これからの応用地質学

——環境科学へのアプローチ——

蔵 田 延 男*

On the Course of Applied Geology in Future

By

Nobuo KURATA

Abstract

Up to the present, geology has served to the human life through the development of the subterranean resources,—metal, non-metal, coal, oil and natural gas. But it was committed to the care of the circumstances of the entrepreneurs for mines or factories. In a word, our daily life can not be directly a recipient of favours of their developments. The extension of engineering geology has done keep down of full breadth these intermediary factors. For instance, if an engineering geologist failed to specify geologically the dangerous point on the construction spot, people may be securely faced to suffer the dangerous attacks.

We shall have essentially the social instinct to protect ourselves and to keep our daily life at a distance from the natural disasters.

Our human society demands geo-scientific explorations or fundamental researches for promoting the conservation of the land and landwaters or the prevention of the land disasters.

Accordingly, our applied geology in future will be predestined to approach to the entrance of environmental sciences. I think, applied geology should be a catalyzer to promote such activities.

胃頭にあたって

わたしたちの地質調査所では、長い歴史をもつていたくせに、ここ10余年ほどの間、外界の激しい変遷にこたえるにふさわしいような体質改善が行なわれていなかった。つまり昭和24年(1949年)、当時の訪日技術顧問 Dr. Alan M. Bateman の所内事業、機構に関する改編勧告によつて、つくられた部課制がほとんどそのまま昭和40年はじめまでもちこされていたのである。その途中で、たとえば昭和30年(1955年)には地球化学の研究部門が新課としてみとめられ、31年にはウラン原鉱石の緊急探査を旗じるしに、核原料資源課が、また翌32年には工業用地下水の調査部門が工業用水課として発足するに至りはしたが、しかしこれらは、基本的な機構改革というより、むしろ必要

* 地質調査所 応用地質部

にせまれた拡張であつた。

とくに基礎地質図をつくることを主命としている地質部のなかに、昭和24年以来設けられていた応用地質部門は、その後外部において当該部門に対応する民間ベースの急速な発展にもかかわらず、水の部門を工業用水課として分立したにとどまつて、機構的にすこぶる不利、不都合な状態のまま、昭和40年を迎えざるをえなかつたのである。

たまたまこの年、諸般の条件がそろつて、ようやくにして——それは全く15年ぶりであつたのだが——部の新設がみとめられ、あらたに従来の地質部から応用地質部が分立し、基礎地質図の研究部門——この部門自身も地域地質研究部門として粧いをかえたのであるが——に対して、わたしたちの生活、社会環境にじかに寄与しなければならない使命をになつた地質学の分野が誕生したのである。

外界における地学応用分野のひろがり

太平洋戦争後、国内におけるさまざまな分野の急速な発展、あるいは変遷に応じて、地質学——地学の応用分野もめざましい変貌をみせてきた。まずあげられることは、わたし自身の専門としている水の問題をとりあげて恐縮だが、地下水の調査がひろく行なわれるようになって、電気探査などがきわめてしぜんに簡単に行なえるようになってきたことあげさせてもらいたい。この面で農林省の開拓事業や土地改良事業などで行なつた実績は、少なくとも終戦後の前半の10年間をみると、素晴しくおおい。しかしその反面後半において、その濫用がむしろ、電気探査をすれば水がでるといふ人々の過信まで誘発するにいたつたことは、輸入文化国家のならいとはいへ、いささか、残念にも思われる。

第2に総合開発計画における地学関係、とくに地質の応用分野の仕事をあげてよろしいかと思う。これにはいろいろの関連の仕方があつたが、一つにダムの問題がある。もともと戦後提唱されて、立法措置までできた総合開発なるものは、アメリカ合衆国のTVAの思想を、昭和22年農村省開拓局で富士山域に適用するべく取り入れたのがはじまりで、以来数年間、国内を風靡したのであるが、所詮わが国の場合には産業の総合開発ではなく、単にその基幹となる電力を優先的に山間に設けた貯水池式発電所によつて確保するというに止まつてしまつた感がつよい。したがつて、ダムや導水トンネルなどは、土木地質学的に高度の要請に答えるべく発展をとげる必要に迫られたわけであるが、総合開発計画そのものが、どこでもたいてい、山間の開発が主で、一つの河川に結ばれている下流平野部のことは、ほとんど関心をもたれることなく取り扱われてきてしまつた関係上、中・下流部とくに下流の既開発地区や、いわゆるその総合開発と時間的に平行して開発の必要に迫られていたような地区における、河床変化やそれに伴う地下水理の変化などがほとんどいつてよいくらい無視されてしまい、その実害が、たとえば最近の静岡県大井川総合開発結果のように、ひどい矛盾を生じるようになってきたのである。したがつてここではわたしたち応用地質分野の仕事は、一面において沢山な実績をあげていた割合に、その真の社会的貢献を有終の美をもつて飾り了せるにいたつてはいない。

第3には地盤沈下などいわゆる産業—地盤公害の問題がある。大阪や東京の地盤沈下は、昭和初年から問題にこそなつていたが、戦後の工業再興と、用水型企業の進出、朝鮮ブーム以降の経済高度成長に伴う設備投資の異常な拡大など、いくつかの条件に支えられて、デルタ地帯では、地下水を抜くと必ず地盤が沈下するとまでいわれるくらいに宣伝されてしまつた。

もつともこれに対しては、決して無策であつたわけではなく、地下水保全を目標にしながら、地盤沈下をくいとめるために、昭和31年工業用水法が立法化され、以来、しつようにつきまとう利権関係の諸問題

を克服しながら、水理地質学的な裏づけのもとに、次々と手を打ってきた結果、両3年来すでにその効果発揮の前徴がみられるまでにいたつたのである。またこれと別に、地盤沈下の予防という建前から、都市地盤調査になぞらえた工業地帯地盤調査の進展から、軟弱地盤（N値による地耐力5以下）や超軟弱地盤（同じくN値1以下、N値0というような地盤）の問題がひきずりだされ、その調査技術にいろいろの工夫進歩をみたことは、もつておおいに賞すべき点であろう。

またもつと違った方面から、つまりビルが次第に高層化してきたというようなことから、地耐力ならびにそれに関連する基礎地盤調査や、あるいは土地の取得にからんだ補償問題などから、鉄道、道路、あるいはウエルポイント工法などを使う市街地の諸工事にも、たいてい地質調査や地下水の事前調査が必要であり、しばしばそれが工事の成否に重大関係をもちかねないという認識がたかまり、事実そういう結果を実際に示した例が続出してきたのである。当然こうした方面の研究調査の需要が激増をみせてきた。

むろんこれらは、後に一少なくも福井地震、新潟地震などによつて、地震災害と結びついて、一層価値あるものとなるのであるが……。

第4に、片や地すべり、山くずれなど地域的災害から、他の一方で高潮、地震などによる災害をいかにして防止し、予知するかという一連の防災地学上の要請がたかまつてきて、それに答える必要が強く要請されてきたということをあげなければなるまい。もともと地すべりは、田毎の月にたとえられる通り、特定地域の慢性の地質学的症状であつたわけであるが、戦後の土地利用度の向上、人命尊重の風潮のたかまりなどが基調になつて、重視されるにいたり、山くずれとともに年毎にその災害度合が大きくなる傾向に対し、何とかこれを科学的に知り、抑えあるいは予知することが現実に必要なとなつてきたというわけである。

最近では、崖くずれが、地価の高騰、宅地など造成地の濫造から、全くいままでに感じられなかつたほどの危険頻度で重大視されるようになってきた。これらのいわゆる地表地盤変動現象に関連しては、昭和33年地すべり等防止法の立法化以降、とみに研究さかんとなり、科学技術庁防災科学技術センターの開設、地すべり学会の設立など、画期的変化をさげるにいたつたのである。

第5番目に、少しく時機的に前後はするが、昭和32年、技術士法の制定によつて、はじめて個人の専門技術を世間で公認させるための国家登録ができることとなり、地学の分野でも応用理学（うち地質、地球物理）、水道、鉱業などの部門で、独立した技術士として、主として応用分野の計画、研究、試験、評価などを手がけることができるようになった。以来、応用地質調査事務所などをはじめ、多数のコンサルタント会社が地質調査、つまり応用地質学的な調査や技術開発を行なつて、わずかずつではあるが、着実な進歩をみせている。そのむかし……といつて15年前にはまだ物理探査の民間企業としてあつたのが、電気探鉱協会と日本物理探鉱株式会社だけであつたことを考えると、現在の盛況は当時想像できなかつたものである。

ともあれ、こうした民間企業の進展に伴つて、応用分野に切つても切れない関係のあるボーリング関係が、建築ブームやオリンピック、新幹線などの建設に刺激されて進歩する一方、小企業として濫立し、手におえない状態に近づいていることも事実としてみとめなければなるまい。

いわゆる応用地質学のありかた

由来、鉱床学というものはあつても、応用地質学なんていうものは存在しないと仰言る御仁もいる。わたしの専門とする地下水学が、日本地下水学会というのはあるが、なお充分な学的体系をなしていないのと似て、応用地質学というものも堂々と存在しているとは思つてい

ない。これから創る………これからできてくる一つの科学部門であろう。少なくともつくられていくものであるというところに、既存部門に対する従属と違いたいわば、開拓の気魄と創意工夫にみちあふれたわたしたちの進路をみつめ合うのである。

もともと地学 geo-science のうち、少なくとも地質学 geology は、その応用分野の第一歩として、石炭や石油、金や鉄鉱などいわゆる 鉱物資源を 探鉱するのに 結びついて 進歩してきていることが明らかにいえる。地下深部にひそむこれらの資源の探鉱結果は、鉱区の登録、鉱山の開発、経営となつて、その産出鉱石が工業の原料となり、生産企業の手をえて、あるいはガソリンとなり、鉄板・鉄筋・化学繊維品、合成樹脂製品などとなつて、わたしたちの生活につながり、あるいはそれをうるおす材料となる。ここで注意しておくべきことは、国家経済につながりは深い、それだけにわたしたち個人の生活に結ばれるまでには、いく通りかの企業家の意志に委ねられて、はじめて地球の、あるいは地質学の恩恵が感じられてくるという関係が成立しているということである。つまり早い話だが、探鉱というきわめて危険投資的な要素が大幅に介在している場合をいつているのである。

いま一つこれより危険投資的要素の小さいもので、地質調査の結果から、地表にみられる資源、たとえば石灰岩、けい砂、粘土、河川砂利、石材などを採掘してくる場合がある。そのある場合には、工業原料として工場をへて、個人の生活の前に姿をあらわすものもあるが、少なくとも、前述の地下にひそんでいる石油や鉄鉱を探鉱して求める場合よりは、感覚的にみても地質学と個人の生活との接近度がおおきい。

そしていま一步前進すると、いわゆる土木地質調査というのがあらわれる。地質学が基礎地質図をつくり、応用地質図がその上に重ねたかたちでつくられると、それを使つて土木開発工事、たとえばダム、隧道、交通路線、都市、工場あるいは、井戸掘さくなど、さまざまな工事が行われうる。これらは場合によつて、わたしたちの今日の生活を支える直接の舞台となり、力となるほかに、ことによるとその適否の判断次第では、生命を失う直接の原因ともなりかねない。隧道の地質判断の錯誤は工事上のミスに伴い、それが崩れ、人命を損傷する恐れなしとしない。ダムもしかり、路床地盤などもしかり、つまり前二者の場合には考えられなかつた面があらわれてくる。

最近とみに活発になつてきた地すべり、崖くずれ、あるいは地盤沈下の研究や、地震あるいは火山爆発による被害などを予知しようといういわゆる防災地質となると、これはもつとはるかに密切に、地質学の知識、経験、技術などが、個人の生命、財産を安全にまもるか危険にさらすかのさい配を振るというかたちになるか。前の場合よりぐんと身近かに地質学、もしくは地学を感じるという結果ともなろう。

こうして考えてみると、地学の応用分野は、こと地質学に関する面では、国家経済に直結するかたちから、人類福祉のためというか、生活環境防衛のためにというか、とにかくそういった方向に向かつて進んでいくことが要請されているように思われてくるのである。

開 発 か 保 全 か

さてそこで、いさしく具体的に地質学、もしくは地球科学のおかれている社会的地位、みつめられている社会的価値の面から 考察を進めてみたいと思う。つまりたとえば国土の開発に役立つような面が強調される方向に 応用地質学の使命が、たかまつていくべきなのか、それとも 国土の保全、人類の防衛といった方向に 役立つような面が強調されることに 応用地質学のこれからの 基本の姿勢を求めるべきなのかということにあえて 議論をいどうというわけである。

従来丹念に調査され、詳しく時代別された地質図というものは、わたしたちの出発点になるものであり、その上立つて、たとえば流水のせき止めに適した地点を探したり、さく井の適地を求めたり、あるいは温泉を掘りあてる可能性をみつけようとしてきた。いろいろの方法の物理探査やそのほか化学的な若干の探測法も用いやすが、しかしおおざっぱにいうと定性的な推定であつて、定量的な計算による方法ではなかつた。俗ないいかたをすると、多分に“かん”と経験とにたよつて、ここ掘れワンワン式に調査し、資料をつくり、あるいは指導して開発を促がしていくという形式をとつてきた。そしてわずかに、いままでのような時代別、あるいは岩石学的種類別に区分されていることが、一般の人たちにひどく理解されにくい状態にあるということに気がついて、少しずつ硬い岩、軟かい岩、われ目の多い少ない、あるいは滲透性のよい地盤、わるい地盤といった風な表現をとり入れてきたのが、応用地質分野成長のいつわらぬ姿であろう。しかしとにかく硬い軟い、多い少い、よいわるいというようなことばは、現象それ自体が相対的であつて、一応専門的な立場から表現するとはいつてもなお主観の入る余地があり、充分定量的な表現をするにはいろいろの苦勞があつた。とくにわが国のように複雑細切れの地質条件のところでは、断片的な測値がえられても、それを普遍化、もしくは拡大適用する点でいきづまつてしまう。かりにある場所であつても、別なところではそれが全く違う条件で使えないということに常になやまさせられる。したがつていつも専門家を煩わさなければならず、その結果として、当該専門家は結構重宝がられ、利用されて、地質学もしくは地球科学の人間活動への接触面における機能の一端をとにもかくにもはたしてきたのである。しかしその反面においていつも専門家にたよるという習慣が、地質学あるいは地球科学の体験をひろく一般の人々の生活のなかに、つまり社会科学のなかにとけ込ませるということに阻害していたという結果をまた導きだしていた。

多分今後も国土開発的な分野、つまりダム、隧道、路盤、基礎地盤、温泉、土建材料などを対象とする開発面の調査や、それに必要な技術的な研究は依然として要求しつづけられるであろう。

そしてそうした応用地質分野の仕事は、多分わが国の現状から考えれば、技術士法の強化、改正にまもられて、民間企業のベースで高度に取り扱われていく可能性がおおきい。

ところで開発には必ず限度がある。石油や鉄鉱などの鉱物資源の場合には、その限度をこして鉱石がなくなれば、外国から買つてくるという手もある。しかし水の場合には海水の淡水化以外には、外国からもつてくるといふほどでないし、砂利や石材となると一層こまるし、まさか温泉や地熱が限度一杯開発しつくしたからといつて、アメリカ合衆国の西部地方から運んでくることはできない相談である。土地そのものとなればもはや絶対不可能で、そこにある姿で“保護、保全”する以外にはその変貌、減少をくい止める手はない。

ここで一連の問題 conservation geology ともいうべき、開発一点張りではなく、保全を前提にした開発のための geology もしくは、開発の規模を意識的に縮小しても多勢の人にその分配、利用を可能にするために保護処置をすすめるための geo-science がぜひとも研究、開拓されていかなければならないという、民間企業には委ねられない国家的課題が与えられるのである。そしてそれは、たしかに国の機関としての応用地質分野で正面から取り組まなければならない問題であることには間違いないであろう。

地下水を含む水資源、温泉源、土地の崩壊、流亡、貯水池埋没、海拔ゼロメートル地帯、河川の砂利などが、まさに眼前においてその保全を考慮しなければならない対象であり、その合理的な開発利用の方式を、conservation geology の裏面からにじみださせることが、まさに必要なのである。

応用地質には geo-technics プラス アルファ

たしかに地質現象を定量的に表現することは、地球物理や地球化学の人たちと話し合う場合にも必要だし、さらに人間生活や土木工事に接触させようとするときには、それをぜひとも検討してかからないと、

充分に意見がたつたわらない結果、地質—地学の仕事が世のなかに滲透していかなかつたり、折角の苦労もその割にむくわれなかつたりする。非常に断層が多い……とか、多少もめているところだ……とかいう、きわめてばく然としたいいかたをする。わたくしたちはそれに慣れているけれど、第三者には見当がつかないままに話を進めざるをえなくなる。むづかしい専門語もさることながら、定量的に表現する習慣、そして当然その基礎となる表現方法に関する関心、研究がとり入れられるならば、多分それだけでも応用地質の窓口は開かれるであろうし、科学の他の部門との協調にも役立つことであろう。

定量的表現の難易は、ぼつんぼつんとした測値を一つのマスとしてどれだけまとめて表現できるかということにかかっており、ある単位で定量的に表現されたマス——たとえば孔隙率 40 % の砂利層で、比抵抗 50,000 ohm-cm 台の地層——に対し、明らかに異なつた別のマスが——たとえば孔隙率 70 % の細泥層で比抵抗 5,000~6,000 ohm-cm の地層という風に——区別されることがまず必要である。したがって必ずしも一足跳びに統計的处理や数理的解析をすることをいま急いで研究しなければならないというわけのものではない。

ところで engineering geology もしくは geo-technics、つまり土木地質学と称すべき分野ではたしかにごく最初から定量的表現の導入が要求されており、そのためにはいろいろの計測方法や、特殊な試料の採取法などが常に研究される必要にせまられていた。そして多くの場合その判定精度が調査結果のよしあしを決めるのに直結される。

応用地質分野にはこうした定量的な表現が基本的に必要なことは否定できないが、しかし最後まで定量的表現をまもらなければならない分野ばかりかというとは決してそうというわけではない。浸蝕現象とか風化現象とか、土砂の崩壊、流送、堆積、水の地下浸透、蒸気の噴出、湧泉の機構など、基礎的な現象はすべてきわめて多数の因子に支えられており、しかも地理的ひろがりを知るということにむしろ応用地質分野としての重要性がかかっている問題なので、これらは定量的表現をするしないはむしろ二義的なものになつてしまう。

地すべりや山崩れなど、いわゆる地表変動災害の発生を予知して、人命の安全をはかる対策を講ずることは、必ずしも交通不便な、人口密度の低いところに限られるわけではなく、横浜市のよう大都市にも崖くずれというかたちで、その予知、防止が速急に必要視されてきていたりして、開発の進むにつれ、いままでに生じなかつたような新しいかたちの土地災害が生まれる可能性もある。“うちの裏の崖は今度の雨に大丈夫でしょうか”というような住民の素朴な問合わせに、可及的精確に危険か安全かを告げる。あるいはそれが不可能なら危険を予め知る何らかのめやすを示してやれるようにまでもっていくことが、これからの応用地質学の協力分野であり、自らの開拓目標でもあるように思われる。geo-technics にこり過ぎると、防止対策や災害復旧の方に走つてしまうので、こうした“まと”に向かつていくには、やはり、“いつ、どこで、地すべりや崩壊がおこるか”ということをつつも念頭において、地盤と水の関連をきめ細かに調べあげていくこと以外には手がなさそうである。したがってこんな風に原因が錯雑している災害発生に立ち向かわなければならない conservation geology の範ちゆうでは、定量的表現の開拓と同時に、それにまさるとも劣らない力強さで、可及的広範な現場から地質学的情報の取材という、地道な仕事が進められなければならないまい。

環境科学への一步接近

火山の爆発や地震発生の予知がうまくできるようになれば、それなりにまた一つの社会的問題のたねがまかれるにせよ、わが国のような災害宿命国には素晴らしいおくりものであるだろう。とくに広域の都市群に重大な被害を与える地震の予知は、わが国の場合もつともおおきな関心事であるはずである。しかしながら地表近くに発因すると考えられる地すべり、崖くずれすらその予知にはまだ不十分な現段階において、この気まぐれな地球の発作は予測し、予知するに複雑過ぎ、高遠過ぎる。

そこで、せめて建築物の耐震構造の研究と、地盤の地震動に対する強弱の度合を知っておくという手で、被害を可及的小さくする遠巻きの方法が現在の

ところ採用されているという次第である。しかしこの場合にも地盤に対する真の理解、関心は低く薄く、ポイントについての地盤の事情については充分手が打てていても、連続した地層という観点、もしくは相重なっている何層かの堆積物としての観点から、そのポイントがいかような力を受けたり、変位をするかというような方面についてはほとんど理解されていない。つまり人工の建築物の基礎と、自然物の地盤との接触点における充分な調和はとられていない。そこで期せずして新潟地震にその盲点をつかれたかたちになったのであるが、これからの応用地質学が、地表下にひろがる地盤の地質学的研究に基づいて、要注意地区、もしくは要注意空間(深さを含む)を指摘するということは、少なくとも、いわゆる現在行なわれている耐震構造の研究成果と、将来達成されるであろう地震予知との間をつなぐいみからいっても、応用地質学のなすべき重要な仕事と思われる。

井戸の水質や、近くで行なわれる土木工事などによる井戸涸れの問題、あるいは宅地を求めるときに必要な地盤や水のよしあし、排水の具合など、きわめて身近かなところどころがつている問題に対して、一般の常識の基準が実際にどの辺にあるかということは、あげつらうまでもなく、決して充分なものでないと答えざるをえない。わたしたちは、この地球のうわつつらだけでしか実際にはみていないし、研究もしていないわけであるが、そのなかだけでも、まだ未開拓、未詳知の点がいちどころで指摘されるわけで、これらわたしたちの身の廻り、生活の周囲にところどころがつている地盤に関したもろもろの不安を解消し、まず環境の防衛を行なうかたわら、相手を有効に利用して、環境の改善向上に役立たせることに、これからの応用地質学として委ねられた責務のようなものが感じられる。

U.S.A. では、環境科学(Environmental Sciences)ということばが使われだしており、最近の情報によると環境科学に關した行政府 Environmental Science Services Administrationが発足することになっている。そこでは、海洋、天象、地象などについての研究、予知などを進めることにより、それらから与えられる人類生活への危険に対し、適切な警報措置を講じていくということを建前として、出発している。ともかくこれを日本式にとり込めば、差当り、わが身の廻りのことに科学的配慮を進めていくというところにねらいがあると解せられる。

そこで、こうした“環境科学”の一環として地質学もしくは地球科学が発展していくために、あるいはその触媒の役を果たし、あるいはコンテナーとしての仕事をするのが、これからの応用地質学であるということになる。

少なくともその環境科学の一環として、仲間入りができるように、おおぜいの方々の理解と協力が、これ

からの応用地質学には必要であり、それをぜひこの機会にお願いしておきたい。

○注：この原稿を執筆中に一連の気にかかることがあるので、ちよつと最後に弁解させておいていただく。それは応用地質学ということばについてであるが、このことばは従来莫然と既往のつまりオーソドックスな地質学の応用面ということを指し、鉱床学や土木地質学などを汎くもうらしたことばとして使われていた。しかしここで私たちは、むしろ既往の地質学の応用という風には考えず、むしろ外部からの要請に応じて、地球表面の現象について組立てられてきた一つの科学部門であり、根底において既往の地質学と関連はむろんもつてはいるが、かなり根元の方から分岐している別な“幹”であると考えたい。

したがつて、これから先、いろいろの境界領域的な新しい分野が研究開拓されてくるような場合には、私たちの考えている応用地質学は、きわめてどんよくに、それらの新分野——たとえば社会科学的臭のこいものでも、こと地質や地球と関連のある限り——、包括していくことに、少しもこだわる必要はないと思つている。