



## 農業土木技術者のための地質学入門 (その1)

— 農業土木と地質 —

磯崎義正\* 仲野良紀\*\*

### I. 農業土木と地質の関係—史的展望—

「英国地質学の父」といわれる W. スミス (1769~1836) は、1815年イングランドおよびウェールズ地方の層位学的な地質図\*\*\* を出版し、その地質図を持って主に農業技術者をつかまえては、それが農業のカンガイに非常に役立つものであることを説いて回ったという。おそらく、この地質図には、地質分布や地質構造はもちろんのこと、表層地質に基づく土壌分布、沼沢地の分布なども記されていたため、耕地としての適地を選んだり、カンガイ水路の掘削に適した位置を選んだりするのに価値のあるものであることを教えたのであろう。このように、地質学的研究の成果である地質図は、古くから農業という実際上の仕事に役立てられてきたのである。

一方、農夫の子として生れ初等教育しか受けていない W. スミスが、すぐれた地質図を作り、地質学上の重要な法則\*\*\*\* を発見したことについては、彼が長い間測量技師として運河開削や炭鉱開発に従事している間に得た知識がその基礎となっているといわれている。また、ルネッサンスの天才的科学家レオナルド・ダ・ビンチ (1452~1519) が初めて化石に対して正しい解釈\*\*\*\*\* を与えたことも、北部イタリアの運河掘削という実際の技術と結びついてなされたことを思うと、土木工事が地質学の発展に果たした役割は大きい。

このように、近世までの農業土木あるいは一般土木と地質学とのかかわり合いは、主として農業や地下資源などの開発に伴う実際の工事現場の観察から地質学的知識を蓄積していく、という形がとられた。いわば、昔は地質学は土木事業の後を追っていたのである。

その後、産業革命を経て産業の近代化、機械化が進むと、生産や工事に計画性が要求されるようになる。炭坑開発を例にとれば、それまではただ目に見える炭層を追って掘続ければ炭坑業は成立ったのが、今度は最も経済

的に能率的に石炭を掘出すことが要請されるようになった。ここではじめて炭層の地下での分布、広がり、上・下層との関係などを知る必要が生じ、地質学と炭坑業が結びつくことになる。このことは農業の近代化に伴う農業技術上の諸問題についてもいえるわけで、農地の開発やカンガイのための農業土木事業を計画的・能率的に行うためには岩層の分布や地下地質状況をあらかじめ予想しなければならぬようになり、農業土木事業に地質学の知識が要求されるようになる。

このように、農業土木と地質とのかかわり合いは古くからあったが、積極的に深い関係をもつようになったのは今世紀に入ってからである。

1920年代ごろまでは農業土木の主な対象とされる、貯水ダム、トンネル、水路などの構造物は、その規模がそれほど大きくなかったこともあって、その設計・施工は土木技術者の判断にまかされていた。しかるに、1928年セントフランシスダム (アメリカ) が決壊し 450 人の死者を出すという惨事が発生し、その原因が基礎の地質にあったらしいことが分って、構造物基礎の問題は地質学者の強い関心を呼ぶようになった。1929年アメリカで地質学者によって初めて開かれたダム地質に関するシンポジウムは、この事件を契機としている。当時、ダム基礎の問題は地質工学上の問題としてとらえられたわけである。以来、構造物基礎の問題に関しては、地質学者が土木技術者に協力してその良否を判定するという傾向が続いた。1930年代になると、大規模な河川開発計画 (アメリカ TVA など) が実行に移されるようになって、構造物が巨大化し、地質条件も複雑になってくると全体計画の中での構造物の配置、路線の位置、材料の選択などに関して、ますます詳しい地質学的知識が要求されるようになった。しかしながら、地質学者の協力によって、地盤の分類や破壊状態などの質的な面については、よく究明されてきたが、それを定量化し設計・施工に役立てるようになるにはなお、かなりの年月を要した。

1950年代に入り、大規模開発計画の進展に伴って、基礎地盤に関する諸種の試験法 (物理探査法、岩盤諸試験法など) が開発され普及するようになり、ようやく地盤の性質が定量的に表現されるようになった。

\* 関東農政局計画部資源課 (いそぎ よしまさ)

\*\* 農業土木試験場造構部 (なかの りょうき)

\*\*\* それまでの地質図は、単に岩石の分布を示したもので、地層の新旧など時間概念の入らない岩質図であった。

\*\*\*\* 地層累重の法則 (二つの地層のうち、元来下位にあるものはより古い) など。

\*\*\*\*\* 化石はノアの洪水によって地層ごとじ込められた古代の遺物である、という従来の神学的解釈に対して。

日本においては、戦中戦後のブランクもあって、1950年代も後半になってようやく、愛知用水、八郎潟干拓、大規模貯水ダムなどの大規模農業開発計画が策定され実施に移されるようになる。これら事業の調査・計画・施工には、欧米の新しい技術手法が取り入れられるとともに、土木地質技術者が本格的に養成され、基礎地質や地下水の調査に従うこととなる。

このころ、相ついでダムの災害が発生した。1959年のマルパッセダム（フランス）、1961年のフライレイダム（ペルー）、そして1963年、死者2,000人を超える惨事となったバイオントダム（イタリア）の決壊である。このような災害に刺激されたこともあって、その後基礎の地質や地下水に関する調査研究は質量ともに増大する。わが国における土木地質の調査・研究が急速に発展したのもこの時期で、多くの地質学出身の技術者が農業土木技術者とともに、構造物基礎や材料の問題に取組み始めた。さらに、大型コンピューターの普及などもあって種々の地質モデル（基礎地盤・地下水盆など）の中での応力や水の挙動などについても、定量的な解析ができるようになった。このように、農業土木と地質学の結びつきはさらに深まりつつある。

しかしながら、その後高度経済成長時代を経て、環境、資源、エネルギーなど自然の開発や改良に伴う多くの問題が生じている現在、農業土木の役割やその指向するものも変わってきている。この辺の事情を農業土木将来検討委員会（1971）は、次のように指摘している。「農業土木学が自然利用、自然との調和を指向する地域改造の学であるとするならば、広い意味での工学という手法をもちつつも、一面においてますます地理学、地質学、地球物理学、生態学という地球科学との結合を強めねばならない。……」自然利用、自然との調和を考えた地域改造を進めるためには、現在の自然の歴史的な成立ちやその将来の姿を予測しなければならない。そのためには、地球の歴史を編むことを主目的としている地質学との結びつきを強調しなければならないのは当然のことであろう。

II. 農業土木における地質学の役割

これまで述べてきたように、農業土木と地質とのかかわり合いは古くからあって、それが技術の進歩、社会の発展とともにますます深くなり、現在ではその内容もさらに複雑になり多様化してきている。

表-1 は主としてダム・トンネル・水路などの構造物の築造、農用地開発などの農業土木事業を計画実施するにあたって、解決しなければならない地質の問題をまと

表-1 農業土木事業における地質の問題

1) 全体計画、位置選定など予備調査段階の問題	基礎岩類のタイプや一般地質構造、可溶性岩類の存在の有無、沖積層の存否およびその最大深の予測、風化の深さや地形と岩質の関係、材料の分布と採取の可能性、地域ごとの地下水の存在状態、断層の存在とその活動性および地震との関係など。
2) 選定された位置についての調査試験および結果の評価などに関する問題	被覆層の深さと性質、基礎岩の分布標高と形態、風化の深さと好ましい基礎の標高、基礎物質のタイプと地質構造の種類と性質、基礎物質の工学的性質（支持力・せん断強度・弾性係数・摩擦係数・比重・密度・含水比・浸食風化に対する抵抗性・etc）、基礎物質の鉱物組成、地下水面の位置形態および変動の幅、その他調査計画の立案、請負調査の監督指導など。
3) 材料の発見と選択に関する問題	築堤のための或いはコンクリート骨材などの材料の分布、賦存量およびその物理的性質、材料採取の方法（機械掘削の可否、火薬の必要の有無、掘削斜面の安定解析etc）。
4) 施工時の土木地質の問題	掘削による露頭の円化、最終的な基礎の決定、基礎処理や掘削斜面の安定解析のための地質情報の提供とアドバイス、掘削に伴うニュー水の予測、掘削した材料の利用と処理方法など。
5) 事業完了後の自然環境の変化などに関する問題	地下水位やニュー水量の変化（ダム・トンネル・水路の築造、地下水採取などによる）、間ゲキ水圧発生による地スベリ誘発の有無（ダム貯水による）、流出率変化による水利形態の変化（農用地開発などによる）*

\* その他、生態系や気象条件の変化による影響評価の問題も重要であるが、ここではふれない。

めたものである。この表からもわかるように、農業土木事業を円滑に進めるためには、いかに多くの分野で地質との関係をもたねばならないかがわかるであろう。しかしながら、これらすべての事項が地質専門家でなければ解決できないことではない。現場の農業土木技術者がある程度の地質学的知識を身につけることによって、多くの問題が解決できる可能性があるし、また、これらの問題解決を専門家やコンサルタントに依頼するにしても、その地質学的意味を十分理解しておく必要があろう。個々の構造物基礎や材料に関する地質上の問題については、これまでも地質専門技術者が地質学的情報を提供し、農業土木技術者がそれを設計・施工に取り入れるという形で問題を処理してきた。しかしながら、その際、農業土木技術者が地質専門技術者の意見やレポートを正しく理解できず、その成果を実際に役立てることができなかったり、一方、地質専門技術者の方でも土木技術者が求めているものを的確に把握できず、焦点のぼけたレポートを書くといったこともあり、両者の相互理解は必ずしも十分なものとはいえない。したがって、農業土木技術者はいかに効果的に地質専門技術者の協力をうるかを考える必要がある。その際、忘れてはならないことは自然科学としての地質学には、地史学・層位学・タイ(堆)積学・構造地質学・岩石学・鉱床学・鉱物学・古生物学等…多くの専門分野があるため、地質学者あるいは地質専門家といわれる人達のすべてが、必ずしも実際の事業にまつわる地質的問題を解決できる能力をもってはいないことである。たとえば、ダム基礎地質の問題に関して

は、層位学・構造地質学・岩石学などの知識が重要であるのに、鉱物学や古生物学の専門家に協力を依頼しても余り有効な助言は期待できないわけである。したがって、農業土木技術者は地質の問題の内容をよく理解し、それを解決するのに最もふさわしい地質専門家を選ばねばならない。一方、地質専門技術者の方も土木工学的な知見を深め、設計者、あるいは施工者の立場を考えた実際に役立つ地質情報の整理、評価に努めなければならない。

最近とくに、計画全体の問題や事業完了後の環境影響評価の問題など、より複雑な多方面の地質学的知識が要求されるようになってきている。それゆえ、計画者としての、あるいは事業実施者としての農業土木技術者は、より高度な地質学的知識を身につけておく必要がある。このことは、わが国の農業土木における地質教育のあり方にも関係することのように思われる。欧米の大学の土木系学科では、地質学の講義のほかには岩石顕微鏡による岩石薄片の観察、岩石の鑑定、野外地質調査実習、それに基づく地質図の作成などかなりの時間を割いて実践的教育を行っている場合が多い。しかるに、わが国の農業土木教育の現状をみると、必ずしもその要求を満たすような教育は行われていないようである。少なくとも、国立大学の農業土木系学科の講義科目には地質学や地質実習というような項目は見られないのである(農業土木将来検討委・報告, 1972)。

### III. 本講座について

以上述べたように、これからの農業土木はますます地質学との結びつきを深めていかねばならないが、現状では農業土木と地質との関係は、これまでも指摘したように、必ずしも緊密で十分なものとはいえない。このような両者のギャップを埋めるために、この講座が企画されたわけである。本講座では農業土木技術者が現場で遭遇するであろうさまざまな地質上の問題処理のために、最小限知っておかねばならない地質学の一般的知識を、できるだけ実例に沿って解説するつもりである。

本講座の次回以降の題目と内容は、およそ次のようなもので、おおよそ8回程度連載の予定である\*。

「日本の地質構造と岩石」；岩石・地層・地質構造および地質時代など一般的な地質学の基礎について解説する。

「構造物と関係深い岩石および地質現象」；農業土木の現場でよく遭遇する断層・節理・風化などの地質現象と各種岩石について、その工学的性質・意義を解説する。

「地質調査の手法と地質図の利用法」；地質調査の一般的手法を紹介するとともに、地質図の作り方、その利用の仕方について解説する。

「農業土木構造物と地質」；ダム・トンネル・水路・道路・農地開発など農業土木事業における地質の問題とその処理方法について、実例を挙げて解説する。

「地質と地下水」；農業土木事業を進める上でよく問題になる、地下水の開発・利用・保全について、水理地質学の立場から解説する\*\*。

なお、執筆者はほとんどが農林省あるいはその関係諸機関に在職し、現場の第一線で現在活躍している地質専門技術者および農業土木研究者を予定しているので、現場に密着した具体的な問題が多数盛りこまれるものと期待している。

最後に、本講座が農業土木技術者の技術の向上に役立つとともに、農業土木と地質の連帯を深めるための一里塚となることを願ってやまない。

#### 参考文献

- 1) E. B. Burwell, G. D. Roberts : The Geologist in the Engineering Organization, U.S.G.S., Berkeley vol, (1950)
- 2) 小林英夫 : 地質学史, 地学団体研究会 (1952)
- 3) J. D. バナール (鎮目, 長野訳) : 歴史における科学, みすず書房 (1954)
- 4) R. J. フォーブス (田中実訳) : 技術の歴史, 岩波書店 (1956)
- 5) J. タロブル (進藤一夫訳) : 岩盤力学, 森北出版, (1957)
- 6) 農業土木将来検討委員会 : 地域工学をめざして - 農業土木の課題一, 農業土木学会 (1971)

[1977. 11. 9. 受稿]

\* 題目や内容については多少の変更があるかも知れない。

\*\* なお、農業災害としての「地スベリ」なども地質上の問題を多くふくんでいるが、すでに本誌の講座で取上げられているので省略する。