

日本の特殊土（前編）

水谷 羊介*

* MIZUTANI Yousuke、兼松サステック(株) 取締役 ジオテック事業部 統轄 東京都中央区日本橋浜町 3-3-2-6F

1. はじめに

『住品協だより』は創刊から10周年を迎え「全国の特特殊地盤と戸建住宅対策例」の連載は第20回となった。当連載は、協会員に対して地盤に関する知識を深めて頂くために戸建住宅における基礎地盤に関して国内の特特殊土とその特性や対策事例を執筆してきた。今回は20回の節目に各連載で何を伝えたかったのかを振り返りながら国内の特特殊土についてまとめた。また、これからも全国の特特殊土の特集は引き続き連載を重ねていくという願いも込めて副題として「日本の特殊土（前編）」とした。

2. 特殊土とは

海外において「特殊土」とは、"unusual soil" や "problem soil" といわれるように、普通ではない土や問題な土のことであるが、国内においては昭和27年公布の「特殊土壌地帯災害防除及び振興臨時措置法」で特殊土壌を、シラス、ボラ、コラ、アカホヤ等の特殊な火山噴出物及び花崗岩風化土その他特に侵食を受けやすい性状の土壌とし、特殊土壌でおおわれているために農業生産力が著しく劣っている都道府県の区域の全部又は一部を特殊土壌地帯としている。また、「日本の特殊土」¹⁾では火山灰質粘性土、火山灰質粗粒土、マサ土、高有機質土、泥岩、液状化しやすい砂、について解説している。このように「特殊

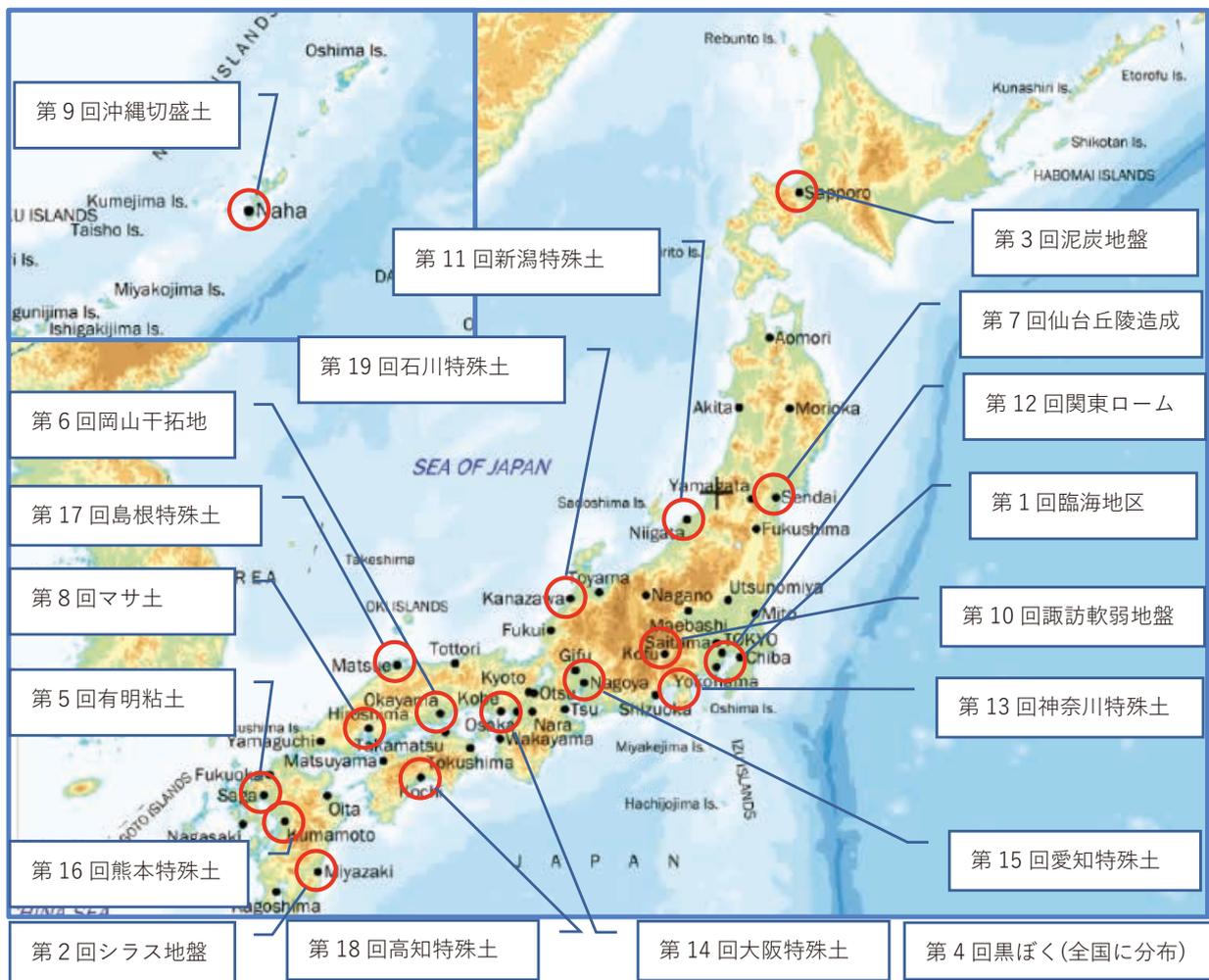


図-1 連載した国内における特殊地盤

土」の用語の定義に関する議論はあると思うが、本稿では戸建住宅の基礎地盤において設計・施工が困難であることとローカルソイルという視点で「特殊土」をいくつか紹介する。

3. 特殊土の分類とその概要

土の工学的性質を把握するうえで、「特殊土の評価」の対義語を「普通土の評価」とすれば、普通土の評価はJISやJGSによる試験法に従えば土の工学的性質が把握できる。しかしながら、特殊土ではJISやJGSによる試験法だけでは不十分な場合がある。地盤工学会の地盤材料試験に関する著書²⁾では高有機質土、火山灰質細粒土、火山灰質粗粒土、風化残積土、について解説しており各土において、注意が必用な試験や特有な物性や挙動を把握するために開発された規格・基準外の試験方法がそれぞれ記載されている。表-1に特殊土の特徴と主な試験法を示す。特殊土の中には高有機質土のようにJISやJGSによる試験方法を適用しても工学的意味のない試験方法もあるので注意が必要である。

4. 宅地地盤としての特殊土

4.1 シラス（火山灰質粗粒土）

シラスは、九州南部一帯に分布している白色の土で、鹿

児島県本土の約50%を覆っている。このシラス土壌は九州のみではなく東北地方の丘陵台地にもシラスと似た特性の土壌がありこれもシラスと呼ぶことがあるが、九州南部一帯に分布している一般的なシラスは、およそ2～3万年前、鹿児島県湾奥部の始良カルデラを噴出源とする火砕流の堆積物である。写真-1はシラスの垂直崖の侵食面であるが、シラスは軽石と微小ガラス質（重量比で70%前後がケイ酸）の砂から形成されており（写真-2）、物理的性質は、粒径から見るとシラスは砂に属し、組成は火山ガラス（写真-3）と軽石が支配的であり、このほか少量の異質レキを含む。内部を顕微鏡で観察すると無数の気泡が含まれており非常に多孔質である（写真-4）。そのため軽く粘性が小さく水に流されやすいという性質を持つ。樹木



写真-1 垂直崖の侵食面を形成しているシラス地盤

表-1 特殊土の特徴と主な試験法

特殊土の名称	起源・成因・分布	調査法	試験法	巻
液状化しやすい砂	粒形が揃っている砂地盤で、海岸沿いの埋立地や沼・池の埋立地などは、液状化が起こりやすい条件が揃っている。	標準貫入試験、地下水の測定、電気式静的コーン貫入試験	粒度試験、湿潤密度試験、液塑性試験、繰り返し非排水三軸圧縮試験	第1回
シラス* (火山灰質粗粒土)	火砕流から堆積した地盤で、直接堆積したものは一次シラス、一次シラスが侵食・運搬され再堆積したものは二次シラスと区別され鹿児島県全域、宮崎県南部、熊本県の一部に分布している。	硬度測定（山中式土壌硬度計など）、標準貫入試験など。	透水試験、一軸圧縮試験、一面せん断試験	第2回
泥炭 (高有機質土)	湿性植物の遺体が、低温多湿の条件の下で長年に渡り分解が不十分なまま自然に堆積してできた有機質土で国内に広く分布している。日本では主に北海道地方を中心に北日本に多く分布する。	標準貫入試験	pH試験、含水比試験、強熱減量試験、有機物分解度試験、三軸圧縮試験、ソイルセメント配合試験	第3回
黒ぼく (火山灰質粘性土)	主として母材が火山灰に由来し、リン酸吸収係数が高く、容積重が小さく、軽しような土壌である。有機物が集積して黒い色をしていることが多く、黒くてホクホクしていることから黒ボク土と呼ばれる。	標準貫入試験	pH試験、含水比試験、強熱減量試験、有機物分解度試験、三軸圧縮試験、ソイルセメント配合試験	第4回
マサ土*	花崗岩や片麻岩の風化残積土で、東日本にも一部存在するが特に分布しているのは西日本で、その多くは中国地方の大部分、九州四国近畿の一部に分布している。	テストハンマーによる強度推定調査（シュミットハンマーなど）	スレーキング率試験、コンシステンシー試験（固い結合状態では不可能なことが多い）	第8回
関東ローム (火山灰質粘性土)	ロームと呼ばれる地層は、火山灰からなる地層で全国に分布しており、火山灰の成分によりその特性が異なる為地域によって呼び名が異なる。	標準貫入試験、平板載荷試験	粒度試験、一軸圧縮試験、圧密試験、CBR試験、液塑性試験、アロフェン含有量測定	第12回
膨張性粘土	膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトの膨潤によるケース、第三紀層泥岩などに含まれる黄鉄鉱がもとなつて硫酸の生成、引き続き起きる石膏の晶出のケースなどが主要な要因 ³⁾ 。	変位挙動の計測管理等	吸水膨張試験、スレーキング試験、土の陽イオン交換容量、一次元膨潤圧試験、一次元膨潤率試験	第一回

※「特殊土壌地帯災害防除及び振興臨時措置法」における特殊土壌

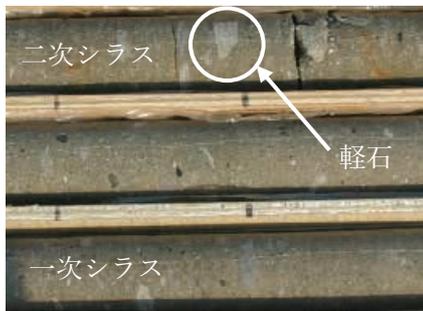


写真-2 シラス地盤ボーリング

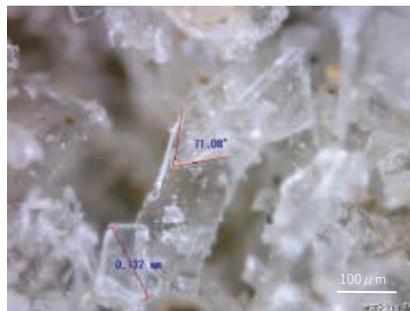


写真-3 microscope (× 0.5k)、シラス

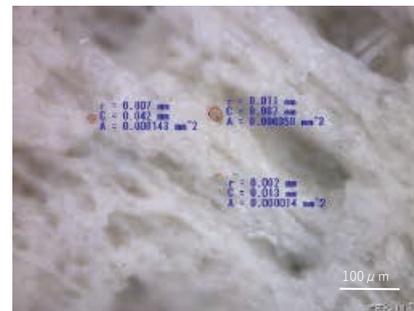


写真-4 microscope (× 0.5k)、軽石

などが伐採されて地層が露出すると、台風等の大雨時にしばしば急速に侵食される傾向があり、土砂崩れなどの災害を引き起こし防災上問題となる土壌である。近年におけるシラス土壌における宅地災害の一要因は、平野の少ない鹿児島で必然的に傾斜地や山地へ宅地造成が行なわれるシラス斜面に、人工の手が加えられていったためと考えられる。

4.2 関東ローム (火山灰質粘性土)

わが国では、関東地方だけではなく、北海道から九州各地にかけての更新世の地盤の表面には、火山活動に伴う関東ローム層と同種の土が広く分布している。関東地方では台地、丘陵地の地表を数メートルの厚さで覆っている赤褐色の土を関東ローム (写真-5、6) と呼んでいる。火山灰質土は前述したシラスに代表される火山灰質粗粒土と火山灰質粘性土に大別される。更に関東地方ではこの火山灰質粘性土は風成堆積物と水成堆積物に区分され、前者が関東ロームに代表され、後者が後述する凝灰質粘土に区分される。関東ロームは、一般の粘土と比較して含水比や間隙比の値が非常に大きく、標準貫入試験の N 値が小さい。したがって、物理的性質が悪く強度も小さいと思われがちだが、自然の状態では、粒子間の結合力が強いので強度は比較的大きく小規模住宅の基礎地盤としては安定した更新世の地盤である (写真-7)。ただし、一度乱され再び堆積した二次堆積地盤あるいは人工的な盛土は、強度が著しく低下するなど、工学的性質にも特異性が大きい。



写真-5 microscope (× 0.5k)、関東ローム



写真-6 関東ローム塊側面



写真-7 3m以上掘削して自立している関東ローム

4.3 凝灰質粘土 (火山灰質粘性土)

3.2でも述べたとおり、土質分類体系で広義の意味で凝灰質粘土は火山灰質粘性土とされる。火山灰質粘性土には前述した関東ロームなどもあるが、この凝灰質粘土 (写真-8、9) は、関東ロームより下層部に位置し年代的に古く (下末吉ローム相当)、これらは色調、工学的性質が異なる為、地質学的に区別されている。ローカルソイルとしては関東地方に分布する常総粘土に代表される。凝灰質粘土は一般的に砂分を殆ど含まず粘土化し乳灰白系の色調を呈するとともに、乾燥状態では多くのクラックが発達するが、練り返しに対する鋭敏比は関東ロームほど認められなく自然堆積した火山灰質粘性土は、安定しており比較的大きな強度が期待できるため、表土部分に注意すれば宅地地盤として良好な場合が多い。しかし、下部の凝灰質粘土の N 値は1~7程度と新期ローム層とほぼ同じ値を示し、部分的に軟弱になっていることがあるので注意を要する。また、写真-10は凝灰質粘土層におけるセメント安定処置工法の切断面であるが、土の粘着力が大きいことにより攪拌効率が低下する特徴もある。

4.4 高有機質土

有機質土は国内に広く分布しローカルソイルという意味合いでは固有の特殊土ではないが、基礎地盤の設計施工が困難という点で一般的に特殊土として挙げられる。有機質土でも有機成分を50%以上含むものを高有機質土 (泥炭、



写真-8 凝灰質粘土



写真-9 microscope (× 0.5k)、凝灰質粘土



写真-10 セメント安定処理工法の切断面、攪拌効率が良くない

ピート、黒泥) といひ (写真-11)、それ以下のものを低有機質土 (黒ぼく) としているが、有機質土は一般に不均一であり、大きな木の根や草類の繊維を含む場合が多い。有機質土は間隙比が大きく高い圧縮性を示す傾向にあり、盛土による圧密沈下や地盤の側方流動による変形と破壊が問題である。また、有機質土に対するセメント安定処理効果では、有機質土におけるセメント系固化材の適用上の問題になる。セメント安定処理では沖積粘土層などの普通土に対してはセメントによる改良効果は高いが (写真-12、改良土の強度にエトリンガイト生成状況例)、有機質土に関しては、使用する固化材によっては全くといっていい程、強度が発現しない場合がある (写真-13、改良土の強度にエトリンガイト生成状況例)。したがって、有機質土におけるセメント安定処理は、その化学成分も十分に考慮した固化材の選定が必要である。

4.5 液状化しやすい砂

砂は固有の特殊土ではないが、本稿では宅地地盤の防災および設計施工が困難である土壌であり、砂のなかでも建築地盤として問題になる液状化現象を挙げる。液状化現象に関するメカニズムの詳細は別途参照願いたいだが、JGS 0051-2000「地盤材料の工学的分類」で砂は、粒径で 0.075mm ~ 2 mm (写真-14) の土粒子を砂粒子に分類している。一方、写真-15 は新潟県中越沖地震において液状化した地盤の砂であるが粒径は 0.1mm ~ 1.0mm の砂地盤で、砂の密度が小さく (地盤が緩いこと)、地下水位が浅い地盤に地震などの振動が加わると、砂の粒子が地下水の中に浮かんだ状態になり水や砂を吹き上げたりする (写真-16 噴砂現象)。比重の大きい家やビル等の構造物は埋もれ最悪の場合には倒れたり、地中の比重の軽い構造物 (マンホール等) が浮き上がったりする (写真-17)。近年、小規模建築物の液状化対策工法が提案されているが、その



写真-11 高有機質土

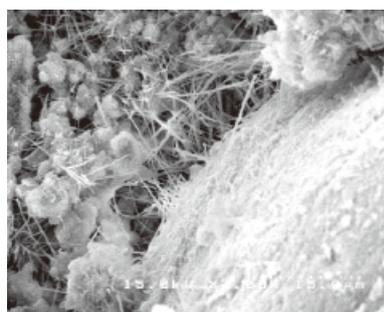


写真-12 SEM, × 2000, Material age: 4week, 普通軟弱土における改良土のエトリンガイト生成状況例

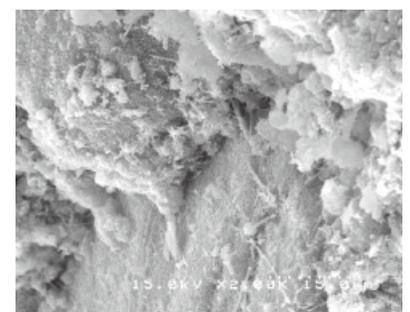


写真-13 SEM, × 2000, Material age: 4week, 特殊軟弱土における改良土のエトリンガイト生成状況例

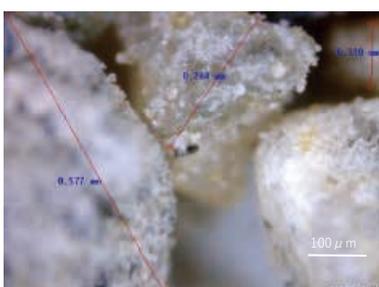


写真-14 microscope (× 0.5k)、標準的な砂

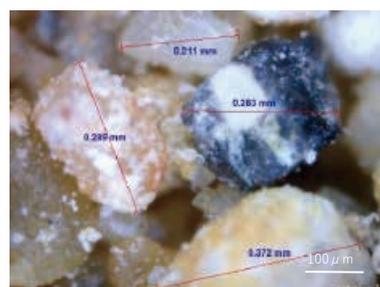


写真-15 microscope (× 0.5k)、液状化した砂



写真-16 液状化による噴砂



写真-17 浮上したマンホール



写真-18 スレーキング現象

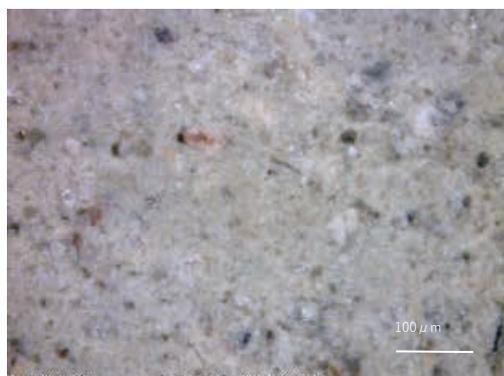


写真-19 スレーキング前 Microscope (× 0.5k)

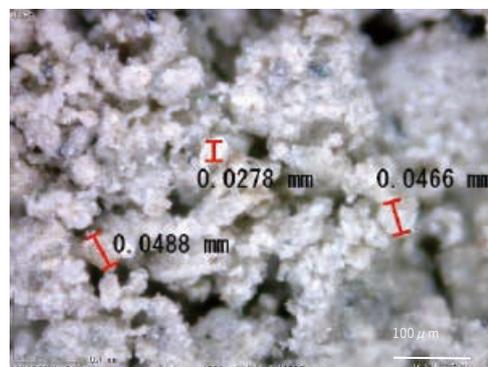


写真-20 スレーキング後 Microscope (× 0.5k)

対策論拠は液状化現象そのものを抑止する工法から、液状化現象を許容しながらも建物の不同沈下を抑制する工法まで様々あるので採用にあたっては十分な検討が必要である。また、土粒子の大きさが小さい土、いわゆるシルトや粘土でも、粘性の小さい場合には液状化を生ずる場合も報告されている。

4.6 マサ土

花崗岩は深成岩の一種で、風化に非常に強い石英を主成分としていることから、風化に対して耐久力がある。未風化の花崗岩は硬質の岩石で「御影石」などと呼ばれ記念碑や墓石などに広く使用されているが、花崗岩が風化すると岩石としての固結度を失い、最終的には粗粒なものから細粒なものまで広い粒度分布を示し、この風化花崗岩をマサ土と呼ばれる風化土になる。マサ土は造成時の盛土として用いられるケースも少なくないが、降雨等により施工中に容易に粘土化してしまう場合や、施工中は塊状の堅硬な岩石であるが、地下水などの影響を受け乾燥湿潤が繰返されることにより時間の経過とともに徐々に細粒化（スレーキング現象、写真-18～20）する場合があります。盛土完成後に長期にわたる圧縮沈下が発生する。このような盛土材を使用する場合には、事前にスレーキング試験等を行ってスレーキングの度合いを確認して使用の可否を決定する必要がある。

5. おわりに

本稿は「全国の特種地盤と戸建住宅対策例」の連載第20回の特集として、小規模建築物の基礎地盤の設計・施工が困難であることとローカルソイルという視点での「特

殊土」をいくつか紹介した。国内には他にも幾つもの特殊土があるが、原稿字数の関係で割愛させて頂いた。小規模建築物における地盤調査、は住宅品質確保促進法が施行されてから以来急速に浸透してきた。しかし、いまだに基礎・地盤の設計時にはサウンディングの貫入抵抗値のみが重要視される傾向にある。また、小規模建築物の調査法として普及している SWS 試験では土質の判別は困難である。一方、小規模建築分野の基礎地盤設計ではコスト面から土質試験を伴う基礎設計は敬遠されている傾向にある。小規模建築物であっても地盤の貫入抵抗値だけでなく対象地盤の土質を確り把握することは、沈下事故の減少、過剰な設計や必要のない地盤改良などを削減する事が出来、結果としてコストを削減することが可能である。これからも現地踏査、事前調査および地盤調査法の選定を確り行い、各地における土の性質を十分理解したうえで基礎地盤の設計・施工が行なわれることを望む。

参考文献

- 1) 土質工学会（地盤工学会）：「日本の特殊土」1974.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) 小西 純一ほか（2010）：不攪乱粘土試料の一次元膨潤圧特性とその異方性，土木学会論文集 C，66 巻，2 号，pp.264-279.