

第 I 章 地質踏査はどういう技術なのか

1. 地質踏査は総合的技術である

地質踏査は通常つぎのような流れで進んでいく。

調査の目的や既存の地質情報の有無で実情が変わるが、先ずはじめに地形図さらには地質図を見ながら調査ルートを選定することになる。基本的には露頭条件のよい谷や、地質構造を横断するルートが選ばれるが、既存の情報によってはじめからある地層の追跡にターゲットを絞ったルートを計画することもある。また、地形解析で得られた断層地形や地すべり地形の情報に基づいて調査ルートが選ばれることもある。いずれの場合も現地に行くと、まず地形図と現地の地形から選定した調査ルートの入り口を確認する。

そして調査開始となる。露頭・転石が出てくれば、その観察結果を地形図にプロットすることになる。そのとき地図上で自分の居場所がわからないとデータにならない。

露頭観察や地層の追跡では岩石鑑定能力は必須であるが、その他地質系諸分野の知識レベルは地質踏査のスピードや地質構造モデルの構築・検証に影響する。地質構造の解明を目的とする通常的地質踏査においても断層地形や地すべり地形、組織地形などに注意を払うことは必要である。実際に地質踏査では露頭を探すにも転石の意味を考えるにも地形を読む。そうしないと地質踏査のスピードが落ちるだけでなく地質構造も誤る。植生が地質踏査の重要な情報源になることもある。たとえば、石灰岩や蛇紋岩では特殊な植物が生育する。法面中の断層や尾根の開口クラックに沿ってはしばしば湧水があり、植物の成長が早い。活動中の地すべり地の樹木はしばしば損傷を受け異常を示す。

ロッククライミング技術は必ずしも必要ではないが、谷や斜面を歩くための登山技術は必要である。露頭の良い谷ほど滝が多い。滝を直登するか巻くか(谷の両側の斜面を登って滝上に出る)の判断と簡単なフリークライミングの技術はいる。危害を及ぼす恐れのある動植物の知識や気象を判断する知識も安全かつ快適な調査に必要である。

その他細々としたものを挙げるときりがないが、実践では服装や調査道具も非常に重要で、それが調査効率に影響する。それで細々としたものにも各自の創意工夫や思い入れが見られるから面白い。このように地質踏査は様々な分野の知識や個別技術の上に成り立つ総合的技術である。

2. 地質踏査は総合化技術である

露頭は、地質踏査の最良の情報源である。それでしばしば、この地域は露頭条件が良いとか悪いとかの話になる。では、通常露頭が占める面積率はどれくらいになるのであろうか。谷底や両谷壁に露頭が連続する谷や掘削によって岩石が露出している切土法面が続いている道路を見て、全面露頭だという。しかし、このような連続した露頭は日本では稀で、多くは 10m^2 未満の小規模な孤立した露頭である。瀬戸内海の島では、島周りの海岸が干潮時に全面露頭になっているが、内陸部の露頭条件が非常に悪いので、露頭の面積率は 10% 前後である。四国山地は全般に露頭条件が良く、小規模な露頭なら至る所で見つけだすこ

とができる。しかし露頭の面積率でみると、10%以下ではなかろうか。要するに日本は露頭が少ない。露頭が少ないが故に、必ずしも地質を確認したい位置に露頭が存在しない。むしろ露頭の分布は大きく偏っているといつて良い。それは瀬戸内海の島を思い浮かべれば明らかであろう。

さらに問題は、同一岩石からなる露頭であったとしても、風化状態や植生の有無が露頭ごとに異なるために情報の質に差異がでる。露頭面の向きと地質構造の姿勢との関係は地質構造の理解をしばしば難しくする。露頭サイズが小さいと一部の現象を見てそれが全体を代表していると事実誤認をしてしまうこともある。

地質図とは、その地域の地質構成やそれらの構造的関係、そしてその成り立ちを地形図上に表現したものである。その地質図作成のための地質踏査は、著しく偏りがあってしかも質の異なる露頭情報をマップスケールに拡張する情報の総合化技術である。しかし、地質学の知識がいくらあっても、地質が複雑な日本列島では、露頭の情報だけで地質図を作ることはできない。そこで重要になってくるのが後述する転石調査である。地質踏査の成功の鍵は転石が握っているといつても過言ではない。

3. 地質踏査技術の初級・中級・上級

技術はしばしば初級・中級・上級といったランキングがなされる。さらに資格試験あるいは認定試験によって個人の技術レベルを保証している場合もある。車の運転や理容師のように公の試験に合格して免許を取得していなければ、公道を車で走ることも理髪店を開くこともできないものもある。地質調査業でも、ボーリング調査に関する技術では地質調査技士という資格試験があり、それは地質調査技士が何名というかたちで会社の技術力評価に使われるし、地質調査技士の資格をもっていないと、ボーリング調査業務に携われない場合もある。

ところが現在、地質踏査技士という制度はない。免許どころか資格試験もない。これまで地質図の精度についてさえ議論されることがなかったのだから当然といえば当然である。各自、地質踏査技術の中身は表だって人に明かさない。もしかしたら、おれの地質踏査技術が最高だと思こんでいるかもしれないが、中身は見えてこない。しかし、学生に実践的な地質踏査技術について語ろうとする本書においては、いくつかのランクを分けて技術の達成度を示す必要がある。

ところがいざ、初級・中級・上級のレベルをどこにおき、それを評価する標準的な基準を見いだそうとすると、地質踏査技術は非常に難しい。その理由はいろいろある。たとえば、対象とする地質や調査目的によっても、要求される知識や技術が異なるので標準的な基準の設定が難しくなる。また、総合的な技術で、いろいろな知識や技術が相まって相補的に技術力がアップするので、ある一面だけを見て具体的に評価するのは難しい。もうひとつ、「見つけられるか見つけられないか」、「見えていても気づくかどうか」といった能力が地質踏査技術では必要になる。こういった能力は各自のそれまでの経験のほか、直感力や感性をも含めた総合力が背景にあるはずである。露頭の見落としがないかどうかを評価するのは、地質図やルートマップを見ても、さらには本人の報告を聞いても難しい。評価者が現地におもむい

て確認する以外に評価のしようがない。

いろいろ考えたが、結局具体的に示すことは取りあえず断念して、地質コンサルタント業務における地質踏査を想定してつぎのようなレベルを設定した。地質踏査の技術レベルを議論するには、地質踏査技術が疲弊してしまった大学の地質学よりも、現実に仕事として地質踏査業務が発注される地質調査業界の方が相応しいと考えたからである。これでいくと、初級・中級・上級は以下ようになる。

初級: 転石を使って地層を追跡しながら、現場で地質図を作成する方法を修得し、地質図の精度の良し悪しを判断できる。

中級: 日本の代表的な地質体について、1/2,500～1/1,000 の縮尺で地質構造の読める地質図が作成できる。

上級: 地質踏査によって、ボーリング調査等の調査計画が立案でき、かつ地質踏査によってボーリング調査等で作成されたモデルの検証ができる。

4. 地質図の精度はどのように判定するか？

地質図の精度はなにで判断するか。それを第三者に説明する責任がある。そうでないと、ほとんど数字で考えることに慣れている工学出身の役人に数字で表現されていない地質図の出来映えを理解させることは難しい。しかし、振り返ってみると、大学や学会は、地質図の精度をどうやって保証するか、どのような表現方法で精度を地質図に盛り込むか、現場が必要とする精度はどれくらいか、精度を保証するための地質踏査技術の向上をどうするかなどについて、まじめに議論することはなかったのではないだろうか。

ここに同じ地域の地質図が二枚ある(図-1)。地質は中古生界の付加体でチャートと泥質岩からなる。地層は褶曲しており、層理面(スレート劈開)の走向は ENE で、傾斜はけっこう急傾斜なところが多く観察される。地質図 A は走向傾斜を頼りに同じ岩石の露頭を繋いだものである。地質図 B は露頭と転石のから地層の分布を描いたものである。地質図 A はほとんど谷だけのいわゆるルート踏査である。それに対して、地質図 B は谷だけでなく尾根も踏査しているが必ずしもすべての谷を上り詰めていない。そして、谷の途中から隣の尾根に登ったり、尾根の途中から斜面をくだったりしている。

さて、全く異なる二つの地質図、どちらが正しいか？このようなとき、わたしは地層境界が何カ所で押さえられているかで精度を評価している(図-2)。地層境界の押さえは露頭でも、露頭と転石の分布でも、さらには転石の分布のみでもよい。地質図 A と地質図 B について、地層境界が押さえられている地点の個数を比較すると、地質図 A では 20 箇所、地質図 B では 50 箇所である。前者では地層境界が全く押さえられていない地層も存在する。

もちろん、データの精度は露頭で境界が押さえられている場所が一番高い。しかし、その数は極端に少なくなる。転石が示す基盤地質の精度についてあとで述べることにするが、地層境界の押さえの精度にばらつきはあっても、できるだけ数多くの地点で地層境界を押さえながら描いた地質図 B と、数少ない露頭データと限られた走向傾斜のデータから機械的に地層の広がりを外挿した地質図 A の精度と、皆さんはどちらの精度が高く、現実性があると

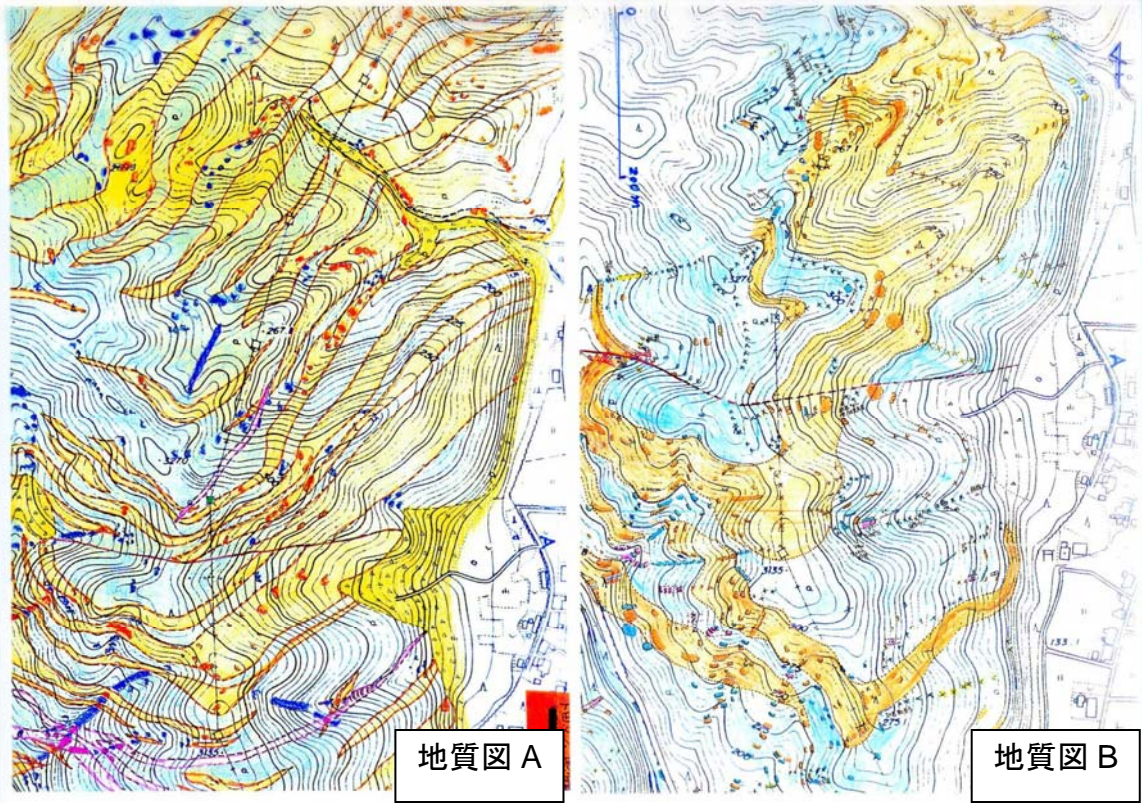


図-1

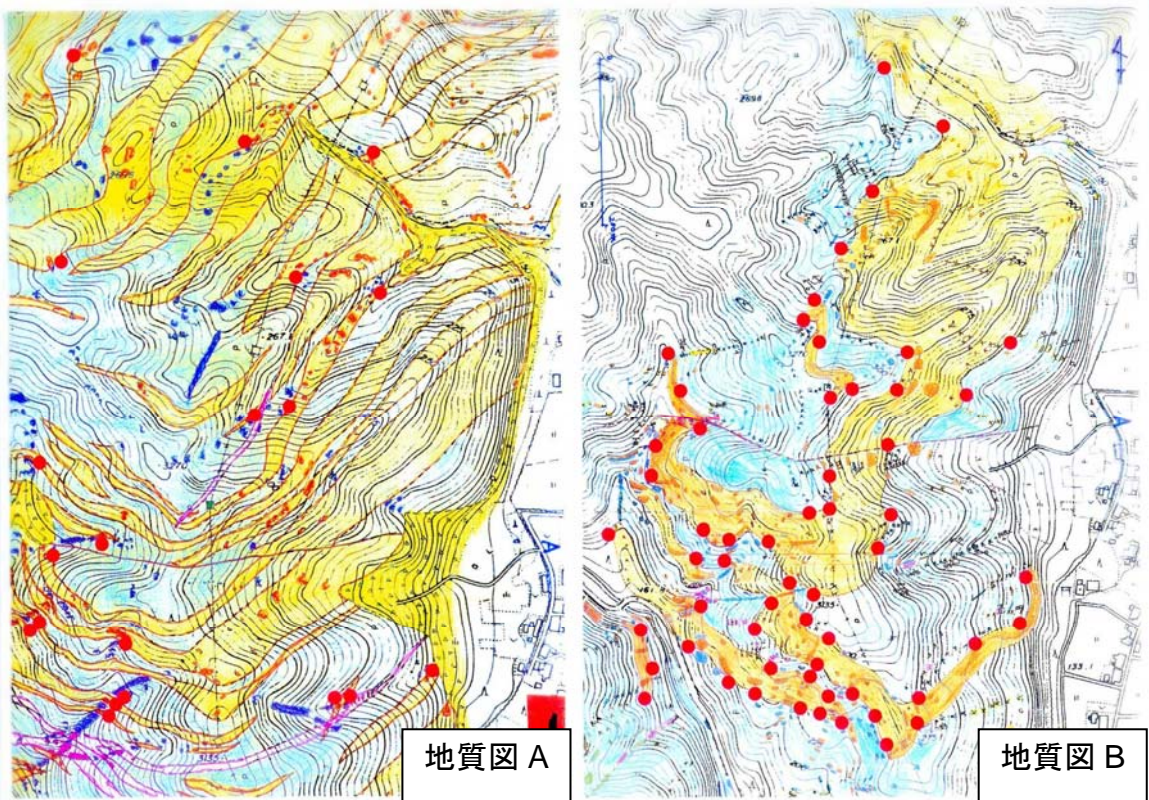


図-2

考えますか？

もうひとつ付け加えておくと、チャートの岩体規模は様々で数 10cm 以下ものもある。チャートのなかに薄い泥質岩が挟在していることもある。ルートマップに図示されている露頭規模も何 10 倍も誇張されている。誇張しないと図示できない。したがって、岩体の広がりやチェックされたルートマップがないと、地質図は描けない。それがなされていない地質図は精度が低い。

ところで、なぜ地質図 A と地質図 B という全く地質構造を異にする二つの地質図が生まれたのでしょうか？同一地域の地質図なのだから、精度に差異はあっても基本的には同じような構造が描かれると考えるのが常識である。ここまで違ってくると、精度の問題ではなく、少なくとも一方は誤りである。

転石を使って地層を追跡して描かれた中古生界の付加体の地質図に表現されている地層境界の傾斜は露頭で測定された層理面・スレート劈開・片理などの面構造の傾斜よりも緩くなりがちである。これはどういうことか？地質図に表現されている地層境界はチャート・石灰岩・緑色岩・砂岩などの地質図に表現可能な規模の岩体と泥質岩との境界である。それに対して露頭で測定される面構造は主に泥質岩と枕状溶岩起源でない緑色岩に発達するスレート劈開や片理であって、地層境界、とくに規模の大きな岩体間の地層境界が測定されていないのである。原因はここにある。泥質岩や枕状溶岩起源でない緑色岩は短波長で鉛直褶曲しているのでスレート劈開や片理は急傾斜部分が測定される確率が高くなる。それに対して、チャート・石灰岩・砂岩・枕状溶岩起源の緑色岩も褶曲しているが、波長が長く、大規模な露頭がないと褶曲の全容をみることができない。スレート劈開や片理のみから機械的に描いた地質図は大局を誤る。転石調査では実際の褶曲軸部の構造を描くことはできないが、大局的な構造は押さえられている。上記の地質図 A と地質図 B をボーリング調査のデータと照らし合わせてみると、ボーリング柱状図は地質図 B の岩相分布と矛盾しない。

5. 地質図は現場でつくるもの

大学でも、会社でも、地質図作成は室内作業であると勘違いしているものが実に多く、夜遅くまであてもないこうでもないルートマップとにらめっこをしている光景を目にする。しかし、現場でできていないものが室内でできるわけがない。時間の無駄である。残業代を払うわけにはいかない。地質図は、できあがったルートデータを機械的につないでいくのではなく、地層を追跡しながら、地形を見ながら、現場でつくっていくものである。たとえば、あるルートに出現した地層と別のルートに出現した地層とがある傾斜で繋がると予想されたならば、そのモデルが成立するかどうかを踏査で検証する。そのとき、もし予想通りに地層が繋がらなかった場合は新しいモデルを立てて、これも踏査で検証する。現場での踏査によるモデルの構築と踏査による検証の繰り返しによって、地質図はおのずとつくられていくものなのである。

得られている情報からはどのような地質構造の成立が可能かを様々な方向の断面を切って考えたり、文献によって成立可能な地質構造に関する知識を頭の中に入れておくことは必要であるが、そのモデルも踏査によって検証しないと机上の空論になってしまう。様々な

地質構造モデルに関する情報収集は日頃おこなっておくことで、断面による検討は宿に帰ってルートマップを整理した後におこなうことで、その結果に基づいて次の日の作戦を練ることになる。こういった作戦(モデル構築)がないと、闇雲にあてもなく踏査する日々がつづくだけで、検証されていない穴だらけのルートマップができあがることになる。

6. 地質図がつかれないものに地質図は読めない

われわれは、地質図に図示された岩石の分布や断層の位置から、地質構成や地質構造を読みとるが、その地質図を調査計画の立案に活かそうとすると、精度が気になる。このとき、地質図作成のもとになったルートマップがない場合には、地質図の価値は大きく低下する。そのため、わたしは 18 年ほど前になるが、コンサルタント企業で地質図を作成するようになったのを機会にルートマップに地質図を重ねて表示することをはじめた。当時そのような地質図は稀であったが、次第に心ある地質屋の中では広まっていた。

学会誌では紙面の制約やカラー印刷が高価であることもあり、等高線すら表示されていない地質図も少なくないが、地形と露頭状況や転石の分布がわかればはじめて精度も評価できる。さらに地すべり地形や断層地形などを地質の分布に重ねることができれば、地質図の精度評価にもなるし、別の視点からの地質情報の読みかえも可能になって地質図の付加価値が高くなる。

しかし、ルートマップ付き地質図があっても、自ら地質図をつくったことがない人は、精度の良し悪しを含めて、地質図を読むことは無理だろうと思う。それは、植生や風化状況、地すべり地形や崩壊地形の分布、人工改変など現場の状況が分かっていないと、地質踏査で精度を上げるのが難しいところがどこか分からないので、地質図の限界がみえてこないからである。どのような調査手法にも適用性の限界がある。現場状況を無視した議論は不毛である。その現場に適した戦略を立てて地質図はつくっていくものである。

7. 地質図は思想図か？

実務では否応なく自らのつくった地質図の出来映えがボーリング調査などで検証されることがある。予想が的中すれば評価は上がるが、失敗すれば信用を失うことにもなりかねない。検証手段をもたない大学と違って、実務では高い評価を受けるチャンスもある。たとえば、先行のボーリング調査では理解できない構造や見落とししていた問題点を地質踏査によって予想し、後の調査でそれが実証された場合には工事費や工事の安全性に大きく影響するので高い評価を受けることになる。

ボーリング調査やトレンチ調査などの調査計画を立案するとき、あるいはボーリング調査や横孔調査、物理探査で得られた地質構造モデルを検証するとき、それに必要な精度の地質図を提示できなければならない。にもかかわらず、数 100 万円かけた 1 次調査の地質図の基本的構造が 2 次調査の地質図のそれとは全く違っていると、クライアント(施主)は困惑してしまう。このとき、自らの力量を棚に上げて、「地質図は思想図だ」といって煙に巻いてきた地質技術者・研究者に実際にあったことがある。このような態度が自らの社会的地位と地質踏査の単価の向上を妨げてきたことに気づいていない。クライアントは公衆である。技術

者倫理の観点からみても、公衆への説明責任を果たさなければならない。

数値で出てくる調査・解析結果にも精度があるように、当然地質図にも精度がある。とくに地質図の場合は調査者の技量によってその精度がかなり変わる。この点が機械的な調査手法とは異なる。だからといって、「地質図は思想図だ」といって逃げてはいけない。地質図と地質断面図、そして反証可能性を保証するルートマップを前にして、成果とその精度を説明すべきである。