VARNES 氏による地質図の論理と、 その土地分類基本調査との比較

黒田 和男* 石井 武政*

Notes on VARNES' Logic of Geologic Maps, 1974 and its
Comparison with that of Subsurface Geological Maps in Japan

Kazuo KURODA and Takemasa ISHII

はじめに

American Geological Institute 版の Glossary of Geology によれば、Engineering Geology とは、エンジニアリングの実務、とくに鉱業と土木工事に適用される地質学である。Association of Engineering Geologist (1969) の定義に従えば、土木構造物、地下水資源の開発における選点、計画作成、設計、建造、作業実務、維持管理を逐行していく場合に対する検討に、天然に形成された岩石と表層物質および地下水に関する地質学的データ、手法、原理を適用することである。これらのデータ、手法、原理は、エンジニアリング実務に供するために、適宜に認識され、妥当に判断され、利用され、提供される。

本稿の中心となるものは、DAVID J. Vavid が、1974年に USGS Professional Paper no. 837 に発表した「The Logic of Geological Maps, with Reference to their Interpretation and Use for Engineering Purposes」の解説である。この論文の完訳は、幸いにも著者 VARNES 氏の快諾のもと「地質ニュース」に掲載されることになったので、ここでは論文の要約を中心に、日本で昭和29年以来実施され、その成果が出版されて来た土地分類基本調査との比較を述べることにする。

ここで注意して頂きたいのは、日本の土木地質図が、おそらく土木建設サイトの計画、設計、施工などの工実務に必要な1/500~1/5,000の地質図としての内容を持ち、岩盤分類も、地質学で一般に用いる岩石名とは全く離れた分類基準をもっているのに対して、VARNES 氏の扱った地質図類は、土地利用計画に関係した1/10,000又はそれ以下の小縮尺の図面の内容をもっていることである。ちなみに UNESCO (1976) による Engineering Geological Map の定義に従えば、engineering map では1/10,000以上が大縮尺の範囲に入っている。

もう一つ、アメリカでは、1970年頃から都市開発のためのいわゆる Environmental geological study (環境地質学的検討) が盛んに行なわれ、その成果報告書が、各州の地質調査所や担当部局から発行されて来た。それらの報告書の付図には多くの地図が折り込まれており、VARNES 氏がこの文章の対象とした「土木地質図」は、そのような地質図類を指している。筆者は、それらは一般の開発計画や環境保全に関する課題を解決するための基礎データを提供する「環境地質図——Environmental geological map」と呼ぶ方がふさわしいのではないかと考えている。ただ「The Logic of Geological Maps……」は、1974年に出版されたものであり、その頃の事情と今日の事情とはまた異なったものであるが、著者 VARNES 氏も土木地質学あるいは環境地質学が現在のように発展するとは思わなかったかも知れない。

なお、本稿では、混乱を避けるために「The Logic of Geological Maps……」の著者 VARNES 氏を

* 地質調査所環境地質部 Geological Survey of Japan

著者、本稿の著者である黒田・石井を筆者と呼ぶことにする。

I. 「地質図の論理——土地地質のための解釈と利用」について

Maps and Maidens—

*They must be well-proportioned and not too plain ;
Colour must be applied carefully and discreetly ;
They are more attractive if well dressed but not over dressed ;
They are very expensive things to dress up properly ;
Even when they look good they can mislead the innocent ;
And unless they are very well bred they can be awful liars !*

(WILLATTS, 1970)

この詩文の引用に始まる David. J. VARNES の、「地質図の論理——土地地質のための解釈と利用」は、次の各章・節から構成されている。

分類の全般的特徴とマップ

ユニットあるいは個体

分類の方法

基本的属性のマッピング

分類における目的性

マップ上の情報

マップに係わる作業

総描

選択

付加と重ね合せ

変換

要約

分析および問題点

マップに係わる作業における本質的属性の同定

類型特殊化

相互関係にもとづく図示単位

図学についての提言

土地地質図改善のための提案

関連性

明晰さ

批判的評価

創造性

結論

論文の内容は、マップを構成する図示単位の定義や内容を明らかにし、情報の伝達手段としてマップがどのように機能しているかを事例によって示し、土地地質図を作成する際に改善しなければならない点を述べている。従って、論文は全般にわたって多分に抽象的、哲学的ではあるが、その対象は応用地質図作成の経験のある人々や、地質図の図示単位を定義する思考の過程に関心をもつ人々、あるいは土地地質その他の目的に一般地質図から地質学的データを、どのように引き出し活用するかを考え指向している地質学者に置いて書かれているようである。

次節以下に、その内容を要約してみる。なお、本文中に一般地質図と書いたものはふつう私達が言う地質図、地質図類とあるものは一般地質図から出発した応用地質図あるいは特殊目的の主題図を称する用語である。

(1) 分類と図示単位とマッピング

分類とは、無秩序な対象物の中の一群が共通の性質のもとに一括されることである。未確認の対象物を、適切な分類の中に配置することを同定といい、分類の過程にあつて、個体の性質や特徴を明確に指摘するものあるいは個体間の相互関係を示すような性質を、著者は属性という言葉でまとめている。

地質図類の図示単位の設定は、地質に関する対象物——地層や岩体——を分類することに始まる。そこで地質図類を作成するには、まず複雑な内容・構成をもった地層や岩体について、図示単位を定義するのに必要で十分な属性を分離・同定することが必要である。

属性には

- 1) 存在しているか欠如しているかという絶対的なもの
- 2) 質または量で測定することが可能なもの
- 3) 空間や時間の中で、一定の状態を保っているもの、あるいは変化しているもの
- 4) 空間や時間の中で、相互に依存し関係しあつて、共に変化していくもの

と様々のものがあるが、どのように複雑な対象物であっても、多くの属性の中には特定のものが、少なくとも一つはある。その一つの属性とは

- ・本質的ではあるが独特ではないもの
- ・独特ではあるが本質的ではないもの
- ・本質的でも独特でもないもの

のどれかに位置づけされる。もし何らかの特定の性質が見出されない場合には、分類に十分な属性の定義は、全体を総括してみた類似性ということで行なわれる。

地質図類の場合、対象物となる地層や岩体は非常に複雑な成分の組合せであるため、図示単位を定義する属性は、すべての成分に対して必ずしも共通するものでなく、独特のものでもなく、総合化された類似性で定義される場合が多い。

属性には、次の4つのカテゴリーがある。

- 1) 時間的属性 化石の記録、地質年代、同時面（凝灰岩層等の鍵層）等
- 2) 空間的属性 三次元的な幾何学的境界面
- 3) 類型的属性 質または量で測定できる性質
- 4) 相関的属性 幾何学的、時間的相互関係

以上の属性は、たとえば地層命名規約の中にも自然に組み込まれている。岩相層序の単位は、類型的性質だけが強調されているけれども、実際は地質時代、他の層序区分単位との幾何学的相互関係などの他の属性が、必然的、無意識的に組み込まれているのである。

以上のことを念頭に入ると、地質図類の図示単位を定義するには

- 1) 設定する図示単位の目的を確認し、時間的、空間的、類型的、相関的カテゴリーを割りあてる。
- 2) 各カテゴリーの本質的属性を、様式に従って記載する。その記載は、図示単位を定義するのに必要かつ十分な特徴を明確にするものでなければならない。そうして、それぞれの特徴は、相互に矛盾してはならない。

3) 地質図類の目的を達成するには、どの程度にまで不均質性が許容できるかを決定する。この不均質性は、各属性ごとに程度を異にしているが、土木事業を前提に考えた場合、均質・不均質の程度は、非常に重要な意味をもってくる。

このようにして設定された図示単位を、平面的に線引きするのが、マッピング(mapping)である。従

って

1) 均質ないしは目的に合致する不均質性をもつ地域の輪廓を示す2次的な区画を線引きすること

2) 輪廓でかこまれた区画が表わす本質的属性を、記号・地紋・色彩として文章で説明すること

が、地質図類の作成上どうしても抜くことのできない作業である。換言すれば、マッピングとは、均質の地域、あるいは要求される目的に対して許容できる程度の不均質性の範囲で、地域を線引きすることである。目的どおりに作られた地質図類の図示単位は、不均質性の最も少ない地域の実体である。

(2) 図示単位の設定と作図法

地質図類は、ある地域が占めている属性について詳細な情報を与える一方で、特定の属性を示すすべての地域の位置・分布を正しく提供するという両側面をそなえている。換言すれば、地質図類を作成するには、図面として描かれている中の小地域について正確な説明ができるように図示単位を設定、作図すると同時に、小地域を一段階大きな単位の中にグルーピングするという作業を含んでいる。

任意の、無秩序に存在している個体が、新しくより包括的な個性をもった集合体へと溶けこむことができるような内容や、個体を定義あるいは認識することのできる概念をもっている時、分割とグルーピングという相反する作業が行なわれる。

一般に、地層や岩体のように地質学の分野で取扱われる個体は、無数の属性をその中に保有しているとみられるので、どのように分類しても、必ず中間的な個体が存在する。しかし、属性の中でもある種の特徴は、範囲または程度があるので、様式に従って現象や対象物に関する数値を特定するという測定によって、正確に特質を記載することができる。

グルーピングとは次に記すことである。すなわち、個体には多数の属性が定義され、それらの属性が定量的に測定される時には、データマトリクスが作られる。このデータマトリクスの中から特定の性質を走査してグループを組み立て、新しく形成されたマトリクスを、空間的な様式に従って、実世界と相似性をもった図面として表現する。このようなグルーピングという操作によって、新しい図示単位が次々と定義されて行くが、グルーピングが進むにつれて、次第に凝縮されていくグループの説明は、より一般的なもの、包括的なものとなる。ある時点で、図面の目的のために設定したいグループの説明に関して、最大限に許容される不均質性をもつグループにつきあたり、そこでグルーピングによる作図の過程は完了する。グルーピングによって作られる図面では、基本的には地域が重複することは許されない。

分割による作図では、作者が意図する分類の目的に対して、最も重要な分類体系が最初に作られる。したがって、最初の段階で、分割のための判断基準と属性の選択は非常に重要となる。分割は、細部にわたって、目的に対して焦点を合わせながら進められていく。

一般に、分割による地質図類の作成では、既に描かれた境界の削除や修正を除いて、単に境界をつけ加えるということになり、分割はある限界以上に不均質性が減少できなくなる時点にまで、あるいは実務的、経済的に図示単位の細分が不可能になるまで続けられる。分割の判断基準は、作業の出来るだけ初期に定められるが、広範囲の予察的踏査や写真地質学的作業などがこれの手助けになる。次いで標本的地域の分割による分類に入り、ここで作成された分類計画をもって、属性の最高ランクのものから、二分法の過程によって空白地域を順次分類して行く。作成途中で、新しい属性を発見することや、新しい図示単位の認識はよくあることであり、基準の修正や図面の訂正はしばしば行なわれる。

(3) 土地地質図作成の手順

私たちは、ある特定の目的に対しては、土地地質に関する情報を、一般の地質図から、新しい線を引くとか、地質図の図示単位を基本的な要素に分解し、別の形に編集するということなく引出すことができるという考えを受入れて来た。

その前提となることは、

1) 地質図の図示単位は、自然の図示単位である。

2) これらの図示単位は、自然の生成過程をもち、類似の環境要素と環境過程を受けてきた。

3) したがって、そのような図示単位は、一般に多くの属性を含んでいるので、図示単位は、多様なあるいは一般的な目的に対して均質のものである。

地質図の図示単位は、成因、年代、岩相などで示されている。土木地質学者はそこから、ある特定の目的に対応する図示単位と、その図示単位についてその特定の目的に対する工学的あるいは行政的判断に必要な、作業、用途、挙動などの実務的性質とを推測しなければならない。このような連続的な推測を行なうには、原図の上に、取得されなければならない情報が、できるだけ詳細に描かれているかどうかにかかっている。

しかし、土木技師や土地利用計画作成者にとっては、一般地質図を上記のような過程で推測するのではなく、特定の目的について重要な性質を示している地質図類が必要である。このような地質図類は、今までに多くの方法で作られて来た。その方法は、以下に記すとおりである。

a) 総描 (Generalization) これは単純化と称してもよい。地質図類作成上必要なのは、図示単位を説明している詳細な記載が、既に説明文や別の形で存在していなければならない点である。もし、詳細な記載が手近になければ、総描という単純化の操作はできない。ここで空間的境界は、単純化された形で平滑にされ、不必要な属性は不均質になり、とくに境界付近ではその不均質性が著しくなる。以上の理由から、大縮尺の図から小縮尺の図を編集するには、総描によって行なわれるが、逆総描は理屈の上からは不可能である。それにもかかわらず逆総描や派生図の作成が行なわれているのは、属性の共変に関する推論の利用と、経験にかかっているといえる。

b) 選択 選択とは、情報を識別して選び出す過程である。それは図面の作成に当って、図の概念を定めることから最後の印刷段階に至るまで、浸透させなければならないものであり、かつ最終的には、望まれる情報が効果的に表現された作品を生み出すべき操作である。もし、既存の地質図の中に、選択に必要なだけの属性が述べられていなければ、他の明確に記述されている属性との共変関係についての経験と判断から、この属性の存在を推測しなければならない。

c) 付加と重ね合せ 図示単位は、それぞれの定義をもっている。その定義には、単純なものもあり、複雑なものもある。このような図示単位に新しい情報を付加させる過程には、既知の属性と、検討対象地域とを関連づけること、付加させる属性と、既知の地域とを関連づけること、空間的あるいは類型的属性に関連した情報を、新たに加えること、この3つが考えられる。この中で、第2の段階、すなわち、一枚の図に他の図を付加させることを重ね合せといい、土木地質図作成の過程で、しばしば用いられている。

d) 変換 変換とは質を変化させる過程であって、一般的には、輪廓、地域、記号などを利用者が理解しやすい形にもっていくため、既存データの記載や再グルーピングを行なうが、新しいデータの付加は含まれていない。変換には記号の変化、縮尺や投影法あるいは投影の変化のほか、地点の情報を地域の情報に拡張する空間的外挿法、2つの図示単位のうちの1つがある特徴をそなえている上に別の特性も兼ねそなえている場合、他のグループもある特徴がそなわっているから別の特性も保有しているであろうという、類型的な外挿法などがある。外挿法はある特定の目的をもった土木地質図を作る際に、しばしば用いられている。

地質図の図示単位の中でも、岩相層序区分単位にもとづくものは、岩相とその作図可能性に支配されて定義される。要するに、採用されようとする縮尺で、時間的にも空間的にもさらに類型的にも、相関的にも最小限の不均質さが十分に作図できること、または2つ以上の図示単位の間に、多くの岩質からなるきわめて不均質な図示単位が挟まれるということで、作図が行なわれる。後者の“きわめて不均質な”図示単位の本質的属性は、定義によって描かれた他の図示単位の境界線の間に存在するということであるから、これを土木地質図としての意味をもつ図示単位に変換するという事は、非常にむずかしい。

(4) 垂直方向の図示

土地地質図における最大の難問のひとつは、地表付近の層序あるいは岩相の垂直的な移り変りの状態を、平面図として図示することである。これらの地質単位は、短距離の間に薄くなったり厚くなったり、指交したり、侵食面で切られたりしている。このような相互関係は、断面図、ブロックダイアグラム、フェンスダイアグラムで示すことができる。しかし、平面図で示すことは容易ではない。その作図法には、次のものがある。

1) 上位の地質単位の地紋や色彩を、下位の地質単位を表現する色彩または地紋にかぶせる。この方法は最も簡単であるが、その適用には限界がある。

2) 地質単位の境界を、地表以外の面を基準に描くもので、その基準面を、一定の高度に置く(レベルマップ)、地表面下の一定の深度に置く(相対深度マップ)、地質学的層準面に置く3通りの方法に分けられる。このような図示(アンカバードマップ)で普通使用されるものは、表層堆積物と風化生成物を除いた時に基盤岩がどのように現れるかを図示する地質図類である。

3) 下位層を、淡い平行縞状の色彩や模様で示すもので、上位層の地紋や色彩は、平行縞で中断されている(ストライプマップ)。これは、せまい地域の複雑な相互関係とくに、地表下の図示単位を断面図的に連続して示すことができるので、段丘が発達する地帯の表現に便利である。作成例は、PASEK(1968)の中に引用されている土地地質分帯図である。

4) 地層の特殊な重なりを示すために、特別の色彩や地紋を用いる方法で、図面上の色彩や地紋は、露出している地層ではなく、地層が重なり、組合った結果を表現している(ユニタイズドマップ)。この方法は、農業土壌図でよく見られる。作成例としては、ROCKWAY and LUTZEN(1970)による土地地質図がある。

5) 断面凡例図(profile-legend-map)といわれている、一種のユニタイズドマップである。例示は、オランダ地質調査所が完新世と更新世の堆積物の様々な相互関係を示している図面(RUMMELEN 1965)で、あらゆる地層の組合わせの可能性を考え、地紋と色彩を適宜に選択しながら、凡例を作っている。この方法は、まだ試行中であり、改善の余地があると思われる。

(5) 土地地質図改善のための提案

地質学者は、自分自身がもっている事実と推論を、人々の要請に対して相手が満足するまで十分に、伝達しなければならない。その伝達の内容とは、

1) 利用者がもつ問題と、それに対して下さねばならない決断に対し、何が必要かを認識させる。

2) 利用者が、数通りもある選択の道から決断を下すために必要な地質学的知識を、直ちに利用できる形で呈示することである。ただし、一般的に、地質に関する情報が決断にとって第一義的な時でも、決断すること自体は利用者の側にある。

土地地質学は、多くの人々に直接に影響を与え、かつ何をなすべきかを示唆する地球科学の中の実務的分野の1つである。従って、土地地質学は、人間関係の立法上の、司法上の、行政上の実行行為に深いかわりをもっている。その中にあって、土地地質学者は、科学者として、地質状態の土木的重要性をどのように記述したら妥当であるかを、いつも考えていなければならない。そして土地地質図を進展させるためには、科学と法律との間に、さらに法律を作り、解釈し、施行する人々と、個人としての我々の地質学者との間に存在する、意志伝達の隔たりを埋めねばならない。その隔たりを埋める方法を、関連性、明晰さ、批判的評価、創造性に置いて述べてみる。

1) 関連性 社会の継続した発展に地質調査を対応させるために、とくに中ないし小縮尺の土地地質調査作業のためのプログラムは、環境科学のより大きな体系の中で、次のような事を組み入れねばならない。

a) 人々の真のニーズに対応する地質図類の属性

b) 社会の発展に対する応答の迅速性

c) 方向と焦点を変える力

d) 知識と技術の両面において、人々や社会のニーズ、地質学的条件が、人々に及ぼす影響とその過程、人々が地質環境に及ぼす影響とその過程、それらの変化の方向と速度を決定する力

私たちの関心は、未来に向かねばならない。そして遠い将来の“現実的”要求に沿うようにしなければならない。ある事象がそこに存在することだけではなく、どのような速さでどうなるかということも示さねばならない。このためには、それらが自然界の物理的経過過程だけではなく、社会経済の動きからも生じるということを理解する必要がある。

2) 明晰さ もし、人々が明晰に話し、書くならば、その人が誤解されるようなことはない。土木地質学者は、今日では土木技師の言葉を話すように、素人さえも理解されるような形で地質図類を作るように、所説の「論理的量を定める」ようにと言われて来た。しかしそれ以上に卒直に、論理的に、誠実に、要するに明晰に考え、書くことが重要である。

とは言っても、「不確かさ」を、種類と程度の両方について表現する図法を発展させるほどには致っていない。また、地質図の精度、再現性、信頼性の問題は、時々論じられてはきたが、注目を浴びることはなかった。しかし、著者は次のことを信じている。

a) よく描かれた図面は、空間的情報を言葉以上に効果的に伝える。

b) 土木地質図の利用者は、地質データを利用する人々よりも、地点の属性および特定の属性をもつ地域の精度、そして図示単位の均質性に関心をもっているのが一般である。

c) 土木地質図の利用者は、普通作図者が行なっている研究とは部外者の立場にある。従って「不確かさ」が示され、説明されていなければそれを評価する方法がない。地質学者が直観的に理解できると思われる問題も、文字と図表で説明する必要がある。

そのために、土木地質図にあっては、言葉よりも、むしろ多数の図示によって、「不確かさ」のタイプと程度を表現する配慮があつてしかるべきである。

明晰さとは、言語、記号、図示などで、明確な意味を障害なく伝えることであるが、このことは、標準化によってかなりの程度にまで高めることができる。この標準化もさしせまったことであり、たとえば、コンピューター技術が、しだいに地球科学の分野で用いられ、その道の専門家によって運用されるようになるにつれて、もし、フィールドを主体とした地質学者が自分の言葉と表現しようとする概念を定義することを怠れば、それらは必然的に、データ処理を基本とする人々によって定義されてしまうことになる。

3) 批判的評価 地質図類は、説得させる大きな力——地図催眠——をもっている。たしかに、多くの利用者は、描かれた地域の直接の知識なしには、図面の内容に疑問を抱くことはできない。

その中にあって、利用者が図面の信頼性を評価できる唯一の方法は、図面の内容に矛盾がないか調べることである。そこで作図者は、土地をどのように矛盾なく描写するか、その方法を工夫する必要がある。他にこれができる人はいない。

土地を評価する場合、対象物は比較的均質の性質をもつ空間的図示単位であり、主体は特定の人、団体、部局である。従って、図面の中にある「良好、有利、疑問、不適」などの語は、本来は利用者側が行なうべきものである。中ないし小縮尺の図面では、目的は土地利用の一般的方向を決めるためであって、個人の土地所有者が小区画の土地を利用しようとする場合に比較して、かなり異なった精度、重要性、信頼性をもつことになる。この注意書きは、小縮尺の地質図類には普通に見られるものである。

地質データから一連の地質図類を引き出す根本的な目的のひとつは、もともと多数含まれている潜在対象の数を減らすことであり、特定の目的に適したデータマップを描くことによって、特定の対象の評価をすることができる。例えば、デベロッパーのためにコンサルタントが提供する図面はそれで充分である。逆に地質図類の作成が政府機関などによってなされる場合には、一般公衆を対象にするため、多くの異なる

った利用者に対して異なった意味内容を示すことになる。従って、図面上の言葉の使用には、注意すべき義務を負っている。役立つ地質図類とは、利用者の選択や意志決定の手引きとなる情報を与えるものである。地質図類が描き出されるまでの経過の正確で明晰な説明は、利用者を助け、誤解を防ぐものである。

4) 創造性 ある特定の用途に対して地質単位の適性を判断する図面は、土地利用の型態が変化することにつれて、あるいは技術が進歩することにつれて、急速にすたれる可能性がある。地質図類は有効ではあるが、その寿命は短いかも知れない。そこで、図面を容易に修正しまた再生する方法を見出す必要がある。今まで説明して来た総描、選択、付加、重ね合わせ、変換などの操作によって、迅速、廉価にそのような修正、再生ができる形で、基本的属性に関するデータをもつことが重要である。

写真やリモートセンシング技術、コンピューターによる多種類のデータ処理・蓄積・検索・フィルタリング・再グルーピング・図示などは、有効に活用することにより、望まれる図面が意のままに印刷できるであろう。それにもまして、個々の基本的属性が示された地質図類があれば、どの属性が各用途に必要であり、重要であるかを割り振って、最も好ましい属性の組合わせを用いて、新しい図示単位を作ることができる。

より基本的な成分へと、地質情報を分析的に細かくしていくことは、個々の要求に応じる情報の集積、総合、あるいは地域区分に先立って必要である。このことは、土木地質調査自体ばかりでなく、土木地質調査が環境全体にかかわる広範囲の考察へと統合されるにつれて、一層明瞭になって来た。

長期的には、パラメーターを用いた、あるいは要素によるアプローチが、今日用いられている環境調査における集積によるアプローチよりも優位に立つであろう。

我々は、測定されていない、また測定できない性質に関する情報を常に必要としている。点の情報を三次元へと外挿する最も確かな方法でなくても、地質および土壌の成因論的構造、組成、形成過程の知識が活用できるからである。そこで、標準的な地質成因論的マップは、たとえそれらが、むしろ少数の人々が興味を抱く特殊目的図であっても、空間的類型の情報のかけがえのない貯えを形成するものである。要するに、基本的に重要な地質図類は、基盤地質図、表層地質図、成因論的土壌図などであろう。

地質図は総合図である。それは、最も基本的な多方面にわたる利用に関しては情報ではない。それは総描であり、特定の目的に対する地質学者の地質の解釈である。輪廓・図示単位・記述は、他の目的を意図した分析に対しては十分に定義されていない。もし地質図が、要求される精度に対して適切な情報をもっていなければ、その目的に対しては、論理的に解釈できないし、またそうすべきではない。真実は、推定から作り上げることは出来ないのである。

作業一用途一挙動などの実務に関する図面は、地質成因論的図面から導き出せることもあるが、より確実には意図している用途に直接に関連した属性の地域的分布を示す図面から導き出すことができる。しかし、伝統的な地質情報の境界を描くのには比較して、描画は困難である。

図面作成に当って、縮尺・時間・費用・研究者の能力・利用者の数と知識水準などの要素は、すべて評価されなければならない。作図の大筋は、野外調査の開始以前に決定されていなければならない。このような理想的な計画作成は、おそらく可能であろう。

我々は、しばしば問題に関係してくるデータのすべてを収集する余裕もなく、決断の手助けを求められる。我々の責務は、よく記録されたデータと推定されたデータ、観察や測定した結果と解釈した結果との相違を明確に知らせなければならないことである。

以上、長文にわたる著者 VARNES 氏の論文を要約してみた。論文中には、多くの実例が引用され、読者の理解を助けているが、ページ数の関係等で省略したので、直接、論文を参照して頂きたい。

II. 土地分類基本調査の目的と表層地質図

昭和26年6月1日に公布施行された国土調査法の目的は、国土開発及び保全ならびにその利用の高度化

に資するため、国土の実態を科学的かつ総合的に調査することであった。換言すれば、日本国内全般にわたって、土地の量と質とを、科学的に調査する内容として、国土調査があり、土地の量は地籍調査に移行していくことになるが、土地の質については、将来の土地利用の可能性を見きわめるものであること、土地生産力の可能性を見きわめるものであることの2項目に焦点がしぼられた。土地利用の可能性は、土地の傾斜と谷密度によって決定されるが、この中で、谷密度が採用されたのは、たとえ土地が平均的には緩傾斜であっても、多くの谷筋で刻まれた土地は、利用に際して困難性が大きいということによるものである。土地生産力の可能性は、土壌の性質に求められるとし、ここに土地分類調査の中の地形調査と土じょう調査の骨格が、決定されている。

ちなみに、土じょう調査の目的は、昭和31年1月29日総理府令第3号の土じょう調査作業規程準則により、「主として国土の開発、保全及び利用の高度化に資するため、土じょうをその成因、形態及び性状に基いて区分し、その分布を明らかにすること」である。土じょうの区分は「層の特徴及び配列が類似し、かつ岩種及び堆積様式の類似した母材から生成した土じょうの一群」と定義された土じょう統と、「層の特徴及び配列がほぼ類似し、重要な生成因子を同じくする一以上の統」である土じょう類であって、この土じょう統、土じょう類が図示単位となって現在まで続いている。

地形調査は、昭和29年7月2日総理府令第50号による地形調査作業規程準則により、「主として国土の開発、保全及び利用に関係ある地形の性状及び分布状態を明らかにするための調査（地形の解析及び計測を含む）を行う」ことであり、成果品は水系図、谷密度図、傾斜分布図および地形分類図であるが、土じょう調査のように、地形の型態か成因かについては言及していない。しかし、別表の内容には、地すべり地形、崩壊地形、泥流地形、土石流地形、砂礫堆など、明らかに成因を検討しなければ図示できない図示単位が含まれている。

ところで、土地分類基本調査の項目の一つである表層地質調査が、土地利用可能性や土地生産力に関係しているとしても、その視点はもっと基礎の部分に置かれていたようである。昭和29年8月21日総理府令第65号による表層地質調査作業規程準則では、「主として国土の開発、保全及び利用に係るある岩石の分布及び性状並びに地質構造等を明らかにするための調査」となっているものの、予察図の作成の条では、「水系・谷密度等を考慮して地形の開析状態を明らかにし、地形の主要素材である岩石の分布及び性状並びに地質構造を表示するように作成する」こと、さらに別表に岩石のかたさを表現することが要求されていること等から、まず岩種図であること、地形を規定している要素として表層地質と地質構造とを考えていることがわかる。土じょう調査では、岩石の種類が土じょう統に分類する要素であるから、逆に岩種図としての表層地質図は、土じょうの母材を表現した図示単位であると考えてもさしつかえない。

表層地質調査は、農林業および公共土木事業等の地域の開発、保全および利用に係るある土地表面の岩石の性状およびその分布状態ならびに地質構造を明らかにするものである。従来の地質調査が、地殻の構造や地史学的事項の解明、あるいは地下資源（石炭・石油・金属・非金属鉱床等）の開発に主眼を置いていたのに対し、表層地質調査では、とくに地すべり、山くずれ、浸食、崩壊等の自然災害の発生に係るある地質構造や、農林業における生産性や、公共土木事業に関連のある基盤岩石の工学的性質や地質構造をあきらかにするため、岩片のかたさ、岩体のかたさを強調しており、岩石の時代はどちらかといえば副次的な表現である。筆者は、表層地質図はむしろ単純に岩種図、あるいは英国の drift に相当する地質図とした方が適切な表現であると考ええる。

(1) 表層地質図の図示単位

国の機関による土地分類基本調査の一環として、昭和48年度まで実施されて来た表層地質調査の成果品は、縮尺5万分の1の国土地理院発行の地形図を基図として、表層地質分類を図示した表層地質図と、その説明書を含んだ簿冊であった。昭和49年度以降は、すでに一部の地域で実施されていた、都道府県による土地分類基本調査に完全に移行し、現在も年間30冊前後の成果品が、国土庁から発行されている。

筆者の一人である黒田も、永年にわたって表層地質図の作成に従事して来たが、この作成過程をたどってみると、次のようになる。まず、作業の開始に当って、予察図と編さん図を作ることになるが、結果的には、既存の一般地質図を、5万分の1地形図の上に転記編さんする事であった。幸い、日本の既存地質図は、岩相的層序区分単位にもとづいて作図されているものが多かったために、「岩種図」としての表層地質図への“付加のない変換”を容易に行なうことを可能とした。実際外国の、とくに安定大陸上の堆積物では、同じ岩相の中で多くの化石帯の識別が行なわれているために、「地質図」と「岩種図」とはかなり異なったものとなっている。但し、日本でも既存の基本地質図の図示単位の定義が年代的層序区分に近い古期岩類の地域では、“変換”は困難であった。現実には、経費との関係で、調査地域はできるだけ既存資料があり、土地分類基本調査の性格である、「一つの地域の基準となり得る表層地質図——もちろん土じょう図、地形分類図も」——が容易に作成できる地域が選定されていた事も、好条件であったと言わねばならない。

新第三系の地域では、基本地質図の図示単位である岩相層序区分と、表層地質図の図示単位との対応が、付表として添えられているが、これは“変換”の過程を示している。

次に、表層地質分類の特徴である岩石のかたさの表示では、準則の中で、岩片のかたさで6段階、岩体のかたさで6段階の区分があり、新鮮な岩石では a1, b2, c3, d4, e5, f6 の表示を行なうようになっている。幸い、準則の中には、岩片のかたさに、たとえば「房州石が2」の例示があるので、この例示を基準に、主として建築石材の物理的・工学的試験値から自分なりのモードを設定した。さらに各段階の境界は、厳密な境界ではなく、大体のめやすであることから、さらに実際に岩片を採取して試験しても必ずしもそれが代表値であるとは限らないとの考えも加わって、表層地質分類の図示単位に新鮮な岩石のかたさの段階をあてはめることにした。すなわち、表層地質の図示単位に“変換”する際に、岩石のかたさをも“共変”させた。従って、図示単位の境界は、新鮮な岩石についての「かたさ段階区分図」に“付加を加えない変換”を行なって作成した図示単位に一致する。現地観察の結果、著しい破碎の認められた所では、岩体のかたさの段階を1段階落した表示を行ない、花崗岩については、深部風化帯の表現が、5万分の1縮尺では著しく困難（方法的に困難というのではなく、時間と経費の関係で、作図に必要な試料や既存データの収集が困難であったこと）であったため、観察された場所について、e3のような“特別なランクの強調”を行なって表現している。山頂平坦面に発達する深部風化帯については、地形分類との“重ね合わせ”で図示単位の設定は可能であったが、断層破碎帯や山麓緩斜面上の深部風化帯では、多くの観察・測定データを“再グルーピング”して図示単位を設定しなければならず、結果的に作図が困難であった。その他にも、岩石のかたさの区分表示については多くの“変換”を行なっているが、ここでは省略する。

(2) 地下地質の表現

平地の地下地質は、従来の一般地質図ではほとんどが「沖積層」という図示単位で集約されていた。台地についても「段丘堆積物」あるいは風化火山灰で被覆されている時には「ローム層」で一括されていた。しかし、表層地質調査の準則に従えば、従来のような「沖積層」という図示単位は許されず、少なくとも準則に定められている「礫」「砂」「泥」「泥炭」に分類する必要がある。

表層地質図の図示単位を、今まで述べて来たように、土壌の母材と定めてしまうと、たとえば土地を網目状に区切り、一区画ごとに検土杖などで土壌の母材をさぐり、このデータをグルーピングすることによって図示単位を設定し、表層地質図に仕上げることは可能である。一方、平地表層部の地質構成は、海岸平野では最大海進期以後の海退にともなって形成されたものであり、現在の地形形態とも一致することから、逆に空中写真等で地形区分を行なって、これを表層地質の図示単位に変換するという、分割と変換による作図方法があり、実際にこの方法によって設定された図示単位をもっている表層地質図もある。しかし、土地分類調査の成果が、地形分類・表層地質・土じょうの3つの基本図の組合せとなっている時には、地形分類図や土じょう図によって判断がつくので、とくに後者の方法では、表層地質図としての意味は半

減してしまう。

日本のように、国土の約70%が山岳地帯であり、分断された僅かの平地、台地が主要な生産活動や居住地となつて、それが次第に丘陵地帯へと進行している状況では、土地利用計画や再開発計画を立てるためには、今までの一般地質図がほとんど一色で扱かつて来た地域を、かなりの図示単位に分類して、地質図を作成する必要がある、表層地質図がその任務を負わされていたのである。

表層地質調査作業規程準則では、平地における地層の垂直的分布を表現するために、基礎地盤地質調査や深井戸掘さくによって得られた地質柱状図、およびその地点を図幅内に表示することによって、少なくともその地点の周辺における地下地質を表現することになっている。地下地質を調査するために系統的な試錐を実施するのが、最も理想的であろうが、あえて言うならば現在でもこの実現は困難であろう。しかし、既存の地質柱状図は、あくまでも「他の目的のために」掘さくされた、フォアマンによる柱状図であり、筆者は、原資料に何の注釈も変換も加えることなく、表層地質図の利用者に提供するのが、最も親切な提供方法であると考えている。

VARNES (1974) の分類によるアンカバード、あるいはユニタイズドの図法は、表層地質図にも使用されて来た。たとえば、表層地質図「長岡」では地表下5mの深度に礫層のある範囲を図示したものは、地下に伏在する旧河道を示す別の表現法であると共に、建築物の基礎地盤条件や帯水層の位置を示し、これに地表下10mの深度に礫層のある範囲を図示したものと併読すると、礫層の垂直的なひろがり判断できる。もっとも、このような図面を作るには、系統的に掘さくされた調査成果が必要なことは言うまでもない。また、別の表層地質図では、例えば「川島」のように地表下10mの位置に粘土層が分布する範囲を示し、いわゆる「沖積層の海成粘土」を暗示させている。

富山県が1961年に発行した表層地質図「富山」は、ユニタイズドマップの日本における代表であろう。この図では、旧河床、現河床、丘陵地の谷を埋積している砂泥のほか、沖積低地の表現に、ボーリング柱状図から砂質部分の長さや礫質部分の長さの合計が、全長の何%に当たるかを計算し、グルーピングによって次のとおり図示単位を設定した。すなわち、第一礫層までの深さを全長としたもの、第一礫層までの深さが不確かな範囲については30mを基準としたものについて、砂礫率が80%以上、79~60%、59~40%、39%以下の4単位に区分し、合計8つの図示単位を設定した。基準の深度を30mにとった理由は、説明書中に記述されているが、ここでは省略する。但し、このような図示方法でも、かなりの数の試錐柱状図が必要であり、全国どこでも図示できるというものではない。

関東ロームで被覆された台地~丘陵地では、地表に露出するものは立川ロームだけであり、人工の切取斜面に、ローム層の累重関係が現れるだけである。しかし、多数の試錐柱状図と、地下掘さく現場での観察から、ローム層の累重関係が確認できるので、例えば表層地質図「八日市場」ではローム層の累重関係と同時に、地上からローム層基底までの概略の深さを表現するユニタイズドマップに仕上げる事が出来た。

ストライプトマップの図法は、まだ筆者の知る範囲では使用されたことはない。しかし、段丘地帯では、今後も適用可能であると考える。

(3) 土地分類の到達点

二十万分の一土地分類図シリーズは、各都府県単位、北海道については7つの地区に分割した単位で、昭和45年から54年にかけて発行された。この土地分類図は、次の図面の組合わせである。

地形分類図

起伏量・谷密度図 (オーバーレイ)

傾斜区分図 (オーバーレイ)

表層地質図 (平面的分類図)

表層地質図 (垂直的分類図) (オーバーレイ)

土壌図

土壌生産力可能性等級区分図（オーバレイ）

土地利用可能性分級図（土地利用現況図）

土地利用可能性分級図

この中で、土壌生産力可能性等級区分図は、土壌図から派生したものである。すなわち、未区分地としての市街地その他のほかに、岩石地帯・非土壌地帯（ P_0 ）およびⅠ等級（ P_1 ）からⅤ等級（ P_5 ）までの合計6区分を設定し、各々の図示単位は、土壌統群を土地の自然条件たとえば山地、丘陵地などの地形分類を「若干の重ね合せ」を加味した「グルーピング」と「変換」によって定義されている。

土地利用可能性分級図は、上記の土壌生産力可能性等級区分図と傾斜区分図、それに標高区分を重ね合せ、1類地から8類地までの図示単位を設けたものである。その内容から、土地利用可能性分級図は、土地の開発および利用に当って、その地域の自然的立地条件がどの程度のものかを図示しているが、分級を、どのように土地利用計画にとり入れるかということは、利用者の意志にまかせられているようである。

土地分類基本調査が土地の質を土壌と傾斜によって段階区分し、利用者に提供しようとする目標もっていることは、本章の始めに述べたが、土地利用可能性分級図は、その意味では到達点であったかも知れない。しかし、その到達点は、どちらかといえば第一次産業を目的にした到達点であって、アメリカ大陸のように未利用地を開発しようとする場合はともかく、日本のように、ほとんどの土地が高度に利用されている所では、ある種の困惑が残るかも知れない。しかし、個々の目的の適・不適の度合を判別するめやすを与えるように図示単位を設定した土地利用可能性分級図の考え方は、現在、アメリカ合衆国などで盛んに作成されている環境地質図の中にあり、その点では、昭和26年頃にその考えかたをまとめた日本の方が、より進んでいたといえよう。

しかし、一層具体的な、災害ポテンシャル区分図などは、現在の日本の国情では作図は可能であるとしても、その公開が可能かどうか、議論の余地があるうし、慎重を期すべきであるとの意見も強く残るであろう。

III. ま と め

David J. VARNES (1974) の地質図の論理に関する内容は、一般地質図から出発して、広範囲にわたる土地開発計画担当者の、さらには一般の人々までのそれぞれの目的に利用しやすい地質図類の作成手順や、作成者が伝達したい意志・内容を、どのように表現していくか等を解説したものであった。

その背景には、1970年前後からの大規模な土地開発計画、とくに新しく都市域を開発・発展させていく場合の開発計画の検討材料として、多くの地質図類が作成されている点があげられる。（黒田，1980）。

日本では、国土総合開発計画の一環としてすでに1954年に、土地の質を調査する土地分類基本調査が実行に移され、その一部を構成している表層地質調査の成果は、表層地質図として印刷・発行されている。表層地質図は、一般地質図ではなく、土地の開発・保全計画作成のための特殊地質図であって、いわばVARNES (1974) の紹介で用いた地質図類に該当するものである。その作成は、一般地質図を基礎として、各種のデータが付加され、表層地質図にまとめられているのであって、日本で土木工事現場を対象に、大規模な構造物を築造する目的で作成される1/500~1/5,000縮尺の「土木地質図」とは、岩盤の分類も、図面の作成手順も全く異なるものである。

換言すれば、土地分類基本調査の成果が、1/50,000縮尺の地質図類である限り、それは1/50,000縮尺の範囲での地質図学である。縮尺が小さくなればなるほど、地質図学としての意味、内容は深くなっていくものである。

最近、地域開発利用計画資料として作成された地質図類としてどのようなものがあるかを、筆者は充分に知っていない。おそらく、国や地方行政機関では、行政資料として多くの目的、内容のものが作成され

ていると考えられる。

文 献

- Association of Engineering Geologists (1969) : Definition of engineering geology, A. E. G. Newsletter, 12, 4, 3.
 BATES, R. L. and J. A. JACKSON, ed. (1980) : *Glossary of geology*, 2nd ed. 204p., Am. Geological Institute.
 UNESCO (1976) : Engineering Geological Maps—A guide to their preparation, earth sciences 15, 12. the UNESCO Press.
 経済審議庁国土調査課 (1954) : 国土調査——土地及び水の基礎講造.
 黒田和男 (1980) : アメリカの環境地質図, 応用地質, 21, 4, 224-230.
 WILLATTS, E. C. (1970) : Maps and maidens, *Cartographic Jour.*, 7, 1, 50.

(表層地質図に関する事例)

- 藤井昭二 (1962) : 土地分類基本調査, 表層地質調査「富山」及表層地質図, 富山県.
 黒田和男・安藤高明・宇野沢 昭・金井孝夫 (1970) : 土地分類基本調査, 表層地質調査「八日市場」及表層地質図, 経済企画庁.
 黒田和男・岡 重丈・村下敏夫 (1968) : 土地分類基本調査, 表層地質調査「長岡」及表層地質図, 経済企画庁.
 黒田和男・村下敏夫・塚脇祐次 (1971) : 土地分類基本調査, 表層地質調査「川島」及表層地質図, 経済企画庁.

(垂直方向の図示に関する文献)

- PASEK, J. (1968) : The development of engineering-geological maps in Czechoslovakia; *Zentr. Geol. Inst. Abh.*, 14, 75-85.
 ROCKAWAY, J. D. Jr., and LUTZEN, E. E. (1970) : Engineering geology of the Creve Coeur quadrangle, St. Louis County, Missouri, Missouri Div. Geol. Survey and Water Resources, *Eng. Geology Ser.* 2, 19.
 RUMMELEN, F. F. F. E. van (1965) : Bladen Zeeuwsch-Vlaanderen West en Oost, Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1 : 50,000, Geologische dienst, Haarlem 79p.
 以上の原図は, VARNES (1974) の中に再掲されている.

(1981年1月20日受理)