

生活環境に密接な地質要素とその情報提供

遠藤 秀典¹⁾

1. はじめに

都市に人口が集中し、稠密な土地利用がすすむにつれ、都市部での災害による危険性が增大している。また、人々の生活にとって良好な環境を維持することも困難になりつつある。このような状況には、都市とその周辺における地表下の事柄が深く関係しており、地質についての情報を広くわかりやすく提供することが重要になっている。

しかし、地質については、災害が発生したり、環境が悪化したりして、問題が深刻になってはじめて注目を集めることが多い。例えば、地下水は直接目に触れる機会が少なく、水質の変化なども徐々に進行するので、私たちは地下水の存在を普段あまり意識しない。火山噴火や地震などによる災害も、それぞれの地域で再来するまでの期間が長く、災害が身近に起こるまで危険性がなかなか認識されにくい。そのため、それらに関する情報を、問題が発生する以前に、できるだけ具体的に明示する必要がある。

一方、都市における様々な問題の解決に向けては、個々の場所あるいは施設の対策だけではなく、都市における各機能を適切に配置することなど、限られた空間を合理的に活用することも重要である。また、災害による被災場所や環境変化の影響を受ける範囲は、その原因となる場所から離れていることも多い。

したがって、地域全体の環境の分布について明らかにする地域調査の重要性が増している。これは、従来の建設サイトにおける調査に比較して、格段に広い範囲を取り扱うものである。このような地域調査によって、環境や災害についての現状と将

来予測、及び対策に関係する情報を地図などに取りまとめていくことができれば、それは効果的な情報伝達手段となる。

しかし、明らかにしておかなければならない事柄の具体的内容や範囲、将来予測などの解析手法、そのために必要なデータ、及び地域全体を迅速に調査する方法の明確化など、検討すべき課題が多く残されているのが現状である。

このため、筆者らのグループでは「生活環境に密接な地域地質要素の調査・解析手法開発の研究」を実施し、仙台市及び山形市周辺を事例に、これらの課題について検討している。本稿では、都市域における多様な問題と、それら対して明らかにする必要がある情報の内容や要件、情報提供のための地質環境図類の作成手順や体系などについて、仙台市や山形市周辺を例にして述べる。

2. 都市における多様な問題と都市地質学

都市では、地質が関係する多くの問題がある。一例として、日本の都市の大部分が立地する平野部には、軟らかい泥層（例えば標準貫入試験値が5程度以下）などが50m以上の厚さで分布することがある。それらの強度などの物性の深度分布は、建物の支持などに直接関係する。一方、それらの分布構造は、地震動の卓越周波数や増幅率の違いをもたらす。地震災害の地域分布に密接に関係する。仙台市周辺では、そのような堆積物が存在する海岸側の低地へと都市域が広がっている。また、仙台市における長町-利府線などの断層や、山形盆地における地質構造も震動分布に強く影響すると考えられる。したがって、都市域周辺での浅部の地

1) 地質調査所 環境地質部

キーワード：生活環境、環境地質、都市地質、防災、環境保全、地質環境図

質や活断層を含む地質構造を明らかにし、それらが震動分布に及ぼす影響について明確にすることも重要な検討課題である。

好ましくない水文（地表水及び地下水）環境の変化として、仙台市周辺では、海岸から内陸に向かって地下水が塩水化するなどの問題がある。また、山形市周辺では、地盤沈下が生じている。水文環境では、地層の透水性などの空間的分布とともに、山地・丘陵などの涵養域と平野の利用域との間の地下水の移動経路・量など（流動システム）が、環境の問題に密接に関係する。過剰な揚水とともに、周辺の開発に起因する降雨の地下への浸透量（涵養量）の減少も、上記の地下水の塩水化や地盤沈下の問題に関係している可能性がある。さらに都市においては、今後廃棄物処理の問題がより深刻になっていくものと予想される。

都市域は、仙台市及び山形市周辺においてみられるように、丘陵や山地へも拡大しており、斜面災害による危険性も増している。地すべりなどの分布とその移動の可能性、あるいは造成地における地震時の安定性について明らかにすることも、都市の生活環境を考える上で重要である。

一方、内陸地震や火山噴火による影響も懸念される。仙台市街地には、先に述べたように長町—利府線などの活断層が存在する。また山形市街地は、100年前までの噴火記録がある蔵王山に近く、その斜面には、大規模崩壊の地形（数万年前？）が残っている。これらの情報の提供方法も検討すべき課題である。さらに、都市において大量に用いられている骨材や盛土などの建設材料資源の合理的活用に関する検討も重要である。

このような都市および周辺地域における多様な

問題に対し、地質学の各分野が従来の縦割ではなく、横断的かつ体系的に検討する分野として、都市地質学がある。その基本的考え方として、開発などにおける諸問題の解決に地質学の知識や方法が役立つとする環境地質学の理念がある。「生活環境に密接な地域地質要素の調査・解析手法開発の研究」は、このような都市地質学や環境地質学を実践するものであるともいえる。

3. 生活環境に密接な地質要素とは

都市及びその周辺における身近な問題に対し、都市地質学に求められていることは、環境・災害などに関係する地質の具体的情報の提供である。すなわち、災害による危険性の度合いや、環境が損なわれる程度などを明確にし、この土地の地盤は良いか悪いか、廃棄物処理場にして地下水は大丈夫かなどに対しての情報を提供することである。

災害の危険性のリスクなど、あるいは水文環境が損なわれるポテンシャルなどを含めた広い意味の身近な環境を、ここでは生活環境と呼んでいる。生活環境に密接に関係する地質の要素とは、例えば震動の増幅特性や地下水の移動経路や量などである。また、それらを規制している基礎的な要素として、地質の物性などとその空間的な分布がある。

一般的な地質図では、地質年代などによって区分された地層の岩種や岩相の分布が主として示されている。それに対して、上記のような地質要素を、生活環境に密接な地質要素と呼んで区別している。主な項目を第1表に示す。本表では基礎的な項目と、それらにおけるデータなどを解析して得られる解析的な項目を分けて示している。

第1表 地質環境調査の主要項目。

<p>基礎的項目</p> <ul style="list-style-type: none"> 地層の分布と岩石などの物理・化学的性質など 地表及び地下水の分布と水文地質学的性質（水質、流量、地下水位）など 斜面移動のタイプとその分布など <p>解析的項目</p> <ul style="list-style-type: none"> 土木・建設に関する地下地質など 地震災害に関する周波数特性、増幅、及び液状化予測など 水文環境の悪化（汚染、塩水化、地盤沈下、降雨の地表流出量の増大）に関する地表水及び地下水の空間的な関係など 斜面の安定性に関する斜面区分など 火山噴火および地震の襲来に関する火山の活動履歴や活断層の活動度など

4. 環境項目の全体的な把握

都市地質学は、地質災害による被害や人間の行為が環境に及ぼす影響の軽減をはかること、及び限られた資源の合理的な利用を促すことを目的とする。しかし、人間と環境との関係におけるこれらの面は、都市の限られた空間の中では、相反することがしばしばある。つまり、一側面に対する対策が別の問題を生じることがあり、そこに都市における環境問題解決の難しさがある。例えば、地盤沈下の抑制のために揚水規制を行い地盤沈下を緩和できたものの、一方では地下水位が上昇したことにより、低温の地下水が自噴したり、地震による液化化ポテンシャルが高くなったところがある。

上記の例からみてもわかるとおり、どのような問題を生じる可能性があるか、その問題を見逃すことがないようにすることが重要である。そのため、都市地質学における調査では、環境の主要な項目について網羅的に把握しておく必要がある。

ところで、人間の営みとの関係によって自然を解釈する場合、その見方や側面によって、事柄あるいは条件の結果・受け止め方は大きく異なる。したがって環境の評価は、それをを行う人の立場によって少しずつ異なるし、ある程度恣意的なものとなる。むしろ、評価は行政にゆだねられるべきものと個人的には考えている。その判断基準となるデータや情報をできるだけ客観的なものとし、あるいは取りそろえる方法などを明らかにすることが都市地質学研究者の役割であると筆者は考える。

5. 地域調査の重要性

環境の調査では、ある一定の広がりをもった範囲を対象とする地域調査が重要である。

その理由の第1は、環境変化の影響範囲や災害による被災場所は、その原因となる場所から離れていることも多い点である。例えば、地下水などの問題には、その場所の過剰揚水だけでなく、周辺の流域での涵養量の減少などが関係する。また、例えば土砂災害では、斜面から遠くはなれた場所までも埋めつくすことがある。

第2には、限られた都市の空間の中では、環境条件の地域分布に対応する適切な場所に、構築物

の用途や種類などをそれぞれ配置する必要があるためである。特に現在の都市の多様な問題の解決には、各機能の再配置や、各地域毎の規制等が必要になっている。そのために必要な情報を、地域調査によって明らかにすることが求められている。

第3に、1995年兵庫県南部地震で取り上げられているような、地質構造が地震動の分布に大きく影響する問題がある。地質の空間的な分布と構造を把握するためにも地域調査は欠かせない。

さらに、地域調査における将来予測では、通常の土木などが想定しているよりも長い時間を見通して検討する。地域調査は、サイト調査とは質的にも異なったものである。

筆者らのグループでの研究では、地域調査の方法についても検討している。詳しい調査がサイト調査によって行われるものだとすると、地域調査の重要性は、問題の所在について明らかにすることだともいえる。このことに基づいて、地域調査の内容・精度に一定の枠をはめることができる。

地域調査の対象範囲としては、都市域を含め、その地下水などに影響する流域の主要範囲や、地質構造境界までの範囲などが目安になる。地形図の輪郭などにはとらわれなくて、地域調査はすすめられるべきであろう。

6. より客観的な推定・予測

地域調査によって得られた結果は、「わかりやすい」情報として提供することが大切であり、それには何よりも客観的な推定・予測が必要である。

生活環境に関する具体的な情報、例えば「この場所は地震に対して安全度が高い」などといった情報を提供できれば、だれにもわかりやすい。これまでは、予測が一面的であったり、単純すぎる仮定に基づいていたり、あるいは定性的であって、専門家以外では誤解を招きやすく、一般に公表するには問題がある場合が多かったのではなかろうか。

「わかりやすい」情報には、一定以上の客観性を確保することが不可欠である。そのためには、基礎的項目(第1表)における各要素についての推定をできるだけ確実なものにすること、及び解析的項目における解析などをできるだけ客観的なものにする必要がある。

7. 地域調査の展開

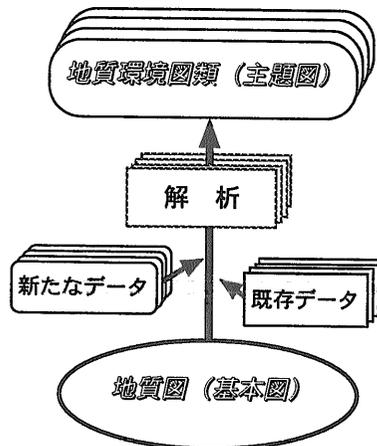
以上のように、筆者らのグループの研究は、都市及びその周辺地域における防災・環境保全・資源の合理的利用に関係する地質要素について、一定以上の客観性を確保し、かつ網羅的に把握して、必要な情報を提供していこうとするものであり、それらの方法について検討している。

地域全体を迅速に調査できる手法を明らかにすることも必要であり、その実現は容易ではない。しかし、地質図などを基礎とすること、ボーリングデータや過去の災害分布の履歴などの既存データを活用すること、新たに必要になる調査を最近の技術や機器を用いて実施すること、及びクロスチェックを行い将来予測などを客観的なものにするなどによって困難な点を克服できると考えている。

第1図には、基本図から主題図に至る調査の過程をおおまかに示した。この過程には、地質図などの地質区分を基本として、各単元の岩体としての物性などを明らかにすること、それらに基づいて地質区分を再検討し、細分あるいは統合すること、及び地形分類・解析なども活用し、地表地質や斜面移動の分布、あるいは水文条件の分布などを検討することなどの作業が含まれている。

一方、都市域では、中・高層建物や公共施設のサイト調査などに際して、膨大な地下の調査が行われている。水質などの調査も種々の目的で多くの機関により実施されている。それらの既存データを活用することによって、堆積物の分布や地下水の存在状況などについて把握することができる。また、過去に地震災害を被ったり、地下水に関する問題が顕在化しているところでは、それらの履歴などのデータを用いることによって、過去から現在に至る経過を把握し、さらに将来予測について検証することが可能である。

新たなデータの取得に関しては、従来に比べると現在ははるかに容易に、水質などの分析ができる。とはいえ、相当なコストがかかる分析・測定項目も少なくない。したがって、どのようなデータが的確であるか、あるいはどの程度の密度で調査することによって一定の精度が得られるかなどについて検討することも、地域調査の方法を明らかにしていく上で重要である。



第1図 地質環境調査における地質図、各種データ及び解析。

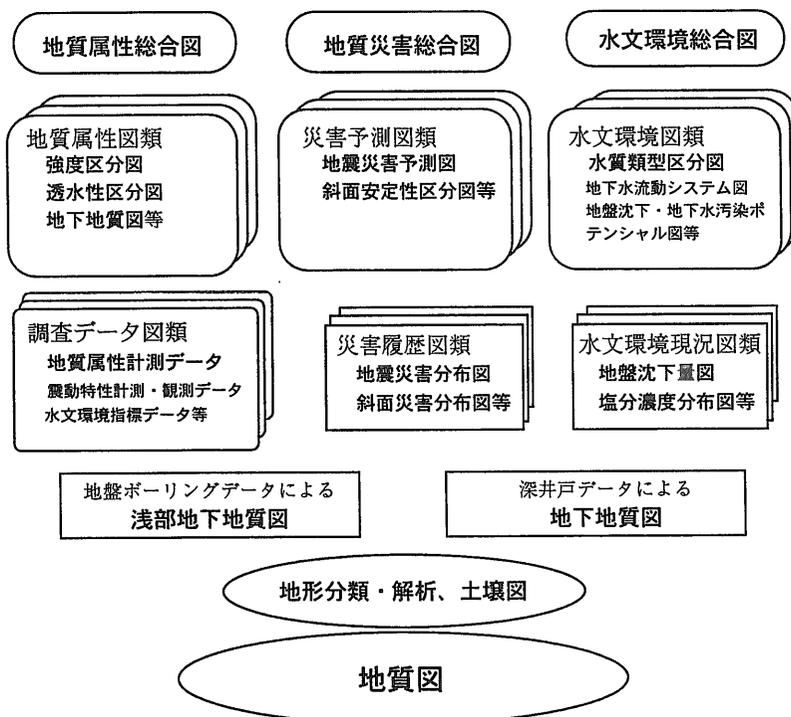
このような都市地質学の研究では、多くの専門分野の協力と連携がその進捗を左右する。「生活環境に密接な地域地質要素の調査・解析手法開発の研究」においては、地質系はむしろ少なく、化学系あるいは物理系の研究者が大部分を占めており、相互に協力しあっている。

8. 地質環境図の体系と整備

各要素毎に分布図などを作成するだけでは、全体的な把握が困難である。したがって、関連性が大きい地質要素、あるいは目的ごとに、諸要素についてまとめた図面を作成することが必要になる。例えば、岩体としての強度、透水性、あるいはそれらの地下の分布図を組み合わせた地図、または地質災害に関連する要素、水文環境に関連する要素などをそれぞれまとめた総合図の作成が考えられる。

一方、環境は基本的に変化するものであるし、環境を把握するためのデータは次第に蓄積されていく。それらの解析手法などもより適切になっていくと考えられる。このため、環境地質図類を、データの種類などによって整理しておく都合がよい。その区分の例を第2図に示す。

個々の図面の作成は、対象地域のデータの蓄積状態や地域性などに基づいて順次行われる。それぞれ徐々に質を高めていくことによって、生活環境に密接に関係する地質要素の情報がわかりやすい形で整備されていくものと期待される。



第2図 地質環境図類の種類と区分の例。

「生活環境に密接な地域地質要素の調査・解析手法開発の研究」では、縮尺2万5千分の1を中心に地質環境図類を作成することを計画している。その作図は、GIS(地理情報システム)を用いたコンピュータ上で行う計画である。また、それらの地理情報と種々のデータのリンクなどについても検討したいと考えている。

9. おわりに

本稿の「地質」には地表下の多くの事柄を含んでいる。地質より広い意味の言葉である地盤などの方が適当とも考えた。筆者らによる研究の大部分も地質学的というよりも地球化学・物理的、あるいは工学的である。しかし、あえて地質にこだわった。地表下の事柄が災害軽減や環境保全に反映されていくためには、サイト調査やサンプル分析に大きく依存した従来の枠を越える必要があると考えるからである。データの意味、すなわちその成因や、それに基づく物性などの空間的分布の検討が、今後の地域研究・調査において重要であると考えている。

小さなサンプルの分析結果の集合が地層(岩体)としての全体的な性質に対応している保証もないし、地点毎のデータを集めることのみでは、地域の環境の理解もできない。かといって、闇雲な調査には膨大な経費を必要とする。

一方では、従来の地盤図などのように、既存のボーリング柱状図などを地質学的に解釈し、地質境界の深度分布などを明らかにすることだけでは不十分であるとする。それらが震動予測などに活用されるので、地質学が介入するのは等深度線を描くようなことまでであると、筆者自身も考えていたことがある。しかし、工学的分野では地質の複雑で多様な面を単純化しすぎるあまり、現実がどれほど反映されているのかと不安になることも多い。

都市などにおける様々な問題の解決には地域調査が重要であり、今後その内容を充実していくためには地質・物理・化学・工学的な各分野相互間のフィードバックが大きな鍵になると考える。

ENDO Hidenori (1997): Geological elements closely related to the living environment and the mapping.

< 受付: 1997年3月3日 >