

国有鉄道における地質調査の黎明と発展 —鉄道省土質調査委員会前史—

鉄道総合技術研究所地盤・防災研究室 正会員 小野田 滋

Historical Development of Geological Survey in National Railways of Japan
—Preceding the Establishment of Japanese Government Railways Geotechnical Committee—
by
S. ONODA

abstract

After Meiji Restoration, geological survey in Japan was practiced as a means for exploration of mineral resources, and it was seldom employed for civil engineering purposes in those days. The same was true about railway construction which was the major engineering project. But some engineers were felt the necessity of geological survey, and their academic concern appeared in various papers they wrote. For instance, Ichitaro Ban pointed out the importance of geological survey to civil engineering in connection with route selection of Nakasendo Line. Later on the occasion of boring Tanna and Kanmon tunnels, railroad engineers came to better understand the utility of geological survey. Then the Japanese Government Railways organized a Geotechnical Committee in 1930, and pioneered in the application of this technology. This paper traces the historical development of engineering geology from Meiji era to establishment of the Geotechnical Committee in the national railways of Japan.

[地質調査, 国有鉄道, 明治以後]

1. はじめに

地質調査は土木工事の計画段階において欠くことのできない調査項目であり、その成果物はトンネル、ダム、地下空洞、構造物の基礎、防災など幅広い分野で活用されている。しかし、地質調査の重要性が土木技術者に認識されるまでには長い期間を要し、さらに発展して地質学と土木工学の境界分野として土木地質学が誕生するのはようやく昭和に入ってからであった。

わが国における近代地質調査の歴史を振り返ると、1862(文久2)年に江戸幕府が招聘した2名のアメリカ人地質学者による北海道南部の鉱床調査に遡ることができる。しかし明治期における地質調査は石炭、石油、鉱物資源の調査を目的としたものがほとんどで、土木工事にあたって行われた例は極めて稀であった。これは明治以後の土木事業の根幹を形成した鉄道建設の分野でも同様で、地質との関わりが深いトン

からも地質に関する具体的な記述が見られる。

2.2 ボイルの報告書

建築師長ボイルは1874（明治7）年より2回にわたって中山道鉄道（現在のJR信越本線、篠ノ井線、中央西線）の現地踏査を実施したが、1875（明治8）年に行った2度目の調査に同行した鉄道寮技術一等見習鵜尾謹親が所蔵していた報告書の訳文（鵜尾，1916）には路線選定に先立つ地質調査の最初の具体例が示されている。報告書では通過予定地点の地形、地質について概略を述べたのち、付録として長浜―敦賀間における『地質検査坑』に基づく地質の縦断表を掲載しており（図-1）、図示されていないものの最初の鉄道に関する地質調査の記録として貴重である。なお、『地質検査坑』については文中に具体的な記述がなく、どのような方法により調査を行ったかは不明である。

2.3 柳ヶ瀬トンネルに関する長谷川謹助の報告

トンネル技術は比較的早い時期に外国人技術者からの脱却が図られ、自立の道を歩んだ。逢坂山トンネルに続いて掘削された柳ヶ瀬トンネルについて報告した鉄道局五等技手長谷川謹助は、その文中で具体的に地質の状態について記録を残している。

『（トンネルが）貴く地層は非常に破断し曲げられ、一般に約45度の角度で傾いており、同じ角度で傾斜していた。岩石の一部は極めて硬く、その他は分解され、多くの水を含む多数の粘土の薄層と混じり合っていた。全延長4436フィートの内訳は下記の通りであった。

湿った粘土と砂利	782フィート
ある程度硬い岩石と粘土の薄層	350フィート
非常に硬い岩石	230フィート
粘土の薄層を含む非常に硬い岩石	54フィート
分解した岩石	3020フィート
	4436フィート

』（筆者訳）

この記述は日本人が鉄道建設中の地質の状態を記録した初めての例と考えられる。

なお、余談であるが、初代鉄道頭となった井上勝はイギリス留学中にロンドン大学において鉄道技術とともに鉱山技術を専門に学び、帰国後一時鉄道頭と鉱山頭を兼任しており、まずトンネルの建設を日本人の手のみにより行おうとした方針の背景には、彼のこうした経歴が少なからず作用したと考えられるⁱ¹⁾。また、関西鉄道（現在のJR関西本線ほか）社長白石直治は1881（明治14）年7月、東大土木工学科卒業後1年間農商務省地質課（地質調査所の前身）に籍を置き、地質・地形測量に従事したことがありⁱ²⁾、その後東京府、海外留学を経て東大教授、関西鉄道社長、土木学会会長等を歴任したが、これら明治期の鉄道事業の要職を務めた人物が多少なりとも地質と関わっていた点は興味深いⁱ³⁾。

しかしこの時期、鉄道サイドにおける地質への関心は全般に低く、鉄道部内において地質調査の重要性が特に強調された形跡はなかった。

3. 外部機関への依存期

3.1 初期の地質調査事業の沿革

同じ頃に地質学サイドでは地質調査事業の組織化に向けて活発な動きが見られた。

明治初期における地質調査事業は1874（明治7）年、内務省地理寮に設置された木石課（山林および土石に関する業務を担当）に端を発するが、これとは別に1873（明治6）年に開拓使はアメリカより地質学者ライマン（Benjamin Smith Lyman）を招き、開拓使仮学校における地質学の教授と道内の地質調査にあたらせた。ライマンは開拓使仮学校の生徒を助手として1873（明治6）年から1875（明治8）年にかけて北海道全土の地質調査を行い、石狩、空知の炭田開発をはじめとしてわが国最初の広域地質図である「日本蝦夷地質要略之図」（1876）を著したが、豊富な石炭資源に着目した彼は石炭輸送のために幌内―幌向

太（現・幌向）間の鉄道建設計画を具申した。この申請は開拓使により1878（明治11）年に認められ、クロフォード（Joseph U. Crawford）が実務を引継いでライマンの原案に修正を加えた後、1879（明治12）年に幌内―手宮間の鉄道建設として実現した。北海道における鉄道事業が一地質学者によって発起されたことは注目されるが、あくまでも石炭輸送のための手段としての提案に過ぎず、鉄道建設そのものに関与した訳ではない。

一方、中央における地質調査業務の組織化の動きは1877（明治10）年、ドイツより招かれた東大地質学教室教授ナウマン（Edmund Naumann）と助教授の和田維四郎が官立の地質調査機関設立を建議したことにより具体化され、1878（明治11）年に木石課（当時山林課）の業務を引継いで地理局地質課が設置された。地質課はさらに1879（明治12）年に基幹業務として20万分の1全国地質調査図幅の整備方針を決定するが、この際にナウマンが内務卿伊藤博文に提出した「ドクトル・ノーマン氏地質測量意見書」（荒川，1961）には『地質測量ノ理材上ニ裨益アル細目』のひとつとして鉄道が掲げられた¹⁴⁾。中村（1986）によれば意見書の種本となったページ（David Page）の「Economic Geology」（1874）には『Railway Construction』の章があり、ナウマンはこれを参考として鉄道をとり上げた¹⁵⁾と見て間違いないが、この章は1887（明治20）年に「ペイズ氏応用地質学抜載」として地質調査所発行の「地質要報」に掲載され、翻訳文献ながら鉄道建設と地質学の関連を解説した最初の文献となった。しかし、次に紹介する坂市太郎はこれより2年前の1885（明治18）年に早くも鉄道工事における地質調査の重要性を説いていた。

3.2 坂市太郎と中山道鉄道地質調査

1885（明治18）年、当時地質課に在籍していた坂市太郎は「中仙道地蔵峠鉄道布設二関スル地質上ノ意

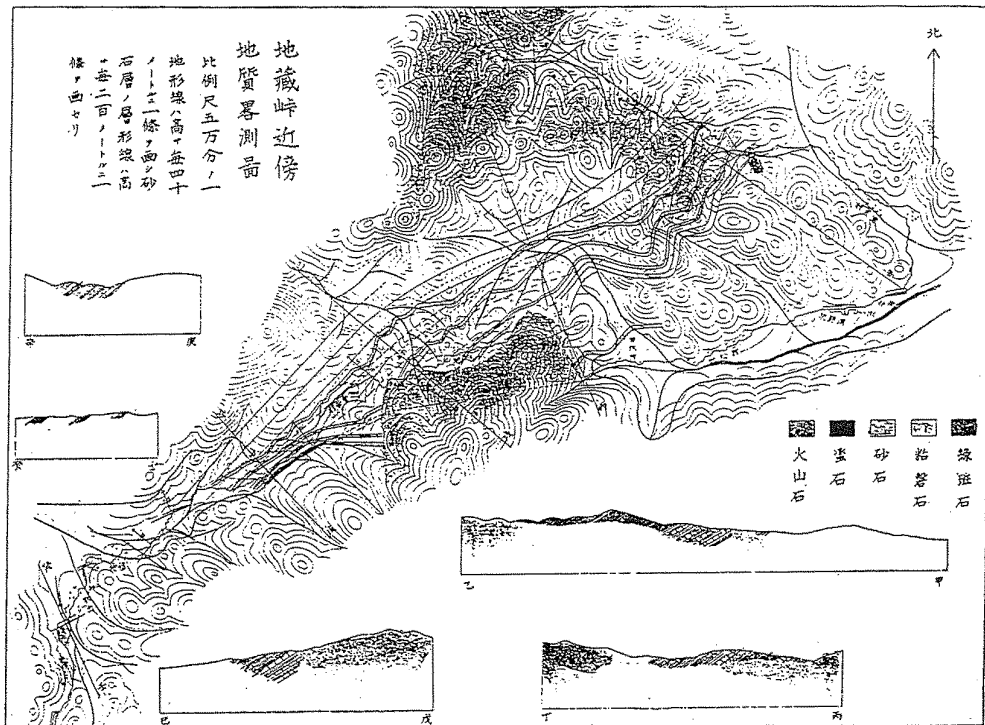


図-2 坂市太郎による中山道鉄道地質調査図（原図着色）

坂市太郎は地蔵峠付近（長野県）を例として路線調査における地質調査の重要性を指摘した。
「工学会誌」（1885）より

見」を发表し（坂，1885）、中山道鉄道予定線を題材として路線選定における地質調査の必要性を指摘した。坂は開拓使仮学校時代にライマンの助手に選ばれ、北海道内の地質図作成を行いつつ地質調査技術を習得し、ライマンとともに内務省勸業寮、工務省工作局を経て1880（明治13）年に地質課へ入り（ライマンは翌1881（明治14）年に帰国）、創立期における地質課の発展を支えた。地質課における坂は全国各地の地質調査を精力的に行い多くの業績を残したが、地蔵峠付近については1882（明治15）年に現地踏査を行ったとされる。坂の論文は単に該地区の地質の記載のみにとどまらず（図-2）、岩石の違いによるトンネル施工上の注意事項にまで言及し、さらに地質調査を行うことにより結果として経済的かつ合理的な土木工事が可能となることを主張した。

『地蔵峠ニ於テモ隧道ヲ開削スルニ当リ、始メニ能ク其地質ヲ調査シ、成ル可ク有害ノ岩石ヲ避ケ、無害良好ノ岩石中ヲ通過セシメハ、之カ為ニ起業費ニ於テ乎或ハ修繕費ニ於テ全工業費ノ一割ヲ減スルヲ得可シト假定セヨ。然ルトキハ只比ノ一事業ノミニ於テモ数万円ノ差異ヲ生セシムルノミナラス其工事ノ安全堅固ナルノ利益モ亦量ル可カラス。』（句読点筆者）

この論文は、地質学サイドから鉄道サイドに対して地質調査の重要性を働きかけた点で画期的な意味を持つが、結局中山道鉄道は長野から冠着、西条、明科を経由して松本に至るルートが採用され、坂の助言は功を奏さなかった。坂は1887（明治20）年に北海道道庁へ転じ、北海道各地の炭田調査とこれを運搬するための鉄道計画に参画し、さらに1890（明治23）年には北海道炭鉱鉄道に出向するなど生涯を炭鉱経営に捧げた。

3.3 笹子トンネルにおける地質調査

中央本線笹子トンネルの工事は当時わが国で最も長いトンネルとして1896年（明治29）年より開始され、1902（明治35）年に完成した。地質調査所の記録（地質調査所，1907）によれば1898（明治31）年帝国鉄道庁の依頼を受けた地質調査所小川琢治が笹子および小仏トンネルの地質調査結果についての報告を行ったとされるが、報告書が公刊されなかったためその内容がどの程度のものであったかは不明である。一方、工事記録によれば、掘削中に採取した岩石の鑑定を地質調査所に依頼しており、実績に基づく簡単な地質縦断面図が作成されたが、地質調査所側の「地質調査」という記録はこのことを指しているのかも知れない。ともあれ、この事実は国有鉄道が地質専門家に調査を依頼した最初の例であると考えられ、土木工事にあって地質調査の必要性をある程度認識した点で評価される。地質縦断面図は図-3に示すように今日用いられているような地山の地質構造全体を示したのではなく、切羽の地質を縦断面方向に延長して示したに過ぎないものであった。さらに、鉄道省の手により地質の硬・軟と掘進速度の比較、坑内湧水量の測定、坑内温度や炭酸ガス濃度の測定なども実施され、施工管理に役立てられた。しかし、これらの調

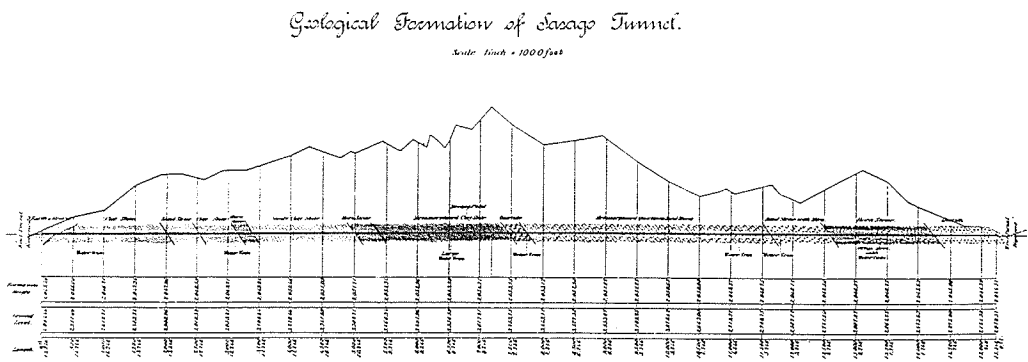


図-3 中央本線笹子トンネル地質縦断面図

トンネル施工中に採取した岩石名を基に作図したもので、地山全体の構造までは描かれていない。
「帝国鉄道協会会報」（1904）より

査は事前に地山の地質を把握し設計・施工に反映させるといった前向きなものではなく、工事中の事象を単に記録したにとどまった。

なお、トンネル工事を単独で扱った最初の文献である相沢時正「実地応用隧道新書」（1906）には『地質調査（ジオロジカル・サアヴェ）』の章が設けられており、管子トンネル等の実例を挙げて25ページにわたって地質調査の必要性、試錐法の紹介、地質の分類（堅岩、軟岩、軟土の3分類）、地層の傾斜、偏圧に対する施工上の注意、湧水について解説している点はこの時期の文献としては注目値する。

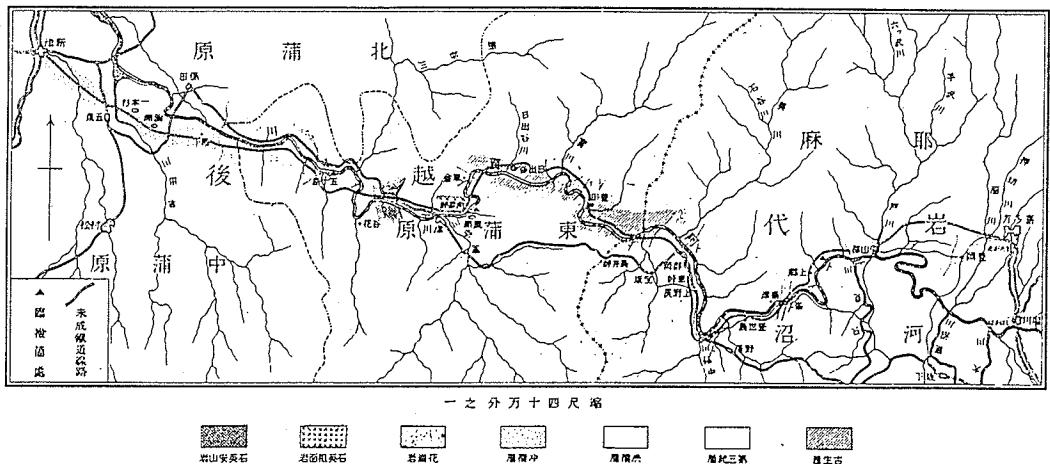
3.4 神保小虎と崩壊地調査

東大教授神保小虎は、1901（明治34）年3月21日から4月12日にかけて震災予防調査会の囑託により山梨、石川、静岡の各県の崩壊地を視察し、その報告を地質学雑誌に発表した（神保，1901）。この中には東海道本線牧ノ原トンネル付近および北陸本線細呂木駅付近、同線貝利迦羅トンネル付近（トンネル変状を含む）における調査も含まれており、『此等の変動は凡そ土木技師、鉄道保線掛の最も注意する所にして……』と崩壊地調査の重要性を強調した。以後、1905（明治38）年に至るまで神保による崩壊地調査が次々と発表され、防災を目的とした地質調査の緒を開いた。1902（明治35）年の論文では崩壊地調査の具体的方法を掲げ、『余は先に地変に関する「質問事項」なるものを作り、鉄道局に於いては之れを印刷せり。』（神保，1902a）とあることから、一種の調査マニュアルのようなものが作成されていたことが推察される。さらに牧ノ原トンネルの崩壊地についての調査では神保の報告書（神保，1902d，1903）と土木関係の報告書がそれぞれ鉄道作業局に提出され、中央本線富士見一下諏訪間の崩壊地調査では鉄道作業局甲府出張所による変動量の測量結果が報告された（神保，1905，1906）。

この他、神保は地質学者に対して土木技術者への接近が必要である旨を訴えた論説（神保，1902c）を発表しており、その中で下記のように指摘した。

『総て土木に地質智識の肝要なるは論を待たずと雖も、地質学者も亦た土木事業の結果を以て己の参考とすべき者なり。彼に注意すべきことは其多少を論ずるを要せず、彼に聞きて自から得る所多きは余が爰に切言せんと欲するなり。地質学者は好んで鉞山に行きて大に得る所あり。然れども常に土木家に接して土地の崩壊、岩石の風化、地盤の緩動其他の材料を得るは亦た欠くべからざるなり。応用地質学者は決して別人種に非ず。地質学者の心掛けにて応用地質学の著者と為る事を得べし。』

またその一方で、土木技術者に対しても地質学の基礎知識に関する解説を試みるなど（神保，1911）、この時期に積極的な活動を展開した。¹⁶⁾



図一4 岩越線喜多方一新津間鉄道予定線地質調査全体図

帝国鉄道庁の依頼により地質調査所大築洋之助が1907（明治40）年に報告したもので、重要なポイントについてはさらに臨検箇所として精査が行われた。「地質調査所報告」（1907）より

3.5 外部委託による地質調査

管子トンネル以後における鉄道建設に対する地質調査は、地質調査所等の外部機関へ委託する形で行われていた。そのほとんどは鉱山関係の調査であったが、遠藤（1982）によれば土木関係の地質調査として1883（明治16）年以來1918（大正7）年までの35年間に地質調査所が委託を受けた土木地質調査の内訳は、鉄道・貯水池・築港が各4件、軍港・ドックが各2件、用水路・疏水・運河・砂防・道路が各1件であった。このうち鉄道関係の地質調査は前記の管子・小仏トンネル地質調査をはじめ、喜多方―新津間の岩越線（現在のJR磐越西線）予定線地質調査（大築，1907）（図-4）、陸羽東線鳴子付近の鉄道予定線地質調査（伊木，1912）、石狩十勝国境付近鉄道路線地質調査（納富，1918）の4件に過ぎず（このうち納富の報告はその内容から鉄道沿線の地下資源調査を行ったもので、鉄道建設とは関係がない）、鉄道建設にあたって必ず地質調査を行う体制はまだ確立されていなかった。

4. 地質調査業務の直轄化と土木地質学への発展

4.1 外部委託から直轄調査への歩み

1915（大正4）年、ドイツ留学から帰国した鉄道院東京改良事務所瀧山與は土木学会で「隧道ノ建設ニ就テ」と題してヨーロッパ各地のトンネル工事について講演を行ったが、この中でスイスのGrenchenbergトンネルの地質縦断面図を示しつつ下記のように論じた（瀧山，1915）。

『独り欧州ノミナラス、彼ノ万事ヲ無雑作ニ決行スル垂米利加テモ昨年起工センD.L. & W.R.R. ノにこるそん隧道ハ延長力僅ニ三千六百三十呎テスカ四カ所ニ穴ヲ掘ッテ地質調査致シマシタ。地質調査ニ経費ヲ費シマシテモ其結果適当ナル掘削法及削岩機ヲ選フ事力出来レハ結局ハ経済的ニナリマス故、長キ隧道ノ起工前地質ノ調査スル事ヲオ勸メ致シマス。』⁽¹⁷⁾

折しも、丹那、清水、関門といった長大トンネルの建設を控え、鉄道技術者の地質に対する関心も徐々に芽ばえつつあった。鉄道院では1915（大正4）年に丹那トンネルの通過予定地の地質について、東大教授横山又次郎、同・鈴木敏に調査を依頼し、その報告は「熱海線地質調査報告書」として鉄道院に提出された。この中で横山は丹那盆地の成因について火口説を主張し、『大隧道内に湧出すべき地下水は、蓋し其の量少なからざるべし。何故ならば、此の辺一帯の山は湧水に富み、且つ其の地面を流るゝもの少なからざればなり。』と湧水が多くなるであろうことを予測した。また、鈴木は火山説と浸蝕説の中間説をとり、『而して岩漿は岩脈となって地中に固結し隧道部分は地質構造上敢えて危険の恐れなきものと信ず。』と述べ、地質は比較的良好であると予測した。さらに、東大教授辻村太郎、脇水鉄五郎らの断層説が唱えられ、地質についての明瞭な結論が得られないまま工事は予想以上の大湧水と悪条件の地質とに阻まれて未曾有の難工事となった。⁽¹⁸⁾

一方、関門トンネルの地質調査は1913（大正2）年、東大教授神保小虎に依頼されたが、その調査結果は浸水に対して安全なものとは認められないため掘削にあたっては特殊工法を用いる必要があるという趣旨のものであった。その後1915（大正4）年、欧米の視察を終えた京大教授田辺朔郎は関門トンネルが技術的に施工可能であると報告し、1919（大正8）年にトンネル調査のための予算が下付されて同年よりボーリング調査が実施された。

こうした背景のもとに、地質調査の必要性を認識した鉄道省では3名の地質出身の理学士を採用することに決定し、1923（大正12）年7月、東大地質学教室を卒業した佐伯謙吉、広田孝一、渡辺貫が入省して直轄による地質調査体制が整えられた。⁽¹⁹⁾

4.2 ボーリング技術の導入

わが国におけるボーリングによる地質調査は1876（明治9）年九州の高島炭鉱で炭田調査用として用いられたものが最初であると言われており、地質調査のための手段としてはかなり古い歴史を持っている。しかし、明治期におけるボーリング調査はほとんどが鉱床探査を目的として行われ、土木工事に導入され

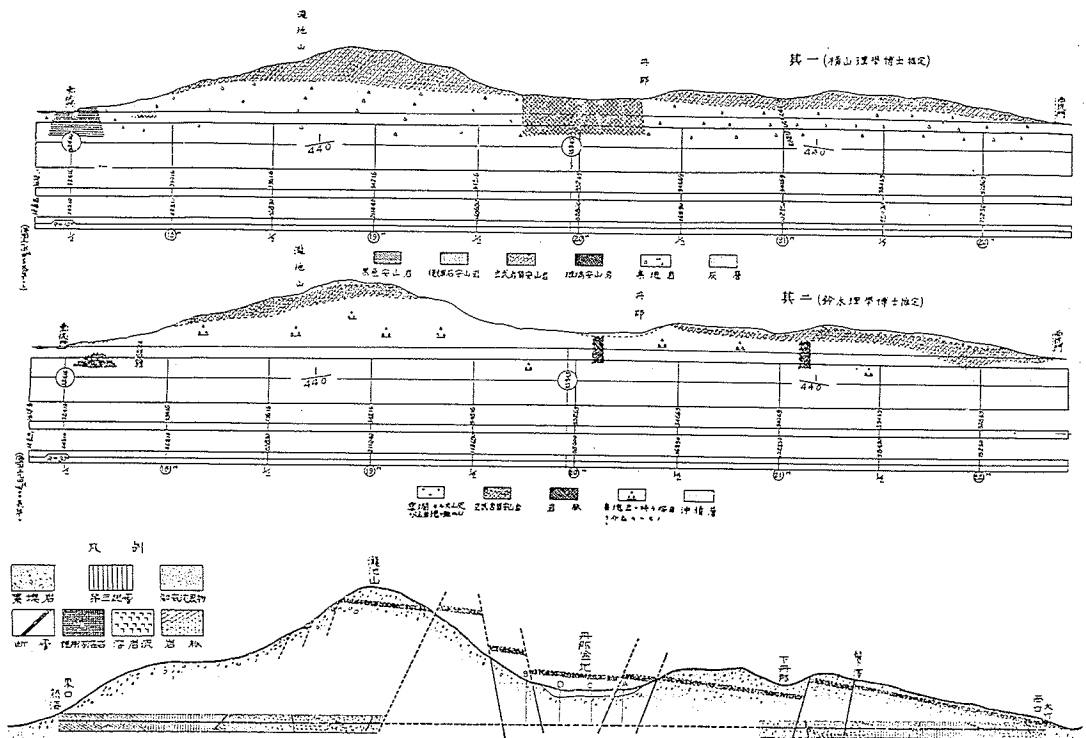


図-5 丹那トンネル地質縦断面図(上:横山又次郎,中:鈴木敏,下:平林武)

丹那盆地の成因について様々な説が発表されたが、その後ボーリングによる地質調査が行われるに及んで詳細な地質図が作成されるようになった。平林の図は最初のボーリング調査の直後に作成されたもので、丹那断層の存在を予見している。
 上・中:「土木学会誌」(1922)、下:「土木学会誌」(1925)より

た例は稀であった。そこで、関門トンネルでトンネルとしては初めてのボーリングによる地質調査が鉄道省直轄により実施され、地質調査のための有力手段として用いられた。第1回のボーリングは1919(大正8)年7月から10月にかけて地上6カ所、海上1カ所で行われ、続く第2回のボーリング調査は1920(大正9)年7月から9月にかけて海上3カ所で行われた。第1回調査の海上ボーリングでは水深が浅かったため木製の組足場上で実施されたが、第2回調査では水深が深かったため三菱造船所で浮足場を製作し、これを海上に浮揚させてボーリングを実施した。なお、ボーリング機械はスウェーデンよりクレリウスAB型を輸入し、ノルウェー人技師により操作が行われた。

続いて丹那トンネルでは1923(大正12)年3月から5月にかけて地質不良のため掘進不能となっていた西口坑内4950呎で切羽前方に向かって長さ300 呎の水平ボーリングが行われ、スウェーデンよりクレリウスAB型ボーリング機を輸入してスウェーデン人技師の指導により操作を行った。この成果を踏まえ、同年5月には丹那盆地の地質構造を明らかにするため丹那盆地直上より垂直ボーリングを試みたが、機械故障のため一時中止するに至った。その後1924(大正13)年に再び垂直ボーリングを試み、翌1925(大正14)年にかけて4カ所でボーリング調査を行った。この際に使用されたボーリング機はクレリウスAB型2カ所、日石パーカッション型(日本石油株式会社より機械およびフォアマンを借用)1カ所、キャリックスF4型(武蔵工務所より機械およびフォアマンを借用)1カ所である。これらの成果は東大教授平林武、鉄道省渡辺貫によりまとめられ(例えば平林, 1925)、トンネルの地質調査としては初めて詳細な報告がなされた。

なお、1921（大正10）年より東京地下鉄道（現・帝都高速度交通営団）は銀座線の建設にあたってボーリングによる地質調査を実施し、また帝都復興院は1923（大正12）年の関東大震災以後ボーリングによる東京・横浜地区の基礎地盤調査を行いその成果を1924（大正13）年から1929（昭和4）年にかけて報告するなど、この時期、土木工事へのボーリング調査の適用が拡大された。

4.3 地質調査の普及

鉄道建設工事における地質調査も鉄道省に地質専門技術者が入省して以来、彼等を中心として本格的な調査が実施されるようになった。こうした成果は鉄道省各工事事務所の所報（記録は散逸しほとんど現存せず）や本省で開催された隧道会議などを通じて発表された。大正末までに公表された報告としては下記のような文献がある。

- 1) 渡辺貴「丹那隧道の地質状態の現況」熱海線建設事務所報, No. 10(1924)
- 2) 中村権六「土讃北線猪鼻隧道地質調査報告」建設工事現場業績, No. 1(1924)
- 3) 渡辺貴「丹那隧道西口に於ける粗粒凝灰岩に就いて」熱海線建設事務所報, No. 30(1925)
- 4) 渡辺貴「丹那隧道並に盆地に関する地質研究」熱海線建設事務所報, No. 30(1925)
- 5) 平林武, 渡辺貴「丹那盆地付近地質調査報告」熱海線建設事務所報, No. 30(1925)
- 6) 佐伯謙吉「上越北線清水隧道の地質学的卑見」第1回隧道会議記事(1925)
- 7) 広田孝一「上越北線松川隧道地質調査報告」長岡建設事務所報, No. 56(1925)
- 8) 広田孝一「山田線第三飛鳥隧道及び久慈線地質調査報告」盛岡建設事務所報, No. 113(1925)
- 9) 広田孝一・西野辰次「長輪線第四工区乙の弁辺隧道試錐報告書」北海道建設事務所報付録(1925)

このうち丹那トンネルの工事は前述のように丹那盆地の成因をめぐる様々な説が発表されたため、地質、地形学者からも注視され、種々の地質縦断面図が作成されたが、これらはトンネルにおける地質縦断面図作成のはしりでもあった。

その後、昭和に入ってから次々に地質調査結果が報告され、報告者も地質専門家ばかりでなく土木技術者も加わるようになった。また、地質学の知識の敷衍にも努力が払われ、広田は鉄道省第1回隧道会議で「隧道と地質の関係」と題して実例を掲げて解説を行った他（広田, 1925）、第2回隧道会議でも「岩質について」と題して岩石の分類方法について説明した。

4.4 物理探査技術の導入

わが国における物理探査は1919（大正8）年、兵庫県高野鉾山で磁力計を用いた磁鉄鉱鉱床探査が実用化の最初であるとされる。電気探査は1921（大正2）年に九大工学部が久根、小坂、花岡鉾山でシュランベルジャー法による電気探査法を試み、また弾性波探査は1929（昭和4）年に東大地震研究所教授今村明恒らが秋田県黒川油田でそれぞれ試験的に行ったのが最初である。

このような動向に対し、鉄道省でも物理探査による地質調査を積極的に導入することとなり、電気探査と弾性波探査による試験が実施された。電気探査は1930（昭和5）年6月に中央本線多摩川橋梁基礎で鉄道省大臣官房研究所服部定一らにより試みられ、続いて同年8月に天塩線、幌延線の橋梁基礎で実施された。さらに同年11月にはスウェーデンよりElectrical Prospecting社の技師ラーケルエルム（P. E. Lagerhjelm）が鉄道省の招きで来日し、山田線宮古および茂市の橋梁基礎で調査を行ったが、抵抗箱の構造や解析方法は秘密にされたため、以後、土質調査委員会の活動を通じてその解明に努力が払われた。また、弾性波探査は北伊豆地震のわずか1カ月前にあたる1930（昭和5）年10月に工事中の丹那トンネルで発破振動を利用して東大地震研究所助教授高橋龍太郎、同地質学教室助教授那須信治、鉄道省渡辺貴により試みられたがその後はやや途絶し、再び用いられるのは1934（昭和9）年になってからであった。

物理探査技術の導入により地質調査の省力化はもとより、これまでとは違った観点から地質の分析、評価を行うことが可能となり、地質調査法に革新をもたらすこととなった。

4.5 土質調査委員会の設立と土木地質学

1925（大正14）年、テルツアギ（Karl Terzaghi）の「Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage」（1925）が出版され、それまでの古典的土圧論に代るまったく新しい考え方が示された。ⁱ¹⁰⁾この理論は鉄道省の池原英治らを通じてわが国にも導入され、ⁱ¹¹⁾土質工学の発展に大きな影響を与えた。

また、渡辺貫は1929（昭和4）年末に非公式な委員会として土と水研究委員会を組織し、地質に関心を持つ内外の関係者を集めて報告会を開いた。土と水研究委員会の活動内容については同委員会第1回報告～第5回報告として鉄道技術社より公刊されたが、その内容は「造山運動の根本義」（京大助教授本間不二夫）、「水文学講話」（鉄道省建設局阿部謙夫）、「地震現象より見たる地殻の性質」（東大地震研究所石本己四雄）、「固体の科学」（東大助教授伊藤貞市）、「深き隧道における地圧に関して」（東大教授山口昇）、などかなり専門的な内容を持っていた。

一方、諸外国では1913（大正2）年にアメリカ土木学会に基礎工学委員会が発足し、同年スウェーデン王立鉄道にも土質工学委員会が設置されて土質調査を目的とした委員会の嚆矢となった。ⁱ¹²⁾とりわけスウェーデン王立鉄道土質工学委員会は委員長フェレニウス（Wolmer Fellenius）をはじめアッターベルグ（Albert Mauritz Atterberg）ら豊富な人材を擁し、土質工学の進歩に多大な貢献を果たした。その後、ドイツ、ノルウェー、フィンランド、イタリア、フランス、ポーランド、ソ連、スイス、イギリス（順不同）など日本を除くほとんどの各国に相前後して土質調査機関が設立された。

こうした背景の下に鉄道省建設局渡辺貫らの努力により1930（昭和5）年11月21日に鉄道省土質調査委員会が発足することとなり、ⁱ¹³⁾委員長を大臣官房研究所所長松縄信太として特別委員に大河戸宗治（工務局長）、黒河内四郎（建設局長）、委員に永田民也（工務局保線課長）、山田隆二（工務局計画課長）、平井喜久松（工務局改良課長）、池原英治（建設局計画課長）、河原直文（建設局工事課長）、田中豊（官房研究所第四科長）、山口昇（東京帝国大学教授）、幹事に柳生義郎（工務局技師）、渡辺貫（建設局技師）が任命された。以後、『国有鉄道線路の建設・保線・改良等業務執行上、土の性質を科学的並に工学的に調査研究し、その地域の状況に応じ適切なる工事を施工して、工費の節約と線路の安全とを期すること』を目的として、1)土質科学的調査、2)土質調査を基礎とする構造物の設計、3)土質調査を基礎とする工事施工法、の各調査機関を設けて文献の収集・紹介、見学会、各現場機関からの依頼試験、コンサルティング、物理探査法および力学試験の研究等を行った。鉄道省土質調査委員会は1938（昭和13）年に組織を発展的に解消するまで、わが国における土質および土木地質の基礎を確立すべく精力的活動を続けるのである。また、渡辺は土質調査委員会の設立と前後してそれまでの研究成果を集大成した「土木地質学一理論編」、「土木地質学一工事編」（1930）の2著を出版し、ここに地質学と土木工学の境界学問として土木地質学が成立するのであった。ⁱ¹⁴⁾

なお、土質調査委員会の成果とその業績に対する評価、および土質調査委員会以後の国有鉄道における地質調査の動向については他著（例えば宮崎・斉藤，1973）等を参考としていただきたい。

5. おわりに

黎明期の国有鉄道における地質調査の歴史はこれまで述べてきたように、明治初頭の雇外国人等による地質の記載に始まり、明治後半から大正前半にかけての地質調査所や大学への外部委託時代、大正中期以降の直轄化の時代など紆余曲折を経て土質調査委員会の設置により発展の途が開かれた。その過程において、丹那・関門の2トンネルの建設が大きく作用したことは否定できないが、それ以前にも断片的ではあるが地質調査の報告や地質調査の重要性を論じた論文が存在していたことが明かとなった。また、地質調査に対する関心も大正以前は低かったが、大正後半以後はその有用性が認められ、土木工事に先立つ地質調査への先行投資が結果的に工事費の節減をもたらすものであるという認識が土木技術者の間にも生れるようになった。とは言い、地質調査の対象は主として路線調査、大規模工事や試験的なものに限られ、個々の構造物を対象とした地質調査が一般化するまでには至らなかった。これは、地質の専門家が限られて

いたこと、物理探査技術や各種試験法が充分に実用化の域に達していなかったこと、地質調査に対する一般技術者への教育が行届いていなかったこと、地質調査に関する指針・示方書類が整備されていなかったこと、地質調査を専門とするコンサルタント業がまだ存在しなかったことなどの理由に起因するものと考えられる。これらの問題が順次解決され、地質調査が今日のように定着するまでにはさらに時間を要したのであった。

最後に本稿をまとめるにあたり、土質調査委員会について宮崎政三氏より有益な御助言をいただいた。また、東京大学地球物理学教室ならびに社団法人交通協会には資料の閲覧に際して便宜を図っていただいた。謝して結びとする。

【本文注】

- 注1) 文献25)の『官公倫効大学ニ於テ受領セシ免許ノ写真』の証書には『Class of Geology』とある。
- 注2) 井上高治は東大において土木工学と応用地質学(担当教授ブラウンス(David Brauns))を専攻している。
- 注3) 文献45)に掲載の理学部(当時土木工学科は理学部)終了証書によれば、白石高治は東大出身の地質学者で、地質学界の主流派として多大な足跡を残した。1890(明治23)年には前出の坂市太郎との間でライマンの業績を巡って坂-神保論争を行ったことは著名であるが、この両者が地質学の土木工学への応用に早くから着目していた点は興味深い。
- 注7) ヨーロッパでは既にスイス=イタリア国境のシンプロントンネルの工事(1898~1905)で詳細な地質調査が行われ、アルプスのデッケ構造の解明に影響を与えた。
- 注8) この種工事は海外からも注目を集め、渡辺貫は後に『(海外の隧道技師より)結局丹那隧道の種工事は、日本の地質学者の無能と、当局がボウリングの必要を認めなかった怠慢の結果であるとさへ叱責された。』(渡辺、1932)と述べている。
- 注9) これは地質専門家が土木分野へ進出するさきげでもあった。
- 注10) ferzaghi, K. 『Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage』Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1925.
- 注11) 池原英治, 小宅哲吉『最新土質力学説』, 1929
- 注12) スウェーデンでは既に1908(明治41)に国鉄内に地すべり調査のための委員会が設立されていた。
- 注13) “土質”と称しているが、当然のことながら地質の研究も含まれている。
- 注14) 応用地質学、土木地質学、地質工学などの用語は特に区別なく用いられているが、渡辺(文献35)の序文で自身が地質学出身であることを前提に『Geotechnische Kommission』を訳するに土木地質学委員会の文字を採らばに著者の我田引水齋が本書を冠するに『土木地質学理論編』の題名を添えておしめたままである。』と述べ、さらに後年、地質工学(Geomechanik)の造語を与えた。

【参考文献】

- 1) Potter, W. I. "Railway Work in Japan" Proc. of H. Inst. C. E., 56, Sect. II, pp. 2-23, 1878-1879/邦訳: 原田勝正訳『日本における鉄道建設』沢交通, 68-10, pp. 2-26, 1968
- 2) Rymer-Johnes, I. H. "Imperial Government Railways of Japan - The Osakayama Tunnel, Otzu, Lake Biwa" Proc. of H. Inst. C. E., 64, Sect. II, pp. 316-318, 1880-1881
- 3) Boyce, R. V. "The Rokugo Bridge and Foundations on the Tokio-Yokohama Railway, Japan" Proc. of H. Inst. C. E., 68, Sect. II, pp. 216-228, 1881-1882
- 4) 坂市太郎 “中仙道地蔵峠鉄道布設二関スル地質上ノ意見” 工学会誌, 40, pp. 207-213, 1885 / 地学会誌(甲部), 1-1, pp. 13-22, 1885
- 5) Hasegawa, K. "The Yanagase Yama Tunnel on the Isuruga-Nagahama Railway, Japan" Proc. of H. Inst. C. E., 90, Sect. II, pp. 248-251, 1886-1887
- 6) 神保小虎 “山梨、静岡、石川三県下の地割れと山崩れ” 地質学雑誌, 93, pp. 257-283, 1901
- 7) 神保小虎 “木那の山崩れ地割れ及び押し出しの調査事項及び実例の目録” 地質学雑誌, 101, pp. 84-88, 1902a
- 8) 神保小虎 “東海道金谷駅隧道第一線及び近傍の変動地” 地質学雑誌, 105, pp. 228-229, 1902b
- 9) 神保小虎 “土木学用の地質学” 地質学雑誌, 111, pp. 443-452, 1902c
- 10) 神保小虎 “遠江牧ノ原隧道近辺の変動地” 地質学雑誌, 111, pp. 458-461, 1902d
- 11) 神保小虎 “遠江牧ノ原隧道近辺の変動地(承前)” 地質学雑誌, 112, pp. 1-10, 1903
- 12) “官設鉄道中央東線宇都宮線工事報告” 帝国鉄道協会会報, 5-2, pp. 76-181, 1904
- 13) “官設鉄道中央東線宇都宮線工事報告(承前)” 帝国鉄道協会会報, 5-3, pp. 221-341, 1904
- 14) 神保小虎 “磐城田の嶺の地変” 地質学雑誌, 124, p. 38, 1904a

- 15) 神保小虎 “遠江沢沢の地変” 地質学雑誌, 126, pp. 108-110, 1904b
- 16) 神保小虎 “篠ノ井線に於ける山崩れ” 地質学雑誌, 128, pp. 206-208, 1904c
- 17) 神保小虎 “官有鉄道中央東線下諏訪地方地変記事” 地質学雑誌, 143, pp. 265-270, 1905
- 18) 相沢時正『実地応用隧道新書』博文館, 1906
- 19) 神保小虎 “地盤動二草ヶ谷鉄道ノ破損(信濃国諏訪ノ山崩レノ事)” 工学会誌, 281, pp. 4-23, 1906
- 20) “地質調査所沿革及事業” 地質調査所報告, 3, pp. 45-55, 1907
- 21) 大塚洋之助 “菅多方、新津間岩越鉄道予定線地質調査報告” 地質調査所報告, 4, pp. 51-58, 1907
- 22) 神保小虎 “土木技師用地質学項目” 地質学雑誌, 275, pp. 802-814, 1911
- 23) 伊木常誠 “宮城泉玉造部鳴子付近の鉄道線路調査報告” 地質調査所報告, 38, pp. 57-63, 1912
- 24) 麓山與 “隧道ノ建設ニ就テ” 土木学会誌, 1-4, pp. 1239-1259, 1915
- 25) 村井正利 “子爵井上勝君小伝” 井上子爵閣僚建設同志会, 1915
- 26) 鴫尾謹親 “ボイル氏の報告” 帝国鉄道協会会報, 17-4, pp. 539-593, 1916
- 27) 納富重雄 “石狩及十勝国境付近鉄道沿線地質調査報告” 地質調査所報告, 74, pp. 1-9, 1918
- 28) “関門連絡の調査報告(其ノ二)” 業務研究資料, 7-2, pp. 203-271, 1919
- 29) 山崎直方 “丹那盆地の地形につきて” 地質学雑誌, 307, pp. 165-175, 1919
- 30) 平井喜久松 “関門海峡水底隧道地質調査” 業務研究資料, 9-6, 1921
- 31) 青木勇 “丹那隧道二就テ” 土木学会誌, 8-4, pp. 705-734, 1922
- 32) 広田孝一 “隧道と地質の関係” 第一回隧道会議記録, 業務研究資料, 13-9(付録), pp. 36-49, 1925
- 33) 平林武 “丹那盆地付近の地質調査報告” 土木学会誌, 11-6, pp. 1449-1462, 1925
- 34) X.Y.Z生 “坂市太郎氏の片鱗” 石炭時報, 2-9, pp. 36-38, 1927
- 35) 渡辺貫『土木地質学一理論編一』工業雑誌社, 1930a
- 36) 渡辺貫『土木地質学一工事編一』工業雑誌社, 1930b
- 37) 渡辺貫『鉄道省土質調査委員会の設立』岩波講座別冊, 岩波書店, 1931
- 38) 岩崎憲吾 “山田線宮古及び茂木に於ける電気地質調査” 土木建築雑誌, 10-6, pp. 18-21, 1931
- 39) 『鉄道省土質調査委員会報告第1集』鉄道省, 1931
- 40) 『東京帝国大学五十年史(上)』東京帝国大学, 1932
- 41) 『東京帝国大学五十年史(下)』東京帝国大学, 1932
- 42) 渡辺貫 “過去十年間を通じて見た土木地質学の現状と将来” 土木建築雑誌, 11-6, pp. 11-12, 1932
- 43) 波江野恭藏 “弾性波式地質調査の実例” 土木工学, 3-7, pp. 536-542, 1934
- 44) 『丹那隧道工事誌』鉄道省熱海建設事務所, 1936
- 45) 南海洋八郎『工学博士白石直治伝』白石直治伝編纂会, 1943
- 46) 『関門隧道』運輸省下山地地方施設部, 1949
- 47) 『鉄道技術研究所五十年史』鉄道技術研究所, 1957
- 48) 荒川秀俊 “ドクトル・ノーマン氏地質調査意見書抄訳” 地質学雑誌, 70-2, pp. 20-26, 1961
- 49) Jumikis, A. R. 『Soil Mechanics』D. Van Nostrand Company Inc., 1962
- 50) 『日本鉄道誌百業史(明治編)』鉄道建設業協会, 1967
- 51) 『日本の地質学』日本地質学会, 1968
- 52) 山田剛二 “鉄道省土質調査委員会” について” 土と基礎, 17-12, p. 38-39, 1969
- 53) 宮崎政三、斉藤孝孝 “土と基礎の回顧と点描(3. 鉄道関係)” 土と基礎, 21-12, pp. 71-75, 1973
- 54) 『地震研究所創立五十周年の歩み』東大地震研究所, 1975
- 55) 黒田和男 “地質調査所における応用地質調査の沿革” 地質ニュース, 337, pp. 70-88, 1982
- 56) 小野吉彦 “物理探査技術の発展と将来への展望” 地質ニュース, 337, pp. 131-139, 1982
- 57) 遠藤秀典 “地質調査所における土木地質調査事業の変遷” 地質ニュース, 339, pp. 32-39, 1982
- 58) 原田勝正 “鉄道技術の自覚過程と井上勝” 日本土木史シンポジウム記録集, 土木学会, pp. 1-17, 1982
- 59) 『地質調査所百年史』地質調査所, 1982
- 60) 佐藤博之 “先人を徳(1)” 地質ニュース, 347, pp. 52-63, 1983
- 61) 佐藤博之 “先人を徳(2)” 地質ニュース, 348, pp. 28-44, 1983
- 62) 佐藤博之 “ライマンとソウマン” 地質ニュース, 373, pp. 38-49, 1985
- 63) 中村光一 “地質調査所を創った一冊の木” 地質ニュース, 384, pp. 55-67, 1986