

我々の住む地球の表面いわゆる地殻は岩と土で構成されている。この地殻は、大陸と海洋では異なり、大陸の下は約 50km の厚さの花崗岩質の層（密度約 2.7 g/cm³）とその下は厚さ約 5km の花崗岩より少し重い玄武岩質の火成岩（密度約 3.0g/cm³）から成っている。海洋下では、厚さ約 5km の玄武岩質の岩石のみである。この層の上に堆積する極めて薄い地盤は、人間の生活と深くかかわりあっている。特に、近年温暖化に伴い異常気象に見舞われ、日本各地で悲惨な土砂災害が多発している。

太陽系の惑星の中で、地球だけが気体と水を有していたことで生命を誕生させた。そして、この水が岩石を浸食、運搬、堆積という働きをし、我々人間が生活できる「地盤」を造りあげたのである。したがって、地殻のうち人間が活用している部分は、ほんの表層の地盤に過ぎない。

地球的時間軸で言うと、マグマが地表面近くで固まり火成岩になり、それが破壊・浸食され、礫になり、さらに摩耗され砂になり、最後は細粒のシルトや粘土になる過程をたどり、これらの地層が固まって岩石（堆積岩、砂岩、粘板岩等）になる。

土はこのような成因ばかりでなく、火山活動に伴う火山灰土や植物、生物等の遺骸が腐敗堆積した土等もあり種々様々である。火山灰土は日本の国土の約 25%を覆っているが、これらは砂質系の土から粘性のある土まで噴出源、経年変化により多様であり、農業・耕作には不向きな土が多い。

農業分野では「土壌」と言っているが、「農業と土壌」および「土壌の中の微生物」の意外な話は別の機会にしたい。

地盤は、「固体」、「液体」、「気体」で構成されており、なおかつ土粒子の大きさは数 mm から数 μ m と異なっている。また 0.005mm 以下の粘土には電気化学的な不思議な力がある。

これらの土「soil」の力学体系の基本がほぼ確立されたのは 1940 年代である。人間が利用する材料（金属、コンクリート、木材等）の力学体系はるか以前に知られていたし、場所による違いもほとんどない。しかし、地盤は、場所、成因、地下水の位置、粒径（土の種類）により、さらに水を含むことにより、まったく異なった挙動をする材料である。

なお、土の力学体系が確立されてはいるが、地盤が連続体であると仮定しての話である。実際は、礫等の混入物による不均質、複数の性質の違う土層からの構成、断層・節理等が存在し不連続体である。

我々、自然災害常襲地帯に住む者にとって、地盤・地殻の状況と気象現象を理解することは災害から身を守ることに繋がる。

地盤は沈下する

「締め固まる」

砂質系の土砂で盛土された地盤は通常不飽和状態であり、土粒子の構造が詰まり、また重機で締め固めると沈下する。これは、土粒子が破碎され、空隙が減少し、いわゆる密な構造になるために沈下するのである。高速道路等の盛土はあちこちに存在しているが、これらは主に砂質系の土を、密度が同じになるように管理して締め固めた構造物である。砂質系の盛土自体の締め固め（沈下）は早期に落ち着くが、高盛土の下層に粘土層が存在する場合は、路面の沈下が長期間にわたり発生する。これは、粘土層の

圧密沈下によるものである。

「圧密沈下」

日本の沿岸部に多い沖積地帯、あるいは埋め立て地帯の地盤は粘土で構成され、飽和されていることがほとんどである。このような地盤に、上載荷重（構造物、盛土、舗装など）が加われば、粘土層の空隙に満たされていた水がゆっくり排出され、その排出量だけ地表面が沈下する事象が圧密沈下である。圧密が終了するには長期間かかるが、数十年を要することもある。

関西国際空港は、水深 20m の海底に 30m の厚さの沖積粘土層があり、その下にさらに 400m の洪積粘土層が堆積している大阪湾を砂で埋め立てて造られた。その結果、海底の粘土層には盛土荷重が加わり、今日に至るまでに約 13m の圧密沈下が起きている（建設前に予測されていた）。現在でも 10cm/year の沈下は続いている。50 年先、温暖化に伴う海面の上昇と圧密沈下により、この空港島は水没するとの懸念もある。

「海拔 0m 地帯」

都市部の沿岸部や河口部の下はほとんどが粘土層であり、今日海拔以下の土地になっている場所も多く分布している。これらは、戦前・戦後時代の工業用水を多量に必要とした時期に地下水を汲み上げて工業用水に充てていたこと、および高度経済成長期にビル・工場等の冷房がほとんど水冷式であったがため、莫大な地下水の汲み上げが行われたことに起因する地盤沈下により発生したものである。

地下水を大量にくみ上げれば、地下水位の低下により浮力が消失し、結果として土の自重が増加したこと（下の粘土層に対しては荷重増加）になり、粘土層の圧密沈下が促進された結果の現象であった。

「液状化」

沿岸部や河川流域に分布する砂質系地盤は地下水位が高く、飽和されている場合が多い。このような地盤は、粘性土地盤より一般的に支持力が高く強固であるが、ひとたび地震動を受けると、砂粒子間の空隙を満たしていた水の圧力が上昇し、水圧が消散するため地下水が噴出、結果として砂粒子の締まりが発生して、地表面が沈下する現象が「液状化」である。その結果、道路の崩壊・沈下や下水管やマンホール等の社会基盤構造物が地震終了後に飛び出して被害が発生する。

地盤にまつわる話

「豪雨により山の自然斜面は崩れる」

土や岩で構成される自然斜面（山や裾野の斜面）は、その地域を襲った過去の降雨により浸食され、安全率がほぼ 1（ぎりぎりでは崩れない状態）となって存在していることが多い。近年は、過去の降雨状況（降雨強度や降雨継続時間）を超える豪雨に見舞われ、多くの場所で土砂崩壊災害が発生している（広島豪雨災害、朝倉の豪雨災害等）。今後、さらなる気象変動で過去の降雨状況を塗り替えるような事態になれば、地山の自然斜面は土石流や山腹崩壊などの災害を受けることになる。

「急斜面地山の補強」

日本では鉄道、道路が山岳地を通っている場合が多い。その際、山の急斜面の麓を通さざるを得ないことも多く、急斜面の崩壊・崩落を防止するために、モルタル吹付、グラウンドアンカーやアースアンカー（斜面に鋼材等を打ち込む工法）、のり枠（コンクリートで斜面を抑え込む工法）などで補強されていることが多い。一見、頑強に見えるこれらの斜面は、実は年々斜面表土部の劣化（風化によるゆるみの発生等）が進行しているため崩落する危険性がある。常に維持補修を欠かせない構造物である。

「盛土は強い」

日本にはあちこちに道路、鉄道、住宅のための盛土や河川堤防が多く存在する。これらの盛土・堤防は、材料が吟味され、盛土下の排水構造物も整備されており、これらの斜面は人工的に作られたがゆえに「法面（のりめん）」と呼ばれている。これらの盛土、法面は自然斜面に比べ災害を受けることは圧倒的に少なく、経年とともに強度が増し安定化に向かっている。しかし、想定外の外圧（盛土部深層の構造変化、津波、豪雨）が加わり崩壊した例も多く、盛土構造物の維持管理あつての話である。

「意外な性質」

- ・粘土は砂に比べ空隙が圧倒的に多く、したがって、水を多量に含んでいる。砂質系の土は飽和されていても土粒子個体の重さの 20% 以下の水しか含んでいないが、粘土においては 200% を超える水を含むこともざらである。つまり、砂の重さはほとんど砂粒子のものであるが、粘土はほとんどが水の重さなのである。
- ・地盤の中を水が移動する速さ（透水係数）は、砂系の地盤では 8m/day 程度であるが、粘性土地盤では 0.8mm/day と砂地盤より一万分の 1 程度遅い。したがって、降雨後の土にしみ込んだ水が、河川に流れ出るまでは想像以上の時間がかかっているわけである。
- ・地盤は排水性と保水性を有しているが、これは土粒子相互間に必ず間隙が存在していることに起因している。土の粒度を調整することで透水係数を変え、止水効果の高い地盤（例えば堤防の芯部）も透水性に富む地盤（運動場等）も作れる。
- ・密に締まった土は力を受けると体積が膨張し、ゆるい土は収縮する。なお、土は圧縮に対してはある程度抵抗できるが、引張力には全く抵抗できない材料である。