and Karmacharya, R. (1998) Engineering and environmental geological map of the Kathmandu Valley (1:50,000). Department of Mines and Geology, Nepal.
- Stöcklin, J. (1980) Geology of Nepal and its regional frame. *Jour. Geol. Soc.* **137**, 1–34.
- Yagi, H., Maemoku, H., Ohtsuki, Y., Saijo, K. and Nakata, T. (2000) Recent activities of active faults distributed in and around Kathmandu Valley, Lower Himalaya Zone. In Okumura, K. *et al.* eds : Active fault research for the new millennium. *Proceedings of the Hokudan International Symposium and School on Active Faulting*. 557–560.
- Yoshida, M. and Gautam, P. (1988) Magnetostratigraphy of Plio-Pleistocene lacustrine deposits in the Kathmandu Valley, central Nepal. *Proc. Indian Natural Science Academy*, **54** (A3), 410–417.
- Yoshida, M. and Igarashi, Y. (1984) Neogene to Quaternary lacustrine sediments in the Kathmandu Valley, Nepal. *Jour. Nepal Geol. Soc.* **4** (Special Issue), 73–100.

KATO Hirokazu and PRADHAN Om (2016) A glimpse of geology and earthquake of Nepal.

(受付:2015年12月25日)

隕石でわかる宇宙惑星科学

松田准一 [著]

大阪大学出版会，阪大リーブル51
発売日：2015年12月7日
定価：1,600円＋税
ISBN：978-4-872594331
B6判（18.8×13.0×1.3cm）
238ページ，ソフトカバー



本書は、著者が1994年に著した『地球・宇宙の大疑問，KKベストセラーズ発行』とともに、一般向けの啓蒙書として書かれたものです。この紹介欄を見てくださる地質に関係される方々は、講演会で「太陽系の科学」とか「地球の誕生」などの内容を含んだ講演を依頼される事が多いかと想像します。その中で、どうしても物質としての隕石に触れる必要が出てきます。その時、石質隕石には、H, L, LL, エンスタタイトコンドライトがあり…、などと始めてしまうと、その一言で、聴衆の耳の前にシャッターが降りてしまいそうです。文系の学生も含む、一般教養の授業でも似たような状況ではないでしょうか？

ではどのような導入法が考えられるか？そのヒントがこの本にたくさん含まれていそうな気がします。この本は、地質学のプロが、お隣の惑星科学の内容を（公民館や一般教養教育で）紹介する時にとても便利な本と思われる。

そのような時の一方法として、紹介者は、隕石の値段は、名古屋の東急ハンズで、いくらしているかを示し、金1gの値段と比較し、その高価な隕石を手に入れるために、知られている落下の頻度や時刻を見せ、それから軌道要素の推定に持ち込むなど聴衆の興味と合わせ、注意を惹き付けるなどの方法に依っています。

この本は、まさにその手法で、講演者にとってのアンチヨコ本として使える要素にあふれています。全体は4つの章に分かれ、その第1章「隕石がやってくる宇宙とは？」は7つの節に分かれ、その一つ「宇宙の広がり」では、銀河系とアンドロメダが将来衝突する可能性が書かれています。なぜわかるか？その衝突はどのようなものか？それ

ぞれが、聴衆を飽きさせない主題になると思われます。また、小話として挿入されている「天地創造の日」では旧約聖書からの話とともに、地質学にもなじみが多い、アフリカのマリ共和国に伝わる伝説も紹介されています。

第2章は「隕石の故郷である太陽系」についてさまざまな疑問が紹介されています。その内、第5節「月について」では、地球と月の関係について様々な説が紹介され、読者の方々がよくご存知の「ジャイアントインパクト説」についても、月の化学組成のデータから、どのような衝突であったと考えるのが妥当なのか？なぜか？が複数の仮説を比較しながら説明されています。

第3章「隕石・彗星の不思議」では、第2節「隕石の落ち方とその量」において、1998年神戸に落下した、神戸隕石は当初、警察の科学捜査研究所に運ばれ、(テロ?)事件との関連性が調べられたなど、当事者でなくては知り得ない事柄にも触れられています。

サイエンスとして最も面白い(逆に当初書いたような講演会では紹介しにくい)のは「隕石中のダイヤモンドとその起源」と「希ガス同位体科学最大の謎」の2節でしょう。ここは筆者が最も力を入れて研究された内容です。隕石中のダイヤモンドは、衝撃圧力で作られたか、それとも気相成長か？本誌の読者には、ダイヤモンド生成の地質場に関連した知識をお持ちの方も多と思われるので、ここの「なぜそう考えられたのか？」の論理展開は、ぜひお読み頂きたい所です。

(名古屋大学 田中 剛)

日本海洋データセンター(JODC)設立 50 周年に関わる海上保安庁長官表彰について

牧野雅彦 (産総研 地質情報研究部門)

海上保安庁海洋情報部海洋情報課で運営を行っている日本海洋データセンター(JODC)は、1965年(昭和40年)4月に創立し、2015年度(平成27年度)に50周年を迎えました。JODCは我が国の総合的な海洋データバンクとして国内各海洋調査機関によって得られた海洋データの収集、管理、提供を行ってきました。創立50周年を迎えて、JODCへの長年の功労者に対して海上保安庁長官による表彰式が2016年(平成28年)2月9日に行われました。表彰式は霞ヶ関の海上保安庁長官室にて行われ(写真1, 2)、産総研、海洋研究開発機構、港湾空港技術研究所、東北大学大学院理学研究科、海上自衛隊対潜資料隊、東京大学大気海洋研究所 道田 豊教授の5機関、1個人が感謝状をもらいました。

産総研はJODCに地質調査総合センターが発行する海洋地質図等のほか、約37万点の水深・重力異常・磁気異常等のデータ、中国センターの瀬戸内海の潮流観測データ等を多年にわたり提供してきました。

産総研(地質調査所)における海洋地質調査研究の開始は昭和20年代までさかのぼることができ、約70年の歴史を持っていますが、本格的な組織的研究が開始されたのは昭和40年代とのことです(水野, 1982)。当時の科学技術庁特調費等による研究課題は、現在のものに通じ興味深いです。たとえば、「日本海に関する総合研究」(昭和44年-45年)では地質調査所は屈折波受信方式速度検出構造探査装置の開発と富山湾における音波探査を担当

し、海上保安庁海洋情報部の前身である水路部は北陸沖の地形・地質構造調査を担当していました。さらに、「深海底資源開発に関する基礎的調査研究」(昭和45年-46年)では、地質調査所は地質に関する基礎的調査研究を、水路部は海底地形地質に必要な機器開発を担当していたそうです。

海洋情報部のパンフレットによると「日本の経済を支える海上交通に不可欠な海図などの航海用刊行物を、140年にわたって提供し、近年では海に関する多様なニーズに応え、海を利用するために必要な情報を提供しています」とあります。海洋情報部は1871年(明治4年)に設置され、地質調査総合センターよりも11年早く海底地形の調査を行ってきました。

産総研は国の知的基盤整備計画に従い、我が国周辺海域の地質調査を行い、海洋地質図等の作成によって地質情報の提供や新たなニーズの開拓を行っています。海洋地質調査では最新の調査技術を用いて効率的な調査を計画・推進し、海底資源開発や環境保全に役立つ海洋地質情報を提供していきたいと思います。さらに、JODC50周年という機会に連絡を一層密にし、海洋データの提供に関する協力を強化していきたいと思います。

最後に、筆者は約25年前に日本周辺の地磁気データの編集で海洋情報部の春日部長、長山課長(元JODCセンター長)、大島元水路部長と一緒に、論文等で成果発表したことがあります(Honkura *et al.*, 1991)。当時、大



写真1 海上保安庁長官室における表彰式の様子。
産総研は多年にわたり海洋に関する多くの資料を提供し海洋情報業務に貢献したことにより感謝状を佐藤雄二長官よりいただきました。



写真2 海上保安庁幹部との記念写真。

量のデータを扱うことができる計算機が無く、編集作業に大変苦労した思い出があります。記念祝賀会(写真3)では楽しく懐かしいひと時を過ごさせていただきました。関係者の皆様に感謝いたします。

文 献

- Honkura, Y., Okubo, Y., Nagaya, K., Makino, M. and Oshima, S. (1991) A Magnetic Anomaly Map in the Japanese Region with Special Reference to Tectonic Implications Reference to Tectonic Implication, *J. Geomag. Geoelectr.*, **43**, 71-76.
- 水野篤行(1982) 地質調査所における海洋地質研究の歴史と現況. 地質ニュース, no. 337, 57-69.



写真3 JODC50周年記念祝賀会(小田啓邦氏が撮影).

CCOP-GSJ/AIST-NAWAPI Groundwater Project Phase III Meeting 開催報告

シュレスタ ガウラブ・内田洋平(産総研 地圏資源環境研究部門地下水研究グループ)

2016年3月16日(火)~18日(木)の3日間、ベトナム・ハノイにおいて、CCOP-GSJ/AIST-NAWAPI地下水プロジェクトの会議が開催されました。会議には、CCOP加盟国から12ヶ国(カンボジア, 中国, インドネシア, 日本, 韓国, ラオス, マレーシア, フィリピン, タイ, ベトナム, ミャンマー, パプアニューギニア)とCCOP事務局が参加しました(写真1)。本会議は2014年度に開始した地下水プロジェクトフェーズⅢの年次会議です。ベトナム・地下水資源局(NAWAPI: National Center for Water Resources Planning and Investigation)がホスト機関として共催しま

した。

議事は、(1)開会、(2)フェーズⅢプロジェクトの概要及び現状説明、(3)各国のカントリーレポート、(4)ディスカッション、(5)特別講演、(6)巡検という内容でした。日本からは、内田洋平(産総研地質調査総合センター(GSJ)/プロジェクトリーダー)、シュレスタ ガウラブ(GSJ)の2名が参加しました。

開会挨拶に引き続き、内田洋平氏よりフェーズⅢプロジェクトの概要及び現状説明がありました。本フェーズでは、CCOP・GSJ地質情報総合共有システム(GSi)プロ



ジェクトとリンクすること、CCOP 地下水データベースはデータベースの対象国を拡充することと、データベースを Open Web GIS システム上に構築することを目指しています。しかし、地下水観測システムやデータベースの開発現状は国々で異なっており、本フェーズでは3つのグループに分けて活動を行っています。また、現時点における GSi プロジェクトの一環として地下水ポータル構築状況・データ入力様式等についても、説明を行いました。

今回のカンントリーレポートのテーマは“Recent Groundwater Issues and Their Action Study in Each Country”で、各国における最近の地下水問題、及びそれらの問題に対する地下水研究などについて発表が行われました。

2日目の午前は、3つのグループ(DB Group I, DB Group II, Public Policy Group)に分かれて、各グループの2015年度の活動状況及びデータベースのコンパイル状況の確認、2016年度のデータベース構築の目標について議論を行い、各グループのリーダーより報告が行われました。

午後は、特別講演として、シュレスタから“Groundwater Management Using Geo-Information System”と題する発表がありました。講演では、地下水データベースとGIS(地理情報システム)のような空間情報技術を組み合わせることで活用することにより、流域規模における地下水管理が可

能であるとの紹介があり、活発な質疑応答が行われました。引き続き NAWAPI の Bui Du Duong 氏から“Managing Transboundary Waters in Vietnam – Opportunity for Cooperation”の発表がありました。中国、カンボジア、ラオスと国境を接するベトナムでは、国境地帯周辺における地下水調査の重要性が認識されており、テレビ局からも取材が来ていました。

3日目は NAWAPI の主催で、ベトナム・ホン河流域における巡検が行われました。ホン河流域では、ラテライトを含む土砂の採取が行われており、多くの土砂運搬船が河を行き来していました。また、流域には「河川水」にまつわる伝説も数多く残っており、それらの伝説を今も伝える寺院には多くの参拝客が訪れていました。

CCOP-GSJ/AIST 地下水プロジェクト会議に初めて参加して、東・東南アジア諸国における地下水研究の現状や、水文データベースの整備及びサブプロジェクトである「熱帯地域における地中熱システムの研究」について把握することができ、参加された各国の研究機関・研究者との連携を深める機会にもなりました。今後は、積極的に CCOP 水文データベースの構築と GSi プロジェクトとの連携に貢献していきたいと思っております。また、東南アジア地域における地中熱ポテンシャル評価研究にも着手したいと考えております。



写真1 全体集合写真.

産総研理事長賞受賞

齋藤文紀・後藤秀作・板場智史・兼子尚知



産総研では職員の士気高揚を図るため、平成15年度より理事長賞表彰を毎年度実施しています。平成27年度は顕著な貢献を行った研究業績3件と、運営・管理・支援業績3件に対して理事長賞が授与されました。地質調査総合センターからは「アジアにおける沿岸域地質環境の解明」とする研究業績に対して齋藤文紀首席研究員が、「研究記録管理システムの構築」と題する業績に対して後藤秀作主任研究員、板場智史主任研究員、および兼子尚知主任研究員が授賞しました。

地質情報研究部門の齋藤文紀首席研究員は、現在の堆積過程やポーリングに基づいてデルタの詳細な層相と発達過程を明らかにし、アジア沿岸域の地質（とくにアジアのデルタと沖積層）と人間活動・気候変動の影響などに関する研究を行って、世界のデルタ研究を大きく進展させたこと、また、人間活動のデルタへの影響に関する研究を推進することによりデルタの環境保全に貢献するとともに、共同研究や研究集会の開催を通じて人材育成にも大きく貢献したことが高く評価されました。この内容の一部を紹介した記事「ベトナムのメガデルタに魅せられて」が、GSJ地質ニュース2016年4月号に掲載されていますので、是非ご一読下さい。

また、地圏資源環境研究部門の後藤秀作主任研究員と活断層・火山研究部門の板場智史主任研究員、および地質情報研究部門の兼子尚知主任研究員の3名は、研究記録管理システムに関する業務フローの整備・構築における業績に対して、システム構築を行った共同グループメンバーとともに授賞しました。こちらは、研究不正に係る文科省ガイドラインの改定前から研究ノートの管理に係る検討を進め、研究記録の検認や一元管理等の独自の仕組みを取り込んだ新しい仕組みと新たな規程を整備したことが評価されました。

授賞式は4月1日に共用講堂で行われ、中鉢良治理事長から表彰状と記念品が授与されました。



授賞式後の祝賀会にて、牧野地質情報研究部門長と一緒に記念撮影。
(後藤主任研究員は出張中のため欠席)

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 岡井貴司
副委員長 中島礼
委員 中嶋健
星野美保子
竹田幹郎
山崎誠子
小松原純子
伏島祐一郎
森尻理恵

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ 地質ニュース 第5巻 第5号
平成28年5月15日 発行

国立研究開発法人 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

印刷所 前田印刷株式会社

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : Takashi Okai
Deputy Chief Editor : Rei Nakashima
Editors : Takeshi Nakajima
Mihoko Hoshino
Mikio Takeda
Seiko Yamasaki
Junko Komatsubara
Yuichiro Fusejima
Rie Morijiri

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 5 No. 5
May. 15, 2016

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan

Maeda Printing Co., Ltd

