

日本地学の展開（大正13年～昭和20年）その5

「日本地学史」稿抄

日本地学史編纂委員会*
東京地学協会

Development of Geosciences in Japan, 1924 to 1945

Part-5

Editorial Committee of History of Geosciences in Japan*

Tokyo Geographical Society

VIII. 応用地質

1. 応用地質学概観

地質調査所が創設された明治15年(1882)当初の「応用地質」は“Economic Geology”の和訳であって(中村, 1986), 鉱物地下資源の調査のほか, 鉱床の検定, 水脈の調査, 道路築港建築工事, 有用土石類産出地に関する調査, 天災地および経国上の要地について, 臨時適応の研究方法を用いて施行することであり, 地質図幅説明書の応用地質の英訳も“Economic Geology”であった。その後, 近代的な大土木建設事業が展開すると, 事業の計画・進行を掌る者に対して, 神保小虎(1902, 12)が述べているように, 地質学者は必要に応じて提言, 助言を与える役割を担うこと(コンサルティング)となっていく。以下「Engineering Geology」の領域としての応用地質学分野の展開

について述べる。

軍事地質学

第一次世界大戦(1914-1918)では, 西欧諸国で軍事に関しても地質学の効用が認められ, それが渡瀬正三郎(1920), 小藤文次郎(1921)らによって日本にも紹介された。神保小虎(1921)は地質学と軍事との接点として指揮官に地質知識を受けさせる事を挙げていた。また渡瀬正三郎(1926)は地盤の硬軟, 地下水面の深浅が野外行動に及ぼす影響が多いことを具体例をもって示し, 事前の踏査がきわめて不十分な場合には科学的推測の範囲を指揮官に示すことが重要であるとした。とくに地形はその地の物理的, 水利的条件を示し, かつ基岩構造や岩質と密接に関係しているため, 野外工事を正確に設定するには, 地形の十分な知識が必要であるとした。その後, 空中写真判読術が普及し, とくに第二次大戦後には多くの土地開発

* 委員長: 今井 功
委員: 藤井陽一郎
石山 洋
黒田 和男
谷本 勉(法政大学)
山田 俊弘(県立千葉高校)
八耳 俊文(青山学院女子短期大学)

* Isao IMAI
Yoichiro FUJII
Hiroshi ISHIYAMA
Kazuo KURODA
Tsutomu TANIMOTO (Hosei University)
Toshihiro YAMADA (Chiba High School)
Toshifumi YATSUMIMI (Aoyamagakuin Women's Junior College)

事業の予察調査に利用されている。その基本には「地形が土地条件を示す」という経験法則があった。地質学と工学との接点

大正中期には、地質学と工学との接点は鉄道建設に置かれるようになった。大正7年(1918)に着工された丹那トンネル掘削工事に際して、鉄道省に地質技術者が採用され、彼らが事業に直接係わるようになる。昭和3年(1928)に鉄道省では、全国12建設事務所の主要技術者を集め、「線路の測量及選定」に関する会議が開かれた。その際に渡邊 貫は「線路設定に必要な知識」の演題で、現場を担当する地質技術者として過去5年間に現場で経験した事実をまとめて講義し、改めてその原稿を補筆して『土木地質学』(1928)を出版した。その中の各建設現場で経験した事実をもとに作成した「本邦適用地質別切取及築堤法勾配表」は、その後の土木工事設計の参考として利用され、戦後まで土木地質の参考書に引用された。この書でも計画段階で変動地形を見出して対処する具体例が解説されている。

地質学と工学の接点は、農林業や治山・治水事業にもあった。地質学の知識を教科書的に伝える書物として、岩崎重三(1931)の『農業地質学』がある。その冒頭には、土壌学はすでに独立した学問体系をなしているのをこれを除外し、農業地質学の範囲として、岩石学から出発して岩石分解の原理を述べ、灌漑のための水理、肥料原料鉱物を論じたとの記述がある。本書の前半はいわゆる地質学通論と水文学概説の内容であるが、岩石の風化の章で、風化の経過、鉱物の溶解、植物・微生物・動物の風化作用、風化生成物、残渣粘土、風化速度などが記述されており、岩石風化特論の章では、花崗岩・輝緑岩・玄武岩・珪岩・石灰岩等の風化が詳述されている。その後岩崎が著した『日本土木地質学』(1933)では、土地を掘る目的には大きく二つあり、一つは鉱物を採ること(採鉱)、他は人類に各種の便宜を与えること(土木)であるとし、そのためには土地の性質を知らねばならないとしている。章建ては、石材・地質時代・基礎・気候・地震・海波・潮汐・漂砂・港・泉・湖・河・水力・上水・山崩れ・隧道で、具体的に日本での工事例を

挙げて解説している。前述の渡邊 貫(1928)の『土木地質学』との違いは、鉄道以外に港湾・河川など多くの事例が記述されている点にある。

基礎知識としての物理地質学の提唱

渡邊 貫は、昭和5年(1930)に鉄道省に設置された土質調査委員会の幹事として業務に従事していたが、同年、土と水研究委員会報告に「土木地質学序論」を発表した。この時期は『地学辞典』作成構想の真只中で、地学の学問領域を広く捉えた上で、「地質学といえば記載科学の域を出ていないと思いがちだが、近年その発達は著しく、岩石学・鉱物学の分野では物理的、化学的方法による研究が行なわれるようになった」と記述し、地質学もようやく説明科学の体系を取ろうとしている。ここで土木工事に応用できる基礎分野を「物理地質学」とし、その応用である土木地質学がまだ揺籃時代を脱していないのは、地質学の土木工事への応用が比較的新しいためであるが、根本は基礎となる物理地質学が未完成のためであって、まず力学という言葉で地質現象を解釈することから始めねばならないとした。渡邊(1930)は当面の題目を、「地質構造の力学的解析」「地形の形態分析」「土質力学」「地下水の研究」とし、物理的解釈法を基礎にして、土木工事に応用する題目と研究方法を、隧道、土工、基礎地盤、給水、材料、地震、政治・裁判・軍事・戦陣の各々について述べている。地質図学

土木工事と地質学との接点が定まってくると、具体的に両者の仲介をなすものは「地質図」である。この場面で依頼者に対して地質図が情報として提供されるようになると、利用者の立場から地質図を検討する要請が生じた。大谷寿雄(1932)が著した岩波講座の『地質図学』は、利用者から一歩進んだ依頼者側を考慮にいれて記述したものである。ここでは、「地質図は地質学者が言葉に替わる特殊な記号によって、自身が言おうとする概念を表示するひとつの便法である」と述べ、地質図を提供する側にも受け取る側にも地質学が必要であるとした。ことに構造地質学の分野では、正しい作製法が正しい読図法同様に必要であるとして、章の目次自体が独自の文章表現で「誤読や間違っ

た利用は無知無理解から」に始まり、最後に「読者は地質図に面して如何なる点を注意すべきか」で終っており、問題意識を濃厚にして情報を選択し、準備した下書きを本図に仕上げる過程を解説している。

『地学辞典』と藤本の『地質学便覧』

渡邊 貫の業績の一つに、『地学辞典』(1935)の編集がある。その開始は昭和6年(1931)5月であったが、渡邊はその序言で、岩波講座の地学部門が地質学及び古生物学、鉱物学及び岩石学、地理学として細分されたことに不満の意を示し、「我等の大地の科学のあらゆる部門を動員し“地学”の一大オルケストレイションを構成し以てその標識を明らかにせむとするものである」と述べている。執筆者の総数は51名で、6分野、36の項目名をみると、当時認められていた学問分野が網羅されているとしてよい。

同じ頃の書物に、昭和9年発行の藤本治義編『地質学便覧』(1934)がある。ここでは地質学を「地球特に外皮である地殻の構造組織、その地球上に起った自然現象、其の上に生存した過去の生物を研究し、それらの進化発達を明らかにする学問」と解き、応用地質学はその一部門で「人生に有用な鉱物、岩石並に地質学上の事実の応用等に就いて研究する(Economic Geology)」としている。これが、当時の地質学の定義、応用地質学の内容のごく一般的な知識であったと考えられる。

土質力学の導入とその展開

建築物の基礎地盤の概念が整って科学的研究の対象となったのは、関東大震災以後、大正14年(1925)に発表されたテルツァギー(C. Terzaghi)の土質力学が導入されてからとって過言ではない。渡邊 貫が幹事となって活動した鉄道省土質調査委員会は、設立の目的が「土の性質を科学的並びに工学的に調査研究してその地域の状況に応じ適切な工事を施工し、工費の節約と線路の安全を期する」ことであったが、目標どおり本邦に[土質試験]の標準化(渡邊・當山, 1937)を確立した。渡邊 貫の『地質工学 増補版』(1938a)は、著者の活動の総集編ともいえるもので、その中に地質工学試験法及び計算法が組み込まれ、弾性波

地下探査法が解説されている。これは試験片でなく、地盤や岩盤の力学性を定量化するもので、まだ意識されていないが、後に地質と工学の橋渡しとして重要な働きをすることとなる。ちなみに、氏の一連の著作には「最も有能な stratigrapher は最良の土木地質技師である」の文章が、常に記述されていた。渡邊は、『土木地質学序論』(1930)で主張した、「地質現象の解明に土質試験法の方法論を適用すること」を、『地質現象の新解析法』(1938b)として発表した。例えば、土の物理試験法で堆積、土の力学的試験法で続成、土圧論で地這り、岩石の弾性試験で断層、粘弾性試験で褶曲の各過程を、定量的に考究することの提案であった。

鉄道省土質調査委員会で渡邊 貫と共に土の試験法の標準化に従事していた當山道三は、教科書として『応用地質学』(1940)を著した。これは全体として土木構築物の下部構造の解説となっている。前半は地質学の通論であるが、後半では岩石とも表土ともいえない堆積土、粘土・砂・砂利が混合した軟弱な成層、岩石の風化物を一括して「土質」と呼び、物理的、力学的性質を重視した解説がされ、物理地下探査法や試錐法に対する注意、土質試験法、軟弱地盤、工事と地質の章を設けており、『地質工学 増補版』の普及版ともいえるが、土木技術者からみた応用地質学の概要がここに紹介されている。

渡邊 貫の『土の科学』(1943)では、土の物理的、機械的性質の半ばを支配するものは、含有粘土量と毛管水の作用に帰着するとして、土の科学的問題を解説している。ちなみに本来の「土質」は、粒状物質の集合体であって、「地質」という天然物を扱うには若干の違和感がある。「土質」は地質の観点では未固結碎屑堆積物であって、生物源堆積物(泥炭)や火山性碎屑堆積物(火山灰等)は、土質工学の中では特殊土として取り扱われていた。後述するように、その中で沖積低地の地盤沈下現象は、沖積層に対する「土質」科学の手法(渡邊, 1943)で充分説明ができた。昭和29年(1954)に土質工学会が設立されるのであるが、その基礎はここで形成されていたと考えられる。

仮凝固堆積岩層の変形と岩石変形学

横山次郎は昭和16年(1941)、「仮凝固堆積岩層の変形及び断裂」を地質学雑誌に発表した。ここでいう仮凝固とは、粒子が等方状に散布し膠着物質の結合によらないで一時的に凝固に似た状態にあることであり、地下水に湿潤した状況で褶曲し断層を生じ、乾燥した風化帯はきわめて軟弱であるという。この論文では、仮凝固堆積岩層の変形、割理について検討した後に、野外調査で求めた割理面の方位を球面投影した場合には、地層面と剪断割理との関係は3つの主型と例外とに分類されること、いずれの場合にも回転性歪を起した後に破断したとすることを記述している。次に横山は宮城県石巻北方の稲井で、三畳紀のアンモナイト化石、その中でも *Danubites naumanni* 印象標本が本来は美しい対数螺旋型であるものの、楕円状に歪んでいるのを計測し、また近傍の無化石砂岩・頁岩細互層を顕微鏡で観察して、単一剪断の特質を示していることを確認し、この変形は激しい塑性歪であることを記述するとともに、この方法は今後、地質構造の解析には重要な方法であろうと記述した(横山, 1942)。

ついで横山は彼の著書『岩石変形学』(1944)で岩石の内部形状を総称して「結構」と定義し、最初に火成岩、変成岩、堆積岩や破碎変成に伴う結構を分類し、説明している。そして地質学的な長時間をもってすれば、堆積岩だけでなく花崗岩、安山岩でも褶曲することを主張し、既存の岩石変形に関する学説を批判的に紹介している。次に変動岩だけでなく非変動岩でも結構(成分鉱物粒の固有の配置)があり、結構を岩石の生成及び受けた変動に関連して研究する地質学の分野を「岩石結構学」と定義し、成分粒子の方向性を解析する手法としてシュミッド図形を採用し、具体例を挙げてその手法を解説している。後半には上記の観点から褶曲・断裂を分類、再定義して検討を加え、野外で計測した割理系を極座標系で表示、解析する手順を解説した。

上記のような節理系の計測と極座標系投影による解析は戦後間もなく工学方面(例えば大ダム建設)で採用されることとなった。構造地質学の方法論

に広く取り入れられるのは、その後のことである。

2. 鉄道とトンネルの地質

明治末期から大正中期にかけての大規模土木工事の代表は鉄道の敷設工事である。すでに述べたように、工事における地質学者の関与は、依頼に応じて助言を与えることにあったが、丹那トンネルの工事計画にあたっては地質の専門家が採用されて、事業にあたることになった。以下にその経過から記述することにする。

丹那トンネルの地質と湧水・湧水調査

鉄道省では丹那トンネルの工事計画にあたって、丹那盆地の成因に複数の異なった見解があり、いずれも工事の進行に大きく影響することから、最終的な判断を下さねばならなかった状況が契機となって、着工に当る大正7年(1918)に福富忠男が鉄道省に採用され、当初は地質調査ボーリングに、続いて温泉余土による異常土圧問題に取り組むこととなった。大正12年(1923)に福富忠男が北海道帝国大学に転出することとなり、新たに渡邊 貫、廣田孝一、佐伯謙吉の3名が採用され、建設現場の担当となった。廣田(1924)によれば、丹那盆地の成因に関して様々な説があり、いずれの説でも工事に影響するところが大きいので、丹那盆地内に4地点を選定し、トンネル地並に達する深さ183mを最大とする試錐が行われた。

平林 武は試錐完了後の大正14年(1925)、地質調査結果をもとに、丹那盆地が断層盆地でかつて湖底にあったこと、地下熱に異常な高温の無いこと、盆地内の貯水量を、大部分細砂からなる湖底堆積物の容積と間隙率に水文調査の結果を参照して算出し、将来の出水対策に注意を払うことと記述した(平林, 1925)。付言すると、トンネル竣工後に久野 久(Kuno, 1936)は、トンネルに沿う熱海口から丹那盆地西縁まで約5km間の地質断面図と地質記載を発表した。その中に丹那地震断層の位置が示されている。

トンネル掘削現場を悩ませた「温泉余土」に関して、福富忠男は現場観察と試料検査から、吸水膨張は液体水により発生し、膨張容積は微小でも膨張力はきわめて大きい、膨張容積には限界があることを見出して提案した工法が成功した(福

富, 1960)。北海道帝国大学に着任後も丹那トンネルと花岡鉾山試料を用いた工学的見地による研究を継続し、結果を福富(1931, 32, 1932, 33)として発表した。

丹那トンネル工事中の大出水と、地表に現れる湧水現象との関係は、阿部謙夫によって詳細に調査された。出水量は当時のトンネル工事事例でも希有のことであって、水抜坑を掘削して対処する等の難工事となったが、阿部らは、昭和2年(1927)から、丹那盆地周辺で雨量、蒸発量等の気象観測、盆地内に流入・流出する河川などに量水標、盆地内に水位観測井戸や湧水観測の観測網を配置し、観測記録とトンネル湧水の変動とを比較した。阿部(1931)はトンネルが掘削されたために地下水の出口がトンネルに変わったことによるとし、今後トンネル貫通後の総湧出量を20個(0.54 m³/秒)内外と予想した。この調査は当時の水文学(水収支・水循環論)の手法を総合したものであったが、後に水文学、地下水学に対して貴重なデータを与えるものであり、その意義は戦後になって見いだされた(例えば、大島, 1986)。

清水トンネルの応用地質学

地質学の立場からみたトンネル工事の現場は、地中の岩体が直接肉眼で観察できることである。鉾山現場における層位学(石炭)、岩石鉾物鉾床学(金属・非金属)への寄与は周知の事実であったが、地表下約1000mの清水トンネルは、鉾山地帯以外の現場観察でひとつの事例を提供した。豊田英義(1934a, b)は岩石学的記載のほか、節理面に3方向があること、湧水は断層遭遇箇所以外にはほとんど無いこと、山八ネは最大カブリの底設導坑内で湧水を全く欠く箇所の粗粒アプライトに著しく、破面の方向は主節理の方向と一致するようだと記述している。加えて、若干の地質学的予備調査でも、湧水・落盤・工事進捗速度の推定は可能であるが、現在の地質学では節理、崖錐等の事項はあまり注意を払っていない。地質学的に重要視される断層と工事に注意すべき断層とは必ずしも一致しないことから、地質学的野外調査と工事に利用される地質調査とは自ら区別されねばならないとしている。今日では常識となっていることが、

当時はまだ普及されていなかったことがわかる。

関門海底トンネルの地質調査

本邦最初の海底鉄道トンネルとして計画された関門トンネルを、沈埋式にするかシールド式にするかを選択する目的で、海中19箇所、陸上10箇所の試錐調査で得られた知見が、佐伯謙吉(1930)により紹介された。それによると調査地域内は全箇所で風化が著しく、花崗閃緑岩の残積土の厚さは100フィート(30m)以上に達し、随所に円礫土と樹林の遺跡があって、かつてこの海峡が陸地であり、準平原の隆起に伴った断層運動によって断層谷が成立して円礫土層が堆積し、その後比較的近代に地盤の沈降運動があって、往時の流域が沈水して関門海峡が形成されたと記述されている。トンネル調査の成果が地質学の分野で紹介された一例である。

3. 水力発電とダム

明治23年(1890)に自家用発電が開始され、翌年には京都市営蹴上発電所が商業発電を開始して以後、各地で続々と水力発電所が建設されていった。しかし事業にどの程度地質学者が関与していたかは不明である。原田準平は大正15年(1926)に、「地理的に考察した本邦水力発電所の分布」を地理学評論に発表した。その内容は商業発電開始以来の趨勢と、石炭の価格および発電所の負荷率から経済性の比較を行った後に、水力発電が経済的に最も適切な地点は、第三紀の地殻運動の結果、傾動または隆起して第二の輪廻に入っているところ、土木工事でも支障の無い地質が要求され、後背地が火山岩のように湧水期における水量の豊富な浸透量の多い岩石の分布するところが要求される。なお外国で水力発電を行うに好適な地点は氷河地方であるが、本邦では氷河の代わりに火山があるとしている。この頃の水力発電は流れ込み式の常時発電であり、利用可能な流量としては湧水流量に限られていた。しかし、電力の需要が高まると共に利用可能な流量を湧水流量以上とすることが要求され、ここにダム構築による貯水式発電所の構想がもち上げられた。

ダム建設の地質調査

1924(大正13)年、宇治川に高さ35.2mの志

津川ダムが完成した。引き続き木曾川に高さ 53.4 m の大井ダムが完成し、大ダム時代を迎えることになった。

1925 年頃のダムの建設はもっぱら水力電気会社で行われており、稀に上水道、灌漑用のものがあった。河川の水利使用許可と工事実施の認可は内務省と逓信省とで処理していたが、高田 昭 (1964) によれば、「建設工事実施申請書に添付されている諸先生のダム地質調査報告書の内容は千差万別であって、一般の傾向としては著しく高踏的かつ簡略化された報文ないしは説明書といえるものが多く、また地質図を添付したものは皆無であった」という。したがって大正 11 年 (1922) に内務省土木局に採用された高田 昭に課せられた仕事は、書類に添付された報告書の的確性を知ること、ダムと地質状態との具体的関係を明確にすること、並びに岩盤検査等であった。

昭和 3 年 (1928) には長野県小諸ダムの決壊があった。これはコンクリートバットレスダムの初めての事故であったが、ダムの決壊は治安上ゆゆしい問題であるとして、昭和 10 年 (1935)、内務省は河川堰堤規則、逓信省は発電高堰堤規則を設けて、地質調査と岩盤検査等を厳重に実行することになった。内務省の規則に含まれている地質調査事項には、高田 昭が大きく関わっていた。大正 14 年 (1925)、農商務省から分離設置された農林省では鈴木昌吉が初代の地質出身の技師となったが、当時の課題は既設溜池の漏水であった (堀田, 1963)。翌年 (1936)、ワシントンで開かれた第 2 回世界大ダム会議には、堰堤の地質に関して、外国の論文が発表されたが、そのうちの 2 編が「堰堤位置の地質に就て」の題で、石橋 豊によって詳細にわたり翻訳されて、昭和 13 年 (1938) の「農業土木研究」10 巻に掲載されたのも、その間の事情を物語っている。

ダム地質調査の要点

中国東北部 (旧満州) では、地下資源開発調査以外にも多くの地質専門家が地下水源や発電用ダムの地質調査に従事していた。報告例として満州国地質調査所報告 96 号に掲載されているものを文献欄に示しておく。門田重行 (1935) は、堰堤

の地質調査に従事した経験をもとに、「ダム地質調査要点」を記述した。その内容は、堰堤に関する基礎的事項を解説した後に、地質の専門家としての立場での地形、地質調査に必要な項目を、位置選定、湛水区域、地盤・岩盤の改良工事の工事見積りも含めて箇条書きで記述している。とくに堰堤は現代における理工学の知識を必要とする土木工事で、その決壊は人命財産に莫大な損害を与え、工事中、工事後に不備の点を発見しても容易に補修、改造できるものではないから、あらゆる角度から考察し、慎重に決定する必要があるとの精神が、盛り込まれている。ダムの設計に当っては、基礎岩盤の安定性の検討が必要である。岩盤の物理計測による安定解析が定常化するのには戦後間もなくのことであり、ここで地質学、岩石・岩盤力学とダム工学との接点が認識されるようになった。

4. 斜面変動

傾斜地が移動する現象 (斜面変動) には、移動面積の広さ、範囲、移動速度によって、山崩れ、地這り、崖崩れなど様々な呼び名がある。その原因 (誘因) には、豪雨、地震 (地震動)、火山活動に伴う変動のように明瞭なものがある。素因についても、豪雨や地震に弱い地質や地形条件がある。以下、本稿では「山崩れ」「地這り」等の呼称は原文にしたがって記述する。なお地震や豪雨による通称「山崩れ」の調査、記載は、その地震や豪雨災害報告の中で記述されることが多く、学術雑誌に論文、報告として掲載された例は少ない。その中で、斜面変動を種々の観点から分類した結果を表示した渡邊 貫 (1928) の報告は、土木工事における切取や盛土によるものも分類に入れられており、後々まで多くの書物に引用された。

地這りに関する研究と応用地質

中村慶三郎 (1930, 31) は、「山崩れ」がひんばんに繰り返されて来た新潟県西頸城地方に広く分布する第三紀層の地域を対象に、この地域の特徴を記述した。例えば、山崩れは、急激な温暖による雪解け水の涵養量を、気象統計をもとに積雪深の減少を降水量に換算する方式で求めると 73 mm/日となって夏期の降雨量よりも多く、かつ表面流出は少ないから、雪解け水が深い所に作用し

ているとした。また単斜互層中の頁岩が泥化する状況、山津波が原地形面の付近すなわち侵食力に対して最も敏感なところで発生していること、匍行地は比較的急斜面をもって他の安定な地域と区画され、谷の入り口はせまいが、奥に入ると視野がひらけ、地形図上では等高線が乱雑に見える特徴があることを記述した。

この中村慶三郎(1930)の論文発表と同じ頃、本間不二男(1930b)は、「地這り地域の地勢及び地質的特性」を発表した。その中で「地這りの面は高所にある地表面から一度地中に入って再び低所で地表に出る曲面を描き、その面に沿って著しい岩石の破砕現象を起す。静止期にはその面の存在を確かめ得ないが、運動は起伏が保たれる限り連続的に又は断続的に進行する厄介な現象であり、現場に臨んで確かめることは地形或は地質の知識が無ければ不可能である」とすべり面の存在を文章化し、地這り地形を残す場所は間違いもなく地這りが年々歳々行われているので、この地域の土木工事は出来るだけ避けなければならないとし、等高線の特異な屈曲で表現される地形の特徴と、5万分の1地形図上でそれを抽出する方法を、犀川沿岸の地域等で例示した。ここでも「地形が土地条件を示す」の観点が活かされている(本間, 1936a, b)。

これに対し中村慶三郎(1932a, b, c, 1934a, b)は、直接の誘因が不明で土地がかなり広い範囲にわたって徐々に移動する現象、通称「地這り」に関して、地這りの交互性、地形の若返りなどの地質と地形との関係、頁岩砂岩互層に限って地這りが発生しやすい理由、地這り地内には断層破砕帯、内部褶曲、押し被せ構造があること、さらに古い大規模な地這りの旧発生地域はもともと地震によって発生したもので、その後の長期間の滲水によって徐動するようになった、要するに過去における崩壊の余韻であると記述した。最後にその移動する土地に特有の地名や集落の位置、土地利用形態の特性など、人文・社会の面からも種々の考察がなされているのが特徴である。

亀の瀬地這り

昭和6年(1931)11月頃から、大阪府堅上村峠

地区に発生した通称「亀の瀬地すべり」は、集落や農地を含めた広範囲の土地が大和川に向かって移動し、関西本線の隧道を破壊し道路交通を遮断させたことから大きな問題となり、各地、各機関の研究者が調査を行った。地質的にも堅固と考えられていたこの場所に発生した地這りについては、地質踏査(植村, 1932a, b; 槇山, 1932)のほか、移動量観測(Nasu, 1932; 松山, 1932)物理探査なども集中的に行われ、力学的解析(野坂, 1932)も実施されて、はからずも地這り総合調査の観を呈したが、火山噴火や震災のようにこれらを総括する報告には至らなかった。

地這りの土圧論的解析から予知技術へ

斎藤文雄(1929, 1930, 1931, 1932, 1934)は、樺太の鉄道営業線や建設線で発生した変動の機構と対処工法の詳細を地学雑誌に発表した。昭和5年(1930)11月21日、鉄道省に土質調査委員会が設立された。委員会報告には斎藤文雄が記述したような多くの調査工事例が掲載されている。委員会では、当時抬頭してきた土圧論や土の安定解析法が検討されるに及んで、切取工事現場の安定解析が土質調査委員会報告や「土と水」研究委員会報告に発表されるようになった。

本文ではその一端として渡邊 貫(1935, 1936)の論旨を紹介する。北陸本線名立 筒石間では明治44年(1911)鉄道敷設以来しばしば不通となる事故が発生していた。たまたま昭和9年(1934)から10年にかけて不安定の状況となったので、地這りの変動範囲は地形変動精密測量、深さは試錐と電気抵抗式地下探査法により、土の剪断抵抗は室内試験を行って、含水量が増すと強度が著しく低下することを見出し、解析は円形すべり面を仮定した図式解法で行った。この結果をもとに亀裂の拡大を移動計で探知して拡大量と雨量との関係を求め、線路の膨れ上りは傾斜計で計測して結果を総合し、亀裂をまたいだ電鈴警報装置を設置して列車の通行や工事員の安全を期した。なお降雨により地中に滲透する水が大いに影響すると認められたので、水文学的観測の必要性を認め目下調査中であり、これは地這り現象の科学的解明の大きな鍵になるであろうと結んでいる。物理計測を地

り予知に結びつけた初期の報告の代表例である。

結局、この間の斜面変動に関する研究の成果としては、斜面変動の科学的分類、記載から、土圧論・土質力学の導入によって力学的解析が実施されて、鉄道工事を代表とする工学への適用になり、他方では地形観察を介して、土地の地域性として認識されて、斜面変動による災害の予知予防や被害予測の基礎が形成されていった。昭和20年代前半に豪雨災害が多発し、これが契機となって斜面変動、中でも地りりは応用地質から防災科学の分野に登場することになる。

5. 地盤地質

地盤とは狭義には建造物を支える土台であるが、ここでは沖積低地や台地の地下を構成し、地表では肉眼観察できない地層を指すものとする。本邦では、大都市は沖積低地や台地上に立地して主要建造物の基礎地盤となっていることから、試錐を通しての地盤調査が実施されてきた。ただ工学の立場からいえば、地点の耐圧強度や支持層の深さが解ればよいのであって、地質学との接点は、露頭を直接観察できない地下地質の現状把握にあるのは現在も同じである。

復興局による東京地質調査

関東大震災の直後から開始された「復興局による東京横浜地質調査」の目的は、沖積地の地盤地質調査を行って、建築物の計画・設計の資料とすることにあつた。調査結果は大正15年(1926)から昭和3年(1928)にかけて逐次発表されたが、その総括は「東京及横浜地質調査報告」(1929)として、地質図・地質断面図とともに刊行された。鑿井地質に関しては各鑿井の位置、機械掘と上総掘の別、地質柱状が詳細に記述され、沖積層の基底の形状と内容が明らかになった。ただ、地質柱状の地質時代区分に関しては、東京では台地を刻む谷を除いて、沖積層の下はすべて第三紀層となっており、横浜でも洪積層は5個所のみ記述されていた。地耐力は、荷重試験と松丸太を用いた杭打ち試験の結果が記載された。

コア採取による東京市地盤地質調査

西尾銈次郎は、「関東大震災後の復興目的で、官民の手による地盤地質調査ボーリングが盛んに行

われるようになったが、いずれも上総掘りに類するもので、掘り屑による地質層位の判定には有効であるが、近年発達してきた土質論を、掘り屑で展開するのは、不適當と思われる」との見解から、石油試掘用工具を小型化改良した「西尾式コアボーラー」を開発し、またコア採取部の打ち込みを標準化すれば、打ち込み回数とコア採取部の貫入(沈下)量との関係から地層の耐圧力を測ることが出来ることを現場試験で確認した(西尾、1929)。

ひきつづき西尾銈次郎は、昭和4年(1929)4月までに、全国各地の地盤地質調査を実施したが、東京地区の地質については次のように記述した。地質は上位から第一～第六の6層群に区分し、それぞれ沖積層、ローム層、成田層、東京層、洪積古層、第三紀三浦層に対比されるとした。各層群をさらに岩種別に区分し、岩種別耐圧力(1平方フィート当りのトン数)の度数分布表を作成した。またコアボーラーで採取した試料は粒度組成を求め、層群別に三角ダイヤグラムを用いて粒度組成と耐圧力との関係を図示した。耐圧力からみると、第一層群から第五層群まで、下部に向かって順次固結の度を強めているものの、まだ固結に至っていない。その固結度をみると、第三層群から第五層群まで固結状態は連続的であり、第五層群から第六層群との差が大きく、時間的にも大きな間隙があるとした(西尾、1929、1929-1930)。後に沖積層は上層、下層の2種に細分された(西尾、1931)。この地層区分をもとに地下地質が記述されている。

大阪市地質調査

山根新次(1930)は、西尾式コアボーラーによる試料と野外の観察を参照して、大阪市の地下地質を調査した。地質は下位から大阪基礎層、上町層、天満層、梅田層に区分され、地層各説で分布、累層の状態、性質、厚さ、含有化石、受けた地殻変動などが詳細に記述されている。地質と地盤強弱の関係では、砂及び砂礫層と粘土層に分けて耐圧力が比較されている。なお地質図に加えて地質断面図が示されている。

西尾銈次郎は、山根(1930)以降も調査を続け、

大阪市と周辺地域で昭和8年(1933)まで掘削されたボーリング資料から、大阪地方の地質を大阪基盤層、上町層、梅田層に区分し、さらに各層別に粘土層、砂層、粘土質砂、粘土質礫、砂質粘土、砂礫別の耐圧力を調べて、続成作用の進行の度合いを関東地方と比較すると、梅田層は関東地方の沖積層に、上町層は成田層と東京層に、大阪基盤層は洪積古層に対比されるようであるとした(西尾, 1934)。

また下部に向かって耐圧力が段階的に増加する理由は、地層の堆積以後続成作用が順次進行していくためであって、第六層群で飛躍的に増加するのは、その間に大きな時間的な間隔がことによる。第三紀と第四紀との境界は厳密には古生物によるべきであるが、この間隙をもって境界とするのも、続成作用からみて適当であろうとしている(西尾, 1933)。日本建築協会では、昭和8年(1933)5月に創立満十五周年記念出版物として、「大阪市地質調査図表」を発行した。その内容は、119ページにわたって掲載した大阪市内のボーリング柱状図416本と、2万分の1大阪市街全図に地質調査地点を示した付図である。

試錐試料から地層対比を行う一私案

一般に、地盤地質構造を試錐で調査する場合、コアボーリングで鍵層を検出することが望まれるが、経費や期日の関係で上総掘りによる粉末状の標本しか得られないことが極めて多い。熟練した技術者は粉末の標本で地層の特徴を見出して対比することができるが、一般人には困難である。そこで渡邊 貫(1937)は、粒度分布を機械的分析法により求め、粒径加積曲線による方法や組成鉱物頻度曲線による方法を用いて、地層の対比を行うことを提案し、また鉱物電磁分離機を鉄道省土質調査委員会で試作して、効率よく地層対比を実施しようと試みた。

沖積地盤基盤深度の研究

田中治雄(1940)は、所属する日本鑿泉株式会社で沖積地に掘削した多くの鑿井地層断面図を社長小林正視氏の許可を得て考察し、「沖積地盤基盤深度の研究」を発表した。これには青森県から熊本県にわたる井戸地点と名称、総深度、井戸内部

の地層の推定地質時代(沖積層・洪積層・第三紀層に区別)、基盤岩に到達した場合には基盤の深さ、基盤の地質を示した別表が、13ページにわたって添えられている。文章の1例を挙げると、ほとんどの井戸は基盤に到達していないが、近畿地方の沖積地では大部分は沖積層を貫き洪積層に入っている。瀬戸内海沿岸には広い沖積平野があるが、地下深所は洪積層が伏在しており、基盤までの深さが単純に沖積層の深さにはならないと考えられると記述され、今後、日本列島の隆起、沈降の議論があった時には、この応用地質学的資料が理論地質学上に寄与することがあれば幸いであるとしている。

しかし、沖積地の地下地質を統一的に扱うには、標準化された試錐工事方法と、土質コア試料の客観的な観察、検査に頼らざるを得ない。結局、東海道新幹線の基礎地盤調査が東京から大阪まで統一仕様で実施され、その結果が沖積層の成因に関する貴重な知見を提供する(池田, 1964)まで待たねばならなかった。

6. 地盤沈下

沖積低地の一部が異常に沈下する現象は、東京では関東大震災後、大阪では北丹後地震後の水準測量改測によって発見され、以後加速的に進行していった。この発生機構の解明は、行政にとっては処置対策をとるに当たって必要であるが、最初に要請されるのは、地表がどの程度沈下するのか、その限界を知ることであった。以下に、限界沈下量並びに発生機構の解明についての、昭和20年(1945)までの成果の概要を記述する。

東京地盤沈下の認識

関東大震災直後に実施された水準測量の結果を大正8年(1919)の測量成果と比較すると、江東地区に大きな沈下が観測された。今村明恒は当初4つの理由を考えたと、その後の改測から隅田川と江戸川に挟まれた細長い地帯に沈降が認められたのを断層型の地塊運動と考え、昭和3年(1928)5月21日の東京強震は江東地塊の沈下運動に伴って起こったとした(今村, 1931)。宮部直巳はさらにその後の改測から、沈下の最も著しい部分が第三紀層の表面構造とよく一致しており、埋立地の

盛土荷重が 28 cm の沈下に影響を与えていることは無視できないとした (Miyabe, 1932)。

西尾銚次郎は、西尾式コアボーラー (西尾, 1929) による地下地質調査を沖積層が最も厚くなる場所 (西尾, 1929 1930) から 3 箇所を選んで実施し、沖積層上部標本 25 個のほか、沖積層下部、東京層、洪積古層から合計 65 個の水分・固形分を調査して、沖積層の水分が洪積層まで減少した場合には、30.3 m (100 尺) につき 5.35 m (17.856 尺) 収縮と計算した。地下の大部分は粘土であるからこの程度までは沈下するが、天然の状況では洪積層が今日まで経験した長年月が必要である。しかし重量の大きい建築物、車両の圧迫と震動は沈下現象を起す。この種の沈下に防止策は無いから、橋梁、建築物の基礎は洪積層まで施すこと、道路、堤防は沈下するにしたがって盛土して補うほかは無い (西尾, 1936) とした。

本所深川地区の調査観測

宮部直巳 (1937a) は、引き続く水準点の改測結果から、垂直変動量がその地点の沖積層の厚さと正の相関があることを再確認し、地表沈下量と沖積層の収縮量との差を求める目的で、深川区数矢小学校と本所区茅場小学校に、沖積層の基底を貫く水準点 (S-1, S-2) の設置を計画した。土層の試験は渡邊 貫 (1937) が前記小学校校庭で深さ 38 m の試錐により径 100 mm の不攪乱試料を二重錐心管を用いて採取し、粒度組成を調べた後に圧密透水性試験を実施して、厚さ 30 m の沈積土層が地層の自重により圧密沈下する場合には約 0.8 m 沈下することになり、建築物の沈下量は、荷重 10 t/m^2 で約 3.38 m と計算された。試錐孔内に 3 インチ鉛管を挿入し、基盤層に定着させて水準点との間の比較測量を行ったところ、地盤沈下の原因の大部分は沈積泥土層の圧縮によるものとの結論を得た。

引き続いて地盤沈下の状況を連続自記記録する装置が S-1 に設置された。とりあえず取得した結果は、温度変動や降雨変動を考慮してもなお沈下は継続し、月別沈下量は、年周期的に変動しているようである (宮部, 1937b, c)。水準測量は、昭和 15 年 (1940) 3 月、17 年 3 月と改測され、沈

下は増加しているが本所、深川では一部に衰退している所もある (宮部・福西, 1943)。宮部直巳・稲葉佳 (1942) は、本所・深川地区粘土の排水圧密試験を行い、2 ~ 3 mmHg の気圧変化が繰り返されれば、毎週 1 mm の沈下はあり得るとしても、大正 10 年前後から現に観測されている沈下現象がどうして始まったかは、依然として不確かであるとした。

丸の内地区の地盤強度調査

丸の内地区で大正 13 年 (1924) 11 月に発生した地盤変動は、盛土部基礎地盤が 1.8 kg/cm^2 の荷重に耐えなかったためと記述された (復興局, 1929)。また西尾銚次郎 (1926) は地層別耐圧力の調査を行い、深井戸といえども実際は地表に近い浅層の地下水を大量に汲み上げており、そのために地盤が弱められている可能性があるとして指摘した。

飯田汲事は、かねてから丸の内でも観測される地震動と地下の弾性構造との関係を調べていたが、三菱ビル建設予定地の試錐コアを用いる深度別の土の弾性係数・間隙率・収縮性との関係から、ある深さでは地表付近よりも弱い状況にあることを見出し、それは地層が擾乱を受けているためで、その原因に振動や地下水位変動があると予想した。また粘土層は含水率 30 ~ 40% で性質が変化するが、これは粒子の浮遊状態から格子状または骨格構造に変化するためと考えている (飯田, 1940; Iida, 1940)。

大阪地盤沈下の認識

昭和 2 年 (1927) 3 月 3 日の北丹後地震で、郷村断層、山田断層が出現し、近畿地方の地塊ブロック運動が認識されるようになった。今村明恒 (Imamura, 1932) は、大阪市北西部のブロックだけが急速に沈下していることを見出し、今村の示唆により大阪市は新たに西宮から大阪南部に至る水準点を設置した。陸地測量部が 1933 年 8 月までに再測量を行ったところ再び新しい沈降が観測され、とくに新淀川の南側のブロックが大きく北西に傾いていた。他方、周辺のブロックにはほとんど垂直変動がないことも確認された (Imamura, 1933)。引続き 1934 年 9 ~ 12 月に再測量が行われ、天保山水準点だけが僅かな上昇を観測

したほかは、著しく大きな沈降運動が依然として継続していることが判明し、その原因を今村明恒は、昭和9年9月21日の高潮による異常に大きい一時的荷重によるものと考えた（Imamura, 1935）。

二重管式地盤沈下・地下水位観測井による観測

和達清夫（1940a）は地盤沈下問題の当初から、これは人為的に起因する現象と信じて、現象の主原因を「地下水の使用過多による地下水圧低下が粘土質層の圧密作用を加速するため」と結論した。その調査方法は、築港天保山の気象台出張所構内に、深さ37mの二重管式地盤沈下測定器を開発製作してこれを設置し、また大阪市では独自に九条小公園内に、100尺（33m）、200尺（66m）、及び580尺（191m）の3本の観測井戸を設置して地表粘土層の収縮と地下水頭を連続的に測定した。その結果、580尺井戸の管内水頭が100尺井戸のそれより低く、双方の変動グラフには著しい平行性が示され、地盤沈下速度と地下水位（水圧）との関係に正の相関関係があること、100尺井戸の場合は-8.9m、580尺井戸の場合は-13.8mで沈下量は0になることが算出された。この結果を実験で確かめるのは非常に困難であるが、暮から正月にかけて工場、ビルディングなど一般に地下水使用が激減した時、2月の電力飢饉の時に地下水使用が節約され、地下水位が一時的に上昇し、沈下速度も低減した。これが実験の役割を果たしたと記述している（和達, 1940a）。地盤沈下原因説のうちで、粘土層の自重、雨量の多寡、電解質の作用、交通機関や地震による振動は、西大阪の狭い地域では説明できないので、対策としては人為的の地下水圧低下を抑えるようにしなければならないとし、古くから水準測量が行われていた3水準点について今後の沈下予想を試み、多くて1m以上の値を提示した（和達, 1940b, c）。

和達・広野の理論式による考察と対策の提言

和達清夫・広野卓蔵（1942）は引き続き観測の結果から、現在の地盤沈下は地下水位が低下しつつあるから起こるのではなく、現在の地下水位が標準としてあるべき値から不足しているから起ると考えた。地層の収縮は主に粘土層の収縮であり、

粘土層内の水が逸脱して粒子が緊迫するが、このような地層の容積変化は一種の粘弾性現象であると考えて、テルツァギーの動水圧による支持理論を参考にして地盤沈下の理論式をたて、数値的に検討した。粘土の圧縮弾性率については、圧密実験から膨張過程で計算するのは注意を要するとし、再び加圧してもほとんど膨張せず、地盤上昇の可能性は小さいことを言及した。

結論として、帯水層水圧（地下水位）を人為的に上昇させて表層内の水圧よりも大きくすれば地盤沈下は止められるが、地表は再上昇しても僅かである。地下水位が現状ならば、今後20年間の沈下量は港区南安治川通一丁目で110～143cmであり、九条小公園では、これ以上の沈下を阻止するに十分な地下水位は地表面下9m以上の水頭圧である。そうして、地下水位を上昇させる手取り早い方法は、地下水使用の制限であるとした（和達・広野, 1942）。

東京・大阪の地盤沈下に関する観測調査・研究は、1945年以降も継続され、とくに戦災による揚水量の減退（地下水位降下の停止）と、地盤沈下の一時停滞の関係は、沈下速度と地下水位低下との関係を改めて認識させるものとなった（広野, 1953）。

文 献

1. 応用地質概観

- 藤本治義編（1934）地質学便覧・古今書院。
岩崎重三（1931）農業地質学。日本評論社。
岩崎重三（1933）日本土木地質学。淀屋書店。
神保小虎（1902）土木学用の地質学。地質学雑誌, **9**, 458-461。
神保小虎（1912）土木技師用地質学項目。地学雑誌, **23**, 802-814。
神保小虎（1921）工兵に必要な地質知識を授くる事の初め。地質学雑誌, **28**, 449-451。
小藤文次郎（1921）地質学と地理学（雑報）。地質学雑誌, **28**, 87-89。
横山次郎（1941）仮凝固堆積岩層の変形及び断裂。地質学雑誌, **48**, 394-402。
横山次郎（1942）陸前井内菊石の変形。京都帝大地鉱教室学術報告, **1**, 27-34。
横山次郎（1944）岩石変形学。星野書店。
中村光一（1986）地質調査所を創った一冊の本 David Page（1874）“Economic Geology”。地質ニュース, **384**, 55-67。
大谷寿雄（1932）地質図学。岩波講座〔地質・古生物、礫物・岩石〕。岩波書店。

- 當山道三(1940) 応用地質学. 共立社.
- 渡瀬正三郎(1920) 応用地質に就いて. 地質学雑誌, **27**, 276 280.
- 渡瀬正三郎(1926) 戦闘に有用なる地質学. 地質学雑誌, **33**, 501 507.
- 渡邊 貫(1928) 土木地質学. 工業雑誌社.
- 渡邊 貫(1930) 土木地質学序論. 土と水研究委員会報告, **1**, 25 28.
- 渡邊 貫編(1935) 地学辞典. 古今書院.
- 渡邊 貫・當山道三(1937) 地質工学試験法及計算法. 古今書院.
- 渡邊 貫(1938a) 地質工学, 増補版. 古今書院.
- 渡邊 貫(1938b) 地質現象の新解析法. 古今書院.
- 渡邊 貫(1943) 土の科学. 古今書院.
2. 鉄道とトンネルの地質
- 阿部謙夫(1931) 丹那付近の気象及河川流量並に丹那隧道湧水等に関する調査報告(第一回報告). 鉄道省土質調査委員報告, **1**, 49 160.
- 福富忠男(1931 32) 粘土の“吸水膨脹”に関する実験的研究(第一報). 丹那隧道及び花岡鉾山坑道内粘土の“吸水膨脹”に就て. 岩石礫物礫床学, **7**, 259 266; **8**, 12 17.
- 福富忠男(1932 33) 粘土の“吸水膨脹”に関する実験的研究(第二報). 岩石礫物礫床学, **8**, 111 116, 161 167; **9**, 8 13, 63 75, 128 141.
- 福富忠男(1960) 土木地質学の実用化 その発展を回顧して. 応用地質, **1**(2), 35 39.
- 平林 武(1925) 丹那盆地付近の地質調査報告. 土木学会誌, **11**, 1449 1662.
- 廣田孝一(1924) 熱海線と丹那盆地に就て. 地理教育, **1**, 121 125, 329 331.
- Kuno, H. (1936) The geologic section along the Tanna Tunnel. *Bull. Earthquake Res. Inst.*, **14**, 92 101.
- 大島洋志(1986) 減・湧水問題を中心としたトンネルの路線選定と環境地質. 応用地質, **27**, 202 209.
- 佐伯謙吉(1930) 関門海底隧道の地質調査について(演旨). 地質学雑誌, **37**, 334 336.
- 豊田英義(1930a) 上越線清水隧道付近の地学観察概報. 地学雑誌, **43**, 522 534, 563 572.
- 豊田英義(1930b) 上越線清水隧道付近の地学観察概報(第二報). 地学雑誌, **43**, 623 624, 699 704.
3. 水力発電とダム地質
- 原田準平(1926) 地理的に考察した本邦水力発電所の分布. 地理学評論, **2**, 294 322.
- 堀田正弘(1963) 農業における応用地質の発展. 応用地質, **4**(2), 巻頭言.
- 石橋 豊(1937) 堰堤位置の地質に就て(抄訳). 農業土木研究, **10**, 331 334, 392 395.
- 門田重行(1935) 堰堤とその地質調査に就いて. 地質学雑誌, **42**, 215 227.
- 門田重行(1939a) 第二松花江水力発電所堰堤現場視察報告. 地質調査所報告, **96**, 15 26.
- 門田重行(1939b) 嫩江筋安彦浅貯水池堰堤予定地地質調査報文. 地質調査所報告, **96**, 55 62.
- 門田重行(1939c) 大石(歸流河)堰堤予定地地質調査報文. 地質調査所報告, **96**, 63 66.
- 新帯国太郎(1939a) 新京腰站水源堰堤予定地地質調査報文. 地質調査所報告, **96**, 1 5.
- 新帯国太郎(1939b) 新京腰站淨月潭水源堰堤予定地地質調査報文. 地質調査所報告, **96**, 7 9.
- 大西千秋(1939) 鴨緑江水力発電用堰堤予定地地質調査報文. 地質調査所報告, **96**, 47 53.
- 尾崎 博(1939a) 凌水河子貯水池堰堤予定地付近地質, 地質調査所報告, **96**, 27 30.
- 尾崎 博(1939b) 国道局飲馬河貯水池堰堤予定地地質調査報文. 地質調査所報告, **96**, 31 34.
- 齊藤林次(1939) 海城県石門嶺堰堤建設が付近鉱業資源に及ぼす影響に就いて. 地質調査所報告, **96**, 67 72.
- 高田 昭(1964) ダム黎明期に歩む. 応用地質, **5**(2), 巻頭言.
4. 斜面変動
- 本間不二男(1930a) 山崩れ及び地じり特性と其の重要性. 地球, **14**, 282 289.
- 本間不二男(1930b) 地じり地域の地勢及地質的特性. 土と水研究委員会第4回報告, 13 21.
- 横山次郎(1932) 大阪府中河内郡堅上地じり見学案内. 地球, 254 260.
- 松山基範(1932) 河内堅上地じり運動観測の結果に就いて. 地球, **17**, 323 341.
- Miyabe, N. (1932) Landslide at Toge, Osaka Hu. *Bull. Earthquake Res. Inst.*, **10**, 694 705.
- 中村慶三郎(1930) 山崩れの調査(1). 地質学雑誌, **37**, 411 427.
- 中村慶三郎(1931) 山崩れの調査(2). 地質学雑誌, **38**, 25 33.
- 中村慶三郎(1932a) 山崩. 岩波書店.
- 中村慶三郎(1932b) 山崩れと降水量並びにその時間的分布. 地理学評論, **8**, 586 602.
- 中村慶三郎(1932c) 山崩れ地域に於ける追作りと地名. 地理学評論, **8**, 848 859.
- 中村慶三郎(1934a) 地じりの調査(1). 地質学雑誌, **41**, 1 8.
- 中村慶三郎(1934b) 地じりの調査(2). 地質学雑誌, **41**, 169 175.
- Nasu, N. (1932) A study of the Osaka landslide. *Bull. Earthquake Res. Inst.*, **10**, 674 693.
- 野坂孝忠(1932) 土圧論から見た関西線亀ノ瀬隧道付近地じりの一考察. 岩波講座[地質・古生物, 礫物・岩石]第17回配本別項, 1 10.
- 斎藤文雄(1929) 樺太野久線亜牛付近土木地質. 地学雑誌, **41**, 363 370.
- 斎藤文雄(1930) 樺太野久線の地じり. 地学雑誌, **41**, 432 439.
- 斎藤文雄(1931) 南樺太豊原真岡間之地質調査予報. 地学雑誌, **43**, 573 586.
- 斎藤文雄(1932) 南樺太東海岸知取新間鉄道の土木地質. 地学雑誌, **44**, 328 332.
- 斎藤文雄(1934) 樺太鉄道株式会社線178軒付近の匍行. 地学雑誌, **46**, 205 210.
- 植村癸巳男(1932) 大阪府中河内郡堅上村字峠付近地災調査報文, 地質調査所報告, **114**, 1 25.
- 植村癸巳男(1932) 関西本線亀の瀬隧道付近地じり地の地質. 岩波講座[地質・古生物, 礫物・岩石]第17

- 回記本別項 . 11 20 .
- 渡邊 貫 (1928) 山崩の分類 . 地質学雑誌, **37**, 547 556 .
- 渡邊 貫 (1935b) 北陸本線 (新潟県西頸城郡磯部村字藤崎地内) 能生筒石間地にりの力学的解析 . 地質学雑誌, **42**, 91 95 .
- 渡邊 貫 (1936) 北陸本線筒石付近地にり調査 . 科学, **6**, 423 426 .
5. 地盤地質
- 復興局建築部 (1929) 東京及横浜地質調査報告 . 141p.
- 池田俊雄 (1964) 東海道における沖積層の研究 . 東北大学理学部地質古生物学教室研究邦文報告, **60**, 1 85 .
- 日本建築協会 (1933) 大阪市地質調査図表 . 日本建築協会 .
- 西尾銈次郎 (1929) 西尾式 Core-Borer と東京市地質調査結果第一報 . 地学雑誌, **41**, 571 581, 611 627, 677 688, 766 776 .
- 西尾銈次郎 (1929 30) 西尾式 Core-Borer と東京市地質調査結果の第一報 . 日本鉱業会誌, **45**, 811 818; **46**, 29 42, 109 120 .
- 西尾銈次郎 (1930) 第四紀層の Diagenesis (続成作用) に就いて . 小川博士還暦記念地学論叢, 21 40 .
- 西尾銈次郎 (1931) 東京山の手及び下町に於ける地質構造に関する数例について . 地質学雑誌, **38**, 303 308 .
- 西尾銈次郎 (1933) Diagenesis に抛る関東地方の Cainozoic Era の分界について . 地質学雑誌, **40**, 804 805 .
- 西尾銈次郎 (1934) 大阪地方第四紀層の Diagenesis (続成作用) について . (演旨) 地質学雑誌, **41**, 344 347 .
- 田中治雄 (1940) 本邦に於ける沖積地の基盤までの深さに就きて . 矢部教授還暦記念論文集, **2**, 635 660 .
- 山根新次 (1930) 大阪市地質概観 . 小川博士還暦記念地学論叢, 187 204 .
- 渡邊 貫 (1937) Key Beds の対比法に就いての一試案 . 地質学雑誌, **44**, 1 8 .
6. 地盤沈下
- 広野卓蔵 (1953) 地盤沈下について . 地学雑誌, **62**, 143 159 .
- 広野卓蔵・和達清夫 (1939) 西大阪の地盤沈下について (第 1 報) . 災害科学研究所報告, **2**, 1 57 .
- 飯田汲事 (1940) 丸の内に於ける地表土の弾性と収縮性に就いて . 東京大学地震研究所彙報, **18**, 78 101 .
- Iida, K. (1940) On the elastic properties of soil, particularly in relation to its water content, *Bull. Earthquake Res. Inst.*, **18**, 675 691 .
- 今村明恒 (1931) 昭和 3 年 5 月 21 日の東京地震に先行し伴った地塊運動について . 東京市を横断する活断層 . 地震, **3**, 141 154 .
- 今村明恒 (1932) 西大阪地塊のその後の運動 . 地震, **7**, 241 246 .
- Imamura, A. (1932) On crustal deformation since 1928 in the Kyoto-Osaka District. *Proc. Imp. Acad.*, **8**, 251 254 .
- Imamura, A. (1933) On chronic movements of the north-west Osaka block. *Proc. Imp. Acad.*, **9**, 378 381 .
- Imamura, A. (1935) Later movements of the north-west Osaka block. *Proc. Imp. Acad.*, **9**, 186 188 .
- Miyabe, N. (1932) The deformation of the earth's crust in Honzyo and Hukagawa. *Proc. Imp. Acad.*, **8**, 417 420 .
- 宮部直巳 (1937a) 江東地域の地盤沈下の原因に就て . 服部報公会研究抄録, **4**, 99 106 .
- 宮部直巳 (1937b) 東京に於ける地盤沈下の研究 , , 地表面の沈下率の変化 . 東京大学地震研究所彙報, **17**, 723 732 .
- 宮部直巳 (1937c) 東京市における地表面の低下 . 科学, **8**, 573 576 .
- 宮部直巳・稲葉 佳 (1942) 東京に於ける地盤沈下の研究 , , 土の機械的性質に関する一観察 . 東京大学地震研究所彙報, **20**, 172 191 .
- 宮部直巳・福西清治 (1943) 東京に於ける地盤沈下の研究 , , 昭和 17 年水準改測の結果 . 東京大学地震研究所彙報, **21**, 336 348 .
- 西尾銈次郎 (1926) 都市鑿泉に就ての地質学的考察 . 日本鉱業会誌, **41**, 126 135 .
- 西尾銈次郎 (1929) 西尾式 Core-Borer と東京市地質調査結果第一報 . 地学雑誌, **41**, 571 581, 611 627, 677 688, 766 776 .
- 西尾銈次郎 (1929 30) 西尾式 Core-Borer と東京市地質調査結果の第一報 . 日本鉱業会誌, **45**, 811 818; **46**, 29 42, 109 120 .
- 西尾銈次郎 (1936) 東京地方に於ける地盤沈下に対する地質学的考察 . 地質学雑誌, **43**, 462 465 .
- 和達清夫 (1940a) 西大阪の地盤沈下について (第 2 報) . 災害科学研究所報告, **3**, 1 41 .
- 和達清夫 (1940b) 地盤沈下の主原因としての地下水圧低下 . 科学, **10**, 316 318 .
- 和達清夫 (1940c) 地盤沈下の主原因としての地下水圧低下 (補遺) . 科学, **10**, 360 361 .
- 和達清夫・広野卓蔵 (1942) 西大阪の地盤沈下について (第 3 報) , 最近の状況と地盤沈下理論 . 災害科学研究所報告, **6**, 1 33 .
- 渡邊 貫 (1937a) 江東地区の沈下問題 . 地質学雑誌, **44**, 731 744
(2004 年 9 月 7 日受付, 2004 年 10 月 18 日受理)

訂正

本誌 113 巻 3 号 (2004) の「日本地学の展開 (大正 13 年 ~ 昭和 20 年 その 4)」に、下記のような誤りがありましたので、訂正いたします。

・ p.397 左欄下から 10 行目, p.398 左欄下から 19 行目と 2 行目, p.399 左欄上から 4 行目, p.407 右欄上から 12 ~ 14 行目。

伊藤貞一 (誤) 伊藤貞市 (正)

・ p.398 左欄上から 13 行目。
大立目健一郎 (誤) 大立目謙一郎 (正)

・ p.399 左欄上から 18 行目。
1831 (誤) 1931 (正)

・ p.398 左欄上から 20 行目。
しかし桜井の没後無名会は解散した。(誤)
桜井の没後も無名会は活動を継続している。(正)