

岩石と土の関係

地質研究室

〔問〕 岩石と土とはどのような間柄なのですか？

〔回答〕 以下に順を追って説明します。

1. 土から岩石へ

ほとんどの人は、土が固まると岩石になるという観念を持っていると思います。これはほぼ正しい認識ですが、ここでいう岩石とはすべての岩石ではなく主に堆積岩という部類の岩石です。堆積岩の仲間としては、泥岩、砂岩、礫岩など比較的馴染みのあるものが主体であり、これらは文字からも原物が想像できると思います。しかし、そのほかにも石灰岩、チャートなどといった、やや馴染みの薄い岩石も堆積岩に含まれます。岩石の最も大きな分類としては堆積岩のほか、火成岩、変成岩というものがあります。火成岩とは、例えば安山岩や花崗岩のような、マグマが冷え固まってできた岩石です。変成岩とは、例えば大理石や片麻岩のような高温・高圧の条件のもとで既存の岩石が変化してできた岩石です。この章は“土から岩石へ”というテーマですから、ここでは岩石の対象を堆積岩に絞ってお話します。

風化、侵食によって生産された泥、砂、礫などの土は、運搬され堆積した（溜まった）後、長い時間をかけて堆積岩へと変化します。土が堆積した時点から、それが固結して岩石となるまでの一連の物理的・化学的変化の過程を続成作用と呼びます。ある場所に堆積した土の上にさらに土がどんどん溜まっていくことによって、下方の土は次第に地中深くに埋もれていき、これによって土が岩石へと変化する要因が生まれます。続成作用の物理的過程の代表は、みなさんもよく御存知の圧密です。これによって間隙率が減少するとともに、密度が増加します。こ

れに化学的過程が加わって、さまざまな化学反応によって鉱物的な変化が起こり粒子間の結びつきが強くなって、徐々に岩石らしくなっていきます。

続成作用、すなわち堆積岩の生成はどこで起こっているかという、それは主に海底です。先ほど述べたように、続成作用が進行するためには、土がどんどん溜まっていくことが必要です。その条件を満たす大きな場所は海底です。陸上でも土が溜まる場所がないわけではありません。陸上でも土はどこにでもあり、極端な話をすれば道路上の小さな水溜まりにも泥は溜まっています。しかし、そこでは岩石は生成されません。それは、岩石が生成されるには温度、圧力、時間がある一定以上必要だからです。砂岩や泥岩の地層に貝化石が入っているのをみて、ここは昔は海だったのだと、あたかも大発見でもしたかのように悦にしている人をたまにみかけます。しかし、上述したように堆積岩の多くは海の中で生成されたものであり、そこに海棲生物の化石が含まれているのはごく当然のことといえます。

2. 岩石から土へ

土を岩石に変える続成作用が、主に海で起こっているのに対して、岩石を土に変える働きの舞台は陸上です。この働きの主体をなすものは風化作用と呼ばれています。風化作用は、続成作用、熱水変質作用などと同様に変質作用であると考えられますが、風化作用は最も低温・低圧の条件下で起こる変質作用といえます。

風化作用も続成作用と同様に、物理的・化学

的の両面を持っています。物理的風化の影響は、粒径の減少として現われます。北海道のような寒冷地に特有の物理的風化作用としては、凍結融解によるものがあげられます。一方、化学的風化の影響は、岩石を構成する鉱物組成や化学組成の変化として現われます。化学的風化は湿潤な気候下で、より速く進行することが知られています。また、これら2つの風化作用は、互いの進行を促進させます。すなわち、粒径が減少することによって化学反応の速度が増加し、化学反応による物質の溶解によって岩石が脆くなり壊れやすくなる、という循環が起こるので

す。風化作用の要因としては、水、大気、生物の影響などがあげられます。これらの条件が等しい同様の環境下においても、風化作用の進行速度は岩石によって異なります。それは岩石によって、風化作用に対する抵抗性がさまざまだからです。すごく大ざっぱに言えば、硬くて割れ目の少ない岩盤ほど風化の進行が遅いといえます。ただし、これは鉱物組成などその他の性質によっても影響されることが多く、一概に言うことではないと考えておいた方が無難です。岩石の風化に対する抵抗性についてはこのように曖昧ですが、岩石を構成する鉱物の化学的風化に対する抵抗性はよく知られています。これ

については一部の例外を除いて、マグマから結晶ができる順番が後の鉱物ほど抵抗性が強いとされており、一般的な造岩鉱物では石英が最も抵抗性が強いことが知られています。

3. 岩石と土の違い

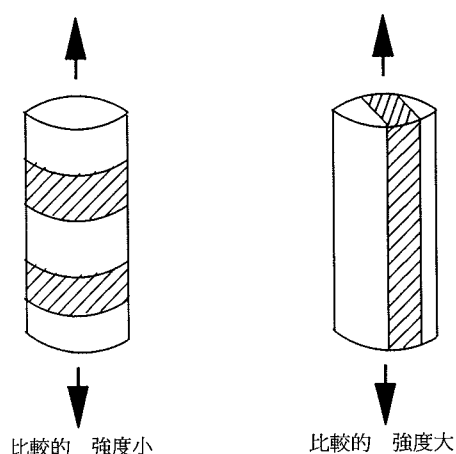
これまで述べてきたように、土は岩石へと変化し、岩石は土へと変化するというように、この両者には密接な関係があります。しかし、この両者間にはさまざまな点で違いが認められます。

まず、岩石と土とでは粒径区分が異なります(表-1)。これは、岩石と土の本質的な違いではなく、地質、土質、土壌などの各分野ごとに人為的な区分が異なるということで、趣味?の違いとでもいったところでしょうか。しかし、礫、砂、シルト、粘土などといった粒径区分は誰もがよく口にすることがらですから、注意して下さい。

次に、岩石と土の本質的な違いについて述べましょう。岩石は硬くて弾性的であり、土は軟らかくて塑性的である、というようなことがよく言われます。硬い、軟らかいという言葉は私も平気で使っていますが、実は誤解を招く恐れを持っています。一般に硬さという言葉は、硬度と強度の2つの意味に使われています。硬度

表-1 各分野の粒径区分

地 質 の 区 分 (Wentworth の区分)			土 質 の 区 分 (土質工学会の区分)		土 壌 の 区 分 (国際法の区分)	
粒 径 区 分		粒 度	粒径区分	粒 度	粒径区分	粒 度
礫	巨 礫	256mm 64 4 2		75mm	礫	2mm
	大 礫		粗 礫	19		
	中 礫		中 礫	4.75		
	細 礫		細 礫	2		
砂	極粗粒砂	1	粗 砂	0.425	粗 砂	0.2
	粗 粒 砂	0.5				
	中 粒 砂	0.25	細 砂	0.075	細 砂	0.02
	細 粒 砂	0.125				
	極細粒砂	0.0625				
泥	シルト	0.0039	シルト	0.005	シルト	0.002
	粘 土		粘 土		粘 土	0.002



図－１ 岩石の強度の異方性の一例

とはキズのつきにくさであり、壊れにくさ（つまり強度）ではないのです。例えば、石灰岩は一般にかなり大きな強度を持っていますが、非常にキズがつきやすい岩石です。一方、弾性的、塑性的という言葉も曖昧なものです。一般的には、弾性的とは比較的広い応力範囲にわたって弾性を示すという意味で、塑性的とは弾性を示す応力範囲が比較的狭いことを示す言葉として、それぞれ用いられているようです。岩石は弾性のほか、塑性、粘性などの性質もあわせ持っており、加える力の大きさおよび速度によってさまざまな姿をみせます。

もうひとつの本質的な違いとしては、岩石からなる地盤（岩盤）には割れ目があるが、土からなる地盤（土質地盤）にはそれは存在しない、という一見ばかばかしいことがあげられます。土質地盤では強度、変形性や透水性などの性質が、地盤を構成する土の試験結果と比較的よく一致するのに対して、岩盤（特に硬岩）の諸性質は割れ目の状態、数、方向などによって大きく左右されます。つまり、岩盤の強度、変形性や透水性などは、岩盤を構成する岩石の室内試験結果とはまったく違ったものとなることに注意しなければなりません。

さらに、岩石には図－１に示すような異方性があります。異方性とは、物体の性質がその物体内で方向によって異なることを示す言葉です。この性質も土ではほとんどみられないか、あつ

てもあまり問題になることはありません。岩石にみられる異方性は、上述した割れ目によってもたらされる異方性と絡み合って、岩盤としての異方性をより複雑なものとしています。

４．岩石と土の境界

岩石と土とは違ったものである、とはいっても、その両者の間に明瞭な境界線を引く定義はありません。岩石と土の境界はファジーなものなのです。つまり、この章の明快な結論はないということですが、いくつかの話題を提供したいと思います。問題を整理するために、「土から岩石へ変化する場合の両者の境界」と「岩石から土へ変化する場合の両者の境界」とを切離してお話します。

4.1 土から岩石へ変化する場合

よく使われる表現として、固結、半固結、未固結の３つの区分があります。このうち、未固結のものを土と呼んでいます。しかし、未固結と半固結の境界として強度や変形係数が与えられているわけでもなく、これもまた明確ではありません。しかし、次に述べる「岩石から土へ変化する場合」に比べると、このケースでは人による認識のずれはあまり大きなものではありません。岩石や土の生成年代からみると、一般的には両者の境界線は第四紀更新世の前期と中期の間にあるようです（表－２）。土から岩石に

表－２ 地質年代区分

地 質 年 代 区 分			絶 対 年 代 (百万年)
新生代	第四紀	完新世	0.01
		更新世	
	新第三紀	鮮新世	2
		中新世	5
	古第三紀		24
中生代			64
古生代			240
先カンブリア時代			560

変化していく境界が不明瞭であることに由来して、岩石と土の中間的な性質を持つものもみられます。それらは軟岩と呼ばれており、一応岩石に分類されています。軟岩の生成年代はほぼ新第三紀中新世～第四紀更新世です。これらは土が続成作用によってしっかりした堆積岩に変化していく途中に陸上に顔を出してしまったものであり、堆積軟岩と呼ばれています。

4.2 岩石から土へ変化する場合

岩石を土に変える働きの主体をなすものは風化作用であることは前述しましたが、このほかにも熱水変質作用や断層による破碎などによる場合もあります。

これらのケースでも大多数の人は、上述の「土から岩石へ変化する場合」とほぼ同様の判断基準によって、すなわち固結の程度によって土と岩石とを区別するでしょう。この判断基準による限りは、個人による大きな認識の差は生まれません。しかし、中には完全に土であると思われるものを見て、岩石だと言う変わった人がいます。その人はおそらく地質家でしょう。地質家には、いったん岩石になったものは、その後どんな状態になっても、ついつい岩石と呼んでしまう習性があるのです。地質家は風化作用、変質作用、断層による破碎などによって土砂状になった部分も、岩石の風化帯、変質帯、破碎帯などと呼び、礫、砂、粘土などとは言わないことが多いようです。土砂状とは言っても、なかなか土砂とは言わないのです。そこで、地質柱状図にも記事（記載）としては礫、砂、粘土などのような土の名称を使って記載していても、岩種区分としてはあくまでも岩石の名称を記載

しています。このような理由から、地質柱状図の中にはN値が10の岩石というようなものまで登場して、設計・施工に携わる人を混乱させることもあるようです。また、熱水変質帯や断層破碎帯などがある場合、一般の人の判断基準に基づけば、岩石の下に土が存在することも考えられますが、そのような地質図や地質断面図は見たことがないと思います。それは、これらの図面が地質家によって作成されるからです。

地質図を見ると、多くの場合岩石が広く分布しているように描かれており、土の分布範囲はかなり狭くなっています。地質図に土として描かれているポピュラーなものは、沖積層、段丘堆積物、崖錘堆積物などです。このように、すべての地質家がはっきり土と認めるものは、もともとあった場所から動いて溜ったものなのです。すなわち、一般の人のいうところの“土”を見て、それを岩石とするか土とするかという場合の地質家の判断基準は、その“土”が原地性か異地性かということにあります。これは、地質家が岩石や土の種類、性質のみでなく、その生成過程を重んじる習性があることによるものです。みなさんの中には、地質柱状図とつき合わなければならない人も多くいると思います。その際には、大きな岩種区分のみを眺めるだけでなく、岩種区分はその土または岩石の履歴を読取る参考程度にして、それらの実態（性質）については、記事およびN値、強度、変形係数などの数字から判定し、設計・施工上の的確な判断を行って行きい。

（文責 足田貞良）

参考文献

- 1) 勘米良亀齡, 水谷伸治郎, 鎮西清高(編); 岩波講座地球科学 5 地球表層の物質と環境, 岩波書店, 1979.
- 2) ペドロジスト懇談会(編); 土壌調査ハンドブック, 博友社, 1984.
- 3) 土質工学会(編); 土質試験の方法と解説, 土質工学会, 1990.
- 4) 山口梅太郎, 西松裕一; 岩石力学入門, 東京大学出版会, 1984.