平成29年12月15日印刷　平成29年12月20日発行
ISSN 0913−0497

地盤と調査

編集／一般社団法人全国地質調査業協会連合会

2017
第3号
（通巻150号）

Japan Geotechnical
Consultants Association

巻頭言

» 2016年熊本地震の教訓
九州地質調査業協会（熊本県地質調査業協会）理事長　工藤 伸

総論

» 熊本地震からの創造的復興
熊本県土木部長　手島 健司

小特集 熊本地震

» 建築物の被害状況と熊本県の復旧と復興の取り組み … 今福 裕一

» 熊本市大規模盛土造成地の地震被害の特徴と自治体の対応 …… 上村 祐一

» 熊本地震に関する阿蘇地域の土砂災害対策について …… 松永 清文

» 熊本地震による熊本城の被害と復旧 …… 嘉村 哲也

» 熊本の地下水と地震の影響 … 宮本 義隆

» 熊本地震 復興支援 ボーリング柱状図 緊急公開サイト …… 土屋 彰義・中田 文雄

教養読本

» 活断層あれこれ …… 加藤 碵一

やさしい知識

» 木造建物の耐震基準の変遷 …… 荒木 康弘

基礎技術講座

» 地盤の三次元解析 −モデリング− …… 根本 達也

地質と調査　'17　第3号（通巻150号）

目次　CONTENTS

巻頭言
» 2016年熊本地震の教訓
九州地質調査業協会（熊本県地質調査業協会）理事長　工藤　伸　……1

総論
» 熊本地震からの創造的復興
熊本県土木部長　手島 健司　……4

小特集
■ 熊本地震
» 建築物の被害状況と熊本県の復旧と復興の取り組み
今福 裕一　……8
» 熊本市大規模盛土造成地の地震被害の特徴と自治体の対応　上村 祐一　……12
» 熊本地震に関する阿蘇地域の土砂災害対策について
松永 清文　……18
» 熊本地震による熊本城の被害と復旧　嘉村 哲也　……22
» 熊本の地下水と地震の影響　宮本 義隆　……28
» 熊本地震 復興支援 ボーリング柱状図 緊急公開サイト
土屋 彰義・中田 文雄　……32

教養読本
» 活断層あれこれ　加藤 碵一　……37

やさしい知識
» 木造建物の耐震基準の変遷　荒木 康弘　……45

寄稿
» 高校生向けアウトリーチ 地球活動遺産ジオツアー「屋島・五剣山」　長谷川 修一　……51

基礎技術講座
» 地盤の三次元解析 －モデリング－　根本 達也　……55

私の経験した現場
» 掘削中に出現した湧水が崩壊を招く　西村 悟之　……59

各地の博物館巡り
» 愛媛県西予市 西予市城川地質館　高橋 司　……63

大地の恵み
» 地球温暖化と地中熱利用　岡林 昌宏　……65

各地の残すべき地形・地質
» 「根尾谷断層」・「阿寺断層」・「養老断層」　田邊 謹也　……67

国土地理院からの報告
» 国土地理院における地理調査について（その1）
植田 摩耶・田中 信・根本 正美　……69

書籍紹介
» 北海道地方土木地質図および同解説書　……75
» 水文地質シリーズ
1「水文地質学」，3「水文・調査と測定法」，4「水文地質調査法」の紹介　……76

特別ページ
» 「地質と調査」創刊150号を迎えて
一般社団法人全国地質調査業協会連合会 「地質と調査」編集委員長　鹿野 浩司　……77

全地連「技術フォーラム2017」について　……88

地質だより
■ 地質リスクマネジメント事例研究発表会（開催報告）　…… 92
■ 地質情報管理士　登録更新について　…… 93
■ 応用地形判読士資格検定試験（二次試験）の実施について　…… 93
■ ステップアップ講習会 開催報告　…… 93
「地盤情報の利活用と地質リスクマネジメントについて －品質確保の観点から－」
■ 平成29年度 上半期の事業量430億円　…… 94

地質と調査 '18　第1号（通巻151号）　内容（予定）　平成30年4月発行

小特集テーマ　**インフラメンテナンス**

インフラメンテナンスと地質調査

土構造物の維持管理に関する近年の動向と研究事例

高速道路におけるのり面の点検・補修・補強技術
－大規模特定等更新事業－

河川堤防の維持管理

トンネルの維持管理　－その現状と課題－

路面下探査技術の現状と今後の展望

地質調査における宇宙線ミュー粒子探査の適用

マイクロ波リモートセンシングによるインフラヘルスモニタリング

NEDO事業による道路構造物
ひび割れモニタリングシステムの研究開発

＊上記のタイトルは仮称です。執筆者により変更することがあります。

2016 年熊本地震の教訓

工藤 伸（くどう しん）*

Key Word 地震，地表地震断層，復旧・復興，支援活動，相談窓口

1．はじめに

2016 年熊本地震から 1 年半以上が経過したが，地震後の復旧・復興は道半ばである。平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分頃の前震（M6.5）と，その 28 時間後の 4 月 16 日 1 時 25 分頃の本震（M7.3）のワン・ツーパンチに加えて，6 月 20 日の豪雨（益城町の日降水量 199.5mm）で地震の被災地は大きなダメージを受けた。

弊社は，国交省の出先機関と緊急時の支援協定を締結している関係で，前震直後から復旧に向けた対応に追われたが，その後の本震の発生を含めて熊本でこのような大地震が発生するとは全く予想していなかった。

前震の翌日は，早朝から震源地の益城町寺迫地区の国道 443 号の被災箇所への出動であった。会社へ到着すると，社屋は本棚等が倒れて足の踏み場もない状態であったが，片づけは事務系社員に任せて，技術系社員は現場への出動であった。ただし，4 月 15 日朝の時点では，玄関で倒れていた石造テーブルの方向をクリノメーターで測定するという余裕？があったように思われる（**写真 -1**）。

この 4 月 15 日は，国道 443 号の崩壊箇所の復旧に向けて，現地調査，伸縮計の設置，簡易貫入試験等を深夜の 10 時頃まで実施した。現場周辺では，その後の本震の揺れも加わって，墓地の墓石が倒壊するとともに，骨壺が外へ飛び出し，畑のトラクターは車輪が上を向き，携帯電話の電波塔は途中で折れ曲がった状態になっていた（**写真 -2**）。震度 7 を 2 回記録した地域での揺れの大きさと，直下型地震の恐ろしさを目の当たりにした最初の現場であった。

15 日は深夜に帰宅し，眠りについた直後に本震の大きな揺れに襲われた。天井で揺れる電灯を見ながら，布団を被るでもなく，“こいつは何者だ”と腹を立てながら揺れが収まるのを待った。震源地の近くでは，緊急地震速報は何の役にも立たないし，多くの友人からメールが届いていたが，お礼の返事ができたのは数週間後であった。

本稿では，熊本地震の体験を教訓にして，地震災害に対して我々地質調査業界が果たすべき役割や課題等について私見を述べる。

写真 -1　前震後（左）と本震後（右）

写真 -2　益城町寺迫地区の被災状況

2．地震による被災の特徴

1984 年の長野県西部地震（M6.8）の被災調査に出かけた際に，1891 年（明治 24 年）の濃尾地震（M8.0）でできた日本で確認できる最古の地表地震

*九州地質調査業協会（熊本県地質調査業協会）理事長

断層を岐阜県根尾水鳥（みどり）で見る機会があった。また，兵庫県南部地震でも，淡路島の野島断層沿いに地表地震断層が出現したが，今回の熊本地震では，これらと比較できない位の多くの地表地震断層が出現した（**写真 -3**）。また，グーグルアースの映像から，これほど断層を追跡できるのかと驚かされるとともに，専門家でない一般の人たちも『右横ずれ』を認識できるようになった。この地表地震断層の出現は，震源が浅いことを物語っているとともに，多くの家屋倒壊を招いた一因と考えられる（**表 -1**）。

表 -1　熊本地震とこれまでの地震との比較 [1) 2) 3)]

地震名	東北地方太平洋沖地震	兵庫県南部地震	熊本地震
発生日時	平成 23 年 3 月 11 日	平成 7 年 1 月 17 日	平成 28 年 4 月 16 日
マグニチュード	9.0	7.3	7.3
震源深さ	24km	16km	12km
最大震度	7	7	7
最大加速度	2933 ガル	818 ガル	1362 ガル
主な被災要因	津波（半壊以上約 40 万棟）	火災（出火件数 293）	建物倒壊（半壊以上 43,266 棟）
死者・行方不明者	18,455 名	6,437 名	50 名

注）熊本地震の死者・行方不明者は災害関連死を除外

今回の地震による被災箇所をみると，山地では，豪雨災害とは異なり地形の急な尾根部の崩壊が多発し，阿蘇溶結凝灰岩の崖面からの落石による道路や一部家屋への被害も目立った。また，南阿蘇村を中心に，黒ぼく・赤ぼくなどの火山灰土が厚く堆積した緩い地形の斜面では，豪雨災害と同様に斜面崩壊が多発し，火山灰土は降雨だけでなく地震にも弱いのが印象的であった。

一方，熊本平野では，液状化による民家やライフラインの被害が多発した。2003 年に熊本県協会で発行した『熊本市周辺地盤図』[4)] に熊本地震（1889 年：M6.3）による噴砂・噴水地域マップを掲載しているが，このマップと比較できない多数の地点で液状化現象が発生した。

人工物では，盛土の崩壊や沈下が多発し，斜面上に片盛りした宅地地盤上の建物が多数被災した（**写真 -4**）。公共施設では，特に橋梁のダメージが大きく，上部工の変状とともに，橋台や橋脚が沈下したり傾いている箇所もみられ，橋梁の補修・補強工事が現在も続いている。

写真 -3　日奈久断層帯の地表地震断層（本震後の益城町小池地区）

写真 -4　斜面に片盛りした家屋の被災状況

3. 地震後の熊本県協会会員の活動

熊本県協会は，熊本県や熊本市との大規模災害時の支援活動に関する協定に基づき，県や市からの要請に応じて，阿蘇地域の国道・県道の一斉点検や被災箇所でのボーリング調査等の対応を行った。また，土木施設だけでなく農業施設の被害も深刻なことから，県内の溜池約 1500 箇所の緊急点検を実施した。

一方，国交省の出先機関と緊急時の支援協定を締結している会社は，国の直轄国道や河川，国が県や市町村の代行をしている国道，県道，市町村道でのボーリング調査や崩壊地等での各種計器の動態観測に追われた。

この国交省の出先機関の対応では，道路関係，河川関係ともボーリング数が多くて支援協定締結会社のみでは対応できず，熊本周辺の県（特に業者が多い福岡県）に応援をお願いせざるを得ない状況であった。

このように本業に忙殺されている中で，協会の事業として社会貢献も行う必要があり，8 月からは，一般住民を対象にして，被災家屋の多い益城町等で地盤に関する無料相談会の開催や必要に応じて現地確認を実施した。相談件数は約 120 件で，この約半数について現地確認を行い，今後の対応方針等のアドバイスを行った。

この無料相談会や現地調査以外に，地震・断層や地盤に関する出前講座の申し込みも多数あり，現在まで企業や地区公民館等で 12 件の講座を実施している。熊本県民がこれほど地盤に関心を持たれたことはなかったと感じている。

4. 熊本地震の教訓

熊本地震による被災の特徴及び地震後の県協会員の活動について述べたが，熊本地震を教訓として，地震災害に対して我々地質調査業界が果たすべき役割や課題等を以下にまとめる。

○震災後の業務遂行上の課題

(1) 熊本地震のような規模の大きな地震では，被災規模が大きく範囲も広大となり，地場業者のみでの対応能力には限界がある。また，会社の社屋・倉庫や社員の自宅等が被災している場合もあり，人（士気），物（資機材），金（資金）の面の課題に直面することが想定される。

(2) 大規模地震では，国の対応によって主要インフラの早期復旧が実現している。熊本地震でも，早期復旧に向けて業務の多くが地場業者に委託されたが，地場企業のみでは消化しきれなかった。また，県や市町村も同様の被災を受けていることから，復旧に向けた地質調査業者の不足は深刻であった。

(3) 県外業者に応援を依頼した場合には，交通費や宿泊費がかかることから，通常業務より大きな経費増となり，また，作業員の宿泊施設の不足も深刻で，福岡県内から大型バスで通勤を余儀なくされた自治体もあった

(4) 震災後には，余震や降雨に対して，作業時の安全確保のために作業できる管理基準（余震の震度，降水量，伸縮計の変動量等）を設ける必要があり，作業の進捗の遅れや手待ち時間の増加が生じて作業効率の低下が懸念される。また，熊本地震では，地震後の6月20日の豪雨により，崩壊地で作業をしていたボーリング機械が土砂に埋まり，数台が回収不能となった（夜中の豪雨で人的被害なし）。

(5) 一般住民を対象にした地盤に関する無料相談会では，東日本大震災での活動実績を基に，地盤品質判定士会とも数回の協議を行ったが，相談員の旅費等の資金の問題もあり，熊本県協会の会員による相談会を見切り発車で開催することとした。

○今後の地震災害に備えて

(1) 課題(1)と(2)については，災害の規模によっては，県協会のみでの対応には限界があることから，通常の災害時は県内重視，大規模災害時は地区協会への協力要請も必要と痛感している。

(2) 課題（3）については，国や県との意見交換会等の場を通して，県外応援業者の交通費や宿泊費を発注者に計上してもらうような働きかけが必要と考えている。また，大規模な地震では，作業員の宿泊施設の不足が懸念されることから，移動可能な大規模な宿泊施設（太陽光付コンテナハウス，トレーラーハウス等）の備えも必要と考える。

(3) 課題（4）については，災害現場は通常業務と異なり，特に現場の安全管理が重要となることから，余裕を持った工程管理が必要である。また，災害現場で使用するボーリングマシンについては，熊本地震後にジオ・ビジネスサービスで新たに保険制度を作成され，熊本県協会で試行中である。

(4) 課題（5）については，震災後の自宅再建に当たって地盤の問題が重要なことは言うまでもない。熊本県協会の相談窓口の開設に当たっては，全地連からの見舞金を相談員の交通費等に使わせてもらった。
相談窓口の開設に当たっては，人，資金及び変状した建物の復旧対策等の知識（工法や工事費算出等）が必要である。今後，地盤品質判定士会や建築士会等との連携を含めたネットワークの構築が必要と考える。

5. 終わりに

今回の熊本地震では，全国から多大な支援を頂き大変感謝しています。熊本地震からの復旧・復興は道半ばですが，本稿が近い将来に発生が予想されている南海トラフ地震等に対する地質調査業界の対応策の参考になればと思っています。

〈参考文献〉
1) 総務省消防庁応急対策室：熊本県熊本地方を震源地とする地震（第107号）
www.fdma.go.jp/bn/2016/detail/960.html
（2017年10月17日現在）
2) 総務省消防庁：阪神・淡路大震災について（確定報）
www.fdma.go.jp/bn/1995/detail/941.html
（2017年10月17日現在）
3) 総務省消防庁災害対策本部：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について（第156報）
www.fdma.go.jp/bn/higaihou_new.html
（2017年10月17日現在）
4) （一社）熊本県地質調査業協会：「熊本市周辺地盤図」2003, p.124

熊本地震からの創造的復興

手島 健司（てじま けんじ）*

Key Word 災害復旧工事，熊本復旧・復興４カ年戦略，創造的復興に向けた 10 項目，リダンダンシー確保，復旧・復興のあゆみ

1 はじめに

平成 28 年 4 月 14 日と 16 日の 2 度にわたり，阪神淡路大震災級の震度 7 の地震が熊本を襲った。

この地震により多くの尊い命が失われ，熊本都市圏，阿蘇地域を中心に 19 万棟を超える多数の家屋が損壊した。また，熊本城や阿蘇神社といった重要な文化財や，阿蘇の雄大な山々も広範囲にわたり被害を受けた。道路や橋梁，河川といった公共土木施設への被害も甚大であり，被害額は 2,600 億円を超えるなど，過去に類を見ないものとなった。特に阿蘇地域へのアクセスルートである国道 57 号や国道 325 号阿蘇大橋が寸断されたことで，観光をはじめ地域産業や社会経済活動に大きなダメージを受けた。

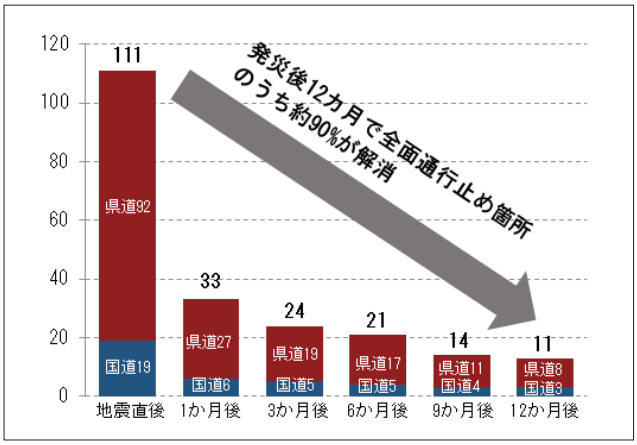


図 1　地震における道路の全面通行止め箇所の推移

2 被災した公共土木施設の復旧への取組み

2.1 災害復旧工事の進ちょく状況

こうしたなか，本県では公共土木施設等の早期復旧に全力で取り組んだ。地震直後は県道と国道合わせて 111 箇所の道路が全面通行止めとなっていたが，発災 12 か月後の平成 29 年 4 月には約 90％を解消し，11 箇所に減らすことができた（**図 1**）。今なお全面通行止めや片側交互通行の道路が残っており，早期の通行再開に向けて取り組んでいるところである。

なお，熊本地震等に伴う災害復旧事業（県施工分）の進捗状況については，被害のあった公共土木施設 1,422 箇所のうち，今年 9 月末時点で 1,050 件の工事請負契約を締結しており，うち 524 件の工事を完了している（**図 2**）。

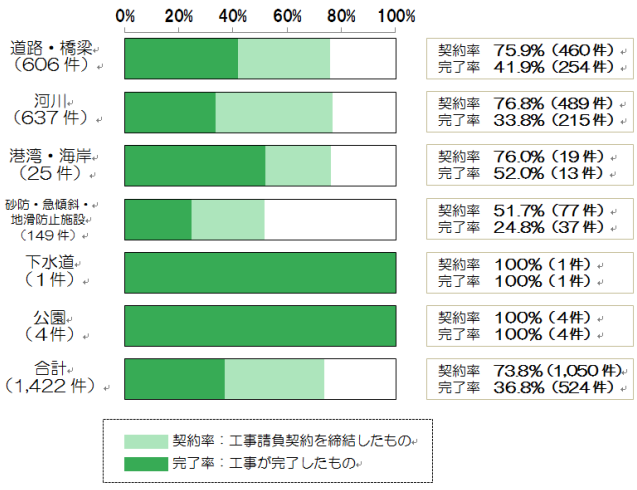


図 2　熊本地震等に伴う公共土木施設災害復旧事業（県施工分）の進捗状況（件数ベース）【H29.9 月末時点】

*熊本県土木部長

2.2 災害復旧工事の円滑な施工に向けた取組み

熊本地震やその後の豪雨災害により，これまでに経験をしたことがないような工事量が見込まれたため，昨年 10 月に取組みの第 1 弾として，発注のスピード化と入札参加機会の拡大を目的に，土木一式工事の各等級における請負金額の発注標準の引き上げや指名競争入札の対象金額の 3 千万円から 7 千万円への拡大，復旧・復興建設工事共同企業体（復興 JV）制度の導入などを行った。

しかしながら，技術者や労働者の不足，資機材単価の上昇などにより，県発注工事において多くの不調・不落が発生し，今年 1 月には不調・不落の発生率が 21.7％となった。このため，2 月には第 2 弾として「復興係数」,「復興歩掛」の導入･適用や，被災地域における指名競争入札の地域要件の拡大など，円滑な施工確保に向けた対策に取り組んだ。これにより，2 月，3 月の不調･不落の発生率はピーク時の 1 月と比較して微減傾向となり，対策には一定の効果が見られた。

今年度に入ると，昨年度からの繰越工事を中心に，受注者側が既に施行中の工事を抱えていることなどから，不調・不落の発生率が再び上昇し，今年の 1 月よりも高い発生率となった。

そのため，8 月には第 3 弾として，発注ロットの拡大や，特に被害の大きかった熊本，上益城，阿蘇管内の土木一式工事における県内全域を対象とした一般競争入札方式の導入などを行い，技術者不足への対応や入札参加の促進，発注事務の更なるスピード化を図った。災害復旧工事の円滑な施工に向け引き続き必要な取組みを行っていく。

3 熊本の更なる発展に向けた創造的復興の取組み

本県では，地震直後から，復旧･復興の 3 原則（①被災された方々の痛みを最小化する，②単に元あった姿に戻すだけでなく，創造的な復興を目指す，③復旧・復興を熊本の更なる発展につなげる）を掲げるとともに，昨年 12 月には「熊本復旧・復興 4 カ年戦略」を策定し，県政の基本方針となる熊本地震からの創造的復興に取り組んでいる。

震災復興元年とも位置づけられる今年は，これまでの復興の流れを更に強く，大きくし，熊本の将来の発展へと弾みをつけるため，県民の生活に深く関わる「創造的復興に向けた 10 項目」を選定し（**図 3**），復旧・復興に向けた取組みの見える化及び加速化を図っている。その中で，土木関係では「『すまい』の再建」,「阿蘇へのアクセスルートの回復」,「益城

【地震からの復旧の様子】

写真 1　被災した県道阿蘇吉田線（東登山道）

写真 2　発災 5 か月後には片側交互通行が可能となった

写真 3　県道横野矢部線（山都町）。斜面崩壊により全面通行止めが続いていた。

写真 4　災害復旧工事が完了し，今年 8 月 11 日に全面通行止めを解除した。

町の復興まちづくり」,「八代港のクルーズ拠点整備」に取り組んでいる。

創造的復興に向けた重点 10 項目

① 「すまい」の再建
② 災害廃棄物の処理
③ 阿蘇へのアクセスルートの回復
④ 熊本城の復旧
⑤ 益城町の復興まちづくり
⑥ 被災企業の事業再建
⑦ 被災農家の営農再開
⑧ 大空港構想 Next Stage の実行
⑨ 八代港のクルーズ拠点整備
⑩ 国際スポーツ大会の成功

図 3　創造的復興に向けた重点 10 項目

3.1 「すまい」の再建

被災者の生活再建については，応急仮設住宅の整備が完了し，現在は，恒久的な住まいの確保に向けた支援の段階に移行している。

恒久的な住まいの確保に向けては，自宅再建への支援として，低価格で建てられる「くまもと型復興住宅」の普及促進に取り組んでいる。この住宅は，耐震性能が高く，県産材を使い，かつ地元の工務店が施工するもので，全国初の試みとして，県内最大の仮設団地内にモデル住宅 3 棟を建設し，多くの方に来場いただいている。

また，自力での住宅再建が難しい被災者の方々への支援策として，低廉な家賃で賃貸する災害公営住宅の整備を，市町村と連携して進めている。

3.2 阿蘇へのアクセスルートの回復

国の直轄代行により，県道熊本高森線俵山トンネルルートが昨年末に暫定開通した。これによって阿蘇くまもと空港から南阿蘇方面へのアクセスが容易になった。

また，南阿蘇村の中心部と立野地区を結ぶ村道栃の木～立野線阿蘇長陽大橋ルートについても，国の御尽力により今年の 8 月 27 日に開通した（**写真 5**）。

県においても復旧工事を着実に進めており（**写真 3，4**），昨年 9 月に阿蘇山上につながる県道阿蘇吉田線の東登山道が片側交互通行により開通した（**写真 1，2**）。また，今年 10 月 4 日には，南阿蘇村から直接阿蘇山上につながる南登山道が開通した（**写真 6**）。それまでは，阿蘇山上へ行くには阿蘇市側

写真 5　8 月 27 日に開通した阿蘇長陽大橋

からの東登山道しかなく，南阿蘇村方面からは大きく迂回する必要があったが，今回の南登山道の開通により南阿蘇村から直接阿蘇山上へ行けるようになった。これにより阿蘇地域の周遊性が高まり，観光への効果も大きく期待される。

さらに，地震により通行不能となった国道 57 号や国道 325 号についても，国の事業として急ピッチで復旧工事が進められている。今年 4 月には国道 57 号北側復旧ルートと国道 325 号阿蘇大橋ルートについて，平成 32 年度の全線開通目標が示されるなど，阿蘇の主要ルートの復旧は着実に進んでいる。

写真 6　10 月 4 日に開通した県道阿蘇吉田線の南登山道

3.3 益城町の復興まちづくり

益城町をはじめ，熊本都市圏東部地域は地震の被害が最も大きかった地域である。益城町の市街地を貫く県道熊本高森線は，地震で倒壊した家屋に道をふさがれ，避難や支援，復旧活動に支障をきたした。

こうしたなか，復興を先導するうえで不可欠な事業という町の要望を受け，県では本路線の 4 車線化に取り組んでいる。4 車線化によって，渋滞の緩和や歩行者及び自転車の安全な通行帯の確保，防災機能の向上が見込まれる。町の取組みとも連携しながら 4 車線化事業を進め，町の目指す復興まちづくりを進めている。

3.4 八代港のクルーズ拠点整備

県南に位置する八代港については，今年１月に，全国６カ所の「官民連携による国際クルーズ拠点」の１つに選定された（**写真７**）。

平成 32 年３月までに，国によるクルーズ船専用岸壁の整備と，世界第２位のクルーズ船社「ロイヤル・カリビアン・クルーズ（RCL）」による旅客ターミナルの整備などに合わせ，県では，大型バス 100 台以上が収容可能な駐車場の整備などを行っている。

将来的には年間 200 隻程度の大型クルーズ船が寄港出来るように，受入れ環境の整備を進めていく。

写真７　八代港に寄港するクァンタム・オブ・ザ・シーズ

4 最後に

熊本地震や九州北部豪雨等をはじめ，全国各地で地震や水害による甚大な被害が発生しており，国民の生命や財産を守る，災害に対する備えとしての公共事業の重要性は一層高まっている。

例えば，熊本地震の際には，高速道路や幹線道路が被災したため，救援活動や物資輸送等に大きな影響が出た。そのため，災害時における九州の縦軸・横軸のリダンダンシー（多重性）確保に向け，中九州横断道路や九州中央自動車道，南九州西回り自動車道，有明海沿岸道路（Ⅱ期），熊本天草幹線道路等の整備促進も進めている。

また，近年頻発する豪雨災害を踏まえると，河川改修や砂防施設の整備等も着実に進めていく必要があると考える。加えて，全国的に高度成長期以降に整備したインフラが急速に老朽化しており，今後 20 年間で，建設から 50 年以上経過する施設の割合が加速度的に高くなる見込みである。

防災・減災の観点からもインフラの適切な維持管理が重要であり，本県でも，公共土木施設毎に長寿命化計画を策定しながら，施設の延命化や維持管理に取り組んでいるところである。

今後とも，「熊本復旧・復興４カ年戦略」を道標として，これまでの復興の流れを更に強く，大きくし，熊本の将来の発展へと弾みをつけるために，歩を進めてまいるので，皆様のご支援とご協力をお願いする。

なお，熊本地震から１年半を迎え，災害復旧工事が本格化する中，土木部では「復旧・復興のあゆみ」を発行し，定期的に復旧・復興の状況をお知らせすることにした（**図 4**）。熊本県のホームページに掲載しているので，是非ご覧いただければと思う。

最後に，熊本地震発生直後から今日まで，全国の皆様からたくさんの応援をいただき，改めて感謝申し上げる。

熊本県土木部
復旧・復興のあゆみ【第１号】

図４
【復旧・復興のあゆみ】
平成 29 年 10 月 13 日
第１号発行

URL：http://www.pref.kumamoto.jp/kiji_21178.html

建築物の被害状況と熊本県の復旧と復興の取り組み

今福 裕一（いまふく ゆういち）*

Key Word　旧耐震基準，新耐震基準，拠点施設，被災建築物応急危険度判定，みんなの家，木造仮設住宅，くまもと型復興住宅，住宅耐震化支援事業

1 はじめに

平成 28 年熊本地震（以下「熊本地震」という。）では，最大震度 7 の揺れを 2 度にわたり観測し，住宅の倒壊などにより 244 人の尊い命が失われ，住家の被害は，全壊 8,649 棟，半壊 34,264 棟，一部損壊 153,735 棟　計 196,648 棟（平成 29 年 9 月 13 日現在）に及ぶなど，熊本都市圏及び阿蘇地域を中心に，甚大な被害が発生している。

2 住宅等の建築物の被害

震度 7 を 2 回記録した益城町における住家の被害は，全壊 3,026 棟，半壊 3,233 棟，一部損壊 4,235 棟　計 10,584 棟（平成 29 年 9 月 13 日現在）にのぼっている。また，県内の全壊棟数に対する益城町の全壊の割合が約 35％を占めており，その被害の大きさがわかる。また，日本建築学会において，益城町中心部で地震動が大きく建築物の被害が著しい地域を対象に悉皆調査が実施されており，その結果，旧耐震基準（昭和 56 年 5 月以前）の木造の倒壊率は，28.2％（214 棟）に上っており，新耐震基準の木造建築物の倒壊率（昭和 56 年 6 月～平成 12 年 5 月：8.7％，平成 12 年 6 月以降：2.2％）と比較して顕著に高かった[1]（**図 1**）。

住宅以外の建築物は，震災時の活動拠点である庁舎等が 8 市町村において，損壊や倒壊の危険性が生じた[2]（**写真 1**）ことにより，行政機能の移転を余儀なくされた。また，益城町において避難所に指定された建築物は，新耐震基準又は耐震改修済のものであったが，非構造部材（天井材，内装材）や構造部材の損傷・落下等により，避難所としての使用を検討した 14 棟のうち 6 棟が使用不可能となった[1]。活動拠点となる建築物の業務の継続性の確保や人的な被害を軽減するには，非構造部材を含め，建築物の安全対策が重要である。

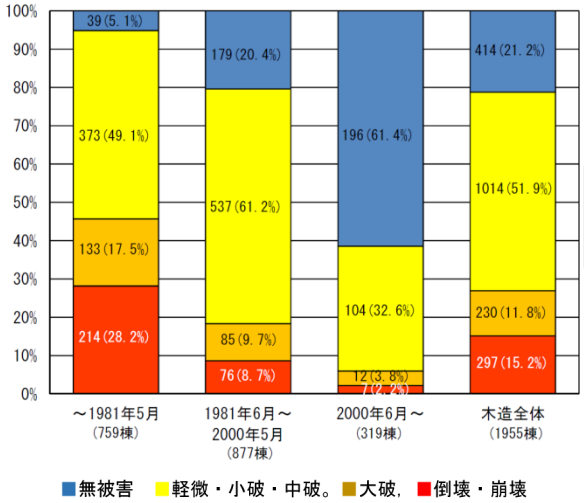


図 1　木造住宅の建築時期別の被害状況

写真 1　庁舎渡り廊下の被害（益城町）

*熊本県土木部建築住宅局建築課　課長補佐

3 被災建築物応急危険度判定

前震の翌日である，平成 28 年 4 月 15 日から被災建築物応急危険度判定を開始したが，翌日は本震のため判定を一時中止し，平成 28 年 4 月 17 日から再開。最終的には平成 28 年 6 月 4 日までの間，18 市町村において判定活動を実施。延べ 6,819 人（行政 5,254 人　民間 1,565 人）の判定士が判定活動に携わり，県内全域で 57,570 件の判定を実施した（**表 1**）（**写真 2**）。

表 1　被災建築物応急危険度判定活動件数

	危　険	要注意	調査済	判定件数
益城町	3,806	2,957	3,006	9,769
熊本市	5,847	10,514	14,126	30,487
その他	6,055	5,558	5,701	17,314
全体	15,708	19,029	22,833	57,570

写真 2　被災建築物応急危険度判定活動（益城町）

3.1 広域支援本部との連携

広域支援本部である福岡県からは，地震直後から連絡があり，広域的な支援の必要性について積極的な提案をいただいたが，甚大な被害を受けた益城町，西原村，南阿蘇村などの被害状況把握に時間を要したことなどから，判定後期に大幅な支援依頼を行うこととなった。

3.2 災害時の職員の派遣

九州知事会の提案で，被災市町村に対し，九州各県職員にカウンターパート方式で，初期対応に当たっていただいた。宇土市を支援いただいた長崎県と沖縄県の職員の方々に，実施本部として被害確認などを的確に行っていただいたおかげで，支援本部としての支援活動をスムーズに行うことができた。このような体制を日頃から築いておくことは有効だと感じた。

また，南阿蘇村については，発災後の早い段階では道路状況が悪く，熊本市内から判定士を派遣することが困難だったため，隣県の大分県の提案により判定士を派遣してもらったことで，早期の判定活動に着手することができた。

なお，本県と静岡県は災害時の相互応援等に関する協定を結んでいたことから，最初の段階から判定活動等を支援いただき，判定体制を確保するうえで，大変ありがたかった。

3.3 判定活動拠点施設

支援本部は県庁舎内（建築課）に設置し，判定拠点施設として庁舎内の大会議室を活用する計画としたが，庁舎の大会議室も避難所として活用せざるを得ない状況であったため，庁内に多数の判定士を受け入れることができず，判定活動の拠点を庁外に設置せざるを得なかった。

また，広い空間を有する体育館等の施設はほとんどが避難所となっていた。一方，避難所として使われていなかった，益城町に近い熊本市東部にある県立盲学校の体育館を利用することができたおかげで，最初に判定活動にあたった益城町への移動は，比較的スムーズに行うことができた。

3.4 宿泊場所

判定活動拠点施設の隣接地にある県立高校のセミナーハウス，被災地に近い県立少年自然の家 2 カ所，この他市民体育館など利用することができたが，医療関係者，各種ボランティア団体により，被災地近隣の宿泊施設が早い段階から手配されていたため，セミナーハウス以外は体育館等を確保するのが精一杯であった。また，当初は，寝袋等の寝具の持参をお願いしていたが，途中から熊本市から毛布等を提供いただいたことで，就寝環境の改善につながった。

3.5 判定活動の移動手段

熊本市以外は，公共交通機関での移動が難しかったことから，判定士各自の車（レンタカー等）で移動してもらうこととした。また，熊本市の場合，大量の判定士が必要だったため，バスでの移動が有効であった。

3.6 民間判定士の活動費用支援

平成 28 年 4 月 23 日から，日本建築防災協会が民間判定士の旅費等の支援を開始されたことで，民間判定士の判定依頼が行いやすくなった。今後は，被災当初から同様の制度を活用できれば，民間判定士の参加を呼びかけやすくなると思われる。

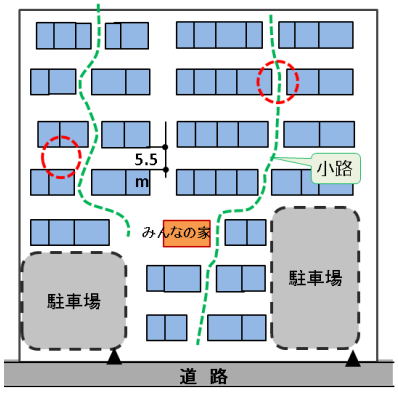
4 応急仮設住宅について

被災者の痛みを最小化し，日常的なコミュニケーションが生まれるよう，東日本大震災や熊本広域大水害での経験を活かし，くまもとアートポリスのコミッショナーである建築家・伊東豊雄氏の助言を受けながら配置計画等を工夫し，「みんなの家のある仮設住宅」を県内 16 市町村において，110 団地 4,303 戸の応急仮設住宅を整備した（**表 2**）。

表 2　応急仮設住宅整備戸数

市町村名	団地数	整備戸数	うち 木造戸数
益城町	18	1,562	6
熊本市	9	541	0
その他	83	2,200	677
県内全体	110	4,303	683

これまでの仮設住宅の過密な住戸配置を見直し（**図 2**），断熱・遮音性能の向上や熊本県産木材・畳表を使用するなど，「あたたかさ」と「ゆとり」と「ふれあい」のある応急仮設住宅を提供した（**写真 3**）。また，木造の仮設住宅を取り入れることと併せて，バリアフリー型の住宅 1 団地 6 戸，玄関の段差解消，住戸内の段差を解消した改良型のスロープ棟 7 団地 28 戸を整備している。



①従来よりもゆったりとした配置計画
【敷地面積】
100m² ⇒ 150m² ／戸
【住棟間隔】
4m ⇒ 5.5，6.5m
②みんなの家や駐車場の配置に配慮
③住棟間に小路の配置，木製ベンチの設置

図 2　仮設住宅の配置見直し

・県産木材，県産畳表の使用（全戸に畳の部屋を設置）
・コミュニティーに配慮し，南側に掃出し窓，濡れ縁を設置
・壁，窓等の断熱性の向上（断熱材，ペアガラス）　等

写真 3　木造仮設住宅

5 みんなの家

「みんなの家」は，被災した方々が，新しい生活を回復するための拠点として，伊東豊雄氏が提案し，東日本大震災や平成 24 年に発生した熊本広域大水害でも建設した。熊本地震ではこれまでの経験を活かし，甚大な被害を受けた方々の痛みを最小化し，少しでも安らぎを感じていただけるような，応急仮設住宅の集会施設を木造の「みんなの家」として，県内 12 市町村 62 団地の応急仮設団地に，84 棟を整備した。

大規模な仮設団地（8 団地）では複数棟の「みんなの家」を整備することとし，コミッショナーから推薦があった建築家が入居者との意見交換をもとに個別にプランを計画して建設した。この意見交換などにより，入居者のコミュニケーションが活性化し，「みんなの家」完成後の有効活用につながっている（**写真 4**）。

写真 4　みんなの家での KASEI (※) の活動

※九州建築学生仮設住宅環境改善プロジェクト
九州・山口の学生らが，熊本地震の被災地に建設された仮設住宅地の環境改善活動を行い，居住者に安らぎのある住環境と，それらの一連の活動を通じて豊かなコミュニティーを築くことに「加勢（かせい）」する。

6 くまもと型復興住宅

熊本県産木材を使用し，地震に強く，良質でコスト低減に配慮した，県内の工務店等が建設する木造住宅である「くまもと型復興住宅」（**図 3**）について，県内建築関係団体等と連携し，被災者による自立再建住宅の後押しとして建設を促進することとしている。

モデル住宅の建設は，被災された方々がくまもと型復興住宅を直接見学されることで，より早い段階で自立再建を検討していただくことを目的としている。

建設場所の益城町テクノ仮設団地は，県内最大の

516戸を有するため，整備当初から，店舗や福祉施設など，整備後必要と想定された施設のための用地を確保していたため，この用地にモデル住宅3棟の建設を平成28年8月末から着手し，平成28年12月2日に完成したものから順次，公開している。

このモデル住宅は，本体販売価格1,000万円以下で耐震等級3のものである（**写真5**）。

①熊本の気候・風土等地域特性に配慮した住宅
②熊本県産の木材など地域産材を使用した住宅
③耐震等級3又は3相当の地震に強い住宅
④被災者の住宅再建を考慮した良質でコスト低減に配慮した住宅
⑤県内に本社を置く住宅事業者，大工・工務店が建設する住宅

図3　くまもと型復興住宅の定義

・益城町テクノ仮設団地内
・県産木材を使用
・耐震等級3
・本体販売価格（税別）
1,000万円以下
※外構，オプション等を除く

写真5　くまもと型復興住宅

モデル住宅の建設，運営は，各団体，グループが行っており，協議会において，モデル住宅を用いたセミナーや相談会を開催し，被災者への情報提供を行っている。

このように，応急仮設住宅の団地内に復興住宅としてのモデル展示を行ったのは，全国初の試みであり，より被災者に近い位置での展示を行っている。

第1号棟の公開以降，多くの来場者があり，平成29年9月末時点で既に6,000組を超える状況であり，被災者の住まいの確保に関する関心の高さが分かる。

7 住宅耐震化支援事業

熊本地震以前は，木造住宅の耐震化に関連する耐震診断，耐震改修工事等の補助制度が県内の約半数程度の市町村に限定されていたことから，地震による被害が多かった木造住宅の耐震化に関連する補助制度について，熊本地震復興基金を活用し，県内全域で補助を受けることができるよう，住宅耐震化支援事業を創設し，支援を行っている（**図4**）。

平成29年12月までに全市町村において，体制が整う予定となっている。

耐震診断　図面あり5,500円，図面なし19,000円
耐震改修設計　20万円（補助率2／3）
耐震改修工事　60万円（補助率1／2）
建替工事　60万円（補助率23%）
耐震シェルター工事20万円（補助率1／2）

図4　住宅耐震化支援事業概要

8 災害公営住宅

県では，災害公営住宅事業の受託など市町村への技術支援を行うことにより，住宅整備の早期実現を目指し「あんしん」，「あたたかさ」，「ふれあい」の3つの視点により，入居される方々のコミュニティー形成，高齢者に配慮した，熊本らしい災害公営住宅となるよう整備することとしている。

災害公営住宅整備予定（平成29年10月16日 現在）
12市町村　1,027戸
（うち，9市町村　21地区　464戸で設計等に着手）

9 おわりに

熊本地震発災当初は，被災建築物応急危険度判定をはじめ被災宅地危険度判定活動など，都道府県，市町村の職員の方々をはじめ民間判定士など多くの方々の参加をいただいたことで，無事判定活動を終了することができ，感謝している。

また，国土交通省をはじめ自治体職員や建築関係団体の皆様にも，これまで継続的に復旧を支援いただいたことに，改めて御礼申し上げる。

熊本地震から1年半が過ぎ，本格的な復興はこれからだが，これまで全国の皆様方に支援いただいたことを忘れることなく，これからの復旧復興業務にあたっていくので，引き続き，アドバイス等をいただけると幸いである。

〈参考文献〉
1）国土交通省：「熊本地震における建築物の被害の原因分析を行う委員会報告書」，2016.9
2）熊本県：「熊本地震の概ね3カ月間の対応に関する検証報告」，2017.3

熊本市大規模盛土造成地の地震被害の特徴と自治体の対応

上村 祐一*

Key Word 熊本地震，大規模盛土造成地，宅地被害，自治体の対応

1 はじめに

平成 28 年 4 月 14 日の午後 9 時 26 分，熊本県熊本地方において，日奈久断層の活動によるマグニチュード 6.5 の地震が発生し，熊本市北部では最大震度 5 強が観測された。その 2 日後の 4 月 16 日の午前 1 時 25 分，今度は布田川断層の活動によるマグニチュード 7.3 の地震が発生し，同地区では最大震度 6 弱が観測された。気象庁は，4 月 14 日の地震を「前震」，16 日の地震を「本震」と位置付け，一連の地震を平成 28 年熊本地震と命名している。この地震により熊本市では，数多くの宅地被害が発生し，その中でも大規模な盛土造成が行われた地区では，集中的に宅地被害が発生したことから，被災した宅地の早期復旧と，再度災害防止を図ることを目的として宅地の復旧事業を進めている。

本稿では，熊本地震により熊本市内の大規模盛土造成地で発生した宅地被害の特徴と復旧に向けた自治体の対応内容について紹介する。

2 熊本市における宅地被害数

今回発生した地震により，熊本市では，多くの住家等への被害が発生した。これを受けて熊本市では全国に危険度判定士の応援を要請し，被災宅地危険度判定を実施した。**図 2.1** には，判定結果などの位置を示すが，宅地地盤の変状による被害は主に丘陵地～平野部にかけて確認されており，特に市北東部～南東部にかけて集中的に被害が認められた。また，平野部においては，広範囲に液状化被害も認められている。

なお，平成 29 年 1 月 31 日時点で確認された住家被害数は**表 2.1** に示すとおりであり，約 12 万戸もの住家に被害が認められる。そのうち，がけ崩れや液状化を原因とするものは，**表 2.2** に示すように約 7 千戸と推定している。

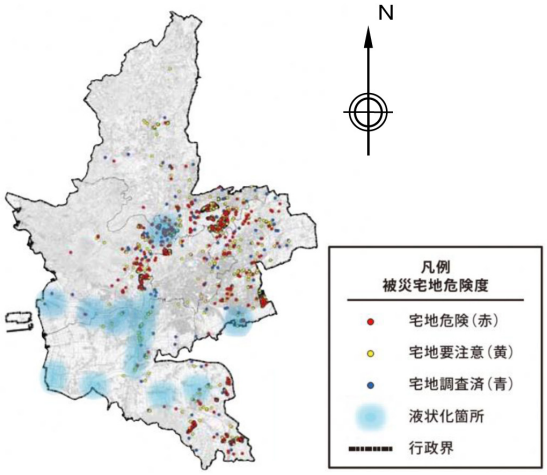


図 2.1　住家被害位置（危険度判定実施位置 [1)]）

表 2.1　住家被害数（り災証明書交付件数）[1)]

被害の程度	件数
全壊	5,669
大規模半壊	8,795
半壊	35,798
一部損壊	67,113
計	117,375

（平成 29 年 1 月 31 日現在）

表 2.2　宅地被害数（推定）

被害状況	戸数
がけ崩れ（危険度判定など）	約 4,300
液状化（基礎調査など）	約 2,900
計	約 7,200

（平成 29 年 1 月 31 日現在）

*熊本市　都市建設局都市政策部震災宅地対策課

3 大規模盛土造成地で発生した宅地被害

3.1 宅地被害の状況

熊本市内で発生した宅地被害のうち，大規模盛土造成地を対象に被害が発生したのは，**図 3.1.1** に示す全 9 地区である。

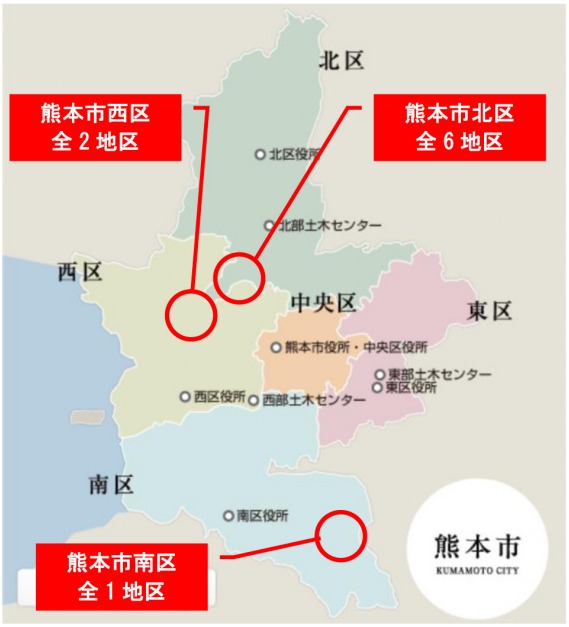


図 3.1.1　大規模盛土造成地の被害位置
（熊本市地図情報サービスに加筆）

これら 9 地区について，被災宅地危険度判定により，赤～黄判定が集中している範囲，つまり被災した宅地が集中している範囲について，盛土造成前後の空中写真の比較を行い，新旧地形図より重ね合せ図を作成し，盛土面積および盛土厚の推定を行った。**図 3.1.2** には，一例として熊本市北区（**表 3.1.1** 中の 1 地区）における盛土造成前後の空中写真の比較例とこれにより設定した調査区域の設定例を，**図 3.1.3** には新旧地形図の重ね合わせ図を示す。新旧地形図の比較結果より，地震被害を受けた全 9 地区は**表 3.1.1** に示すような盛土状況であることを把握した。今回被害の発生した盛土造成地は，いずれも谷埋め盛土で，原地盤勾配は約 5 ～ 20° 程度，最大盛土厚は約 5 ～ 10m 程度であることが判明した。

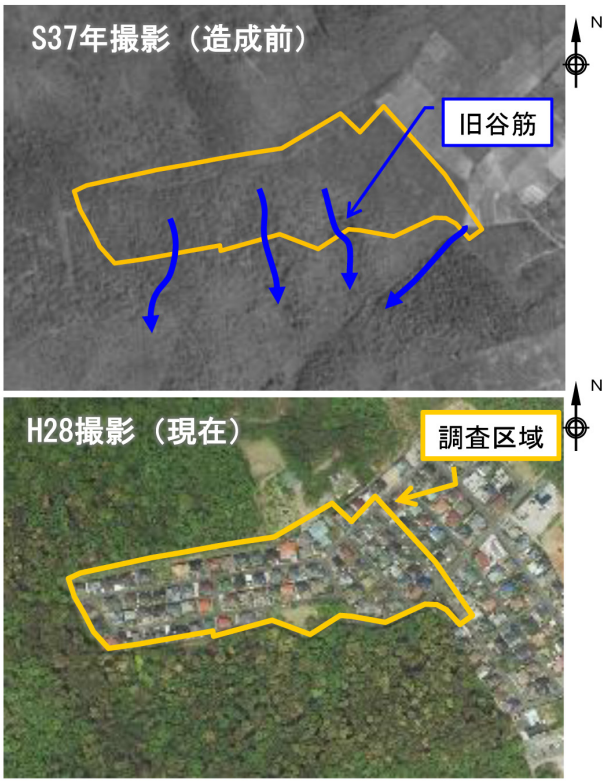


図 3.1.2　盛土造成前後の空中写真

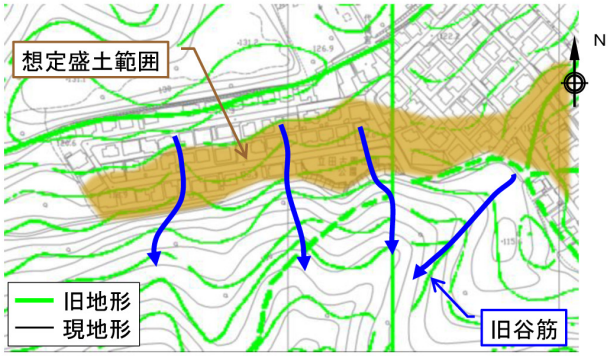


図 3.1.3　新旧地形図の重ね合わせ図

表 3.1.1　各地区における盛土緒元

地区名	面積 (m^2)	家屋数（戸）	原地盤勾配	最大盛土厚
1 地区	18,000	50	約 15°	約 5m
2 地区	28,000	30	約 10°	約 5m
3 地区	17,000	50	約 5°	約 10m
4 地区	10,000	18	約 10°	約 10m
5 地区	24,000	36	約 15°	約 10m
6 地区	50,000	80	約 5°	約 5.5m
7 地区	41,000	61	約 5°	約 5m
8 地区	58,000	57	約 20°	約 6.5m
9 地区	29,000	25	約 15°	約 7m

（原地盤勾配および最大盛土厚は地形図からの読み取り値）

写真 3.1.1 は，宅地内の変状状況である。コンクリート部分に多数のクラックが発生しており，練積み擁壁は 20cm の段差・開きが発生している。

写真 3.1.1　宅地内の変状状況

写真 3.1.2 ～ 3.1.3 は，街区道路の変状状況である。舗装に開口幅 10cm のクラックが発生し，擁壁背面（谷側）では最大 60cm の沈下が認められた。

写真 3.1.2　街区道路の変状状況 -1

写真 3.1.3　街区道路の変状状況 -2

写真 3.1.4 は，造成地内の公園の変状状況である。開口幅 10cm のクラックが公園内の長い区間で発生している。

写真 3.1.5 ～ 3.1.6 は，宅地擁壁の変状状況である。隅角部が大きく変形しており，端部は崩壊している。背面盛土が擁壁を大きく押し出していると想定される。

これらの変状は，**図 3.1.3** に示した典型的な谷埋め盛土造成地内で発生している。

写真 3.1.4　造成地内の公園の変状状況

写真 3.1.5　擁壁の変状状況 -1

写真 3.1.6　擁壁の変状状況 -2（写真 3.1.5 近景）

3.2 宅地被害の特徴

これらの宅地は，いずれも谷埋め型盛土で造成された宅地であることは前に述べたとおりである。

この造成された宅地に発生した被害は，盛土が水平移動を伴って地盤が変状したこと，つまり**図 3.2.1** に示すような滑動崩落が生じたことが想定された。

被害形態		模式図
滑動崩落	変形	すべりによる変形

図 3.2.1　地震時に想定された被害形態 [2)]

一般的に，滑動崩落は，古い年代に造成された宅地ほど発生しやすい傾向にあると考えられる。

図 3.2.2 には，滑動崩落の発生した地区数と造成年代および宅地造成に係る各種法令の施行時期を整理した。本市においては，熊本地震の滑動崩落による宅地被害は，宅地造成等規制法の施行後となる 1962 年から宅地防災マニュアルが発刊された 1989 年までの間に造成された地区に多い。

一方で，1989 年以降の比較的新しい年代に造成された地区においても，滑動崩落の発生が認められていることが特徴といえる。

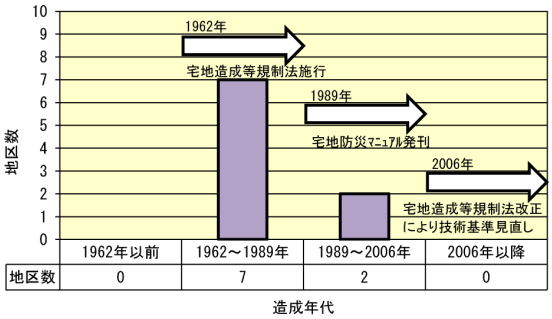


図 3.2.2　各種法令と盛土造成年代

4 宅地被害の復旧に向けた熊本市の対応

4.1 既存制度による復旧事業

本市では，被災した宅地を対象に既存制度としていくつかの国庫補助事業（公共事業）による復旧を進めており，前述の被災した大規模に盛土造成された宅地については「大規模盛土造成地滑動崩落防止事業」による宅地耐震化を進めることとした。本市においてこの事業は，宅地の早期復旧と，再度災害防止を目的としたものであり「大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説」（以下ガイドラインと示す）に基づいて実施している。なお，本市では，国庫補助事業による宅地復旧については，住民負担を求めないこととした。また，住民同意も必須であるものの，この事業が採択されるためには，以下の 3 つの要件を満たす必要があり，前述した 9 地区のうち先行している 5 地区については，詳細調査の結果を踏まえ，いずれも要件を満たす見込みであり，残りの 4 地区は現在，詳細調査中である。

表 4.1.1　事業の採択要件 [2)]

【採択要件】以下のいずれかに該当するもの
①宅地造成等規制法第 16 条第 2 項の勧告又は同法第 20 条第 1 項の指定
②盛土面積が 3,000m² 以上かつ、盛土上に 10 戸以上の家屋が存在するもの（谷埋め型） あるいは盛土する前の地盤面の勾配が 20°以上，盛土の高さが 5m以上、盛土上に 5 戸の家屋が存在するもの（腹付け型）
③盛土部分が滑動崩落により、道路や河川、避難路等に被害が発生する恐れのあるもの

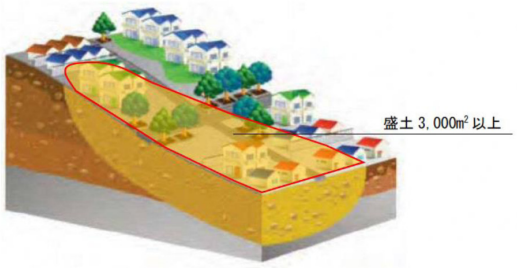


図 4.1.1　谷埋め型大規模盛土造成地イメージ [2)]

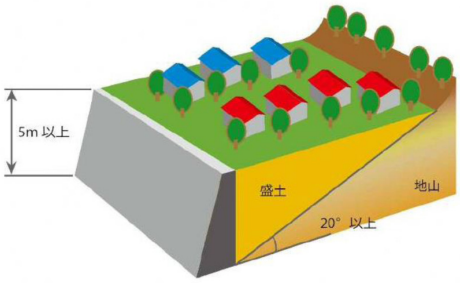


図 4.1.2　腹付け型大規模盛土造成地イメージ [2)]

4.2 新たな支援制度による復旧事業

さらに本市では，前述した既存制度以外にも新たな支援制度による宅地復旧を実施している。

ひとつは，個人で宅地復旧を施工した場合に市より補助する「熊本市宅地復旧支援事業（熊本地震復興基金）」であり，もうひとつが国庫補助事業の「宅地耐震化推進事業（拡充制度）」である。

(1) 熊本市宅地復旧支援事業について

本事業は，熊本地震復興基金を財源として新たに施行している事業である。

その事業の概要は表 4.2.1 および図 4.2.1 ～ 4.2.2 に示すとおりであり，対象工事に関する調査および設計費を含むことができること，熊本地震により被災した復旧工事であって，既に工事が完了しているものも含むことなどが特徴である。

表 4.2.1　熊本市宅地復旧支援事業の概要 [3)]

項　目	内　容
① 対象者	平成 28 年熊本地震発生時に住宅の用に供されていた土地の所有者等（管理者又は占有者は所有者の承諾を得たもの）
② 対象宅地 （用途）	(1)戸建住宅 (2)アパート及びマンション （賃貸・分譲） (3)店舗(事務所)併用住宅 （住宅の用に供する部分） (4)個人所有者の住宅と一体的に利用している倉庫・納屋
③ 対象外 宅地（例）	(1)住宅となる家屋がない倉庫・納屋　(2)店舗　(3)事業所 (4)工場　(5)事業用倉庫 (6)社宅等
④ 対象金額	個人施工の工事費から 50 万円を控除した額に 2/3 を乗じた額。対象工事実額が 1,000 万円を超える場合の交付額は、633 万 3 千円を限度とする。(ｱﾊﾟｰﾄ・ﾏﾝｼｮﾝ等は複数世帯と考えられるが、１宅地とみなす)
⑤ 対象工事	(1)のり面の復旧工事 (2)擁壁の復旧工事 （旧擁壁の撤去、擁壁に関する排水施設設置工事） (3)地盤の復旧工事 （陥没への対応工事） (4)地盤改良工事 （住宅建屋（住宅及び住宅に付属する用途に供する建築物）下の工事） (5)住宅基礎の傾斜修復工事 （住宅建屋の基礎の沈下又は傾斜を修復する工事）

(2) 宅地耐震化推進事業（拡充制度）について

本事業は，既存の宅地耐震化 推進事業の対象となる要件を拡充して施行している事業である。

この事業の採択要件などは表 4.2.2 および図 4.2.3 ～ 4.2.4 に示すとおりであり，本来，私有財産である宅地の復旧は，個人負担が原則となるが，道路などの公共施設の安全度向上にも繋がることから，上記にも述べたとおり，負担金は求めないこととして，小規模な宅地被害にも対応できることが特徴となっている。

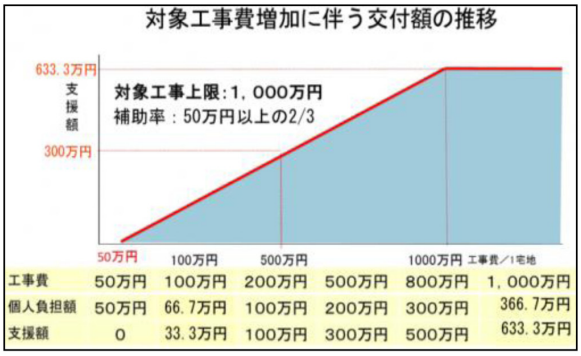


図 4.2.1　事業の対象金額 [3)]

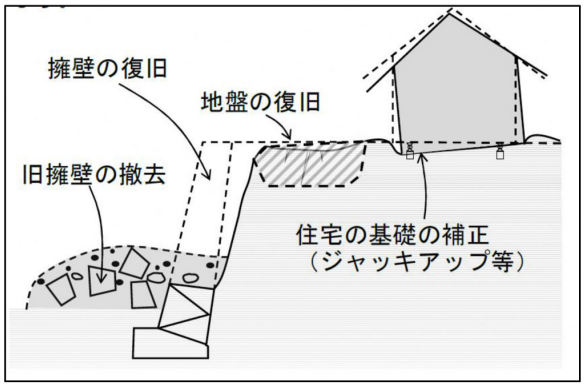


図 4.2.2　事業の対象工事概要図 [3)]

図 4.2.3　要件イメージ図 [3)]

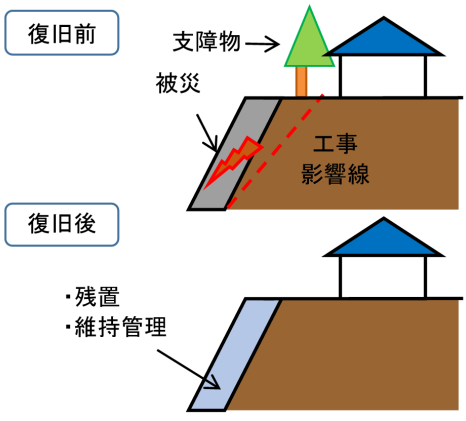


図 4.2.4　事業の留意点イメージ図 [3)]

表 4.2.2　宅地耐震化推進事業（拡充制度）の概要 [3)]

項　目	内　容
① 対象	避難路等に影響を及ぼす擁壁の復旧工事等
② 要件	(1)盛土（擁壁、斜面）の高さが 2m 以上ある (2)盛土（擁壁、斜面）の上に家屋が 2 戸以上ある (3)盛土（擁壁、斜面）の前に避難路（道路）、鉄道、河川がある ※すでに工事を行ったものは対象外 ※ひび割れや目地詰めなどの補修工事のみは対象外
③ 留意点	(1)支障物件の移転 　支障物件（工事の影響範囲にあるカーポート等）は、原則として宅地所有者の負担にて移転 (2)構造物の残置 　本事業にて施工した擁壁は、施設が存続する期間中、原則として撤去や変更することができない（転売時も） (3)維持管理 　本事業にて施工した擁壁は、宅地所有者にて日常の維持管理を行い、擁壁が再度被災した場合、自治体による復旧は行わない
④ 復旧方法	(1)市町村が施工（直接補助） 　自治体にて工事を発注し施工 (2)個人（申請人）が業者を選んで施工（間接補助）

5 まとめと今後の課題

平成 28 年に発生した熊本地震により，熊本市では，数多くの宅地被害が発生し，中でも大規模な盛土造成が行われた地区では，谷埋め型盛土を素因とした滑動崩落による被害が発生した。また，一般的に滑動崩落による被害は，古い年代に造成した宅地ほど発生しやすいとされていたが，今回は比較的近年に造成した宅地でも被害が発生していたことが特徴といえる。

これらの被害を未然に防ぐためには，造成された谷埋め型盛土のエリアを抽出するなど，宅地耐震化のために事前対策を行う必要性があることも認識された [4)]。

また，被災した宅地の早期復旧と，再度災害防止を図ることを目的として，既存制度のみならず，新たな支援制度などを活用してもらうことで，安全な宅地の早期復旧を図ることができると考えられる。

今後も国庫補助事業による復旧や復興基金を活用した支援制度が円滑に進むよう，説明会などによる周知を図り，被災者の皆様の一日も早い生活再建を目指して，この復旧事業に取り組んでいきたい。

謝辞：本稿を作成するにあたり，ご協力いただいた熊本県，熊本市の各関係部署および応用地質株式会社の皆様には，深く感謝申し上げます。

〈参考文献〉
1）熊本市．平成二十八年熊本地震『震災の記録』～再起へ～．2017，p.71.
2）国土交通省．大規模盛土造成地の滑動崩落対策推ガイドライン及び同解説．2015.
3）熊本県，熊本市．被災宅地復旧の手引き～熊本地震による被災者の皆様へ～．2017.
4）宅地防災研究会．宅地防災マニュアルの解説　第二次改訂版．2007.

熊本地震に関する阿蘇地域の土砂災害対策について

松永 清文（まつなが きよふみ）*

Key Word　熊本地震，土砂災害，斜面崩壊，土石流，地すべり，がけ崩れ

1 はじめに

熊本地震に関する阿蘇地域の土砂災害対策について，土砂災害の概要や熊本県の取組みなどについて紹介する。

2 南阿蘇村などの斜面被害の特性

2.1 阿蘇地域の地質特性

阿蘇地域における熊本地震の地震動による規模の大きな土砂災害は，おもに先阿蘇火山岩類からなるカルデラ壁の崩落と中央火口丘群での火山岩の上に厚く堆積した火山灰の崩壊に区分することができる。また，降雨時の土砂災害とは違った多くの土砂災害特性を持っている。

なお，熊本大学が行った熊本地震による土砂災害の崩壊分類（**表 2.1**）では，崩壊分類タイプを A ～ C－3 の 5 タイプに分類した。代表的な崩壊状況は，分類ごとに**写真 2.1 ～ 2.3** のとおりである。

2.1.1 発生状況

今回の土砂災害の発生状況は，以下の 3 つの特徴を有している。

□斜面崩壊は，崖頂部から発生し渓流のみならず，尾根部や山腹斜面にも多くに発生した。

□山王谷等に代表される土石流は，降雨が無いにもかかわらず斜面崩壊がそのまま土石流へと移行した。

□降下火砕物堆積部では，緩勾配での斜面でも地すべりが発生した。

2.1.2 周辺状況

斜面崩壊や地すべり発生した周辺状況は，無数の亀裂が残存し，移動土砂等は斜面の途中や渓流上部に多く堆積した。

2.1.3 今後の危険度リスク推移

土砂災害危険度リスクは，斜面の途中や渓流上部に多く堆積した土砂や倒木及び崩壊地周辺の亀裂により，飛躍的に増大した状況となっている。

表 2.1　【熊本地震による土砂災害の崩壊分類】

崩壊分類タイプ	土砂災害形態	地質分類	崩壊のメカニズム	代表的な箇所
A	土石流	降下火砕物	表層崩壊からの堆積土砂流下	山王谷川
B	大規模斜面崩壊	先阿蘇火山岩類	上部斜面表層と中部崖錐堆積物の崩壊による複合大規模崩壊	立野阿蘇大橋付近
C-1	斜面崩壊	先阿蘇火山岩類およびAso-1~3火砕流堆積物	落石、トップリング 岩盤崩壊	立野火口瀬 北外輪山カルデラ壁
C-2		降下火砕物	表層崩壊	中央火口丘群 烏帽子岳、小烏帽子岳
C-3		降下火砕物	地すべり性崩壊 アースフロー	高野台地区

*熊本県土木部河川港湾局砂防課長

写真 2.1　山王谷川の土石流

写真 2.2　立野の大規模斜面崩壊

写真 2.3　高野台地区の地すべり

3 熊本県内の土砂災害発生状況

3.1 土砂災害の発生件数

熊本地震による土砂災害発生件数は，土石流・山腹崩壊が 54 件，地すべり 10 件，がけ崩れ 94 件の合計 158 件となっている。

また，平成 28 年 6 月の梅雨前線豪雨等による土砂災害発生件数は，土石流・山腹崩壊が 17 件，地すべり 0 件，がけ崩れ 47 件の合計 64 件となっている。この結果，熊本県内においては，熊本地震とその後の豪雨災害を合わせると平成 28 年度における土砂災害の発生件数は 222 件となり非常に多い状況であった。

3.2 地震後の大雨状況

熊本県内では，平成 28 年 6 月 19 日から 25 日にかけて，梅雨前線豪雨が活発になり，特に 20 日夜から 21 日朝にかけて大雨となった。特に甲佐町では 6 月 21 日 0 時 19 分までの 1 時間に 150 ミリ（**表 3.1**）を観測し，全国でも観測史上 4 位の大雨となった。この大雨の影響で，土砂災害，浸水害等が発生し，死者 6 名の甚大な被害が発生した。

表 3.1

◇県内4箇所で観測史上1位の時間雨量を記録

地　点	降水量	起時：日時分（まで）	統計開始年
▲甲佐（甲佐町）	150mm	6月21日 00時19分	1976年
▲宇土（宇土市）	122mm	6月20日 23時27分	2006年
▲三角（宇土市）	104mm	6月20日 23時48分	1976年
▲熊本（熊本市）	94mm	6月20日 23時04分	1890年

3.2.1 大雨による斜面崩壊の発生・拡大

熊本地震により土石流が発生した山王谷川（南阿蘇村長野）（**写真 3.1**），夜峰山（南阿蘇村河陽）（**写真 3.2**）及び立野地区（南阿蘇村立野）（**写真 3.3**）では，平成 28 年 6 月 19 日からの大雨により，21 日未明に再び土石流が発生し新たな斜面崩壊などの被害の拡大が確認された。

今回，被害が拡大した阿蘇地域は，そもそも熊本地震により多くの土砂災害が発生した地域である。大雨により，斜面崩壊等の周辺部の亀裂が拡大した

写真 3.1

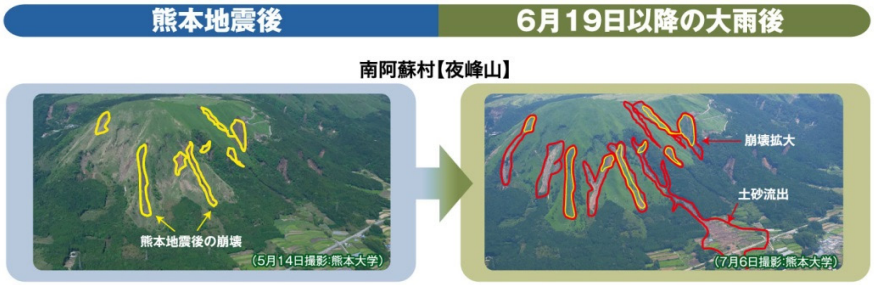


写真 3.2

写真 3.3

り，新たに斜面崩壊が発生したり，斜面や渓流の途中に多く堆積した土砂，倒木などが流出したものと考えられる。

4 土砂災害への対応

4.1 ソフト対策とハード対策

県では，これまで土砂災害から人命や財産を守るために，住民に警戒避難の情報などを提供するソフト対策と砂防堰堤などの整備を行うハード対策を実施している。

4.2 ソフト対策

熊本地震後にソフト対策として，土砂災害危険箇所の緊急点検，地震発生後の応急対策，土砂災害警戒情報発表基準の暫定的な運用，梅雨前の安全点検などを実施しており，内容については以下のとおりである。

4.2.1 土砂災害危険箇所の緊急点検

熊本地震後のさらなる土砂災害の防止，今後の警戒避難及び応急的な対応を行うために，震度 5 強以上を観測した市町村において，土砂災害危険箇所の緊急点検を実施した。今回の点検結果（**表 4.1**）は，国及び県で 30 市町村 6,587 箇所を点検し，そのうち，応急的な対策が必要な危険度 A の箇所は，98 箇所に上った。

また，この緊急点検結果については，関係市町村の防災関係者や住民にも説明を実施した。

表 4.1

《点検結果》

	危険度A	危険度B	危険度C	計
土　石　流	45	54	1,673	1,772
急傾斜地崩壊	52	207	4,527	4,785
地　す　べ　り	1	3	25	29
計	98	264	6,225	6,587

4.2.2 地震発生後の応急対策

土砂災害危険箇所の緊急点検を受けて，崩壊土砂の撤去や大型土のう設置などの応急対策が必要な箇所については，梅雨期前の平成 28 年 5 月末までに対策を行った。主な対策箇所は，南阿蘇村の高野台地区（**写真 4.1**）や山王谷川（**写真 4.2**）など阿蘇地域における土砂災害発生箇所があげられる。

写真 4.1　大型土のう設置

写真 4.2　堆積土砂の撤去

4.2.3 地震発生後の土砂災害警戒情報発表基準の暫定的な運用

熊本地震により地盤が緩んだことにより，雨による危険性が通常より高くなっていると考えられる。このため，震度5強以上を観測した市町村では，県と熊本気象台が共同で発表する土砂災害警戒情報の発表基準（土壌雨量指数基準）について，平成28年4月16日から通常基準より引き下げた暫定基準を設けて運用した。これにより，通常より少ない雨量で土砂災害警戒情報が発表されることになる。

4.2.4 梅雨前の安全点検

熊本地震及びその後の梅雨の豪雨により土石流等の土砂災害が発生し砂防堰堤等の対策工事を計画している県内12市町村60箇所は，平成28年度に応急的な安全対策を実施したものの施設整備が完了するまでは，依然として危険性が高いため，平成29年の梅雨に備えて安全点検を実施した。

まず，各地域振興局土木部が，対象箇所の60箇所全てで1次点検を実施し，より詳細な点検が必要な箇所として，平成29年5月18日に，阿蘇市，宇土市，南阿蘇村，西原村の県内13箇所において，熊本大学の土砂災害等の専門家や市町村，砂防ボランティア協会，防災科学技術研究所の協力のもと2次点検（**写真4.3**）を実施した。今回，実施した点検結果については，県庁ＨＰで公表するとともに，結果を踏まえて，県内10箇所について追加の安全対策を実施した。

写真4.3　2次点検状況

4.3 ハード対策

熊本地震後のハード対策として，県は，災害関連緊急事業，災害関連地域防災がけ崩れ対策事業，激甚災害対策特別緊急事業などを実施しており，内容については以下のとおりである。

4.3.1 災害関連緊急事業

熊本地震及びその後の豪雨による土砂の崩壊等危険な状況に緊急に対処するための砂防設備を設置する目的で，砂防事業，地すべり対策事業，急傾斜地崩壊対策事業の3事業において，災害関連緊急事業を実施している。

事業年度：平成28年度
事業規模：
□災害関連緊急砂防事業
26箇所　約110億円
□災害関連緊急地すべり対策事業
3箇所　約46億円
□災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業
31箇所　約43億円

4.3.2 災害関連地域防災がけ崩れ対策事業

がけ崩れが発生し直接人家等に被害を及ぼす恐れがある場合，次期降雨等による再度災害を防止する目的で，がけ崩れ防止工事を市町村が事業主体となり実施している。

事業年度：平成28年度から2ヵ年
事業規模：277箇所　約67億円

4.3.3 激甚災害対策特別緊急事業

土砂崩壊等の激甚な災害が発生した地区で，再度災害が生じることを防止するために砂防施設を早急に設置することを目的としている。一定期間内に一定計画で実施し，砂防事業，地すべり対策事業の2事業において，激甚災害対策特別緊急事業を実施している。

事業年度：平成29年度から3ヵ年
事業規模：
□砂防激甚災害対策特別緊急事業
5箇所　約3億円（平成29年度）
□地すべり激甚災害対策特別緊急事業
2箇所　約8億円（平成29年度）

5 おわりに

熊本地震発災後から，国のTEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）をはじめ災害対策事業への技術的支援について誠に感謝します。また，本県に職員を派遣された又は，現在，派遣されている都道府県の方々，その他多くの関係者の方々にも御礼申し上げます。

熊本地震から1年半が過ぎ，本格的な復興は，これからですが，関係機関の皆様方には引き続き，ご支援の程よろしくお願いいたします。

〈参考文献〉
1）熊本県：「平成28年熊本地震　土砂災害の被害状況について」2016.11改訂

熊本地震による熊本城の被害と復旧

嘉村 哲也（かむら てつや）*

Key Word 地震，熊本城，石垣，崩落，裏込め

1 はじめに

熊本城は，現在の熊本県熊本市中央区に所在する阿蘇の火砕流が堆積した「茶臼山」と呼ばれる丘陵に築かれている。加藤清正が関ヶ原の戦い後，肥後一国の領主となり茶臼山の丘陵全体にわたる城郭建設にかかり，慶長 12 年（1607）に完成させた。その城郭は周囲 5.3km，総面積 98 万 m^2 に及ぶ広大なものである。往時の熊本城は大小天守閣をはじめ，櫓 49，櫓門 18，城門 29 程度を数える。熊本城は明治 10 年（1877）の西南戦争で天守，本丸御殿などが焼失したが，その後籠城に耐え，難攻不落で堅固な城として有名である。宇土櫓をはじめ 13 棟が重要文化財に指定されている。現在の天守は昭和 35 年（1960）に再建されたものである。

2 熊本地震の概要

4 月 14 日 21 時 26 分発生の M6.5 最大震度 7 の前震と 4 月 16 日 1 時 25 分発生の M7.3 最大震度 7 の本震が連続した観測史上例のない地震とされる。震源は布田川・日奈久断層帯で，4 月 19 日まで震度 5 以上の地震が 9 回あった。14 日の前震は日奈久断層で起き，16 日本震は布田川断層が日奈久断層に接する箇所で起きた。震源の深さが 10km 程度と浅かったため，地上の激しい揺れを惹き起こしたとされる。最大震度 6 強を記録している。熊本・阿蘇・大分地方の震度 1 以上の地震数は，平成 29 年 4 月 12 日現在 4,309 回で，4 月 14 日～4 月 30 日の間で 3,024 回であった。国土地理院による地殻変動に関する熊本城の変動値は，上下動で－ 22cm，水平動では北から 57 度東の北東方向へ 51cm 動いている。

写真 -1　宇土櫓（奥に見えるのは大小天守）

写真 -2　地震後の大小天守（北東から）

*熊本市　熊本城調査研究センター　文化財保護主事

3 熊本城の被害状況

表 -1　熊本地震前震，本震の被害

平成 28 年 4 月 14 日　21 時 26 分「前震 M6.5」

種類	被害数量	内容
重要文化財建造物	10 棟	長塀 80m 崩壊 ９棟は瓦・外壁落下
復元建造物	７棟	天守閣瓦落下 壁ひび，塀崩壊など
石垣	崩落６箇所	膨らみ，緩み多数

平成 28 年 4 月 16 日　1 時 25 分「本震 M7.3」

種類	被害数量	内容
重要文化財建造物	13 棟	倒壊２棟 一部倒壊３棟 屋根・壁破損多数
復元建造物	７棟	倒壊５棟 他は下部石垣崩壊， 屋根・壁破損など
石垣	要修復箇所 517 面 （崩落箇所 229 面）	約 23，600 ㎡ 全体の 29．9% （崩落約 8，200 ㎡ 全体の 10．3%）

【参考】熊本城跡全体の石垣：973 面約 79,000m^2
特別史跡熊本城跡の面積：約 512,000m^2

3.1 重要文化財建造物の被害

重要文化財建造物 13 棟すべての建造物が被災した。中でも熊本城の北東に近接して位置する東十八間櫓，北十八間櫓は全壊した。宇土櫓の五階櫓は屋根，外壁，建具破損で済んだが，続櫓は倒壊した。不開門，長塀の 2 棟が一部倒壊し，他 8 棟が破損を受け修復が必要となる。今後の詳細調査の結果で，解体修理が必要な可能性もある。

写真 -3　北十八間櫓の被害状況

写真 -4　宇土櫓の被害状況

3.2 復元建造物の被害

復元建造物の 20 棟も全て被災した。塀のほとんどは倒壊し，飯田丸五階櫓，戌亥櫓，など 7 棟は建物下の石垣が部分崩落しているために倒壊のおそれが有る。天守閣は鉄筋コンクリート建造物であったため，建物自体の損傷は少ないが，大天守最上階の瓦はほとんどが落ちて破損している。

3.3 石垣の被害

今回の地震で最も大きく被害を受けたのが石垣である。熊本城の石垣は，973 面・約 79,000m^2 に及ぶ。そのうち築石が崩落したのは 229 面・約 8,200m^2 で全体の約 1 割，緩みや膨らみのため積み直しを要するのは 517 面・約 23,600m^2 で全体の約 3 割の面積に及んだ。1m^2 での築石の数は平均して 3 ～ 4 個程度と考えると，約 7 万～ 10 万個の築石を積み直すことになる。

石垣の崩壊原因は築城以来最大規模の地震であったことが大きな要因であるが，すべての石垣に被害があるわけではない。これから様々な方法で検証していくことになるが，現時点で気づいた特徴を指摘する。

- 大天守台など初期築造の緩い勾配をもつ石垣には大きな崩壊はない。
- 地盤，石垣ともに全体的に沈下している。
- 急勾配な「虎口」と呼ばれる出入口部分は崩落が多い。
- 高石垣の上部に孕み出しが多い。
- 石垣上面では地割れ，裏込栗石の沈下が起きている。
- 明治 22 年地震での被災箇所の約 8 割で今回も被害が出ている。
- 修復履歴のある石垣の被害が多い。

写真 -5　二の丸御門周辺の被害状況

3.4 地盤の被害

地震を受けた後の石垣背面に陥没や地割れが約 70 箇所，延べ面積で約 12,345m^2 確認された。これらのほとんどは石垣の裏込めである栗石と盛土（地山）の境で起きている。地震によって栗石が揺すり込み沈下したために起きたものであると考えられる。地震後 1 年以上経過したが，地割れが広がっている箇所は今のところない。今後，どのように地割れを修復するのか検討していく必要がある。

4 熊本城復旧への取り組み

被害を受けた中でも特に優先すべき箇所を抽出して，5 月後半から緊急工事に着手した。

・道路や民地に崩落した石材の撤去
・建造物の倒壊防止
・地盤亀裂箇所の雨水対策
・工事車両の通路確保

以上の 4 点をふまえて工事を実施した。

写真 -6　飯田丸五階櫓の倒壊防止工事

写真 -7　平櫓付近の雨水対策工事

4.1 百間石垣の石材回収工事

百間石垣は市道宮内１号線に面した石垣で 14 日の前震で１箇所が崩落し，通行止めとなった。16 日の本震で被害箇所が２箇所になり，反対側の歩道まで石材が転がる大きな被害が出た。市道を早期に開通させるため，緊急工事として行った。特別史跡の文化財である石垣は崩れる前の姿に戻さなければならないため，写真を撮影し，一つ一つの石材に番号を付けながら回収作業を行った。石材の回収作業が終了した後，崩落箇所及び，残存石垣の二次崩落を防ぐためにモルタル吹付けを行い，ネットで抑えることで安全対策を実施した。８月１日には無事に市道を開通することができた。

写真 -8　百間石垣の石材回収工事完了

4.2 回収工事

頬当御門周辺は頬当料金所から入った先の虎口付近で９月８日から作業を開始した。

前震の時点では３箇所が崩れていたが，本震を受けて向かい合う６面全ての石垣が道を塞ぐように崩落した。６ｍ以上の道幅があった通路が一瞬にして足の踏み場のない状態となった。地震が起きたのが，立入制限前の昼間ならば大変な被害が出ていたであろうと想定できる。この箇所の工事では先述の百間石垣緊急工事での手順に加えてより詳細な崩落状況を把握するために，一石ごとに測量で座標をおさえることとした。

写真 -9　頬当御門周辺（奥は宇土櫓）

写真 -10　頬当御門周辺石垣石材回収工事

写真 -11　天守工事用架設通路完成後

作業は順調に進み，2016 年 12 月半ばには安全対策まで完了することができた。その後，天守工事に必要な大型の車両が通行可能な架設通路が翌年 3 月に完成した。

5 地盤工学会の調査

熊本地震が起こるまでは熊本城では地盤の調査はほとんどしてきておらず，ボーリング調査の件数も僅かであった。それは特別史跡の指定を受けており，地中に眠る文化財に影響を及ぼさないためであった。しかし，先述の通り，石垣と地盤は切り離して考えることができないため，地盤調査の重要性を感じていた 2016 年 6 月ごろに地盤工学会が熊本地震における歴史遺産関連の調査活動として熊本城を訪れ，熱心に調査をして頂き，とても感謝している。今後も学問の垣根を越えて調査を継続していきたいと考えている。

写真 -12　地盤工学会による表面波探査の様子

6 崩落石材回収工事からみた崩落パターン解析

崩落石材を回収する際には石材 1 つ 1 つがどの位置に落ちていたのかが分かる記録をとっている。これらのデータは以下のようなことに役立てられる。

・石垣崩落のメカニズム解明
・崩落時の危険範囲の確認
・積み直しの際の石材対照資料

6.1 北大手門（加藤神社境内）崩落パターン解析（現地作業）

加藤神社境内に崩落した北大手門櫓台石垣の石材撤去作業を 2016 年 12 月 1 日～ 12 月 27 日まで行った。6 面の石垣が崩落し，約 300 石の石材を回収した。この 6 面のうち，H99 面石垣において現地で，2011 年撮影の地震前の写真と崩落石材を対照した結果，9 割以上の石材の元位置が確認できた。

写真 -13　北大手門（加藤神社）石材回収作業

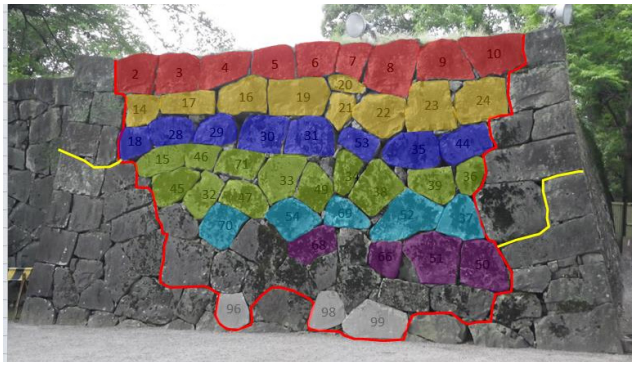
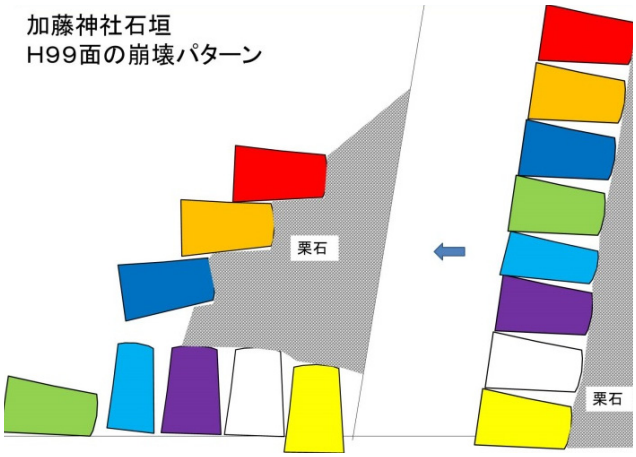


写真 -14　北大手門（加藤神社）崩落解析

H99 面は高さ 4m，長さ 8m の石垣で明治 22 年の金峰山地震で孕み出し，積み直した箇所である。崩落範囲最下部より 4 段目（緑色の石材）が崩落石材の外縁部で確認した。4 段目より下位の石材は石垣直下で正面を下にしたうつ伏せ状態で転落し，その上を裏栗石が覆った。栗石の上には 1 ～ 3 段目の石材が石積みの上下関係のまま崩落したと推測される。崩落状況をもとに考察したものを模式的に表現したのが崩壊パターンの図である。地震時の崩落パ

ターンの１形態にしかすぎないので今後も石垣復旧工事を進めながら崩落状況の解析を行っていく。



7 おわりに

28 年 12 月 26 日に「熊本城復旧基本方針」として，7 つの方針とそれに伴う主要施策を定めた。

1 被災した石垣・建造物等の保全
- 崩落・倒壊した石垣・建造物等部材の回収・適切な保全
- 崩落・倒壊等の危険性の高い石垣・建造物等への緊急的防止措置
- 被害実態の詳細把握及び復旧手法等への反映

2 復興のシンボル「天守閣」の早期復旧
- 市民・県民の復興のシンボル「天守閣」の 2019 年を見据えた早期復旧
- 耐震化等による天守閣の安全性の向上
- 天守閣のバリアフリー化及び内装・展示内容の刷新

3 石垣・建造物等の文化財価値保全と計画的復旧
- 石垣の復旧方針検討及び計画的復旧
- 宇土櫓など重要文化財建造物の計画的復旧工区や復旧過程の公開等を踏まえた石垣・建造物等の段階的復旧
- 伝統技法等による丁寧な復旧及び効率的手法の検討

4 復旧過程の段階的公開と活用
- 天守閣エリア早期公開と本丸御殿大広の復旧
- 竹の丸エリアの公開と長塀及び飯田丸五階櫓等の復旧
- 公開エリアの順次拡大と復旧過程の観光及び教育等資源としての活用
- 都市公園施設としての復旧・調和

5 最新技術も活用した安全対策の検討
- 文化財的価値の保全を踏まえた石垣・建造物等の耐震化等の検討
- 耐震化等安全対策に係る最新技術・現代工法の検討
- 将来の災害に備えた熊本城全体の安全・防災対策等の検討

6 100 年先を見据えた復元への礎づくり
- 熊本城調査研究の更なる推進
- 将来にわたる継続的な復旧を支える人づくり
- 震災の記憶継承と幕末期など往時の姿への復元検討

7 基本計画の策定・推進
- 関係行政機関・専門家・市民等の意見を踏まえた基本計画の策定
- 国県等の関係機関一体となった復旧の推進
- 城主制度や瓦の活用等による継続的な市民等の参画による復旧

これまでは文化財の保護と活用を意識して取り組んできていた。今回の地震を受けてこれからは安全対策も同じように必要であると認識した。伝統的な工法で石垣を積み直すが，それでも強度が足りない場合には現代工法を取り入れ，ゾーニングで安全対策を行わなければならない。

復旧には長い年月がかかることが想定されるが，できるだけ早く多くの人がもう一度，熊本城の姿が見られるように取り組んでいく。

熊本の地下水と地震の影響

宮本 義隆（みやもと よしたか）*

Key Word　熊本地震，地下水，観測井，水前寺，災害，井戸水，協定

1 はじめに

まずは，昨年 4 月の熊本地震後，全国の皆様に励ましの言葉やご支援をいただきましたことに対しまして，熊本市民の一人として，こちらの書面をお借りし心よりお礼申し上げます。

ご存知のとおり，この度の地震では，熊本市や益城町をはじめ近隣の市町村に甚大な被害がありました。その中で今回，地震後の地下水の状況や被害，またそれらに関わる行政の対応や取り組みを紹介したいと思います。

2 熊本の地下水の仕組み（水循環）[1)]

熊本市の地下水の仕組みについてですが，東に阿蘇山，西に有明海を望み，水と緑の豊かなまちであり，特に地下水に恵まれており，熊本地域と呼んでいる熊本市を含めた近隣 11 市町村では，1 年間に約 20 億 m^3 の雨が降り，うち 3 分の 1 にあたる約 6 億 m^3 が地下水になると言われています。

日本の平均年間降水量は約 1,700㎜ですが，熊本は約 2,000㎜，阿蘇山にいたっては約 3,000㎜に達し，この降雨の多さが時には災害を引き起こしますが，地下水に恵まれる大きな要因でもあります。

熊本地域は地下水盆を共有しており，厚い阿蘇火砕流堆積物で覆われています。阿蘇火山は約 27 万年前から 9 万年前にかけて 4 度の大火砕流噴火を起こし，特に 9 万年前の噴火は九州の 3 分の 2 を覆い尽くし，この時の噴火で阿蘇火山は陥没して大カルデラができました。この地層は 100m 以上も厚く重なっており，たいへん水を透しやすい性質となっています。厚く積もった堆積物で，熊本市の北東部は地形的に台地になっており，東の阿蘇山に向って益城台地，菊池台地が阿蘇外輪山まで続き，この台地部が熊本市にとって重要な地下水涵養域になります。

熊本地域の地下水は 2 層構造となっており，Aso1～3 と，Aso4 の間を粘土層によって仕切られていて，熊本市の水道は主に深い層の地下水を水源にしています。

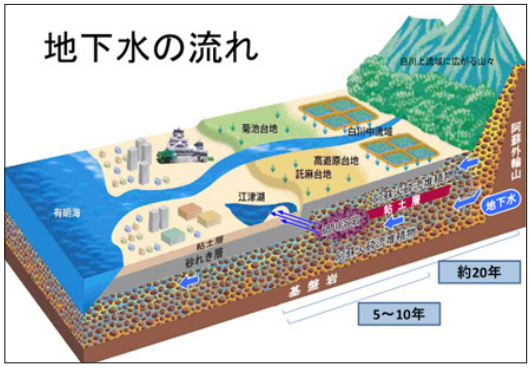


図 1　地下水の流れ

ただし，2 層構造の例外地域もあり，熊本市の北東側に位置し，白川中流域にある水田は，「ザル田」と呼ばれ，粘土層がなく直接深いところまで浸透するほど水はけがよいのです。約 400 年前，肥後に入国した加藤清正公がこの地に堰や用水路を築き，大規模な水田開発を行い，その後の工事を細川家が引き継ぎ，今日の熊本の地下水を育む基礎を作ったのです。さらに，白川中流域の地下には，巨大なプールのような地下水盆があり，ここに浸み込んだ水が集まり，溢れた地下水が流れ出てくるため，熊本市は豊富な地下水によって生活できているのです。

*熊本市環境局環境推進部水保全課技術主幹兼水量保全班主査

図２　地下水流動図

熊本市では地下水保全事業として，地下水涵養域である阿蘇外輪山西麓で水源涵養林を整備していますが，断層に近い一部の造林地では地割れが発生していました。

写真１　水源涵養林（菊池森林組合撮影）

また同じく，重要な涵養域である白川中流域の転作田を活用した湛水事業においても，水路や堰などの農業施設に多大な被害がでており，昨年度は，灌漑用水が引き込めなかったため，大部分の転作田で湛水事業が行えませんでした。

3　熊本の地下水に関する被害

熊本市の観光名所である水前寺成趣園では，庭園の池が地震後に枯渇するという新聞記事などをご覧になられた方も少なくないと思います。

水前寺成趣園は，日本が誇る大名庭園の一つであり，江戸時代細川家によって築かれました桃山式の回遊式庭園で東海道五十三次を模したものとされていて，地下水が滾々と砂を躍らせ湧水している広い池を有していることが最も特徴的かと思います。この広い池の水が地震後に枯れてしまい，本当にこんなことが起こるのかと，現地に出向いて大変驚いたこと，１ヶ月後に再び訪れたときには，池の水も徐々に回復してきていることに安心したのを思い出しました。

写真２　水前寺成趣園（4/20 撮影）

写真３　水前寺成趣園（5/12 撮影）

本市では，昭和 61 年から市内 20 箇所に地下水位観測井を設置し，常時観測を続けており，その中で，水前寺成趣園の東側へ 500m ほどの地点に観測井戸を設置しています。震災では，観測機器の故障や長期の停電もなく，データを採取することができました。

水前寺観測井の地下水位は前震後，急激に低下したのち一度回復したものの，本震後にまた急激に低下していることが**図 3** から見てとれます。

４月 13 日（前震前日）から４月 20 日（本震から４日後）の１週間後の日平均を比べますと，22㎝低下しましたが，おおよそ１ヶ月後には水位の上昇がみられ，６月の梅雨期には回復しています。**図 4** の地下水位の変動を見ると，５月 12 日の池の水が回復傾向にある写真とも整合する傾向が認められます。当該観測井は深井戸（第二帯水層）で，池の水位と直接関連する浅井戸（第一帯水層）ではありませんが，第二帯水層及びその下部の基盤岩中の地下水挙動と連動している可能性が示唆され，これらについては，今後の学術的検証に期待したいと思います。

平成 29 年 10 月時点では，例年と同じ位か，昨年度との月別比較では若干増加しています。

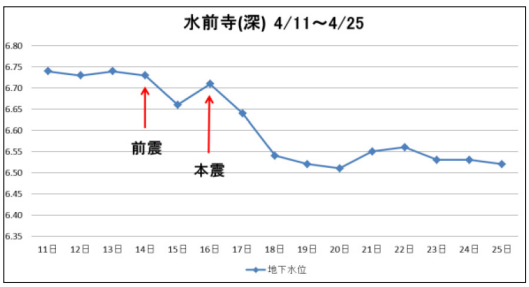


図 3　水前寺地区観測井地下水位（4/11 ～ 4/25）

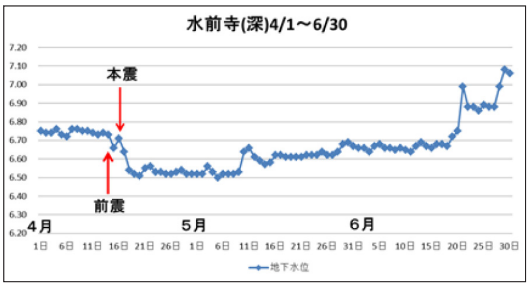


図 4　水前寺地区観測井地下水位（4/1 ～ 6/30）

その他に地下水の被害としては，井戸を所有する民間事業者へのアンケート調査を同年の 8，9 月にかけて公益財団法人くまもと地下水財団と共同で行った際，井戸水に濁りが出て，早いところでは 1 日，長いところでは 1 ヶ月以上沈静化に時間を要したとのことでした。[2)]

4 地下水位観測井の被害

熊本市では，20 箇所 33 本の井戸で地下水位を観測しておりますが，11 箇所 13 本の観測施設でも被害がありました。

観測機器は，自記式水位計が 25 基，水圧式水位計が 8 基です。自記式水位計では，急激な水位の上下動があったためフロートが井戸より飛び出したり，測水プーリからワイヤーが脱落したり，さらに折れ曲がったりしたものが 10 基あり，浅い井戸に多く発生しました。また，水位計を載せている架台が傾いたり，ずれたり，コンクリート基礎にひびが入ったりと，修復までに 3 ヶ月ほど時間を要しました。

しかし，地下水位の観測にとって今回一番の問題となったのが，地盤の変動により，地下水位観測井の管頭標高値が変わっているかもしれないということでした。熊本地震後に，国土地理院の公表した干渉 SAR2.5 次元解析結果では，地震断層の北側は地盤低下域であり，熊本市の地下水位観測井も，この区域内に設置されていて，ほとんどの箇所で地盤が下がり，東向きに動いている地域にありました。

そこで，水準測量に関して，公益財団法人くまもと地下水財団と熊本大学の合同調査が実施されました。詳細は省略いたしますが，測量の結果は，本市の観測井の管頭標高の変動は，地震前と比較すると，ほとんどの箇所は ± 5cm 程の変動だったのですが，上下東西に変動量の大きい地域に近い一部の観測井では，－ 30 ～－ 50cm ほど沈下していました。

先述しました水前寺観測井の地下水位の低下した原因については，帯水層下部にあたる基盤岩相当層での地震時地殻変動に伴う引張歪場に発生した新たな空隙による影響の可能性が高いとの報告がありました。[3)]

写真 4　飽田地区観測井

5 災害時井戸水提供に関する協定

熊本市は上水道の水源を 100％地下水でまかなっています。熊本地震後の上水道の被災状況について，4 月 14 日の前震では約 8 万 5 千世帯が断水し，4 月 16 日の本震により全部で 96 本の取水井が濁度により停止し，全配水区全戸約 32 万 6 千戸が断水状態となりました。

上水道が断水した際，ほとんどの給水所で水を求めて長蛇の列ができ，給水を受けるのに数時間かかる給水所もあり，全国各地の水道事業体等の支援により，給水車延べ 1,000 台以上，最大 33 箇所の給水所を設置し，対処されたとのことでした。[4)]

給水所においては，飲料や食事などに主に利用されていたと思いますが，その後いろいろな方面からお聞きしたのは，トイレの水や身体を拭く水などが不足しており，近くで井戸をお持ちの個人や民間事業所から地下水の提供をいただき，対応されたとの声が多数ありました。

本市としても，また，いつ起こりえるかわからな

い大規模災害に備えて，熊本市内に井戸を所有（管理）する民間事業者と「災害時における井戸水の提供に関する協定」について検討しました。

公益財団法人くまもと地下水財団と共同で同年8，9月，民間事業者にアンケート調査を行い，その中から地震後に井戸水の提供を行った，又は今後井戸水の提供を考えていると回答があった民間事業者へ現地訪問等により聞き取り調査を行いました。

調査の中で地域貢献に寄与したいと考えている事業者の方々が多く，本当にありがたいことだと思いました。しかしながら，駐車場の近くに蛇口が無い，一般の方の立ち入りには安全性が確保できないなど，それぞれの諸事情により協力を得られない事業者がおられたことも，協定を作成する際の参考にもなりました。

協定の内容は，災害により熊本市内の上水道に広域的な断水が発生した場合，上水道が復旧するまでの間，井戸水の提供を行うこと，また，井戸水の用途について，応急的な飲用水と生活用水に分けて協定を締結しています。

協定締結の条件としては，井戸の場所及び所有（管理）者は市内であること，常時井戸を使用していること，給水場所が市民の利用しやすい場所にあること，電気代や検査代等の費用を負担できること，飲用の場合水質基準が飲用に適合していることがあります。

運用や体制としては，次のとおりとなります。なお，生活用水の提供は④までになります。

①市と水道事業者が井戸水の提供について協議
②事業者と相互に連絡，井戸等の状況を確認
③市は提供可能な民間事業所の情報を広報
④異常がなければ生活用水として市民に提供
⑤市は飲用水として協定している民間事業所の井戸水の採水（複数班で対応）
⑥熊本市環境総合センターへ水質検査依頼
⑦同センターから水質検査の結果報告
⑧飲用水として提供の可否を民間事業者に連絡し市民へ提供

市は通常時から，協定締結した民間事業者の名称，住所，井戸水の用途を，市のHP，広報誌や回覧板，テレビ，ラジオを使って広報しています。同時に，市民の方々への注意事項も次のとおり広報しています。

(1) 停電や施設の破損がない等，井戸が利用可能な場合，提供できること。
(2) 事業を再開された場合に，井戸水を提供ができなくなることがあること。
(3) 井戸を所有（管理）する事業者が指定する駐車場，取水場所や時間のルールを守ること。
(4) 井戸所有（管理）の事業者に，直接電話等の連絡を行わないこと。
(5) 井戸水が円滑に受け取れるよう他の利用者の方と協力すること。
(6) 井戸水を利用して利益を得てはならないこと。
(7)「飲料水」指定の井戸について，災害発生後，熊本市が水質を検査するので，その結果についてはホームページで確認すること。
(8) 容器については，利用者自ら準備すること。

協定の内容，運用や体制などを列挙しましたが，再び災害が発生したときに，これらのことが支障なく遂行できるか，また市民が理解し協力してもらえるか心配はつきないため，広報・周知の徹底と協定先との情報伝達訓練を行ってまいります。

平成29年8月末時点で52の井戸所有（管理）者と協定を締結していますが，今後も賛同いただける民間事業者に協定締結をお願いし，できる限りの協力をいただきながら，事業を進めてまいります。

〈参考文献〉
1) くまもと「水」検定公式テキストブック改定版，2013.6
2) 公益財団法人くまもと地下水財団【公式サイト】「平成28年度熊本地震における地下水利用に関するアンケート結果」
http://kumamotogwf.or.jp/business/public_data.html
3) 嶋田　純：（公財）くまもと地下水財団・水の日記念シンポジウムリレー講演（2017.08.03）発表から
4) 熊本市上下水道局

※写真・図・表：出展の記載がないものは水保全課

熊本地震 復興支援 ボーリング柱状図 緊急公開サイト

土屋 彰義*、中田 文雄**

Key Word 地盤情報，ボーリング柱状図，インターネット，ICT，API，情報流通連携基盤

1 はじめに

「平成 28 年（2016 年）熊本地震 復興支援 ボーリング柱状図 緊急公開サイト（以後，復興支援サイト）」は，一般社団法人全国地質調査業協会連合会（以後，全地連）が，同地震の本震が発生した 4 月 16 日から 2017 年 6 月末日まで，期間限定で開設した地盤情報公開サイトである。

以下にその特長を略記する。

- 開設の目的は，熊本地震による甚大な災害からの復興を支援するためである。
- 閲覧には制限を設けず，一般に公開した。
- 全地連が事務局を担当した実証事業（後述）で構築した地盤情報データベース（以下，地盤 DB）を再編集し，熊本県内と大分県内のボーリング柱状図を公開の対象とした。
- 国土地理院が震災直後に撮影した「平成 28 年熊本地震正射画像（オルソ空中写真）23 種類」のオーバーレイ表示を行った。なお，オーバーレイとは“重ね描き”のことであって，このケースでは背景地図の上に 23 種類の正射画像を切り替えて重ねて表示することである。
- 熊本県と大分県が策定した土砂災害警戒区域図データを入手して地図タイルを作成し，オーバーレイ表示を行った。
- スマートフォンで利用できるウェブサイトを併設した。

本文は，熊本地震の発生に即応して開設した復興支援サイトの構築過程とその特長などについて概説すると共に，地盤情報を公開する同様のウェブサイトの紹介を通して，地盤情報の二次利用について記述する。

なお，復興支援サイトに関する地盤情報の整備とシステム開発は，共同で実証事務局を務めた特定非営利活動法人地質情報整備活用機構（以後，GUPI）が担当した。

2 実証事業について

筆者らは，かつて「情報流通連携基盤の地盤情報における実証事業[1)]」に係わったが，その事業目的は以下の 3 点に集約される。

①ボーリングデータなどの地盤情報をオープンデータとして扱い，ICT（情報通信技術）により地盤情報を他分野でも二次利用しやすいように流通させる仕組み（地盤情報共通 API）を開発した。

②全国的な普及活動の一環として，ボーリングデータやその所在情報を収集し，地盤 DB を構築して①の API に組み込んだ。

③①の実証用ウェブサイトとして「こうち地盤情報公開サイト（一般公開）[2)]」と「全国ボーリング所在情報公開サイト（限定公開）[3)]」を開設した。この二つのサイトは，現在も稼働中である。

すなわち，実証事業により「全国的なボーリングデータの収集・整理」が行われるとともに，そのデータをインターネットで公開するためのシステム（API）が開発されたのである。

3 3 復興支援サイトの概要

3.1 構築の過程

表-1 は，復興支援サイトを開設するまでの過程（概要）である。地盤情報の整備と仮の公開システムを構築できたのは，本震の発生からわずか約 20 時間

*一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 技術顧問　　**特定非営利活動法人 地質情報整備活用機構 会長

後であった。これは，前章に記載したように地盤情報 DB の構築と，地盤情報共通 API の開発が終わっており，地震発生直後に行った作業は，DB の部分的な編集とシステムの部分的な改良で済んだためである。

表 -1　復興支援サイトの構築過程（概要）

期　日	内　　容
4月16日	22時、仮設サイトの開設
4月18日	国土地理院正射画像の表示開始
4月20日	土砂災害警戒区域図の表示開始
4月22日	布田川－日奈久断層帯の表示開始
4月30日	座標読取り確認サイト開設
5月 8日	土砂崩壊地分布図の表示開始
5月31日	主サイトの開設

3.2 整備した地盤情報と整備手順

表 -2 は，公開に際して整備した主な地盤情報の種類と数量である。ボーリングデータ及び柱状図に限定した整備手順を**図 -1** に示す。

図 -1 に記載した「情報流通連携基盤で整備」とは，「2 章②」を詳述したものである。その成果は「2 章③」に示す二つのサイトで情報が公開されている。

更に，地盤情報共通 API は「某政令指定都市限定公開サイト」や「鹿児島版地盤情報データベース [4]」を始めとする四つのシステムでも利用されている。鹿児島版地盤情報データベースについては，章を改めて紹介したい。

今回の復興支援サイトを立ち上げるためには，地盤情報共通 API を以下のように部分改良した。

- 国土地理院では，地震発生直後に撮影した被災地の空中写真を正射（オルソ）画像の地図タイルに加工すると共に，アクセス先と表示用 API を公開したので，全ての正射画像をオーバーレイできるようにした。
- 国土数値情報ダウンロードサイト [5] では，都道府県が策定した土砂災害警戒区域データ（土石流危険渓流と急傾斜地，共に Shpe File 形式）を公開している。震災当時，熊本県と大分県の区域データが公開されていたため，事務局で地図タイルに加工すると共にオーバーレイできるようにした。

3.3 復興支援サイトの主な地図検索機能

図 -2 は、復興支援サイトのトップ画面（部分）である。前述したとおり、すでに閉鎖されている。

図 -3 から**図 -5** は，復興支援サイトの主な地図検索機能の例である。

図 -3 は，ボーリングデータの「岩石・土区分（土質区分）」に対する検索方式の違いの例示である。**図 -3**（上）は「シルト」のあいまい検索例であって，この例ではシルトはもちろん，シルト質粘土や砂混じりシルトもヒットする。**図 -3**（下）は「砂質シルト」の厳密検索結果例であって，シルトや砂混じりシルトはヒットしない。

図 -4 は，標準貫入試験結果の合計打撃回数（N 値）が 50 以上のボーリングのみを表示した例である。支持層を検出したボーリングの空間的分布を把握するために利用する。

図 -5 は，国土交通省の町丁界データベースを利用して，孔口の緯度・経度から住所を推定して表示した例である。ボーリング交換用データの標題情報は使用していない。その理由は，KuniJiban のデータには元々住所が記載されていないこと，市町村合

表 -2　復興支援サイトで公開した主な地盤情報

種　　類	内　容　と　数　量
ボーリング柱状図（国土交通省）	熊本県内：5,586本、大分県内：3,260本
ボーリング柱状図（地方公共団体等）	熊本県内：6,521本、大分県内：1,792本。両県の事前了解あり。
阿蘇地区などの正射（オルソ）画像	4月16日撮影など23地区（背景図）
土砂災害警戒区域図（国土数値情報）	熊本県と大分県域の土石流渓流と急傾斜地（背景図）
国土地理院や産総研の地図タイル	土地条件図、国土画像情報、シームレス地質図など5種類（背景図）
国土地理院の土砂崩壊地分布図	熊本県と大分県における分布図のkmlデータ
産総研の活断層データベース	布田川－日奈久断層帯セグメントのkmlデータ

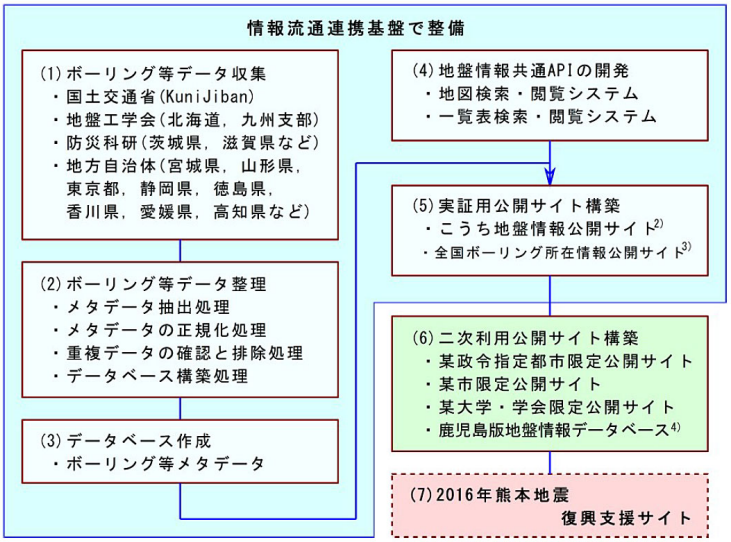


図 -1　復興支援サイトにおけるボーリングデータと柱状図の整備手順

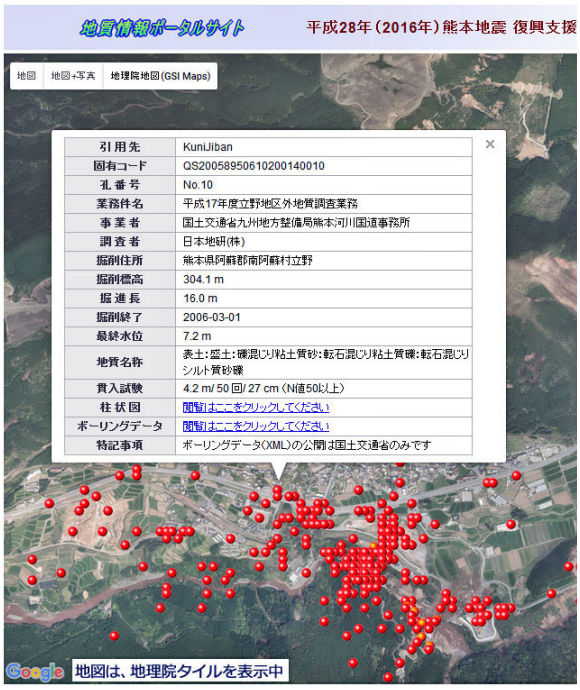


図 -2　復興支援サイトの地図検索画面（現在閉鎖）

図 -3　地質名検索の結果例（上）あいまい（下）厳密

図 -4　N 値 50 以上検索の結果例

図 -5　住所検索（嘉島町）の結果例

併以前のボーリングデータが多数存在すること，などである。

ここに紹介した全ての機能は，地盤情報共通 API の開発時に採用されたものであって，**図 -1** に記載した二次利用サイトにおいても，共通して利用している。

3.4 復興支援サイトの背景地図表示例

図 -6 は，背景図として表示する空中写真を変更した例である。**図 -6**（上）は，震災直後の 16 日に撮影された空中写真であり，**図 -6**（下）は昭和 30 年頃に撮影された国土画像情報（空中写真）である。この情報から，液状化した場所が旧河道であることに加え，ボーリングが存在することも判明した。

表 -2 の中に「4 月 16 日撮影など 23 地区（背景図）」と記載したコンテンツは，復興支援サイトでは全て背景図として利用することができた。

3.5 復興支援サイト用サーバの仕様

復興支援サイトを構成するウェブサーバは，全地連が年間契約でレンタルしているものを利用した。その主な仕様を**表 -3** に示す。

紙面の関係で詳細な説明は省くが，スマートフォン用ウェブサーバとは，主として iPhone6（当時，その後 iPhone7）を念頭に置いて設計・構築したサーバである。画面例を**図 -7** に示す。

図 -6　背景用空中写真の変更例

表 -3　復興支援サイトの主な仕様

項　目	説　　明
サーバ	クラウド型レンタルウェブサーバ
O.S.	CentOS 6.9
DBエンジン	PostgreSQL 9.4 注 DBを使用しないページもあり
地図制御	GoogleMaps API V3
コンテンツ	ボーリングデータ、柱状図、背景図用 各種地図タイル、活断層kmlなど
その他	スマートフォン用ウエブサーバ

図 -7　iPhone7 の画面表示例
［現在位置］ をタップすると、GPS 測位点に中心が移動

4 地盤情報共通 API の二次利用例

本章では，2 つの二次利用例を紹介する。

4.1 鹿児島版地盤情報データベース

鹿児島版地盤 DB も，原則として地盤情報共通 API を利用して構築されている。しかし，研究活動の一環として，錦江湾周辺地域の堆積環境を把握する必要が生じたため，地盤情報共通 API には装備されていない「記事中の用語登録と検索機能」を実装した。

図 -8 は説明用の見本である。土質区分は「表土」,「しらす」と「軽石」であるが，記事には「植物」,「火砕流」や「凝灰」といった用語が存在する。

システムの設計時において，「しらす」や「軽石」など 38 種類の用語を予め定めておく。個々の柱状図の記事の中に，これらの用語が出現している場合には，その用語を地盤 DB に登録する。一方，ユーザはこの用語を記事検索用キーワードとして使用する。

以上が主な仕組みであって，詳しくは，参考文献 4）を参照されたい。

図 -9 は，記事中の用語検索の結果例である。鹿児島市内では,「しらす」という用語は岩石・土名（土質区分）よりも，記事として記載されることが多いことがわかる。同様の傾向は「貝」,「軽石」や「黒ぼく」などにも見られ，記事の用語検索結果から，当該地層の分布域をより正確に推定することができた。

注　地盤情報共通 API では，シラス，黒ボクやボラなどは，全てひらがなで処理される。

4.2 個人用ボーリンクデータ管理システム [6)]

本システムは，地盤情報共通 API で開発されたアプリケーションプログラムを応用して開発した，ボーリングデータや柱状図を管理するウェブサイトである。特長を以下に列記する。

- 誰でも自由に利用できる。
- ボーリングデータ（XML, DTD200 ～ DTD400）から，地盤情報データベース用のメタデータを自動的に抽出するページを用意した（**図 -10** 参照）。
- ボーリングデータとデータベースデータ（CSV 形式メタデータ）は，利用者のコンピュータ内に留まり，ウェブサーバにアップロードされることはない。
- GoogleMaps API V3 を使用した地図検索ページと，キーワード検索を主体とする一覧表検索ページの 2 種類を用意した。
- ソースコードが公開されているので，利用者専用のシステムを構築できる。

標尺 m	標高 m	層厚 m	深度 m	柱状図	土質区分	色調	相対密度	相対稠度	記事
	149.85	0.40	0.40		表土	暗褐			細粒砂質土 軽石礫および植物根混じる
1 2 3	146.95	2.90	3.30		シラス	黄褐	非常に緩い		火砕流堆積物の非溶結部 シルト質細砂状を呈す 軽石礫およびφ5～20mmの角礫混入 最大礫径はφ60mm 深度1m付近まで植物根が混じる
4 5	144.65	2.30	5.60		軽石	明黄褐	中位		φ1～3mm程度の軽石主体 3.5～3.7mおよび5.0～5.2mは溶結凝灰岩礫 部分的にφ5～10mmの礫や粗砂分を多く含む 基底部はシラス分が多い

検出した記事中の用語：軽石，礫，植物，火砕流，凝灰，しらす

図-8　記事中の用語例（しらすは本文の注を参照）

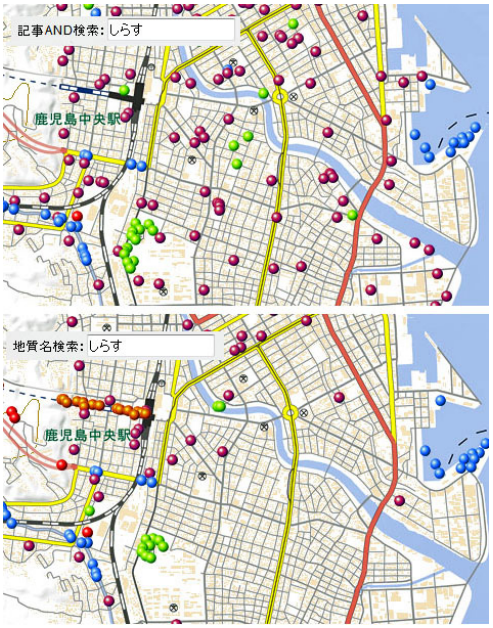


図-9　方式による検索結果の違い（しらす）

5 おわりに

地震災害が発生した当日中に仮の復興支援サイトを開設することができたのは，総務省による実証事業によって，地盤情報共通 API とボーリング柱状図を主とする地盤情報 DB のいずれもが稼働中であったことが幸いした。

熊本県と大分県からは，ボーリング柱状図の期間限定公開に了解をいただいた。ここに記して，深く感謝する。

復興支援サイトの閉鎖後，多くの方から再開を望む声が寄せられた。事務局では現在，再開などについて慎重に検討を行っている。

〈参考文献〉

以下の URL は，2017 年 10 月 25 日に存在を確認。

1) 総務省：平成 24 年度オープンデータ実証実験 地盤情報，http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictriyou/opendata/opendata03.html
2) 高知地盤情報利用連絡会：こうち地盤情報公開サイト，https://geonews.zenchiren.or.jp/kochi/index.html
3) 情報流通連携基盤の地盤情報における実証事務局：全国ボーリング所在情報公開サイト，https://geonews.zenchiren.or.jp/zenkoku/index.html
4) 中田文雄・田中義人・北村良介・酒匂一成：鹿児島での地盤情報データベースの構築とその活用（その 2），自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集 -41 号，2017 年 2 月，pp.77-80，http://www7.civil.kyushu-u.ac.jp/ndicwj/pdf/seibutikubukai/41.pdf
5) 国土数値情報ダウンロードセンター，http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/
6) GUPI：個人用ボーリングデータ管理システム，https://www.web-gis.jp/Geo_Database/index.html

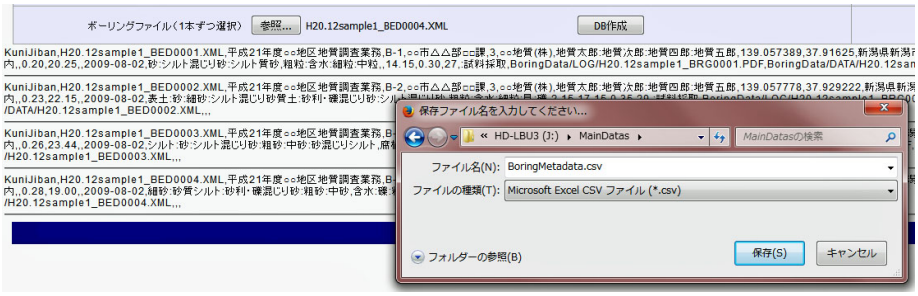


図-10　データベースデータの作成ページ例（部分）

活断層あれこれ

加藤 碵一（かとう ひろかず）*

Key Word　活断層，地表地震断層，初生断層，熊本地震，北向山断層，セグメント，雁行配列，プレッシャーリッジ，モールトラック、地質災害

1．はじめに

「活断層」問題は，高速道路・鉄道などの国土のインフラ整備をはじめ，地震災害対策，原発再稼働問題や放射性廃棄物地層処分問題等国民生活に多大な影響を及ぼすもので，極めて重要な社会的政治的議論を惹起している。それにもかかわらず，その土台となる術語や関連用語についてのリテラシーは地質・土木専門家のみならず政策決定者やマスコミはじめ社会各層においてきわめて低く，無用の混乱さえ引き起こしている。明治大正期の代表的な地質学者の一人で，東京地質学会（現・日本地質学会）会長，東京地学協会会長なども務めた神保小虎は，皮肉かつ痛烈な片言隻語でも知られるが，地質学に無知な輩を「地質学のイロハ子供」[1] と揶揄されたが，わかり易く何度でもことあるごとに繰り返し社会に提示し理解が深められるべきであると思われるので，一部既述[2), 3)] を要約引用しつつ以下に記述する次第である。

2．そもそも「活断層」「地震断層」「震源断層」「地表地震断層」とは何か？

英語で“active fault”という用語は，アメリカ・カリフォルニア州の「断層図」編纂の過程で，とくに地震を起こす断層として提示されたのが始まりといわれる[4)]。すなわち学術的に精確に定義規定されたのではなく，震災対策上の用語・概念として実利性が強調された用語であった。わが国では，昭和時代初期に「極めて近き時代迄地殻運動を繰り返した断層であり，今後も尚活動す可き可能性の大いなる断層を活断層と云ふ」[5)] と定義されたことを嚆矢とする。この定義は，基本的には現在でも変わっていないが，すでに指摘したように，この前半部は「活断層」の認定基準であり，後半が狭義の定義に相当するが，見解の一致をみていない。すなわち定説化されていない状況に留意すべきで，論文・報文等で使用する場合には個別に定義を明示すべきである。

まず，「極めて近き時代」とは，いつのことであろうか。当時は，ばくぜんと地質時代の最新期である新生代第四紀を指すとされてきた。約 46 億年の地球史に比べればおよそ 200 万年前（あるいは 180 ～ 170 万前）以降の時代区分である第四紀は，まさに地史的には「極めて近き時代」といいえた。しかるに IUGS（国際地質科学連合）は，2009 年に従来新第三紀鮮新世に区分されていた Gela 期／階（Gelasian）を第四紀に含むこととした。Gelasian 基底は，古地磁気年代におけるガウス／松山地磁気逆転境界の約 1m 上位に位置し，年代は 2．588Ma とされる。すなわち地史的には 2.7 ～ 2.8Ma に始まる世界的な寒冷化が恒常的となった時代を意味し，かつ古地磁気等により明確に指示される層準が基底として定義されたわけである。少なくとも現在では，第四紀に活動した断層を単純に「活断層」とみなすことはなくなった。事実，第四紀初期に活動し，その後活動していない断層（狭義の「第四紀断層」と呼ぶべきか？）も存在する。第四紀後期に定向的累積変位を持って複数回活動したことが明らかな断層を対象に再検討すべきであろう。

それでは，第四紀後期の中で具体的な年代をいかに規定しうるものであろうか。従来は断層の変位基準となる地形面（例えば，海成段丘面）の形成年代から設定された便宜的なものであって，学術的には曖昧さが指摘されている。ともあれ，1998 年の「原子力安全委員会安全審査指針集」（改訂 9 版）では，

*国立研究開発法人産業技術総合研究所　名誉リサーチャー，応用地質株式会社　技術本部技師長室顧問

A 級活断層では 1 万年，B，C 級活断層では 5 万年までさかのぼっても活動がないものは活断層の対象としないことになっていた。さらに，2006 年の指針改定で 8 ～ 13 万年前まで遡ることとなった。12 ～ 13 万年前以降の活動履歴とは，いわゆる「下末吉海進」によって，日本列島沿岸域で広く形成され，それゆえ地形的に容易に認識しうる地形面（海成段丘面）である「下末吉面」に変位を与え，変動地形として残っているか否かに依拠しているにすぎない。別の定義によれば，「現在の応力場の下で地震を起こし得る断層のうちで，断層面が地表まで達しているもの（地表断層）に限る。ただし，伏在断層であっても断層面の上端が地表近く（およそ 1km 以下の深度）まで達しているものは，何らかの方法で最近の地質時代における活動を確認することができる。したがって，この種の浅部伏在断層は活断層の範疇に含める。」[6] とされる。

また，2013 年 7 月の原子力規制委員会による「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」（案）では，「後期更新世（約 12 ～ 13 万年前）の地形面又は地層が欠如する等，後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には，中期更新世以降（約 40 万年前以降）まで遡って地形・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること」としている。中期更新世は，78 万 1000 年前～ 12 万 6000 年前とされるから約 40 万年前以降というのは中期更新世後期を意味することとなるが，その数値の地質学的意味は十分説明されていない。現実的には，「地質的には，わが国では 40 万年前の地層といっても，その分布はきわめて限られており，40 万年前に陸上で何が起こったかを振り返るのは不可能に近く，この規定は地質学的には非現実的であると言わざるを得ない。評価の期間をいたずらに長くすることが安全につながるわけではないのである。」「中期更新世までさかのぼる」とする補完規定は日本の地質にとっては非現実的な規定なので削除すべきである。」[7] とも批判されており，筆者も同意する。

さて，従来「地震断層」という用語は，古くは地震時に地表に現出した断層（群）を意味し，その変位事象そのものを記述認定する用語であった[8]。しかし近年では陸域で地下深部において地震を起こした活断層（震源断層）の地表への直接的な反映である断層（地表地震断層）に限定し，二次的副次的に生じた，しかも小規模な断層は「地表地震断層」の範疇には含めない傾向にある。

3．活断層の特性

活断層の活動度（活動性）特性：活断層には断層に沿って起こるずれが急激でかつ間欠的なもの（地震性断層）と断層に沿って起こるずれが緩慢で連続的なもの（クリープ性断層）の 2 種があるとされるが，実際には前者が圧倒的に多い。

間欠性活動：活動度が高いにもかかわらず再来周期を上回って長期間活動していない活断層の危険性は定性的に明らかであるが，個々どの程度切迫したものか，現状の研究レベルでは精密に決めえない。また，例えば中央構造線は，地質断層（地層境界断層）としての断層線と活断層系としてのそれは位置的に必ずしも一致しておらず（即ち両者の関係性は必ずしも明確ではないにもかかわらず），後者は試みに 6 区間のセグメントに分けられ，例えば，「讃岐山脈南縁～石鎚山脈北縁東部区間」（徳島県下）は，慶長伏見地震（1596）以降活動していないことを論拠に，国の長期評価では地震の発生確率を推測しているが実用的な評価レベルとはいいがたい。また，再来周期（活動時間間隔）が 1000 年～ 10000 年程度である活動度の低い活断層においては，さらに予測困難さが増すことは自明である。

クリープ性活動：クリープ（creep）とは，物体に持続応力が作用すると，時間の経過とともに歪みが増大する現象を意味し，主に高温環境下における材料の変形を説明するために用いられる用語である。これを地殻の変形に転用して「非地震性クリープ（aseismic creep）」という。上述の急激に大規模な運動（地震）を起こす一般的な活断層とは異なり，非常にゆっくりとしたすべりを継続して起こす断層（すべり）（クリープ断層 creep fault）のことをいうようになった。例えば，アメリカ・カリフォルニア州中部のホリスターのクリープ断層はサンアンドレアス断層系に属するカラヴェラス断層の 1 部分であり，右横ずれである。断層の直上にある地表では，微小なクラック（割れ目）帯が発達する。また，トルコの北アナトリア断層のイスメットパシャ付近でも断層通過位置の鉄道や道路，修理工場敷地を囲む壁が年々変形し，そのクリープ速度は 1cm/ 年程度と測定されている[9]。

活断層セグメントの連動破壊：活断層は，巨視的かつ近似的には 1 本の線状構造で表現されることが多いが，少なくとも地表部では断続的に，ま

た並走・分岐・雁行する複数の活断層セグメント群から構成される。地震時に，それらが個別に活動するのか，あるいは連動して活動してより大規模な地震を発生するのか，その合理的認定は極めて難しい。わが国の内陸地震としては最大級の濃尾地震（1891，M8.0，Mw7.4）では，全長 80km に及ぶ地表地震断層を生じたが，既知の幾つかの断層セグメントが連動した結果によることは事後に判明した。トレンチ調査結果からは，各断層セグメントは過去に個別に活動しており，濃尾地震時のように連動して活動した事例は極めてまれであることがわかった。外国の事例としても，アメリカのランダース地震（1992，Mw7.3）やヒマラヤ大衝突帯の西端付近で発生したパキスタン地震（2005，Mw7.6）などが知られるが，いずれにしてもこのように各セグメントが一緒に活動した事例はまれである。にもかかわらず，こうした活断層セグメントの連動についての従来の見解は，幾何学的な配置に依拠したもので，「一定の距離以上に離れていれば 2 つの活断層は別々に動き，以内であれば連動する。」可能性があるというものである。従来「一定の距離」を 5km とする場合が多いが，十分な経験則でもなく，その科学的根拠は必ずしも明確ではない。

活断層の（活動）危険度：個別の活断層ごとに推測される地震の発生確率が高いことは，一般に次期の活動の切迫度が高いことを意味し，従来，定性的ではあるが切迫度（危険度）を示す指標として「地震後経過率」が用いられ「要注意活断層」とされてきたが，あくまで暫定的な目安にすぎない。特に，数千年～数万年と活動周期が長い場合は不確かである。繰り返しになるが，活断層は，岩石・地殻の破壊現象という観点からは共通性を持つが，一方，（特に大規模な）活断層においてはその背景をなす広域応力場を含む造構場や造構過程など（Tectonic Setting）において固有性を持つ。したがって「近い将来の活動」を普遍的かつ決定論的に予測することは現状では不可能に近いことに留意すべきである。

活断層の長さと発生しうる地震の規模：日本列島内陸部（イントラプレート）の起震断層の長さ L とその全長が地震活動を起こすとき（いわゆる「一括放出モデル」）のマグニチュード M との関係式として Log L= − α + β M が提唱され[10]，地形・地質学的データと地震学的データを定量的に結びつけた画期的な提案であり，その後広く適用されてきた。また，データの拡充による精度の向上，また地域性（テクトニックセッティングの相違）や断層タイプ依存性（逆断層の係数よりも横ずれ断層の係数のほうが相対的に大きいこと）の吟味の結果，逆断層・横ずれ断層とも地質学的な東北日本（糸魚川－静岡構造線以東）の係数はともに西日本のそれらより有意に大きく，したがって地域性があることが指摘された[11]。東北日本では逆断層が卓越し，西南日本では逆断層も共在するが横ずれ断層が卓越する。これらは学術的には大きな成果であるが，その数値（定量化）はまだ吟味の余地が大きい。また，活断層は単に現在の応力場に応じた断層の走向と変位の方向を示すのではなく，既存断層の存在のもとに新しい応力場に対応しているのだという考え方もさらに吟味されるべきである。

4．活断層の一生：その生成・発達・終焉過程

万物は流転し，すべての事象には始まりがあり終わりがある以上，活断層も例外ではない。既存断層が知られていない箇所に新たに発生した断層を少なくとも見かけ上の「初生断層」と称することにする。その後，本断層の活動が一回限りで終止するか，繰り返し活動するとしても，いつ断層運動が終息するか，現在の研究レベルでは定かではない。

活断層の活動開始時期：開始時期推定の手法として，①活動開始層準認定による手法と，②総変位量及び平均変位速度に基づく計算による手法が挙げられるが，変位基準の変位開始が活断層の活動開始を示すことを前提としている。中国地方と中部地方の横ずれ活断層の累積変位量・断層長・破砕帯幅から見た断層の発達度の比較から，両地方の活断層の断層長や破砕帯幅などに顕著な地域性が見られるものの，活動開始時期においては顕著な差はなく，いずれも 1Ma 程度であることが示された[12]。

（活）断層の両側で同層準の地層の層厚が異なっており，それより下位の層準の地層の層厚が同じ場合には，層厚が異なる地層の年代を断層活動開始時期とみなされるとする見解がある[13]。これは一種の堆積時造構運動であって地質学的には「成長断層」と称される断層に相当する。こうした地層の層厚が異なる原因には，他にもあり，とくに，いわゆる運動（センス）の逆転がみられる場合もある。その他，平均変位速度が一定である（ある

いは許容出来うる誤差範囲内）という仮定，総変位量の推定に不整合面を用いることの可否，削剥量推測の妥当性等さらなる吟味が必須である。さらに，破砕帯に階級値を導入し，破砕幅と断層数に，べき乗数関係式があることが提示され，その累積破砕幅に対応する断層数を過去 200 万年間に関して活動度ごとに調べられた結果[14),15),16)]，C 級活断層の出現は 200 万年前（第四紀初期），B 級活断層の出現は 70 万年前（中期更新世），A 級活断層出現は 20 万年前と推定され，中期更新世以降に地殻変動が顕著になること及び断層増加率が変化する時点（100 万年・70 万年・50 万年・30 万年前）は地域で異なる第四紀での変動開始時期とも整合する。

活断層の成長・成熟度：1974 年伊豆半島沖地震（M6.9）の地表地震断層である石廊崎中央断層（主断層）及び石廊崎北断層・石廊崎南断層（副断層）の観察結果に基づいて，この断層系の累積変位は 300m に達するのに変位の大部分は 1 つの断層面で繰り返し成長する主断層帯の発達が十分でない（変位分散型の未成熟な断層帯）ことが改めて指摘された[17)]。

一方すでに，中部地方の光明断層の発達過程を，Ⅰ．撓曲段階，Ⅱ．小断層形成，Ⅲ．小断層の生長と主断層の発生，Ⅳ．小断層の衰退と主断層への変位の集中の 4 段階に分けられるとし，他の事例にも適用された[18)]。こうした地震の発生様式に対応する断層の発達過程を maturity（成熟度）という用語で表すことが提唱されたが[19),20)]，事例も少なく定量的な表現には至っていない。その後，2000 年の鳥取県西部地震（M7.3）においても震央域では未成熟な断層が並列的に表れ，震源域においても主断層が未形成で変位分散型の断層かもしれないという考えが提示され[21),22)]，これも含めて山陰地方の活断層・地震断層は，地形地質的特性からみて活断層の発達過程としては初期ないし未成熟な段階にあると指摘された[23)]。

アメリカ・カリフォルニア（サンアンドレアス断層）やトルコ（北アナトリア断層）のプレート境界をなす大規模横ずれ活断層について，断層の形態的複雑度（ステップ密度）が累積変位量（成熟度）の増加とともに減少することが示され，これは地質構造の進化（注：stuructural evolution 断層の進化）に対応して地震活動も進化するとして，片方の発達段階を示す指標から他方の発達段階を察知できるとも考えられた[24)]。それ以降も上述の断層 / 地震活動の進化－成熟過程に対応して変化する活断層や地震のパラメーターが数多く提出され，成熟度の低いすなわち累積変位量や変位速度が小さく，活動間隔（再来周期）が大きい活断層では，比較的短い断層から大規模な地震が生じうることが知られてきた。なお，地質学的観点からは，「成長断層 growth fault」と称されてきた断層は，長期間にわたって発達したために断層の両側の堆積作用を規制するため，断層の両側で同層準の地層の層厚や岩質が異なるものである。すなわち一種の堆積時造構運動によって累積的に形成される断層である[25)]から，第四紀堆積盆を画する活断層においては成因を論ずる場合にこの点は考慮されるべきである。

活断層の終焉，さらなる若返り：活断層運動を起因する広域造構応力場の背景をなすプレートのテクトニックセッティング（プレートの運動方向の変化による各プレートの相対的位置関係の変化やそれらの速度変化）は，地質学的時間（数 10 万年～数 100 万年）において変化しうるから現在活断層であっても，いずれ活動を終了する可能性はある。例えば，いわゆる「第四紀断層」とみなされる長野県松本盆地東側の中山山地を南北に縦走する中山断層は，更新世前期の地層を切るものの後期更新世以降の地形面を変位させておらず，その断層運動は更新世初期に終焉しているとみなせる[26)]。断層運動の終焉事例の吟味が一層なされるべきであろう。もう一つの重要課題が，「断層の若返り」である。プレート運動の変化による長大な地質学的過程での広域造構応力場の変化によって，既存断層の変位様式が変わり活断層として新たな活動を生ずることである。例えば，Red River 断層帯（ベトナム）やザグロス断層（イラン）はじめ各地にあるが，いずれも長さ数 100 ～ 1000km 以上の大規模断層であり，この際は地質断層（系）とそれに近傍する活断層（系）との関連も検討されるべきである。

5．活断層の空間的形状

活断層の平面形態：地表で観察される活断層は，必ずしも一本の線状構造を呈するのではなく，分岐したり並走したりし，また必ずしも単一の断層面ではない複雑な系をなす。同様に，地表地震断層も（1）主断層（震源断層から直接的に延伸し地表に達した断層），（2）副断層（主断層から分岐または並走した小規模な複数の地表地震断層群），及び（3）二次的断層（地震に伴う地殻変動などに依拠し，小規模な複数の地表地震断層（セグメント）

群として出現する（**図 1**）。主断層のタイプによって，それから派生する二次断層や関連する地質構造（引きずり褶曲 drag fold など）がどのように発達するかという課題は構造地質学の古典的な断層問題の 1 つである（リーデルせん断構造（帯）[2] 参照）。しかし，現実には，応力配置だけで決まるものではなく，そこの岩石（岩盤）の破壊条件を満足させうるかなどの形成条件・形成機構を満たしているかなどによる。すなわち，被覆層の物性やその層厚，主活断層の変位量などが影響し，明瞭に発達する場合や不明瞭な場合があるが，定量的な予測については未だ検討課題である。もっとも，仮に二次以下の断層が形成されえても，それらの変位量は主断層に比して著しく小さいことは自明である。

図 1　チャルドラン地震（1976，トルコ東部）による右横ずれに対応する雁行配列する割れ目（長さ 2 ～ 5m で 10 ～ 20cm ほど開口する破断群。開口部には地下から吹きだしたらしい白色シルトが詰まっている。各破断面間では，局所的な圧縮による盛り上がり微地形であるプレーッシャーリッジ（モールトラック・バルジ）。長さ 1 ～ 3m，高さ 30 ～ 50cm）が発達する [9]（図 4b）。

断層における末端問題：断層に沿う変位量は変化し，一般に末端部に向かって減少する。しかし，個別具体的な断層について末端でどのように変位やひずみが解消されていくかについては通則性を確保するにはいたっていない [25]。例えば，トランスカレント断層に属する内陸の横ずれ活断層セグメントの末端部には，ずれの向きに応じて局所的に圧縮領域と引っ張り領域が生じ，それらがそこの岩盤の破壊・変形条件を満たせば，圧縮領域には地形的な高まり（プレッシャーリッジなど。後述）や二次的逆断層，褶曲の形成が起こり，引っ張り領域においては構造凹地・堆積盆や正断層や伸張裂罅などが形成されうる。複数の併走するセグメントがある場合には，いわゆる pull-apart basin の形成による横ずれ変位の解消もある [27]。もっとも大規模であるほど単なる幾何学条件を無条件に適用することは避けるべきで，地質条件が考慮されなければならない。

活断層の深部構造：平面に近似した断層面と，主応力軸の配置によって高角な正断層・低角な逆断層・ほぼ垂直な横ずれ断層（走向移動断層）に区分されるが，実際には高角の逆断層や対角位にずれが生じる断層などがあり，複雑である。それらの深部構造の全容を直接観察することはできないから，深部ボーリングや各種物理探査結果等を総合的に勘案して推測されるべきであるが，難しい。内陸大地震の震源深さは 10 ～ 15km 程度が多く，こうした状況下で地震を発生する活断層の破砕帯や断層面の形状が地表ないし地下浅部と同じか否かは，実際にはわからないというのが現状である。一方，深さとともに封圧が増加し，岩石の延性度が増加するから，地表部で高角な断層面も地下深部に行くにつれ低角ないしほぼ水平になることが多く，「リストリック断層」と称される。また，横ずれ断層（走向移動断層）では，地表部や浅層部（堆積被覆層）で主断層に対してしばしば分岐・雁行する断層も深部基盤中では主断層に収れんしていくことが想定され，その断面形状から「フラワー・ストラクチャー」と称される [25]。いずれにしてもこれらの断層深部構造の概念は，地質プロセス・地質構造発達史における（重力場における広域造構応力場の変遷を考慮した）大規模な堆積作用（堆積盆形成など）や造構運動を規制する大規模な断層の場合に適用考慮されるべきである。

6. 熊本地震（2016）に関する活断層と地表地震断層

当該地震は，南北方向に張力軸を持つ右横ずれ断層型（正断層成分を含む）の地殻内地震であり，北東－南西方向に伸びる震源断層を持つと推定されている。上述の地震にともない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分布する地表地震断層およびその可能性のある地表変状が見出された（**図 2**）。政府の地震調査委員会によると，布田川断層帯沿いで長さ 28km，日奈久断層帯沿いで長さ 6km の地表地震断層が発見された。画像解析結果 [28] では，島原湾東部から阿蘇カルデラ内に達し，全長 40km 以上に達するという。国土地理院の衛星画像解析によると，布田川断層帯の北側では最大 1m 以上の沈降，南側では最大 30cm 以上の隆起が起き，また，水平方向には，布田川断層帯の北側で東向きに最

大 1m 以上，南側で西向きに最大 50cm 以上ずれたと見られる。震源の深さは，10 数 km で，地震のメカニズム（発震機構）が，地表変位に直接影響した可能性があり，全体として右横ずれ変位が卓越するものの（益城町では，水平方向に約 2m），地表では縦ずれ変位を伴い，また，雁行配列を呈する場合もあり，それらの様態は複雑である。

熊本県の主要な活断層には，大分県の別府湾から熊本・大分県境まで延びる別府－万年山（はねやま）断層帯，阿蘇外輪山から島原湾に延びる布田川（ふたがわ）断層帯，熊本から八代海南部に延びる日奈久（ひなぐ）断層帯，県南西部から鹿児島県に延びる出水（いずみ）断層帯，県南東部に延びる人吉（ひとよし）盆地南縁断層，県中部を横切る緑川断層帯があり，さらに短い活断層群として阿蘇外輪南麓断層群，鶴木場断層帯，国見岳断層帯，水俣断層帯が知られている（本文末の（注）参照）。

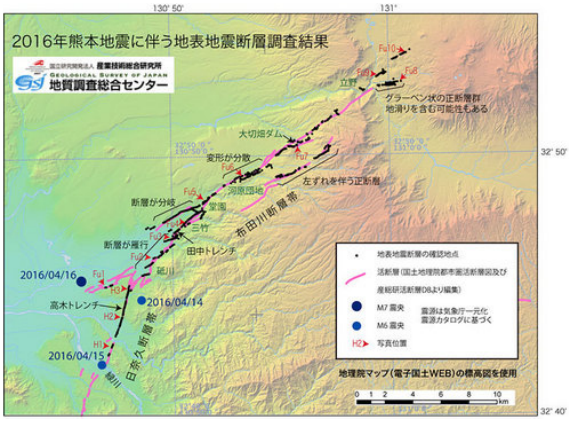


図 2　2016 年熊本地震に伴う地表地震断層調査結果「第四報」緊急現地調査報告［2016 年 5 月 13 日］（産業技術総合研究所地質調査総合センター）
https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/index.html

陸域の浅いところでこれまでに発生した被害地震は，主に九重・阿蘇を経て島原半島に至る延長約 200 km，幅 20 ～ 30 km の範囲に延びる溝状の地質構造を呈する別府－島原地溝帯に規制され，それらに沿った地域とその周辺（布田川断層帯・日奈久断層帯に沿う地域など）で発生した。

南阿蘇村の白川鉄道橋右岸下流の河床付近には、地震以前から「北向山断層」と称する活断層の断層面露頭の存在が第四紀断層調査によって確認されていた[29]。これをもとに、地震の 1 か月半後に再確認を行った応用地質株式会社の技術者によれば、北向山断層の高さ 20 m、幅 4 mほどの鉛直のシャープな活断層露頭には明瞭な変状が認められ、

図 3　北向山（地震・活）断層（応用地質株式会社提供）
立野付近（断層北東端。位置は図２参照。）
（上：全体像、中：上部拡大像、下：下部拡大図）

図 3（上）に示す矢印を結ぶ境線の上下で色調が異なり、上部は地震前からの断層面であり、下部は今回の地震で１～２ｍほどの右横ずれ変位によって新たに現れた地震断層面となっている。矢印の境線の上部は灰色で、苔など小植物、雨水等のしたたり痕などが見られる。境線の下部はそれらが見られず、褐灰色を帯び、地表に現れて間もないことが分かる。地震直後は湿りもあり、岩粉や岩屑がずれ方向に付着していたであろう。

断層面の左側（北西側）は一見、崩壊面に見えそうであるが、上部で起きた小崩壊の土砂が流れ下り、表土が削られながらも所々に緑葉の植生が残されており、崩壊面ではないことがわかる。なお、露頭を構成するのは、更新世前期の先阿蘇火山岩

類に属する輝石安山岩溶岩（一部自破砕）である。活断層調査において活断層として明確に認識されていた断層が、今回の地震において位置的に寸分違わず動いたものである。事前に活断層調査を実施し、情報整備を進めておく有効性を提示する貴重な事例であるといえよう。

次に地震後の地表地震断層の形状について以下に数例紹介する。

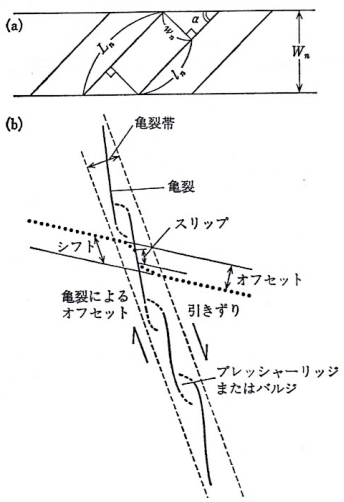


図 4　雁行配列の幾何学的要素 [2)]
(a) 模式的な雁行配列
(b) 雁行配列する亀裂及び亀裂帯に沿って生じる変形を示す概念図

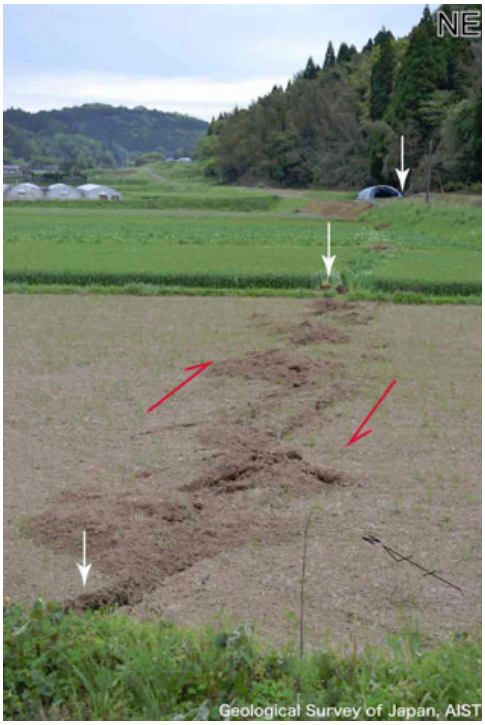


図 5　益城町堂園集落の田畑に見られる右横ずれ変位とずれによって生じた明瞭な雁行配列．写真は北東方向に向かって撮影．白矢印（縦）は断層位置，赤矢印（横）は変位センスを表す [30)]（2016 年 4 月 16 日撮影）。（図 4 (b) 参照）

図 1 にもあるように、横ずれ断層による地表変形の事例として、断層セグメントの雁行配列とそれに伴う地面の盛り上がり（プレッシャーリッジなど）の複雑な様態が発生することは洋の東西を問わない。その定量的予測は困難であるが、耐震設計等の災害対策立案に生かされれば幸いである。

図 6　図 5 右奥のビニールハウス周辺から逆方向に撮影したもの（応用地質株式会社提供）（図 4 (b) 参照）

図 7　右横ずれステップ状配列を呈する地表地震断層セグメント群（西原村桑鶴地区）。道路表層部を覆うアスファルトは主に脆性破壊を生ずるので，プレッシャーリッジのような路面の明瞭な盛り上がりは呈さない（応用地質株式会社提供）。（図 4（a）参照）

7. おわりに

あらゆる災害（被害）を完全に防止すべきで，一人の死傷者も出さないという「防災」理念はあらまほしきことであるが，可能な限りの「減災」を図ることが現実的である。とくに発生が極めて低確率の地質事象について社会的にどこまでリスクを許容できるかが検討されるべきで，ヒステリックに騒ぎたて社会不安を煽るかのような言動は慎むべきである。鉄道・自動車道・橋梁等の人工線構造は，往々にして活断層通過位置を避けられない場合がある。このような場合もゼロリスクの立場に立つのではなく，活断層の有無にかかわらず

全線の耐震性向上を図り，リスクの最小化に努めるのが現実的な対応である。と同時にアウトリーチの重要性が指摘される。いかにわかりやすく社会各層に繰り返し伝えるかは，研究者のみならず行政・マスコミ関係者の責務であろう。
（紙幅の関係で文献引用はだいぶ控えたが，3）を参照されたい）

〈引用・参考文献〉

1） 神保小虎（1911）：日本の紅簾片岩中の赤點，地質學雑誌，18，127.
2） 加藤碵一（1989）：地震と活断層の科学，朝倉書店，280p.
3） 加藤碵一（2014）：地質事象における「活」の諸問題， 応用地質技術年報，33，39-58.
4） 中田　高（1990）：カリフォルニア州の活断層法「アルキスト - プリオロ特別調査地帯法」（Alquist Priolo Special Studies Zones Act）と地震対策，地学雑誌，99，289-298.
5） 多田文夫（1927）：活断層の二種類，地理学評論，10，980-983.
6） 池田安隆（1996）：活断層の地震危険度評価「我々は何をすべきか， 活断層研究，15，59-63.
7） 徳山　明（2013）：原発と活断層の評価，エネルギーフォーラム，6，114-117.
8） 大塚弥之助（1948）:活断層，休断層，癒着断層（又は死断層），科学，18，457-458.
9） 加藤碵一（2004）：アナトリア地震紀行， 愛智出版，135p.
10） 松田時彦（1975）：活断層から発生する地震の規模と周期について， 地震 2，28，269-283.
11） 萩原幸男 , 糸田千鶴（2004）：松田式係数の地域性と断層タイプ依存性，活断層研究 , 24，33-37.
12） 松田時彦 , 岡田真介 , 渡邊トキエ（2004）：横ずれ活断層の累積変位量・断層長・破砕帯幅から見た断層の発達度―中国地方と中部地方の比較，活断層研究，24，1-12.
13） 道家涼介，谷川晋一，安江健一，中安昭夫，新里忠史，梅田浩司，田中竹延（2012）：日本列島における活断層の活動開始時期の空間的特徴，活断層研究，37，1-15.
14） 吉村辰朗（2006）：破砕幅の生長過程から推定される活断層の発生数と発生時期－破砕幅の累積性とべき乗則，活断層研究，26，7-14.
15） 吉村辰朗（2007）：破砕帯幅の関係式から検討したＣ級活断層問題，活断層研究，27，37-48.
16） 吉村辰朗（2010）：破砕幅を尺度とした活断層の活動評価－破砕幅と断層長の関係式－，活断層研究，33，39-49.
17） 垣見俊弘 , 衣笠善博 , 鈴木尉元 , 小玉喜三郎 , 三梨昂（1977）：1974 年伊豆半島沖地震に関する地質学的調査，地質調査所特別報告，6，1-35.
18） Tsuneishi，Y.Yoshida，S.and Kimura，T.（1975）：Fault -forming process of the Komyo fault in central Japan，Bull. Earthquake Res.Inst.，50，415-442.
19） Kakimi，T.and Kinugasa，Y.（1976）：A geologic significance of the Irozaki earthquake fault，view from “maturity” of faulting，Jour. Geodetic Soc. Japan，22，278-279.
20） 垣見俊弘（2010）：活断層の成熟度について，活断層研究，32，73-77.
21） 井上大栄 , 宮越勝義 , 上田圭一 , 宮脇明子 , 松浦一樹（2002）：2000 年鳥取県西部地震震源域の活断層調査，地震，54，557-573.
22） 伏島祐一郎，井村隆介，森野道夫，杉山雄一，水野清秀（2002）：2000 年鳥取県西部地震断層のトレンチ掘削調査，活断層・古地震研究報告，産総研，2，183-208.
23） 岡田篤正（2002）：山陰地方の活断層の諸特徴，活断層研究，22,17-32.
24） Wesnousky,S.G.（1988）：Seismological and structural evolution of strike-slip faults, Nature, 335，340-343.
25） 垣見俊弘 , 加藤碵一（1994）:地質構造の解析―理論と実際―，愛智出版，274 p.
26） 加藤碵一 , 佐藤岱生（1983）：信濃池田地域の地質（地域地質研究報告　5 万分の 1 図幅），地質調査所，93p.
27） 加藤碵一（1991）：PULL-APART BASIN の概要，構造地質，36，3-18.
28） 林　愛明（2017）：2016 年　M7.3　熊本地震―地表地震断層と阿蘇火山におけるビジュアル記録―， 近未来社，190p.
29） 国土交通省　九州整備局（2012）：立野ダム建設事業の検証に係る検討「立野ダム周辺及びダムサイトの地形・地質概要」，24p.
http://www.qsr.milt.go.jp/stop/jigyo-hyoka/12109/tateno/siryou 7.pdf
30） 白濱吉起 , 森　宏 , 丸山　正 , 吉見雅行（2016）：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]， GSJ 地質ニュース，5，6，138-146.
https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/kumamoto20160419.html

謝辞：熊本地震についてご教示、一部写真提供をいただいた応用地質株式会社関係者に、深く謝意を表する次第である。

注：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（旧地質調査所）が編纂している「活断層データベース」は、日本全国の活断層の分布や特徴などが地図上で見られ（国土地理院など 3 種類から表示形式を選べるうえ、グーグル・アースのように特定の範囲を拡大して見ることが可能）、断層ごとの地下構造のデータや 1923 年（関東大震災）以降に発生した地震の被害状況と震源地など。また歴史的な巨大地震を引き起こした活断層が、過去にどんな活動をしていたかなども簡単に情報検索できるので各位の利用をお勧めする。　https://gbank.gsj.jp/activefault/

やさしい知識

木造建物の耐震基準の変遷

荒木 康弘（あらき やすひろ）*

Key Word 建築基準法，新耐震基準，壁率，阪神淡路大震災，熊本地震

1. はじめに

日本の建物は，過去の地震や暴風による被害を経験して強くなってきたといえる。特に，大地震により建物により大きな被害が生じた後に，建物の安全性を確保するための法令等の基準（総称して「耐震基準」と呼ぶ）が整備されてきた（**表 1**）。

本報では，耐震基準の中の木造建物の耐震基準の変遷について紹介する。

表 1　災害と法令等の整備

災害	法令等
1891(明治 24)　濃尾地震	
	1919(大正 8)　市街地建築物法
1923(大正 12)　関東地震	
1934(昭和 9)　室戸台風	
1948(昭和 23)　福井地震	
	1950(昭和 25)　建築基準法
1959(昭和 34)　伊勢湾台風	
1964(昭和 39)　新潟地震	
1968(昭和 43)　十勝沖地震	
1978(昭和 53)　宮城県沖地震	
	1981(昭和 56)　新耐震基準
1983(昭和 58) 日本海中部地震	
1995(平成 7) 兵庫県南部地震	1995(平成 7)　耐震改修促進法
2004(平成 16) 新潟県中越地震	2000(平成 12)　住宅の品質確保の促進等に関する法律
2007(平成 19) 新潟県中越沖地震	
2011(平成 23) 東北地方太平洋沖地震	
2016(平成 28) 熊本地震	

2. 市街地建築物法の時代

1923 年の関東大震災の翌年に「市街地建築物法」という法律が改正され，設計震度として 0.1 が規定された。「設計震度 0.1」とは，建物全重量の 1 割を水平力（＝「地震力」という）として構造計算をするということ，つまり「地震力＝建物全重量 × 0.1」という意味である。これは，日本で最初の耐震基準であるものの，大都市に建つビルを対象とした規定であった。一方，木造建物に関しては，「適当に筋かいまたは方杖を設けるべし」という規定が取り入れられた。精神的な規定で，住宅を対象としたものではなかったものの，耐震要素として「筋かい」を法令の中に取り入れた画期的なものであった。

3. 建築基準法の制定と基準の変遷

1950 年に市街地建築物法に代わって建築基準法が施行された際，1948 年の福井地震の教訓を受け，木造建物に対し「壁率」の規定が取り入れられた。壁率とは，建物の各階の床面積に応じ，筋かいなどの地震に対する抵抗要素をどのくらい設けるかを規定するものである。この壁率は，現在でも木造建物の耐震規定の中心をなす規定であり，そのことを考えると，当時この規定が取り入れられたことは非常に画期的なことであった。

その後 1968 年の十勝沖地震で，耐震建築の代名詞であった鉄筋コンクリート造をはじめとする多くのビルが大きな被害を受け，それをきっかけとして 1971 年に耐震基準の見直しが行われた。さらに

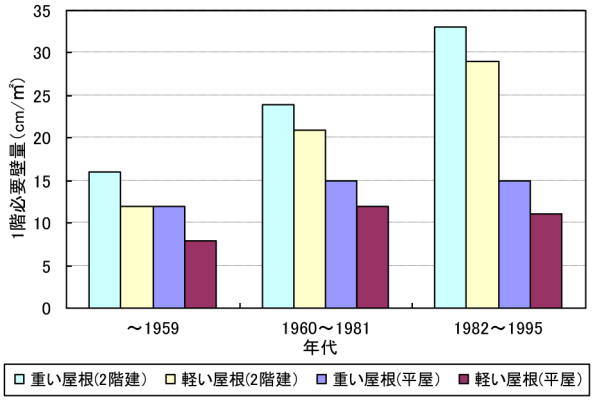
*国立研究開発法人建築研究所構造研究グループ主任研究員　博士（工学）

1978 年には宮城県沖地震が発生し，その被害を教訓として，1981 年に「新耐震基準」が施行された。新耐震基準とは，このとき改正された建築基準法とその施行令，および建設省告示などで規定された耐震設計の基準を意味する。

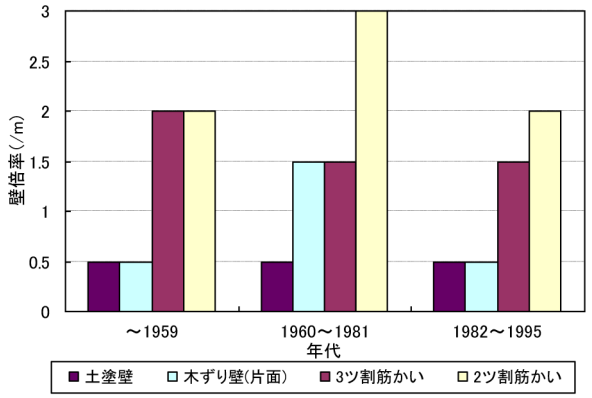
4. 必要壁量・壁倍率の変遷

必要壁量とは「床面積 1m^2 あたりに必要な壁（耐力壁）の量」を意味している。また，壁の強さは「壁倍率」と呼ばれ，壁幅 1 mあたりの強さ（筋かい等によってその壁が通常の何倍の効果があるか）で表される。必要壁量や壁倍率は，建物の耐震性にきわめて重要な意味を持つ。

図 1 に，必要壁量と壁倍率の変遷を示す。1950 年に建築基準法制定と同時に必要壁量が制定されてから，1959 年と 1981 年の 2 度改正され，その数値は改正のたびに大きく，すなわち必要壁量は厳しくなっている。ただし，1959 年改正時には壁倍率も大きくなっているため，実際にはそれほど必要壁量は厳しくなったとはいえない点に注意する必要がある。一方，1981 年の新耐震基準での改正時には壁倍率は下方修正されているため，逆に必要壁量は厳しくなったといえる。



(a) 必要壁量の変遷（1 階部分）



(b)壁倍率

図 1　必要壁量・壁倍率の変遷

5. 阪神・淡路大震災の教訓

1995 年の阪神・淡路大震災は，家屋の全壊，半壊がともに 10 万棟以上，死者 6,400 人余のうち 8 割は家屋の倒壊による圧死，窒息死という甚大な被害をもたらした。

地震被害調査の結果，大きな被害を受けた木造建物にはいくつかの傾向が認められた。

まず木造建物の中で特に被害の多かったものは，「古い」木造住宅であった（**写真 1 (a)**）。ここでいう「古い」には 2 通りの意味がある。1 つ目は「建築年代が古く老朽化している」という意味で，新築当初はそれなりの耐震性能を有していても，老朽化により耐震性を失ってしまっているということである。2 つ目は「建築年代が古いので，構法（つくり方）自体が古い」という意味であり，「4. 必要壁量・壁倍率の変遷」で述べた通り，1981 年の新耐震基準よりも前に建設された「古い」木造住宅は，もともと耐震性に乏しいといえよう。

また，新しく見える木造建物にも大きな被害を受けているものがあった（**写真 1 (b)**）。調査の結果，それらの建物には，抵抗要素となる筋かいなどの壁が少ないという共通の特徴がみられた。また壁が必要量存在していても，壁の取り付く柱の足元がきちんと固定されていないため，十分な性能を発揮できなかったことや，壁の配置のバランスが非常に悪かったために局所的に大きな力が働いたことがわかった。

一方，1981 年以降，すなわち新耐震基準以降に建設された木造住宅の被害は全般的に軽微であった（**写真 1 (c)**）。新耐震基準以前と以降では建物の耐震性に差異があることから，被害の大きさに違いが出たものと考えられている。

6. 東日本大震災の教訓

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震によって，東日本大震災が引き起こされた。津波と原発事故による被害が甚大であり，木造住宅もその多くが津波によって流された。

木造住宅は，津波に耐えうるような設計基準とはなっていないので（少なくとも設計上は，津波による荷重に抵抗するという要求条件はないため），東日本大震災では沿岸部の多くの木造住宅が流出した。しかし，現代風の戸建て木造住宅には，周囲の

建物が流された中で残っているものも散見された（**写真 2**）。水平耐力が十分にあり，かつ，基礎にしっかりと建物が固定されているものが残ったと考えられる。したがって，津波に耐えた木造住宅は耐震的でもあったと考えられる。

なお，津波によるもの以外の被害としては，関東圏でも埋立地を中心に，地盤の液状化による被害が大きかった。液状化は，地下水位よりも下にあって水で飽和しているゆるい砂層で生じるものである。今後は，この液状化の発生の可能性について，十分な確認が必要である。

7. 阪神淡路大震災後の耐震規程の整備

7.1 耐震改修促進法

阪神・淡路大震災を教訓に，耐震規程に関する法律改正の作業が加速された。まず既存の古い建物に大きな被害が生じていたことを教訓として，震災と同年の 1995 年には「耐震改修促進法」が制定され，1981 年以前に建てられた学校や病院などの特定建築物に対し，耐震診断や耐震改修に努めることが求められた。そして 2006 年には，より積極的な耐震改修の促進を目的に，特定建築物の範囲の拡大，各種支援，緩和措置が盛り込まれる等の改正が行われ，数値目標として，特定建築物の耐震化率を 2015 年までに 90％に引き上げることとされた。さらに東日本大震災を教訓に，2013 年の改正では，主に以下の内容が盛り込まれた。

- 耐震診断及び耐震改修の努力義務の対象となる建物の範囲を，旧耐震基準による全ての建物に拡大
- 特定建築物のうち不特定多数が利用する大規模施設や避難弱者が利用する建物などに対して，耐震診断の義務化とその結果の公表
- 耐震性に関する表示制度の創設

7.2 建築基準法の改正

2000 年には約 20 年ぶりに建築基準法が改正された。この改正で，木造建物においては壁率の変更はなかったものの，①基礎に関する規定，②柱と梁や土台との接合部，筋かい端部接合部の仕様に関する規定，③壁をバランスよく配置するための規定などが取り入れられた。いずれも阪神・淡路大震災での被害を教訓とした規定であるといえよう。

同じく 2000 年に，「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」が施行され，居住性や耐震性などの 9 項目について，住宅の品質を等級や数値を用いて評価することが可能となった。この品確法を受けて，住宅性能表示制度ができている。耐震性能

（a）大きな被害を受けた古い木造住宅

（b）大きな被害を受けた比較的新しい木造住宅

（c）被害が軽微であった木造住宅

写真 1　阪神・淡路大震災の木造建物の被害

写真 2　津波の被災地で残っている木造住宅

に関しては，等級 1，2，3 を与えている。このうち等級 1 は，建築基準法並み（つまり最低限度の性能）のもの，等級 2 は，おおむねその 1.25 倍の耐震性を持つもの，等級 3 は，同じく 1.5 倍の耐震性を持つものである。建築基準法が，最低基準であることと，地震の被害をさらに軽減するためには，それ以上の耐震性を持つ（つまり，等級 2 あるいは 3）ことが望ましいことを認識する必要がある。

8. 熊本地震の教訓

平成 28 年 4 月 14 日と 4 月 16 日に熊本地方等で震度 7 を記録し，熊本県を中心に数多くの建築物に倒壊などの被害がもたらされた。

調査の結果，新耐震以前に建てられたと考えられる木造建物の倒壊が多数確認された。また，新耐震以降（築 20 ～ 40 年）と考えられる木造建物の倒壊や部分破壊も多数確認された。一方，柱の上下端部や筋かい端部を確認できたものについては，釘打ち程度の比較的軽微な接合方法であったことが確認された。また，2000 年以降に建設されたと考えられる木造住宅についても倒壊あるいは大破した建物が数例確認された。詳細調査の結果，柱の上下端部や筋かい端部の接合方法が現行の基準を満足していないものや，建物の外壁等が，壁率で想定している建物の重量よりもかなり重い仕様であることが分かった。一方，木造住宅の被害が多いエリアでも，外観上無被害の築年数の浅い建物も多数確認された。

図 2 は，(一社）日本建築学会で実施した悉皆（全数）調査と国総研・建研で実施した調査を元に，被害が甚大であった益城町の被害状況を分析した，熊本地震における木造建物の建築時期別の被害状況である。新耐震基準が施行された 1981 年 6 月と木造の構造関係の基準が改正された 2000 年 6 月を分

（a）築 40 年以上の木造住宅の被害

（b）築 20 ～ 40 年の木造住宅の被害

（c）（b）の住宅の筋かい端部

（d）倒壊した 2000 年以降築の木造住宅

（e）外観上無被害の新しい木造住宅

写真 3　熊本地震の木造建物の被害

岐点として，① 1981 年 5 月以前，② 1981 年 6 月～2000 年 5 月，③ 2000 年 6 月以降の 3 つの建築年代に分類し，集計している。

図より，まず新耐震以前の木造建物に被害が多いことがわかる。その理由としては，阪神・淡路大震災の時と同じく建設年代が古く老朽化している点と構法自体が古いという 2 つの意味で耐震性に乏しかったと考えられる。

一方，新耐震以降 2000 年改正以前の木造建物においても 8.7% の倒壊・崩壊が確認された。これらの建物では，柱頭柱脚接合部や筋かい端部接合部の仕様が 2000 年改正以降の基準に比べ不十分であったものが殆どであったことから，不十分な接合部仕様が被害を大きくした要因の一つと考えられる。2000 年改正以降で倒壊した木造建物については，不十分な接合部仕様や建物敷地の地盤変状，また建物重量が大きかった事等が，倒壊の要因の一つとして考えられる。

このように熊本地震では，新耐震以前の建物だけでなく，新耐震以降 2000 年改正以前の建物の一部においても倒壊・崩壊といった被害が見られたことから，この時期に建設された木造建物についても，特に接合部等を補強することにより，耐震性を向上させることが望ましいといえる。

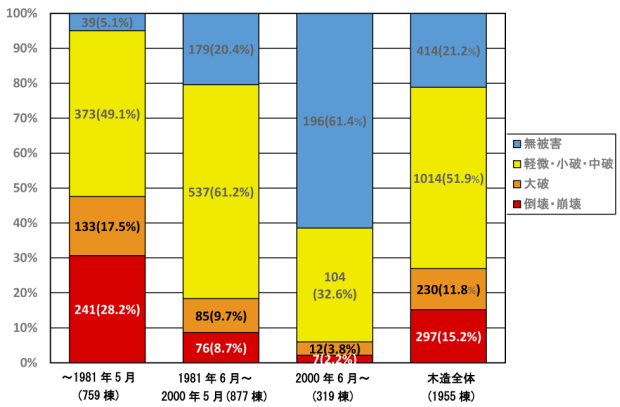


図 2　木造の建築時期別の被害状況 [4)]

9. 既存不適格の木造建物への対応

今日では木造住宅の耐震性に関する規定が整備され，建築基準法どおりに適切に建てられた建物であれば，阪神・淡路大震災や東日本大震災，熊本地震のような大地震にあっても倒壊することはほとんどないと考えられる。

しかし阪神・淡路大震災では，いわゆる既存不適格の木造建物や，比較的新しいものでも耐震性が不十分であった建物に大きな被害が生じた。「既存不適格」とは，建設時点ではそのときの法令を満たしていても，その後に法令が改正されたために，その法令（つまり現行法令）を満たさなくなっていることをいう。したがって，新耐震基準になった 1981 年以前の建物は既存不適格になっていることが多い。また 2013 年時点で住宅総数のうち，耐震性が不十分な住宅が 18% あるという現状を考えると（**図 3**），今後も耐震性が不十分な建物を補強することにより，耐震性を向上させることが不可欠である。

阪神・淡路大震災や東日本大震災，また熊本地震のような大地震は，今後もどこで起こるかわからない。このような背景のもと，昭和 54 年に発行された木造建物の耐震診断基準および耐震補強方法が 2004 年に全面的に改訂された。

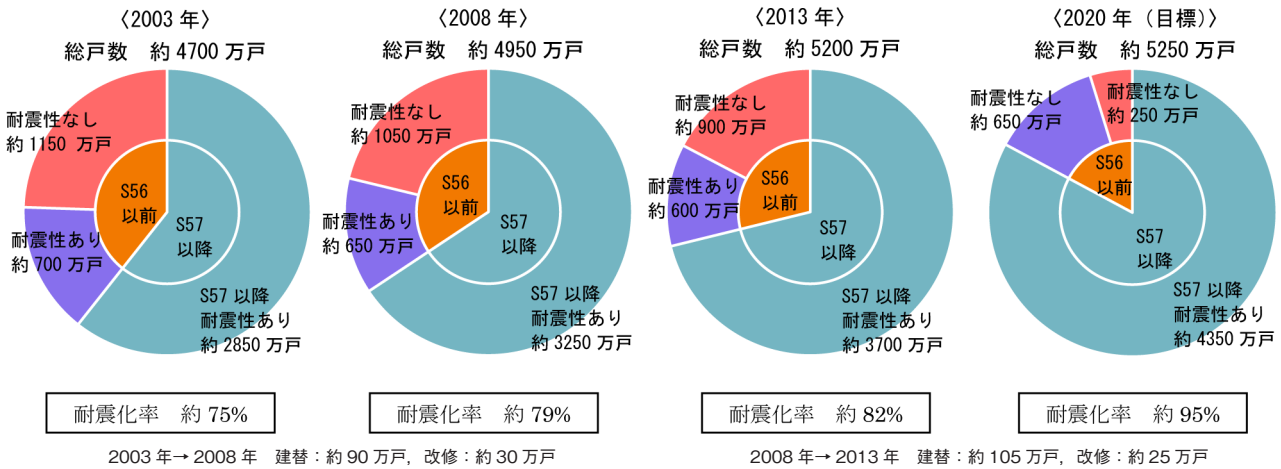


図 3　住宅の耐震化の進捗状況 [5)]

「耐震診断」とは，既存の建築物にどれくらいの耐震性能があるかを調査するものであり，人間の健康診断に例えられる。2004 年に大改訂された木造住宅の耐震診断基準は，特に大地震での倒壊の可能性の有無に焦点を絞ったものである。診断の対象となる建物の種類は，大きく分けて在来軸組構法，伝統構法，ツーバイフォー工法の 3 種類であり，改訂された耐震診断基準には，目的別に 3 種類の診断法が用意されている。なお，この診断基準は，2012 年に再改訂されているが，基本的な考え方や手順は変わっていない。

10. おわりに

本報では，主に木造住宅の耐震規定について紹介してきた。建築基準法どおりに適切に建てられた木造住宅であれば，阪神・淡路大震災や熊本地震のような大地震にあっても倒壊することはほとんどないと考えられる。

一方，昨今の地球環境問題への意識の高まりから，近年，中層・高層建築物に木材を積極的に用いることへの期待が高まっている。今後，中層・高層木造建築物に関する耐震規定が整備されていくことを期待したい。

〈参考文献〉
1） 坂本功：「木造建築を見直す」岩波書店，2000
2） 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：「阪神・淡路大震災調査報告・木造建築物　建築基礎構造」，1998.3
3） 特定非営利活動法人日本防災士機構：「平成 29 年度版防災士教本」, 2017 年
4） 熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会：「平成 28 年（2016 年）熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会報告書」， 2016 年
5） http://www.mlit.go.jp/common/001093095.pdf

高校生向けアウトリーチ 地球活動遺産ジオツアー「屋島・五剣山」

日本応用地質学会中国四国支部
地球活動遺産ジオツアー実行委員会*
長谷川（はせがわ） 修一（しゅういち）（香川大学工学部）

1 はじめに

ジオパークは，大地の成り立ちから地域の強みと弱みを知り，強みを地域振興に弱みを防災・減災に活かし，地域の持続可能な発展をめざす活動である。地域の大地の成り立ちと地域の歴史，産業，文化，過去の災害との関係に気づきを与えるジオパーク的アウトリーチは，地域の人材を育てるだけでなく，地質技術者のためにも必要であろう。

今回，日本応用地質学会中国四国支部地球活動遺産ジオツアー実行委員会では，ジオパーク的考えを軸にしたアウトリーチ活動を通じて，地元の高校生に応用地質学また地質調査・地質コンサルタント業務への関心を高める新しい試みとして，地球活動遺産ジオツアーを実施した。

2 実施概要

ジオツアーの概要は以下の通りである（**図 1**）。

(1) 日時：平成 29 年 10 月 15 日（日）9:00 ～ 15:00
(2) 場所：香川県高松市屋島中町，牟礼町
(3) 参加者：38 名
　・高校生 22 名，引率教員 5 名
　・日本応用地質学会委員：7 名
　・フランス人留学生：1 名，その他：3 名
(4) 主なお題：
　Q1 屋島が歴史の舞台となったのはなぜ？
　Q2 五剣山に五つの剣の峰がないのはなぜ？
　Q3 屋島と五剣山は地形が全く違うのはなぜ？
　Q4 屋島が庵治石の採石場にならなかったのはなぜ？
(5) 主催：日本応用地質学会中国四国支部
(6) 共催 / 協賛：香川大学工学部 / 全国地質調査業協会連合会, NPO 地質情報整備活用機構

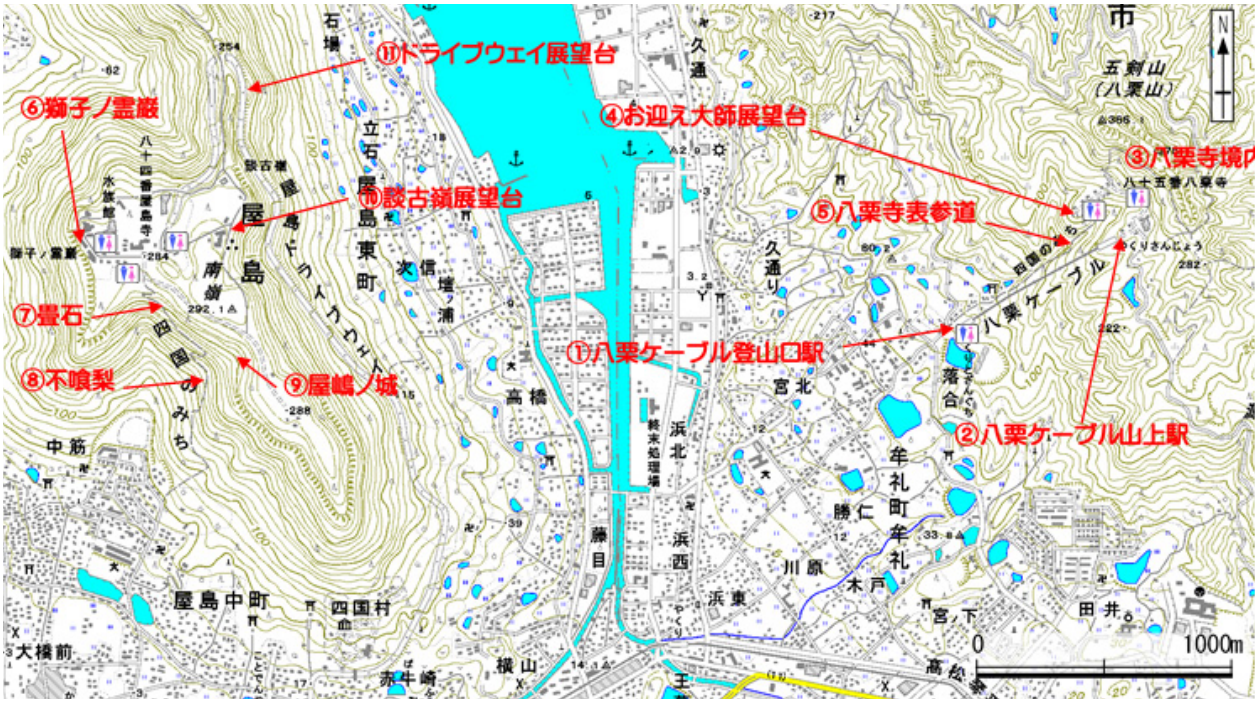


図 1　地球活動遺産ジオツアー「屋島・五剣山」案内図

*日本応用地質学会中国四国支部地球活動遺産ジオツアー実行委員：（株）四電技術コンサルタント 田村栄治・菅原大介，田村ボーリング（株） 田村彰三，復建調査設計（株）木下博久，（株）ナイバ 山本和彦・岡田弘，（株）荒谷建設コンサルタント 加藤弘徳

3 企画

(1) 募集方法

募集はチラシ配布や広報ではなく，旧知の地学を担当する高校教員を通じたネットワークを利用した。口コミを利用することで，高校生 22 名，引率教員 5 名の参加者を得た。

(2) 案内方法

高校生には，各地点に数問程度の質問と謎解きのヒントとなる図，写真を記載した質問だけの資料集を配布し（**図 2**），生徒たちに考えさせる構成とした。引率教員には謎解きの解説版も配布した。

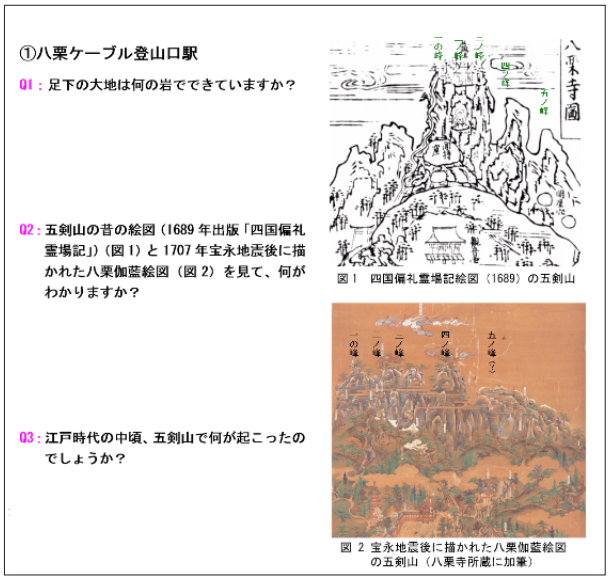


図 2　配付資料の一例

(3) 当日の運営

①移動手段

当日は JR 高松駅に集合し，貸切バスで現地に向かった。随行車両として 1 台を用意し，大型バスから降りることができないサイト，事故などの対応に当てた。

②現地案内

生徒 22 人を A ～ F に分け，4 ～ 5 名の班をつくり，他の高校生との交流を図ることを模索した。各班にはそれぞれ学会員のガイドを配属し，班内ですぐに相談できる体制とした。

現地案内は案内人（長谷川）が各地点で質問し，生徒に考える時間を与え，班を指名し生徒に回答を促した。班ごとにガイドが配属されていたことで，質問に答える生徒にとって心強かったようである。

③雨対策

小雨決行で実施したが，途中から雨足が強くなったため，拡声器が雨の音で聞こえにくかったり，アンケート用紙が雨で濡れてしまったりした。雨天時は雨の当たらない場所での説明も取り入れる必要がある。なお，雨天時を想定し，昼食は屋島山上の無料休憩所を利用した。

4 ジオツアーレポート

(1) 八栗ケーブル登山口駅

まず，「足元の地質は何か？」について周辺を観察しながら参加者全員で考えた。地元に馴染みのキーワード「庵治石（花崗岩）」をヒントに，足元には花崗岩（マサ）が分布していることを露頭に直接触れながら認識した。次に，五剣山の山体を眺め，ツアー資料を基に 1707 年の宝永地震時に五剣山で何が起こったかを考えてもらった（**写真 1**）。（菅原大介）

写真 1　五剣山に関するお題について考える高校生

(2) 八栗ケーブル山頂駅

五剣山を近傍で眺めながら，山体の岩石は登山口駅付近の花崗岩と異なることに気づくように質問した。具体的には，火山角礫岩の急崖と水平な凝灰岩層から構成されていることを形状と色等から推測してもらった。ケーブル登山口でふれた地震時の山体崩壊形態については，既報資料の凝灰岩層を分離面とする墓石転倒モデルで理解を図り，地質調査について知ってもらった。峰を構成する岩石と崩落岩塊の行き先について考えてもらいながら境内へ向かった。（菅原大介）

(3) 八栗寺境内

境内では，参道沿いに露出する凝灰岩と場違いな「亀の子岩」を案内し，この岩が五剣山山頂からの崩落岩塊であることに気づいてもらった。また，境内の石垣が崩壊岩塊を小割りにして再利用したこともすぐに分かってもらえた。本堂裏の基盤の花崗岩と凝灰岩との不整合から，花崗岩の風化時期について考えてもらった。花崗岩の風化が最後の質問と関

係することは，後で知ることになる。（菅原大介）

（4）お迎え大師展望台

・屋島の地形を眺望

案内人より「屋島はどのような形をしているか？」との問いかけがあり，指名された班の生徒達は思いおもいの発想で答えていた。「屋島」の描く特徴的なシルエット（お寺の屋根のような寺勾配）は屋島を形成する地質と密接な関係あることを前もって生徒達に考えさせ興味を深める効果があったものと思われる。（田村彰三）

・ボーリング調査結果

建築や土木構造物を，安全かつ経済的に造るために地盤調査が不可欠であること，例えば支持層として地盤の良否を評価する指標としてボーリング調査で実施される標準貫入試験で得られるＮ値があること等をひと通り説明した後，「お迎え大師展望台」の主柱基礎部で行ったボーリング調査結果の骨子を解説した。地学は社会とも密接に繋がっていること，地質（地盤）調査の意義を少しでも感じて貰えたものと期待したい。（田村彰三）

（5）表参道

・崩壊岩の追跡

崩壊岩塊がどこまで達したか，表参道を下りながら考えてもらった。巨大な岩塊がはるか下方まで崩壊したことを実感させるため，地形図で山頂から当該地点までの距離を示した。また，表参道を下る途中，河床（斜面）勾配が徐々緩くなってくることを歩きながら実感させ，崩壊岩（落石）の到達・停止の地形条件を説明した。また，河床堆積物の種類や大きさを観察させ，あとの砂防堰堤説明の“前ふり”とした。谷は，土石流の通り道であることに気がついたであろうか。（木下博久）

・砂防堰堤

H26 広島災害，H29 福岡災害を例に，土石流災害の恐ろしさ，被害の甚大さを説明すると共に，砂防堰堤の役割，設計から施工に至る手順，将来的な維持管理までを一連の流れで説明した。建設コンサルタント，地質調査分野の一面を理解してもらえた。（木下博久）

（6）獅子ノ霊巌

あいにくの雨で眺望はよくなかったが，「屋島からの眺望のどこがすばらしいか？」について考えてもらった（**写真 2**）。また，五剣山のお迎え大師からの屋島の景色も思い出してもらった。中には「崖があること」のキーワードに気がつく生徒もいて，

写真 2　雨の中，屋島の眺望に関するお題について考える高校生

山頂が平坦で崖に囲まれ，崖の肩からは視界が開けて眺望がよいのは地形（メサ）との関係であることを理解できたようだ。更に，屋島からの眺望は屋島を見ていないことに気づいてもらい，屋島からの眺望の素晴らしさは島々の地質と地形の多様性と関係していることを考えてもらった。（田村栄治）

（7）畳石

「屋島の崖はどのようにできたか？」を探るため，安山岩でできている畳石の割れ目について観察してもらった。生徒達も，水平の割れ目と鉛直の割れ目，場所によってはカーブを描く鉛直に近い割れ目があることに気が付いた。この鉛直に近い割れ目（節理）が屋島山頂を取り囲む崖の由来であることの解説に納得したようであった。（田村栄治）

（8）不喰梨

畳石から不喰梨に至るへんろ道では，次第に（安山岩）露頭が見えなくなり，崩積土が多くなる様子を観察させた。その“前ふり”として，畳石サイトにおいて，急崖露頭下の崩壊石の多さやその堆積状態を説明し，崩積土のイメージ（構成岩石，堆積状況）を持ってもらった。また，崩積土の下にある岩石が安山岩ではなく花崗岩ではないかと推測する生徒がいた。（木下博久）

（9）屋嶋ノ城城門跡

・防護ネット

不喰梨から屋嶋ノ城城門跡へ向かう急坂の途中に設置された防護ネットで立ち止まった。斜面は凹状斜面であったためか声がよく響き，全員に説明が聞こえた。対策工の設計・施工には，地形地質調査が基本となることを理解してもらえた。（木下博久）

・城門跡

城門周辺の地形をヒントに，なぜここに城門が築

かれたのかを考えてもらった。先に見学した畳石のような急崖があれば簡単には登れないことを実感してもらい，石垣が途切れた急崖を補っていることがすぐに導かれた。地点から地点までの間の観察・体感から考える作業も重要である。（木下博久）

（10）談古嶺展望台

「五剣山と屋島の地形が全く異なる」お題の解答が，両山を隔てていたと推定される花崗岩の山により2つの湖が形成され，そこに全く異なる火山噴出物（約1400万年前に噴出した讃岐層群）が堆積したことに驚きの声が上がった。「屋島では硬質の讃岐岩質安山岩が，五剣山では火山角礫岩が深層まで風化した花崗岩より浸食に対する抵抗が大きいので，両者を隔てた花崗岩の山が浸食によって低くなった」との解説にはびっくりしたようである。また，「屋島で花崗岩が採掘されない」のお題では，崩落した安山岩の崩積土で，基盤の花崗岩が覆われたために，花崗岩が採掘からまぬがれたこと，つまり「安山岩が屋島を守ってくれた」ことに気づいてもらった。次に「屋島のメサ地形が開析されると最終的にどんな地形になるか」のお題を出し，仮説を実証するための地質調査について説明し，地質調査の重要性を理解してもらった。（山本和彦，岡田弘）

（11）ドライブウェイ展望台

最後に，屋島で唯一，花崗岩を不整合に覆う安山岩等を観察できる道路の切土面を訪れた。あいにくの雨模様のため，バスの車窓から観察となった。（山本和彦，岡田弘）

5 ジオツアーの印象

本ツアーの特色の一つは，移動先ごとに与えられる「お題」に対して，生徒たちが自ら答えを導き出していくことである。取り扱われた題材は，純粋な地形・地質の内容ではなく，身近な文化的素材，換言すれば人間の生活とジオとの関わりの部分について，実際に現地で確認しながら謎解きを行うものであり，これも本ツアーの特色である。「お題」は決して難解なものではない。生徒たちは学会スタッフから助言を受け，他校の生徒とともに謎解きをする。答えに気付いてしまえば「なんだ，そうだったのか！」と満足そうな表情を浮かべる光景が繰り返されていた。案内人（長谷川）による各ポイントの総括では，地質の違いが地域の文化や人々の暮らしに与えた影響を最初に説明し，その背景としてこの地域の地質の成り立ちが解説されたことにより，生徒たちは話のスケールの壮大さに興味を惹き付けられていたようだ。（加藤弘徳）

6 アンケート

（1）ジオツアー

アンケート結果では，9割の生徒が「とてもおもしろかった」または「おもしろかった」と好評であった。記述欄によると，自分で答えを探しながら回答を見つけていくこと，実際の地質を見ながら地形・地質・大地の成り立ちを教えてもらったことがおもしろかったようである。引率の教員も「質問形式の謎解きで生徒が主体的に取り組めた」「質問形式で個人の意見を引き出していくツアーによって生徒達が受け身にならず発言できた」と高く評価していた。

（2）班分け

1班4～5名ずつの班に日本応用地質学会委員をガイドとしてつけたことで，質問しやすく（5名回答），分かりやすかった（8名）ようである。一方で，途中で同じ高校の友達同士で固まってしまい班分けがうまく機能しなかったことが今後の課題である。

（3）地質調査への関心

八栗寺で行われたボーリング調査結果や，へんろ道の砂防ダム，屋嶋ノ城に登る階段にある防護ネットなど，実際の仕事内容もジオツアーに盛り込んだ結果，8名が「興味がわいた」と回答している。「今回のツアーで仕事内容の話を聞いて，こんな仕事があることを知り，興味をもった」との記述もあった。

7 おわりに

全体を通じて，生徒たちはツアーを楽しんでいたように感じられた。対象地となった八栗寺（五剣山）や屋島は，恐らくそれまでの生徒たちにとっては観光地・史跡という意識しか無かったであろう。今回のツアーを受けて，その歴史や産業の背景に地形・地質が大きく関係しているということに気付いてもらえたことは間違いないと思われる。同じような気づきの機会を更に提供し，大地への興味や，将来的な職業の選択肢の一つとして地質調査を選んでいただければ嬉しいことこの上ない。

本活動にご協力・ご支援をいただいた関係各位、また事務局として資料の作成等を担当した香川大学工学部鶴田聖子氏に深くお礼を申し上げます。

基礎技術講座

地盤の三次元解析 ― モデリング ―

根本 達也（ねもと たつや）*

Key Word 三次元地質モデル，地質構造の論理モデル，地質境界面，地質断面図可視化，GIS，CIM

1．はじめに

地質情報は我々の生活基盤を支える重要な時空間情報のひとつです。とくに日本は地震災害や斜面災害などの地質に関連した自然災害のリスクが高く，地下の地質構造を表す三次元地質モデルはそれらの対策や問題解決のための基礎情報として必要とされています。また，近年では国土交通省が CIM（Construction Information Modeling）による三次元モデルの導入を進めており，地質調査業界においてもその必要性は高まってきています。

三次元地質モデルを構築するためのソフトウェアとして様々なものが開発されています（野々垣，2014）。国内では，とくに資源開発分野で活発に地質モデリングが行われ，実用化されています。国外では，英国，フランス，オーストラリアなどで，各国の地質調査所を中心にソフトウェアの開発やモデルの構築・発信が行われています。しかし，これらのソフトウェアによるモデルの構築方法やデータ形式は統一されておらず様々です。

三次元地質モデルの構築方法は大きく２つに分けられます。ひとつは幾何学的なモデリングです。この方法では，作成者が地質調査の結果（露頭データやボーリング柱状図など）から地質図や地質断面図を二次元で描き，描いた複数の図面から三次元の境界面を作成し，三次元地質モデルを構築します。モデリングのかなりの部分に作成者が関与するので，作成者の知識や判断を結果に大きく反映させることができ，データが少ない場合でもモデルを構築できます。しかし，紙面の地質図と同様に，客観性，更新性，再現性などに欠けるという欠点があります。もうひとつは論理的なモデリングです。この方法では，地質調査結果のデータから地質体の分布域を理論的に推論した論理モデルを構築します。この論理モデルをもとに境界面を推定し，三次元地質モデルを構築します。構築プロセスのほとんどの部分で作成者の判断を必要とせず，機械的に処理されます。そのため，この方法には次のような特徴があります。

- 調査データと作成者の知識や判断を区別して示すことができる。
- モデリングに使用したデータの密度，分布，精度などを定量的に評価できるとともに，モデルの信頼性も客観的に議論できる。
- 同じデータセットを用いれば，つねに同じモデルが得られ，再現性のあるモデリングが行える。
- データを追加・削除すれば，その量と質に応じてモデルが更新される。

本講座では，後者の方法のひとつとして，Shiono et al.（1994）による地質構造の論理モデルに基づいた三次元地質モデリングについて紹介します。

2．論理的な三次元地質モデリングの流れ

三次元地質モデリングで取り扱う情報は多種多様です。位置座標や走向・傾斜のような数値情報だけでなく，岩相などの定性的情報や塁重関係などの関係情報もあります。これらの多様な情報を有機的に組み合わせて利用する必要があります。

三次元地質モデルの構築過程を整理すると，**図１**に示す５つの段階に分けることができます（升本ほか，2013）。

①**データの収集**：現地で地質調査やボーリング調査を実施したり，室内で資料の分析を行うことにより，基礎となるデータを収集します。

*大阪市立大学大学院 理学研究科 講師

②**層序・構造関係の確定**：収集されたデータをもとに，地質体の区分や対比の作業を経て，地質体の形成順序（層序）や地質体間の構造関係を推論します。

③**論理モデルの構築**：層序・構造から地質体と境界面の論理的な関係を示す論理モデルを構築します。**図 1** の例は，面 X を境界面とする A 層（下位）と B 層（上位）が不整合面 Y で切られ，その上を C 層が覆うという，地質体の分布と境界面の論理的関係を導いたことを示します。

④**境界面の推定**：論理モデルを用いてデータを整理し，各境界面を推定するための境界条件を定めます。それをもとに，境界面の具体的形状を求めます。

⑤**幾何学的モデルの構築**：論理モデルと境界面から幾何学的に作図を行います。

この流れはモデリングの手順を理想化したものであり，実際には①から⑤に至るまでの間に何度かの試行錯誤が繰り返されます。

3. 地質構造の論理モデル

三次元地質モデリングの目的は，対象とする三次元空間における地質体の分布を推定することです。一般に，地質体の分布域はいくつかの面で境された空間として認識されます。論理的なモデリングでは，地質体の分布域と境界面の関係を示す論理モデルを構築し，境界面の具体的な形状と論理モデルから幾何学的な作図を行います。ここでは，Shiono et al.（1994）による地質構造の論理モデルを簡単に説明します。詳細は Shiono et al.（1994）や升本ほか（2013）を参照してください。

対象とする三次元空間を空間Ωとします。S が空間Ωを上下 2 つに分割する面であるとき，面 S より上側の空間を S^+，下側の空間を S^- とかくことにします。ただし，面 S は空間 S^- に含まれるものとします。下位の地質体を a，上位の地質体を b とすると a，b はそれぞれ面 S の下側，上側にあるので，

$$a = S^-$$
$$b = S^+$$

とかけます（**図 2**）。

このように 2 層に区分するときは簡単ですが，3 層以上に区分するときには，地質体の形成過程について考察する必要があります。例として，**図 3** に示すような，下位から順に a，b，c の地質体が堆積してできた地質構造を考えます。境界面は空間Ωを 2 分割するという定義から，図中では境界面の中で実在しない部分を破線で示しています。

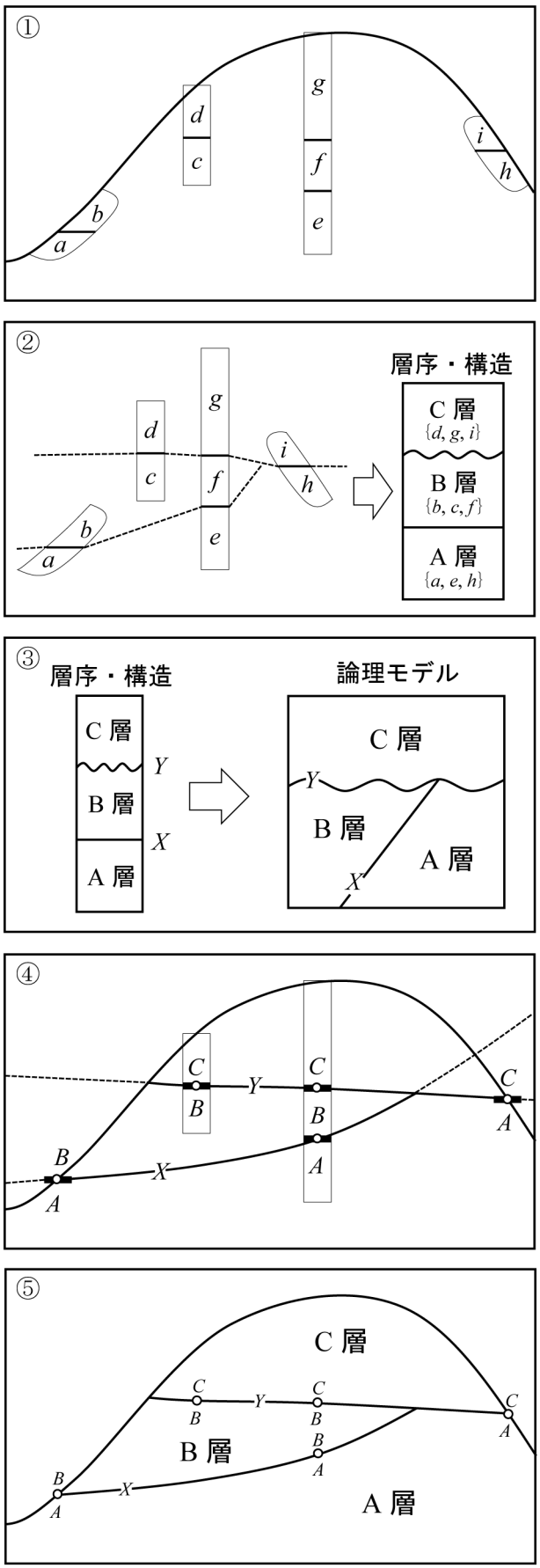


図 1　三次元地質モデリングの流れ

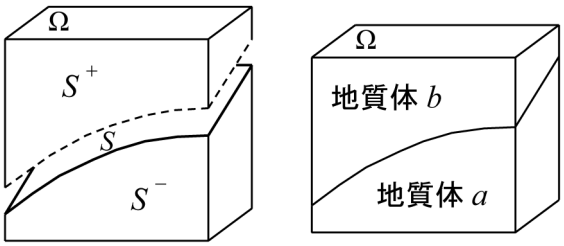


図2　2つの地質体の分布域

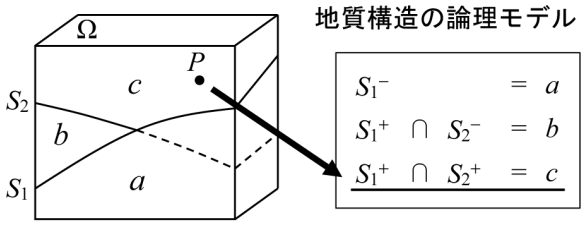


図3　3つ地質体の分布域と論理モデル

このとき，空間は面 S_1 によって a の部分と b，c の部分に2分割されるので，

$a = S_1^-$　　：a は S_1 より下側の部分

$b \cup c = S_1^+$：b と c は S_1 より上側の部分

とかけます。さらに，空間 S_1^+ は，面 S_2 によって b と c に2分割されるので，b と c はそれぞれ，

$b = S_1^+ \cap S_2^-$：S_1 より上側かつ S_2 より下側

$c = S_1^+ \cap S_2^+$：S_1 より上側かつ S_2 より上側

とかけます。以上をまとめると，3つの地質体の分布域は次のようになります。

$a = S_1^-$

$b = S_1^+ \cap S_2^-$

$c = S_1^+ \cap S_2^+$

このような，地質体と境界面の論理的関係を地質構造の論理モデルといいます。この論理モデルは地質体の数が増えるほど複雑になりますが，プログラムによって層序から機械的に作成できます。

地質構造の論理モデルと境界面の具体的形状が定まると，空間Ω内の任意の点がどの地質体に含まれるかを調べることができます。例えば，**図3**の点 P と面 S_1, S_2 との空間的な上下関係を調べると，点 P は S_1 より上側にあり，S_2 より上側にあることから，空間 $S_1^+ \cap S_2^+$ に含まれることがわかります。論理モデルから $S_1^+ \cap S_2^+$ は地質体 c に対応するので，P は地質体 c に含まれる点であることがわかります。この方法で対象空間内の各点が含まれる地質体を調べ，その地質体に対応する色で塗り分けることにより，地表地質図，鉛直断面図，水平断面図などを描画することができます。GIS（地理情報システム）を用いて，秋田県本荘地域の三次元地質モデルを可視化した例を**図4**に示します。GISによる具体的なデータ処理方法は，根本ほか（2013）を参照してください。

4．境界面の推定方法

境界面の具体的形状は，一般に，ボーリング柱状図や露頭の観察から得られた位置データを補間することによって求めます。都市域のようにボーリング柱状図が大量にある場合には，それらを対比してつなぎ合わせることで境界面を精度よく求めることができます。しかし，地下の情報が入手できない地表調査では，境界面が露出する位置の情報だけで面を決定するのが困難です。そのため，走向・傾斜が測定できる場合には，その傾きを延長して面の広がりを推定します。また，一般に境界面が露出する露頭は少なく，露出する地層と境界面の層序学的な上下関係から，境界面は露頭より上を通るはずであるとか，下を通るはずであると判断します。このような走向・傾斜データや不等式標高データ（面が上を通る，あるいは下を通るという条件をもつ位置データ）を用いて境界面を推定するプログラムに，野々垣ほか（2008）によるBS-Horizonがあります。推定理論や方法などの詳細は，野々垣ほか（2008）を参照してください。

5．モデリングシステム

地質構造の論理モデルに基づいた三次元地質モデリングのためのソフトウェアとして，米澤ほか（2004）によるGeomodelがあります。また，境界面推定プログラムとして，前述した野々垣ほか（2008）によるBS-Horizonや坂本ほか（2012）によるTerramod-BS（Visual Basicプログラム）があります。これらは，日本情報地質学会のホームページ（http://www.jsgi.org/）で公開されています。

また，全国地質調査業協会連合会は，日本建設情報総合センター（JACIC）の助成を受けて，三次元地盤モデル作成支援システムを開発し，次のサイトで公開しています。

https://geonews.zenchiren.or.jp/cim3d/index.html

このシステムでは，Web上で境界面の推定から三次元地質モデルの構築までを行い，DXF形式でのモデルの出力やパネルダイアグラムの作成を行うことができます。

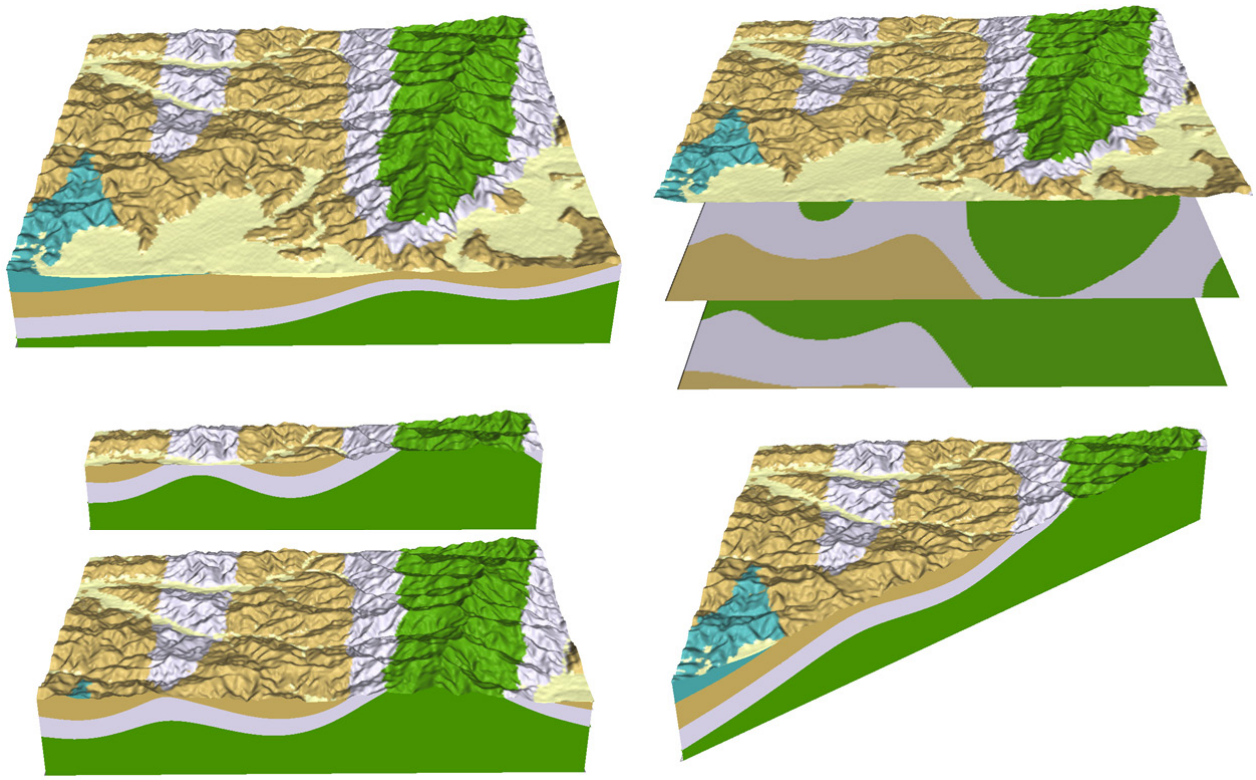


図 4　GIS による三次元地質モデルの可視化（秋田県本荘地域の例）

6. おわりに

本講座では，地質構造の論理モデルに基づいた三次元地質モデリングについて紹介しました。これまでの研究成果により，GIS によるモデルの構築や可視化が実現し，モデリングのためのソフトウェアや Web システムが開発されています。しかし，すべてのプロセスが計算機によるプログラムによって処理されているわけではなく，層序・構造の確立や地層の対比など，作成者の推論や作業が必要な部分が残されているのが現状です。今後，システムを実用化し，モデリングを普及させるためには，これらの課題を解決する必要があると考えています。

〈参考文献〉

1) 野々垣 進：「地質境界面を基礎とする国内外の地質モデリングシステム」，地質と調査，Vol.139，pp.28-33，2014
2) Shiono K., Masumoto S. and Sakamoto M.:「On formal expression of spatial distribution of strata using boundary surfaces - CI and C2 type of contact -」, Geoinformatics, Vol.5, No.4, pp.223-232, 1994
3) 升本眞二，塩野清治，根本達也，野々垣 進：「三次元地質モデルの基本要素と地質構造の論理モデル」，地質学雑誌，Vol.119，No.8，pp.519-526，2013
4) 根本達也，升本眞二，塩野清治，野々垣 進：「地質構造の論理モデルを用いた三次元地質モデリング：データ処理と可視化」，地質学雑誌，Vol.119，No.8，pp.527-536，2013
5) 野々垣 進，升本眞二，塩野清治：「3 次 B- スプラインを用いた地層境界面の推定」，情報地質，Vol.19，No.2，pp.61-77，2008
6) 米澤 剛，升本眞二，根本達也，坂本正徳，塩野清治：「拡張地質関数を用いた地質境界線の表示」，情報地質，Vol.15，No.4，pp193-206，2004
7) 坂本正徳，野々垣 進，升本眞二：「Terramod-BS：BS-Horizon を組み込んだ地層境界面推定・表示 Visual Basic プログラム」，情報地質，Vol.23，No.4，pp.169-178，2012

掘削中に出現した湧水が崩壊を招く

西村 悟之（にしむら さとゆき）*

Key Word 湧水，地下水，不整合面，地山掘削，地下水排除工

1. はじめに

地下水や湧水の存在が，施工に影響を及ぼす事例は多い。地表踏査で地表から多量の湧水が流出していたり，パイピング等が事前に確認されれば，調査設計時の段階で施工に与える影響を予測し，その調査や防止対策を検討することができる。

本報告では，事前の現地踏査時では確認されなかった湧水が，切土後にしみ出し程度の湧水として出現し，その後法面変状に至った事例を紹介する。そして，未然防止の観点から，湧水が確認されたことに対する今後の対応を考える際の留意点について考察する。

2. 設計時および施工前の現地状況

対象地は，中起伏山地に挟まれた谷筋に計画される砂防ダムである。対象地の上流は，幅 10m 程度の狭小な 2 筋の谷に分かれており，下流ではこれらが合流して幅 20 ～ 30m 程度の谷幅となる。対象は，この合流地点の左岸側の斜面である。

地質は，古生代後期非変成古生層に属するせん断泥質岩が広く分布し，この上位に新生代中新世の礫岩層が分布している。せん断泥質岩は弱変成をうけた古生層であり，岩片は硬質であるが亀裂の発達した岩盤状態である。礫岩層はせん断泥質岩を不整合に覆って分布し，マトリックスは凝灰質でクサリ礫化している状態も見受けられる。

地質構造は，せん断泥質岩の層理面の傾斜が概ね北向きであることから，右岸側の斜面は受け盤，左岸側が流れ盤の関係となる。このことは，右岸側よりも左岸側の斜面は緩勾配であることや，崩壊地が多数認められることと関連性がある。

湧水については，左岸側では山腹斜面からの湧水箇所が 2 箇所確認された。しかし，本報告で問題となった湧水はその箇所では確認されていない。

3. 地質調査結果

砂防ダムの基礎地盤調査として一般的なボーリングの配置（本堤の中心部と両袖部，下流側垂直

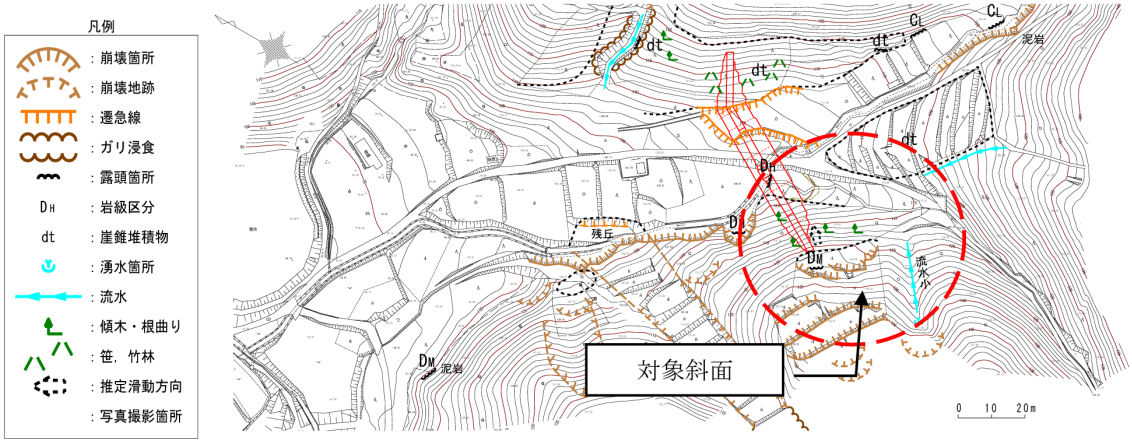


図 1　調査平面図

*株式会社　荒谷建設コンサルタント　鳥取支社　技術部地盤調査課

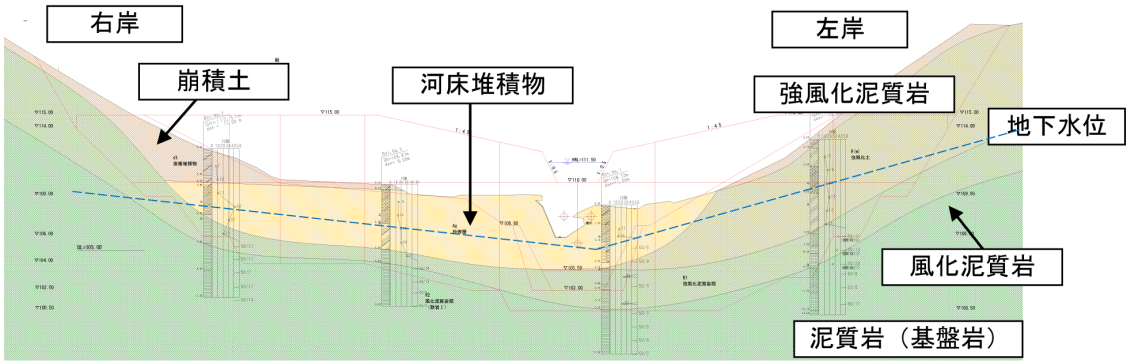


図２　地質断面図

壁の中心部の計４箇所）で地質調査を実施した。

左岸側袖部では流れ盤の緩斜面であることから，袖部掘削時において斜面安定上問題となる可能性があるとして，調査計画段階でボーリング調査を想定していたが，実施にまでは至らなかった。

ボーリング調査の結果，作成した地質断面図を**図２**に示す。左岸斜面の地質は，せん断泥質岩の分布が確認された。表層部から，強風化部，風化部，基盤岩に区分される。礫岩層は確認されなかった。また，表土の下位は強風化岩が出現し，厚い崩積土も確認されなかった。このことが，追加のボーリングを実施するまでに至らなかった理由の一つでもある。そして，地下水位は，袖部のボーリング位置で現河床付近に位置していた。

4．切土施工時の状況

設計に基づき工事が発注され，左岸袖部を掘削（切土勾配 1:0.6）後に崩壊発生した。崩壊箇所からは，しみ出し程度の常時湧水が確認された。崩壊部を除去して再度同じ勾配にて切り直しを行ったが，翌日再び崩壊が発生した。

崩壊の規模は幅，高さとも 3m 程度と小規模である。崩壊発生後，崩壊頭部の拡大傾向や，上部斜面の変状は確認されなかった。

変状発生機構は以下のように想定した。

①素因

下位にせん断泥質岩，上位に凝灰質礫岩が分布する不整合の関係にあり，岩盤の性状が異なることから，境界面が水みちとなりやすいこと。また，不整合面は切土面に対して流れ盤の関係にある。

②誘因

切土形状により，地下水の湧出箇所が限定されたこと（地下水の湧出箇所のみで崩壊している）。

5．調査結果と対策（１回目）

崩壊箇所の上部斜面でボーリング調査を１箇所実施した。ボーリング孔にはパイプ歪計および自記水位計を設置した。

写真１　崩壊箇所全景

写真２　崩壊箇所近景

パイプ歪計の観測結果では，潜在変動以上の歪変動は確認されなかった。また，地下水位も泥質岩中に位置し，ほとんど上昇が確認されなかった。

対策の基本方針は，以下のようにした。

今後，降雨により凝灰質礫岩まで地下水位が上昇した場合，背後斜面を含めたすべりの発生の可能性は否定できない。また，このまま放置した場合，崩壊頭部が徐々に後方に拡大し，背後斜面を含むすべり発生の可能性もある。したがって，上部の斜面に地すべり等の変状の兆候は見られないが，背後斜面の想定されるすべりも視野に入れて

対策工の検討を行った。

対策工は，背後斜面のすべりを想定し，目標安全率を上回るような切土形状（切土勾配 1:1.2）を求めた。地下水排除工は，地下水位がすべり面と想定される位置よりも低く位置していたことから，暗渠排水のみを計画した。

6．対策工（切土）施工後の変状

切土施工後の豪雨（日雨量 124mm）により切土法面にクラックが生じ，地下水位の上昇に伴って上部切土のり面および上流側部に変状が拡大した。改めてボーリング調査を実施し，対策工の検討を行った。

変状発生の経緯と状況を**写真 3** でまとめる。

崩壊は，以下の 4 段階で順次拡大していった。

①下流側の法面が，小段を頭部として流れ盤に沿って移動した。

②上流側の湧水発生箇所が崩壊した。

③①の上位の上部法面から湧水が出現した。それに伴い法面にクラックが発生した。

④上流側法面にもクラックが出現した。下方の法面も崩壊が進行した。

⑤最終的に，③と④を包括するような範囲でクラックの開口，段差が生じた。①の崩壊は最後まで落ち切らずに法面上に留まった。

⑥不整合面は，湧水発生箇所で窪みを形成していた。このことが，湧水箇所が限られ，かつ常時湧水の原因と考えられる。

7．調査結果と対策（2 回目）

崩壊の上部斜面で 2 箇所のボーリング調査を行った。ボーリング孔には，前回と同様にパイプ歪計と自記水位計を設置した。パイプ歪計の観測結果では潜在変動以上の歪変動は確認されなかった。地下水位観測は，不整合面よりも上位での地下水位を把握することが必要と考え，不整合面よりも上部に地下水観測孔底を留めた。観測の結果，日雨量が 25mm 以上の場合に急激な地下水位の上昇（GL-1.5m 程度）があることが確認された。

対策工は，横ボーリング工による地下水排除工および排土工（切土勾配 1:1.5）を採用した。計画安全率の不足分はグラウンドアンカー工による抑止を行った。

8．対策工の効果判定

図 3 に，横ボーリング施工前後のボーリング孔内の水位変動を示す。観測期間は，横ボーリング工施工前 6 か月，施工後約 1 年間である。

孔内水位の上段が礫岩層内に孔底を留めた孔，下段が泥質岩中に孔底が位置する孔である。両者は降雨により似たような変動を示しているが，礫岩層内に孔底を留めた孔の方が，孔内水位は高く位置していることが判る。また，横ボーリング工施工に伴い急激に水位が低下し，多量の降雨時には孔内水位は急上昇するものの，その上昇幅が抑制されていることが判る。

このことを検証するために，回帰分析を行った。

横ボーリング工を施工する前の孔内水位と実効雨量との相関関係を求め，その相関式で求めた解値と実測値を比較した。結果は**図 4** に示す。これによると，横ボーリング工施工後，3m 程度の水位低下があることが判る。なお，横ボーリング孔からは，全孔において常時排水が確認され，機能しているといえる。ただし，横ボーリング工孔口位置が，当初の湧水箇所の標高とほぼ同じとならざるを得ないこともあり，当初湧水箇所からは，依然としてしみ出し程度の湧水が確認されたので，フトンかご設置により崩壊を防ぐこととした。

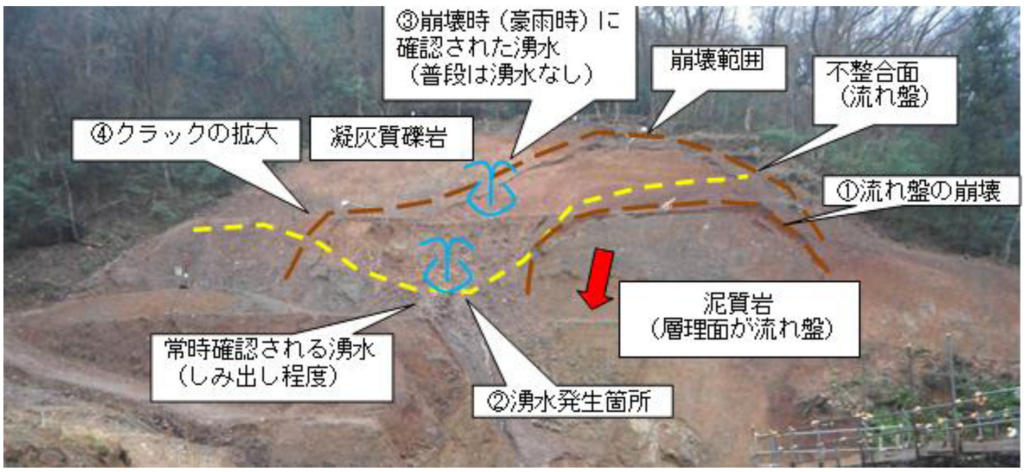


写真 3　崩壊箇所全景

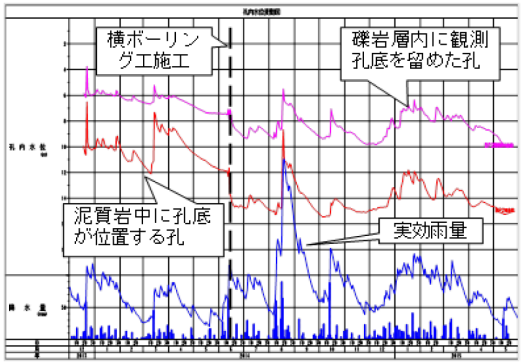


図 3　孔内水位変動図

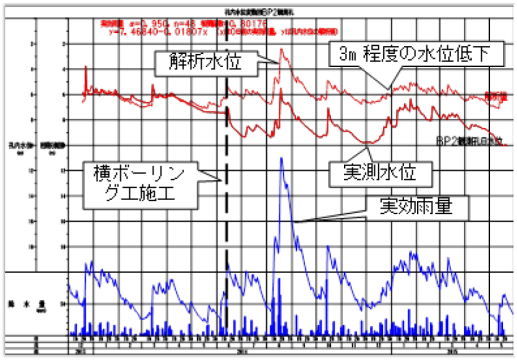


図 4　孔内水位変動図（回帰分析結果）

9. 考察

今回の事例で，常時湧水に起因した切土法面変状対策は，最終的に地下水排除工を採用することで切土法面の安定化を図るというものであった。最初の崩壊時に，地下水排除工採用に至らなかった理由を下記に述べる。

- 常時湧水であったが，しみ出し程度とわずかな湧水量であった。
- ボーリング孔での地下水観測で水位の上昇が確認されなかった。観測時期も要因の一つ。
- パイプ歪計観測で変動が確認されない。→過去の地すべりが存在するわけではない。
- 横ボーリング工の施工ヤード確保が困難な状況であった。
- 法尻に暗渠工は計画していたが，施工する前に変状が発生した。

以上の理由が挙げられるが，常時湧水の適切な処理を行わなかったことが根本的な原因として考えられる。今を振り返って，未然防止策について考えてみる。

(1) 設計時の段階

現地踏査では，切土後の常時湧水箇所での湧水は確認されなかった。ただし，斜面が流れ盤で緩斜面であることから，切土時に斜面の安定度を低下させる可能性があることは認識していた。仮に追加のボーリング調査を行って地下水観測を行ったとしても，地下水の上昇の把握およびそれが施工に与える影響を予想するのは困難であると考えられる。

(2) 掘削時の小崩壊発生の段階

一般的には，**図 5** のような応急対策を施す。しかし，当現場では崩壊箇所が床掘した切土法面の中腹であったことから，横ボーリング工施工や土嚢を設置するためのスペースが確保できなかった。

また，崩壊範囲に拡大傾向が見られなかったことが，地下水排除の採用まで至らなかった結果となった。

地下水排除工の対策を行わないまでも，地下水の存在の重要性を前面に押し出して，その調査方法を提案することが必要だったのかもしれない。この場合，ボーリング孔で観測されない地下水の調査が，なぜ重要か，なぜ必要かということを説明して理解してもらうことが肝要となる。地下水観測で上昇しない地下水位が，豪雨時に急上昇する根拠を見つけ出すこととなる。ボーリング掘進時の孔内水位の挙動や，ボーリングコアの観察からも推定はできるが，これまでの経験ではそれだけでは説得力に欠けるといえる。

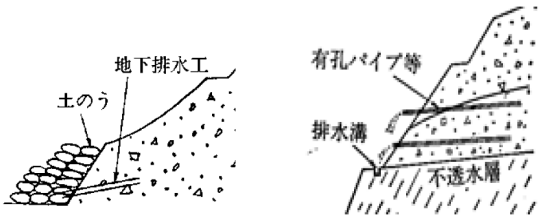


図 5　崩壊対策の応急処置の例 [1)]

10. おわりに

本事例では，切土施工時に確認されたしみ出し程度の湧水が，大規模な斜面変状を引き起こすまでに至った経緯と対策について紹介した。

しみ出し程度の湧水であっても，存在を重要視しなかったことがこのような事態を招いた原因といえる。今後の教訓として，湧水の取り扱い，および地下水調査の重要性を認識することが必要であり，今後の業務に役立てていきたいと思う。

本報告が，今後似たような事例に遭遇した時の参考にしていただければ幸いである。

〈参考文献〉
1)　日本道路協会：「道路土工－切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）」，丸善株式会社

各地の博物館巡り

愛媛県西予市

西予市城川地質館

西予市城川地質館正面外観

はじめに

西予市は，平成 16 年に 5 つの町が合併してできた愛媛県西部のまちです。平成 25 年には四国西予ジオパークとして日本ジオパークにも認定されました。

本市は，日本では珍しい古生代シルル紀の化石や岩石が分布することで広く知られています。その特異な地質は西予市の城川地域がまだ黒瀬川村と名乗っていた昭和 31 年（1956 年）に「黒瀬川構造帯」と名づけられ，これまで数多くの調査研究が重ねられてきました。

この黒瀬川構造帯は九州西部から四国を横切り，紀伊半島を経て関東まで点々と連なる大断層帯です。東西の総延長は約 1,000km も追跡されますが，南北幅はたった数キロメートル程度しかなく，日本地図上においては線状にしか表すことができません。にもかかわらず，この細長い帯からは約 4 億年という，日本でも有数の古さをもつ岩石や化石が数多く発見されています。

施設の概要

西予市城川地質館は，本市になじみの深いこの偉大な地球の遺産を広く紹介し，地球のダイナミックな営みや地球環境について楽しく学ぶことを目的として旧城川町が平成 4 年（1992 年）に設置した専門博物館です（建築当初の施設名は城川町地質館）。

木造 2 階建て，延床面積は 344m^2 の小さな施設ですが，1 階の「地質館」では黒瀬川構造帯の謎を通して，地球の成り立ちを紹介しています。また，2 階では西予市合併後に認定されたジオパークに対する理解を深めていただけることができます。

展　示

1 階「地質館」が地学に関する展示となっており，5 つのコーナーから構成しています。

写真 -1　城川地質館内の様子

地球の誕生

当館の導入部にあたるこのコーナーでは，入館者をセンサーが感知し，自動的に流れ出す音と映像によって，約 46 億年前に宇宙に漂うチリの集まりから現在の地球が出来てゆく様子を紹介します。

地球の歴史・大地が動く

このコーナーには，三葉虫・アンモナイト，デスモスチルスの歯といった古生代から新生代までの典型的な化石標本を展示しています。また，過去から現在そして未来の大陸分布を半立体パネル上に配置して，大陸が形成されていく様子などをわかりやすく解説し，プレートテクトニクスへの理解を深めることができます。

大陸移動の証拠にもなった化石，メソサウルスの展示も行っています。

写真 -2　大陸の移動

日本列島の地帯構造・不思議な帯

黒瀬川構造帯の謎に迫るこのコーナーは当館のメインとして位置付けています。城川地域の立体地質図を中心に据えて，化石の宝庫・旧城川町内から産出した，約 4 億年前のクサリサンゴやハチノスサンゴ，石炭紀やペルム紀のフズリナ，三畳紀前期の田穂アンモナイト，ジュラ紀の層孔虫などを展示。城川地域の地質構造などとあわせて黒瀬川構造帯について学ぶことができます。

写真 -3　日本列島の成り立ちと黒瀬川構造帯

写真 -4　鉱物・鉱石の展示

地球を形作るもの

アメジストやルビー，オパールといった，見るだけで楽しい世界各地の美しい鉱物を展示し，地球を形作る鉱物・鉱石を紹介しています。

学習室

大型モニターを使って「動く大地，生きている地球」への理解を深めるとともに，資料文献のための書架も設け，自由研究や課外学習などに利用できるコーナーです。

ジオパークの学習拠点として，リニューアル準備中

西予市城川地質館は，オープンして既に 25 年が経過しています。合併により自治体の範囲も広がっており，ジオ多様性を売りにしている四国西予ジオパークの学習拠点とした施設にするためには，大幅な展示内容の見直しも必要になってきています。

さらに，常駐する学芸員等の必要性や訪問者への利便性を増すために，国道沿いへの移転と併せて現在，新しい施設の設計業務を進めています。平成 31 年度末にはリニューアルして生まれ変わる予定です。

地質館利用案内

●開館時間
- 8：30 ～ 17：00

●休館日
- 年末年始・毎週火曜日

●入館料
- 一般　　300 円
- 中学生　200 円
- 保護者同伴に限り小学生以下無料

●所在地
- 愛媛県西予市城川町窪野 2080
- 電話：0894-83-1100

●お問い合わせ
- 高橋 司（西予市城川支所内）
  - 電話：0894-82-1111
  - E メール：tsukasa.takahashi@city.seiyo.ehime.jp

●ホームページ
- http://www.seiyo-geo.jp

［西予市役所　城川支所　支所長　高橋 司］
（西予市ジオパーク推進アドバイザー）

大地の恵み

地球温暖化と地中熱利用

1. はじめに ～ 地球温暖化という気候変動

20 世紀末，東西冷戦終結の兆しが見え始め「核の冬」の危機感が和らぎかけ始めた頃，現実に迫る危機としての地球気候変動の話題の中心は「地球温暖化」と「オゾン層破壊」へと移行した。成層圏オゾン破壊については，1989 年のモントリオール議定書の発効により，原因物質の規制にほぼ成功している。一方，地球温暖化の原因物質とされる二酸化炭素（CO_2）の放出削減は，ようやく 2016 年にパリ協定が発効したが，大気中の CO_2 濃度の増加の勢いは弱まる兆しがない。

1998 年から十数年間，全球平均気温の上昇がほとんど無く“地球温暖化の停滞”と言われたが，その後，海洋貯熱量の増加および海面上昇が継続している観測事実が指摘されるなど，地球温暖化は観測事実として進行している。

2. 地熱と地中熱

日本は環太平洋火山帯の上に位置し多数の火山が存在し，その近くの地下数千メートルにある高熱を利用する地熱発電所が，東北地方や九州を中心に多数稼働している。

今回紹介する「地中熱」は，この高温の地熱とは異なり，もっと浅い地下数十メートルの季節によらずほぼ一定な地中の温度を冬の暖房や夏の冷房に利用するものである。

地殻の地温勾配の存在は，16 ～ 17 世紀頃から知られており，井戸や鉱山で掘り進むことが出来る程度の数十～数百メートルの深度では，地温勾配は 0.02 ～ 0.03 K/m 程度である。

熱伝導の基本法則として，熱流束は熱伝導率と温度勾配に比例するというフーリエの法則がある。地殻の深度方向に一次元で表すと，

$$q = -k\frac{dT}{dz}$$

q　熱流束　$\mathrm{W \cdot m^{-2}}$
k　熱伝導率　$\mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}}$
T　温度　K
z　深度　m

と表される。つまり，地温勾配が存在するということは，地球深部から地表へ向けて熱が流れ出しているということである。地殻の熱流束は全球平均で 0.087 $\mathrm{W/m^2}$，よって地球内部から総発熱として 44 TW が常に地表へ放出されている [1)]。

3. 地球表面温度を決めるもの

地球は太陽の周りを公転し常に太陽放射を浴びている。太陽放射のスペクトルは約 6000 K の黒体輻射に近く，紫外線・可視光・赤外線の帯域でほとんどのエネルギーを占めている。地球の公転軌道における太陽放射は太陽定数と言われ，その値は 1.36 $\mathrm{kW/m^2}$ と報告されている [2)]。地球の断面積は 1.27 × 10^8 $\mathrm{km^2}$ であるから，1.7 × 10^5 TW の放射を地球は太陽から常に受けている。

地球表面では，大気と海洋の循環や地球の自転で日の当たる側と日陰側の温度差が緩和されている。また，大気による紫外線，赤外線の吸収，雲や雪氷による可視光の反射などが，地表での太陽放射の吸収量を抑制している。結果，太陽放射の約 70% を地表で吸収している。この吸収の割合と断面積 / 球面積比を太陽定数に掛けると実際に地表全球平均で吸収している熱流束は 238 $\mathrm{W/m^2}$ となる。これは地球内部で発生し地表から出ていく熱流束の 2700 倍である。

放射を吸収するばかりでは地球の温度は上昇を

続けてしまう。ステファン＝ボルツマンの法則

$$E = \sigma T^4$$

E　放射発散度　$W \cdot m^{-2}$
σ　ステファン＝ボルツマン定数
　$5.67 \times 10^8\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$
T　温度　K

により，表面温度で決まるエネルギーを物体は放射する。全球平均地表温度がほぼ一定であるから，地表で吸収する太陽からの熱流束と同量の熱流束を宇宙へ放射しているとすると，地表の温度は－18 °C と計算されるが，実際に観測されている地表気温の全球平均は約 15 °C である。プランクの法則により物体の放射スペクトルは温度で決まり，15 °C の地表の放射は 5 ～ 100 μm の赤外線となる。この赤外線を大気中の気体が吸収し再放射するときに一部を地表側に放射する。これが温室効果である。

このように地表温度が放射平衡で決まる事を踏まえ，再び地殻内部についてフーリエの法則を考える。地殻深部から上昇してくる熱流束と地殻の熱伝導率が変化しない場合，一意に決まるのは温度勾配であり，温度の絶対値は境界条件，即ち，地表の温度によって決まる。つまり地表温度が上昇すれば，地殻の中ではその地温勾配を保ったままで地温が高温側へ平行移動していくことになる。

4. 人間活動による温室効果気体の増加

産業革命以降，化石燃料が大量に消費され，人間活動起源の CO_2 が大気中に放出され続けてきた。ハワイのマウナ・ロア観測所で 1958 年から大気中の CO_2 濃度の観測が開始され現在も継続されている。開始当初の 1959 年には 316 ppm であったが 2016 年には 400 ppm を下らないほどまで増加した。CO_2 による温室効果が特に重要視されるのは，大気の窓と呼ばれる地球からの赤外線がほとんど吸収されず宇宙まで透過する波長領域に，CO_2 の赤外線吸収帯が存在するためである。「温室効果気体の継続的な排出は更なる温暖化と気候システムすべての要素の変化をもたらすだろう」と報告されている[3)]。人類が地球上で存続し続けるためには，人間活動起源の温室効果ガス排出を直ちに削減する必要に迫られている。

5. 地中熱ヒートポンプ

冷暖房等に使われるヒートポンプの効率は温熱源と冷熱源の温度差が小さいほど高効率となる。よって，熱源として夏熱く冬冷たい空気を使うよりも，地中を熱源とした方が有利である。計算過程の詳細は省くが，純粋な逆カルノーサイクルのヒートポンプで冷房する場合を計算してみると，理論上は，地中熱源とした場合には，同じ冷却能力を得るために必要な消費電力が空気熱源ヒートポンプに比べて約半分となる。

今回の「大地の恵み」は全地連から東北地質調査業協会への寄稿ご依頼との事で，宮城県を拠点とする土木地質（株）にてお引き受けした。宮城県内は，地中熱利用の普及において東北他県より出足が遅れていたが，10 年ほど前に端を発し，ようやく主に官公庁等において地中熱の知名度が上昇してきた。

宮城県内では，欧米で主流の鉛直ボアホールを用いる地中熱利用設備が平成 19 年に東北大学未来科学技術共同研究センターに設置された。東日本大震災以後，東北大学大学院環境科学研究科本館（当時）と工学研究科「カタール・サイエンス・キャンパス・ホール」に設置された。また，他社事例も含めると，官公庁舎や公共施設，園芸農業温室に対する補助事業などで設置件数が伸びている。これは，国を挙げた温暖化対策の政策でエネルギー消費削減が推進されている事と深く結びついている故である。

6. 結び

人類が欲望のままに生きていくのに余りあるほどの恵みを与えてくれるほどには，地球システムは十分に大きな大地ではなくなっている。人類が穏やかに暮らせるような地球表面温度という大地の恵みは，あと一押しすると転がり落ちて取り戻す事の出来なくなる崖っぷちに置かれている。

［土木地質（株）　岡林 昌宏］

〈参考文献〉

1) Pollack, H. N., S. J. Hurter,J. R. Johnson : Heat flow from the Earth's interior: Analysis of the global data set, Rev. Geophys., 31, (3), pp.267-280, 1993. http://dx.doi.org/10.1029/93RG01249

2) Kopp, G., and J. L. Lean : A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance, Geophys. Res. Lett., 38, L01706, 2011. http://dx.doi.org/10.1029/2010GL045777

3) IPCC : Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., p.19, 2013.

各地の残すべき

地形・地質

「根尾谷断層」・「阿寺断層」・「養老断層」

1. はじめに

中部地方には，内陸直下型地震の震源断層となる活断層が多数分布しています（図 -1）。

図 -1　中部地区の活断層分布図
（産総研：活断層データベース）

ここでは，日本における活断層研究の嚆矢となった根尾谷断層，阿寺断層及び濃尾平野の形成に深く関わった養老断層について，代表的地形を事例として紹介します。

2. 根尾谷断層（水鳥（みどり）の断層崖）

根尾谷断層は，1891 年 10 月 28 日に発生した濃尾地震の地表地震断層です。その際に生じた水鳥（みどり）地区の断層崖は，Koto（1893）によって報告され[1]，著名なものとなっています。この断層崖は，1927 年に天然記念物に，1952 年に特別天然記念物に指定されると共に，現在根尾谷地震断層館においてトレンチ掘削跡が保存・展示されています。

図 -2　Koto（1893）[1] による断層崖の写真

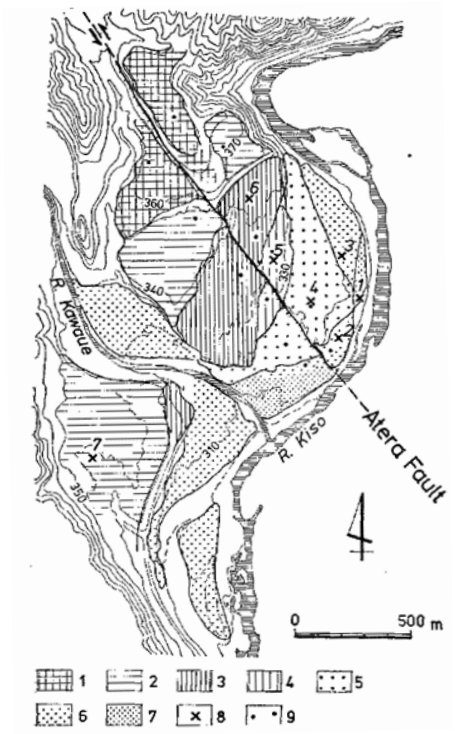
図 -3　現在の地形状況と地下観察館内部の様子
http://www.pref.gifu.lg.jp/kyoiku/bunka/bunkazai/17768/tokubetsu-tennen/neodani-dansou.html

水鳥断層崖は，根尾谷断層の一般的性質と比べて，いくつかの点で特異なものですが，現在では共通認識となっている断層地震説を実証した貴重な事例です（小出ほか，1979）[2]。

3. 阿寺断層（坂下の段丘面変位）

阿寺断層の後期の活動は，岐阜県南部坂下町付近の木曽川右岸の河岸段丘の変位として記録され

ています（岡山，1959）[3]。阿寺断層は，鉛直変位量よりも水平変位量が卓越した活断層ですが，ここでは河岸段丘の累積的断層変位量から地震変位量を連続的に推定できる特徴を持っています（Sugimura et.al，1965）[4]。また高い活動度を持つ阿寺断層は，^{14}C 年代測定可能な時間内に繰り返し活動しており，活断層に起因する内陸直下型地震の発生時期を予測することができる断層です（**図 -4**）[5]。



1. 松源地面（Sg） 2. 高部面（Tb） 3. 坂下上位面（Sk_1） 4. 坂下下位面（Sk_2） 5. 西方寺上位面（Sh_1） 6. 西方寺中位面（Sh_2） 7. 西方寺下位面（Sh_3） 8. ^{14}C 年代測定試料の採取位置 9. 垂直変位量計測の概略位置.

図 -4 坂下付近の段丘面変位（平野ほか 1981）[5]

この考え方に基づき，平野ほか，1981 以降，阿寺断層沿いの各地でトレンチ調査等が行われ，平均変位速度，発生間隔，発生地震規模及び最新活動時期について研究が進められてきています。その結果，南部の最新活動時期は 1586 年（天正 13 年）の天正地震であった可能性があり（遠田ほか，1995）[6]，平均活動間隔は約 1 千 7 百年であった可能性があります（地震調査研究推進本部 http://www.jishin.go.jp/）。

4. 養老断層（養老山地）

養老断層は，濃尾傾動地塊（桑原，1968）の西縁を限る逆断層であり，その活動は濃尾平野の形成に深く関わっています[7]。養老山地は比高約

図 -5 坂下町を貫く阿寺断層の空中写真

http://chigaku.ed.gifu-u.ac.jp/chigakuhp/html/kyo/chisitsu/gifunochigaku/faults/adera_fault/index.html

700m の美濃帯からなる山地ですが，上昇過程で濃尾平野下の基盤面からは 2,000m 以上の比高を持つに至っており，新第三紀末に形成された侵食小起伏面もまた西に傾動しています[8]。

養老山地東斜面は，断層崖が侵食に伴って後退した急斜面ですが，濃尾平野に住む者にとって，夕日が沈む養老山地は青山ともいうべき原風景であり，長い自然災害との闘いの歴史の中で，木曽三川とともに残すべき地形・地質と思います。

5. おわりに

中部地方には，富士山，紀伊山地等の世界遺産や複数のジオパークがありますが，残すべき地形・地質として，地震防災の観点からいくつかの活断層に関わるものを紹介しました。休日に，訪ねてみてはいかがでしょうか。

〈参考文献〉

1） Koto, B.,：Journal of the College of Science, the Imperial University of Japan, 5, 196, 1893.
2） 小出　仁ほか：地震と活断層の本 , 7-11, 1979.
3） 岡山俊雄：坂下断層崖 , 駿台史学 , 18-34, 1959.
4） Sugimura et.al.,：Atera fault and displacement vectors, Geol. Soc. Am. Bull.,509-522, 1965.
5） 平野信一ほか：阿寺断層に沿う第四紀後期の断層変位から推定した地震活動 , 地理学評論 , 54-5, 231-246, 1981.
6） 遠田晋次ほか：阿寺断層系の活動と 1586 年天正地震 , 地震第 2 輯 , 48, 401-421, 1995.
7） 桑原徹：濃尾盆地と傾動地塊運動 , 第四紀研究 ,7-4,1968.
8） 井関弘太郎：濃尾平野の地盤地下と地下水 , 9, 1985.

［川崎地質株式会社　中部支社　田邊 謹也］

国土地理院における地理調査について（その 1）

植田 摩耶*・田中 信**・根本 正美**

Key Word 活断層図，都市圏活断層図，火山基本図データ，火山基本図，湖沼データ，湖沼図

1．はじめに

国土地理院応用地理部は，自然現象，人文現象等を特定のテーマに沿って調査し，その結果を主題図やデータとしてまとめ，提供・公開している。

本稿ではその概要を 2 回に分けて紹介する。一回目は，主題図である，1:25,000 活断層図，火山基本図データ及び湖沼データについて紹介する。

2．1:25,000 活断層図について [1)]

2.1 整備の目的・概要

地震にはプレートの境界で発生する海溝型地震と，陸域のプレート内で発生するいわゆる内陸直下型地震（以下「内陸直下型地震」という。）があり，日本は両方の地震の危険にさらされている。海溝型地震の発生間隔は比較的短く，例えば南海トラフを震源とする地震の発生間隔は百年程度で，歴史時代に巨大地震を何回も発生させてきている。それに対し，内陸直下型地震の要因である活断層の活動間隔は，千～数万年と非常に長い。しかし一方で内陸直下型地震の震源は 5 ～ 20km と浅く，緊急地震速報等による避難が間に合わないことが多く発災時に甚大な被害を生む可能性が高い。また全国でこれまでに二千以上もの活断層が見つかっており，なおかつ地下に隠れていて地表に現れていない活断層も多くあると推測されている。実際に過去 10 年を振り返ってみても，平成 19 年（2007 年）能登半島地震，平成 19 年（2007 年）新潟県中越沖地震，平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震，平成 23 年（2011 年）福島県浜通りの地震，平成 26 年（2014 年）長野県北部地震，平成 28 年（2016 年）熊本地震など，活断層の活動によるマグニチュード 7 程度の地震が多数発生している。このように活断層の活動による被災の可能性が高い日本においては，活断層の位置の情報を詳細に把握することがまず重要である。

国土地理院は平成 7 年（1995 年）に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）を契機に，活断層に関する情報の整備及び公開のニーズに応えるため，平成 7 年度から地震発生時に大きな被害が予想される都市域とその周辺について，活断層の位置・形状を詳細に表示した「1:25,000 都市圏活断層図」を作成してきた。近年は都市域に限らず全国の活断層を対象として整備を進めており，これまでに 188 面を公開している（**図 -1**）。

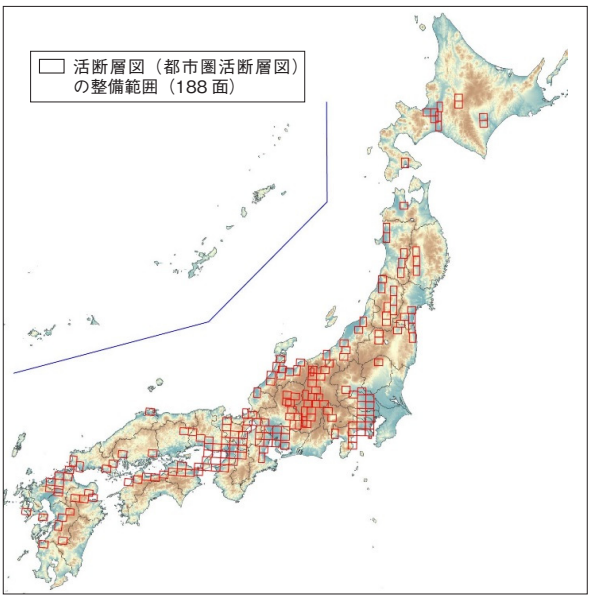


図 -1　活断層図（都市圏活断層図）の公表状況
（平成 29 年（2017 年）11 月現在）

*国土地理院応用地理部地理情報処理課　**同部地理調査課

なお，名称については平成 29 年度 10 月から「1:25,000 活断層図」に変更した。

2.2 活断層図の調査方法

国土地理院の活断層図の作成にあたっては，活断層調査の専門家で構成される「全国活断層帯情報整備検討委員会」を設置し調査を実施している。調査範囲において，空中写真の判読及び詳細な標高データの解析により活断層の位置を認定するとともに，既存の研究成果や知見を持ち寄って議論を行った結果を 2 万 5 千分 1 地形図（平成 25 年調査からは電子地形図 25000）上にまとめている（**写真 -1**）。また必要に応じて現地での確認作業を行っている。

写真 -1　全国活断層帯情報整備検討委員会における議論の様子

2.3 活断層図から読み取れる情報

活断層は，①一定の時間間隔をおいて繰り返し活動する，②いつも同じ向きにずれる，③長い断層ほど大きな地震を起こす，などの特徴をもっており，活断層図に示された活断層の長さやずれの向きなどの特徴から，今後の動きについてある程度推測することができる。活断層図上では活断層の位置だけでなく，その確からしさ，ずれの方向などについても表現している。また活断層による地震被害は，活断層からの距離だけではなく地形や地盤の影響を強く受ける。活断層図では活断層を認定する上で重要な指標となる地形を分類しており，地盤の概要を推測することができる。例えば，**図 -2** において緑色で表示されている「沖積低地」は，地震波の増幅や液状化が起こる可能性が高いと言われている。また活断層図において「扇状地・沖積錐」及び「地すべり」で分類されている箇所は，地震発生時に土砂災害による被害が起こる可能性が高いと考えられている。

2.4 活断層図の閲覧・利活用

国土地理院で整備している活断層図は，国土地理院のウェブ地図「地理院地図」（以下「地理院地図」という。）で公開されている。加えて，断層帯毎の解説書，利用の手引き，Q&A などを国土地理院ホームページから公開し，活断層図を正しく読むための一助となる情報を提供している。

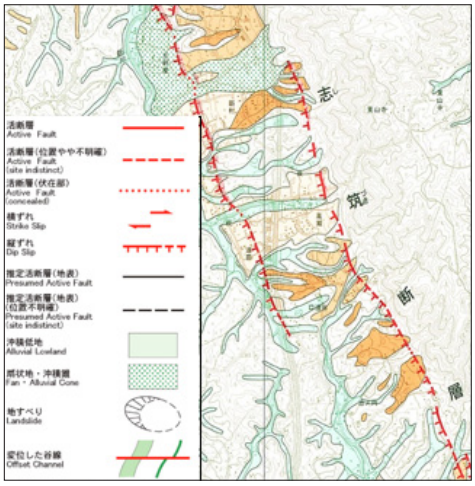


図 -2　都市圏活断層図「洲本」[2] の図の一部

活断層図を平成 8 年（1996 年）に公開して以降，地方公共団体が作成するハザードマップや防災マップにその活断層情報が取り入れられたり，被害予測のシミュレーションの基礎資料として利用されてきている。徳島県では，条例を制定し，中央構造線活断層帯を震源とする内陸直下型地震による被害の軽減，特に「活断層のずれ」による建物倒壊等の被害を未然に防ぐため，詳細な活断層の位置を調査して「活断層に関する土地利用の適正化」を図る取組[3] を行っており，この他，兵庫県西宮市[4] や福岡県福岡市[5] でも活断層上の建築に関する条例を制定して土地利用制限を行っている。

以上のように，活断層情報の利活用が進められているところであるが，今後発生しうる内陸直下型地震による被害軽減のため，活断層図のさらなる利活用が望まれる。

3. 火山基本図データについて

3.1 整備の目的・概要

活動火山対策特別措置法の一部改正（平成 27 年（2015 年）7 月）にともない火山防災協議会が設置

され，同改正法に基づき全国の活動的な火山を対象に噴火に備えた各種対策が進められている。国土地理院は火山防災協議会の構成員として，火山活動の監視・観測や地理空間情報の提供・活用などの面で役割を担っており，地方公共団体等が実施する火山防災計画の策定や火山ハザードマップの作成など各種の火山防災対策，火山災害発生時の対応の迅速化・円滑化に資する基礎的な地理空間情報の整備を進めている。

火山基本図は，防災計画や火山の調査，各種研究などでの活用を目的として，火山とその周辺の地形を精密に表現し火山防災施設等を表示した縮尺 1/5,000 及び 1/10,000 の地形図である。平成 28 年度からは従来の火山基本図に替わり，新たな手法で火山基本図データを整備している。

火山基本図及び火山基本図データは，平成 29 年（2017 年）11 月現在で 35 火山を整備している（**図 -3**）。

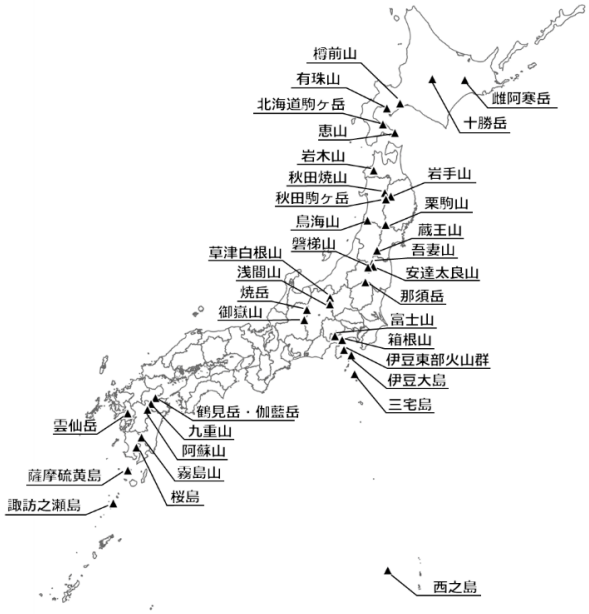


図 -3　火山基本図・火山基本図データを提供している 35 火山（平成 29 年（2017 年）11 月現在）

3.2 火山基本図データの作成方法

従来の火山基本図は，空中写真測量により作成し，おおよそ年間 1 火山のペースで順次整備を進めてきた。そのため，作成から数十年経過した図もあり，近年の活発な火山活動にともなう地形変化や，火山周辺のインフラを反映できていないものもある。また，作成範囲が火口周辺部中心で，火山体全体や被害想定範囲を十分カバーできていないものもある。

このような課題を踏まえ，現在，最新の航空レーザ測量データや基盤地図情報などの既存データを活用する新たな手法を用いた火山基本図データの整備を進めている（「西之島」を除く）。新たな手法では，従来よりも広範囲で詳細な地形図を効率的に作成することが可能である。

火山基本図データの等高線は，2m，5m メッシュの数値標高モデル（DEM）から発生させるため，地図情報レベル 2500，5000 の精度を持つ（**図 -4**）。一方，道路や建物，防災関連施設等の地物については，基盤地図情報や関係機関から収集した資料をもとに作成した精度が異なる地図情報レベルのデータが混在しており，データを使用する際には注意が必要である。

なお，火山基本図データは火山の地形を詳細な等高線で表した基図のほか，火山地形を立体的に見ることができる陰影段彩図，オルソ画像に基図の情報を重ねて表示した写真地図の 3 種類を作成している。

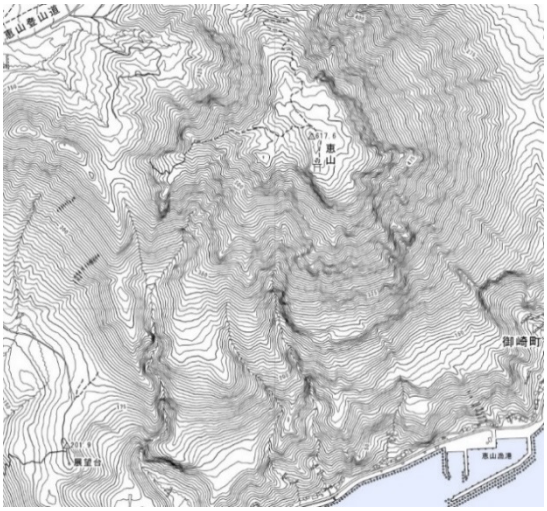


図 -4　火山基本図データ「恵山」（基図）の一部

3.3 火山基本図データ「西之島」について

平成 25 年（2013 年）11 月の噴火活動以降，拡大を続けていた東京都小笠原村の西之島について，噴火活動が一旦沈静化した機会を捉えて平成 28 年（2016 年）12 月に撮影された空中写真をもとに，空中写真測量により縮尺 1/2,500 の火山基本図データ「西之島」を作成した（**図 -5**）。

この火山基本図データ「西之島」は，火山噴火によって形成された幾筋もの溶岩流や火砕丘といった地形を詳細に表現しており，防災計画や火山の調査，各種研究などでの活用が期待される。

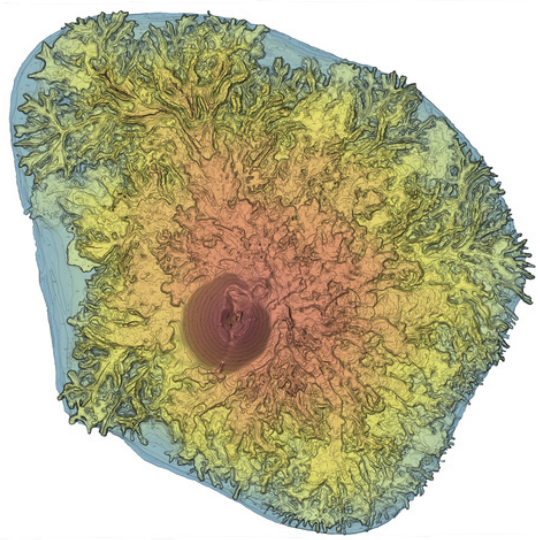


図 -5　火山基本図データ「西之島」（陰影段彩図）
（平成 28 年（2016 年）12 月現在の地形データ）

3.4 火山基本図データの提供・閲覧

火山基本図データは，平成 29 年（2017 年）3 月 31 日から国土地理院のウェブサイトを通じて無償ダウンロード提供を開始した。URL は以下のとおり。

http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/volcano-maps.html

第一弾として恵山，栗駒山，箱根山の火山基本図データを提供した。平成 29 年（2017 年）6 月 30 日には，上記の 3 火山に加え，西之島の火山基本図データを提供している。

提供するデータ形式は画像データ（JPEG）のほか，位置情報付きのラスターデータ（GeoTIFF）及びベクトルデータ（シェープファイル，DM）である。今後も，火山基本図データの整備を効率的に進め，順次提供していく予定である。

また，これらの火山基本図データは地理院地図から閲覧サービスを実施している。

4. 湖沼データについて

4.1 湖沼調査の目的・概要

地方公共団体による水環境や水質保全の環境計画や浚渫等の管理計画，地元漁業関係者による漁場の把握等のためには，現状に即した詳細な湖底地形の情報が必要である。このことから，国土地理院では昭和 30 年（1955 年）以来，環境保護・保全，防災等の観点から特に重要な湖沼を対象に湖沼調査を行い，湖沼図・湖沼データの整備・提供に取り組んでいる。

このように水環境や水質の保全などが適切に実施されることで，生物多様性の保全，持続可能な国土・自然の形成への貢献につながるものと考えている。

これまで，国内の主要 79 湖沼について湖底地形，底質，水生植物の分布などを調査し，取りまとめた結果を縮尺 1 万分 1 湖沼図（以下「湖沼図」という。）として刊行してきた。

平成 23 年（2011 年）に新しい音響測深機「精密三次元湖沼水深計測装置（= マルチビーム音響測深システム）」の導入を機に，調査結果をデジタルデータで整備し，これ以前に作成した湖沼図も併せてデジタルデータ化を図り，湖沼データとして取りまとめることにした。

また，これにともない，地理院地図から閲覧サービスを実施している。

4.2 湖沼調査の方法

湖沼調査では，下記 A ～ E の各調査を実施してきた。

A. 湖底地形調査（測量船に取り付けた音響測深機から音波を発射し，湖底からの反射時間を測定することで水深を計測し，湖沼の水深データを取得する。測量船の位置情報は GNSS 測量により取得する。また，水位の変化を把握する水位観測や水中音速度の計測も実施し，水深データを補正する。平成 23 年（2011 年）の新しい音響測深機の導入の結果，湖底地形の把握がより詳細にできるようになった。）（**図 -6**）

B. 底質調査（湖底表層物質を採取し，粒度分析により底質の分布を調査する。）

C. 湖岸周辺調査（現地調査等により，湖岸周辺部の湖沼関連施設を調査する。）

D. 水生植物調査（空中写真判読や現地調査により，水生植物の種類や分布状況を調査する。）

E. 湖沼関連地名調査（瀬，島，浜などの自然地名について関係市町村等に確認調査する。）

平成 26 年（2014 年）以降は，上記 A. の湖底地形調査のみを行っている。

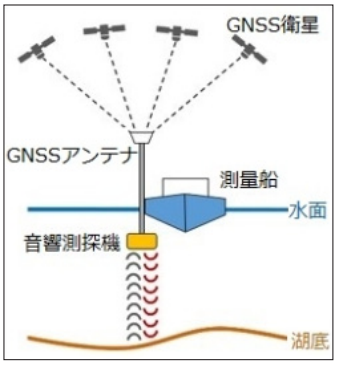


図 -6　湖底地形調査の仕組み

4.3 湖沼データの構成

湖沼データは,「数値データ」と「湖沼画像データ」から構成される。

数値データは湖沼調査の結果を取りまとめた湖底地形データ，底質データ，水生植物データなどから構成され，湖沼画像データは数値データを用いて作成された画像形式の地図データである。

4.3.1 数値データの内容

数値データは，GML，シェープファイル，GeoTIFF，CSV の 4 種類のデータ形式で作成されている。

GML は，湖底地形データ（水深点，等深線，水深グリッド，湖岸線），底質データ，水生植物データなどを，地理空間情報の標準形式（JPGIS2.0 準拠）で取りまとめたものである。

シェープファイルは，利便性を考慮し，GML の内容を変えずに書式変換したものである。

GeoTIFF は，水深グリッドから作成している。

CSV は，湖面をメッシュ（グリッド）で区切って，その水深を X,Y,Z のテキスト形式（Z は水深）で作成したものである。

数値データを表示したものを，**図 -7** に示す。

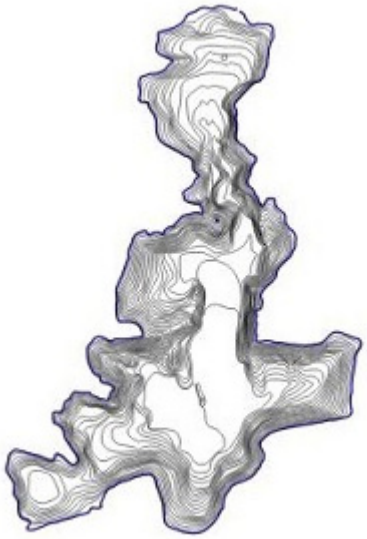


図 -7　数値データ「然別湖」

4.3.2 湖沼画像データの内容

湖沼画像データは，数値データを使用して作成した画像形式の地図データである（**図 -8**, **図 -9**）。データ形式は PDF で，縮尺 1/10,000 で作成している。

湖沼画像データの特徴として，

・水深に応じて湖底地形を段彩表示

・湖沼全体を用紙一枚で表現（面積が非常に大きい湖沼では複数枚になる場合もある。）

・湖沼周辺の陸部には電子地形図データを使用

・カラーで表示

などが挙げられる。

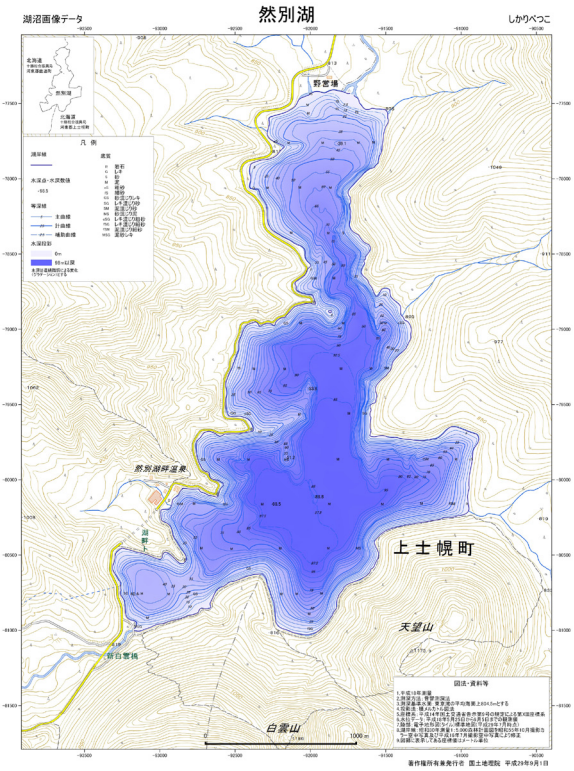


図 -8　湖沼画像データ「然別湖」

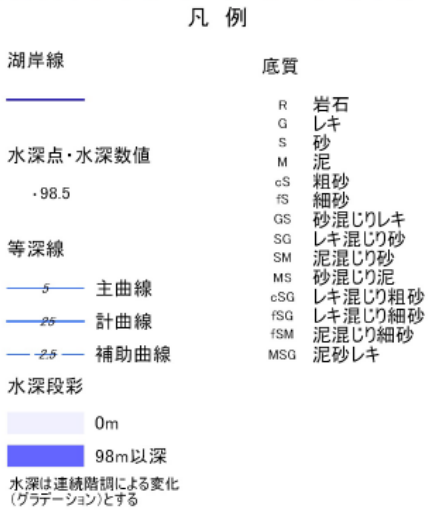


図 -9　湖沼画像データ（然別湖）の凡例
（凡例の表示は湖沼によって異なる。）

上記のとおり，湖沼画像データは縮尺 1/10,000 で作成されるが，面積が非常に大きい湖沼では用紙サイズが A0 判や A1 判になってしまう。一方，一般的にプリンタによる印刷時の用紙サイズは A3 判あるいは A4 判である。そこで，このレベルの用紙サ

イズで原寸印刷できるよう，1/10,000 より小縮尺のものを A3 判あるいは A4 判で併せて提供するようにした。

4.4 湖沼データの提供・閲覧

湖沼データは，平成 29 年（2017 年）3 月 1 日から国土地理院のウェブサイトを通じて無償ダウンロード提供を順次開始した。URL は以下のとおり。

http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/lakedata.html

第一弾として網走湖（北海道），西湖，精進湖（ともに山梨県）の 3 湖沼の湖沼データを提供した。

平成 29 年（2017 年）9 月 1 日には，上記の 3 湖沼に加え，更に 13 湖沼の湖沼データの提供も開始した。13 湖沼の内訳は，温根沼，然別湖，ペンケ沼，パンケ沼，火散布沼，シラルトロ沼，ウトナイ湖（いずれも北海道），伊豆沼，内沼（ともに宮城県），柴山潟，木場潟（ともに石川県），北潟湖（石川県・福井県），野尻湖（長野県）である。

その他の湖沼についても，今後順次提供していく予定である。

提供するデータ形式は，前述の数値データと湖沼画像データである。また，湖沼データの提供にともない，地理院地図の閲覧サービスも従来の湖沼図に代えて「地理院タイル（湖沼データ）」に順次切り替えて行く予定である（**図 -10**）。

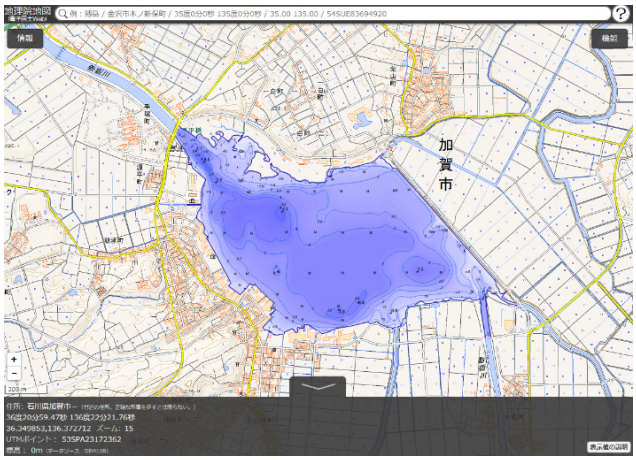


図 -10　地理院タイル（湖沼データ）「柴山潟」

5. おわりに

今回は，1:25,000 活断層図，火山基本図データ及び湖沼データについて紹介した。国土地理院としては，これらの情報整備を拡充するとともに，有効に活用して頂けるように情報発信に努めて行きたい。

なお，次回は，国土地理院ウェブサイトで公開している防災に関係するデータとして，地理院地図から公開している指定緊急避難場所データ，ベクトルタイル地形分類及びアナグリフ等について紹介する予定である。

〈参考文献〉

1）国土地理院：都市圏活断層図利用の手引き
http://www.gsi.go.jp/common/000191441.pdf
（2017 年 11 月 1 日現在）

2）岡田篤正・石村大輔・杉戸信彦・鈴木康弘・松多信尚（2014）：1：25,000 都市圏活断層図「洲本」，国土地理院技術資料 D1－ NO.719.

3）徳島県ホームページ『特定活断層調査区域の指定について』
https://anshin.pref.tokushima.jp/docs/2013082700025/
（2017 年 11 月 1 日現在）

4）西宮市ホームページ『開発事業におけるまちづくりに関する条例』
http://www.nishi.or.jp/media/2013/kaihatujyourei.pdf（2017 年 11 月 1 日現在）

5）福岡市ホームページ『警固断層に着目した建築物の耐震対策（条例化）について』
http://www.city.fukuoka.lg.jp/data/open/cnt/3/19664/1/kego-danso-taisaku.pdf
（2017 年 11 月 1 日現在）

書籍紹介

北海道地方土木地質図および同解説書

著者　一般社団法人 日本応用地質学会 北海道支部　北海道土木地質データ集作成委員会

このたび，「北海道地方土木地質図および同解説書」を作成し，DVD にて発売致しました。これまで，北海道以外の全国の土木地質図が国土技術研究センターから既刊となっており，北海道だけが未刊の状態でしたが，これで全国の広域土木地質図が全て揃うことになります。

地質図は，縮尺 20 万分の 1 で作成された従来の地質図をシームレスにつなげ，全道統一の凡例で再構築し，さらに一部最新の地質情報で加筆修正したものを ArcGIS にてシェイプファイルとして作成致しました。

もともと北海道は資源調査が先行していたことから，広域地質図の作成は全国レベルと比較して進んでおり，古くは B.S. Lyman らが 1876 年 5 月 10 日に発刊した日本初の広域地質図幅「日本蝦夷地質要略之図」に遡り，その後も連綿と続いて纏められた成果は，各方面で活用されております。北海道地方土木地質図は，それら先人の労苦を礎に，土木地質として重要な項目を加筆して表現しており，この点が従来とは異なります。例えば泥炭の分布や，従来一元的に表示していた火砕流堆積物を噴出元毎に分類し，溶結部をハッチングするなど。また，第三紀の堆積岩類は粗粒相と細粒相を，さらに蛇紋岩は塊状岩体をハッチング分けし，岩石の強度や土木地質的特徴を意識した表示になっております。

地質図は任意に拡大・縮小・切り取り・表示ができ，例えば第三紀の火山岩だけを表示するなどの，従来の紙ベースの地質図ではできなかった表示も可能にしています。GIS ソフト ArcGIS for Desktop 等を使えば，データの加工・演算・解析，さらには 3D プリンターでの出力なども可能で，幅広くご活用いただける製品となっております。また，本 DVD に収納されている ArcGIS のビューワーソフト ArcReader を使えば，GIS ソフトを購入しなくても表示や印刷は可能です。

さらに，地質図以外の情報として，火山，活断層，地すべりなどのデータをはじめ，ダム，トンネル，橋梁などの主要な構造物，鉱山など，北海道の土木地質に関する情報が満載で，項目毎に重ね合わせも可能。構造物等それぞれの属性データも相当数が収納されております。

解説書は，北海道全体を概観する解説に始まり，北海道に特徴的に分布する地質の解説もまとめられています。そして，広大な北海道を 5 つの地域（25 の小地域）に区分し，それぞれ地域毎に地形地質の概要，地質各説，応用地質について解説しています。さらに，応用地質編として別途章立てし，ダム，トンネル，橋梁などの構造物，斜面・火山・地震などの災害，金属・非金属鉱山などの資源地質，温泉・地下水等の環境地質について，総ページ数約 1,000 ページに亘ってとりまとめてあり，巻末には分布図 PDF や EXCELL データも付属，これ一つで北海道の土木地質の全体像が概観できる集大成となっております。解説書ファイル形式は PDF で，目次をクリックするだけで目的のページにジャンプしたり，キーワード検索も可能です。

また，簡易的な利用も想定し，A3 版に切り分けた縮尺 20 万分の 1 の PDF 地質図 72 葉も付属しています。これらは，南北約 50km，東西約 80km で切り分けられており，インデックスマップからワンクリックで地質図にジャンプします。

今回，ご紹介の掲載にあたり，全地連の会員関係者様には，会員頒布価格にて頒布いたします。土木関連の業界・研究者の方に限らず，幅広くご利用いただける書籍です。なお，再版いたしませんので部数に限りがございます。

- 2017 年 5 月 10 日発行（限定 1,000 部）
- 発行者：一般社団法人 日本応用地質学会 北海道支部
- 形　式：DVD 電子書籍
  - ・土木地質図 GIS　シェイプファイル
  - ・解説書　PDF ファイル
  - ・土木地質図 A3 版　PDF ファイル
- 全地連会員価格　¥10,000（税込み，国内送料無料）
- 購入の申込み先：

日本応用地質学会 北海道支部 事務局
〒 004-8585　札幌市厚別区厚別中央 1 条 5 丁目 4-1
Docon 新札幌ビル 5F　地質部内　Tel：011-801-1570

＊支部ホームページから申込用紙をダウンロードしてご記入の上，FAX かメール，あるいは郵送でお申込み下さい。
◆支部 URL　http://www.jseg.or.jp/hokkaido/index.html
◆ Fax：011-801-1571　◆ Email：hokkaido@jseg.or.jp

書籍紹介

水文地質シリーズ
1「水文地質学」，3「水文・調査と測定法」，4「水文地質調査法」の紹介

宮崎 精介（有限責任事業組合 扇状地水環境研究機構）

地層や岩盤中の空隙を満たしている水のことを地下水と呼んでいますが，この水は，上水や産業用水など水資源としてプラスの面と，汚染物質を運搬する媒体として汚染物質を拡散させたり，トンネル工事を通じて施工障害や地表渇水を引き起こしたりするマイナスの面を併せ持っています。ところが，地下水は地表下にあって直接観察することが出来ないため，調査に際してどのように向き合って良いのか，視点が定まらないのではないでしょうか。

河川水は湧水として地下水が地表に流れ出たもの。従って，湧水だけでなく谷・沢を流れ下る河川水の量や質を測定することで，地山内に貯えられている地下水の賦存状況を窺い知ることが出来ます。一方，地山内で地下水を貯え得る空隙は，礫層や溶岩などに存在している初生的なもの，構造運動や風化作用を被って形成された後生的なものがあり，これらを記載することで地下水が流れる水径（みずみち）のイメージが浮かび上がってきます。

目に見えないが故に取りつきにくい地下水も，このような視点で測定や観察を繰り返していると，案外と理解が進むものです。その一方で，現地調査に取り組んでいる方々から，「水文地質についての基礎知識や具体的な調査・測定法を解説した手引き書があれば良いのに」との声をお聞きしました。そこで，基礎知識や調査・測定法について系統立てて解説したブックレットを出版することにしました。

水文地質シリーズ1「水文地質学」では，水文地質学の意味する所を四つの事例を用いて記述し，地下水が流れる地質体の性状や構造を理解することが数値解析において肝要であるとの認識を示しています。－ 78p，図 53，表 9，写真 7 －

水文地質シリーズ3「水文・調査と測定法」では，山地を流れ下る河川の流量を測定することで地山に貯えられている地下水の実態が概観できること，そのために必要な流量測定法が河川の流況によって異なるため手法の選択にあたって留意すべき点をとりまとめています。事例は成功例だけでなく失敗例を例示し，失敗理由についても言及しています。その中で，昨今多発する土砂災害に対して，水文地質的アプローチが有意であることについても言及しています。－ 55p，図 43，表 8，写真 11 －

水文地質シリーズ4「水文地質調査法」では，水文地質調査に際して必要な基礎知識を解説するとともに，具体的な踏査事例や手法を取り上げて，現地調査や地質図の作成において考慮すべき点をとりまとめています。さらに，ILC 関連やダムなどの実施例に基づいて水文地質調査を展開する際の視点について述べています。－ 72p，図 41，表 7，写真 9 －

これらの小誌は小難しい学術書ではなく，若手や中堅の方が実際の調査で手元において参照できるようにポケットサイズのブックレットとして作成しています。また，いずれの定価も印刷実費程度に抑えていますので，一度手にとって読んでもらいたいと思います。なお，水文地質シリーズ2「水文地形学」は，2018 年発行予定で準備を進めています。

- 発行所：有限責任事業組合 扇状地水環境研究機構
- 定　価：水文地質シリーズ
  1：800 円，同 3：600 円，同 4：700 円
  （いずれも税込み，同 2 は 2018 年発行予定）
- 購入申込先：許成基（ほう）
  札幌市東区北 43 条東 3 丁目 2-12
  電話：090-3397-6907
  メール：husunggi@gmail.com

特別ページ

「地質と調査」創刊150号を迎えて

一般社団法人全国地質調査業協会連合会
「地質と調査」編集委員長　鹿野（しかの） 浩司（ひろし）

「地質と調査」は，1979年10月に通巻第1号を発刊，2004年6月に記念すべき通巻第100号を発刊，そして本号を持ちまして創刊から150号になりました。編集委員長として，通巻150号の節目を迎えることができ，大変うれしく思います。

「地質と調査」は，全地連の技術機関誌として，小特集，やさしい知識，教養読本，シリーズものなどを基本構成として編集しています。読者は，主に発注者や学校，研究機関と全地連会員の皆様です。

編集委員会は，各地区協会の委員が参加する拡大編集委員会を2年に1回開催し，地方の要望や意見を反映させています。編集委員会はこれを含め年4回開催しています。

小特集テーマは，地質・環境・調査・探査・災害・防災・保全・維持管理など多岐にわたる技術領域の中から，時代に即した技術的な話題を中心に編集してきました。38年前の第1号は，「ビッグプロジェクトと地質調査」でした。目次をみると，本四架橋など高度経済成長時代らしい開発が取り上げられています。私は，2010年11月から編集委員会に加わり，2013年6月に編集委員長を拝命し，現在に至っています。その間に，2011年東日本大震災，2014年広島災害，2016熊本地震等の大災害が発生し，社会の災害，防災へ関心が高まり，「地質と調査」においても，災害，防災関連のテーマが増えました。それ以外では，「地質調査業の課題と将来」，「地学教育の今と将来」，「人材育成」と地質調査業界の抱える課題なども取り上げました。今後は，維持管理や保全といったテーマが増えるかもしれません。

「地質と調査」で取り上げる小特集テーマは，時代のニーズを映すものとして変化してきましたが，2013年第2号より，発行スタイル・編集方針も大きくかわりました。創刊以来，年4回の発刊を続けてきましたが，年3回に，それに合わせて1,200円で販売していたものを無料としました。HPでの公開も開始しました。

編集場面では，技術面に軸足を置いた編集方針から，3回の内1回は，基本構成を離れ地質にこだわらない読み物的な「特定テーマ号」とすることに決めました。編集方針を変える以前より，一般の読者を意識した内容への改編の必要性，内容が学術的，専門的すぎて難しい等の意見がありました。特定テーマ号は，それら意見を踏まえたものです。その時々で話題性のあるテーマとして，現在まで，「富士山」，「新幹線」，「山の日」，「離島」の4テーマを取上げました。

「地質と調査」は，原則「依頼原稿」のみで構成されています。その点が「応募原稿」を主とした学会誌等と大きくことなる点です。編集委員会では，テーマ・構成を議論，決定し，それにふさわしい執筆者を選定していきます。毎号，執筆依頼が最大の難関となっており，執筆を断られるケースも多々あり苦労しているところです。そういう苦労を経て送りだしている「地質と調査」が，読者の皆様のお役に立ち，さらには，地質調査業の発展に少しでも寄与しているならばうれしいかぎりです。

編集方針やデザインは変わりましたが，表紙の「地質と調査」という題字は創刊から変わっていません。この題字を持って，編集委員会活動を続けてまいります。

最後に，これまでに原稿執筆をお引き受け頂いた方々，発行にご尽力いただいた関係各位に改めてお礼を申し上げるとともに，今後もさらなるご支援をお願い申し上げる次第です。

「地質と調査」通巻 100 号以降の総目次

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 1）		
100	2004 年 6 月	**創刊 100 号記念特集号**
		創刊 100 号を記念して
		「地質と調査」創刊の頃（ころ）
		思い出と感想及び意見
		通巻 100 号の発刊を祝って
		「地質と調査」創刊 100 号を迎えて
		有珠山の防災と復興対策　〔北海道協会〕
		森吉山ダム（CM 業務を取り入れて進む大規模ダム建設事業）　〔東北協会〕
		縄文から現代へ　－ 20 世紀最後のアーチダム・奥三面ダム　〔北陸協会〕
		地下鉄「大江戸線」建設の軌跡〔関東協会〕
		中部国際空港セントレアの計画と地盤条件〔中部協会〕
		関西国際空港建設事業の概要　〔関西協会〕
		現代のオロチ退治　斐伊川放水路事業〔中国協会〕
		南海地震対策におけるジオ・コンサルタンツの役割　〔四国協会〕
		博多湾の人工島埋立　アイランドシティの地盤特性と工事例　〔九州協会〕
		沖縄の地下ダム　〔沖縄県協会〕
		「地質と調査」第 1 号～第 100 号 総目次
101	2004 年 9 月	**自然再生事業**
		自然再生と技術者
		自然再生の速度と建設事業
		都市臨海部へ干潟を取り戻すための研究
		湖沼沿岸帯の復元に向けて
		泥炭地の自然再生 －北海道の湿原の自然再生事業－
		浚渫ヘドロを利用した干潟再生技術 －英虞湾再生プロジェクト－
		荒川の自然再生への取組み
102	2004 年 12 月	**よみがえれ技術者**
		創造する技術者へ
		キーワードは「第三の担い手」
		技術者のキャリアアップ
		何故，今技術者倫理が求められているのか
		倫理的技術者であるためには
		マネジメントシステムの時代
		プロジェクト X は，どこまで工学たり得るか
103	2005 年 3 月	**産学官連携による実用化技術への取組み**
		顧客満足型の産学連携
		産学官連携を取り巻く状況
		土木地質分野における共同研究の現状
		自然に学ぶ環境浄化技術とその事業化
		土砂災害警戒避難支援システムの技術移転
		遺跡保存剤の開発とその応用例
		発破を用いた実物大液状化実験 －港湾・臨海部構造物の耐震性向上に向けて－
104	2005 年 6 月	**2004 年の地盤災害**
		防災地盤学と技術者
		2004 年に発生した地盤災害
		平成 16 年台風 18 号による札幌市内の倒木被害
		新潟県中越地震による地盤災害（会津地方の例）
		浅間山 2004 年噴火

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 2）		
104		平成 16 年 7 月新潟豪雨災害の概要とその教訓
		新潟県中越大震災の被害の特徴と復興への課題
		平成 16 年台風 23 号による岐阜県内の豪雨災害について
		平成 16 年 7 月福井豪雨による地盤災害
		奈良県大塔村国道 168 号線における地すべり災害事例
		平成 16 年台風 23 号による地盤災害 －兵庫県豊岡市の円山川の事例－
		平成 16 年台風 10 号による斜面災害 －徳島県那賀郡那賀町（旧木沢村）坂州大用知を例として－
		平成 16 年台風 16 号による宮崎県の地盤災害
105	2005 年 9 月	**予知・予測技術最前線**
		高齢化した熟成社会における災害の予知・予測技術
		予知・予測技術を考える
		地球観測衛星による地球水循環の予測技術最前線
		GPS/ 音響測距結合方式による海底地殻変動観測
		火山ガスから読むマグマの動き
		光ファイバセンサによる斜面表層崩壊モニタリングと崩壊予測
		核磁気共鳴を用いた物理探査装置の開発 －岩盤，コンクリートの水理学的パラメーターの原位置計測にむけて－
106	2005 年 12 月	**防災・環境シミュレーションの最前線**
		地盤工学とシミュレーション
		防災対策支援ツールとしての数値シミュレータの可能性
		個別有限要素法（DFEM）による不連続性岩盤のモデル解析
		地圏水環境系プロセス統合型モデルによる流域シミュレーション
		2004 年 ·2005 年スマトラ沖巨大地震の震源過程
		山地流域を対象とした土砂移動シミュレーションの現状と課題
		有限要素解析による進行性破壊の数値シミュレーションの試み
		都市火災の延焼予測シミュレーションの現状と課題
107	2006 年 3 月	**調査技術の最近の動向を探る（調査のコアとしての要素技術）**
		地盤と土構造物の性能設計に向けて
		地質調査技術の現状と今後の課題
		地表地質踏査の高精度化に向けて
		原位置試験の現状と高精度化，高能率化に向けて
		高品質化に向けたサンプリング技術の現状（礫質土を対象として）
108	2006 年 6 月	**自然由来の重金属問題**
		地球科学分野の土木工事への貢献
		自然由来の重金属に起因する土壌汚染問題の現状と対策
		土木分野における自然由来の重金属問題への対応
		溶出条件の違いによる岩石からの重金属類の溶出特性について

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 3）		
108		緩衝鉱物による黄鉄鉱起因酸性水の中和現象
		自然由来のヒ素含有地下水の起源とその形成要因について ー大阪北摂津地域を例としてー
		重金属汚染土壌の対策工法の現状と問題点
109	2006 年 9 月	**メインテナンス工学**
		社会資本のポスト高齢化社会をめざして
		社会資本ストックをマネジメントするメンテナンス工学への期待
		地盤構造物アセットマネジメントとジオリスクエンジニアリング
		道路斜面の維持・管理のための新しい手法の提案
		トンネルを対象とした検査・診断技術の現状
		河川堤防を対象とした最新の点検・診断技術
		宅地造成地の斜面 ー形成史，災害，メインテナンスー
110	2006 年 12 月	**地震に関する最近の話題**
		地震の怖さ
		地震予知に向けた最近の研究
		全国を概観した地震動予測地図
		地震に起因する土砂災害に対する危機管理の現状
		緊急地震速報・地震観測情報の防災対策への活用
		GIS/CAD と大規模数値シミュレーションを用いた広域震災想定シミュレータ
		自助・共助を支援する和歌山県地震防災対策
		新潟県中越地震による災害の復旧事例
111	2007 年 3 月	**斜面防災**
		斜面防災のための研究と調査の世界的推進
		斜面災害の予測とハザードマップ作成のために ー最近の同時多発型斜面災害と岩盤崩落事例からー
		降雨と地質と崩壊
		火山地域における斜面災害と防災
		新しい電磁探査法の開発と斜面調査への適用例
		迅速で精密な最新の空間情報計測技術
		空間数値情報を利用した災害危険斜面抽出法
112	2007 年 6 月	**空間情報としての地質・地盤情報利活用の現状と将来展望**
		地盤情報公開に向けた地質調査業界の対応
		地質情報の公開の現状と全地連の取組み
		統合地質図データベース「Geo Map DB」と将来構想
		時空間基盤データの利活用について ー Web 2.0 時代の地質データの利活用の促進に向けてー
		土木分野における地盤情報データベースと GIS の活用
		地理空間情報と防災 GIS
113	2007 年 9 月	**技術の伝承**
		青年には夢を，子どもらには自然を
		国土学と技術伝承
		地質調査業の取組み
		測量技術の進展と今後の測量業界が求めるもの
		建設コンサルタンツ協会の取組み
		地表地質踏査技術の伝承

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 4）		
113		土木建設分野の物理探査技術の発展と技術の伝承
		温故知新 ～ボーリング技術の伝承～
		ボーリング・サンプリング技術の伝え方について
		サウンディング調査における技術の伝承 ～サンプリング調査と比較して～
		技術の伝承 ー個人から組織へー
		技術の継承で 2007 年問題を解決する ～3 つのアプローチと先進企業での実践事例～
114	2007 年 12 月	**谷埋め盛土の耐震化**
		宅地防災対策の必要性
		盛土の耐震性向上の考え方
		宅地造成等規制法等の改正と宅地防災マニュアル等の改定について
		盛土の被害事例
		宅地造成盛土地盤の地質調査と地震時の安定性評価
		川崎市における「宅地耐震化推進事業」の取組みについて
		宅地地盤の耐震化を考える
		宅地盛土のり面の耐震強化
		宅地地盤・基礎の地震被害事例
		道路盛土の耐震対策
115	2008 年 3 月	**社会資本の維持管理とアセットマネジメント**
		次世代のアセットマネジメントにむけて
		社会資本へのアセットマネジメント導入の方法と課題
		道路橋の維持管理に関する研究開発
		高速道路斜面の維持管理について ー特にグラウンドアンカーについてー
		トンネルの維持管理技術とアセットマネジメント
		静岡市の下水道再構築事業におけるアセットマネジメント手法の導入
		大阪府の道路におけるアセットマネジメントの取組状況について
		青森県橋梁アセットマネジメントの取組み
116	2008 年 6 月	**地質リスクマネジメント**
		今後の地質リスクマネジメントへの思い ～不安を期待に、そして生きがいへ～
		公共工事の発注者責任とコスト構造改善における地質リスクマネジメント
		地盤リスクを考える
		道路事業において地質リスク低減のために求められる方策
		地質事象の把握における不確実性と地質リスク
		地盤構造物の信頼性設計と地盤調査
		石油資源探査における地質リスク評価
		国内公共事業における地質リスクへの対応
		全地連 地質リスク海外調査の成果と展望 ～米国カリフォルニア州における地質リスクへの対応状況調査～
		我が国における地質リスクの計量化事例
		海外における地質リスクの計量化事例
117	2008 年 9 月	**自然保護・世界遺産**
		自然保護と世界遺産
		世界自然遺産 ー仕組みと役割ー
		生物分布の基盤環境としての地形・地質の重要性

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 5）		
117		農村景観・自然環境保全再生パイロット事業の実施事例
		複合化する自然環境問題と変貌する首都圏の地震災害リスク ー丹沢山地の斜面崩壊の事例ー
		世界遺産バーミヤーン遺跡を守る
		白神山地に見る地すべりと森林再生の結びつき ー地生態学的視点で見る地すべりー
		遺跡の調査と保全
118	2008 年 12 月	**新マーケットの創出・提案型事業**
		マーケット＋創出＝マインド
		地質調査業に期待する新しいビジネス・新マーケット創出　地質調査における展望
		東京都区部山の手台地中央部付近の伏在断層について
		共生型地下水技術活用研究事業（地下水は誰のものなのか？ から始まった）
		グラウンドアンカー工のアセットマネジメントに関する事業
		土工工事の安全管理方法の目安「土工工事の安全管理レベル判定ガイドライン」の作成
		自動孔内水平載荷試験の応用活用による新事業
		CM 方式事業
119	2009 年　3 月	**ハザードマップ**
		ハザードマップの現状と課題
		自然災害の防災・減災への取り組みとハザードマップ
		土砂災害ハザードマップの現状と課題
		道路斜面防災におけるハザードマップの現状と課題
		洪水ハザードマップの現状と課題
		地震防災ハザードマップ「宮城県における市町村地震防災マップ作成の取り組み」
		ハザードマップを支える基礎技術
120	2009 年　6 月	**地盤と災害**
		地球規模での自然災害増大への対応
		社会動態と地盤災害
		災害を受けやすい国土
		地震と降雨の複合的メカニズムの斜面災害
		宅地ハザードマップ作成にむけた大規模盛土造成地の抽出法と危険度評価
		ヒートアイランド現象を抑制する地中熱利用
		地下水の回復に伴う鉄道施設の地下水障害と対策
		災害廃棄物による環境汚染リスクと対策の課題
121	2009 年　9 月	**防災・維持管理分野に係る最近の調査技術**
		構造物の維持管理と検査・調査技術
		防災・維持管理分野に係る地質調査技術の適用と今後の取り組み
		道路防災マップを用いた点検箇所のスクリーニング手法について
		河川堤防調査への統合物理探査の適用
		GPS を用いた斜面変位計測サービスについて
		地下空洞の調査技術の現状と課題
		コンクリート構造物の非破壊・微破壊試験による検査・診断
122	2009 年 12 月	**地質調査業の課題と将来**
		地質調査業のマインドと将来

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 6）		
122		責任を創り合う業界へ
		低価格競争の実態と品質確保の取り組み
		これからの企業経営の姿 ーバルーン型組織へ
		斜面工事における被災防止のための簡易な崩壊モニタリングの検討
		地質調査技術の伝承
		地域再生活動での地質技術者の役割
		性能設計に向けた地盤調査
		老齢化する世界と地質調査業のビジネスチャンス
123	2010 年　3 年	**地質と調査のフロンティア**
		地質と調査のフロンティア
		地質調査と土壌汚染に関する保険
		戸建て住宅業界から見た地質調査
		法地質学　ー科学捜査からのニーズー
		ジオパークと地質調査業の関係性 ージオツーリズムについてー
		医療地質研究の最前線
		食文化と地質 ーワインと地質の深い関係ー
124	2010 年　6 月	**災害とその後　ー情報を活かす防災最前線ー**
		災害に備えよ ー社会資本整備を怠るな
		防災情報の共有と活用のあり方
		土砂災害警戒避難体制づくりの取り組み
		近年の豪雨災害　ーイメージと実態ー
		建物倒壊シミュレーションによる防災学習システム
		洞爺湖有珠山マイスター ～防災と地域振興を目指して～
		近年の豪雨災害に見る情報防災の課題
125	2010 年　9 月	**物理探査とその最前線**
		物理探査における革新的技術開発への期待
		物理探査の社会貢献と将来への課題
		河川堤防調査における物理探査の適用性に関する研究成果の紹介
		地すべり・斜面調査における物理探査の適用
		高レベル放射性廃棄物地層処分における物理探査技術の適用性について
		廃棄物処分場における漏水モニタリングへの物理探査技術の応用
		コンクリート構造物における非破壊試験（物理探査技術）の適用性について
		土木構造物の維持管理における物理探査技術の現状について
126	2010 年 12 月	**地質産業と社会貢献**
		社会から信頼される地質調査業とその社会貢献
		地附山地すべりから 25 年を迎えて ～悲しみを風化させず，明日の防災に生かすために～
		ジオパークと地域振興 ～品質保証のある大地の見どころ～
		首都圏外郭放水路における地下利用について
		博物館による地学普及活動 ～名古屋大学博物館の社会貢献事業を例にして～
		地域地震防災力の高度化に向けて ～防災研究成果の活用と防災教育～
		火山防災に関する地質産業界の貢献 ～ 1998 年岩手山噴火危機対応の事例～
127	2011 年　3 月	**ICT を活用した地質調査業**
		社会基盤整備における ICT の取組みと今後に期待するもの

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 7）		
127		地質調査業における ICT の取組みと展望について
		軟弱地盤上での近接掘削工事における自動計測事例
		冬期道路気象情報システムによる道路積雪情報の web 公開
		斜面モニタリング装置を活用した斜面防災ー迅速に設置できる小型孔内傾斜計の開発ー
		ICT を活用した磐田市総合防災情報システム
		ICT を活用した地盤情報に関わる新ビジネスへの展開
128	2011 年 6 月	**地球温暖化と斜面・水災害**
		賢い選択と粘り強い適応に基づく持続可能な社会
		地球温暖化と気候変化
		斜面崩壊
		近年の地すべり災害の傾向と今後の課題
		近年の斜面災害の傾向と対応策…土石流を中心に
		気候変動等気象の変化に対応する河川管理のあり方
		岸（港湾）への影響
129	2011 年 9 月	**地質リスクマネジメント**
		地質リスクマネジメント学の「決意」
		国土管理と地質リスク軽減のためのナレッジ DB
		地質リスクマネジメントの進展（地質リスク学会の設立）
		道路関連事業における地質リスク事例研究
		地すべり災害において実施したリアルタイム監視によるリスク管理について
		シンガポールの公共工事における地質リスクマネジメント
		海外契約における地質リスク事例
130	2011 年 12 月	**東日本大震災**
		減災思想　～安全に対して想定外はない
		東北地方太平洋沖地震発生のメカニズム
		平成 23（2011）年東北地方太平洋沖地震による地殻変動と断層モデル
		東北地方太平洋沖地震の津波災害
		液状化災害
		ライフラインの被害と復旧～環境工学からの視点～
		2011 年東日本大震災による斜面災害ー主に都市域の斜面災害についてー
		災害廃棄物処理に関する諸問題
131	2012 年 3 月	**水文調査とその最前線**
		持続可能な水循環と水文調査
		健全な水循環系の構築に向けた取り組みと課題
		トンネルにおける渇水問題と水文調査
		地下水環境保全に向けた取り組みと調査のポイント
		洪水時の流量観測手法における新しい動向
		河川生態系の変貌と生物多様性ー劣化プロセスと再生への新たな視点ー
		水循環の可視化ツールとしての数値シミュレーション技術の活用
132	2012 年 6 月	**資源**
		資源・総論　ー巻頭言に替えて

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 8）		
132		メタンハイドレート
		地熱資源
		レアメタルとレアアース
		海底熱水鉱床　ー開発に向けた取組と課題ー
		海洋の基盤情報である海底地形データの整備ー海洋の利用開発に向けてー
133	2012 年 9 月	**地学教育の今と将来**
		自然災害とともに生きるための地学教育
		理科教育の未来
		関西地域での地学普及への取り組み
		現場地質技術者の養成について
		高等学校における地学教育の役割と現状ーある地学教師の歩みをとおしてー
		地学系学部における野外踏査（実習）のあり方
		建設系学部における地学・地質学教育
134	2012 年 12 月	**東日本大震災・その 2**
		今後の大規模地震対策の方向性
		地震予知・発生予測とハザード予測
		東日本大震災を踏まえた河川堤防の耐震性向上の考え方
		道路構造物における大規模地震への備えと設計の考え方
		港湾，海岸保全施設における大規模地震・津波への備えと設計の考え方
		鉄道構造物の耐震設計基準の改訂とその考え方
		建築構造物における大規模地震への備えと対策の方向性
135	2013 年 3 月	**産業副産物における地盤材料へのリサイクルと現状**
		産業副産物のリサイクルの現状と課題
		建設・産業副産物の地盤材料へのリサイクル技術の現状
		建設発生土・建設汚泥の有効利用の現状と今後の展望
		地盤材料としての石炭灰有効利用の現状と課題
		コンクリート塊，鉄軌道用バラストの再利用
		新東名高速道路盛土建設における重金属含有土対策
		各種スラグのリサイクルの現状と今後について
136	2013 年 6 月	**活断層調査の現状と展望**
		活断層の調査・研究の現状紹介
		海域における活断層調査の現状と課題
		関東平野北西縁断層帯の調査と課題
		大阪平野の活断層概観
		地震地質学の最前線：サンアンドレアス断層 1857 年震源断層
		最新の計測技術を用いた変動地形学的調査
137	2013 年 9 月	**全地連創立 50 周年記念号**
		巻頭挨拶
		地質調査業を取り巻く社会情勢と地質技術者
		地震分野
		風化する国土と維持管理の将来ー道路斜面のリスクアセットマネジメントを例にー
		地質災害
		地質技術顧問の将来像と夢

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 9）		
137		オープンデータに関する取組について ～地盤情報の活用に関する実証事業と 地盤情報の公開・二次利用の促進～
138	2013 年 12 月	**液状化**
		液状化対策技術の歴史
		東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）による液状化と過去の液状化履歴
		ピエゾドライブコーンによる 液状化判定技術（動的サウンディング）
		SDS（スクリュードライバーサウンディング） 試験による液状化判定技術
		電気式コーン貫入試験による液状化判定技術
		拘束効果を考慮した液状化対策技術
		戸建て住宅に対する液状化技術
139	2014 年 4 月	**地盤・地質情報の三次元化**
		なぜ今，三次元か？
		CIM への取組み
		甚之助谷地すべりにおける 3 次元モデル 構築の試み
		地下構造物建設における地盤・地質情報の 三次元化適用事例
		こうち実証事業における三次元地盤モデル ー情報流通連携基盤の地盤情報における 実証事業ー
		地質境界面を基礎とする国内外の 地質モデリングシステム
141	2014 年 12 月	**新マーケット創出・提案型事業**
		これからの地質調査業と新マーケット創出・ 提案型事業の意義
		地質調査の技術進歩への期待
		" 新マーケット創出・提案型事業 " の概要
		グラウンドアンカー工のアセットマネジメント に関する事業 ～地質技術者による効果的なアンカー のり面の維持管理の取り組み～
		土工事の危険度に応じた安全管理方法の 目安作成
		間隙水圧を測定する動的貫入試験の実証と 普及
		極超微粒子セメント注入による 液状化対策工の開発
		物性評価手法としての Go TEN-tk （孔内局部載荷試験）の検討と普及
142	2015 年 4 月	**津波堆積物**
		西南日本沿岸の巨大津波痕跡から 将来を考える
		津波堆積物から学ぶべきこと
		地質記録と津波浸水シミュレーションに よる貞観地震の復元
		1960 年チリ地震および 2004 年スマトラ沖地震による津波堆積物
		津波堆積物調査事例
		延宝 5 年（1677）房総沖地震津波の経験 は元禄 16 年（1703）関東地震の津波死者 を減らすのに役立ったか？
		津波防災の現状と取り組み
144	2015 年 12 月	**土砂災害**
		土砂災害の防止・軽減への取り組み
		土砂災害への備え
		フェーズドアレイ気象レーダーを用いた 最新の気象予測
		2014 年広島土砂災害を教訓とするために

通巻号	発行年月	タイトル
◆ 小特集（その 10）		
144		2013 年伊豆大島における土砂災害に 学び今後に備える
		2011 年台風 12 号による 紀伊山地豪雨による斜面崩壊の実態
		道路分野の土砂災害
		横浜市のがけ地総合対策
145	2016 年 4 月	**火山災害**
		「御嶽山噴火を踏まえた今後の 火山防災対策の推進について（報告）」 および「活動火山対策特別措置法」の概要
		わが国の火山災害と対策
		2014 年御嶽山噴火
		口永良部島 2014 年 ·2015 年噴火の特徴： 地質調査によって明らかにされた過去の 噴火特性との比較
		箱根火山の観測・研究と 2015 年噴火
		活火山の監視観測体制が抱える課題
		火山地域の土砂災害対策
		日本火山学会における火山防災への取り組み
147	2016 年 12 月	**人材育成**
		若者に伝えよう、業界の魅力を
		建設業の担い手確保・育成施策
		地質調査業における担い手確保・育成の 現状と課題
		地質調査総合センターにおける人材育成の 取り組み紹介と今後の課題
		日本地質学会の「フィールドマスター認定」 というアイデア
		土木学会における人材育成の 取り組みについて
		地盤工学会における人材育成の取り組み 紹介と今後の課題
		全測連の人材確保・育成事業
		建設コンサルタンツ協会における 人材育成の取り組み紹介と今後の課題
148	2017 年 4 月	**ドローンの地質調査への活用**
		ドローン使用の今後の展望
		ドローンの可能性について
		ドローンの活用事例　ードローンによる 熊本地震で生じた地表地震断層の計測ー
		神城断層調査におけるドローン活用事例
		地質調査と道路防災におけるドローンの 活用事例
		地すべり調査におけるドローン（UAV）の 活用事例
		ドローンを使用した不安定岩盤の抽出
		UAV による空撮画像のローカルな 地形把握と防災利用の試み
		熊本城の再建に関するドローンの活用事例
150	2017 年 12 月	**熊本地震**
		2016 年熊本地震の教訓
		熊本地震からの創造的復興
		建築物の被害状況と熊本県の復旧と 復興の取り組み
		熊本市大規模盛土造成地の地震被害の 特徴と自治体の対応
		熊本地震に関する阿蘇地域の 土砂災害対策について
		熊本地震による熊本城の被害と復旧
		熊本の地下水と地震の影響
		熊本地震 復興支援 ボーリング柱状図 緊急公開サイト

通巻号	発行年月	タイトル
☆彡 特定テーマ		
140	2014年 8月	**富士山**
		富士山には世界自然遺産の価値がないのか
		富士山による災害史
		富士山の砂防事業
		富士山の水理地質構造と地下水流動メカニズム
		ジラゴンノ露頭と雁ノ穴火口
		富士学会　ー学際的・複合的富士山研究から国際的文化交流までー
		富士山
		日本中の富士山
143	2015年 8月	**新幹線**
		新幹線ネットワークの整備について
		北陸新幹線建設の歴史と経緯
		新幹線の地形・地質調査とそれをもとにした計画・設計・施工　ー新幹線建設とともに50年の私的経験をもとにー
		八甲田トンネルの地質と環境問題
		東海道新幹線　土構造物の対策と維持管理
		活断層に配慮した山陽新幹線新神戸駅の構造
		我が国鉄道システムの海外展開について
		中央新幹線（品川・名古屋間）の概要
		北陸新幹線の開業に沸く石川
146	2016年 8月	**山の日**
		「山の日」を契機に考えなければならないこと
		高尾山を楽しむ
		山を安全に楽しむ
		多摩川の源流部で山の幸を満喫
		命をつなぐ森と水
		山の信仰と現代
		北アルプスの成り立ち
		山岳地域の自然環境保全
		立山の砂防事業
		荒獅子の舞うふるさとの山
149	2017年 8月	**離島**
		国土交通省における離島振興の最近の取組ー離島と企業をつなぐ「しまっちんぐ」ー
		北の名峰と地方創生
		世界文化遺産登録を目指す金銀の島　佐渡
		隠岐の島ウルトラマラソンの開催と世界ジオパーク認定について
		長崎県の離島の現状とその取り組み
		鹿児島県における離島振興の取組について
		宮古島における水資源開発
		離島における地熱資源の活用可能性について
		神の島・久高島と斎場御嶽
※ 教養読本（その1）		
101	2004年 9月	「都市山麓グリーンベルト」の整備
104	2005年 6月	2004年スマトラ島沖地震津波と被害想定・減災の視点からみた課題
105	2005年 9月	集中豪雨の予知技術最前線
106	2005年12月	津波シミュレーションの現状
107	2006年 3月	東海，東南海，南海地震
108	2006年 6月	アスベストとそれを取り巻く諸問題

通巻号	発行年月	タイトル
※ 教養読本（その2）		
109	2006年 9月	道路防災マップを用いた安定度調査箇所の選定と点検結果の整理
110	2006年12月	フロンティア地震学の現状と展望
111	2007年 3月	斜面崩壊と森林植生
112	2007年 6月	防災情報システムにおける地質データの利活用を支えるXMLデータ流通基盤
114	2007年12月	事業継続計画（BCP）
115	2008年 3月	地質調査業における企業の社会的責任（CSR）
117	2008年 9月	地球温暖化と生き物の暮らし
118	2008年12月	建設系CPD制度に対応したジオ・スクーリングネットの運用〜地質調査技士登録更新制度への活用〜
119	2009年 3月	GISを活用したハザードマップの現状と課題
120	2009年 6月	土砂災害防止ソフト対策の課題
121	2009年 9月	国土地盤情報検索サイト（Kuni Jiban）による地盤情報の提供とその利用
122	2009年12月	CO_2 地中貯留
123	2010年 3月	地下流水音探査による崩壊発生場所の予測ー一般市民個人からの調査依頼に応えられるユニークな技術ー
124	2010年 6月	科学技術コミュニケーションからみた防災情報伝達　〜小規模対話型イベントによる防災情報伝達の経験から〜
125	2010年 9月	地震波干渉法ー地中に満ちあふれる雑震動を使って地中を可視化する技術ー
126	2010年12月	第四紀の定義変更
127	2011年 3月	地盤の3次元可視化技術
128	2011年 6月	気候温暖化に関わるもう一つのシナリオー地球環境を操る宇宙線ー
		第四紀気候変動と地球表層システム
129	2011年 9月	戸建住宅における地盤のリスク
130	2011年12月	東海・東南海・南海連動型地震への備え
131	2012年 3月	ICHARM（アイチャーム）
132	2012年 6月	海底下生命圏と炭化水素資源ー地球内部の持続的物質循環システムの理解と利活用ー
		地中熱利用と地質情報
133	2012年 9月	JABEEと「地球・資源およびその関連分野」
134	2012年12月	時刻歴応答解析に必要な設計用入力地震動（模擬地震波）の作成について
135	2013年 3月	最終処分場の現状と課題
136	2013年 6月	全国地震動予測地図
		航空レーザ計測
138	2013年12月	宮澤賢治と地質調査
142	2015年 4月	防災文化を継承・発展させる教育
144	2015年12月	植生による斜面安定効果
145	2016年 4月	原子力施設の火山影響評価に対する問題
147	2016年12月	建設産業担い手確保・育成コンソーシアム3年目の取組
150	2017年12月	活断層あれこれ
＊ やさしい知識（その1）		
101	2004年 9月	自然再生推進法
102	2004年12月	著作者人格権
104	2005年 6月	ユビキタスネット社会における災害時情報通信の姿
106	2005年12月	個別要素法

通巻号	発行年月	タイトル
＊ やさしい知識（その 2）		
107	2006 年 3 月	ハザードマップ
108	2006 年 6 月	RBCA：リスク評価に基づいた修復措置 ー“環境リスクの低減”という考え方ー
109	2006 年 9 月	アセットマネジメント
110	2006 年 12 月	長周期地震動
112	2007 年 6 月	電子国土の概要
114	2007 年 12 月	宅地耐震化推進事業について
115	2008 年 3 月	ライフサイクルコスト（LCC）分析
116	2008 年 6 月	GBR（Geotechnical Baseline Report）
118	2008 年 12 月	小学校理科教育サポート授業
119	2009 年 3 月	リスク・コミュニケーション
120	2009 年 6 月	土壌雨量指数
121	2009 年 9 月	国土交通省緊急災害対策派遣隊 （TEC-FORCE）
123	2010 年 3 月	地質リスクを考慮した地盤調査
124	2010 年 6 月	近年の局地的大雨による被害の軽減にむけた 気象庁の取組み
125	2010 年 9 月	物理探査を用いたモニタリング
126	2010 年 12 月	シームレス地質図
127	2011 年 3 月	地質情報管理士
129	2011 年 9 月	労働災害と地盤リスク
130	2011 年 12 月	東京都における被害想定と 防災への取組の考え方
131	2012 年 3 月	統合的水資源管理
133	2012 年 9 月	～ジオパークにおける地学教育活動～ 伊豆総合高等学校におけるジオパーク教育
134	2012 年 12 月	静岡県における被害予測と防災への取り組み ー減災社会の構築に向けた静岡県の取組みと課題ー
		高知県における被害予測と防災への取組み
135	2013 年 3 月	警戒区域等における地質調査手法の一例
138	2013 年 12 月	繰返し非排水三軸試験について
139	2014 年 4 月	シームレス地質図 3D と シームレス地質図 KML
141	2014 年 12 月	CM 方式の解説 ー CM 方式の導入課題と解決の方向性ー
144	2015 年 12 月	改正土砂災害防止法
145	2016 年 4 月	噴火警戒レベル
147	2016 年 12 月	建設系 CPD 協議会
148	2017 年 4 月	ドローンの種類及び改正航空法について
150	2017 年 12 月	木造建物の耐震基準の変遷
＝ 私の経験した現場（その 1）		
101	2004 年 9 月	他の試験方法との比較から見た さく井の電気検層の適性について
		本杭を使用した杭鉛直載荷試験の 補足調査による管理
102	2004 年 12 月	未固結砂質地山の流動性評価
103	2005 年 3 月	結晶片岩地帯で発生した大規模地すべり
107	2006 年 3 月	第四紀溶岩流中の風穴分布調査における 物理探査の適用について
		モルタル吹付のり面の健全度診断事例
		地質構造要素を重視した急崖岩盤斜面の 安定度検討
108	2006 年 6 月	岩盤すべりにおける横ボーリング工の設計と 水位降下測定
		新潟県中越地震で発生した 小規模地すべりについて
109	2006 年 9 月	土壌汚染リスク評価の最前線を経験して

通巻号	発行年月	タイトル
＝ 私の経験した現場（その 2）		
109		海面下の琉球石灰岩における 平板載荷試験と標準貫入試験
110	2006 年 12 月	泥炭地盤における真空圧密工法の試験盛土
111	2007 年 3 月	地すべり地における地形の変化に関する考察
112	2007 年 6 月	INSEM 工法における配合設計と施工事例
		道路開削工事中に顕在化した地すべり
113	2007 年 9 月	記憶に残った現場業務
		水文調査におけるクレーム対処事例
		関西における大型プロジェクトの事例
114	2007 年 12 月	堆積軟岩における切土勾配決定の難しさと 不連続面のせん断強度
115	2008 年 3 月	破砕帯岩盤におけるボアホールの撮影方法
		一味違った経験　不味かった地下水の味
116	2008 年 6 月	軟弱地盤の盛土管理
117	2008 年 9 月	強風化石英閃緑岩（まさ土内）に発生した 地すべり
		ベトナムにおけるボーリング調査
		のり面の変状に対する原因究明調査と 対策工設計の事例
119	2009 年 3 月	谷埋盛土造成地における既設埋設管調査
		台風災害直後の応急復旧工事における 現場管理
120	2009 年 6 月	地すべり調査における地質リスクの回避事例
121	2009 年 9 月	河川堤防の開削調査
		グラウンドアンカー極限周面摩擦抵抗 τ 値の 推定
122	2009 年 12 月	砂防事業に関するいろいろな調査
123	2010 年 3 月	これまでの軌跡　～これからも…
124	2010 年 6 月	8 年間を振り返って
125	2010 年 9 月	山口県防府豪雨土砂災害現場より
126	2010 年 12 月	高知県土佐町高須地すべり防止地区の 現場より
127	2011 年 3 月	広域農道トンネルの設計から 施工時までの地質調査
128	2011 年 6 月	沖縄における琉球石灰岩空洞調査
129	2011 年 9 月	集水井施工時の調査事例
130	2011 年 12 月	大規模地すべり地でのボーリング調査 ー大深度孔内傾斜計設置と噴出ガス対応に関してー
131	2012 年 3 月	新潟県豪雨災害（H23.7.27 ～ 7.30）に おける砂防施設災への対応
132	2012 年 6 月	単孔を利用した鉛直・水平透水試験
133	2012 年 9 月	愛知県山間部の主要地方道で発生した 大規模なくさび崩壊
134	2012 年 12 月	土壌・地下水汚染が顕在化したサイトの 調査事例
135	2013 年 3 月	島根半島北岸の大規模地すべりと 最近の被害事例
136	2013 年 6 月	香川県小豆島馬越地区「第三紀層地すべり 地内　廃坑坑道内の地下水排除工」
139	2014 年 4 月	島尻層群泥岩受け盤破砕帯の地すべり解析 及び対策工設計　ー森川地すべり解析・対策工事を事例としてー
141	2014 年 12 月	津波堆積物調査 ー平浜からガッカラ浜までー
142	2015 年 4 月	東日本大震災により被災した仙台市の 盛土造成宅地の復旧について
144	2015 年 12 月	緊急災害における応急対策事例
145	2016 年 4 月	河川堤防の統合物理探査
147	2016 年 12 月	45 年間に及ぶ現場作業の回想
148	2017 年 4 月	深層崩壊箇所における調査観測の経験 （和歌山県熊野地区，三越地区）
150	2017 年 12 月	掘削中に出現した湧水が崩壊を招く

通巻号	発行年月	タイトル
§ 天然記念物に指定されている地質環境		
101	2004 年 9 月	鳳来寺山周辺の天然記念物
102	2004 年 12 月	橋杭岩と南紀の奇岩怪峰群
103	2005 年 3 月	鳥取砂丘
104	2005 年 6 月	八幡浜市大島のシュードタキライトおよび変成岩類
105	2005 年 9 月	平尾台カルスト台地，長垂の含紅雲母ペグマタイト岩脈，屋形石の七ツ釜
∬ 各地の残すべき地形・地質 **（通巻 127 号までのタイトルは「車窓から見る地形・地質」）**		
106	2005 年 12 月	屋島
108	2006 年 6 月	湯布院盆地
109	2006 年 9 月	首里城
110	2006 年 12 月	支笏火山灰台地
111	2007 年 3 月	最上峡
112	2007 年 6 月	角田・弥彦山地
113	2007 年 9 月	国府津－松田断層と足柄平野
115	2008 年 3 月	弓ヶ浜半島と大山
116	2008 年 6 月	生駒山地
117	2008 年 9 月	松山平野を取り巻く地質
118	2008 年 12 月	日本三大車窓と霧島連山
119	2009 年 3 月	飛水峡～中山七里
121	2009 年 9 月	駒ケ岳と大沼国定公園
122	2009 年 12 月	青森～函館
123	2010 年 3 月	加賀の白山
124	2010 年 6 月	静岡県静岡市清水区由比
125	2010 年 9 月	濃尾平野
126	2010 年 12 月	亀の瀬地すべりと大和川断層
127	2011 年 3 月	王子が岳
128	2011 年 6 月	室戸半島
129	2011 年 9 月	鹿児島湾奥姶良カルデラ壁
130	2011 年 12 月	石灰岩の景勝地
131	2012 年 3 月	周氷河期地形と高山植物の島
132	2012 年 6 月	平成 20 年岩手・宮城内陸地震で出現した崩壊地形とカルデラ内湖底堆積物の大断面
133	2012 年 9 月	小木玄武岩／八木ヶ鼻
134	2012 年 12 月	JR：陸羽東線沿線
135	2013 年 3 月	志摩地方のリアス式海岸
136	2013 年 6 月	稲渕の棚田
138	2013 年 12 月	久井・矢野の岩海と雄橋
139	2014 年 4 月	四国東部 吉野川沿いの地形・地質
141	2014 年 12 月	水城跡と大野城跡・基肄城跡 ～地形を利用した古代の防衛線～
142	2015 年 4 月	石垣島の地形・地質
144	2015 年 12 月	洞爺湖有珠山ジオパーク ～変動する大地との共生～
145	2016 年 4 月	「松島」の景観をささえる地質
147	2016 年 12 月	「白山・手取川」の地形と地質
148	2017 年 4 月	「袋田の滝」・「筑波山」： 茨城県のジオサイト
150	2017 年 12 月	「根尾谷断層」・「阿寺断層」・「養老断層」
@ 日本の地盤		
102	2004 年 12 月	和歌山県の地盤
103	2005 年 3 月	山梨県の地盤
104	2005 年 6 月	栃木県の地盤
105	2005 年 9 月	沖縄県の地盤
◇ 大地の恵み（その 1）		
106	2005 年 12 月	草津温泉
107	2006 年 3 月	－「せともの」の代名詞になった 焼き物のふるさとー 六古窯の瀬戸・常滑がある中部地方

通巻号	発行年月	タイトル
◇ 大地の恵み（その 2）		
109	2006 年 9 月	段丘斜面緑地の保全「板橋サンシティ」 住民活動の意味
110	2006 年 12 月	石見銀山遺跡 －世界遺産登録を間近にしてー
111	2007 年 3 月	－「水」と「地質」と「銘産品」－ 大河「四国三郎（吉野川）」と暮らす阿波・徳島の「天水達」
112	2007 年 6 月	健軍水源池 －蛇口から飲めるおいしい地下水－
113	2007 年 9 月	沖縄県の土壌と農業の関係について
114	2007 年 12 月	日本最北の名水　利尻島
115	2008 年 3 月	尾瀬ヶ原に竜宮があった
116	2008 年 6 月	加賀温泉郷（山中温泉）
117	2008 年 9 月	名水百選 栃木県佐野市 出流原弁天池の七変化
118	2008 年 12 月	石都岡崎のみかげ石製品 （岡崎市の石材産業）
120	2009 年 6 月	岡山の大地と人々の工夫や技術が育んだ特産品
		日本の金鉱床　（福岡県星野地域の金鉱床）
121	2009 年 9 月	悠久の時を越えて恵みを与える讃岐岩 十二律の音階を奏でる石琴
122	2009 年 12 月	豊富な地下水と地熱による産物
123	2010 年 3 月	沖縄県宜野湾市 豊富な湧水に支えられる大山ターンム畑
124	2010 年 6 月	火と水と緑の大地　支笏カルデラ
125	2010 年 9 月	あなたもワイナリーに挑戦してみませんか ≪趣味の世界を広げるために≫
126	2010 年 12 月	新潟砂丘と砂丘地農業
127	2011 年 3 月	関東地方の石材
128	2011 年 6 月	岐阜県各務原市の地下水源復活
129	2011 年 9 月	三方五湖　（歴史地震と年縞堆積物）
130	2011 年 12 月	広島の地形地質が生んだ景観，銘水
131	2012 年 3 月	愛媛県砥部町・伊予硯と砥部焼き
132	2012 年 6 月	鹿児島市内の温泉と西郷隆盛が湯治した温泉
133	2012 年 9 月	琉球石灰岩，沖縄「シマ景観」のシンボル
134	2012 年 12 月	明治の札幌建築を彩った札幌軟石 ＜札幌軟石は支笏火山の贈りもの＞
135	2013 年 3 月	天と地の恵みがもたらす喜びと地域への恵み
136	2013 年 6 月	越中富山の酒造蔵
138	2013 年 12 月	群馬県吾妻地域の温泉【ONSEN】
139	2014 年 4 月	静岡の水源・安倍川の恵み
141	2014 年 12 月	宮水
142	2015 年 4 月	西の京やまぐち「湯田温泉」
144	2015 年 12 月	日本一の棚田米
145	2016 年 4 月	九州の炭田・探鉱
147	2016 年 12 月	沖縄の天然ガスと温泉
148	2017 年 4 月	大雪山系起源，北十勝の深層地下水
150	2017 年 12 月	地球温暖化と地中熱利用
☆各地の博物館巡り（その 1）		
106	2005 年 12 月	北海道大学総合博物館
107	2006 年 3 月	南三陸町水産振興センター「魚竜館」
108	2006 年 6 月	金沢城を探る「石垣の博物館」その技と意匠
111	2007 年 3 月	神奈川県立生命の星・地球博物館 地球と生命，46 億年の歴史を考える
112	2007 年 6 月	恐竜が出迎えてくれる　豊橋市自然史博物館 －時間と空間－
113	2007 年 9 月	滋賀県立 琵琶湖博物館 －湖と人間・よりよい共存をめざしてー
114	2007 年 12 月	自然が三億年かけてつくりだした天然記念物 特別天然記念物「秋吉台」「秋芳洞」「秋吉台科学博物館」

通巻号	発行年月	タイトル
☆各地の博物館巡り（その 2）		
115	2008 年 3 月	自然と歴史ロマンあふれる平家の里 「横倉山自然の森博物館」
116	2008 年 6 月	雲仙岳災害記念館（がまだすドーム） 火山を見る・遊ぶ・憩う・全国初の 火山体験学習施設
117	2008 年 9 月	沖縄県立博物館・美術館について
118	2008 年 12 月	地図と鉱石の 「山の手博物館」 ー北海道の鉱石全てを網羅ー
119	2009 年 3 月	移動地質博物館 「地質情報展 2008 あきた」 地球からのおくりもの
120	2009 年 6 月	「フォッサマグナミュージアム」 ー石の博物館，世界ジオパークを目指してー
121	2009 年 9 月	「産業技術総合研究所 地質標本館」 ー地質調査の研究成果を社会へー
122	2009 年 12 月	Hichiso Precambria Museum 日本最古の 石博物館 20 億年前からのメッセージ
123	2010 年 3 月	琵琶湖疎水記念館
124	2010 年 6 月	三瓶小豆原埋没林公園 （四千年前の巨大地底林）
125	2010 年 9 月	徳島県立博物館 日本列島のはじまりと 四国のおいたちを知る
126	2010 年 12 月	「熊本市立熊本博物館」，「阿蘇火山博物館」， 「御船町恐竜博物館」，「天草市立御所浦白亜 紀資料館」
127	2011 年 3 月	「宮古島市地下ダム資料館」 ー水への想い 未来に伝えたい‥‥ー
128	2011 年 6 月	「三笠市立博物館」 ー三笠 1 億年の歴史を今にー
129	2011 年 9 月	「東北大学理学部 自然史標本館」 ーナチュラル・ヒーリング 時をかける標本ー
130	2011 年 12 月	真脇遺跡縄文館
131	2012 年 3 月	生命の星・地球博物館
132	2012 年 6 月	「瑞浪市化石博物館」
133	2012 年 9 月	「滋賀県立琵琶湖博物館」
134	2012 年 12 月	鳥取県立博物館
135	2013 年 3 月	香川県立五色台少年自然センター自然科学館
136	2013 年 6 月	「地底博物館 鯛生金山」 ～ミステリー坑道探検～
138	2013 年 12 月	沖縄県本部町立博物館 ～ジオパークの拠点施設を目指して～
139	2014 年 4 月	足寄動物化石博物館 ～フォストリーあしょろ～
141	2014 年 12 月	秋田大学国際資源学部附属鉱業博物館
142	2015 年 4 月	新潟県立自然科学館
144	2015 年 12 月	群馬県立自然史博物館
145	2016 年 4 月	三重県総合博物館（MieMu）
147	2016 年 12 月	奈良県立橿原考古学研究所附属博物館
148	2017 年 4 月	岡山県立博物館
150	2017 年 12 月	西予市城川地質館
≫基礎技術講座（その 1）		
125	2010 年 9 月	室内土質試験第 1 回 工学的分類と物理試験の意義
126	2010 年 12 月	室内土質試験第 2 回 土質試験結果の品質確保への取組み ～関西地盤環境センターを例にして～
127	2011 年 3 月	室内土質試験第 3 回 地盤材料における安定化について
128	2011 年 6 月	室内土質試験第 4 回 地盤材料におけるせん断試験と その適用について

通巻号	発行年月	タイトル
≫基礎技術講座（その 2）		
129	2011 年 9 月	ボーリング掘削技術第 1 回 コントロールボーリング技術
130	2011 年 12 月	ボーリング掘削技術第 2 回 フォアマン技術力向上のための 「高品質サンプリング技術」
131	2012 年 3 月	ボーリング掘削技術第 3 回 若手技術者のための 「ボーリングコア観察技術」
136	2013 年 6 月	地表地質踏査技術の基礎
138	2013 年 12 月	地表地質踏査の原点 ～過去から現在へ～
139	2014 年 4 月	地表地質踏査，あれこれ
141	2014 年 12 月	土壌・地下水汚染調査における地歴調査
144	2015 年 12 月	土壌・地下水汚染調査における試料採取 （その 1）
145	2016 年 4 月	土壌・地下水汚染調査における試料採取 （その 2）
147	2016 年 12 月	孔内載荷試験
148	2017 年 4 月	現場透水試験
150	2017 年 12 月	地盤の三次元解析 ーモデリングー
凸 研究所からの報告 **（通巻 126 号までのタイトルは「土木研究所と企業の共同研究」 通巻 135 号までのタイトルは「地質関連研究所・部門紹介コーナー」）**		
124	2010 年 6 月	土木研究所：既設アンカー緊張力 モニタリングシステム
		土木研究所：崩壊斜面の緊急計測手法 「RE·MO·TE2」
125	2010 年 9 月	土木研究所：挿入式孔内傾斜計の標準化に 関するマニュアル
		土木研究所：建設工事における 自然由来重金属等への対応
126	2010 年 12 月	土木研究所：特殊な地すべり環境下でも 使用可能な観測装置の紹介
127	2011 年 3 月	土木研究所：地すべり地における地下水排除 ボーリング工の排水性能調査について
132	2012 年 6 月	産業技術総合研究所：地質調査情報センター
133	2012 年 9 月	産業技術総合研究所：地質標本館
134	2012 年 12 月	産業技術総合研究所： 活断層・地震研究センター
135	2013 年 3 月	産業技術総合研究所： 地質情報研究部門における陸域地質図整備
144	2015 年 12 月	防災科学技術研究所： 大型降雨実験施設を用いた斜面防災研究と 今後の方向性
145	2016 年 4 月	防災科学技術研究所： 火山活動の観測予測研究への取り組み
148	2017 年 4 月	海洋研究開発機構： 電磁気学的手法による海底熱水鉱床探査の 最前線
凹 国土地理院からの報告		
150	2017 年 12 月	国土地理院における地理調査について（その 1）
◆書評，書籍紹介（その 1）		
118	2008 年 12 月	書評：日本石紀行
127	2011 年 3 月	新刊紹介：改訂新版 貯水池周辺の地すべり調査と対策
136	2013 年 6 月	書評：山口県地質図第 3 版（15 万分の 1） および同解説書
139	2014 年 4 月	書評：地すべり防止のための水抜き ボーリングの実際
141	2014 年 12 月	書籍紹介：地質調査技術のフロンティア
142	2015 年 4 月	書評：石の俗称辞典 第 2 版
		書評：日本の土 地質学が明かす黒土と縄文文化

通巻号	発行年月	タイトル
◆書評，書籍紹介（その 2）		
142		書籍紹介： 地盤情報の利活用推進のためのガイドブック
145	2016 年 4 月	書評： 土地の成り立ちを知り土砂災害から身を守る
147	2016 年 12 月	書評：鉄道と自然災害 列車を護る防災・減災技術
		書籍紹介：5 万分の 1 地質図幅 「新潟及び内野」地域
148	2017 年 4 月	書評：不動産取引と土壌汚染のリスク
		書籍紹介：地形の辞典
		書籍紹介：山形県地質図（10 万分の 1）
		書籍紹介： 報告書作成マニュアル（土質編）第 2 版
150	2017 年 12 月	書籍紹介： 北海道地方土木地質図および同解説書
		書籍紹介： ブックレット ー水文地質シリーズー

通巻号	発行年月	タイトル
# 寄稿その他		
103	2005 年 3 月	鳴り砂の保全 不思議な鳴り音とのハーモニー
108	2006 年 6 月	地すべりと地下水との関係例
		国立公園内の美術館建設のための岩盤調査
109	2006 年 9 月	品質確保法が地質調査業に期待するもの ～品質向上への連携～
112	2007 年 6 月	掘って掘って，また掘って ー昭和をまるまる駆け抜けた人生ー
		日本の地質百選 ー選定の経緯と概要ー
		地質リスクワーキンググループの 活動経過について
115	2008 年 3 月	国土交通省よりのお知らせ
116	2008 年 6 月	リスク対策を考える
117	2008 年 9 月	世界遺産「屋久島」の地質 ～地質情報のアウトリーチ～
118	2008 年 12 月	地盤情報を活用した新たなビジネスモデル ①既設家屋の地盤診断 （しまね地盤情報配信サービスを活用） ②土壌汚染リスク スクリーニングサービス （フェーズ 0.5）
122	2009 年 12 月	「日本の地質百選」2 次選定決まる
124	2010 年 6 月	貫入棒による締固め度（Dc）の簡易判定手法
135	2013 年 3 月	災害廃棄物処理の現状と課題
137	2013 年 9 月	地質リスク活動 「地質リスクマネジメントによる事業費の低減」
139	2014 年 4 月	土木広報アクションプラン 「伝える」から「伝わる」へ
145	2016 年 4 月	「東日本大震災の復旧，復興への二つの提言」 ー提言内容への対応状況報告ー
147	2016 年 12 月	井戸沢地震断層の保存活動
		シリーズ企画 11 年目突入
150	2017 年 12 月	高校生向けアウトリーチ 地球活動遺産ジオツアー「屋島・五剣山」
		「地質と調査」創刊 150 号を迎えて

全地連機関誌「地質と調査」は、次の URL から、どなたでもご覧いただくことができます。

URL　https://www.zenchiren.or.jp/jgca/jgca_geo-se.html

《掲載概要》

- 通巻　83 号 (2000 年 3 月発行) ～ 通巻 106 号 (2005 年 12 月発行)：小特集のみ
- 通巻 107 号 (2006 年 3 月発行) ～ 通巻 135 号 (2013 年 3 月発行)：〔会告〕を除くすべてのページ
- 通巻 136 号 (2013 年 6 月発行) 以降：すべてのページ

全地連「技術フォーラム 2017」について

第28回技術フォーラムが，9月14日（木）～15日（金）の2日間，旭川市で開催された。（行事の具体的な内容は，**表1**参照）

今回のフォーラムでは，「はじまりは地質調査から」をメインテーマに，地元「北海道地質調査業協会」の全面的な協力と国土交通省北海道開発局，北海道，旭川市の後援および国立研究開発法人土木研究所，日本地すべり学会北海道支部，日本応用地質学会北海道支部，土木学会北海道支部，地盤工学会北海道支部，日本情報地質学会，NPO 地質情報整備活用機構，地質リスク学会に協賛いただいた。

初日の特別講演会は，大西 有三 氏（京都大学名誉教授 / 全地連理事）に「地下空間の利活用に関する国の審議状況と今後の展開について」というテーマでご講演いただいた。

技術発表会には，若手技術者を中心に全国から145編（**表2**参照）の発表があり，活発な質疑が行われた。

なお，今回の優秀技術発表者賞には，各セッションから選抜された25名が受賞された。（**表3**参照）

2日間の総入場者数は，約600名となった。

平成30年度の技術フォーラムは，四国地区（高松市）で開催する予定である。

表1　行事内容

エリア1 → 入場無料

第1日目　9月14日（木）［受付開始］9:00～　［開場］9:30～

会場：3F　「瑞雲 東西」の間

開会式 10:00～10:30	**開会挨拶**　（一社）全国地質調査業協会連合会　会長　成田 賢 **来賓挨拶**
特別講演会 10:30～12:00	**「地下空間の利活用に関する国の審議状況と今後の展開について」** **講師：大西 有三 氏**　京都大学名誉教授/全地連理事

同時開催展示会（フォーラム会場内で開催されます。）

展示会（入場無料）
2F　孔雀

第1日目　9月14日　12:00～17:00
第2日目　9月15日　9:00～15:00

▼ 出展者一覧

出展者名	展示内容
新マーケット創出・提案型事業コーナー	
路面下空洞探査車の探査技術・解析の品質確保コンソーシアム	路面下空洞調査の技術紹介
3次元地盤解析技術コンソーシアム	コンソーシアムの活動内容と成果の紹介
GoTENコンソーシアム	GoTEN-tk（孔内局部載荷試験装置）
地盤環境関連コーナー	
一般社団法人エコプローブ協会	協会及び協会員各社の取り組みの紹介
㈱グロースパートナーズ	瞬間吸水材セルドロン（泥木、泥土、セメントミルク等処理材）
調査・探査機器関連コーナー	
㈱測商技研北陸	Web監視システム・Webカメラ、ボーリング孔に埋設する各種計測機器、新タイプデータロガー
アーススキャニング研究会・㈱レアックス	BIPシステム、統合型孔内計測システム
㈱高知地質調査	FIAX 3Dボーリング工法
㈱東京電機	地中伸縮計測器UGE-3SL、パイプひずみ計、斜面ひずみ監視システム
リーグルジャパン㈱	UAV搭載型レーザースキャナー、長距離タイプ地上型レーザースキャナー
㈱東設土木コンサルタント	ポータブル貫入試験機、振動貫入試験機、標準貫入試験自動記録装置
㈱ワイビーエム	CRS-12-2（全自動 動的コーン貫入試験機）、専用サンプラー ハイパー土壌すくい
㈱ジオファイブ	サイスモグラフ GeoSEIS-48（屈折法探査用サイスモグラフ）、ボアホールレーダ BA-500（ボアホールレーダ装置）、インテグリティ試験 PIT（杭基礎の根入れ測定装置）
応用地質㈱・応用計測サービス㈱	i-SENSOR2（遠隔モニタリング用データロガー）、ユーティリティースキャン（地中探査レーザー）、自走式ミニラム（宅盤用）、AUTOLLT3・AUTOエラスト（自動孔内載荷試験装置）
システム関連コーナー	
応用リソースマネージメント㈱	Report MAP®（地盤情報を見える化するマップサービス）、建設CALS改定対応版ソフトウエア、@Balloon（スマートフォン用無料ARナビゲーションアプリ
中央開発㈱	K³-System（ケースリーシステム：減災支援サービス）
㈱藤井基礎設計事務所・有限会社シンク・フジイ	土石流警報システム、勘太「かんた」（標準貫入試験自動記録装置）、ドボク模型実験装置

エリア2 → 有　料

第1日目　9月14日（木）

会場：2F～3F　5会場（9セッション　62編）

技術発表会 13:00～17:15	**地形調査、現場技術Ⅰ～Ⅱ、自然災害、地盤の変位・変状** **地下水調査、物理探査・検層、情報化・解析、環境調査**

会場：3F　「彩雲」の間

特別セッション 14:45～17:00	**テーマ発表（1）**　14:45～15:30 **「静岡県における地盤情報の公開とi-Construction への対応について」** **講師：杉本 直也 氏** 静岡県 交通基盤部 建設支援局 技術管理課　建設ICT推進班 **テーマ発表（2）**　15:30～16:15 **「横浜市がけ地総合対策と今後の地盤データの活用について」** **講師：駒木 拓也 氏**　横浜市建築局企画部建築防災課 **清野　修 氏**　横浜市建築局宅地審査部宅地審査課 **技術発表（2編）**　16:30～17:00

会場：3F　「グランドホール（瑞雲、景雲、彩雲）」の間

技術者交流懇親会　［受付開始］17:30～　［懇親会］18:00～20:00

第2日目　9月15日（金）

会場：2F～3F　5会場（15セッション　81編）

技術発表会 9:00～15:00	**オペレーターセッション** **斜面調査Ⅰ～Ⅲ、サウンディング、原位置試験、** **日本の特殊土** **メンテナンスⅠ～Ⅱ、トンネル調査、室内試験Ⅰ～Ⅱ、** **ケーススタディ** **河川堤防・ため池堤体Ⅰ～Ⅱ**

その他関連技術コーナー	
ジオラボネットワーク	ジオ・ラボネットワーク（土質試験協同組合のネットワーク）の紹介
特別展示コーナー	
（一社）日本応用地質学会 北海道支部	北海道地方土木地質図および同解説書
（一社）北海道地質調査業協会	協会活動紹介、北海道開発局展示、北海道展示
書籍販売コーナー	
㈱古今書院	書籍販売

表2　全地連「技術フォーラム 2017」旭川　技術発表会内容一覧

セッション／発表時間／会場	論文No.	発表者氏名	所属機関名	地区	題目
A−1　地形調査 9月14日　13:00〜14:30 彩　雲	1	入谷　正人	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	中国	落石調査におけるUAVを用いたLP測量の有用性
	2	大森　将樹	株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング	関東	UAVを用いた転石・浮石の抽出技術の検証と確立
	3	新谷　俊一	株式会社ダイヤコンサルタント	九州	UAVを用いた斜面安定度評価の事例
	4	大沼　　巧	株式会社地球科学総合研究所	関東	衛星SAR差分干渉による地表変位調査
	5	横田　彰宏	明治コンサルタント株式会社	北海道	微地形解析に基づく沖積層調査の有効性　ー十勝平野帯広市の事例ー
A−2　特別セッション 9月14日　14:45〜17:00 彩　雲	6	坪井　仙一	応用地質株式会社	関西	切盛り造成地における三次元地盤モデルの適用事例
	7	西山　昭一	3次元地質解析技術コンソーシアム	関東	3次元地質解析技術コンソーシアムの活動報告
A−3　斜面調査Ⅰ 9月15日　9:00〜10:00 彩　雲	8	菅原　　弘	株式会社昭和土木設計	東北	土層強度検査棒を用いた調査結果の考察及び地盤条件における留意点について
	9	大出　　悟	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関東	地表地質踏査におけるシュミット式ハンマー試験による岩盤分類の適用性について
	10	柄本　卓磨	株式会社日さく	中部	斜面調査ボーリングによる断層破砕帯確認の事例
	11	本山　普士	中央復建コンサルタンツ株式会社	関西	道路事業における土石流対策に関する一考察（その2）
A−4　斜面調査Ⅱ 9月15日　10:15〜11:45 彩　雲	12	藤井　俊逸	株式会社藤井基礎設計事務所	中国	島根県で発生した落石事故の原因究明
	13	齊藤　龍太	株式会社藤井基礎設計事務所	中国	島根県の落石対策工に対する新しい考え方と実務における今後の課題
	14	祐徳　信武	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	中部	道路のり面における崩壊と調査事例
	15	前原　恒祐	株式会社開発調査研究所	北海道	寒冷地露岩斜面の岩盤内部温度の季節変動と崩壊メカニズムの考察
	16	谷垣　勝久	株式会社タニガキ建工	関西	三波川結晶片岩類亀裂斜面での施工時における法面補強の対策例
	17	長岡　弘晃	応用地質株式会社	四国	高品質コアを用いた地すべり等の単位体積重量と安定計算時の留意点
A−5　斜面調査Ⅲ 9月15日　13:00〜15:00 彩　雲	18	溝渕　年哉	中央開発株式会社	沖縄県	沖縄県の堆積軟岩地帯におけるデジタル地盤傾斜計による動態観測事例
	19	寺地　啓人	東邦地水株式会社	中部	地すべりのモニタリング結果と対策工の効果判定
	20	菅谷　拓人	明治コンサルタント株式会社	北海道	活動的な地すべりにおける動態観測の事例
	21	蘇　　綾	中央開発株式会社	関東	多点傾斜変位常時監視による斜面崩壊早期警報システムの検証
	22	安藤　翔平	奥山ボーリング株式会社	東北	ボーリングコアのRQDによる地すべり移動履歴の検証と破砕進行原因に関する一考察
	23	宍戸　拓磨	川崎地質株式会社	東北	破砕度区分と粒度・硬軟要素を用いたすべり面の判定事例
	24	石川　敦代	株式会社エイト日本技術開発	中国	色彩による地すべり土塊の風化評価
B−1　現場技術Ⅰ 9月14日　13:00〜14:30 白　鳥	25	田子　義章	株式会社ドーコン	北海道	撮影用長尺棒を用いた擬似空撮画像の取得
	26	野路　通雅	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	北海道	鋼製櫓を用いた海上ボーリング調査事例
	27	世良　賢司	中央開発株式会社	中部	スパッド台船設置における地盤リスクとその対策
	28	坂井　政彰	川崎地質株式会社	関西	ダム監査廊内におけるボーリング調査事例紹介
	29	鈴木　喬之	大地コンサルタント株式会社	北海道	北海道におけるボーリング作業の工夫
B−2　現場技術Ⅱ 9月14日　14:45〜17:15 白　鳥	30	渋谷　朋樹	株式会社サムシング	関東	緩い砂質土地盤における振動式ボーリングを用いた標準貫入試験試料について
	31	藤永　　優	株式会社ダイヤコンサルタント	関東	既設盛土における大口径三重管サンプラーを用いた試料採取方法の提案
	32	今井　　悟	株式会社ダイヤコンサルタント	関東	破砕質泥岩を対象としたボーリング掘削におけるシリケート泥水の適用事例
	33	木野田 君公	株式会社レアックス	北海道	炭層メタンガス開発の試掘事例
	34	鈴木　悠爾	株式会社ダイヤコンサルタント	関東	塩ノ平断層及び車断層の断層破砕帯をターゲットとした定方位ボーリング
	35	姫田　　丞	株式会社ユニオン・コンサルタント	北海道	地すべり地形箇所における砂防えん堤のボーリング調査の事例
	36	谷川　正志	応用地質株式会社	関東	ボーリングの計測物理値による自動制御技術の実現性と課題について
	37	髙橋　和宏	株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング	東北	高品質コアボーリング（高品質コア採取に向けた取り組み）
	38	久谷　航平	大地コンサルタント株式会社	北海道	デジタル画像の加工処理によるボーリングコアの評価
	39	宮田 浩志郎	関西地質調査業協会	関西	ボーリングコアの評価手法の研究と課題（その2）
B−3　サウンディング 9月15日　9:00〜10:00 白　鳥	40	惣塚　潤一	株式会社東設土木コンサルタント	関東	山岳地用軽量N値測定機の開発
	41	堺田　佳人	株式会社日さく	関東	CPTとSPTを併用したダブルサウンディングの実施事例
	42	目黒　敬記	応用計測サービス株式会社	関東	自走式中型動的コーン貫入試験装置の適用事例
	43	奈須　徹夫	株式会社ワイビーエム	九州	動的コーン貫入試験の液状化調査判定への適応試験
B−4　オペレータセッション 9月15日　10:15〜11:45 白　鳥	OP-1	臼井　利之	トキワ地研株式会社	北海道	モノレール運搬の有用性の事例
	OP-2	小林　　豊	北海道土質コンサルタント株式会社	北海道	標準貫入試験時の安全管理について
	OP-3	佐々木定夫	合資会社チコウ	北海道	水平ボーリングにおけるケーシング挿入方法の紹介
	OP-4	後藤　伸也	株式会社安住ボーリング	北海道	一般工法における長尺ボーリングの事例報告
	OP-5	池田　武人	ハイテック株式会社	関西	現地での資機材調達の難しい海外プロジェクトでのボーリング調査
B−5　原位置試験 9月15日　13:00〜15:00 白　鳥	44	脇中　康太	川崎地質株式会社	関東	堆積年代の相違が地盤の変形係数に与える影響評価
	45	佐藤 一二美	応用計測サービス株式会社	関東	自動孔内載荷試験装置を用いた繰返し載荷試験の実験例
	46	外川　泰利	川崎地質株式会社	関東	砕石地盤における変形係数の測定事例
	47	原　　勝宏	川崎地質株式会社	東北	CSGダムサイトにおける調査効率化の試み
	48	冨浦　裕司	株式会社レアックス	北海道	高解像度ボアホールカメラによる微細割れ目の観察事例
	49	石井　啓滋	株式会社レアックス	北海道	ボアホールの孔曲り測定データの比較と検証
	50	平木　伸明	アース・スキャニング研究会	関東	ボアホールのキャラクタリゼーションのための試み
	51	出羽　寛信	株式会社構研エンジニアリング	北海道	地質調査・試験結果から得られる設計土質定数の一考察

（表２のつづき）

セッション／発表時間／会場	論文No.	発表者氏名	所属機関名	地区	題目
C-1 自然災害 9月14日 13:00～14:30 北 辰	52	安田 拓弥	中央開発株式会社	中部	河川縦断勾配に基づく液状化発生予測手法の検討
	53	石田 博英	防災地質工業株式会社	北海道	北海道の近年の崩壊に関与した未固結堆積物の特性と崩壊発生場について －神恵内，羅臼，礼文島－
	54	下川 大介	川崎地質株式会社	関西	林道災害における被災メカニズムに関する検討
	55	黒澤 貴之	応用地質株式会社	北海道	ピット調査による1926年大正泥流の流下痕のマッピング事例
	56	北村 和輝	株式会社エイト日本技術開発	関西	熊本地震で発生した阿蘇北外輪山の変状の特徴
	57	加賀 匠	中央開発株式会社	関東	平成28年熊本地震における地表地震断層の特徴
C-2 地盤の変形・変位 9月14日 14:45～17:00 北 辰	58	岡田 直人	中央開発株式会社	関東	LNG基地の構造物基礎に着目した液状化時の地表面沈下量の違いについて
	59	西 瑛莉子	川崎地質株式会社	関東	既設構造物に接する地盤の変状調査とその対策
	60	谷口 雄太	株式会社ダイヤコンサルタント	東北	軟弱地盤上の動態観測における三成分コーン貫入試験の適用事例
	61	松木 翔二郎	応用地質株式会社	中国	三次元変位計測による盛土の変形解析と評価
	62	島崎 将司	株式会社ドーコン	北海道	盛土施工中の沈下データを用いた新たな最終余盛厚の決定方法
	63	石井 篤志	日本工営株式会社	東北	サーチャージ工法における余剰盛土の撤去時期の判断上の留意点および理論解析による予測沈下量と実測沈下量の相違に関する一考察
	64	石幡 和也	新協地水株式会社	東北	高有機質土地盤の圧密沈下解析結果と沈下観測データの比較事例
C-3 日本の特殊土 9月15日 9:00～10:00 北 辰	65	堤 修平	新栄地研株式会社	九州	地盤改良（固結工法）における有明粘土と高有機質土の違い
	66	細根 清治	大和探査技術株式会社	関東	ボーリングデータから推定される黒ボク土が堆積した地形地質条件と時代
	67	笹野 兼太	日本物理探鑛株式会社	中部	三重県伊勢市における鬼界アカホヤ火山灰の分布と物理特性
C-4 メインテナンスⅠ 9月15日 10:15～11:45 北 辰	68	伊藤 亮太	応用地質株式会社	関東	土層強度検査棒貫入試験とCBR試験の比較実験の紹介
	69	小岩 晃	和光技研株式会社	北海道	砂防堰堤の健全度評価を目的とした漏水調査事例
	70	岸本 剛	株式会社荒谷建設コンサルタント	中国	粗石コンクリート構造の既設砂防堰堤の調査事例
	71	関本 祥貴	トキワ地研株式会社	北海道	劣化が進んだ砂防えん堤の健全度調査事例
	72	花澤 明日香	株式会社東建ジオテック	関東	地下水豊富なのり面に施工されたアンカーの頭部外観調査事例
	73	市橋 義治	株式会社相愛	四国	SAAMジャッキを用いたアンカーのり面の維持管理事例
C-5 メインテナンスⅡ 9月15日 13:00～15:00 北 辰	74	樋上 広篤	株式会社ダイヤコンサルタント	関東	地震で被災した橋梁の健全性調査
	75	松場 康二	株式会社ダイヤコンサルタント	四国	擁壁変状箇所の変形解析事例
	76	鏡原 聖史	株式会社ダイヤコンサルタント	関西	変状した擁壁の健全度評価事例
	77	大木 郁也	株式会社ダイヤコンサルタント	北海道	鉱化変質帯に掘削された坑道の内空変位について
	78	小竹 純平	株式会社開発調査研究所	北海道	積雪寒冷地のロックシェッド山側擁壁で発生した劣化原因の究明
	79	菊山 浩喜	株式会社エーティック	北海道	地山の経時劣化に起因するトンネル変状現象に関する調査
	80	斉藤 倫久	株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング	東北	電磁波レーダを用いたトンネル空洞化調査の一事例
D-1 地下水調査 9月14日 13:00～14:30 北 斗	81	塩田 好輝	上山試錐工業株式会社	北海道	井戸掘削における揚水量の検討事例について
	82	飯田 健太	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	中国	地下流水音測定を用いた水みち調査事例
	83	大谷 彩圭	株式会社ダイヤコンサルタント	中部	ある沿岸地域における地下水の塩水化に関する一考察
	84	遠藤 昇平	株式会社日さく	中部	地下水温から想定される砺波市周辺の地下水流動
	85	村本 将司	大地コンサルタント株式会社	北海道	観測孔における、濁度の変動傾向と地形的特徴についての考察
	86	鎌田 佳苗	株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング	関東	移動平均降水量を用いた地下水位への施工影響判定の事例
D-2 物理探査・検層 9月14日 14:45～17:15 北 斗	87	長谷川 勝喜	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	中国	せん断波速度（S波）の評価に関する一考察（岩国地域の例）
	88	長沢 友宏	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	東北	鉛直磁気探査による不発弾調査について
	89	稲垣 晴紀	株式会社ダイヤコンサルタント	北陸	落石調査における高周波衝撃弾性波法の適用事例
	90	藤井 一貴	川崎地質株式会社	北陸	既設構造物の形状調査に物理探査を適用した調査事例
	91	浅野 泰寛	応用地質株式会社	関東	インドネシアにおける表面波探査を用いた広域の支持層分布調査事例
	92	羽佐田 葉子	大和探査技術株式会社	関東	表面波探査の現場用探査深度判定ツールの開発
	93	鈴木 敬一	川崎地質株式会社	関東	河川堤防同一地点の繰り返し測定による統合物理探査結果の検証
	94	金沢 淳	川崎地質株式会社	関東	原子核乾板を用いた宇宙線ミュー粒子による岩盤調査への適用性
	95	平井 孝明	中央開発株式会社	関東	地中レーダ探査を用いた埋設物調査事例
	96	今井 利宗	川崎地質株式会社	関東	浅層から深層までの路面下空洞探査を可能にしたマルチチャープレーダ
D-3 トンネル調査 9月15日 9:00～10:00 北 斗	97	松岡 俊秀	株式会社エーティック	北海道	北海道における白亜系～古第三系泥質岩のトンネル地山評価（案）について
	98	佐藤 静流	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	九州	古第三紀層泥岩地山を対象としたトンネル調査事例
	99	八野 祐二	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関東	トンネル調査における電気探査結果（比抵抗）からの地質境界推定
D-4 室内試験Ⅰ 9月15日 10:15～11:45 北 斗	100	三好 功季	協同組合関西地盤環境研究センター	関西	粒度試験（沈降分析）における浮ひょう測定方法の違いについて
	101	岩田 暁	中部土質試験協同組合	中部	中間土の締固め試験の準備方法に関する研究(その2)
	102	鈴木 道雄	上山試錐工業株式会社	北海道	砂防ソイルセメント(INSEM材)配合試験 砂防ソイルセメントの現地発生土の違いによる強度について
	103	高橋 孝輔	北海道土質試験協同組合	北海道	凍上性評価における細粒分含有率の影響について
	104	佐々木 宣欣	上山試錐工業株式会社	北海道	堆積軟岩のスレーキング性とコンシステンシーの関係について
	105	砂川 尚之	株式会社日興建設コンサルタント	沖縄県	島尻層群新里泥岩の繰返し再圧密試料の強度特性について
D-5 室内試験Ⅱ 9月15日 13:00～15:00 北 斗	106	金津 正子	協同組合関西地盤環境研究センター	関西	粘性土における三軸圧縮試験と一面せん断試験の比較
	107	服部 健太	協同組合関西地盤環境研究センター	関西	盛土材料の供試体密度と三軸圧縮強さの関係（その2）
	108	五家 康宏	株式会社ダイヤコンサルタント	東北	海成粘土に対する簡易三軸CU試験の有効性について
	109	木田川 純	中央開発株式会社	関東	繰返し三軸試験におけるひずみの測定方法の違いによる比較考察
	110	掛川 智仁	中央開発株式会社	関東	室内試験でのサンプリング試料のせん断波速度測定事例とPS検層との比較
	111	倉ヶ谷 彩地	関東土質試験協同組合	関東	中空ねじり試験に用いる供試体の縦横比がせん断剛性率にどのような影響をもたらすか
	112	宮下 和紀	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関東	降雨地すべり現象を模擬した間隙水圧制御試験

セッション／発表時間／会場	論文No.	発表者氏名	所属機関名	地区	題目
E-1 情報化・解析 9月14日 13:00～14:30 錦 糸	113	小西 弘将	株式会社レアックス	北海道	簡易ボーリング位置情報データベースの利活用
	114	鬼村 雅和	宇部興産コンサルタント株式会社	中国	ボーリング試錐日報の改変に伴う労働時間の削減について
	115	伊藤 正樹	拓北地下開発株式会社	北海道	機械学習による土質判定自動化の可能性について
	116	中村 祐貴	株式会社開発工営社	北海道	地球統計学(Kriging)を用いた地すべり地域の空間的特性検討
	117	遠藤 秀博	北海道土質コンサルタント株式会社	北海道	札幌市の表層地盤 －沢埋め盛土について
E-2 環境調査 9月14日 14:45～17:00 錦 糸	118	山中 潤一	応用地質株式会社	九州	廃棄物地盤における調査技術とその課題
	119	長浦 善之	株式会社エイト日本技術開発	関東	廃棄物の種別の違いによる比抵抗値の特性
	120	松尾 賢太郎	中央開発株式会社	関東	形質変更時要届出区域内における廃棄物安定化のための環境調査
	121	米田 英治	川崎地質株式会社	中部	重金属含有土における迅速分析法の評価と課題
	122	福岡 航治	株式会社地圏総合コンサルタント	関東	熱水変質区分に着目した地山の重金属・酸性化リスク評価
	123	橋本 綾佳	株式会社ダイヤコンサルタント	北海道	熱水変質帯に分布する火砕岩中のヒ素の溶出特性について
	124	竹林 剛	中央開発株式会社	中部	自然由来による土壌汚染が確認された河川域における土壌調査事例
	125	山口 尚宏	応用地質株式会社	中部	土壌汚染対策法による調査と汚染特定調査の結果の相違と原因の考察
E-3 ケーススタディ 9月15日 9:00～10:00 錦 糸	126	松本 博志	トキワ地研株式会社	北海道	アスファルト廃材を用いた盛土の現地調査
	127	高野 晶子	復建調査設計株式会社	中国	既設土砂処分場の減容化対策検討
	128	前田 真済	中央開発株式会社	関東	地中熱採熱期待値マップの作成事例
	129	藤原 靖史	新協地水株式会社	東北	地中熱利用を目的とした垂直移流効果を伴う熱応答試験の実証例
E-4 河川堤防／ため池堤体Ⅰ 9月15日 10:15～11:45 錦 糸	130	佐々木 政和	川崎地質株式会社	九州	河川堤防における天端クラック要因検討事例
	131	箕浦 慎也	応用地質株式会社	北海道	不飽和土を対象とした現場透水試験の有用性
	132	長野 佑希	株式会社ダイヤコンサルタント	関西	表面波探査とミニラムサウンディングを用いた河川堤防の緩み域の抽出
	133	中川 清森	株式会社地圏総合コンサルタント	関東	基礎地盤の土質構成と微地形に着目した河川堤防の弱点箇所の抽出方法
E-5 河川堤防／ため池堤体Ⅱ 9月15日 13:00～15:00 錦 糸	134	高橋 友啓	新協地水株式会社	東北	堤体盛土における三軸圧縮試験結果の品質管理
	135	小野 篤	株式会社日さく	関東	繰返し非排水三軸試験で得られた新たな液状化判定結果
	136	小林 優起	川崎地質株式会社	関東	河川堤防における2つの地盤調査事例の比較及びその相違が地盤評価に及ぼす影響
	137	島田 徹也	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関西	締固めエネルギーの履歴を反映したため池堤体土への強度評価方法について
	138	風見 健太郎	株式会社エイト日本技術開発	関東	粘性土で築造されたため池堤体の耐震照査に関する問題点
	139	深井 晴夫	基礎地盤コンサルタンツ株式会社	関西	ため池堤体におけるレベル2耐震対策工法の検討事例
	140	田中 秀岳	応用地質株式会社	関東	断面拡大工法による出水時の揚圧力の低減効果の確認

表3 優秀技術発表者賞 受賞者一覧

セッション名	論文 No.	発表者	所 属	地区	題 目
A-1 地形調査	1	入谷 正人	基礎地盤コンサルタンツ(株)	中国	落石調査における UAV を用いた LP 測量の有用性
A-2 特別セッション	6	坪井 仙一	応用地質(株)	関西	切盛り造成地における三次元地盤モデルの適用事例
A-3 斜面調査Ⅰ	11	本山 普士	中央復建コンサルタンツ(株)	関西	道路事業における土石流対策に関する一考察(その2)
A-4 斜面調査Ⅱ	15	前原 恒祐	(株)開発調査研究所	北海道	寒冷地露岩斜面の岩盤内部温度の季節変動と崩壊メカニズムの考察
A-5 斜面調査Ⅲ	21	蘇 綾	中央開発(株)	関東	多点傾斜変位常時監視による斜面崩壊早期警報システムの検証
B-1 現場技術Ⅰ	25	田子 義章	(株)ドーコン	北海道	撮影用長尺棒を用いた擬似空撮画像の取得
B-2 現場技術Ⅱ	37	髙橋 和宏	(株)アサノ大成基礎エンジニアリング	東北	高品質コアボーリング(高品質コア採取に向けた取り組み)
B-3 サウンディング	40	惣塚 潤一	(株)東設土木コンサルタント	関東	山岳地用軽量N値測定機の開発
B-4 オペレータセッション	OP-2	小林 豊	北海道土質コンサルタント(株)	北海道	標準貫入試験時の安全管理について
B-5 原位置試験	44	脇中 康太	川崎地質(株)	関東	堆積年代の相違が地盤の変形係数に与える影響評価
C-1 自然災害	53	石田 博英	防災地質工業(株)	北海道	北海道の近年の崩壊に関与した未固結堆積物の特性と崩壊発生場について
C-2 地盤の変形・変状	62	島崎 将司	(株)ドーコン	北海道	盛土施工中の沈下データを用いた新たな最終余盛厚の決定方法
C-3 日本の特殊土	67	笹野 兼太	日本物理探鑛(株)	中部	三重県伊勢市における鬼界アカホヤ火山灰の分布と物理特性
C-4 メインテナンスⅠ	68	伊藤 亮太	応用地質(株)	関東	土層強度検査棒貫入試験と CBR 試験の比較実験の紹介
C-5 メインテナンスⅡ	75	松場 康二	(株)ダイヤコンサルタント	四国	擁壁変状箇所の変形解析事例
D-1 地下水調査	82	飯田 健太	基礎地盤コンサルタンツ(株)	中国	地下流水音測定を用いた水みち調査事例
D-2 物理探査・検層	91	浅野 泰寛	応用地質(株)	関東	インドネシアにおける表面波探査を用いた広域の支持層分布調査事例
D-3 トンネル調査	98	佐藤 静流	基礎地盤コンサルタンツ(株)	九州	古第三紀層泥岩地山を対象としたトンネル調査事例
D-4 室内試験Ⅰ	103	高橋 孝輔	北海道土質試験協同組合	北海道	凍上性評価における細粒分含有率の影響について
D-5 室内試験Ⅱ	112	宮下 和紀	基礎地盤コンサルタンツ(株)	関東	降雨地すべり現象を模擬した間隙水圧制御試験
E-1 情報化・解析	114	鬼村 雅和	宇部興産コンサルタント(株)	中国	ボーリング試錐日報の改変に伴う労働時間の削減について
E-2 環境調査	123	橋本 綾佳	(株)ダイヤコンサルタント	北海道	熱水変質帯に分布する火砕岩中のヒ素の溶出特性について
E-3 ケーススタディ	128	前田 真済	中央開発(株)	関東	地中熱採熱期待値マップの作成事例
E-4 河川堤防／ため池堤体Ⅰ	133	中川 清森	(株)地圏総合コンサルタント	関東	基礎地盤の土質構成と微地形に着目した河川堤防の弱点箇所の抽出方法
E-5 河川堤防／ため池堤体Ⅱ	140	田中 秀岳	応用地質(株)	関東	断面拡大工法による出水時の揚圧力の低減効果の確認

地質リスクマネジメント事例研究発表会（開催報告）

11 月 30 日に開催いたしました標記発表会は，今年で 8 回目の開催となりました。当日は，業界の関係者をはじめ，公共機関の方にも多数のご参加を頂きました。

当日の開催結果と講演論文集を下記のホームページに掲載しておりますので，是非ご覧下さい。

▶▶▶ http://www.georisk.jp/?page_id=681（地質リスク学会ホームページ）

第 8 回地質リスクマネジメント事例研究発表会　開催概要

【開催要領】

■開催日：平成 29 年 11 月 30 日（木）
■場　所：飯田橋レインボービル（東京都新宿区市谷船河原町 11 番地）
■共　催：地質リスク学会，一般社団法人全国地質調査業協会連合会
■協　力：特定非営利活動法人地質情報整備活用機構
■後　援：国土交通省国土技術政策総合研究所
■協　賛：国立研究開発法人土木研究所
■プログラム

第 1 部 全体会（9：50 ～ 11：40）

- 開場：9：30　　● 開会挨拶：10：00 ～ 10：15
- 講演 第 1 部（現状報告） 10：15 ～ 11：45

講演① 10：15 ～ 10：45 学会の活動報告
「地質リスク 海外調査ミッション
“英国における地質リスクへの対応状況調査”結果について」
地質リスク学会 副会長 小笠原 正継
（国立研究開発法人産業技術総合研究所 地盤情報研究部門 客員研究員）

講演② 10：45 ～ 11：15 特別講演（1）
「一般社団法人関西地質調査業協会の地質リスク検討調査に関する取り組み」
一般社団法人関西地質調査業協会 副理事長（技術委員会委員長）東原 純 氏

講演③ 11：15 ～ 11：45 特別講演（2）
「国立研究開発法人土木研究所の取り組み」
国立研究開発法人土木研究所 地質・地盤研究グループ（地質）上席研究員 浅井 健一 氏

- 表彰式　11：50 ～ 12：00　第 2 部事例研究発表会 優秀論文賞授与式

第 2 部 事例研究発表会（13：15 ～ 16：30）17 編

懇親会 （17:00 ～ 18：30）

＊同日・同会場でシンポジウムを開催いたします NPO 地質情報整備活用機構・日本情報地質学会と合同で実施します。

地質情報管理士　登録更新について

地質情報管理士資格の登録更新につきまして，申請受付を下記のとおり実施しております。

■申請対象者：平成 26 年度 地質情報管理士資格検定試験に合格し，資格登録した方
　　平成 26 年度 地質情報管理士登録更新の手続きを行った方
■申請受付期間：平成 29 年 12 月 1 日（金）～ 平成 30 年 1 月 31 日（水）
■申請方法：所定の様式に従い申請書類を作成し，全地連宛にメールにて提出していただきます。

詳しくは，以下のホームページよりご確認ください。
▶▶▶ http://www.zenchiren.or.jp/jouho_kanrisi/kousin.html

更新対象の方は，ホームページにアクセスの上，更新手続きの漏れがないようにお早めにお手続きください。

応用地形判読士資格検定試験（二次試験）の実施について

今年で 6 回目となります応用地形判読士資格検定試験（二次試験）は，下記のとおり実施いたしました。

■試験日時：平成 29 年 11 月 25 日（土） 10 時～ 15 時（途中，1 時間休憩を含む）
■試験会場：全国建設研修センター（東京都小平市喜平町 2-1-2）
■受験申込者数：65 名

二次試験は，空中写真や地形図を判読して作図や論述の形式により解答する専門性の特に高い問題といえます。受験者は当日，実体鏡や色鉛筆などを持参して試験を受けられました。

二次試験の合格発表日は，平成 30 年 2 月 19 日の予定です。

ステップアップ講習会 開催報告「地盤情報の利活用と地質リスクマネジメントについて ー品質確保の観点からー」

本講習会は，地盤情報の利活用と地質リスクマネジメント業務の周知・普及を図ることを目的とした講習会であり，平成 29 年 9 月には香川県高松市にて下記の通り開催いたしました。

当日は，会員企業である調査会社の方々のご参加を頂いたほか，国や県の公共機関職員の方々にも多数ご参加を頂きました。

なお，本講習会の開催は今年で 3 年目となりますが，平成 27 年度には 4 地区（札幌，東京，大阪，広島），平成 28 年度には 2 地区（仙台，名古屋）で開催いたしました。

（次ページへ続く）

【開催結果概要】

■主　　催：一般社団法人全国地質調査業協会連合会
■協　　力：四国地質調査業協会
■後　　援：総務省，国土交通省
■開催日時：平成 29 年 9 月 4 日　13：25 ～ 16：45
■開 催 地：サンメッセ香川（香川県高松市林町）
■参 加 数：69 名

■プログラム

〈第 1 部　地盤情報の活用と今後の展開について〉… 2 時間

①「国が進めるオープンデータ戦略と地盤情報の利活用の現状等」
　静岡県 交通基盤部 建設支援局 技術管理課 建設 ICT 推進班　班長 杉本 直也

②「国土地盤情報検索サイト（KuniJiban）－公的地盤情報のオープンデータ化－」
　［講演者］：国土交通省 大臣官房 技術調査課　技術開発官 石橋 隆史

③「電子納品の重要性と CIM への対応について」
　［講演者］：全地連 情報化委員会　委員長 秋山 泰久

〈第 2 部　地質リスクマネジメントについて〉… 1 時間

①「地質リスクマネジメントについて －地質リスク調査検討業務－」
　［講演者］：地質リスク WG 委員　黛 廣志

平成 29 年度 上半期の事業量 430 億円

全地連の受注動向調査結果（平成 29 年度上半期（4 月～ 9 月））は，次の通りとなりました。

受注動向調査対前年比較表（4月～9月）

1. 月別発注動向　　（社）全国地質調査業協会連合会

月別＼年度別	平成28年度 件数	平成28年度 金額 千円	平成29年度 件数	平成29年度 金額 千円	対前年比(%) 件数	対前年比(%) 金額
4 月	1,816	7,965,430	1,811	9,077,169	99.7	114.0
5 月	1,794	6,087,371	1,746	6,415,281	97.3	105.4
6 月	2,097	7,780,154	1,939	7,689,451	92.5	98.8
7 月	1,858	7,337,099	1,785	7,518,539	96.1	102.5
8 月	1,790	5,689,168	1,562	6,299,265	87.3	110.7
9 月	1,807	6,626,963	1,539	5,968,708	85.2	90.1
計	11,162	41,486,185	10,382	42,968,413	93.0	103.6

2. 地域別発注動向

地域別＼年度別	平成28年度 件数	平成28年度 金額 千円	平成29年度 件数	平成29年度 金額 千円	対前年比(%) 件数	対前年比(%) 金額
北海道	828	4,370,789	676	4,347,145	81.6	99.5
東 北	1,178	6,050,615	1,037	5,831,144	88.0	96.4
北 陸	946	3,579,541	894	3,082,355	94.5	86.1
関 東	3,015	9,426,179	2,878	9,679,287	95.5	102.7
中 部	1,235	3,800,272	1,256	3,823,443	101.7	100.6
関 西	995	3,410,021	956	5,410,929	96.1	158.7
中 国	982	3,127,399	962	3,162,186	98.0	101.1
四 国	650	2,915,603	526	2,798,595	80.9	96.0
九 州	1,298	4,666,801	1,168	4,591,485	90.0	98.4
沖縄県	35	138,965	29	241,844	82.9	174.0
計	11,162	41,486,185	10,382	42,968,413	93.0	103.6

3. 発注機関別発注動向

発注者別＼年度別	平成28年度 件数	平成28年度 金額 千円	平成29年度 件数	平成29年度 金額 千円	対前年比(%) 件数	対前年比(%) 金額
国等の機関						
国交省(建設)	470	7,208,442	460	7,621,764	97.9	105.7
農林水産省	90	1,093,629	72	1,037,926	80.0	94.9
国交省(運輸)	76	1,240,669	43	1,301,490	56.6	104.9
(旧)鉄建公団	9	271,068	24	719,356	266.7	265.4
(旧)道路公団	52	737,609	68	1,650,339	130.8	223.7
(旧)都市基盤	6	58,478	8	49,579	133.3	84.8
その他	173	1,630,836	152	1,808,936	87.9	110.9
小　計	876	12,240,731	827	14,189,390	94.4	115.9
地方公共団体	2,781	14,542,310	2,414	12,711,388	86.8	87.4
民　間	7,505	14,703,144	7,141	16,067,635	95.1	109.3
計	11,162	41,486,185	10,382	42,968,413	93.0	103.6

4. その他

項目	件数	金額	件数	金額 千円
海外	4	44,591	6	39,803

項目	件数	金額 千円	件数	金額 千円
土壌地下水汚染調査契約金額	844	1,870,463	743	1,609,986

調査対象企業　150社

編集後記

熊本地震に関しては，関係学会や各研究機関において様々な現地調査やそれに基づく研究が行われており，数多くの論文発表や討論会などが開催されています。このような状況の中，意外と目にしないのが，地元で復興にご苦労されている各自治体の取り組みであることに気が付きました。そこで，本号では「熊本地震」を取り上げることにし，地震被害の状況に加え，地元自治体の災害に対する対応，更には復興に向けての独自の補助制度等，自治体の取り組みを前面に出せる構成としました。総論は，熊本県土木部長の手島様にお願いし，小特集では，熊本県ならびに熊本市の関係者に全面的なご協力をいただくことが出来ました。

読者の皆様には，このような本号の編集方針を理解していただき，現場で日夜ご苦労されている各自治体の取り組みを少しでも理解していただければ幸いです。最後になりましたが，熊本地震からの復興でご多忙中であるにも係らず，快く執筆を受け入れて頂きました執筆者の方々に，心から感謝の意を表します。

（2017 年 12 月　利藤 房男記）

機関誌「地質と調査」編集委員会

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

委員長　鹿野 浩司

委　員　尾高 潤一郎，加藤 猛士，佐護 浩一，細矢 卓志，利藤 房男，土屋 彰義，山本　聡，池田 俊雄，高橋　暁，中川　直．

各地区地質調査業協会

委　員　北海道：鈴木 孝雄　　東　北：昆　孝広　　北　陸：津嶋 春秋　　関　東：丹下 良樹　　中　部：成瀬 文宏

関　西：東原　純　　中　国：向井 雅司　　四　国：大岡 和俊　　九　州：金田 良則　　沖縄県：長堂 嘉光

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

〒 101-0047　東京都千代田区内神田 1-5-13　内神田 TK ビル 3 階　TEL.（03）3518-8873　FAX.（03）3518-8876

北海道地質調査業協会	〒 060-0003	北海道札幌市中央区北 3 条西 2 丁目 1（カミヤマビル）	TEL.（011）251-5766
東北地質調査業協会	〒 983-0852	宮城県仙台市宮城野区榴岡 4-1-8（パルシティ仙台 1 階）	TEL.（022）299-9470
北陸地質調査業協会	〒 951-8051	新潟県新潟市中央区新島町通 1 ノ町 1977 番地 2（ロイヤル礎 406）	TEL.（025）225-8360
関東地質調査業協会	〒 101-0047	東京都千代田区内神田 2-6-8（内神田クレストビル）	TEL.（03）3252-2961
中部地質調査業協会	〒 461-0004	愛知県名古屋市東区葵 3-25-20（ニューコーポ千種橋 403）	TEL.（052）937-4606
関西地質調査業協会	〒 550-0004	大阪府大阪市西区靱本町 1-14-15（本町クィーバービル）	TEL.（06）6441-0056
中国地質調査業協会	〒 730-0017	広島県広島市中区鉄砲町 1-18（佐々木ビル）	TEL.（082）221-2666
四国地質調査業協会	〒 761-8056	香川県高松市上天神町 231-1（マリッチ F1 101）	TEL.（087）899-5410
九州地質調査業協会	〒 812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東 2-4-30（いわきビル）	TEL.（092）471-0059
沖縄県地質調査業協会	〒 903-0128	沖縄県中頭郡西原町森川 143-2（森川 106）	TEL.（098）988-8350

機関誌 「地質と調査」 ’17 年 3 号　No.150

平成 29 年 12 月 15 日　印刷
平成 29 年 12 月 20 日　発行

編　集　一般社団法人全国地質調査業協会連合会
〒 101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13　内神田 TK ビル 3 階
発行所　株式会社ジェイスパーク
〒 102-0082　東京都千代田区一番町 9-8　ノザワビル 7 階　TEL.（03）3264-7781　FAX.（03）3264-7782
株式会社ワコー
〒 102-0072　東京都千代田区飯田橋 3-11-7　TEL.（03）3295-8011　FAX.（03）3230-2511
印刷所　株式会社 高山

無断転載厳禁

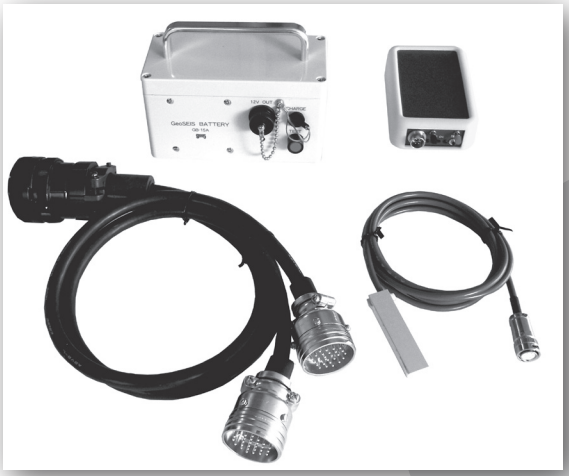
印刷物・Web 上等に本誌記事を掲載する場合は、一般社団法人全国地質調査業協会連合会に許可を受けてください。

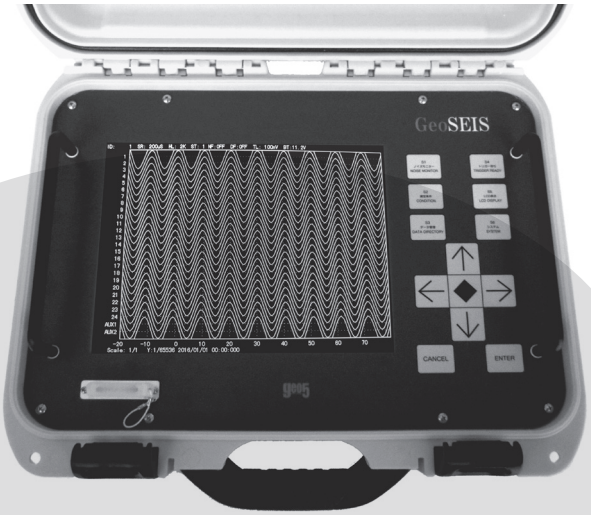
物探技術者待望の New Seismograph!

GeoSEIS-24 & GeoSEIS-48

操作性と機動性を追求した all in one 構造の土木物探用サイスモグラフ

- 24bit、20μsec の高速・高分解能サンプリング
- リアルタイム感覚の高速性を実現したノイズモニター
- 業界初、ショットマーク信号無線伝送機能
- 直射日光下でも見易い高輝度カラー LCD 搭載
- 小型軽量・低消費電力（48 成分で 4.3Kg、待機時 0.6A）
- 24 成分 +2Aux を 48 成分 +2Aux に増設可能な柔軟設計
- データ収録は、取扱の容易な SD カード
- 各種ソフトウエアに対応可能な SEG-1、SEG-2 標準 format





＊本装置は、株式会社日本地下探査との共同開発品です。

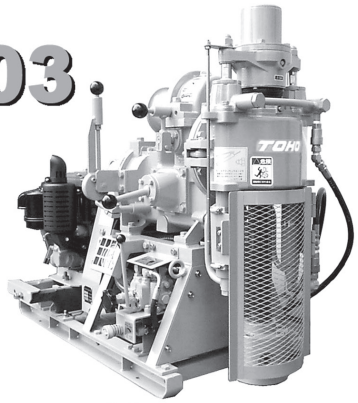
株式会社 ジオファイブ
URL http://www.geo5.co.jp/
〒336-0931　埼玉県さいたま市緑区原山 1-12-1
TEL 048-871-3511　FAX 048-871-3512
Email sales@geo5.co.jp

■業務内容■

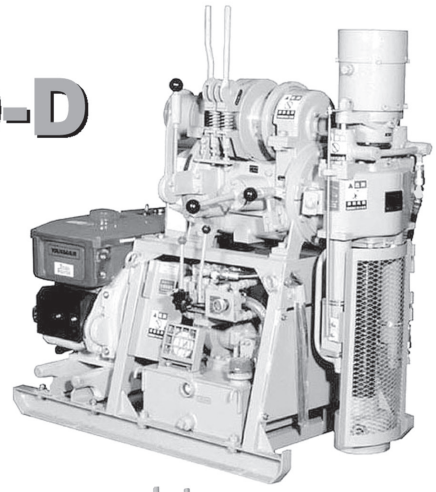
計測機器販売	：地質調査機器・土木計測機器・工業計測機器
計測機器レンタル	：地質調査機器及びその他計測機器レンタル
計測業務	：現場計測業務・測定機器設置・3D 計測業務
計測機器設計製作	：各種地盤計測機器の設計製作

TOHO DRILLING EQUIPMENT 小型ボーリングマシン

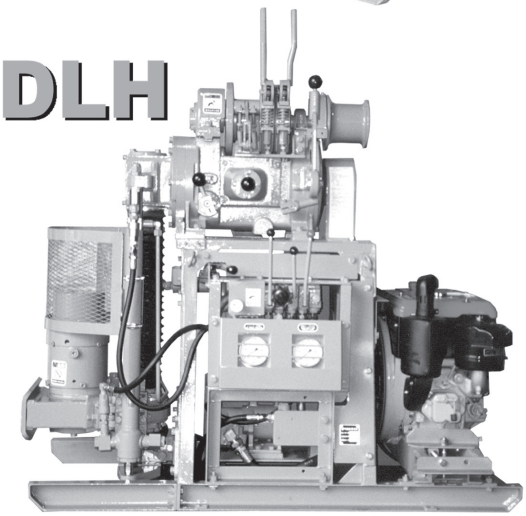
DM-03



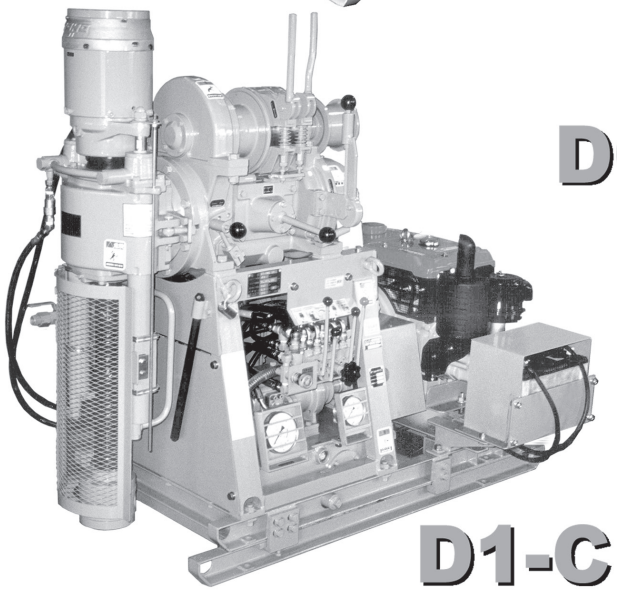
D0-D



D0-DLH



D1-C



試錐機には小型ボーリングポンプが内蔵できます。(DM-03を除く)

機種名		DM-03	D0-D	D0-DLH	D1-C
穿孔能力	m	30	100	100	280
回転数	min^{-1}	65,125,370	(A)60,170,330	(A)60,170,330	(A)65,130,170,370
			(B)110,320,625※	(B)110,320,625※	(B)90,170,320,490※
スピンドル内径	mm	47	43	43	48,58
ストローク	mm	300	400,500※	500	500
巻上げ力	kN(kgf)	3.9(400)	5.9(600)	5.9(600)	10.8(1100)
スライド	mm		油圧式300※	油圧式300※	油圧式300
動力	kW/HP	3.7/5	3.7/5	3.7/5	5.5/8
質量	kg	180	315	475	550
寸法	H×W×L mm	960×550×1115	1200×660×1180	1440×890×1415	1390×735×1580

右操作、左操作をご用意しております。　※はオプションです。

東邦地下工機株式會社

東京都品川区東品川 4-4-7　TEL 03（3474）4141
福岡市博多区西月隈 5-19-53　TEL 092（581）3031
URL:http://www.tohochikakoki.co.jp

福岡 ☎092(581)3031
東京 ☎03(3474)4141
札幌 ☎011(376)1156
仙台 ☎022(235)0821
新潟 ☎025(284)5164
金沢 ☎076(235)3235
名古屋 ☎052(798)6667
大阪 ☎072(924)5022
松山 ☎089(953)2301
広島 ☎082(533)7377
山口 ☎083(973)0161
熊本 ☎096(232)4763

地質と調査

通巻150号

●発行所
株式会社ジェイスパーク／株式会社ワコー